

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-135836

(P2015-135836A)

(43) 公開日 平成27年7月27日(2015.7.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/14 B	3K107
C09K 11/06 (2006.01)	C09K 11/06 690	4C063
C07D 403/14 (2006.01)	C09K 11/06 660	
	C07D 403/14	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 84 頁)

(21) 出願番号 特願2012-78284 (P2012-78284)
 (22) 出願日 平成24年3月29日 (2012.3.29)

(71) 出願人 000183646
 出光興産株式会社
 東京都千代田区丸の内3丁目1番1号
 (74) 代理人 110000637
 特許業務法人樹之下知的財産事務所
 (72) 発明者 西村 和樹
 千葉県袖ヶ浦市上泉1280番地
 (72) 発明者 荻原 俊成
 千葉県袖ヶ浦市上泉1280番地
 (72) 発明者 日比野 茎子
 千葉県袖ヶ浦市上泉1280番地
 (72) 発明者 井上 哲也
 千葉県袖ヶ浦市上泉1280番地
 (72) 発明者 伊藤 光則
 千葉県袖ヶ浦市上泉1280番地

最終頁に続く

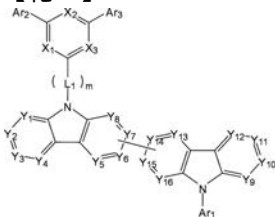
(54) 【発明の名称】 有機エレクトロルミネッセンス素子および有機エレクトロルミネッセンス素子用材料

(57) 【要約】

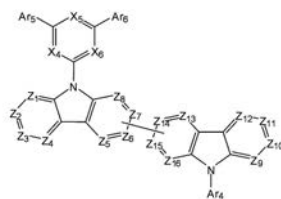
【課題】 発光効率が高く、長寿命の有機エレクトロルミネッセンス素子および有機エレクトロルミネッセンス素子用材料を提供する。

【解決手段】 陰極4と、陽極3と、陰極4と陽極3との間に配置された、発光層5を含む1層以上の有機薄膜層と、を有し、発光層5は、第一ホスト材料と、第二ホスト材料と、燐光発光性ドーパント材料を含み、前記第一ホスト材料は、下記一般式(1)で表される化合物であり、前記第二ホスト材料は、下記一般式(2)で表される化合物であることを特徴とする。

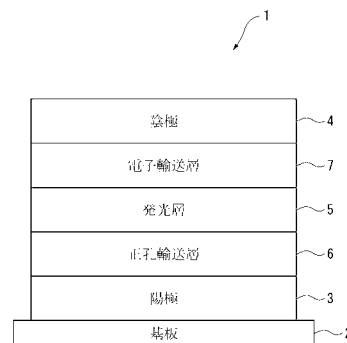
【化1】



(1)



(2)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陰極と、

陽極と、

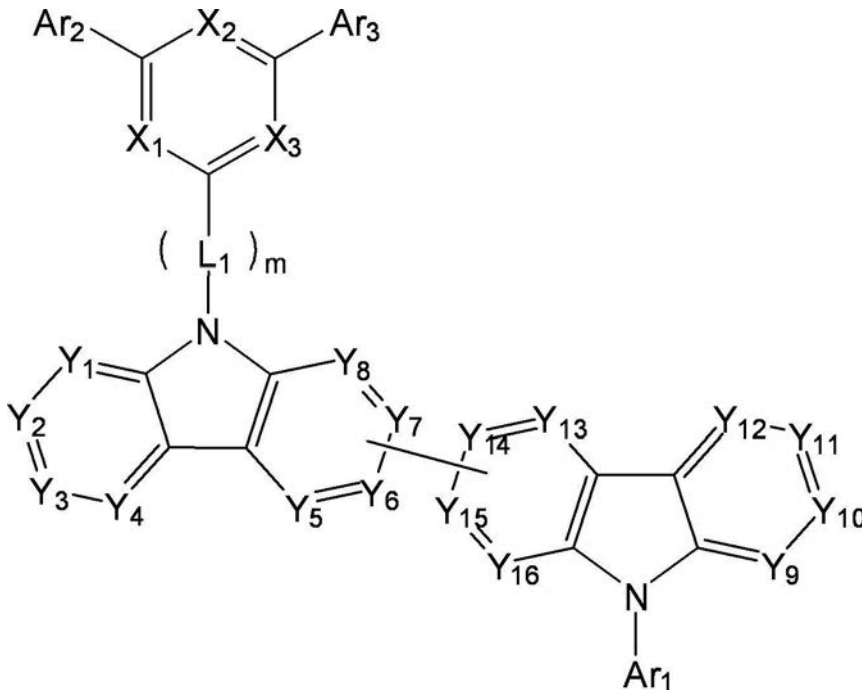
前記陰極と前記陽極との間に配置された、発光層を含む 1 層以上の有機薄膜層と、
を有し、

前記発光層は、第一ホスト材料と、第二ホスト材料と、燐光発光性ドーパント材料を含み、

前記第一ホスト材料は、下記一般式 (1) で表される化合物であり、

前記第二ホスト材料は、下記一般式 (2) で表される化合物であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子。 10

【化 1】



(1)

20

30

(一般式 (1) において、

Ar₁ ~ Ar₃ は、環形成炭素数 6 ~ 30 の置換もしくは無置換のアリール基、又は環形成原子数 5 ~ 30 の置換もしくは無置換の複素環基である。ただし、Ar₁ が、含窒素 6 員環の複素環基である場合はない。

L₁ は、環形成炭素数 6 ~ 30 の置換もしくは無置換のアリール基であり、

X₁ ~ X₃ は、それぞれ独立して、CR または窒素原子であって、少なくとも 1 つは窒素原子であり、

Y₁ ~ Y₁₆ は、CR である。

ただし、Y₆ と Y₇ のうちいずれか、および Y₁₄ と Y₁₅ のうちいずれかは、炭素原子であり、Y₆ が炭素原子であるときは、Y₁₄ の炭素原子または Y₁₅ の炭素原子と結合し、Y₇ が炭素原子であるときは、Y₁₄ の炭素原子と結合する。 40

R は、それぞれ独立して、

水素原子、

重水素原子、

ハロゲン原子、

シアノ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリール基、

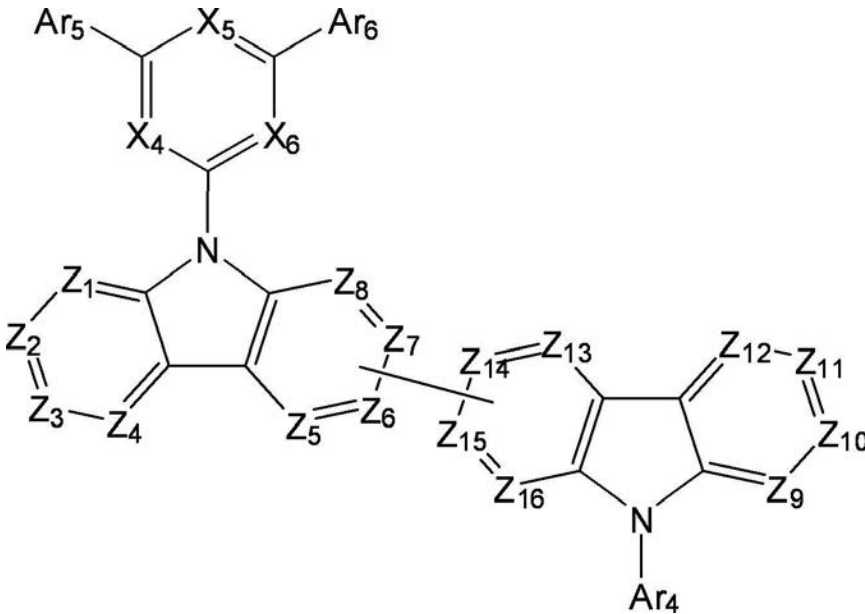
置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ~ 30 の複素環基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、 50

置換もしくは無置換の炭素数 2 ~ 30 のアルケニル基、
 置換もしくは無置換の炭素数 2 ~ 30 のアルキニル基、
 置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 30 のアルキルシリル基、
 置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリールシリル基、
 置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルコキシ基、
 置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアラルキル基、または
 置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリールオキシ基であり、

m は、1 から 4 までの整数であり、m が 2 以上の場合は、L₁ は互いに同一でも異なってもよい。

【化 2】



(一般式 (2) において、

Ar₄ ~ Ar₆ は、環形成炭素数 6 ~ 30 の置換もしくは無置換のアリール基、又は環形成原子数 5 ~ 30 の置換もしくは無置換の複素環基である。ただし、Ar₄ が、含窒素 6 員環の複素環基である場合はない。

X₄ ~ X₆ は、それぞれ独立して、CR または窒素原子であって、そのうち、少なくとも 1 つは窒素原子であり、

Z₁ ~ Z₁₆ は、CR である。

ただし、Z₆ と Z₇ のうちいずれか、および Z₁₄ と Z₁₅ のうちいずれかは、炭素原子であり、

Z₆ が炭素原子であるときは、Z₁₄ の炭素原子または Z₁₅ の炭素原子と結合し、Z₇ が炭素原子であるときは、Z₁₄ の炭素原子と結合する。

R は、それぞれ独立して、

水素原子、

重水素原子、

ハロゲン原子、

シアノ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリール基、

置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ~ 30 の複素環基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、

置換もしくは無置換の炭素数 2 ~ 30 のアルケニル基、

置換もしくは無置換の炭素数 2 ~ 30 のアルキニル基、

置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 30 のアルキルシリル基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリールシリル基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルコキシ基、
置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアラルキル基、または
置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリアルコキシ基である。)

ただし、前記一般式 (1) で表される化合物において、 Y_6 と Y_{14} の炭素原子が結合している場合、前記一般式 (2) で表される化合物において、 Z_6 と Z_{15} の炭素原子が結合するか、または Z_7 と Z_{14} の炭素原子が結合する。

また、前記一般式 (2) で表される化合物において、 Z_6 と Z_{14} の炭素原子が結合している場合、前記一般式 (1) で表される化合物において、 Y_6 と Y_{15} の炭素原子が結合するか、または Y_7 と Y_{14} の炭素原子が結合する。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、
前記 $X_1 \sim X_3$ のうち 2 つ以上は窒素原子であり、
前記 $X_4 \sim X_6$ のうち 2 つ以上は窒素原子であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、
前記 $X_1 \sim X_3$ の窒素原子数と前記 $X_4 \sim X_6$ の窒素原子数が互いに異なることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 4】

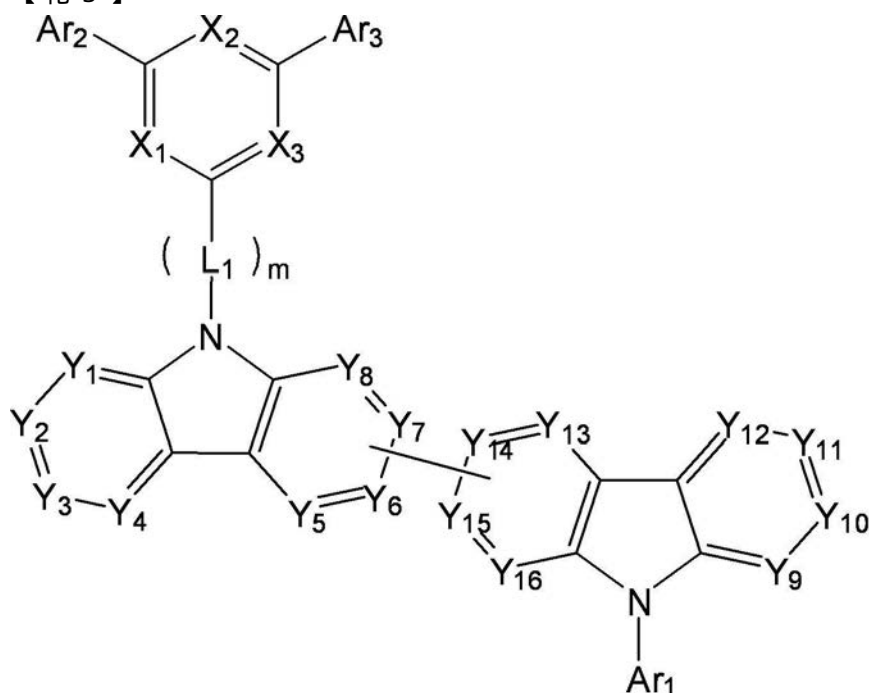
請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、

前記 L_1 は、置換もしくは無置換のフェニレン基、置換もしくは無置換のナフチレン基、置換もしくは無置換のフルオレニレン基、置換もしくは無置換のフェナントレニレン基、または置換もしくは無置換のトリフェニレニレン基であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 5】

下記一般式 (1) で表される化合物及び下記一般式 (2) で表される化合物を含むことを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子用材料。

【化 3】



(一般式 (1) において、
 $Ar_1 \sim Ar_3$ は、環形成炭素数 6 ~ 30 の置換もしくは無置換のアリアル基、又は環形

成原子数 5 ~ 30 の置換もしくは無置換の複素環基であり、る。ただし、 Ar_1 が、含窒素 6 員環の複素環基である場合はない。

L_1 は、環形成炭素数 6 ~ 30 の置換もしくは無置換のアリール基であり、

$X_1 \sim X_3$ は、それぞれ独立して、CR または窒素原子であって、少なくとも 1 つは窒素原子であり、

$Y_1 \sim Y_{16}$ は、CR である。

ただし、 Y_6 と Y_7 のうちいずれか、および Y_{14} と Y_{15} のうちいずれかは、炭素原子であり、 Y_6 が炭素原子であるときは、 Y_{14} の炭素原子または Y_{15} の炭素原子と結合し、 Y_7 が炭素原子であるときは、 Y_{14} の炭素原子と結合する。

R は、それぞれ独立して、

水素原子、
重水素原子、
ハロゲン原子、
シアノ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリール基、

置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ~ 30 の複素環基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、

置換もしくは無置換の炭素数 2 ~ 30 のアルケニル基、

置換もしくは無置換の炭素数 2 ~ 30 のアルキニル基、

置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 30 のアルキルシリル基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリールシリル基、

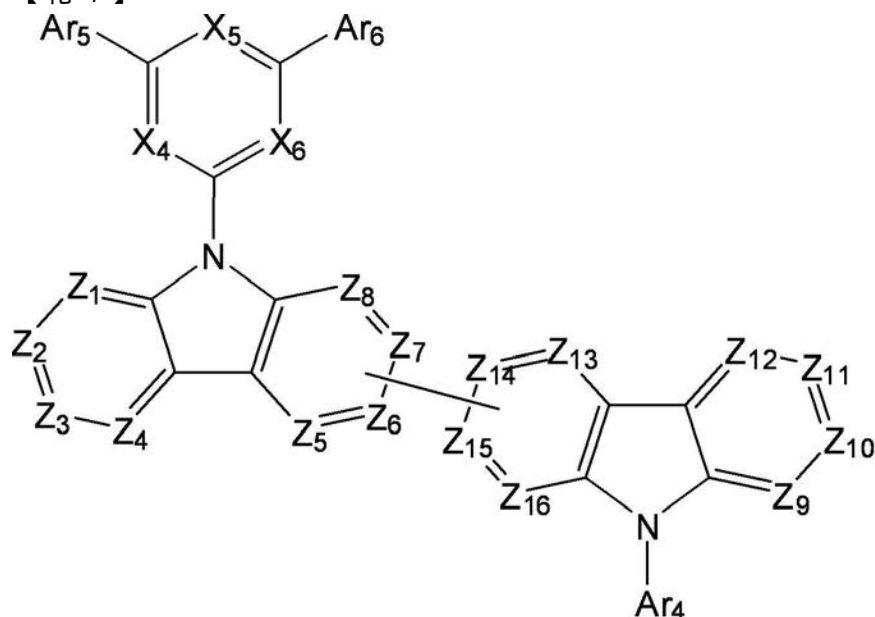
置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルコキシ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアラルキル基、または

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリールオキシ基であり、

m は、1 から 4 までの整数であり、m が 2 以上の場合は、 L_1 は互いに同一でも異なってもよい。))

【化 4】



(一般式 (2) において、

$Ar_4 \sim Ar_6$ は、環形成炭素数 6 ~ 30 の置換もしくは無置換のアリール基、又は環形成原子数 5 ~ 30 の置換もしくは無置換の複素環基であり、る。ただし、 Ar_4 が、含窒素 6 員環の複素環基である場合はない。

$X_4 \sim X_6$ は、それぞれ独立して、CR または窒素原子であって、そのうち、少なくとも 1 つは窒素原子であり、

10

20

30

40

50

$Z_1 \sim Z_{16}$ は、CRである。

ただし、 Z_6 と Z_7 のうちいずれか、および Z_{14} と Z_{15} のうちいずれかは、炭素原子であり、

Z_6 が炭素原子であるときは、 Z_{14} の炭素原子または Z_{15} の炭素原子と結合し、 Z_7 が炭素原子であるときは、 Z_{14} の炭素原子と結合する。

R は、それぞれ独立して、

水素原子、

重水素原子、

ハロゲン原子、

シアノ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリール基、

置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ~ 30 の複素環基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、

置換もしくは無置換の炭素数 2 ~ 30 のアルケニル基、

置換もしくは無置換の炭素数 2 ~ 30 のアルキニル基、

置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 30 のアルキルシリル基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリールシリル基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルコキシ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアラルキル基、または

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリールオキシ基である。))

ただし、前記一般式 (1) で表される化合物において、 Y_6 と Y_{14} の炭素原子が結合している場合、前記一般式 (2) で表される化合物において、 Z_6 と Z_{15} の炭素原子が結合するか、または Z_7 と Z_{14} の炭素原子が結合する。

また、前記一般式 (2) で表される化合物において、 Z_6 と Z_{14} の炭素原子が結合している場合、前記一般式 (1) で表される化合物において、 Y_6 と Y_{15} の炭素原子が結合するか、または Y_7 と Y_{14} の炭素原子が結合する。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子用材料において、

前記 $X_1 \sim X_3$ のうち 2 つ以上は窒素原子であり、

前記 $X_4 \sim X_6$ のうち 2 つ以上は窒素原子であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子用材料。

【請求項 7】

請求項 5 または請求項 6 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用材料において、

前記 $X_1 \sim X_3$ の窒素原子数と前記 $X_4 \sim X_6$ の窒素原子数が異なることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子用材料。

【請求項 8】

請求項 5 から請求項 7 のいずれか一項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子用材料において、

前記 L_1 は、置換もしくは無置換のフェニレン基、置換もしくは無置換のナフチレン基、置換もしくは無置換のフルオレニレン基、置換もしくは無置換のフェナントレニレン基、または置換もしくは無置換のトリフェニレニレン基であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子用材料。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機エレクトロルミネッセンス素子および有機エレクトロルミネッセンス素子用材料に関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

陽極と陰極との間に発光層を含む発光ユニットを備え、発光層に注入された正孔と電子との再結合によって生じる励起子(エキシトン)エネルギーから発光を得る有機エレクトロルミネッセンス素子(以下、有機EL素子という場合がある。)が知られている。

有機EL素子としては、発光材料として燐光発光性ドーパント材料を利用する、燐光型の有機EL素子が知られている。燐光型の有機EL素子は、燐光発光性ドーパント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、高い発光効率を達成できる。これは、発光層内で正孔と電子と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、燐光発光材料のみを使用した場合と比較して、3~4倍の発光効率を達成できると考えられるからである。

10

【0003】

特許文献1には、燐光発光性ドーパント材料と組み合わせて用いることができる燐光ホスト材料として好適なアリアルカルバゾイル基またはカルバゾイルアルキレン基に窒素含有ヘテロ環基が結合した化合物が記載されている。そして、燐光発光性ドーパント材料とこの化合物を発光層に用いることで、低電圧で駆動し、色純度が高い有機EL素子が得られる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開第2003/080760号

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1に記載の燐光ホスト材料では、HOMOが大きく、発光層への正孔注入が難しかった。そのため、正孔輸送層界面での発光となり、寿命が不足するという問題があった。

【0006】

本発明の目的は、発光効率が高く、長寿命の有機エレクトロルミネッセンス素子および有機エレクトロルミネッセンス素子用材料を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

30

【0007】

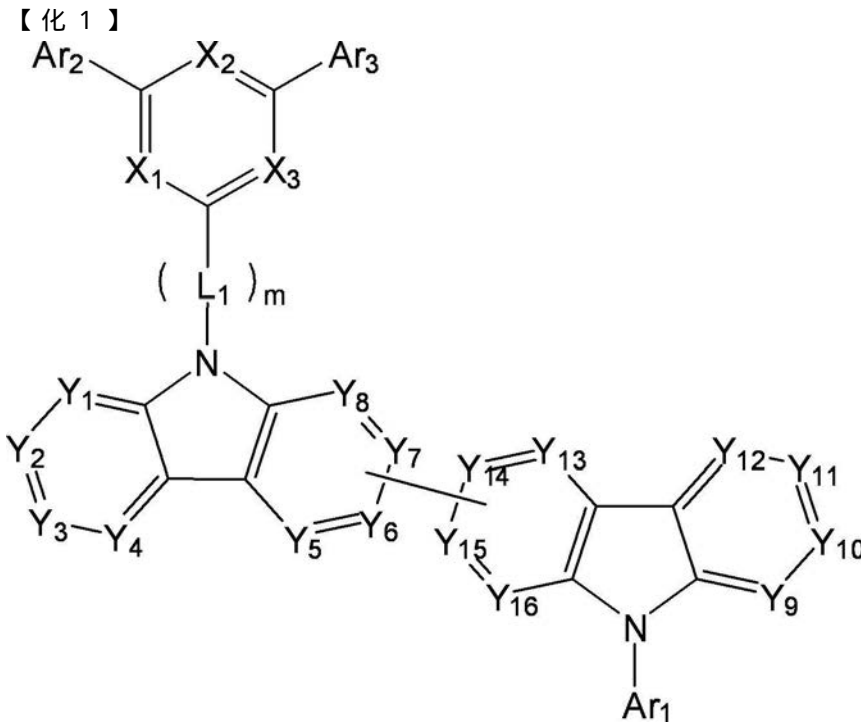
本発明者らは、上記目的を達成するために、鋭意研究を重ねた結果、発光層において、特定の第一ホスト材料に特定の第二ホスト材料を組合せて含有させることにより、発光効率が高く、長寿命の有機エレクトロルミネッセンス素子を製造できることを見出した。本発明は、かかる知見に基づいて完成したものである。

【0008】

本発明の有機エレクトロルミネッセンス素子は、陰極と、陽極と、前記陰極と前記陽極との間に配置された、発光層を含む1層以上の有機薄膜層と、を有し、前記発光層は、第一ホスト材料と、第二ホスト材料と、燐光発光性ドーパント材料を含み、前記第一ホスト材料は、下記一般式(1)で表される化合物であり、前記第二ホスト材料は、下記一般式(2)で表される化合物であることを特徴とする。

40

【0009】



(1)

10

【 0 0 1 0 】

20

(一般式 (1) において、

Ar₁ ~ Ar₃ は、環形成炭素数 6 ~ 30 の置換もしくは無置換のアリール基、又は環形成原子数 5 ~ 30 の置換もしくは無置換の複素環基である。ただし、Ar₁ が、含窒素 6 員環の複素環基である場合はない。

L₁ は、環形成炭素数 6 ~ 30 の置換もしくは無置換のアリーレン基であり、

X₁ ~ X₃ は、それぞれ独立して、CR または窒素原子であって、少なくとも 1 つは窒素原子であり、

Y₁ ~ Y₁₆ は、CR である。

ただし、Y₆ と Y₇ のうちいずれか、および Y₁₄ と Y₁₅ のうちいずれかは、炭素原子であり、Y₆ が炭素原子であるときは、Y₁₄ の炭素原子または Y₁₅ の炭素原子と結合し、Y₇ が炭素原子であるときは、Y₁₄ の炭素原子と結合する。

30

R は、それぞれ独立して、

水素原子、

重水素原子、

ハロゲン原子、

シアノ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリール基、

置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ~ 30 の複素環基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、

置換もしくは無置換の炭素数 2 ~ 30 のアルケニル基、

置換もしくは無置換の炭素数 2 ~ 30 のアルキニル基、

置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 30 のアルキルシリル基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリールシリル基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルコキシ基、

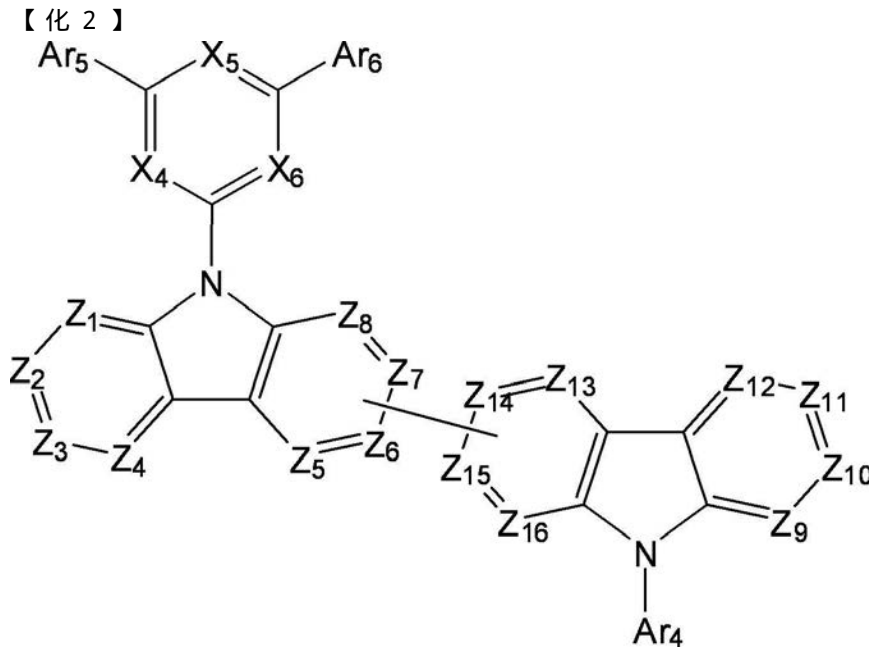
置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアラルキル基、または

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリールオキシ基であり、

40

m は、1 から 4 までの整数であり、m が 2 以上の場合は、L₁ は互いに同一でも異なってもよい。))

【 0 0 1 1 】



10

【 0 0 1 2 】

(一般式(2)において、

Ar₄ ~ Ar₆ は、環形成炭素数 6 ~ 30 の置換もしくは無置換のアリール基、又は環形成原子数 5 ~ 30 の置換もしくは無置換の複素環基である。ただし、Ar₄ が、含窒素 6 員環の複素環基である場合はない。

20

X₄ ~ X₆ は、それぞれ独立して、CR または窒素原子であって、そのうち、少なくとも 1 つは窒素原子であり、

Z₁ ~ Z₁₆ は、CR である。

ただし、Z₆ と Z₇ のうちいずれか、および Z₁₄ と Z₁₅ のうちいずれかは、炭素原子であり、

Z₆ が炭素原子であるときは、Z₁₄ の炭素原子または Z₁₅ の炭素原子と結合し、Z₇ が炭素原子であるときは、Z₁₄ の炭素原子と結合する。

R は、それぞれ独立して、

30

水素原子、
重水素原子、
ハロゲン原子、
シアノ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリール基、
置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ~ 30 の複素環基、
置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、
置換もしくは無置換の炭素数 2 ~ 30 のアルケニル基、
置換もしくは無置換の炭素数 2 ~ 30 のアルキニル基、
置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 30 のアルキルシリル基、
置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリールシリル基、
置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルコキシ基、
置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアラルキル基、または
置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリールオキシ基である。))

40

ただし、前記一般式(1)で表される化合物において、Y₆ と Y₁₄ の炭素原子が結合している場合、前記一般式(2)で表される化合物において、Z₆ と Z₁₅ の炭素原子が結合するか、または Z₇ と Z₁₄ の炭素原子が結合する。

また、前記一般式(2)で表される化合物において、Z₆ と Z₁₄ の炭素原子が結合している場合、前記一般式(1)で表される化合物において、Y₆ と Y₁₅ の炭素原子が結合するか、または Y₇ と Y₁₄ の炭素原子が結合する。

50

【0013】

また、前記有機エレクトロルミネッセンス素子において、
前記 $X_1 \sim X_3$ のうち2つ以上は窒素原子であり、
前記 $X_4 \sim X_6$ のうち2つ以上は窒素原子であることが好ましい。

【0014】

さらに、前記有機エレクトロルミネッセンス素子において、
前記 $X_1 \sim X_3$ の窒素原子数と前記 $X_4 \sim X_6$ の窒素原子数が互いに異なることが好ましい。

【0015】

前記有機エレクトロルミネッセンス素子において、
前記 L_1 は、置換もしくは無置換のフェニレン基、置換もしくは無置換のナフチレン基、置換もしくは無置換のフルオレニレン基、置換もしくは無置換のフェナントレニレン基、または置換もしくは無置換のトリフェニレニレン基であることが好ましい。

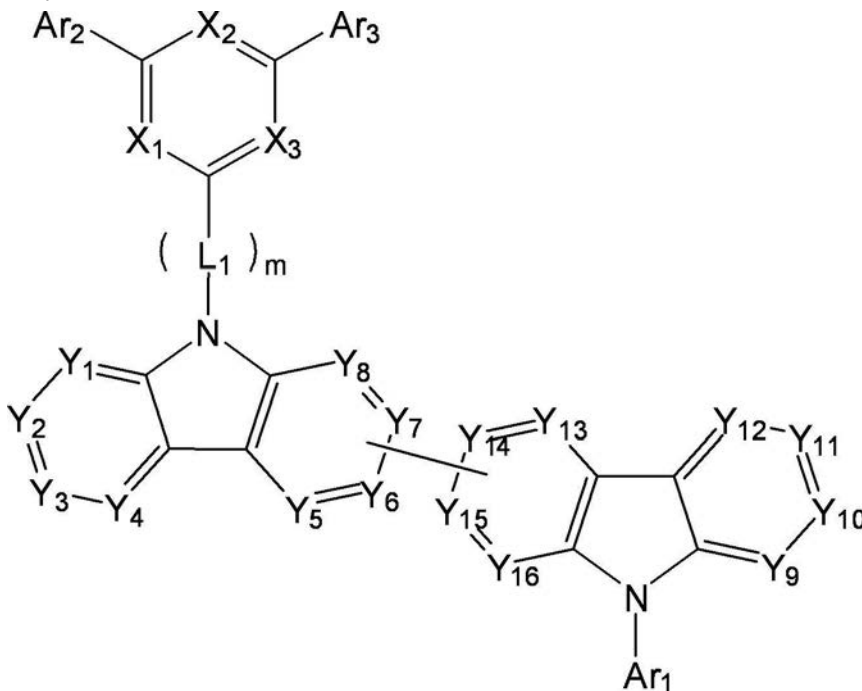
10

【0016】

一方、本発明の有機エレクトロルミネッセンス素子用材料は、下記一般式(1)で表される化合物及び下記一般式(2)で表される化合物を含むことを特徴とする。

【0017】

【化3】



20

(1)

30

【0018】

(一般式(1)において、

$Ar_1 \sim Ar_3$ は、環形成炭素数6~30の置換もしくは無置換のアリール基、又は環形成原子数5~30の置換もしくは無置換の複素環基である。ただし、 Ar_1 が、含窒素6員環の複素環基である場合はない。

40

L_1 は、環形成炭素数6~30の置換もしくは無置換のアリーレン基であり、

$X_1 \sim X_3$ は、それぞれ独立して、CRまたは窒素原子であって、少なくとも1つは窒素原子であり、

$Y_1 \sim Y_{16}$ は、CRである。

ただし、 Y_6 と Y_7 のうちいずれか、および Y_{14} と Y_{15} のうちいずれかは、炭素原子であり、 Y_6 が炭素原子であるときは、 Y_{14} の炭素原子または Y_{15} の炭素原子と結合し、 Y_7 が炭素原子であるときは、 Y_{14} の炭素原子と結合する。

R は、それぞれ独立して、

水素原子、

50

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリール基、
 置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ~ 30 の複素環基、
 置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、
 置換もしくは無置換の炭素数 2 ~ 30 のアルケニル基、
 置換もしくは無置換の炭素数 2 ~ 30 のアルキニル基、
 置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 30 のアルキルシリル基、
 置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリールシリル基、
 置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルコキシ基、
 置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアラルキル基、または
 置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリールオキシ基である。) 10

ただし、前記一般式 (1) で表される化合物において、 Y_6 と Y_{14} の炭素原子が結合している場合、前記一般式 (2) で表される化合物において、 Z_6 と Z_{15} の炭素原子が結合するか、または Z_7 と Z_{14} の炭素原子が結合する。

また、前記一般式 (2) で表される化合物において、 Z_6 と Z_{14} の炭素原子が結合している場合、前記一般式 (1) で表される化合物において、 Y_6 と Y_{15} の炭素原子が結合するか、または Y_7 と Y_{14} の炭素原子が結合する。

【0021】

さらに、前記有機エレクトロルミネッセンス素子用材料において、
 前記 $X_1 \sim X_3$ のうち 2 つ以上は窒素原子であり、
 前記 $X_4 \sim X_6$ のうち 2 つ以上は窒素原子であることが好ましい。 20

【0022】

そして、前記有機エレクトロルミネッセンス素子用材料において、
 前記 $X_1 \sim X_3$ の窒素原子数と前記 $X_4 \sim X_6$ の窒素原子数が異なることが好ましい。

【0023】

また、前記有機エレクトロルミネッセンス素子用材料において、
 前記 L_1 は、置換もしくは無置換のフェニレン基、置換もしくは無置換のナフチレン基、
 置換もしくは無置換のフルオレニレン基、置換もしくは無置換のフェナントレニレン基、
 または置換もしくは無置換のトリフェニレニレン基であることが好ましい。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、発光効率が高く、長寿命の有機エレクトロルミネッセンス素子および有機エレクトロルミネッセンス素子用材料を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図 1】本発明の第一実施形態における有機 EL 素子の一例の概略構成を示す図。

【図 2】第二実施形態における有機 EL 素子の一例の概略構成を示す図。

【図 3】第三実施形態における有機 EL 素子の一例の概略構成を示す図。

【図 4】第四実施形態における有機 EL 素子の一例の概略構成を示す図。

【図 5】第五実施形態における有機 EL 素子の一例の概略構成を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0026】

[第一実施形態]

(有機 EL 素子の構成)

以下、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子 (以下、有機 EL 素子と称する) の素子構成について説明する。

有機 EL 素子の代表的な素子構成としては、

(1) 陽極 / 発光層 / 陰極

(2) 陽極 / 正孔注入層 / 発光層 / 陰極

(3) 陽極 / 発光層 / 電子注入・輸送層 / 陰極

(4) 陽極 / 正孔注入層 / 発光層 / 電子注入・輸送層 / 陰極 50

(5) 陽極 / 正孔注入・輸送層 / 発光層 / 電子注入・輸送層 / 陰極
などの構造を挙げることができる。

上記の中で(5)の素子構成が好ましく用いられるが、これらに限定されるものではない。

なお、上記「発光層」とは、一般的にドーピングシステムが採用されており、ホスト材料とドーパント材料を含む有機層である。ホスト材料は、一般的に電子と正孔の再結合を促し、再結合により生じた励起エネルギーをドーパント材料に伝達させる。ドーパント材料としては、量子収率の高い化合物が好まれ、ホスト材料から励起エネルギーを受け取ったドーパント材料は、高い発光性能を示す。

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

【0027】

次に、第一実施形態における有機EL素子1を図1に示す。

有機EL素子1は、透明な基板2と、陽極3と、陰極4と、正孔輸送層6と、発光層5と、電子輸送層7とを備える。

そして、陽極3側から順に、正孔輸送層6、発光層5、電子輸送層7及び陰極4が積層される。

【0028】

〔発光層〕

発光層5は、第一ホスト材料、第二ホスト材料および燐光発光性ドーパント材料を含有する。

ここで、発光層5に含まれる材料の質量百分率の合計が100質量%となるように、第一ホスト材料については、10質量%以上90質量%以下、第二ホスト材料については、10質量%以上90質量%以下、並びに燐光発光性ドーパント材料については、0.1質量%以上30質量%以下で設定されることが好ましい。さらに、第一ホスト材料については、40質量%以上60質量%以下で設定されることがより好ましい。

【0029】

(第一ホスト材料)

本発明の有機EL素子に用いられる第一ホスト材料としては、上記一般式(1)で表される化合物を用いることができる。

【0030】

一般式(1)において、 $Ar_1 \sim Ar_3$ で表される基について説明する。

環形成炭素数6~30のアリール基としては、例えば、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、ベンズアントリル基、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、ナфтаセニル基、ピレニル基、1-クリセニル基、2-クリセニル基、3-クリセニル基、4-クリセニル基、5-クリセニル基、6-クリセニル基、ベンゾ[c]フェナントリル基、ベンゾ[g]クリセニル基、1-トリフェニレニル基、2-トリフェニレニル基、3-トリフェニレニル基、4-トリフェニレニル基、1-フルオレニル基、2-フルオレニル基、3-フルオレニル基、4-フルオレニル基、9-フルオレニル基、ベンゾフルオレニル基、ジベンゾフルオレニル基、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、o-ターフェニル基、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、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-クウォーターフェニル基、3-フルオランテニル基、4-フルオランテニル基、8-フルオランテニル基、9-フルオランテニル基、ベンゾフルオランテニル基、o-トリル基、m-トリル基、p-トリル基、2,3-キシリル基、3,4-

10

20

30

40

50

キシリル基、2, 5 - キシリル基、メシチル基、o - クメニル基、m - クメニル基、p - クメニル基、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、4' - メチルビフェニル基、4" - t - ブチル - p - ターフェニル - 4 - イル基が挙げられる。

アリール基としては、環形成炭素数が6 ~ 20であることが好ましく、より好ましくは6 ~ 12であることが好ましい。上記アリール基の中でもフェニル基、ビフェニル基、ナフチル基、フェナントリル基、ターフェニル基、フルオレニル基が特に好ましい。1 - フルオレニル基、2 - フルオレニル基、3 - フルオレニル基および4 - フルオレニル基については、9位の炭素原子に、置換もしくは無置換の炭素数1 ~ 30のアルキル基が置換されていることが好ましい。

【0031】

環形成原子数5 ~ 30の複素環基としては、例えば、ピロリル基、ピラジニル基、ピリジニル基、インドリル基、イソインドリル基、イミダゾリル基、フリル基、ベンゾフラニル基、イソベンゾフラニル基、ジベンゾフラニル基、ジベンゾチオフェニル基、キノリル基、イソキノリル基、キノキサリニル基、カルバゾリル基、フェナントリジニル基、アクリジニル基、フェナントロリニル基、フェナジニル基、フェノチアジニル基、フェノキサジニル基、オキサゾリル基、オキサジアゾリル基、フラザニル基、チエニル基、ベンゾチオフェニル基、ピリジン環、ピラジン環、ピリミジン環、ピリダジン環、トリアジン環、インドール環、キノリン環、アクリジン環、ピロリジン環、ジオキサソール環、ペペリジン環、モルフォリン環、ピペラジン環、カルバゾール環、フラン環、チオフェン環、オキサゾール環、オキサジアゾール環、ベンゾオキサゾール環、チアゾール環、チアジアゾール環、ベンゾチアゾール環、トリアゾール環、イミダゾール環、ベンゾイミダゾール環、ピラン環、ジベンゾフラン環から形成される基が挙げられる。

さらに具体的には、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、2 - ピリミジニル基、4 - ピリミジニル基、5 - ピリミジニル基、6 - ピリミジニル基、1, 2, 3 - トリアジン - 4 - イル基、1, 2, 4 - トリアジン - 3 - イル基、1, 3, 5 - トリアジン - 2 - イル基、1 - イミダゾリル基、2 - イミダゾリル基、1 - ピラゾリル基、1 - インドリジニル基、2 - インドリジニル基、3 - インドリジニル基、5 - インドリジニル基、6 - インドリジニル基、7 - インドリジニル基、8 - インドリジニル基、2 - イミダゾピリジニル基、3 - イミダゾピリジニル基、5 - イミダゾピリジニル基、6 - イミダゾピリジニル基、7 - イミダゾピリジニル基、8 - イミダゾピリジニル基、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 - カルバゾリル基、2 - カルバゾリル基、3 - カルバゾリル基、4 - カルバゾリル基、9 - カルバゾリル基、アザカルバゾリル - 1 - イル基、アザカルバゾリル - 2 - イル基、アザカルバゾリル - 3 - イル基、アザカルバゾリル - 4 - イル基、アザカルバゾリル - 5 - イル基、アザカルバゾリル - 6 - イル基、アザカルバゾリル - 7 - イル基、アザカルバゾリル - 8 - イル基、アザカルバゾリル - 9 - イル基、1 - フェナントリジニル基、2 - フェナントリジニル基、3 - フェナントリジニル基、4 - フェナントリジニル基、6 - フェナントリジニル基、7 - フェナントリジニル基、8 - フェナントリジニル基、9

10

20

30

40

50

- フェナントリジニル基、10 - フェナントリジニル基、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 - フェナントロリン - 2 - イル基、1, 7 - フェナントロリン - 3 - イル基、1, 7 - フェナントロリン - 4 - イル基、1, 7 - フェナントロリン - 5 - イル基、1, 7 - フェナントロリン - 6 - イル基、1, 7 - フェナントロリン - 8 - イル基、1, 7 - フェナントロリン - 9 - イル基、1, 7 - フェナントロリン - 10 - イル基、1, 8 - フェナントロリン - 2 - イル基、1, 8 - フェナントロリン - 3 - イル基、1, 8 - フェナントロリン - 4 - イル基、1, 8 - フェナントロリン - 5 - イル基、1, 8 - フェナントロリン - 6 - イル基、1, 8 - フェナントロリン - 7 - イル基、1, 8 - フェナントロリン - 9 - イル基、1, 8 - フェナントロリン - 10 - イル基、1, 9 - フェナントロリン - 2 - イル基、1, 9 - フェナントロリン - 3 - イル基、1, 9 - フェナントロリン - 4 - イル基、1, 9 - フェナントロリン - 5 - イル基、1, 9 - フェナントロリン - 6 - イル基、1, 9 - フェナントロリン - 7 - イル基、1, 9 - フェナントロリン - 8 - イル基、1, 9 - フェナントロリン - 10 - イル基、1, 10 - フェナントロリン - 2 - イル基、1, 10 - フェナントロリン - 3 - イル基、1, 10 - フェナントロリン - 4 - イル基、1, 10 - フェナントロリン - 5 - イル基、2, 9 - フェナントロリン - 1 - イル基、2, 9 - フェナントロリン - 3 - イル基、2, 9 - フェナントロリン - 4 - イル基、2, 9 - フェナントロリン - 5 - イル基、2, 9 - フェナントロリン - 6 - イル基、2, 9 - フェナントロリン - 7 - イル基、2, 9 - フェナントロリン - 8 - イル基、2, 9 - フェナントロリン - 10 - イル基、2, 8 - フェナントロリン - 1 - イル基、2, 8 - フェナントロリン - 3 - イル基、2, 8 - フェナントロリン - 4 - イル基、2, 8 - フェナントロリン - 5 - イル基、2, 8 - フェナントロリン - 6 - イル基、2, 8 - フェナントロリン - 7 - イル基、2, 8 - フェナントロリン - 9 - イル基、2, 8 - フェナントロリン - 10 - イル基、2, 7 - フェナントロリン - 1 - イル基、2, 7 - フェナントロリン - 3 - イル基、2, 7 - フェナントロリン - 4 - イル基、2, 7 - フェナントロリン - 5 - イル基、2, 7 - フェナントロリン - 6 - イル基、2, 7 - フェナントロリン - 8 - イル基、2, 7 - フェナントロリン - 9 - イル基、2, 7 - フェナントロリン - 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、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、1 - ジベンゾフラニル基、2 - ジベンゾフラニル基、3 - ジベンゾフラニル基、4 - ジベンゾフラニル基、1 - ジベンゾチオフエニル基、2 - ジベンゾチオフエニル基、3 - ジベンゾチオフエニル基、4 - ジベンゾチオフエニル基、1 - シラフルオレニル基、2 - シラフルオレニル基、3 - シラフルオレニル基、4 - シラフルオレニル基、1 - ゲルマフルオレニル基、2 - ゲルマフルオレニル基、3 - ゲルマフルオレニル基、4 - ゲルマフルオレニル基が挙げられる。

複素環基の環形成原子数は、5 ~ 20であることが好ましく、5 ~ 14であることがさらに好ましい。上記複素環基の中でも1 - ジベンゾフラニル基、2 - ジベンゾフラニル基、3 - ジベンゾフラニル基、4 - ジベンゾフラニル基、1 - ジベンゾチオフエニル基、2 - ジベンゾチオフエニル基、3 - ジベンゾチオフエニル基、4 - ジベンゾチオフエニル基

、 1 - カルバゾリル基、 2 - カルバゾリル基、 3 - カルバゾリル基、 4 - カルバゾリル基、 9 - カルバゾリル基が好ましい。 1 - カルバゾリル基、 2 - カルバゾリル基、 3 - カルバゾリル基および 4 - カルバゾリル基については、 9 位の窒素原子に、置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリアル基または置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ~ 30 の複素環基が置換されていることが好ましい。

ただし、Ar₁ は、上記環形成原子数 5 ~ 30 の複素環基のうちピリジン環、ピラジン環、ピリミジン環、ピリダジン環、トリアジン環である場合はない。

【 0 0 3 2 】

前記一般式 (1) において、Ar₁ ~ Ar₃ としては、置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリアル基であることがより好ましく、置換もしくは無置換のフェニル基であることがより好ましい。

10

【 0 0 3 3 】

一般式 (1) において、CR は、炭素原子 (C) に、R が結合したものである。一般式 (1) において、R で表される基について説明する。

環形成炭素数 6 ~ 30 のアリアル基、および環形成原子数 5 ~ 30 の複素環基としては、上記した基を用いることができる。

炭素数 1 ~ 30 のアルキル基としては、直鎖、分岐鎖又は環状のいずれであってもよい。直鎖または分岐鎖のアルキル基としては、例えば、メチル基、エチル基、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 - 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、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、1, 2 - ジニトロエチル基、2, 3 - ジニトロ - t - ブチル基、1, 2, 3 - トリニトロプロピル基が挙げられる。

20

30

40

環状のアルキル基 (シクロアルキル基) 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、4 - メチルシクロヘキシル基、3, 5 - テトラメチルシクロヘキシル基、シクロヘプチル基、シクロオクチル基、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 - ノルボルニル基等が挙げられる。

直鎖または分岐鎖のアルキル基の炭素数は、1 ~ 10 であることが好ましく、1 ~ 6 であることがさらに好ましい。上記直鎖または分岐鎖のアルキル基の中でもメチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、n - ブチル基、s - ブチル基、イソブチル基、t -

50

ブチル基、n - ペンチル基、n - ヘキシル基が好ましい。

シクロアルキル基の環形成炭素数は、3 ~ 10 であることが好ましく、5 ~ 8 であることがさらに好ましい。上記シクロアルキル基の中でも、シクロペンチル基やシクロヘキシル基が好ましい。

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

【0034】

炭素数 2 ~ 30 のアルケニル基としては、直鎖、分岐鎖又は環状のいずれであってもよく、例えば、ビニル、プロペニル、ブテニル、オレイル、エイコサペンタエニル、ドコサヘキサエニル、スチリル、2, 2 - ジフェニルビニル、1, 2, 2 - トリフェニルビニル、2 - フェニル - 2 - プロペニル等が挙げられる。上述したアルケニル基の中でもビニル基が好ましい。

10

【0035】

炭素数 2 ~ 30 のアルキニル基としては、直鎖、分岐鎖又は環状のいずれであってもよく、例えば、エチニル、プロピニル、2 - フェニルエチニル等が挙げられる。上述したアルキニル基の中でもエチニル基が好ましい。

【0036】

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

20

【0037】

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

30

ジアルキルアリールシリル基は、例えば、上記炭素数 1 ~ 30 のアルキル基で例示したアルキル基を 2 つ有し、上記環形成炭素数 6 ~ 30 のアリール基を 1 つ有するジアルキルアリールシリル基が挙げられる。ジアルキルアリールシリル基の炭素数は、8 ~ 30 であることが好ましい。2 つのアルキル基は、それぞれ同一でも異なってもよい。

アルキルジアリールシリル基は、例えば、上記炭素数 1 ~ 30 のアルキル基で例示したアルキル基を 1 つ有し、上記環形成炭素数 6 ~ 30 のアリール基を 2 つ有するアルキルジアリールシリル基が挙げられる。アルキルジアリールシリル基の炭素数は、13 ~ 30 であることが好ましい。2 つのアリール基は、それぞれ同一でも異なってもよい。

トリアリールシリル基は、例えば、上記環形成炭素数 6 ~ 30 のアリール基を 3 つ有するトリアリールシリル基が挙げられる。トリアリールシリル基の炭素数は、18 ~ 30 であることが好ましい。3 つのアリール基は、それぞれ同一でも異なってもよい。

40

このようなアリールシリル基としては、例えば、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 - t - ブチルシリル基、トリフェニルシリル基が挙げられる。

【0038】

炭素数 1 ~ 30 のアルコキシ基は、-OR_x と表される。この R_x の例として、上記炭素数 1 ~ 30 のアルキル基が挙げられる。アルコキシ基としては、炭素数 1 ~ 6 のアルコキシ基が好ましく、例えばメトキシ基、エトキシ基、プロポキシ基、ブトキシ基、ペンチルオキシ基、ヘキシルオキシ基があげられる。

アルコキシ基がハロゲン原子で置換されたハロゲン化アルコキシ基としては、例えば、

50

上記炭素数 1 ~ 30 のアルコキシ基が 1 以上のハロゲン基で置換されたものが挙げられる。

【0039】

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

10

20

【0040】

環形成炭素数 6 ~ 30 のアリールオキシ基は、 $-OR_v$ と表される。この R_v の例として、上記環形成炭素数 6 ~ 30 アリール基または後述する単環基および縮合環基が挙げられる。このアリールオキシ基としては、例えば、フェノキシ基が挙げられる。

【0041】

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、好ましくはフッ素原子である。

30

【0042】

前記一般式 (1) における L_1 で表される環形成炭素数 6 ~ 30 のアリーレン基としては、上記したアリール基の 2 価に相当する基が挙げられる。中でも、 L_1 としては、置換もしくは無置換のフェニレン基、置換もしくは無置換のナフチレン基、置換もしくは無置換のフルオレニレン基、置換もしくは無置換のフェナントレニレン基、または置換もしくは無置換のトリフェニレニレン基であることが好ましい。

【0043】

前記一般式 (1) において、 $X_1 \sim X_3$ のうち少なくとも 1 つは窒素原子であり、 $X_1 \sim X_3$ のうち 2 つ以上が窒素原子であることが長寿命化の観点から、より好ましい。特に好ましくは、 $X_1 \sim X_3$ がいずれも窒素原子である。

40

【0044】

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

【0045】

また、「置換もしくは無置換の」という場合における置換基としては、上述のようなアリール基、複素環基、アルキル基（直鎖または分岐鎖のアルキル基、シクロアルキル基、ハロゲン化アルキル基）、アルケニル基、アルキニル基、アルキルシリル基、アリールシリル基、アルコキシ基、ハロゲン化アルコキシ基、アラルキル基、アリールオキシ基、ハ

50

ロゲン原子、重水素原子、シアノ基に加え、ヒドロキシル基、ニトロ基、カルボキシ基等が挙げられる。ここで挙げた置換基の中では、アリアル基、複素環基、アルキル基、ハロゲン原子、アルキルシリル基、アリアルシリル基、シアノ基、重水素原子が好ましく、さらには、各置換基の説明において好ましいとした具体的な置換基が好ましい。「置換もしくは無置換の」という場合における「無置換」とは、前記置換基で置換されておらず、水素原子が結合していることを意味する。

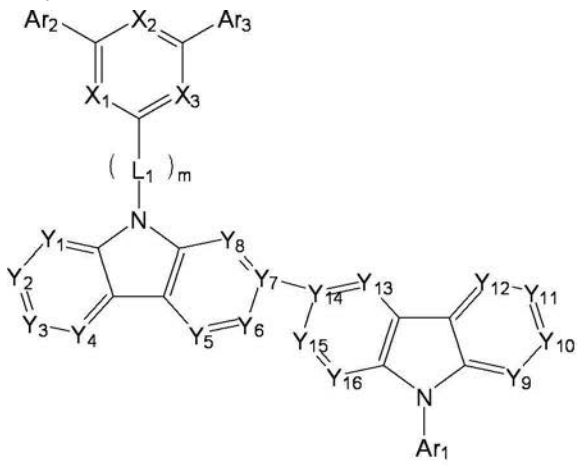
以下に説明する化合物またはその部分構造において、「置換もしくは無置換の」という場合置換基についても、上記と同様である。

【0046】

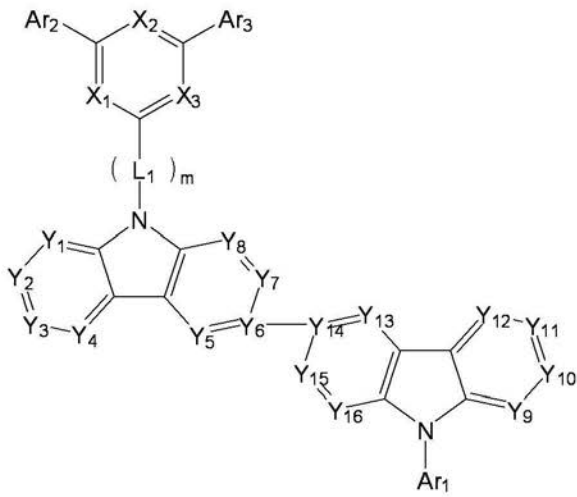
一般式(1)で表される化合物としては、下記一般式(11A)~(11C)で表されることが好ましく、さらに好ましくは下記一般式(12A)~(12C)で表されることが好ましい。

【0047】

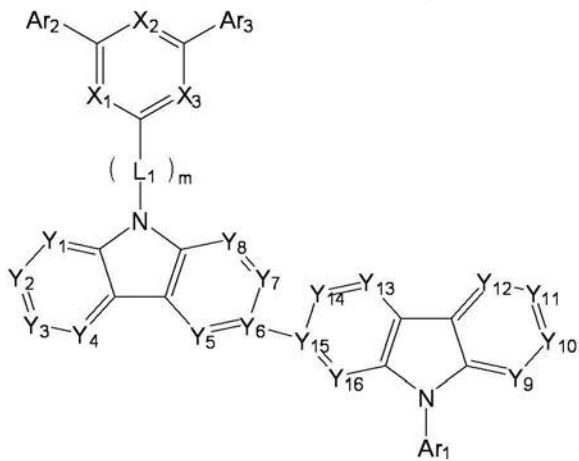
【化 5】



10



20

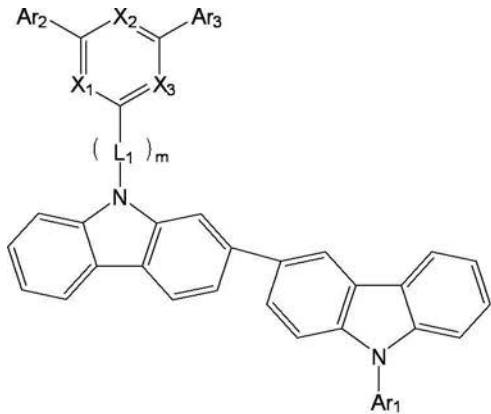


30

【 0 0 4 8 】

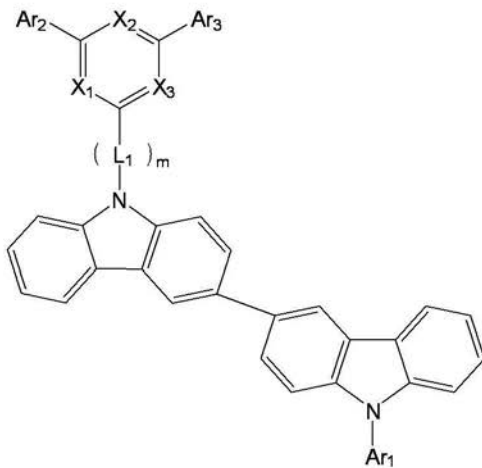
40

【化 6】



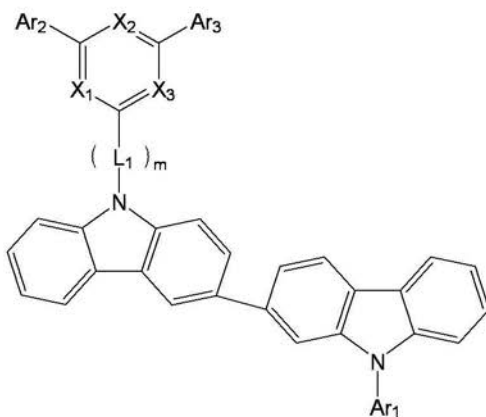
(12A)

10



(12B)

20



(12C)

30

【0049】

さらに好ましくは、(11A)～(11C)、および(12A)～(12C)において、 $X_1 \sim X_3$ のうち2つ以上が窒素原子であり、特に好ましくは、 $X_1 \sim X_3$ がいずれも窒素原子である。

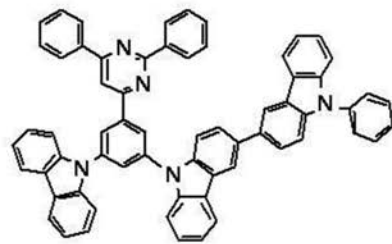
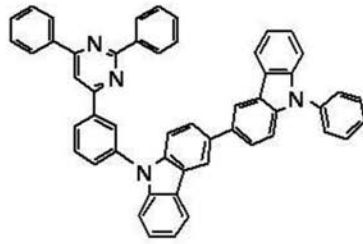
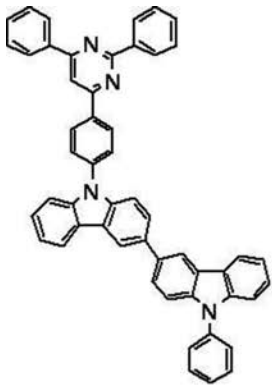
40

【0050】

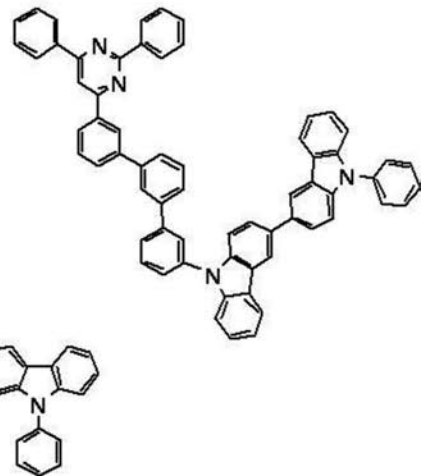
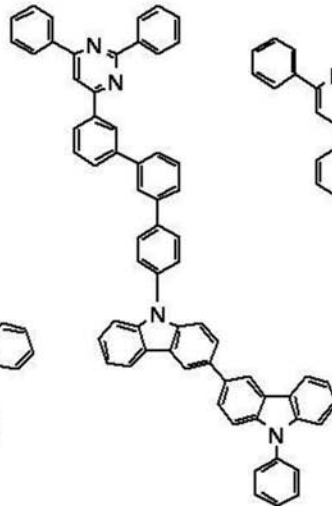
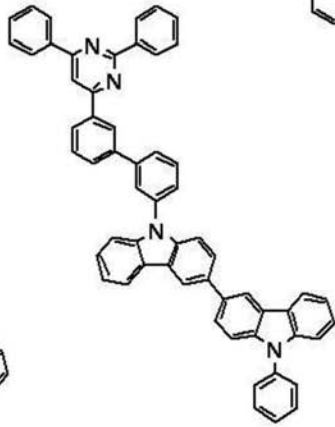
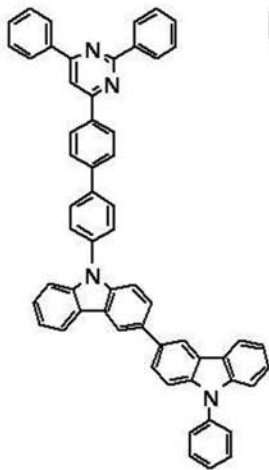
上記一般式(1)、(11A)～(11C)、および(12A)～(12C)のうちいずれかで表される化合物の例としては、以下が挙げられる。なお、以下の構造式中、その端に化学式(Ph、CN、ベンゼン環等)が記載されていない結合は、メチル基を表すものである。

【0051】

【化 7】



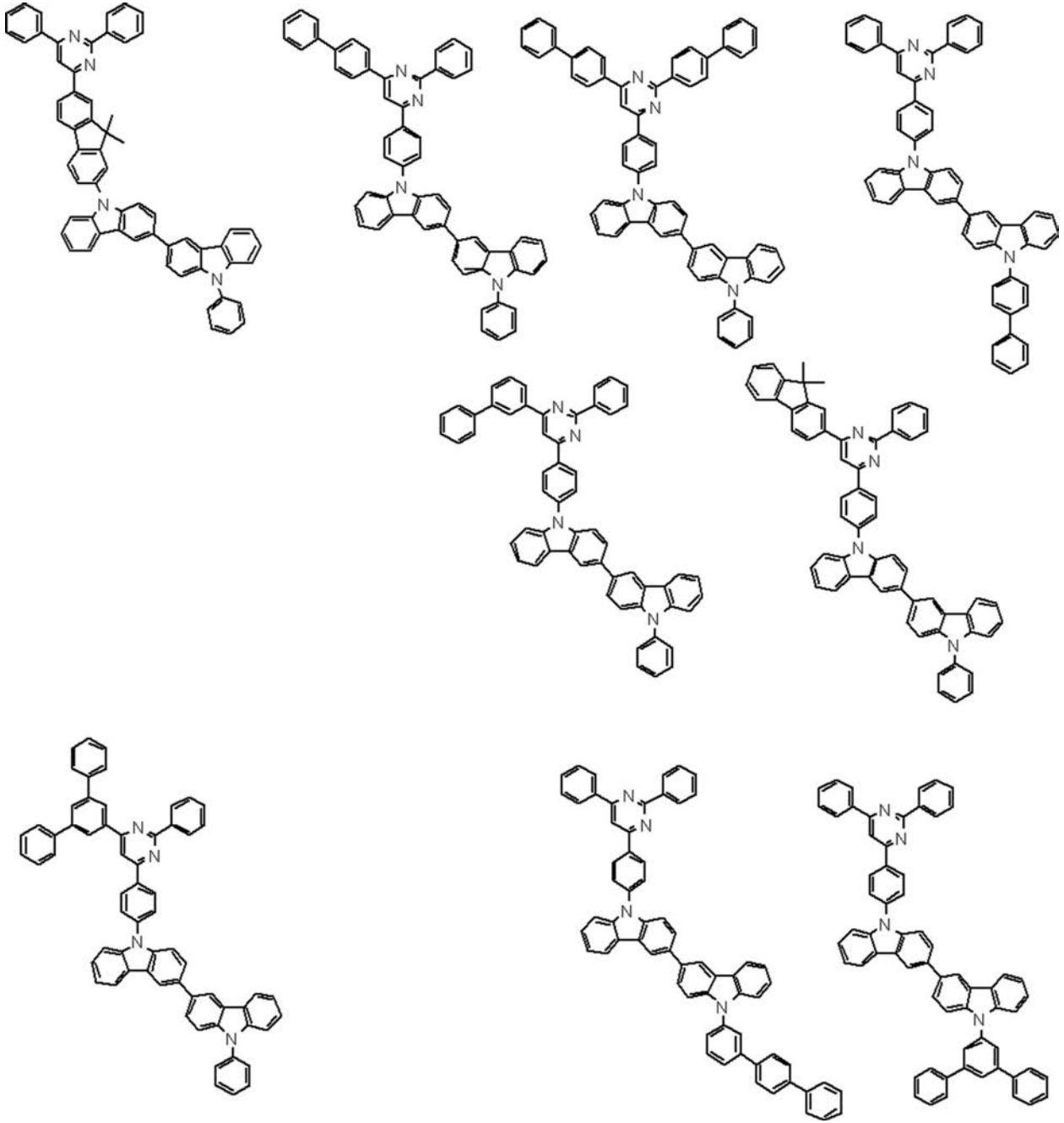
10



20

【 0 0 5 2 】

【化 8】



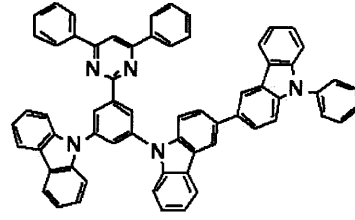
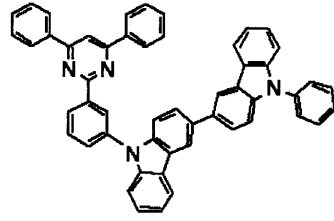
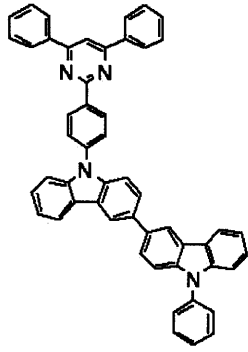
10

20

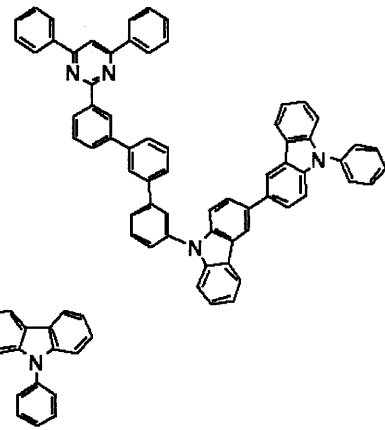
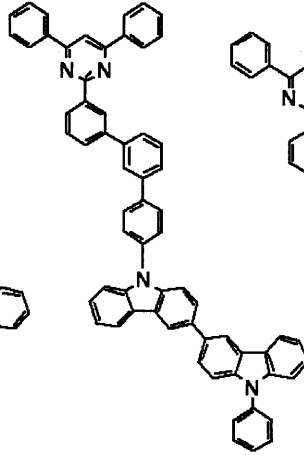
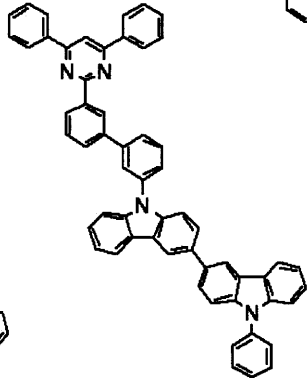
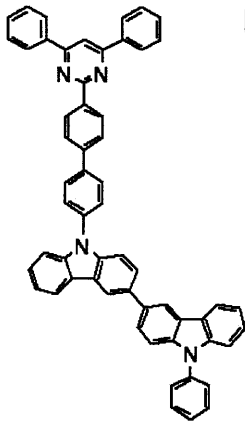
30

【 0 0 5 3 】

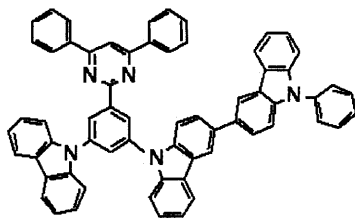
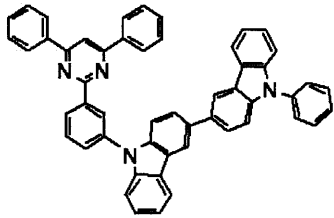
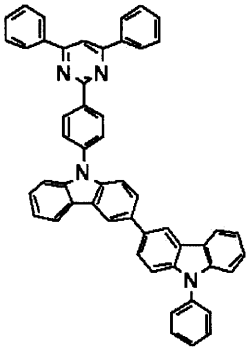
【化 9】



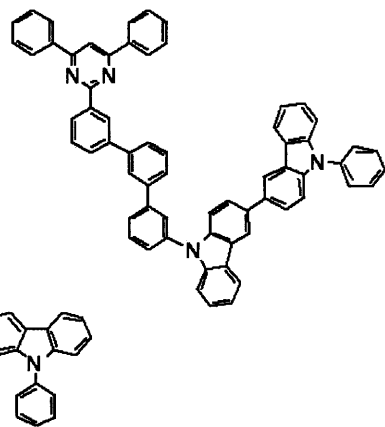
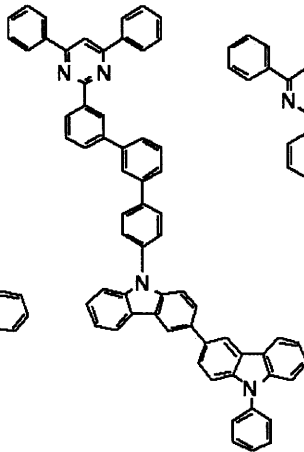
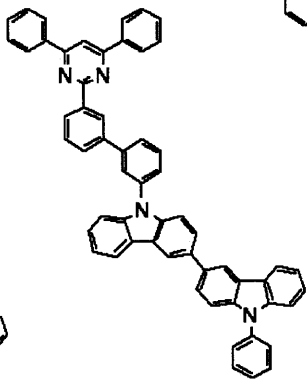
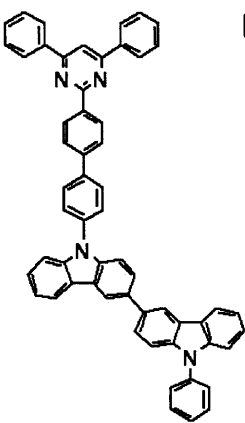
10



20

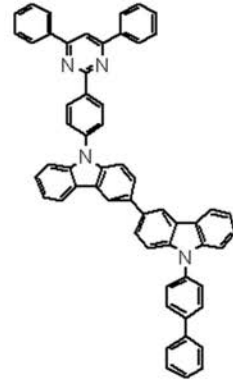
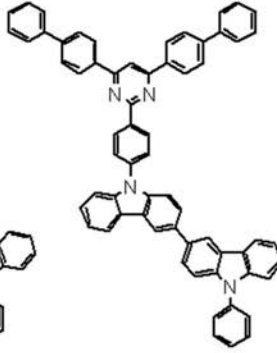
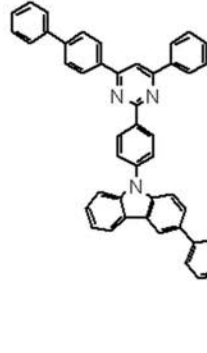
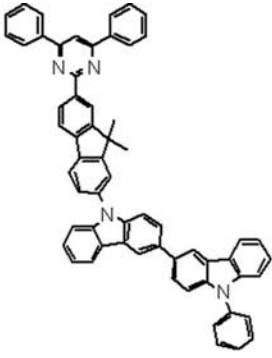


30

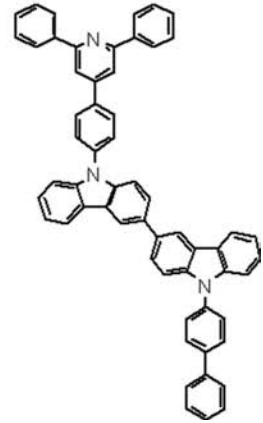
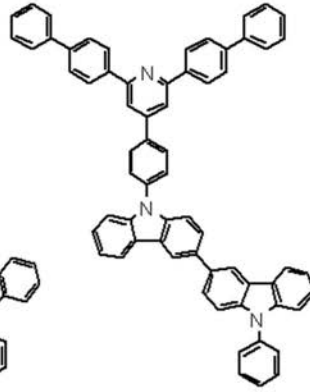
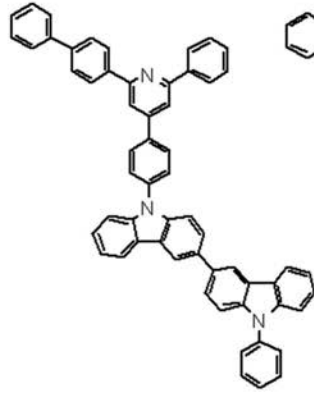
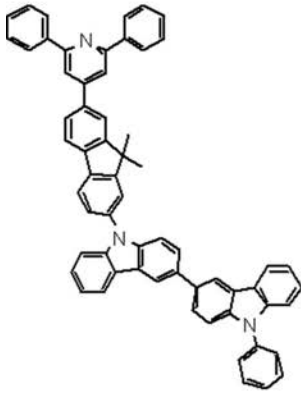


40

【化 1 0】



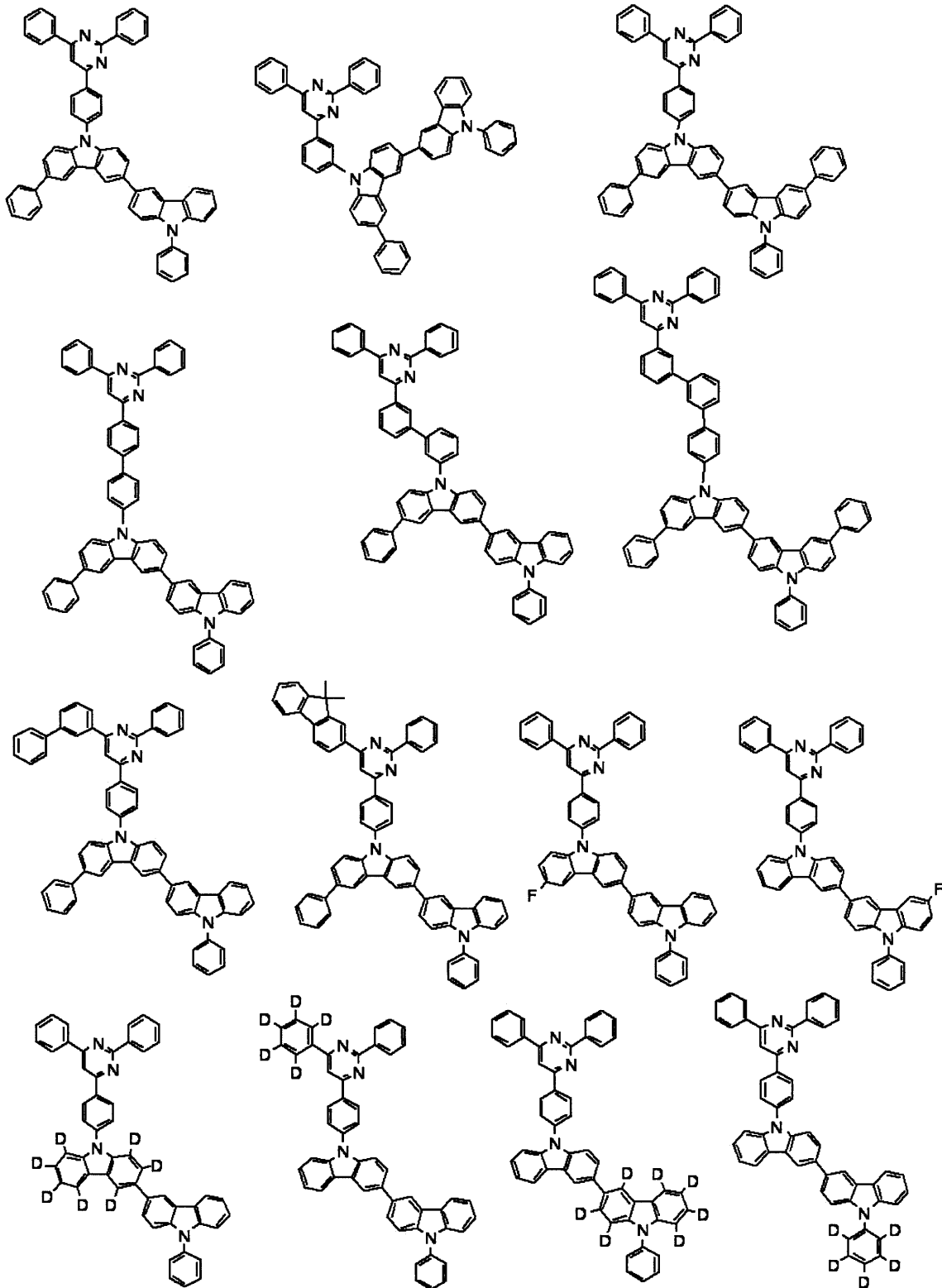
10



20

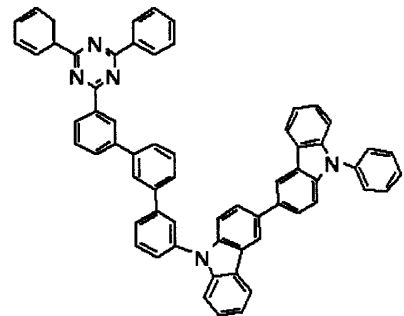
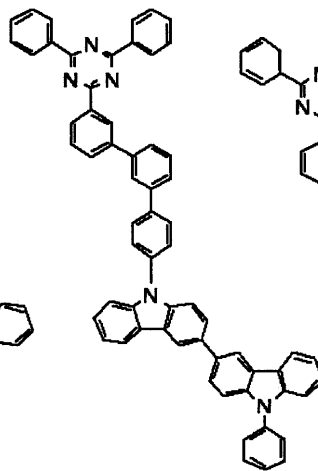
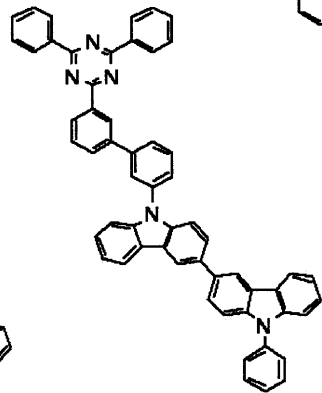
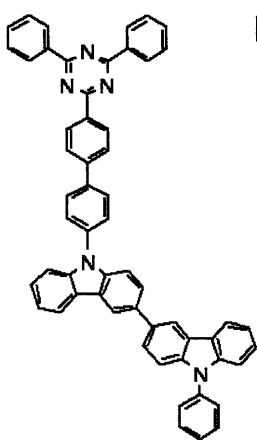
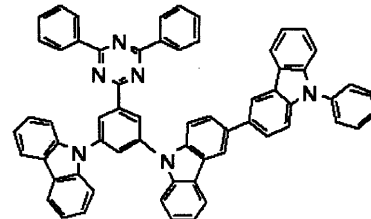
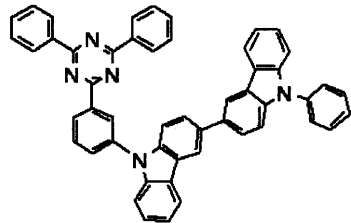
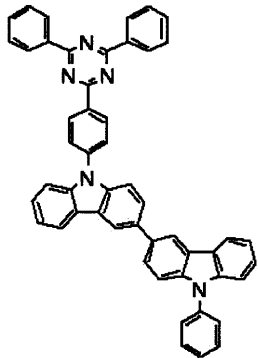
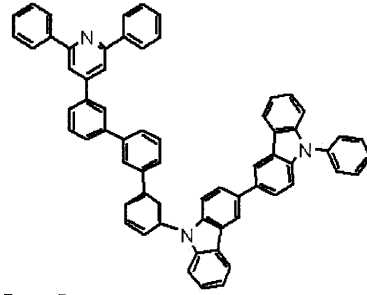
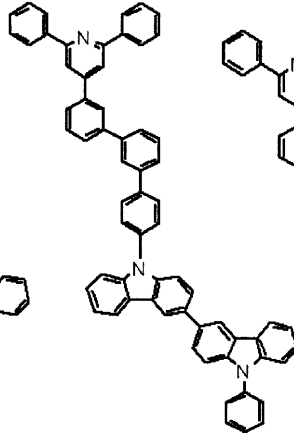
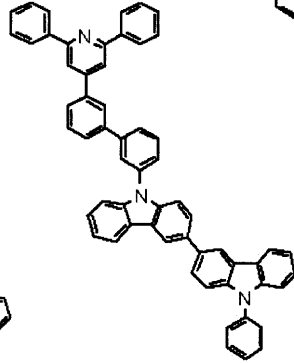
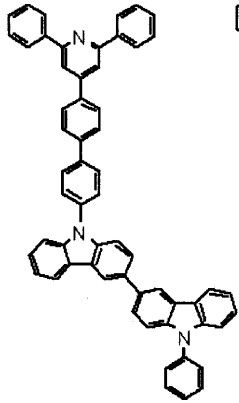
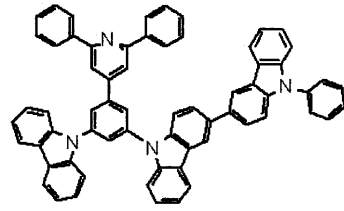
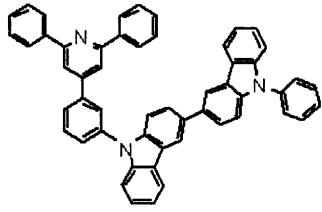
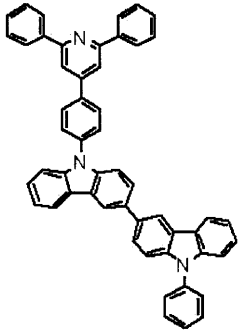
【 0 0 5 5 】

【化 1 1】



【 0 0 5 6 】

【化 1 2】



10

20

30

40

【 0 0 5 7 】

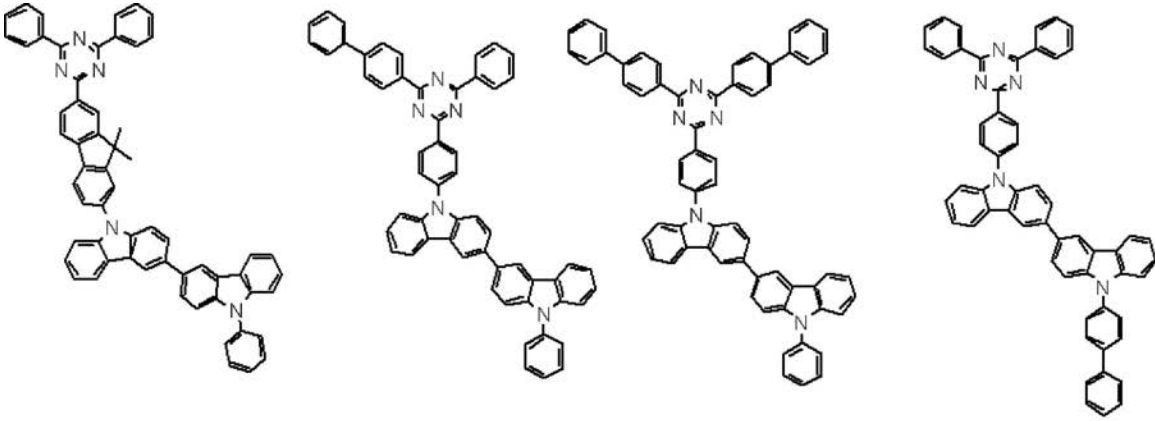
10

20

30

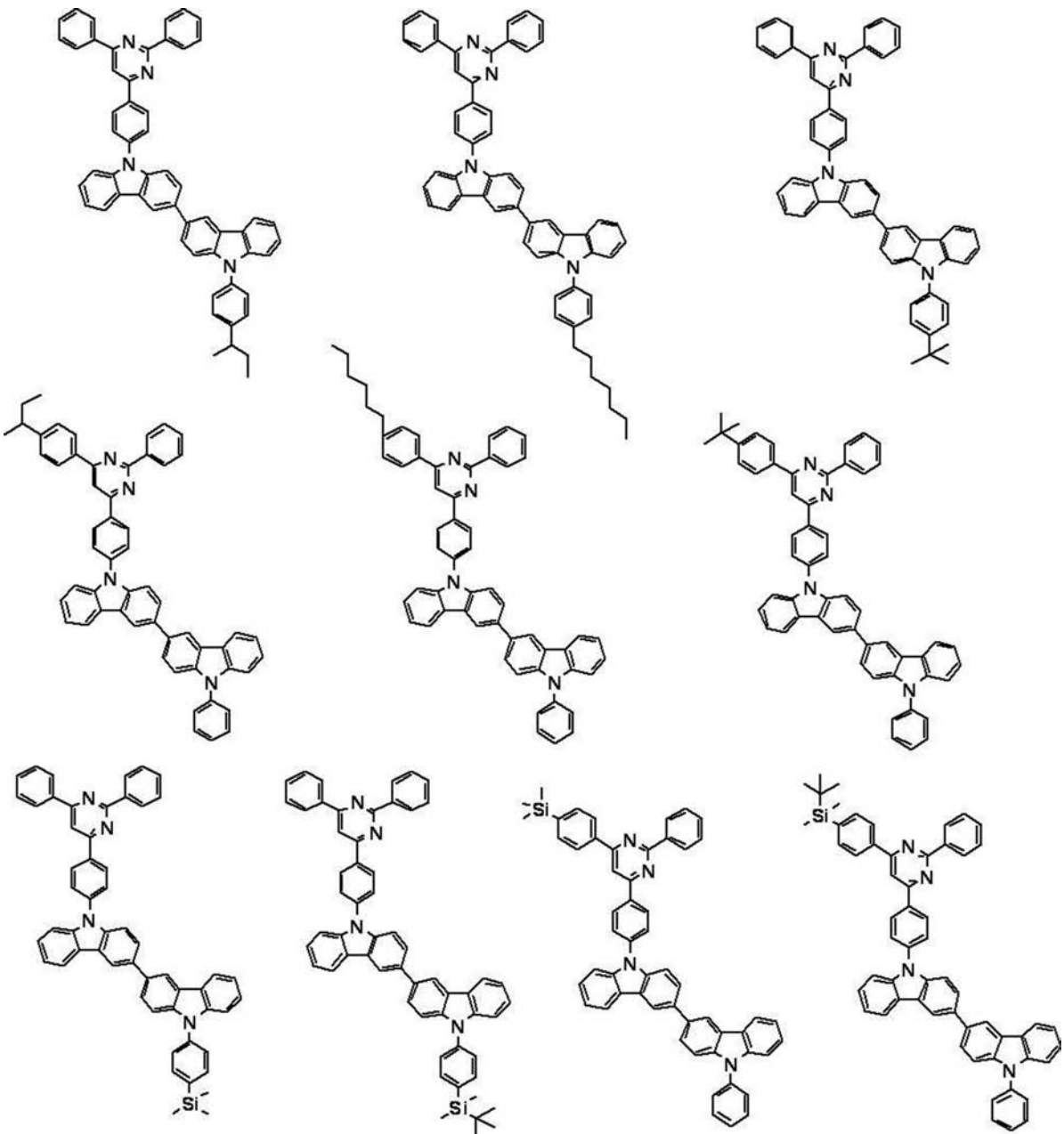
40

【化 1 3】



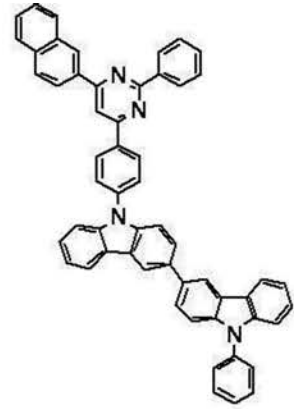
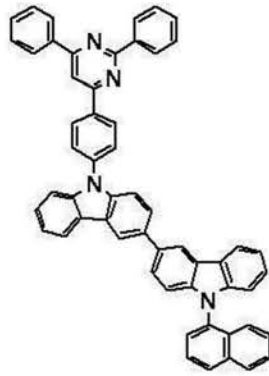
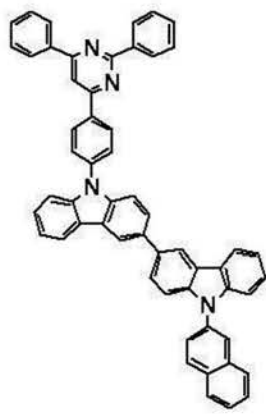
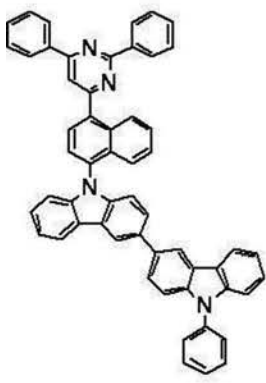
【 0 0 5 8】

【化 1 4】

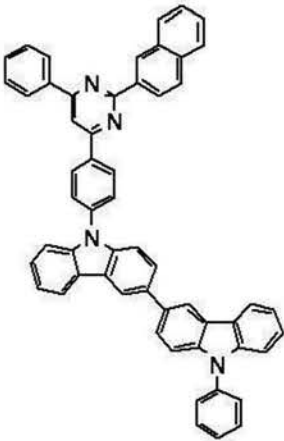


【 0 0 5 9】

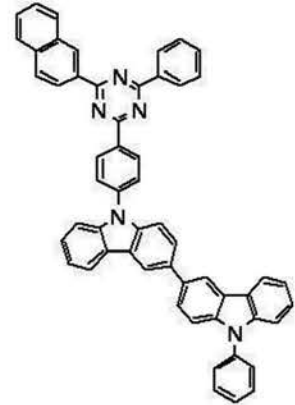
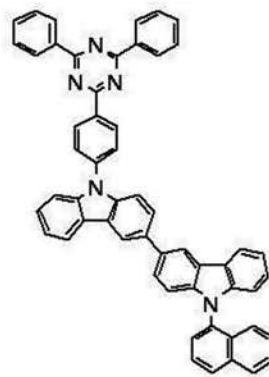
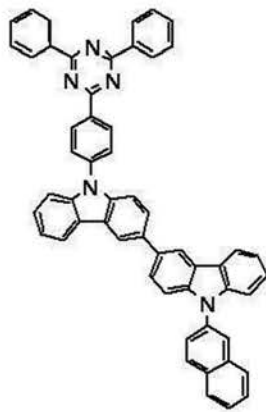
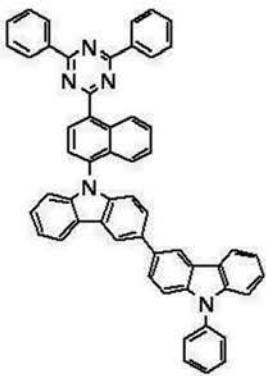
【化 1 5】



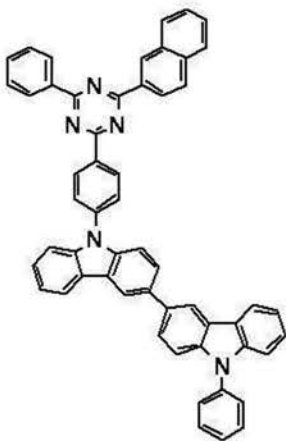
10



20



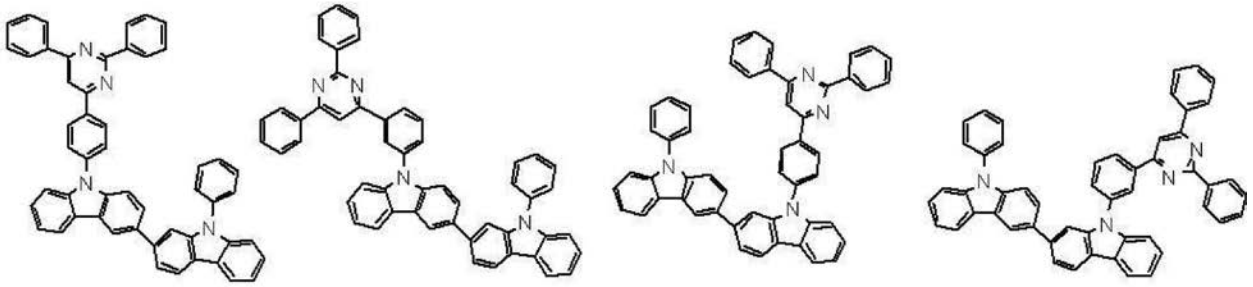
30



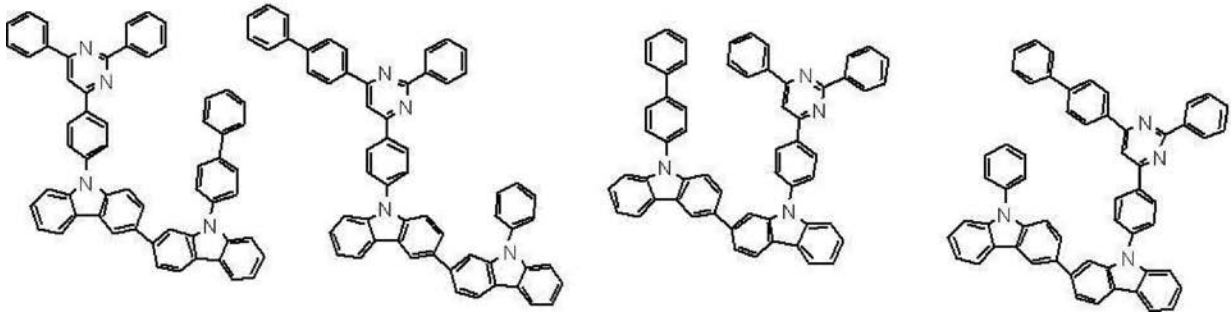
40

【 0 0 6 0 】

【化 1 6】



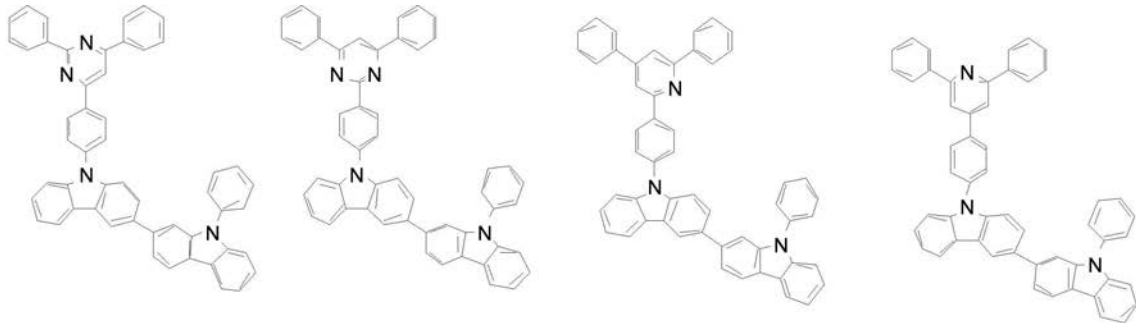
10



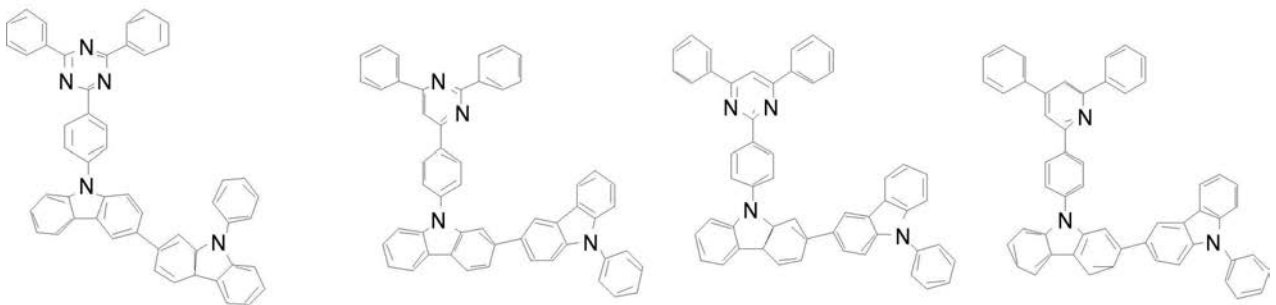
20

【 0 0 6 1】

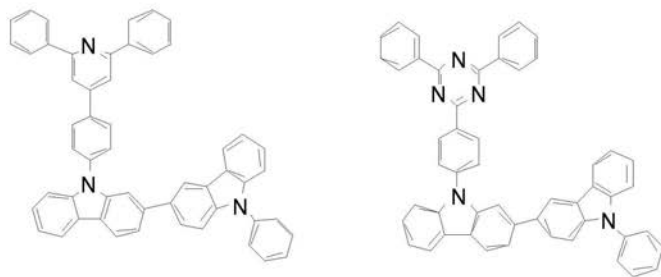
【化 1 7】



30



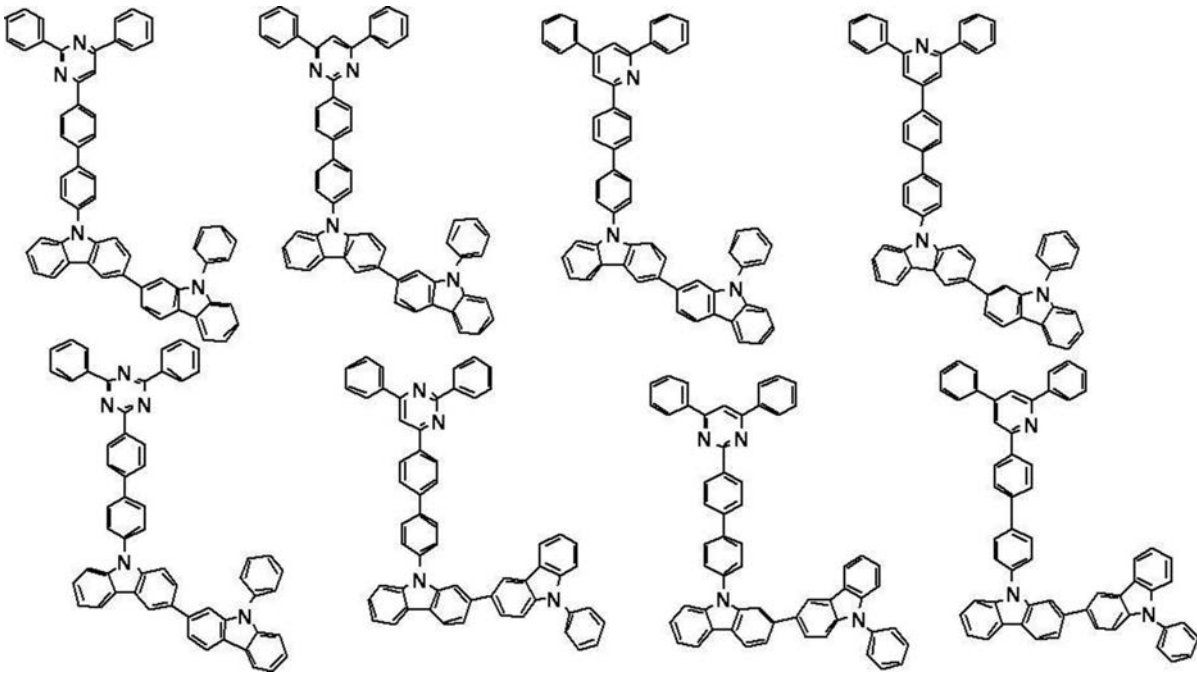
40



50

【 0 0 6 2 】

【 化 1 8 】

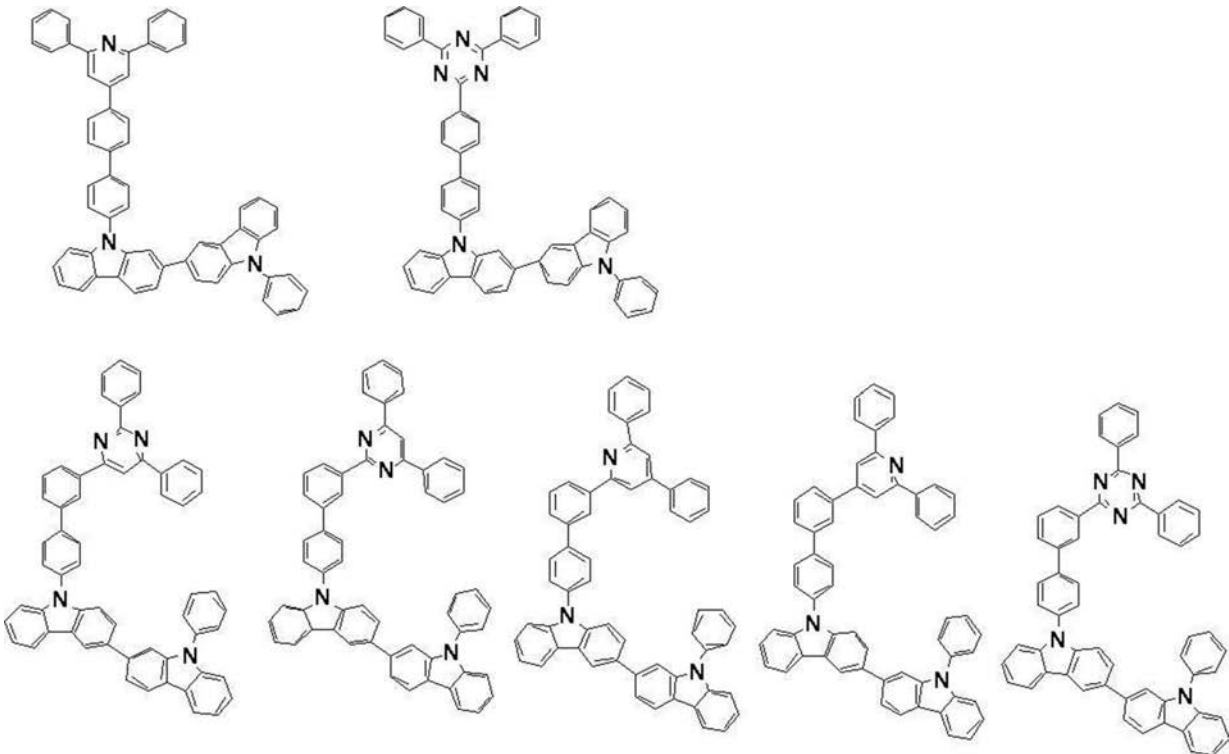


10

20

【 0 0 6 3 】

【 化 1 9 】

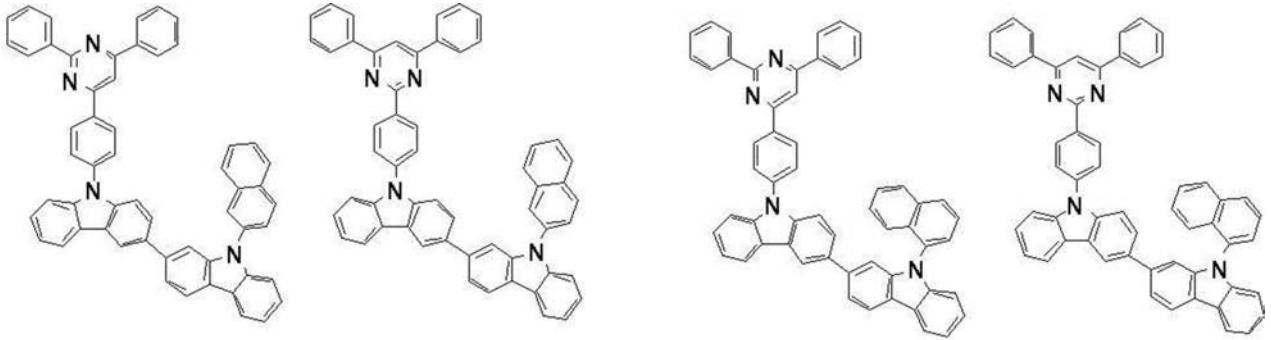


30

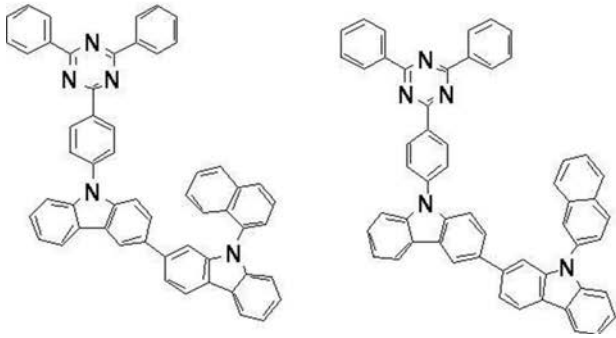
40

【 0 0 6 4 】

【化 2 0】



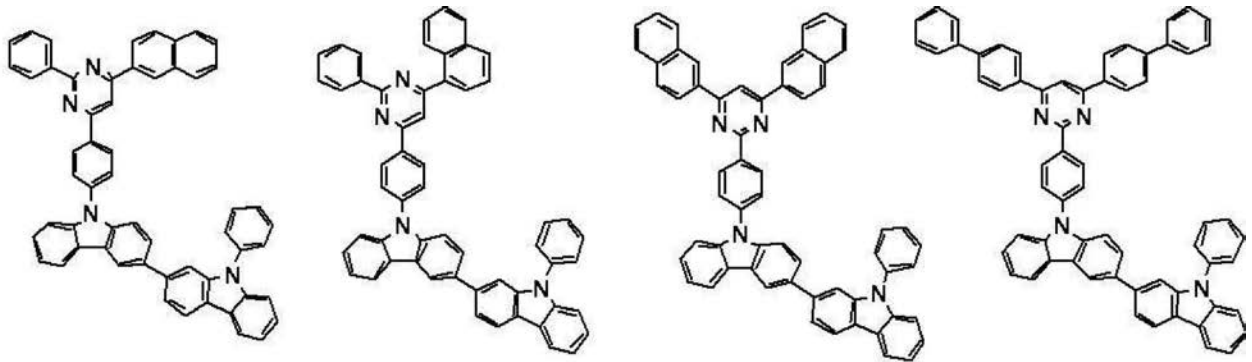
10



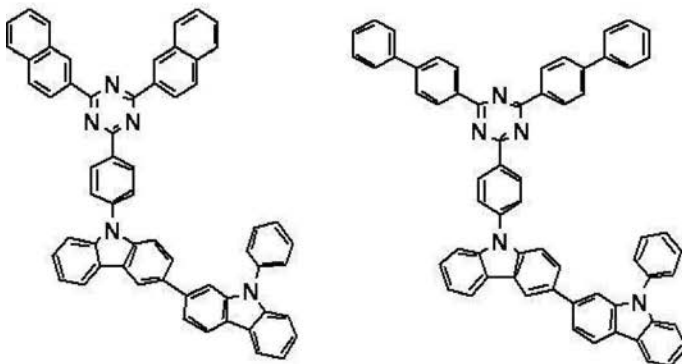
20

【 0 0 6 5】

【化 2 1】



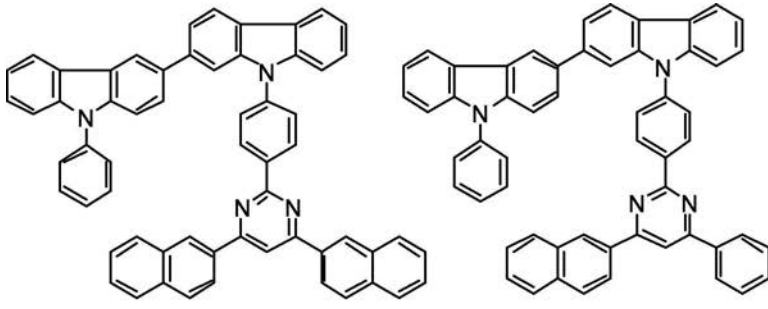
30



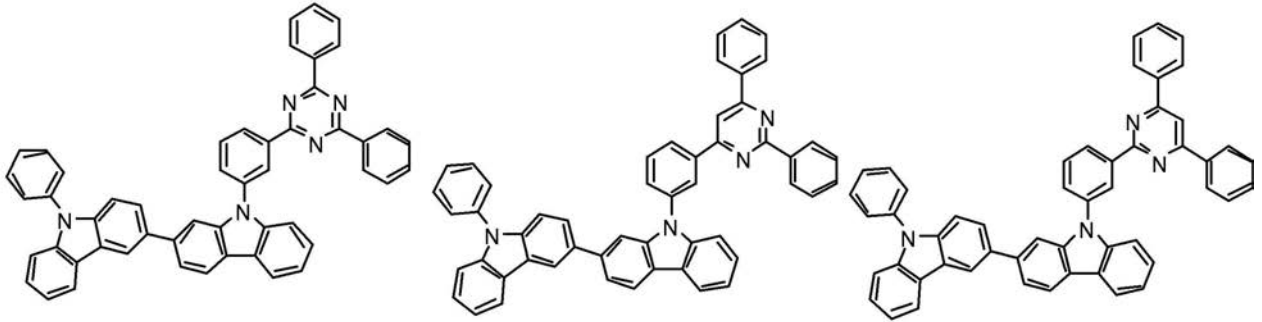
40

【 0 0 6 6】

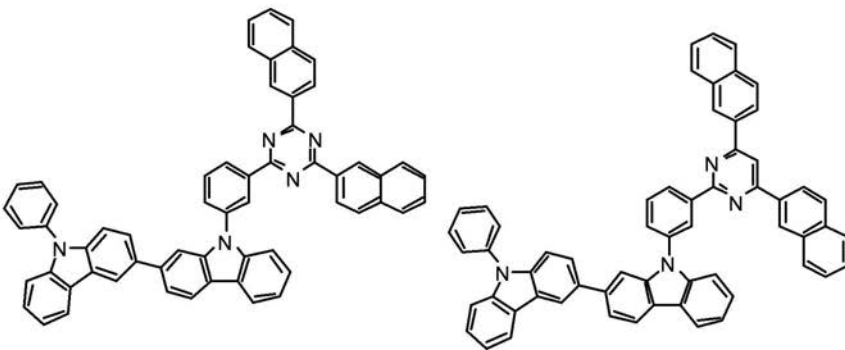
【化 2 2】



10



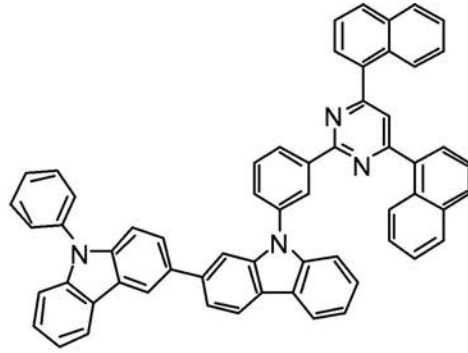
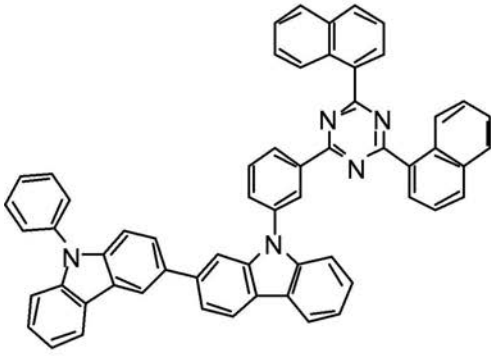
20



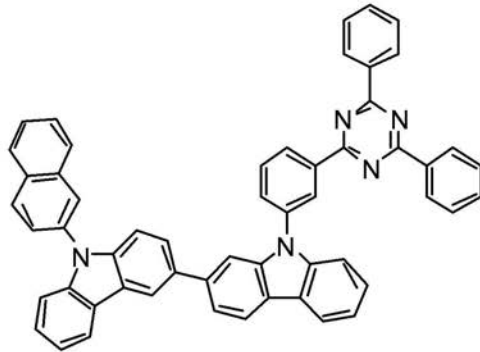
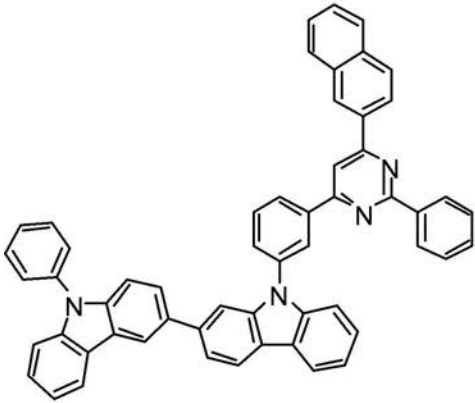
30

【 0 0 6 7 】

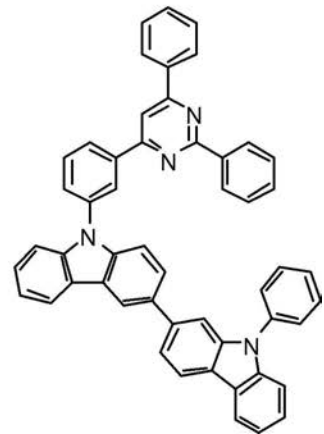
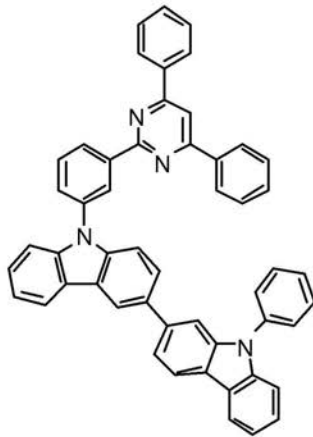
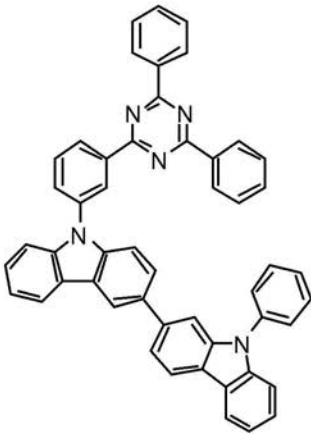
【化 2 3】



10



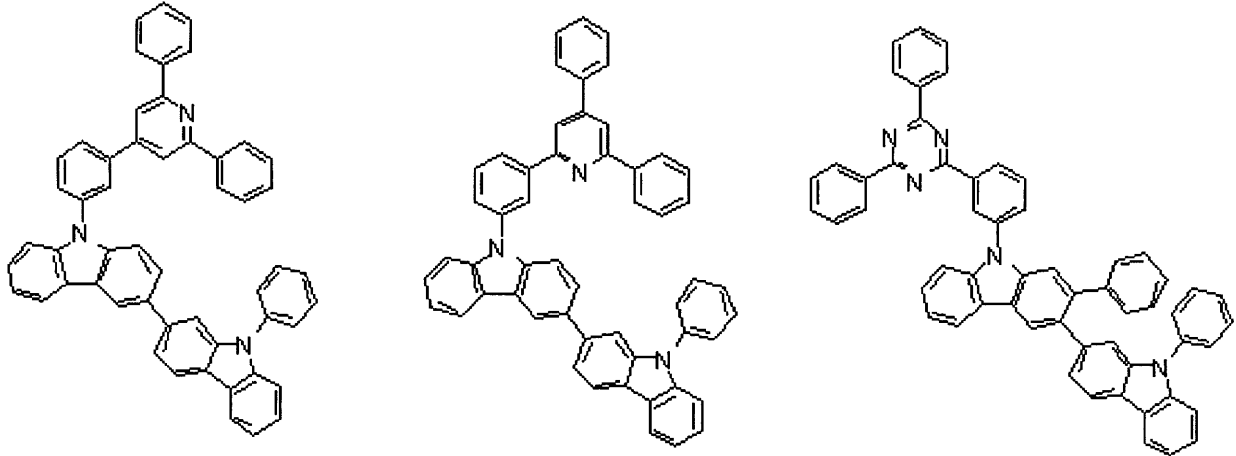
20



30

【 0 0 6 8 】

【化 2 4】



10

【0069】

(第二ホスト材料)

本発明の有機EL素子に用いられる第二ホスト材料としては、上記一般式(2)で表される化合物を用いることが好ましい。

【0070】

前記一般式(2)において、 $Ar_4 \sim Ar_6$ は、 $Ar_1 \sim Ar_3$ で説明したものと同様である。ただし、 Ar_1 同様に、 Ar_4 が、環形成原子数5~30の置換もしくは無置換の複素環基である場合、上記環形成原子数5~30の複素環基のうちピリジン環、ピラジン環、ピリミジン環、ピリダジン環、トリアジン環である場合はない。

20

前記一般式(2)において、 $X_4 \sim X_6$ のうち少なくとも1つは窒素原子であり、 $X_4 \sim X_6$ のうち2つが窒素原子であることが、 $X_4 \sim X_6$ のいずれもが窒素原子である場合と比較して、長寿命化の観点から、より好ましい。

【0071】

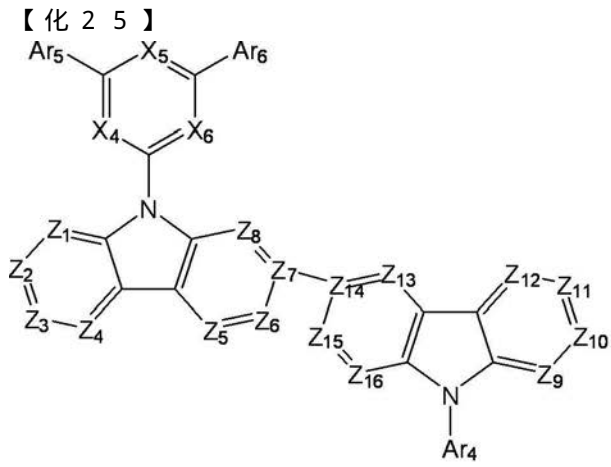
また、前記一般式(2)における $Ar_4 \sim Ar_6$ およびRが、1つ又は複数の置換基を有する場合、前記置換基は、前記した一般式(1)におけるものと同じである。

【0072】

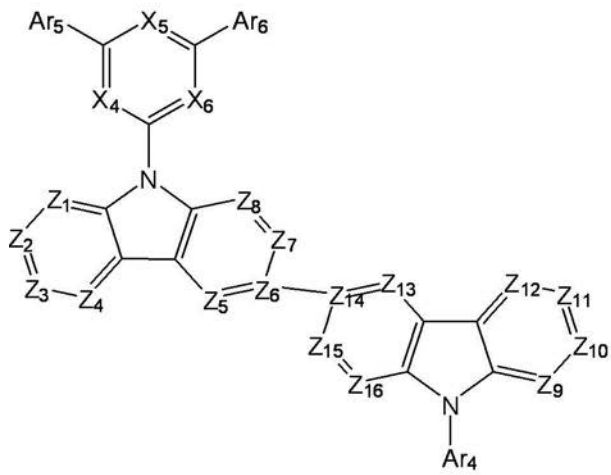
一般式(2)で表される化合物としては、下記一般式(21A)~(21C)で表されることが好ましく、さらに好ましくは下記一般式(22A)~(22C)で表されることが好ましい。

30

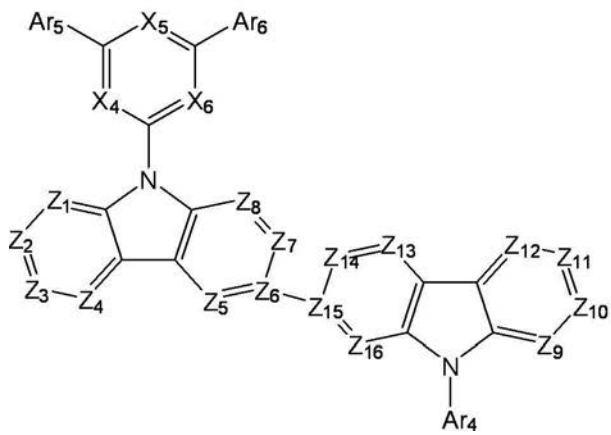
【0073】



10

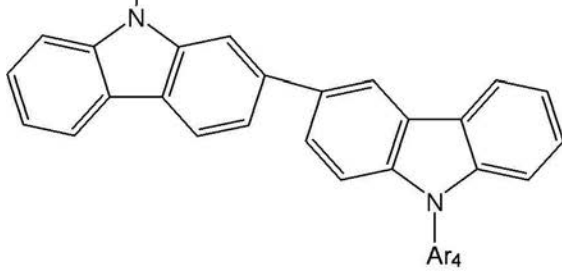
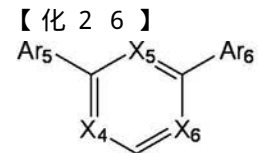


20



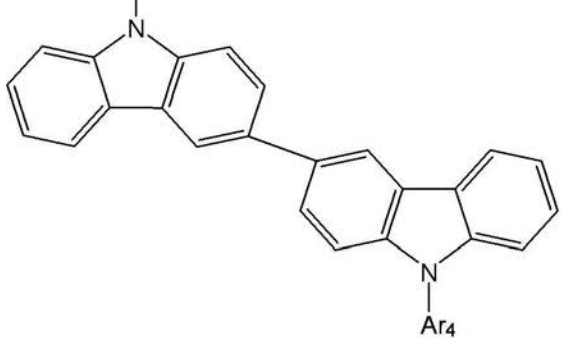
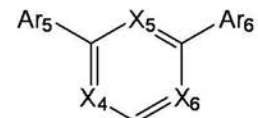
30

【 0 0 7 4 】



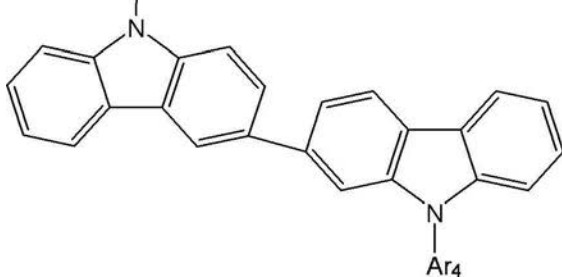
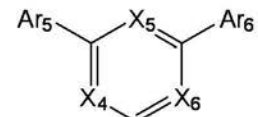
(22A)

10



(22B)

20



(22C)

30

【 0 0 7 5 】

さらに好ましくは、(21A) ~ (21C)、および(22A) ~ (22C)において、X₄ ~ X₆のうち2つが窒素原子である。

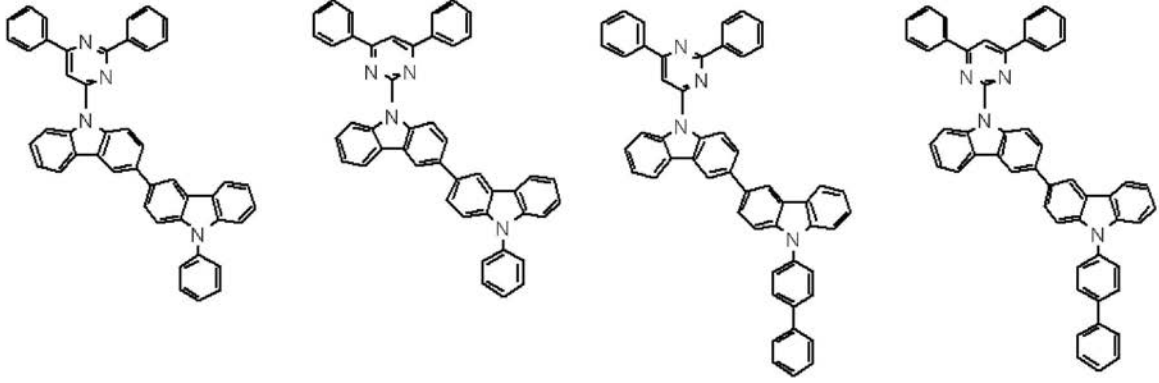
40

【 0 0 7 6 】

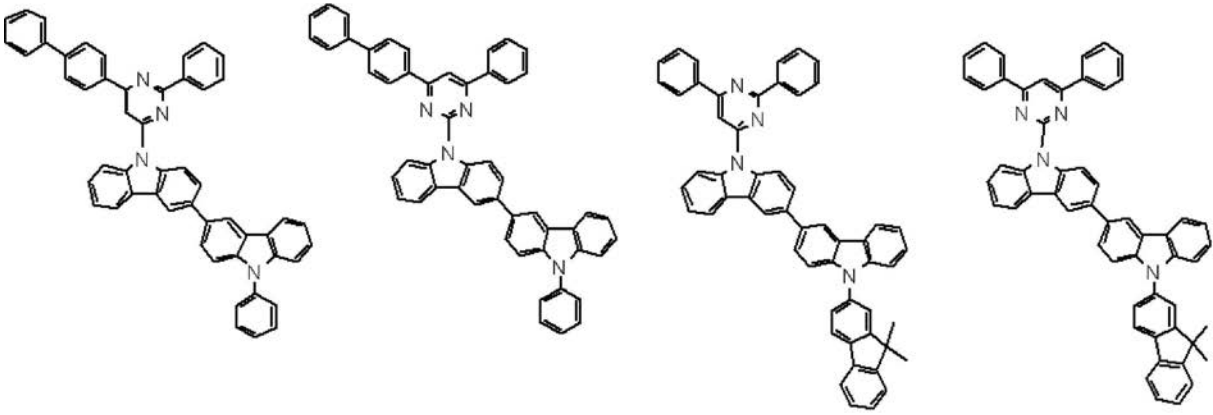
上記一般式(2)、(21A) ~ (21C)、および(22A) ~ (22C)で表される化合物の例としては、以下が挙げられる。なお、以下の構造式中、その端に化学式(P h、C N、ベンゼン環等)が記載されていない結合は、メチル基を表すものである。

【 0 0 7 7 】

【化 2 7】



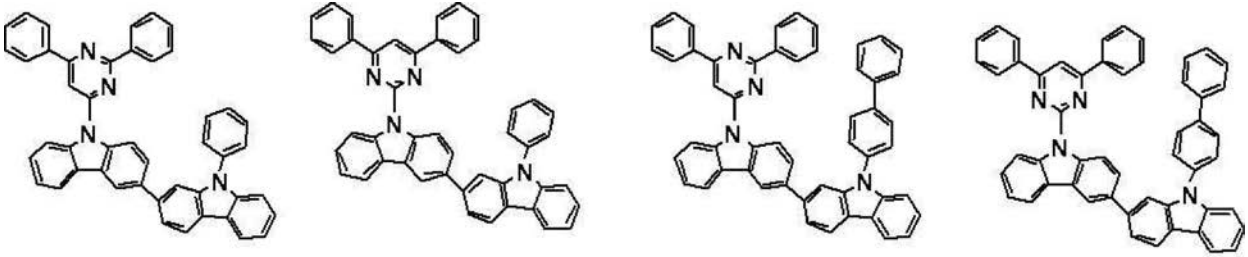
10



20

【 0 0 7 8】

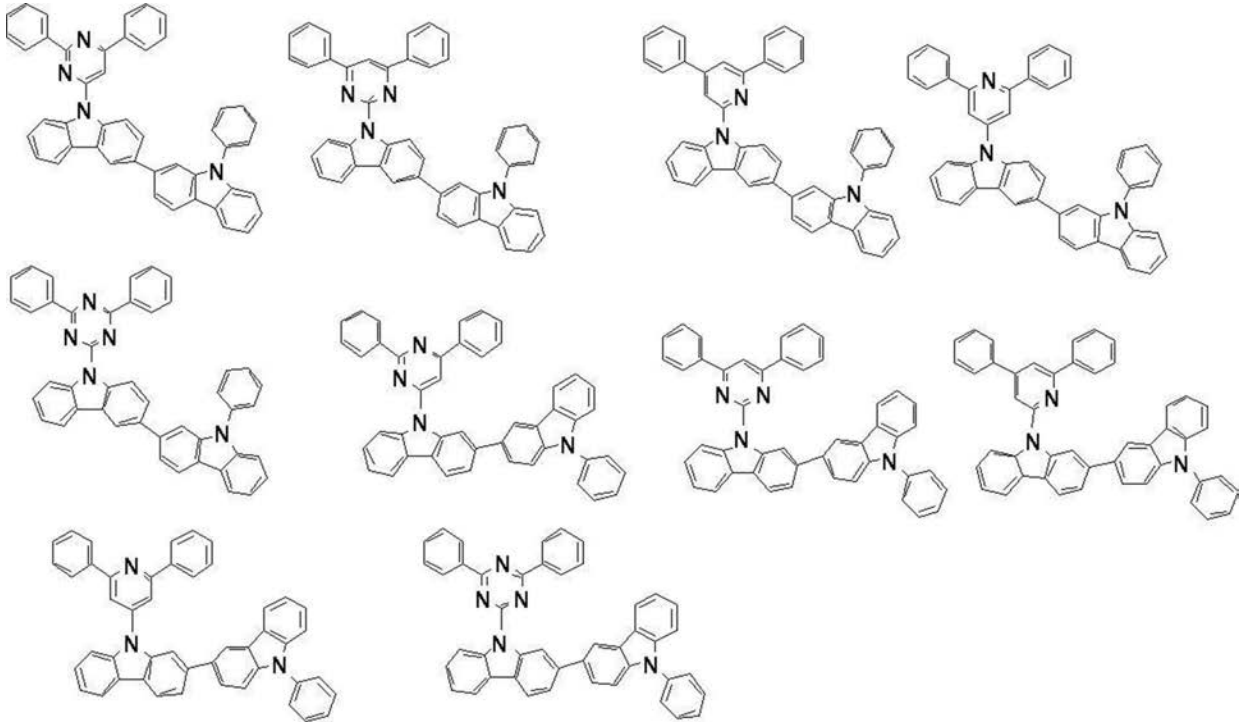
【化 2 8】



30

【 0 0 7 9】

【化 2 9】

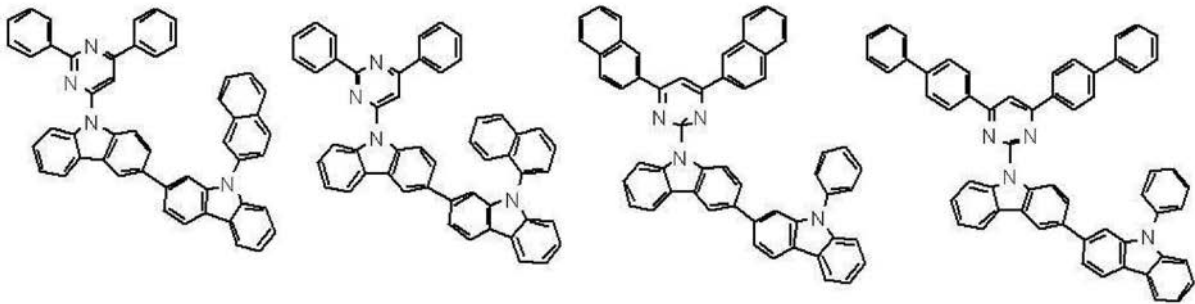


10

20

【 0 0 8 0】

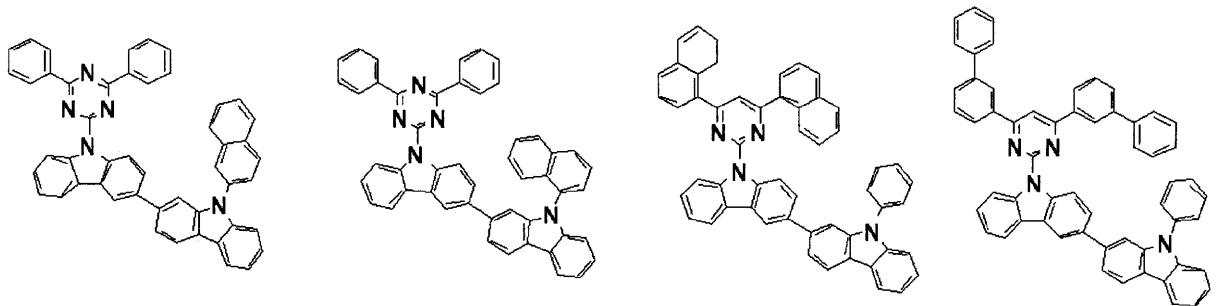
【化 3 0】



30

【 0 0 8 1】

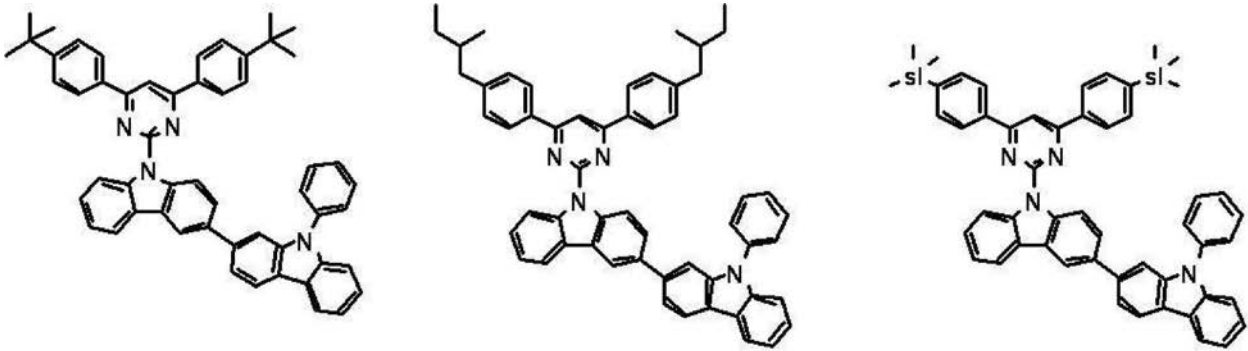
【化 3 1】



40

【 0 0 8 2】

【化 3 2】



10

【0083】

(第一ホスト材料および第二ホスト材料の組み合わせ)

ここで、第一ホスト材料と第二ホスト材料との組み合わせについて説明する。

前記一般式(1)で表される第一ホスト材料において、 Y_6 と Y_{14} の炭素原子が結合している場合、前記一般式(2)で表される第二ホスト材料において、 Z_6 と Z_{15} の炭素原子が結合するか、または Z_7 と Z_{14} の炭素原子が結合する。

また、前記一般式(2)で表される第二ホスト材料において、 Z_6 と Z_{14} の炭素原子が結合している場合、前記一般式(1)で表される第一ホスト材料において、 Y_6 と Y_{15} の炭素原子が結合するか、または Y_7 と Y_{14} の炭素原子が結合する。

20

すなわち、本発明における第一ホスト材料および第二ホスト材料の組み合わせとして、一般式(1)において Y_6 と Y_{14} の炭素原子が結合した第一ホスト材料と、一般式(2)において Z_6 と Z_{14} の炭素原子が結合した第二ホスト材料との組み合わせとなることはない。

【0084】

第一ホスト材料と第二ホスト材料との組み合わせとしては、一般式(1)、(11A)~(11C)および(12A)~(12C)における X_1 ~ X_3 の窒素原子数と一般式(2)、(21A)~(21C)および(22A)~(22C)における X_4 ~ X_6 の窒素原子数が互いに異なることが好ましい。特に好ましくは、 X_1 ~ X_3 の窒素原子数が3であり、 X_4 ~ X_6 の窒素原子数が2である。

30

【0085】

一般式(1)および(2)で表される化合物は電子移動度が比較的に高い化合物及び、正孔移動度が比較的に高い化合物であり、両化合物が第一ホスト材料および第二ホスト材料として、有機EL素子の発光層内でキャリアバランスをとることにより、再結合の中心位置を発光層内に設定することができる。再結合の中心位置を発光層内に設定することにより、発光層を超えて移動し、正孔が電子輸送材料にダメージを与えたり、電子が正孔輸送材料にダメージを与えたりすることが減少する。この結果、有機EL素子の寿命が向上する。

一般式(1)で表される化合物は、 X_1 ~ X_3 における窒素原子の数が多いほど、電子輸送性を高めることができる。このため、窒素原子の数が多いほど電子輸送性に適した性能を発現させることができ、有機EL素子の発光層におけるキャリアバランスが良好とでき、有機EL素子を長寿命化することができる。

40

なお、第1ホスト材料は、後述する第2ホスト材料に比べて、電子輸送性を高める効果がより高い化合物である。

一方、一般式(2)で表される化合物は、 X_4 ~ X_6 における窒素の数が少ないほど電子輸送性を絞ることができ、正孔輸送性に適した性能を発現することができる。有機EL素子の発光層におけるキャリアバランスが良好にでき、有機EL素子を長寿命化することができる。

【0086】

また、カルバゾール環の結合位置における第一ホスト材料と第二ホスト材料との組み合

50

わせとしては、上記一般式(1)、(11A)~(11C)および(12A)~(12C)と、一般式(2)、(21A)~(21C)および(22A)~(22C)とのいずれの組み合わせを用いてもよいが、一般式(11A)で表される第一ホスト材料と、一般式(21A)で表される第二ホスト材料との組み合わせを用いることが好ましい。さらに好ましくは、一般式(12A)で表される第一ホスト材料と、一般式(22A)で表される第二ホスト材料との組み合わせである。

【0087】

(燐光発光性ドーパント材料)

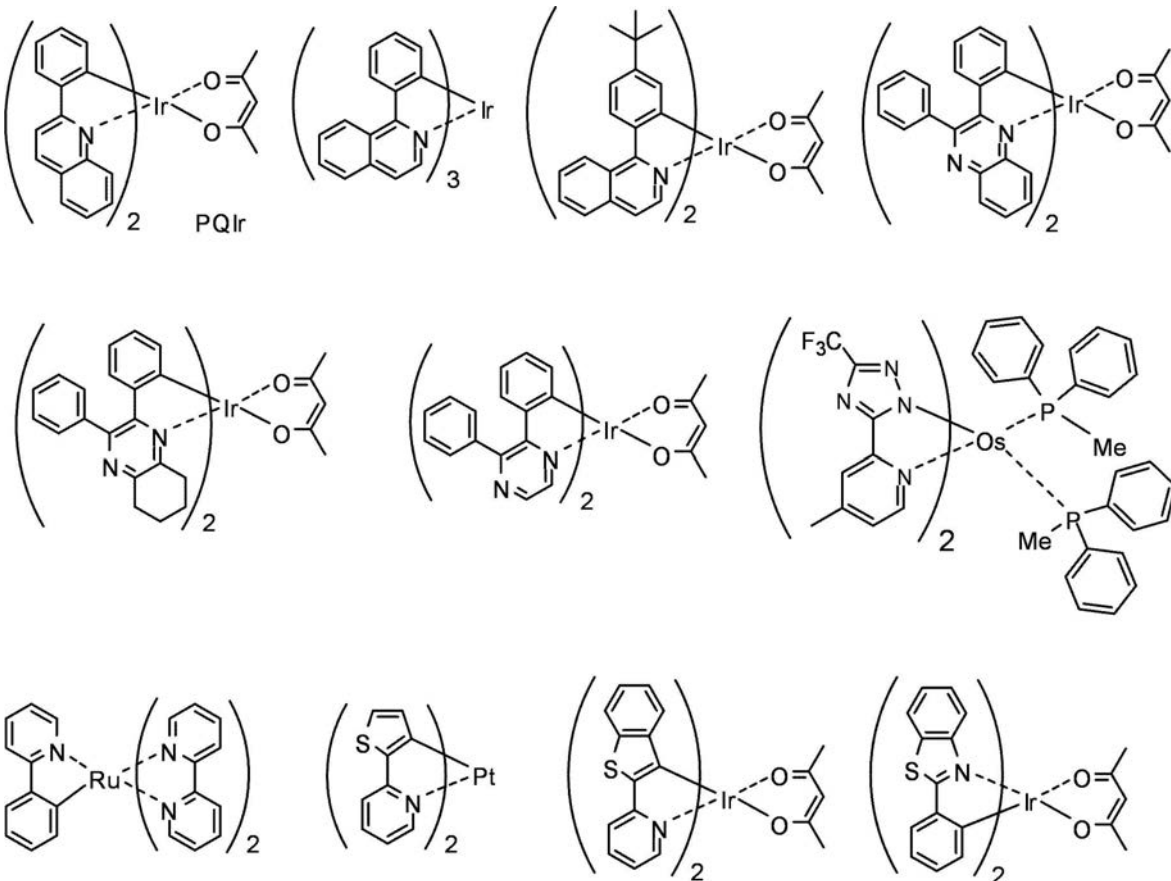
燐光発光性ドーパント材料は、金属錯体含有し、この金属錯体は、Ir(イリジウム)、Pt(白金)、Os(オスミウム)、Au(金)、Cu(銅)、Re(レニウム)及びRu(ルテニウム)から選択される金属原子と、配位子と、を有することが好ましい。特に、前記配位子は、オルトメタル結合を有することが好ましい。

燐光量子収率が高く、有機EL素子の外部量子効率をより向上させることができるという点で、Ir、Os及びPtから選ばれる金属原子を含有する化合物であると好ましく、イリジウム錯体、オスミウム錯体、白金錯体等の金属錯体であるとさらに好ましく、中でもイリジウム錯体及び白金錯体がより好ましく、オルトメタル化イリジウム錯体が最も好ましい。また、発光効率等の観点からフェニルキノリン、フェニルイソキノリン、フェニルピリジン、フェニルピリミジン、フェニルピラジン、フェニルイミダゾール、及びベンゾキノリンから選択される配位子から構成される有機金属錯体が好ましい。

好ましい金属錯体の具体例を、以下に示す。

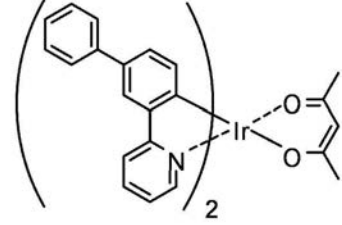
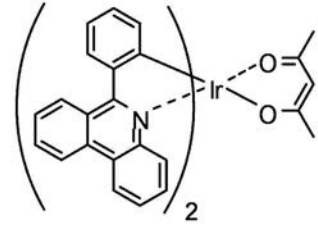
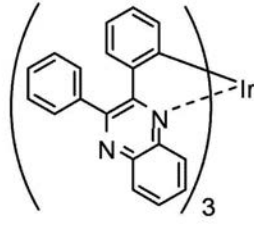
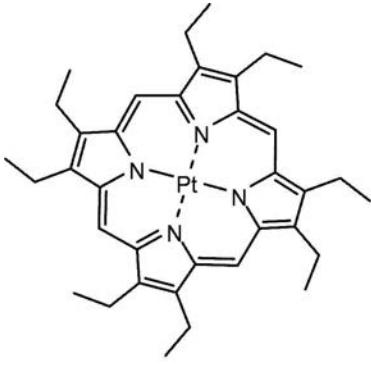
【0088】

【化33】

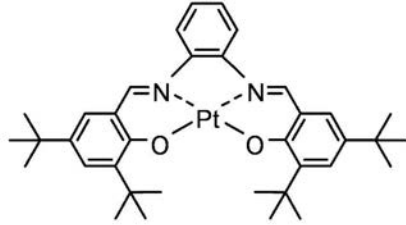
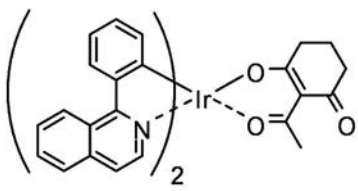


【0089】

【化 3 4】



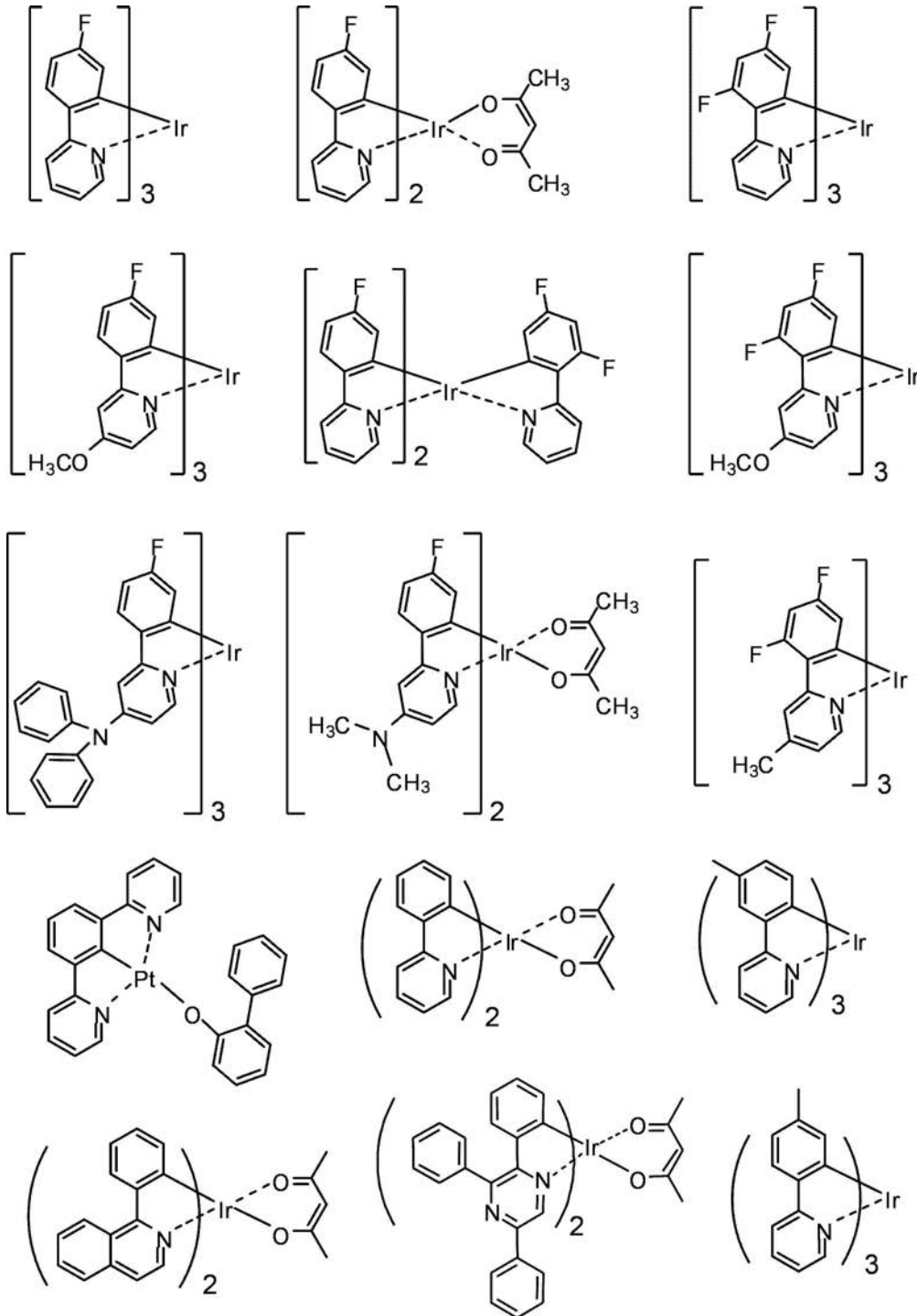
10



20

【 0 0 9 0 】

【化 3 5】



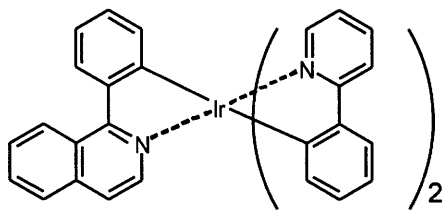
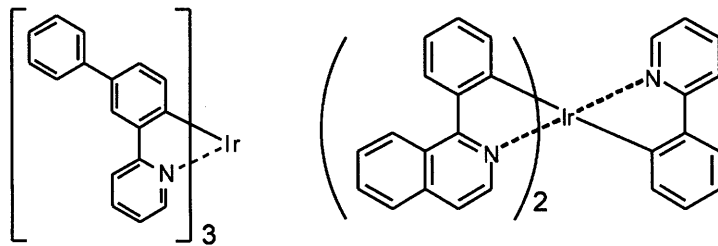
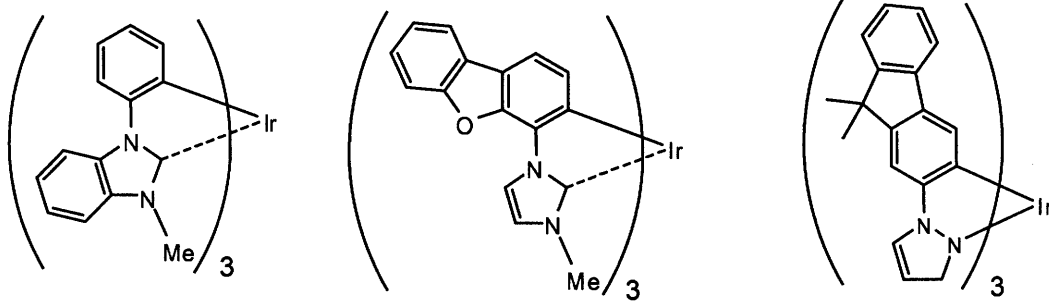
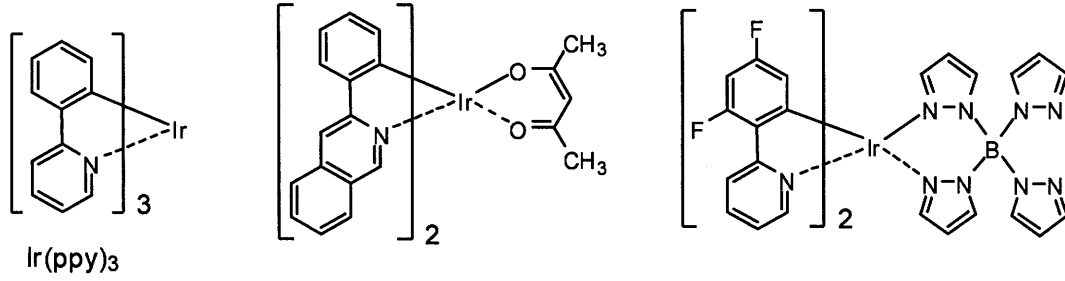
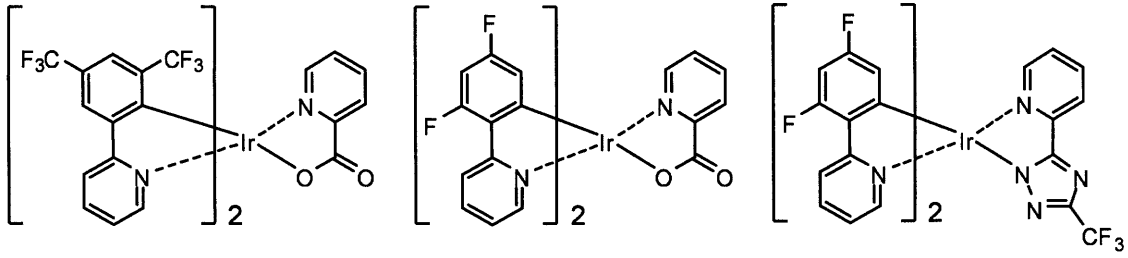
10

20

30

【 0 0 9 1 】

【化 3 6】



【 0 0 9 2 】

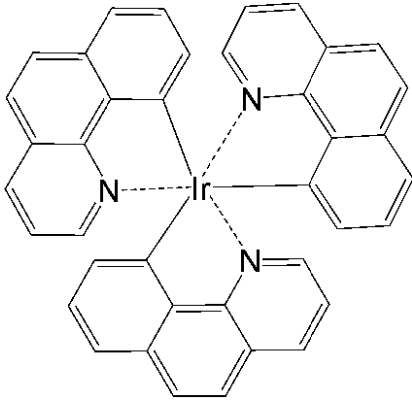
10

20

30

40

【化 3 7】

Ir(bzq)₃

【 0 0 9 3】

燐光発光性ドーパント材料は、単独で使用しても良いし、2種以上を併用しても良い。

発光層5に含まれる前記燐光発光性ドーパント材料のうち少なくとも1種は、発光波長のピークが490nm以上700nm以下であることが好ましく、490nm以上650nm以下であることがより好ましく、490nm以上600nm以下であることがさらに好ましい。本実施形態における発光層5の発光色としては、例えば、黄色もしくは緑色が好ましい。一般に黄色を示す発光波長のピークは、530nm以上620nmであるが、本実施形態においては、特に発光波長が540nm以上580nm以下であることが好ましい。

このような発光波長の燐光発光性ドーパント材料を、前述した特定の第一、第二ホスト材料にドーピングして発光層5を構成することにより、高効率な有機EL素子とすることができる。

【 0 0 9 4】

〔基板〕

有機EL素子1は、透光性の基板2上に陽極3、発光層5、陰極4等が積層されて構成される。基板2は、これら陽極3等を支持する基板であり、400nm～700nmの可視領域の光の透過率が50%以上で平滑な基板が好ましい。

透光性の基板としては、ガラス板、ポリマー板等が挙げられる。

ガラス板としては、特にソーダ石灰ガラス、バリウム・ストロンチウム含有ガラス、鉛ガラス、アルミノケイ酸ガラス、ホウケイ酸ガラス、バリウムホウケイ酸ガラス、石英等を原料として用いてなるものを挙げられる。

またポリマー板としては、ポリカーボネート、アクリル、ポリエチレンテレフタレート、ポリエーテルサルファイド、ポリサルフォン等を原料として用いてなるものを挙げることができる。

【 0 0 9 5】

〔陽極及び陰極〕

有機EL素子1の陽極3は、正孔を正孔注入層、正孔輸送層6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。

陽極3は、これらの陽極材料を蒸着法やスパッタリング法等の方法で、例えば基板2上に薄膜を形成させることにより作製することができる。

発光層5からの発光を陽極3側から取り出す場合、陽極3の可視領域の光の透過率を10%より大きくすることが好ましい。また、陽極3のシート抵抗は、数百Ω/スクエア以下が好ましい。陽極3の膜厚は、材料にもよるが、通常10nm～1μm、好ましくは10nm～200nmの範囲で選択される。

【 0 0 9 6】

10

20

30

40

50

陰極としては、発光層に電子を注入する目的で、仕事関数の小さい材料が好ましい。

陰極材料は特に限定されないが、具体的にはインジウム、アルミニウム、マグネシウム、マグネシウム - インジウム合金、マグネシウム - アルミニウム合金、アルミニウム - リチウム合金、アルミニウム - スカンジウム - リチウム合金、マグネシウム - 銀合金等が使用できる。

陰極 4 も、陽極 3 と同様に、蒸着法やスパッタリング法等の方法で、例えば電子輸送層 7 上に薄膜を形成させることにより作製することができる。また、陰極 4 側から、発光層 5 からの発光を取り出す態様を採用することもできる。発光層 5 からの発光を陰極 4 側から取り出す場合、陰極 4 の可視領域の光の透過率を 10% より大きくすることが好ましい。

10

陰極のシート抵抗は、数百 / 以下が好ましい。

陰極の膜厚は材料にもよるが、通常 10 nm ~ 1 μm、好ましくは 50 ~ 200 nm の範囲で選択される。

【0097】

〔その他の層〕

さらに電流（又は発光）効率を上げるために、必要に応じて、正孔注入層、正孔輸送層、電子注入層等を設けてもよい。有機 EL 素子 1 には、正孔輸送層 6 及び電子輸送層 7 を設けている。

【0098】

（正孔輸送層）

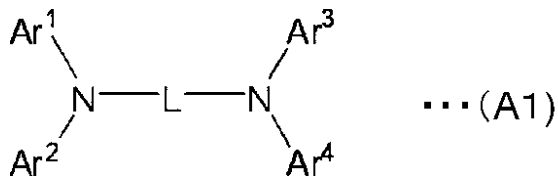
正孔輸送層 6 は、発光層への正孔注入を助け、正孔を発光領域まで輸送する層であって、正孔移動度が大きく、イオン化ポテンシャルが小さい。

正孔輸送層 6 を形成する正孔輸送材料としては、より低い電界強度で正孔を発光層 5 に輸送する材料が好ましく、本発明の前記一般式（2）で表される第二ホスト材料を用いることができる。その他、例えば、下記一般式（A1）で表わされる芳香族アミン誘導体が好適に用いられる。

20

【0099】

【化38】



30

【0100】

前記一般式（A1）において、Ar¹ から Ar⁴ までは、それぞれ独立に、
環形成炭素数 6 以上 50 以下の芳香族炭化水素基、
環形成炭素数 2 以上 40 以下の芳香族複素環基、
それら芳香族炭化水素基とそれら芳香族複素環基とを結合させた基、または
それら芳香族炭化水素基とそれら芳香族複素環基とを結合させた基
を表す。但し、ここで挙げた芳香族炭化水素基、および芳香族複素環基は、置換基を有してもよい。

40

【0101】

前記一般式（A1）において、L は、連結基であり、
環形成炭素数 6 以上 50 以下の 2 価の芳香族炭化水素基、
環形成炭素数 5 以上 50 以下の 2 価の芳香族複素環基、
2 個以上の芳香族炭化水素基または芳香族複素環基を
単結合、
エーテル結合、
チオエーテル結合、
炭素数 1 以上 20 以下のアルキレン基、

50

炭素数 2 以上 20 以下のアルケニレン基、もしくは
アミノ基

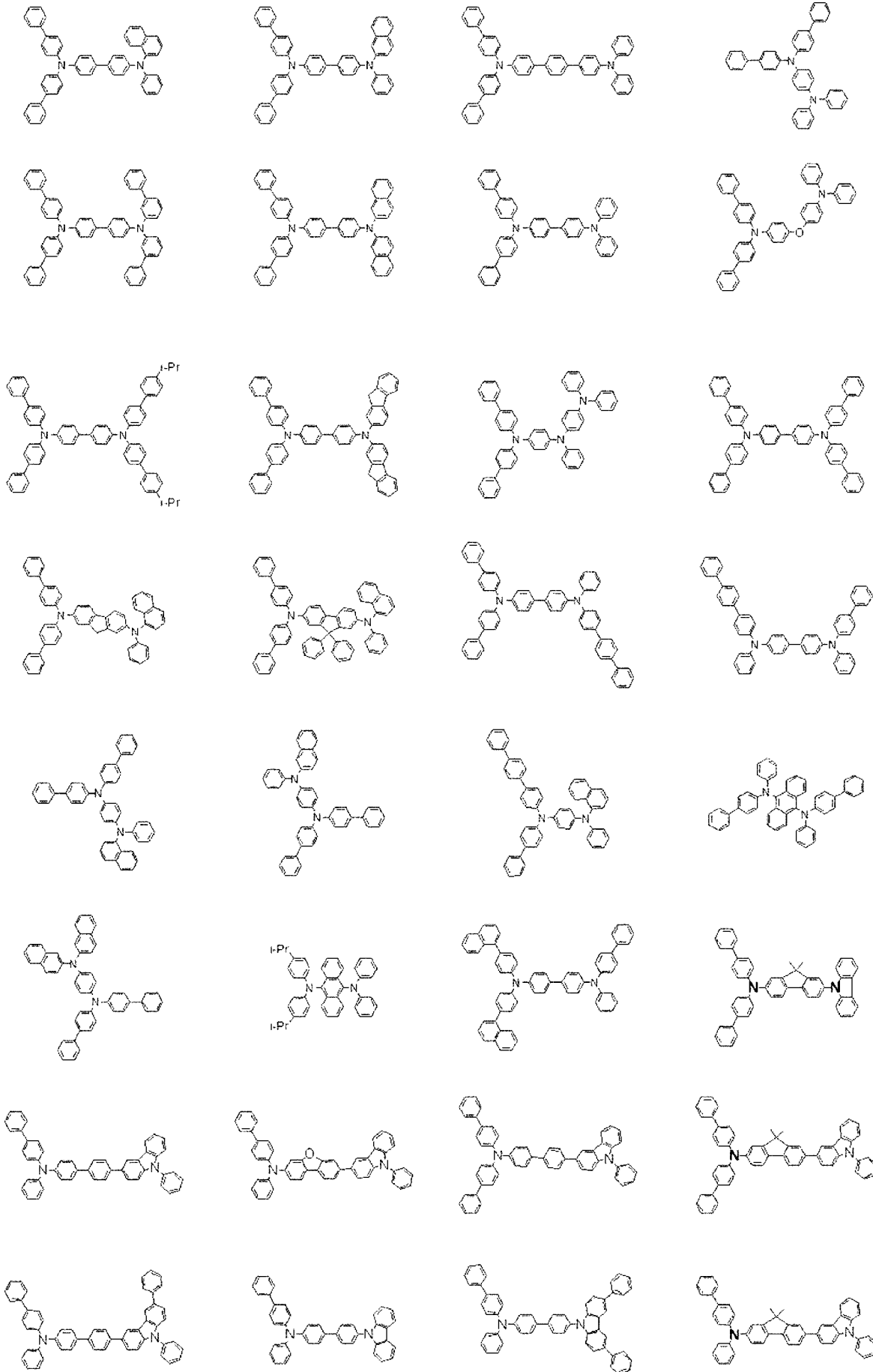
で結合して得られる 2 価の基、
を表す。但し、ここで挙げた 2 価の芳香族炭化水素基、および 2 価の芳香族複素環基は、
置換基を有してもよい。

【 0 1 0 2 】

前記一般式 (A 1) で表される化合物の具体例を以下に記すが、これらに限定されるも
のではない。

【 0 1 0 3 】

【化 3 9】



10

20

30

40

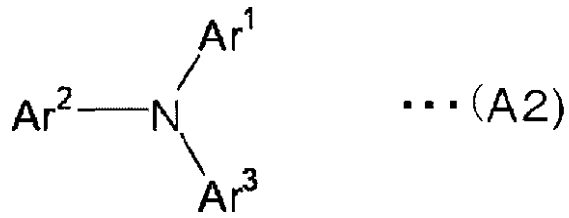
50

【0104】

また、下記一般式(A2)で表される芳香族アミンも、正孔注入・輸送層の形成に好適に用いられる。

【0105】

【化40】



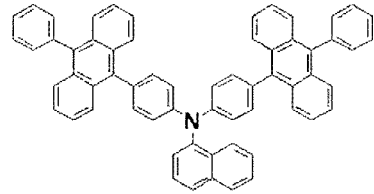
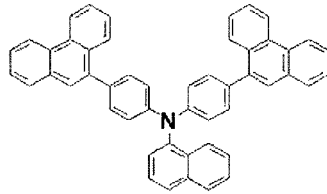
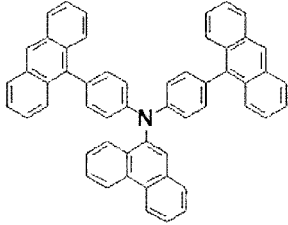
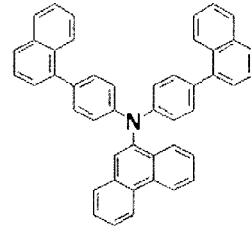
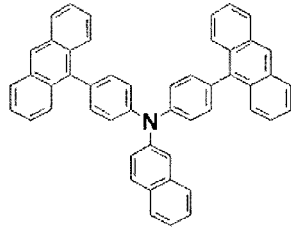
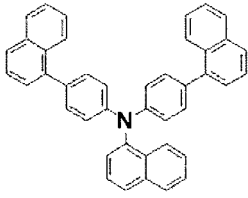
10

【0106】

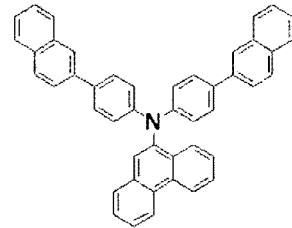
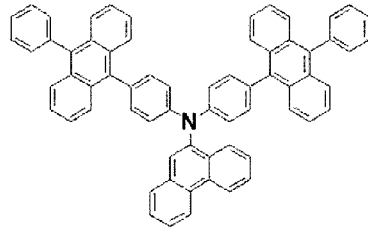
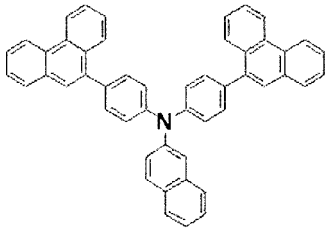
前記一般式(A2)において、Ar¹からAr³までの定義は前記一般式(A1)のAr¹からAr⁴までの定義と同様である。以下に一般式(A2)で表される化合物の具体例を記すがこれらに限定されるものではない。

【0107】

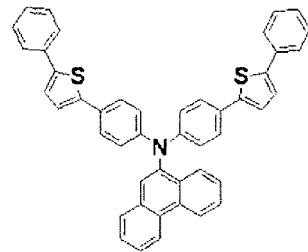
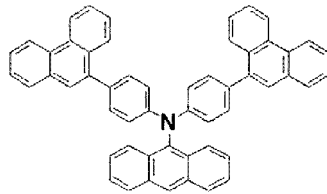
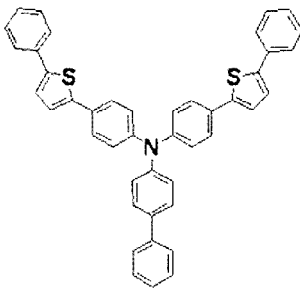
【化 4 1】



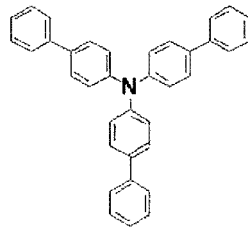
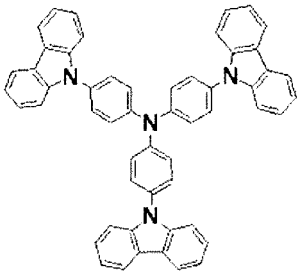
10



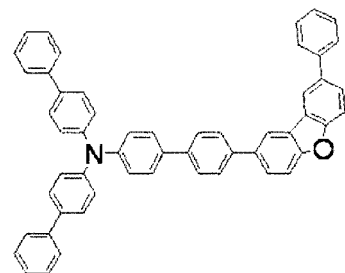
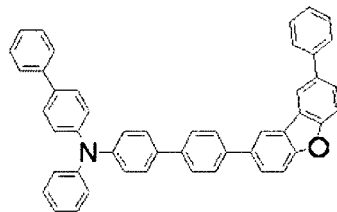
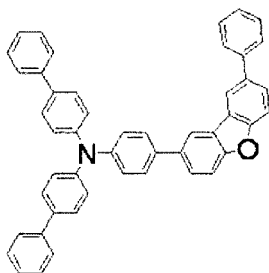
20



30



40



50

【 0 1 0 8 】

(電子輸送層)

電子輸送層 7 は、発光層 5 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。

本実施形態は、発光層 5 と陰極との間に電子輸送層 7 を有し、電子輸送層 7 は、含窒素環誘導体を主成分として含有しても好ましい。ここで、電子注入層は電子輸送層として機能する層であってもよい。

なお、「主成分として」とは、電子輸送層 7 が 50 質量%以上の含窒素環誘導体を含有していることを意味する。

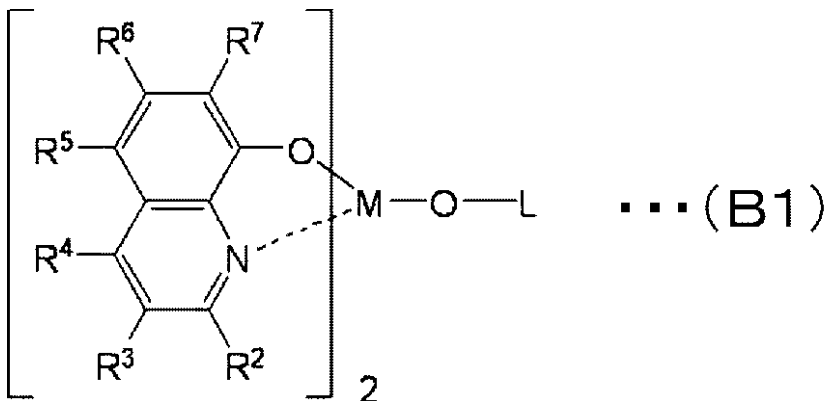
【0109】

電子輸送層 7 に用いる電子輸送性材料としては、分子内にヘテロ原子を 1 個以上含有する芳香族ヘテロ環化合物が好ましく用いられ、特に含窒素環誘導体が好ましい。また、含窒素環誘導体としては、含窒素 6 員環もしくは 5 員環骨格を有する芳香族環、または含窒素 6 員環もしくは 5 員環骨格を有する縮合芳香族環化合物が好ましい。

この含窒素環誘導体としては、例えば、下記一般式 (B1) で表される含窒素環金属キレート錯体が好ましい。

【0110】

【化 4 2】



【0111】

一般式 (B1) における R^2 から R^7 までは、それぞれ独立に、
 水素原子、
 重水素原子、
 ハロゲン原子、
 オキシ基、
 アミノ基、
 炭素数 1 以上 40 以下の炭化水素基、
 アルコキシ基、
 アリールオキシ基、
 アルコシカルボニル基、または、
 芳香族複素環基であり、

これらは置換基を有してもよい。

ハロゲン原子としては、フッ素、塩素、臭素、ヨウ素などが挙げられる。また、置換されていてもよいアミノ基の例としては、アルキルアミノ基、アリールアミノ基、アラルキルアミノ基が挙げられる。

【0112】

アルコシカルボニル基は $-COOY'$ と表され、 Y' の例としては前記アルキル基と同様のものが挙げられる。アルキルアミノ基およびアラルキルアミノ基は $-NQ^1Q^2$ と表される。 Q^1 および Q^2 の具体例としては、独立に、前記アルキル基、前記アラルキル基 (アルキル基の水素原子がアリール基で置換された基) で説明したものと同様のものが挙げられ、好ましい例も同様である。 Q^1 および Q^2 の一方は水素原子であってもよい。なお、アラルキル基は、前記アルキル基の水素原子が前記アリール基で置換された基であ

る。

アリールアミノ基は $-NAr^1Ar^2$ と表され、 Ar^1 および Ar^2 の具体例としては、それぞれ独立に非縮合の前記芳香族炭化水素基と同様である。 Ar^1 および Ar^2 の一方は水素原子であってもよい。

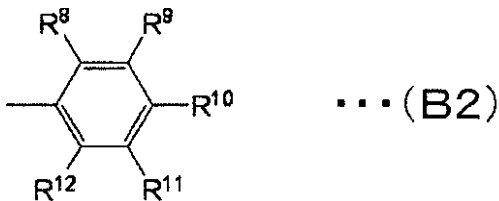
【0113】

上記一般式 (B1) の M は、アルミニウム (Al)、ガリウム (Ga) またはインジウム (In) であり、In であると好ましい。

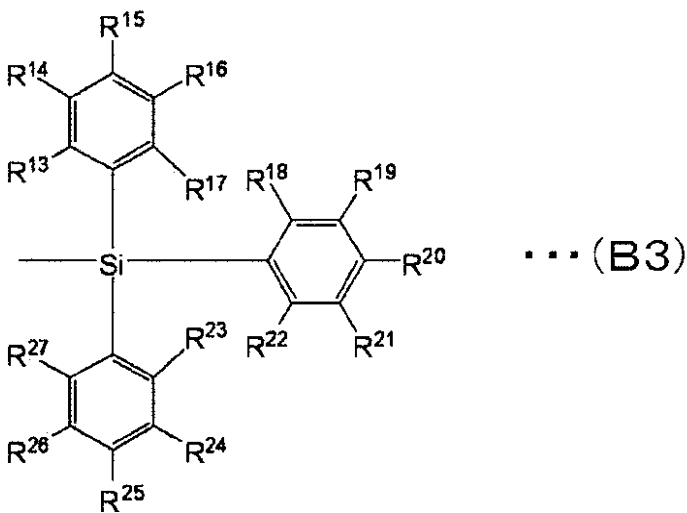
上記一般式 (B1) の L は、下記一般式 (B2) または (B3) で表される基である。

【0114】

【化43】



10



20

30

【0115】

前記一般式 (B2) 中、 R^8 から R^{12} までは、それぞれ独立に、

水素原子、または炭素数 1 以上 40 以下の炭化水素基であり、互いに隣接する基が環状構造を形成していてもよい。この炭化水素基は、置換基を有してもよい。

また、前記一般式 (B3) 中、 R^{13} から R^{27} までは、それぞれ独立に、

水素原子、または炭素数 1 以上 40 以下の炭化水素基であり、互いに隣接する基が環状構造を形成していてもよい。この炭化水素基は、置換基を有してもよい。

前記一般式 (B2) および一般式 (B3) の R^8 から R^{12} まで、および R^{13} から R^{27} までが示す炭素数 1 以上 40 以下の炭化水素基としては、前記一般式 (B1) 中の R^2 から R^7 までの具体例と同様のものが挙げられる。

40

また、前記一般式 (B2) における R^8 から R^{12} まで、および前記一般式 (B3) における R^{13} から R^{27} までの互いに隣接する基が環状構造を形成した場合の 2 価の基としては、テトラメチレン基、ペンタメチレン基、ヘキサメチレン基、ジフェニルメタン - 2, 2' - ジイル基、ジフェニルエタン - 3, 3' - ジイル基、ジフェニルプロパン - 4, 4' - ジイル基などが挙げられる。

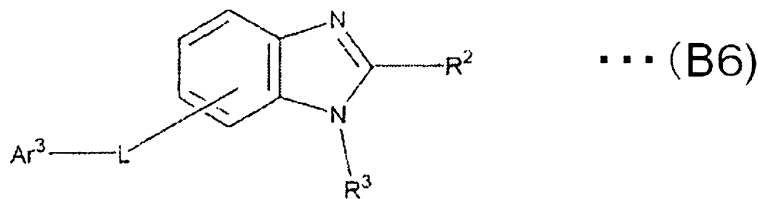
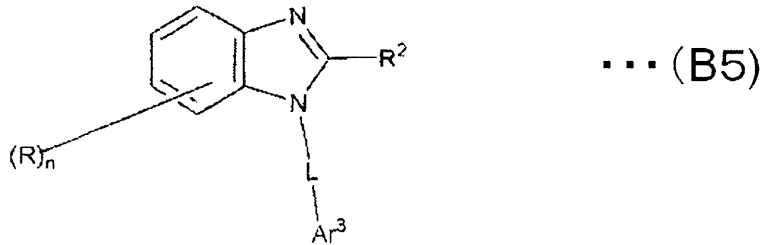
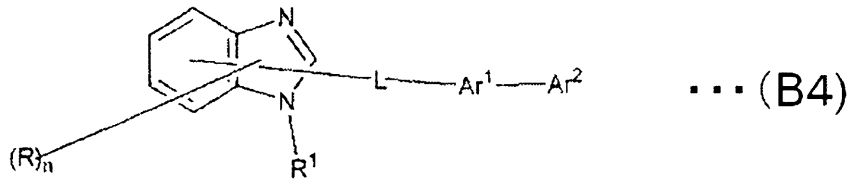
【0116】

また、電子輸送層は、下記一般式 (B4) から (B6) までで表される含窒素複素環誘導体の少なくともいずれか 1 つを含有することが好ましい。

【0117】

50

【化 4 4】



10

20

【 0 1 1 8 】

前記一般式 (B 4) から (B 6) までの式中、 R は、
 水素原子、
 環形成炭素数 6 以上 6 0 以下の芳香族炭化水素基、
 ピリジル基、
 キノリル基、
 炭素数 1 以上 2 0 以下のアルキル基、または
 炭素数 1 以上 2 0 以下のアルコキシ基である。
 n は 0 以上 4 以下の整数である。

30

【 0 1 1 9 】

前記一般式 (B 4) から (B 6) までの式中、 R ¹ は、
 環形成炭素数 6 以上 6 0 以下の芳香族炭化水素基
 ピリジル基、
 キノリル基、
 炭素数 1 以上 2 0 以下のアルキル基、または
 炭素数 1 以上 2 0 以下のアルコキシ基である。

40

【 0 1 2 0 】

前記一般式 (B 4) から (B 6) までの式中、 R ² および R ³ は、それぞれ独立に、
 水素原子、
 環形成炭素数 6 以上 6 0 以下の芳香族炭化水素基
 ピリジル基、
 キノリル基、
 炭素数 1 以上 2 0 以下のアルキル基、または
 炭素数 1 以上 2 0 以下のアルコキシ基である。

【 0 1 2 1 】

前記一般式 (B 4) から (B 6) までの式中、 L は、

50

環形成炭素数 6 以上 60 以下の芳香族炭化水素基
 ピリジニレン基、
 キノリニレン基、または
 フルオレニレン基である。

【0122】

前記一般式 (B4) から (B6) までの式中、 Ar^1 は、
 環形成炭素数 6 以上 60 以下の芳香族炭化水素基
 ピリジニレン基、
 キノリニレン基である。

【0123】

前記一般式 (B4) から (B6) までの式中、 Ar^2 は、
 環形成炭素数 6 以上 60 以下の芳香族炭化水素基
 ピリジル基、
 キノリル基、
 炭素数 1 以上 20 以下のアルキル基、または
 炭素数 1 以上 20 以下のアルコキシ基である。

10

【0124】

前記一般式 (B4) から (B6) までの式中、 Ar^3 は、
 環形成炭素数 6 以上 60 以下の芳香族炭化水素基
 ピリジル基、
 キノリル基、
 炭素数 1 以上 20 以下のアルキル基、
 炭素数 1 以上 20 以下のアルコキシ基、または
 「 $-Ar^1 - Ar^2$ 」で表される基 (Ar^1 および Ar^2 は、それぞれ前記と同じ)

20

である。

【0125】

また、前記一般式 (B4) から (B6) までの式中の R 、 R^1 、 R^2 、 R^3 、 L 、 Ar^1 、 Ar^2 、および Ar^3 の説明で挙げた芳香族炭化水素基、ピリジル基、キノリル基、アルキル基、アルコキシ基、ピリジニレン基、キノリニレン基、フルオレニレン基は、置換基を有してもよい。

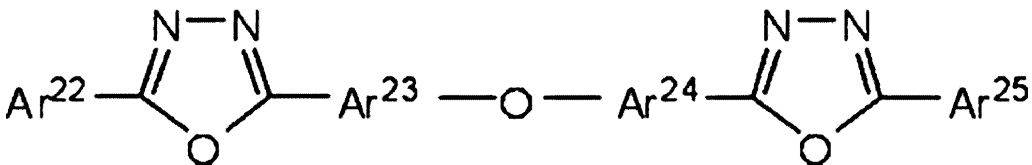
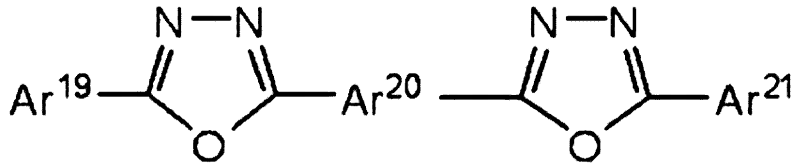
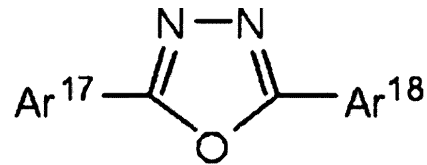
30

【0126】

電子注入層または電子輸送層に用いられる電子伝達性化合物としては、8-ヒドロキシキノリンまたはその誘導体の金属錯体、オキサジアゾール誘導体、含窒素複素環誘導体为好適である。上記 8-ヒドロキシキノリンまたはその誘導体の金属錯体の具体例としては、オキシシ(一般に 8-キノリノールまたは 8-ヒドロキシキノリン)のキレートを含む金属キレートオキシノイド化合物、例えばトリス(8-キノリノール)アルミニウムを用いることができる。そして、オキサジアゾール誘導体としては、下記のを挙げる事ができる。

【0127】

【化 4 5】



10

【0128】

これらオキサジアゾール誘導体の各一般式中、 Ar^{17} 、 Ar^{18} 、 Ar^{19} 、 Ar^{21} 、 Ar^{22} および Ar^{25} は、環形成炭素数 6 以上 40 以下の芳香族炭化水素基である。

20

但し、ここで挙げた芳香族炭化水素基は置換基を有してもよい。また、 Ar^{17} と Ar^{18} 、 Ar^{19} と Ar^{21} 、 Ar^{22} と Ar^{25} は、互いに同一でも異なってもよい。

ここで挙げた芳香族炭化水素基としては、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基、アントラニル基、ペリレニル基、ピレニル基などが挙げられる。そして、これらへの置換基としては炭素数 1 以上 10 以下のアルキル基、炭素数 1 以上 10 以下のアルコキシ基またはシアノ基などが挙げられる。

【0129】

これらオキサジアゾール誘導体の各一般式中、 Ar^{20} 、 Ar^{23} および Ar^{24} は、環形成炭素数 6 以上 40 以下の 2 価の芳香族炭化水素基である。

30

但し、ここで挙げた芳香族炭化水素基は置換基を有してもよい。

また、 Ar^{23} と Ar^{24} は、互いに同一でも異なってもよい。

ここで挙げた 2 価の芳香族炭化水素基としては、フェニレン基、ナフチレン基、ビフェニレン基、アントラニレン基、ペリレニレン基、ピレニレン基などが挙げられる。そして、これらへの置換基としては炭素数 1 以上 10 以下のアルキル基、炭素数 1 以上 10 以下のアルコキシ基またはシアノ基などが挙げられる。

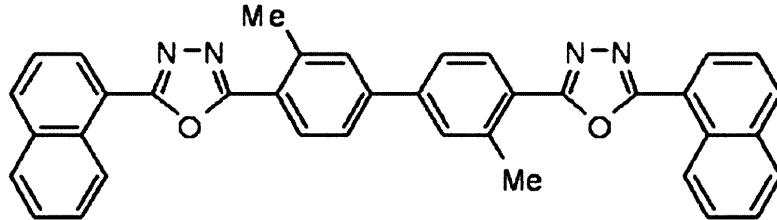
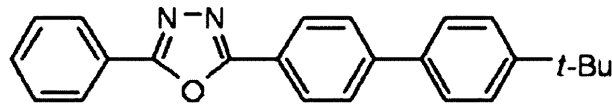
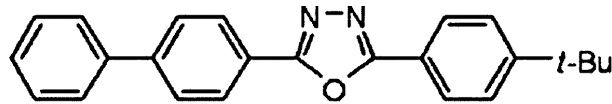
【0130】

これらの電子伝達性化合物は、薄膜形成性の良好なものが好ましく用いられる。そして、これら電子伝達性化合物の具体例としては、下記のを挙げる事ができる。

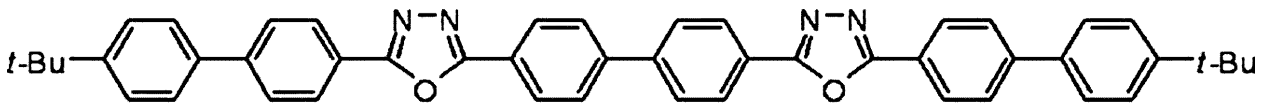
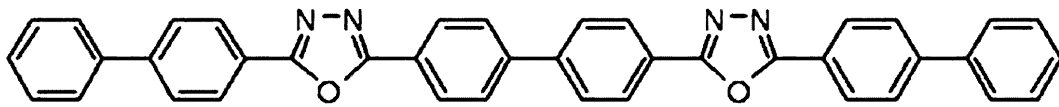
40

【0131】

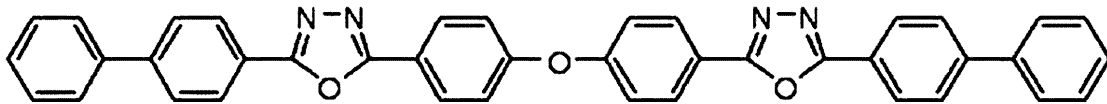
【化 4 6】



10



20



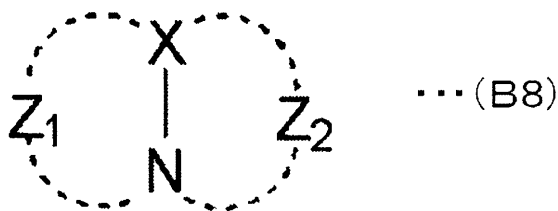
【 0 1 3 2】

電子伝達性化合物としての含窒素複素環誘導体は、以下の一般式を有する有機化合物からなる含窒素複素環誘導体であって、金属錯体でない含窒素化合物が挙げられる。例えば、下記一般式 (B 7) に示す骨格を含有する 5 員環もしくは 6 員環や、下記一般式 (B 8) に示す構造のものが挙げられる。

30

【 0 1 3 3】

【化 4 7】



40

【 0 1 3 4】

前記一般式 (B 8) 中、X は炭素原子もしくは窒素原子を表す。Z₁ ならびに 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。

【 0 1 3 5】

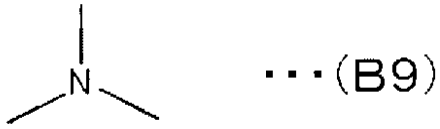
含窒素複素環誘導体は、さらに好ましくは、5 員環もしくは 6 員環からなる含窒素芳香

50

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、上記一般式 (B7) と (B8) もしくは上記一般式 (B7) と下記一般式 (B9) 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が好ましい。

【0136】

【化48】



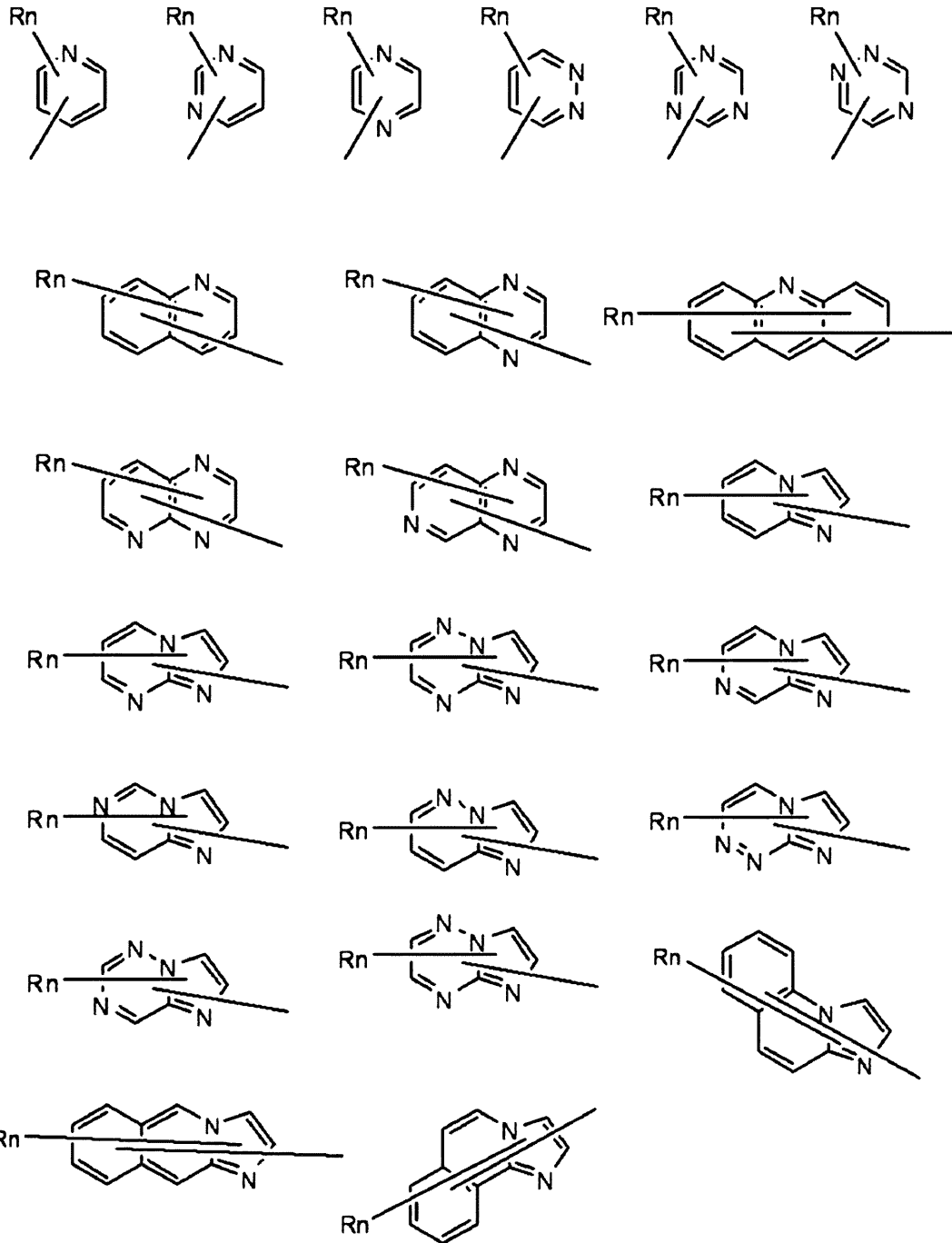
10

【0137】

前記の含窒素芳香多環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。

【0138】

【化 4 9】



10

20

30

【 0 1 3 9】

これら含窒素複素環基の各一般式中、Rは、
 環形成炭素数6以上40以下の芳香族炭化水素基、
 環形成炭素数2以上40以下の芳香族複素環基、
 炭素数1以上20以下のアルキル基、または
 炭素数1以上20以下のアルコキシ基

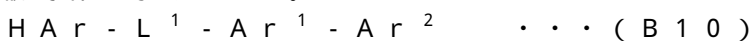
40

である。

これら含窒素複素環基の各一般式中、nは0以上5以下の整数であり、nが2以上の整数であるとき、複数のRは互いに同一または異なってもよい。

【 0 1 4 0】

さらに、好ましい具体的な化合物として、下記一般式(B10)で表される含窒素複素環誘導体が挙げられる。



50

前記一般式 (B 1 0) 中、H A r は、
環形成炭素数 1 以上 4 0 以下の含窒素複素環基である。

前記一般式 (B 1 0) 中、L¹ は、
単結合、
環形成炭素数 6 以上 4 0 以下の芳香族炭化水素基、または
環形成炭素数 2 以上 4 0 以下の芳香族複素環基である。

【 0 1 4 1 】

前記一般式 (B 1 0) 中、A r¹ は、環形成炭素数 6 以上 4 0 以下の 2 価の芳香族炭化水素基である。

前記一般式 (B 1 0) 中、A r² は、
環形成炭素数 6 以上 4 0 以下の芳香族炭化水素基、または
環形成炭素数 2 以上 4 0 以下の芳香族複素環基である。

10

【 0 1 4 2 】

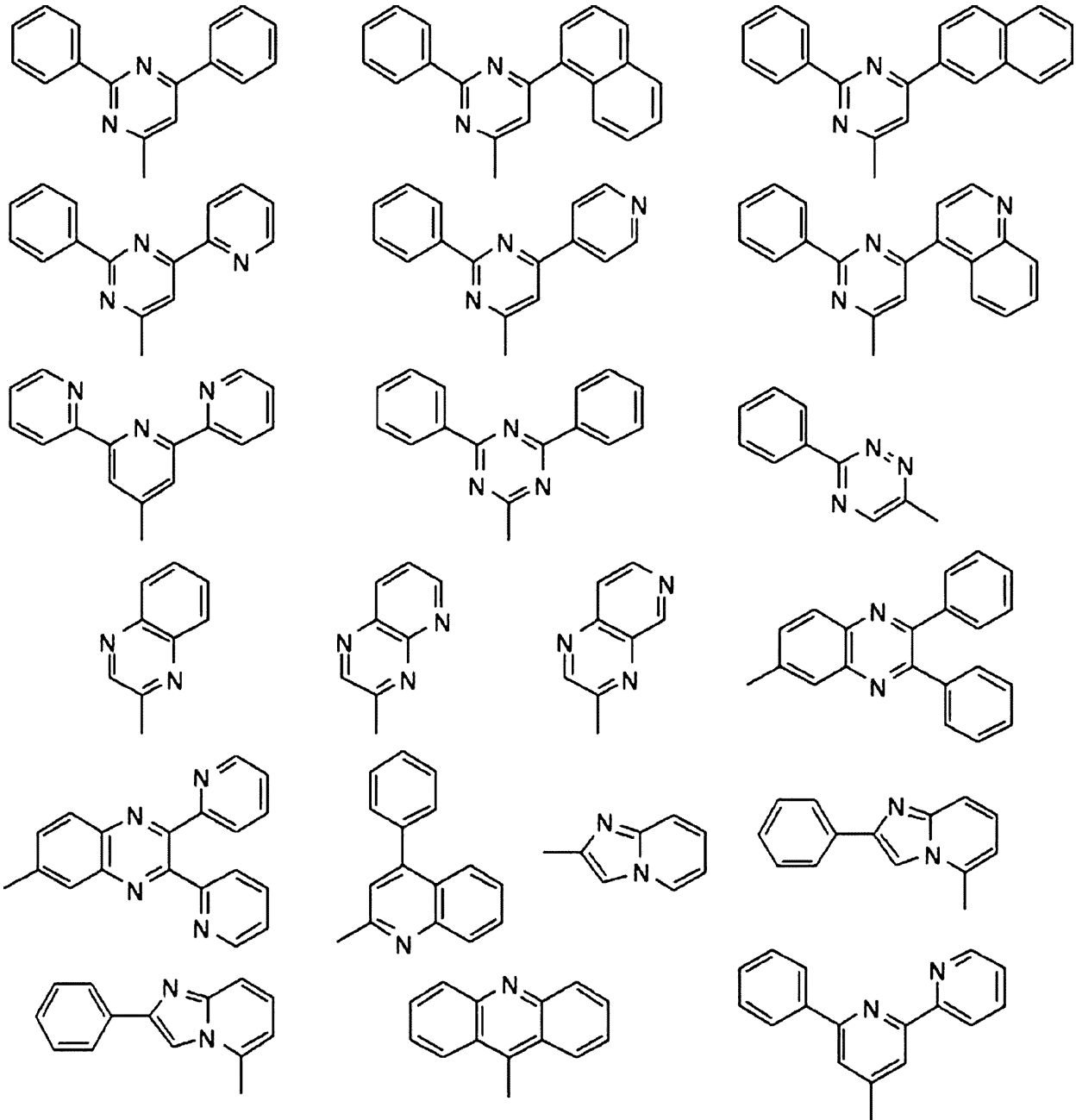
また、前記一般式 (B 1 0) の式中の H A r、L¹、A r¹、および A r² の説明で挙げた含窒素複素環基、芳香族炭化水素基、および芳香族複素環基は置換基を有してもよい。

【 0 1 4 3 】

前記一般式 (B 1 0) の式中の H A r は、例えば、下記の群から選択される。

【 0 1 4 4 】

【化50】



10

20

30

【0145】

前記一般式(B10)の式中のL¹は、例えば、下記の群から選択される。

【0146】

【化51】



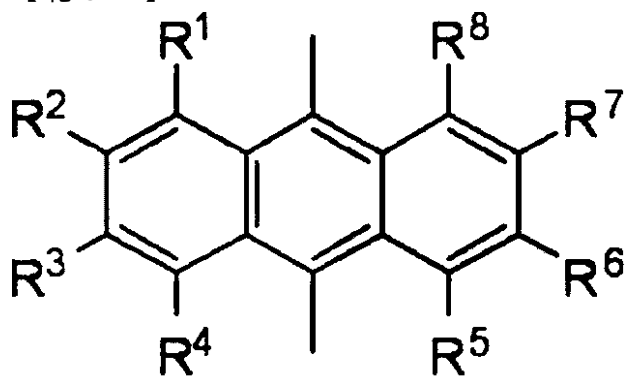
40

【0147】

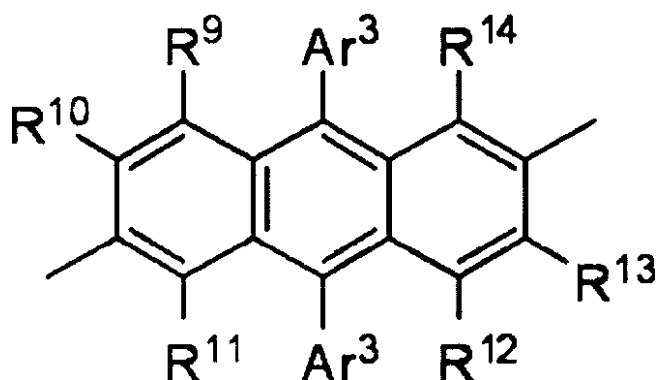
前記一般式(B10)の式中のAr¹は、例えば、下記のアリールアントラニル基から選択される。

【0148】

【化 5 2】



10



20

【0149】

前記アリールアントラニル基の一般式中、R¹ から R¹⁴ までは、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン原子、炭素数 1 以上 20 以下のアルキル基、炭素数 1 以上 20 以下のアルコキシ基、環形成炭素数 6 以上 40 以下のアリールオキシ基、環形成炭素数 6 以上 40 以下の芳香族炭化水素基、または環形成炭素数 2 以上 40 以下の芳香族複素環基である。

30

【0150】

前記アリールアントラニル基の一般式中、Ar³ は、環形成炭素数 6 以上 40 以下の芳香族炭化水素基、または環形成炭素数 2 以上 40 以下の芳香族複素環基である。

【0151】

但し、前記アリールアントラニル基の一般式中の R¹ から R¹⁴ まで、および Ar³ の説明で挙げた芳香族炭化水素基、および芳香族複素環基は、置換基を有してもよい。

また、R¹ から R⁸ までは、いずれも水素原子である含窒素複素環誘導体であってもよい。

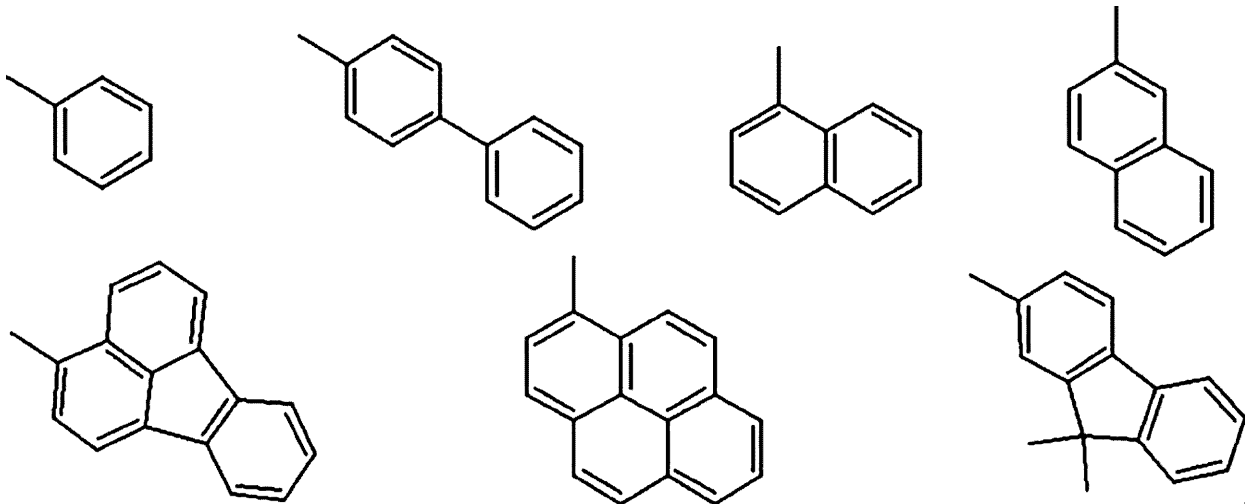
40

【0152】

前記アリールアントラニル基の一般式中、Ar² は、例えば、下記の群から選択される。

【0153】

【化53】



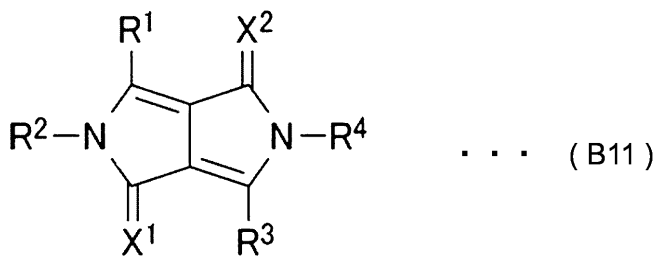
10

【0154】

電子伝達性化合物としての含窒素芳香多環有機化合物には、この他、下記一般式(B11)で表される化合物(特開平9-3448号公報参照)も好適に用いられる。

【0155】

【化54】



20

【0156】

この含窒素芳香多環有機化合物の一般式(B11)中、R¹からR⁴までは、それぞれ独立に、

30

- 水素原子、
- 脂肪族基、
- 脂肪族式環基、
- 炭素環式芳香族環基、または
- 複素環基

を表す。但し、ここで挙げた脂肪族基、脂肪族式環基、炭素環式芳香族環基、および複素環基は、置換基を有してもよい。

この含窒素芳香多環有機化合物の一般式(B11)中、X¹、X²は、それぞれ独立に、酸素原子、硫黄原子、またはジシアノメチレン基を表す。

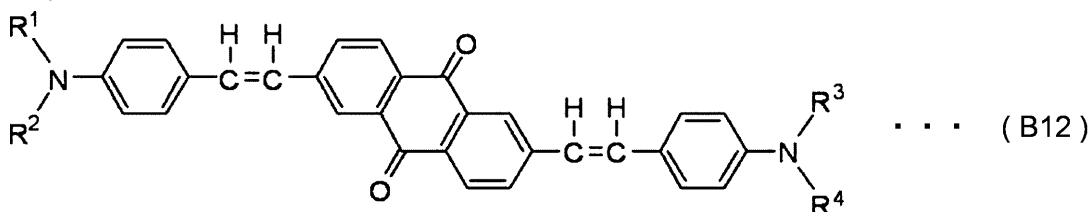
40

【0157】

また、電子伝達性化合物として、下記一般式(B12)で表される化合物(特開2000-173774号公報参照)も好適に用いられる。

【0158】

【化55】



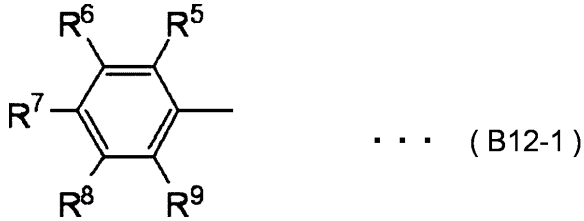
50

【0159】

前記一般式(B12)中、 R^1 、 R^2 、 R^3 および R^4 は互いに同一のまたは異なる基であって、下記一般式(B12-1)で表わされる芳香族炭化水素基または縮合芳香族炭化水素基である。

【0160】

【化56】



10

【0161】

前記一般式(B12-1)中、 R^5 、 R^6 、 R^7 、 R^8 および R^9 は互いに同一のまた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つが飽和もしくは不飽和アルコキシル基、アルキル基、アミノ基、またはアルキルアミノ基である。

【0162】

さらに、電子伝達性化合物は、該含窒素複素環基また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。

【0163】

なお、電子注入層または電子輸送層の膜厚は、特に限定されないが、好ましくは、1nm以上100nm以下である。

また、電子注入層の構成成分としては、含窒素環誘導体の他に、無機化合物として絶縁体または半導体を使用することが好ましい。電子注入層が絶縁体や半導体で構成されていれば、電流のリークを有効に防止して、電子注入性を向上させることができる。

【0164】

このような絶縁体としては、アルカリ金属カルコゲニド、アルカリ土類金属カルコゲニド、アルカリ金属のハロゲン化物およびアルカリ土類金属のハロゲン化物からなる群から選択される少なくとも一つの金属化合物を使用するのが好ましい。電子注入層がこれらのアルカリ金属カルコゲニドなどで構成されていれば、電子注入性をさらに向上させることができる点で好ましい。具体的に、好ましいアルカリ金属カルコゲニドとしては、例えば、酸化リチウム(Li_2O)、酸化カリウム(K_2O)、硫化ナトリウム(Na_2S)、セレン化ナトリウム(Na_2Se)および酸化ナトリウム(Na_2O)が挙げられる。好ましいアルカリ土類金属カルコゲニドとしては、例えば、酸化カルシウム(CaO)、酸化バリウム(BaO)、酸化ストロンチウム(SrO)、酸化ベリリウム(BeO)、硫化バリウム(BaS)およびセレン化カルシウム($CaSe$)が挙げられる。また、好ましいアルカリ金属のハロゲン化物としては、例えば、フッ化リチウム(LiF)、フッ化ナトリウム(NaF)、フッ化カリウム(KF)、塩化リチウム($LiCl$)、塩化カリウム(KCl)および塩化ナトリウム($NaCl$)などが挙げられる。また、好ましいアルカリ土類金属のハロゲン化物としては、例えば、フッ化カルシウム(CaF_2)、フッ化バリウム(BaF_2)、フッ化ストロンチウム(SrF_2)、フッ化マグネシウム(MgF_2)およびフッ化ベリリウム(BeF_2)などのフッ化物や、フッ化物以外のハロゲン化物が挙げられる。

20

30

40

【0165】

また、半導体としては、バリウム(Ba)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)、イッテルビウム(Yb)、アルミニウム(Al)、ガリウム(Ga)、インジウム(In)、リチウム(Li)、ナトリウム(Na)、カドミウム(Cd)、マグネシウム(Mg)、ケイ素(Si)、タンタル(Ta)、アンチモン(Sb)および亜鉛(Zn)の少なくとも一つの元素を含む酸化物、窒化物または酸化窒化物などの一種単独または二種以上の組み合わせが挙げられる。また、電子注入層を構成する無機化合物が、微結晶ま

50

たは非晶質の絶縁性薄膜であることが好ましい。電子注入層がこれらの絶縁性薄膜で構成されていれば、より均質な薄膜が形成されるために、ダークスポットなどの画素欠陥を減少させることができる。なお、このような無機化合物としては、アルカリ金属カルコゲニド、アルカリ土類金属カルコゲニド、アルカリ金属のハロゲン化物およびアルカリ土類金属のハロゲン化物などが挙げられる。

このような絶縁体または半導体を使用する場合、その層の好ましい厚みは、0.1 nm以上15 nm以下程度である。また、本発明における電子注入層は、前述の還元性ドーパントを含有していても好ましい。

【0166】

(電子供与性ドーパントおよび有機金属錯体)

本発明の有機EL素子は、陰極と有機薄膜層との界面領域に電子供与性ドーパントおよび有機金属錯体の少なくともいずれかを有することも好ましい。

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。

電子供与性ドーパントとしては、アルカリ金属、アルカリ金属化合物、アルカリ土類金属、アルカリ土類金属化合物、希土類金属、および希土類金属化合物などから選ばれた少なくとも一種類が挙げられる。

有機金属錯体としては、アルカリ金属を含む有機金属錯体、アルカリ土類金属を含む有機金属錯体、および希土類金属を含む有機金属錯体などから選ばれた少なくとも一種類が挙げられる。

【0167】

アルカリ金属としては、リチウム(Li)(仕事関数:2.93 eV)、ナトリウム(Na)(仕事関数:2.36 eV)、カリウム(K)(仕事関数:2.28 eV)、ルビジウム(Rb)(仕事関数:2.16 eV)、セシウム(Cs)(仕事関数:1.95 eV)などが挙げられ、仕事関数が2.9 eV以下のものが特に好ましい。これらのうち好ましくはK、Rb、Cs、さらに好ましくはRbまたはCsであり、最も好ましくはCsである。

アルカリ土類金属としては、カルシウム(Ca)(仕事関数:2.9 eV)、ストロンチウム(Sr)(仕事関数:2.0 eV以上2.5 eV以下)、バリウム(Ba)(仕事関数:2.52 eV)などが挙げられ、仕事関数が2.9 eV以下のものが特に好ましい。

希土類金属としては、スカンジウム(Sc)、イットリウム(Y)、セリウム(Ce)、テルビウム(Tb)、イッテルビウム(Yb)などが挙げられ、仕事関数が2.9 eV以下のものが特に好ましい。

以上の金属のうち好ましい金属は、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可能である。

【0168】

アルカリ金属化合物としては、酸化リチウム(Li₂O)、酸化セシウム(Cs₂O)、酸化カリウム(K₂O)などのアルカリ酸化物、フッ化リチウム(LiF)、フッ化ナトリウム(NaF)、フッ化セシウム(CsF)、フッ化カリウム(KF)などのアルカリハロゲン化物などが挙げられ、フッ化リチウム(LiF)、酸化リチウム(Li₂O)、フッ化ナトリウム(NaF)が好ましい。

アルカリ土類金属化合物としては、酸化バリウム(BaO)、酸化ストロンチウム(SrO)、酸化カルシウム(CaO)およびこれらを混合したストロンチウム酸バリウム(Ba_xSr_{1-x}O)(0 < x < 1)、カルシウム酸バリウム(Ba_xCa_{1-x}O)(0 < x < 1)などが挙げられ、BaO、SrO、CaOが好ましい。

希土類金属化合物としては、フッ化イッテルビウム(YbF₃)、フッ化スカンジウム(ScF₃)、酸化スカンジウム(ScO₃)、酸化イットリウム(Y₂O₃)、酸化セリウム(Ce₂O₃)、フッ化ガドリニウム(GdF₃)、フッ化テルビウム(TbF₃)などが挙げられ、YbF₃、ScF₃、TbF₃が好ましい。

10

20

30

40

50

【0169】

有機金属錯体としては、上記の通り、それぞれ金属イオンとしてアルカリ金属イオン、アルカリ土類金属イオン、希土類金属イオンの少なくとも一つ含有するものであれば特に限定はない。また、配位子にはキノリノール、ベンゾキノリノール、アクリジノール、フェナントリジノール、ヒドロキシフェニルオキサゾール、ヒドロキシフェニルチアゾール、ヒドロキシジアリールオキサジアゾール、ヒドロキシジアリールチアジアゾール、ヒドロキシフェニルピリジン、ヒドロキシフェニルベンゾイミダゾール、ヒドロキシベンゾトリアゾール、ヒドロキシフルボラン、ビピリジル、フェナントロリン、フタロシアニン、ポルフィリン、シクロペンタジエン、 β -ジケトン類、アゾメチン類、およびそれらの誘導体などが好ましいが、これらに限定されるものではない。

10

【0170】

電子供与性ドーパントおよび有機金属錯体の添加形態としては、界面領域に層状または島状に形成することが好ましい。形成方法としては、抵抗加熱蒸着法により電子供与性ドーパントおよび有機金属錯体の少なくともいずれかを蒸着しながら、界面領域を形成する発光材料や電子注入材料である有機物を同時に蒸着させ、有機物中に電子供与性ドーパントおよび有機金属錯体還元ドーパントの少なくともいずれかを分散する方法が好ましい。分散濃度はモル比で有機物：電子供与性ドーパント，有機金属錯体 = 100：1から1：100まで、好ましくは5：1から1：5までである。

電子供与性ドーパントおよび有機金属錯体の少なくともいずれかを層状に形成する場合は、界面の有機層である発光材料や電子注入材料を層状に形成した後に、電子供与性ドーパントおよび有機金属錯体の少なくともいずれかを単独で抵抗加熱蒸着法により蒸着し、好ましくは層の厚み0.1nm以上15nm以下で形成する。

20

電子供与性ドーパントおよび有機金属錯体の少なくともいずれかを島状に形成する場合は、界面の有機層である発光材料や電子注入材料を島状に形成した後に、電子供与性ドーパントおよび有機金属錯体の少なくともいずれかを単独で抵抗加熱蒸着法により蒸着し、好ましくは島の厚み0.05nm以上1nm以下で形成する。また、本発明の有機EL素子における、主成分と電子供与性ドーパントおよび有機金属錯体の少なくともいずれかとの割合としては、モル比で主成分：電子供与性ドーパント，有機金属錯体 = 5：1から1：5までであると好ましく、2：1から1：2までであるとさらに好ましい。

30

【0171】

(有機EL素子の各層の形成方法)

本発明の有機EL素子の各層の形成方法は特に限定されない。従来公知の真空蒸着法、スピンコーティング法等による形成方法を用いることができる。本発明の有機EL素子に用いる、有機薄膜層は、真空蒸着法、分子線蒸着法(MBE法、MBE; Molecular Beam Epitaxy)あるいは溶媒に解かした溶液のディッピング法、スピンコーティング法、キャスト法、パーコート法、ロールコー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。

【0172】

(有機EL素子の各層の膜厚)

発光層の膜厚は、好ましくは5nm以上50nm以下、より好ましくは7nm以上50nm以下、最も好ましくは10nm以上50nm以下である。発光層の膜厚を5nm以上とすることで、発光層を形成し易くなり、色度を調整し易くなる。発光層の膜厚を50nm以下とすることで、駆動電圧の上昇を抑制できる。

40

その他の各有機薄膜層の膜厚は特に制限されないが、通常は数nmから1 μ mの範囲が好ましい。このような膜厚範囲とすることで、膜厚が薄すぎることによるピンホール等の欠陥を防止するとともに、膜厚が厚すぎることによる駆動電圧の上昇を抑制し、効率の悪化を防止できる。

【0173】

[第二実施形態]

次に、第二実施形態について説明する。

50

第二実施形態の説明において第一実施形態と同一の構成要素は、同一符号や名称を付す等して説明を省略もしくは簡略にする。また、第二実施形態では、第一実施形態で説明したものと同様の材料や化合物を用いることができる。

第二実施形態に係る有機EL素子1Aは、第一の発光層51および第二の発光層52、第三の発光層53が設けられ、第一の発光層51および第二の発光層52と第三の発光層53との間にスペーシングレイヤー8が設けられている点で第一実施形態と異なる。そして、図2に示すように、基板2の上に、陽極3、正孔輸送層6、第一の発光層51および第二の発光層52、スペーシングレイヤー8、第三の発光層53、電子輸送層7、および陰極4がこの順に積層されている。

第一の発光層51は、正孔輸送層6に連続して形成され、第二の発光層52は、第一の発光層51およびスペーシングレイヤー8の間に連続して形成される。

10

【0174】

第一の発光層51は、ホスト材料及び発光材料を含有する。ホスト材料としては、モノアミン化合物、ジアミン化合物、トリアミン化合物、テトラミン化合物、カルバゾール基で置換されたアミン化合物などのアミン誘導体が好ましい。なお、ホスト材料としては、前記した一般式(1)で表される第一ホスト材料および一般式(2)で表される第二ホスト材料と同じ材料を用いてもよい。発光材料としては、570nm以上の発光ピークを示すことが好ましい。ここで、570nm以上の発光ピークを示す発光色としては、例えば、赤色である。

第二の発光層52は、本発明の発光層であり、すなわち第一実施形態の発光層5と同様である。

20

【0175】

スペーシングレイヤー8とは、隣接する第二の発光層52及び第三の発光層53間にHOMOレベル、LUMOレベルのエネルギー障壁を設けることにより、第二の発光層52及び第三の発光層53への電荷(正孔又は電子)注入を調整し、第二の発光層52及び第三の発光層53に注入される電荷のバランスを調整するための層である。また、三重項エネルギーの障壁を設けることにより、第二の発光層52で生じた三重項エネルギーを第三の発光層53へ拡散するのを防止し、第二の発光層52内で効率的に発光させるための層である。

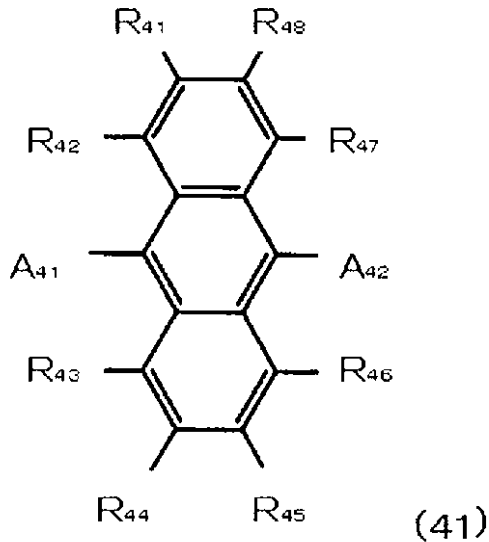
第三の発光層53は、例えば、青色の蛍光発光を示す層であり、ピーク波長は450nm以上500nm以下である。第三の発光層53は、第三のホスト材料と、第三の発光材料とを含有する。

30

第三のホスト材料としては、例えば、アントラセン中心骨格を有する下記式(41)に示す構造を有する化合物が挙げられる。

【0176】

【化57】



10

【0177】

式(41)中、 A_{41} 及び A_{42} は、それぞれ置換基を有しても良い核炭素数6~20の芳香族環から誘導される基である。

R_{41} ~ R_{48} は、それぞれ、水素原子、置換基を有しても良い核炭素数6~50のアリール基、置換基を有しても良い核原子数5~50のヘテロアリール基、置換基を有しても良い炭素数1~50のアルキル基、置換基を有しても良い炭素数3~50のシクロアルキル基、置換基を有しても良い炭素数1~50のアルコキシ基、置換基を有しても良い炭素数6~50のアラルキル基、置換基を有しても良い核原子数5~50のアリールオキシ基、置換基を有しても良い核原子数5~50のアリールチオ基、置換基を有しても良い炭素数1~50のアルコキシカルボニル基、置換基を有しても良いシリル基、カルボキシ基、ハロゲン原子、シアノ基、ニトロ基、及びヒドロキシ基のうちのいずれかである。

20

【0178】

A_{41} 及び A_{42} の芳香族環に置換される置換基としては、置換基を有しても良い核炭素数6~50のアリール基、置換基を有しても良い炭素数1~50のアルキル基、置換基を有しても良い炭素数3~50のシクロアルキル基、置換基を有しても良い炭素数1~50のアルコキシ基、置換基を有しても良い炭素数6~50のアラルキル基、置換基を有しても良い核原子数5~50のアリールオキシ基、置換基を有しても良い核原子数5~50のアリールチオ基、置換基を有しても良い炭素数1~50のアルコキシカルボニル基、置換基を有しても良いシリル基、カルボキシ基、ハロゲン原子、シアノ基、ニトロ基、及びヒドロキシ基のうちのいずれかが挙げられる。

30

【0179】

第三の発光材料としては、例えば、アリールアミン化合物、スチリルアミン化合物、アントラセン、ナフタレン、フェナントレン、ピレン、テトラセン、コロネン、クリセン、フルオレセイン、ペリレン、フタロペリレン、ナフタロペリレン、ペリノン、フタロペリノン、ナフタロペリノン、ジフェニルプタジエン、テトラフェニルプタジエン、クマリン、オキサジアゾール、アルダジン、ビスベンゾキサゾリン、ビススチリル、ピラジン、シクロペンタジエン、キノリン金属錯体、アミノキノリン金属錯体、ベンゾキノリン金属錯体、イミン、ジフェニルエチレン、ビニルアントラセン、ジアミノカルバゾール、ピラン、チオピラン、ポリメチン、メロシアニン、イミダゾールキレート化オキシノイド化合物、キナクリドン、ルブレン及び蛍光色素等が挙げられる。

40

第三の発光層53は、例えば、青色の蛍光発光を示す層であり、ピーク波長は450~500nmである。

【0180】

有機EL素子1Aでは、赤色に発光する第一の発光層51、緑色に発光する第二の発光

50

層 5 2、および青色に発光する第三の発光層 5 3を備えるため、素子全体として白色発光させることができる。

従って、有機 EL 素子 1 A は、照明やバックライトなどの面光源として好適に利用できる。

【 0 1 8 1 】

[第三実施形態]

次に、第三実施形態について説明する。

第三実施形態の説明において第一実施形態と同一の構成要素は、同一符号や名称を付す等して説明を省略もしくは簡略にする。また、第三実施形態では、第一実施形態で説明したものと同様の材料や化合物を用いることができる。

第三実施形態の有機 EL 素子は、2つ以上の発光ユニットと中間ユニットとを備えるいわゆるタンデム型の素子である。一对の電極から注入される電荷に加えて、中間ユニットから供給される電荷が発光ユニット内に注入されることになるので、中間ユニットを設けることによって、注入した電流に対する発光効率（電流効率）が向上する。

【 0 1 8 2 】

図 3 に示すように、第三実施形態の有機 EL 素子 1 B は、基板 2 の上に、陽極 3、第一の発光ユニット 5 A、中間ユニット 5 C、第二の発光ユニット 5 B、及び陰極 4 をこの順に積層されている。

第一の発光ユニット 5 A は、正孔輸送層 6 と、第一の発光層 5 1 と、第二の発光層 5 2 と、電子輸送層 7 とを備える。

中間ユニット 5 C は、中間導電層、電荷発生層などから構成され、本実施形態においては、電荷発生層 9 を備える。

第二の発光ユニット 5 B は、第二の正孔輸送層 6 B と、第二の正孔輸送層 6 B に連続して形成された第三の発光層 5 3 と、第三の発光層 5 3 と連続して形成された第四の発光層 5 4 と、第四の発光層 5 4 に連続して形成された第二の電子輸送層 7 B とを備える。

第一の発光層 5 1 は、第一実施形態の発光層 5 と同様である。

第二の発光層 5 2 は、第二実施形態の第二の発光層 5 2 と同様である。

第三の発光層 5 3 は、第二実施形態の第三の発光層と同様である。

第四の発光層 5 4 は、緑色に発光する蛍光発光層であり、ピーク波長はおよそ 5 0 0 n m 以上 5 7 0 n m 以下である。第四の発光層 5 4 は、第四のホスト材料と、第四の発光材料とを含有する。

【 0 1 8 3 】

電荷発生層 9 は、有機 EL 素子 1 B に電界を印加した際に、電荷が発生する層であり、電子輸送層 7 に電子を注入し、第二の正孔輸送層 6 B に正孔を注入する。

電荷発生層 9 の材料としては、公知の材料や、例えば、米国特許第 7, 3 5 8, 6 6 1 号明細書に記載の材料を使用することができる。具体的には、In, Sn, Zn, Ti, Zr, Hf, V, Mo, Cu, Ga, Sr, La, Ru などの金属酸化物、窒化物、ヨウ化物、ホウ化物などが挙げられる。また、第三の発光層 5 3 が電荷発生層 9 から電子を容易に受け取れるようにするため、電子輸送層 7 における電荷発生層界面近傍にアルカリ金属で代表されるドナーをドーピングすることが好ましい。ドナーとしては、ドナー性金属、ドナー性金属化合物及びドナー性金属錯体のうち少なくとも一種を選ぶことができる。このようなドナー性金属、ドナー性金属化合物及びドナー性金属錯体に使用できる化合物の具体例として、国際公開第 2 0 1 0 / 1 3 4 3 5 2 号公報に記載の化合物が挙げられる。

【 0 1 8 4 】

なお、第二の正孔輸送層 6 B 及び第二の電子輸送層 7 B は、第一実施形態の正孔輸送層及び電子輸送層と同様である。

有機 EL 素子 1 B は、いわゆるタンデム型素子であるため、駆動電流の低減を図ることができ、耐久性の向上も図ることができる。

【 0 1 8 5 】

[第四実施形態]

第四実施形態に係る有機EL素子1Cは、第一の発光層51が設けられていない点で第二実施形態と異なる。

以下、第四実施形態の説明において第二実施形態と同一の構成要素は、同一符号や名称を付す等して説明を省略もしくは簡略にする。また、第四実施形態では、第二実施形態で説明したものと同様の材料や化合物を用いることができる。

【0186】

図4に示すように、第四実施形態の有機EL素子1Cは、基板2の上に、陽極3、正孔輸送層6、第二の発光層52、スペーシングレイヤー8、第三の発光層53、電子輸送層7、および陰極4がこの順に積層されている。

【0187】

第二の発光層52は、本発明の発光層であり、すなわち第一実施形態の発光層5と同様である。

第三の発光層53は、例えば、青色の蛍光発光を示す層であり、ピーク波長は450nm以上500nm以下である。第三の発光層53は、第三のホスト材料と、第三の発光材料とを含有する。

【0188】

有機EL素子1Cにおいて、第二の発光層52に黄色に発光するドーパント材料を用いた場合、黄色に発光する第二の発光層52、および青色に発光する第三の発光層53を備えるため、発光素子全体として白色発光させることができる。従来、素子全体として白色発光させるためには、赤色、緑色、青色に発光する層をそれぞれ用意し、3つの層をバランスよく発光させることが必要であったが、本実施形態においては、赤色と緑色に発光する層を、黄色に発光する第二の発光層52のみで賄うことができる。従って、有機EL素子1Aは、照明やバックライトなどの面光源として好適に利用できる。

【0189】

[第五実施形態]

第五実施形態に係る有機EL素子1Dは、第一の発光層51と第四の発光層54が設けられていない点で第三実施形態と異なる。

以下、第五実施形態の説明において第三実施形態と同一の構成要素は、同一符号や名称を付す等して説明を省略もしくは簡略にする。また、第五実施形態では、第三実施形態で説明したものと同様の材料や化合物を用いることができる。

【0190】

図5に示すように、第五実施形態の有機EL素子1Dは、基板2の上に、陽極3、正孔輸送層6、第二の発光層52、電子輸送層7、電荷発生層9、第二の正孔輸送層6B、第三の発光層53、第二の電子輸送層7B、及び陰極4をこの順に積層されている。

第二の発光層52は、黄色に発光する本発明の発光層であり、すなわち第一実施形態の発光層5および第三実施形態の第二の発光層と同様である。

第三の発光層53は、第二実施形態の第三の発光層と同様である。

【0191】

有機EL素子1Dは、いわゆるタンデム型素子であるため、駆動電流の低減を図ることができ、耐久性の向上も図ることができる。

【0192】

[実施形態の変形例]

なお、本発明は、上記の説明に限られるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲での変更は本発明に含まれる。

第一実施形態、第二実施形態では、陽極に連続して正孔輸送層を形成する構成を示したが、陽極及び正孔輸送層間に正孔注入層をさらに形成してもよい。

このような正孔注入層の材料としては、ポルフィリン化合物、芳香族第三級アミン化合物またはスチリルアミン化合物を用いることが好ましく、特に、ヘキサシアノヘキサアザトリフェニレン(HAT)などの芳香族第三級アミン化合物を用いることが好ましい。

また、第一実施形態～第三実施形態では、陰極に連続して電子輸送層を形成する構成を

10

20

30

40

50

示したが、陰極及び電子輸送層間に電子注入層をさらに形成してもよい。

そして、第三実施形態では、2つの発光ユニットを形成する構成を示したが、発光ユニットを3つ以上形成してもよい。

【実施例】

【0193】

以下、実施例および比較例を挙げて、本発明をより具体的に説明する。なお、本発明は実施例などの内容に何ら限定されるものではない。

【0194】

合成実施例1（化合物H1-1の合成）

・中間体1-2の合成

トルエン（1L）に3-プロモベンズアルデヒド（100g、54mmol）、アニリン（50g、54mmol）を加えて8時間加熱還流した。反応液を冷却後、溶媒を減圧下濃縮して中間体1-1（130g、収率93%）を得た。

次いで、アルゴン雰囲気下、中間体1-1（130g、50mmol）、ベンズアミジン塩酸塩（152g、100mmol）、脱水エタノール（1L）、水酸化ナトリウム（42g）の順に加え、80℃で16時間攪拌した。その後、ナトリウムt-ブトキシド（20g、208mmol）を加えて更に80℃で16時間加熱攪拌した。反応液を室温まで冷却後、固体をろ過し、メタノールで洗浄して中間体1-2（67g、収率37%）を得た。

【0195】

・中間体1-5の合成

窒素雰囲気下、2-ニトロ-1,4-ジプロモベンゼン（11.2g、40mmol）、フェニルボロン酸（4.9g、40mmol）、テトラキス（トリフェニルホスフィン）パラジウム（1.39g、1.2mmol）、トルエン（120mL）、2M炭酸ナトリウム水溶液（60mL）を順次加えて8時間加熱還流した。

室温まで反応液を冷却した後、有機層を分離し、有機溶媒を減圧下留去した。得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製し、中間体1-3（6.6g、収率59%）を得た。

続いてアルゴン雰囲気下、中間体1-3（6.6g、23.7mmol）、トリフェニルホスフィン（15.6g、59.3mmol）、o-ジクロロベンゼン（24mL）を順次加えて8時間180℃で加熱した。

室温まで反応液を冷却した後、シリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製し、中間体1-4（4g、収率68%）を得た。

窒素雰囲気下、中間体1-4（4g、16mmol）、N-フェニルカルバゾリル-3-ボロン酸（5.1g、17.8mmol）、テトラキス（トリフェニルホスフィン）パラジウム（0.56g、0.48mmol）、トルエン（50mL）、2M炭酸ナトリウム水溶液（24mL）を順次加えて8時間加熱還流した。

室温まで反応液を冷却した後、有機層を分離し、有機溶媒を減圧下留去した。得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製し、中間体1-5（3.2g、収率49%）を得た。

【0196】

・化合物H1-1の合成

アルゴン雰囲気下、中間体1-5（1.6g、3.9mmol）、中間体1-2（1.5g、3.9mmol）、トリス（ジベンジリデンアセトン）ジパラジウム（0.071g、0.078mmol）、トリ-t-ブチルホスホニウムテトラフルオロホウ酸塩（0.091g、0.31mmol）、t-ブトキシナトリウム（0.53g、5.5mmol）、無水トルエン（20mL）を順次加えて8時間加熱還流した。

室温まで反応液を冷却した後、有機層を分離し、有機溶媒を減圧下留去した。得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製し、化合物H1-1（2.3g、収率82%）を得た。

10

20

30

40

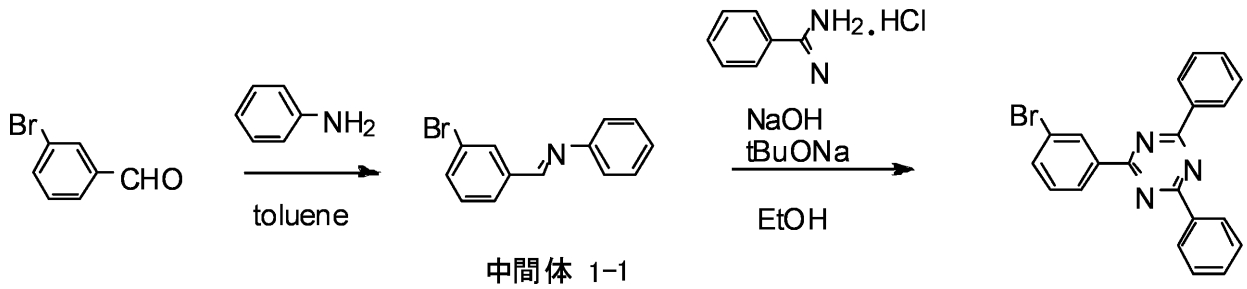
50

FD - MS (フィールドディソープションマスペクトル。以下、FD - MS と略記する。) 分析の結果、分子量 715 に対して $m/e = 715$ であった。

以下に合成スキームを示す。

【0197】

【化58】



10

中間体 1-2

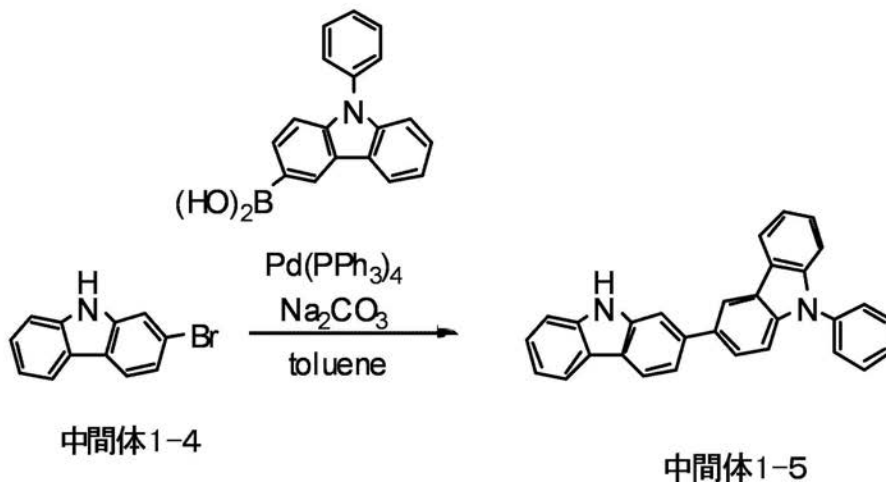
【0198】

【化59】



20

中間体1-4



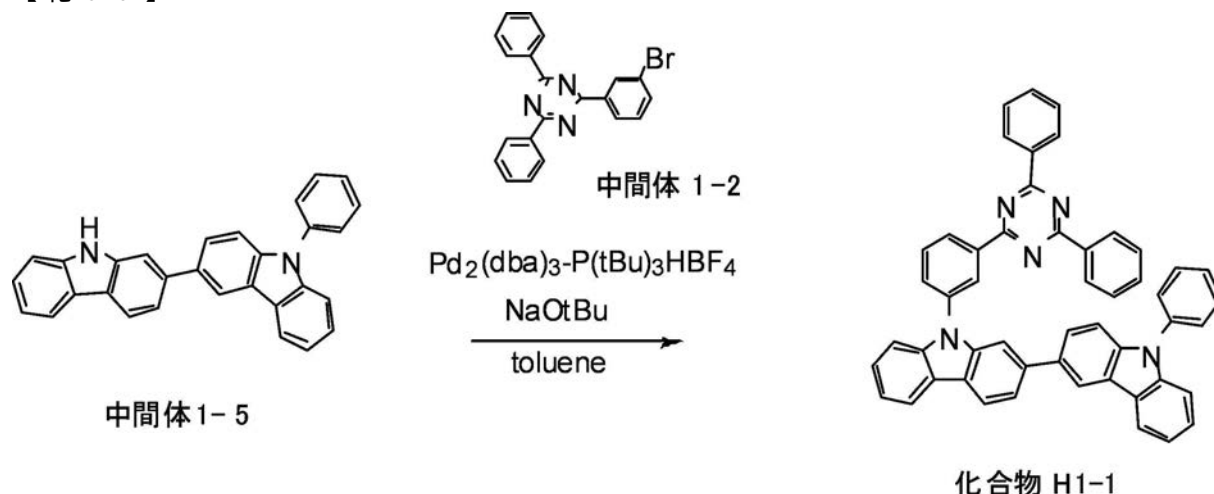
30

中間体1-5

【0199】

40

【化60】



10

【0200】

合成実施例 2 (化合物 H1-2 の合成)

・中間体 2-1 の合成

窒素雰囲気下、トリクロロピリミジン (8 g、43.4 mmol)、フェニルボロン酸 (11.6 g、95.4 mmol)、テトラキス(トリフェニルホスフィン)パラジウム (1.83 g、1.74 mmol)、トルエン (300 mL)、2 M 炭酸ナトリウム水溶液 (130 mL) を順次加えて 8 時間加熱還流した。

室温まで反応液を冷却した後、有機層を分離し、有機溶媒を減圧下留去した。得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製し、中間体 2-1 (8.2 g、収率 71%) を得た。

・中間体 2-2 の合成

窒素雰囲気下、中間体 2-1 (8 g、29.9 mmol)、p-クロロフェニルボロン酸 (5.1 g、32.9 mmol)、テトラキス(トリフェニルホスフィン)パラジウム (0.63 g、0.6 mmol)、トルエン (60 mL)、2 M 炭酸ナトリウム水溶液 (30 mL) を順次加えて 8 時間加熱還流した。

室温まで反応液を冷却した後、有機層を分離し、有機溶媒を減圧下留去した。得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製し、中間体 2-2 (7.0 g、収率 68%) を得た。

アルゴン雰囲気下、中間体 1-5 (1.6 g、3.9 mmol)、中間体 2-2 (1.3 g、3.9 mmol)、トリス(ジベンジリデンアセトン)ジパラジウム (0.071 g、0.078 mmol)、トリ-t-ブチルホスホニウムテトラフルオロボロ酸塩 (0.091 g、0.31 mmol)、t-ブチキシナトリウム (0.53 g、5.5 mmol)、無水トルエン (20 mL) を順次加えて 8 時間加熱還流した。

室温まで反応液を冷却した後、有機層を分離し、有機溶媒を減圧下留去した。得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製し、化合物 H1-2 (2.3 g、収率 82%) を得た。

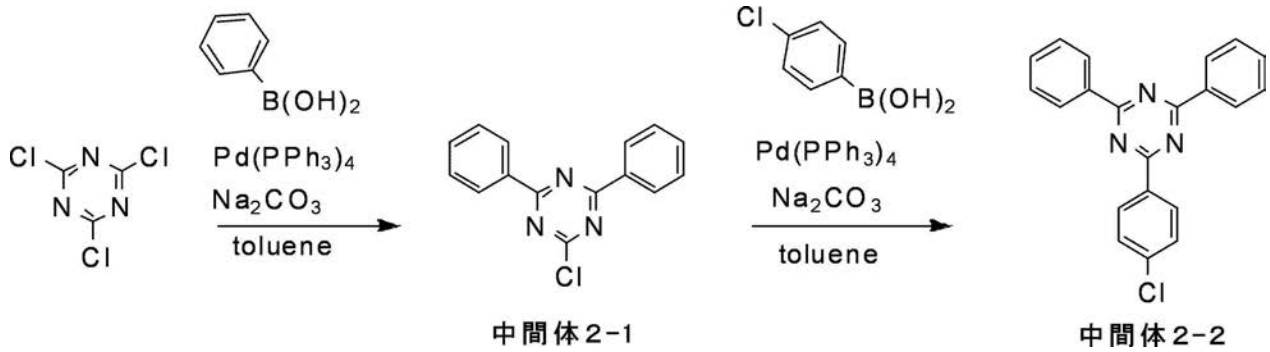
FD-MS 分析の結果、分子量 715 に対して $m/e = 715$ であった。

以下に化合物 H1-2 の合成スキームを示す。

【0201】

40

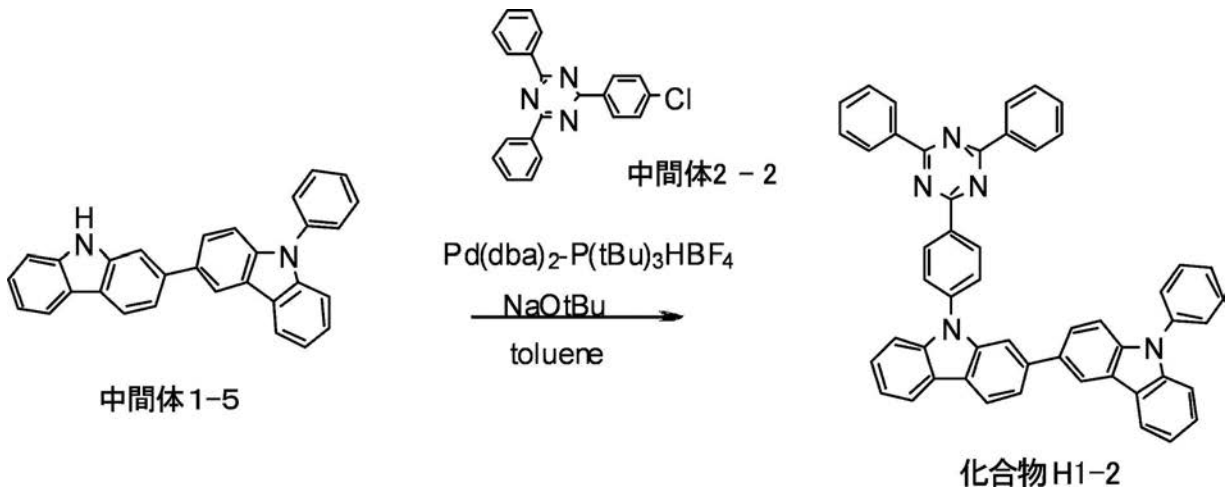
【化61】



10

【0202】

【化62】



20

【0203】

合成実施例 3 (化合物 H 1 - 3 の合成)

・ 中間体 3 - 1 の合成

エタノール (70 mL) にカルバゾール (15 g, 92.6 mmol) を加え、室温で硫酸 (6 mL)、水 (3 mL)、 $\text{HIO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (8.2 g, 35.9 mmol)、 I_2 (9.1 g, 35.9 mmol) を加えて 4 時間攪拌した。反応液に水を加えて析出物をろ過し、析出物をメタノールで洗浄した。得られた固体を熱トルエンに溶かして再結晶を行い、中間体 3 - 1 (5.1 g、収率 18.8%) を得た。

30

・ 中間体 3 - 2 の合成

アルゴン雰囲気下、N - フェニルカルバゾリル - 3 - ボロン酸 (2.0 g、7.0 mmol)、中間体 3 - 1 (2.05 g、7.0 mmol)、 $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4$ (0.15 g、0.14 mmol)、トルエン (20 mL)、2 M 炭酸ナトリウム水溶液 (10.5 mL) を加えて 80 で 7 時間攪拌した。反応液に水を加えて固体を析出させ、固体をメタノールで洗浄した。得られた固体を熱トルエンで洗浄し、中間体 3 - 2 (2.43 g、収率 84%) を得た。

40

・ 化合物 H 1 - 3 の合成

アルゴン雰囲気下、中間体 1 - 2 (1.5 g、3.9 mmol)、中間体 3 - 2 (1.6 g、3.9 mmol)、トリス (ジベンジリデンアセトン) ジパラジウム (0.071 g、0.078 mmol)、トリ - t - ブチルホスホニウムテトラフルオロボロ酸塩 (0.091 g、0.31 mmol)、t - ブトキシナトリウム (0.53 g、5.5 mmol)、無水トルエン (20 mL) を順次加えて 8 時間加熱還流した。

室温まで反応液を冷却した後、有機層を分離し、有機溶媒を減圧下留去した。得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製し、化合物 H 1 - 3 (2.3 g、収率 82%) を得た。

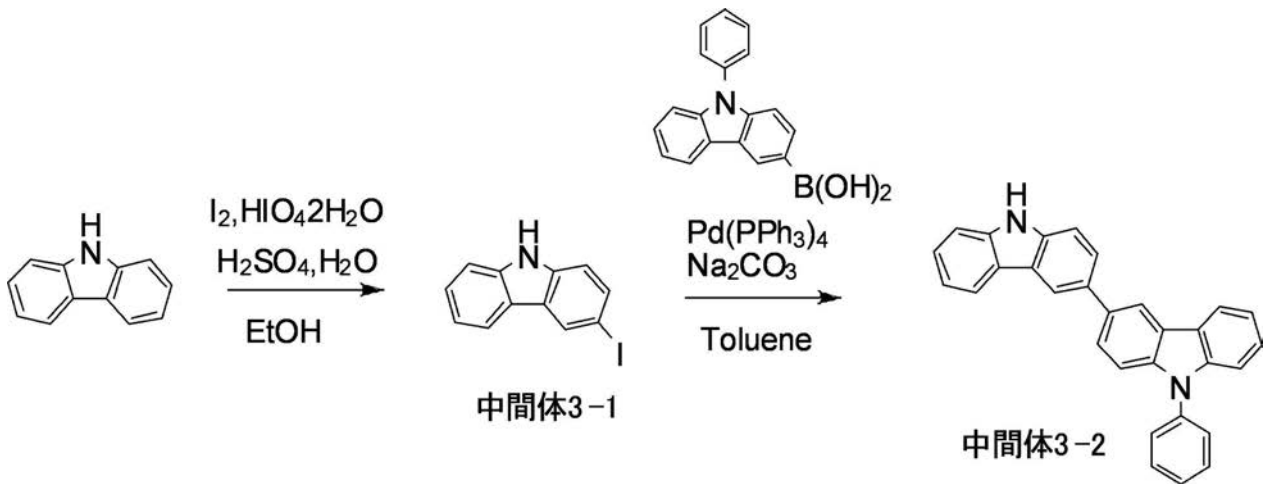
FD - MS 分析の結果、分子量 715 に対して $m/e = 715$ であった。

50

以下に化合物 H 1 - 3 の合成スキームを示す。

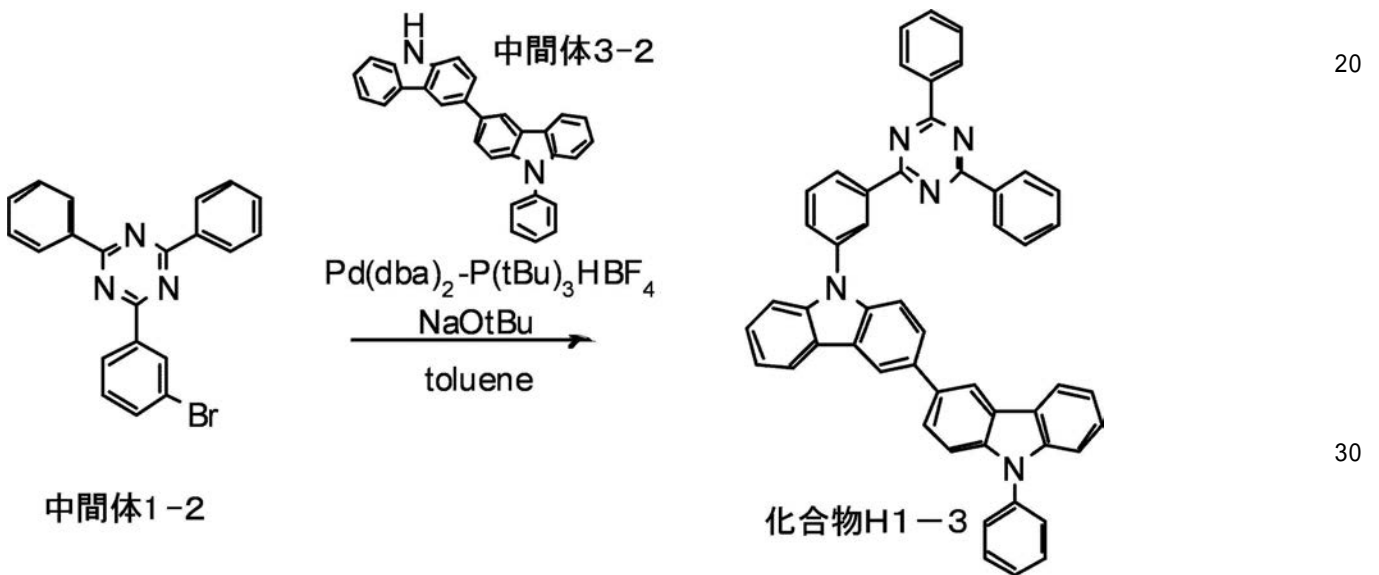
【 0 2 0 4 】

【 化 6 3 】



【 0 2 0 5 】

【 化 6 4 】



【 0 2 0 6 】

合成実施例 4 (化合物 H 1 - 4 の合成)

・ 中間体 4 - 2 の合成

4 - プロモベンズアルデヒド (25 g, 135 mmol)、アセトフェノン (16.2 g, 135 mmol) をエタノール (200 mL) に加え、さらに 3 M 水酸化カリウム水溶液 (60 mL) を加えて室温で 7 時間攪拌した。析出した固体をろ過し、この固体をメタノールで洗浄した。白色固体の中間体 4 - 1 (28.3 g、収率 73%) を得た。

【 0 2 0 7 】

・ 化合物 H 1 - 4 の合成

中間体 4 - 1 (20 g, 69.7 mmol)、ベンズアミジン塩酸塩 (10.8 g, 69.7 mmol) をエタノール (300 mL) に加え、さらに水酸化ナトリウム (5.6 g, 140 mmol) を加えて 8 時間加熱還流した。析出した固体をろ過し、この固体をヘキサンで洗浄した。白色固体の中間体 4 - 2 (10.3 g、収率 38%) を得た。

アルゴン雰囲気下、中間体 1 - 5 (1.6 g、3.9 mmol)、中間体 4 - 2 (1.5 g、3.9 mmol)、トリス(ジベンジリデンアセトン)ジパラジウム (0.071 g、0.078 mmol)、トリ-t-ブチルホスホニウムテトラフルオロボロ酸塩 (0.091 g、0.31 mmol)、t-ブトキシナトリウム (0.53 g、5.5 mmol)

40

50

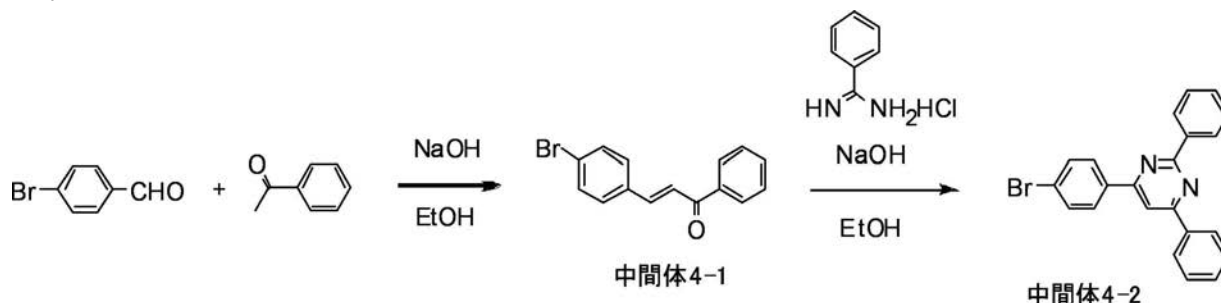
1)、無水トルエン(20 mL)を順次加えて8時間加熱還流した。室温まで反応液を冷却した後、有機層を分離し、有機溶媒を減圧下留去した。得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製し、化合物H1-4(2.2 g, 収率80%)を得た。

FD-MS分析の結果、分子量714に対して $m/e = 714$ であった。

以下に化合物H1-4の合成スキームを示す。

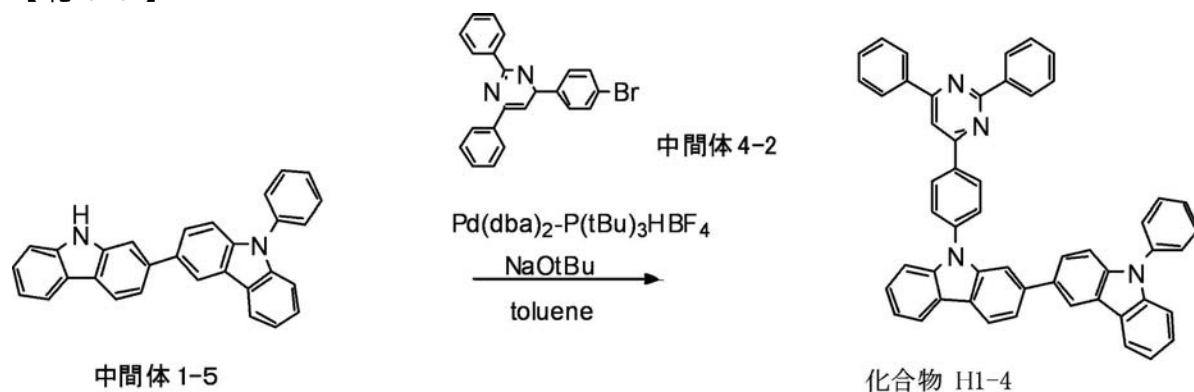
【0208】

【化65】



【0209】

【化66】



【0210】

合成実施例5(化合物H2-1の合成)

・中間体5-1の合成

窒素雰囲気下、トリクロロピリミジン(10 g, 54.5 mmol)、フェニルボロン酸(13.3 g, 109 mmol)、酢酸パラジウム(0.3 g, 1.37 mmol)、トリフェニルホスフィン(0.72 g, 2.73 mmol)、ジメトキシエタン(150 mL)、2 M炭酸ナトリウム水溶液(170 mL)を順次加えて8時間加熱還流した。

室温まで反応液を冷却した後、有機層を分離し、有機溶媒を減圧下留去した。得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製し、中間体5-1(9.2 g, 収率63%)を得た。

【0211】

アルゴン雰囲気下、中間体1-3(1.6 g, 3.9 mmol)、中間体5-1(1.0 g, 3.9 mmol)、トリス(ジベンジリデンアセトン)ジパラジウム(0.071 g, 0.078 mmol)、トリ-t-ブチルホスホニウムテトラフルオロボロ酸塩(0.091 g, 0.31 mmol)、t-ブチルシナトリウム(0.53 g, 5.5 mmol)、無水トルエン(20 mL)を順次加えて8時間加熱還流した。

室温まで反応液を冷却した後、有機層を分離し、有機溶媒を減圧下留去した。得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製し、化合物H2-1(2.4 g, 収率95%)を得た。

FD-MS分析の結果、分子量638に対して $m/e = 638$ であった。

以下に化合物H2-1の合成スキームを示す。

【0212】

10

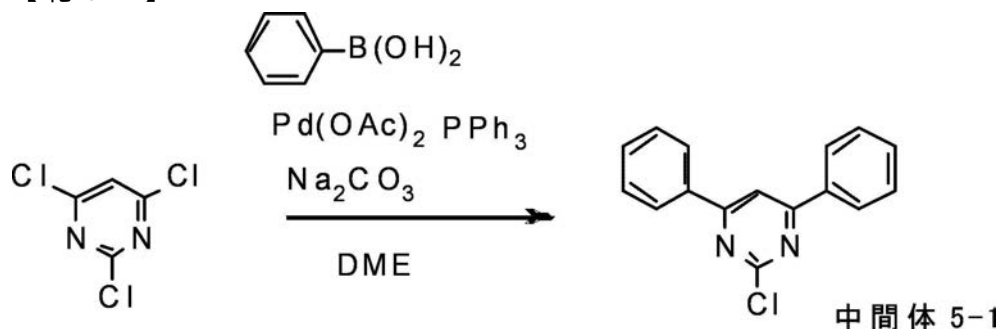
20

30

40

50

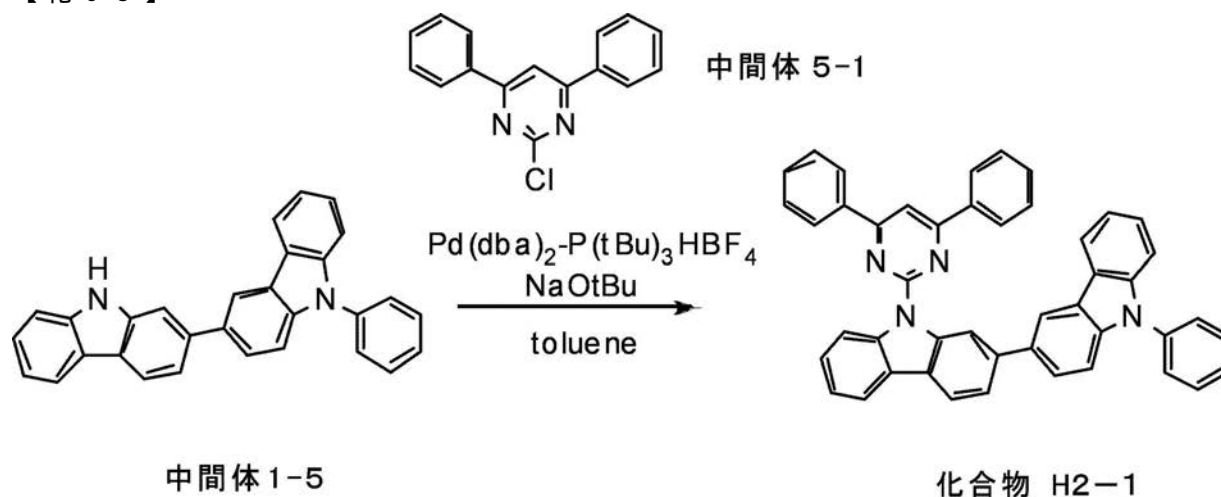
【化 6 7】



10

【 0 2 1 3】

【化 6 8】



20

【 0 2 1 4】

合成実施例 6 (化合物 H 2 - 2 の合成)

アルゴン雰囲気下、中間体 1 - 5 (1.6 g、3.9 mmol)、中間体 2 - 2 (1.5 g、3.9 mmol)、トリス(ジベンジリデンアセトン)ジパラジウム(0.071 g、0.078 mmol)、トリ-t-ブチルホスホニウムテトラフルオロボロ酸塩(0.091 g、0.31 mmol)、t-ブトキシナトリウム(0.53 g、5.5 mmol)、無水トルエン(20 mL)を順次加えて 8 時間加熱還流した。

30

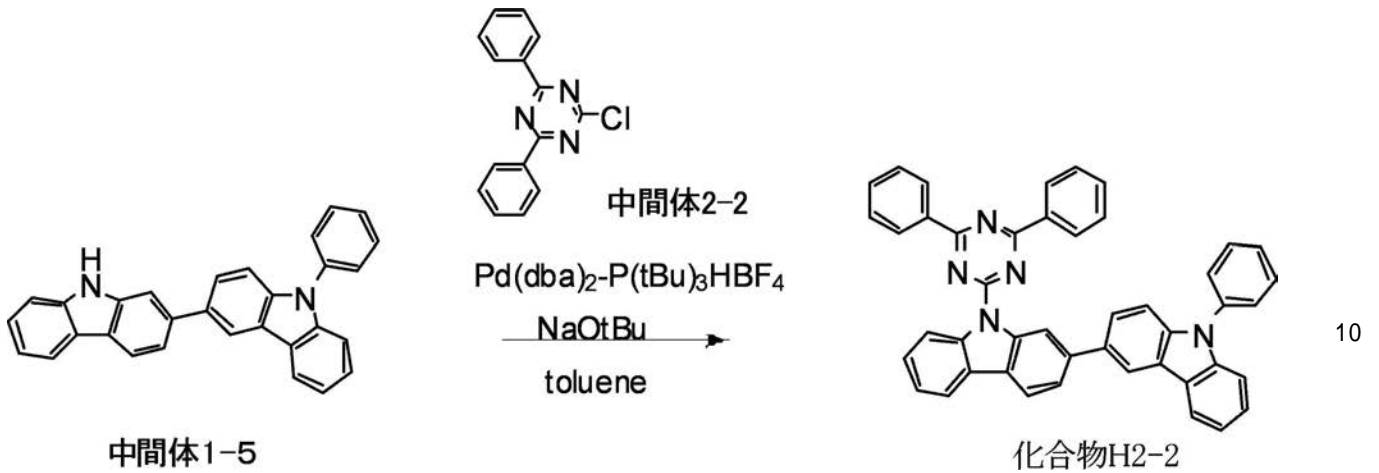
室温まで反応液を冷却した後、有機層を分離し、有機溶媒を減圧下留去した。得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製し、化合物 H 2 - 2 (2.2 g、収率 80%)を得た。

FD-MS 分析の結果、分子量 639 に対して $m/e = 639$ であった。

以下に化合物 H 2 - 2 の合成スキームを示す。

【 0 2 1 5】

【化69】



【0216】

合成実施例7 (化合物2-3の合成)

アルゴン雰囲気下、中間体2-2 (1.0 g、3.9 mmol)、中間体3-2 (1.6 g、3.9 mmol)、トリス(ジベンジリデンアセトン)ジパラジウム (0.071 g、0.078 mmol)、トリ-t-ブチルホスホニウムテトラフルオロボロ酸塩 (0.091 g、0.31 mmol)、t-ブトキシナトリウム (0.53 g、5.5 mmol)、無水トルエン (20 mL) を順次加えて8時間加熱還流した。

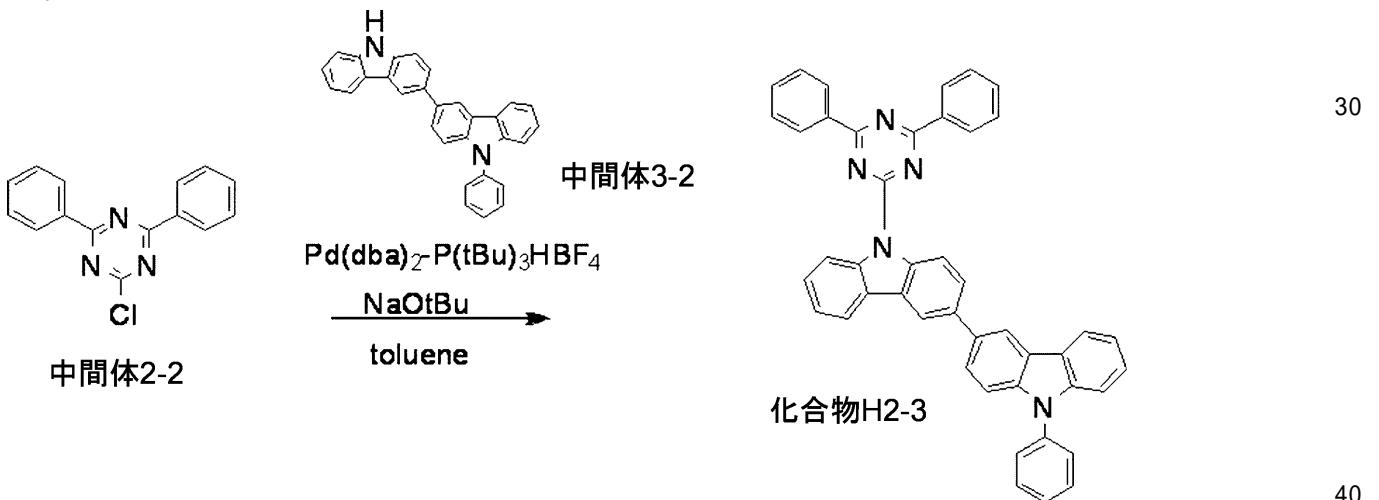
室温まで反応液を冷却した後、有機層を分離し、有機溶媒を減圧下留去した。得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて精製し、化合物H2-3 (1.8 g、収率74%)を得た。

FD-MS分析の結果、分子量639に対して $m/e = 639$ であった。

以下に化合物H2-3の合成スキームを示す。

【0217】

【化70】



【0218】

[実施例1]

実施例1に係る有機EL素子は、以下のようにして作製した。

25 mm × 75 mm × 1.1 mm厚のITO透明電極(陽極)付きガラス基板(ジオマテック(株)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、化合物HA-1を蒸着し、膜厚5 nmのHA-1膜を成膜した。このHA-1膜は、正孔注入層として機能する。

このHA-1膜上に、化合物HT-1を蒸着し、膜厚65nmのHT-1膜を成膜した。このHT-1膜は、正孔輸送層として機能する。

このHA-1膜上に、第一ホスト材料として化合物H1-1と、第二ホスト材料として化合物H2-1と、燐光発光性ドーパント材料としてIr(bzq)₃とを共蒸着した。これにより、黄色発光を示す厚さ25nmの発光層を形成した。なお、燐光発光性ドーパント材料の濃度を10質量%、第一ホスト材料の濃度を45質量%、第二ホスト材料の濃度を45質量%とした。

そして、この発光層の上に化合物ET-1を蒸着して、膜厚35nmの電子輸送層を形成した。

さらにこの電子輸送層上に、LiFをレート1 / minで蒸着し、厚さ1nmの電子注入層を形成した。さらに、電子注入層の上に、金属Alを蒸着し、厚さ80nmの陰極を形成した。

【0219】

(比較例1)

比較例1は実施例1において、第一ホスト材料としてH1-3を用い、第二ホスト材料を用いなかったこと以外は、実施例1と同様にして有機EL素子を作製した。

表1に実施例1および比較例1の素子構成を示す。なお、表1中のカッコ()内の数字のうち単位のないものは、各層の厚さ(単位: nm)を示す。また、%の表示のあるものは、当該化合物の質量%濃度を示す。

【0220】

(有機EL素子の評価) 作製した有機EL素子の駆動電圧、外部量子効率EQE、及び寿命について評価を行った。結果を表2に示す。

・駆動電圧

電流密度が10mA/cm²となるようにITOとAlとの間に通電したときの電圧(単位: V)を計測した。

・外部量子効率EQE

電流密度が10mA/cm²となるように室温下で電圧を印加し、そのときのEL発光スペクトルを分光放射輝度計(CS-1000: コニカミノルタ社製)にて計測した。得られた上記分光放射輝度スペクトルから、ランバシアン放射を行なったと仮定し外部量子効率EQE(単位: %)を算出した。

・寿命

一定電流(50mA/cm²)駆動時の輝度が80%に減少する時間(LT80)を求めた。

【0221】

(実施例2~6)

実施例2~6は、実施例1の各材料を表2に示すように変更した以外は、実施例1と同様にして有機EL素子を作成した。

以下に実施例1~6および比較例1で用いた化合物を示す。なお、実施例1~6において、発光層に含まれるH1-1~H1-4は本発明における第一ホスト材料であり、H2-1~H2-3は本発明における第二ホスト材料である。

また、表2にこれらの有機EL素子を実施例1と同様に評価した結果を示す。

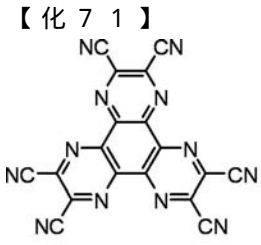
【0222】

10

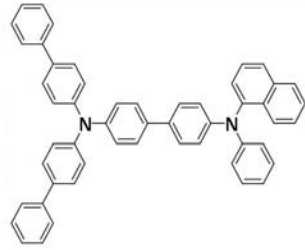
20

30

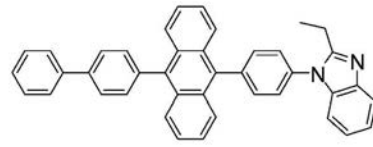
40



HA-1



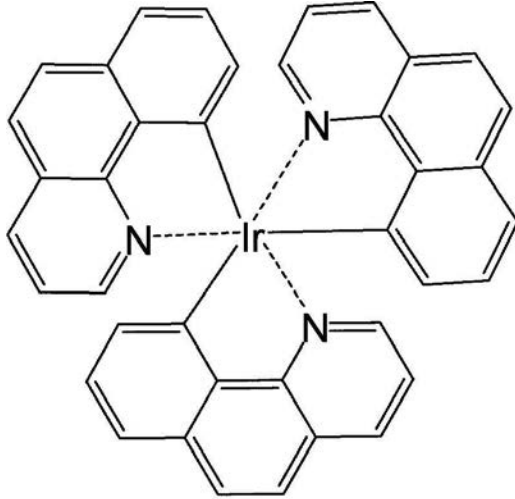
HT-1



ET-1

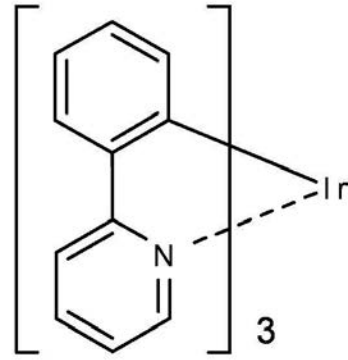
【 0 2 2 3】

【化 7 2】



Ir(bzq)₃

【 0 2 2 4】



Ir(ppy)₃

10

20

【表 1】

	素子構成	
実施例 1	ITO(75)/HA-1(5)/HT-1(65)/H1-1:H2-1:Ir(bzq) ₃ (25,45%:45%:10%)/ET-1(35)/LiF(1)/Al(80)	
比較例 1	ITO(75)/HA-1(5)/HT-1(65)/H1-3:Ir(bzq) ₃ (25,90%:10%)/ET-1(35)/LiF(1)/Al(80)	

10

20

30

40

【 0 2 2 5 】

【表 2】

	第一ホスト材料	第二ホスト材料	ドーパント材料	電流密度 (mA/cm ²)	電圧 (V)	外部量子効率 (%)	LT80 (hrs)
実施例1	H1-1	H2-1	Ir(bzq) ₃	10	3.1	20.9	431
実施例2	H1-2	H2-1	Ir(bzq) ₃	10	3.1	20.4	347
実施例3	H1-3	H2-1	Ir(bzq) ₃	10	3.2	20.2	344
実施例4	H1-4	H2-1	Ir(ppy) ₃	10	2.98	16.1	80
実施例5	H1-1	H2-2	Ir(bzq) ₃	10	3.6	20.9	285
実施例6	H1-1	H2-3	Ir(bzq) ₃	10	3.2	21.3	210
比較例1	H1-3	-	Ir(bzq) ₃	10	3.1	21.4	50

【0226】

表2において、実施例の有機EL素子は、いずれも、高い効率を維持しながら、比較例

10

20

30

40

50

の有機EL素子よりも、長寿命であることがわかる。

【産業上の利用可能性】

【0227】

本発明の有機EL素子は、ディスプレイや照明装置に利用できる。

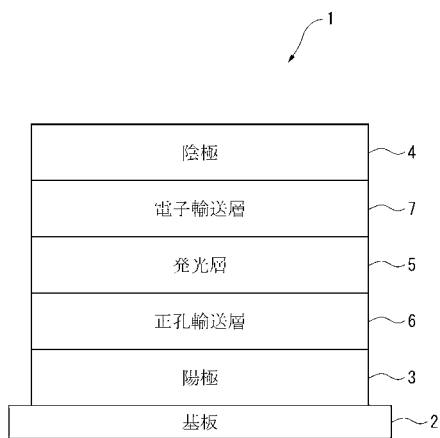
【符号の説明】

【0228】

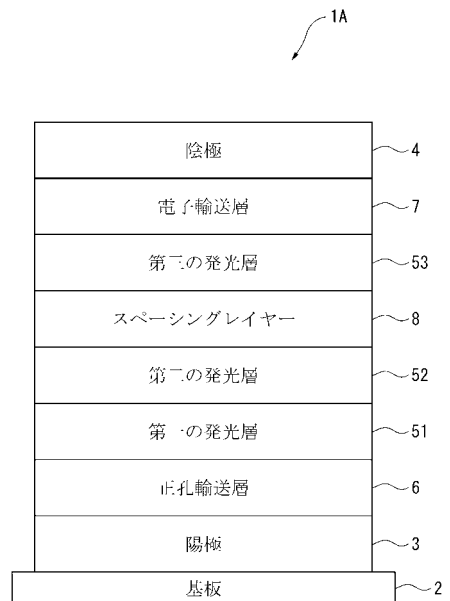
1, 1A, 1B, 1C, 1D 有機EL素子(有機エレクトロルミネッセンス素子)

- 2 基板
- 3 陽極
- 4 陰極
- 5 発光層
- 6 正孔輸送層
- 7 電子輸送層

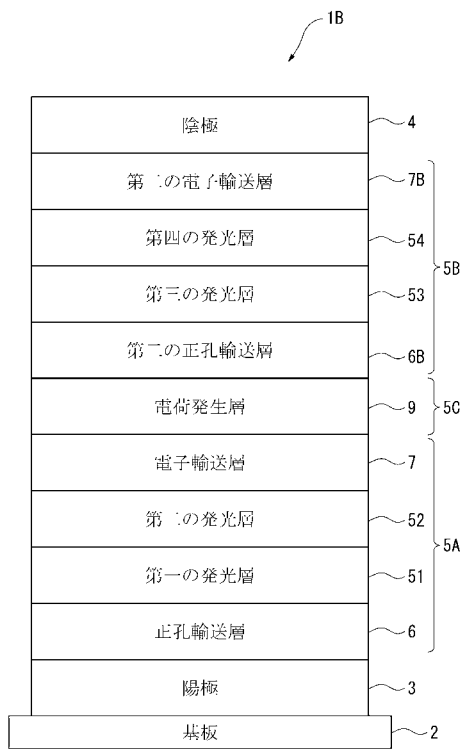
【図1】



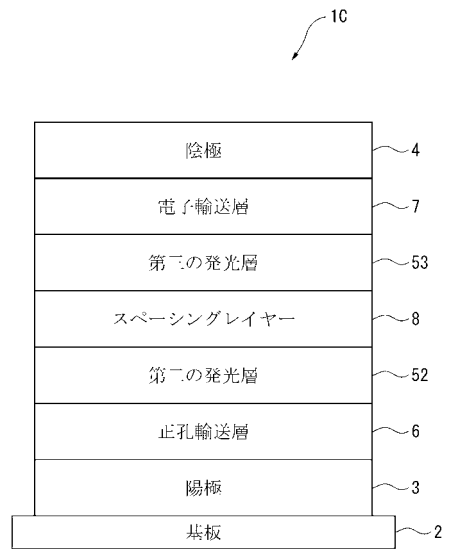
【図2】



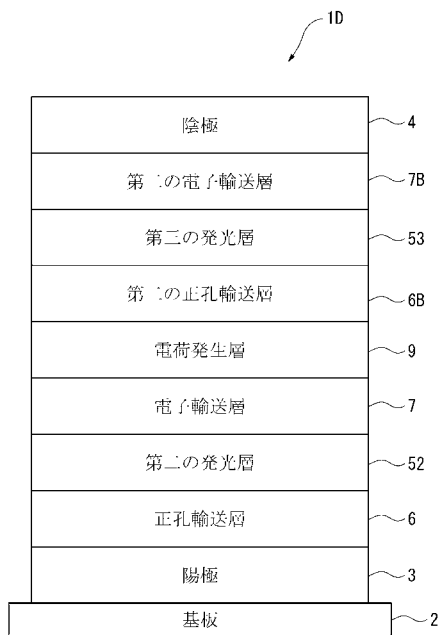
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3K107 AA01 BB01 CC04 CC22 DD53 DD59 DD67 DD68 DD69
4C063 AA03 BB02 CC29 CC43 DD08 EE05

【要約の続き】

【選択図】図1