

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5279583号
(P5279583)

(45) 発行日 平成25年9月4日(2013.9.4)

(24) 登録日 平成25年5月31日(2013.5.31)

(51) Int.Cl.		F I		
HO 1 L 51/50	(2006.01)	HO 5 B	33/22	B
CO 9 K 11/06	(2006.01)	HO 5 B	33/14	B
		CO 9 K	11/06	6 6 0
		CO 9 K	11/06	6 9 0

請求項の数 14 (全 116 頁)

(21) 出願番号	特願2009-90379 (P2009-90379)	(73) 特許権者	000183646
(22) 出願日	平成21年4月2日(2009.4.2)		出光興産株式会社
(65) 公開番号	特開2010-171363 (P2010-171363A)		東京都千代田区丸の内3丁目1番1号
(43) 公開日	平成22年8月5日(2010.8.5)	(74) 代理人	100086759
審査請求日	平成24年2月1日(2012.2.1)		弁理士 渡辺 喜平
(31) 優先権主張番号	特願2008-328083 (P2008-328083)	(74) 代理人	100112977
(32) 優先日	平成20年12月24日(2008.12.24)		弁理士 田中 有子
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100141944
			弁理士 佐藤 猛
		(72) 発明者	荻原 俊成
			千葉県袖ヶ浦市上泉1280番地
		(72) 発明者	西村 和樹
			千葉県袖ヶ浦市上泉1280番地
		(72) 発明者	岩隈 俊裕
			千葉県袖ヶ浦市上泉1280番地

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機EL素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

陽極と、陰極との間に、前記陽極から順に、互いに接合する発光層、電子注入調整層及び電子輸送層を備え、

前記発光層がホスト材料及びドーパントを含有し、

前記電子注入調整層を形成する主たる材料のイオン化ポテンシャル(Ips)と前記発光層のホスト材料のイオン化ポテンシャル(Iph)が、下記の関係(i)を満たし、

前記電子輸送層を形成する電子輸送材料の電子移動度が、電界強度400~500(V/cm)^{1/2}において、10⁻⁵cm²/Vs以上であり、かつ、

前記発光層のホスト材料のアフィニティレベル(Af1)、前記電子注入調整層を形成する主たる材料のアフィニティレベル(Af2)、前記電子輸送層を形成する電子輸送材料のアフィニティレベル(Af3)が、下記の関係(ii)及び(iii)を満たし、

前記発光層のホスト材料のアフィニティレベル(Af1)、前記電子注入調整層を形成する主たる材料のアフィニティレベル(Af2)、前記電子輸送層を形成する電子輸送材料のアフィニティレベル(Af3)が、下記の関係(iv)を満たす有機エレクトロルミネッセンス素子。

$$0.5 \text{ eV} > I_{ps} - I_{ph} \quad 0 \text{ eV} \quad (i)$$

$$A_{f2} - A_{f1} > 0 \text{ eV} \quad (ii)$$

$$A_{f3} - A_{f2} > 0.2 \text{ eV} \quad (iii)$$

$$A_{f1} < A_{f2} < 2.75 \text{ eV} < A_{f3} \quad (iv)$$

10

20

【請求項2】

前記電子注入調整層を形成する主たる材料の最低励起三重項エネルギー ($E_{gT}(S)$) と、前記発光層のホスト材料の最低励起三重項エネルギー ($E_{gT}(H)$) が、下記の関係 (v) を満たす、請求項1に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

$$0.5 \text{ eV} > E_{gT}(S) - E_{gT}(H) \quad 0 \text{ eV} \quad (v)$$

【請求項3】

前記発光層のホスト材料のイオン化ポテンシャル (I_{ph}) と、前記発光層のドーパントのイオン化ポテンシャル (I_{pd}) が下記の関係 (vi) を満たす、請求項1又は2に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

$$I_{ph} - I_{pd} > 0.5 \text{ eV} \quad (vi)$$

10

【請求項4】

前記発光層のドーパントが、燐光発光性材料である、請求項1～3のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項5】

前記電子注入調整層が、前記発光層のドーパントと同一又は異なる燐光発光性ドーパントを含み、かつ前記発光層及び電子注入調整層の燐光発光性ドーパントのドーブ濃度が下記の関係 (vii) を満たす、請求項4に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

$$\text{ドーブ濃度：発光層} > \text{電子注入調整層} \quad (vii)$$

【請求項6】

前記燐光発光性ドーパントが、Ir, Pt, Os, Au, Cu, Re及びRuからなる群から選ばれる金属と配位子とからなる金属錯体を含有する、請求項4又は5に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

20

【請求項7】

前記陽極と前記発光層との間に、前記発光層と隣接する正孔注入・輸送層を有する、請求項1～6のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項8】

前記電子輸送層を形成する電子輸送材料が金属錯体ではない含窒素複素環誘導体である、請求項1～7のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項9】

前記発光層のホスト材料及び前記電子注入調整層を形成する主たる材料のいずれか一方又は両方が、下記式(A)、(B)及び(C)で表される多環式縮合芳香族化合物からなる群から選ばれる1種以上の化合物である、請求項1～8のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

30



(式中、 Ar^{101} , Ar^{102} , Ar^{103} , R_a 及び R_b は、それぞれ独立して、置換若しくは無置換のベンゼン環、又は、置換若しくは無置換のナフタレン環、置換若しくは無置換のクリセン環、置換若しくは無置換のフルオランテン環、置換若しくは無置換のフェナントレン環、置換若しくは無置換のベンゾフェナントレン環、置換若しくは無置換のジベンゾフェナントレン環、置換若しくは無置換のトリフェニレン環、置換若しくは無置換のベンゾ[a]トリフェニレン環、置換若しくは無置換のベンゾクリセン環、置換若しくは無置換のベンゾ[b]フルオランテン環、及び、置換若しくは無置換のピセン環から選択される多環式縮合芳香族骨格部を表す。但し、 Ar^{101} , Ar^{102} , Ar^{103} , R_a 及び R_b が同時に置換若しくは無置換のベンゼン環である場合はない。)

40

【請求項10】

前記 R_a 及び R_b のいずれか一方又は両方が、置換若しくは無置換のフェナントレン環、置換若しくは無置換のベンゾ[c]フェナントレン環及び置換若しくは無置換のフルオランテン環からなる群から選ばれる、請求項9に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

50

【請求項 1 1】

前記発光層のホスト材料及び前記電子注入調整層を形成する主たる材料のいずれか一方又は両方が、多環式縮合芳香族化合物であり、多環式縮合芳香族骨格部が、2価以上の基として化学構造式中に含まれる、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 1 2】

前記発光層のホスト材料及び前記電子注入調整層を形成する主たる材料のいずれか一方又は両方が、多環式縮合芳香族化合物であり、多環式芳香族骨格部が置換基を有し、該置換基が、置換若しくは無置換のアリール基又は置換若しくは無置換のヘテロアリール基である、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

10

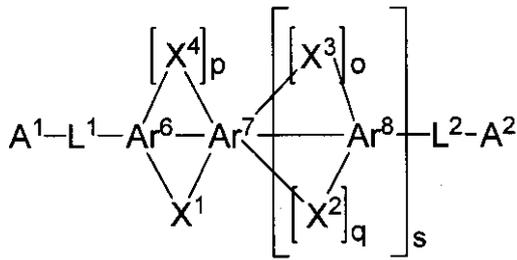
【請求項 1 3】

前記多環式縮合芳香族化合物の置換基が、カルバゾール骨格を有しない、請求項 1 2 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

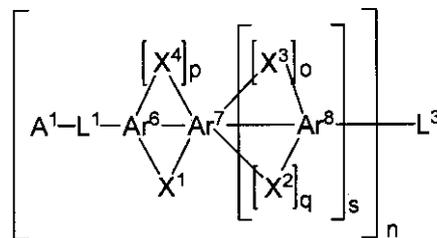
【請求項 1 4】

前記発光層のホスト材料及び前記電子注入調整層を形成する主たる材料のいずれか一方又は両方が、下記式 (5) 又は (6) で表される、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【化 1】



(5)



(6)

20

〔式 (5) 及び (6) において、Ar⁶、Ar⁷ 及び Ar⁸ は、それぞれ独立に、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の芳香族炭化水素基、又は置換若しくは無置換の環形成原子数 3 ~ 24 の芳香族複素環基を表す。但し、Ar⁶、Ar⁷ 及び Ar⁸ は置換基 Y を一個又は複数個有していてもよく、複数個の場合はそれぞれ同一でも異なってもよく、Y は炭素数 1 ~ 20 のアルキル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキル基、炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基、炭素数 7 ~ 24 のアラルキル基、炭素数 3 ~ 20 のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で Ar⁶、Ar⁷、Ar⁸ と炭素 - 炭素結合で連結する置換若しくは無置換の芳香族複素環基を表す。〕

30

式 (5) 及び (6) において、X¹、X²、X³ 及び X⁴ は、それぞれ独立に、O、S、N - R¹ 又は CR²R³ を表し、o、p 及び q は 0 又は 1、s は 1、2 又は 3 を表す。ここで、R¹、R² 及び R³ は、それぞれ独立に、炭素数 1 ~ 20 のアルキル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキル基、炭素数 7 ~ 24 のアラルキル基、炭素数 3 ~ 20 のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の芳香族炭化水素基、又は置換若しくは無置換の環形成原子数 3 ~ 24 の芳香族複素環基を表す。

40

式 (5) 及び (6) において、L¹ は単結合、炭素数 1 ~ 20 のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキレン基、炭素数 2 ~ 20 の 2 価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の 2 価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 であり、Ar⁶ と炭素 - 炭素結合で連結する置換若しくは無置換の 2 価の芳香族複素環基を表す。

式 (5) において、L² は単結合、炭素数 1 ~ 20 のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキレン基、炭素数 2 ~ 20 の 2 価のシリル基、置

50

換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の 2 価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で Ar^8 と炭素 - 炭素結合で連結する置換若しくは無置換の 2 価の芳香族複素環基を表す。

式 (6) において、 n は 2、3 又は 4 を表し、それぞれ L^3 を連結基とした 2 量体、3 量体、4 量体を形成する。

式 (6) において、 L^3 は、 n が 2 の場合、単結合、炭素数 1 ~ 20 のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキレン基、炭素数 2 ~ 20 の 2 価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の 2 価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で Ar^8 と炭素 - 炭素結合で連結する置換若しくは無置換の 2 価の芳香族複素環基を表し、 n が 3 の場合、炭素数 1 ~ 20 の 3 価のアルカン、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 の 3 価のシクロアルカン、炭素数 1 ~ 20 の 3 価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の 3 価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で Ar^8 と炭素 - 炭素結合で連結する置換若しくは無置換の 3 価の芳香族複素環基を表し、 n が 4 の場合、炭素数 1 ~ 20 の 4 価のアルカン、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 の 4 価のシクロアルカン、ケイ素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の 4 価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で Ar^8 と炭素 - 炭素結合で連結する置換若しくは無置換の 4 価の芳香族複素環基を表す。

式 (5) 及び (6) において、 A^1 は、水素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキル基、炭素数 3 ~ 20 のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で L^1 と炭素 - 炭素結合で連結する置換若しくは無置換の芳香族複素環基を表す。

式 (5) において、 A^2 は、水素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキル基、炭素数 3 ~ 20 のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で L^2 と炭素 - 炭素結合で連結する置換若しくは無置換の芳香族複素環基を表す。]

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機エレクトロルミネッセンス素子に関し、特に高温駆動条件下において長寿命な有機エレクトロルミネッセンス素子に関するものである。

【背景技術】

【0002】

有機エレクトロルミネッセンス素子（以下エレクトロルミネッセンスを EL と略記することがある）は、電界を印加することにより、陽極より注入された正孔と陰極より注入された電子の再結合エネルギーにより蛍光性物質が発光する原理を利用した自発光素子である。イーストマン・コダック社の C. W. Tang らによる積層型素子による低電圧駆動有機 EL 素子の報告（非特許文献 1 等）がなされて以来、有機材料を構成材料とする有機 EL 素子に関する研究が盛んに行われている。Tang らは、トリス（8 - ヒドロキシキノリノールアルミニウム）（以下 Alq₃）を発光層に、トリフェニルジアミン誘導体を正孔輸送層に用いている。積層構造の利点としては、発光層への正孔の注入効率を高めること、陰極より注入された電子をブロックして再結合により生成する励起子の生成効率を高めること、発光層内で生成した励起子を閉じ込めること等が挙げられる。この例のように有機 EL 素子の素子構造としては、正孔輸送（注入）層、電子輸送発光層の 2 層型、又は正孔輸送（注入）層、発光層、電子輸送（注入）層の 3 層型等がよく知られている。こうした積層型構造素子では注入された正孔と電子の再結合効率を高めるため、素子構造や形成方法の工夫がなされている。

【0003】

有機 EL 素子の発光材料としてはトリス（8 - キノリノラート）アルミニウム錯体等のキレート錯体、クマリン誘導体、テトラフェニルプタジエン誘導体、ビスチリルアリー

10

20

30

40

50

レン誘導体、オキサジアゾール誘導体等の発光材料が知られており、それらからは青色から赤色までの可視領域の発光が得られることが報告されており、フルカラー表示素子の実現が期待されている（例えば、特許文献1，2参照）。また、近年、有機EL素子の発光層に、発光材料の他に有機燐光材料を利用する、燐光型有機EL素子も提案されている（例えば、非特許文献2参照）。この燐光型有機EL素子の発光層においては、有機燐光材料の励起状態の一重項状態と三重項状態とを利用することにより、高い発光効率が達成されている。有機EL素子内で電子と正孔が再結合する際にはスピン多重度の違いから一重項励起子と三重項励起子とが1：3の割合で生成すると考えられているので、隣光性の発光材料を用いれば蛍光のみを使った素子の3～4倍の発光効率の達成が考えられる。

【0004】

また、このような燐光型有機EL素子においては、三重項の励起状態又は三重項の励起子が消光しないように順次、陽極、有機発光層、正孔障壁層、電子輸送層、陰極のように層を積層する構成が用いられてきた。有機発光層と陰極間に、有機発光層からの正孔の移動を制限する、発光層よりもイオン化ポテンシャル（Ip）が大きい特性を有する正孔障壁層を設け正孔を発光層中に効率よく蓄積することによって、電子との再結合確率を向上させ、発光の高効率化を達成することができる（例えば、特許文献3，4参照）。

【0005】

前記正孔障壁層としてよく知られているフェナントロリン誘導体（例としてBCP，Bphen）を用いることで、発光効率が向上するという報告がされているもの、BCP・Bphen等は酸化耐久性が無く、有機EL素子の寿命に関して大きな改良の余地が残っていた。そこで、フェナントレンを有する多環式縮合芳香族化合物を用い、発光層にIr（ppy）₃を含有させた有機EL素子の技術が開示され、室温の寿命においては幾分か改善されている（特許文献5）。しかし燐光型有機EL素子の実用化を考えた場合、高温駆動条件下における寿命の向上が求められている。高温駆動条件下においては、室温条件下と比べて電極からの正孔及び電子の注入特性や輸送特性が変化するので（例えば、非特許文献3）、素子内部でのキャリアバランスが室温と大きく異なると考えられる。その為、高温駆動条件下において好適なキャリアバランスを保持するための素子構成の条件が未だにみつかっておらず、寿命の長い有機EL素子を得るための大きな問題となっていた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平8 - 239655号公報

【特許文献2】特開平7 - 138561号公報

【特許文献3】米国特許第6097147号明細書

【特許文献4】国際特許公報WO01/41512号明細書

【特許文献5】特開2005 - 197262号公報

【特許文献6】国際特許公報WO05/076668号明細書

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】C.W.Tang, S.A.Vanslyke, アプライドフィジック スターズ (Applied Physics Letters), 51巻、913頁、1987年

【非特許文献2】D.F.O'Brien and M.A.Baldo et al "Improved energy transfer in electrophosphorescent devices" Applied Physics letters Vol.74 No.3, pp442-444, January 18, 1999, M.A.Baldo et al "Very high-efficiency green organic light-emitting devices based on electrophosphorescence" Applied Physics letters Vol.75 No.1, pp4-6, July 5, 1999

10

20

30

40

50

【非特許文献3】W. Brueetting (Eds.) "Physics of Organic Semiconductors" 2005 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は上述の課題に鑑み、発光効率及び寿命（室温及び高温条件）を改善した有機EL素子を提供することを目的とする。

特に発光効率の高い燐光性の発光を利用し、高温駆動条件下においても長寿命な有機EL素子を提供することを目的としている。

10

【課題を解決するための手段】

【0009】

特許文献5の有機EL素子では、多環式縮合芳香族化合物を正孔障壁層に用いることで、室温において寿命の長い有機EL素子が得られることが報告されている。しかし高温では熱の効果によりキャリアバランスが室温と著しく異なるため、高温における明確な解決策を提示することは容易ではない。事実、特許文献5の多環式縮合芳香族化合物を正孔障壁層に用いた有機EL素子の高温条件では、著しく寿命が短かった。熱の効果により電子移動度及び正孔移動度が共に増加するが、正孔移動度の増加が電子移動度の増加よりも著しいと予想される。また特許文献5の有機EL素子では電子移動度が小さい電子輸送材料（Alq₃）が使用されており、高温での電子移動度と正孔移動度の差が著しく大きくなっているものと考えられる。そこで高温において発光層と正孔障壁層の界面に正孔が大量に蓄積していると予想される。その結果、発光層や正孔障壁層等がダメージを受けて寿命の長い有機EL素子が得られなかったと考えることができる。

20

【0010】

そこで高温条件において発光層との界面に過剰な正孔が蓄積しない素子構成を設計すれば、寿命の長い有機EL素子が得られると考えた。

【0011】

本発明者らは、陽極と、陰極との間に、前記陽極から順に、互いに接合する発光層、電子注入調整層及び電子輸送層を備え、前記電荷調整層のイオン化ポテンシャル（Ips）と前記発光層のホスト材料のイオン化ポテンシャル（Iph）が図2の関係を有し、前記電子輸送層の電子移動度が電界強度：400～500（V/cm）^{1/2}において10⁻⁵ cm²/Vs以上と高速であり、かつ前記発光層のホスト材料のアフィニティレベル（Af1）、前記電子注入調整層のアフィニティレベル（Af2）と前記電子輸送層のアフィニティレベル（Af3）の値が所定の関係を満たした際に、高温で寿命の長い有機EL素子が得られた。特に前記発光層、前記電子注入調整層及び前記電子輸送層のアフィニティレベルが、

30

$$Af2 - Af1 > 0 \text{ eV}$$

$$Af3 - Af2 > 0.2 \text{ eV}$$

を満たした際に、熱の効果が有機EL素子に加わった場合において発光層に注入される電子と正孔のキャリアバランスが改善された。その結果、発光層の界面における正孔の蓄積が解消されたと考えられる。

40

【0012】

つまり陽極と、陰極との間に、前記陽極から順に、互いに接合する発光層、電子注入調整層及び電子輸送層を有し、

前記発光層がホスト材料及びドーパントを含有し、

前記電子注入調整層を形成する主たる材料のイオン化ポテンシャル（Ips）と前記発光層のホスト材料のイオン化ポテンシャル（Iph）が、下記の関係（i）を満たし、

前記電子輸送層を形成する電子輸送材料の電子移動度が、電界強度400～500（V/cm）^{1/2}において、10⁻⁵ cm²/Vs以上であり、かつ、

前記発光層のホスト材料のアフィニティレベル（Af1）、前記電子注入調整層を形成

50

する主たる材料のアフィニティレベル (Af 2)、前記電子輸送層を形成する電子輸送材料のアフィニティレベル (Af 3) が、下記の関係 (i i) 及び (i i i) の条件をすべて満たした際に、高温での素子の寿命が長くなることを確認した。

$$0.5 \text{ eV} > I_{ps} - I_{ph} \quad 0 \text{ eV} \quad (i)$$

$$Af2 - Af1 > 0 \text{ eV} \quad (ii)$$

$$Af3 - Af2 > 0.2 \text{ eV} \quad (iii)$$

【 0 0 1 3 】

特許文献 6 には、その素子構成が、本発明で規定したアフィニティレベルの条件

$$Af3 - Af2 > 0.2 \text{ eV} \quad (iii)$$

に近接しているように見えるアフィニティレベルに関する記載がある。しかし特許文献 6 の実施例で用いられている素子構成では、高温での素子寿命が短かった。また、特許文献 6 の素子構成は発光層と電子輸送層が接合しており、本発明での素子構成のように電子注入調整層を有するものではない。つまり特許文献 6 は本発明の有機 EL 素子とは異なる層構成を有するものであり、高温において正孔が蓄積する問題を解消できない。そこで特許文献 6 の素子構成では、発光層及び電子輸送層がダメージを受けて寿命の長い有機 EL 素子が得られなかったと考えられる。結果、特許文献 6 のような発光層と電子輸送層のアフィニティレベルの規定では、高温でのキャリアダイナミクスにおける劣化への対応が不十分であることが明確になった。

【 0 0 1 4 】

以上、本発明で規定する上記条件を満たすことで、高温環境下において発光層の界面に余剰な正孔が蓄積することが防止され、寿命の長い有機 EL 素子が得られることを見出し、本発明を完成させるに至った。

【 0 0 1 5 】

即ち、本発明は下記の有機エレクトロルミネッセンス素子を提供する。

1. 陽極と、陰極との間に、前記陽極から順に、互いに接合する発光層、電子注入調整層及び電子輸送層を備え、

前記発光層がホスト材料及びドーパントを含有し、

前記電子注入調整層を形成する主たる材料のイオン化ポテンシャル (Ips) と前記発光層のホスト材料のイオン化ポテンシャル (Iph) が、下記の関係 (i) を満たし、

前記電子輸送層を形成する電子輸送材料の電子移動度が、電界強度 400 ~ 500 (V / cm) ^{1 / 2} において、 $10^{-5} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上であり、かつ、

前記発光層のホスト材料のアフィニティレベル (Af 1)、前記電子注入調整層を形成する主たる材料のアフィニティレベル (Af 2)、前記電子輸送層を形成する電子輸送材料のアフィニティレベル (Af 3) が、下記の関係 (i i) 及び (i i i) を満たす有機エレクトロルミネッセンス素子。

$$0.5 \text{ eV} > I_{ps} - I_{ph} \quad 0 \text{ eV} \quad (i)$$

$$Af2 - Af1 > 0 \text{ eV} \quad (ii)$$

$$Af3 - Af2 > 0.2 \text{ eV} \quad (iii)$$

2. 前記発光層のホスト材料のアフィニティレベル (Af 1)、前記電子注入調整層を形成する主たる材料のアフィニティレベル (Af 2)、前記電子輸送層を形成する電子輸送材料のアフィニティレベル (Af 3) が、下記の関係 (i v) を満たす、上記 1 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

$$Af1 < Af2 < 2.75 \text{ eV} < Af3 \quad (iv)$$

3. 前記電子注入調整層を形成する主たる材料の最低励起三重項エネルギー (Eg T (S)) と、前記発光層のホスト材料の最低励起三重項エネルギー (Eg T (H)) が、下記の関係 (v) を満たす、上記 1 又は 2 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

$$0.5 \text{ eV} > E_{gT}(S) - E_{gT}(H) \quad 0 \text{ eV} \quad (v)$$

4. 前記発光層のホスト材料のイオン化ポテンシャル (Iph) と、前記発光層のドーパントのイオン化ポテンシャル (Ipd) が下記の関係 (v i) を満たす、上記 1 ~ 3 のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

10

20

30

40

50

$$I_{ph} - I_{pd} > 0.5 eV \quad (vi)$$

5. 前記発光層のドーパントが、燐光発光性材料である、上記1～4のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

6. 前記電子注入調整層が、前記発光層のドーパントと同一又は異なる燐光発光性ドーパントを含み、かつ前記発光層及び電子注入調整層の燐光発光性ドーパントのドーブ濃度が下記の関係(vii)を満たす、上記5に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

$$\text{ドーブ濃度：発光層} > \text{電子注入調整層} \quad (vii)$$

7. 前記燐光発光性ドーパントが、Ir, Pt, Os, Au, Cu, Re及びRuからなる群から選ばれる金属と配位子とからなる金属錯体を含有する、上記5又は6に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

8. 前記陽極と前記発光層との間に、前記発光層と隣接する正孔注入・輸送層を有する、上記1～7のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

9. 前記電子輸送層を形成する電子輸送材料が金属錯体ではない含窒素複素環誘導体である、上記1～8のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

10. 前記発光層のホスト材料及び前記電子注入調整層を形成する主たる材料のいずれか一方又は両方が、下記式(A)、(B)及び(C)で表される多環式縮合芳香族化合物からなる群から選ばれる1種以上の化合物である、上記1～9のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。



(式中、 Ar^{101} , Ar^{102} , Ar^{103} , Ra及びRbは、それぞれ独立して、置換若しくは無置換のベンゼン環、又は、置換若しくは無置換のナフタレン環、置換若しくは無置換のクリセン環、置換若しくは無置換のフルオランテン環、置換若しくは無置換のフェナントレン環、置換若しくは無置換のベンゾフェナントレン環、置換若しくは無置換のジベンゾフェナントレン環、置換若しくは無置換のトリフェニレン環、置換若しくは無置換のベンゾ[a]トリフェニレン環、置換若しくは無置換のベンゾクリセン環、置換若しくは無置換のベンゾ[b]フルオランテン環、及び、置換若しくは無置換のピセン環から選択される多環式縮合芳香族骨格部を表す。但し、 Ar^{101} , Ar^{102} , Ar^{103} , Ra及びRbが同時に置換若しくは無置換のベンゼン環である場合はない。)

11. 前記Ra及びRbのいずれか一方又は両方が、置換若しくは無置換のフェナントレン環、置換若しくは無置換のベンゾ[c]フェナントレン環及び置換若しくは無置換のフルオランテン環からなる群から選ばれる、上記10に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

12. 前記発光層のホスト材料及び前記電子注入調整層を形成する主たる材料のいずれか一方又は両方が、多環式縮合芳香族化合物であり、多環式縮合芳香族骨格部が、2価以上の基として化学構造式中に含まれる、上記1～9のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

13. 前記発光層のホスト材料及び前記電子注入調整層を形成する主たる材料のいずれか一方又は両方が、多環式縮合芳香族化合物であり、多環式芳香族骨格部が置換基を有し、該置換基が、置換若しくは無置換のアリール基又は置換若しくは無置換のヘテロアリール基である、上記1～9のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

14. 前記多環式縮合芳香族化合物の置換基が、カルバゾール骨格を有しない、上記13に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

15. 前記発光層のホスト材料及び前記電子注入調整層を形成する主たる材料のいずれか一方又は両方が、下記式(5)又は(6)で表される、上記1～9のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

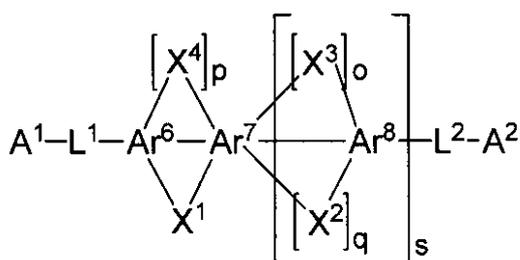
10

20

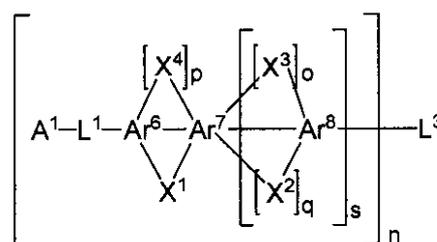
30

40

【化1】



(5)



(6)

10

〔式(5)及び及び(6)において、 Ar^6 、 Ar^7 及び Ar^8 は、それぞれ独立に、置換若しくは無置換の環形成炭素数6~24の芳香族炭化水素基、又は置換若しくは無置換の環形成原子数3~24の芳香族複素環基を表す。但し、 Ar^6 、 Ar^7 及び Ar^8 は置換基 Y を一個又は複数個有していてもよく、複数個の場合はそれぞれ同一でも異なってもよく、 Y は炭素数1~20のアルキル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3~20のシクロアルキル基、炭素数1~20のアルコキシ基、炭素数7~24のアラルキル基、炭素数3~20のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6~24の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3~24で Ar^6 、 Ar^7 、 Ar^8 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の芳香族複素環基を表す。

20

式(5)及び(6)において、 X^1 、 X^2 、 X^3 及び X^4 は、それぞれ独立に、 O 、 S 、 $N-R^1$ 又は CR^2R^3 を表し、 o 、 p 及び q は0又は1、 s は1、2又は3を表す。ここで、 R^1 、 R^2 及び R^3 は、それぞれ独立に、炭素数1~20のアルキル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3~20のシクロアルキル基、炭素数7~24のアラルキル基、炭素数3~20のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6~24の芳香族炭化水素基、又は置換若しくは無置換の環形成原子数3~24の芳香族複素環基を表す。

式(5)及び(6)において、 L^1 は単結合、炭素数1~20のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3~20のシクロアルキレン基、炭素数2~20の2価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6~24の2価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3~24であり、 Ar^6 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の2

30

式(5)において、 L^2 は単結合、炭素数1~20のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3~20のシクロアルキレン基、炭素数2~20の2価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6~24の2価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3~24で Ar^8 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の2価の芳香族複素環基を表す。

式(6)において、 n は2、3又は4を表し、それぞれ L^3 を連結基とした2量体、3量体、4量体を形成する。

式(6)において、 L^3 は、 n が2の場合、単結合、炭素数1~20のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3~20のシクロアルキレン基、炭素数2~20の2価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6~24の2価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3~24で Ar^8 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の2価の芳香族複素環基を表し、 n が3の場合、炭素数1~20の3価のアルカン、置換若しくは無置換の環形成炭素数3~20の3価のシクロアルカン、炭素数1~20の3価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6~24の3価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3~24で Ar^8 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の3価の芳香族複素環基を表し、 n が4の場合、炭素数1~20の4価のアルカン、置換若しくは無置換の環形成炭素数3~20の4価のシクロアルカン、ケイ素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数6~24の4価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3~24で Ar^8 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の4価の芳香族複素環基を表す。

40

50

式(5)及び(6)において、 A^1 は、水素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、炭素数3～20のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6～24の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3～24で L^1 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の芳香族複素環基を表す。

式(5)において、 A^2 は、水素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、炭素数3～20のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6～24の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3～24で L^2 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の芳香族複素環基を表す。]

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、発光効率及び寿命(室温及び高温条件)を改善した有機EL素子を提供することができる。

さらに、本発明によれば、燐光性の発光を利用し発光効率が高く、特に高温駆動条件下においても長寿命な有機EL素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の有機EL素子の概略構成を示す図である。

【図2】本発明の有機EL素子の「発光層/電子注入調整層/電子輸送層」のエネルギーダイアグラムを示す図である。

【図3】実施例1～8の実施形態に係る有機EL素子の「発光層/電子注入調整層/電子輸送層」のエネルギーダイアグラムを示す図である。尚、電子注入調整層のドーパントを点線で表示しているが、これは実施例8のみでドーパントが添加されており、実施例1～7ではドーパントを添加していないことを示す。以下の図面においても同様の意味である。

【図4】比較例1及び7の実施形態に係る有機EL素子の「発光層/電子注入調整層/電子輸送層」のエネルギーダイアグラムを示す図である。

【図5】比較例2及び8の実施形態に係る有機EL素子の「発光層/電子注入調整層/電子輸送層」のエネルギーダイアグラムを示す図である。

【図6】比較例3及び9の実施形態に係る有機EL素子の「発光層/電子注入調整層/電子輸送層」のエネルギーダイアグラムを示す図である。

【図7】比較例4及び10の実施形態に係る有機EL素子の「発光層/電子注入調整層/電子輸送層」のエネルギーダイアグラムを示す図である。

【図8】比較例5及び11の実施形態に係る有機EL素子の「発光層/電子注入調整層/電子輸送層」のエネルギーダイアグラムを示す図である。

【図9】比較例6及び12の実施形態に係る有機EL素子の「発光層/電子注入調整層/電子輸送層」のエネルギーダイアグラムを示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明を詳細に説明する。

本発明の有機EL素子は、陽極と、陰極との間に、前記陽極から順に、互いに接合する発光層、電子注入調整層及び電子輸送層を有し、

前記発光層がホスト材料及びドーパントを含有し、

前記電子注入調整層を形成する主たる材料のイオン化ポテンシャル(Ips)と前記発光層のホスト材料のイオン化ポテンシャル(Iph)が、下記の関係(i)を満たし、

前記電子輸送層を形成する電子輸送材料の電子移動度が、電界強度 $400 \sim 500$ (V/cm)^{1/2}において、 $10^{-5} cm^2/Vs$ 以上であり、かつ、

前記発光層のホスト材料のアフィニティレベル($Af1$)、前記電子注入調整層を形成する主たる材料のアフィニティレベル($Af2$)、前記電子輸送層を形成する電子輸送材料のアフィニティレベル($Af3$)が、下記の関係(ii)及び(iii)を満たすことを特徴とする。

10

20

30

40

50

$$0.5 \text{ eV} > I_{ps} - I_{ph} \quad 0 \text{ eV} \quad (i)$$

$$A_{f2} - A_{f1} > 0 \text{ eV} \quad (ii)$$

$$A_{f3} - A_{f2} > 0.2 \text{ eV} \quad (iii)$$

【0019】

本発明において、電子注入調整層は、発光層と電子輸送層との間に設けられている有機層である。前記電子注入調整層とは、発光層に注入される電子の量を調整する役割を果たし、特に高温条件において発光層へ注入される電子の量を、正孔の量に対して過不足ないように調整する役割を果たす層である。また、電子注入調整層は、正孔障壁層としても機能することが望ましい。

【0020】

本発明において「電子注入調整層を形成する主たる材料」とは、電子注入調整層を形成する材料の合計100重量%において、約80重量%以上を占め、薄膜形成に寄与している材料を意味する。電子注入調整層はドーパント等の材料を含有し得るが、これらは微量であるため、電子注入調整層を形成する主たる材料には含まれない。尚、本明細書中においては、「電子注入調整層を形成する主たる材料」を単に、電子注入調整層を形成する材料ということがある。

【0021】

イオン化ポテンシャル I_p は、各材料の化合物から電子を取り去ってイオン化するために要するエネルギーを意味し、本発明では、紫外線光電子分光分析装置(AC-3、理研(株)計器)で測定した値を用いている。

上記(i)は、電子注入調整層を形成する材料(以下、電子注入調整層形成材料という)のイオン化ポテンシャル(I_{ps})と、発光層のホスト材料のイオン化ポテンシャル(I_{ph})の関係を規定している。より詳細には、 I_{ph} は I_{ps} と同じであるか、又は小さいことが必要である。その理由は、発光層/電子注入調整層界面において陽極から注入された正孔を留めておく、正孔障壁層としての効果が求められているからである。 I_{ph} と I_{ps} との差は、0.5 eVよりも小さいことが必要である。その理由は、 I_{ph} と I_{ps} の差が0.5 eVより大きい組み合わせを用いるとEL素子の駆動電圧が高くなり、かつ電子注入調整層への電荷集中が起こり、EL素子の劣化が促進されやすくなる可能性が非常に大きくなるからである。

【0022】

電子移動度とは、固体の物質中での電子の移動のし易さを示す値である。電子移動度の測定法としては、Time of flight法(有機膜内の電荷の走行時間の測定から算出する方法)や、空間制限電流の電圧特性から算出する方法等がある[Electronic Process in Organic Crystals (M. Pope, C. E. Swenberg)、Organic Molecular Solids (W. Jones)参照]。

【0023】

本発明においては、電子輸送層を形成する材料(以下、電子輸送材料という)の電子移動度は、Time of flight法(オプテル株式会社(現住友重機械メカトロニクス株式会社、型番:TOF-401))により算出する。具体的には、ITO/有機層(電子輸送層)/Alの構成としたものについて、室温(25度)において、光照射により生じる過渡電流の時間特性(過渡特性時間)を測定し、以下の式により電子移動度を算出する。

$$\text{電子移動度} = (\text{電子輸送層})^2 / (\text{過渡特性時間} \cdot \text{電界強度})$$

【0024】

従来は、電子輸送層を形成する材料として電子移動度の低い Alq_3 等の金属錯体の電子輸送材料が主に使用されていた。電子輸送層として電子移動度の低い Alq_3 等の電子輸送材料を用いているために、高温駆動において陽極側から注入及び輸送される正孔が、発光層内で電子と即座に再結合せずに蓄積する結果となっていた。特に正孔障壁層を用いた場合においては、発光層/正孔障壁層界面において正孔が電子と即座に再結合せずに蓄

10

20

30

40

50

積し、素子を劣化させる原因となっていた。そこで、本発明では、電子移動度の高い含窒素複素環誘導体等を用いる。従って、高温駆動において陰極側から発光層内への電子注入性が著しく向上し、発光層/正孔障壁層界面における正孔の蓄積が解消され、高温駆動による寿命の低下の問題が解決できる。

本発明において、電子輸送層を形成する材料の電子移動度は、電界強度 $400 \sim 500$ (V/cm)^{1/2} において、 $10^{-5} cm^2/Vs$ 以上であり、好ましくは $5 \times 10^{-4} cm^2/Vs$ 以上である。

【0025】

アフィニティレベル A_f とは、材料の分子に電子を一つ与えた時に放出又は吸収されるエネルギーをいい、放出の場合は正の値、吸収の場合は負の値と定義される。

10

ある化合物のアフィニティレベル A_f は、その化合物のイオン化ポテンシャル I_p と 1 重項エネルギーギャップ $E_g(S)$ とにより次のように規定される。

$$A_f = I_p - E_g(S)$$

【0026】

ここで、材料の 1 重項エネルギーギャップ $E_g(S)$ は、吸収スペクトルに基づいて規定することが例として挙げられ、本発明にあつては以下のように規定することが例として挙げられる。即ち、各材料を EPA 溶媒 (容積比でジエチルエーテル:イソペンタン:エタノール = 5:5:2) に $10 \mu mol/L$ で溶解し、吸収スペクトル測定用試料とする。

この吸収スペクトル測定用試料を石英セルに入れ、室温において励起光を照射し、吸収の波長を測定する。

20

得られた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、この接線とベースラインとの交点の波長値をエネルギーに換算した値を 1 重項エネルギーギャップ $E_g(S)$ とする。

尚、本発明での測定には、市販の測定装置 F-4500 (日立製) を用いた。

但し、このような規定方法によらず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で 1 重項エネルギーギャップ $E_g(S)$ として定義できる値であればよい。

【0027】

上記に示したような電子移動度が高い電子輸送層を用いた素子を高温駆動させた場合には、上述したように、電子が「発光層/電子注入調整層」を通り抜け、「正孔注入・輸送層」側を劣化させてしまう可能性が高い。そこで、様々な実験を行った結果、電子移動度が高い材料から形成された電子輸送層を用いた場合、「発光層/電子注入調整層」において、発光層のホスト材料のアフィニティレベル (A_{f1}) と電子注入調整層のアフィニティレベル (A_{f2}) とが $A_{f2} - A_{f1} > 0$ の関係を満たし、「電子注入調整層/電子輸送層」において、 $A_{f3} - A_{f2} > 0.2 eV$ の関係を満たすことで、高温駆動において陽極から注入及び輸送される正孔を丁度の割合で電子と再結合させる。

30

【0028】

本発明においては、「発光層/電子注入調整層/電子輸送層」の組み合わせ全体におけるアフィニティレベル (A_f) において、

$$A_{f2} - A_{f1} > 0 \quad (ii)$$

40

$$A_{f3} - A_{f2} > 0.2 eV \quad (iii)$$

の関係を満たすことが必要である。

より具体的には、電子注入調整層材料のアフィニティレベル A_{f2} は、発光層のホスト材料のアフィニティレベル A_{f1} よりも大きいことが必要である。

【0029】

また、「電子注入調整層/電子輸送層」の組み合わせにおいて、より好ましいアフィニティレベル (A_f) の関係は、

$$A_{f3} - A_{f2} > 0.3 eV \quad (iii-2)$$

である。

【0030】

50

尚、「発光層／電子注入調整層／電子輸送層」の組み合わせ全体において、より好ましいアフィニティレベル（ $A f$ ）の関係は、

$$A f 1 < A f 2 < 2.75 e V < A f 3 \quad (i V)$$

である。

【0031】

本発明において、電子注入調整層材料の最低励起三重項エネルギー（ $E g T (S)$ ）と、発光層のホスト材料の最低励起三重項エネルギー（ $E g T (H)$ ）との関係が、

$$0.5 e V > E g T (S) - E g T (H) \quad 0 e V \quad (v)$$

を満たすことが好ましい。上記（ v ）の関係を満たすことによって、電気励起によって生成した三重項励起子を発光層内に留めることができる。これにより有機EL素子の発光効率が高くなると考えられる。

10

【0032】

ここで、材料の最低励起三重項エネルギー $E g (T)$ は、燐光発光スペクトルに基づいて規定することができ、例えば、本発明にあっては以下のように規定することができる。即ち、EPA溶媒（容積比でジエチルエーテル：イソペンタン：エタノール＝5：5：2を混合した溶媒）に各材料を $10 \mu m o l / L$ の濃度で溶解し、燐光測定用試料とする。

燐光測定用試料を石英セルに入れ、77Kに冷却し、励起光を照射し、放射される燐光の波長を測定する。

得られた燐光スペクトルの短波長側の立ちあがりに対して接線を引き、この接線とベースラインとの交点の波長値をエネルギーに換算した値を最低励起三重項エネルギー $E g (T)$ とする。

20

尚、最低励起三重項エネルギーの測定には、市販の測定装置 F - 4500（日立製）等を用いることができる。

但し、このような規定によらず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で最低励起三重項エネルギー $E g (T)$ として定義できる値であればよい。

【0033】

本発明の有機EL素子は、発光層がホスト材料及びドーパントを含有し、発光層のホスト材料のイオン化ポテンシャル（ $I p h$ ）と、発光層のドーパントのイオン化ポテンシャル（ $I p d$ ）が、

$$I p h - I p d > 0.5 e V \quad (v i)$$

の関係を満たすことが望ましい。

30

【0034】

本発明において、発光層のホスト材料のイオン化ポテンシャル（ $I p h$ ）と、発光層のドーパントのイオン化ポテンシャル（ $I p d$ ）が上記（ $v i$ ）の関係を満たすことにより、ドーパントを介した正孔の輸送を発光層内に効率よく閉じ込めることができ、発光効率を高めることが可能となる。また、高温駆動においてドーパントを介して輸送される正孔が、電子注入調整層を越えて電子輸送層まで達し難くなる。これにより、電子輸送層の材料の劣化を抑えることができ、素子の長寿命化がより促進され得る。

尚、より好ましい関係は、

$$I p h - I p d > 0.7 e V \quad (v i - 2)$$

である。

40

【0035】

図2は、上記本発明における特徴的な関係の概略をエネルギーダイアグラムと共に表現したものである。

【0036】

本発明の有機EL素子では、発光層のドーパントが燐光発光性材料であることが望ましい。

【0037】

燐光発光性であるドーパントとは、発光層のホスト材料からのエネルギー移動を受けて発光する材料、又は燐光発光性ドーパント上で励起子が直接生成して発光する材料である

50

。

【0038】

本発明の有機EL素子は、電子注入調整層にも発光層と同一又は異なる燐光発光性ドーパントを含み、かつ発光層及び電子注入調整層の燐光発光性ドーパントのドーブ濃度が下記の間係を満たすことが好ましい。

ドーブ濃度：発光層 > 電子注入調整層 (vii)

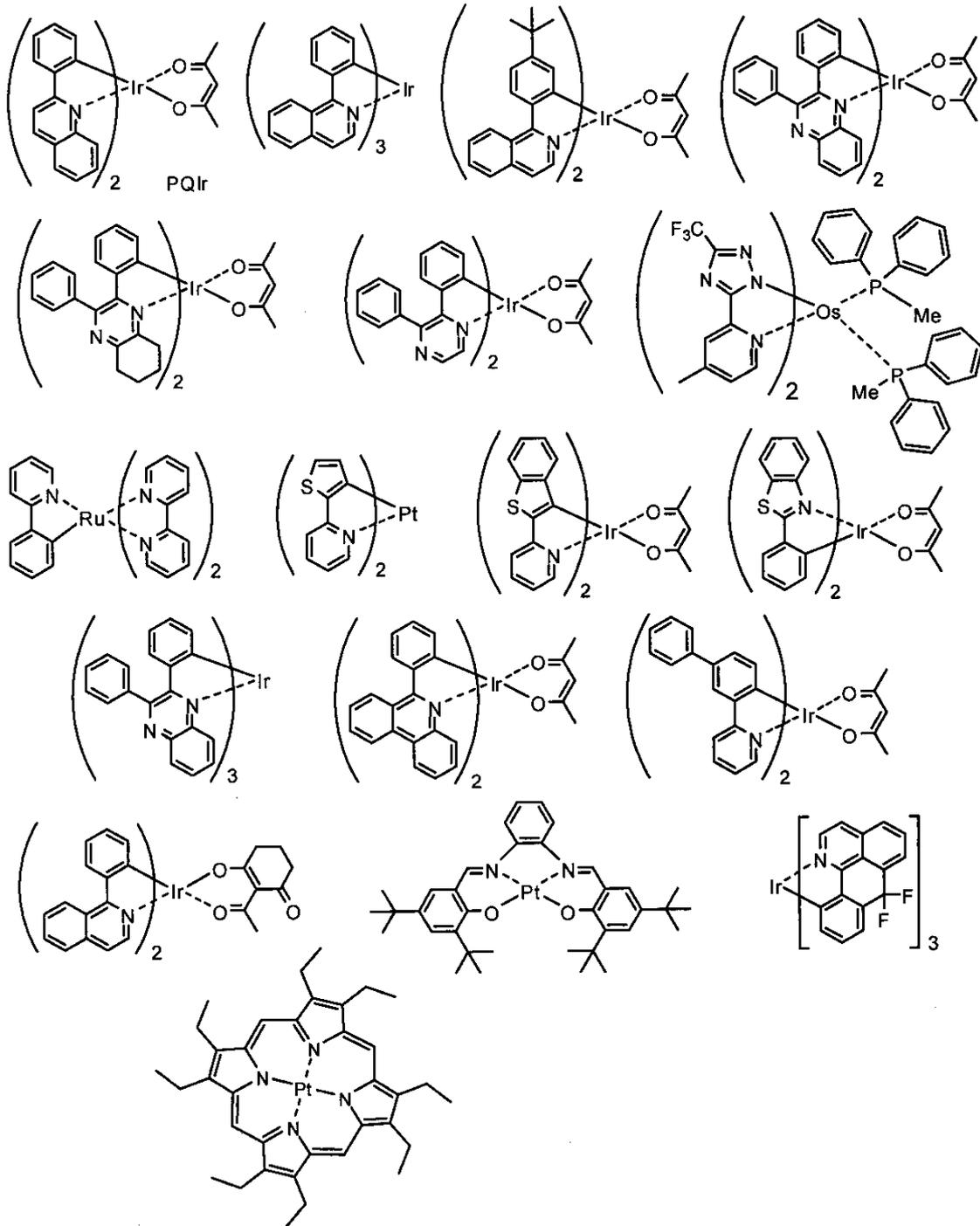
【0039】

本発明の有機EL素子では、発光層及び電子注入調整層に含有されるドーパントのいずれか一方又は両方が、Ir, Pt, Os, Au, Cu, Re及びRuからなる群から選ばれる金属と配位子とからなる金属錯体を含有することが望ましい。

このようなドーパント材料の具体例としては、例えば、PQIr(iridium(III) bis(2-phenylquinolyl-N, C^{2'}) acetylacetonate)、Ir(ppy)₃(fac-tris(2-phenylpyridine) iridium)の他、下記の化合物が挙げられる。

【0040】

【化 2】



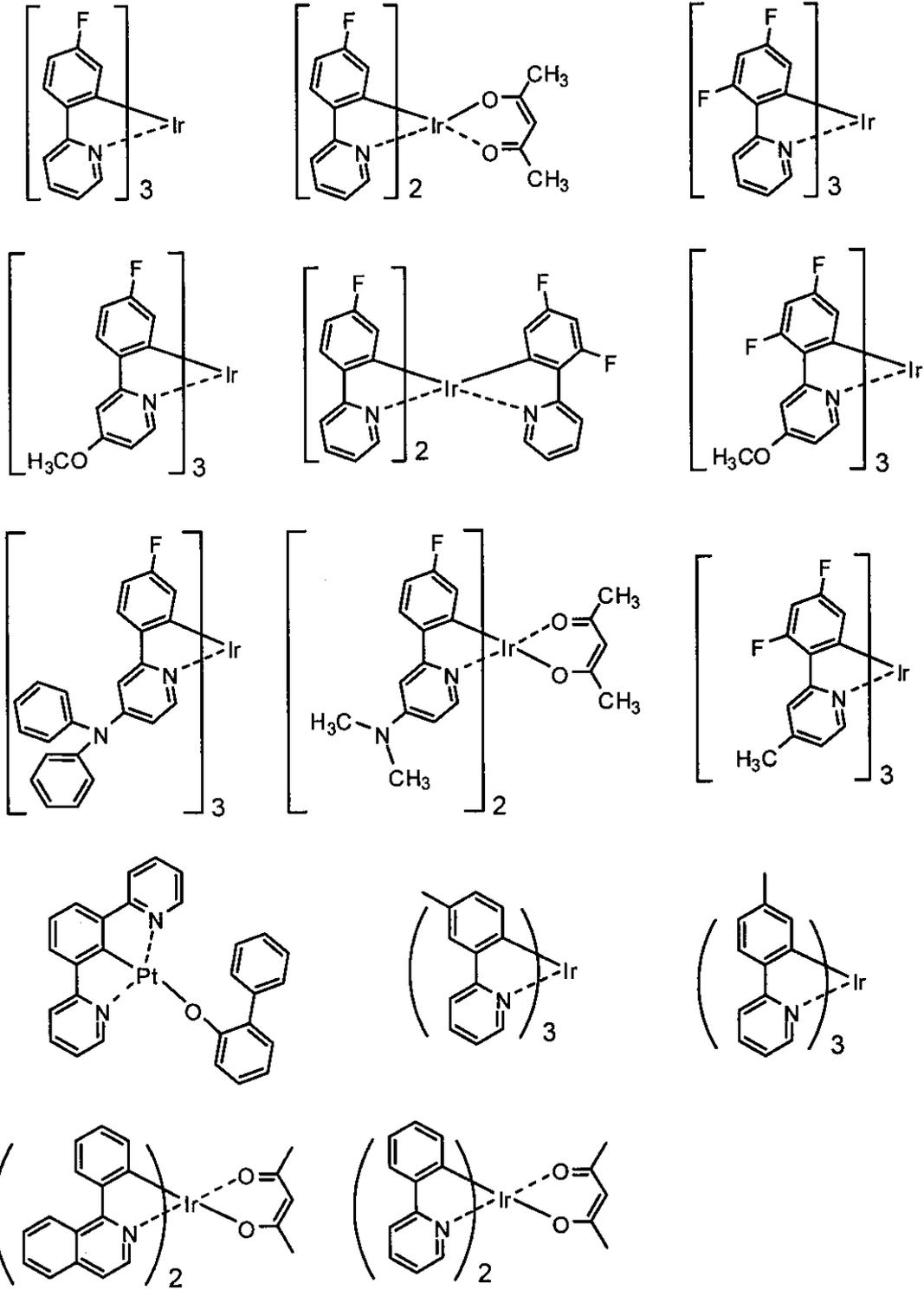
10

20

30

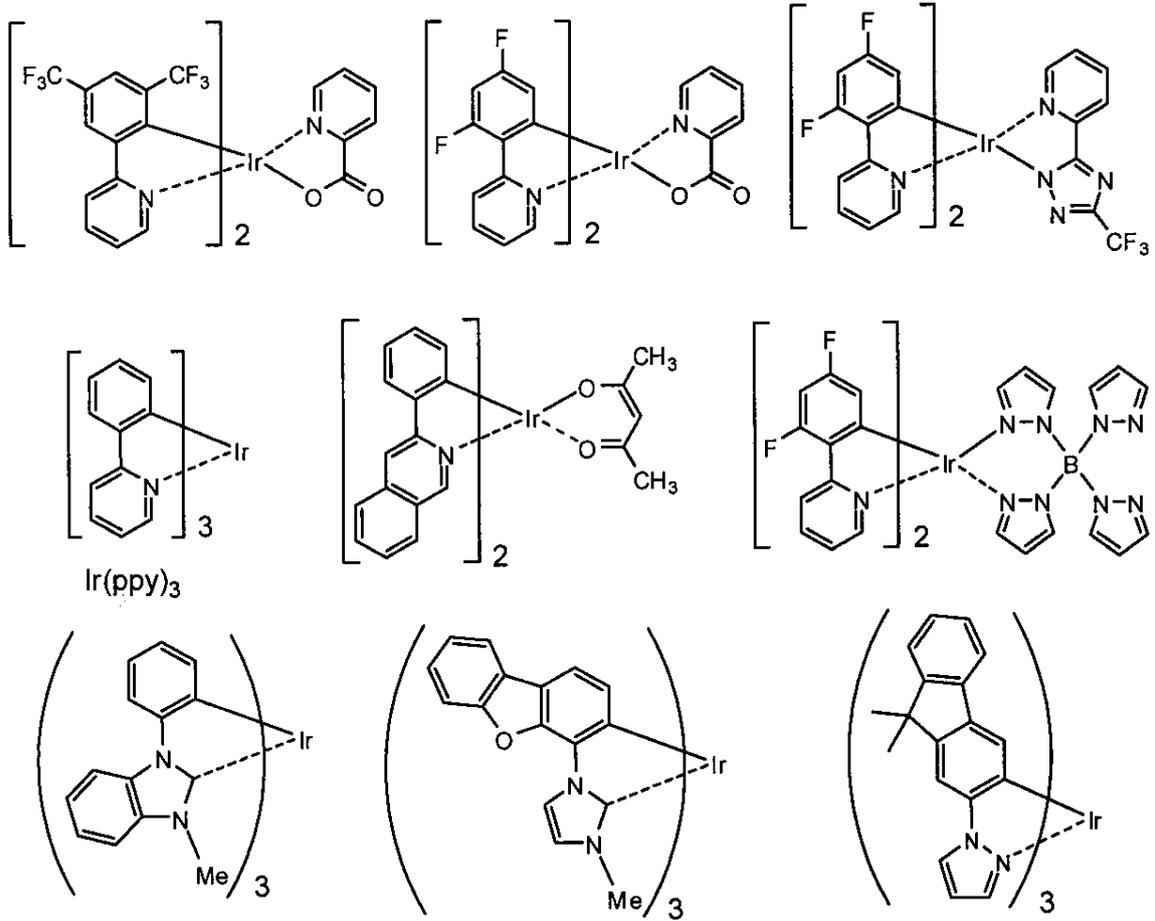
【 0 0 4 1 】

【化 3】



【 0 0 4 2 】

【化4】

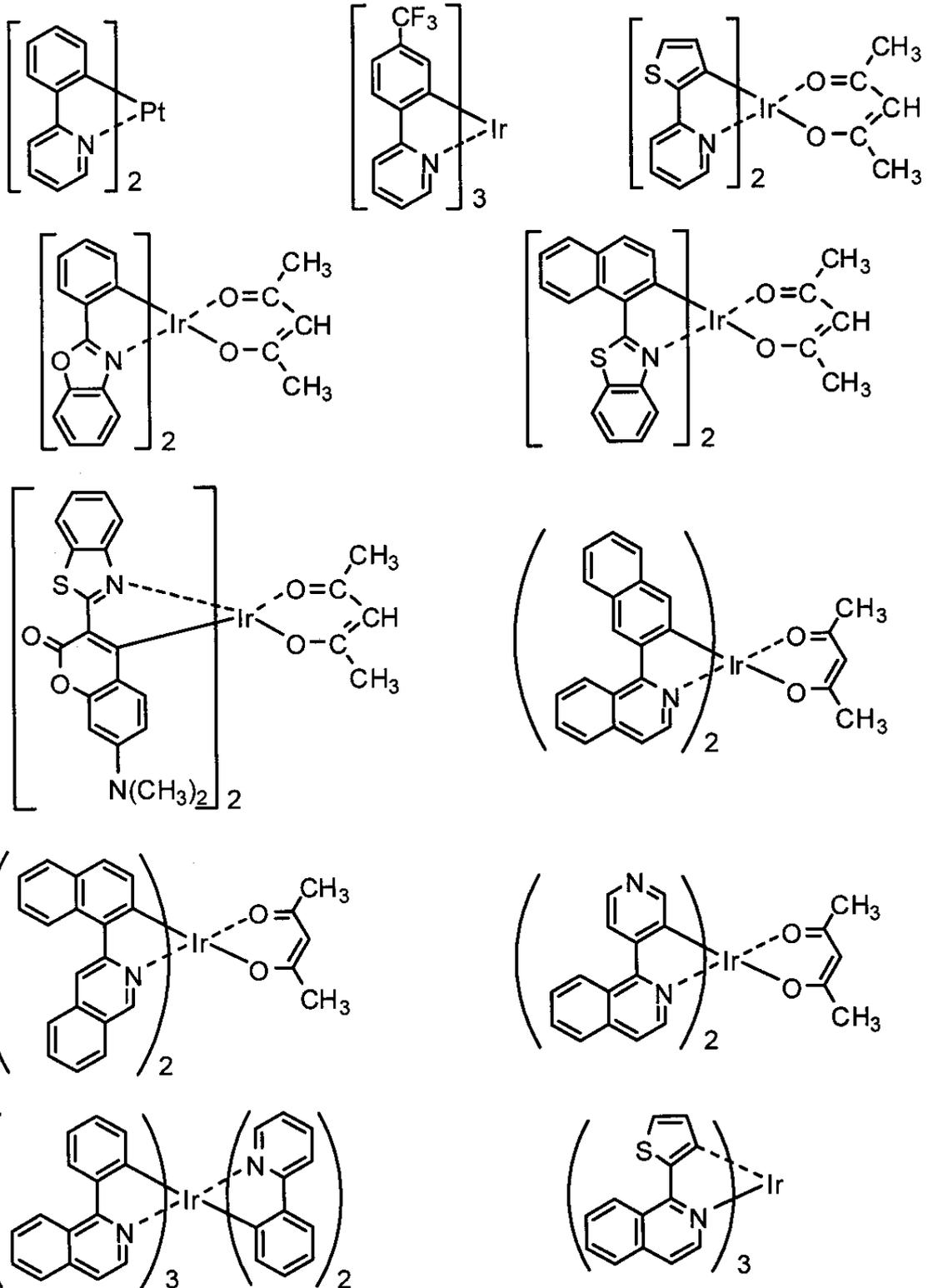


10

20

【0043】

【化5】



10

20

30

40

【0044】

本発明の有機EL素子は、陽極と発光層との間に、発光層と隣接する正孔注入・輸送層を有することが望ましい。

【0045】

以下、各層に用いる材料の具体例を記載する。

本発明の有機EL素子は、陽極と、陰極との間に、陽極から順に、互いに接合する発光層、電子注入調整層及び電子輸送層を有する。電子輸送層は、前述したように発光層への電子の注入を助ける層であって、電子移動度が大きい材料が用いられる。このような電子

50

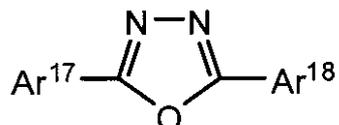
輸送材料としては、金属錯体ではない含窒素複素環誘導体が好ましい。

【0046】

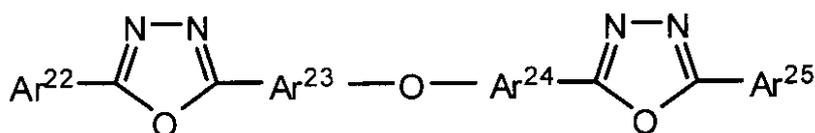
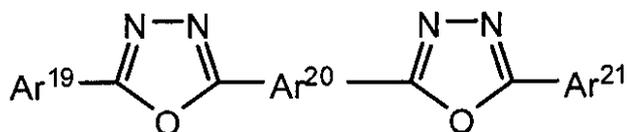
電子輸送材料としては、オキサジアゾール誘導体及び含窒素複素環誘導体等が好適である。オキサジアゾール誘導体としては、下記のことを挙げるができる。

【0047】

【化6】



10



20

【0048】

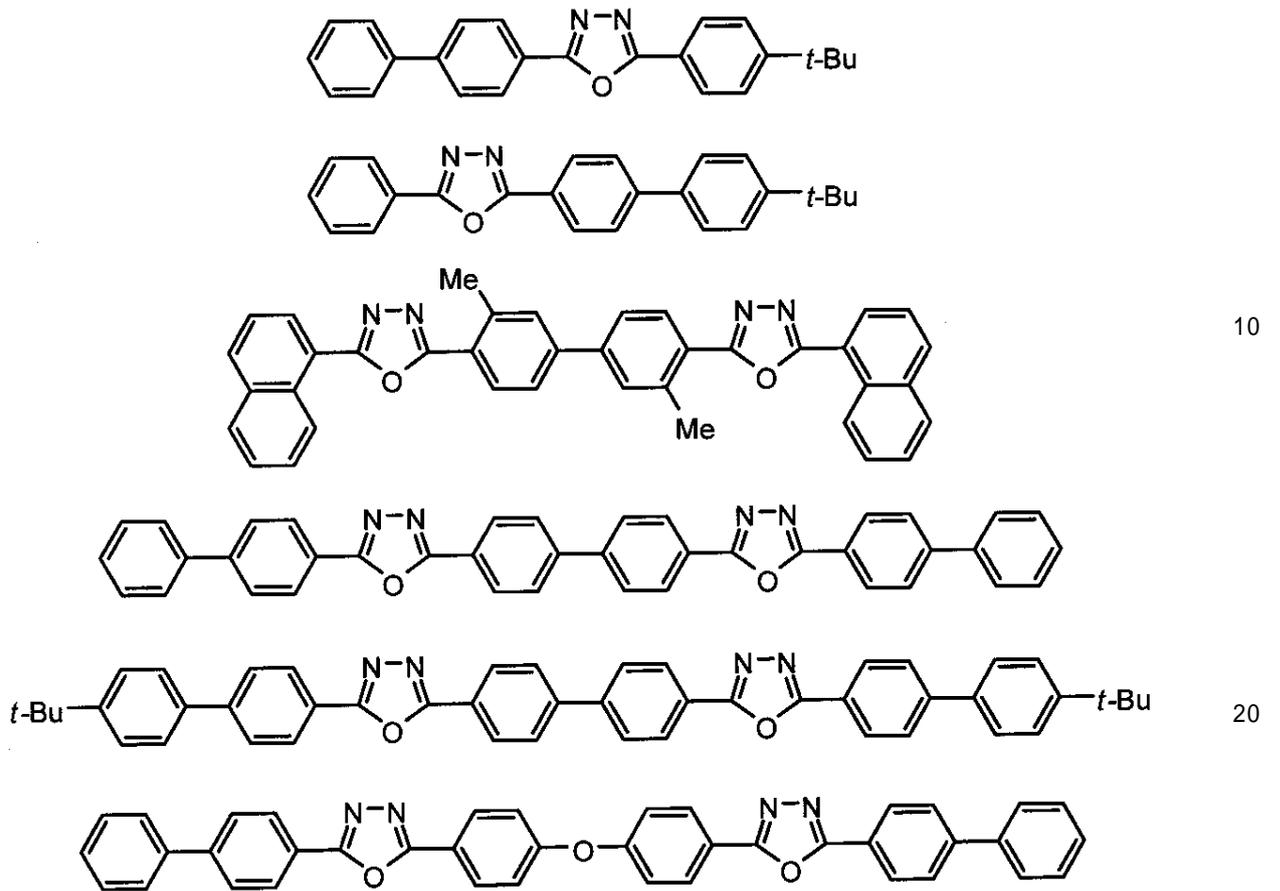
上記式中、Ar¹⁷、Ar¹⁸、Ar¹⁹、Ar²¹、Ar²²及びAr²⁵は、それぞれ置換基を有する若しくは有しないアリール基を示し、Ar¹⁷とAr¹⁸、Ar¹⁹とAr²¹、Ar²²とAr²⁵は、互いに同一でも異なってもよい。Ar²⁰、Ar²³及びAr²⁴は、それぞれ置換基を有する若しくは有しないアリーレン基を示し、Ar²³とAr²⁴は、互いに同一でも異なってもよい。

また、アリーレン基としては、フェニレン基、ナフチレン基、ピフェニレン基、アントラニレン基、ペリレニレン基、ピレニレン基等が挙げられる。そして、これらへの置換基としては炭素数1~10のアルキル基、炭素数1~10のアルコキシ基又はシアノ基等が挙げられる。これらの化合物の具体例としては、下記のことを挙げるができる。

30

【0049】

【化7】

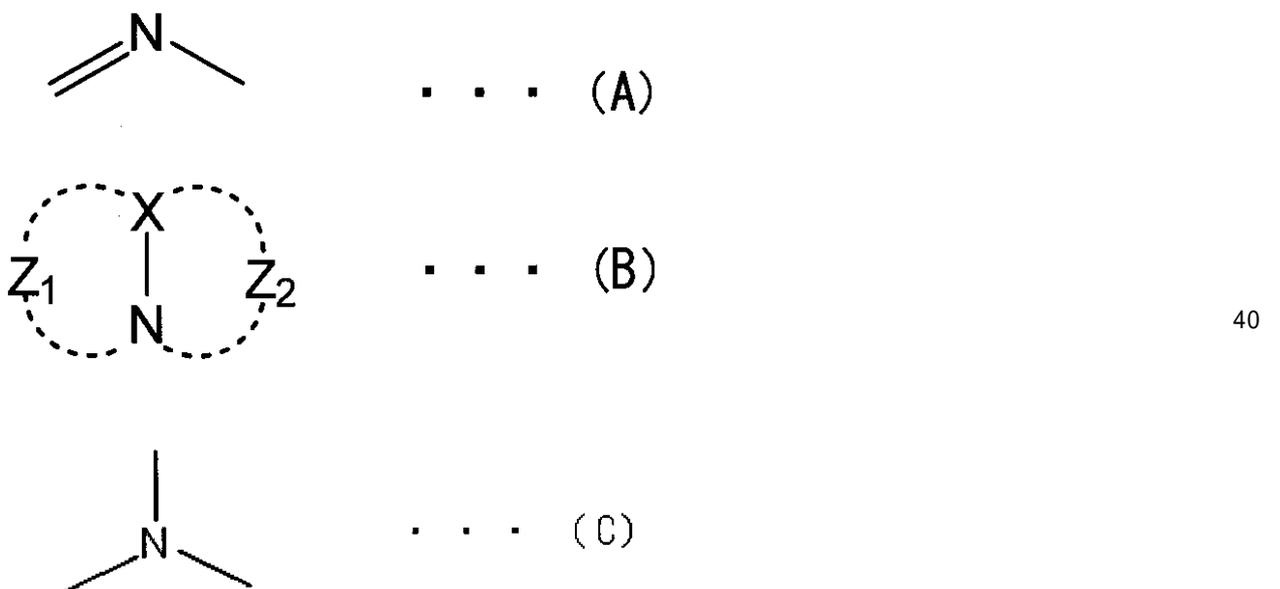


【0050】

含窒素複素環誘導体としては、以下の一般式で示される有機化合物からなる金属錯体でない含窒素複素環誘導体が挙げられる。例えば、(A)及び(C)に示す骨格を含有する5員環若しくは6員環化合物や、式(B)に示す構造を有する化合物が挙げられる。

【0051】

【化8】



【0052】

50

上記式 (B) 中、X は炭素原子若しくは窒素原子を表す。Z₁ 並びに Z₂ は、それぞれ独立に含窒素ヘテロ環を形成可能な原子群を表す。

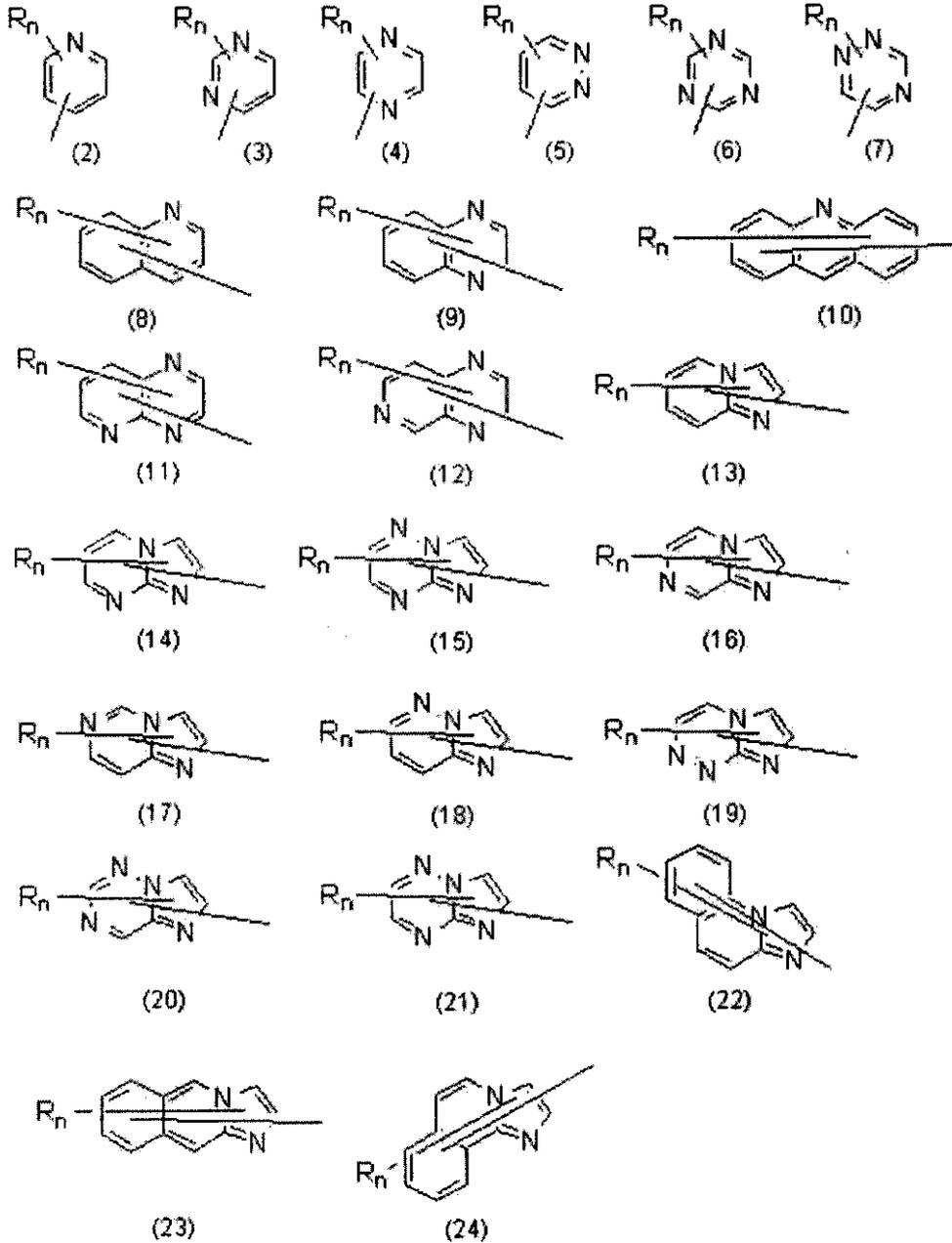
【0053】

好ましくは、5員環若しくは6員環からなる含窒素芳香多環族を有する有機化合物である。さらには、このような複数窒素原子を有する含窒素芳香多環族の場合は、上記 (A) と (B) 若しくは (A) と (C) を組み合わせた骨格を有する含窒素芳香多環有機化合物である。

含窒素有機化合物の含窒素基は、例えば、以下の一般式で表される含窒素複素環基から選択される。

【0054】

【化9】



【0055】

上記式 (2) ~ (24) 中、R は、炭素数 6 ~ 40 のアリール基、炭素数 3 ~ 40 のヘテロアリール基、炭素数 1 ~ 20 のアルキル基又は炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基であり、n は 0 ~ 5 の整数であり、n が 2 以上の整数であるとき、複数の R は互いに同一又は異なってもよい。

10

20

30

40

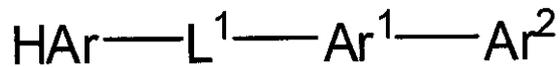
50

【0056】

さらに、好ましい具体的な化合物として、下記式で表される含窒素複素環誘導体が挙げられる。

【0057】

【化10】



【0058】

上記式中、HArは、置換基を有していてもよい炭素数3～40の含窒素複素環であり、L¹は単結合、置換基を有していてもよい炭素数6～40のアリーレン基又は置換基を有していてもよい炭素数3～40のヘテロアリーレン基であり、Ar¹は置換基を有していてもよい炭素数6～40の2価の芳香族炭化水素基であり、Ar²は置換基を有していてもよい炭素数6～40のアリール基又は置換基を有していてもよい炭素数3～40のヘテロアリール基である。

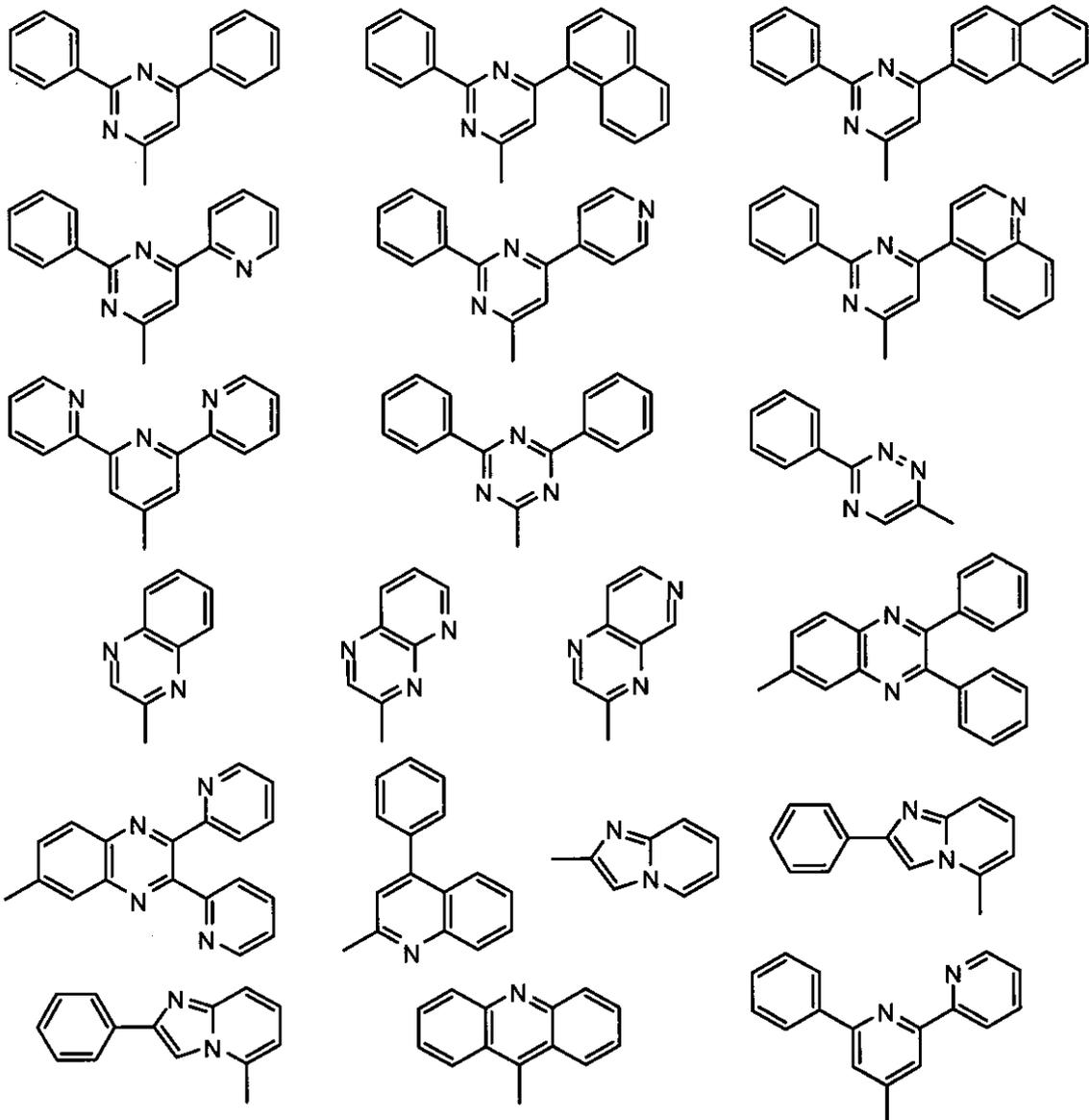
10

【0059】

HArは、例えば、下記の群から選択される。

【0060】

【化11】



20

30

40

50

【0061】

L¹ は、例えば、下記の群から選択される。

【0062】

【化12】



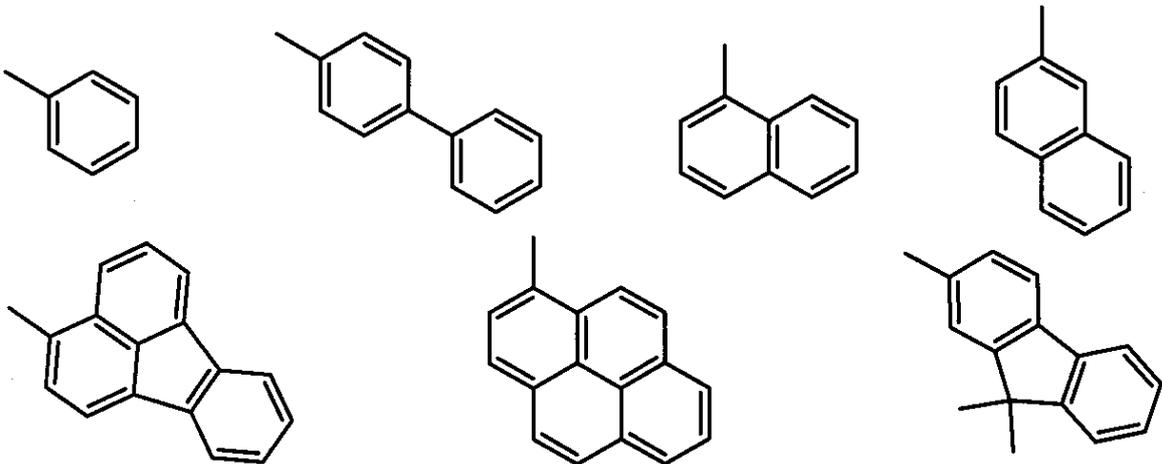
【0063】

Ar² は、例えば、下記の群から選択される。

10

【0064】

【化13】



20

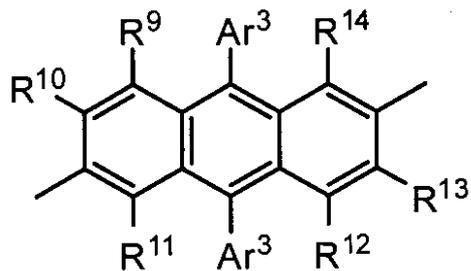
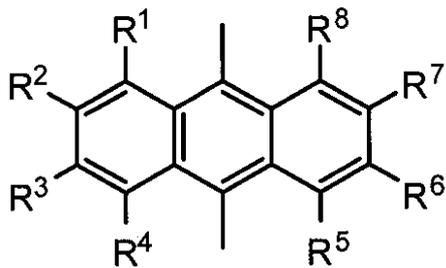
【0065】

Ar¹ は、例えば、下記のアリールアントラニル基から選択される。

【0066】

【化14】

30



40

【0067】

上記式中、R¹ ~ R¹⁴ は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン原子、炭素数 1 ~ 20 のアルキル基、炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基、炭素数 6 ~ 40 のアリールオキシ基

50

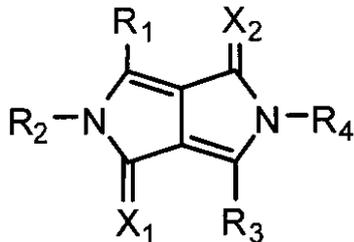
、置換基を有していてもよい炭素数6～40のアリール基又は炭素数3～40のヘテロアリール基であり、 Ar^3 は、置換基を有していてもよい炭素数6～40のアリール基又は炭素数3～40のヘテロアリール基である。

【0068】

この他、下記の化合物（特開平9-3448号公報参照）も電子輸送材料として好適に用いられる。

【0069】

【化15】



10

【0070】

上記式中、 $R_1 \sim R_4$ は、それぞれ独立に、水素原子、置換若しくは無置換の脂肪族基、置換若しくは無置換の脂肪族式環基、置換若しくは無置換の炭素環式芳香族環基、置換若しくは無置換の複素環基を表し、 X_1 、 X_2 は、それぞれ独立に、酸素原子、硫黄原子若しくはジシアノメチレン基を表す。

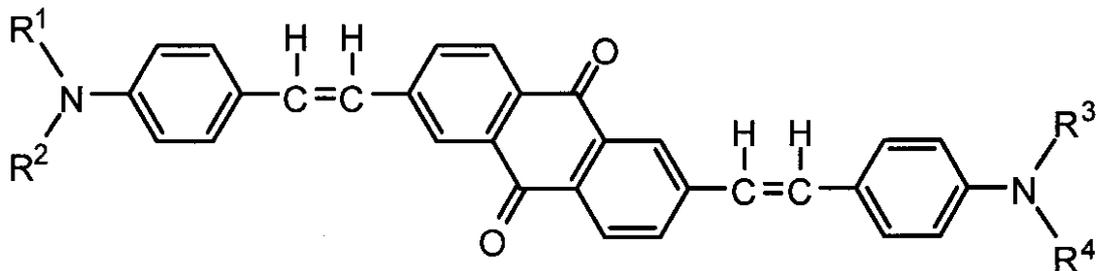
20

【0071】

また、下記の化合物（特開2000-173774号公報参照）も電子輸送材料として好適に用いられる。

【0072】

【化16】



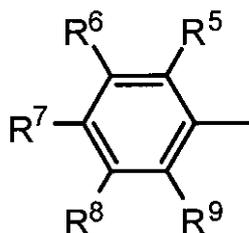
30

【0073】

上記式中、 R^1 、 R^2 、 R^3 及び R^4 は互いに同一の又は異なる基であって、下記式で表わされるアリール基である。

【0074】

【化17】



40

【0075】

上記式中、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 及び R^9 は互いに同一又は異なる基であって、水素原子、或いはそれらの少なくとも1つが飽和又は不飽和アルコキシ基、アルキル基、アミ

50

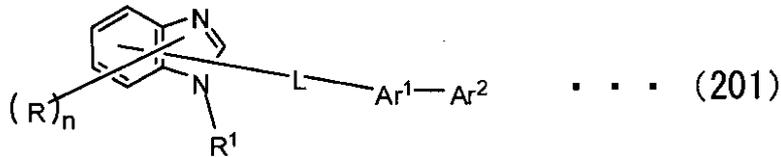
ノ基又はアルキルアミノ基である。

【0076】

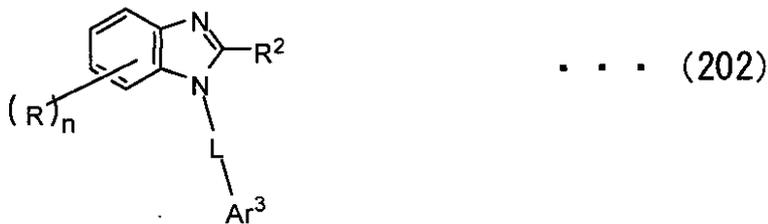
さらに、含窒素複素環誘導体としては、下記式(201)~(203)で表される化合物が挙げられる。

【0077】

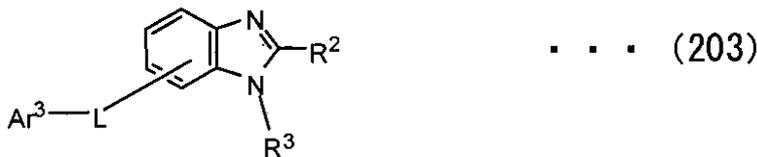
【化18】



10



20



【0078】

式(201)~(203)中、Rは、水素原子、置換基を有していてもよい炭素数6~60のアリール基、置換基を有していてもよいピリジル基、置換基を有していてもよいキノリル基、置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルキル基又は置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルコキシ基である。

30

nは0~4の整数である。

R¹は、置換基を有していてもよい炭素数6~60のアリール基、置換基を有していてもよいピリジル基、置換基を有していてもよいキノリル基、置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルキル基又は炭素数1~20のアルコキシ基である。

R²及びR³は、それぞれ独立に、水素原子、置換基を有していてもよい炭素数6~60のアリール基、置換基を有していてもよいピリジル基、置換基を有していてもよいキノリル基、置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルキル基又は置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルコキシ基である。

Lは、置換基を有していてもよい炭素数6~60のアリーレン基、置換基を有していてもよいピリジニレン基、置換基を有していてもよいキノリニレン基又は置換基を有していてもよいフルオレニレン基である。

40

Ar¹は、置換基を有していてもよい炭素数6~60のアリーレン基、置換基を有していてもよいピリジニレン基又は置換基を有していてもよいキノリニレン基である。

Ar²は、置換基を有していてもよい炭素数6~60のアリール基、置換基を有していてもよいピリジル基、置換基を有していてもよいキノリル基、置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルキル基又は置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルコキシ基である。

Ar³は、置換基を有していてもよい炭素数6~60のアリール基、置換基を有していてもよいピリジル基、置換基を有していてもよいキノリル基、置換基を有していてもよい

50

炭素数 1 ~ 20 のアルキル基、置換基を有していてもよい炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基、又は $-Ar^1 - Ar^2$ で表される基 (Ar^1 及び Ar^2 は、それぞれ前記と同じ ($-Ar^3 = -Ar^1 - Ar^2$)) である。

さらに、 Ar^1 、 Ar^2 、 Ar^3 の置換基としては、炭素数 6 ~ 20 のアリアル基、ピリジル基、キノリル基、アルキル基が好ましい。

また、L 及び Ar^1 が非対称である場合、L 及び Ar^1 に接合する Ar^1 及び Ar^2 の置換位置はどちらが選択されてもよい。

【0079】

式 (201) ~ (203) で表される含窒素複素環誘導体が電子注入性に優れるので、これらを電子輸送層に含有させることにより、有機 EL 素子の低電圧化を図ることができる。

10

【0080】

尚、前記式 (201) ~ (203) において、R は、水素原子、置換基を有していてもよい炭素数 6 ~ 60 のアリアル基、置換基を有していてもよいピリジル基、置換基を有していてもよいキノリル基、置換基を有していてもよい炭素数 1 ~ 20 のアルキル基又は置換基を有していてもよい炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基である。

【0081】

前記炭素数 6 ~ 60 のアリアル基としては、炭素数 6 ~ 40 のアリアル基が好ましく、炭素数 6 ~ 20 のアリアル基がさらに好ましく、具体的には、フェニル基、ナフチル基、アントリル基、フェナントリル基、ナフタセニル基、クリセニル基、ピレニル基、ビフェニル基、ターフェニル基、トリル基、*t*-ブチルフェニル基、(2-フェニルプロピル)フェニル基、フルオランテニル基、フルオレニル基、スピロピフルオレンからなる 1 個の基、パーフルオロフェニル基、パーフルオロナフチル基、パーフルオロアントリル基、パーフルオロビフェニル基、9-フェニルアントラセンからなる 1 個の基、9-(1'-ナフチル)アントラセンからなる 1 個の基、9-(2'-ナフチル)アントラセンからなる 1 個の基、6-フェニルクリセンからなる 1 個の基、9-[4-(ジフェニルアミノ)フェニル]アントラセンからなる 1 個の基等が挙げられ、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基、ターフェニル基、9-(10-フェニル)アントリル基、9-[10-(1'-ナフチル)]アントリル基、9-[10-(2'-ナフチル)]アントリル基等が好ましい。

20

30

【0082】

炭素数 1 ~ 20 のアルキル基としては、炭素数 1 ~ 6 のアルキル基が好ましく、具体的には、メチル基、エチル基、プロピル基、ブチル基、ペンチル基、ヘキシル基等の他、トリフルオロメチル基等のハロアルキル基が挙げられ、炭素数が 3 以上のものは直鎖状、環状又は分岐を有するものでもよい。

炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基としては、炭素数 1 ~ 6 のアルコキシ基が好ましく、具体的には、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、ヘキシルオキシ基等が挙げられ、炭素数が 3 以上のものは直鎖状、環状又は分岐を有するものでもよい。

【0083】

R の示す各基の置換基としては、ハロゲン原子、置換基を有していてもよい炭素数 1 ~ 20 のアルキル基、置換基を有していてもよい炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基、置換基を有していてもよい炭素数 6 ~ 40 のアリアルオキシ基、置換基を有していてもよい炭素数 6 ~ 40 のアリアル基又は置換基を有していてもよい炭素数 3 ~ 40 のヘテロアリアル基等が挙げられる。

40

ハロゲン原子としては、フッ素、塩素、臭素、ヨウ素等が挙げられる。

炭素数 1 ~ 20 のアルキル基、炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基、炭素数 6 ~ 40 のアリアル基としては、前記と同様のものが挙げられる。

【0084】

炭素数 6 ~ 40 のアリアルオキシ基としては、例えば、フェノキシ基、ビフェニルオキ

50

シ基等が挙げられる。

炭素数 3 ~ 40 のヘテロアリアル基としては、例えば、ピロリル基、フリル基、チエニル基、シローリル基、ピリジル基、キノリル基、イソキノリル基、ベンゾフリル基、イミダゾリル基、ピリミジル基、カルバゾリル基、セレンフェニル基、オキサジアゾリル基、トリアゾリル基等が挙げられる。

n は 0 ~ 4 の整数であり、0 ~ 2 であると好ましい。

【0085】

前記式(201)において、 R^1 は、置換基を有していてもよい炭素数 6 ~ 60 のアリアル基、置換基を有していてもよいピリジル基、置換基を有していてもよいキノリル基、置換基を有していてもよい炭素数 1 ~ 20 のアルキル基又は炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基である。

10

これら各基の具体例、好ましい炭素数及び置換基としては、前記 R について説明したものと同様である。

【0086】

前記式(202)及び(203)において、 R^2 及び R^3 は、それぞれ独立に、水素原子、置換基を有していてもよい炭素数 6 ~ 60 のアリアル基、置換基を有していてもよいピリジル基、置換基を有していてもよいキノリル基、置換基を有していてもよい炭素数 1 ~ 20 のアルキル基又は置換基を有していてもよい炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基である。

これら各基の具体例、好ましい炭素数及び置換基としては、前記 R について説明したものと同様である。

20

【0087】

前記式(201) ~ (203)において、L は、置換基を有していてもよい炭素数 6 ~ 60 のアリーレン基、置換基を有していてもよいピリジニレン基、置換基を有していてもよいキノリニレン基又は置換基を有していてもよいフルオレニレン基である。

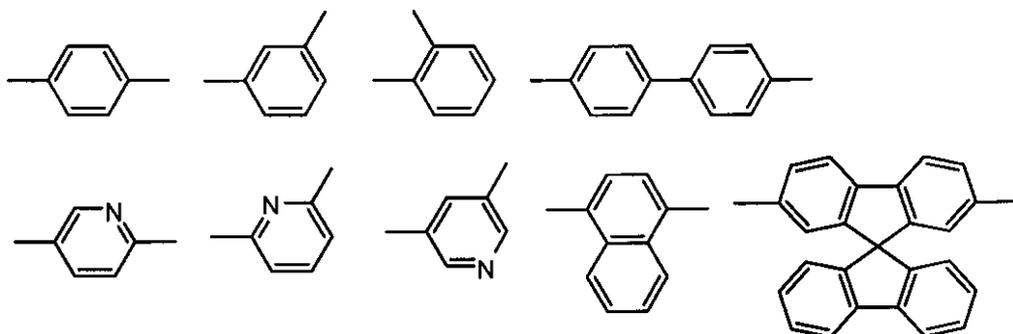
炭素数 6 ~ 60 のアリーレン基としては、炭素数 6 ~ 40 のアリーレン基が好ましく、炭素数 6 ~ 20 のアリーレン基がさらに好ましく、具体的には、前記 R について説明したアリアル基から水素原子 1 個を除去して形成される 2 価の基が挙げられる。L の示す各基の置換基としては、前記 R について説明したものと同様である。

30

【0088】

また、L は、

【化19】



40

【0089】

からなる群から選択される基であると好ましい。

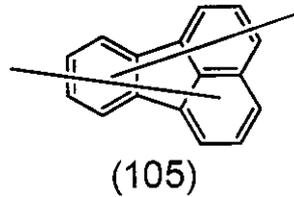
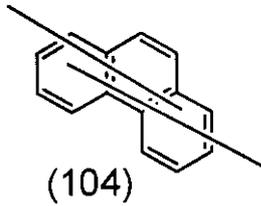
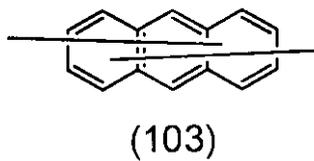
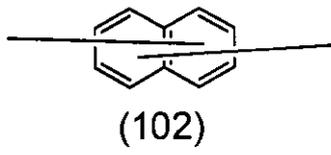
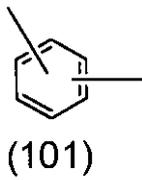
前記式(201)において、 Ar^1 は、置換基を有していてもよい炭素数 6 ~ 60 のアリーレン基、置換基を有していてもよいピリジニレン基又は置換基を有していてもよいキノリニレン基である。 Ar^1 及び Ar^3 の示す各基の置換基としては、それぞれ前記 R について説明したものと同様である。

また、 Ar^1 は、下記式(101) ~ (110)で表される縮合環基から選択されるいずれかの基であると好ましい。

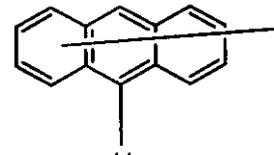
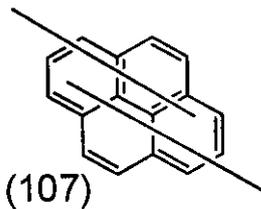
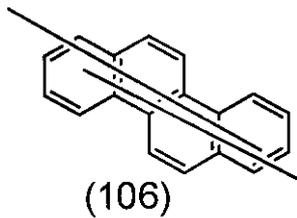
50

【 0 0 9 0 】

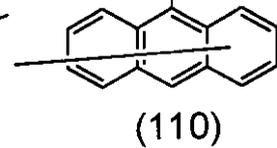
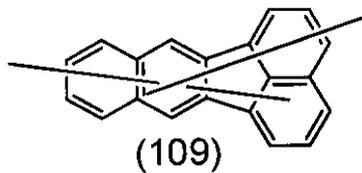
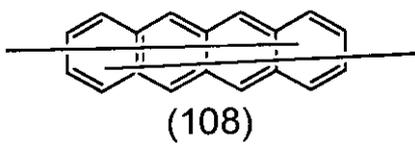
【 化 2 0 】



10



20



【 0 0 9 1 】

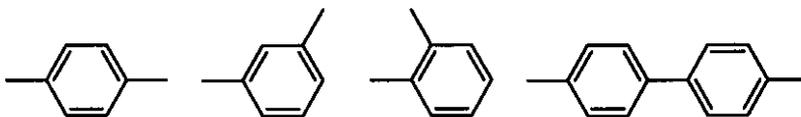
前記式(101)~(110)中、それぞれの縮合環は、ハロゲン原子、置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルキル基、置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルコキシ基、置換基を有していてもよい炭素数6~40のアリールオキシ基、置換基を有していてもよい炭素数6~40のアリール基又は置換基を有していてもよい炭素数3~40のヘテロアリール基からなる結合基が結合していてもよく、該結合基が複数ある場合は、該結合基は互いに同一でも異なっていてもよい。これら各基の具体例としては、前記と同様のものが挙げられる。

30

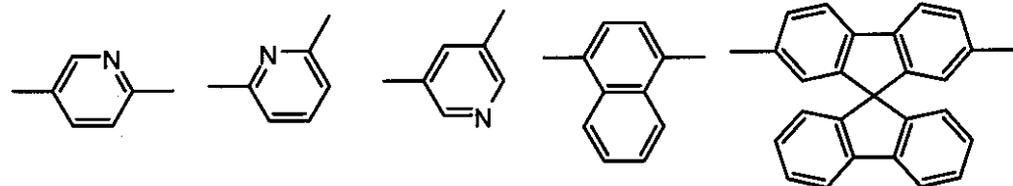
前記式(110)において、L'は、単結合、又は

【 0 0 9 2 】

【 化 2 1 】



40



からなる群から選択される基である。

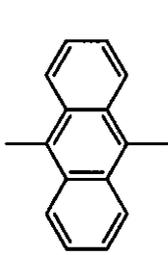
Ar¹の示す前記式(103)が、下記式(111)~(125)で表される縮合環基

50

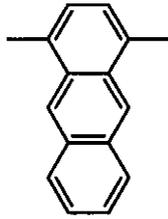
であると好ましい。

【 0 0 9 3 】

【 化 2 2 】



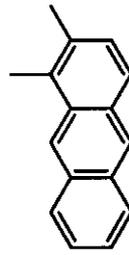
(111)



(112)

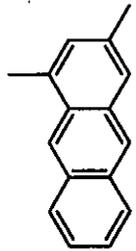


(113)

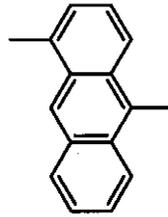


(114)

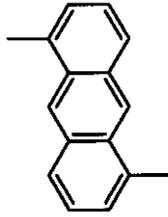
10



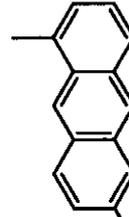
(115)



(116)



(117)

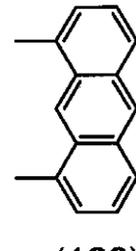


(118)

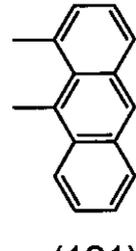
20



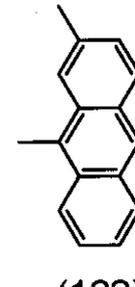
(119)



(120)

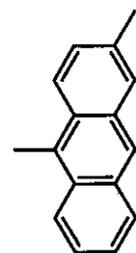


(121)

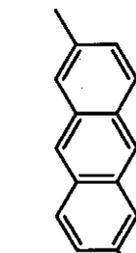


(122)

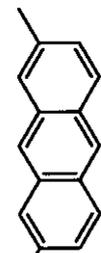
30



(123)



(124)



(125)

40

【 0 0 9 4 】

前記式(111)~(125)中、それぞれの縮合環は、ハロゲン原子、置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルキル基、置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルコキシ基、置換基を有していてもよい炭素数6~40のアリールオキシ基、置換基を有していてもよい炭素数6~40のアリール基又は置換基を有していてもよい炭素数3~40のヘテロアリール基からなる結合基が結合していてもよく、該結合基が複数ある場合は、該結合基は互いに同一でも異なってもよい。これら各基の具体例としては、前記と同様のものが挙げられる。

【 0 0 9 5 】

50

前記式(201)において、 Ar^2 は、置換基を有していてもよい炭素数6~60のアリール基、置換基を有していてもよいピリジル基、置換基を有していてもよいキノリル基、置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルキル基又は置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルコキシ基である。

これら各基の具体例、好ましい炭素数及び置換基としては、前記Rについて説明したものと同様である。

【0096】

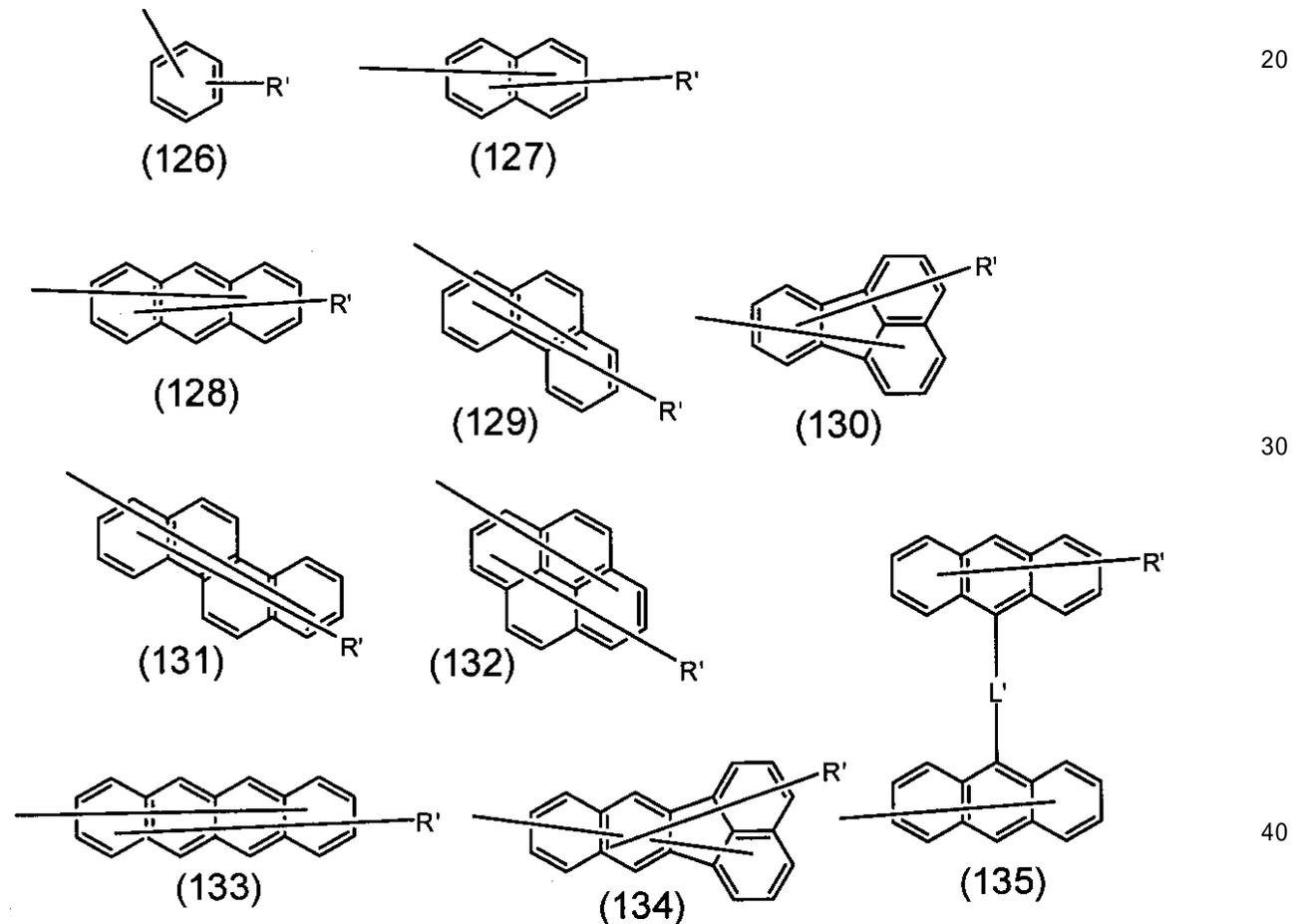
前記式(202)及び(203)において、 Ar^3 は、置換基を有していてもよい炭素数6~60のアリール基、置換基を有していてもよいピリジル基、置換基を有していてもよいキノリル基、置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルキル基、置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルコキシ基、又は $-Ar^1-Ar^2$ で表される基(Ar^1 及び Ar^2 は、それぞれ前記と同じ)である。

これら各基の具体例、好ましい炭素数及び置換基としては、前記Rについて説明したものと同様である。

また、 Ar^3 は、下記式(126)~(135)で表される縮合環基から選択されるいずれかの基であると好ましい。

【0097】

【化23】



【0098】

前記式(126)~(135)中、それぞれの縮合環は、ハロゲン原子、置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルキル基、置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルコキシ基、置換基を有していてもよい炭素数6~40のアリールオキシ基、置換基を有していてもよい炭素数6~40のアリール基又は置換基を有していてもよい炭素数3~40のヘテロアリール基からなる結合基が結合していてもよく、該結合基が複数ある場合は、該結合基は互いに同一でも異なってもよい。これら各基の具体例としては、前記

と同様のものが挙げられる。

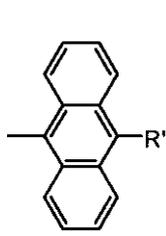
前記式(135)において、L'は、前記と同じである。

前記式(126)～(135)において、R'は、水素原子、置換基を有していてもよい炭素数1～20のアルキル基、置換基を有していてもよい炭素数6～40のアリール基又は置換基を有していてもよい炭素数3～40のヘテロアリール基である。これら各基の具体例としては、前記と同様のものが挙げられる。

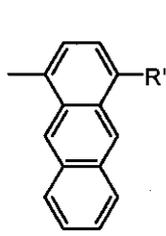
Ar³の示す一般式(128)が、下記式(136)～(158)で表される縮合環基であると好ましい。

【0099】

【化 2 4】



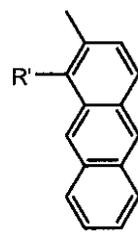
(136)



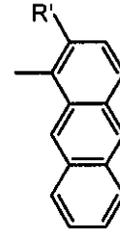
(137)



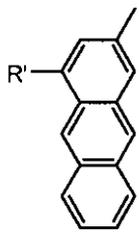
(138)



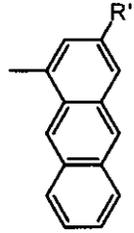
(139)



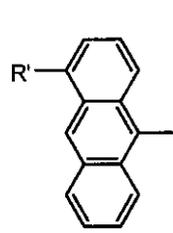
(140)



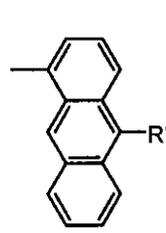
(141)



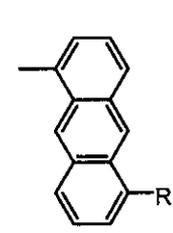
(142)



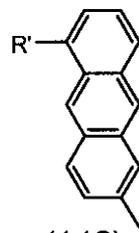
(143)



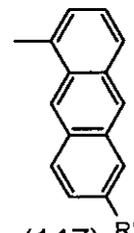
(144)



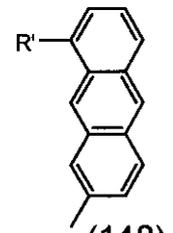
(145)



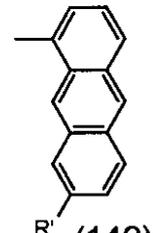
(146)



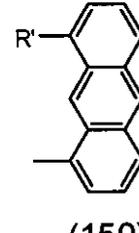
(147)



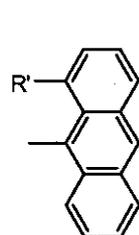
(148)



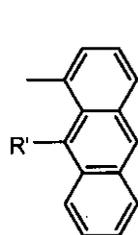
(149)



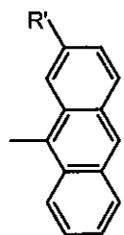
(150)



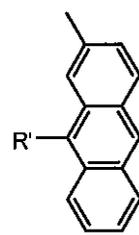
(151)



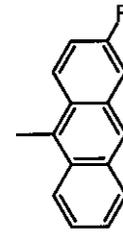
(152)



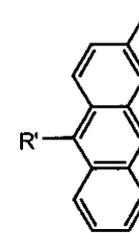
(153)



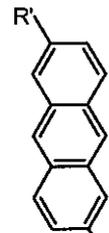
(154)



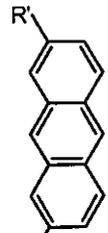
(155)



(156)



(157)



(158)

【 0 1 0 0】

前記式(136)~(158)中、それぞれの縮合環は、ハロゲン原子、置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルキル基、置換基を有していてもよい炭素数1~20のアルコキシ基、置換基を有していてもよい炭素数6~40のアリールオキシ基、置換基を有していてもよい炭素数6~40のアリール基又は置換基を有していてもよい炭素数3~40のヘテロアリール基からなる結合基が結合していてもよく、該結合基が複数ある場合

10

20

30

40

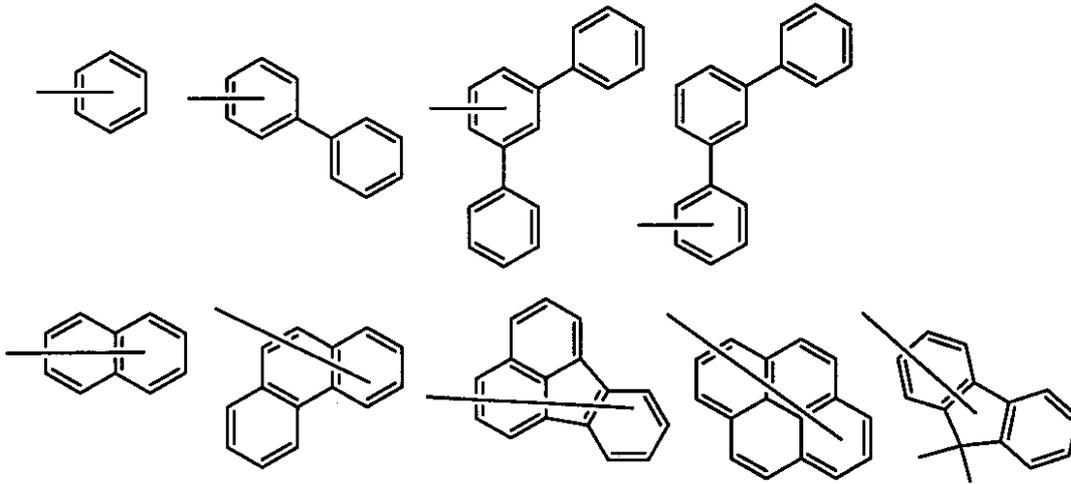
50

は、該結合基は互いに同一でも異なってもよい。これら各基の具体例としては、前記と同様のものが挙げられる。R' は、前記と同じである。

【0101】

また、Ar² 及び Ar³ は、それぞれ独立に、

【化25】



10

からなる群から選択される基であると好ましい。

20

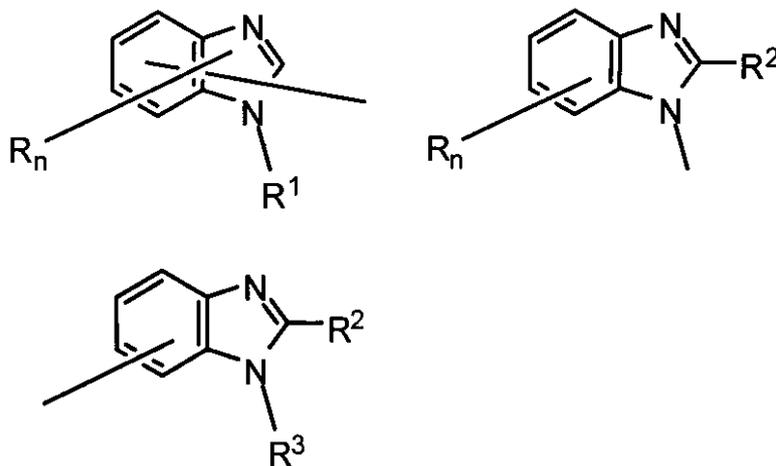
【0102】

本発明の前記式(201)~(203)で示される含窒素複素環誘導体の具体例を下記に示すが、本発明はこれらの例示化合物に限定されるものではない。

【0103】

尚、下記表において、HAr は、前記式(201)~(203)における、

【化26】



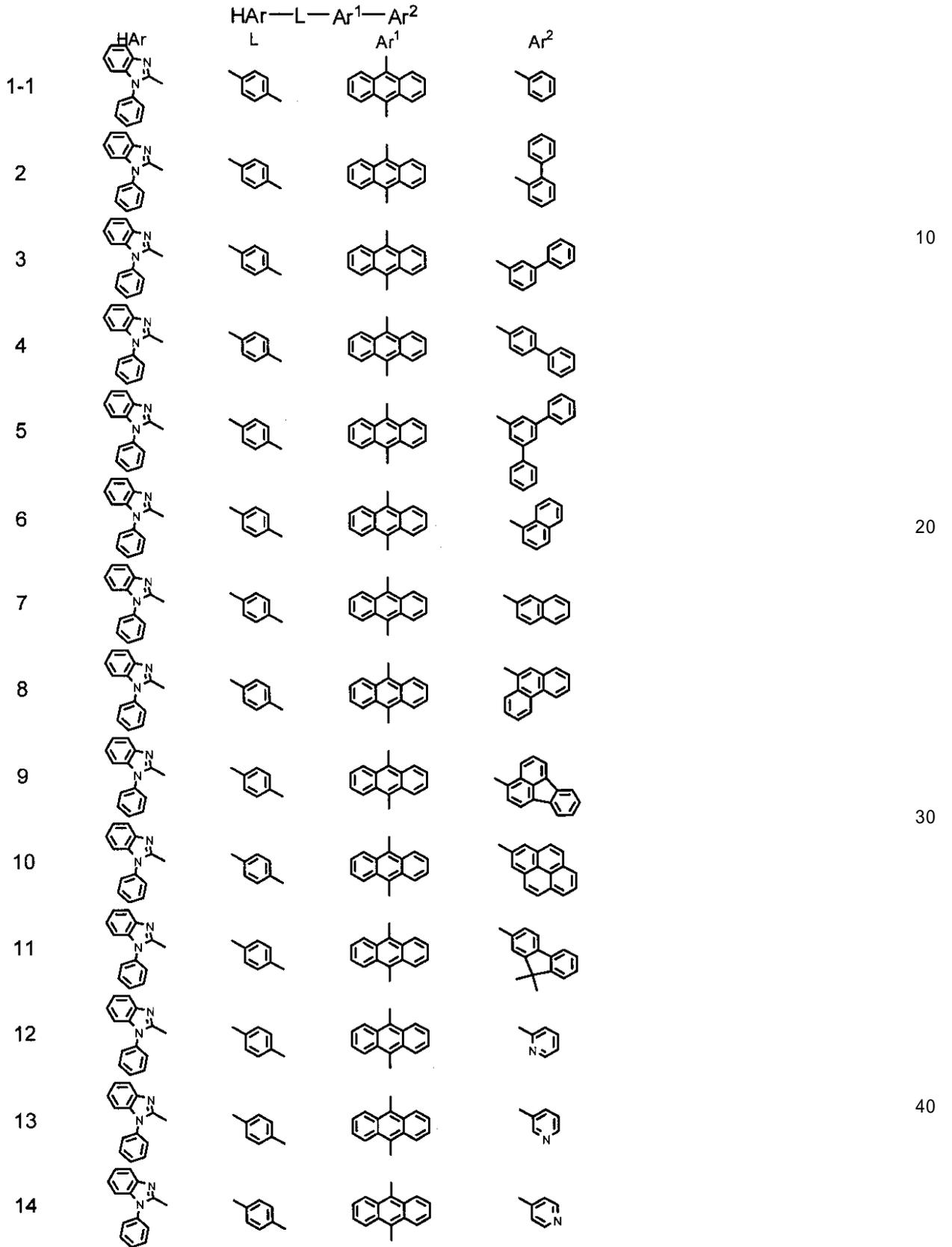
30

を示す。尚、以下に示す例示化合物では、例示化合物 1-1~1-17, 2-1~2-9, 3-1~3-6, 4-1~4-12, 5-1~5-6, 6-1~6-5, 8-1~8-13 は前記式(201)に対応し、例示化合物 9-1~9-17, 10-1~10-9, 11-1~11-6, 12-1~12-11, 13-1~13-6, 14-1~14-5 は前記式(202)に対応し、例示化合物 7-1~7-10, 15-1~15-13, 16-1~16-8, 17-1~17-8 は、前記式(203)に対応する。

【0104】

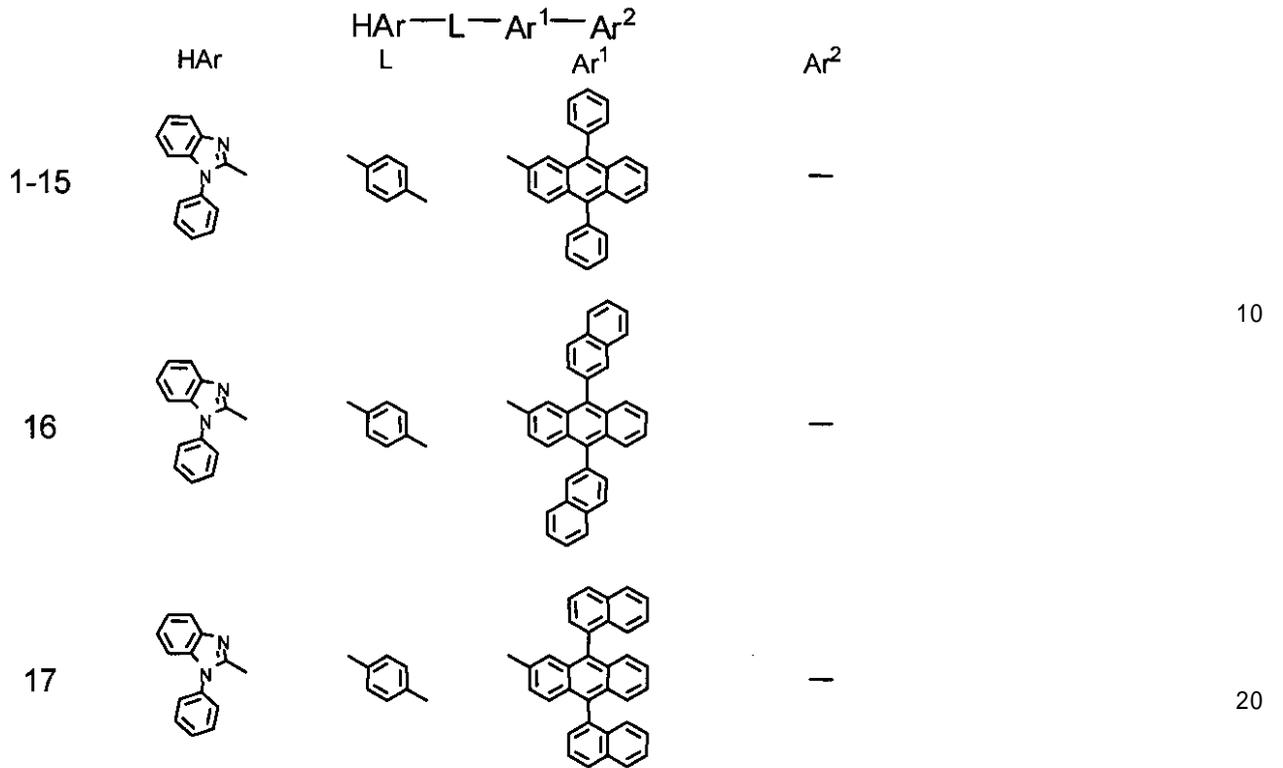
40

【化 2 7】



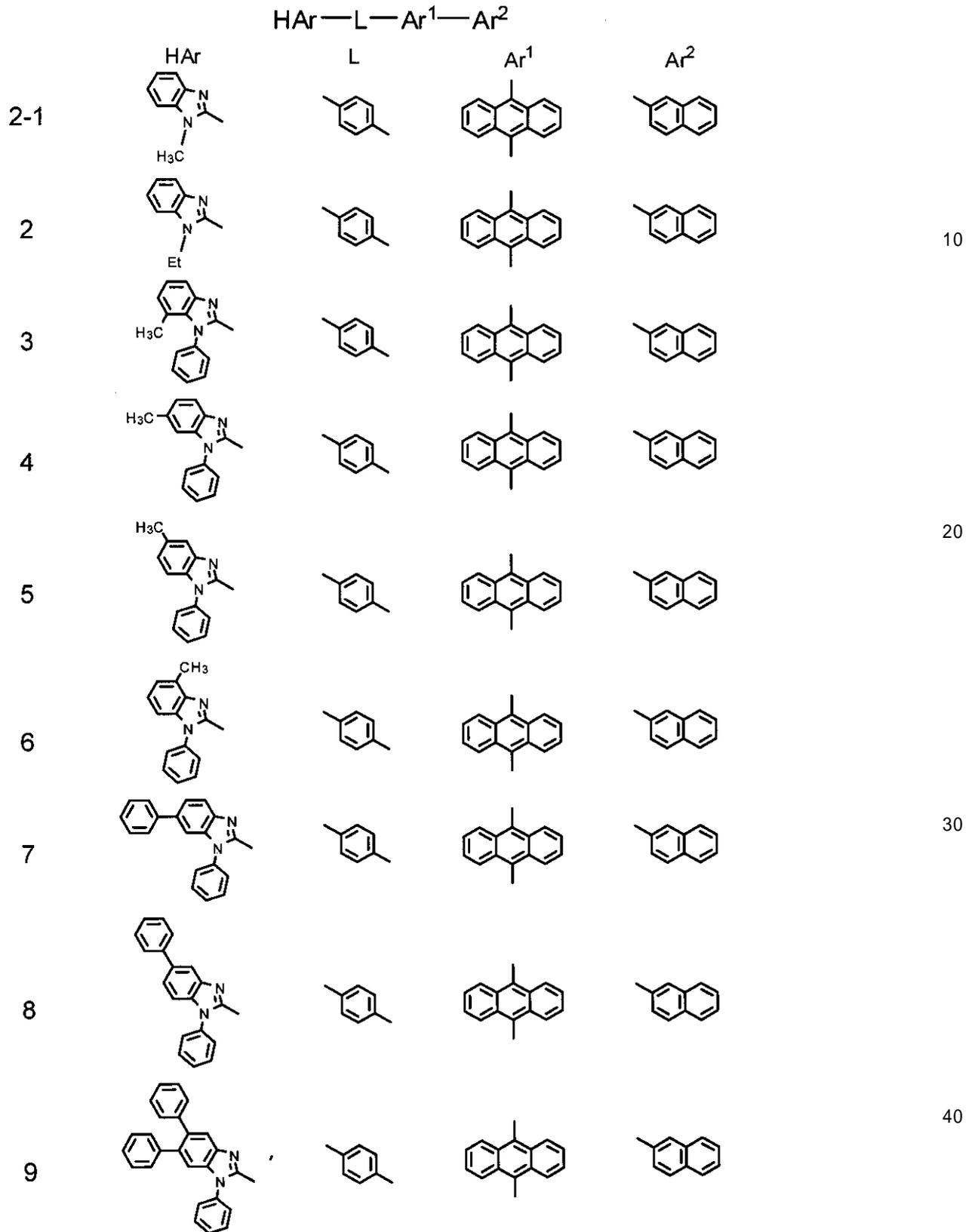
【 0 1 0 5 】

【化 2 8】



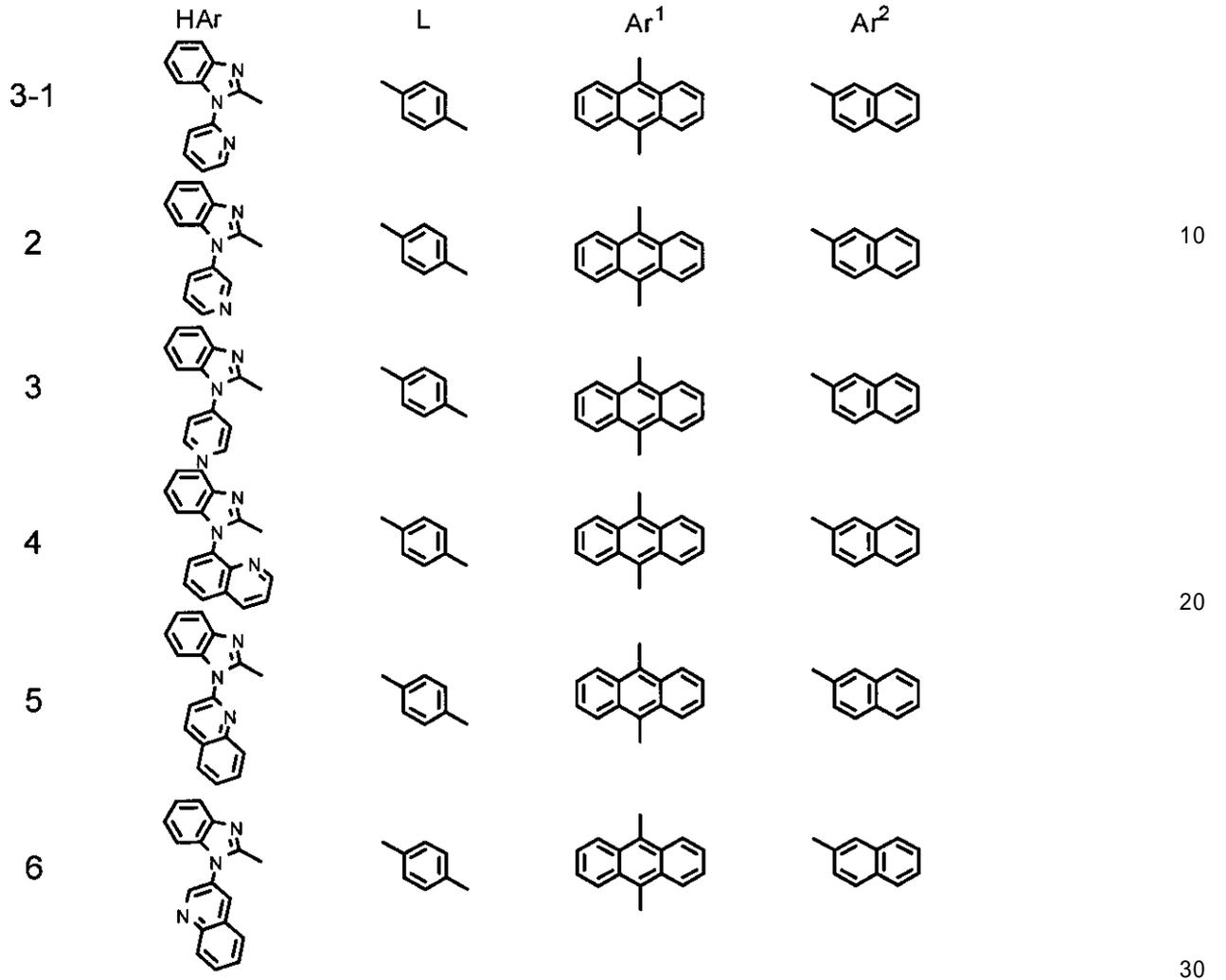
【 0 1 0 6】

【化 2 9】



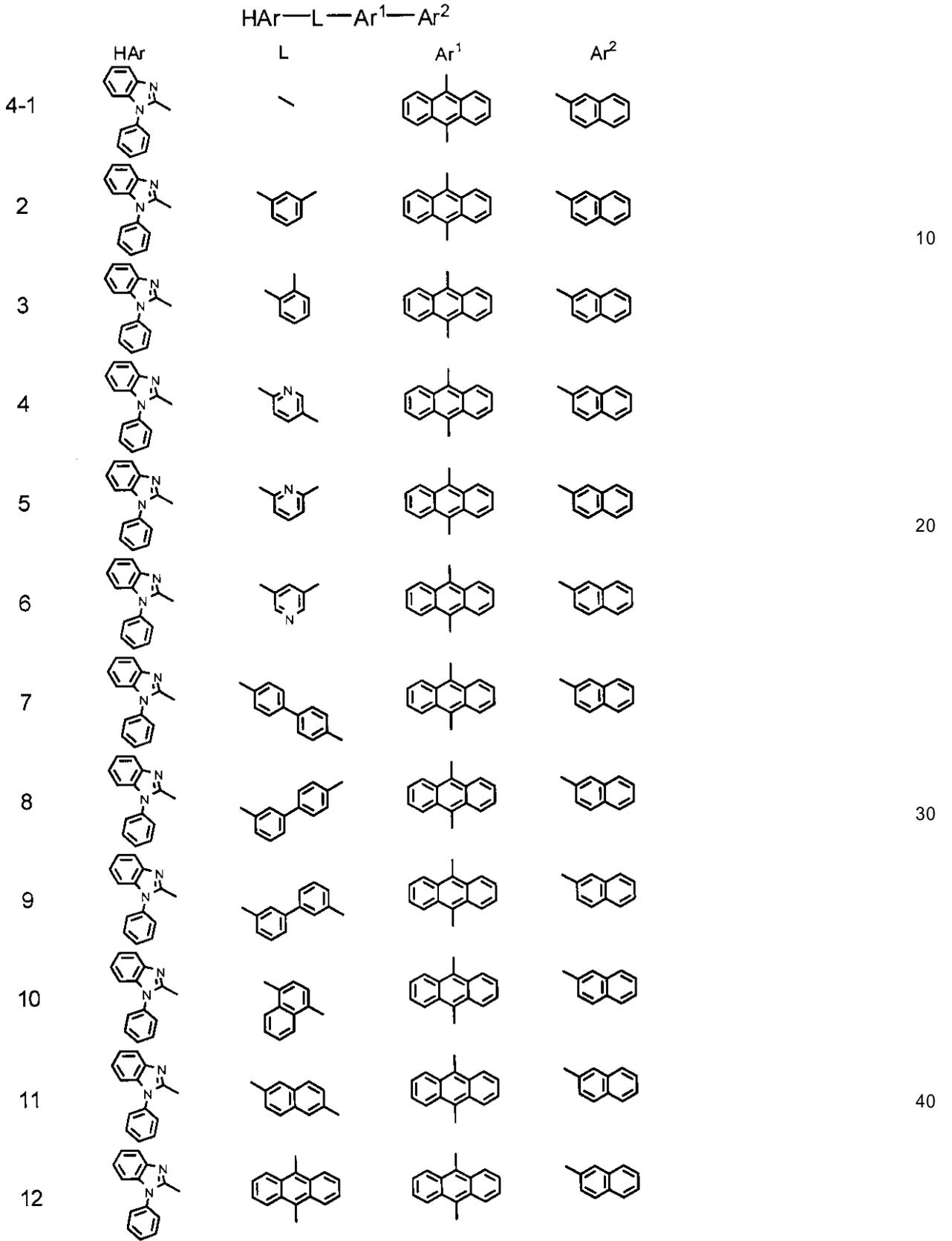
【 0 1 0 7 】

【化 3 0】



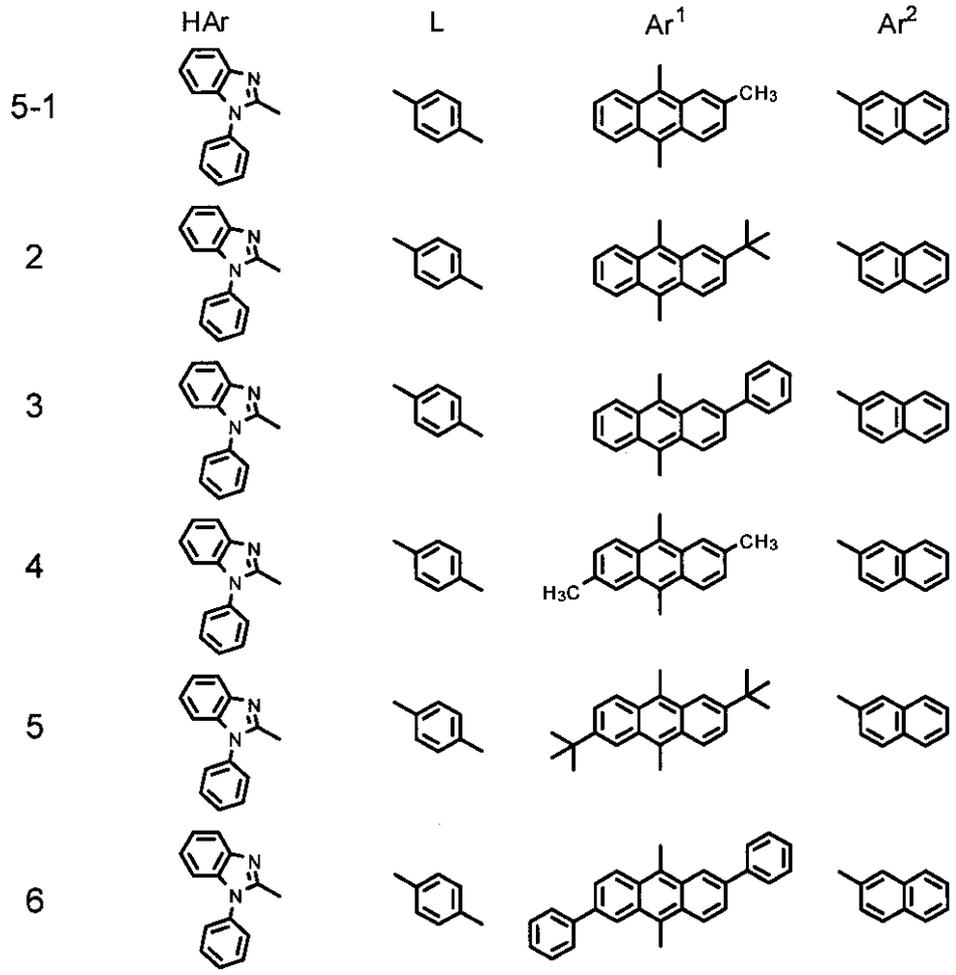
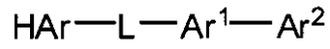
【 0 1 0 8】

【化 3 1】



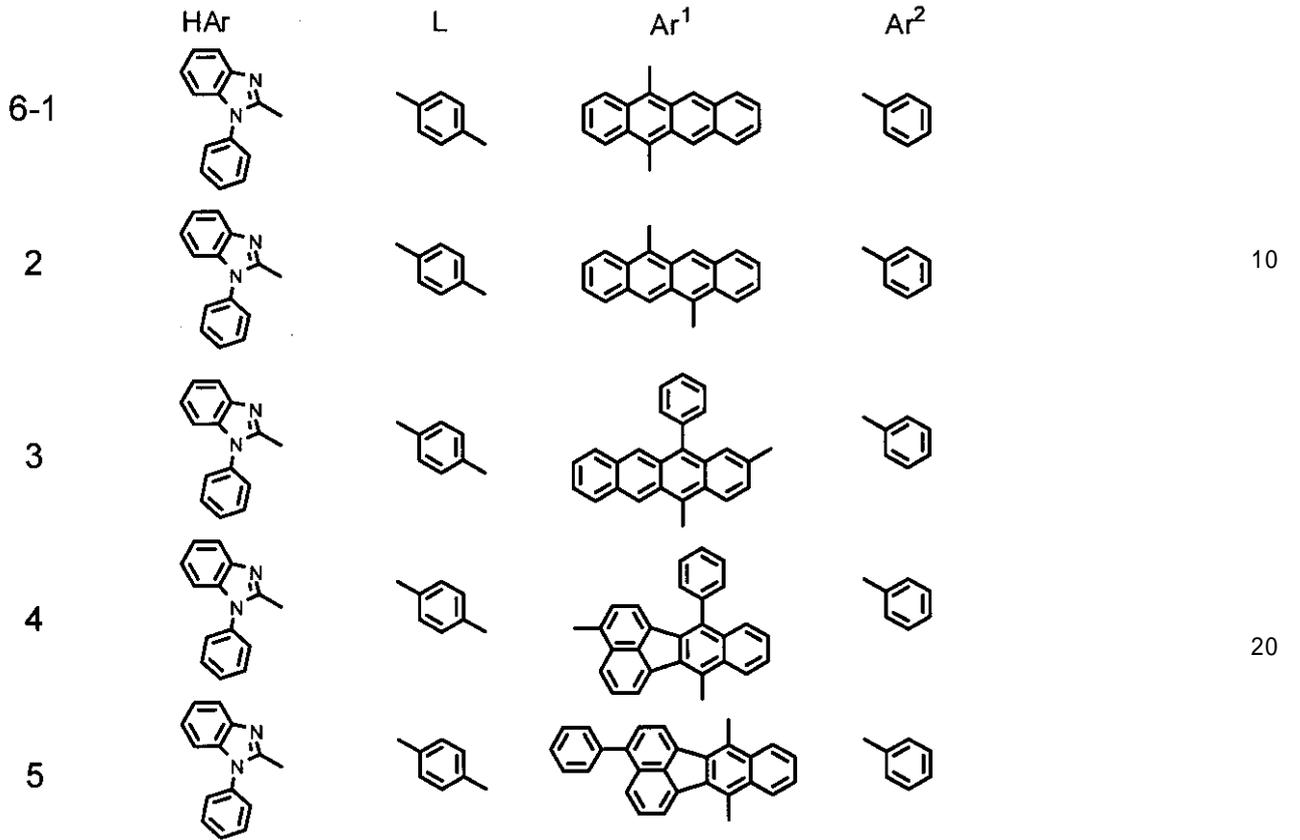
【 0 1 0 9 】

【化 3 2】



【 0 1 1 0 】

【化 3 3】



【 0 1 1 1】

【化 3 4】



【 0 1 1 2 】

【化 3 5】



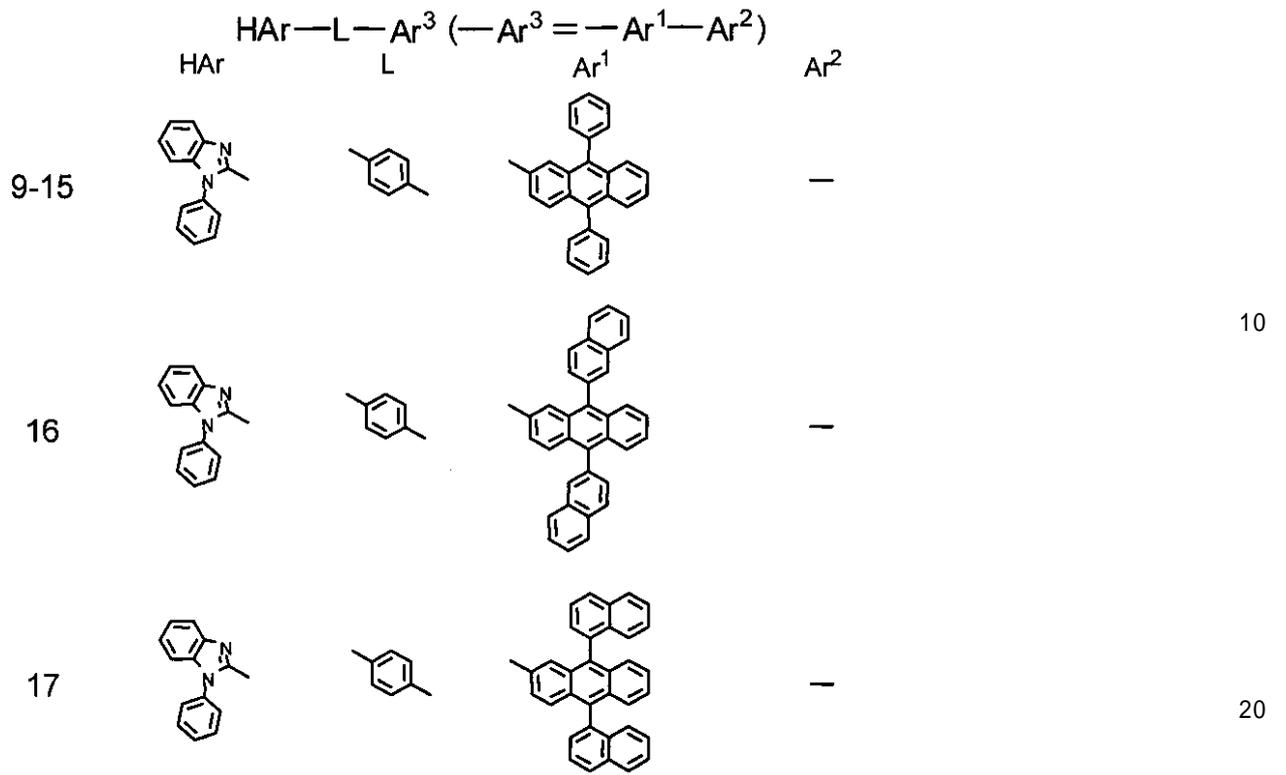
【 0 1 1 3 】

【化 3 6】



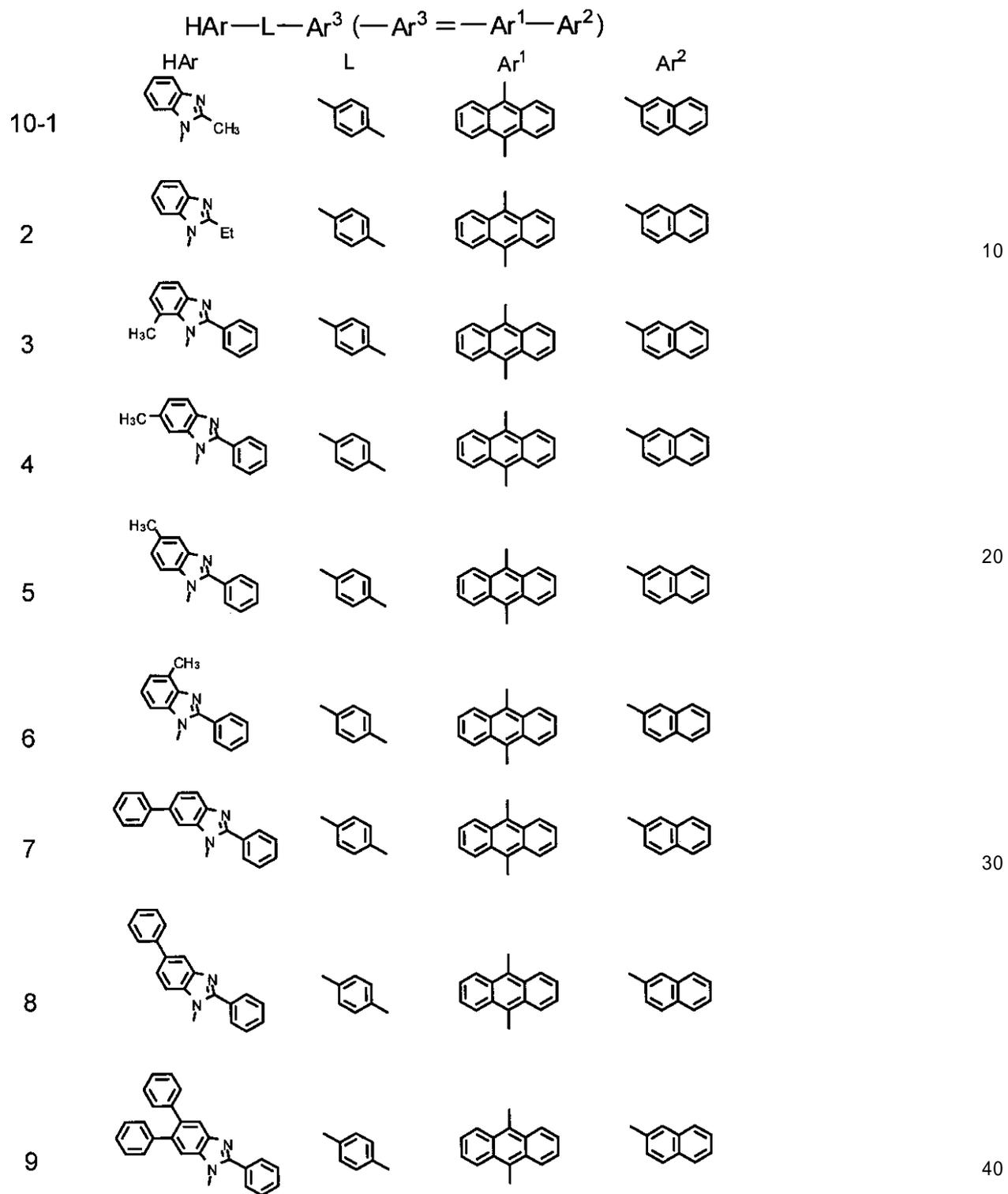
【 0 1 1 4 】

【化 3 7】



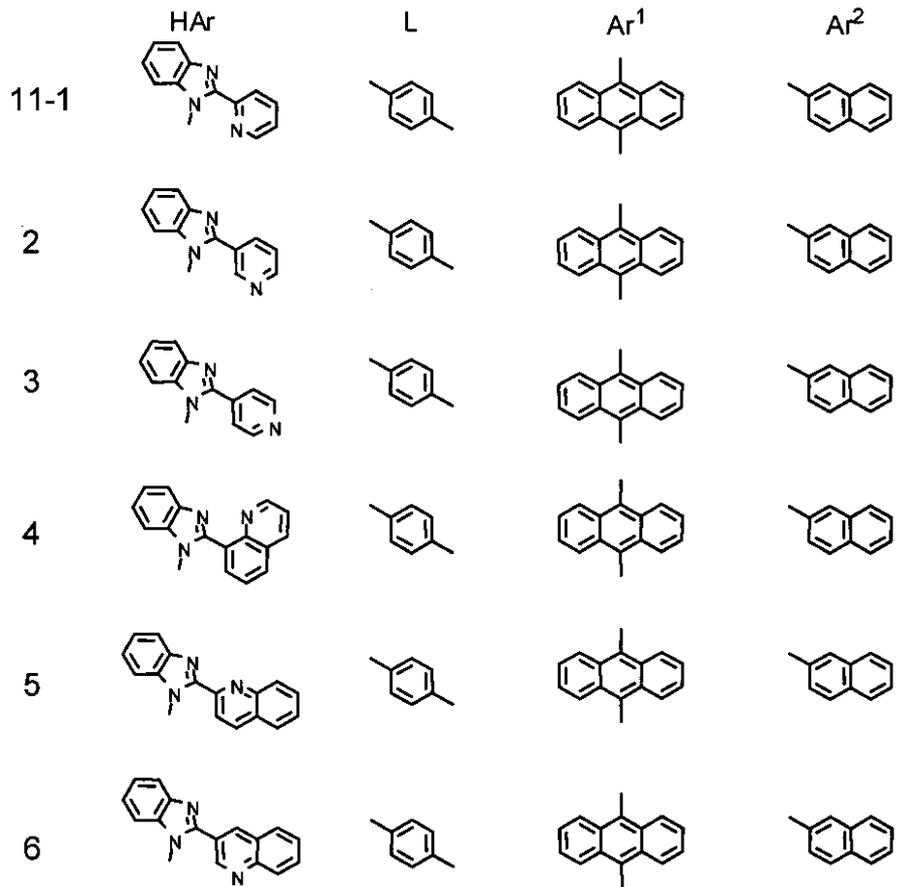
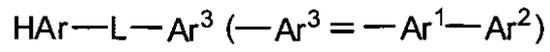
【 0 1 1 5 】

【化 3 8】



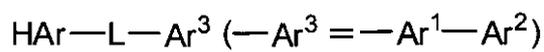
【 0 1 1 6】

【化 3 9】



【 0 1 1 7 】

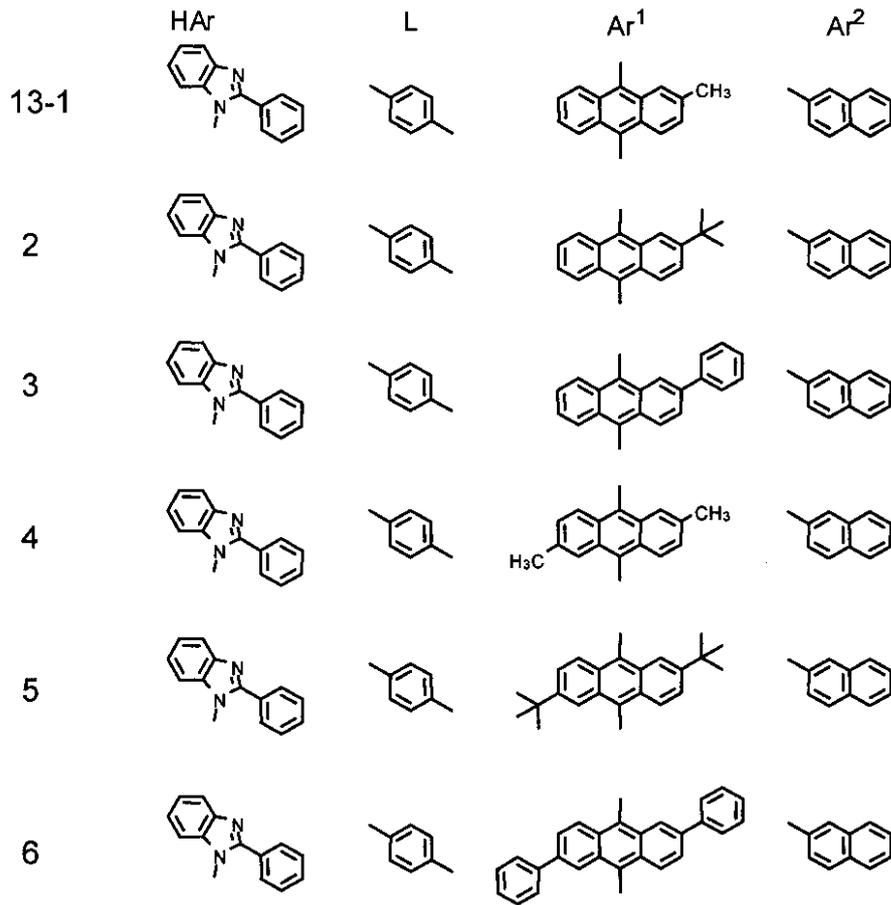
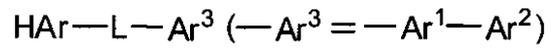
【化 4 0】



	HAr	L	Ar ¹	Ar ²	
12-1					
2					10
3					
4					
5					20
6					
7					
8					30
9					
10					
11					40

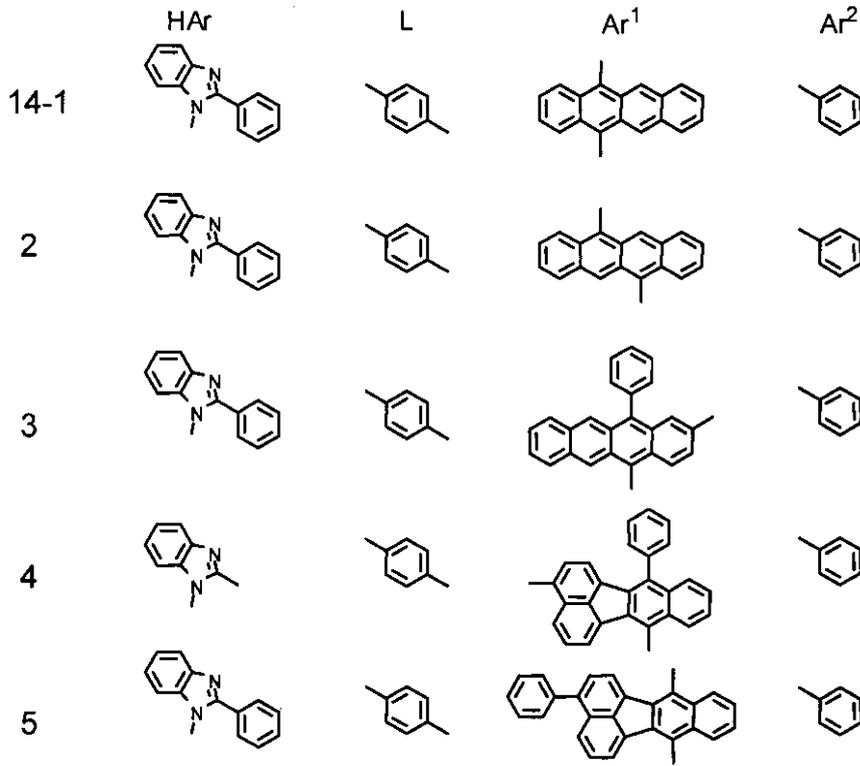
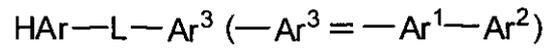
【 0 1 1 8】

【化 4 1】



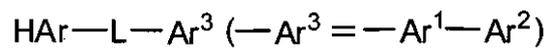
【 0 1 1 9 】

【化42】



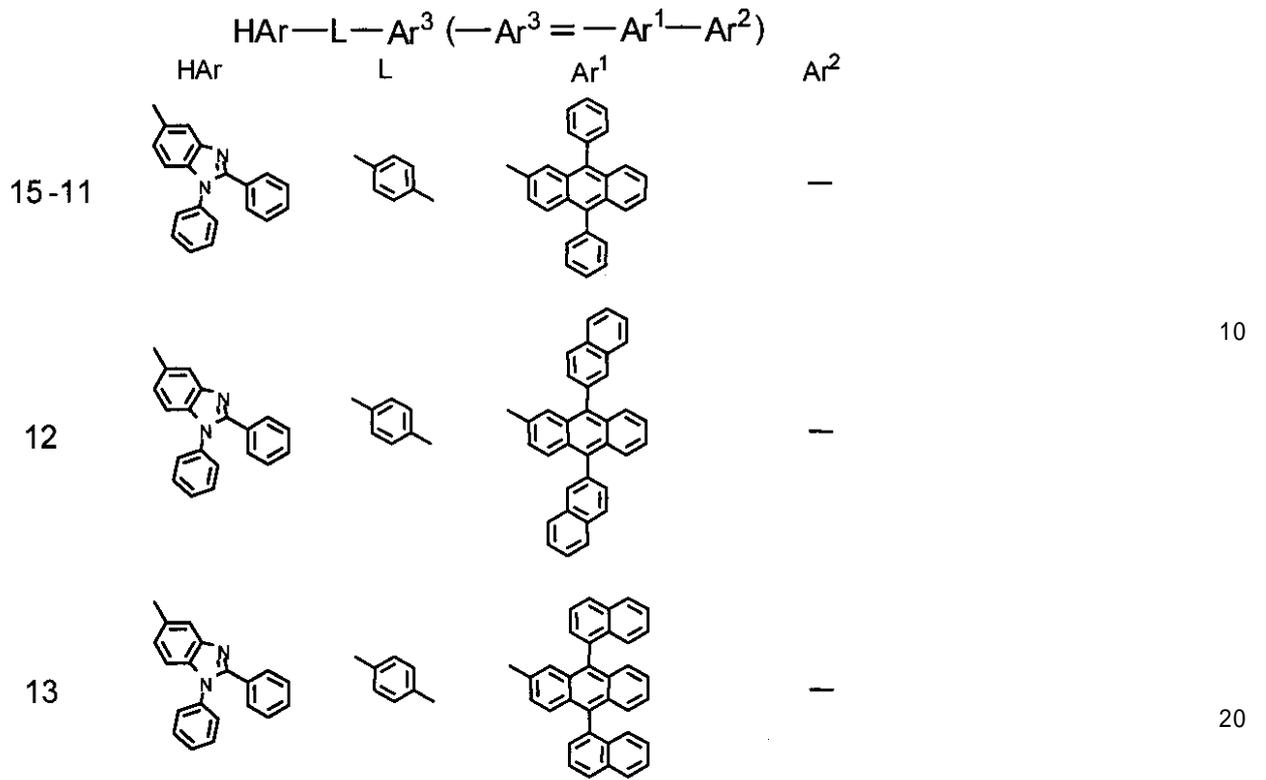
【0120】

【化 4 3】



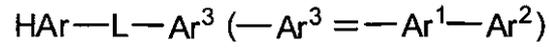
【 0 1 2 1 】

【化 4 4】



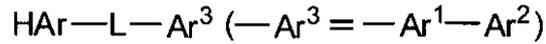
【 0 1 2 2 】

【化 4 5】



【 0 1 2 3 】

【化 4 6】



【 0 1 2 4 】

以上の具体例のうち、特に、(1-1)、(1-5)、(1-7)、(2-1)、(3-1)、(4-2)、(4-6)、(7-2)、(7-7)、(7-8)、(7-9)、(9-7)が好ましい。 40

【 0 1 2 5 】

さらに、該含窒素複素環基若しくは含窒素複素環誘導体を含む高分子化合物であってもよい。

【 0 1 2 6 】

本発明の有機EL素子は、発光層のホスト材料及び電子注入調整層を形成する材料が、下記式(A)、(B)及び(C)で表される多環式縮合芳香族化合物からなる群から選ばれる1種以上の化合物であることが望ましい。





【0127】

式中、 $A r^{101}$ 、 $A r^{102}$ 、 $A r^{103}$ 、 $R a$ 及び $R b$ は、置換若しくは無置換のベンゼン環、又は、置換若しくは無置換のナフタレン環、置換若しくは無置換のクリセレン環、置換若しくは無置換のフルオランテン環、置換若しくは無置換のフェナントレン環、置換若しくは無置換のベンゾフェナントレン環、置換若しくは無置換のジベンゾフェナントレン環、置換若しくは無置換のトリフェニレン環、置換若しくは無置換のベンゾ[*a*]トリフェニレン環、置換若しくは無置換のベンゾクリセレン環、置換若しくは無置換のベンゾ[*b*]フルオランテン環、及び、置換若しくは無置換のピセン環から選択される多環式芳香族骨格部を表す。但し、 $R a$ 及び $R b$ の置換基はアリアル基ではない。 $A r^1$ 、 $A r^2$ 、 $A r^3$ 、 $R a$ 及び $R b$ が同時に置換若しくは無置換のベンゼン環である場合はない。

10

【0128】

上記多環式縮合芳香族化合物において、 $R a$ 及び $R b$ のいずれか一方又は両方は、置換若しくは無置換のフェナントレン環、置換若しくは無置換のベンゾ[*c*]フェナントレン環及び置換若しくは無置換のフルオランテン環からなる群から選ばれることが好ましい。

【0129】

従来、正孔障壁層として不安定なBALq、BCPといった材料が使用されていたが、本発明では、化学的に安定な多環式縮合芳香族化合物を用いて電子注入調整層を形成している。従って、分子の安定性を高くし素子寿命を長くすることができる。また、化学的に安定な多環式縮合芳香族化合物を電子注入調整層に使うことで、高温駆動時におけるキャリアバランスの変化により、大きな問題となる周辺材料（特に、電子輸送層側の層を形成する材料）の著しい劣化を抑制することが可能となる。

20

【0130】

本発明の有機EL素子では、発光層のホスト材料及び電子注入調整層を形成する材料のいずれか一方又は両方が、多環式縮合芳香族化合物であり、その多環式縮合芳香族骨格部が、2個以上の基として化学構造式中に含まれることが望ましい。

上記多環式縮合芳香族化合物の多環式縮合芳香族骨格部は、置換基を有していてもよい。

【0131】

多環式縮合芳香族骨格部の置換基としては、例えば、ハロゲン原子、ヒドロキシル基、置換若しくは無置換のアミノ基、ニトロ基、シアノ基、置換若しくは無置換のアルキル基、置換若しくは無置換のアルケニル基、置換若しくは無置換のシクロアルキル基、置換若しくは無置換のアルコキシ基、置換若しくは無置換の芳香族炭化水素基、置換若しくは無置換の芳香族複素環基、置換若しくは無置換のアラルキル基、置換若しくは無置換のアリアルオキシ基、置換若しくは無置換のアルコキシカルボニル基、又は、カルボキシル基が挙げられる。

30

多環式縮合芳香族骨格部が複数の置換基を有する場合、それらが環を形成していてもよい。

多環式縮合芳香族骨格部の置換基の具体例を下記に示す。

ハロゲン原子としては、フッ素、塩素、臭素、ヨウ素が挙げられる。

40

【0132】

置換若しくは無置換のアミノ基は $-N X^1 X^2$ と表され、 X^1 、 X^2 の例としてはそれぞれ独立に、水素原子、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、*n*-ヘプチル基、*n*-オクチル基、ヒドロキシメチル基、1-ヒドロキシエチル基、2-ヒドロキシエチル基、2-ヒドロキシイソブチル基、1,2-ジヒドロキシエチル基、1,3-ジヒドロキシイソプロピル基、2,3-ジヒドロキシ-*t*-ブチル基、1,2,3-トリヒドロキシプロピル基、クロロメチル基、1-クロロエチル基、2-クロロエチル基、2-クロロイソブチル基、1,2-ジクロロエチル基、1,3-ジクロロイソプロピル基、2,3-ジクロロ-*t*-ブチル基、1,2,3-トリクロロプロピル基、プロモメチ

50

ル基、1 - ブロモエチル基、2 - ブロモエチル基、2 - ブロモイソブチル基、1, 2 - ジ
 ブロモエチル基、1, 3 - ジブロモイソプロピル基、2, 3 - ジブロモ - t - ブチル基、
 1, 2, 3 - トリブロモプロピル基、ヨードメチル基、1 - ヨードエチル基、2 - ヨード
 エチル基、2 - ヨードイソブチル基、1, 2 - ジヨードエチル基、1, 3 - ジヨードイソ
 プロピル基、2, 3 - ジヨード - t - ブチル基、1, 2, 3 - トリヨードプロピル基、ア
 ミノメチル基、1 - アミノエチル基、2 - アミノエチル基、2 - アミノイソブチル基、1
 , 2 - ジアミノエチル基、1, 3 - ジアミノイソプロピル基、2, 3 - ジアミノ - t - ブ
 チル基、1, 2, 3 - トリアミノプロピル基、シアノメチル基、1 - シアノエチル基、2
 - シアノエチル基、2 - シアノイソブチル基、1, 2 - ジシアノエチル基、1, 3 - ジシ
 アノイソプロピル基、2, 3 - ジシアノ - t - ブチル基、1, 2, 3 - トリシアノプロピ
 ル基、ニトロメチル基、1 - ニトロエチル基、2 - ニトロエチル基、2 - ニトロイソブチ
 ル基、1, 2 - ジニトロエチル基、1, 3 - ジニトロイソプロピル基、2, 3 - ジニトロ
 - t - ブチル基、1, 2, 3 - トリニトロプロピル基、フェニル基、1 - ナフチル基、2
 - ナフチル基、1 - アントリル基、2 - アントリル基、9 - アントリル基、1 - フェナン
 トリル基、2 - フェナントリル基、3 - フェナントリル基、4 - フェナントリル基、9 -
 フェナントリル基、1 - ナフタセニル基、2 - ナフタセニル基、9 - ナフタセニル基、4
 - スチリルフェニル基、1 - ビレニル基、2 - ビレニル基、4 - ビレニル基、2 - ビフェ
 ニルイル基、3 - ビフェニルイル基、4 - ビフェニルイル基、p - ターフエニル - 4 - イ
 ル基、p - ターフエニル - 3 - イル基、p - ターフエニル - 2 - イル基、m - ターフエニ
 ル - 4 - イル基、m - ターフエニル - 3 - イル基、m - ターフエニル - 2 - イル基、o -
 トリル基、m - トリル基、p - トリル基、p - t - ブチルフェニル基、p - (2 - フェ
 ニルプロピル) フェニル基、3 - メチル - 2 - ナフチル基、4 - メチル - 1 - ナフチル基、
 4 - メチル - 1 - アントリル基、4' - メチルビフェニルイル基、4'' - t - ブチル - p
 - ターフエニル - 4 - イル基、2 - ピロリル基、3 - ピロリル基、ピラジニル基、2 - ピ
 リジニル基、3 - ピリジニル基、4 - ピリジニル基、2 - インドリル基、3 - インドリル
 基、4 - インドリル基、5 - インドリル基、6 - インドリル基、7 - インドリル基、1 -
 イソインドリル基、3 - イソインドリル基、4 - イソインドリル基、5 - イソインドリル
 基、6 - イソインドリル基、7 - イソインドリル基、2 - フリル基、3 - フリル基、2 -
 ベンゾフラニル基、3 - ベンゾフラニル基、4 - ベンゾフラニル基、5 - ベンゾフラニル
 基、6 - ベンゾフラニル基、7 - ベンゾフラニル基、1 - イソベンゾフラニル基、3 - イ
 ソベンゾフラニル基、4 - イソベンゾフラニル基、5 - イソベンゾフラニル基、6 - イソ
 ベンゾフラニル基、7 - イソベンゾフラニル基、2 - キノリル基、3 - キノリル基、4 -
 キノリル基、5 - キノリル基、6 - キノリル基、7 - キノリル基、8 - キノリル基、1 -
 イソキノリル基、3 - イソキノリル基、4 - イソキノリル基、5 - イソキノリル基、6 -
 イソキノリル基、7 - イソキノリル基、8 - イソキノリル基、2 - キノキサリニル基、5
 - キノキサリニル基、6 - キノキサリニル基、1 - フェナンスリジニル基、2 - フェナン
 スリジニル基、3 - フェナンスリジニル基、4 - フェナンスリジニル基、6 - フェナン
 スリジニル基、7 - フェナンスリジニル基、8 - フェナンスリジニル基、9 - フェナン
 スリジニル基、10 - フェナンスリジニル基、1 - アクリジニル基、2 - アクリジニル基、3
 - アクリジニル基、4 - アクリジニル基、9 - アクリジニル基、1, 7 - フェナンスロリ
 ン - 2 - イル基、1, 7 - フェナンスロリン - 3 - イル基、1, 7 - フェナンスロリン -
 4 - イル基、1, 7 - フェナンスロリン - 5 - イル基、1, 7 - フェナンスロリン - 6 -
 イル基、1, 7 - フェナンスロリン - 8 - イル基、1, 7 - フェナンスロリン - 9 - イル
 基、1, 7 - フェナンスロリン - 10 - イル基、1, 8 - フェナンスロリン - 2 - イル基
 、1, 8 - フェナンスロリン - 3 - イル基、1, 8 - フェナンスロリン - 4 - イル基、1
 , 8 - フェナンスロリン - 5 - イル基、1, 8 - フェナンスロリン - 6 - イル基、1, 8
 - フェナンスロリン - 7 - イル基、1, 8 - フェナンスロリン - 9 - イル基、1, 8 - フェ
 ナンスロリン - 10 - イル基、1, 9 - フェナンスロリン - 2 - イル基、1, 9 - フェ
 ナンスロリン - 3 - イル基、1, 9 - フェナンスロリン - 4 - イル基、1, 9 - フェナン
 スロリン - 5 - イル基、1, 9 - フェナンスロリン - 6 - イル基、1, 9 - フェナンスロ

10

20

30

40

50

リン - 7 - イル基、1, 9 - フェナンスロリン - 8 - イル基、1, 9 - フェナンスロリン - 10 - イル基、1, 10 - フェナンスロリン - 2 - イル基、1, 10 - フェナンスロリン - 3 - イル基、1, 10 - フェナンスロリン - 4 - イル基、1, 10 - フェナンスロリン - 5 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 1 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 3 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 4 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 5 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 6 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 7 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 8 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 10 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 1 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 3 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 4 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 5 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 6 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 7 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 9 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 10 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 1 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 3 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 4 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 5 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 6 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 8 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 9 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 10 - イル基、1 - フェナジニル基、2 - フェナジニル基、1 - フェノチアジニル基、2 - フェノチアジニル基、3 - フェノチアジニル基、4 - フェノチアジニル基、1 - フェノキサジニル基、2 - フェノキサジニル基、3 - フェノキサジニル基、4 - フェノキサジニル基、2 - オキサゾリル基、4 - オキサゾリル基、5 - オキサゾリル基、2 - オキサジアゾリル基、5 - オキサジアゾリル基、3 - フラザニル基、2 - チエニル基、3 - チエニル基、2 - メチルピロール - 1 - イル基、2 - メチルピロール - 3 - イル基、2 - メチルピロール - 4 - イル基、2 - メチルピロール - 5 - イル基、3 - メチルピロール - 1 - イル基、3 - メチルピロール - 2 - イル基、3 - メチルピロール - 4 - イル基、3 - メチルピロール - 5 - イル基、2 - t - ブチルピロール - 4 - イル基、3 - (2 - フェニルプロピル)ピロール - 1 - イル基、2 - メチル - 1 - インドリル基、4 - メチル - 1 - インドリル基、2 - メチル - 3 - インドリル基、4 - メチル - 3 - インドリル基、2 - t - ブチル - 1 - インドリル基、4 - t - ブチル - 1 - インドリル基、2 - t - ブチル - 3 - インドリル基、4 - t - ブチル - 3 - インドリル基等が挙げられる。

10

20

【0133】

置換若しくは無置換のアルキル基の例としては、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、n - ヘプチル基、n - オクチル基、ヒドロキシメチル基、1 - ヒドロキシエチル基、2 - ヒドロキシエチル基、2 - ヒドロキシイソブチル基、1, 2 - ジヒドロキシエチル基、1, 3 - ジヒドロキシイソプロピル基、2, 3 - ジヒドロキシ - t - ブチル基、1, 2, 3 - トリヒドロキシプロピル基、クロロメチル基、1 - クロロエチル基、2 - クロロエチル基、2 - クロロイソブチル基、1, 2 - ジクロロエチル基、1, 3 - ジクロロイソプロピル基、2, 3 - ジクロロ - t - ブチル基、1, 2, 3 - トリクロロプロピル基、プロモメチル基、1 - プロモエチル基、2 - プロモエチル基、2 - プロモイソブチル基、1, 2 - ジプロモエチル基、1, 3 - ジプロモイソプロピル基、2, 3 - ジプロモ - t - ブチル基、1, 2, 3 - トリプロモプロピル基、ヨードメチル基、1 - ヨードエチル基、2 - ヨードエチル基、2 - ヨードイソブチル基、1, 2 - ジヨードエチル基、1, 3 - ジヨードイソプロピル基、2, 3 - ジヨード - t - ブチル基、1, 2, 3 - トリヨードプロピル基、アミノメチル基、1 - アミノエチル基、2 - アミノエチル基、2 - アミノイソブチル基、1, 2 - ジアミノエチル基、1, 3 - ジアミノイソプロピル基、2, 3 - ジアミノ - t - ブチル基、1, 2, 3 - トリアミノプロピル基、シアノメチル基、1 - シアノエチル基、2 - シアノエチル基、2 - シアノイソブチル基、1, 2 - ジシアノエチル基、1, 3 - ジシアノイソプロピル基、2, 3 - ジシアノ - t - ブチル基、1, 2, 3 - トリシアノプロピル基、ニトロメチル基、1 - ニトロエチル基、2 - ニトロエチル基、2 - ニトロイソブチル基、1, 2 - ジニトロエチル基、1, 3 - ジニトロイソプロピル基、2, 3 - ジニトロ - t - ブチル基、1, 2, 3 - トリニトロプロピル基等が挙げ

30

40

50

られる。

【0134】

置換若しくは無置換のアルケニル基の例としては、ビニル基、アリル基、1-ブテニル基、2-ブテニル基、3-ブテニル基、1,3-ブタンジエニル基、1-メチルビニル基、スチリル基、4-ジフェニルアミノスチリル基、4-ジ-p-トリルアミノスチリル基、4-ジ-m-トリルアミノスチリル基、2,2-ジフェニルビニル基、1,2-ジフェニルビニル基、1-メチルアリル基、1,1-ジメチルアリル基、2-メチルアリル基、1-フェニルアリル基、2-フェニルアリル基、3-フェニルアリル基、3,3-ジフェニルアリル基、1,2-ジメチルアリル基、1-フェニル-1-ブテニル基、3-フェニル-1-ブテニル基等が挙げられる。

10

【0135】

置換若しくは無置換のシクロアルキル基の例としては、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等が挙げられる。

【0136】

置換若しくは無置換のアルコキシ基は、-OYで表される基であり、Yの例としては、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、n-ヘプチル基、n-オクチル基、ヒドロキシメチル基、1-ヒドロキシエチル基、2-ヒドロキシエチル基、2-ヒドロキシイソブチル基、1,2-ジヒドロキシエチル基、1,3-ジヒドロキシイソプロピル基、2,3-ジヒドロキシ-t-ブチル基、1,2,3-トリヒドロキシプロピル基、クロロメチル基、1-クロロエチル基、2-クロロエチル基、2-クロロイソブチル基、1,2-ジクロロエチル基、1,3-ジクロロイソプロピル基、2,3-ジクロロ-t-ブチル基、1,2,3-トリクロロプロピル基、プロモメチル基、1-プロモエチル基、2-プロモエチル基、2-プロモイソブチル基、1,2-ジプロモエチル基、1,3-ジプロモイソプロピル基、2,3-ジプロモ-t-ブチル基、1,2,3-トリプロモプロピル基、ヨードメチル基、1-ヨードエチル基、2-ヨードエチル基、2-ヨードイソブチル基、1,2-ジヨードエチル基、1,3-ジヨードイソプロピル基、2,3-ジヨード-t-ブチル基、1,2,3-トリヨードプロピル基、アミノメチル基、1-アミノエチル基、2-アミノエチル基、2-アミノイソブチル基、1,2-ジアミノエチル基、1,3-ジアミノイソプロピル基、2,3-ジアミノ-t-ブチル基、1,2,3-トリアミノプロピル基、シアノメチル基、1-シアノエチル基、2-シアノエチル基、2-シアノイソブチル基、1,2-ジシアノエチル基、1,3-ジシアノイソプロピル基、2,3-ジシアノ-t-ブチル基、1,2,3-トリシアノプロピル基、ニトロメチル基、1-ニトロエチル基、2-ニトロエチル基、2-ニトロイソブチル基、1,2-ジニトロエチル基、1,3-ジニトロイソプロピル基、2,3-ジニトロ-t-ブチル基、1,2,3-トリニトロプロピル基等が挙げられる。

20

30

【0137】

置換若しくは無置換のアリール基の例としては、フェニル基、1-ナフチル基、2-ナフチル基、1-アントリル基、2-アントリル基、9-アントリル基、1-フェナントリル基、2-フェナントリル基、3-フェナントリル基、4-フェナントリル基、9-フェナントリル基、1-ナфтаセニル基、2-ナфтаセニル基、9-ナфтаセニル基、1-ピレニル基、2-ピレニル基、4-ピレニル基、2-ビフェニルイル基、3-ビフェニルイル基、4-ビフェニルイル基、p-ターフェニル-4-イル基、p-ターフェニル-3-イル基、p-ターフェニル-2-イル基、m-ターフェニル-4-イル基、m-ターフェニル-3-イル基、m-ターフェニル-2-イル基、o-トリル基、m-トリル基、p-トリル基、p-t-ブチルフェニル基、p-(2-フェニルプロピル)フェニル基、3-メチル-2-ナフチル基、4-メチル-1-ナフチル基、4-メチル-1-アントリル基、4'-メチルビフェニルイル基、4"-t-ブチル-p-ターフェニル-4-イル基等が挙げられる。

40

50

【 0 1 3 8 】

置換若しくは無置換のヘテロアリール基の例としては、1 - ピロリル基、2 - ピロリル基、3 - ピロリル基、ピラジニル基、2 - ピリジニル基、3 - ピリジニル基、4 - ピリジニル基、1 - インドリル基、2 - インドリル基、3 - インドリル基、4 - インドリル基、5 - インドリル基、6 - インドリル基、7 - インドリル基、1 - イソインドリル基、2 - イソインドリル基、3 - イソインドリル基、4 - イソインドリル基、5 - イソインドリル基、6 - イソインドリル基、7 - イソインドリル基、2 - フリル基、3 - フリル基、2 - ベンゾフラニル基、3 - ベンゾフラニル基、4 - ベンゾフラニル基、5 - ベンゾフラニル基、6 - ベンゾフラニル基、7 - ベンゾフラニル基、1 - イソベンゾフラニル基、3 - イソベンゾフラニル基、4 - イソベンゾフラニル基、5 - イソベンゾフラニル基、6 - イソベンゾフラニル基、7 - イソベンゾフラニル基、2 - キノリル基、3 - キノリル基、4 - キノリル基、5 - キノリル基、6 - キノリル基、7 - キノリル基、8 - キノリル基、1 - イソキノリル基、3 - イソキノリル基、4 - イソキノリル基、5 - イソキノリル基、6 - イソキノリル基、7 - イソキノリル基、8 - イソキノリル基、2 - キノキサリニル基、5 - キノキサリニル基、6 - キノキサリニル基、1 - フェナンスリジニル基、2 - フェナンスリジニル基、3 - フェナンスリジニル基、4 - フェナンスリジニル基、6 - フェナンスリジニル基、7 - フェナンスリジニル基、8 - フェナンスリジニル基、9 - フェナンスリジニル基、10 - フェナンスリジニル基、1 - アクリジニル基、2 - アクリジニル基、3 - アクリジニル基、4 - アクリジニル基、9 - アクリジニル基、1, 7 - フェナンスロリン - 2 - イル基、1, 7 - フェナンスロリン - 3 - イル基、1, 7 - フェナンスロリン - 4 - イル基、1, 7 - フェナンスロリン - 5 - イル基、1, 7 - フェナンスロリン - 6 - イル基、1, 7 - フェナンスロリン - 8 - イル基、1, 7 - フェナンスロリン - 9 - イル基、1, 7 - フェナンスロリン - 10 - イル基、1, 8 - フェナンスロリン - 2 - イル基、1, 8 - フェナンスロリン - 3 - イル基、1, 8 - フェナンスロリン - 4 - イル基、1, 8 - フェナンスロリン - 5 - イル基、1, 8 - フェナンスロリン - 6 - イル基、1, 8 - フェナンスロリン - 7 - イル基、1, 8 - フェナンスロリン - 9 - イル基、1, 8 - フェナンスロリン - 10 - イル基、1, 9 - フェナンスロリン - 2 - イル基、1, 9 - フェナンスロリン - 3 - イル基、1, 9 - フェナンスロリン - 4 - イル基、1, 9 - フェナンスロリン - 5 - イル基、1, 9 - フェナンスロリン - 6 - イル基、1, 9 - フェナンスロリン - 7 - イル基、1, 9 - フェナンスロリン - 8 - イル基、1, 9 - フェナンスロリン - 10 - イル基、1, 10 - フェナンスロリン - 2 - イル基、1, 10 - フェナンスロリン - 3 - イル基、1, 10 - フェナンスロリン - 4 - イル基、1, 10 - フェナンスロリン - 5 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 1 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 3 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 4 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 5 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 6 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 7 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 8 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 10 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 1 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 3 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 4 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 5 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 6 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 7 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 9 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 10 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 1 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 3 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 4 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 5 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 6 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 8 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 9 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 10 - イル基、1 - フェナジニル基、2 - フェナジニル基、1 - フェノチアジニル基、2 - フェノチアジニル基、3 - フェノチアジニル基、4 - フェノチアジニル基、10 - フェノチアジニル基、1 - フェノキサジニル基、2 - フェノキサジニル基、3 - フェノキサジニル基、4 - フェノキサジニル基、10 - フェノキサジニル基、2 - オキサゾリル基、4 - オキサゾリル基、5 - オキサゾリル基、2 - オキサジアゾリル基、5 - オキサジアゾリル基、3 - フラザニル基、2 - チエニル基、3 - チエニル基、2 - メチルピロール - 1 - イル基、2 - メチルピロール - 3 - イル基、

10

20

30

40

50

2 - メチルピロール - 4 - イル基、2 - メチルピロール - 5 - イル基、3 - メチルピロール - 1 - イル基、3 - メチルピロール - 2 - イル基、3 - メチルピロール - 4 - イル基、3 - メチルピロール - 5 - イル基、2 - t - ブチルピロール - 4 - イル基、3 - (2 - フェニルプロピル)ピロール - 1 - イル基、2 - メチル - 1 - インドリル基、4 - メチル - 1 - インドリル基、2 - メチル - 3 - インドリル基、4 - メチル - 3 - インドリル基、2 - t - ブチル - 1 - インドリル基、4 - t - ブチル - 1 - インドリル基、2 - t - ブチル - 3 - インドリル基、4 - t - ブチル - 3 - インドリル基等が挙げられる。

【0139】

置換若しくは無置換のアラルキル基の例としては、ベンジル基、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、 - ナフチルメチル基、1 - - ナフチルエチル基、2 - - ナフチルエチル基、1 - - ナフチルイソプロピル基、2 - - ナフチルイソプロピル基、 - ナフチルメチル基、1 - - ナフチルエチル基、2 - - ナフチルエチル基、1 - - ナフチルイソプロピル基、2 - - ナフチルイソプロピル基、1 - ピロリルメチル基、2 - (1 - ピロリル)エチル基、p - メチルベンジル基、m - メチルベンジル基、o - メチルベンジル基、p - クロロベンジル基、m - クロロベンジル基、o - クロロベンジル基、p - ブロモベンジル基、m - ブロモベンジル基、o - ブロモベンジル基、p - ヨードベンジル基、m - ヨードベンジル基、o - ヨードベンジル基、p - ヒドロキシベンジル基、m - ヒドロキシベンジル基、o - ヒドロキシベンジル基、p - アミノベンジル基、m - アミノベンジル基、o - アミノベンジル基、p - ニトロベンジル基、m - ニトロベンジル基、o - ニトロベンジル基、p - シアノベンジル基、m - シアノベンジル基、o - シアノベンジル基、1 - ヒドロキシ - 2 - フェニルイソプロピル基、1 - クロロ - 2 - フェニルイソプロピル基等が挙げられる。

【0140】

置換若しくは無置換のアリールオキシ基は、 - OZと表され、Zの例としてはフェニル基、1 - ナフチル基、2 - ナフチル基、1 - アントリル基、2 - アントリル基、9 - アントリル基、1 - フェナントリル基、2 - フェナントリル基、3 - フェナントリル基、4 - フェナントリル基、9 - フェナントリル基、1 - ナフタセニル基、2 - ナフタセニル基、9 - ナフタセニル基、1 - プレニル基、2 - プレニル基、4 - プレニル基、2 - ビフェニルイル基、3 - ビフェニルイル基、4 - ビフェニルイル基、p - ターフェニル - 4 - イル基、p - ターフェニル - 3 - イル基、p - ターフェニル - 2 - イル基、m - ターフェニル - 4 - イル基、m - ターフェニル - 3 - イル基、m - ターフェニル - 2 - イル基、o - トリル基、m - トリル基、p - トリル基、p - t - ブチルフェニル基、p - (2 - フェニルプロピル)フェニル基、3 - メチル - 2 - ナフチル基、4 - メチル - 1 - ナフチル基、4 - メチル - 1 - アントリル基、4' - メチルビフェニルイル基、4'' - t - ブチル - p - ターフェニル - 4 - イル基、2 - ピロリル基、3 - ピロリル基、ピラジニル基、2 - ピリジニル基、3 - ピリジニル基、4 - ピリジニル基、2 - インドリル基、3 - インドリル基、4 - インドリル基、5 - インドリル基、6 - インドリル基、7 - インドリル基、1 - イソインドリル基、3 - イソインドリル基、4 - イソインドリル基、5 - イソインドリル基、6 - イソインドリル基、7 - イソインドリル基、2 - フリル基、3 - フリル基、2 - ベンゾフラニル基、3 - ベンゾフラニル基、4 - ベンゾフラニル基、5 - ベンゾフラニル基、6 - ベンゾフラニル基、7 - ベンゾフラニル基、1 - イソベンゾフラニル基、3 - イソベンゾフラニル基、4 - イソベンゾフラニル基、5 - イソベンゾフラニル基、6 - イソベンゾフラニル基、7 - イソベンゾフラニル基、2 - キノリル基、3 - キノリル基、4 - キノリル基、5 - キノリル基、6 - キノリル基、7 - キノリル基、8 - キノリル基、1 - イソキノリル基、3 - イソキノリル基、4 - イソキノリル基、5 - イソキノリル基、6 - イソキノリル基、7 - イソキノリル基、8 - イソキノリル基、2 - キノキサリニル基、5 - キノキサリニル基、6 - キノキサリニル基、1 - フェナンスリジニル基、2 - フェナンスリジニル基、3 - フェナンスリジニル基、4 - フェナンスリジニル基、6 - フェナンスリジニル基、7 - フェナンスリジニル基、8 - フェナンスリジニル基、9 - フェナンスリジ

10

20

30

40

50

ニル基、10 - フェナンスリジニル基、1 - アクリジニル基、2 - アクリジニル基、3 -
 アクリジニル基、4 - アクリジニル基、9 - アクリジニル基、1, 7 - フェナンスロリン
 - 2 - イル基、1, 7 - フェナンスロリン - 3 - イル基、1, 7 - フェナンスロリン - 4
 - イル基、1, 7 - フェナンスロリン - 5 - イル基、1, 7 - フェナンスロリン - 6 - イ
 ル基、1, 7 - フェナンスロリン - 8 - イル基、1, 7 - フェナンスロリン - 9 - イル基
 、1, 7 - フェナンスロリン - 10 - イル基、1, 8 - フェナンスロリン - 2 - イル基、
 1, 8 - フェナンスロリン - 3 - イル基、1, 8 - フェナンスロリン - 4 - イル基、1,
 8 - フェナンスロリン - 5 - イル基、1, 8 - フェナンスロリン - 6 - イル基、1, 8 -
 フェナンスロリン - 7 - イル基、1, 8 - フェナンスロリン - 9 - イル基、1, 8 - フェ
 ナンスロリン - 10 - イル基、1, 9 - フェナンスロリン - 2 - イル基、1, 9 - フェナ
 ンスロリン - 3 - イル基、1, 9 - フェナンスロリン - 4 - イル基、1, 9 - フェナ
 ンスロリン - 5 - イル基、1, 9 - フェナンスロリン - 6 - イル基、1, 9 - フェナ
 ンスロリン - 7 - イル基、1, 9 - フェナンスロリン - 8 - イル基、1, 9 - フェナ
 ンスロリン - 10 - イル基、1, 10 - フェナンスロリン - 2 - イル基、1, 10 - フェナ
 ンスロリン - 3 - イル基、1, 10 - フェナンスロリン - 4 - イル基、1, 10 - フェナ
 ンスロリン - 5 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 1 - イル基、2, 9 - フェナ
 ンスロリン - 3 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 4 - イル基、2, 9 - フェナ
 ンスロリン - 5 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 6 - イル基、2, 9 - フェナ
 ンスロリン - 7 - イル基、2, 9 - フェナンスロリン - 8 - イル基、2, 9 - フェナ
 ンスロリン - 10 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 1 - イル基、2, 8 - フェナ
 ンスロリン - 3 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 4 - イル基、2, 8 - フェ
 ナンスロリン - 5 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 6 - イル基、2, 8 - フェ
 ナンスロリン - 7 - イル基、2, 8 - フェナンスロリン - 9 - イル基、2, 8 - フェ
 ナンスロリン - 10 - イル基、2, 7 - フェ
 ナンスロリン - 1 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 3 - イル基、2, 7 - フェ
 ナンスロリン - 4 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 5 - イル基、2, 7 - フェ
 ナンスロリン - 6 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 8 - イル基、2, 7 - フェ
 ナンスロリン - 9 - イル基、2, 7 - フェナンスロリン - 10 - イル基、1 - フェ
 ナジニル基、2 - フェ
 ナジニル基、1 - フェノチアジニル基、2 - フェノチアジニル基、3 - フェノチアジニ
 ル基、4 - フェノチアジニル基、1 - フェノキサジニル基、2 - フェノキサジニル基、3 -
 フェノキサジニル基、4 - フェノキサジニル基、2 - オキサゾリル基、4 - オキサゾリル
 基、5 - オキサゾリル基、2 - オキサジアゾリル基、5 - オキサジアゾリル基、3 - フ
 ラ
 ザニル基、2 - チエニル基、3 - チエニル基、2 - メチルピロール - 1 - イル基、2 - メ
 チルピロール - 3 - イル基、2 - メチルピロール - 4 - イル基、2 - メチルピロール - 5
 - イル基、3 - メチルピロール - 1 - イル基、3 - メチルピロール - 2 - イル基、3 - メ
 チルピロール - 4 - イル基、3 - メチルピロール - 5 - イル基、2 - t - ブチルピロール
 - 4 - イル基、3 - (2 - フェニルプロピル)ピロール - 1 - イル基、2 - メチル - 1 -
 インドリル基、4 - メチル - 1 - インドリル基、2 - メチル - 3 - インドリル基、4 - メ
 チル - 3 - インドリル基、2 - t - ブチル - 1 - インドリル基、4 - t - ブチル - 1 - イ
 ンドリル基、2 - t - ブチル - 3 - インドリル基、4 - t - ブチル - 3 - インドリル基等
 が挙げられる。

【0141】

置換若しくは無置換のアルコキシカルボニル基は - COOY と表され、Y の例としては
 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、n - ヘプチル基、n - オク
 チル基、ヒドロキシメチル基、1 - ヒドロキシエチル基、2 - ヒドロキシエチル基、2 -
 ヒドロキシイソブチル基、1, 2 - ジヒドロキシエチル基、1, 3 - ジヒドロキシイソ
 プロ
 ピル基、2, 3 - ジヒドロキシ - t - ブチル基、1, 2, 3 - トリヒドロキシプロピル
 基、クロロメチル基、1 - クロロエチル基、2 - クロロエチル基、2 - クロロイソブチル
 基、1, 2 - ジクロロエチル基、1, 3 - ジクロロイソプロピル基、2, 3 - ジクロロ -
 t - ブチル基、1, 2, 3 - トリクロロプロピル基、ブromoメチル基、1 - ブromoエチル

10

20

30

40

50

基、2-プロモエチル基、2-プロモイソブチル基、1,2-ジプロモエチル基、1,3-ジプロモイソプロピル基、2,3-ジプロモ-t-ブチル基、1,2,3-トリプロモプロピル基、ヨードメチル基、1-ヨードエチル基、2-ヨードエチル基、2-ヨードイソブチル基、1,2-ジヨードエチル基、1,3-ジヨードイソプロピル基、2,3-ジヨード-t-ブチル基、1,2,3-トリヨードプロピル基、アミノメチル基、1-アミノエチル基、2-アミノエチル基、2-アミノイソブチル基、1,2-ジアミノエチル基、1,3-ジアミノイソプロピル基、2,3-ジアミノ-t-ブチル基、1,2,3-トリアミノプロピル基、シアノメチル基、1-シアノエチル基、2-シアノエチル基、2-シアノイソブチル基、1,2-ジシアノエチル基、1,3-ジシアノイソプロピル基、2,3-ジシアノ-t-ブチル基、1,2,3-トリシアノプロピル基、ニトロメチル基、1-ニトロエチル基、2-ニトロエチル基、2-ニトロイソブチル基、1,2-ジニトロエチル基、1,3-ジニトロイソプロピル基、2,3-ジニトロ-t-ブチル基、1,2,3-トリニトロプロピル基等が挙げられる。

10

【0142】

本発明の有機EL素子では、発光層のホスト材料及び電子注入調整層を形成する材料のいずれか一方又は両方が、多環式縮合芳香族化合物であり、その多環式芳香族骨格部が置換基を有し、その置換基が、置換若しくは無置換のアリール基又は置換若しくは無置換のヘテロアリール基であることが好ましい。

アリール基やヘテロアリール基を置換基として導入することにより、エネルギーギャップの調整や分子会合の防止による長寿命化を図ることができる。

20

【0143】

本発明の有機EL素子では、多環式縮合芳香族骨格部の置換基は、カルバゾール骨格を有しないことが望ましい。多環式縮合芳香族化合物に、カルバゾール基を置換基として導入すると、イオン化ポテンシャルが大きくなる等により1重項エネルギーギャップ $E_g(S)$ が大きくなり、発光層への陽極からの正孔注入を助ける正孔輸送層や、陰極からの電子注入を助ける電子輸送層等を有する、多層構造が困難になる。というのも、正孔輸送層や電子輸送層は $E_g(S)$ がさほど小さくなく、このために発光層のエネルギーギャップ $E_g(S)$ は大きくなり過ぎると、素子寿命の長期化を図る上で好ましくない。また、多環式縮合芳香族化合物に、カルバゾール基を置換基として導入すると、より短波長の燐光発光材料に対してもホスト材料として適用できるが、概して酸化に弱いカルバゾール基の導入は素子の寿命を短くすることに繋がるため好ましくない。

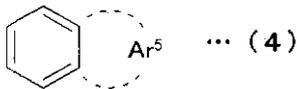
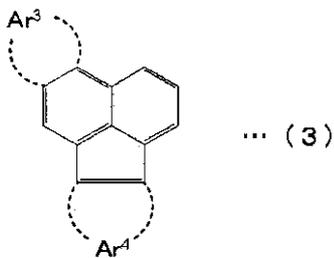
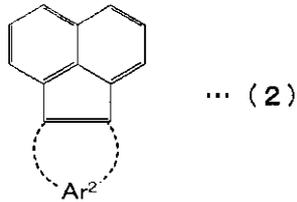
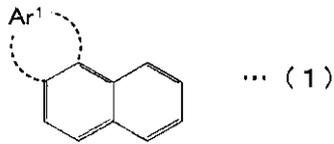
30

【0144】

本発明の有機EL素子では、発光層のホスト材料及び電子注入調整層を形成する材料のいずれか一方又は両方が、多環式縮合芳香族化合物であり、その多環式縮合芳香族骨格部が、下記の式(1)~(4)で表される化合物からなる群から選ばれるいずれかであることがより好ましい。

【0145】

【化 4 7】



10

20

【0146】

式(1)~(4)中、 $Ar^1 \sim Ar^5$ は、置換若しくは無置換の核炭素数4から16の縮合環構造を表す。

式(1)で表される化合物としては、例えば、置換若しくは無置換のフェナントレン、クリセン等が挙げられる。

式(2)で表される化合物としては、例えば、置換若しくは無置換のアセナフチレン、アセナフテン、フルオランテン等が挙げられる。

30

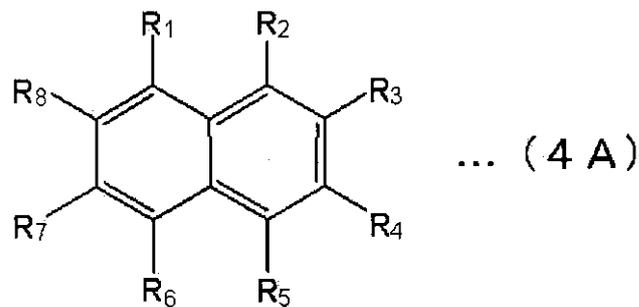
式(3)で表される化合物としては、例えば、置換若しくは無置換のベンゾフルオランテン等が挙げられる。

式(4)で表される化合物としては、例えば、置換若しくは無置換のナフタレンの単体又は誘導体等が挙げられる。

ナフタレン誘導体としては、例えば、下記式(4A)のものが挙げられる。

【0147】

【化 4 8】



40

【0148】

式(4A)中、 $R_1 \sim R_8$ は、それぞれ独立に、水素原子又は、核炭素数5~30の置換基若しくは無置換のアリール基、炭素数1~30の分岐又は直鎖のアルキル基、炭素数3~20の置換若しくは無置換のシクロアルキル基が単独又は複数の組み合わせで構成さ

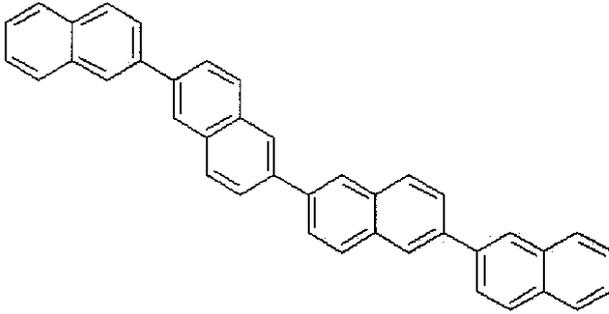
50

れる置換基を表す。

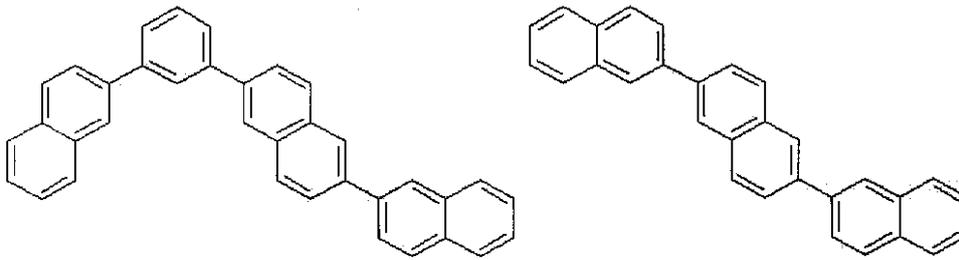
ナフタレン誘導体の具体例としては、下記のもの挙げられる。

【0149】

【化49】



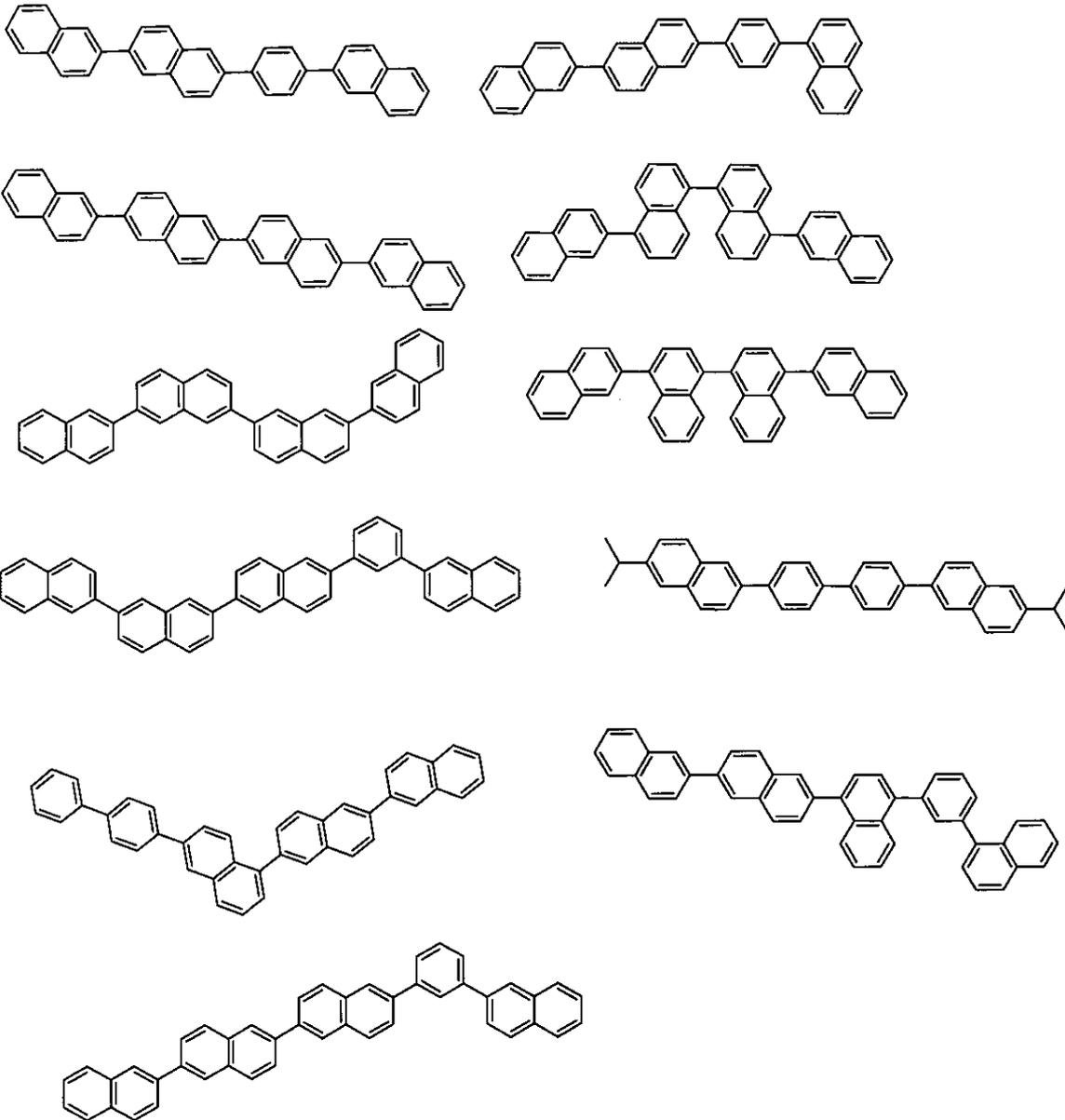
10



20

【0150】

【化50】



10

20

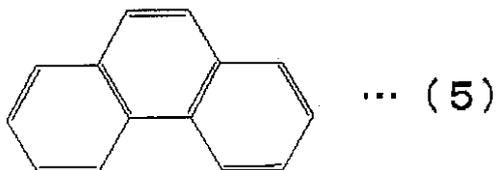
30

【0151】

また、本発明の有機EL素子では、上記多環式縮合芳香族骨格部は、下記式(5)で表されるフェナントレン又はその誘導体であることが好ましい。

【0152】

【化51】



40

【0153】

フェナントレン誘導体の置換基としては、例えば、アルキル基、シクロアルキル基、アラルキル基、アルケニル基、シクロアルケニル基、アルキニル基、水酸基、メルカプト基、アルコキシ基、アルキルチオ基、アリールエーテル基、アリールチオエーテル基、アリール基、複素環基、ハロゲン、ハロアルカン、ハロアルケン、ハロアルキン、シアノ基、

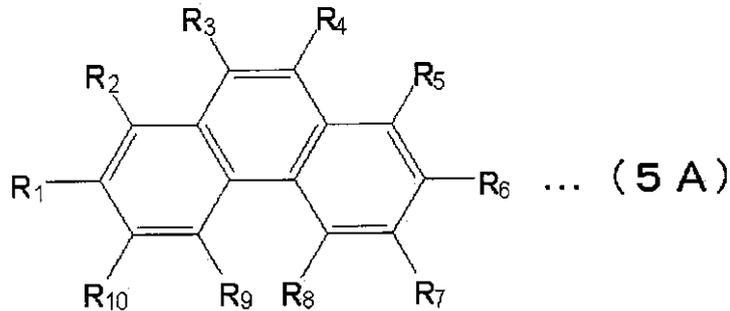
50

アルデヒド基、カルボニル基、カルボキシ基、エステル基、アミノ基、ニトロ基、シリル基、シロキサニル基が挙げられる。

このようなフェナントレン誘導体としては、例えば、下記式(5A)のものが挙げられる。

【0154】

【化52】



10

【0155】

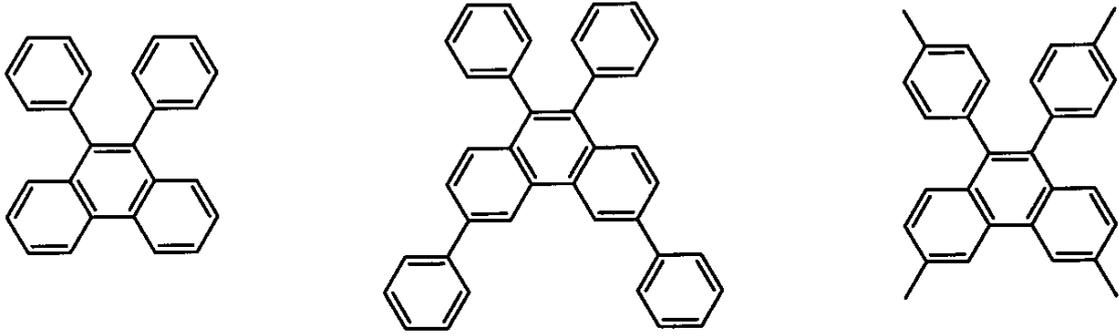
式(5A)中、 $R_1 \sim R_{10}$ は、それぞれ独立に、水素原子又は、核炭素数5~30の置換基若しくは無置換のアリール基、炭素数1~30の分岐若しくは直鎖のアルキル基、炭素数3~20の置換若しくは無置換のシクロアルキル基が単独又は複数の組み合わせで構成される置換基を表す。

20

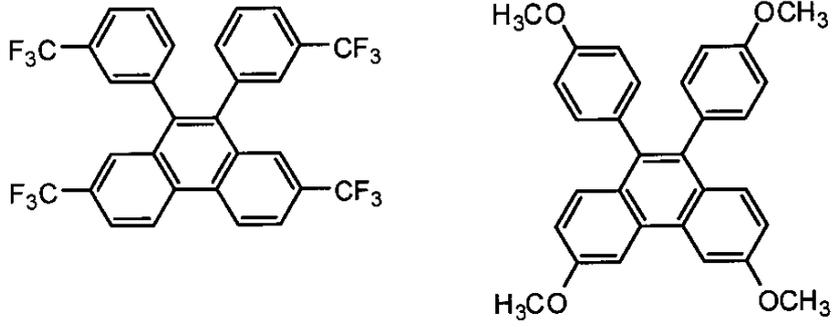
式(5)で表されるフェナントレン誘導体の具体例としては、下記のもの挙げられる。

【0156】

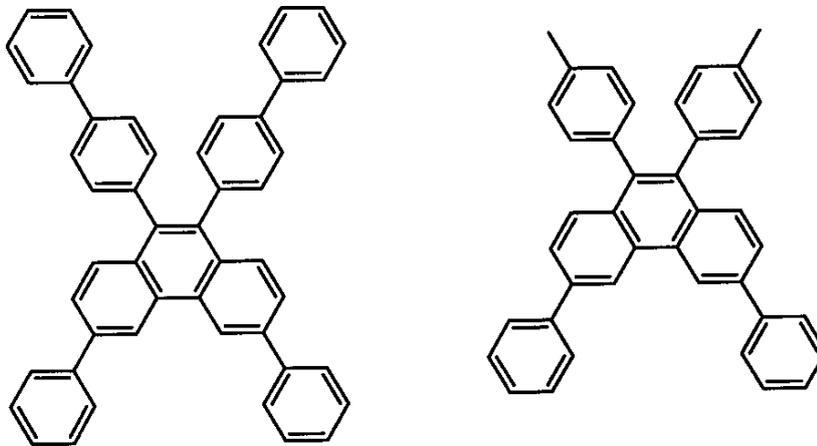
【化 5 3】



10



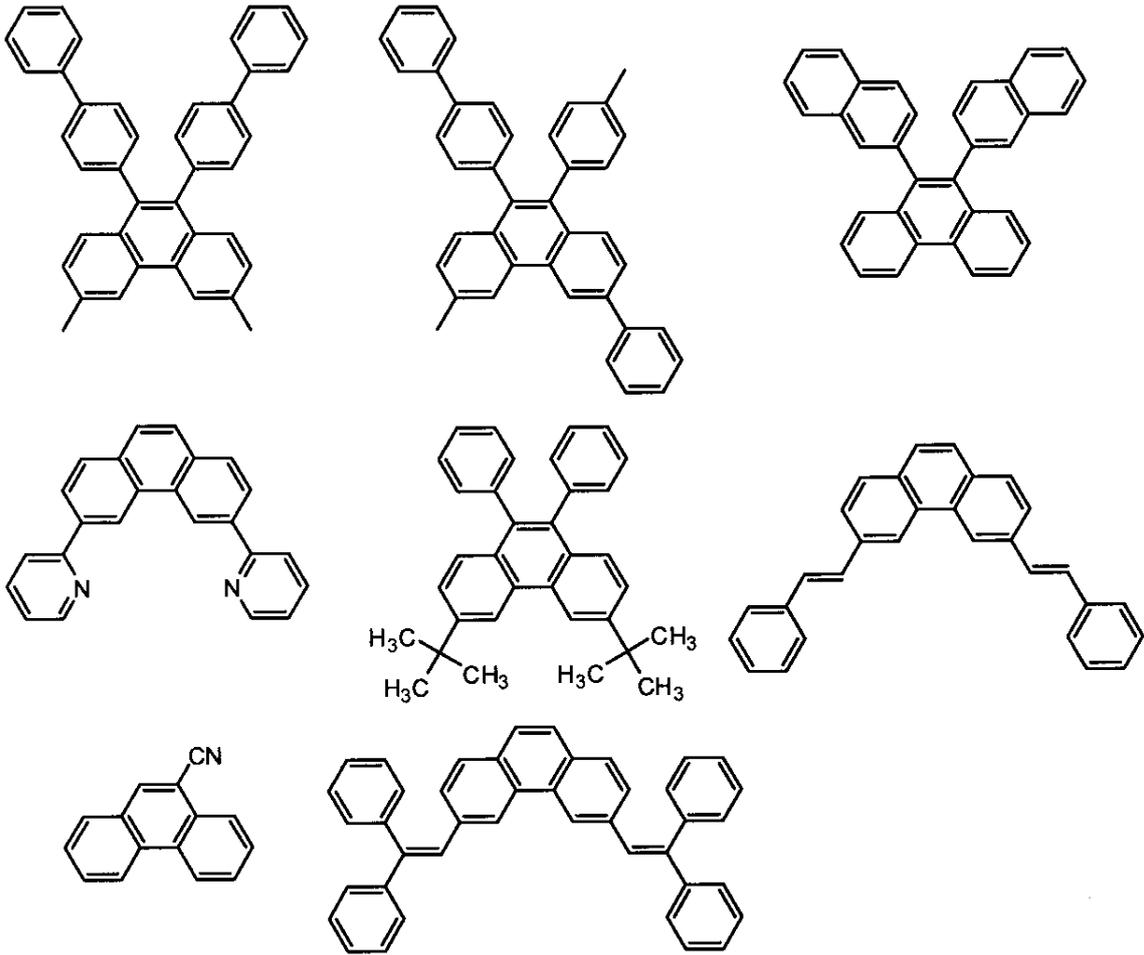
20



30

【 0 1 5 7 】

【化54】

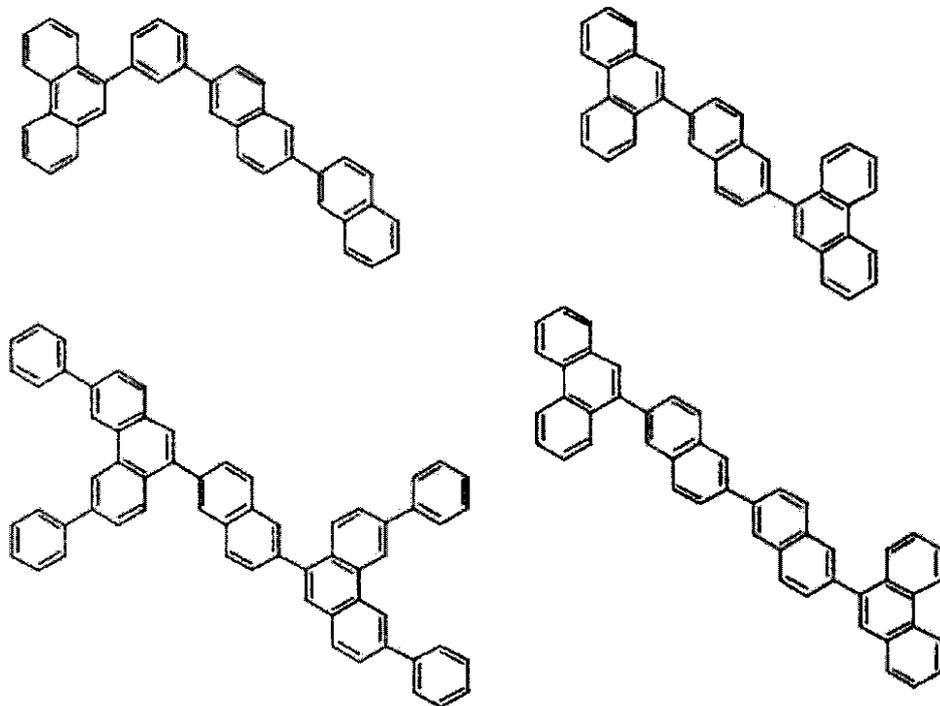


10

20

【0158】

【化55】



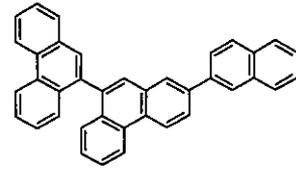
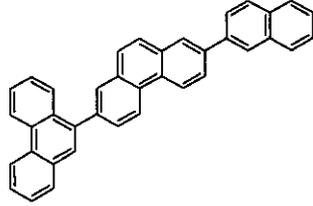
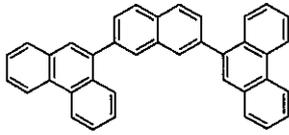
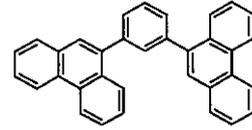
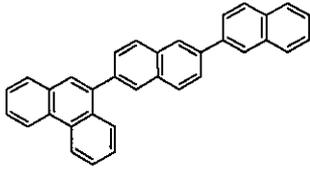
30

40

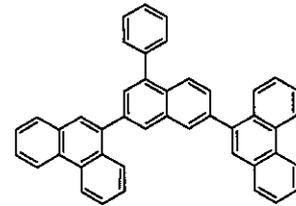
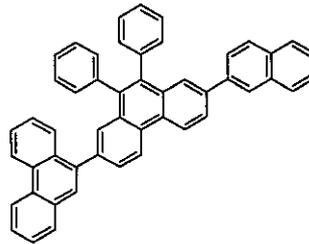
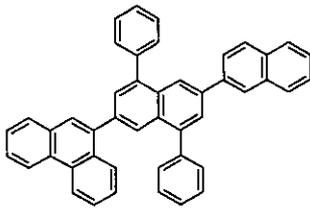
【0159】

50

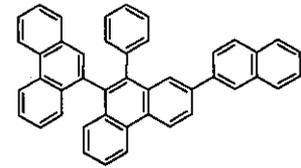
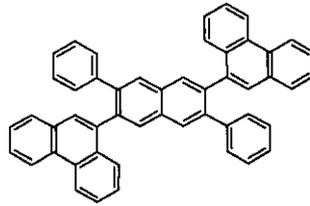
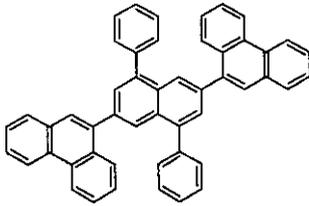
【化 5 6】



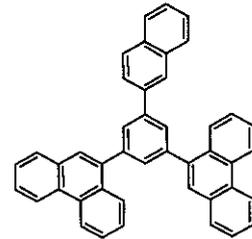
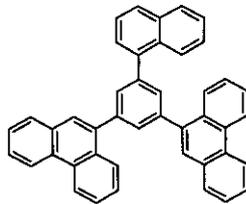
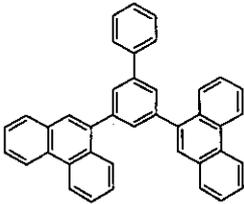
10



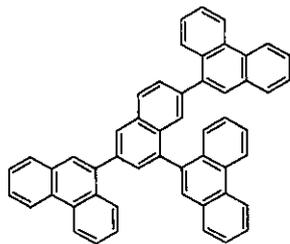
20



30

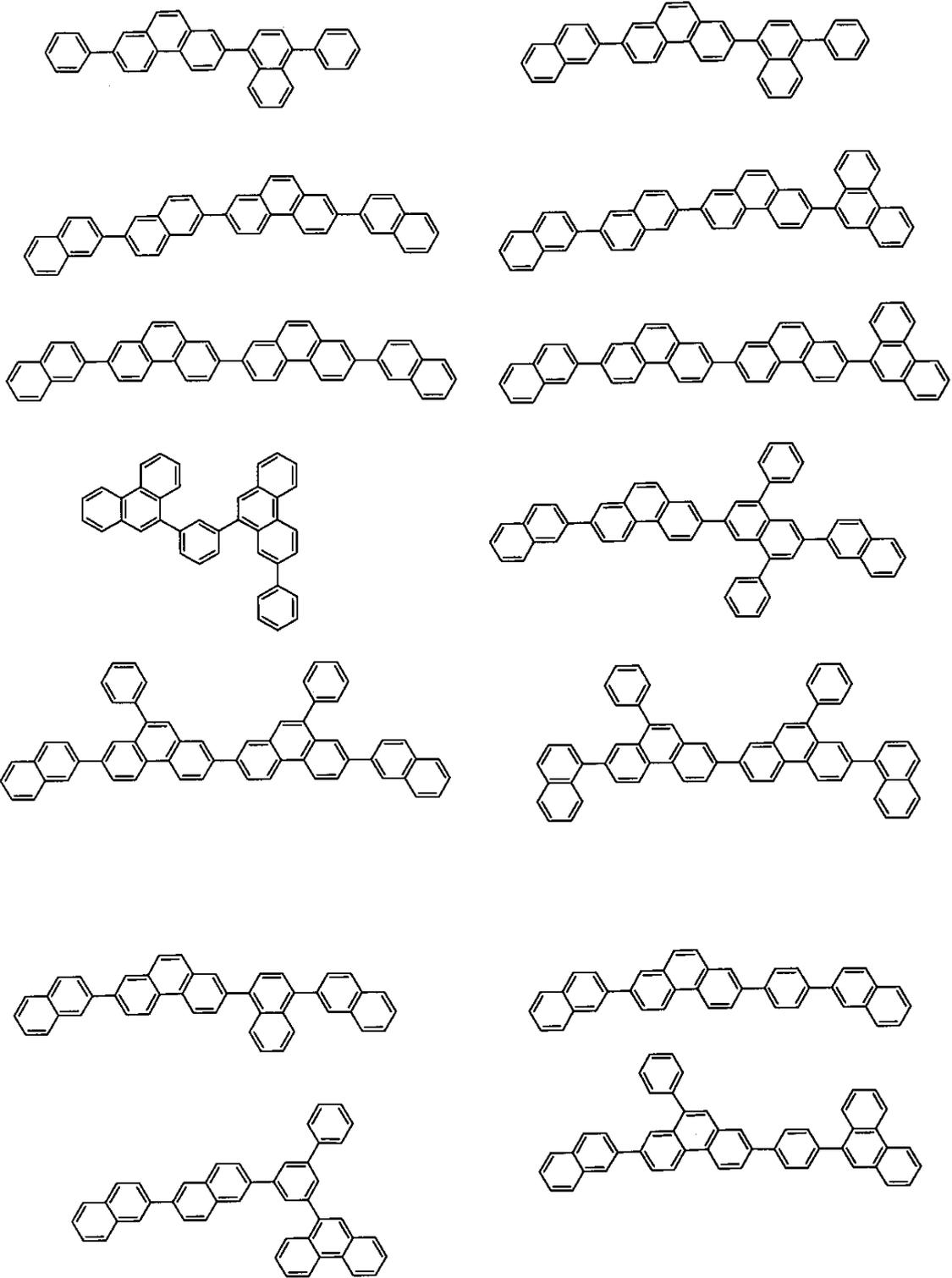


40



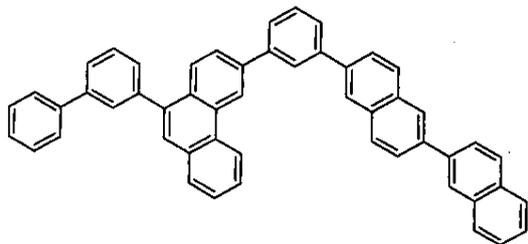
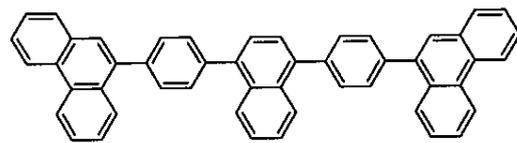
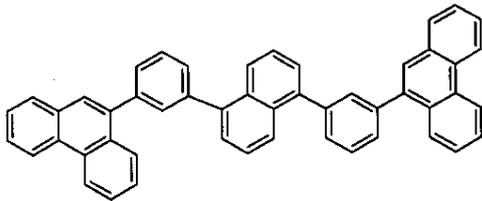
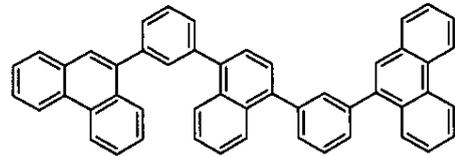
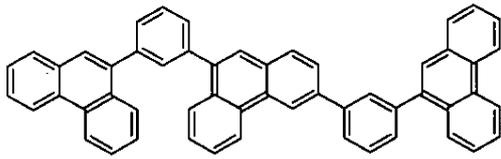
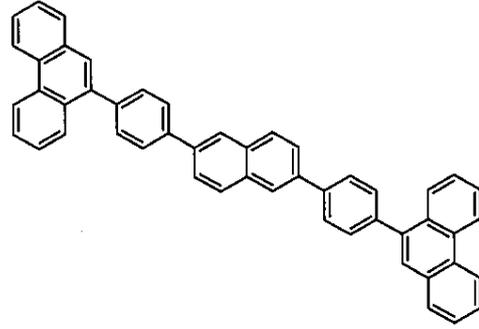
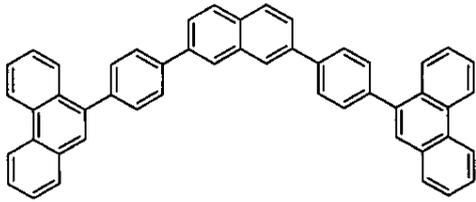
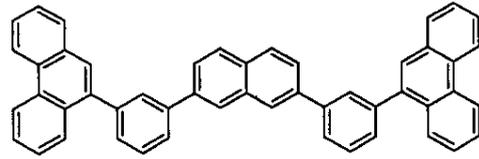
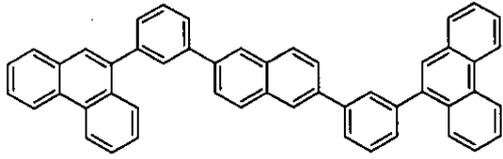
【 0 1 6 0 】

【化 5 7】



【 0 1 6 1 】

【化 5 8】



【 0 1 6 2 】

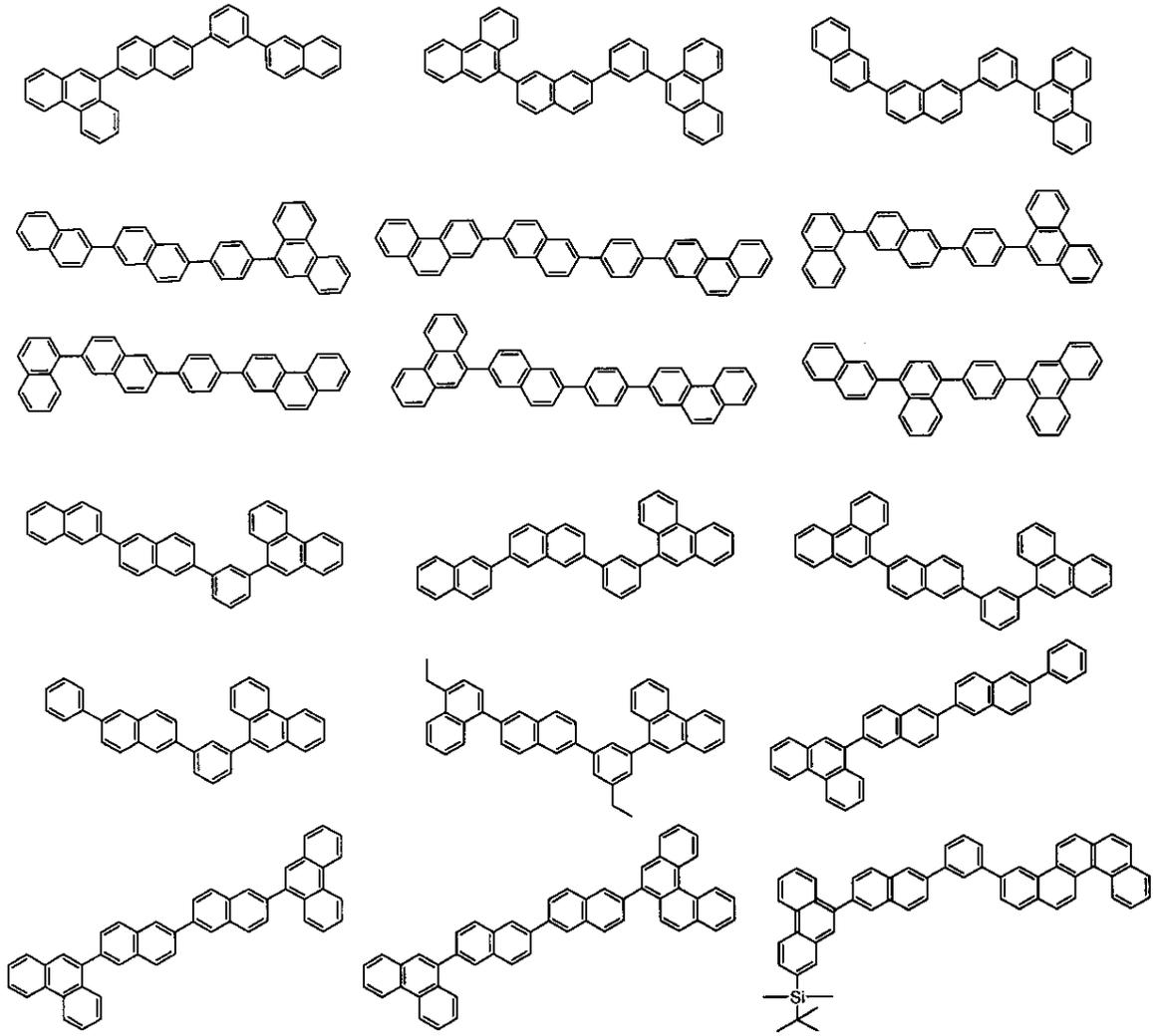
10

20

30

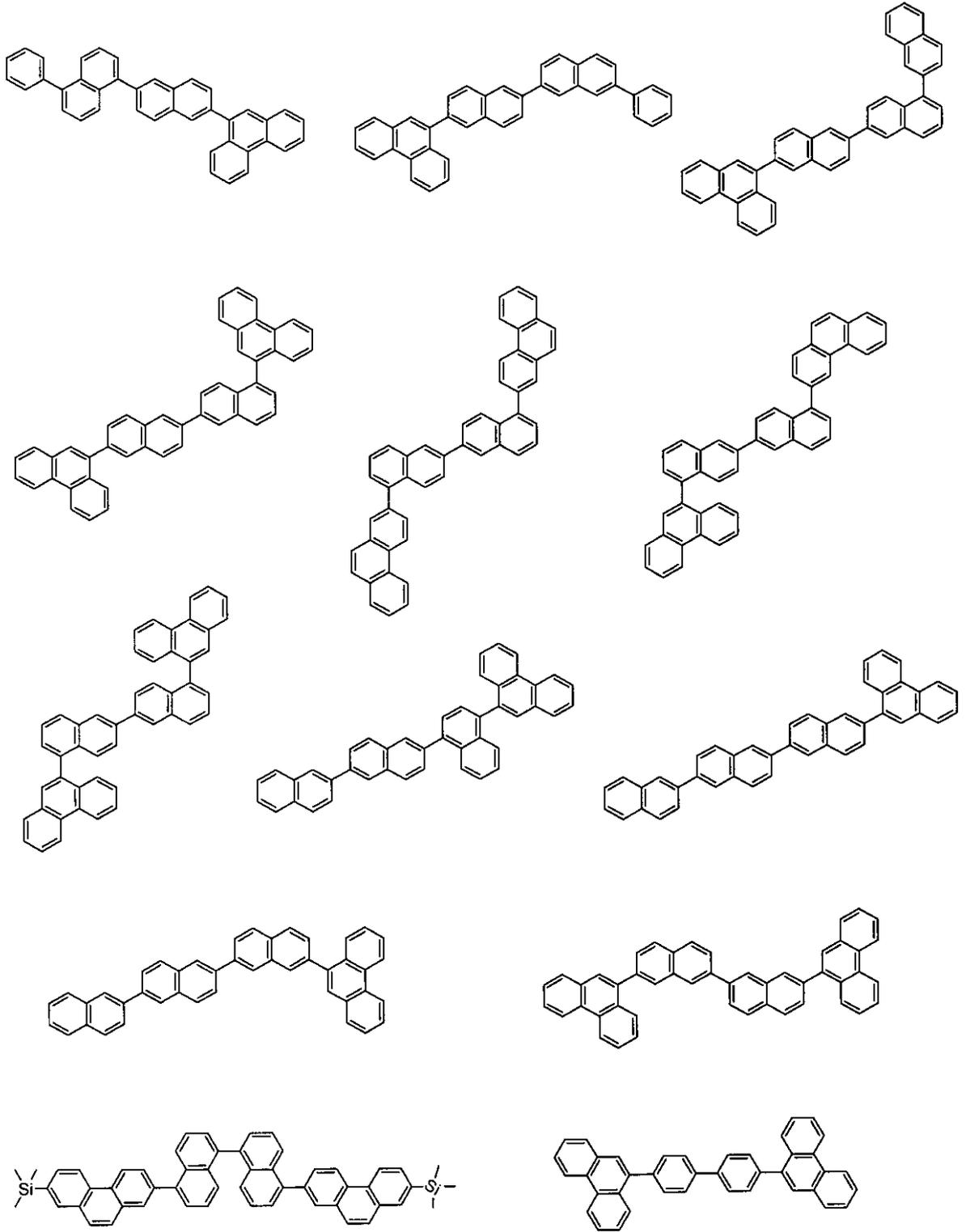
40

【化 5 9】



【 0 1 6 3 】

【化 6 0】



10

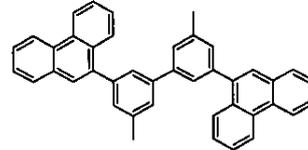
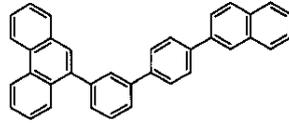
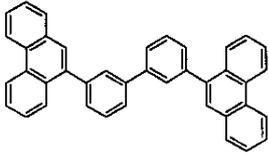
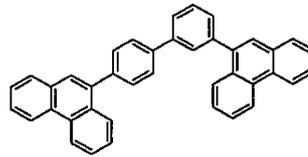
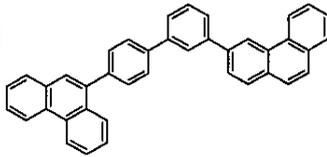
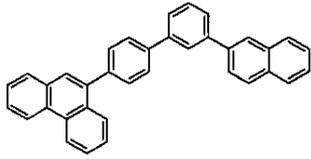
20

30

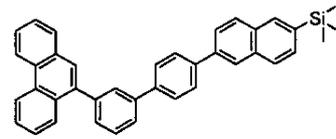
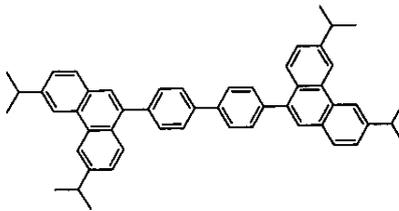
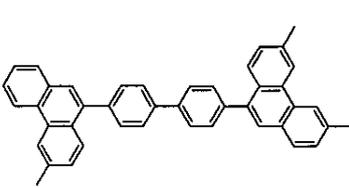
40

【 0 1 6 4】

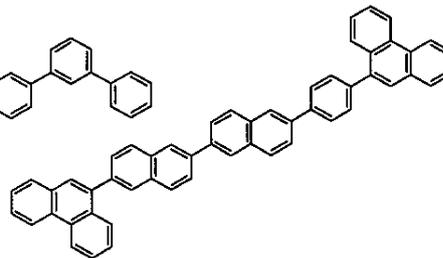
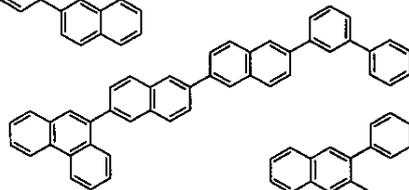
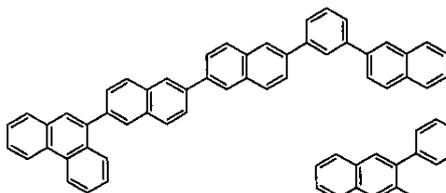
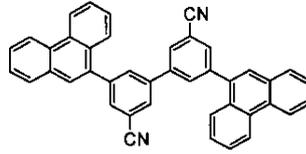
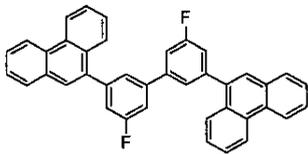
【化 6 1】



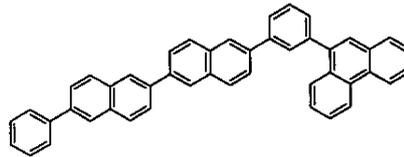
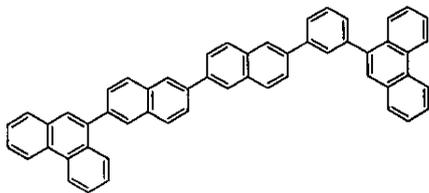
10



20



30



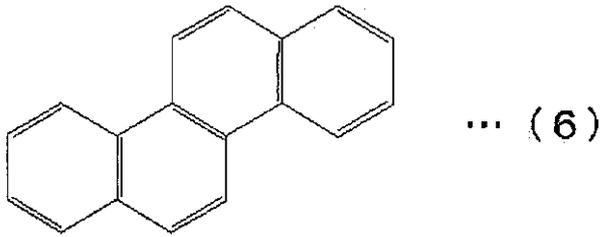
40

【 0 1 6 5】

さらに、本発明の有機EL素子では、上記多環式縮合芳香族骨格部は、下記式(6)で表されるクリセン又はその誘導体であることが好ましい。

【 0 1 6 6】

【化 6 2】



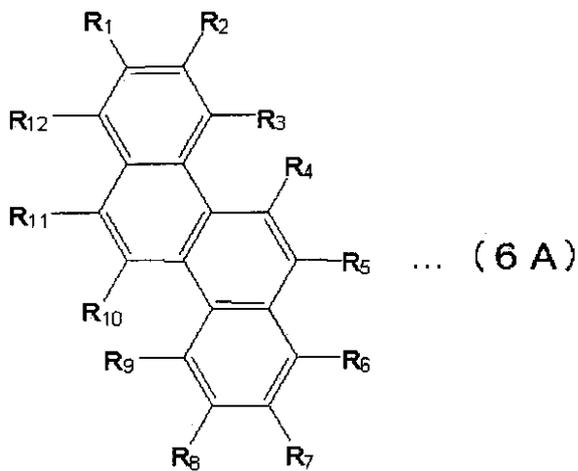
【 0 1 6 7 】

このようなクリセン誘導体としては、例えば、下記式 (6 A) のものが挙げられる。

10

【 0 1 6 8 】

【化 6 3】



20

【 0 1 6 9 】

式 (6 A) 中、 $R_1 \sim R_{12}$ は、それぞれ独立に、水素原子又は、核炭素数 5 ~ 30 の置換基若しくは無置換のアリール基、炭素数 1 ~ 30 の分岐若しくは直鎖のアルキル基、炭素数 3 ~ 20 の置換若しくは無置換のシクロアルキル基が単独又は複数の組み合わせで

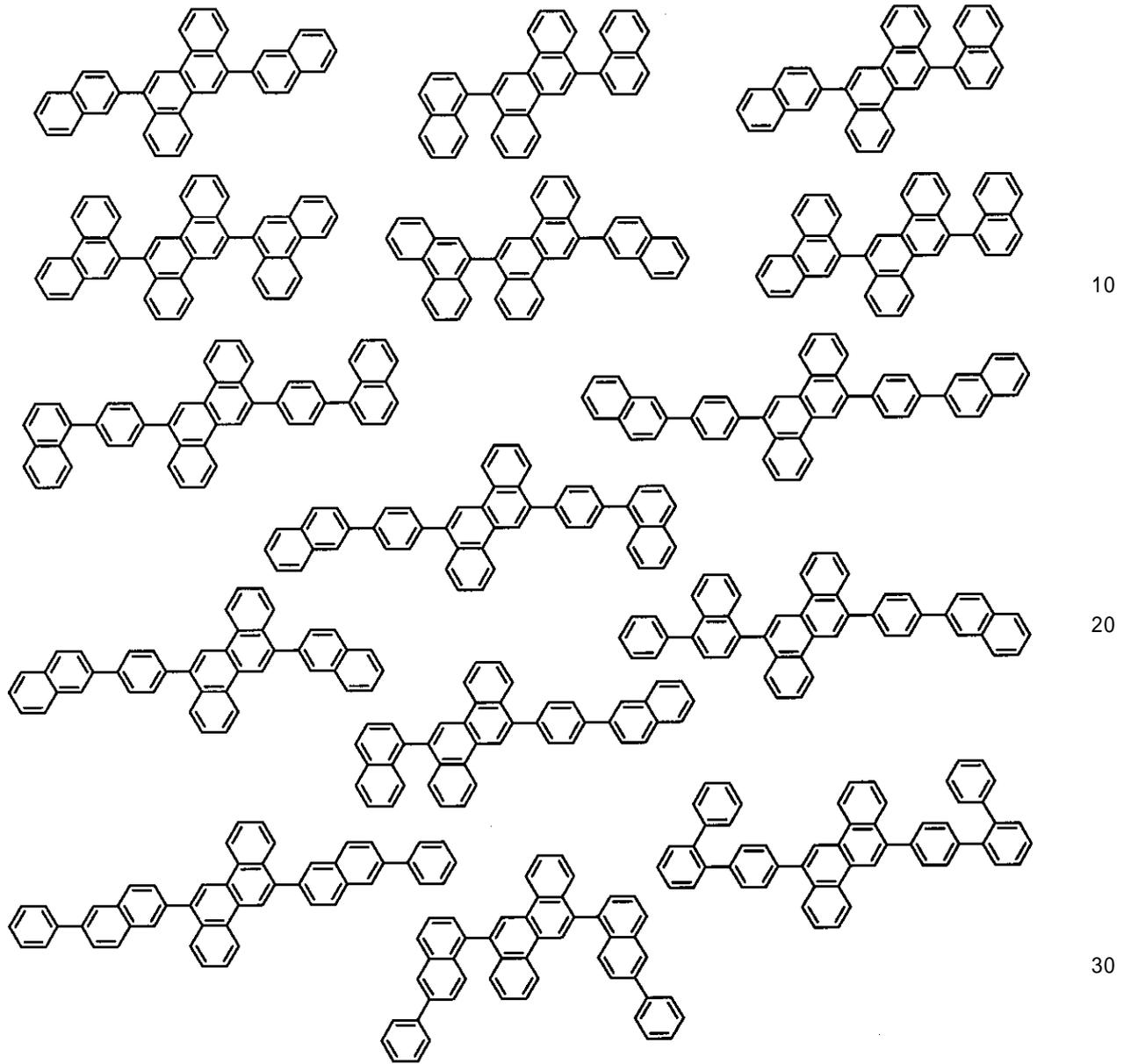
30

構成される置換基を表す。

式 (6) で表されるクリセン誘導体の具体例としては、下記のものが挙げられる。

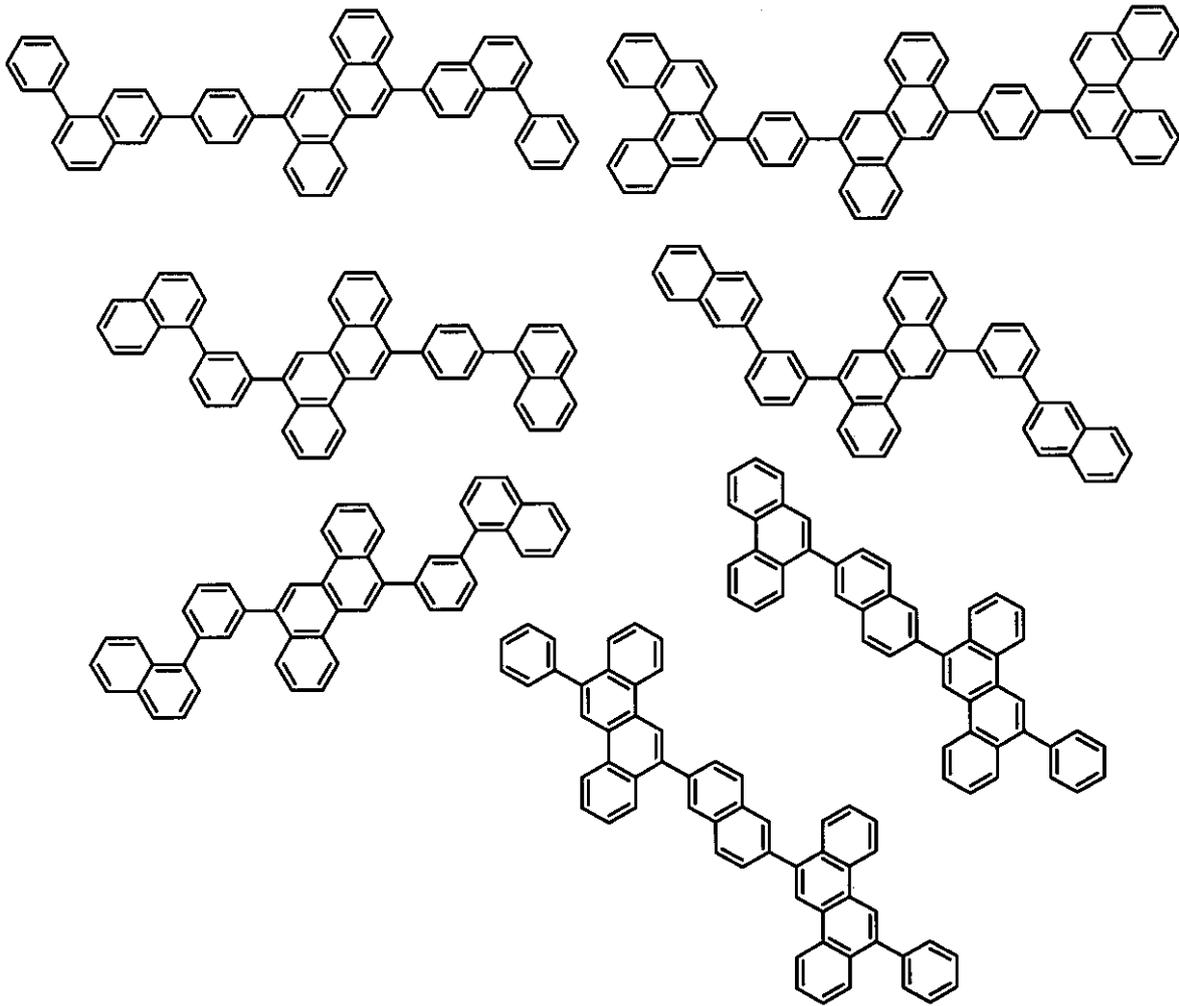
【 0 1 7 0 】

【化 6 4】



【 0 1 7 1 】

【化 6 5】



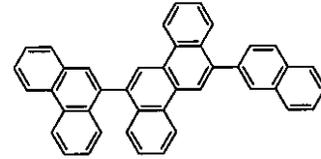
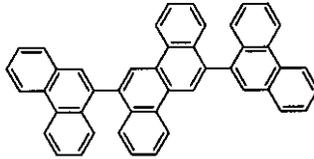
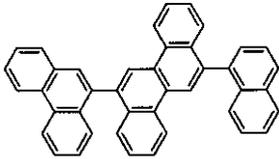
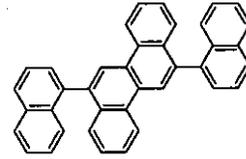
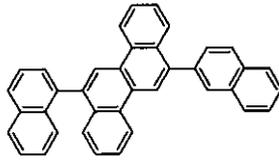
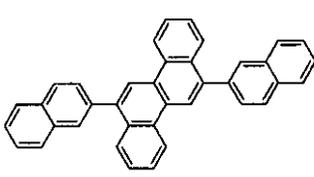
10

20

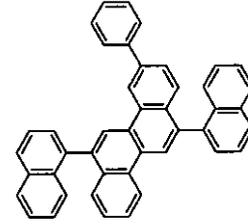
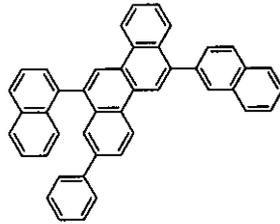
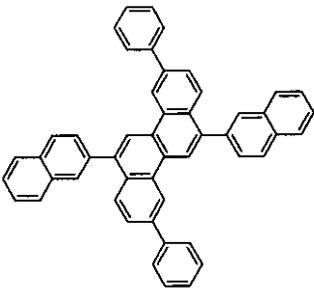
【 0 1 7 2 】

30

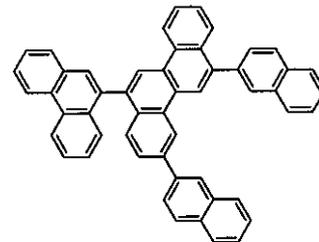
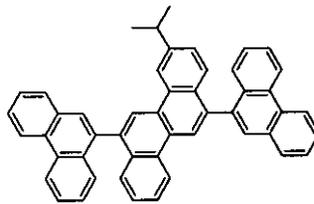
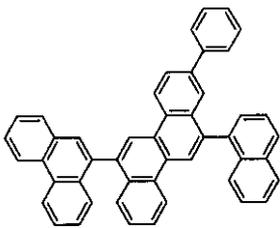
【化 6 6】



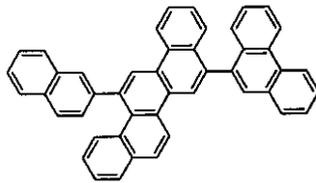
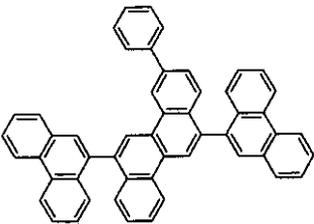
10



20



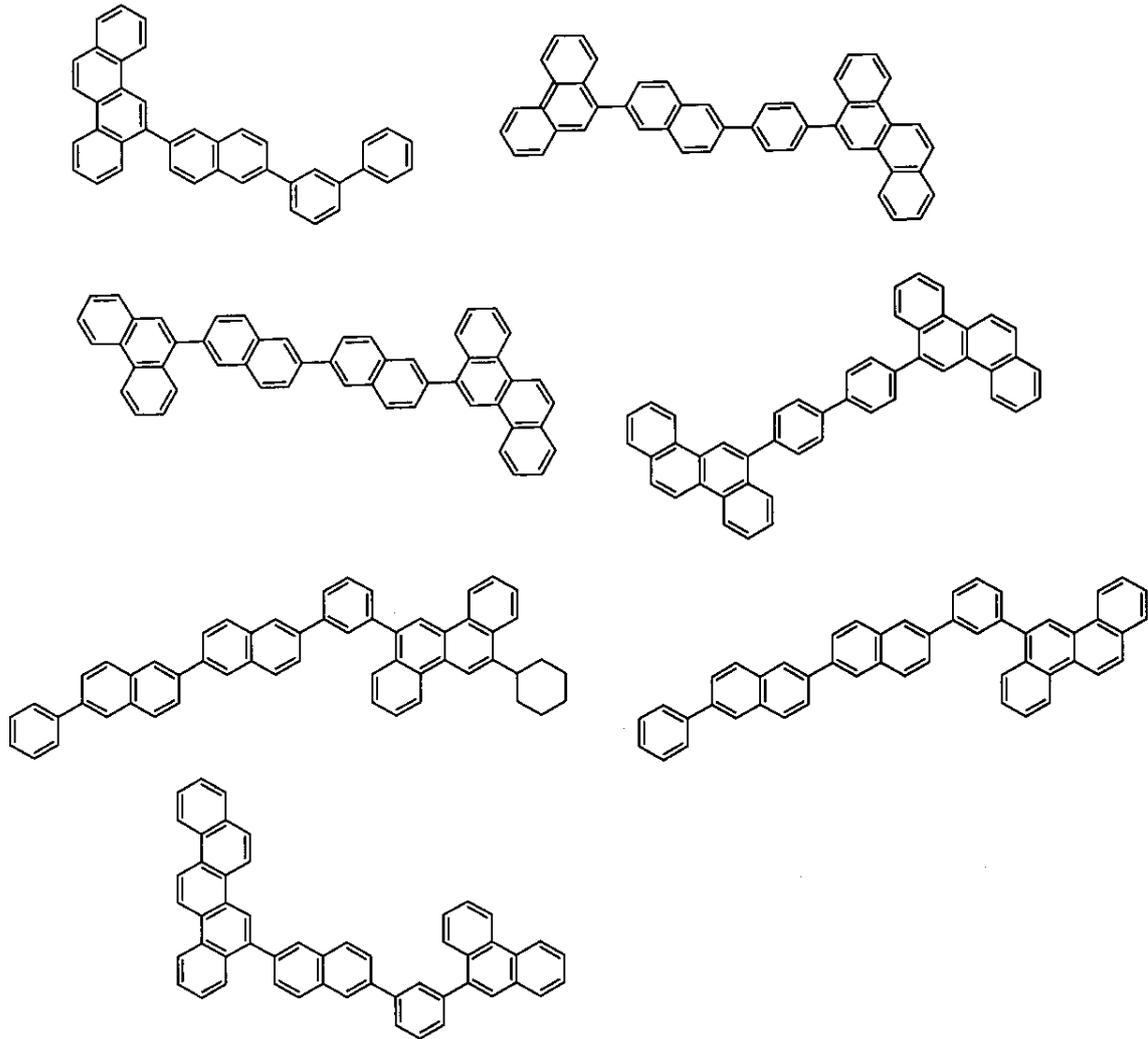
30



【 0 1 7 3】

40

【化 6 7】



10

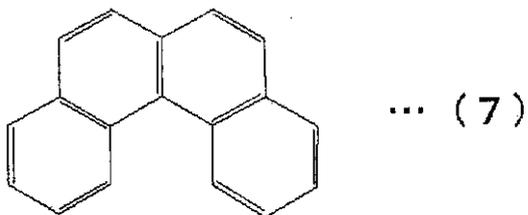
20

【 0 1 7 4】

また、本発明の有機 E L 素子では、上記多環式縮合芳香族骨格部は、下記式 (7) で表される化合物 (ベンゾ [c] フェナントレン) 又はその誘導体であることが好ましい。

【 0 1 7 5】

【化 6 8】



30

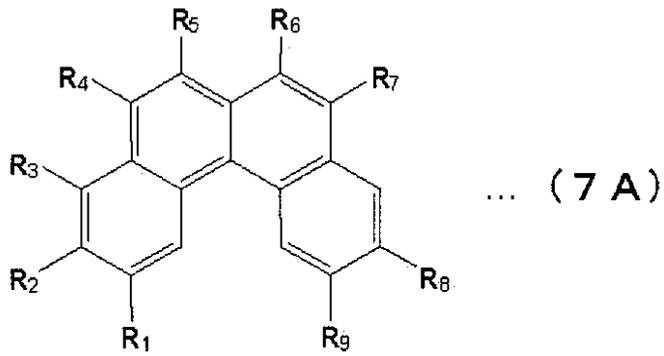
40

【 0 1 7 6】

このようなベンゾ [c] フェナントレン誘導体としては、例えば、下記式 (7 A) のものが挙げられる。

【 0 1 7 7】

【化69】



10

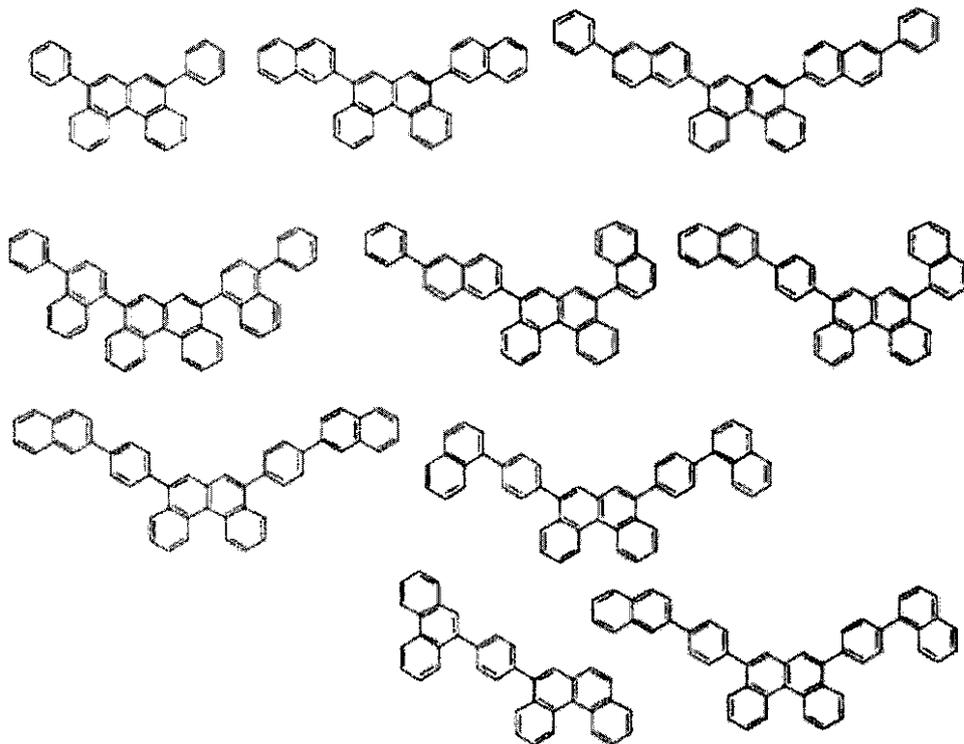
【0178】

式(7A)中、 $R_1 \sim R_9$ は、それぞれ独立に、水素原子又は、核炭素数5~30の置換基若しくは無置換のアリール基、炭素数1~30の分岐又は直鎖のアルキル基、炭素数3~20の置換若しくは無置換のシクロアルキル基が単独又は複数の組み合わせで構成される置換基を表す。

式(7A)で表されるベンゾ[c]フェナントレン誘導体の具体例としては、下記のもの挙げられる。

【0179】

【化70】



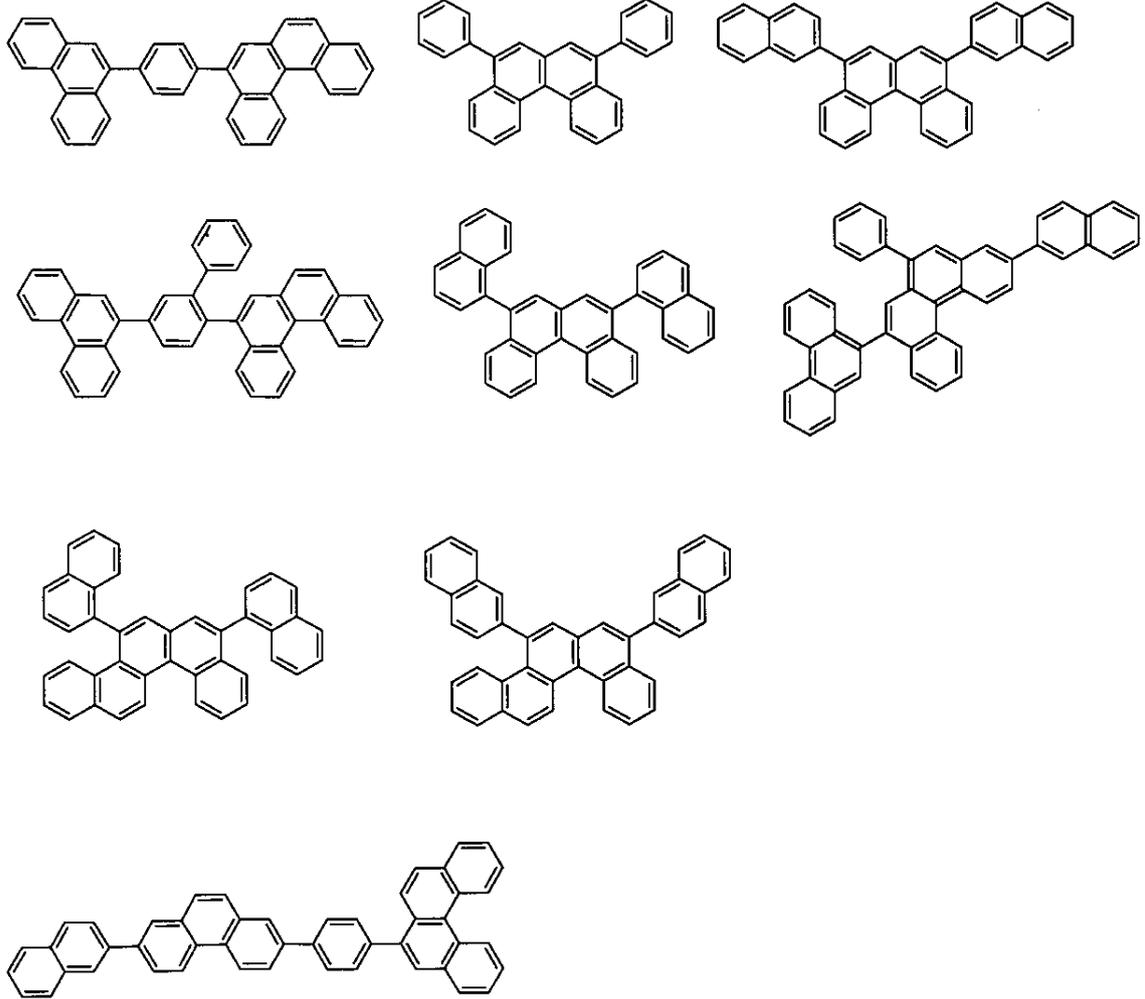
20

30

40

【0180】

【化 7 1】



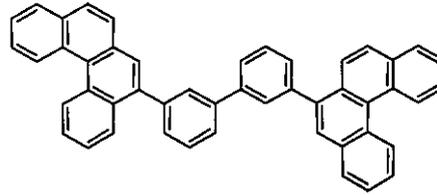
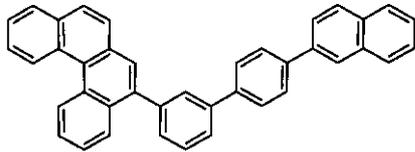
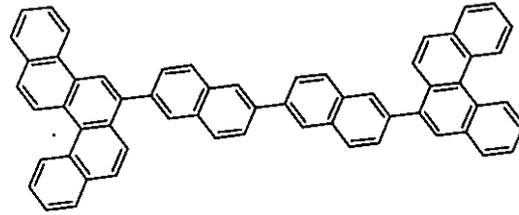
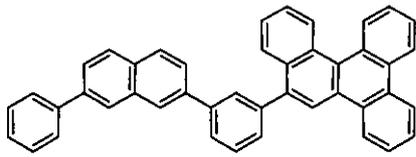
10

20

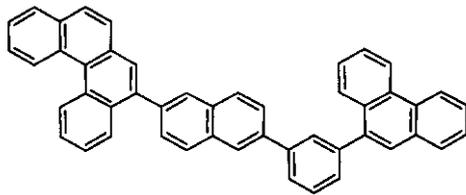
【 0 1 8 1】

30

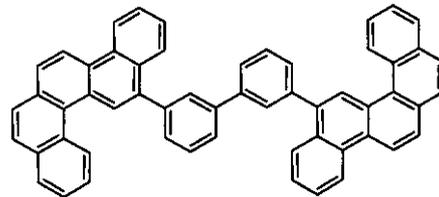
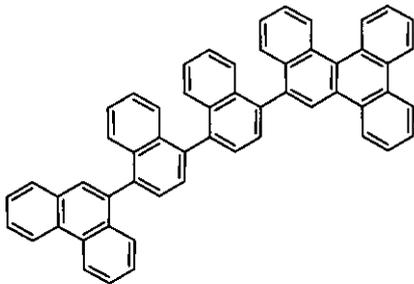
【化72】



10



20



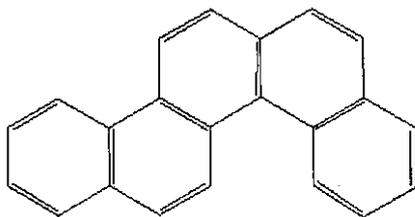
30

【0182】

さらに、本発明の有機EL素子では、上記多環式縮合芳香族骨格部は、下記式(8)で表される化合物(ベンゾ[c]クリセン)又はその誘導体であることが好ましい。

【0183】

【化73】



... (8)

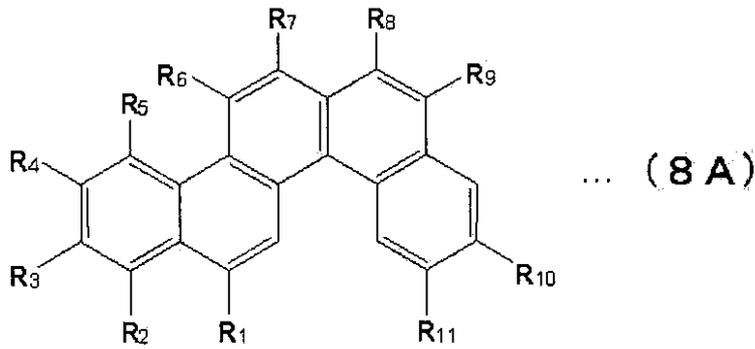
40

【0184】

このようなベンゾ[c]クリセン誘導体としては、例えば、下記式(8A)のものが挙げられる。

【0185】

【化74】



10

【0186】

式(8A)中、 $R_1 \sim R_{11}$ は、それぞれ独立に、水素原子又は、核炭素数5～30の置換基若しくは無置換のアリール基、炭素数1～30の分岐又は直鎖のアルキル基、炭素数3～20の置換若しくは無置換のシクロアルキル基が単独又は複数の組み合わせで構成される置換基を表す。

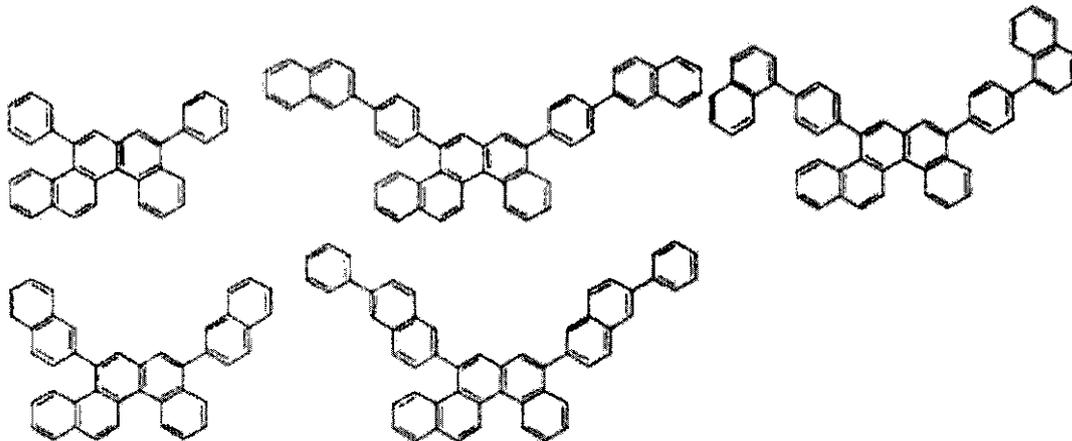
式(8A)で表されるベンゾ[c]クリセン誘導体の具体例としては、下記のもの挙げられる。

このような化合物の誘導体としては、例えば、下記のもの挙げられる。

【0187】

20

【化75】



30

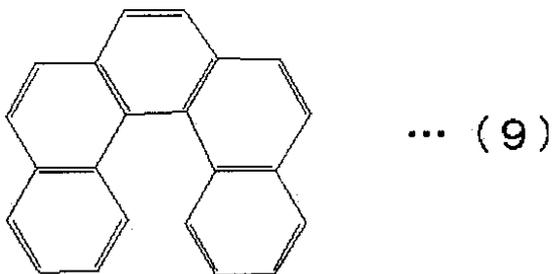
【0188】

本発明の有機EL素子では、上記多環式縮合芳香族骨格部は、下記式(9)で表される化合物(ジベンゾ[c, g]フェナントレン)又はその誘導体であることが好ましい。

【0189】

【化76】

40



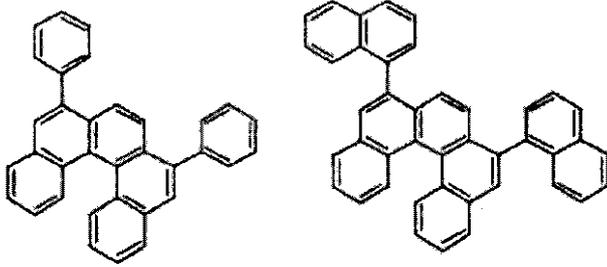
【0190】

このような化合物の誘導体としては、例えば、下記のもの挙げられる。

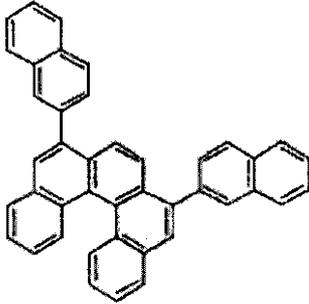
50

【 0 1 9 1 】

【 化 7 7 】



10



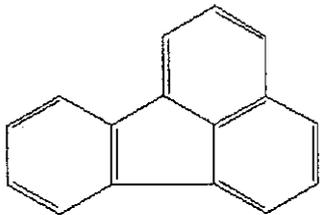
20

【 0 1 9 2 】

また、本発明の有機 E L 素子では、上記多環式縮合芳香族骨格部は、下記式 (1 0) で表されるフルオランテン又はその誘導体であることが好ましい。

【 0 1 9 3 】

【 化 7 8 】



... (1 0)

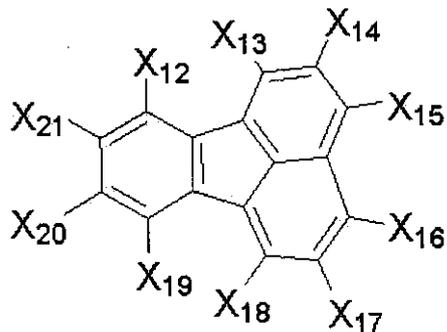
30

【 0 1 9 4 】

このようなフルオランテン誘導体としては、例えば、下記式 (1 0 A) のものが挙げられる。

【 0 1 9 5 】

【 化 7 9 】



... (1 0 A)

40

【 0 1 9 6 】

式 (1 0 A) 中、 $X_{12} \sim X_{21}$ は水素原子、ハロゲン原子、直鎖、分岐若しくは環状のアルキル基、直鎖、分岐若しくは環状のアルコキシ基、置換若しくは無置換のアリール

50

基、又は置換若しくは無置換のヘテロアリール基を表す。

尚、アリール基の例としては、フェニル基、ナフチル基等が挙げられ、ヘテロアリール基の例としては、フリル基、チエニル基、ピリジル基等が挙げられる。

【0197】

$X_{1,2} \sim X_{2,1}$ は、好ましくは、水素原子、ハロゲン原子（例えば、フッ素原子、塩素原子、臭素原子）、炭素数1～16の直鎖、分岐若しくは環状のアルキル基（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、イソブチル基、*sec*-ブチル基、*tert*-ブチル基、*n*-ペンチル基、イソペンチル基、ネオペンチル基、*tert*-ペンチル基、シクロペンチル基、*n*-ヘキシル基、3,3-ジメチルブチル基、シクロヘキシル基、*n*-ヘプチル基、シクロヘキシルメチル基、*n*-オクチル基、*tert*-オクチル基、2-エチルヘキシル基、*n*-ノニル基、*n*-デシル基、*n*-ドデシル基、*n*-テトラデシル基、*n*-ヘキサデシル基等）、炭素数1～16の直鎖、分岐若しくは環状のアルコキシ基（例えば、メトキシ基、エトキシ基、*n*-プロポキシ基、イソプロポキシ基、*n*-ブトキシ基、イソブトキシ基、*sec*-ブトキシ基、*n*-ペンチルオキシ基、ネオペンチルオキシ基、シクロペンチルオキシ基、*n*-ヘキシルオキシ基、3,3-ジメチルブチルオキシ基、シクロヘキシルオキシ基、*n*-ヘプチルオキシ基、*n*-オクチルオキシ基、2-エチルヘキシルオキシ基、*n*-ノニルオキシ基、*n*-デシルオキシ基、*n*-ドデシルオキシ基、*n*-テトラデシルオキシ基、*n*-ヘキサデシルオキシ基等）、炭素数4～16の置換若しくは無置換のアリール基（例えば、フェニル基、2-メチルフェニル基、3-メチルフェニル基、4-メチルフェニル基、4-エチルフェニル基、4-*n*-プロピルフェニル基、4-イソプロピルフェニル基、4-*n*-ブチルフェニル基、4-*tert*-ブチルフェニル基、4-イソペンチルフェニル基、4-*tert*-ペンチルフェニル基、4-*n*-ヘキシルフェニル基、4-シクロヘキシルフェニル基、4-*n*-オクチルフェニル基、4-*n*-デシルフェニル基、2,3-ジメチルフェニル基、2,4-ジメチルフェニル基、2,5-ジメチルフェニル基、3,4-ジメチルフェニル基、5-インダニル基、1,2,3,4-テトラヒドロ-5-ナフチル基、1,2,3,4-テトラヒドロ-6-ナフチル基、2-メトキシフェニル基、3-メトキシフェニル基、4-メトキシフェニル基、3-エトキシフェニル基、4-エトキシフェニル基、4-*n*-プロポキシフェニル基、4-イソプロポキシフェニル基、4-*n*-ブトキシフェニル基、4-*n*-ペンチルオキシフェニル基、4-*n*-ヘキシルオキシフェニル基、4-シクロヘキシルオキシフェニル基、4-*n*-ヘプチルオキシフェニル基、4-*n*-オクチルオキシフェニル基、4-*n*-デシルオキシフェニル基、2,3-ジメトキシフェニル基、2,5-ジメトキシフェニル基、3,4-ジメトキシフェニル基、2-メトキシ-5-メチルフェニル基、3-メチル-4-メトキシフェニル基、2-フルオロフェニル基、3-フルオロフェニル基、4-フルオロフェニル基、2-クロロフェニル基、3-クロロフェニル基、4-クロロフェニル基、4-プロモフェニル基、4-トリフルオロメチルフェニル基、3,4-ジクロロフェニル基、2-メチル-4-クロロフェニル基、2-クロロ-4-メチルフェニル基、3-クロロ-4-メチルフェニル基、2-クロロ-4-メトキシフェニル基、4-フェニルフェニル基、3-フェニルフェニル基、4-(4'-メチルフェニル)フェニル基、4-(4'-メトキシフェニル)フェニル基、1-ナフチル基、2-ナフチル基、4-エトキシ-1-ナフチル基、6-メトキシ-2-ナフチル基、7-エトキシ-2-ナフチル基等）、又は置換若しくは無置換のヘテロアリール基（2-フリル基、2-チエニル基、3-チエニル基、2-ピリジル基、3-ピリジル基、4-ピリジル基等）であり、より好ましくは、水素原子、フッ素原子、塩素原子、炭素数1～10のアルキル基、炭素数1～10のアルコキシ基、炭素数6～12のアリール基又は炭素数6～12のヘテロアリール基であり、さらに好ましくは、水素原子、フッ素原子、塩素原子、炭素数1～6のアルキル基、炭素数1～6のアルコキシ基又は炭素数6～10のアリール基である。

【0198】

式(10A)で表されるフルオランテン誘導体の具体例としては、下記のもものが挙げられる。

10

20

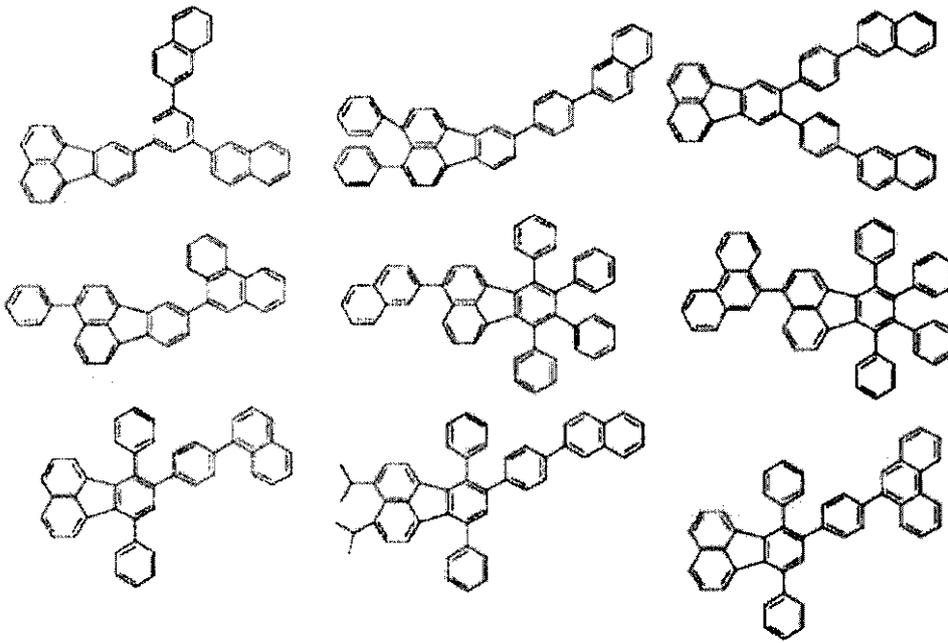
30

40

50

【 0 1 9 9 】

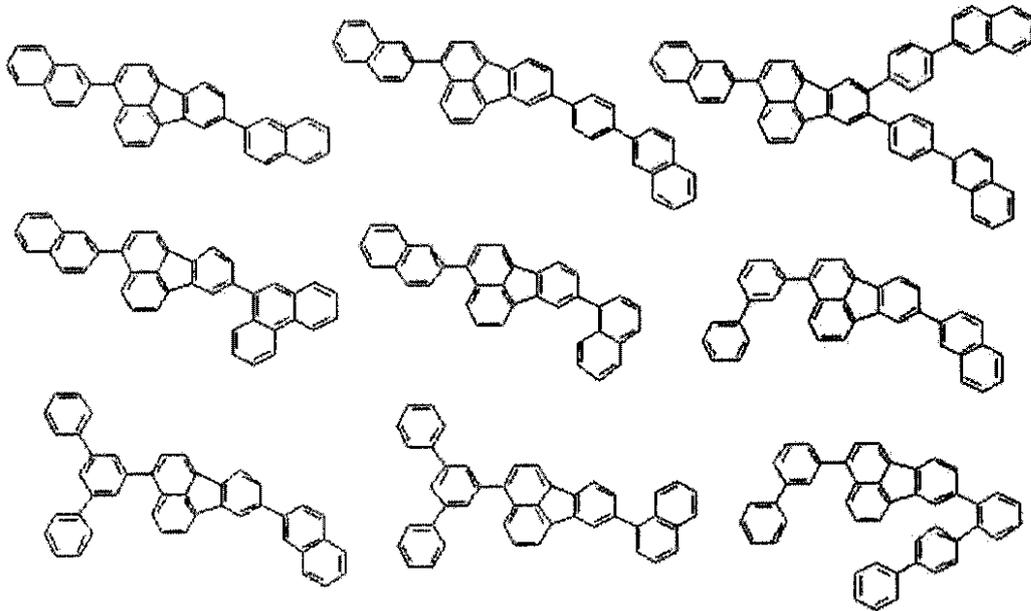
【 化 8 0 】



10

【 0 2 0 0 】

【 化 8 1 】

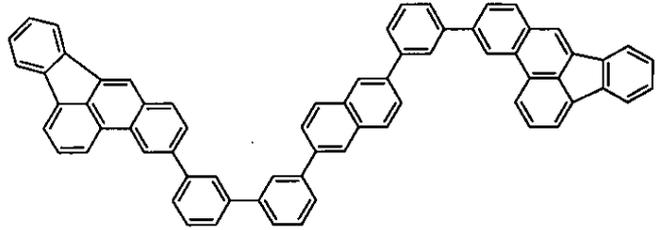
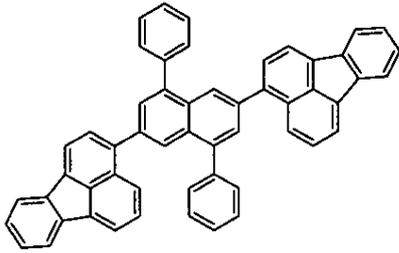
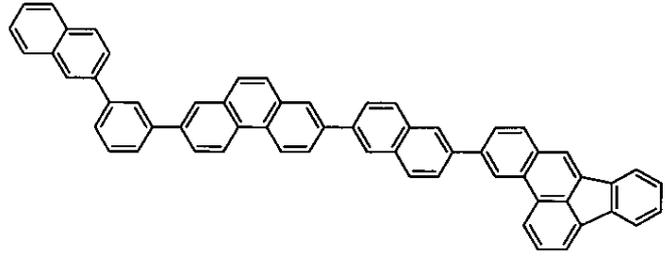
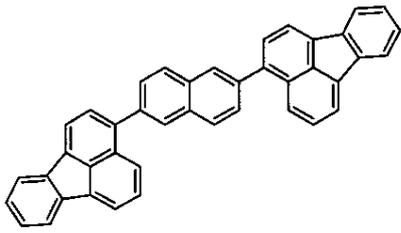


20

30

【 0 2 0 1 】

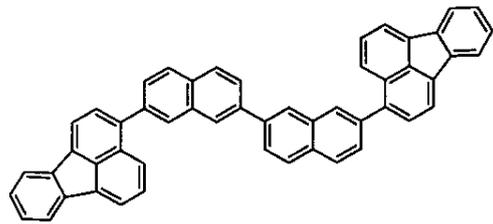
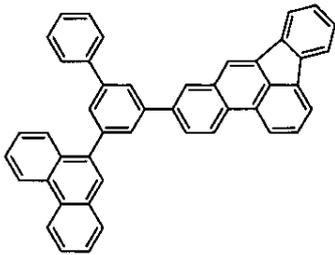
【化 8 2】



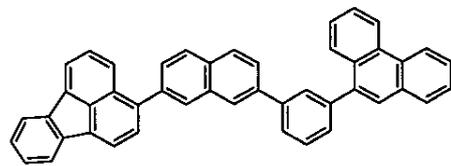
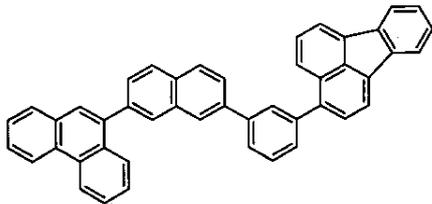
10

【 0 2 0 2】

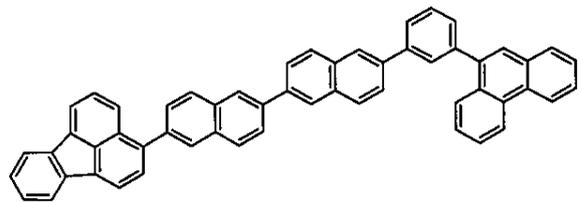
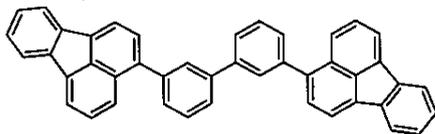
【化 8 3】



20



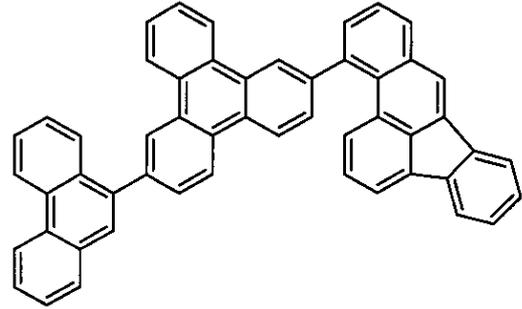
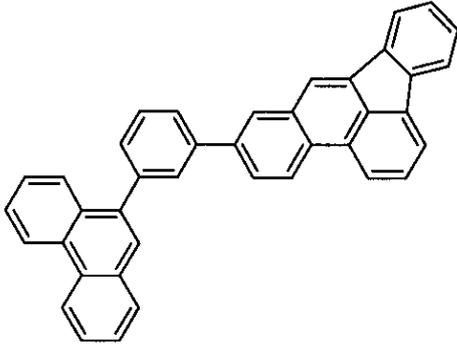
30



40

【 0 2 0 3】

【化 8 4】



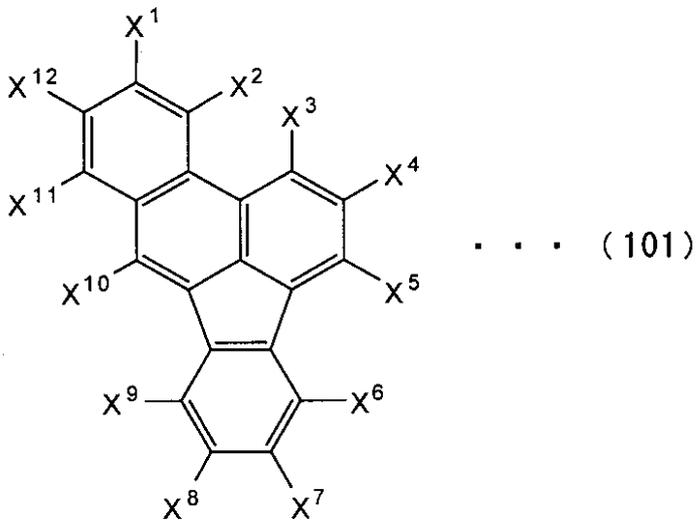
10

【 0 2 0 4】

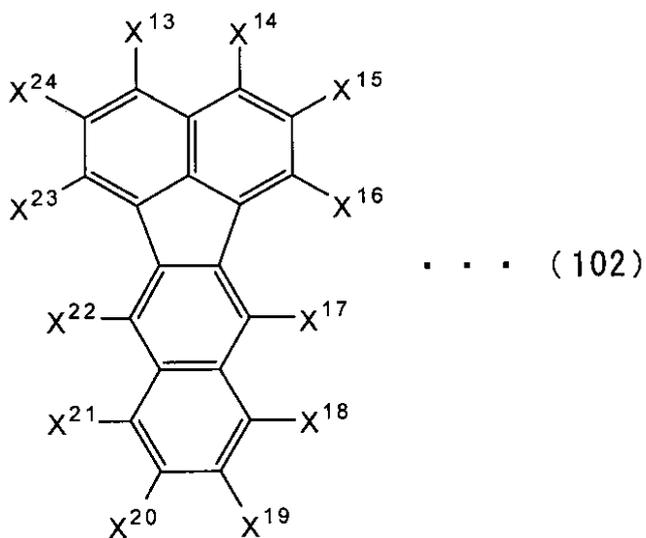
置換若しくは無置換のベンゾフルオランテンとしては、例えば、下記式(101)で表されるベンゾ[*b*]フルオランテン又はその誘導体や、式(102)で表されるベンゾ[*k*]フルオランテン又はその誘導体が挙げられる。

【 0 2 0 5】

【化 8 5】



20



30

40

【 0 2 0 6】

式(101)及び式(102)中、 $X^1 \sim X^{24}$ は水素原子、ハロゲン原子、直鎖、分岐若しくは環状のアルキル基、直鎖、分岐若しくは環状のアルコキシ基、置換若しくは無

50

置換のアリール基又は置換若しくは無置換のヘテロアリール基を表す。

アリール基の例としては、フェニル基、ナフチル基等が挙げられ、ヘテロアリール基としては、フリル基、チエニル基、ピリジル基等が挙げられる。

X¹ ~ X^{2,4} は、好ましくは、水素原子、ハロゲン原子（例えば、フッ素原子、塩素原子、臭素原子）、炭素数 1 ~ 16 の直鎖、分岐若しくは環状のアルキル基（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、イソブチル基、*sec*-ブチル基、*tert*-ブチル基、*n*-ペンチル基、イソペンチル基、ネオペンチル基、*tert*-ペンチル基、シクロペンチル基、*n*-ヘキシル基、3,3-ジメチルブチル基、シクロヘキシル基、*n*-ヘプチル基、シクロヘキシルメチル基、*n*-オクチル基、*tert*-オクチル基、2-エチルヘキシル基、*n*-ノニル基、*n*-デシル基、*n*-ドデシル基、*n*-テトラデシル基、*n*-ヘキサデシル基等）、炭素数 1 ~ 16 の直鎖、分岐若しくは環状のアルコキシ基（例えば、メトキシ基、エトキシ基、*n*-プロポキシ基、イソプロポキシ基、*n*-ブトキシ基、イソブトキシ基、*sec*-ブトキシ基、*n*-ペンチルオキシ基、ネオペンチルオキシ基、シクロペンチルオキシ基、*n*-ヘキシルオキシ基、3,3-ジメチルブチルオキシ基、シクロヘキシルオキシ基、*n*-ヘプチルオキシ基、*n*-オクチルオキシ基、2-エチルヘキシルオキシ基、*n*-ノニルオキシ基、*n*-デシルオキシ基、*n*-ドデシルオキシ基、*n*-テトラデシルオキシ基、*n*-ヘキサデシルオキシ基等）、炭素数 4 ~ 16 の置換若しくは無置換のアリール基（例えば、フェニル基、2-メチルフェニル基、3-メチルフェニル基、4-メチルフェニル基、4-エチルフェニル基、4-*n*-プロピルフェニル基、4-イソプロピルフェニル基、4-*n*-ブチルフェニル基、4-*tert*-ブチルフェニル基、4-イソペンチルフェニル基、4-*tert*-ペンチルフェニル基、4-*n*-ヘキシルフェニル基、4-シクロヘキシルフェニル基、4-*n*-オクチルフェニル基、4-*n*-デシルフェニル基、2,3-ジメチルフェニル基、2,4-ジメチルフェニル基、2,5-ジメチルフェニル基、3,4-ジメチルフェニル基、5-インダニル基、1,2,3,4-テトラヒドロ-5-ナフチル基、1,2,3,4-テトラヒドロ-6-ナフチル基、2-メトキシフェニル基、3-メトキシフェニル基、4-メトキシフェニル基、3-エトキシフェニル基、4-エトキシフェニル基、4-*n*-プロポキシフェニル基、4-イソプロポキシフェニル基、4-*n*-ブトキシフェニル基、4-*n*-ペンチルオキシフェニル基、4-*n*-ヘキシルオキシフェニル基、4-シクロヘキシルオキシフェニル基、4-*n*-ヘプチルオキシフェニル基、4-*n*-オクチルオキシフェニル基、4-*n*-デシルオキシフェニル基、2,3-ジメトキシフェニル基、2,5-ジメトキシフェニル基、3,4-ジメトキシフェニル基、2-メトキシ-5-メチルフェニル基、3-メチル-4-メトキシフェニル基、2-フルオロフェニル基、3-フルオロフェニル基、4-フルオロフェニル基、2-クロロフェニル基、3-クロロフェニル基、4-クロロフェニル基、4-プロモフェニル基、4-トリフルオロメチルフェニル基、3,4-ジクロロフェニル基、2-メチル-4-クロロフェニル基、2-クロロ-4-メチルフェニル基、3-クロロ-4-メチルフェニル基、2-クロロ-4-メトキシフェニル基、4-フェニルフェニル基、3-フェニルフェニル基、4-(4'-メチルフェニル)フェニル基、4-(4'-メトキシフェニル)フェニル基、1-ナフチル基、2-ナフチル基、4-エトキシ-1-ナフチル基、6-メトキシ-2-ナフチル基、7-エトキシ-2-ナフチル基)、又は置換若しくは無置換のヘテロアリール基(2-フリル基、2-チエニル基、3-チエニル基、2-ピリジル基、3-ピリジル基、4-ピリジル基等)であり、より好ましくは、水素原子、フッ素原子、塩素原子、炭素数 1 ~ 10 のアルキル基、炭素数 1 ~ 10 のアルコキシ基又は炭素数 6 ~ 12 のアリール基であり、さらに好ましくは、水素原子、フッ素原子、塩素原子、炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、炭素数 1 ~ 6 のアルコキシ基又は炭素数 6 ~ 10 のアリール基である。

【0207】

式(101)で表されるベンゾ[b]フルオランテン誘導体としては、例えば、下記のものが挙げられる。

【0208】

10

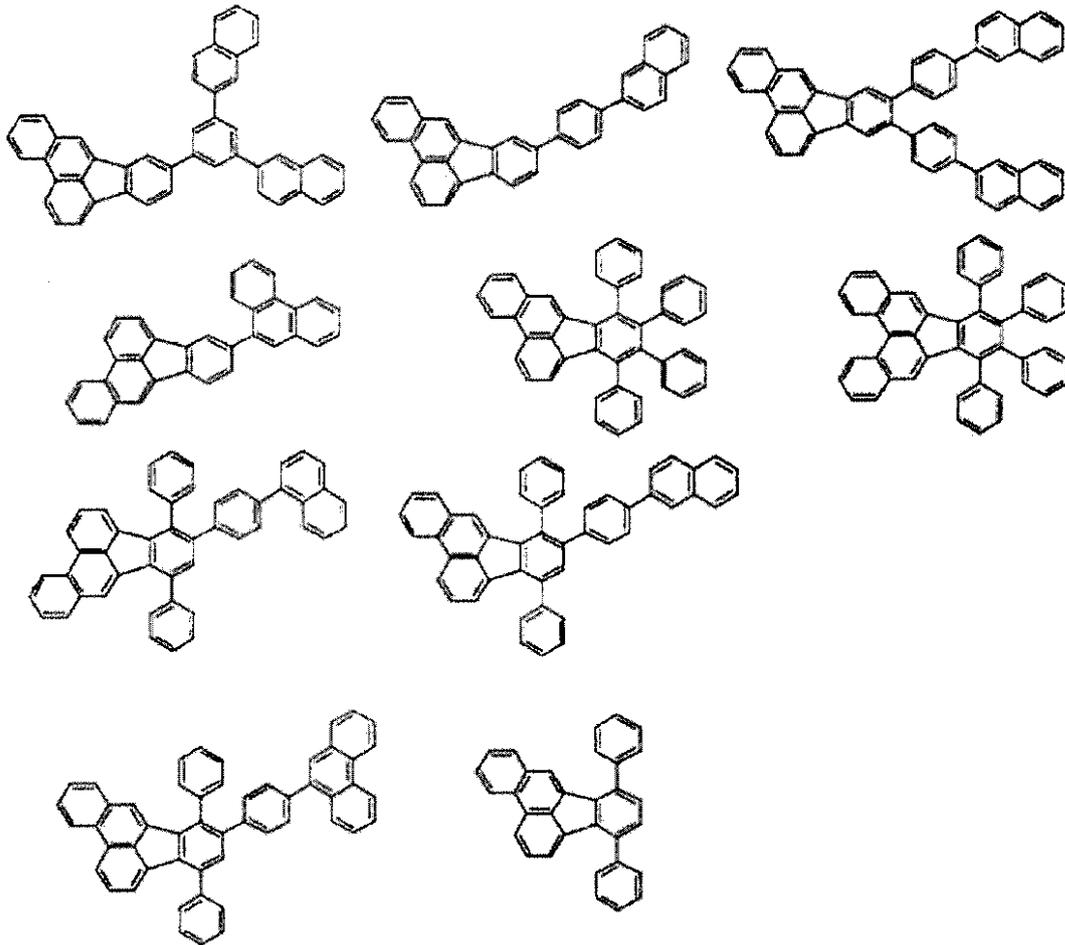
20

30

40

50

【化 8 6】



10

20

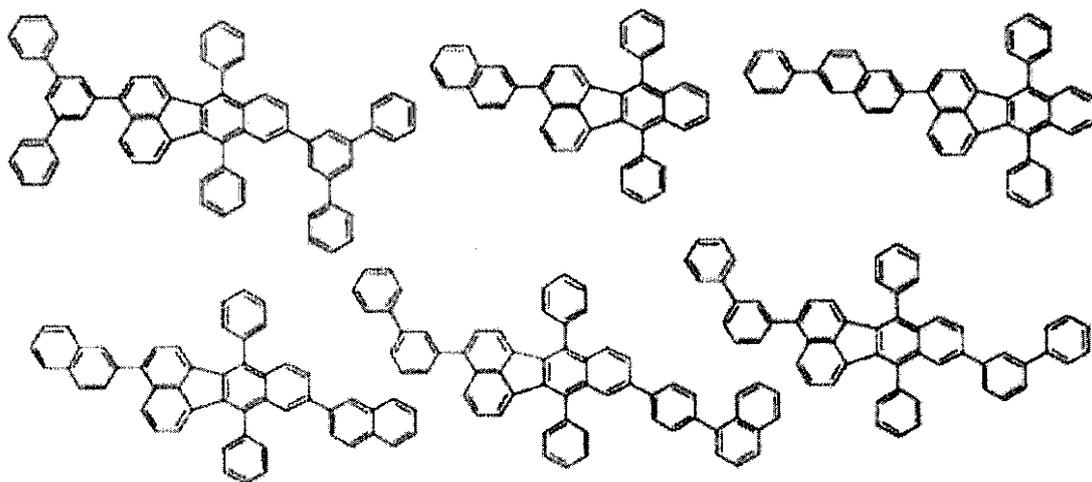
【0209】

式(102)で表されるベンゾ[k]フルオランテン誘導体としては、例えば、下記のものが挙げられる。

30

【0210】

【化 8 7】



40

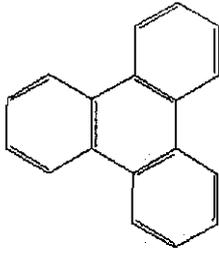
【0211】

さらに、本発明の有機EL素子では、上記多環式縮合芳香族骨格部は、下記式(11)で表されるトリフェニレン又はその誘導体であることが好ましい。

【0212】

50

【化 8 8】



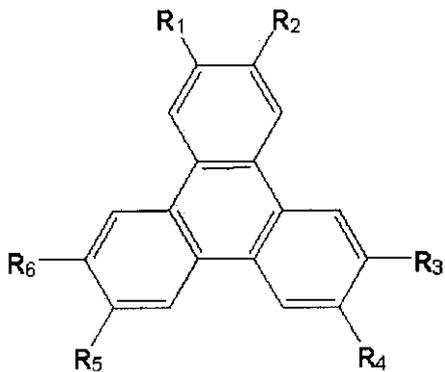
... (11)

【0213】

このようなトリフェニレン誘導体としては、例えば、下記式(11A)のものが挙げられる。

【0214】

【化 8 9】



... (11A)

【0215】

式(11A)中、 $R_1 \sim R_6$ は、それぞれ独立に、水素原子又は、核炭素数5~30の置換若しくは無置換のアリール基、炭素数1~30の分岐若しくは直鎖のアルキル基、炭素数3~20の置換若しくは無置換のシクロアルキル基が単独又は複数の組み合わせで構成される置換基を表す。

式(11A)で表されるトリフェニレン誘導体の具体例としては、下記のものが挙げられる。

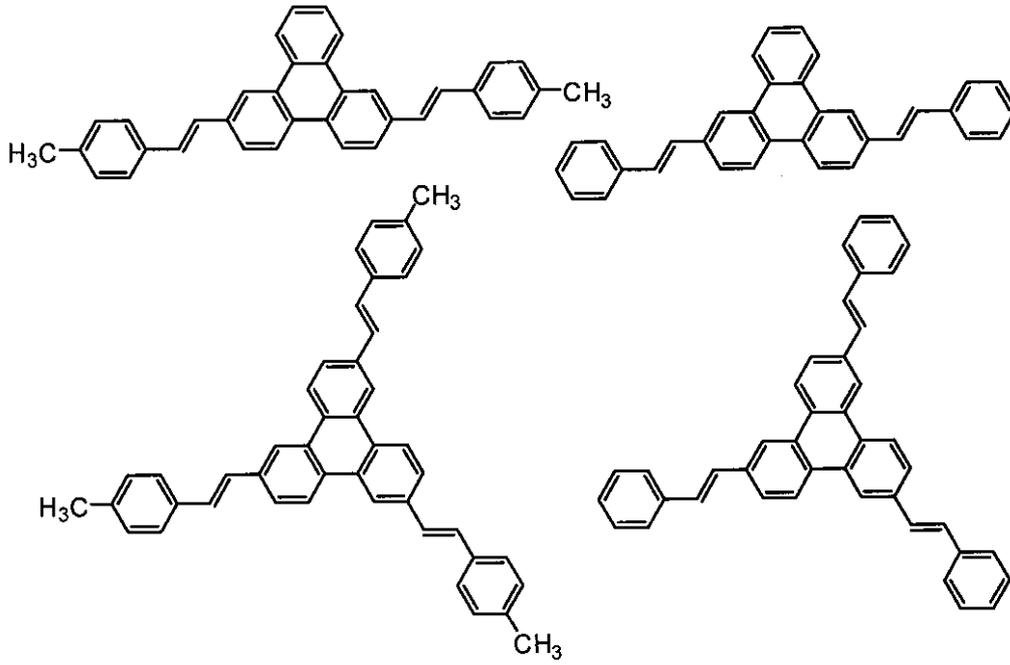
【0216】

10

20

30

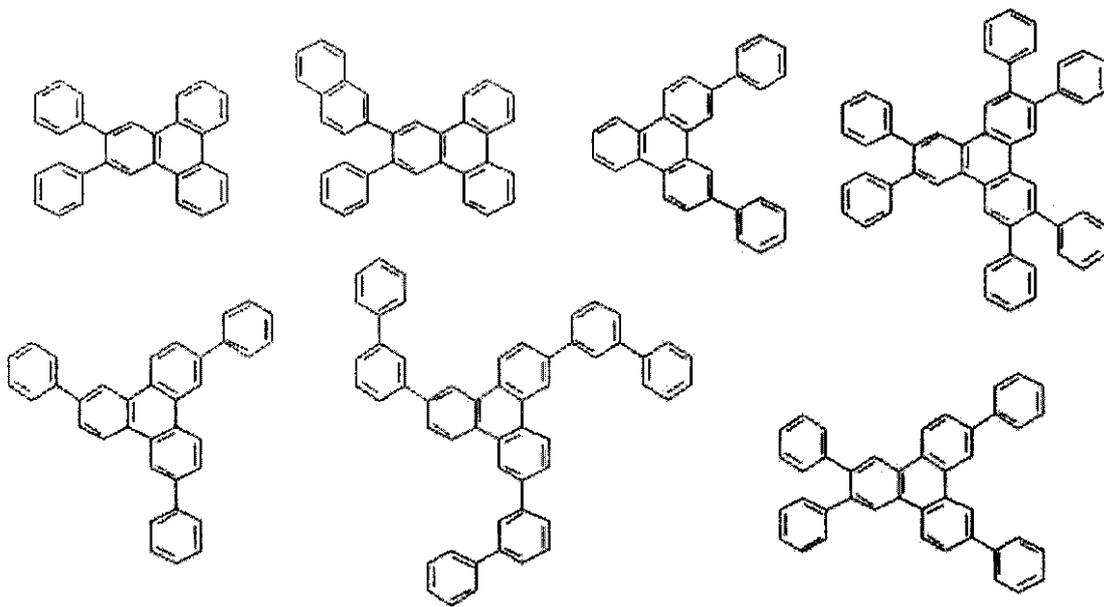
【化90】



10

【0217】

【化91】

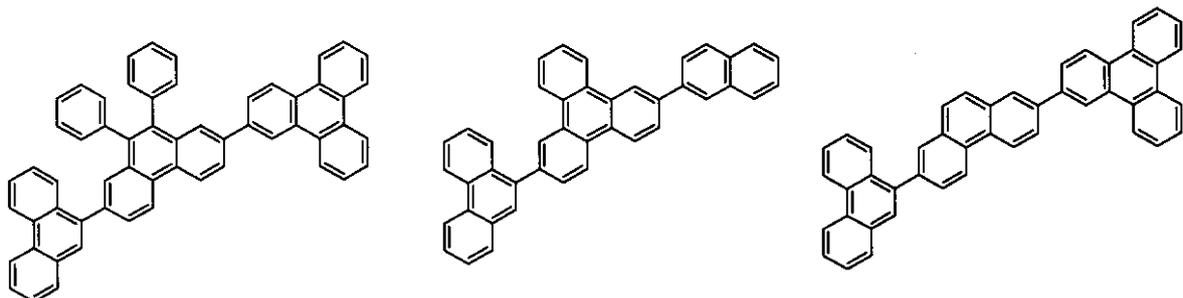


20

30

【0218】

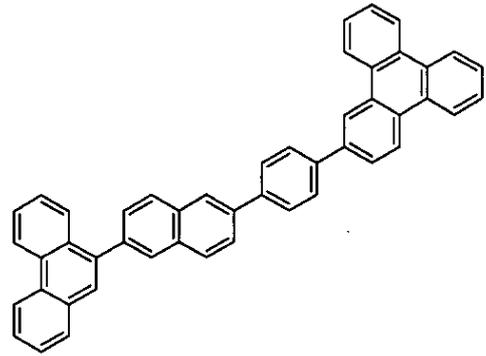
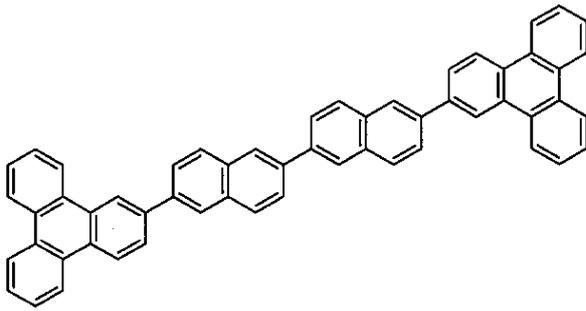
【化92】



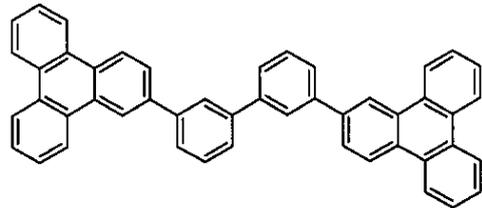
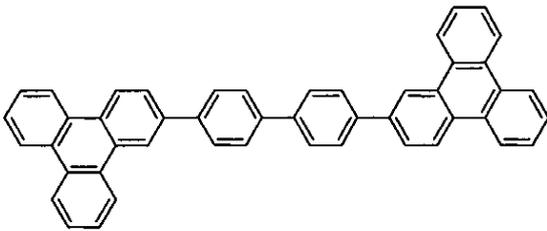
40

50

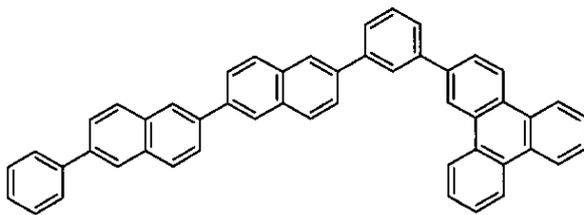
【0219】
【化93】



10



20



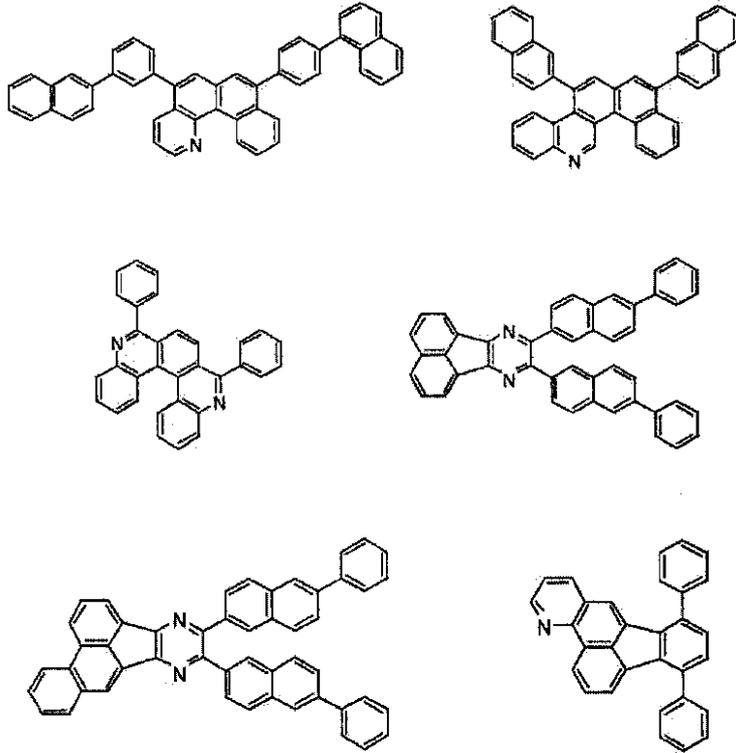
【0220】

尚、多環式縮合芳香族骨格部には、窒素原子が含まれていてもよく、例えば、下記のものであってもよい。

【0221】

30

【化94】



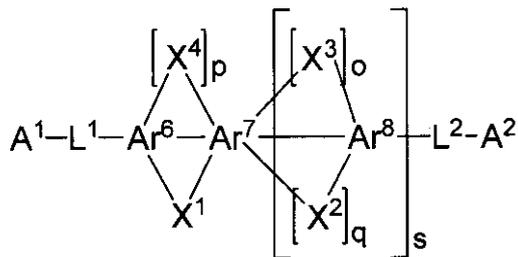
10

20

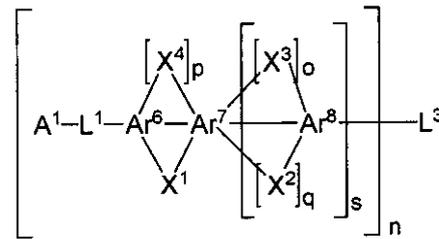
【0222】

本発明の有機EL素子においては、発光層のホスト材料及び電子注入調整層を形成する主たる材料のいずれか一方又は両方が、下記一般式(5)又は(6)で表されることが好ましい。

【化95】



(5)



(6)

30

【0223】

式(5)及び及び(6)において、 Ar^6 、 Ar^7 及び Ar^8 は、それぞれ独立に、置換若しくは無置換の環形成炭素数6~24の芳香族炭化水素基、又は置換若しくは無置換の環形成原子数3~24の芳香族複素環基を表す。但し、 Ar^6 、 Ar^7 及び Ar^8 は置換基Yを一個又は複数個有していてもよく、複数個の場合はそれぞれ異なっていてもよく、Yは炭素数1~20のアルキル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3~20のシクロアルキル基、炭素数1~20のアルコキシ基、炭素数7~24のアラルキル基、炭素数3~20のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6~24の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3~24で Ar^6 、 Ar^7 、 Ar^8 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の芳香族複素環基を表す。

40

【0224】

式(5)及び(6)において、 X^1 、 X^2 、 X^3 及び X^4 は、それぞれ独立に、O、S、N- R^1 又はC R^2R^3 を表し、o、p及びqは0又は1、sは1、2又は3を表す。

50

ここで、 R^1 、 R^2 及び R^3 は、それぞれ独立に、炭素数 1 ~ 20 のアルキル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキル基、炭素数 7 ~ 24 のアラルキル基、炭素数 3 ~ 20 のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の芳香族炭化水素基、又は置換若しくは無置換の環形成原子数 3 ~ 24 の芳香族複素環基を表す。

【0225】

式(5)及び(6)において、 L^1 は単結合、炭素数 1 ~ 20 アルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキレン基、炭素数 2 ~ 20 の2価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の2価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 であり、 Ar^6 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の2価の芳香族複素環基を表す。

10

【0226】

式(5)において、 L^2 は単結合、炭素数 1 ~ 20 のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキレン基、炭素数 2 ~ 20 の2価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の2価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で Ar^8 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の2価の芳香族複素環基を表す。

【0227】

式(6)において、 n は 2、3 又は 4 を表し、それぞれ L^3 を連結基とした2量体、3量体、4量体を形成する。

【0228】

式(6)において、 L^3 は、 n が 2 の場合、単結合、炭素数 1 ~ 20 のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキレン基、炭素数 2 ~ 20 の2価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の2価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で Ar^8 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の2価の芳香族複素環基を表し、 n が 3 の場合、炭素数 1 ~ 20 の3価のアルカン、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 の3価のシクロアルカン、炭素数 1 ~ 20 の3価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の3価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で Ar^8 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の3価の芳香族複素環基を表し、 n が 4 の場合、炭素数 1 ~ 20 の4価のアルカン、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 の4価のシクロアルカン、ケイ素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の4価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で Ar^8 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の4価の芳香族複素環基を表す。

20

30

【0229】

式(5)及び(6)において、 A^1 は、水素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキル基、炭素数 3 ~ 20 のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で L^1 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の芳香族複素環基を表す。

【0230】

式(5)において、 A^2 は、水素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキル基、炭素数 3 ~ 20 のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で L^2 と炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の芳香族複素環基を表す。

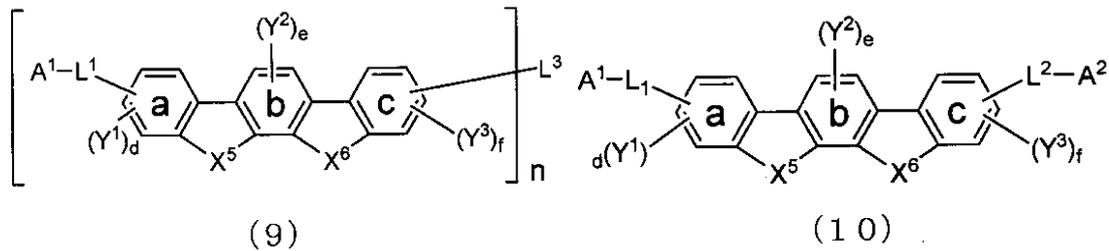
40

【0231】

式(5)で表される有機EL素子用材料は、下記式(10)~(13)、(17)、(19)及び(21)のいずれかで表される有機EL素子用材料であると好ましく、式(6)で表される有機EL素子用材料は、下記式(9)、(14)~(16)、(18)、(20)及び(22)のいずれかで表される有機EL素子用材料であると好ましい。

【0232】

【化96】



(9)

(10)

10

【0233】

式(9)及び(10)において、X⁵及びX⁶は、それぞれ独立に、O、S、N-R¹又はCR²R³を表す。ここで、R¹、R²及びR³は、それぞれ独立に、炭素数1~20のアルキル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3~20のシクロアルキル基、炭素数7~24のアラルキル基、炭素数3~20のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6~24の芳香族炭化水素基、又は置換若しくは無置換の環形成原子数3~24の芳香族複素環基を表す。

【0234】

式(9)及び(10)において、L¹は単結合、炭素数1~20のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3~20のシクロアルキレン基、炭素数2~20の2価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6~24の2価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3~24のベンゼン環aと炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の2価の芳香族複素環基を表す。

20

【0235】

式(9)において、L²は単結合、炭素数1~20のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3~20のシクロアルキレン基、炭素数2~20の2価のシリル基、置換若しくは無置換である環形成炭素数6~24の2価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3~24のベンゼン環cと炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の2価の芳香族複素環基を表す。

【0236】

式(10)において、nは2、3又は4を表し、それぞれL³を連結基とした2量体、3量体、4量体である。

30

【0237】

式(10)において、L³は、nが2の場合、単結合、炭素数1~20のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3~20のシクロアルキレン基、炭素数2~20の2価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6~24の2価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3~24でベンゼン環cと炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の2価の芳香族複素環基を表し、nが3の場合、炭素数1~20の3価のアルカン、置換若しくは無置換の環形成炭素数3~20の3価のシクロアルカン、炭素数1~20の3価のシリル基、置換若しくは無置換で環形成炭素数6~24の3価の芳香族炭化水素基、又は原子数3~24でベンゼン環cと炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の3価の芳香族複素環基を表し、nが4の場合、炭素数1~20の4価のアルカン、置換若しくは無置換の環形成炭素数3~20の4価のシクロアルカン、ケイ素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数6~24の4価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3~24でベンゼン環cと炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の4価の芳香族複素環基を表す。

40

【0238】

式(9)及び(10)において、A¹は、水素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数3~20のシクロアルキル基、炭素数3~20のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6~24の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3~24でL¹と炭素-炭素結

50

合で連結する芳香族複素環基を表す。

【0239】

式(9)において、 A^2 は、水素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数3~20のシクロアルキル基、炭素数3~20のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6~24の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3~24で L^2 と炭素-炭素結合で連結する芳香族複素環基を表す。

【0240】

式(9)及び(10)において、 Y^1 、 Y^2 及び Y^3 は、炭素数1~20のアルキル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3~20のシクロアルキル基、炭素数1~20のアルコキシ基、炭素数7~24のアラルキル基、炭素数3~20のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6~24の芳香族炭化水素基、又は置換若しくは無置換の環形成原子数3~24でベンゼン環a、b、cと炭素-炭素結合で連結する芳香族複素環基を表す。d及びfは0、1、2又は3であり、eは0、1又は2である。

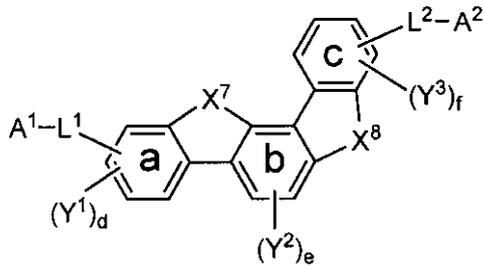
10

【0241】

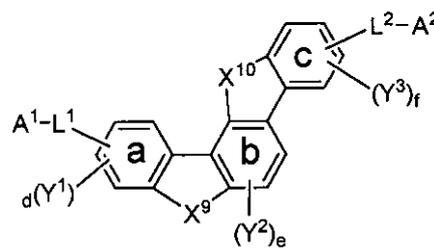
式(9)及び(10)において、 A^1 、 A^2 、 L^1 、 L^2 及び L^3 は、カルボニル基を含まない。

【0242】

【化97】

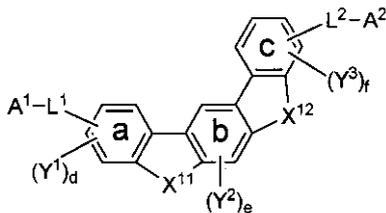


(11)

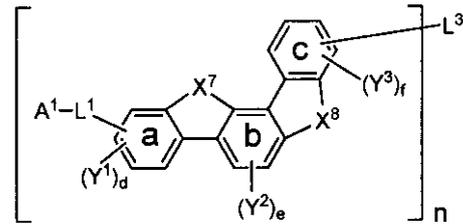


(12)

20

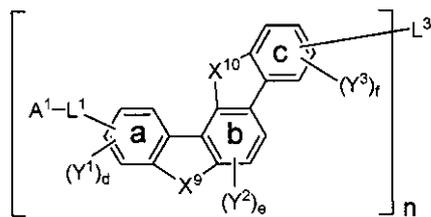


(13)

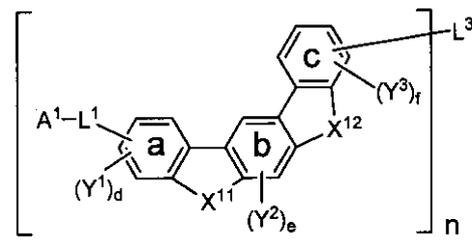


(14)

30



(15)



(16)

40

【0243】

式(11)~(16)において、 X^7 、 X^8 、 X^9 、 X^{10} 、 X^{11} 及び X^{12} は、それぞれ独立に、O、S、N- R^1 又はC R^2R^3 を表す。

【0244】

式(11)~(16)において、 R^1 、 R^2 及び R^3 は、それぞれ独立に、炭素数1~

50

20のアルキル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、炭素数7～24のアラルキル基、炭素数3～20のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6～24の芳香族炭化水素基、又は置換若しくは無置換の環形成原子数3～24の芳香族複素環基を表す。

【0245】

式(11)～(16)において、 L^1 は単結合、炭素数1～20のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキレン基、炭素数2～20の2価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6～24の2価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3～24のベンゼン環aと炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の2価の芳香族複素環基を表す。

10

【0246】

式(11)～(13)において、 L^2 は単結合、炭素数1～20のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキレン基、炭素数2～20の2価のシリル基、置換若しくは無置換である環形成炭素数6～24の2価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3～24のベンゼン環cと炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の2価の芳香族複素環基を表す。

【0247】

式(14)～(16)において、nは2、3又は4を表し、それぞれ L^3 を連結基とした2量体、3量体、4量体である。

【0248】

式(14)～(16)において、 L^3 は、nが2の場合、単結合、炭素数1～20のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキレン基、炭素数2～20の2価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6～24の2価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3～24でベンゼン環cと炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の2価の芳香族複素環基を表し、nが3の場合、炭素数1～20の3価のアルカン、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20の3価のシクロアルカン、炭素数1～20の3価のシリル基、置換若しくは無置換で環形成炭素数6～24の3価の芳香族炭化水素基、又は原子数3～24でベンゼン環cと炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の3価の芳香族複素環基を表し、nが4の場合、炭素数1～20の4価のアルカン、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20の4価のシクロアルカン、ケイ素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数6～24の4価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3～24でベンゼン環cと炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の4価の芳香族複素環基を表す。

20

30

【0249】

式(11)～(16)において、 A^1 は、水素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、炭素数3～20のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6～24の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3～24で L^1 と炭素-炭素結合で連結する芳香族複素環基を表す。

【0250】

式(11)～(13)において、 A^2 は、水素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、炭素数3～20のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6～24の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3～24で L^2 と炭素-炭素結合で連結する芳香族複素環基を表す。

40

【0251】

式(11)～(16)において、 Y^1 、 Y^2 及び Y^3 は、炭素数1～20のアルキル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、炭素数1～20のアルコキシ基、炭素数7～24のアラルキル基、炭素数3～20のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6～24の芳香族炭化水素基、又は置換若しくは無置換の環形成原子数3～24でベンゼン環a、b、cと炭素-炭素結合で連結する芳香族複素環基を表す。d及びfは0、1、2又は3であり、eは0、1又は2である。

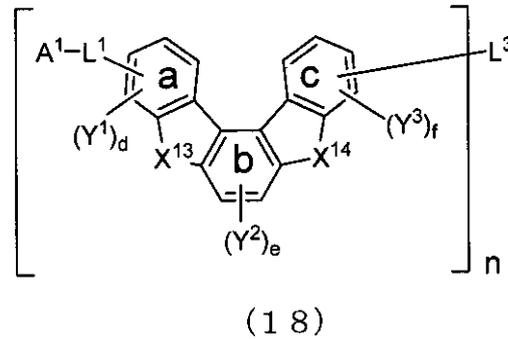
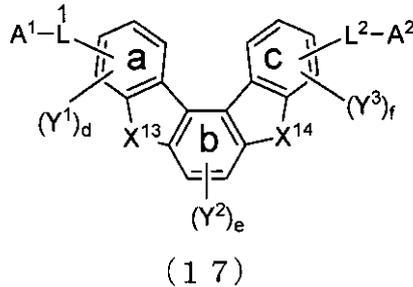
50

【 0 2 5 2 】

式(11)～(16)において、 A^1 、 A^2 、 L^1 、 L^2 及び L^3 は、カルボニル基を含まない。

【 0 2 5 3 】

【化98】



10

【 0 2 5 4 】

式(17)及び(18)において、 X^{13} 及び X^{14} は、それぞれ独立に、O、S、N-R¹又はC R² R³を表す。ここで、R¹、R²及びR³は、それぞれ独立に、炭素数1～20のアルキル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、炭素数7～24のアラルキル基、炭素数3～20のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6～24の芳香族炭化水素基、又は置換若しくは無置換の環形成原子数3～24の芳香族複素環基を表す。

20

【 0 2 5 5 】

式(17)及び(18)において、 L^1 は単結合、炭素数1～20のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキレン基、炭素数2～20の2価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6～24の2価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3～24のベンゼン環aと炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の2価の芳香族複素環基を表す。

【 0 2 5 6 】

式(17)において、 L^2 は単結合、炭素数1～20のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキレン基、炭素数2～20の2価のシリル基、置換若しくは無置換である環形成炭素数6～24の2価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3～24のベンゼン環cと炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の1価あるいは2価の芳香族複素環基を表す。

30

【 0 2 5 7 】

式(18)において、nは2、3又は4を表し、それぞれ L_3 を連結基とした2量体、3量体、4量体である。

【 0 2 5 8 】

式(18)において、 L^3 は、nが2の場合、単結合、炭素数1～20のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキレン基、炭素数2～20の2価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6～24の2価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3～24でベンゼン環cと炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の2価の芳香族複素環基を表し、nが3の場合、炭素数1～20の3価のアルカン、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20の3価のシクロアルカン、炭素数1～20の3価のシリル基、置換若しくは無置換で環形成炭素数6～24の3価の芳香族炭化水素基、又は原子数3～24でベンゼン環cと炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の3価の芳香族複素環基を表し、nが4の場合、炭素数1～20の4価のアルカン、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20の4価のシクロアルカン、ケイ素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数6～24の4価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3～24

40

50

でベンゼン環 c と炭素 - 炭素結合で連結する置換若しくは無置換の 4 価の芳香族複素環基を表す。

【0259】

式(17)及び(18)において、 A^1 は、水素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキル基、炭素数 3 ~ 20 のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で L^1 と炭素 - 炭素結合で連結する芳香族複素環基を表す。

【0260】

式(17)において、 A^2 は、水素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキル基、炭素数 3 ~ 20 のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で L^2 と炭素 - 炭素結合で連結する芳香族複素環基を表す。

10

【0261】

式(17)及び(18)において、 Y^1 、 Y^2 及び Y^3 は、炭素数 1 ~ 20 のアルキル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキル基、炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基、炭素数 7 ~ 24 のアラルキル基、炭素数 3 ~ 20 のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の芳香族炭化水素基、又は置換若しくは無置換の環形成原子数 3 ~ 24 でベンゼン環 a、b、c と炭素 - 炭素結合で連結する芳香族複素環基を表す。d 及び f は 0、1、2 又は 3 であり、e は 0、1 又は 2 である。

【0262】

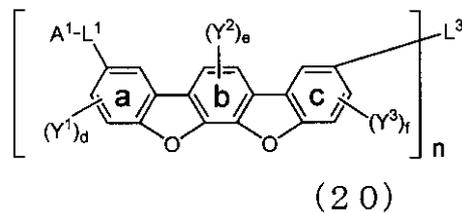
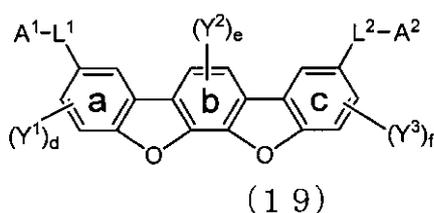
20

式(17)及び(18)において、 A^1 、 A^2 、 L^1 、 L^2 及び L^3 は、カルボニル基を含まない。

【0263】

前記式(9)又は(10)で表される化合物が、下記式(19)又は(20)のいずれかで表されるベンゾフラノジベンゾフラン誘導体であると好ましい。

【化99】



30

【0264】

式(19)及び(20)において、 L^1 は単結合、炭素数 1 ~ 20 のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキレン基、炭素数 2 ~ 20 の 2 価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の 2 価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 のベンゼン環 a と炭素 - 炭素結合で連結する置換若しくは無置換の 2 価の芳香族複素環基を表す。

【0265】

40

式(19)において、 L^2 は単結合、炭素数 1 ~ 20 のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキレン基、炭素数 2 ~ 20 の 2 価のシリル基、置換若しくは無置換である環形成炭素数 6 ~ 24 の 2 価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 のベンゼン環 c と炭素 - 炭素結合で連結する置換若しくは無置換の 2 価の芳香族複素環基を表す。

【0266】

式(19)において、n は 2、3 又は 4 を表し、それぞれ L^3 を連結基とした 2 量体、3 量体、4 量体である。

【0267】

式(20)において、 L^3 は、n が 2 の場合、単結合、炭素数 1 ~ 20 のアルキレン基

50

、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキレン基、炭素数2～20の2価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6～24の2価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3～24でベンゼン環cと炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の2価の芳香族複素環基を表し、nが3の場合、炭素数1～20の3価のアルカン、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20の3価のシクロアルカン、炭素数1～20の3価のシリル基、置換若しくは無置換で環形成炭素数6～24の3価の芳香族炭化水素基、又は原子数3～24でベンゼン環cと炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の3価の芳香族複素環基を表し、nが4の場合、炭素数1～20の4価のアルカン、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20の4価のシクロアルカン、ケイ素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数6～24の4価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3～24でベンゼン環cと炭素-炭素結合で連結する置換若しくは無置換の4価の芳香族複素環基を表す。

10

【0268】

式(19)及び(20)において、 A^1 は、水素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、炭素数3～20のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6～24の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3～24で L_1 と炭素-炭素結合で連結する芳香族複素環基を表す。

【0269】

式(18)において、 A^2 は、水素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、炭素数3～20のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6～24の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数3～24で L_2 と炭素-炭素結合で連結する芳香族複素環基を表す。

20

【0270】

式(19)及び(20)において、 Y^1 、 Y^2 及び Y^3 は、炭素数1～20のアルキル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキル基、炭素数1～20のアルコキシ基、炭素数7～24のアラルキル基、炭素数3～20のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数6～24の芳香族炭化水素基、又は置換若しくは無置換の環形成原子数3～24でベンゼン環a、b、cと炭素-炭素結合で連結する芳香族複素環基を表す。d及びfは0、1、2又は3であり、eは0、1又は2である。

【0271】

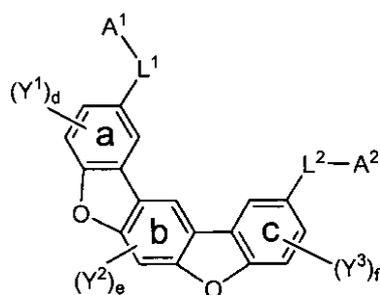
式(19)及び(20)において、 A^1 、 A^2 、 L^1 、 L^2 及び L^3 は、カルボニル基を含まない。

30

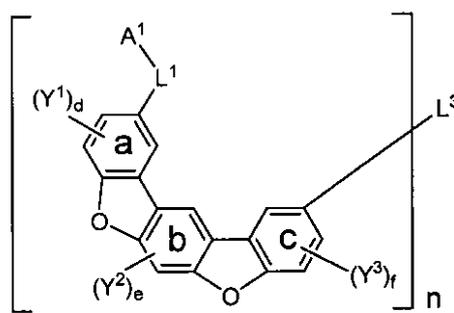
【0272】

前記式(13)又は(16)で表される化合物が、下記式(21)又は(22)のいずれかで表されるベンゾフラノジベンゾフラン誘導体であると好ましい。

【化100】



(21)



(22)

40

【0273】

式(21)及び(22)において、 L^1 は単結合、炭素数1～20のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数3～20のシクロアルキレン基、炭素数2～20の2価

50

のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の 2 価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 のベンゼン環 a と炭素 - 炭素結合で連結する置換若しくは無置換の 2 価の芳香族複素環基を表す。

【0274】

式(21)において、 L^2 は単結合、炭素数 1 ~ 20 のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキレン基、炭素数 2 ~ 20 の 2 価のシリル基、置換若しくは無置換である環形成炭素数 6 ~ 24 の 2 価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 のベンゼン環 c と炭素 - 炭素結合で連結する置換若しくは無置換の 2 価の芳香族複素環基を表す。

【0275】

式(22)において、n は 2、3 又は 4 を表し、それぞれ L^3 を連結基とした 2 量体、3 量体、4 量体である。

【0276】

式(22)において、 L^3 は、n が 2 の場合、単結合、炭素数 1 ~ 20 のアルキレン基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキレン基、炭素数 2 ~ 20 の 2 価のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の 2 価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 でベンゼン環 c と炭素 - 炭素結合で連結する置換若しくは無置換の 2 価の芳香族複素環基を表し、n が 3 の場合、炭素数 1 ~ 20 の 3 価のアルカン、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 の 3 価のシクロアルカン、炭素数 1 ~ 20 の 3 価のシリル基、置換若しくは無置換で環形成炭素数 6 ~ 24 の 3 価の芳香族炭化水素基、又は原子数 3 ~ 24 でベンゼン環 c と炭素 - 炭素結合で連結する置換若しくは無置換の 3 価の芳香族複素環基を表し、n が 4 の場合、炭素数 1 ~ 20 の 4 価のアルカン、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 の 4 価のシクロアルカン、ケイ素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の 4 価の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 でベンゼン環 c と炭素 - 炭素結合で連結する置換若しくは無置換の 4 価の芳香族複素環基を表す。

【0277】

式(21)及び(22)において、 A^1 は、水素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキル基、炭素数 3 ~ 20 のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で L^1 と炭素 - 炭素結合で連結する芳香族複素環基を表す。

【0278】

式(21)において、 A^2 は、水素原子、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキル基、炭素数 3 ~ 20 のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の芳香族炭化水素基、又は環形成原子数 3 ~ 24 で L^2 と炭素 - 炭素結合で連結する芳香族複素環基を表す。

【0279】

式(21)及び(22)において、 Y^1 、 Y^2 及び Y^3 は、炭素数 1 ~ 20 のアルキル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキル基、炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基、炭素数 7 ~ 24 のアラルキル基、炭素数 3 ~ 20 のシリル基、置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の芳香族炭化水素基、又は置換若しくは無置換の環形成原子数 3 ~ 24 でベンゼン環 a、b、c と炭素 - 炭素結合で連結する芳香族複素環基を表す。d 及び f は 0、1、2 又は 3 であり、e は 0、1 又は 2 である。

【0280】

式(21)及び(22)において、 A^1 、 A^2 、 L^1 、 L^2 及び L^3 は、カルボニル基を含まない。

【0281】

式(5) ~ (22)において、各基の示す具体例を以下説明する。

Ar^6 ~ Ar^8 、 Y 、 Y^1 ~ Y^3 、 R^1 ~ R^3 、 L^1 ~ L^3 及び A^1 ~ A^2 の示す置換若しくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 24 の芳香族炭化水素基としては、例えば、置換若し

10

20

30

40

50

くは無置換のベンゼン、ナフタレン、ピフェニル、ターフェニル、フルオレン、フェナントレン、トリフェニレン、ペリレン、クリセン、フルオランテン、ベンゾフルオレン、ベンゾトリフェニレン、ベンゾクリセン、アントラセン等の対応する価数の残基が挙げられ、ベンゼン、ナフタレン、ピフェニル、ターフェニル、フルオレン、フェナントレンが好ましい。

【0282】

$Ar^6 \sim Ar^8$ 、 Y 、 $Y^1 \sim Y^3$ 、 $R^1 \sim R^3$ 、 $L^1 \sim L^3$ 及び $A^1 \sim A^2$ の示す置換若しくは無置換の環形成原子数 3 ~ 24 の芳香族複素環基としては、例えば、ピリジン、ピリダジン、ピリミジン、ピラジン、1, 3, 5 - トリアジン、カルバゾール、ジベンゾフラン、ジベンゾチオフェン、フェノキサジン、フェノチアジン、ジヒドロアクリジンの

10

対応する価数の残基が挙げられ、ピリジン、ピリダジン、ピリミジン、ピラジン、カルバゾール、ジベンゾフラン、ジベンゾチオフェン、フェノキサジン、ジヒドロアクリジンが好ましい。また、 R^1 の示す少なくとも 1 つの置換若しくは無置換の環形成原子数 8 ~ 24 である 1 価の縮合芳香族複素環基としては、芳香族複素環基の例の中から縮合構造を有する例が挙げられる。

【0283】

Y 、 $Y^1 \sim Y^3$ 、 $L^1 \sim L^3$ 及び $R^1 \sim R^3$ の示す炭素数 1 ~ 20 のアルキル基、アルキレン基、3 価あるいは 4 価のアルカンとしては、例えば、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、*t* - ブチル基、イソブチル基、*n* - ペンチル基、*n* - ヘキシル基、*n* - ヘプチル基、*n* - オクチル基、*n* - ノニル基、*n* - デシル基、*n* - ウンデシル基、*n* - ドデシル基、*n* - トリデシル基、*n* - テトラデシル基、*n* - ペンタデシル基、*n* - ヘキサデシル基、*n* - ヘプタデシル基、*n* - オクタデシル基、ネオペンチル基、1 - メチルペンチル基、2 - メチルペンチル基、1 - ペンチルヘキシル基、1 - ブチルペンチル基、1 - ヘプチルオクチル基、3 - メチルペンチル基等又はこれらを 2 ~ 4 価とした基が挙げられ、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、*n* - ヘプチル基、*n* - オクチル基、*n* - ノニル基、*n* - デシル基、*n* - ウンデシル基、*n* - ドデシル基、*n* - トリデシル基、*n* - テトラデシル基、*n* - ペンタデシル基、*n* - ヘキサデシル基、*n* - ヘプタデシル基、*n* - オクタデシル基、ネオペンチル基、1 -

20

30

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が好ましい。

【0284】

Y 、 $Y^1 \sim Y^3$ 、 $L^1 \sim L^3$ 、 $R^1 \sim R^3$ 及び $A^1 \sim A^2$ の示す置換若しくは無置換の環形成炭素数 3 ~ 20 のシクロアルキル基、シクロアルキレン基、3 価あるいは 4 価のシクロアルカンとしては、例えば、シクロプロピル基、シクロブチル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基等又はこれらを 2 ~ 4 価とした基が挙げられ、シクロブチル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基が好ましい。

【0285】

Y 、 $Y^1 \sim Y^3$ の示す炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基としては、例えば、メトキシ基、エトキシ基、メトキシ基、*i* - プロポキシ基、*n* - プロポキシ基、*n* - ブトキシ基、*s* -

40

ブトキシ基、*t* - ブトキシ基等が挙げられ、メトキシ基、エトキシ基、メトキシ基、*i* - プロポキシ基、*n* - プロポキシ基が好ましい。

【0286】

Y 、 $Y^1 \sim Y^3$ 、 $L^1 \sim L^3$ 、 $R^1 \sim R^3$ 及び $A^1 \sim A^2$ の示す炭素数 1 ~ 20 のシリル基としては、例えば、トリメチルシリル基、トリエチルシリル基、トリブチルシリル基、トリオクチルシリル基、トリイソブチルシリル基、ジメチルエチルシリル基、ジメチルイソプロピルシリル基、ジメチルプロピルシリル基、ジメチルブチルシリル基、ジメチルターシャリーブチルシリル基、ジエチルイソプロピルシリル基、フェニルジメチルシリル基、ジフェニルメチルシリル基、ジフェニルターシャリーブチル基、トリフェニルシリル基等又はこれらを 2 ~ 3 価とした基が挙げられ、トリメチルシリル基、トリエチルシリル

50

基、トリブチルシリル基が好ましい。

【0287】

Y、Y¹ ~ Y³ 及び R¹ ~ R³ の示す炭素数 7 ~ 24 のアラルキル基としては、例えば、ベンジル基、フェネチル基、フェニルプロピル基等が挙げられる。

【0288】

式(5) ~ (22)の前記各基に置換してもよい置換基としては、例えば、炭素数 1 ~ 10 のアルキル基(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、n-ヘプチル基、n-オクチル基、ヒドロキシメチル基、1-ヒドロキシエチル基、2-ヒドロキシエチル基、2-ヒドロキシイソブチル基、1,2-ジヒドロキシエチル基、1,3-ジヒドロキシイソプロピル基、2,3-ジヒドロキシ-t-ブチル基、1,2,3-トリヒドロキシプロピル基、クロロメチル基、1-クロロエチル基、2-クロロエチル基、2-クロロイソブチル基、1,2-ジクロロエチル基、1,3-ジクロロイソプロピル基、2,3-ジクロロ-t-ブチル基、1,2,3-トリクロロプロピル基、プロモメチル基、1-プロモエチル基、2-プロモエチル基、2-プロモイソブチル基、1,2-ジプロモエチル基、1,3-ジプロモイソプロピル基、2,3-ジプロモ-t-ブチル基、1,2,3-トリプロモプロピル基、ヨードメチル基、1-ヨードエチル基、2-ヨードエチル基、2-ヨードイソブチル基、1,2-ジヨードエチル基、1,3-ジヨードイソプロピル基、2,3-ジヨード-t-ブチル基、1,2,3-トリヨードプロピル基、アミノメチル基、1-アミノエチル基、2-アミノエチル基、2-アミノイソブチル基、1,2-ジアミノエチル基、1,3-ジアミノイソプロピル基、2,3-ジアミノ-t-ブチル基、1,2,3-トリアミノプロピル基、シアノメチル基、1-シアノエチル基、2-シアノエチル基、2-シアノイソブチル基、1,2-ジシアノエチル基、1,3-ジシアノイソプロピル基、2,3-ジシアノ-t-ブチル基、1,2,3-トリアミノプロピル基、ニトロメチル基、1-ニトロエチル基、2-ニトロエチル基、2-ニトロイソブチル基、1,2-ジニトロエチル基、1,3-ジニトロイソプロピル基、2,3-ジニトロ-t-ブチル基、1,2,3-トリニトロプロピル基等)、環形成炭素数 3 ~ 40 のシクロアルキル基(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、1-アダマンチル基、2-アダマンチル基、1-ノルボルニル基、2-ノルボルニル基等)、炭素数 1 ~ 6 のアルコキシ基(エトキシ基、メトキシ基、i-プロポキシ基、n-プロポキシ基、s-ブトキシ基、t-ブトキシ基、ペントキシ基、ヘキシルオキシ基等)、環形成炭素数 3 ~ 10 のシクロアルコキシ基(シクロペントキシ基、シクロヘキシルオキシ基等)、環形成炭素数 6 ~ 40 の芳香族炭化水素基、環形成原子数 3 ~ 40 の芳香族複素環基、環形成炭素数 6 ~ 40 の芳香族炭化水素基で置換されたアミノ基、環形成炭素数 6 ~ 40 の芳香族炭化水素基を有するエステル基、炭素数 1 ~ 6 のアルキル基を有するエステル基、シアノ基、ニトロ基、ハロゲン原子等が挙げられる。

これらの中でも、炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、フェニル基、ピリジル基、カルバゾリル基、ジベンゾフラニル基が好ましく、置換基の数は 1 ~ 2 が好ましい。

【0289】

式(6)、(9)、(14) ~ (16)、(18)、(20)又は(22)の有機EL素子用材料において、nが2であると好ましい。

【0290】

式(9)、(10) ~ (13)、(17)、(19)又は(21)において、Y¹、Y²及びY³で表される置換基の合計数が3以下、式(10)、(14) ~ (16)、(18)、(20)又は(22)における[]_n内構造1つに対するY¹、Y²及びY³で表される置換基の合計数が3以下であると好ましい。

【0291】

式(5)又は(6)において、X¹とX²又はX³とX⁴が、それぞれN-R¹で表され、X¹のN-R¹とX²のN-R¹、又はX³のN-R¹とX⁴のN-R¹が異なって

10

20

30

40

50

いると好ましい。

【0292】

式(9)又は(10)において、 X^5 と X^6 が、それぞれ $N-R^1$ で表され、 X^5 の $N-R^1$ と X^6 の $N-R^1$ が異なっていると好ましい。

【0293】

式(11)~(16)において、 X^7 と X^8 、 X^9 と X^{10} 、又は X^{11} と X^{12} が、それぞれ $N-R^1$ で表され、 X^7 の $N-R^1$ と X^8 の $N-R^1$ 、 X^9 の $N-R^1$ と X^{10} の $N-R^1$ 、又は X^{11} の $N-R^1$ と X^{12} の $N-R^1$ が異なっていると好ましい。

【0294】

式(17)又は(18)において、 X^{13} と X^{14} が、それぞれ $N-R^1$ で表され、 X^{13} の $N-R^1$ と X^{14} の $N-R^1$ が異なっていると好ましい。 10

【0295】

式(5)、(6)、(9)~(18)において、 X^1 と X^2 、 X^3 と X^4 、 X^5 と X^6 、 X^7 と X^8 、 X^9 と X^{10} 、 X^{11} と X^{12} 、 X^{13} と X^{14} 、 X^{15} と X^{16} が共に酸素原子であると好ましい。

【0296】

次に、有機EL素子の素子構成について説明する。

(1) 有機EL素子の構成

図1に、本発明の有機EL素子の概略構成を示す。

有機EL素子1は、透明な基板2と、陽極3と、正孔注入・輸送層4と、発光層5と、電子注入調整層6と、電子輸送層7と、陰極8と、を備えている。 20

尚、正孔注入・輸送層4は、設けられていなくてもよい。

また、発光層5の陽極3側に発光層5に接して電子障壁層を設けてもよい。これにより、電子を発光層5に閉じ込めて、発光層5における励起子の生成確率を高めることができる。

【0297】

(2) 基板2

基板2は有機EL素子を支持する部材であり、400~700nmの可視領域の光の透過率が50%以上で平滑なものが好ましい。基板2の材料の具体例としては、ガラス等が挙げられる。 30

【0298】

(3) 陽極3

陽極3は、正孔を正孔注入・輸送層4又は発光層5に注入する役割を担うものであり、4.5eV以上の仕事関数を有することが効果的である。陽極材料の具体例としては、酸化インジウム錫合金(ITO)、酸化錫(NESA)、酸化インジウム亜鉛酸化物、金、銀、白金、銅等が挙げられる。

【0299】

(4) 正孔注入・輸送層4

正孔注入・輸送層4は、発光層5と陽極3との間に設けられ、発光層5への正孔注入を助け、発光領域まで輸送する機能を有する。正孔注入・輸送層4を形成する材料としては、例えば、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(以下NPDと略記する)等が挙げられる。 40

その他、正孔注入・輸送層4を形成する材料の具体例としては、トリアゾール誘導体(米国特許3,112,197号明細書等参照)、オキサジアゾール誘導体(米国特許3,189,447号明細書等参照)、イミダゾール誘導体(特公昭37-16096号公報等参照)、ポリアリーールアルカン誘導体(米国特許3,615,402号明細書、同第3,820,989号明細書、同第3,542,544号明細書、特公昭45-555号公報、同51-10983号公報、特開昭51-93224号公報、同55-17105号公報、同56-4148号公報、同55-108667号公報、同55-156953号公報、同56-36656号公報等参照)、ピラゾリン誘導体及びピラゾロン誘導体(米 50

国特許第3,180,729号明細書、同第4,278,746号明細書、特開昭55-88064号公報、同55-88065号公報、同49-105537号公報、同55-51086号公報、同56-80051号公報、同56-88141号公報、同57-45545号公報、同54-112637号公報、同55-74546号公報等参照)、フェニレンジアミン誘導体(米国特許第3,615,404号明細書、特公昭51-10105号公報、同46-3712号公報、同47-25336号公報、特開昭54-119925号公報等参照)、アリアルアミン誘導体(米国特許第3,567,450号明細書、同第3,240,597号明細書、同第3,658,520号明細書、同第4,232,103号明細書、同第4,175,961号明細書、同第4,012,376号明細書、特公昭49-35702号公報、同39-27577号公報、特開昭55-144250号公報、同56-119132号公報、同56-22437号公報、西独特許第1,110,518号明細書等参照)、アミノ置換カルコン誘導体(米国特許第3,526,501号明細書等参照)、オキサゾール誘導体(米国特許第3,257,203号明細書等に開示のもの)、スチリルアントラセン誘導体(特開昭56-46234号公報等参照)、フルオレノン誘導体(特開昭54-110837号公報等参照)、ヒドラゾン誘導体(米国特許第3,717,462号明細書、特開昭54-59143号公報、同55-52063号公報、同55-52064号公報、同55-46760号公報、同57-11350号公報、同57-148749号公報、特開平2-311591号公報等参照)、スチルベン誘導体(特開昭61-210363号公報、同第61-228451号公報、同61-14642号公報、同61-72255号公報、同62-47646号公報、同62-36674号公報、同62-10652号公報、同62-30255号公報、同60-93455号公報、同60-94462号公報、同60-174749号公報、同60-175052号公報等参照)、シラザン誘導体(米国特許第4,950,950号明細書)、ポリシラン系(特開平2-204996号公報)、アニリン系共重合体(特開平2-282263号公報)に開示されている導電性高分子オリゴマー(特にチオフェンオリゴマー)等を挙げるができる。

【0300】

正孔注入・輸送層4を形成する材料としては上記のものを挙げるができるが、ポルフィリン化合物(特開昭63-295695号公報等に開示のもの)、芳香族第三級アミン化合物及びスチリルアミン化合物(米国特許第4,127,412号明細書、特開昭53-27033号公報、同54-58445号公報、同55-79450号公報、同55-144250号公報、同56-119132号公報、同61-295558号公報、同61-98353号公報、同63-295695号公報等参照)、特に芳香族第三級アミン化合物が好ましい。

また、米国特許第5,061,569号に記載されている2個の縮合芳香族環を分子内に有する、例えば、4,4'-ビス(N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ)ピフェニル(以下NPDと略記する)、また特開平4-308688号公報に記載されているトリフェニルアミンユニットが3つスターバースト型に連結された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(以下MTDATAと略記する)等を挙げるができる。

また、p型Si、p型SiC等の無機化合物も正孔注入・輸送層4を形成する材料として使用することができる。さらに、特許公報第3614405号、3571977号又は米国特許4,780,536に記載されているヘキサザトリフェニレン誘導体等も正孔注入・輸送層4を形成する材料として好適に用いることができる。

【0301】

(5) 発光層5

発光層5は、ホスト材料及びドーパントを含有し、ホスト材料の具体例として、請求項の式(A)、(B)及び(C)で表される多環式縮合芳香族化合物、前述の置換若しくは無置換の多環式縮合芳香族化合物を有し、多環式縮合芳香族骨格部が2個以上の基として化学構造式中に含まれる化合物を用いることができる。また、請求項の式(5)及び(6

10

20

30

40

50

)であらわされるラダー化合物を使用することができる。ドーパントとしては、燐光発光性ドーパントが好ましく、その具体例としては、前述の材料が挙げられるがこれに限ったものではない。

発光層の膜厚は5 ~ 100 nmが好ましく、より好ましいのは5 ~ 50 nmである。また燐光発光性ドーパントのドーブ濃度は2 ~ 20%が望ましく、より好ましいのは5 ~ 15%である。

【0302】

(6) 電子注入調整層6

電子注入調整層6は、前述したように、正孔障壁層として機能することが望ましい。

電子注入調整層6を形成する材料の具体例として、上記の発光層5のホスト材料として例示したものが挙げられるがこれに限ったものではない。また、電子注入調整層6に含有させる燐光発光性ドーパントは、前述の材料を用いることができるがこれに限ったものではない。電子注入調整層6に含有させる燐光発光性ドーパントは、発光層5に含有させる燐光発光性ドーパントと同一であってもよいし、異なってもよい。

電子注入調整層の膜厚は5 ~ 50 nmが好ましく、より好ましいのは5 ~ 20 nmである。また燐光発光性ドーパントのドーブ濃度は2 ~ 15%が望ましく、より好ましいのは2 ~ 10%である。

【0303】

(7) 電子輸送層7

電子輸送層7は、発光層5への電子の注入を助ける機能を有する。また、電子輸送層7は、電子注入層としての機能を同時に有するように形成されていてもよい。

本発明においては、電子輸送層7を形成する材料の電子移動度が、電界強度400 ~ 500 (V/cm)^{1/2}において、 10^{-5} cm²/Vs以上であり、このような電子輸送層7を形成する材料としては、前述の材料が挙げられる。

【0304】

本発明では、陰極8と電子輸送層7との界面領域に還元性ドーパントが添加されていることが好ましい。

このような構成によれば、有機EL素子における発光輝度の向上や長寿命化が図られる。

【0305】

ここで、還元性ドーパントとは、電子輸送性化合物を還元できる物質と定義される。従って、一定の還元性を有するものであれば、様々なものが用いられ、例えば、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属、アルカリ金属の酸化物、アルカリ金属のハロゲン化物、アルカリ土類金属の酸化物、アルカリ土類金属のハロゲン化物、希土類金属の酸化物又は希土類金属のハロゲン化物、アルカリ金属の有機錯体、アルカリ土類金属の有機錯体、希土類金属の有機錯体からなる群から選択される少なくとも一つの物質を好適に使用することができる。

【0306】

また、より具体的に、好ましい還元性ドーパントとしては、Li (仕事関数: 2.9 eV)、Na (仕事関数: 2.36 eV)、K (仕事関数: 2.28 eV)、Rb (仕事関数: 2.16 eV) 及びCs (仕事関数: 1.95 eV) からなる群から選択される少なくとも一つのアルカリ金属や、Ca (仕事関数: 2.9 eV)、Sr (仕事関数: 2.0 ~ 2.5 eV)、及びBa (仕事関数: 2.52 eV) からなる群から選択される少なくとも一つのアルカリ土類金属が挙げられる。仕事関数が2.9 eV以下のものが特に好ましい。

これらのうち、より好ましい還元性ドーパントは、K、Rb及びCsからなる群から選択される少なくとも一つのアルカリ金属であり、さらに好ましくは、Rb又はCsであり、最も好ましいのは、Csである。これらのアルカリ金属は、特に還元能力が高く、電子注入域への比較的少量の添加により、有機EL素子における発光輝度の向上や長寿命化が図られる。また、仕事関数が2.9 eV以下の還元性ドーパントとして、これら2種以上

10

20

30

40

50

のアルカリ金属の組み合わせも好ましく、特に、Csを含んだ組み合わせ、例えば、CsとNa、CsとK、CsとRbあるいはCsとNaとKとの組み合わせであることが好ましい。Csを組み合わせることで、還元能力を効率的に発揮することができ、電子注入域への添加により、有機EL素子における発光輝度の向上や長寿命化が図られる。

【0307】

電子輸送層7の膜厚は、特に限定されないが、好ましくは、1~100nmである。

【0308】

(8)陰極8

陰極8を形成する材料としては、例えば、アルミニウム等が挙げられる。

【0309】

次に、本発明の有機EL素子の製造方法について説明する。

上記に例示した材料を用いて基板2上に、陽極3、正孔注入・輸送層4、発光層5、電子注入調整層6、電子輸送層7、陰極8を形成することにより有機EL素子1を作製することができる。また陰極から陽極へ、前記と逆の順序で有機EL素子を作製することもできる。以下に作製例を記載する。

【0310】

有機EL素子1の各層の形成方法は特に限定されず、従来公知の真空蒸着法、スピニング法等を用いることができる。即ち、電子注入調整層は、真空蒸着法、分子線蒸着法(MBE法)あるいは溶媒に解かした溶液のディッピング法、スピニング法、キャスト法、バーコート法、ロールコート法、インクジェット法等の塗布法による公知の方法で形成することができる。

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

以下により具体的に有機EL素子1の作製について記載する。

【0311】

有機EL素子1の作製に当たって、まず適当な透光性のある基板2上に陽極材料からなる薄膜を1 μ m以下、好ましくは10~200nmの範囲の膜厚になるように蒸着やスパッタリング等の方法により形成して陽極3を作製する。

次にこの陽極3上に正孔注入・輸送層4を設ける。正孔注入・輸送層4の形成は、真空蒸着法、スピニング法、キャスト法、LB法等の方法により行うことができる。膜厚5nm~5 μ mの範囲で適宜選択することが好ましい。

【0312】

次に、正孔注入・輸送層4上に設ける発光層5の形成は、所望の有機発光材料を用いて真空蒸着法に代表されるドライプロセスや、スピニング法、キャスト法等のウェットプロセスにより有機発光材料を薄膜化することにより形成できる。発光層5の膜厚は、5nm以上50nm以下の範囲内に形成するのが好ましい。

【0313】

次に、発光層5上に電子注入調整層6を設ける。電子注入調整層6の形成は、発光層5と同様の方法により形成できる。有機層の膜厚は5nm以上50nm以下の範囲内に形成するのが好ましい。

尚、発光層5と電子注入調整層6とを合わせた膜厚は10nm以上60nm以下、より好ましくは10nm以上50nm以下である。

【0314】

そして、この電子注入調整層6上に電子輸送層7を設ける。電子輸送層7は、正孔注入・輸送層4と同様の方法により形成できる。電子輸送層7の膜厚は、膜厚5nm~5 μ mの範囲で適宜選択することが好ましい。

【0315】

最後に陰極8を積層して有機EL素子1を得ることができる。陰極8は金属から構成されるもので、蒸着法、スパッタリングを用いることができる。しかし下地の有機物層を成

10

20

30

40

50

膜時の損傷から守るためには真空蒸着法が好ましい。

【0316】

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

【実施例】

【0317】

次に、実施例及び比較例を挙げて本発明をさらに詳しく説明するが、本発明はこれらの実施例によって何ら限定されない。

【0318】

[実施例1]

25mm×75mm×0.7mm厚のITO透明電極付きガラス基板(ジオマテック社製)をイソプロピルアルコール中で超音波洗浄を5分間行なった後、UVオゾン洗浄を30分間行なった。洗浄後の透明電極ライン付きガラス基板を真空蒸着装置の基板ホルダーに装着し、まず透明電極ラインが形成されている側の面上に、前記透明電極を覆うようにして下記化合物(H T 1)を膜厚50nmで成膜した。H T 1膜は正孔注入・輸送層として機能する。発光層のホストとして、下記化合物(H 2)を抵抗加熱蒸着により厚さ40nmで成膜した。同時に燐光発光ドーパントとして、下記化合物(D 1)を、化合物(H 2)に対し質量比で10%になるように蒸着した。この膜は、発光層として機能する。続いて、この燐光発光層上に電子注入調整層を形成する下記化合物(H 3)を、膜厚5nmで成膜した。

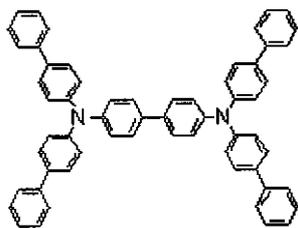
10

20

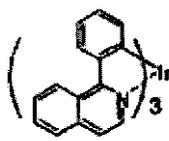
さらに、膜厚35nmで下記化合物(J)を成膜した。該膜は電子輸送層として機能する。この後、LiFを電子注入性電極(陰極)として成膜速度0.1nm/minで膜厚1nm形成した。このLiF層上に金属Alを蒸着させ、金属陰極を膜厚80nm形成し有機EL素子を形成した。

【0319】

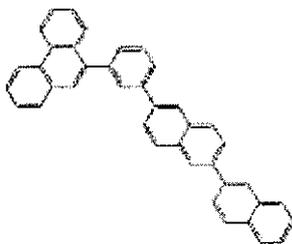
【化101】



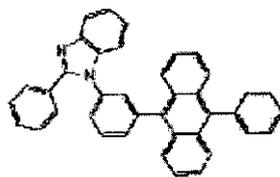
(HT1)



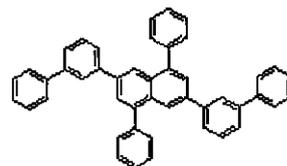
(D1)



(H2)



(J)



(H3)

30

40

【0320】

[参考例1]

電子注入調整層として、下記の化合物(H 4)を用いた以外は、実施例1と同様にして有機EL素子を作製した。

【0321】

50

[実施例 3]

電子注入調整層として、下記の化合物 (H 5) を用いた以外は、実施例 1 と同様にして有機 E L 素子を作製した。

【 0 3 2 2 】

[実施例 4]

電子注入調整層として、下記の化合物 (H 6) を用いた以外は、実施例 1 と同様にして有機 E L 素子を作製した。

【 0 3 2 3 】

[実施例 5]

電子注入調整層として、下記の化合物 (H 7) を用いた以外は、実施例 1 と同様にして有機 E L 素子を作製した。

【 0 3 2 4 】

[実施例 6]

電子注入調整層として、下記の化合物 (H 8) を用いた以外は、実施例 1 と同様にして有機 E L 素子を作製した。

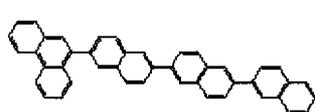
【 0 3 2 5 】

[実施例 7]

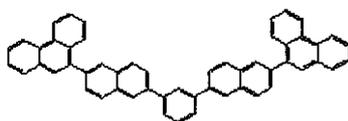
発光層のホストとして下記の化合物 (H 9) を用い、電子注入調整層として、化合物 (H 2) を用いた以外は、実施例 1 と同様にして有機 E L 素子を作製した。

【 0 3 2 6 】

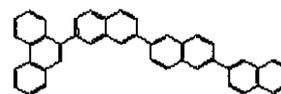
【 化 1 0 2 】



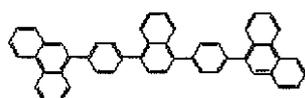
(H4)



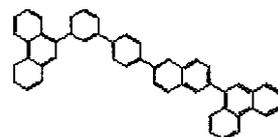
(H5)



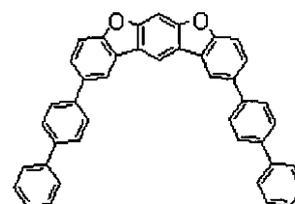
(H6)



(H7)



(H8)



(H9)

【 0 3 2 7 】

[比較例 1]

電子注入調整層として H 2 、電子輸送層として、A l q ₃ を用いた以外は、実施例 1 と同様にして有機 E L 素子を作製した。

【 0 3 2 8 】

[比較例 2]

発光層として C B P 、電子注入調整層として B C P 、電子輸送層として B p h e n を用いた以外は、実施例 1 と同様にして有機 E L 素子を作製した。

【 0 3 2 9 】

[比較例 3]

発光層として C B P 、電子注入調整層として (H 8) を用いた以外は、実施例 1 と同様にして有機 E L 素子を作製した。

【 0 3 3 0 】

[比較例 4]

10

20

30

40

50

発光層としてCBP、電子注入調整層としてBphenを用いた以外は、実施例1と同様に有機EL素子を作製した。

【0331】

[比較例5]

発光層としてBalq、電子注入調整層として(H8)を用いた以外は、実施例1と同様に有機EL素子を作製した。

【0332】

[比較例6]

電子輸送層として、Alq₃を用いた以外は、実施例1と同様に有機EL素子を作製した。

【0333】

[有機EL素子の評価]

以上のように作製した有機EL素子を、1mA/cm²の直流電流により発光させ、発光色度、発光効率及び電圧を測定した。これを基に、外部量子効率EQE(%)を求めた。また、初期輝度10000cd/m²で直流の連続通電試験(室温・70)を行って各有機EL素子の半減寿命を測定した。

その結果を下記の表1に示す。

【0334】

【表1】

	電流密度 (mA/cm ²)	色度		発光効率 (cd/A)	E. Q. E. (%)	室温寿命 @10000cd/m ²	70°C寿命 @10000cd/m ²
		X	Y				
実施例1	1	0.681	0.318	9.08	13.1	1815H	246H
参考例1	1	0.681	0.318	8.38	12.3	1920H	306H
実施例3	1	0.681	0.318	8.34	12.1	2100H	160H
実施例4	1	0.682	0.318	8.14	12.1	1320H	284H
実施例5	1	0.681	0.318	7.81	11.3	1732H	212H
実施例6	1	0.681	0.318	8.46	12.3	1520H	160H
実施例7	1	0.681	0.318	8.22	12	1500H	130H
比較例1	1	0.68	0.32	7.06	9.95	1300H	13H
比較例2	1	0.681	0.319	5.83	8.33	10H	2H
比較例3	1	0.681	0.318	6.67	9.75	95H	31H
比較例4	1	0.681	0.319	6.61	9.34	52H	2H
比較例5	1	0.68	0.319	6.76	9.8	360H	79H
比較例6	1	0.68	0.32	7.1	10.1	1200H	50H

【0335】

化合物(J)、トリス(8-キノリノール)アルミニウム(Alq₃)及びBphenの電子移動度(電界強度:400~500(V/cm)^{1/2})を下記の表2に示す。尚、測定法は前述した方法で行った。

【0336】

化合物(H2)~(H9)、CBP、BCP、Balq及びBphenの最低励起三重項エネルギーEg(T)を下記の表2に示す。尚、測定法は前述した方法で行った。

【0337】

化合物(H2)~(H9)及びBCP、Balq、Bphen、Alq₃、化合物(D1)(Ir(piq)₃)及び化合物(J)のイオン化ポテンシャルIp及びアフィニティレベルAfを下記の表2に示す。尚、測定法は前述した方法で行った。

尚、CBPのIp及びAfについては、C. Adachi, R. Kwong, S. R.

10

20

30

40

50

Forrest, Organic Electronics, 2巻、37-43、2001年に記載されている値を表2に記載した。

【0338】

【表2】

化合物	イオン化ポテンシャル (Ip) (eV)	アフィンティビティ (Af) (eV)	最低励起三重項エネルギー (EgT) (eV)	電子移動度 (cm ² /Vs)
H2	6.04	2.55	2.44	—
H3	6.05	2.66	2.38	—
H4	6.10	2.77	2.40	—
H5	6.23	2.69	2.50	—
H6	6.09	2.69	2.44	—
H7	6.25	2.73	2.52	—
H8	6.17	2.71	2.50	—
H9	5.95	2.35	2.70	—
CBP	6.30	3.00	2.60	—
BCP	6.60	3.00	2.80	—
BaIq	5.80	2.80	2.20	—
Bphen	6.40	3.00	2.45	4.5×10 ⁻⁴
Alq ₃	6.00	3.00	—	2.0×10 ⁻⁶
DI (Ir(piq) ₃)	5.30	—	—	—
J	6.00	3.00	—	3.5×10 ⁻⁴

【0339】

表1から明らかのように、発光層に上記化合物(H2)又は(H9)を用い、電子注入調整層に上記化合物(H3)~(H8)を用いた実施例1~7の有機EL素子は、比較例1~7に比べて寿命(室温及び高温条件)が長い。比較例1~7が上述した(i)~(iii)の関係及び電子輸送層の電子移動度のいずれかを満たしていないため、特に高温条件での寿命が短かった。また、実施例の外部量子効率、比較例よりも低い値を示しているものもあるが、実用上問題のない程度であった。

【0340】

[実施例8]

25mm×75mm×0.7mm厚のITO透明電極付きガラス基板(ジオマテック社製)をイソプロピルアルコール中で超音波洗浄を5分間行なった後、UVオゾン洗浄を30分間行なった。洗浄後の透明電極ライン付きガラス基板を真空蒸着装置の基板ホルダーに装着し、まず透明電極ラインが形成されている側の面上に、前記透明電極を覆うよう

10

20

30

40

50

にして上記の化合物(H T 1)を膜厚50nmで成膜した。H T 1膜は正孔注入・輸送層として機能する。発光層のホスト材料として、上記の化合物(H 2)を抵抗加熱蒸着により厚さ40nmで成膜した。同時に燐光発光性発光ドーパントとして、上記化合物(D 1)を、上記化合物(H 2)に対し質量比で10%になるように蒸着した。この膜は、発光層として機能する。続いて、この燐光発光層上に電子注入調整層を形成する上記化合物(H 6)を、膜厚5nmで成膜した。同時に燐光発光性発光ドーパントとして、上記化合物(D 1)を、上記化合物(H 6)に対し質量比で2%になるように蒸着した。

さらに、膜厚35nmで上記化合物(J)を成膜した。該膜は電子輸送層として機能する。この後、LiFを電子注入性電極(陰極)として成膜速度1/minで膜厚1nm形成した。このLiF層上に金属Alを蒸着させ、金属陰極を膜厚80nm形成し有機EL素子を形成した。

【0341】

[比較例7]

電子注入調整層としてH 2、電子輸送層として、Alq₃を用いた以外は、実施例8と同様にして有機EL素子を作製した。

【0342】

[比較例8]

発光層としてCBP、電子注入調整層としてBCP、電子輸送層としてBphenを用いた以外は、実施例8と同様にして有機EL素子を作製した。

【0343】

[比較例9]

発光層としてCBP、電子注入調整層として化合物(H 8)を用いた以外は、実施例8と同様にして有機EL素子を作製した。

【0344】

[比較例10]

発光層としてCBP、電子注入調整層としてBphenを用いた以外は、実施例8と同様にして有機EL素子を作製した。

【0345】

[比較例11]

発光層としてBalq、電子注入調整層として化合物(H 8)を用いた以外は、実施例8と同様にして有機EL素子を作製した。

【0346】

[比較例12]

電子注入調整層としてH 3、電子輸送層としてAlq₃を用いた以外は、実施例8と同様にして有機EL素子を作製した。

【0347】

[有機EL素子の評価]

実施例8及び比較例7~12で作製した有機EL素子に直流電流を流して発光させ、発光色度、発光効率及び電圧を測定した。これを基に、外部量子効率(EQE)を求めた。また、初期輝度10000cd/m²で直流の連続通電試験を行って各有機EL素子の半減寿命(室温、70)を測定した。その結果を下記の表3に示す。

【0348】

10

20

30

40

【 表 3 】

	電流密度 (mA/cm ²)	色度		発光効率 (cd/A)	E. Q. E. (%)	室温寿命 @10000cd/m ²	70°C寿命 @10000cd/m ²
		X	Y				
実施例 8	1	0.682	0.318	8.26	12.2	1540H	202H
比較例 7	1	0.68	0.319	7.1	9.99	1400H	16H
比較例 8	1	0.68	0.319	5.99	8.43	5H	2H
比較例 9	1	0.682	0.318	6.84	9.96	115H	34H
比較例 10	1	0.681	0.319	6.64	9.35	79H	1H
比較例 11	1	0.68	0.32	7.05	10.06	250H	50H
比較例 12	1	0.68	0.315	6.9	9.91	1200H	30H

10

20

30

【 0 3 4 9 】

表 3 から明らかなように、電子注入調整層に燐光発光ドーパントを有する実施例 8 では、比較例 7 ~ 12 より、室温及び高温共に寿命が長い。比較例 7 ~ 12 が上述した (i) ~ (i i i) の関係及び電子輸送層の電子移動度のいずれかを満たさなかったため、特に高温条件での寿命が短かった。

40

【 産業上の利用可能性 】

【 0 3 5 0 】

本発明の有機 E L 素子は、燐光発光層を備えた有機 E L 素子として利用できる。

本発明によれば、発光効率が高く、特に高温駆動条件下において長寿命な有機エレクトロルミネッセンス素子を提供できる。

【 符号の説明 】

【 0 3 5 1 】

[図 1 中]

- 1 有機 E L 素子
- 2 基板

50

- 3 陽極
- 4 正孔注入・輸送層
- 5 発光層
- 6 電子注入調整層
- 7 電子輸送層
- 8 陰極

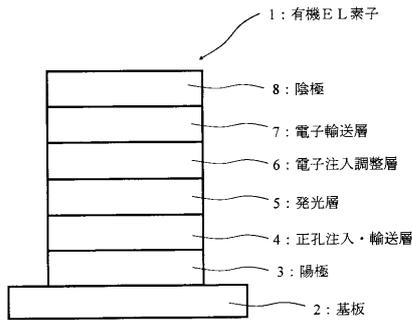
【 0 3 5 2 】

[図 2 中]

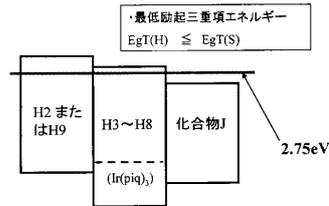
- I p h 発光層のホスト材料のイオン化ポテンシャル
- I p s 電子注入調整層のイオン化ポテンシャル
- I p d 発光層のドーパント材料のイオン化ポテンシャル
- A f 1 発光層のホスト材料のアフィニティレベル
- A f 2 電子注入調整層のアフィニティレベル
- A f 3 発光層のドーパント材料のアフィニティレベル
- E g T (H) 発光層のホスト材料の最低励起三重項エネルギー
- E g T (S) 電子注入調整層の最低励起三重項エネルギー

10

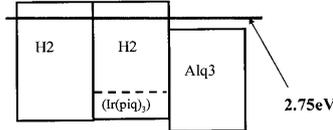
【 図 1 】



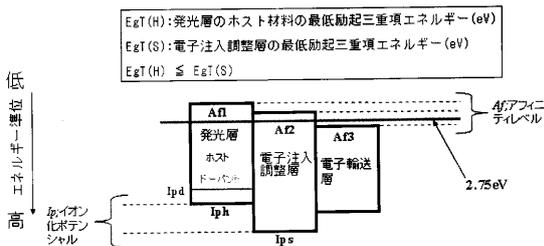
【 図 3 】



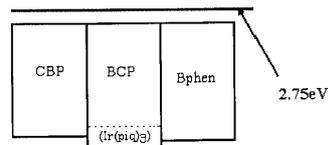
【 図 4 】



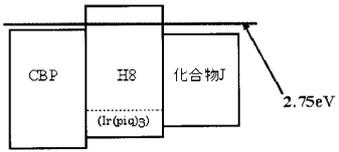
【 図 2 】



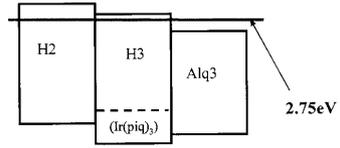
【 図 5 】



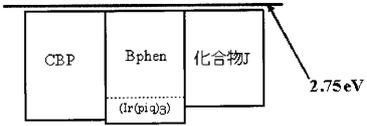
【図6】



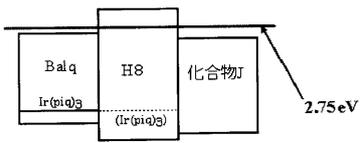
【図9】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

審査官 本田 博幸

- (56)参考文献 特開2004-359671(JP,A)
特開2004-362914(JP,A)
国際公開第2005/076669(WO,A1)
特開2006-066872(JP,A)
特開2007-220721(JP,A)
特開2008-187205(JP,A)
国際公開第2008/015949(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 51/50
C09K 11/06