

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年2月15日(15.02.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/030446 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 51/50 (2006.01) C09K 11/06 (2006.01)

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/028858

(22) 国際出願日: 2017年8月9日(09.08.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2016-158183 2016年8月10日(10.08.2016) JP

(71) 出願人: 出光興産株式会社(IDEMITSU KOSAN
CO.,LTD.) [JP/JP]; 〒1008321 東京都千代田区
丸の内三丁目1番1号 Tokyo (JP).

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(72) 発明者: 吉崎 圭(YOSHIZAKI Kei); 〒2990293
千葉県袖ヶ浦市上泉1280番地 Chiba (JP).
荻原 俊成(OGIWARA Toshinari); 〒2990293 千
葉県袖ヶ浦市上泉1280番地 Chiba (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人樹之下知的財産事務所
(KINOSHITA & ASSOCIATES); 〒1670051 東
京 都 杉 並 区 荻 窪 五 丁 目 2 6 番 1 3
号 3階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: ORGANIC ELECTROLUMINESCENT ELEMENT AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称: 有機エレクトロルミネッセンス素子、及び電子機器

(57) Abstract: An organic electroluminescent element according to the present invention includes an anode, a light-emitting layer, and a cathode, wherein: the light-emitting layer contains a first compound, a second compound, and a third compound; the ionization potential I_{p1} of the first compound and the ionization potential I_{p2} of the second compound satisfy the relationship represented by expression 1; the first compound has delayed fluorescence; the second compound has fluorescence emission; and the third compound has an electron mobility of $1 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$ or more. Expression 1: $0 \leq I_{p2} - I_{p1} \leq 0.8 \text{ [eV]}$

(57) 要約: 陽極と、発光層と、陰極と、を含み、前記発光層は、第一の化合物、第二の化合物、及び第三の化合物を含み、前記第一の化合物のイオン化ポテンシャル I_{p1} と、前記第二の化合物のイオン化ポテンシャル I_{p2} とが、下記数式(数1)の関係を満たし、前記第一の化合物は、遅延蛍光性を有し、前記第二の化合物は、蛍光発光性を有し、前記第三の化合物は、 $1 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$ 以上の電子移動度を有する、有機エレクトロルミネッセンス素子。 $0 \leq I_{p2} - I_{p1} \leq 0.8 \text{ [eV]}$... (数1)

WO 2018/030446 A1

明 細 書

発明の名称：有機エレクトロルミネッセンス素子、及び電子機器
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、及び電子機器に関する。

背景技術

[0002] 有機エレクトロルミネッセンス素子（以下、「有機EL素子」という場合がある。）に電圧を印加すると、陽極から正孔が、また陰極から電子が、それぞれ発光層に注入される。そして、発光層において、注入された正孔と電子とが再結合し、励起子が形成される。このとき、電子スピンの統計則により、一重項励起子が25%の割合で生成し、及び三重項励起子が75%の割合で生成する。

一重項励起子からの発光を用いる蛍光型の有機EL素子は、携帯電話やテレビ等のフルカラーディスプレイへ応用されつつあるが、内部量子効率25%が限界といわれている。一重項励起子に加えて三重項励起子を利用し、有機EL素子をさらに効率的に発光させることが期待されている。

[0003] このような背景から、遅延蛍光を利用した高効率の蛍光型の有機EL素子が提案され、研究がなされている。

例えば、TADF (Thermally Activated Delayed Fluorescence、熱活性化遅延蛍光) 機構が研究されている。このTADF機構は、一重項準位と三重項準位とのエネルギー差 ($\Delta S T$) の小さな材料を用いた場合に、三重項励起子から一重項励起子への逆項間交差 (Reversed Inter-System Crossing, RISC) が熱的に生じる現象を利用する機構である。熱活性化遅延蛍光については、例えば、『安達千波矢編、「有機半導体のデバイス物性」、講談社、2012年4月1日発行、261-262ページ』に記載されている。このTADF機構を利用した有機EL素子が、例えば、特許文献1～3に開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2014／013947号

特許文献2：国際公開第2015／098975号

特許文献3：国際公開第2016／031785号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] TADF機構を利用した有機EL素子に対して高性能化が要望されている。

[0006] 本発明の目的は、高性能な有機エレクトロルミネッセンス素子を提供することである。本発明の別の目的は、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

[0007] 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は、
陽極と、発光層と、陰極と、を含み、
前記発光層は、第一の化合物、第二の化合物、及び第三の化合物を含み、
前記第一の化合物のイオン化ポテンシャル I_{p1} と、前記第二の化合物のイオン化ポテンシャル I_{p2} とが、下記数式（数1）の関係を満たし、
前記第一の化合物は、遅延蛍光性を有し、
前記第二の化合物は、蛍光発光性を有し、
前記第三の化合物は、 $1 \times 10^{-8} \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$ 以上の電子移動度を有する。

$$0 \leq I_{p2} - I_{p1} \leq 0.8 [\text{eV}] \quad \dots (\text{数1})$$

[0008] 本発明の一態様に係る電子機器は、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。

[0009] 本発明の一態様によれば、高性能な有機エレクトロルミネッセンス素子を提供できる。

本発明の別の態様によれば、当該有機エレクトロルミネッセンス素子を

備える電子機器を提供できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]一実施形態に係る有機エレクトロルミネッセンス素子の一例の概略構成を示す図である。

[図2]過渡 P L を測定する装置の概略図である。

[図3]過渡 P L の減衰曲線の一例を示す図である。

[図4]発光層における第一の化合物、及び第二の化合物のエネルギー準位、及びエネルギー移動の関係を示す図である。

[図5]過渡 E L 波形の測定系を示す図である。

[図6A]遅延蛍光由来の発光強度比の測定方法を示す図であり、ある有機 E L 素子の発光強度の時間変化を示すグラフである。

[図6B]遅延蛍光由来の発光強度比の測定方法を示す図であり、光強度の平方根の逆数の時間変化を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0011] (有機 E L 素子の素子構成)

本実施形態に係る有機 E L 素子は、一对の電極間に有機層を備える。この有機層は、有機化合物で構成される層を少なくとも一つ含む。あるいは、この有機層は、有機化合物で構成される複数の層が積層されてなる。有機層は、無機化合物をさらに含んでもよい。本実施形態の有機 E L 素子において、有機層のうち少なくとも一層は、発光層である。ゆえに、有機層は、例えば、一つの発光層で構成されていてもよいし、有機 E L 素子に採用され得る層を含んでもよい。有機 E L 素子に採用され得る層としては、特に限定されないが、例えば、正孔注入層、正孔輸送層、電子注入層、電子輸送層、及び障壁層からなる群から選択される少なくとも一種の層が挙げられる。

[0012] 有機 E L 素子の代表的な素子構成としては、例えば、次の (a) ~ (f) 等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

(f) 陽極／正孔注入・輸送層／障壁層／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。ただし、本発明は、これらの構成に限定されない。なお、上記「発光層」とは、発光機能を有する有機層である。前記「正孔注入・輸送層」は「正孔注入層、及び正孔輸送層のうちの少なくともいずれか1つ」を意味する。前記「電子注入・輸送層」は「電子注入層、及び電子輸送層のうちの少なくともいずれか1つ」を意味する。有機EL素子が、正孔注入層、及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、有機EL素子が電子注入層、及び電子輸送層を有する場合には、電子輸送層と陰極との間に電子注入層が設けられていることが好ましい。また、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、及び電子注入層は、それぞれ、一層で構成されていてもよいし、複数の層で構成されていてもよい。

[0013] 図1に、本実施形態に係る有機EL素子の一例の概略構成を示す。

有機EL素子1は、透光性の基板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。有機層10は、正孔注入層6、正孔輸送層7、発光層5、電子輸送層8、及び電子注入層9を含む。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、及び電子注入層9が、この順番で積層されている。

[0014] <発光層>

有機EL素子の発光層は、第一の化合物、第二の化合物、及び第三の化合物を含む。発光層は、金属錯体を含んでもよいが、金属錯体を含まないことが好ましい。また、発光層は、燐光発光性の金属錯体を含まないことが好ましい。

第一の化合物は、遅延蛍光性を有する。第二の化合物は、蛍光発光性を有する。第三の化合物は、 $1 \times 10^{-8} \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$ 以上の電子移動度を有する。

[0015] 第一の化合物は、ホスト材料（マトリックス材料と称する場合もある。）であることも好ましい。第二の化合物は、ドーパント材料（ゲスト材料、エミッター、又は発光材料と称する場合もある。）であることも好ましい。

[0016] （第一の化合物、第二の化合物、及び第三の化合物の組合せ）

第一の化合物のイオン化ポテンシャル I_{p1} と、第二の化合物のイオン化ポテンシャル I_{p2} とが下記数式（数1）の関係を満たす。

$$0 \leq I_{p2} - I_{p1} \leq 0.8 \text{ [eV]} \quad \cdots (\text{数1})$$

[0017] 第一の化合物のイオン化ポテンシャル I_{p1} と、第二の化合物のイオン化ポテンシャル I_{p2} とが、下記数式（数1A）の関係を満たすことが好ましい。

$$0 \leq I_{p2} - I_{p1} \leq 0.75 \text{ [eV]} \quad \cdots (\text{数1A})$$

[0018] 本実施形態によれば、有機EL素子を高性能化させることができる。

本実施形態の有機EL素子において、前記数式（数1）の関係を満たすことによって、蛍光発光性の第二の化合物において正孔と電子とが同時にトラップされることを抑制できると考えられる。そして、第二の化合物において正孔と電子とが同時にトラップされることを抑制することにより、第二の化合物が、直接、発光することを抑制できると考えられる。

蛍光発光性の第二の化合物において正孔と電子とが同時にトラップされると、第二の化合物上でキャリアが再結合して励起子が発生する。

しかしながら、本実施形態の有機EL素子は、前記数式（数1）の関係を満たすので、第二の化合物上での励起子発生を抑制できると考えられる。なお、第二の化合物上でキャリアが再結合すると、遅延蛍光が得られ難くなる。

その一方で、前記数式（数1）の関係を満たすと、第一の化合物のLUMOよりも第二の化合物のLUMOが深く（大きく）なるため、第二の化合物が

電子をトラップし易くなり、発光層の電子輸送性が低下すると考えられる。その結果、発光層の内部では、正孔が多くなり、発光エリアは、発光層の電子注入層側に局在し、有機EL素子の寿命が短くなると考えられる。

本実施形態の有機EL素子において、発光層は、第一の化合物、第二の化合物、及び電子輸送性を有する第三の化合物を含有しているので、第三の化合物を含有しない発光層と比べて、発光層の電子輸送性が向上すると考えられる。その結果、発光エリアの局在化が緩和され、有機EL素子を高性能化、特に長寿命化できると考えられる。

[0019] なお、 $I_p2 - I_p1 > 0.8 \text{ eV}$ である場合、第二の化合物で電子が補足されて、電子と励起子との衝突が促進され、ロールオフが促進される。ロールオフとは、高い電流密度で駆動すると発光効率が低下する現象をいう。

[0020] 本実施形態の発光層において、第一の化合物のLUMOと、第二の化合物のLUMOとが近いと、電子が発光層内の第二の化合物上でトラップされ難くなるため、高性能化、特に長寿命化の観点から好適である。第一の化合物のLUMOと、第二の化合物のLUMOとが近い場合、両者のイオン化ポテンシャルの値も近くなる（差が小さくなる）場合が多い。

第二の化合物のイオン化ポテンシャル I_p2 が、第一の化合物のイオン化ポテンシャル I_p1 より浅い(小さい)場合、すなわち、 $I_p2 - I_p1 < 0$ の関係となる場合、第二の化合物上で正孔と電子とが同時にトラップされ、第二の化合物が、直接、発光するおそれがある。

したがって、第二の化合物のイオン化ポテンシャル I_p2 は、第一の化合物のイオン化ポテンシャル I_p1 と同じであるか、第一の化合物のイオン化ポテンシャル I_p1 より深い(大きい)こと、すなわち、 $0 \leq I_p2 - I_p1$ の関係を満たすことが好ましい。

また、加えて、第一の化合物のイオン化ポテンシャル I_p2 から第二の化合物の I_p1 を引いた値($I_p2 - I_p1$)が 0 eV に近いことにより、第一の化合物のLUMOと、第二の化合物のLUMOとが相対的に近くなるため好ましいと考えられる。例えば、前記数式(数1)のような関係となるこ

とが好ましい。

- [0021] 第一の化合物の一重項エネルギー $S_1(H)$ と、第一の化合物の T_{77K} [K] におけるエネルギーギャップ $T_{77K}(H)$ との差 $\Delta S T(H)$ が、下記数式 (数 2) の関係を満たすことが好ましい。

$$\Delta S T(H) = S_1(H) - T_{77K}(H) < 0.3 \text{ [eV]} \dots (\text{数 } 2)$$

- [0022] 前記数式 (数 2) の関係を満たすことで、外部から与えられる熱エネルギーによって、第一の化合物の三重項準位から、第一の化合物の一重項準位への逆項間交差が起こり易くなると考えられる。逆項間交差が起こり易くなると、第一の化合物から蛍光発光性の第二の化合物へのフェルスター型エネルギー移動によりエネルギー移動する割合も増え、有機 EL 素子の発光効率が向上する傾向にあると考えられる。

- [0023] 第一の化合物の一重項エネルギー $S_1(H)$ と、第一の化合物の T_{77K} [K] におけるエネルギーギャップ $T_{77K}(H)$ との差 $\Delta S T(H)$ が、下記数式 (数 2 A) の関係を満たすことがより好ましく、下記数式 (数 2 B) の関係を満たすことがさらに好ましい。

$$\Delta S T(H) = S_1(H) - T_{77K}(H) < 0.2 \text{ [eV]} \dots (\text{数 } 2 \text{ A})$$

$$\Delta S T(H) = S_1(H) - T_{77K}(H) < 0.1 \text{ [eV]} \dots (\text{数 } 2 \text{ B})$$

- [0024] 第一の化合物の T_{77K} [K] におけるエネルギーギャップ $T_{77K}(H)$ と、第三の化合物の T_{77K} [K] におけるエネルギーギャップ $T_{77K}(E)$ との差 $\Delta T(H-E)$ が、下記数式 (数 3) の関係を満たすことが好ましい。

$$\Delta T(H-E) = T_{77K}(H) - T_{77K}(E) \leq 0.6 \text{ [eV]} \dots (\text{数 } 3)$$

- [0025] 前記数式 (数 3) の関係を満たすと、有機 EL 素子の発光効率の低下を抑制できると考えられる。

遅延蛍光性を有する化合物 (以下、TADF 化合物と称する場合がある。) を第一の化合物として含有する有機 EL 素子によれば、TADF 化合物上で生成された三重項励起子が逆項間交差により一重項励起子に変換され、理論上 100% の内部量子効率を実現できると考えられる。

第三の化合物のエネルギーギャップ $T_{77K}(E)$ が、第一の化合物のエネルギ

ーギャップ $T_{77K}(H)$ に比べて小さく、差 $\Delta T(H-E)$ の値が大きい場合、第一の化合物から第三の化合物へ三重項励起子がエネルギー移動して失活するおそれがある。

本実施形態の有機 EL 素子によれば、前記数式（数 3）の関係を満たすことにより、生成された三重項励起子の失活が抑制され、有機 EL 素子の発光効率の低下を抑制できると考えられる。

[0026] 第一の化合物の $77 [K]$ におけるエネルギーギャップ $T_{77K}(H)$ と、第三の化合物の $77 [K]$ におけるエネルギーギャップ $T_{77K}(E)$ との差 $\Delta T(H-E)$ は、下記数式（数 3 A）の関係を満たすことがより好ましい。

$$\Delta T(H-E) = T_{77K}(H) - T_{77K}(E) \leq 0.3 [eV] \cdots (\text{数 } 3 A)$$

[0027] $\Delta T(H-E)$ の下限値は、特に限定されないが、通常想定される値としては、 $\Delta T(H-E)$ の値は $-0.3 eV$ 以上であってよく、 $-0.2 eV$ 以上であってよく、 $-0.1 eV$ 以上であってよく、また $-0.06 eV$ 以上であってよい。

[0028] 第一の化合物の一重項エネルギー $S_1(H)$ と第二の化合物の一重項エネルギー $S_1(D)$ とが、下記数式（数 3 B）の関係を満たすことが好ましい。

$$S_1(H) > S_1(D) \cdots (\text{数 } 3 B)$$

本実施形態の有機 EL 素子において、前記数式（数 3 B）の関係を満たすことで、第一の化合物において生成する一重項励起子が、第二の化合物へエネルギー移動し易くなり、第二の化合物が効率良く発光する。

[0029] （第一の化合物）

第一の化合物は、遅延蛍光性を有する。

[0030] 第一の化合物の発光量子収率は、 70% 以下であることが好ましく、 65% 以下であることがより好ましく、 60% 以下であることがさらに好ましい。

第一の化合物の発光量子収率は、 30% 以上であることが好ましい。

[0031] 本実施形態において、第一の化合物の発光量子収率の大小は、エネルギー移動効率に寄与するため、小さくなり過ぎないことが好ましく、第一の化合

物の発光量子収率は30%以上であることが好ましい。一方、第一の化合物の発光量子収率が70%を超えると、第二の化合物への励起エネルギーの移動と、第一の化合物からの発光過程とが競合する可能性がある。それゆえ、第一の化合物の発光量子収率が70%以下であることが好ましい。

[0032] 本実施形態において、第一の化合物は、カルバゾール誘導体、ビスカルバゾール誘導体、インドロカルバゾール誘導体、アクリジン誘導体、オキサジン誘導体、ピラジン誘導体、ピリミジン誘導体、トリアジン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、及びジベンゾチオフェン誘導体からなる群から選択される少なくとも一種の誘導体であることも好ましい。これら誘導体は、それぞれ独立に、置換基を有してもよい。これら誘導体が有する置換基は、特に限定されない。これら誘導体が有する置換基は、例えば、環形成炭素数6～30のアリール基、環形成原子数5～30の複素環基、トリアルキシル基、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、フッ素原子、及びシアノ基からなる群から選択される少なくとも一種の基である。この置換基としてのトリアルキシル基、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、及びトリアリールシリル基において、アルキル基は炭素数1～30のアルキル基であり、アリール基は環形成炭素数6～30のアリール基である。

[0033] 本実施形態において、第一の化合物は、カルバゾール構造、ビスカルバゾール構造、インドロカルバゾール構造、及びアクリジン構造からなる群から選択される少なくとも一種の構造と、オキサジン構造、ピラジン構造、ピリミジン構造、トリアジン構造、及びジベンゾフラン構造からなる群から選択される少なくとも一種の構造とが結合した構造の化合物であることも好ましい。ここで、構造同士は、単結合で結合するか、又は連結基を介して結合する。この連結基としては、フェニレン構造、又はメタビフェニレン構造であることが好ましい。

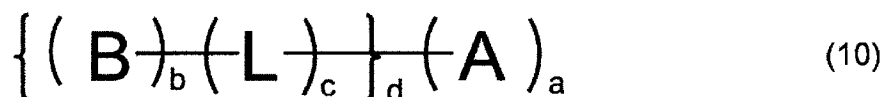
カルバゾール構造、インドロカルバゾール構造、アクリジン構造、オキサジン構造、ピラジン構造、ピリミジン構造、トリアジン構造、及びジベンゾ

フラン構造とは、それぞれ、インドロカルバゾール、アクリジン、オキサジン、ピラジン、ピリミジン、トリアジン、及びジベンゾフランを部分構造とするものも含む環構造をいう。

カルバゾール構造、ビスカルバゾール構造、インドロカルバゾール構造、アクリジン構造、オキサジン構造、ピラジン構造、ピリミジン構造、トリアジン構造、及びジベンゾフラン構造は、それぞれ独立に、置換基を有してもよい。これら構造が有する置換基は、特に限定されない。これら構造が有する置換基は、例えば、環形成炭素数 6 ～ 30 のアリール基、環形成原子数 5 ～ 30 の複素環基、トリアルキシルシリル基、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、フッ素原子、及びシアノ基からなる群から選択される少なくとも一種の基である。この置換基としてのトリアルキシルシリル基、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、及びトリアリールシリル基において、アルキル基は炭素数 1 ～ 30 のアルキル基であり、アリール基は環形成炭素数 6 ～ 30 のアリール基である。

[0034] 第一の化合物は、下記一般式（10）で表される化合物であることも好ましい。

[0035] [化1]



[0036] （前記一般式（10）において、

Aは、下記一般式（a-1）～（a-7）からなる群から選ばれる部分構造を有する基であり、

複数のAは、互いに同一であるか又は異なり、

A同士が結合して飽和もしくは不飽和の環を形成するか、又はA同士は結合せず、

Bは、下記一般式（b-1）～（b-6）からなる群から選ばれる部分構造を有する基であり、

複数のBは、互いに同一であるか、又は異なり、

B同士が結合して飽和もしくは不飽和の環を形成するか、又はB同士は結合せず、

a、b、及びdは、それぞれ独立に、1～5の整数であり、

cは、0～5の整数であり、

cが0のとき、AとBとは単結合で結合するか、又はスピロ結合で結合し

、

cが1～5の整数のとき、Lは、

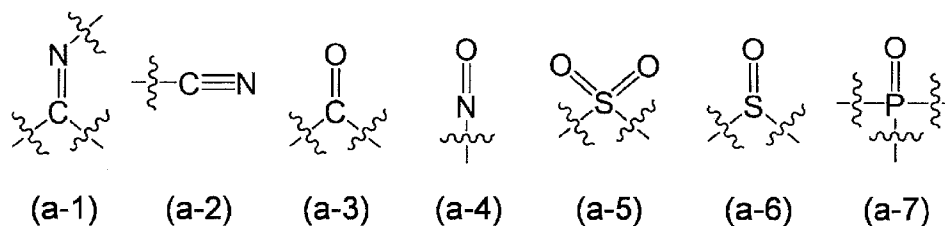
置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30の芳香族炭化水素基、及び

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連結基であり、

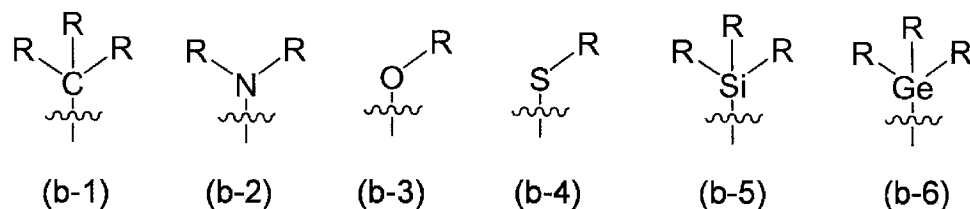
複数のLは、互いに同一であるか、又は異なり、

cが2～5の整数のとき、複数のL同士が結合して飽和もしくは不飽和の環を形成するか、又は複数のL同士は結合しない。)

[0037] [化2]



[0038] [化3]



[0039] (前記一般式 (b-1) ～ (b-6) において、

Rは、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としてのRは、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ～ 30 のアリール基、
置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ～ 30 のヘテロアリール基、及び
置換もしくは無置換の炭素数 1 ～ 30 のアルキル基からなる群から選択
される基であり、

複数の R は、互いに同一であるか、又は異なり、

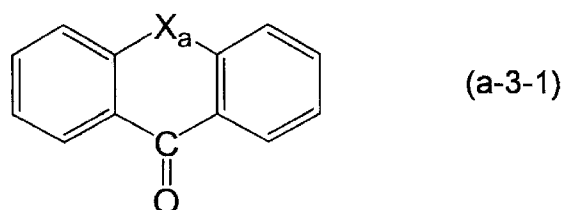
R 同士が結合して飽和もしくは不飽和の環を形成するか、又は R 同士を結
合しない。)

[0040] 前記一般式 (10) において、A は、アクセプター性 (電子受容性) 部位
であり、B は、ドナー性 (電子供与性) 部位である。

[0041] 前記一般式 (a-1) ～ (a-7) からなる群から選ばれる部分構造を有
する基について、例を次に示す。

例えば、前記一般式 (a-3) の部分構造を有する基として、下記一般式
(a-3-1) で表される基が挙げられる。

[0042] [化4]



[0043] 前記一般式 (a-3-1) において、X_a は、単結合、酸素原子、硫黄原子
、又は前記一般式 (10) 中の L もしくは B と結合する炭素原子である。

[0044] 前記一般式 (a-5) の部分構造を有する基として、例えば、下記一般式
(a-5-1) で表される基が挙げられる。

[0045] [化5]

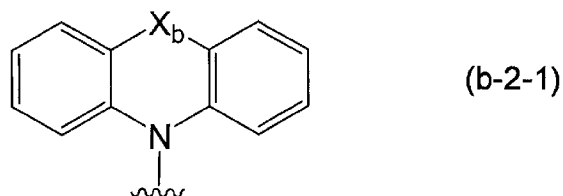


[0046] 前記一般式 (b-1) ～ (b-6) からなる群から選ばれる部分構造を有

する基について、例を次に示す。

例えば、前記一般式（b-2）の部分構造を有する基として、下記一般式（b-2-1）で表される基が挙げられる。

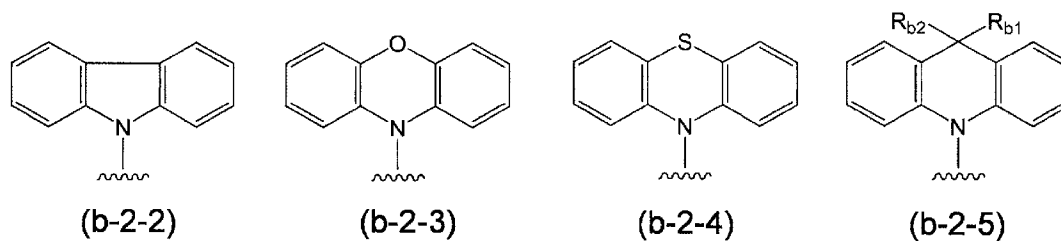
[0047] [化6]



[0048] 前記一般式（b-2-1）において、 X_b は、単結合、酸素原子、硫黄原子、 $CR_{b1}R_{b2}$ 、又は前記一般式（10）中のLもしくはAと結合する炭素原子である。

[0049] 前記一般式（b-2-1）は、 X_b が単結合のとき、下記一般式（b-2-2）で表される基であり、 X_b が酸素原子のとき、下記一般式（b-2-3）で表される基であり、 X_b が硫黄原子のとき、下記一般式（b-2-4）で表される基であり、 X_b が $CR_{b1}R_{b2}$ のとき、下記一般式（b-2-5）で表される基である。

[0050] [化7]



[0051] R_{b1} 及び R_{b2} は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての R_{b1} 及び置換基としての R_{b2} は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の炭素数1～30のアルキル基、及び置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基からなる群から選択されるいずれかの置換基である。

R_{b1} 及び R_{b2} は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の炭素数1～30

のアルキル基、及び置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基からなる群から選択されるいずれかの置換基であることが好ましく、置換もしくは無置換の炭素数1～30のアルキル基からなる群から選択されるいずれかの置換基であることがより好ましい。

[0052] Aは、前記一般式(a-1)、(a-2)、(a-3)及び(a-5)からなる群から選ばれる部分構造の少なくとも一種を有する基であることが好ましく、前記一般式(a-1)で表される部分構造を有する基であることがより好ましい。

Bは、前記一般式(b-2)、(b-3)及び(b-4)からなる群から選ばれる部分構造の少なくとも一種を有する基であることが好ましく、前記一般式(b-2)で表される部分構造を有する基であることがより好ましい。

cは、0、1又は2であることが好ましく、特に、1であることが好ましい。

[0053] 前記一般式(10)で表される化合物の結合様式の一例として、例えば下記表1に示す結合様式が挙げられる。

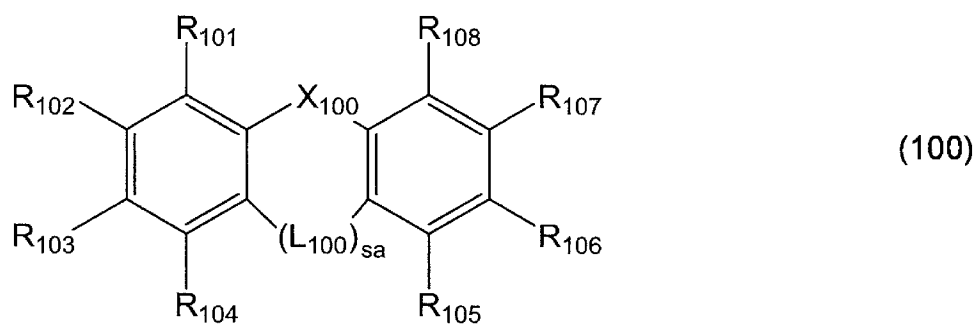
[0054]

[表1]

No.	a	b	c	d	結合様式
(1A)	1	1	0	1	B—A
(1B)	1	1	1	1	B—L—A
(1C)	2	1	0	1	B—A—A , $\begin{array}{c} A \\ B \diagup \diagdown \\ A \end{array}$
(1D)	1	2	0	1	B—B—A , $\begin{array}{c} B \\ B \diagup \diagdown \\ A \end{array}$
(1E)	2	1	1	1	B—L—A—A , $\begin{array}{c} A \\ B-L \diagup \diagdown \\ A \end{array}$
(1F)	1	2	1	1	B—B—L—A , $\begin{array}{c} B \\ B \diagup \diagdown \\ L-A \end{array}$
(1G)	1	1	2	1	B—L—L—A
(1H)	1	1	1	2	$\begin{array}{c} B-L \diagup \diagdown A \\ B-L \diagup \diagdown A \end{array}$, B—L—B—L—A

[0055] 前記一般式(10)におけるBは、下記一般式(100)で表されることも好ましい。

[0056] [化8]



[0057] 前記一般式(100)において、
 $R_{101} \sim R_{108}$ は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基

としての $R_{101} \sim R_{108}$ 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 のアリール基、

置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ～ 30 のヘテロアリール基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ～ 30 のアルキル基、

置換シリル基、

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 2 ～ 30 のアルキルアミノ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ～ 60 のアリールアミノ基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ～ 30 のアルキルチオ基、及び

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ～ 30 のアリールチオ基からなる群から選択され、ただし、 R_{101} と R_{102} との組み合わせ、 R_{102} と R_{103} との組み合わせ、 R_{103} と R_{104} との組み合わせ、 R_{105} と R_{106} との組み合わせ、 R_{106} と R_{107} との組み合わせ、並びに R_{107} と R_{108} との組み合わせからなる群から選択される少なくともいずれかの組み合わせにおいて、置換基同士が結合して飽和もしくは不飽和の環を形成するか、又は置換基同士は結合せず、

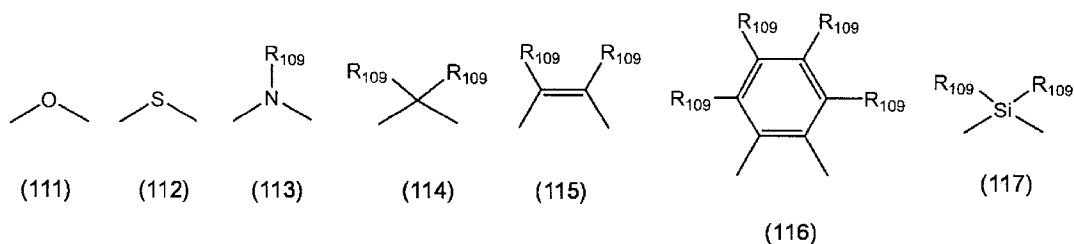
L_{100} は、下記一般式 (111) ～ (117) からなる群から選ばれる連結基であり、

s_a は、0 ～ 3 の整数であり、複数の L_{100} は、互いに同一であるか、又は異なり、

X_{100} は、下記一般式 (121) ～ (125) からなる群から選ばれる連結基である。

[0058]

[化9]

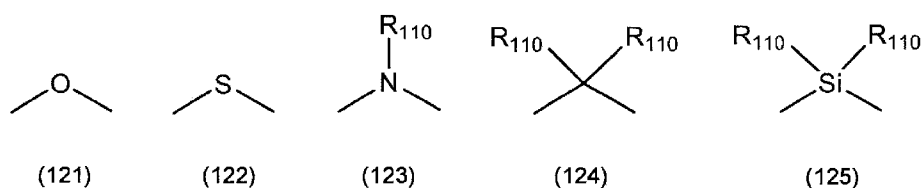


[0059] 前記一般式 (113) ~ (117) において、 R_{109} は、それぞれ独立に、前記一般式 (100) における $R_{101} \sim R_{108}$ と同義である。複数の R_{109} は、互いに同一であるか、又は異なる。

ただし、前記一般式 (100) において、 $R_{101} \sim R_{108}$ のうち一つ、又は R_{109} のうち一つは、前記一般式 (10) 中の L、又は A に対して結合する単結合である。

R_{109} と前記一般式 (100) 中の R_{104} との組合せ、又は R_{109} と前記一般式 (100) 中の R_{105} との組合せにおいて、置換基同士が飽和もしくは不飽和の環を形成するか、又は置換基同士は結合しない。

[0060] [化10]



[0061] 前記一般式 (123) ~ (125) において、

R_{110} は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての R_{110} は、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリール基、

置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ~ 30 のヘテロアリール基、及び

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基からなる群から選択

され、

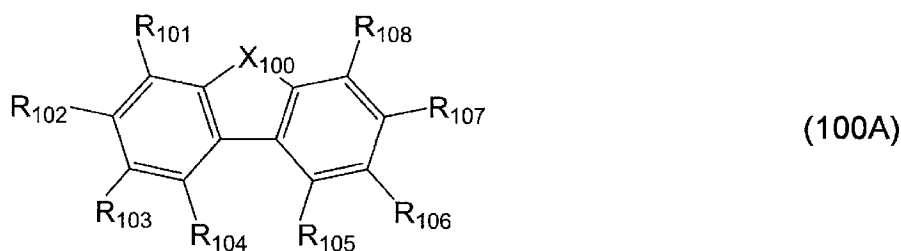
複数の R_{110} は、互いに同一であるか、又は異なる。

R_{110} と前記一般式(100)中の R_{101} との組み合わせ、又は R_{110} と前記一般式(100)中の R_{108} との組み合わせにおいて、置換基同士が飽和もしくは不飽和の環を形成するか、又は置換基同士は結合しない。

[0062] 前記一般式(100)における s_a は、0、又は1であることが好ましい。

[0063] 前記一般式(100)における s_a が0である場合、前記一般式(10)におけるBは、下記一般式(100A)で表される。

[0064] [化11]



[0065] 前記一般式(100A)における X_{100} 、 $R_{101} \sim R_{108}$ は、それぞれ、前記一般式(100)における X_{100} 、 $R_{101} \sim R_{108}$ と同義である。

[0066] L_{100} は、前記一般式(111)～(114)のいずれかで表されることが好ましく、前記一般式(113)、又は(114)で表されることがより好ましい。

[0067] X_{100} は、前記一般式(121)～(124)のいずれかで表されることが好ましく、前記一般式(123)、又は(124)で表されることがより好ましい。

[0068] 第一の化合物は、下記一般式(11)で表される化合物であることも好ましい。下記一般式(11)で表される化合物は、前記一般式(10)における a が1であり、 b が1であり、 d が1であり、 A が A_z であり、 B が C_z である場合の化合物に相当する。

[0069] [化12]



[0070] (前記一般式 (11) において、

A_zは、置換もしくは無置換のピリジン環、置換もしくは無置換のピリミジン環、置換もしくは無置換のトリアジン環、及び置換もしくは無置換のピラジン環からなる群から選択される環構造であり、

cは0～5の整数であり、

L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、及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連結基であり、

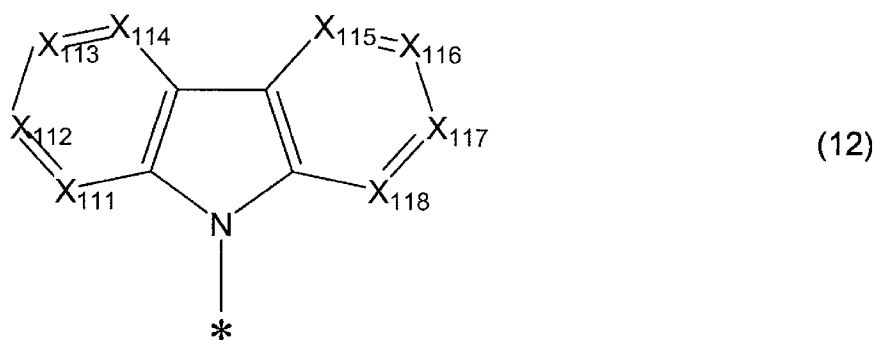
cが0のとき、C_zとA_zとが単結合で結合し、

cが2～5の整数のとき、複数のL同士が結合して環を形成するか、又は環を形成せず、

複数のLは、互いに同一であるか、又は異なり、

C_zは、下記一般式 (12) で表される。)

[0071] [化13]



[0072] (前記一般式 (12) 中、

X₁₁₁～X₁₁₈は、それぞれ独立に、窒素原子、又はC-R_Aであり、

R_Aは、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としてのR_Aは、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、

置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、

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 のフルオロアルキル基、
 置換もしくは無置換の環形成炭素数 3 ～ 30 のシクロアルキル基、
 置換もしくは無置換の炭素数 7 ～ 30 のアラルキル基、
 置換ホスホリル基、
 置換シリル基、
 シアノ基、
 ニトロ基、及び

カルボキシ基からなる群から選択される基であり、

複数の R_A は、互いに同一であるか、又は異なり、

$X_{111} \sim X_{118}$ の内、複数の $C-R_A$ であって、 R_A が置換基である場合、 R_A 同士が結合して環を形成するか、又は R_A 同士は結合せず、

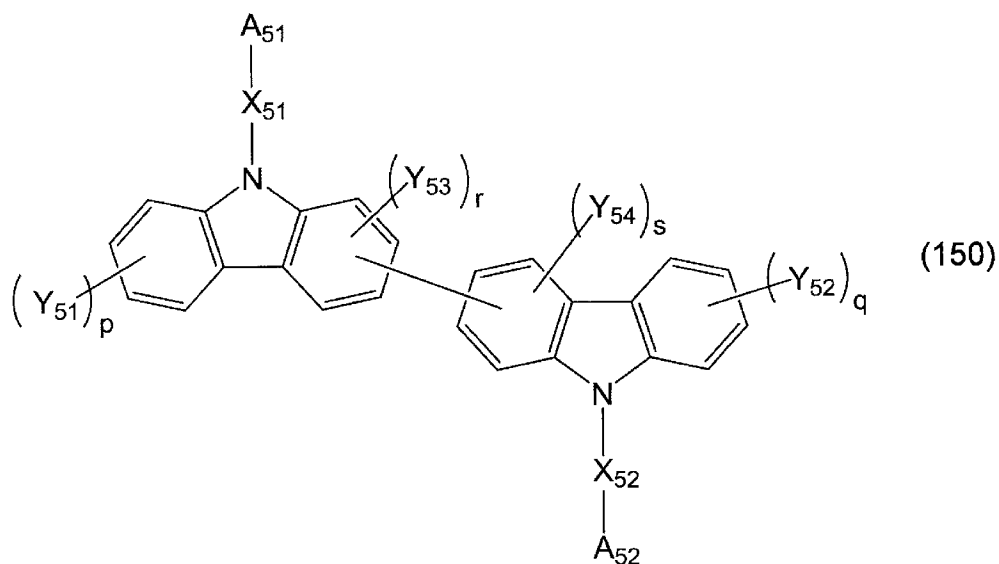
*は、 L で表される連結基の構造中の炭素原子との結合部位、又は A_z で表される環構造中の炭素原子との結合部位を表す。)

[0073] $X_{111} \sim X_{118}$ は、 $C-R_A$ であることも好ましい。

[0074] 前記一般式 (11) における c は、0、1 又は 2 であることが好ましく、特に、1 であることが好ましい。

[0075] 本実施形態において、第一の化合物は、下記一般式 (150) で表されることも好ましい。

[0076] [化14]



[0077] (前記一般式 (150) において、

A_{51} は、置換もしくは無置換の環形成炭素数 1 ～ 30 の含窒素複素環基であり、

A_{52} 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、又は置換もしくは無置換の環形成炭素数 1 ～ 30 の含窒素複素環基であり、

X_{51} 及び X_{52} は、それぞれ独立に、単結合、又は連結基であり、連結基としての X_{51} 及び連結基としての X_{52} 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、

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、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 2 ～ 30 の芳香族複素環基、及び

置換もしくは無置換の環形成炭素数 2 ～ 30 の縮合芳香族複素環基からなる群から選択され、

$Y_{51} \sim Y_{54}$ は、それぞれ独立に、

水素原子、又は置換基であり、置換基としての $Y_{51} \sim Y_{54}$ は、それぞれ独立に、

フッ素原子、シアノ基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ～ 20 のアルキル基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ～ 20 のアルコキシ基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ～ 20 のハロアルキル基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ～ 20 のハロアルコキシ基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ～ 10 のアルキルシリル基、

置換もしくは無置換の炭素数 6 ～ 30 のアリアルシリル基、

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、及び

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、

p は 1 ～ 4 の整数であり、 q は 1 ～ 4 の整数であり、 r は 1 ～ 3 の整数であり、 s は 1 ～ 3 の整数であり、

複数の Y_{51} は、互いに同一であるか、又は異なり、

Y_{51} 同士は、互いに結合を形成して環構造を形成するか、又は結合を形成せず、

複数の Y_{52} は、互いに同一であるか、又は異なり、

Y_{52} 同士は、互いに結合を形成して環構造を形成するか、又は結合を形成せず、

複数の Y_{53} は、互いに同一であるか、又は異なり、

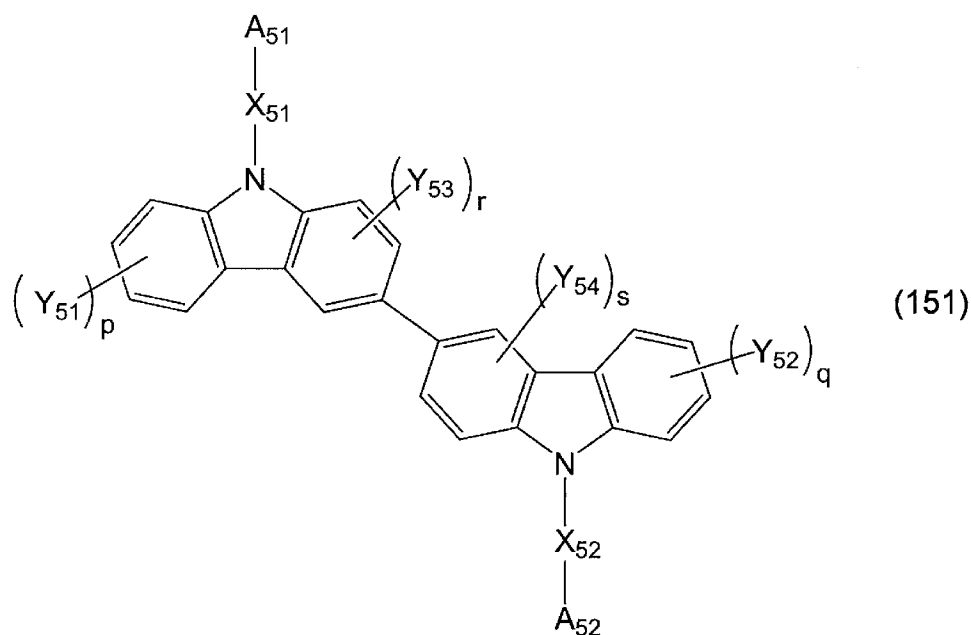
Y_{53} 同士は、互いに結合を形成して環構造を形成するか、又は結合を形成せず、

複数の Y_{54} は、互いに同一であるか、又は異なり、

Y_{54} 同士は、互いに結合を形成して環構造を形成するか、又は結合を形成しない。)

[0078] 本実施形態において、第一の化合物は、下記一般式(151)で表されることも好ましい。

[0079] [化15]



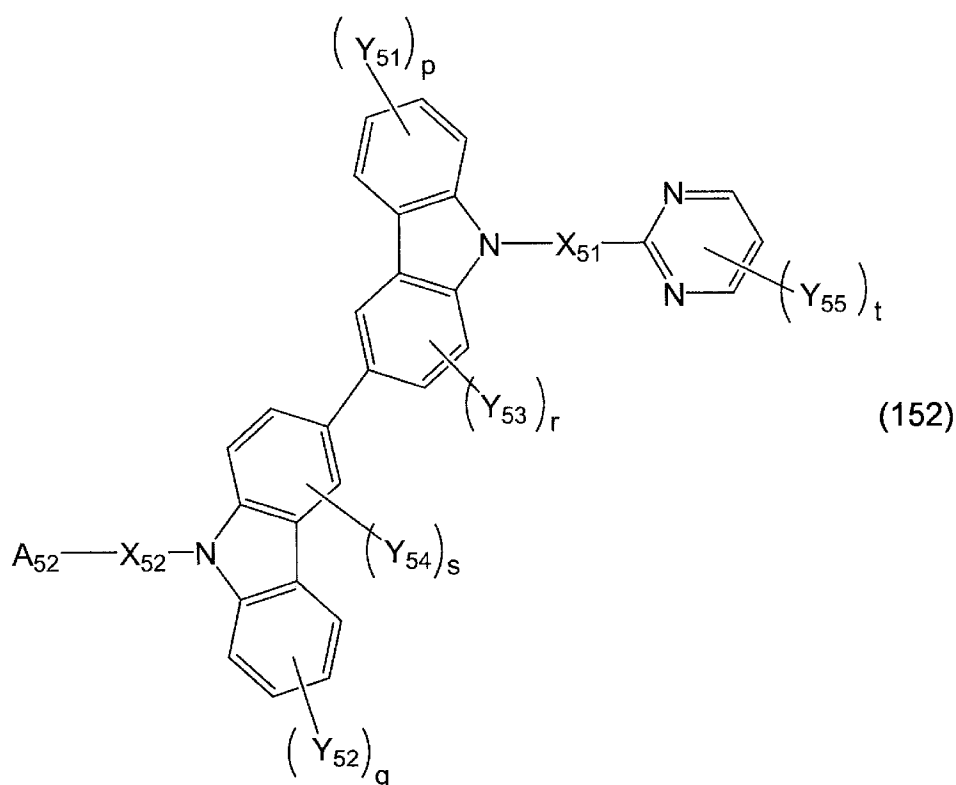
[0080] (前記一般式(151)において、 A_{51} 、 A_{52} 、 X_{51} 、 X_{52} 、 $Y_{51} \sim Y_{54}$ 、 p 、 q 、 r 、及び s は、それぞれ前記一般式(150)における A_{51} 、 A_{52} 、 X_{51} 、 X_{52} 、 $Y_{51} \sim Y_{54}$ 、 p 、 q 、 r 、及び s と同義である。)

[0081] A_{51} は、置換もしくは無置換のピリジン環、置換もしくは無置換のピリミジン環、及び置換もしくは無置換のトリアジン環からなる群から選ばれることが好ましく、置換もしくは無置換のピリミジン環、及び置換もしくは無置換のトリアジン環からなる群から選ばれることがより好ましい。

A_{51} は、置換もしくは無置換のピリミジン環であることも好ましい。

[0082] 本実施形態において、第一の化合物は、下記一般式(152)で表されることも好ましい。

[0083] [化16]



[0084] (前記一般式(152)において、 A_{52} 、 X_{51} 、 X_{52} 、 $Y_{51} \sim Y_{54}$ 、 p 、 q 、 r 、及び s は、それぞれ前記一般式(150)における A_{52} 、 X_{51} 、 X_{52} 、 $Y_{51} \sim Y_{54}$ 、 p 、 q 、 r 、及び s と同義であり、

Y_{55} は、前記一般式(150)における $Y_{51} \sim Y_{54}$ と同義であり、

t は、1～3の整数であり、複数の Y_{55} は、互いに同一であるか、又は異なる。)

[0085] 前記一般式(150)及び一般式(151)において、 A_{51} が、置換もし

くは無置換のキナゾリン環であることも好ましい。

[0086] $Y_{51} \sim Y_{54}$ は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての $Y_{51} \sim Y_{54}$ は、それぞれ独立に、フッ素原子、シアノ基、置換もしくは無置換の炭素数 1 ～ 20 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 1 ～ 10 のアルキルシリル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 ～ 30 のアリールシリル基、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、及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ことも好ましい。 $Y_{51} \sim Y_{54}$ は、水素原子であることも好ましい。置換基としての $Y_{51} \sim Y_{54}$ は、それぞれ独立に、シアノ基、置換もしくは無置換の炭素数 1 ～ 20 のアルキル基、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、及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ことも特に好ましい。

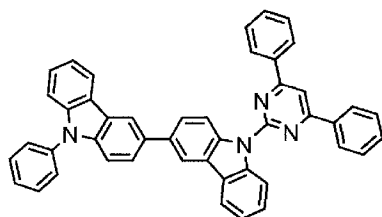
[0087] 連結基としての X_{51} 及び連結基としての X_{52} は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ～ 30 の芳香族炭化水素基、及び置換もしくは無置換の環形成炭素数 2 ～ 30 の縮合芳香族複素環基からなる群から選択されることも好ましい。

連結基としての X_{51} 及び連結基としての X_{52} 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がより好ましい。

X_{51} 及び X_{52} は、単結合であることも好ましい。

[0088] 本実施形態に係る第一の化合物の具体的な例を以下に示す。なお、本発明における第一の化合物は、これらの例に限定されない。

[0089] [化17]



[0090] ・遅延蛍光性

遅延蛍光（熱活性化遅延蛍光）については、「有機半導体のデバイス物性」（安達千波矢編、講談社発行）の261～268ページで解説されている。その文献の中で、蛍光発光材料の励起一重項状態と励起三重項状態のエネルギー差 ΔE_{13} を小さくすることができれば、通常は遷移確率が低い励起三重項状態から励起一重項状態への逆エネルギー移動が高確率で生じ、熱活性化遅延蛍光（Thermally Activated delayed Fluorescence, TADF）が発現すると説明されている。さらに、当該文献中の図10.38で、遅延蛍光の発生メカニズムが説明されている。本実施形態における第一の化合物は、このようなメカニズムで発生する熱活性化遅延蛍光を示す化合物である。遅延蛍光の発光は過渡PL（Photo Luminescence）測定により確認できる。

[0091] 過渡PL測定から得た減衰曲線に基づいて遅延蛍光の挙動を解析することもできる。過渡PL測定とは、試料にパルスレーザーを照射して励起させ、照射を止めた後のPL発光の減衰挙動（過渡特性）を測定する手法である。TADF材料におけるPL発光は、最初のPL励起で生成する一重項励起子からの発光成分と、三重項励起子を経由して生成する一重項励起子からの発光成分に分類される。最初のPL励起で生成する一重項励起子の寿命は、ナノ秒オーダーであり、非常に短い。そのため、当該一重項励起子からの発光は、パルスレーザーを照射後、速やかに減衰する。

一方、遅延蛍光は、寿命の長い三重項励起子を経由して生成する一重項励起子からの発光であるため、ゆるやかに減衰する。このように最初のPL励起で生成する一重項励起子からの発光と、三重項励起子を経由して生成する一重項励起子からの発光とでは、時間的に大きな差がある。そのため、遅延蛍光由来の発光強度を求めることができる。

[0092] 図2には、過渡PLを測定するための例示的装置の概略図が示されている。

本実施形態の過渡PL測定装置100は、所定波長の光を照射可能なパルスレーザー部101と、測定試料を収容する試料室102と、測定試料から

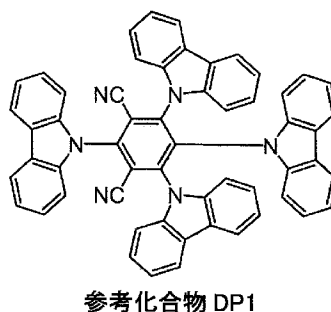
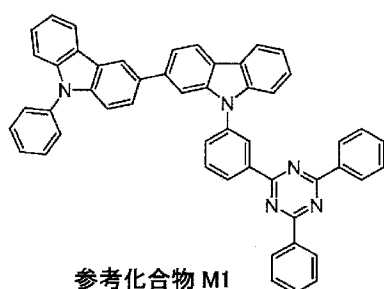
放射された光を分光する分光器 103 と、2次元像を結像するためのストリークカメラ 104 と、2次元像を取り込んで解析するパーソナルコンピュータ 105 と、を備える。なお、過渡 PL の測定は、本実施形態で説明する装置に限定されない。

試料室 102 に收容される試料は、マトリックス材料に対し、ドーピング材料が 12 質量%の濃度でドーピングされた薄膜を石英基板に成膜することで得られる。

試料室 102 に收容された薄膜試料に対し、パルスレーザー部 101 からパルスレーザーを照射して、ドーピング材料を励起させる。励起光の照射方向に対して 90 度の方向へ発光を取り出し、取り出した光を分光器 103 で分光し、ストリークカメラ 104 内で 2次元像を結像する。その結果、縦軸が時間に対応し、横軸が波長に対応し、輝点が発光強度に対応する 2次元画像を得ることができる。この 2次元画像を所定の時間軸で切り出すと、縦軸が発光強度であり、横軸が波長である発光スペクトルを得ることができる。また、当該 2次元画像を波長軸で切り出すと、縦軸が発光強度の対数であり、横軸が時間である減衰曲線（過渡 PL）を得ることができる。

[0093] 例えば、マトリックス材料として、下記参考化合物 M1 を用い、ドーピング材料として下記参考化合物 DP1 を用いて上述のようにして薄膜試料 A を作製し、過渡 PL 測定を行った。

[0094] [化18]

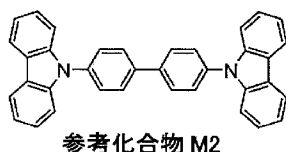


[0095] ここでは、前述の薄膜試料 A、及び薄膜試料 B を用いて減衰曲線を解析した。薄膜試料 B は、マトリックス材料として下記参考化合物 M2 を用い、ド

ーピング材料として前記参考化合物 D P 1 を用いて、上述のようにして薄膜試料を作製した。

図 3 には、薄膜試料 A 及び薄膜試料 B について測定した過渡 P L から得た減衰曲線が示されている。

[0096] [化19]



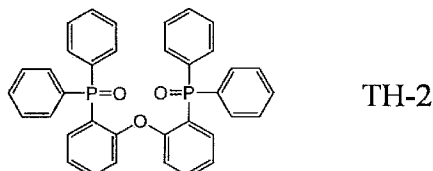
[0097] 上記したように過渡 P L 測定によって、縦軸を発光強度とし、横軸を時間とする発光減衰曲線を得ることができる。この発光減衰曲線に基づいて、光励起により生成した一重項励起状態から発光する蛍光と、三重項励起状態を経由し、逆エネルギー移動により生成する一重項励起状態から発光する遅延蛍光との、蛍光強度比を見積もることができる。遅延蛍光性の材料では、素早く減衰する蛍光の強度に対し、緩やかに減衰する遅延蛍光の強度の割合が、ある程度大きい。

本実施形態における遅延蛍光発光量は、図 2 の装置を用いて求めることができる。前記第一の化合物は、当該第一の化合物が吸収する波長のパルス光（パルスレーザーから照射される光）で励起された後、当該励起状態から即座に観察される P r o m p t 発光（即時発光）と、当該励起後、即座には観察されず、その後観察される D e l a y 発光（遅延発光）とが存在する。本実施形態においては、D e l a y 発光（遅延発光）の量が P r o m p t 発光（即時発光）の量に対して 5 % 以上であることが好ましい。具体的には、P r o m p t 発光（即時発光）の量を X_P とし、D e l a y 発光（遅延発光）の量を X_D としたときに、 X_D/X_P の値が 0.05 以上であることが好ましい。

P r o m p t 発光と D e l a y 発光の量は、“Nature 492, 234–238, 2012”に記載された方法と同様の方法により求めることができる。なお、P r o m p t 発光及び D e l a y 発光の量の算出に使用される装置は、前記文献に記載の装置に限定されない。

また、遅延蛍光性の測定に用いられる試料は、例えば、第一の化合物と下記化合物TH-2とを、第一の化合物の割合が12質量%となるように石英基板上に共蒸着し、膜厚100nmの薄膜を形成した試料を使用することができる。

[0098] [化20]



[0099] (第二の化合物)

第二の化合物は、蛍光発光性を有する。

[0100] 第二の化合物は、主ピーク波長（発光ピーク波長と称する場合もある。）が550nm以下であることが好ましく、430nm以上550nm以下であることがより好ましく、430nm以上480nm以下であることがよりさらに好ましく、445nm以上480nm以下であることが特に好ましい。主ピーク波長とは、第二の化合物が 10^{-6} モル／リットル以上 10^{-5} 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。

第二の化合物は、緑色、又は青色の蛍光発光を示すことが好ましい。第二の化合物は、青色の蛍光発光を示すことが好ましい。

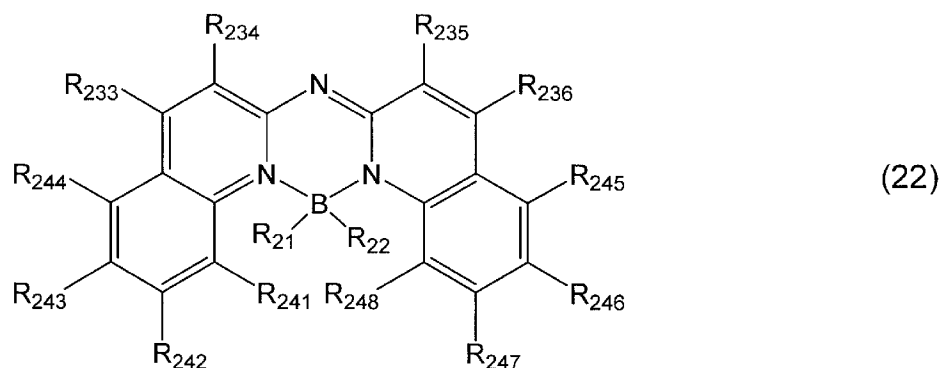
[0101] 本実施形態において、第二の化合物は、ビスアリールアミノナフタレン誘導体、アリール置換ナフタレン誘導体、ビスアリールアミノアントラセン誘導体、アリール置換アントラセン誘導体、ビスアリールアミノピレン誘導体、アリール置換ピレン誘導体、ビスアリールアミノクリセン誘導体、アリール置換クリセン誘導体、ビスアリールアミノフルオランテン誘導体、アリール置換フルオランテン誘導体、インデノペリレン誘導体、アセナフトフルオランテン誘導体、ピロメテンハウ素錯体化合物、ピロメテン骨格を有する化

合物、ピロメテン骨格を有する化合物の金属錯体、ジケトピロロピロール誘導体、ペリレン誘導体、及びナフタセン誘導体からなる群から選択される少なくとも一種の化合物であることも好ましい。

[0102] 本実施形態において、第二の化合物は、ビスアリールアミノナフタレン誘導体、ビスアリールアミノアントラセン誘導体、ビスアリールアミノピレン誘導体、ビスアリールアミノクリセン誘導体、及びビスアリールアミノフルオランテン誘導体からなる群から選択される少なくとも一種の化合物であることも好ましい。

[0103] 本実施形態において、第二の化合物は、下記一般式（22）で表される化合物であることも好ましい。

[0104] [化21]



[0105] 前記一般式（22）において、 $R_{233} \sim R_{236}$ 、及び $R_{241} \sim R_{248}$ は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての $R_{233} \sim R_{236}$ 、及び置換基としての $R_{241} \sim R_{248}$ は、それぞれ独立に、ハロゲン原子、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、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のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスホリル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、及びカルボキシ基からなる群から選択されるいずれかの基である。置換基としての $R_{233} \sim R_{236}$ 、及び置換基としての $R_{241} \sim R_{248}$ は、互いに同一であるか、又は異なる。

置換基としての R_{233} と置換基としての R_{234} とは、互いに直接結合して環を形成するか、ヘテロ原子を介して環を形成するか、又は結合しない。

置換基としての R_{235} と置換基としての R_{236} とは、互いに直接結合して環を形成するか、ヘテロ原子を介して環を形成するか、又は結合しない。

置換基としての R_{236} と置換基としての R_{245} とは、互いに直接結合して環を形成するか、ヘテロ原子を介して環を形成するか、又は結合しない。

置換基としての R_{245} と置換基としての R_{246} とは、互いに直接結合して環を形成するか、ヘテロ原子を介して環を形成するか、又は結合しない。

置換基としての R_{246} と置換基としての R_{247} とは、互いに直接結合して環を形成するか、ヘテロ原子を介して環を形成するか、又は結合しない。

置換基としての R_{247} と置換基としての R_{248} とは、互いに直接結合して環を形成するか、ヘテロ原子を介して環を形成するか、又は結合しない。

置換基としての R_{241} と置換基としての R_{242} とは、互いに直接結合して環を形成するか、ヘテロ原子を介して環を形成するか、又は結合しない。

置換基としての R_{242} と置換基としての R_{243} とは、互いに直接結合して環を形成するか、ヘテロ原子を介して環を形成するか、又は結合しない。

置換基としての R_{243} と置換基としての R_{244} とは、互いに直接結合して環を形成するか、ヘテロ原子を介して環を形成するか、又は結合しない。

置換基としての R_{244} と置換基としての R_{233} とは、互いに直接結合して環を形成するか、ヘテロ原子を介して環を形成するか、又は結合しない。

R_{21} 及び R_{22} は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての R_{21} 及び R_{22} は、それぞれ独立に、ハロゲン原子、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、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のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスフォルル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、及びカルボキシ基からなる群から選択される

いずれかの基である。

置換基としての R_{21} 及び R_{22} は、互いに直接結合して環を形成するか、又は結合しない。

[0106] 前記一般式(22)において、 R_{241} 、 R_{242} 、 R_{244} 、 R_{245} 、 R_{247} 及び R_{248} は、水素原子であり、 R_{243} 及び R_{246} は、置換基であることが好ましい。この場合の置換基としての R_{243} 及び R_{246} は、それぞれ独立に、ハロゲン原子、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、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のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスフォルイル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、及びカルボキシ基からなる群から選択されるいずれかの基であることが好ましい。

置換基としての R_{243} 及び R_{246} は、それぞれ独立に、ハロゲン原子、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、及び置換もしくは無置換の炭素数1～30のアルキル基からなる群から選択されるいずれかの基であることが好ましい。

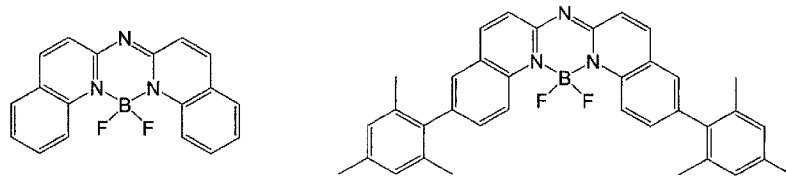
置換基としての R_{243} 及び R_{246} は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基であることがより好ましい。

[0107] 前記一般式(22)において、 R_{21} 及び R_{22} は、それぞれ独立に、ハロゲン原子、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、及び置換もしくは無置換の炭素数1～30のアルキル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_{21} 及び R_{22} は、ハロゲン原子であることがより好ましく、フッ素原子であることが更に好ましい。

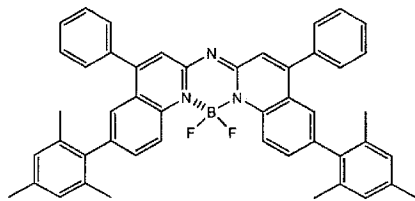
[0108] 本実施形態に係る第二の化合物の具体的な例を以下に示す。なお、本発明に係る第二の化合物は、これらの例に限定されない。

[0109]

[化22]



[0110] [化23]



[0111] (第三の化合物)

第三の化合物は、 $1 \times 10^{-8} \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$ 以上の電子移動度を有する。

第三の化合物は、 $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$ 以上の電子移動度を有することが好ましい。

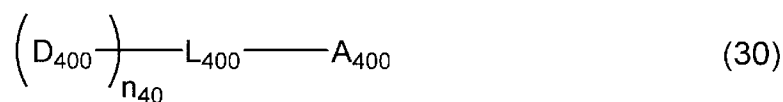
[0112] 本実施形態において、第三の化合物は、遅延蛍光性を有する化合物であってもよい。

また、本実施形態において、第三の化合物は、遅延蛍光性を有さない化合物であってもよい。

また、本実施形態に係る有機EL素子は、発光層の陰極側で隣接する有機層（隣接層と称する場合もある。）を有してもよく、発光層に含まれる第三の化合物は、隣接層に含まれる化合物と異なってもよい。また、本実施形態において、発光層に含まれる第三の化合物は、隣接層に含まれる化合物と同一であってもよい。

[0113] 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。

[0114] [化24]



[0115] (前記一般式(30)において、

D_{400} は、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、

置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、

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のフルオロアルキル基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、

置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、

置換ホスホリル基、

置換シリル基、

置換アミノ基、

シアノ基、

ニトロ基、及び

カルボキシ基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

n_{400} は、1以上5以下の整数であり、

複数の D_{400} は、互いに同一であるか、又は異なり、

L_{400} は、単結合、又は連結基であり、

A_{400} は、

シアノ基、

環内に窒素原子を1個以上含む置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、又は

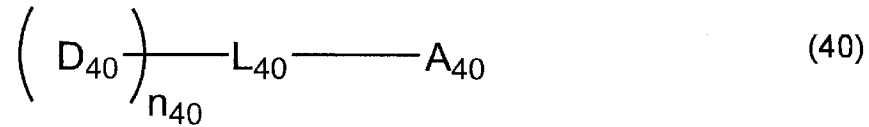
1個以上のシアノ基で置換されている環形成炭素数6～30のアリール基である。)

[0116] 連結基としての L_{400} は、5員環、6員環、又は7員環から誘導される基であるか、又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、及び置換もしくは無置換の環形成原子数5～30の芳香族複素環基からなる群から選択される基であることが好ましい。

[0117] 本実施形態において、第三の化合物は、下記一般式(40)で表されるこ

とも好ましい。

[0118] [化25]



[0119] 前記一般式（４０）において、

D_{40} は、下記一般式（４１）で表される基であり、

n_{40} は、１以上５以下の整数であり、

複数の D_{40} は、互いに同一であるか、又は異なり、

L_{40} は、単結合、又は連結基であり、連結基としての L_{40} は、

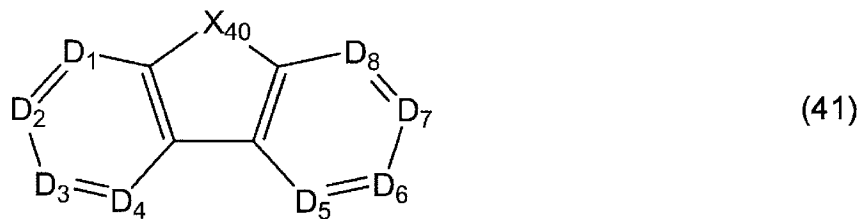
置換もしくは無置換の環形成炭素数６～３０の芳香族炭化水素基、及び

置換もしくは無置換の環形成原子数５～３０の芳香族複素環基からなる

群から選択され、

A_{40} は、シアノ基、又は下記一般式（４２）で表される基である。

[0120] [化26]



[0121] [化27]



[0122] 前記一般式（４１）において、

$D_1 \sim D_8$ は、それぞれ独立に、 L_{40} と結合する炭素原子、又は R_{40} と結合する炭素原子であり、 R_{40} は、水素原子、又は置換基であり、

複数の R_{40} は、互いに同一であるか、又は異なり、

X_{40} は、酸素原子、硫黄原子、 R_{41} と結合する窒素原子、又は L_{40} と結合する窒素原子であり、

R_{41} は、水素原子、又は置換基であり、

$D_1 \sim D_8$ の内いずれか1つが L_{40} と結合する炭素原子であるか、又は X_{40} が L_{40} と結合する窒素原子である。

前記一般式(42)において、

$A_{41} \sim A_{46}$ は、それぞれ独立に、窒素原子、 L_{40} と結合する炭素原子、又は R_{42} と結合する炭素原子であり、

R_{42} は、水素原子、又は置換基であり、

複数の R_{42} は、互いに同一であるか、又は異なり、

$A_{41} \sim A_{46}$ の内いずれか1つが L_{40} と結合する炭素原子であり、残りの少なくともいずれかが窒素原子であるか、又はシアノ基と結合する炭素原子である。

置換基としての R_{40} 、置換基としての R_{41} 、及び置換基としての R_{42} は、それぞれ独立に、

フッ素原子、

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、

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炭素数1～30のハロアルキル基、

置換もしくは無置換の炭素数1～30のハロアルコキシ基、

置換もしくは無置換の炭素数1～10のアルキルシリル基、

置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリールシリル基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、及び

置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基からなる群から選択される。

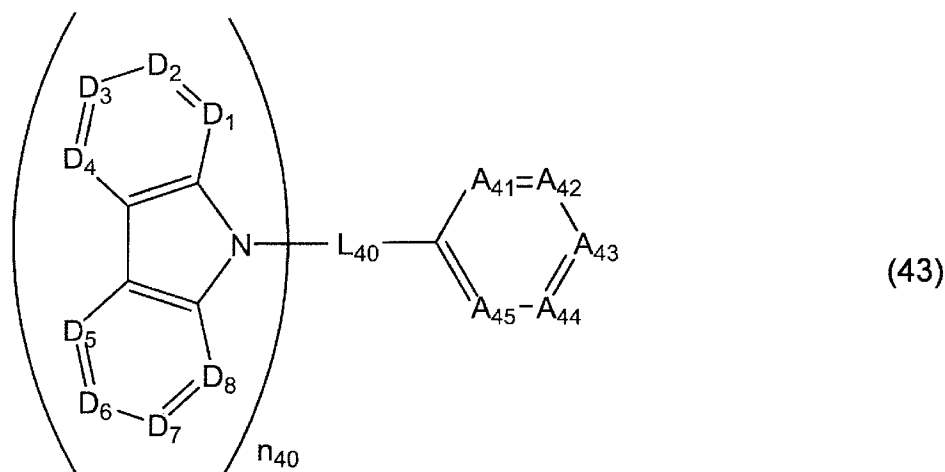
[0123] 前記一般式(41)において、 $D_1 \sim D_8$ の内いずれか1つが L_{40} と結合する炭素原子である場合、 X_{40} は、酸素原子、硫黄原子、又は R_{41} と結合する

窒素原子である。

前記一般式(41)において、 X_{40} が L_{40} と結合する窒素原子である場合、 $D_1 \sim D_8$ は、 R_{40} と結合する炭素原子であり、 R_{40} は、水素原子、又は置換基であり、複数の R_{40} は、互いに同一であるか、又は異なる。

[0124] 本実施形態において、第三の化合物は、下記一般式(43)で表されることも好ましい。

[0125] [化28]



[0126] 前記一般式(43)において、

$D_1 \sim D_8$ は、それぞれ独立に、 R_{40} と結合する炭素原子であり、

R_{40} は、水素原子、又は置換基であり、

n_{40} は、1以上5以下の整数であり、

複数の R_{40} は、互いに同一であるか、又は異なり、

$A_{41} \sim A_{45}$ は、窒素原子、又は R_{42} と結合する炭素原子であり、

R_{42} は、水素原子、又は置換基であり、

複数の R_{42} は、互いに同一であるか、又は異なり、

$A_{41} \sim A_{45}$ の内いずれか1つは、窒素原子であるか、又はシアノ基と結合する炭素原子であり、

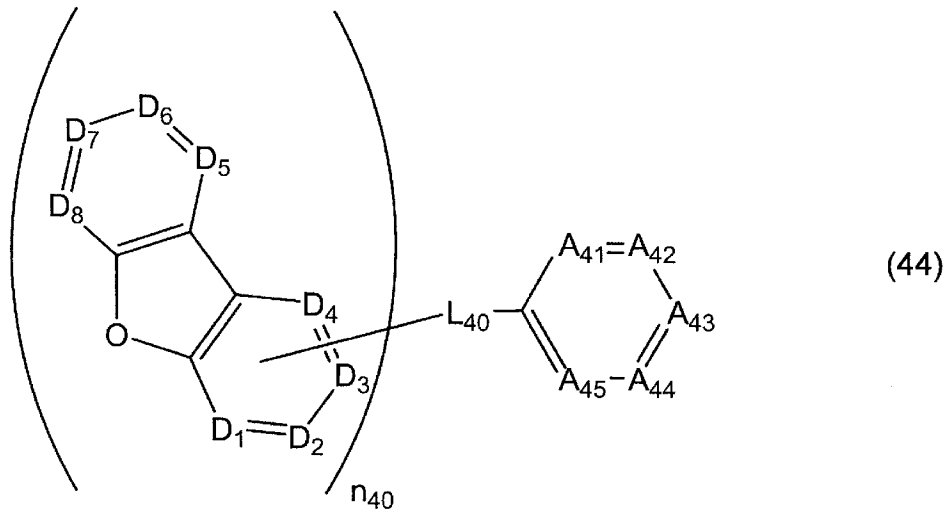
置換基としての R_{40} 、及び置換基としての R_{42} は、それぞれ独立に、前述と同義であり、

L_{40} は、単結合、又は連結基であり、連結基としての L_{40} は、前述と同義

である。

[0127] 本実施形態において、第三の化合物は、下記一般式（４４）で表されることも好ましい。

[0128] [化29]



[0129] 前記一般式（４４）において、

$D_1 \sim D_4$ は、それぞれ独立に、 L_{40} と結合する炭素原子、又は R_{40} と結合する炭素原子であり、

$D_1 \sim D_4$ の内いずれか１つが L_{40} と結合する炭素原子であり、

$D_5 \sim D_8$ は、それぞれ独立に、 R_{40} と結合する炭素原子であり、

R_{40} は、水素原子、又は置換基であり、

n_{40} は、１以上５以下の整数であり、

複数の R_{40} は、互いに同一であるか、又は異なり、

$A_{41} \sim A_{45}$ は、窒素原子、又は R_{42} と結合する炭素原子であり、

R_{42} は、水素原子、又は置換基であり、

複数の R_{42} は、互いに同一であるか、又は異なり、

$A_{41} \sim A_{45}$ の内いずれか１つは、窒素原子であるか、又はシアノ基と結合する炭素原子であり、

置換基としての R_{40} 、及び置換基としての R_{42} は、それぞれ独立に、前述と同義であり、

L_{40} は、単結合、又は連結基であり、連結基としての L_{40} は、前述と同義である。

[0130] n_{40} は、1以上3以下の整数であることが好ましく、1以上2以下の整数であることがより好ましい。

[0131] L_{40} は、連結基であることが好ましい。連結基としての L_{40} 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く、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～10の芳香族炭化水素基であることがより好ましく、置換もしくは無置換のフェニレン基であることがさらに好ましい。

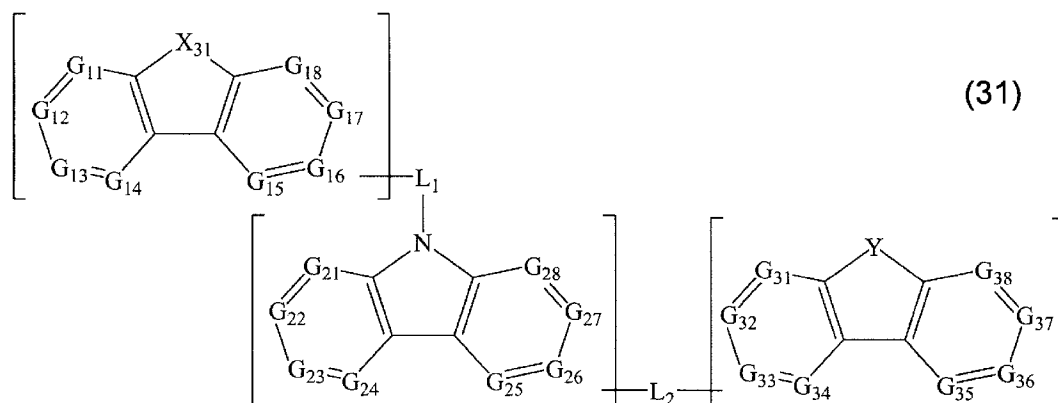
[0132] 第三の化合物のエネルギーギャップが大きい場合、第三の化合物のLUMOに比べて、第一の化合物のLUMO、及び第二の化合物のLUMOは、深く（大きく）なる。その結果、発光層の内部で第一の化合物、及び第二の化合物が電子をトラップし易くなるため、発光層の電子輸送性が低下するおそれがある。その結果、発光層の内部では、正孔が多くなり、発光エリアは、発光層の電子注入層側に局在し、有機EL素子の寿命が短くなるおそれがある。

したがって、第三の化合物は、エネルギーギャップが小さい化合物であることが好ましく、エネルギーギャップを小さくするという観点から、 A_{40} で表される構造と D_{40} で表される構造とが、連結基としての L_{40} で連結されていることが好ましい。

[0133] 本実施形態において、第三の化合物は、下記一般式（31）で表されることも好ましい。

[0134]

[化30]



[0135] (前記一般式(31)において、

$G_{11} \sim G_{18}$ の少なくとも1つは窒素原子を表し、それ以外のうち1つは L_1 と結合する炭素原子を表し、それ以外は $C(R_1)$ を表す。なお、 $C(R)$ は、 R が結合する炭素原子を表す。

$G_{21} \sim G_{28}$ のうち1つは L_2 と結合する炭素原子を表し、それ以外は $C(R_2)$ 、又は窒素原子を表す。

$G_{31} \sim G_{38}$ のうち1つは L_2 と結合する炭素原子を表し、それ以外は $C(R_3)$ 、又は窒素原子を表す。

$R_1 \sim R_3$ は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、

置換基としての R_1 、置換基としての R_2 、及び置換基としての R_3 は、それぞれ独立に、

置換もしくは無置換の炭素数1～20のアルキル基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数3～20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3～20のシクロアルコキシ基、

置換もしくは無置換の炭素数1～20のアルコキシ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6～18のアリール基、

置換もしくは無置換の環形成原子数5～18のヘテロアリール基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6～18のアリールオキシ基、

置換もしくは無置換の炭素数0～20のアミノ基、

置換もしくは無置換の炭素数0～30のシリル基、

フルオロ基、又は

シアノ基を表し、

複数の R_1 は、互いに同一であるか、又は異なり、

複数の R_2 は、互いに同一であるか、又は異なり、

複数の R_3 は、互いに同一であるか、又は異なる。

R_1 が置換基を有する場合、 R_2 が置換基を有する場合、並びに R_3 が置換基を有する場合、当該置換基は、それぞれ独立に、

炭素数 1 ～ 20 のアルキル基、

環形成炭素数 3 ～ 20 のシクロアルキル基、

炭素数 1 ～ 20 のアルコキシ基、

環形成炭素数 3 ～ 20 のシクロアルコキシ基、

環形成炭素数 6 ～ 18 のアリール基、

環形成原子数 5 ～ 18 のヘテロアリール基、

環形成炭素数 6 ～ 18 のアリールオキシ基、

炭素数 0 ～ 20 のアミノ基、

炭素数 0 ～ 30 のシリル基、

フルオロ基、及び

シアノ基からなる群から選択される少なくとも一種の置換基である。

X_{31} は、酸素原子、硫黄原子、又は $-N(R_4)-$ を表す。

R_4 は、水素原子、又は置換基であり、置換基としての R_4 は、炭素数 1 ～ 20 のアルキル基、環形成炭素数 3 ～ 20 のシクロアルキル基、環形成炭素数 6 ～ 18 のアリール基、又は環形成原子数 5 ～ 18 のヘテロアリール基を表す。

L_1 は、単結合、炭素数 1 ～ 20 のアルキレン基、環形成炭素数 3 ～ 20 のシクロアルキレン基、環形成炭素数 6 ～ 18 のアリーレン基、又は環形成原子数 5 ～ 18 のヘテロアリーレン基を表す。

L_2 は、単結合、炭素数 1 ～ 20 のアルキレン基、環形成炭素数 3 ～ 20 のシクロアルキレン基、環形成炭素数 6 ～ 18 のアリーレン基、環形成原子数

5～18のヘテロアリーレン基、窒素原子を含む2価の連結基、酸素原子を含む2価の連結基、ケイ素原子を含む2価の連結基、リン原子を含む2価の連結基、又は硫黄原子を含む2価の連結基を表す。

Yは、酸素原子、硫黄原子、又は $-N(-L_3-R_5)-$ を表す。

L_3 は、単結合、炭素数1～20のアルキレン基、環形成炭素数3～20のシクロアルキレン基、環形成炭素数6～18のアリーレン基、又は環形成原子数5～18のヘテロアリーレン基を表す。

R_5 は、水素原子、炭素数1～20のアルキル基、環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、環形成炭素数6～18のアリール基、又は環形成原子数5～18のヘテロアリール基を表す。

但し、 X_{31} が酸素原子、又は硫黄原子である場合、 $G_{11} \sim G_{18}$ のいずれか1つのみが窒素原子を表す。また、 X_{31} が $-N(R_4)-$ である場合、Yは $-N(-L_3-R_5)-$ を表し、かつ、 R_2 及び R_3 は水素原子を表す。）

[0136] 前記一般式(31)において、 X_{31} が酸素原子、又は硫黄原子を表すことが好ましい。

[0137] 前記一般式(31)において、 X_{31} が $-N(R_4)-$ を表すことも好ましい。

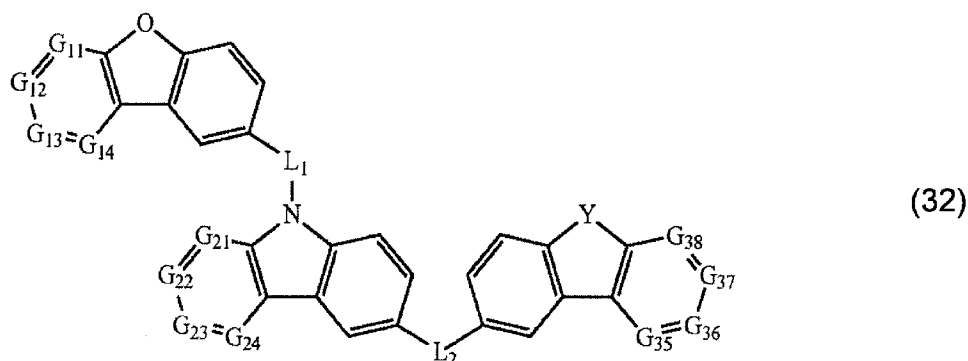
[0138] 前記一般式(31)において、 G_{16} が L_1 と結合する炭素原子を表すことが好ましい。

[0139] 前記一般式(31)において、 G_{26} 及び G_{33} が L_2 と結合する炭素原子を表すことが好ましい。

[0140] 本実施形態において、第三の化合物は、下記一般式(32)で表されることも好ましい。

[0141]

[化31]



[0142] (前記一般式(32)において、

$G_{11} \sim G_{14}$ のうち1つは窒素原子を表し、それ以外は $C(R_1)$ を表す。

$G_{21} \sim G_{24}$ は $C(R_2)$ 、又は窒素原子を表す。

$G_{35} \sim G_{38}$ は $C(R_3)$ 、又は窒素原子を表す。

$R_1 \sim R_3$ は互いに独立して、水素原子、又は置換基であり、置換基としての R_1 、置換基としての R_2 、及び置換基としての R_3 は、それぞれ独立に、炭素数1～20のアルキル基、環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、環形成炭素数6～18のアリール基、又は環形成原子数5～18のヘテロアリール基を表す。

L_1 は、単結合、環形成炭素数6～18のアリーレン基、又は環形成原子数5～18のヘテロアリーレン基を表す。

L_2 は、単結合、環形成炭素数6～18のアリーレン基、環形成原子数5～18のヘテロアリーレン基、窒素原子を含む2価の連結基、酸素原子を含む2価の連結基、ケイ素原子を含む2価の連結基、リン原子を含む2価の連結基、又は硫黄原子を含む2価の連結基を表す。

Y は、酸素原子、硫黄原子、又は $-N(-L_3-R_5)-$ を表す。

L_3 は、単結合、環形成炭素数6～18のアリーレン基、又は環形成原子数5～18のヘテロアリーレン基を表す。

R_5 は、水素原子、又は置換基であり、置換基としての R_5 は、炭素数1～20のアルキル基、環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、環形成炭素数6～18のアリール基、又は環形成原子数5～18のヘテロアリール基を

表す。)

[0143] 窒素原子を含む2価の連結基としては、下記一般式(31B)で表される基が挙げられる。

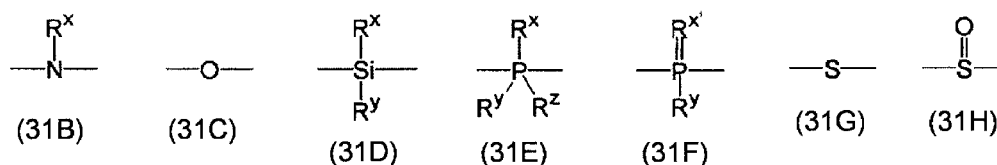
酸素原子を含む2価の連結基としては、下記一般式(31C)で表される基が挙げられる。

ケイ素原子を含む2価の連結基としては、下記一般式(31D)で表される基が挙げられる。

リン原子を含む2価の連結基としては、下記一般式(31E)で表される基、及び下記一般式(31F)で表される基が挙げられる。

硫黄原子を含む2価の連結基としては、下記一般式(31G)で表される基、及び下記一般式(31H)で表される基が挙げられる。

[0144] [化32]



[0145] 前記一般式(31B)～(31H)中、 R^x 、 R^y 、及び R^z は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての R^x 、置換基としての R^y 、及び置換基としての R^z は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の炭素数1～20のアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～20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3～20のシクロアルコキシ基、置換もしくは無置換の炭素数1～20のアルコキシ基、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～18のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～18のヘテロアリール基、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～18のアリールオキシ基、置換もしくは無置換の炭素数0～20のアミノ基、置換もしくは無置換の炭素数0～30のシリル基、フルオロ基、又はシアノ基である。前記一般式(31F)中の $\text{R}^{x'}$ は、酸素である。

L_2 は、前記一般式(31C)、前記一般式(31G)、又は前記一般式(

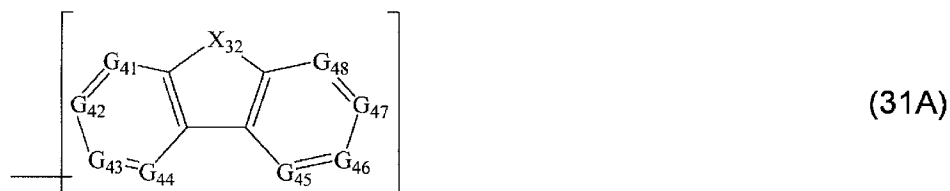
31F) で表される基であることが好ましい。

[0146] 前記一般式 (31)、又は一般式 (32) で表される化合物において、少なくとも1つの R_2 は、置換もしくは無置換のカルバゾリル基、置換もしくは無置換のジベンゾフラニル基、又は置換もしくは無置換のジベンゾチオフェニル基を表すことが好ましい。

[0147] 前記一般式 (31) 及び一般式 (32) において、 G_{14} が窒素原子であることが好ましい。

[0148] 前記一般式 (31) 及び一般式 (32) において、 Y が $-N(-L_3-R_5)-$ を表し、 R_5 が下記一般式 (31A) で表されるヘテロアリール基を表すことが好ましい。

[0149] [化33]



[0150] (前記一般式 (31A) において、

$G_{41} \sim G_{48}$ のうち1つは L_3 と結合する炭素原子を表し、それ以外は窒素原子、又はC(R_6)を表す。

R_6 は、水素原子、又は置換基であり、置換基としての R_6 は、

置換もしくは無置換の炭素数1～20のアルキル基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、

置換もしくは無置換の炭素数1～20のアルコキシ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルコキシ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6～18のアリール基、

置換もしくは無置換の環形成原子数5～18のヘテロアリール基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6～18のアリールオキシ基、

置換もしくは無置換の炭素数0～20のアミノ基、

置換もしくは無置換の炭素数0～30のシリル基、

フルオロ基、又は
シアノ基を表し、
複数の R_6 は、互いに同一であるか、又は異なる。
 R_6 が置換基を有する場合、当該置換基は、それぞれ独立に、
炭素数1～20のアルキル基、
環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、
炭素数1～20のアルコキシ基、
環形成炭素数3～20のシクロアルコキシ基、
環形成炭素数6～18のアリール基、
環形成原子数5～18のヘテロアリール基、
環形成炭素数6～18のアリールオキシ基、
炭素数0～20のアミノ基、
炭素数0～20のシリル基、
フルオロ基、及び
シアノ基からなる群から選択される少なくとも一種の置換基である。
 X_{32} は、酸素原子、硫黄原子、又は $-N(R_7)-$ を表す。
 R_7 は、水素原子、又は置換基であり、置換基としての R_7 は、
炭素数1～20のアルキル基、
環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、
環形成炭素数6～18のアリール基、又は
環形成原子数5～18のヘテロアリール基を表す。)

[0151] 前記一般式(31)及び一般式(32)において、 Y が酸素原子、又は硫黄原子であることが好ましい。

[0152] 前記一般式(31)及び一般式(32)において、 L_1 が単結合、環形成炭素数6～18のアリーレン基、又は環形成原子数5～18のヘテロアリーレン基を表すことが好ましい。

[0153] 前記一般式(31)及び一般式(32)において、 L_1 が環形成炭素数6～18のアリーレン基、又は環形成原子数5～18のヘテロアリーレン基を表

すことが好ましい。

[0154] 前記一般式 (31)、又は一般式 (32) の L_1 における環形成原子数 5 ～ 18 のヘテロアリーレン基は、ジベンゾフランの 2 価基、及びジベンゾチオフェンの 2 価基ではないことが好ましい。

[0155] 前記一般式 (31) 及び一般式 (32) において、 L_1 がフェニレン基を表すことが好ましい。

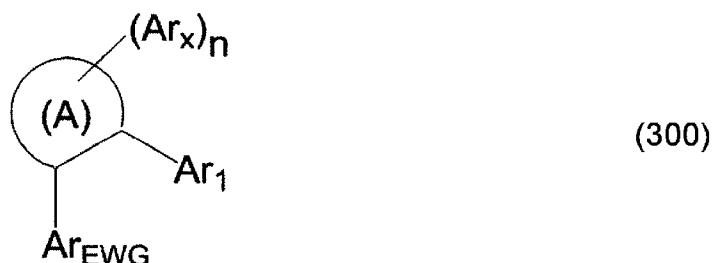
[0156] 前記一般式 (31) 及び一般式 (32) において、 L_2 が炭素数 1 ～ 20 のアルキレン基、環形成炭素数 3 ～ 20 のシクロアルキレン基、酸素原子を含む 2 価の連結基、ケイ素原子を含む 2 価の連結基、リン原子を含む 2 価の連結基、又は硫黄原子を含む 2 価の連結基を表すことが好ましい。

前記一般式 (31) 及び一般式 (32) において、 L_2 が単結合を表すことも好ましい。

[0157] 前記一般式 (31) 及び一般式 (32) において、 Y が $-N(-L_3-R_5)-$ を表し、かつ R_5 が前記一般式 (31A) で表されるヘテロアリール基を表す場合、 $G_{31} \sim G_{38}$ 及び $G_{41} \sim G_{48}$ のうち、少なくとも 1 つが窒素原子を表すことが好ましい。

[0158] 本実施形態において、第三の化合物は、下記一般式 (300) で表されることも好ましい。

[0159] [化34]



[0160] (前記一般式 (300) 中、

Ar_1 は、置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ～ 30 のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ～ 30 のヘテロアリール基、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 ～ 3

0のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスホリル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、カルボキシ基、及び下記一般式(12a)～(12j)で表される基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

$A r_{EWG}$ は、

シアノ基、

環内に窒素原子を1個以上含む置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、又は

1個以上のシアノ基で置換されている環形成炭素数6～30のアリール基であり、

$A r_x$ は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての $A r_x$ は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、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のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスホリル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、カルボキシ基、及び下記一般式(12a)～(12j)で表される基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

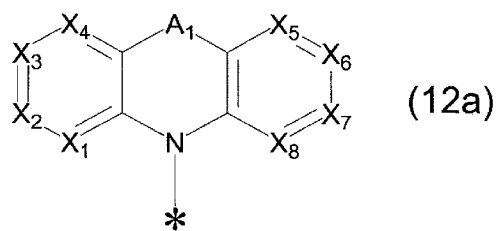
n は、0以上5以下の整数を表し、

n が2以上である場合は、複数の $A r_x$ は、互いに同一、又は異なってもよく、

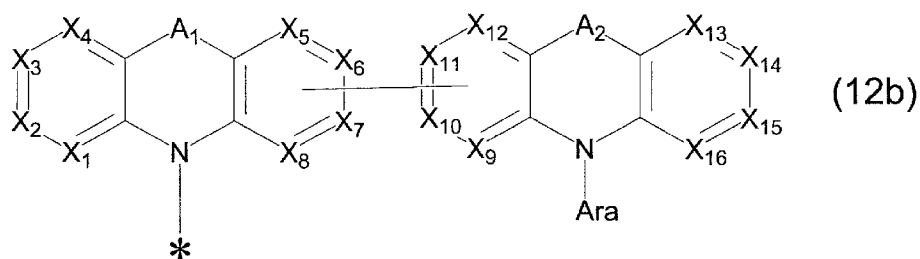
環(A)は、5員環、6員環、又は7員環であり、

$A r_1$ 及び $A r_x$ の少なくともいずれかは、下記一般式(12a)～(12j)で表される基からなる群から選択されるいずれかの基である。)

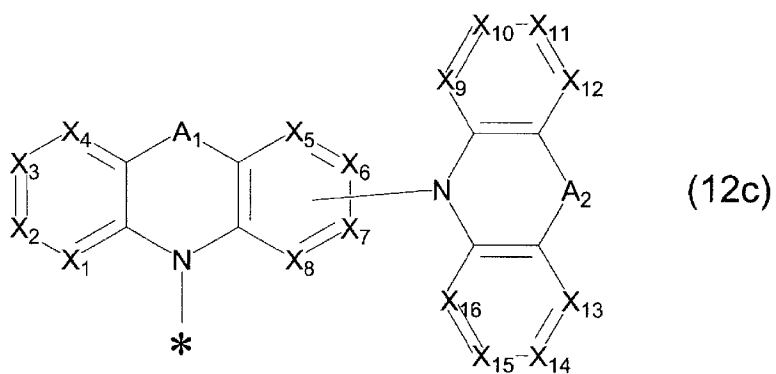
[化35]



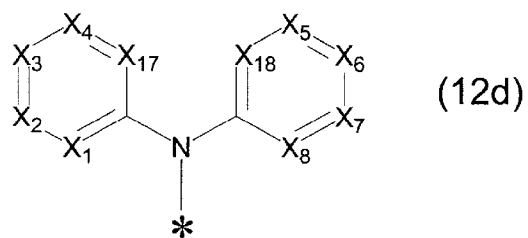
[0162] [化36]



[0163] [化37]

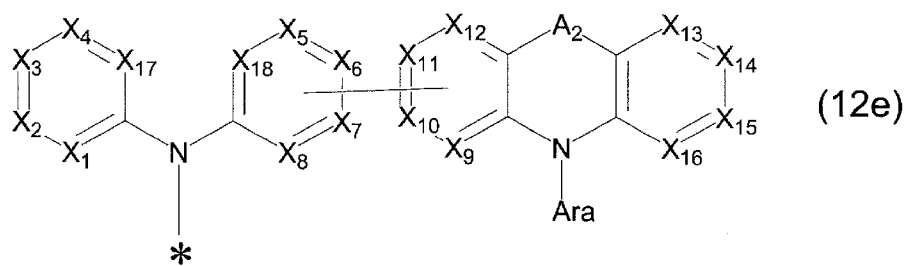


[0164] [化38]

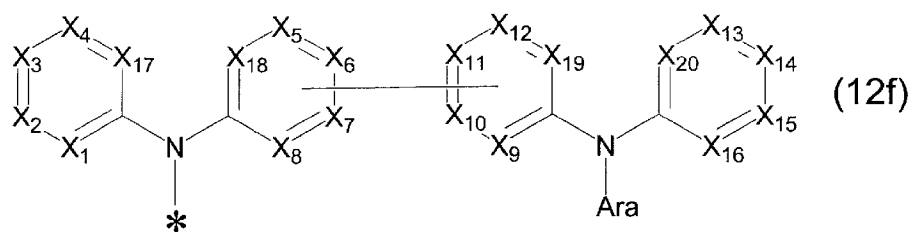


[0165]

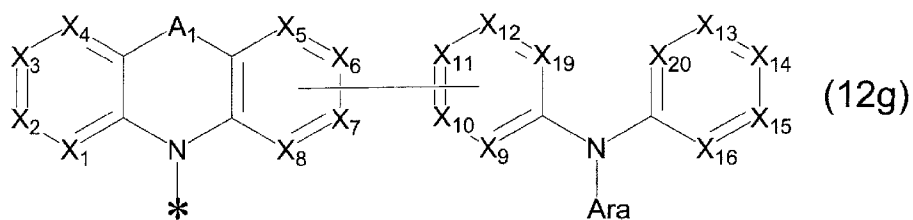
[化39]



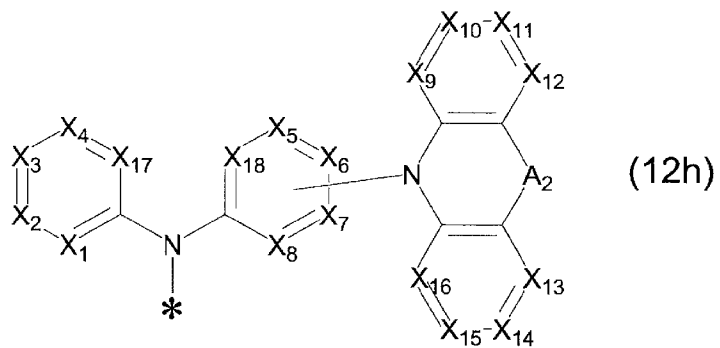
[0166] [化40]



[0167] [化41]

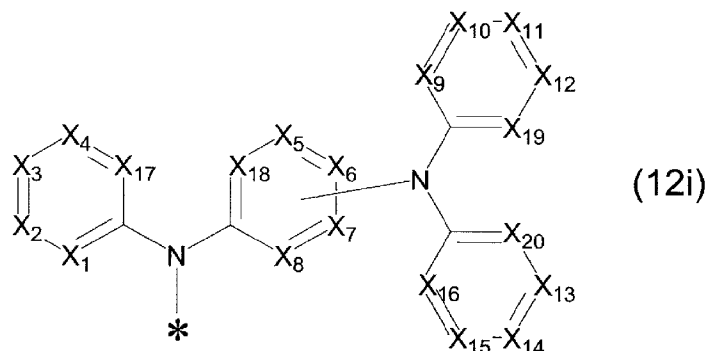


[0168] [化42]

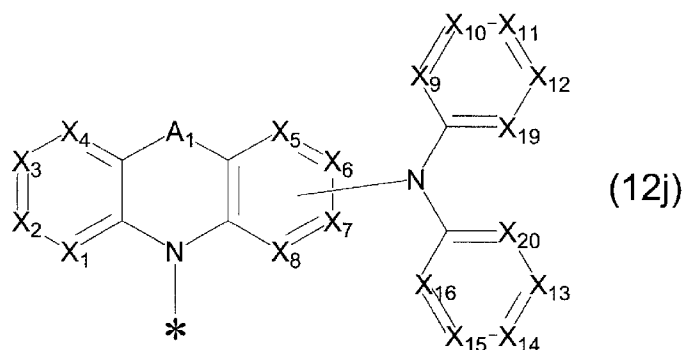


[0169]

[化43]



[0170] [化44]



[0171] (前記一般式(12a)～(12j)中、 $X_1 \sim X_{20}$ は、それぞれ独立に、N、又はC-R₃₀₀であり、ただし、前記一般式(12b)において、 $X_5 \sim X_8$ のいずれかは、 $X_9 \sim X_{12}$ のいずれかと結合する炭素原子であり、 $X_9 \sim X_{12}$ のいずれかは、 $X_5 \sim X_8$ のいずれかと結合する炭素原子であり、前記一般式(12c)において、 $X_5 \sim X_8$ のいずれかは、 $X_9 \sim X_{12}$ 、 $X_{13} \sim X_{16}$ 及びA₂を含む縮合環における6員環中の窒素原子と結合する炭素原子であり、前記一般式(12e)において、 $X_5 \sim X_8$ 及び X_{18} のいずれかは、 $X_9 \sim X_{12}$ のいずれかと結合する炭素原子であり、 $X_9 \sim X_{12}$ のいずれかは、 $X_5 \sim X_8$ 及び X_{18} のいずれかと結合する炭素原子であり、前記一般式(12f)において、 $X_5 \sim X_8$ 及び X_{18} のいずれかは、 $X_9 \sim X_{12}$ 及び X_{19} のいずれかと結合する炭素原子であり、 $X_9 \sim X_{12}$ 及び X_{19} のいずれかは、 $X_5 \sim X_8$ 及び X_{18} のいずれかと結合する炭素原子であり、前記一般式(12g)において、 $X_5 \sim X_8$ のいずれかは、 $X_9 \sim X_{12}$ 及び X_{19} のいずれかと結合する炭素原子であり、 $X_9 \sim X_{12}$ 及び X_{19} のいずれかは、 $X_5 \sim X_8$ のいずれかと結合する炭素

原子であり、前記一般式 (12h) において、 $X_5 \sim X_8$ 及び X_{18} のいずれかは、 $X_9 \sim X_{12}$ 、 $X_{13} \sim X_{16}$ 及び A_2 を含む縮合環における6員環中の窒素原子と結合する炭素原子であり、前記一般式 (12i) において、 $X_5 \sim X_8$ 及び X_{18} のいずれかは、 $X_9 \sim X_{12}$ 及び X_{19} を含む環と $X_{13} \sim X_{16}$ 及び X_{20} を含む環とを連結する窒素原子と結合する炭素原子であり、前記一般式 (12j) において、 $X_5 \sim X_8$ のいずれかは、 $X_9 \sim X_{12}$ 及び X_{19} を含む環と $X_{13} \sim X_{16}$ 及び X_{20} を含む環とを連結する窒素原子と結合する炭素原子であり、

R_{300} は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての R_{300} は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、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のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスフォリル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、及びカルボキシ基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

置換基としての複数の R_{300} は、互いに同一であるか、又は異なり、

置換基としての複数の R_{300} は、互いに直接結合して環を形成するか、ヘテロ原子を介して環を形成するか、又は結合せず、

A_1 及び A_2 は、それぞれ独立に、単結合、O、S、C (R_{301}) (R_{302})、Si (R_{303}) (R_{304})、C (=O)、S (=O)、SO₂、又はN (R_{305}) であり、

$R_{301} \sim R_{305}$ は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての $R_{301} \sim R_{305}$ 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のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、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のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスフォリル基

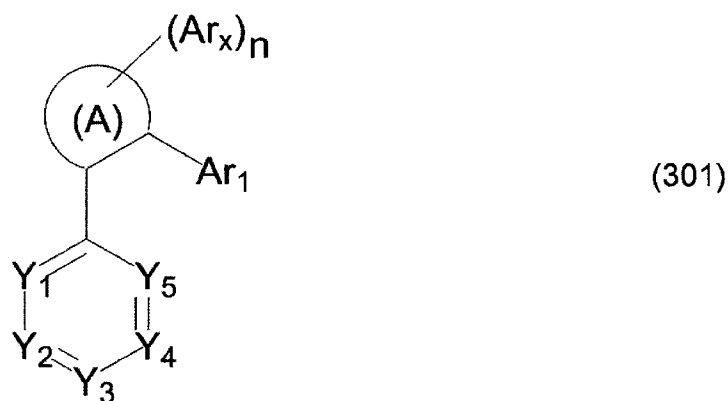
、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、及びカルボキシ基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

A r a は、置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ～ 3 0 のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ～ 3 0 のヘテロアリール基、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 のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数 3 ～ 3 0 のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 7 ～ 3 0 のアラルキル基、置換ホスフォリル基、及び置換シリル基からなる群から選択されるいずれかの基である。)

[0172] 1 個以上のシアノ基で置換されている環形成炭素数 6 ～ 3 0 のアリール基は、シアノ基とは異なる他の置換基を有していてもよい。

[0173] 本実施形態において、第三の化合物は、下記一般式 (3 0 1) で表されることも好ましい。

[0174] [化45]



[0175] (前記一般式 (3 0 1) 中、

$Y_1 \sim Y_5$ は、それぞれ独立に、N、C-CN、又は C- R_{310} であり、

$Y_1 \sim Y_5$ のうち、少なくとも 1 つは、N、又は C-CN であり、

R_{310} は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての R_{310} は、置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ～ 3 0 のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ～ 3 0 のヘテロアリール基、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

のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスフォルル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、及びカルボキシ基からなる群から選択される基であり、

$A r_1$ は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、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のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスフォルル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、カルボキシ基、及び前記一般式(12a)～(12c)で表される基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

$A r_x$ は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての $A r_x$ は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、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のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスフォルル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、カルボキシ基、及び前記一般式(12a)～(12c)で表される基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

n は、0以上5以下の整数を表し、

n が2以上である場合は、複数の $A r_x$ は、互いに同一であるか、又は異なり、

環(A)は、5員環、6員環、又は7員環であり、

$A r_1$ 及び $A r_x$ の少なくともいずれかは、前記一般式(12a)～(12c)で表される基からなる群から選択されるいずれかの基である。)

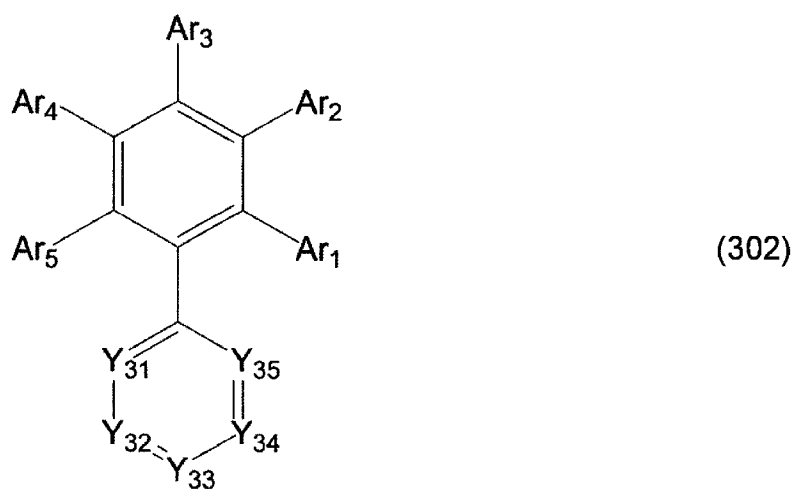
[0176] 前記一般式(301)において、 Y_1 、 Y_3 、及び Y_5 のうち、少なくともい

ずれかは、Nであることが好ましい。

[0177] 前記一般式(301)において、 Y_1 、 Y_3 、及び Y_5 は、Nであり、 Y_2 、及び Y_4 は、 $C-R_{310}$ であることが好ましい。

[0178] 本実施形態において、第三の化合物は、下記一般式(302)で表されることも好ましい。

[0179] [化46]



[0180] (前記一般式(302)中、

$Y_{31} \sim Y_{35}$ は、それぞれ独立に、N、 $C-CN$ 、又は $C-R_{310}$ であり、

$Y_{31} \sim Y_{35}$ のうち、少なくとも1つは、N、又は $C-CN$ であり、

R_{310} は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての R_{310} は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、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のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスホリル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、及びカルボキシ基からなる群から選択される基であり、

Ar_1 は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、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1～3

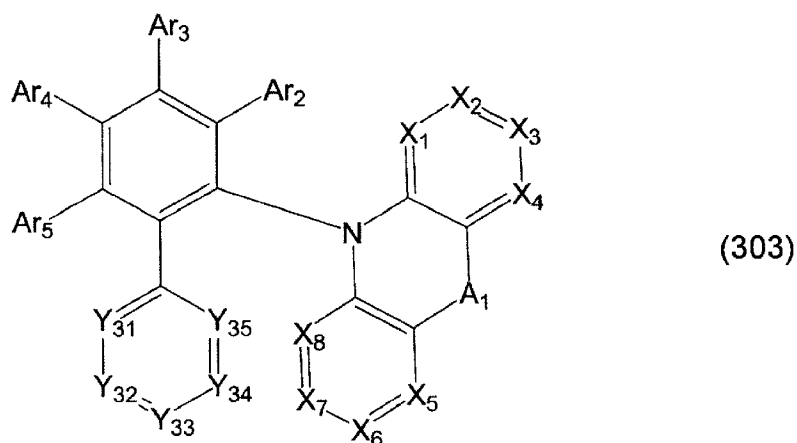
0のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスホリル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、カルボキシ基、及び前記一般式(12a)～(12c)で表される基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

$Ar_2 \sim Ar_5$ は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての $Ar_2 \sim Ar_5$ 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のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、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のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスホリル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、カルボキシ基、及び前記一般式(12a)～(12c)で表される基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

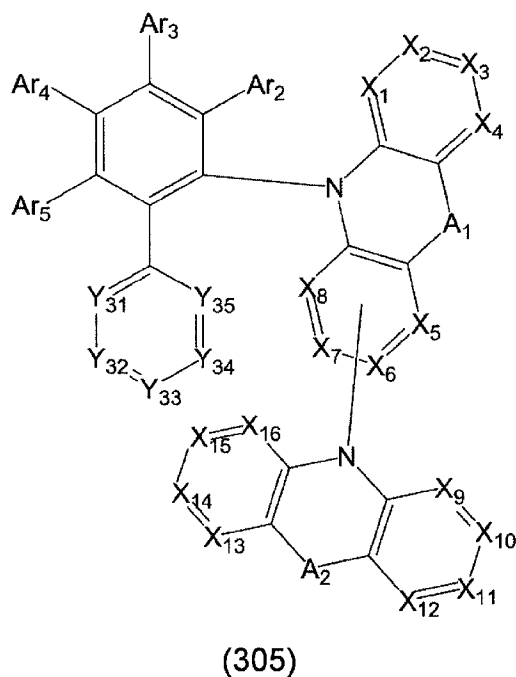
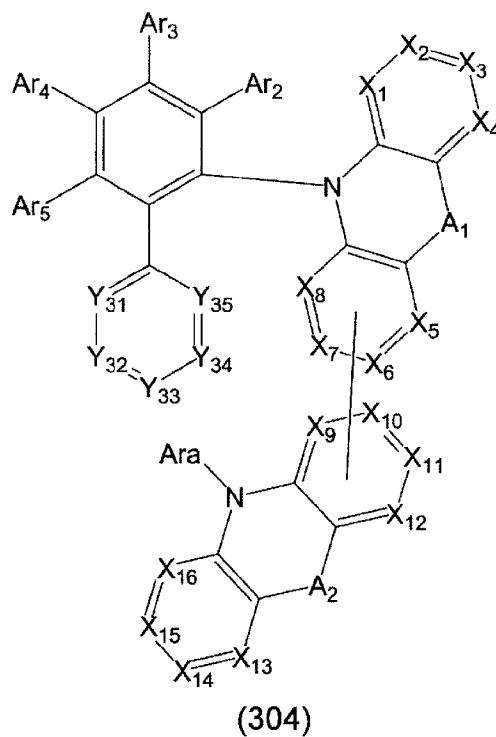
$Ar_1 \sim Ar_5$ のうち少なくとも一つは、前記一般式(12a)～(12c)で表される基からなる群から選択されるいずれかの基である。)

[0181] 本実施形態において、第三の化合物は、下記一般式(303)、下記一般式(304)、又は下記一般式(305)で表される化合物であることも好ましい。

[0182] [化47]



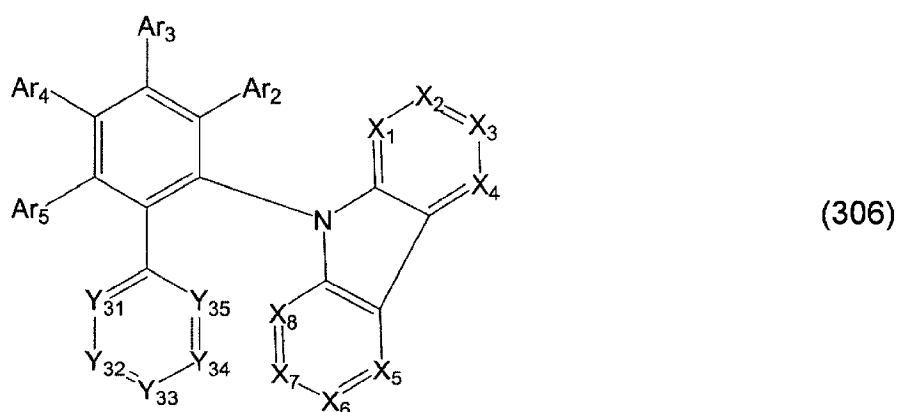
[0183] [化48]



[0184] (前記一般式(303)～(305)中、 $Y_{31} \sim Y_{35}$ 、 $Ar_2 \sim Ar_5$ 、 $X_1 \sim X_{16}$ 、 A_1 、 A_2 、及び Ara は、それぞれ前述した $Y_{31} \sim Y_{35}$ 、 $Ar_2 \sim Ar_5$ 、 $X_1 \sim X_{16}$ 、 A_1 、 A_2 、及び Ara と同じ意味を表す。)

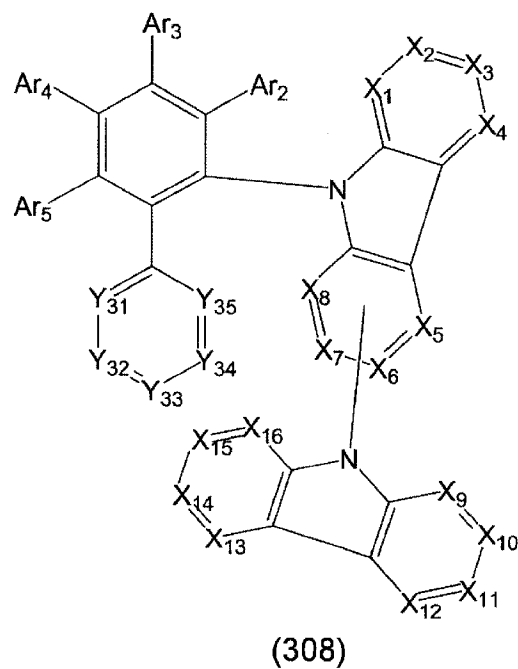
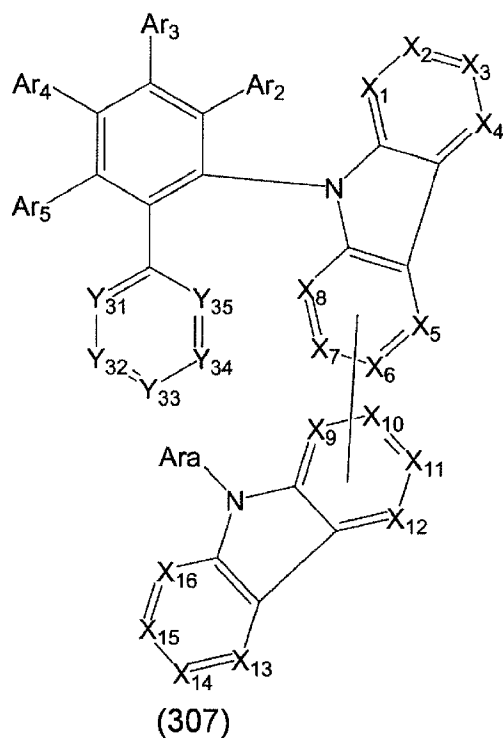
[0185] 本実施形態において、第三の化合物は、下記一般式(306)、下記一般式(307)、又は下記一般式(308)で表される化合物であることも好ましい。

[0186] [化49]



[0187]

[化50]



[0188] (前記一般式(306)～(308)中、 $Y_{31} \sim Y_{35}$ 、 $Ar_2 \sim Ar_5$ 、 $X_1 \sim X_{16}$ 、及びAraは、それぞれ前述した $Y_{31} \sim Y_{35}$ 、 $Ar_2 \sim Ar_5$ 、 $X_1 \sim X_{16}$ 、及びAraと同じ意味を表す。)

[0189] Y_{31} 、 Y_{33} 、及び Y_{35} のうち、少なくともいずれかは、Nであることも好ましい。

Y_{31} 、 Y_{33} 、及び Y_{35} は、Nであり、 Y_{32} 、及び Y_{34} は、 $C-R_{310}$ であることも好ましい。

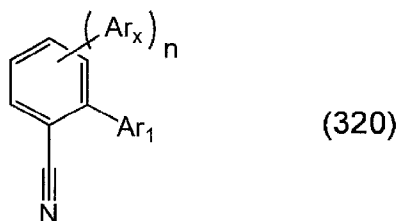
Y_{31} 、及び Y_{33} は、Nであり、 Y_{32} 、 Y_{34} 、及び Y_{35} は、 $C-R_{310}$ であることも好ましい。

Y_{31} 、及び Y_{35} は、Nであり、 Y_{32} 、 Y_{33} 、及び Y_{34} は、 $C-R_{310}$ であることも好ましい。

[0190] 本実施形態において、第三の化合物は、下記一般式(320)で表される化合物であることも好ましい。

[0191]

[化51]



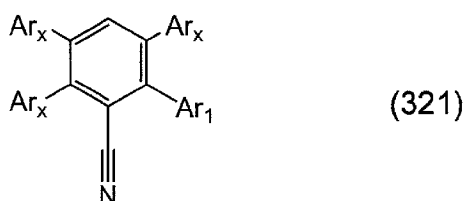
[0192] 前記一般式(320)において、 Ar_1 、 Ar_x 及び n は、前記一般式(300)における Ar_1 、 Ar_x 及び n と同義である。

前記一般式(320)において、 Ar_1 及び Ar_x は、前記一般式(12a)で表される基であることが好ましい。

[0193] 前記一般式(320)において、 n は、3であることが好ましい。

[0194] 本実施形態において、第三の化合物は、下記一般式(321)で表される化合物であることも好ましい。

[0195] [化52]



[0196] 前記一般式(321)において、 Ar_1 及び Ar_x は、前記一般式(300)における Ar_1 及び Ar_x と同義である。

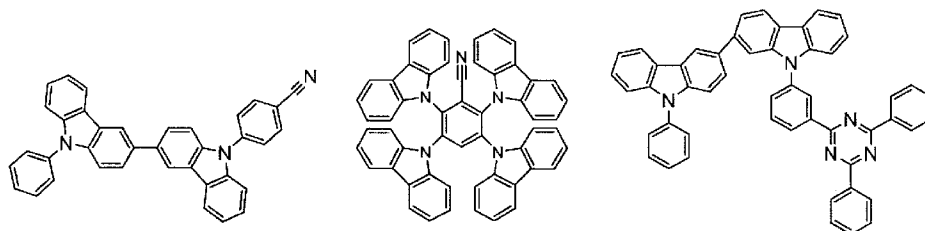
[0197] 前記一般式(320)及び一般式(321)において、 Ar_1 及び Ar_x は、前記一般式(12a)で表される基であることが好ましい。

前記一般式(321)において、 Ar_1 及び Ar_x は、前記一般式(12a)で表される基であり、かつ前記一般式(12a)における A_1 が単結合であることが好ましい。

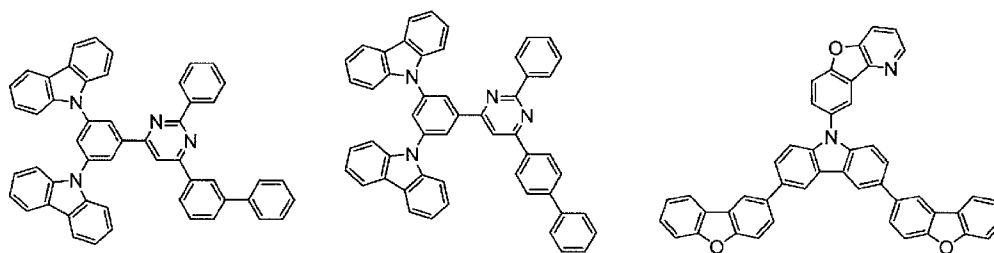
[0198] 本実施形態に係る第三の化合物は、フルオランテン誘導体であることも好ましい。

[0199] 本実施形態に係る第三の化合物の具体的な例を以下に示す。なお、本発明に係る第三の化合物は、これらの例に限定されない。

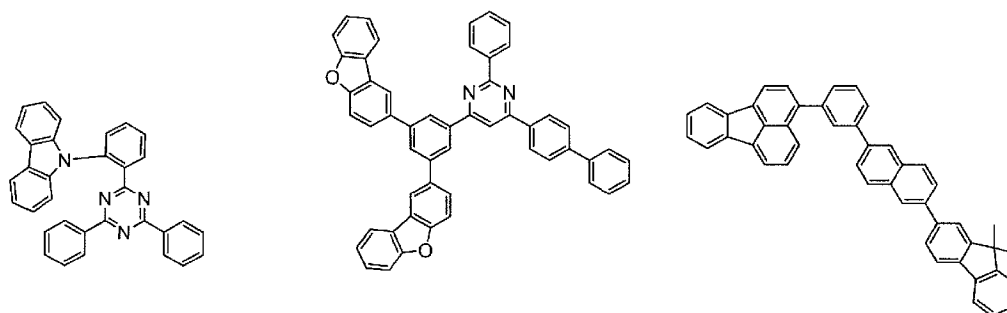
[0200] [化53]



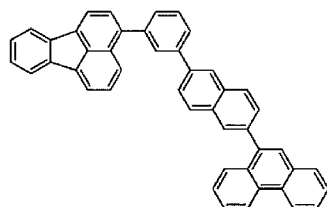
[0201] [化54]



[0202] [化55]



[0203] [化56]



[0204] 本実施形態の有機EL素子は、発光させたときに550nm以下の波長範囲にピークを示す光を放射することが好ましい。すなわち、有機EL素子から放射される光の主ピーク波長が550nm以下の範囲に含まれることが好ましい。本実施形態の有機EL素子を発光させたときに、発光層において、主に第二の化合物が発光していることが好ましい。本実施形態の有機EL素

子が放射する光の波長範囲としては、430 nm以上550 nm以下であることがより好ましく、430 nm以上480 nm以下であることがよりさらに好ましく、445 nm以上480 nm以下であることが特に好ましい。

[0205] 本実施形態に係る有機EL素子の一形態として、青色の蛍光発光、又は緑色の蛍光発光を放射する有機EL素子が挙げられる。

[0206] 本実施形態に係る有機EL素子の一形態として、遅延蛍光性の光を放射する有機EL素子が挙げられる。本実施形態に係る有機EL素子が遅延蛍光性の光を放射すると、有機EL素子の発光効率の低下を抑制できると考えられるため、好ましい。

[0207] ・三重項エネルギーと77 [K]におけるエネルギーギャップとの関係

ここで、三重項エネルギーと77 [K]におけるエネルギーギャップとの関係について説明する。本実施形態では、77 [K]におけるエネルギーギャップは、通常定義される三重項エネルギーとは異なる点がある。

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適切な溶媒中に溶解した溶液を石英ガラス管内に封入した試料を作製する。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に基づいて、所定の換算式から三重項エネルギーを算出する。

ここで、本実施形態に用いる遅延蛍光性化合物としては、 $\Delta S T$ が小さい化合物であることが好ましい。 $\Delta S T$ が小さいと、低温（77 [K]）状態でも、項間交差、及び逆項間交差が起こりやすく、励起一重項状態と励起三重項状態とが混在する。その結果、上記と同様にして測定されるスペクトルは、励起一重項状態及び励起三重項状態の両者からの発光を含んでおり、いずれの状態から発光したのかについて峻別することは困難であるが、基本的には三重項エネルギーの値が支配的と考えられる。

そのため、本実施形態では、通常の三重項エネルギーTと測定手法は同じであるが、その厳密な意味において異なることを区別するため、次のように

して測定される値をエネルギーギャップ T_{77K} と称する。測定対象となる化合物を EPA（ジエチルエーテル：イソペンタン：エタノール＝5：5：2（容積比））中に、濃度が $10 \mu\text{mol/L}$ 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する。この測定試料について、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 $\lambda_{\text{edge}} [\text{nm}]$ に基づいて、次の換算式（F 1）から算出されるエネルギー量を 77 [K] におけるエネルギーギャップ T_{77K} とする。

$$\text{換算式 (F 1)} : T_{77K} [\text{eV}] = 1239.85 / \lambda_{\text{edge}}$$

[0208] 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。

[0209] ・一重項エネルギー S_1

溶液を用いた一重項エネルギー S_1 の測定方法としては、下記の方法が挙げられる。

測定対象となる化合物の $10 \mu\text{mol/L}$ 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。) を測定する。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 $\lambda_{\text{edge}} [\text{nm}]$ を次に示す換算式 (F2) に代入して一重項エネルギー S_1 を算出する。

$$\text{換算式 (F2)} : S_1 [\text{eV}] = 1239.85 / \lambda_{\text{edge}}$$

吸収スペクトル測定装置としては、例えば、日立社製の分光光度計 (装置名: U3310) が挙げられるが、これに限定されない。

[0210] 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。

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。

[0211] ・発光層における化合物の濃度

発光層中の第一の化合物、第二の化合物、及び第三の化合物の合計濃度の上限は、 100 質量%である。なお、本実施形態は、発光層に、第一の化合物、第二の化合物、及び第三の化合物以外の材料が含まれることを除外しない。

発光層中の第一の化合物、第二の化合物、及び第三の化合物の濃度は、例えば、以下の範囲であることが好ましい。

発光層中の第三の化合物の濃度は、 50 質量%未満であることが好ましく、 30 質量%以下であることがより好ましい。第三の化合物の濃度は、 5 質

量%以上であることが好ましく、10質量%以上であることがより好ましい。第三の化合物の濃度は、10質量%以上30質量%以下であることが特に好ましい。

発光層中の第二の化合物の濃度は、0.01質量%以上10質量%以下であることが好ましく、0.01質量%以上5質量%以下であることがより好ましく、0.01質量%以上1質量%以下であることがさらに好ましい。

発光層中において、第二の化合物及び第三の化合物以外の残部として、実質的に第一の化合物のみが含まれていることも好ましい。実質的に第一の化合物のみが含まれるとは、第二の化合物及び第三の化合物を除いた残部として、発光層に第一の化合物以外の化合物を意図的に含有させていない場合をいう。

[0212] ・発光層の膜厚

発光層5の膜厚は、好ましくは5nm以上50nm以下、より好ましくは7nm以上50nm以下、さらに好ましくは10nm以上50nm以下である。発光層5の膜厚が5nm以上であれば発光層5を形成し易く、色度を調整し易い。また、発光層5の膜厚が50nm以下であれば、駆動電圧の上昇を抑制できる。

[0213] ・TADF機構

図4は、発光層における第一の化合物、及び第二の化合物のエネルギー準位の関係の一例を示す図である。図4において、S0は、基底状態を表す。S1(M1)は、第一の化合物の最低励起一重項状態を表す。T1(M1)は、第一の化合物の最低励起三重項状態を表す。S1(M2)は、第二の化合物の最低励起一重項状態を表す。T1(M2)は、第二の化合物の最低励起三重項状態を表す。なお、図4中において、 $\Delta ST(M1)$ は、第一の化合物の一重項エネルギーと、第一の化合物の77[K]におけるエネルギーギャップとの差を表す。

図4中のS1(M1)からS1(M2)へ向かう破線の矢印は、第一の化合物の最低励起一重項状態から第二の化合物へのフェルスター型エネルギー

移動を表す。

図4に示すように、第一の化合物として $\Delta ST(M1)$ の小さな化合物を用いると、最低励起三重項状態 $T1(M1)$ は、熱エネルギーにより、最低励起一重項状態 $S1(M1)$ に逆項間交差が可能である。そして、第一の化合物の最低励起一重項状態 $S1(M1)$ から第二の化合物へのフェルスター型エネルギー移動が生じ、最低励起一重項状態 $S1(M2)$ が生成する。この結果、第二の化合物の最低励起一重項状態 $S1(M2)$ からの蛍光発光を観測することができる。このTADF機構による遅延蛍光を利用することによっても、理論的に内部量子効率を100%まで高めることができると考えられている。

[0214] ・遅延蛍光比率

本実施形態の有機EL素子において、遅延蛍光比率が37.5%より大きいことが好ましい。遅延蛍光比率とは、全発光強度に対する遅延蛍光に由来する発光強度の割合に相当する。より具体的には、遅延蛍光比率とは、遅延蛍光由来の発光強度比であり、この遅延蛍光由来の発光強度比は、過渡EL法により測定した過渡EL波形データを下記数式(4)でフィッティングし、パルス電圧を除去した時刻($t=0$)における発光強度 $1/A^2$ である。

[0215] [数1]

$$\frac{1}{\sqrt{I}} \propto A + \gamma \cdot t \quad \dots (4)$$

[0216] (前記数式(4)中、 I は、遅延蛍光由来の発光強度であり、 A は定数である。)

[0217] 遅延蛍光比率は、過渡EL法により測定することができる。過渡EL法とは、素子に印加しているパルス電圧を除去した後のEL発光の減衰挙動(過渡特性)を測定する手法である。EL発光強度は、最初の再結合で生成する一重項励起子からの発光成分と、三重項励起子を經由して生成する一重項励起子からの発光成分に分類される。最初の再結合で生成する一重項励起子の寿命はナノ秒オーダーであり非常に短いためパルス電圧除去後、速やかに減

衰する。

[0218] 一方、遅延蛍光は寿命の長い三重項励起子を経由して生成する一重項励起子からの発光のため、ゆるやかに減衰する。このように最初の再結合で生成する一重項励起子からの発光と三重項励起子を経由して生成する一重項励起子からの発光は時間的に大きな差があるため、遅延蛍光由来の発光強度を求めることができる。具体的には以下の方法により決定することができる。

[0219] 過渡 E L 波形は以下のようにして測定する（図 5 参照）。電圧パルスジェネレータ（P G）11 から出力されるパルス電圧波形を有機 E L 素子（E L）12 に印加する。印加電圧波形をオシロスコープ（O S C）13 に取り込む。パルス電圧を有機 E L 素子 12 に印加すると、有機 E L 素子 12 はパルス発光を生じる。この発光を、光電子増倍管（P M T）14 を経由してオシロスコープ（O S C）13 に取り込む。電圧波形とパルス発光を同期させてパーソナルコンピュータ（P C）15 に取り込む。

[0220] 過渡 E L 波形の解析により、遅延蛍光由来の発光強度比を以下のようにして定義する。なお、遅延蛍光由来の発光強度比を算出するのに、国際公開第 2010/134352 号に記載される T T F 比率の算出式を用いることができる。

ただし、本明細書で定義される遅延蛍光成分とは、T T F 由来の発光成分に加え、本明細書が開示する熱活性化による遅延蛍光（T A D F 機構）が含まれると考えられる。したがって、本明細書では、前記数式（4）から求められる遅延蛍光成分の比率を T T F 比率とは呼ばず、遅延蛍光比率と呼ぶことにする。

[0221] 前記数式（4）中、 I は、遅延蛍光由来の発光強度であり、 A は、定数である。そこで、測定した過渡 E L 波形データを数式（4）でフィッティングし、定数 A を求める。このときパルス電圧を除去した時刻 $t = 0$ における発光強度 $1 / A^2$ が遅延蛍光由来の発光強度比と定義する。

[0222] 遅延蛍光由来の発光強度比の測定方法を、図 6 A および図 6 B を例として用いて説明する。図 6 A は、ある有機 E L 素子に所定のパルス電圧を印加し

、その後、電圧を除去した時の、過渡 E L 波形の測定例であり、有機 E L 素子の発光強度の時間変化を表したグラフである。

図 6 A のグラフにて、時刻約 3×10^{-8} 秒のところでパルス電圧を除去した。なお、図 6 A は、電圧を除去した時の輝度を 1 として表したグラフである。

電圧除去後、約 2×10^{-7} 秒までの急速な減衰の後、緩やかな減衰成分が現れる。

[0223] 図 6 B は、電圧除去時点を原点にとり、電圧除去後、 1.5×10^{-5} 秒までの発光強度の平方根の逆数をプロットしたグラフである。フィッティングは以下のように行う。

直線へのフィッティングは、最小二乗法により行うことが好ましい。この場合、 10^{-5} 秒までの値を用いてフィッティングすることが好ましい。

直線部分を時間原点へ延長したときの縦軸との交点 A の値は 1.55 である。すると、この過渡 E L 波形から得られる遅延蛍光由来の発光強度比は、 $1 / (1.55)^2 = 0.41$ となる。つまり、全発光強度の内、41% が遅延蛍光由来であることになる。すなわち、遅延蛍光比率は、41% であり、TTF 比率の理論限界と考えられる 37.5% を超える。

過渡 E L 波形から得られる遅延蛍光由来の発光強度は、測定する温度により変化している。このような現象は、主に TADF 機構による遅延蛍光発光の特有の現象と考えられる。

[0224] $1 \mu s$ における残存強度比

本実施形態に係る有機 E L 素子において、過渡 E L 測定における電圧除去後 $1 \mu s$ 経過後の残存強度比が 36.0% より大きいことが好ましく、38.0% 以上であることがより好ましい。

遅延蛍光の大きさを相対的に知る方法としては、 $1 \mu s$ における残存強度を測定することが挙げられる。 $1 \mu s$ における残存強度比は、過渡 E L 法により測定したパルス電圧を除去した時点における発光強度に対する、パルス電圧を除去した後、 $1 \mu s$ 経過後の発光強度の比と定義する。過渡 E L 法に

より測定したパルス電圧を除去した後のEL発光の減衰挙動から、相対的な遅延蛍光の量を見積もることができる。1 μ sにおける残存強度比は、図6Aのグラフにおける1.0 μ s時の発光強度を読み取ることにより取得できる。

[0225] (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、及びプラスチック等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、プラスチック基板等が挙げられる。プラスチック基板を形成する材料としては、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、及びポリエチレンナフタレート等が挙げられる。また、無機蒸着フィルムを用いることもできる。

[0226] (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、及びこれらの混合物等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、又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、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム、並びにグラフェン等が挙げられる。この他、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)、及びこれら金属材料の窒化物(例えば、窒化チタン)等が挙げられる。

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、酸化タングステン及び酸化亜鉛を

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、及びスピコート法等により作製してもよい。

陽極3上に形成される有機層の内、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。そのため、その他電極材料として使用可能な材料（例えば、金属、合金、電気伝導性化合物、及びこれらの混合物、その他、元素周期表の第1族、又は第2族に属する元素も含む）を陽極3として用いることもできる。

仕事関数の小さい材料である、元素周期表の第1族に属する元素、元素周期表の第2族に属する元素、希土類金属、及びこれらを含む合金等を陽極3として用いることもできる。元素周期表の第1族に属する元素としては、アルカリ金属が挙げられる。元素周期表の第2族に属する元素としては、アルカリ土類金属が挙げられる。アルカリ金属としては、例えば、リチウム（Li）及びセシウム（Cs）等が挙げられる。アルカリ土類金属としては、例えば、マグネシウム（Mg）、カルシウム（Ca）、ストロンチウム（Sr）等が挙げられる。希土類金属としては、例えば、ユーロピウム（Eu）、及びイッテルビウム（Yb）等が挙げられる。これらの金属を含む合金としては、例えば、MgAg、及びAlLi等が挙げられる。

なお、アルカリ金属、アルカリ土類金属、及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、銀ペースト等を用いる場合には、塗布法やインクジェット法等を用いることができる。

[0227] （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、例えば、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、及び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、例えば、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: DPA3B)、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)、及び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、並びにジピラジノ[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)等も挙げられる。

また、正孔注入性の高い物質としては、高分子化合物を用いることもできる。高分子化合物としては、例えば、オリゴマー、デンドリマー、及びポリマー等が挙げられる。具体的には、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)、及びポリ[N, N'-ビス(4-ブチルフェニル)-N, N

’ービス（フェニル）ベンジジン]（略称：Poly-TPD）等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）、及びポリアニリン／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。

[0228]（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、例えば、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、及び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’ービス[N－（1－ナフチル）－N－フェニルアミノ]ビフェニル（略称：NPB）、N，N’ービス（3－メチルフェニル）－N，N’ージフェニル－[1，1’ービフェニル]－4，4’ージアミン（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’ービス[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’’ートリス（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’’ートリス[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）、及び4，4’ービス[N－（スピロ－9，9’ービフルオレン－2－イル）－N－フェニルアミノ]ビフェニル（略称：BSPB）等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 $10^{-6} \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$ 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）、及び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、並びにt－BuDNA、DNA、及びDPAnthのようなアントラセン誘導体等を用いてもよい。ポリ（N－ビニルカルバゾール）（略称：PVK）、及びポリ（4－ビニルトリフ

エニルアミン) (略称: P V T P A) 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、これら以外の物質を用いてもよい。なお、正孔輸送性の高い物質を含む層は、単層だけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層した層としてもよい。

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。

[0229] (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、及び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、及びフェナントロリン誘導体等の複素芳香族化合物、並びに(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)、BAIq、Znq、ZnPBO、及びZnBTZ等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-ビフェニル)-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-ビフェニル)-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-ビフェニル)-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)、及び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)等の複素芳香族化合物も用いることができる。本実施形態においては、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 $10^{-6} \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$ 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、単層だけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層した層としてもよい。

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)、及びポリ〔(9, 9-ジオクチルフルオレン-2, 7-ジイル)-co-(2, 2'-ビピリジン-6, 6'-ジイル)〕(略称: PF-BPy)等を用いることができる。

[0230] (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 (CaF_2)、及びリチウム酸化物 (LiO_x) 等のような、アルカリ金属、アルカリ土類金属、又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、又はそれらの化合物を含有させた物質、具体的には A1q 中にマグネシウム (Mg) を含有させた物質等を用いてもよい。なお、この場合には、陰極 4 からの電子注入をより効率よ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、及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、アルカリ土類金属、又は希土類金属が好ましく、例え

ば、リチウム、セシウム、マグネシウム、カルシウム、エルビウム、及び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、又はアルカリ土類金属酸化物を電子供与体として用いることも好ましく、例えば、リチウム酸化物、カルシウム酸化物、及び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、テトラチアフルバレン（略称：TTF）等の有機化合物を用いることもできる。

[0231] （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、及びこれらの混合物等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族に属する元素、元素周期表の第2族に属する元素、希土類金属、及びこれらを含む合金等が挙げられる。元素周期表の第1族に属する元素としては、アルカリ金属が挙げられる。元素周期表の第2族に属する元素としては、アルカリ土類金属が挙げられる。アルカリ金属としては、例えば、リチウム（Li）、及びセシウム（Cs）等が挙げられる。アルカリ土類金属としては、例えば、マグネシウム（Mg）、カルシウム（Ca）、及びストロンチウム（Sr）等が挙げられる。希土類金属としては、例えば、ユーロピウム（Eu）、及びイッテルビウム（Yb）等が挙げられる。これらの金属を含む合金としては、例えば、MgAg、及びAlLi等が挙げられる。

なお、アルカリ金属、アルカリ土類金属、及び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、銀ペースト等を用いる場合には、塗布法やインクジェット法等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、及び珪素、又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、インクジェット法、及びスピコート法等を用いて成膜することができる。

[0232] (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ず、乾式成膜法、及び湿式成膜法等の公知の方法を採用できる。乾式成膜法としては、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等が挙げられる。湿式成膜法としては、スピニング法、ディッピング法、フローコーティング法、インクジェット法等が挙げられる。

[0233] (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。一般に、ピンホール等の欠陥を生じ難くするため、かつ高い印加電圧が必要となることによる効率の悪化を防止するため、通常、膜厚は、数nmから1 μ mの範囲が好ましい。

[0234] 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。

[0235] 本明細書における環形成炭素数6～30のアリール基(芳香族炭化水素基と称する場合がある。)としては、例えば、フェニル基、ビフェニル基、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、及びペリレニル基等が挙げられる。

本明細書におけるアリール基としては、環形成炭素数が6～20であることが好ましく、6～14であることがより好ましく、6～12であることがさらに好ましい。上記アリール基の中でもフェニル基、ビフェニル基、ナフチル基、フェナントリル基、ターフェニル基、フルオレニル基がさらに好ましい。1-フルオレニル基、2-フルオレニル基、3-フルオレニル基及び4-フルオレニル基については、9位の炭素原子に、後述する本明細書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のアリール基が置換されていることが好ましい。

[0236] 本明細書における環形成原子数5～30のヘテロアリール基(複素環基、ヘテロ芳香族環基、又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、及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、及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。

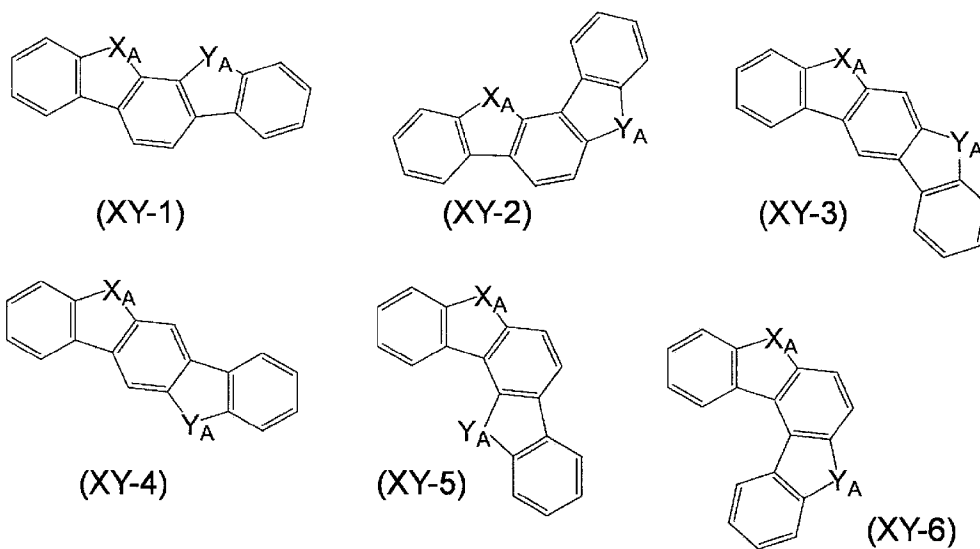
本明細書における環形成原子数5～30の複素環基としては、例えば、ピリジル基、ピリミジニル基、ピラジニル基、ピリダジニル基、トリアジニル基、キノリル基、イソキノリニル基、ナフチリジニル基、フタラジニル基、キノキサリニル基、キナゾリニル基、フェナントリジニル基、アクリジニル基、フェナントロリニル基、ピロリル基、イミダゾリル基、ピラゾリル基、トリアゾリル基、テトラゾリル基、インドリル基、ベンズイミダゾリル基、インダゾリル基、イミダゾピリジニル基、ベンズトリアゾリル基、カルバゾリル基、フリル基、チエニル基、オキサゾリル基、チアゾリル基、イソキサゾリル基、イソチアゾリル基、オキサジアゾリル基、チアジアゾリル基、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、及びフェノキサジニル基等が挙げられる。

本明細書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、及び9-カルバゾリル基がさらにより好ましい。1-カルバゾリル基、2-カルバゾリル基、3-カルバゾリル基及び4-カルバゾリル基については、9位の窒素原子に、本明細書における置換もしくは無置換の環形

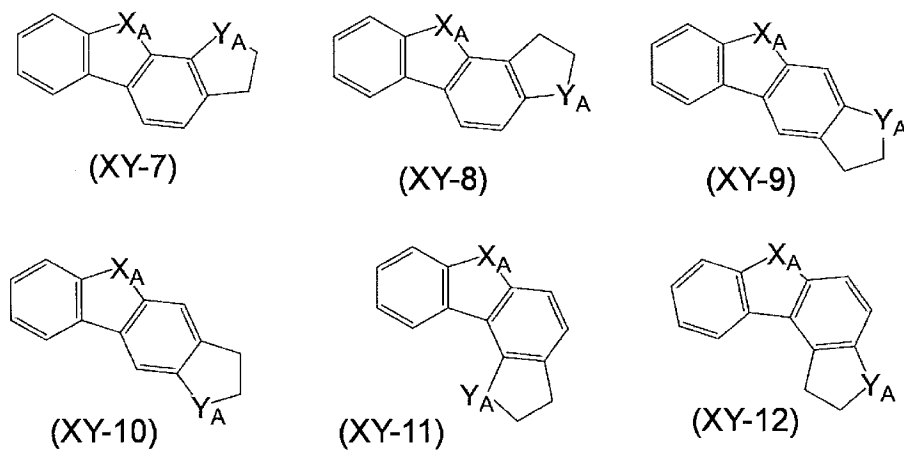
成炭素数6～30のアリール基や、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30の複素環基が置換していることが好ましい。

[0237] また、本明細書において、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。

[0238] [化57]

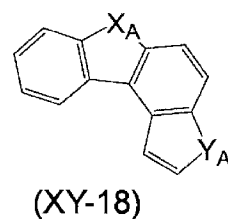
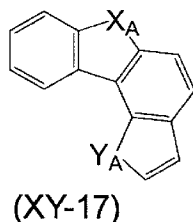
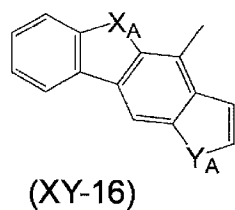
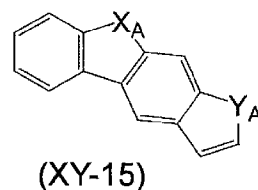
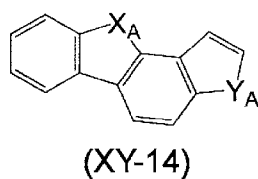
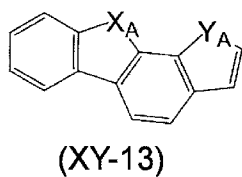


[0239] [化58]



[0240]

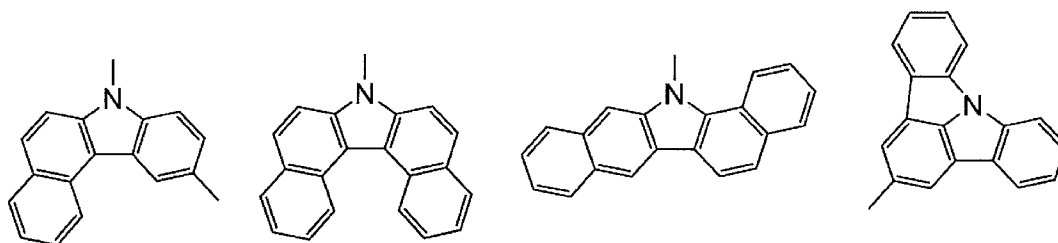
[化59]



[0241] 前記一般式 (XY-1) ~ (XY-18) 中、 X_A 及び Y_A 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、又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。

[0242] また、本明細書において、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。このような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。

[0243] [化60]



[0244] 本明細書における炭素数 1 ~ 30 のアルキル基としては、直鎖、分岐鎖、又は環状のいずれである。直鎖、又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*-

ーウンデシル基、*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、及び3－メチルペンチル基等が挙げられる。

本明細書における直鎖、又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、又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、及びネオペンチル基がさらに好ましい。

[0245] 本明細書における炭素数3～30の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、及び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、3～20であることが好ましく、3～10であることがより好ましく、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さらに好ましい。

[0246] 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以上のハロゲン原子で置換された基（炭素数1～30のハロゲン化アルキル基）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。

[0247] 本明細書において、置換もしくは無置換のシリル基は、無置換のシリル基と、本明細書に記載の置換基で置換された置換シリル基とを含む。

本明細書における置換シリル基としては、炭素数1～30のアルキルシリ

ル基、及び環形成炭素数6～30のアリールシリル基が挙げられる。

アルキルシリル基としては、炭素数1～10のアルキルシリル基であることも好ましく、炭素数3～30のアルキルシリル基であることも好ましい。

本明細書における炭素数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、トリスブチルシリル基、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、及びトリス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、互いに同一でも異なってもよい。

[0248] 本明細書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、例えば、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、及び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。

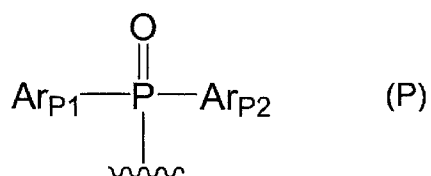
[0249] 本明細書において、アラルキル基（アリールアルキル基と称する場合があ

る)におけるアリール基は、芳香族炭化水素基、又は複素環基である。

本明細書における炭素数5～30の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等が挙げられる。この Z_4 の例として、例えば、上記環形成炭素数6～30のアリー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（アリール部分は炭素数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- α -ナフチルエチル基、2- α -ナフチルエチル基、1- α -ナフチルイソプロピル基、2- α -ナフチルイソプロピル基、 β -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、及び2- β -ナフチルイソプロピル基等が挙げられる。

[0250] 本明細書における置換ホスフォル基は、下記一般式(P)で表される。

[0251] [化61]



[0252] 前記一般式(P)中、 Ar_{P1} 及び Ar_{P2} は、それぞれ独立に、置換基であり、炭素数1～30のアルキル基、及び環形成炭素数6～30のアリール基からなる群から選択されるいずれかの置換基であることが好ましく、炭素数1～10のアルキル基、及び環形成炭素数6～20のアリール基からなる群から選択されるいずれかの置換基であることがより好ましく、炭素数1～6

のアルキル基、及び環形成炭素数6～14のアリール基からなる群から選択されるいずれかの置換基であることがさらに好ましい。

[0253] 本明細書における炭素数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、及びヘキシルオキシ基等が挙げられる。アルコキシ基の炭素数は、1～20であることが好ましい。また、アルコキシ基としては、 Z_1 が炭素数3～30のシクロアルキル基である環形成炭素数3～30のシクロアルコキシ基が挙げられる。

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（ハロアルコキシ基と称する場合がある）としては、例えば、上記炭素数1～30のアルコキシ基が1以上のハロゲン原子（例えば、フッ素原子）で置換された基（炭素数1～30のハロアルコキシ基）が挙げられる。

[0254] 本明細書において、アリールアルコキシ基（アリールオキシ基と称する場合がある）におけるアリール基は、ヘテロアリール基も含む。

本明細書における炭素数5～30のアリールアルコキシ基は、 $-OZ_2$ と表される。この Z_2 の例として、例えば、上記環形成炭素数6～30のアリール基等が挙げられる。アリールアルコキシ基の環形成炭素数は、6～30であることが好ましく、6～20であることがより好ましい。このアリールアルコキシ基としては、例えば、フェノキシ基が挙げられる。

[0255] 本明細書において、置換もしくは無置換のアミノ基は、無置換のアミノ基と、本明細書に記載の置換基で置換された置換アミノ基とを含む。

本明細書における置換アミノ基は、 $-NHR_v$ 、又は $-N(R_v)_2$ と表される。この R_v の例として、例えば、上記炭素数1～30のアルキル基、上記環形成炭素数6～30のアリール基、及び環形成原子数5～30の複素環基等が挙げられる。

[0256] 本明細書における炭素数2～30のアルケニル基としては、直鎖、又は分岐鎖のいずれかであり、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、及び2-
フェニル-2-プロペニル基等が挙げられる。

[0257] 本明細書における炭素数3～30のシクロアルケニル基としては、例えば、
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、及
びシクロヘキサジエニル基等が挙げられる。

[0258] 本明細書における炭素数2～30のアルキニル基としては、直鎖、又は分
岐鎖のいずれかであり、例えば、エチニル、プロピニル、及び2-フェニル
エチニル等が挙げられる。

[0259] 本明細書における炭素数3～30のシクロアルキニル基としては、例えば
、シクロペンチニル基、及びシクロヘキシニル基等が挙げられる。

[0260] 本明細書における置換スルファニル基としては、例えば、メチルスルファ
ニル基、フェニルスルファニル基、ジフェニルスルファニル基、ナフチルス
ルファニル基、及びトリフェニルスルファニル基等が挙げられる。

[0261] 本明細書における置換スルフィニル基としては、例えば、メチルスルフィ
ニル基、フェニルスルフィニル基、ジフェニルスルフィニル基、ナフチルス
ルフィニル基、及びトリフェニルスルフィニル基等が挙げられる。

[0262] 本明細書における置換スルホニル基としては、例えば、メチルスルホニル
基、フェニルスルホニル基、ジフェニルスルホニル基、ナフチルスルホニル
基、及びトリフェニルスルホニル基等が挙げられる。

[0263] 本明細書における置換ホスファニル基としては、例えば、フェニルホスフ
アニル基等が挙げられる。

[0264] 本明細書における置換カルボニル基としては、例えば、メチルカルボニル
基、フェニルカルボニル基、ジフェニルカルボニル基、ナフチルカルボニル
基、及びトリフェニルカルボニル基等が挙げられる。

[0265] 本明細書における炭素数2～30のアルコキシカルボニル基は、 $-COO$
 Y' と表される。この Y' の例として、上記アルキル基が挙げられる。

[0266] 本明細書における置換カルボキシ基としては、例えば、ベンゾイルオキシ

基等が挙げられる。

- [0267] 本明細書における炭素数 1～30 のアルキルチオ基は、 $-SR_w$ で表され、この R_w の例として、上記炭素数 1～30 のアルキル基が挙げられる。アルキルチオ基の炭素数は、1～20 であることが好ましい。

本明細書における環形成炭素数 6～30 のアリールチオ基は、 $-SR_v$ と表され、この R_v 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。アリールチオ基の環形成炭素数は、6～20 であることが好ましい。

- [0268] 本明細書におけるハロゲン原子としては、フッ素原子、塩素原子、臭素原子、及びヨウ素原子等が挙げられ、フッ素原子が好ましい。

- [0269] 本明細書において、「環形成炭素」とは飽和環、不飽和環、又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、及び芳香環を含む）を構成する炭素原子及びヘテロ原子を意味する。

また、本明細書において、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。

- [0270] 本明細書において、「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、環形成炭素数 6～30 のアリール基、環形成原子数 5～30 のヘテロアリール基、炭素数 1～30 のアルキル基（直鎖、又は分岐鎖のアルキル基）、炭素数 3～30 のシクロアルキル基、炭素数 1～30 のハロゲン化アルキル基、炭素数 3～30 のアルキルシリル基、環形成炭素数 6～30 のアリールシリル基、炭素数 1～30 のアルコキシ基、炭素数 5～30 のアリールオキシ基、置換アミノ基、炭素数 1～30 のアルキルチオ基、環形成炭素数 6～30 のアリールチオ基、炭素数 5～30 のアラルキル基、炭素数 2～30 のアルケニル基、炭素数 2～30 のアルキニル基、ハロゲン原子、シアノ基、ヒドロキシル基、ニトロ基、及びカルボキシ基からなる群から選択される少なくとも一種の基が挙げられる。

- [0271] 本明細書において、「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、環形成炭素数 6～30 のアリール基、環形成原子数 5～30 のヘ

テロアリール基、炭素数 1～30 のアルキル基（直鎖、又は分岐鎖のアルキル基）、炭素数 3～30 のシクロアルキル基、ハロゲン化アルキル基、ハロゲン原子、炭素数 3～30 のアルキルシリル基、環形成炭素数 6～30 のアリールシリル基、及びシアノ基からなる群から選択される少なくとも一種の基が好ましく、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より好ましい。

[0272] 本明細書において、「置換もしくは無置換の」という場合における置換基は、さらに、環形成炭素数 6～30 のアリール基、環形成原子数 5～30 のヘテロアリール基、炭素数 1～30 のアルキル基（直鎖、又は分岐鎖のアルキル基）、炭素数 3～30 のシクロアルキル基、ハロゲン化アルキル基、炭素数 3～30 のアルキルシリル基、環形成炭素数 6～30 のアリールシリル基、炭素数 1～30 のアルコキシ基、炭素数 5～30 のアリールオキシ基、置換アミノ基、炭素数 1～30 のアルキルチオ基、環形成炭素数 6～30 のアリールチオ基、炭素数 5～30 のアラルキル基、炭素数 2～30 のアルケニル基、炭素数 2～30 のアルキニル基、ハロゲン原子、シアノ基、ヒドロキシル基、ニトロ基、及びカルボキシ基からなる群から選択される少なくとも一種の基によって置換されてもよい。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。

[0273] 本明細書において、「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。

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 Z Z 基」という表現における「炭素数 $XX \sim YY$ 」は、 Z Z 基が無置換である場合の炭素数を表し、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 Z Z 基」という表現における「原子数 $XX \sim YY$ 」は、 Z Z 基が無置換である場合の

原子数を表し、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。

本明細書において説明する化合物、又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。

[0274] 本明細書において、置換基同士が互いに結合して環が構築される場合、当該環の構造は、飽和環、不飽和環、芳香族炭化水素環、又は複素環である。

[0275] 本明細書において、連結基における芳香族炭化水素基や複素環基等としては、上述した一価の基から、１つ以上の原子を除いて得られる二価以上の基が挙げられる。

[0276] (電子機器)

本発明の一実施形態に係る有機ＥＬ素子は、電子機器に使用できる。電子機器としては、表示装置及び発光装置が挙げられる。表示装置としては、例えば、表示部品（有機ＥＬパネルモジュール等）、テレビ、携帯電話、タブレット、及び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、及び車両用灯具等が挙げられる。

[0277] [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ず、本発明の目的を達成できる範囲での変更、改良等は、本発明に含まれる。

[0278] 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つの発光層が上記実施形態で説明した条件を満たしていればよい。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、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。

[0279] また、例えば、発光層の陽極側、及び陰極側の少なくとも一方に障壁層を

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、及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、かつ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、かつ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。

[0280] 有機層は、前記実施形態の構成に限定されない。有機層は、発光層と、発光層及び陽極との間に設けられた正孔輸送層と、発光層及び陰極との間に設けられた電子輸送層とを含んだ態様であってもよい。

[0281] その他、本発明の実施における具体的な構造、及び形状等は、本発明の目的を達成できる範囲で他の構造等としてもよい。

実施例

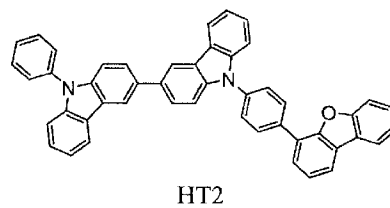
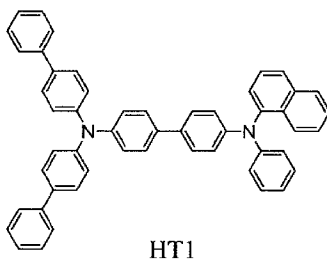
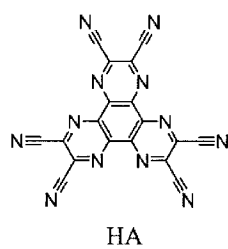
[0282] 以下、本発明に係る実施例を説明する。本発明はこれらの実施例によって何ら限定されない。

[0283] <化合物>

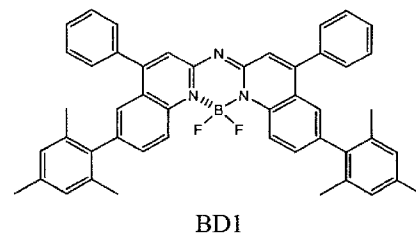
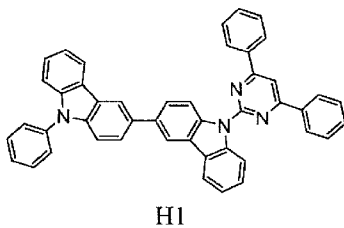
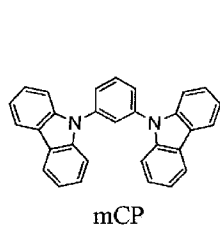
有機ＥＬ素子の製造に用いた化合物を以下に示す。

[0284]

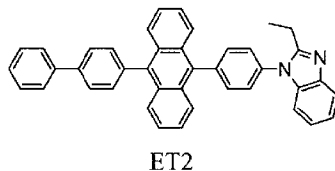
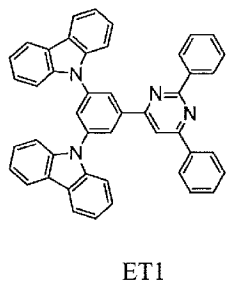
[化62]



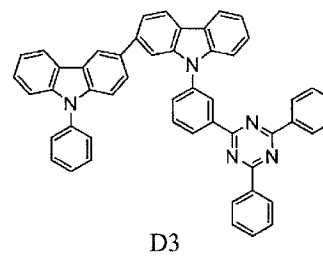
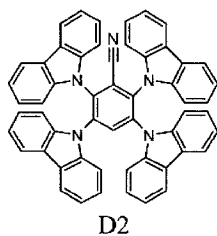
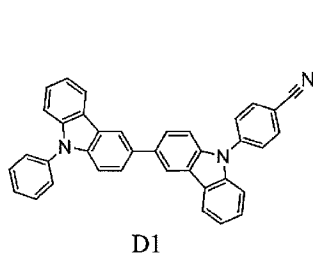
[0285] [化63]



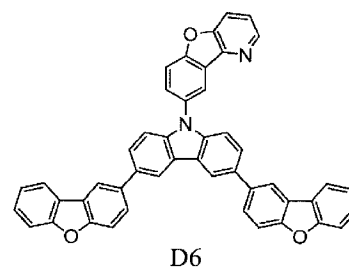
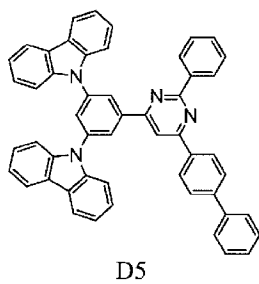
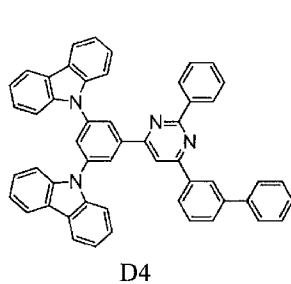
[0286] [化64]



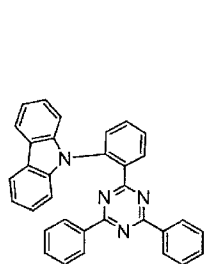
[0287] [化65]



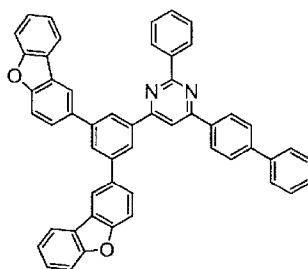
[0288] [化66]



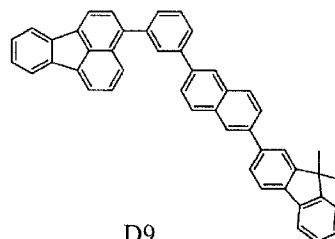
[0289] [化67]



D7

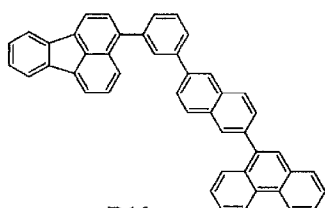


D8

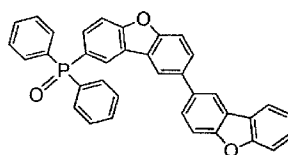


D9

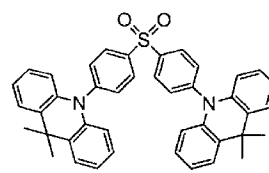
[0290] [化68]



D10

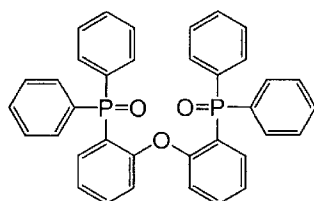


C1



C3

[0291] [化69]



DA-1

[0292] <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。測定方法及び算出方法を以下に示す。

[0293] ・イオン化ポテンシャルの測定方法

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

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。

化合物H1のイオン化ポテンシャル I_p1 は、5.54 eVであった。

化合物BD1のイオン化ポテンシャル I_p2 は、6.27 eVであった。

したがって、 $I_{p2} - I_{p1} = 0.73 \text{ eV}$ であった。

[0294] ・遅延蛍光性

遅延蛍光性は図2に示す装置を利用して過渡PLを測定することにより確認した。前記化合物H1と前記化合物TH-2とを、化合物H1の濃度が12質量%となるように石英基板上に共蒸着し、膜厚100nmの薄膜を形成して試料を作製した。前記化合物H1が吸収する波長のパルス光（パルスレーザーから照射される光）で励起された後、当該励起状態から即座に観察されるPrompt発光（即時発光）と、当該励起後、即座には観察されず、その後観察されるDelay発光（遅延発光）とが存在する。本実施例における遅延蛍光発光とは、Delay発光（遅延発光）の量がPrompt発光（即時発光）の量に対して5%以上を意味する。具体的には、Prompt発光（即時発光）の量を X_P とし、Delay発光（遅延発光）の量を X_D としたときに、 X_D/X_P の値が0.05以上であることを意味する。

化合物H1について、Delay発光（遅延発光）の量がPrompt発光（即時発光）の量に対して5%以上あることが確認された。具体的には、化合物H1について、 X_D/X_P の値が0.05以上であることが確認された。

Prompt発光とDelay発光の量は、“Nature 492, 234–238, 2012”に記載された方法と同様の方法により求めることができる。なお、Prompt発光とDelay発光の量の算出に使用される装置は、図2の装置や文献に記載された装置に限定されない。

[0295] ・電子移動度

電子移動度は、以下に示すようにインピーダンス分光法により測定することができる。

少なくとも、陽極と、陰極と、陽極及び陰極に挟まれた層であって、電子移動度測定対象となる化合物Targetを含有する層（化合物Target含有層と称する場合がある。）と、を備える素子を作製した。化合物Target含有層の膜厚を、200nmとした。この素子にバイアスDC電圧

を印加しながら0.1 Vの微小交流電圧を印加した。このときに流れた交流電流値（絶対値及び位相）を測定した。交流電圧の周波数を変えながら本測定を行い、電流値と電圧値とから、複素インピーダンス（Z）を算出した。このときモジュラス $M = i \omega Z$ （ i ：虚数単位、 ω ：角周波数）の虚数部（ $\text{Im} M$ ）の周波数依存性を求め、 $\text{Im} M$ が最大値となる周波数 ω の逆数を、化合物T a r g e tを含有する層を伝導する電子の応答時間と定義する。そして以下の計算式により電子移動度（単位： $\text{cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$ ）を算出する。

（計算式） 電子移動度＝（化合物T a r g e t含有層の膜厚）²／（応答時間×電圧）

[0296] 本実施例における電子移動度は、より詳細には、下記の手順で作成された移動度評価用素子を用いて測定した。

25 mm×75 mm×1.1 mm厚のガラス基板を、イソプロピルアルコール中で、5分間、超音波洗浄を行なった。この超音波洗浄の後、UVオゾン洗浄を30分間行なった。

これら洗浄後の前記ガラス基板を真空蒸着装置の基板ホルダーに装着し、まず金属アルミニウム（Al）を蒸着し、膜厚80 nmの金属Al陽極を形成した。

次に、金属Al陽極ラインが形成されている側の面上に金属Al陽極を覆うようにして電子移動度の測定対象となる化合物T a r g e tを200 nmの膜厚に蒸着した。

次に、上記化合物T a r g e tの上に、化合物ET2を蒸着し、膜厚10 nmの電子輸送層を形成した。

次に、この電子輸送層の上に、フッ化リチウム（LiF）を蒸着し、膜厚1 nmの電子注入性電極（陰極）を形成した。

そして、この電子注入性電極上に、金属アルミニウム（Al）を蒸着し、膜厚80 nmの金属Al陰極を形成した。

以上の移動度評価用素子構成を略式的に示すと、次のとおりである。

Al(80)/Target(200)/ET2(10)/LiF(1)/Al(80)

なお、括弧内の数字は、膜厚（単位：nm）を示す。

続いて、電子移動度は、上記の手順で作成された移動度評価用素子を用いて、下記の手順に従って測定される。

上記の移動度評価用素子を、インピーダンス測定装置に設置し、インピーダンス測定を行う。

インピーダンス測定は、測定周波数を1 Hzから1 MHzまで掃引して行った。その際、移動度評価用素子には、交流電圧0.1 VとバイアスDC電圧Vとを同時に印加した。

測定された複素インピーダンス（Z）から、下記計算式（C1）を用いて、モジュラスMを計算した。

$$\text{計算式 (C1)} : M = i \omega Z$$

上記計算式（C1）において、iはその平方が-1になる虚数単位、 ω は角周波数[rad/s]である。

モジュラスMの虚部を縦軸とし、周波数[Hz]を横軸としたボーデプロットにおいて、ピークを示す周波数 f_{max} から、下記計算式（C2）を用いて、移動度評価用素子の電氣的な時定数 τ [s]を求めた。

$$\text{計算式 (C2)} : \tau = 1 / (2 \pi f_{max})$$

上記計算式（C2）の π は、円周率を表す記号である。

上記時定数 τ を用いて、下記計算式（C3）の関係から、電子移動度 μ [cm²/(V·s)]を算出した。

$$\text{計算式 (C3)} : \mu = d^2 / (V \tau)$$

本明細書における移動度は、電界強度の平方根 $E^{1/2} = 500$ [V^{1/2}/cm^{1/2}]の際の値である。電界強度の平方根 $E^{1/2}$ は、下記計算式（C4）の関係から算出した。

$$\text{計算式 (C4)} : E^{1/2} = V^{1/2} / d^{1/2}$$

上記計算式（C3）及び（C4）において、dは、素子を構成する有機薄膜の総膜厚であり、上記の移動度評価用素子の構成に関しては、 $d = 210$

[nm] である。

上記計算式 (C3) 及び (C4) において、 V は、インピーダンス測定時のバイアス DC 電圧値 [V] である。本実施例の測定条件では、 $V = 5.25$ [V] の際に、電界強度の平方根 $E^{1/2} = 500$ [$V^{1/2}/cm^{1/2}$] となる。従って、本実施例の電子移動度は、バイアス DC 電圧 $V = 5.25$ [V] の際の値である。なお、後述する測定ステップの大きさによっては、 $V = 5.25$ [V] の際に測定を行えない場合があるが、その際は $V = 5.25$ [V] の前後の測定点からの外挿値を用いた。

以下、上述のバイアス DC 電圧について詳述する。

本実施例で用いた測定法において、バイアス DC 電圧の掃引範囲は、移動度評価用素子により異なるが、0 V から最大で 20 V の範囲で掃引を行った。掃引範囲が異なるのは、電子移動度が低い移動度評価用素子であるほど、測定に十分な電荷注入に到達するために高電圧が必要となるため、掃引範囲の上限を大きくする必要があるためである。

上記の掃引範囲にて、一定の電圧の間隔で測定を行った。なお、測定の際、掃引範囲の上限が小さい場合は、測定点は 0.2 V 刻みとし、20 V 付近の高電圧まで測定する場合、測定点は 0.8 V 刻みとし、電圧掃引範囲によって、測定時間が長くなりすぎないように測定ステップを調整して測定することができる。

本実施例では、インピーダンス測定には、ソーラトロン社の 1260 型インピーダンスアナライザーを用い、高精度化のため、ソーラトロン社の 1296 型誘電率測定インターフェイスを併せて用いた。

[0297] ・一重項エネルギー S_1

一重項エネルギー S_1 は、次のようにして測定される。

測定対象となる化合物の $10 \mu m \circ l / L$ トルエン溶液を調製して石英セルに入れ、常温 (300 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 λ_{edge} [nm

］を次に示す換算式（F 2）に代入して一重項エネルギーを算出した。

$$\text{換算式（F 2）： } S_1 [\text{eV}] = 1239.85 / \lambda_{\text{edge}}$$

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：U 3 3 1 0）で測定した。

[0298] 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。

[0299] ・77 [K]におけるエネルギーギャップ $T_{77\text{K}}$

測定対象となる化合物をEPA（ジエチルエーテル：イソペンタン：エタ
ノール＝5：5：2（容積比））中に、濃度が10 $\mu\text{mol/L}$ 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 [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 $\lambda_{\text{edge}} [\text{nm}]$ に基づ
いて、次の換算式（F 1）から算出されるエネルギー量を77 [K]におけ
るエネルギーギャップ $T_{77\text{K}}$ とした。

$$\text{換算式（F 1）： } T_{77\text{K}} [\text{eV}] = 1239.85 / \lambda_{\text{edge}}$$

[0300] 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。

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。

[0301] 化合物H1の $S_1(H)$ は、2.92 eVであった。

化合物H1の $T_{77K}(H)$ は、2.91 eVであった。

化合物H1の $\Delta S T(H)$ は、0.01 eVであった。

[0302] ・化合物の主ピーク波長

測定対象の化合物が 10^{-6} モル/リットル以上 10^{-5} モル/リットル以下の濃度で溶解しているトルエン溶液を調製し、このトルエン溶液について発光スペクトルを測定した。発光スペクトルにおいて、発光強度が最大となる発光スペクトルのピーク波長を主ピーク波長とした。

化合物BD1の主ピーク波長は、465 nmであった。

[0303] ・発光量子収率の測定方法

次のようにして発光量子収率 Φ を測定した。

トルエンを溶媒として、測定対象となる試料の溶液を調製した。調製した試料溶液を1 cmセルに入れ、吸光光度計にて吸収スペクトルを測定した。測定した吸収スペクトルを元に、発光スペクトル測定における励起波長を決定した。なお、励起波長は、吸収ピークを与える波長が望ましいが、特に限定されない。また試料溶液の濃度は、発光の再吸収を抑えるため希薄であることが望ましい。本測定では、励起波長における吸光度が0.05以下になるように試料溶液の濃度を調製した。

以上のようにして調製した試料溶液を真空コック付ガラス試料管に入れた

。この試料管を真空ポンプと真空計を備えた真空ラインに接続し、凍結脱気を行った。本測定における凍結脱気とは、試料管の溶液溜め部分を液体窒素に浸漬し、試料溶液を凍結した後に試料管内を真空引きする操作を指す。また、本測定において、真空ポンプとしてロータリーポンプを用い、真空計としてピラニ真空計を用いた。なお、真空ポンプや真空計は、本測定で用いた真空ポンプや真空計に限定されない。

凍結脱気後に室温にて試料溶液を溶解させ、再び凍結脱気を行い、真空度の変化が認められなくなるまで、この操作を繰り返した。繰り返し操作の結果、得られた溶液を、脱気試料溶液とした。

この脱気試料溶液を含む試料管と1 cm蓋付セルとをグローブボックス内に入れた。グローブボックス内の窒素等の不活性気体雰囲気下で、試料管から蓋付セルに脱気試料溶液を移し替え、蓋付セルを密閉した。密閉後、グローブボックスから蓋付セルを取り出し、蛍光光度計を用いて脱気試料溶液の発光スペクトルを測定した。得られた発光スペクトルの短波長側の立ち上がりと、長波長側の立ち上がりとを結ぶ直線を基準線として、発光の面積強度 F_1 を算出した。

ここまでと同様の操作を発光量子収率が既知である標準試料についても行い、脱気標準試料溶液の発光の面積強度 F_2 を算出した。

対象とする試料の発光量子収率 Φ は、次に示す式Aにより求めた。

$$\Phi = \Phi_2 \times \{ (F_1 A_2 n_1^2) / (F_2 A_1 n_2^2) \} \quad \dots \text{(式A)}$$

ここで、前記(式A)において、 Φ_2 は標準試料の発光量子収率、 A_1 は試料溶液の励起波長における吸光度、 A_2 は標準試料溶液の励起波長における吸光度、 n_1 は試料溶液の調製に用いた溶媒の屈折率、 n_2 は標準試料溶液の調製に用いた溶媒の屈折率を表す。

[0304] 本実施例では、標準試料溶液には9, 10-ジフェニルアントラセンのエタノール溶液を用い、 $\Phi_2 = 0.95$ とした(Morris et al., J. Phys. Chem., 80 (1976) 969.)。

また、 $n_1 = 1.498$ (トルエン)、 $n_2 = 1.362$ (エタノール) と

した（「化学便覧 基礎編 改訂5版」、14章、11-640頁、2004年2月1日発行）。

吸収スペクトル測定装置としては島津社製の吸光光度計（装置名：UV-3100PC）、発光スペクトル測定装置としては日立社製の蛍光光度計（装置名：F-4500）を用いた。

なお、標準試料溶液は発光量子収率が既知であれば、本測定で用いた溶液に特に限定されず、また用いる溶媒も本測定で用いた溶媒に限定されない。また、吸収スペクトル測定装置、および発光スペクトル測定装置も本測定で用いた装置に限定されない。

[0305] 上述の方法により化合物H1の発光量子収率を測定したところ、53%であった。

[0306] <有機EL素子の作製>

有機EL素子を以下のように作製し、評価した。

[0307] （実施例1）

25mm×75mm×1.1mm厚のITO透明電極（陽極）付きガラス基板（ジオマテック社製）を、イソプロピルアルコール中で、5分間、超音波洗浄を行なった。この超音波洗浄の後、UVオゾン洗浄を30分間行なった。ITOの膜厚は、130nmとした。

これら洗浄後の前記ガラス基板を真空蒸着装置の基板ホルダーに装着し、まず透明電極ラインが形成されている側の面上に透明電極を覆うようにして化合物HAを蒸着し、膜厚5nmの正孔注入層を形成した。

次に、正孔注入層の上に、化合物HT1を蒸着し、膜厚80nmの第一正孔輸送層を形成した。

次に、この第一正孔輸送層の上に、化合物HT2を蒸着し、膜厚10nmの第二正孔輸送層を形成した。

次に、この第二正孔輸送層の上に、化合物mCPを蒸着し、膜厚5nmの電子障壁層を形成した。

次に、この電子障壁層の上に、第一の化合物としての化合物H1と、第二

の化合物としての化合物BD1と、第三の化合物としての化合物D1とを共蒸着し、膜厚25nmの発光層を形成した。発光層における化合物BD1の濃度を1質量%とし、化合物D1の濃度を25質量%とし、化合物H1の濃度を74質量%とした。

次に、この発光層の上に、化合物ET1を蒸着し、膜厚5nmの正孔障壁層を形成した。

次に、この正孔障壁層の上に、化合物ET2を蒸着し、膜厚20nmの電子輸送層を形成した。

次に、この電子輸送層の上に、フッ化リチウム(LiF)を蒸着し、膜厚1nmの電子注入性電極(陰極)を形成した。

そして、この電子注入性電極上に、金属アルミニウム(Al)を蒸着し、膜厚80nmの金属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)/HA(5)/HT1(80)/HT2(10)/mCP(5)/H1:D1:BD1(25:25%, 1%)/ET1(5)/ET2(20)/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、先に示されているのが発光層における第三の化合物の割合であり、後に示されているのが第二の化合物の割合であり、それら割合の単位は質量%である。

[0308] (実施例2)

実施例2の有機EL素子は、実施例1の発光層における化合物D1に代えて化合物D2を用いたこと以外、実施例1と同様にして作製した。

[0309] (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D1に代えて化合物D3を用いたこと以外、実施例1と同様にして作製した。

[0310] (実施例4)

実施例4の有機EL素子は、実施例1の発光層における化合物D1に代え

て化合物D 4を用いたこと以外、実施例 1 と同様にして作製した。

[0311] (実施例 5)

実施例 5 の有機EL素子は、実施例 1 の発光層における化合物D 1 に代えて化合物D 5を用いたこと以外、実施例 1 と同様にして作製した。

[0312] (実施例 6)

実施例 6 の有機EL素子は、実施例 1 の発光層における化合物D 1 に代えて化合物D 6を用いたこと以外、実施例 1 と同様にして作製した。

[0313] (実施例 7)

実施例 7 の有機EL素子は、実施例 1 の発光層における化合物D 1 に代えて化合物D 7を用いたこと以外、実施例 1 と同様にして作製した。

[0314] (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D 1 に代えて化合物E T 1を用いたこと以外、実施例 1 と同様にして作製した。

[0315] (実施例 9)

実施例 9 の有機EL素子は、実施例 1 の発光層における化合物D 1 に代えて化合物D 8を用いたこと以外、実施例 1 と同様にして作製した。

[0316] (実施例 1 0)

実施例 1 0 の有機EL素子は、実施例 1 の発光層における化合物D 1 に代えて化合物D 9を用いたこと以外、実施例 1 と同様にして作製した。

[0317] (実施例 1 1)

実施例 1 1 の有機EL素子は、実施例 1 の発光層における化合物D 1 に代えて化合物D 1 0を用いたこと以外、実施例 1 と同様にして作製した。

[0318] (実施例 1 2)

実施例 1 2 の有機EL素子は、実施例 1 の発光層における化合物D 1 に代えて化合物E T 2を用いたこと以外、実施例 1 と同様にして作製した。

[0319] (参考例 1)

参考例 1 の有機EL素子は、実施例 1 の発光層における化合物D 1 に代えて化合物C 1を用いたこと以外、実施例 1 と同様にして作製した。

[0320] (参考例 2)

参考例 2 の有機 EL 素子は、実施例 1 の発光層における化合物 D 1 に代えて化合物 C 3 を用いたこと以外、実施例 1 と同様にして作製した。

[0321] (比較例 1)

比較例 1 の有機 EL 素子は、実施例 1 の発光層における化合物 D 1 に代えて化合物 D A - 1 を用いたこと以外、実施例 1 と同様にして作製した。

[0322] <有機 EL 素子の評価>

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 に示す。

[0323] ・ C I E 1 9 3 1 色度、及び主ピーク波長 λ_p

電流密度が 0.1 mA/cm^2 となるように有機 EL 素子に電圧を印加した時の C I E 1 9 3 1 色度座標 (x、y) を、分光放射輝度計 CS-2000 (コニカミノルタ株式会社製) を用いて計測した。主ピーク波長 λ_p は、得られた上記分光放射輝度スペクトルから求めた。

[0324] ・ 外部量子効率 E Q E

電流密度が 0.1 mA/cm^2 となるように有機 EL 素子に電圧を印加した時の分光放射輝度スペクトルを上記分光放射輝度計で計測した。得られた上記分光放射輝度スペクトルから、ランバシアン放射を行なったと仮定し外部量子効率 E Q E (単位: %) を算出した。

[0325] ・ 寿命 (L T 5 0)

初期電流密度を 10 mA/cm^2 に設定して直流の連続通電試験を行い、試験開始時の輝度に対して、輝度が 50 % まで減少する時間 (単位: h) を寿命 (L T 5 0) とした。なお、表中、実施例 10 ~ 12 の寿命は、50 時間以上であることを示す。

[0326]

[表2]

	第三の化合物			$\Delta T(H-E)$ (eV)	素子性能				
	材料名	電子移動度 ($\text{cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$)	T_{77K} (eV)		CIE _x	CIE _y	λ_p (nm)	EQE (%)	LT50 (h)
実施例1	D1	6.7×10^{-7}	2.87	0.04	0.157	0.270	469	14.0	39.4
実施例2	D2	3.3×10^{-7}	2.87	0.04	0.162	0.267	468	14.2	38.6
実施例3	D3	1.8×10^{-6}	2.74	0.17	0.159	0.275	469	15.1	58.8
実施例4	D4	2.6×10^{-5}	—	—	0.153	0.250	468	15.7	39.7
実施例5	D5	1.1×10^{-4}	2.65	0.26	0.155	0.259	468	13.6	61.0
実施例6	D6	1.8×10^{-7}	2.97	-0.06	0.148	0.254	469	17.4	43.5
実施例7	D7	3.9×10^{-4}	2.95	-0.04	0.159	0.250	467	12.1	52.1
実施例8	ET1	2.1×10^{-5}	2.90	0.01	0.155	0.251	468	15.5	41.7
実施例9	D8	2.6×10^{-4}	2.68	0.23	0.153	0.252	468	14.1	55.4
実施例10	D9	1.0×10^{-4}	2.27	0.64	0.142	0.225	468	5.5	>50
実施例11	D10	8.1×10^{-5}	2.28	0.63	0.139	0.219	468	5.7	>50
実施例12	ET2	5.5×10^{-4}	1.78	1.13	0.139	0.209	467	5.1	>50
参考例1	C1	4.2×10^{-9}	3.04	-0.13	0.151	0.245	467	12.9	17.0
参考例2	C3	2.0×10^{-11}	3.08	-0.17	0.155	0.244	467	8.4	3.5
比較例1	DA-1	測定限界未満	3.50	-0.59	0.155	0.250	467	11.7	3.7

[0327] 実施例1～12の有機EL素子は、第一の化合物（化合物H1）のイオン化ポテンシャル I_p1 と、第二の化合物（BD1）のイオン化ポテンシャル I_p2 とが、前記数式（数1）の関係を満たし、かつ第三の化合物として電子移動度が $1 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$ 以上である化合物を用いたところ、参考例1～2及び比較例1の有機EL素子に比べて、長寿命であった。

実施例1～9において、第一の化合物の $T_{77K}(H)$ と第三の化合物の $T_{77K}(E)$ との差 $\Delta T(H-E)$ が前記数式（数3）の関係をさらに満たすように化合物を組み合わせて発光層を形成したところ、実施例1～9の有機EL素子は、高いEQEを示した。

符号の説明

[0328] 1…有機EL素子、3…陽極、4…陰極、5…発光層、7…正孔輸送層、8…電子輸送層。

請求の範囲

[請求項1]

陽極と、発光層と、陰極と、を含み、

前記発光層は、第一の化合物、第二の化合物、及び第三の化合物を含み、

前記第一の化合物のイオン化ポテンシャル I_{p1} と、前記第二の化合物のイオン化ポテンシャル I_{p2} とが、下記数式（数1）の関係を満たし、

前記第一の化合物は、遅延蛍光性を有し、

前記第二の化合物は、蛍光発光性を有し、

前記第三の化合物は、 $1 \times 10^{-8} \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$ 以上の電子移動度を有する、

有機エレクトロルミネッセンス素子。

$$0 \leq I_{p2} - I_{p1} \leq 0.8 \text{ [eV]} \quad \cdots (\text{数1})$$

[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 $S_1(\text{H})$ と、前記第一の化合物の $T_{77\text{K}}$ [K] におけるエネルギーギャップ $T_{77\text{K}}(\text{H})$ との差 $\Delta S_T(\text{H})$ が、下記数式（数2）の関係を満たす、

有機エレクトロルミネッセンス素子。

$$\Delta S_T(\text{H}) = S_1(\text{H}) - T_{77\text{K}}(\text{H}) < 0.3 \text{ [eV]} \quad \cdots (\text{数2})$$

[請求項3]

請求項1又は請求項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、

前記第一の化合物の $T_{77\text{K}}$ [K] におけるエネルギーギャップ $T_{77\text{K}}(\text{H})$ と、前記第三の化合物の $T_{77\text{K}}$ [K] におけるエネルギーギャップ $T_{77\text{K}}(\text{E})$ との差 $\Delta T(\text{H}-\text{E})$ 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。

$$\Delta T(\text{H}-\text{E}) = T_{77\text{K}}(\text{H}) - T_{77\text{K}}(\text{E}) \leq 0.6 \text{ [eV]} \quad \cdots (\text{数3})$$

3)

[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イオン化ポテンシャル I_{p1} と、前記第二の化合物のイオン化ポテンシャル I_{p2} とが、下記数式（数1A）の関係を満たす、

有機エレクトロルミネッセンス素子。

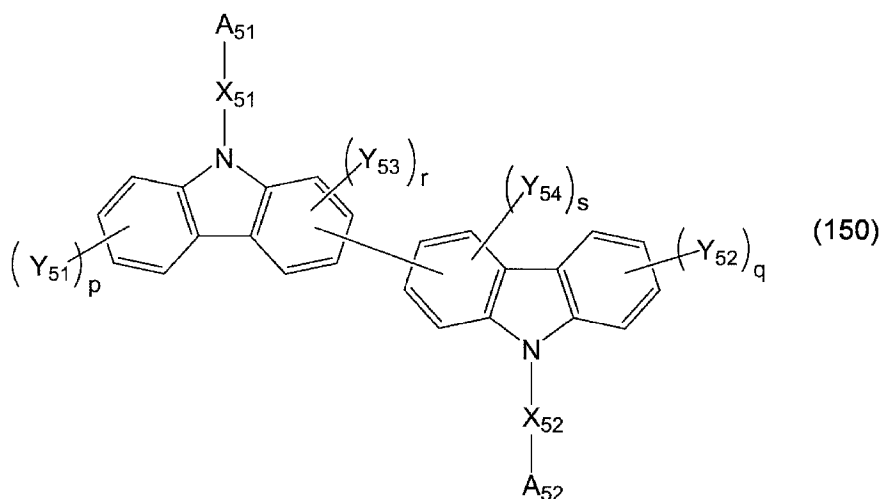
$$0 \leq I_{p2} - I_{p1} \leq 0.75 \text{ [eV]} \dots (\text{数1A})$$

[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、

前記第一の化合物は、下記一般式（150）で表される、

有機エレクトロルミネッセンス素子。

[化1]



（前記一般式（150）において、

A_{51} は、置換もしくは無置換の環形成炭素数1～30の含窒素複素環基であり、

A_{52} 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、又は置換もしくは無置換の環形成炭素数1～30の含窒素複素環基であり、

X_{51} 及び X_{52} は、それぞれ独立に、単結合、又は連結基であり、

連結基としての X_{51} 及び連結基としての X_{52} 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、
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、

置換もしくは無置換の環形成炭素数2～30の芳香族複素環基、及び

置換もしくは無置換の環形成炭素数2～30の縮合芳香族複素環基
からなる群から選択され、

$Y_{51} \sim Y_{54}$ は、それぞれ独立に、

水素原子、又は置換基であり、置換基としての $Y_{51} \sim Y_{54}$ は、それぞれ独立に、

フッ素原子、シアノ基、

置換もしくは無置換の炭素数1～20のアルキル基、

置換もしくは無置換の炭素数1～20のアルコキシ基、

置換もしくは無置換の炭素数1～20のハロアルキル基、

置換もしくは無置換の炭素数1～20のハロアルコキシ基、

置換もしくは無置換の炭素数1～10のアルキルシリル基、

置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリールシリル基、

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、

及び

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、

p は1～4の整数であり、 q は1～4の整数であり、 r は1～3の
整数であり、 s は1～3の整数であり、

複数の Y_{51} は、互いに同一であるか、又は異なり、

Y_{51} 同士は、互いに結合を形成して環構造を形成するか、又は結合
を形成せず、

複数の Y_{52} は、互いに同一であるか、又は異なり、

Y_{52} 同士は、互いに結合を形成して環構造を形成するか、又は結合を形成せず、

複数の Y_{53} は、互いに同一であるか、又は異なり、

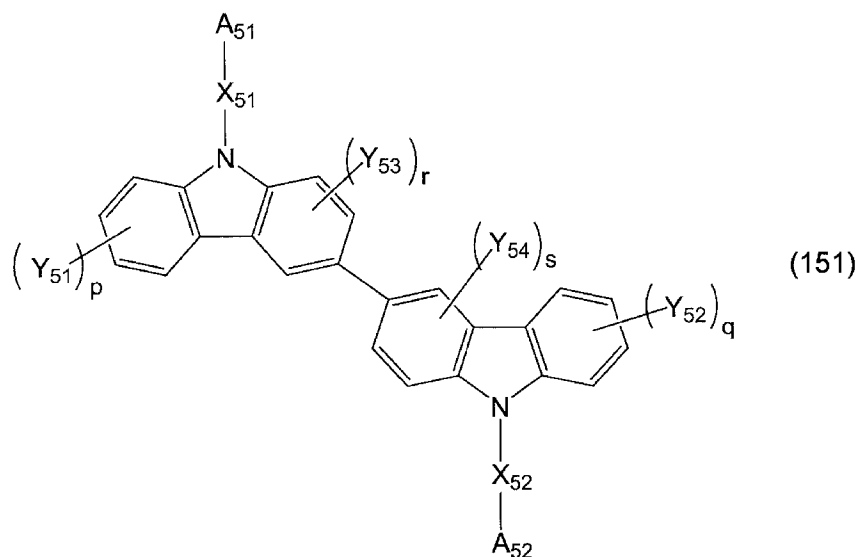
Y_{53} 同士は、互いに結合を形成して環構造を形成するか、又は結合を形成せず、

複数の Y_{54} は、互いに同一であるか、又は異なり、

Y_{54} 同士は、互いに結合を形成して環構造を形成するか、又は結合を形成しない。)

[請求項6] 請求項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、
前記第一の化合物は、下記一般式(151)で表される、
有機エレクトロルミネッセンス素子。

[化2]



(前記一般式(151)において、 A_{51} 、 A_{52} 、 X_{51} 、 X_{52} 、 Y_{51} ～ Y_{54} 、 p 、 q 、 r 、及び s は、それぞれ前記一般式(150)における A_{51} 、 A_{52} 、 X_{51} 、 X_{52} 、 Y_{51} ～ Y_{54} 、 p 、 q 、 r 、及び s と同義である。)

[請求項7] 請求項5又は請求項6に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、

A_{51} は、置換もしくは無置換のピリジン環、置換もしくは無置換

のピリミジン環、及び置換もしくは無置換のトリアジン環からなる群から選ばれる、

有機エレクトロルミネッセンス素子。

[請求項8] 請求項5又は請求項6に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、

A_{51} は、置換もしくは無置換のピリミジン環、及び置換もしくは無置換のトリアジン環からなる群から選ばれる、

有機エレクトロルミネッセンス素子。

[請求項9] 請求項5又は請求項6に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、

A_{51} は、置換もしくは無置換のピリミジン環である、

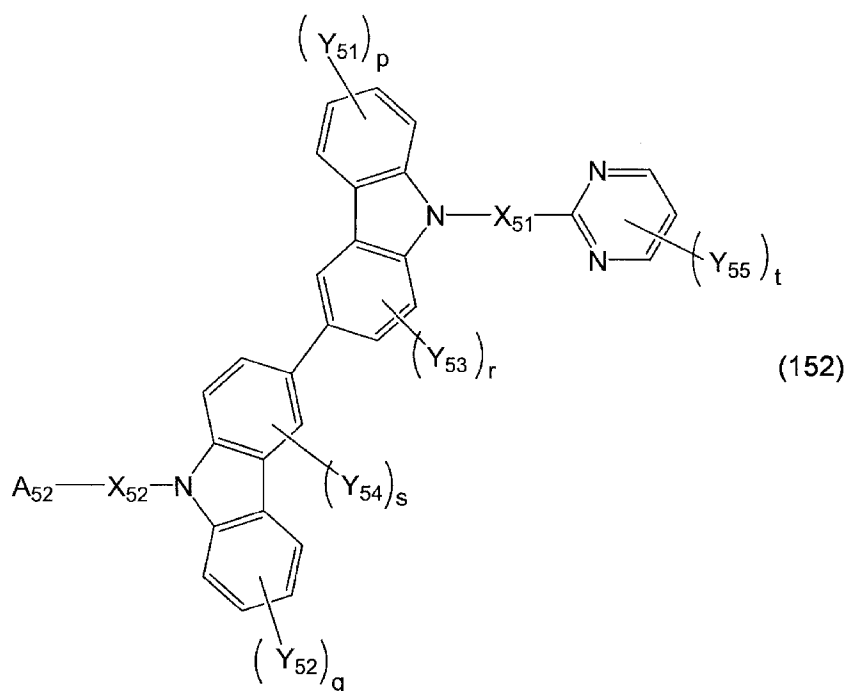
有機エレクトロルミネッセンス素子。

[請求項10] 請求項5から請求項9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(152)で表される、

有機エレクトロルミネッセンス素子。

[化3]

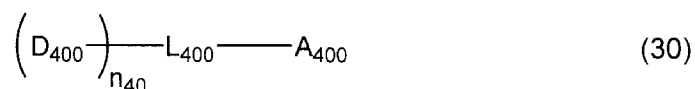


(前記一般式 (1 5 2) において、 A_{52} 、 X_{51} 、 X_{52} 、 $Y_{51} \sim Y_{54}$ 、 p 、 q 、 r 、及び s は、それぞれ前記一般式 (1 5 0) における A_{52} 、 X_{51} 、 X_{52} 、 $Y_{51} \sim Y_{54}$ 、 p 、 q 、 r 、及び s と同義であり、 Y_{55} は、前記一般式 (1 5 0) における $Y_{51} \sim Y_{54}$ と同義であり、
、
 t は、1 ～ 3 の整数であり、複数の Y_{55} は、互いに同一であるか、又は異なる。)

[請求項11] 請求項 1 から請求項 10 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、

前記第三の化合物は、下記一般式 (3 0) で表される、
有機エレクトロルミネッセンス素子。

[化4]



(前記一般式 (3 0) において、

D_{400} は、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ～ 30 のアリール基、
置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ～ 30 のヘテロアリール基

、

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 のフルオロアルキル基、
置換もしくは無置換の環形成炭素数 3 ～ 30 のシクロアルキル基

、

置換もしくは無置換の炭素数 7 ～ 30 のアラルキル基、
置換ホスフォルル基、
置換シリル基、
置換アミノ基、
シアノ基、

ニトロ基、及び

カルボキシ基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

n_{400} は、1以上5以下の整数であり、

複数の D_{400} は、互いに同一であるか、又は異なり、

L_{400} は、単結合、又は連結基であり、

A_{400} は、

シアノ基、

環内に窒素原子を1個以上含む置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、又は

1個以上のシアノ基で置換されている環形成炭素数6～30のアリール基である。)

[請求項12]

請求項11に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、

連結基としての L_{400} は、5員環、6員環、又は7員環から誘導される基であるか、又は

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、及び置換もしくは無置換の環形成原子数5～30の芳香族複素環基からなる群から選択される基である、

有機エレクトロルミネッセンス素子。

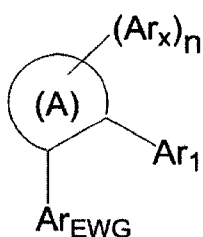
[請求項13]

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、

前記第三の化合物は、下記一般式(300)で表される、

有機エレクトロルミネッセンス素子。

[化5]



(300)

(前記一般式 (300) 中、

$A r_1$ は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、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のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスフォルル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、カルボキシ基、及び下記一般式 (12a) ～ (12j) で表される基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

$A r_{EWG}$ は、

シアノ基、

環内に窒素原子を1個以上含む置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、又は

1個以上のシアノ基で置換されている環形成炭素数6～30のアリール基であり、

$A r_x$ は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての $A r_x$ は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、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のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスフォルル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、カルボキシ基、及び下記一般式 (12a) ～ (12j) で表される基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

n は、0以上5以下の整数を表し、

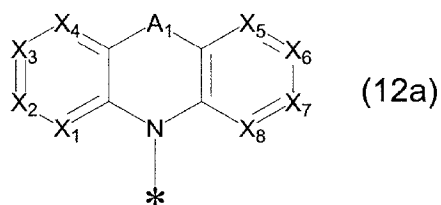
n が2以上である場合は、複数の $A r_x$ は、互いに同一であるか、

又は異なり、

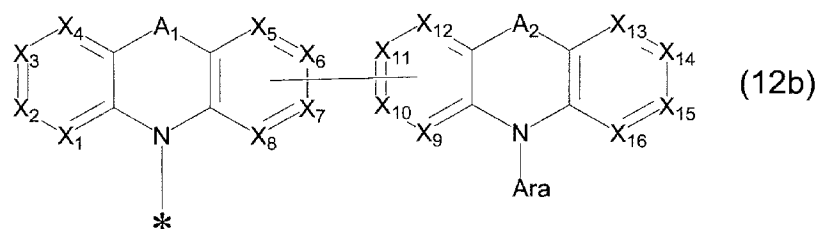
環（A）は、5員環、6員環、又は7員環であり、

A_{r1} 及び A_{rx} の少なくともいずれかは、下記一般式（12a）～（12j）で表される基からなる群から選択されるいずれかの基である。）

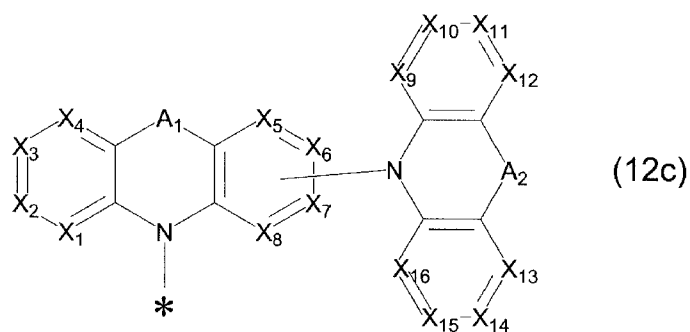
[化6]



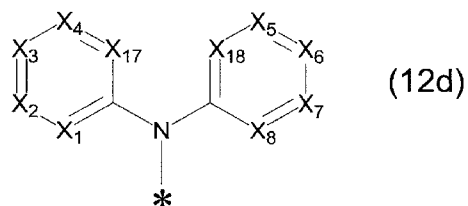
[化7]



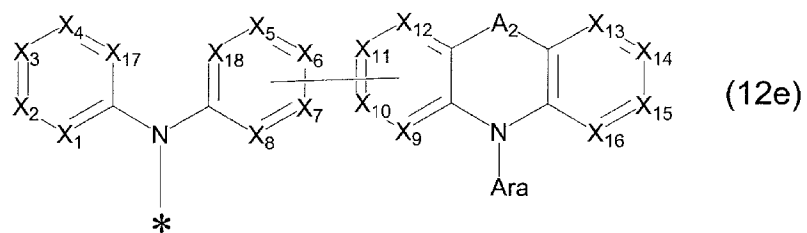
[化8]



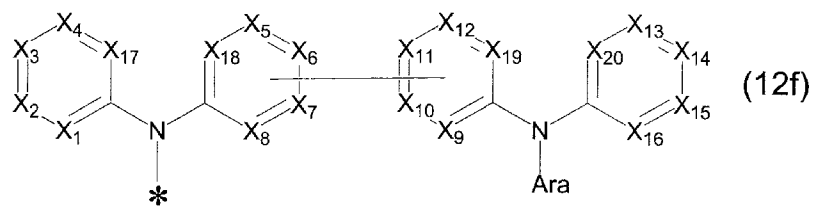
[化9]



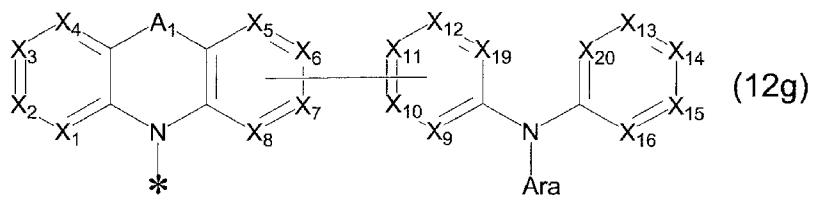
[化10]



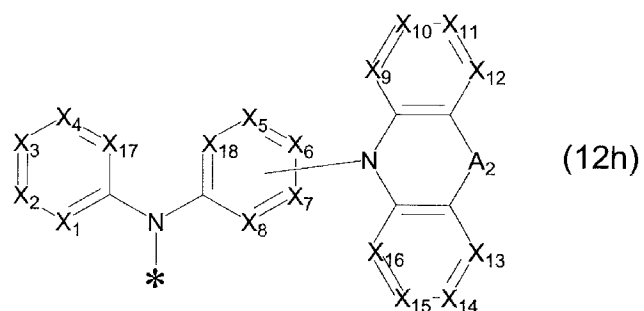
[化11]



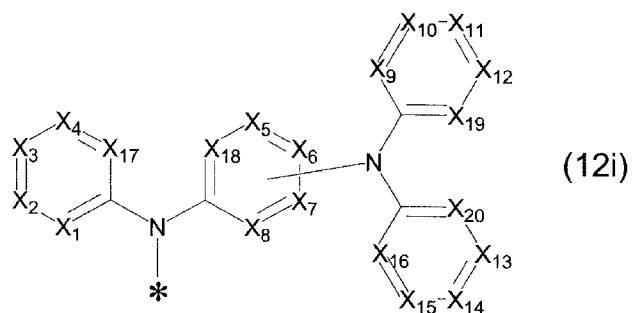
[化12]



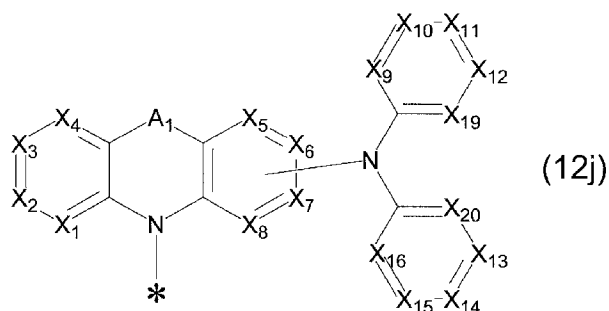
[化13]



[化14]



[化15]



(前記一般式(12a)～(12j)中、 $X_1 \sim X_{20}$ は、それぞれ独立に、N、又はC-R₃₀₀であり、ただし、前記一般式(12b)において、 $X_5 \sim X_8$ のいずれかは、 $X_9 \sim X_{12}$ のいずれかと結合する炭素原子であり、 $X_9 \sim X_{12}$ のいずれかは、 $X_5 \sim X_8$ のいずれかと結合する炭素原子であり、前記一般式(12c)において、 $X_5 \sim X_8$ のいずれかは、 $X_9 \sim X_{12}$ 、 $X_{13} \sim X_{16}$ 及びA₂を含む縮合環における6員環中の窒素原子と結合する炭素原子であり、前記一般式(12e)において、 $X_5 \sim X_8$ 及びX₁₈のいずれかは、 $X_9 \sim X_{12}$ のいずれかと結合する炭素原子であり、 $X_9 \sim X_{12}$ のいずれかは、 $X_5 \sim X_8$ 及びX₁₈のいずれかと結合する炭素原子であり、前記一般式(12f)において、 $X_5 \sim X_8$ 及びX₁₈のいずれかは、 $X_9 \sim X_{12}$ 及びX₁₉のいずれかと結合する炭素原子であり、 $X_9 \sim X_{12}$ 及びX₁₉のいずれかは、 $X_5 \sim X_8$ 及びX₁₈のいずれかと結合する炭素原子であり、前記一般式(12g)において、 $X_5 \sim X_8$ のいずれかは、 $X_9 \sim X_{12}$ 及びX₁₉のいずれかと結合する炭素原子であり、 $X_9 \sim X_{12}$ 及びX₁₉のいずれかは、 $X_5 \sim X_8$ のいずれかと結合する炭素原子であり、前記一般式(12h)において、 $X_5 \sim X_8$ 及びX₁₈のいずれかは、 $X_9 \sim X_{12}$ 、 $X_{13} \sim X_{16}$ 及びA₂を含む縮合環における6員環中の窒素原子と結合する炭素原子であり、前記一般式(12i)において、 $X_5 \sim X_8$ 及びX₁₈のいずれかは、 $X_9 \sim X_{12}$ 及びX₁₉を含む環と $X_{13} \sim X_{16}$ 及びX₂₀を含む環とを連結する窒素原子と結合する炭素原子であり

、前記一般式 (12j) において、 $X_5 \sim X_8$ のいずれかは、 $X_9 \sim X_{12}$ 及び X_{19} を含む環と $X_{13} \sim X_{16}$ 及び X_{20} を含む環とを連結する窒素原子と結合する炭素原子であり、

R_{300} は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての R_{300} は、置換もしくは無置換の環形成炭素数 6～30 のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数 5～30 のヘテロアリール基、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 のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数 3～30 のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 7～30 のアラルキル基、置換ホスフォルル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、及びカルボキシ基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

置換基としての複数の R_{300} は、互いに同一であるか、又は異なり、

置換基としての複数の R_{300} は、互いに直接結合して環を形成するか、ヘテロ原子を介して環を形成するか、又は結合せず、

A_1 及び A_2 は、それぞれ独立に、単結合、O、S、C (R_{301}) (R_{302})、Si (R_{303}) (R_{304})、C (=O)、S (=O)、S O_2 、又は N (R_{305}) であり、

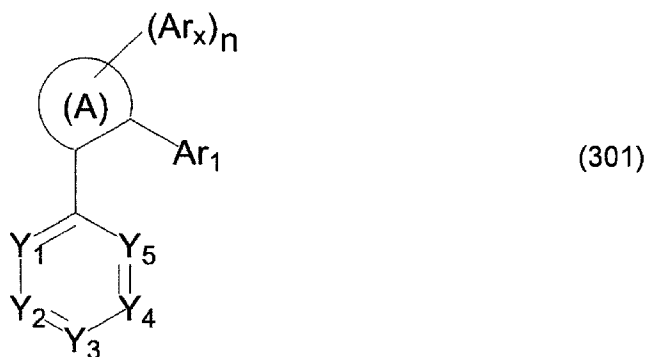
$R_{301} \sim R_{305}$ は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての $R_{301} \sim R_{305}$ は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の環形成炭素数 6～30 のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数 5～30 のヘテロアリール基、置換もしくは無置換の炭素数 1～30 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 1～30 のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数 3～30 のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 7～30 のアラルキル基、置換ホスフォルル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、及びカルボキシ基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

Ar_aは、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、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のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスフォリル基、及び置換シリル基からなる群から選択されるいずれかの基である。)

[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、前記第三の化合物は、下記一般式(301)で表される、有機エレクトロルミネッセンス素子。

[化16]



(前記一般式(301)中、

Y₁～Y₅は、それぞれ独立に、N、C-CN、又はC-R₃₁₀であり、

Y₁～Y₅のうち、少なくとも1つは、N、又はC-CNであり、

R₃₁₀は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としてのR₃₁₀は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、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のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスフォリル基、置換シ

リル基、シアノ基、ニトロ基、及びカルボキシ基からなる群から選択される基であり、

$A r_1$ は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、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のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスフォリル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、カルボキシ基、及び前記一般式(12a)～(12c)で表される基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

$A r_x$ は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての $A r_x$ は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、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のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスフォリル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、カルボキシ基、及び前記一般式(12a)～(12c)で表される基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

n は、0以上5以下の整数を表し、

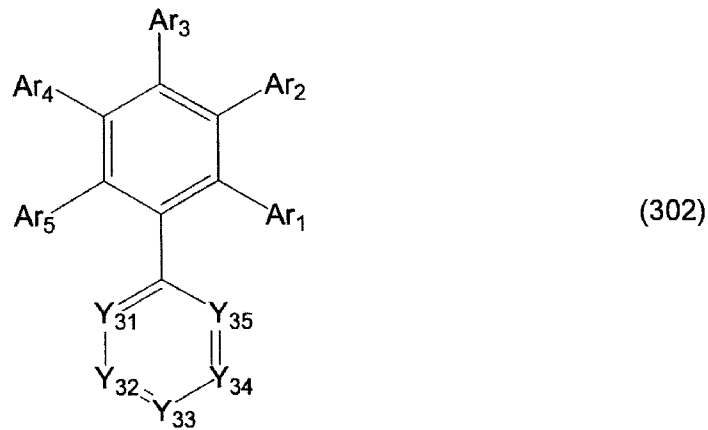
n が2以上である場合は、複数の $A r_x$ は、互いに同一であるか、又は異なり、

環(A)は、5員環、6員環、又は7員環であり、

$A r_1$ 及び $A r_x$ の少なくともいずれかは、前記一般式(12a)～(12c)で表される基からなる群から選択されるいずれかの基である。)

[請求項15] 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、
前記第三の化合物は、下記一般式(302)で表される、
有機エレクトロルミネッセンス素子。

[化17]



(前記一般式(302)中、

$Y_{31} \sim Y_{35}$ は、それぞれ独立に、N、C-CN、又はC- R_{310} であり、

$Y_{31} \sim Y_{35}$ のうち、少なくとも1つは、N、又はC-CNであり、

R_{310} は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての R_{310} は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基、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のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数3～30のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数7～30のアラルキル基、置換ホスフォルル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、及びカルボキシ基からなる群から選択される基であり、

Ar_1 は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基

、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 のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数 3 ～ 30 のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 7 ～ 30 のアラルキル基、置換ホスフォリル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、カルボキシ基、及び前記一般式 (12a) ～ (12c) で表される基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

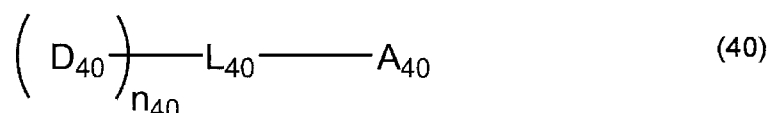
$A_{r2} \sim A_{r5}$ は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、置換基としての $A_{r2} \sim A_{r5}$ は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ～ 30 のアリール基、置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ～ 30 のヘテロアリール基、置換もしくは無置換の炭素数 1 ～ 30 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 1 ～ 30 のフルオロアルキル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数 3 ～ 30 のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 7 ～ 30 のアラルキル基、置換ホスフォリル基、置換シリル基、シアノ基、ニトロ基、カルボキシ基、及び前記一般式 (12a) ～ (12c) で表される基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

$A_{r1} \sim A_{r5}$ のうち少なくとも一つは、前記一般式 (12a) ～ (12c) で表される基からなる群から選択されるいずれかの基である。)

[請求項16] 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、

前記第三の化合物は、下記一般式 (40) で表される、有機エレクトロルミネッセンス素子。

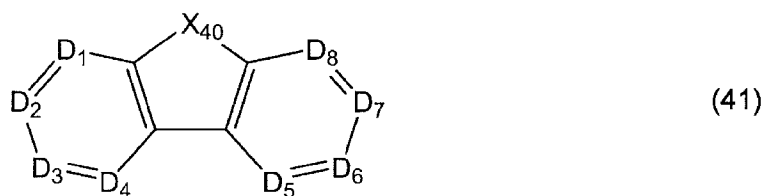
[化18]



(前記一般式 (40) において、

D_{40} は、下記一般式（４１）で表される基であり、
 n_{40} は、１以上５以下の整数であり、
 複数の D_{40} は、互いに同一であるか、又は異なり、
 L_{40} は、単結合、又は連結基であり、連結基としての L_{40} 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、及び
 置換もしくは無置換の環形成原子数５～３０の芳香族複素環基からなる群から選択され、
 A_{40} は、シアノ基、又は下記一般式（４２）で表される基である。
 。)

[化19]



[化20]



（前記一般式（４１）において、
 $D_1 \sim D_8$ は、それぞれ独立に、 L_{40} と結合する炭素原子、又は R_{40} と結合する炭素原子であり、 R_{40} は、水素原子、又は置換基であり、
 X_{40} は、酸素原子、硫黄原子、 R_{41} と結合する窒素原子、又は L_{40} と結合する窒素原子であり、
 R_{41} は、水素原子、又は置換基であり、
 $D_1 \sim D_8$ の内いずれか１つが L_{40} と結合する炭素原子であるか、

又は X_{40} が L_{40} と結合する窒素原子である。

前記一般式(42)において、

$A_{41} \sim A_{46}$ は、それぞれ独立に、窒素原子、 L_{40} と結合する炭素原子、又は R_{42} と結合する炭素原子であり、

R_{42} は、水素原子、又は置換基であり、

複数の R_{42} は、互いに同一であるか、又は異なり、

$A_{41} \sim A_{46}$ の内いずれか1つが L_{40} と結合する炭素原子であり、残りの少なくともいずれかが窒素原子であるか、又はシアノ基と結合する炭素原子である。

置換基としての R_{40} 、置換基としての R_{41} 、及び置換基としての R_{42} は、それぞれ独立に、

フッ素原子、

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、

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炭素数1～30のハロアルキル基、

置換もしくは無置換の炭素数1～30のハロアルコキシ基、

置換もしくは無置換の炭素数1～10のアルキルシリル基、

置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリールシリル基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基、及び

置換もしくは無置換の環形成原子数5～30のヘテロアリール基からなる群から選択される。)

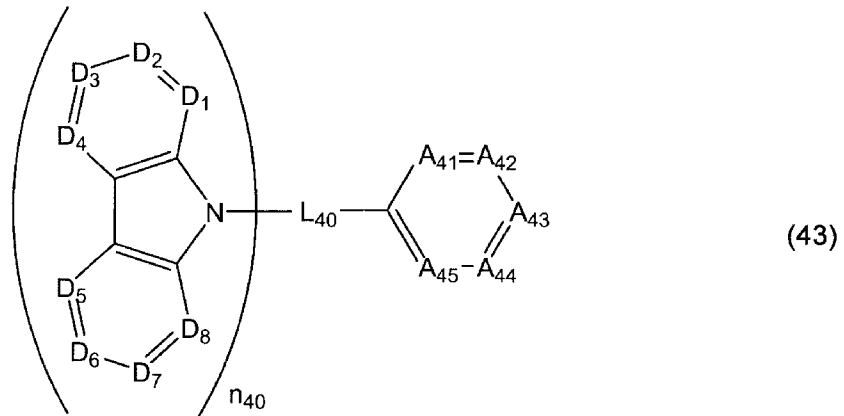
[請求項17]

請求項16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、下記一般式(43)、又は一般式(44)で表される、

有機エレクトロルミネッセンス素子。

[化21]



(前記一般式 (43) において、

$D_1 \sim D_8$ は、それぞれ独立に、 R_{40} と結合する炭素原子であり、

R_{40} は、水素原子、又は置換基であり、

n_{40} は、1 以上 5 以下の整数であり、

複数の R_{40} は、互いに同一であるか、又は異なり、

$A_{41} \sim A_{45}$ は、窒素原子、又は R_{42} と結合する炭素原子であり、

R_{42} は、水素原子、又は置換基であり、

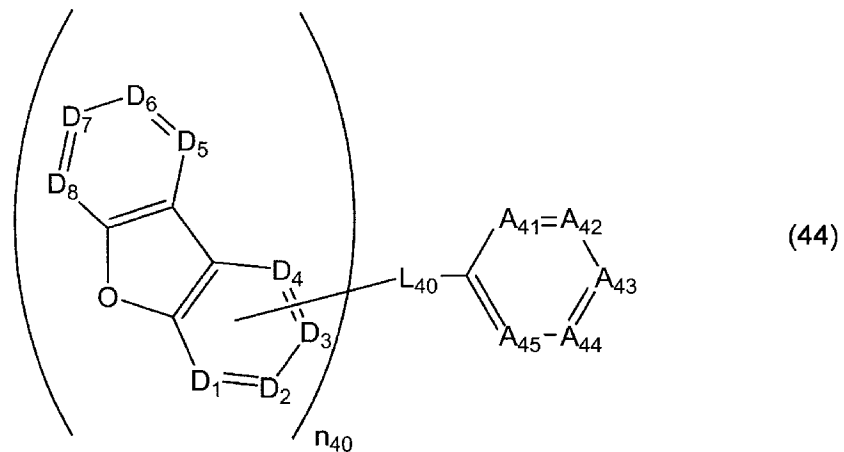
複数の R_{42} は、互いに同一であるか、又は異なり、

$A_{41} \sim A_{45}$ の内いずれか 1 つは、窒素原子であるか、又はシアノ基と結合する炭素原子であり、

置換基としての R_{40} 、及び置換基としての R_{42} は、それぞれ独立に、前述と同義であり、

L_{40} は、単結合、又は連結基であり、連結基としての L_{40} は、前述と同義である。)

[化22]



(前記一般式(44)において、

$D_1 \sim D_4$ は、それぞれ独立に、 L_{40} と結合する炭素原子、又は R_{40} と結合する炭素原子であり、

$D_1 \sim D_4$ の内いずれか1つが L_{40} と結合する炭素原子であり、

$D_5 \sim D_8$ は、それぞれ独立に、 R_{40} と結合する炭素原子であり、

R_{40} は、水素原子、又は置換基であり、

n_{40} は、1以上5以下の整数であり、

複数の R_{40} は、互いに同一であるか、又は異なり、

$A_{41} \sim A_{45}$ は、窒素原子、又は R_{42} と結合する炭素原子であり、

R_{42} は、水素原子、又は置換基であり、

複数の R_{42} は、互いに同一であるか、又は異なり、

$A_{41} \sim A_{45}$ の内いずれか1つは、窒素原子であるか、又はシアノ基と結合する炭素原子であり、

置換基としての R_{40} 、及び置換基としての R_{42} は、それぞれ独立に、前述と同義であり、

L_{40} は、単結合、又は連結基であり、連結基としての L_{40} は、前述と同義である。)

[請求項18]

請求項16又は請求項17に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、

L_{40} 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、

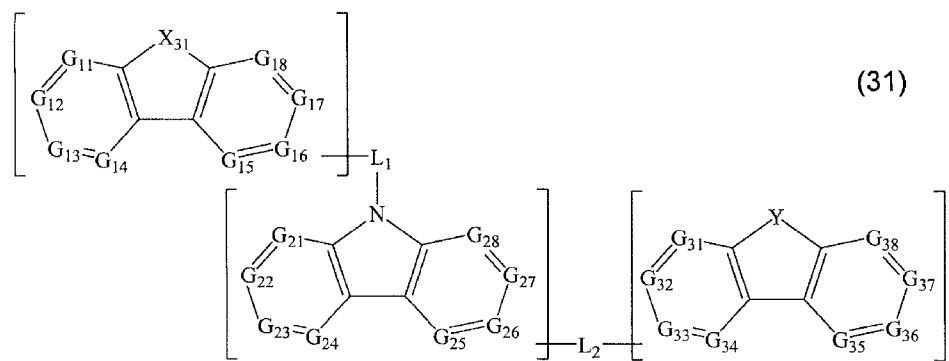
有機エレクトロルミネッセンス素子。

[請求項19] 請求項1から請求項10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、

前記第三の化合物は、下記一般式(31)で表される、

有機エレクトロルミネッセンス素子。

[化23]



(前記一般式(31)において、

$G_{11} \sim G_{18}$ の少なくとも1つは窒素原子を表し、それ以外のうち1つは L_1 と結合する炭素原子を表し、それ以外は $C(R_1)$ を表す。

$G_{21} \sim G_{28}$ のうち1つは L_2 と結合する炭素原子を表し、それ以外は $C(R_2)$ 、又は窒素原子を表す。

$G_{31} \sim G_{38}$ のうち1つは L_2 と結合する炭素原子を表し、それ以外は $C(R_3)$ 、又は窒素原子を表す。

$R_1 \sim R_3$ は、それぞれ独立に、水素原子、又は置換基であり、

置換基としての R_1 、置換基としての R_2 、及び置換基としての R_3 は、それぞれ独立に、

置換もしくは無置換の炭素数1～20のアルキル基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数3～20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3～20のシクロアルコキシ基、

置換もしくは無置換の炭素数1～20のアルコキシ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6～18のアリール基、

置換もしくは無置換の環形成原子数5～18のヘテロアリール基

、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6～18のアリールオキシ基

、

置換もしくは無置換の炭素数0～20のアミノ基、

置換もしくは無置換の炭素数0～30のシリル基、

フルオロ基、又は

シアノ基を表し、

複数の R_1 は、互いに同一であるか、又は異なり、

複数の R_2 は、互いに同一であるか、又は異なり、

複数の R_3 は、互いに同一であるか、又は異なる。

R_1 が置換基を有する場合、 R_2 が置換基を有する場合、並びに R_3 が置換基を有する場合、当該置換基は、それぞれ独立に、

炭素数1～20のアルキル基、

環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、

炭素数1～20のアルコキシ基、

環形成炭素数3～20のシクロアルコキシ基、

環形成炭素数6～18のアリール基、

環形成原子数5～18のヘテロアリール基、

環形成炭素数6～18のアリールオキシ基、

炭素数0～20のアミノ基、

炭素数0～30のシリル基、

フルオロ基、及び

シアノ基からなる群から選択される少なくとも一種の置換基であ

る。

X_{31} は、酸素原子、硫黄原子、又は $-N(R_4)-$ を表す。

R_4 は、水素原子、又は置換基であり、置換基としての R_4 は、炭素数1～20のアルキル基、環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、環形成炭素数6～18のアリール基、又は環形成原子数5～18のヘテロアリール基を表す。

L_1 は、単結合、炭素数1～20のアルキレン基、環形成炭素数3～20のシクロアルキレン基、環形成炭素数6～18のアリーレン基、又は環形成原子数5～18のヘテロアリーレン基を表す。

L_2 は、単結合、炭素数1～20のアルキレン基、環形成炭素数3～20のシクロアルキレン基、環形成炭素数6～18のアリーレン基、環形成原子数5～18のヘテロアリーレン基、窒素原子を含む2価の連結基、酸素原子を含む2価の連結基、ケイ素原子を含む2価の連結基、リン原子を含む2価の連結基、又は硫黄原子を含む2価の連結基を表す。

Y は、酸素原子、硫黄原子、又は $-N(-L_3-R_5)-$ を表す。

L_3 は、単結合、炭素数1～20のアルキレン基、環形成炭素数3～20のシクロアルキレン基、環形成炭素数6～18のアリーレン基、又は環形成原子数5～18のヘテロアリーレン基を表す。

R_5 は、水素原子、炭素数1～20のアルキル基、環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、環形成炭素数6～18のアリール基、又は環形成原子数5～18のヘテロアリール基を表す。

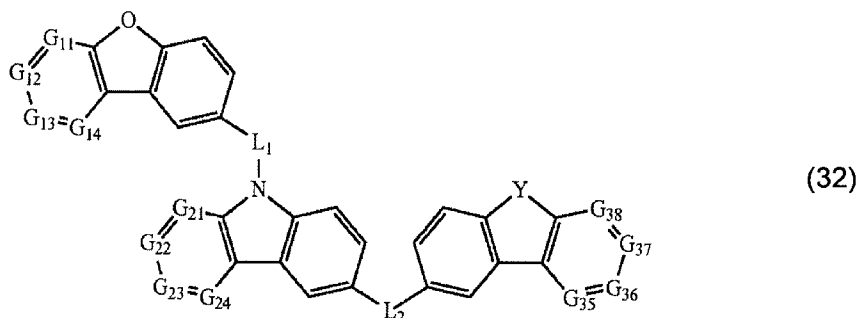
但し、 X_{31} が酸素原子、又は硫黄原子である場合、 $G_{11} \sim G_{18}$ のいずれか1つのみが窒素原子を表す。また、 X_{31} が $-N(R_4)-$ である場合、 Y は $-N(-L_3-R_5)-$ を表し、かつ、 R_2 及び R_3 は水素原子を表す。)

[請求項20]

請求項19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、下記一般式(32)で表される、

有機エレクトロルミネッセンス素子。

[化24]



(前記一般式 (32) において、

$G_{11} \sim G_{14}$ のうち1つは窒素原子を表し、それ以外はC(R_1)を表す。

$G_{21} \sim G_{24}$ はC(R_2)、又は窒素原子を表す。

$G_{35} \sim G_{38}$ はC(R_3)、又は窒素原子を表す。

$R_1 \sim R_3$ は互いに独立して、水素原子、又は置換基であり、置換基としての R_1 、置換基としての R_2 、及び置換基としての R_3 は、それぞれ独立に、炭素数1～20のアルキル基、環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、環形成炭素数6～18のアリール基、又は環形成原子数5～18のヘテロアリール基を表す。

L_1 は、単結合、環形成炭素数6～18のアリーレン基、又は環形成原子数5～18のヘテロアリーレン基を表す。

L_2 は、単結合、環形成炭素数6～18のアリーレン基、環形成原子数5～18のヘテロアリーレン基、窒素原子を含む2価の連結基、酸素原子を含む2価の連結基、ケイ素原子を含む2価の連結基、リン原子を含む2価の連結基、又は硫黄原子を含む2価の連結基を表す。

Yは、酸素原子、硫黄原子、又は $-N(-L_3-R_5)-$ を表す。

L_3 は、単結合、環形成炭素数6～18のアリーレン基、又は環形成原子数5～18のヘテロアリーレン基を表す。

R_5 は、水素原子、又は置換基であり、置換基としての R_5 は、炭

素数 1 ～ 20 のアルキル基、環形成炭素数 3 ～ 20 のシクロアルキル基、環形成炭素数 6 ～ 18 のアリール基、又は環形成原子数 5 ～ 18 のヘテロアリール基を表す。)

[請求項21] 請求項 19 又は請求項 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、

少なくとも 1 つの R_2 は、置換もしくは無置換のカルバゾリル基、置換もしくは無置換のジベンゾフラニル基、又は置換もしくは無置換のジベンゾチオフェニル基を表す、

有機エレクトロルミネッセンス素子。

[請求項22] 請求項 1 から請求項 21 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発光量子収率は、70%以下である、

有機エレクトロルミネッセンス素子。

[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、

前記第一の化合物の発光量子収率は、30%以上である、

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、

前記発光層に含まれる前記第三の化合物の濃度は、50質量%未満である、

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において、

前記発光層に含まれる前記第三の化合物の濃度は、30質量%以下である、

有機エレクトロルミネッセンス素子。

[請求項26] 請求項 1 から請求項 25 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、
前記発光層は、金属錯体を含有しない、
有機エレクトロルミネッセンス素子。

[請求項27] 請求項1から請求項26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、

前記発光層は、燐光発光性の金属錯体を含有しない、
有機エレクトロルミネッセンス素子。

[請求項28] 請求項1から請求項27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、

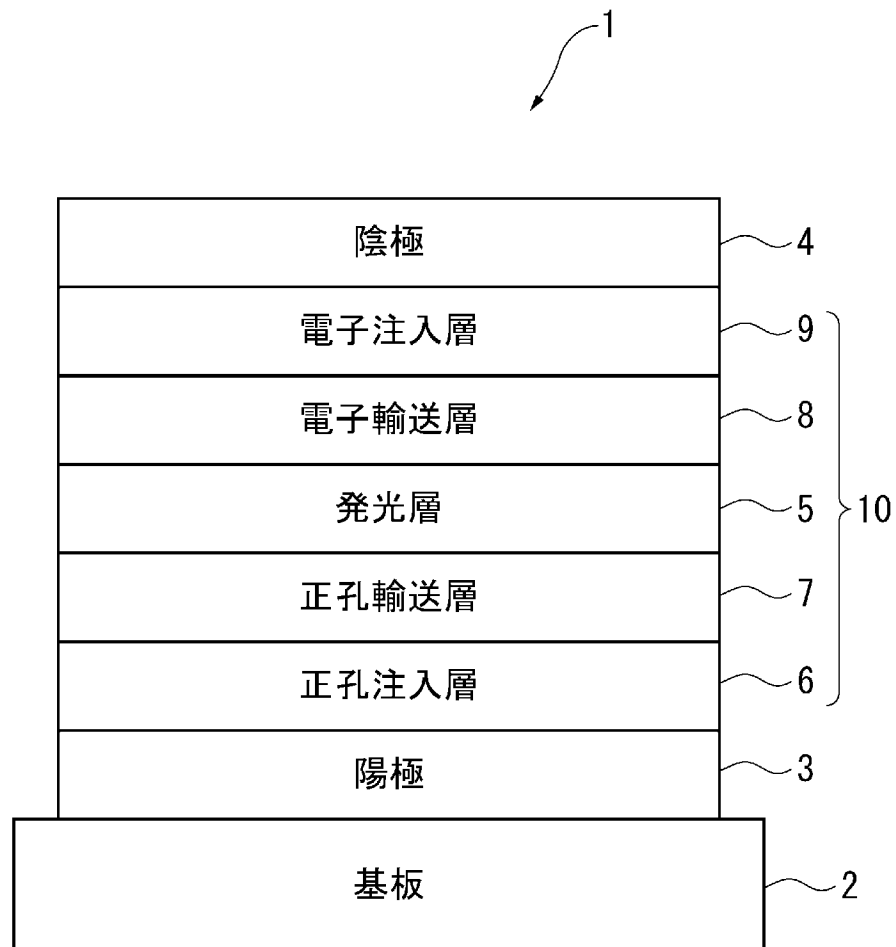
前記第二の化合物の発光ピーク波長は、550nm以下である、
有機エレクトロルミネッセンス素子。

[請求項29] 請求項1から請求項28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、

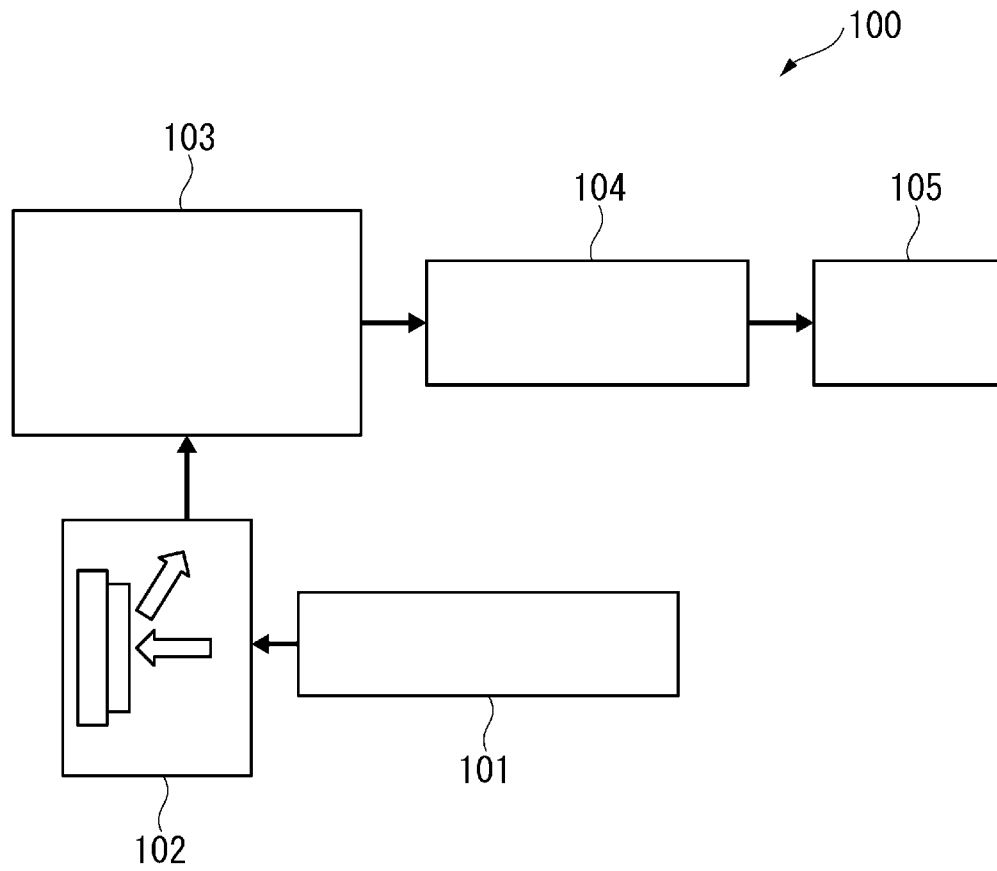
遅延蛍光比率が37.5%より大きい、
有機エレクトロルミネッセンス素子。

[請求項30] 請求項1から請求項29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。

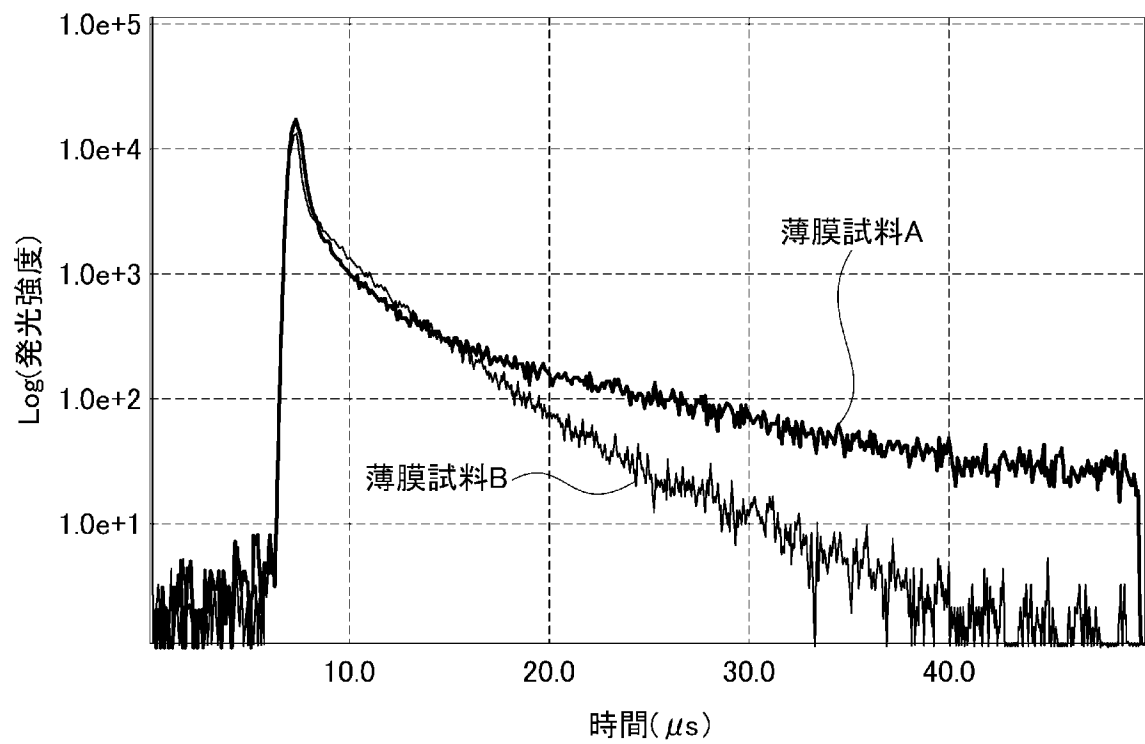
[図1]



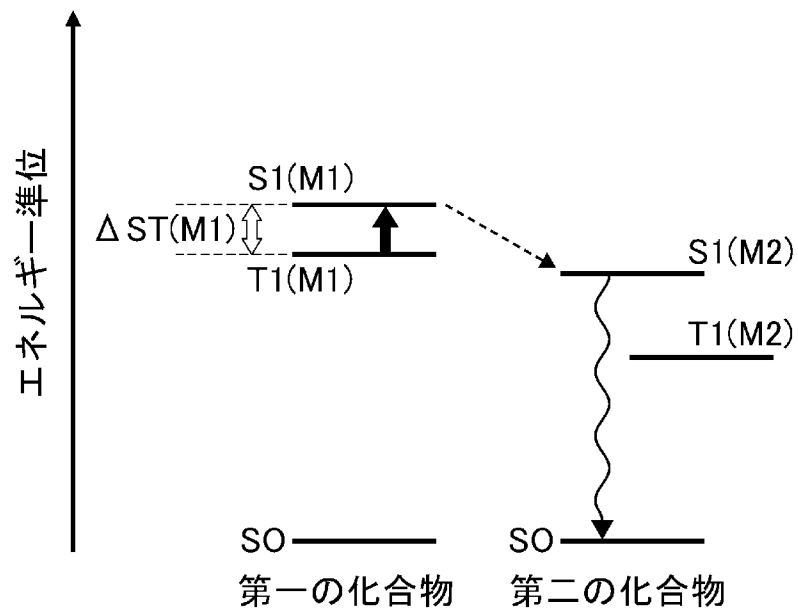
[図2]



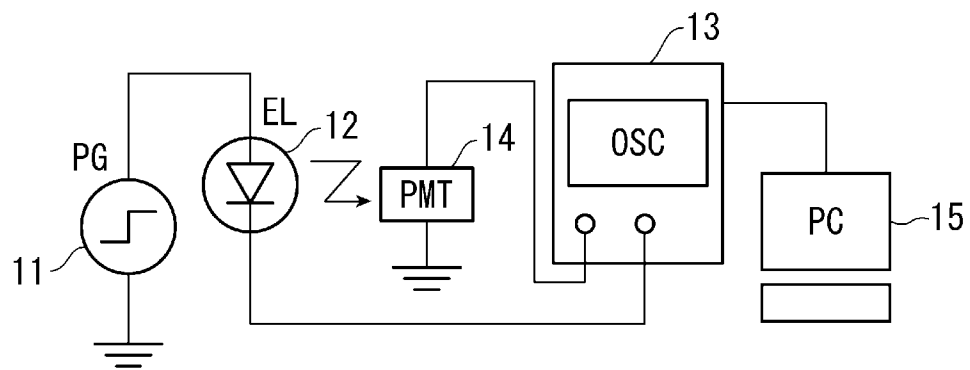
[図3]



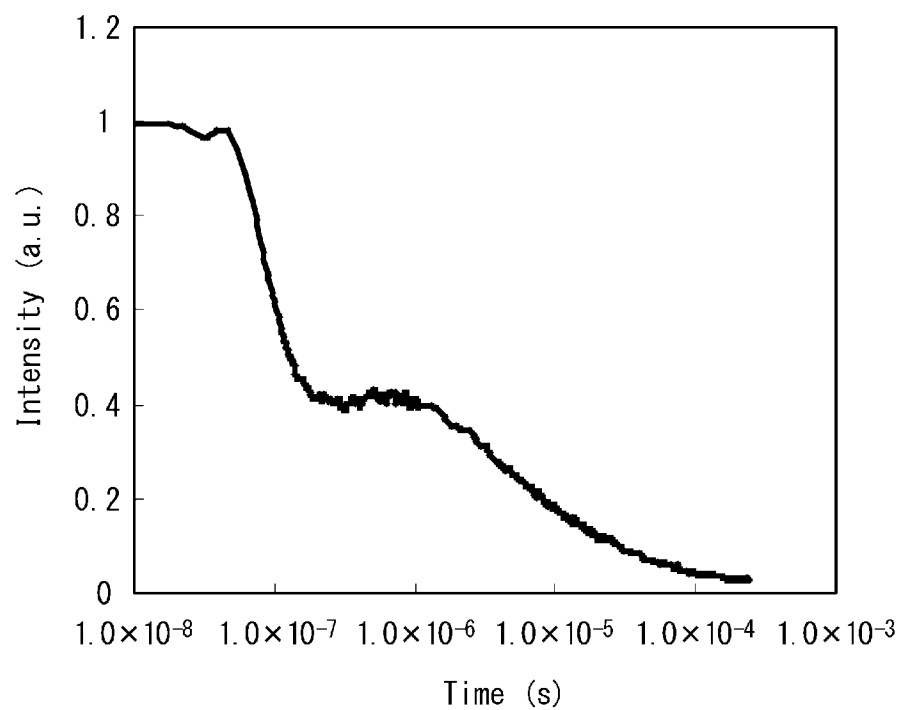
[図4]



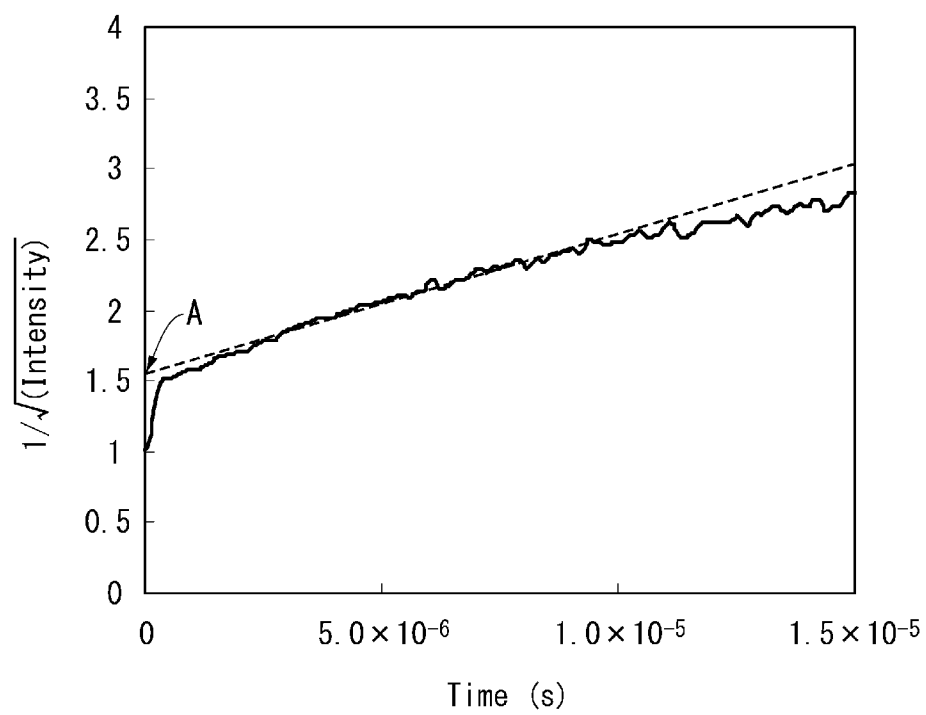
[図5]



[図6A]



[図6B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/028858

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L51/50(2006.01)i, C09K11/06(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L51/50, C09K11/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2017

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2017 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CAplus/REGISTRY (STN)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2014/157619 A1 (Kyushu University, Fujifilm Corp., Institute of Systems, Information Technologies and Nanotechnologies),	1-14, 16-17, 24-30
Y	02 October 2014 (02.10.2014),	22-23
A	claims; entire text; example 6; fig. 17 to 20 & US 2016/0329512 A1	15, 18-21
	claims; entire text; example 6; fig. 17 to 20 & EP 2980877 A1 & CN 105074951 A	
Y	ADVANCED MATERIALS, 2014, Vol.26, No.32, p.5684-5688, page 5684, left column, lines 19 to 27, Figure3(b)	22-23
A	MOLECULES, 2015.07.17, VOL.20, NO.7, p.13005-13030, Table.1 (CBP; $\mu\text{e}=3.0\text{E}-4 [\text{cm}^2/\text{Vs}]$)	1-30

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26 October 2017 (26.10.17)Date of mailing of the international search report
07 November 2017 (07.11.17)Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/028858

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2016/031785 A1 (Idemitsu Kosan Co., Ltd.), 03 March 2016 (03.03.2016), claims; entire text; examples 5 to 6 & US 2016/0301014 A1 claims; entire text; examples 5 to 6 & EP 3188271 A1 & CN 105556696 A	1-30
A	WO 2015/098975 A1 (Idemitsu Kosan Co., Ltd.), 02 July 2015 (02.07.2015), claims; entire text & JP 2015-144224 A & JP 2016-129262 A & US 2017/0062731 A1 claims; entire text & EP 2958158 A1 & CN 105103326 A	1-30
A	WO 2014/013947 A1 (Idemitsu Kosan Co., Ltd.), 23 January 2014 (23.01.2014), claims; entire text & JP 2014-22666 A & US 2015/0188070 A1 claims; entire text & US 2016/0064677 A1 & US 2017/0162799 A1 & EP 2876698 A1	1-30
P,X	WO 2016/125807 A1 (Idemitsu Kosan Co., Ltd.), 11 August 2016 (11.08.2016), claims; entire text; example 1 & CN 107112431 A & TW 201637258 A	1-30
P,A	WO 2016/181844 A1 (Konica Minolta, Inc.), 17 November 2016 (17.11.2016), claims; entire text; examples (Family: none)	1-30
P,A	WO 2017/115788 A1 (Idemitsu Kosan Co., Ltd.), 06 July 2017 (06.07.2017), claims; entire text (Family: none)	1-30

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L51/50(2006.01)i, C09K11/06(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L51/50, C09K11/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

CAplus/REGISTRY (STN)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	W0 2014/157619 A1 (国立大学法人九州大学、富士フイルム株式会社、公益財団法人九州先端科学技術研究所) 2014. 10. 02, 請求の範囲, 全文, 実施例 6, 図 17-20 & US 2016/0329512 A1, 請求の範囲, 全文, 実施例 6, 図 17-20 & EP 2980877 A1 & CN 105074951 A	1-14, 16-17, 24-30
Y		22-23
A		15, 18-21
Y	ADVANCED MATERIALS, 2014, Vol. 26, No. 32, p. 5684-5688, 第 5684 頁左欄第 19-27 行, Figure3(b)	22-23

C 欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26. 10. 2017

国際調査報告の発送日

07. 11. 2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

岩井 好子

20

4160

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	MOLECULES, 2015.07.17, VOL. 20, NO. 7, p. 13005-13030, Table. 1 (CBP; $\mu e=3.0E-4[cm^2/Vs]$)	1-30
A	WO 2016/031785 A1 (出光興産株式会社) 2016.03.03, 請求の範囲, 全文, 実施例 5-6 & US 2016/0301014 A1, 請求の範囲, 全文, 実施例 5-6 & EP 3188271 A1 & CN 105556696 A	1-30
A	WO 2015/098975 A1 (出光興産株式会社) 2015.07.02, 請求の範囲, 全文 & JP 2015-144224 A & JP 2016-129262 A & US 2017/0062731 A1, 請求の範囲, 全文 & EP 2958158 A1 & CN 105103326 A	1-30
A	WO 2014/013947 A1 (出光興産株式会社) 2014.01.23, 請求の範囲, 全文 & JP 2014-22666 A & US 2015/0188070 A1, 請求の範囲, 全文 & US 2016/0064677 A1 & US 2017/0162799 A1 & EP 2876698 A1	1-30
PX	WO 2016/125807 A1 (出光興産株式会社) 2016.08.11, 請求の範囲, 全文, 実施例 1 & CN 107112431 A & TW 201637258 A	1-30
PA	WO 2016/181844 A1 (コニカミノルタ株式会社) 2016.11.17, 請求の 範囲, 全文, 実施例 (ファミリーなし)	1-30
PA	WO 2017/115788 A1 (出光興産株式会社) 2017.07.06, 請求の範囲, 全文 (ファミリーなし)	1-30