

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6002503号
(P6002503)

(45) 発行日 平成28年10月5日 (2016. 10. 5)

(24) 登録日 平成28年9月9日 (2016. 9. 9)

(51) Int. Cl.

F I

C O 7 D 401/14 (2006. 01)

H O 1 L 51/50 (2006. 01)

C O 9 K 11/06 (2006. 01)

C O 7 D 401/14 C S P

H O 5 B 33/14 B

H O 5 B 33/22 D

C O 9 K 11/06 6 9 O

C O 9 K 11/06 6 4 5

請求項の数 3 (全 65 頁)

(21) 出願番号 特願2012-176707 (P2012-176707)
 (22) 出願日 平成24年8月9日 (2012. 8. 9)
 (65) 公開番号 特開2014-15444 (P2014-15444A)
 (43) 公開日 平成26年1月30日 (2014. 1. 30)
 審査請求日 平成27年7月2日 (2015. 7. 2)
 (31) 優先権主張番号 特願2011-178966 (P2011-178966)
 (32) 優先日 平成23年8月18日 (2011. 8. 18)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-135953 (P2012-135953)
 (32) 優先日 平成24年6月15日 (2012. 6. 15)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000153878
 株式会社半導体エネルギー研究所
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地
 (72) 発明者 尾坂 晴恵
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 大澤 信晴
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 鈴木 将人
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内

審査官 伊佐地 公美

最終頁に続く

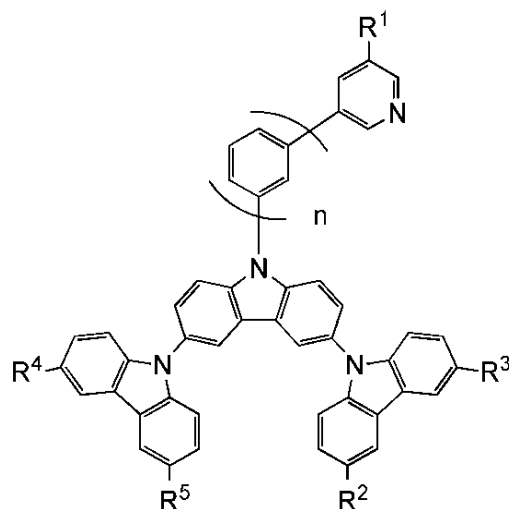
(54) 【発明の名称】 カルバゾール化合物

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

式 (G 3) で表されるカルバゾール化合物。

【化 1】



(G3)

10

(式中、 $R^1 \sim R^5$ は、それぞれ独立に、水素、置換又は無置換のフェニル基、置換又

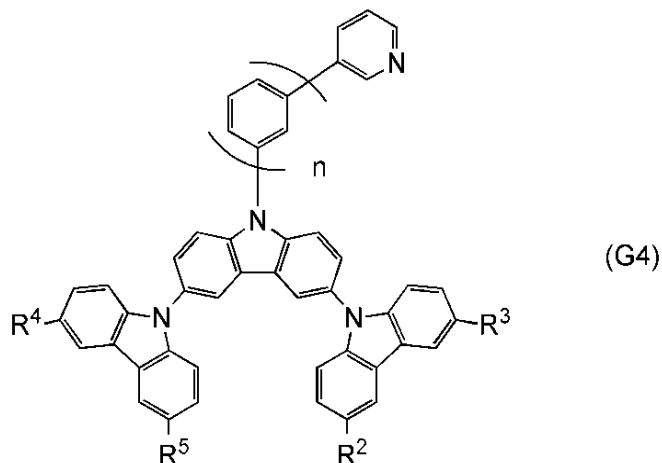
20

は無置換のビフェニル基のいずれかを表す。また、 n は 0 または 1 である。）

【請求項 2】

式 (G4) で表されるカルバゾール化合物。

【化 2】



10

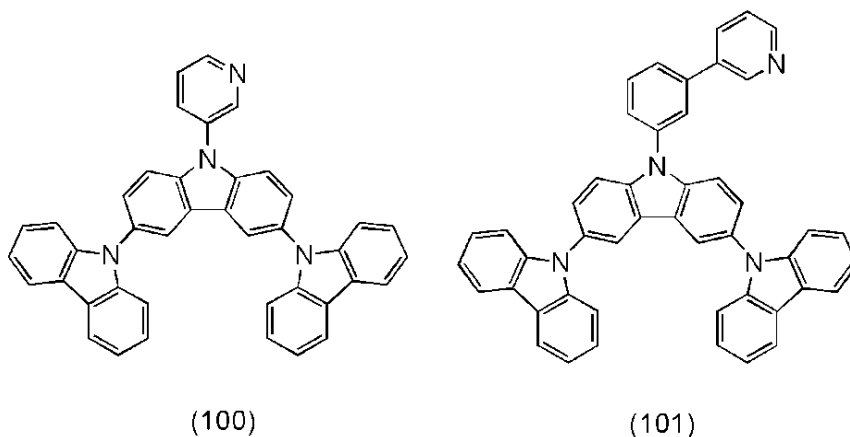
(式中、 $R^2 \sim R^5$ は、それぞれ独立に、水素、置換又は無置換のフェニル基、置換又は無置換のビフェニル基のいずれかを表す。また、 n は 0 または 1 である。)

20

【請求項 3】

式 (100) 又は式 (101) で表されるカルバゾール化合物。

【化 3】



30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明の一態様は、カルバゾール化合物に関する。また、カルバゾール化合物を用いた発光素子、発光装置、電子機器、及び照明装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、エレクトロルミネッセンス (Electroluminescence) を利用した発光素子の研究開発が盛んに行われている。これら発光素子の基本的な構成は、一対の電極間に発光性の物質を含む層を挟んだものである。この素子に電圧を印加することにより、発光性の物質からの発光を得ることができる。

【0003】

50

このような発光素子は自発光型であるため、液晶ディスプレイに比べ画素の視認性が高く、バックライトが不要である等の利点があり、フラットパネルディスプレイ素子として好適であると考えられている。また、このような発光素子は、薄型軽量に作製できることも大きな利点である。さらに非常に応答速度が速いことも特徴の一つである。

【0004】

そして、これらの発光素子は膜状に形成することが可能であるため、面状の発光を容易に得ることができる。よって、面状の発光を利用した大面積の素子を形成することができる。このことは、白熱電球やLEDに代表される点光源、あるいは蛍光灯に代表される線光源では得難い特色であるため、照明等に応用できる面光源としての利用価値も高い。

【0005】

そのエレクトロルミネッセンスを利用した発光素子は、発光性の物質が有機化合物であるか、無機化合物であるかによって大別できるが、発光性の物質に有機化合物を用いる場合、発光素子に電圧を印加することにより、一対の電極から電子および正孔がそれぞれ発光性の有機化合物を含む層に注入され、電流が流れる。そして、それらキャリア（電子および正孔）によって発光性の有機化合物が励起状態を形成し、その励起状態が基底状態に戻る際に発光する。

【0006】

このようなメカニズムから、このような発光素子は電流励起型の発光素子と呼ばれる。なお、有機化合物が形成する励起状態の種類としては、一重項励起状態（ S^* ）と三重項励起状態（ T^* ）が可能であり、一重項励起状態からの発光が蛍光、三重項励起状態からの発光が燐光と呼ばれている。また、発光素子におけるその統計的な生成比率は、 $S^* : T^* = 1 : 3$ であると考えられている。従って、燐光性化合物を用いた発光素子は、蛍光性化合物を用いた場合の発光素子に比べ、その発光効率を3～4倍とすることが可能であるといわれており、燐光性化合物を用いた高効率な発光素子の開発が近年盛んに進められている。

【0007】

このような燐光性化合物を用いた発光素子において、燐光性化合物の濃度消光や三重項-三重項消滅による消光を抑制するために、他の化合物からなるマトリクス中に燐光性化合物を分散させるようにして発光層を形成することが多い。この時、マトリクスとなる化合物はホスト材料、マトリクス中に分散される燐光性化合物などは、ゲスト材料と呼ばれる。

【0008】

なお、燐光性化合物をゲスト材料とする場合、ホスト材料に必要とされる性質は、燐光性化合物よりも大きな三重項励起エネルギー（基底状態と三重項励起状態とのエネルギー差）を有することであるが、発光素子の素子特性をより向上させるためには、ゲスト材料に最適なホスト材料を用いることである。従って、燐光性化合物を用いた高効率の発光素子の開発において燐光性化合物に対するホスト材料として用いることができる新規な物質の開発も非常に重要視されている（例えば、特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2009-227604号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明の一態様では、発光性の物質（蛍光を発する物質、または燐光を発する物質）に対するホスト材料として用いることができる新規のカルバゾール化合物を提供する。また、本発明の一態様では、正孔輸送性および電子輸送性の両方を備えた、いわゆるバイポーラ性を有する新規のカルバゾール化合物を提供する。また、本発明の一態様は、発光効率の高い発光素子を提供する。さらに、消費電力の低い発光装置、電子機器、または照明装

10

20

30

40

50

置を提供する。

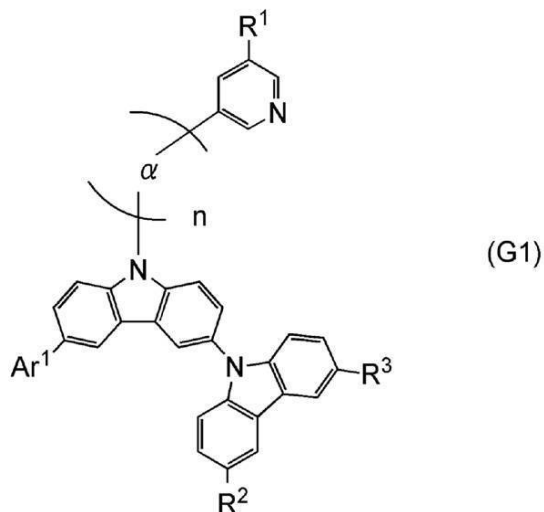
【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

本発明の一態様は、カルバゾール化合物である。従って、本発明の構成は、下記一般式 (G 1) で表されるカルバゾール化合物である。

【 0 0 1 2 】

【化 1 】

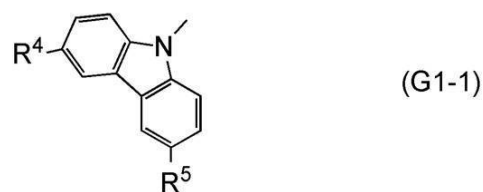


【 0 0 1 3 】

但し、式中、 Ar^1 は、水素、置換又は無置換のフェニル基、または下記一般式 (G 1 - 1) で表されるカルバゾリル基のいずれかを表す。また、 $R^1 \sim R^3$ は、水素、置換又は無置換のフェニル基、置換又は無置換のビフェニル基のいずれかを表す。また、 α は、置換又は無置換のフェニレン基、置換又は無置換のビフェニレン基のいずれかを表す。また、 n は 0、1、2 のいずれかである。

【 0 0 1 4 】

【化 2 】



【 0 0 1 5 】

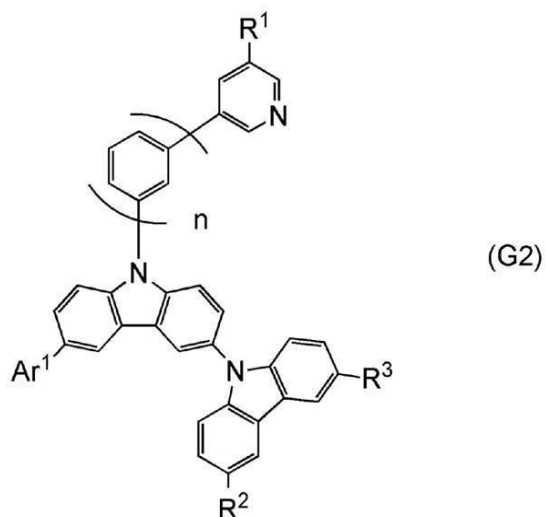
但し、式中、 R^4 、 R^5 は、水素、置換又は無置換のフェニル基、置換又は無置換のビフェニル基のいずれかを表す。

【 0 0 1 6 】

また、本発明の別の態様は、下記一般式 (G 2) で表されるカルバゾール化合物である。

【 0 0 1 7 】

【化 3】



10

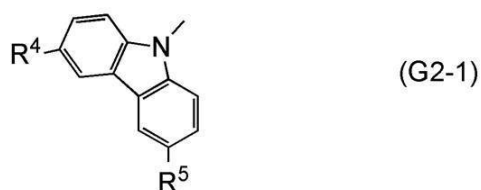
【 0 0 1 8 】

但し、式中、 Ar^1 は、水素、置換又は無置換のフェニル基、または下記一般式 (G2-1) で表されるカルバゾリル基のいずれかを表す。また、 $R^1 \sim R^3$ は、水素、置換又は無置換のフェニル基、置換又は無置換のビフェニル基のいずれかを表す。また、 n は 0

20

【 0 0 1 9 】

【化 4】



30

【 0 0 2 0 】

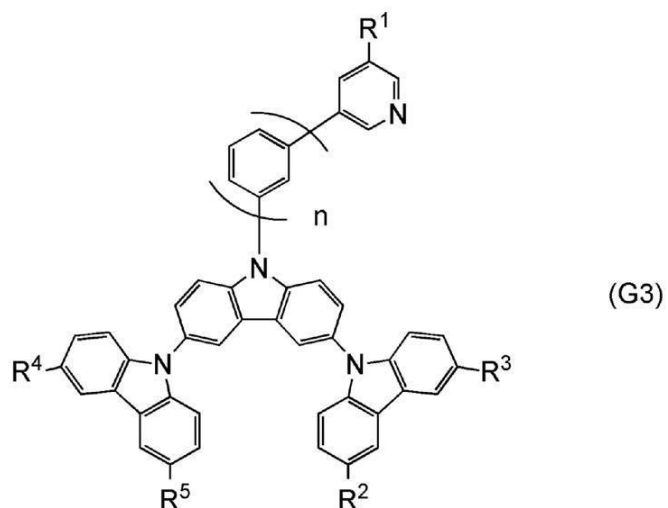
但し、式中、 R^4 、 R^5 は、水素、置換又は無置換のフェニル基、置換又は無置換のビフェニル基のいずれかを表す。

【 0 0 2 1 】

また、本発明の別の一態様は、下記一般式 (G3) で表されるカルバゾール化合物である。

【 0 0 2 2 】

【化 5】



(G3)

10

【 0 0 2 3 】

但し、式中、R¹ ~ R⁵ は、水素、置換又は無置換のフェニル基、置換又は無置換のピフェニル基のいずれかを表す。また、nは0、1、2のいずれかである。

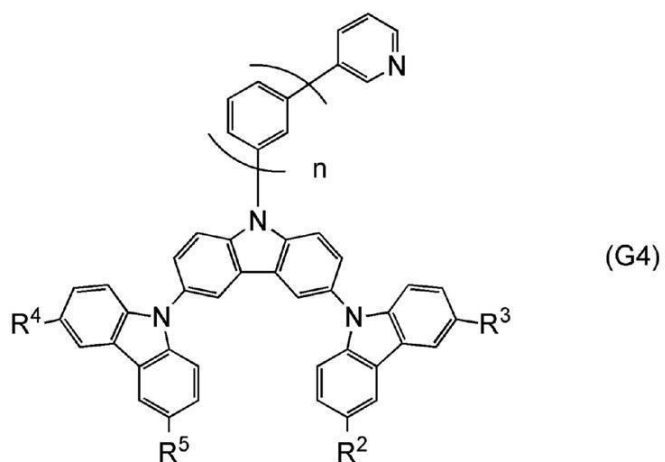
【 0 0 2 4 】

20

また、本発明の別の一態様は、下記一般式 (G 4) で表されるカルバゾール化合物である。

【 0 0 2 5 】

【化 6】



(G4)

30

【 0 0 2 6 】

但し、式中、R² ~ R⁵ は、水素、置換又は無置換のフェニル基、置換又は無置換のピフェニル基のいずれかを表す。また、nは0、1、2のいずれかである。

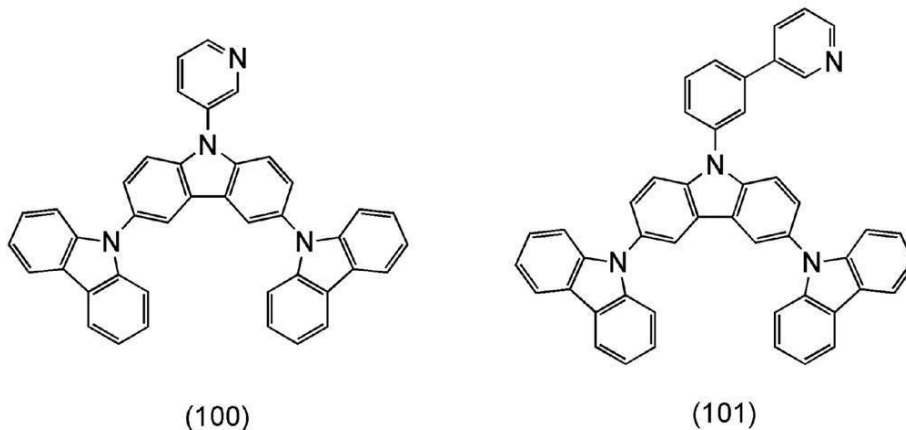
40

【 0 0 2 7 】

また、本発明の別の一態様は、下記構造式 (1 0 0) または構造式 (1 0 1) で表されるカルバゾール化合物である。

【 0 0 2 8 】

【化 7】



10

【 0 0 2 9 】

また、本発明の一態様であるカルバゾール化合物は、正孔輸送性および電子輸送性の両方を備えた、いわゆるバイポーラ性を有している。また、熱物性が良好であり、アモルファス性が高いことが特徴である。従って、発光素子の正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層に適用することができる。さらに、本発明の一態様であるカルバゾール化合物は、カルバゾールの3位（又は3位と6位）や、ピリジル基又はピリジンを含むアリール基に、カルバゾールの9位が結合している。カルバゾールが9位で結合する構造を有していることから、他の置換基（カルバゾールやピリジンを含むアリール基）への共役の広がりを抑えることができる。そのため、発光層がホスト材料とゲスト材料（発光材料）との組み合わせにより構成される場合に、比較的短波長の発光材料に対するホスト材料としても用いることができる。また、本発明の一態様であるカルバゾール化合物は蛍光性を有するため、発光層における発光性物質としても用いることができる。したがって本発明は、本発明の一態様であるカルバゾール化合物を用いた発光素子も含むものとする。

20

【 0 0 3 0 】

すなわち、本発明の別の構成は、一对の電極間にEL層を有する発光素子であって、EL層に含まれる発光層、または正孔輸送層の少なくとも一に本発明の一態様であるカルバゾール化合物を含むことを特徴とする。

30

【 0 0 3 1 】

また、本発明の一態様は、発光素子を有する発光装置だけでなく、発光装置を有する電子機器および照明装置も範疇に含めるものである。従って、本明細書中における発光装置とは、画像表示デバイス、発光デバイス、もしくは光源（照明装置含む）を指す。また、発光装置にコネクタ、例えばFPC（Flexible printed circuit）もしくはTAB（Tape Automated Bonding）テープもしくはTCP（Tape Carrier Package）が取り付けられたモジュール、TABテープやTCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または発光素子にCOG（Chip On Glass）方式によりIC（集積回路）が直接実装されたモジュールも全て発光装置に含むものとする。

40

【発明の効果】

【 0 0 3 2 】

本発明の一態様であるカルバゾール化合物は、S1準位が高いため、蛍光を発する物質用のホスト材料としては、可視域の発光領域で用いることができる。また、本発明の一態様であるカルバゾール化合物はT1準位が高いため、燐光を発する物質に対するホスト材料として用いる場合は、可視域の発光領域で用いることができる。さらに、本発明の一態様であるカルバゾール化合物は、バイポーラ性を示すことから、発光素子のEL層を構成する正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層に用いることができる。なお、本発明の一態様であるカルバゾール化合物を正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層など

50

に用いて発光素子を形成することにより、発光効率の高い発光素子を形成することができる。また、このような発光素子を適用することで、消費電力が少なく、駆動電圧の低い発光装置、電子機器、および照明装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】発光素子の構造について説明する図。

【図2】発光素子の構造について説明する図。

【図3】発光素子の構造について説明する図。

【図4】発光装置について説明する図。

【図5】発光装置について説明する図。

10

【図6】電子機器について説明する図。

【図7】照明器具について説明する図。

【図8】構造式(100)に示すカルバゾール化合物の¹H-NMRチャート。

【図9】構造式(100)に示すカルバゾール化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図10】発光素子について説明する図。

【図11】発光素子1および比較発光素子1の輝度-電流効率特性を示す図。

【図12】発光素子1および比較発光素子1の輝度-色度特性を示す図。

【図13】発光素子1および比較発光素子1の輝度-パワー効率特性を示す図。

【図14】発光素子1および比較発光素子1の発光スペクトルを示す図。

20

【図15】発光素子1の信頼性を示す図。

【図16】発光素子2および比較発光素子2の輝度-電流効率特性を示す図。

【図17】発光素子2および比較発光素子2の輝度-色度特性を示す図。

【図18】発光素子2および比較発光素子2の輝度-パワー効率特性を示す図。

【図19】発光素子2および比較発光素子2の発光スペクトルを示す図。

【図20】発光素子2の信頼性を示す図。

【図21】構造式(101)に示すカルバゾール化合物の¹H-NMRチャート。

【図22】構造式(100)に示すカルバゾール化合物のLC/MS測定結果を示す図。

【図23】構造式(100)に示すカルバゾール化合物のTOF-SIMS(正イオン)測定結果を示す図。

30

【図24】構造式(100)に示すカルバゾール化合物のTOF-SIMS(負イオン)測定結果を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0034】

以下、本発明の実施の態様について図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることが可能である。従って、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0035】

(実施の形態1)

40

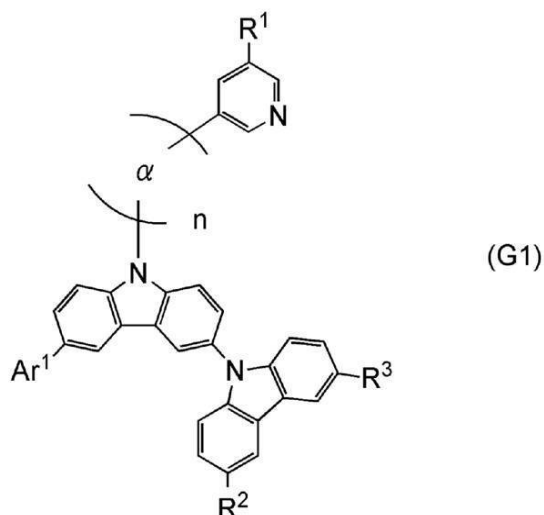
本実施の形態では、本発明の一態様であるカルバゾール化合物について説明する。

【0036】

本発明の一態様であるカルバゾール化合物は、下記一般式(G1)で表される。

【0037】

【化 8】



10

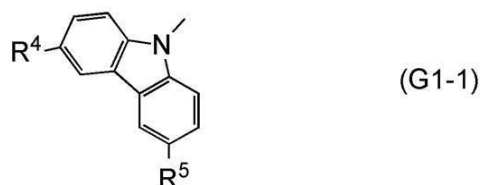
【 0 0 3 8 】

一般式 (G 1) において、 Ar^1 は、水素、置換又は無置換のフェニル基、または下記一般式 (G 1 - 1) で表されるカルバゾリル基のいずれかを表す。また、 $R^1 \sim R^3$ は、水素、置換又は無置換のフェニル基、置換又は無置換のビフェニル基のいずれかを表す。また、 n は、置換又は無置換のフェニレン基、置換又は無置換のビフェニレン基のいずれかを表す。また、 n は 0、1、2 のいずれかである。

20

【 0 0 3 9 】

【化 9】



30

【 0 0 4 0 】

また、一般式 (G 1 - 1) において、 R^4 、 R^5 は、水素、置換又は無置換のフェニル基、置換又は無置換のビフェニル基のいずれかを表す。

【 0 0 4 1 】

なお、上記一般式 (G 1) でのピリジン骨格の置換位置は、ピリジン骨格の 3 位 (または 3 位と 5 位) である。2 位 (又は 2 位と 5 位) である場合よりも、キャリア (電子) 輸送性が高く、駆動電圧を低く抑えられ、好適である。

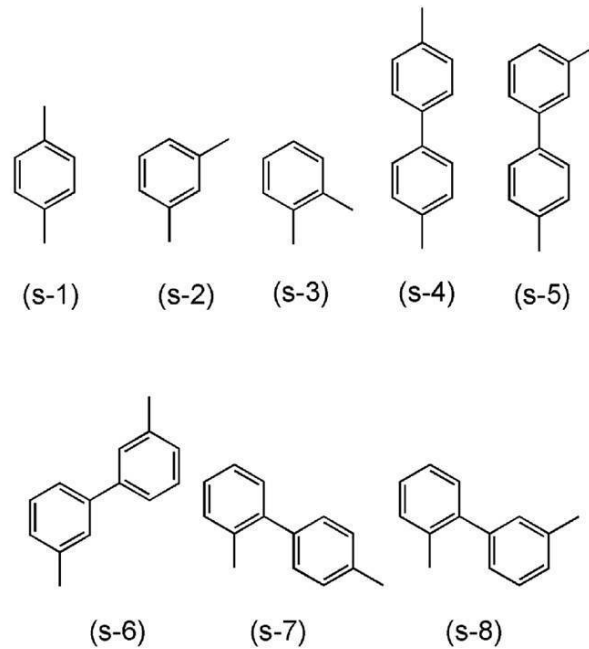
【 0 0 4 2 】

なお、一般式 (G 1) 中、 Ar^1 で示される置換又は無置換のフェニレン基または置換または無置換のビフェニレン基の具体例としては、下記構造式 (s - 1) ~ (s - 8) のいずれかが挙げられる。 Ar^1 には、置換基として炭素数 1 ~ 6 のアルキル基が 1 ないし複数結合していてもよい。 Ar^1 が置換基を有する場合には、構造が立体的になり、膜質の向上が期待でき、好ましい。また、有機溶剤への溶解性が向上し、合成が簡便となることや湿式法での成膜が良好となることが期待できるため好ましい。一方、 Ar^1 が無置換の場合には、キャリア輸送性の向上が期待できるため好ましい。

40

【 0 0 4 3 】

【化 1 0】



10

【 0 0 4 4 】

20

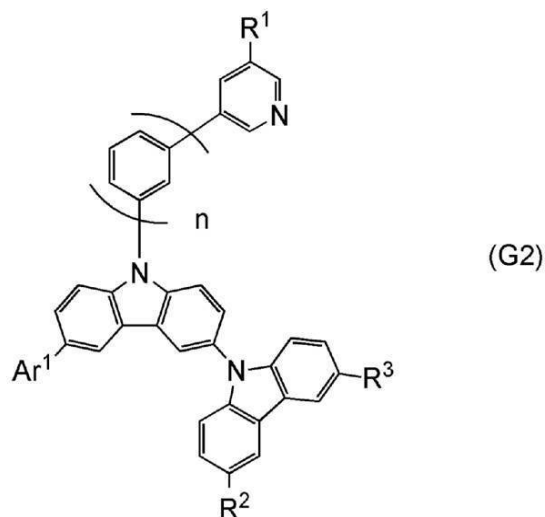
式中、(s-2)、(s-3)、(s-5)～(s-8)の様にメタ位やオルト位で結合しているほうが、共役が伸びづらく、好ましい。また、構造も立体的となり、好ましい。(s-1)や(s-4)の様にパラ位で結合しているほうが、キャリア輸送性が向上し、信頼性が良好となることが期待できるため、好ましい。

【 0 0 4 5 】

また、本発明の一態様であるカルバゾール化合物は、下記一般式(G2)で表される。

【 0 0 4 6 】

【化 1 1】



30

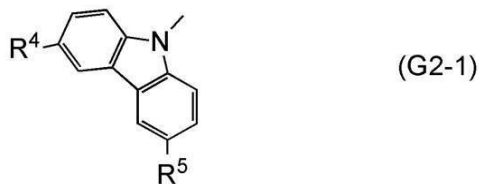
40

【 0 0 4 7 】

一般式(G2)において、Ar¹は、水素、置換又は無置換のフェニル基、または下記一般式(G2-1)で表されるカルバゾリル基のいずれかを表す。また、R¹～R³は、水素、置換又は無置換のフェニル基、置換又は無置換のビフェニル基のいずれかを表す。また、nは0、1、2のいずれかである。

【 0 0 4 8 】

【化 1 2】



【0049】

また、一般式 (G2-1) において、 R^4 、 R^5 は、水素、置換又は無置換のフェニル基、置換又は無置換のビフェニル基のいずれかを表す。

10

【0050】

なお、一般式 (G2) または一般式 (G2-1) において Ar^1 、 $R^1 \sim R^5$ で示されるフェニル基、または、ビフェニル基の具体例としては、一般式 (G1) または一般式 (G1-1) と同様のものが挙げられる。

【0051】

なお、一般式 (G2) における Ar^1 が、水素である場合には、HOMO準位とLUMO準位との間のバンドギャップ (Bg) が広がるため、前記カルバゾール化合物はより短波長の発光材料のホスト材料として用いる場合に好ましい。一方、一般式 (G2) における Ar^1 が、一般式 (G2-1) で表されるカルバゾール骨格を有する場合には、キャリア輸送性が高くなり、好ましい。加えて、 R^2 と R^4 、 R^3 と R^5 が同じ置換基の場合には、合成が簡便となり好ましい (さらに、 $R^2 \sim R^5$ が水素である方が、より合成が簡便となり好ましい)。

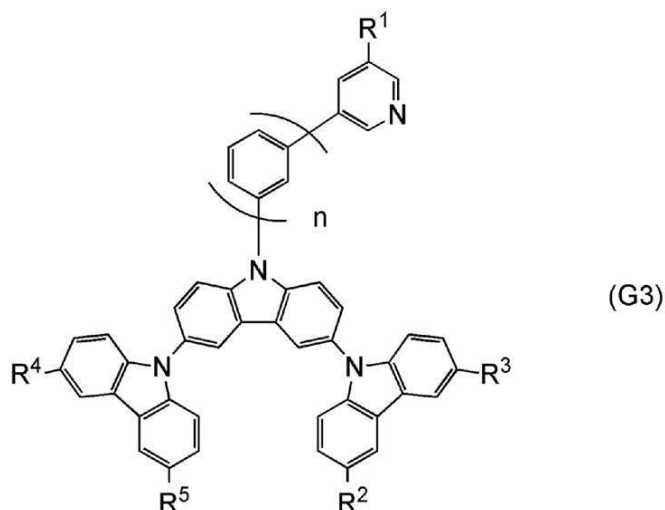
20

【0052】

また、本発明の一態様であるカルバゾール化合物は、下記一般式 (G3) で表される。

【0053】

【化 1 3】



30

40

【0054】

一般式 (G3) において、 $R^1 \sim R^5$ は、水素、置換又は無置換のフェニル基、置換又は無置換のビフェニル基のいずれかを表す。また、 n は 0、1、2 のいずれかである。

【0055】

なお、一般式 (G3) において、 R^1 は水素である方が、 T_1 準位がより高くなり、そのカルバゾール化合物は、短波長の燐光発光材料のホストとして好適である。同様に、 $R^2 \sim R^5$ も水素である方が、 T_1 準位がより高くなり、そのカルバゾール化合物は、短波長の燐光発光材料のホスト材料として好適である。一方、一般式 (G3) において、 R^2

50

～ R^5 がフェニル基やビフェニル基などのアリール基の場合には、キャリア輸送性が、より向上するため（特に、ホール輸送性）、好適である。この時、ビフェニル基は、メタビフェニル基またはオルトビフェニル基である方が、 T_1 準位が高く、バンドギャップ（ B_g ）が広がるため、好ましい。

【0056】

また、一般式（ G_3 ）において、 n は1以上である方が、電子輸送骨格であるピリジンと、ホール輸送骨格であるカルバゾールとの間の共役が広がりやすく、好ましい。その分、 T_1 準位が高くなり、好ましい。

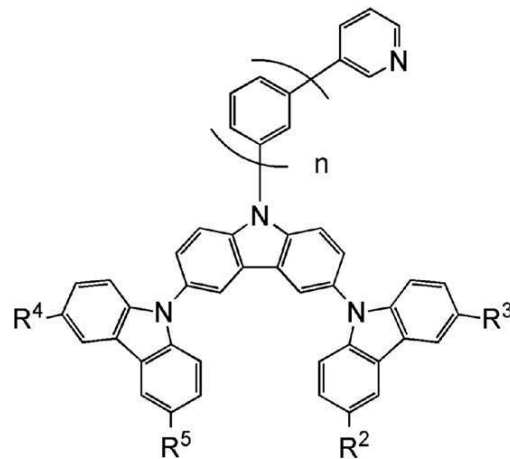
【0057】

また、本発明の一態様であるカルバゾール化合物は、下記一般式（ G_4 ）で表される。

10

【0058】

【化14】



(G4)

20

【0059】

一般式（ G_4 ）において、 $R^2 \sim R^5$ は、水素、置換又は無置換のフェニル基、置換又は無置換のビフェニル基のいずれかを表す。また、 n は0、1、2のいずれかである。

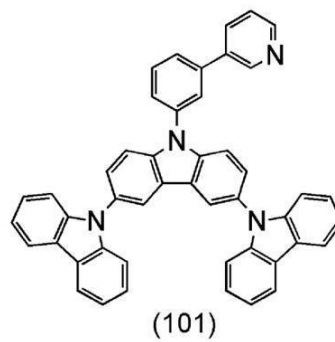
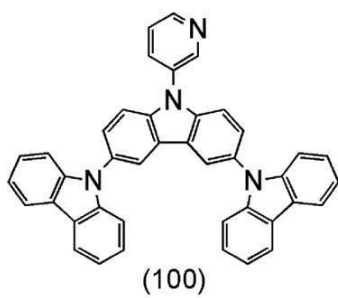
【0060】

30

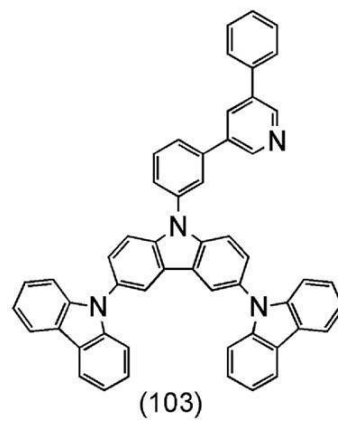
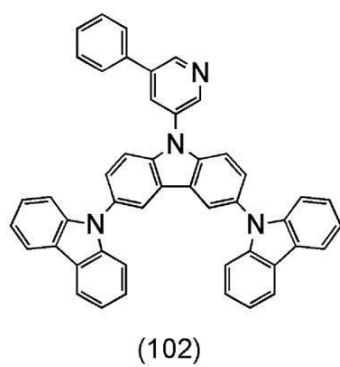
次に、上述した本発明の一態様であるカルバゾール化合物の具体的な構造式を示す。（下記構造式（100）～（111）。）ただし、本発明はこれらに限定されることはない。

【0061】

【化 1 5】



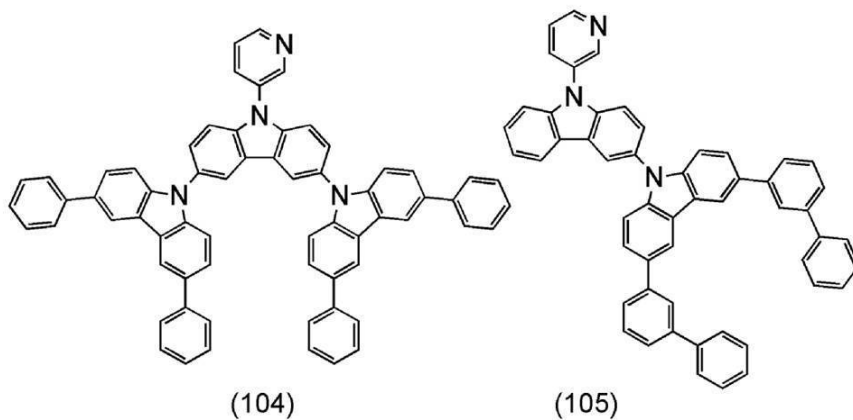
10



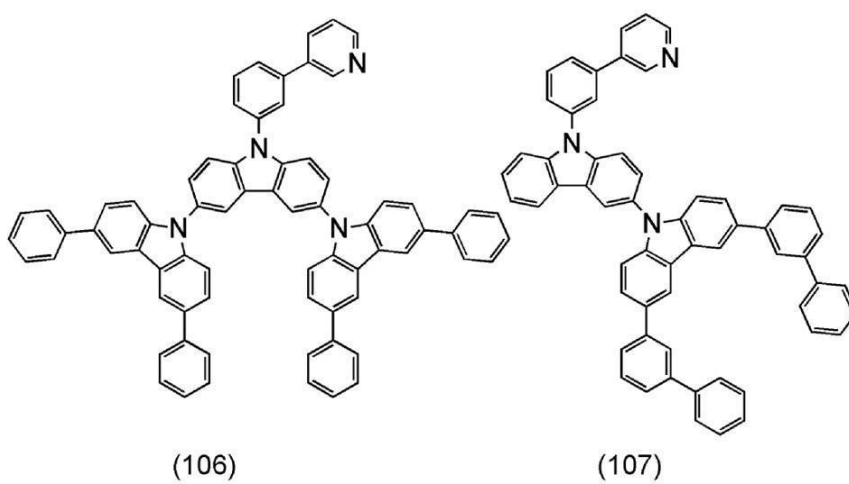
20

【 0 0 6 2 】

【化 1 6】



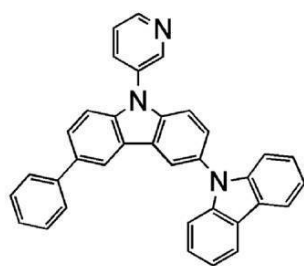
10



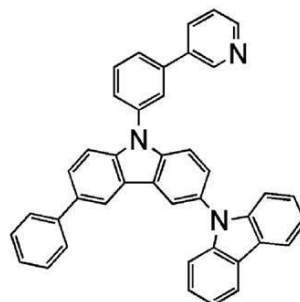
20

【 0 0 6 3 】

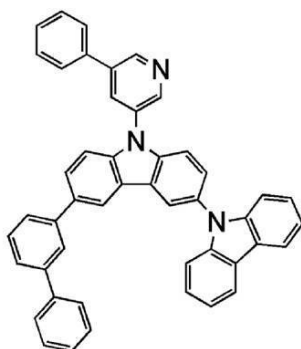
【化 17】



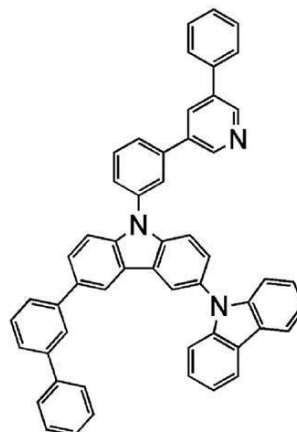
(108)



(109)



(110)



(111)

10

20

【0064】

なお、上記構造式(100)～(111)で表されるカルバゾール化合物は、バイポーラ性に優れた新規物質である。具体的には、ピリジン骨格が電子輸送性に優れた骨格であり、カルバゾール骨格がホール輸送性に優れた骨格である。

【0065】

次に、本発明の一態様であるカルバゾール化合物の合成方法の一例として、一般式(G1)表されるカルバゾール化合物の合成方法について説明する。

【0066】

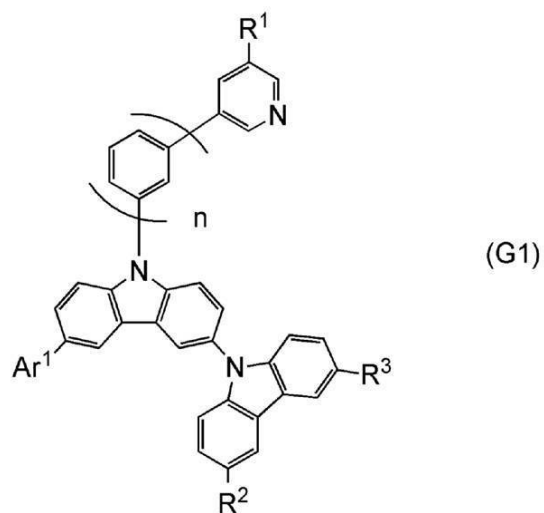
一般式(G1)で表されるカルバゾール化合物の合成法

下記一般式(G1)で表されるカルバゾール化合物の合成方法の一例について説明する。

【0067】

30

【化 18】



10

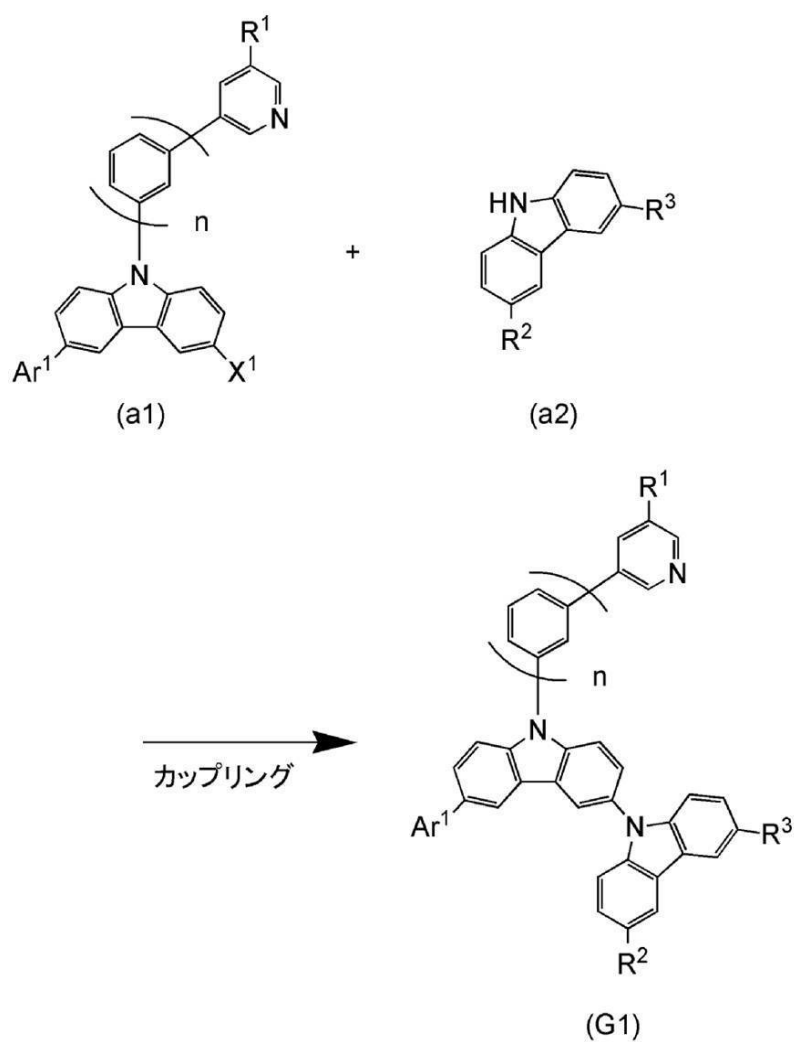
【0068】

一般式 (G 1) で表されるカルバゾール化合物の合成方法を、以下の合成スキーム (A) に示す。

【0069】

20

【化 19】



30

40

【0070】

50

なお、式中の Ar^1 、 $R^1 \sim R^3$ は、上述した一般式 (G1) と同様の置換基である。また、 n についても同様であり、それぞれ独立して 0、1、2 である。また、 X^1 は、ハロゲン基を表し、反応性の高さからヨウ素、臭素、塩素の順であることが好ましい。

【0071】

上記合成スキーム (A) に示す合成方法では、ハロゲン化カルバゾール化合物 (a1) と、カルバゾール化合物 (a2) とをカップリングさせることにより、上記一般式 (G1) で表されるカルバゾール化合物が得られる。

【0072】

また、合成スキーム (A) に示すハロゲン基を有するアリール化合物と、カルバゾールの 9 位とのカップリング反応には様々な反応条件があるが、その一例としては、塩基存在下にて金属触媒を用いたブッフバルト・ハートウィッグ反応を用いることができる。

【0073】

ブッフバルト・ハートウィッグ反応では、金属触媒としてはパラジウム触媒を用いることができ、パラジウム触媒としてはパラジウム錯体とその配位子の混合物を用いることができる。パラジウム錯体としては、ビス (ジベンジリデンアセトン) パラジウム (0)、酢酸パラジウム (II) 等が挙げられる。また配位子としては、トリ (tert-ブチル) ホスフィンや、トリ (n-ヘキシル) ホスフィンや、トリシクロヘキシルホスフィンや、1,1-ビス (ジフェニルホスフィノ) フェロセン (略称: DPPF) 等が挙げられる。また、塩基として用いることができる物質としては、ナトリウム tert-ブトキシド等の有機塩基や、炭酸カリウム等の無機塩基等を挙げることができる。また、この反応は溶液中で行うことが好ましく、用いることができる溶媒としては、トルエン、キシレン、ベンゼン等が挙げられる。ただし、用いることができる触媒およびその配位子、塩基、溶媒はこれらに限られるものではない。またこの反応は窒素やアルゴンなど不活性雰囲気下で行うことが好ましい。

【0074】

また、上記合成スキーム (A) における別のカップリング方法として、ウルマン反応を用いることもできる。この場合には、金属触媒として銅触媒を用いる (例えば、ヨウ化銅 (I)、又は酢酸銅 (II) 等)。また、塩基として用いることができる物質には、炭酸カリウム等の無機塩基が挙げられる。また、この反応は溶液中で行うことが好ましく、用いることができる溶媒としては、1,3-ジメチル-3,4,5,6-テトラヒドロ-2 (1H) ピリミジノン (略称: DMPU)、トルエン、キシレン、ベンゼン等が挙げられる。ただし、用いることができる触媒、塩基、溶媒はこれらに限られるものではない。またこの反応は窒素やアルゴンなど不活性雰囲気下で行うことが好ましい。

【0075】

なお、ウルマン反応の場合には、反応温度が 100 以上の方がより短時間かつ高収率で目的物が得られるため、DMPU、キシレンなど沸点の高い溶媒を用いることが好ましい。また、反応温度は 150 以上の温度が更に好ましいため、DMPU を用いるのがより好ましい。

【0076】

なお、本発明の一態様であるカルバゾール化合物の合成方法としては、その一例として上述した上記合成スキーム (A) を用いるのが簡便で好適である。また、上記合成スキーム (A) におけるハロゲン化カルバゾール化合物 (a1) の合成では、カルバゾール骨格の 3 位 (または 3 位及び 6 位) が水素のものを、ハロゲン化剤で反応させることで、この 3 位 (または 3 位及び 6 位) を特異的にハロゲン化することができ、収率良く合成することができる (この時、ハロゲン化カルバゾール化合物 (a1) のように 9 位にすでにアリール基が結合していても、このアリール基がハロゲン化しづらい)。また、ハロゲン化カルバゾール化合物 (a1) は 9 位にすでにアリール基が結合しているため、カルバゾール化合物 (a2) とカップリングさせる際に純度・収率良く反応させることができ、好ましい (ハロゲン化カルバゾール化合物 (a1) の 3 位 (または 3 位及び 6 位) にハロゲン化カルバゾール化合物 (a1) の 9 位が結合する副反応が起きない)。なお、ハロゲン化

剤としてはN - ブロモコハク酸イミド（略称；NBS）や臭素、ヨウ素などがあげられる。

【0077】

但し、本発明の一態様であるカルバゾール化合物の合成方法としては、その他にもハロゲン化カルバゾール化合物（a1）の9位にピリジンを含むアリール基の代わりに保護基を結合させたのち、ハロゲン化カルバゾール化合物（a1）の3位（または3位及び6位）にカルバゾール化合物（a2）をカップリングさせ、その後この9位の保護基を外し、この9位に目的のピリジンを含むアリール基をカップリングする方法等がある。従って、本発明は上記合成法に限定されることはなく、他のどのような合成方法によって合成されても良い。

10

【0078】

上述した本発明の一態様であるカルバゾール化合物は、S1準位が高いため、蛍光を発する物質用のホスト材料としては、可視域の発光領域で用いることができる。また、本発明の一態様であるカルバゾール化合物はT1準位が高いため、燐光を発する物質に対するホスト材料として用いる場合は、可視域の発光領域で用いることができる。さらに、本発明の一態様であるカルバゾール化合物は、バイポーラ性に優れているため、発光素子におけるキャリア輸送性材料として利用できる。

【0079】

また、本発明の一態様であるカルバゾール化合物を用いることで、発光効率が高く、駆動電圧の上昇を最小限に抑えた発光素子を実現することができる。また、このような発光素子を適用することで、消費電力が低い発光装置、電子機器、または照明装置を実現することができる。

20

【0080】

本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせ用いることができる。

【0081】

（実施の形態2）

本実施の形態では、本発明の一態様として実施の形態1で示したカルバゾール化合物を用いることができる発光素子について図1を用いて説明する。

【0082】

本実施の形態に示す発光素子は、図1に示すように一対の電極（第1の電極（陽極）101と第2の電極（陰極）103）間に発光層113を含むEL層102が挟まれており、EL層102は、発光層113の他に、正孔（または、ホール）注入層111、正孔（または、ホール）輸送層112、電子輸送層114、電子注入層115、電荷発生層（E）116などを含んで形成される。

30

【0083】

このような発光素子に対して電圧を印加することにより、第1の電極101側から注入された正孔と第2の電極103側から注入された電子とが、発光層113において再結合し、発光層113に含まれる物質を励起状態にする。そして、励起状態の物質が基底状態に戻る際に発光する。

40

【0084】

なお、EL層102における正孔注入層111は、正孔輸送性の高い物質とアクセプター性物質を含む層であり、アクセプター性物質によって正孔輸送性の高い物質から電子が引き抜かれることにより正孔（ホール）が発生する。従って、正孔注入層111から正孔輸送層112を介して発光層113に正孔が注入される。

【0085】

また、電荷発生層（E）116は、正孔輸送性の高い物質とアクセプター性物質を含む層である。アクセプター性物質によって正孔輸送性の高い物質から電子が引き抜かれるため、引き抜かれた電子が、電子注入性を有する電子注入層115から電子輸送層114を介して発光層113に注入される。

50

【0086】

以下に本実施の形態に示す発光素子を作製する上での具体例について説明する。

【0087】

第1の電極（陽極）101および第2の電極（陰極）103には、金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることができる。具体的には、酸化インジウム - 酸化スズ（ITO: Indium Tin Oxide）、珪素若しくは酸化珪素を含有した酸化インジウム - 酸化スズ、酸化インジウム - 酸化亜鉛（Indium Zinc Oxide）、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム、金（Au）、白金（Pt）、ニッケル（Ni）、タングステン（W）、クロム（Cr）、モリブデン（Mo）、鉄（Fe）、コバルト（Co）、銅（Cu）、パラジウム（Pd）、チタン（Ti）の他、元素周期表の第1族または第2族に属する元素、すなわちリチウム（Li）やセシウム（Cs）等のアルカリ金属、およびカルシウム（Ca）、ストロンチウム（Sr）等のアルカリ土類金属、マグネシウム（Mg）、およびこれらを含む合金（MgAg、AlLi）、ユウロピウム（Eu）、イッテルビウム（Yb）等の希土類金属およびこれらを含む合金、その他グラフェン等を用いることができる。なお、第1の電極（陽極）101および第2の電極（陰極）103は、例えばスパッタリング法や蒸着法（真空蒸着法を含む）等により形成することができる。

【0088】

正孔注入層111、正孔輸送層112、および電荷発生層（E）116に用いる正孔輸送性の高い物質として、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（略称：NPBまたは-NPD）やN,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ピフェニル]-4,4'-ジアミン（略称：TPD）、4,4',4''-トリス(カルバゾール-9-イル)トリフェニルアミン（略称：CTTA）、4,4',4''-トリス(N,N'-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン（略称：TDATA）、4,4',4''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン（略称：MTDATA）、4,4'-ビス[N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ピフェニル（略称：BSPB）などの芳香族アミン化合物、3-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA1）、3,6-ビス[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA2）、3-[N-(1-ナフチル)-N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCN1）等が挙げられる。その他、4,4'-ジ(N-カルバゾリル)ピフェニル（略称：CBP）、1,3,5-トリス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]ベンゼン（略称：TCPB）、9-[4-(10-フェニル-9-アントラセニル)フェニル]-9H-カルバゾール（略称：CzPA）等のカルバゾール化合物、等を用いることができる。ここに述べた物質は、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質である。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。

【0089】

さらに、ポリ(N-ビニルカルバゾール)（略称：PVK）、ポリ(4-ビニルトリフェニルアミン)（略称：PVTPA）、ポリ[N-(4-{N'-[4-(4-ジフェニルアミノ)フェニル]フェニル}-N'-フェニルアミノ}フェニル)メタクリルアミド]（略称：PTPDMA）、ポリ[N,N'-ビス(4-ブチルフェニル)-N,N'-ビス(フェニル)ベンジジン]（略称：Poly-TPD）などの高分子化合物を用いることもできる。

【0090】

なお、正孔輸送性の高い物質としては、本発明の一態様であるカルバゾール化合物を用いることもできる。

【0091】

10

20

30

40

50

また、正孔注入層 1 1 1 および電荷発生層 (E) 1 1 6 に用いるアクセプター性物質としては、遷移金属酸化物や元素周期表における第 4 族乃至第 8 族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化モリブデンが特に好ましい。

【0092】

特に、本発明の一態様であるカルバゾール化合物はバイポーラ性であり、上記アクセプター性物質との混合物として正孔注入層 1 1 1 および電荷発生層 (E) 1 1 6 に好適に用いることができる。他には、電子輸送骨格と正孔輸送骨格とが化合して成るバイポーラ性の有機化合物も、これらアクセプター性物質との混合物として用いることができる。

【0093】

発光層 1 1 3 は、発光性の物質を含む層である。発光層 1 1 3 は、発光物質のみで構成されていても、ホスト材料中に発光中心物質が分散された状態で構成されていても良い。

【0094】

発光層 1 1 3 において、発光物質、および発光中心物質として用いることが可能な材料には、特に限定は無く、これらの物質が発する光は、蛍光であっても燐光であっても良い。なお、上記発光物質および発光中心物質としては、例えば、以下のようなものが挙げられる。

【0095】

蛍光を発する物質としては、N, N' - ビス [4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] - N, N' - ジフェニルスチルベン - 4, 4' - ジアミン (略称 : Y G A 2 S)、4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 4' - (10 - フェニル - 9 - アントリル) トリフェニルアミン (略称 : Y G A P A)、4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 4' - (9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル) トリフェニルアミン (略称 : 2 Y G A P P A)、N, 9 - ジフェニル - N - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称 : P C A P A)、ペリレン、2, 5, 8, 11 - テトラ - t e r t - ブチルペリレン (略称 : T B P)、4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) - 4' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称 : P C B A P A)、N, N' ' - (2 - t e r t - ブチルアントラセン - 9, 10 - ジイルジ - 4, 1 - フェニレン) ビス [N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン] (略称 : D P A B P A)、N, 9 - ジフェニル - N - [4 - (9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル) フェニル] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称 : 2 P C A P P A)、N - [4 - (9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル) フェニル] - N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン (略称 : 2 D P A P P A)、N, N, N', N', N' ' , N' ' , N' ' ' , N' ' ' - オクタフェニルジベンゾ [g, p] クリセン - 2, 7, 10, 15 - テトラアミン (略称 : D B C 1)、クマリン 30、N - (9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル) - N, 9 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称 : 2 P C A P A)、N - [9, 10 - ビス (1, 1' - ビフェニル - 2 - イル) - 2 - アントリル] - N, 9 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称 : 2 P C A B P h A)、N - (9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル) - N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン (略称 : 2 D P A P A)、N - [9, 10 - ビス (1, 1' - ビフェニル - 2 - イル) - 2 - アントリル] - N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン (略称 : 2 D P A B P h A)、9, 10 - ビス (1, 1' - ビフェニル - 2 - イル) - N - [4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] - N - フェニルアントラセン - 2 - アミン (略称 : 2 Y G A B P h A)、N, N, 9 - トリフェニルアントラセン - 9 - アミン (略称 : D P h A P h A)、クマリン 545 T、N, N' - ジフェニルキナクリドン、(略称 : D P Q d)、ルブレン、5, 12 - ビス (1, 1' - ビフェニル - 4 - イル) - 6, 11 - ジフェニルテトラセン (略称 : B P T)、2 - (2 - { 2 - [4 - (ジメチルアミノ) フェニル] エテニル } - 6 - メチル - 4 H - ピラン - 4 - イリデン) プロパンジニトリル (略称 : D C M 1)、2 - { 2 - メチル - 6 - [2 - (2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1 H, 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プ

10

20

30

40

50

ロパンジニトリル（略称：DCM2）、N, N, N', N' - テトラキス（4 - メチルフェニル）テトラセン - 5, 11 - ジアミン（略称：p - mPhTD）、7, 14 - ジフェニル - N, N, N', N' - テトラキス（4 - メチルフェニル）アセナフト [1, 2 - a] フルオランテン - 3, 10 - ジアミン（略称：p - mPhAFD）、2 - {2 - イソプロピル - 6 - [2 - (1, 1, 7, 7 - テトラメチル - 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1H, 5H - ベンゾ [ij] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4H - ピラン - 4 - イリデン} プロパンジニトリル（略称：DCJTI）、2 - {2 - tert - ブチル - 6 - [2 - (1, 1, 7, 7 - テトラメチル - 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1H, 5H - ベンゾ [ij] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4H - ピラン - 4 - イリデン} プロパンジニトリル（略称：DCJTB）、2 - (2, 6 - ビス {2 - [4 - (ジメチルアミノ) フェニル] エテニル} - 4H - ピラン - 4 - イリデン) プロパンジニトリル（略称：BisDCM）、2 - {2, 6 - ビス [2 - (8 - メトキシ - 1, 1, 7, 7 - テトラメチル - 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1H, 5H - ベンゾ [ij] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4H - ピラン - 4 - イリデン} プロパンジニトリル（略称：BisDCJTM）などが挙げられる。

【0096】

なお、蛍光を発する物質としては、本発明の一態様であるカルバゾール化合物を用いることもできる。

【0097】

燐光を発する物質としては、ビス [2 - (3', 5' - ビストリフルオロメチルフェニル) ピリジナト - N, C^{2'}] イリジウム (III) ピコリナート（略称：Ir(CF₃ppy)₂(pic)）、ビス [2 - (4', 6' - ジフルオロフェニル) ピリジナト - N, C^{2'}] イリジウム (III) アセチルアセトナート（略称：FIraccac）、トリス (2 - フェニルピリジナト) イリジウム (III)（略称：Ir(ppy)₃）、ビス (2 - フェニルピリジナト) イリジウム (III) アセチルアセトナート（略称：Ir(ppy)₂(accac)）、トリス (アセチルアセトナート) (モノフェナントロリン) テルビウム (III)（略称：Tb(accac)₃(Phen)）、ビス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (III) アセチルアセトナート（略称：Ir(bzq)₂(accac)）、ビス (2, 4 - ジフェニル - 1, 3 - オキサゾラト - N, C^{2'}) イリジウム (III) アセチルアセトナート（略称：Ir(dpo)₂(accac)）、ビス [2 - (4' - パーフルオロフェニルフェニル) ピリジナト] イリジウム (III) アセチルアセトナート（略称：Ir(p-PF-ph)₂(accac)）、ビス (2 - フェニルベンゾチアゾラト - N, C^{2'}) イリジウム (III) アセチルアセトナート（略称：Ir(bt)₂(accac)）、ビス [2 - (2' - ベンゾ [4, 5 -] チエニル) ピリジナト - N, C^{3'}] イリジウム (III) アセチルアセトナート（略称：Ir(btp)₂(accac)）、ビス (1 - フェニルイソキノリナト - N, C^{2'}) イリジウム (III) アセチルアセトナート（略称：Ir(piq)₂(accac)）、(アセチルアセトナート) ビス [2, 3 - ビス (4 - フルオロフェニル) キノキサリナト] イリジウム (III)（略称：Ir(Fdpq)₂(accac)）、(アセチルアセトナート) ビス (2, 3, 5 - トリフェニルピラジナト) イリジウム (III)（略称：Ir(tppr)₂(accac)）、2, 3, 7, 8, 12, 13, 17, 18 - オクタエチル - 21H, 23H - ポルフィリン白金 (II)（略称：PtOEP）、トリス (1, 3 - ジフェニル - 1, 3 - プロパンジオナト) (モノフェナントロリン) ユーロピウム (III)（略称：Eu(DBM)₃(Phen)）、トリス [1 - (2 - テノイル) - 3, 3, 3 - トリフルオロアセトナト] (モノフェナントロリン) ユーロピウム (III)（略称：Eu(TTA)₃(Phen)）などが挙げられる。

【0098】

ピリジン骨格を有するイリジウム錯体は、HOMO準位やLUMO準位が、本発明の一態様であるカルバゾール化合物のHOMO準位やLUMO準位と近い傾向がある（特に、ピリジン骨格にイリジウムがオルトメタル結合しているものが好ましい）。それは、これ

10

20

30

40

50

らカルバゾール化合物もピリジン骨格を有しているためである。そのため、このような錯体はホスト材料からのキャリアの授受が良好となり、好ましい。つまり低電圧、高効率な素子が得られやすい。より具体的にはトリス(2-フェニルピリジナト)イリジウム(III)(略称: Ir(ppy)₃)、ビス(2-フェニルピリジナト)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: Ir(ppy)₂(acac))、ビス[2-(2'-ベンゾ[4,5-]チエニル)ピリジナト-N, C^{3'}]イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: Ir(btp)₂(acac))などが挙げられる。

【0099】

また、上記ホスト材料に用いることが可能な材料としては、特に限定はないが、例えば、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称: Alq)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称: Almq₃)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(II)(略称: BeBq₂)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)(4-フェニルフェノラト)アルミニウム(III)(略称: BAlq)、ビス(8-キノリノラト)亜鉛(II)(略称: Znq)、ビス[2-(2-ベンゾオキサゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称: ZnPBO)、ビス[2-(2-ベンゾチアゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称: ZnBTZ)などの金属錯体、2-(4-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称: PBD)、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称: OXD-7)、3-(4-ビフェニル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称: TAZ)、2,2',2''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリス(1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール)(略称: TPBI)、バソフェナントロリン(略称: Bphen)、バソキュプロイン(略称: BCP)、9-[4-(5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称: CO11)などの複素環化合物、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称: NPBまたは-NPD)、N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン(略称: TPD)、4,4'-ビス[N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称: BSPB)などの芳香族アミン化合物が挙げられる。また、アントラセン誘導体、フェナントレン誘導体、ピレン誘導体、クリセン誘導体、ジベンゾ[g,p]クリセン誘導体等の縮合多環芳香族化合物が挙げられ、具体的には、9,10-ジフェニルアントラセン(略称: DPAnth)、N,N'-ジフェニル-9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: CzA1PA)、4-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン(略称: DP hPA)、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン(略称: YGAP A)、N,9-ジフェニル-N-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: PCAPA)、N,9-ジフェニル-N-{4-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]フェニル}-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: PCAPBA)、N,9-ジフェニル-N-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: 2PCAPA)、6,12-ジメトキシ-5,11-ジフェニルクリセン、N,N,N',N',N'',N'',N''',N''''-オクタフェニルジベンゾ[g,p]クリセン-2,7,10,15-テトラアミン(略称: DBC1)、9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称: CzPA)、3,6-ジフェニル-9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称: DP CzPA)、9,10-ビス(3,5-ジフェニルフェニル)アントラセン(略称: DPPA)、9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称: DNA)、2-tert-ブチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称: t-BuDNA)、9,9'-ビアントリル(略称: BANT)、9,9'-(スチルベン-3,3'-ジイル)

10

20

30

40

50

ジフェナントレン（略称：DPNS）、9, 9' - (スチルベン - 4, 4' - ジイル)ジフェナントレン（略称：DPNS2）、3, 3', 3'' - (ベンゼン - 1, 3, 5 - トリイル)トリピレン（略称：TPB3）などを挙げることができる。これら及び公知の物質の中から、上記発光中心物質のエネルギーギャップより大きなエネルギーギャップを有する物質を、一種もしくは複数種選択して用いればよい。また、発光中心物質が燐光を発する物質である場合、ホスト材料としては、発光中心物質の三重項励起エネルギー（基底状態と三重項励起状態とのエネルギー差）よりも三重項励起エネルギーの大きい物質を選択すれば良い。

【0100】

なお、上記ホスト材料に用いることが可能な材料としては、本発明の一態様であるカルバゾール化合物を用いることもできる。本発明の一態様であるカルバゾール化合物はS1準位が高いため、蛍光を発する物質用のホスト材料としては、可視域の発光領域で用いることができる。本発明の一態様であるカルバゾール化合物はT1準位が高いため、燐光を発する物質に対するホスト材料として用いる場合は、可視域（青より長波長）の発光領域で用いることができる。特に、青色など短波長発光を呈する材料に対しては（特に、燐光材料）、ホスト材料は開発途上であるため、本発明の一態様であるカルバゾール化合物は好適である。

【0101】

なお、発光層113は2層以上が積層された構成としてもよい。例えば、第1の発光層と第2の発光層を正孔輸送層側から順に積層して発光層113とする場合、第1の発光層のホスト材料として正孔輸送性を有する物質を用い、第2の発光層のホスト材料として電子輸送性を有する物質を用いる構成などがある。

【0102】

電子輸送層114は、電子輸送性の高い物質を含む層である。電子輸送層114には、Alq₃、トリス（4 - メチル - 8 - キノリノラト）アルミニウム（略称：Almq₃）、ビス（10 - ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト）ベリリウム（略称：BeBq₂）、BALq、Zn（BOX）₂、ビス[2 - (2 - ヒドロキシフェニル)ベンゾチアゾラト]亜鉛（略称：Zn（BTZ）₂）などの金属錯体を用いることができる。また、2 - (4 - ビフェニリル) - 5 - (4 - tert - ブチルフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール（略称：PBD）、1, 3 - ビス[5 - (p - tert - ブチルフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - イル]ベンゼン（略称：OXD - 7）、3 - (4 - tert - ブチルフェニル) - 4 - フェニル - 5 - (4 - ビフェニリル) - 1, 2, 4 - トリアゾール（略称：TAZ）、3 - (4 - tert - ブチルフェニル) - 4 - (4 - エチルフェニル) - 5 - (4 - ビフェニリル) - 1, 2, 4 - トリアゾール（略称：p - EtTAZ）、バソフェナントロリン（略称：Bphen）、バソキュプロイン（略称：BCP）、4, 4' - ビス（5 - メチルベンゾオキサゾール - 2 - イル）スチルベン（略称：BzOs）などの複素芳香族化合物も用いることができる。また、ポリ（2, 5 - ピリジンジイル）（略称：PPy）、ポリ[（9, 9 - ジヘキシルフルオレン - 2, 7 - ジイル） - co - （ピリジン - 3, 5 - ジイル）]（略称：PF - PPy）、ポリ[（9, 9 - ジオクチルフルオレン - 2, 7 - ジイル） - co - （2, 2' - ビピリジン - 6, 6' - ジイル）]（略称：PF - BPy）のような高分子化合物を用いることもできる。ここに述べた物質は、主に10⁻⁶ cm² / Vs以上の電子移動度を有する物質である。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、上記以外の物質を電子輸送層として用いてもよい。

【0103】

また、電子輸送層は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層したものとしてもよい。

【0104】

電子注入層115は、電子注入性の高い物質を含む層である。電子注入層115には、フッ化リチウム（LiF）、フッ化セシウム（CsF）、フッ化カルシウム（CaF₂）

10

20

30

40

50

、リチウム酸化物 (LiO_x) 等のようなアルカリ金属、アルカリ土類金属、またはそれらの化合物を用いることができる。また、フッ化エルビウム (ErF_3) のような希土類金属化合物を用いることができる。また、上述した電子輸送層 114 を構成する物質を用いることもできる。

【0105】

あるいは、電子注入層 115 に、有機化合物と電子供与体 (ドナー) とを混合してなる複合材料を用いてもよい。このような複合材料は、電子供与体によって有機化合物に電子が発生するため、電子注入性および電子輸送性に優れている。この場合、有機化合物としては、発生した電子の輸送に優れた材料であることが好ましく、具体的には、例えば上述した電子輸送層 114 を構成する物質 (金属錯体や複素芳香族化合物等) を用いることができる。電子供与体としては、有機化合物に対し電子供与性を示す物質であればよい。具体的には、アルカリ金属やアルカリ土類金属や希土類金属が好ましく、リチウム、セシウム、マグネシウム、カルシウム、エルビウム、イッテルビウム等が挙げられる。また、アルカリ金属酸化物やアルカリ土類金属酸化物が好ましく、リチウム酸化物、カルシウム酸化物、バリウム酸化物等が挙げられる。また、酸化マグネシウムのようなルイス塩基を用いることもできる。また、テトラシアフルバレン (略称: TTF) 等の有機化合物を用いることもできる。

10

【0106】

なお、上述した正孔注入層 111、正孔輸送層 112、発光層 113、電子輸送層 114、電子注入層 115、電荷発生層 (E) 116 は、それぞれ、蒸着法 (真空蒸着法を含む)、インクジェット法、塗布法等の方法で形成することができる。

20

【0107】

上述した発光素子は、第 1 の電極 101 および第 2 の電極 103 との間に生じた電位差により電流が流れ、EL 層 102 において正孔と電子とが再結合することにより発光する。そして、この発光は、第 1 の電極 101 および第 2 の電極 103 のいずれか一方または両方を通して外部に取り出される。従って、第 1 の電極 101 および第 2 の電極 103 のいずれか一方、または両方が透光性を有する電極となる。

【0108】

以上により説明した発光素子は、本発明の一態様であるカルバゾール化合物を適用して形成されることから、発光素子の素子効率の向上だけでなく、駆動電圧の上昇を最小限に抑えることができる。

30

【0109】

また、本発明の一態様であるカルバゾール化合物は、発光層の燐光性物質に対するホスト材料として用いることがより好ましいが、発光層における発光物質、発光層における蛍光性物質に対するホスト材料、または、他の層 (正孔注入層や正孔輸送層、電子輸送層など) にも用いることができるため、複数の層において共通の材料を用いることが可能となる。そのため、材料の合成コストや発光素子の製造コストを抑えることができ、好ましい。

【0110】

なお、本実施の形態で示した発光素子は、本発明の一態様であるカルバゾール化合物を適用して作製される発光素子の一例である。また、上記発光素子を備えた発光装置の構成としては、パッシブマトリクス型の発光装置やアクティブマトリクス型の発光装置の他、別の実施の形態で説明する上記とは別の構造を有する発光素子を備えたマイクロキャビティ構造の発光装置などを作製することができ、これらは、いずれも本発明に含まれるものとする。なお、これらの発光装置においては、消費電力を低減させることができる。

40

【0111】

なお、アクティブマトリクス型の発光装置の場合において、TFT の構造は、特に限定されない。例えば、スタガ型や逆スタガ型の TFT を適宜用いることができる。また、TFT 基板に形成される駆動用回路についても、N 型および P 型の TFT からなるものでもよいし、N 型の TFT または P 型の TFT のいずれか一方のみからなるものであってもよ

50

い。さらに、TFTに用いられる半導体膜の結晶性についても特に限定されない。例えば、非晶質半導体膜、結晶性半導体膜、その他、酸化物半導体膜等を用いることができる。

【0112】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせて用いることができるものとする。

【0113】

(実施の形態3)

本実施の形態では、本発明の一態様として、燐光性化合物と他の2種類以上の有機化合物を発光層に用いた発光素子について説明する。

【0114】

本実施の形態に示す発光素子は、図2に示すように一対の電極(陽極201及び陰極202)間にEL層203を有する構造である。なお、EL層203には、少なくとも発光層204を有し、その他、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層、電荷発生層(E)などが含まれていても良い。なお、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層、電荷発生層(E)には、実施の形態2に示した物質を用いることができる。

【0115】

本実施の形態に示す発光層204には、燐光性化合物205、第1の有機化合物206、および第2の有機化合物207が含まれている。実施の形態1に示したカルバゾール化合物は、第1の有機化合物206、または第2の有機化合物207として用いることができる。なお、燐光性化合物205は、発光層204におけるゲスト材料である。また、第1の有機化合物206、および第2の有機化合物207のうち発光層204に含まれる割合の多い方を発光層204におけるホスト材料とする。

【0116】

発光層204において、上記ゲスト材料をホスト材料に分散させた構成とすることにより、発光層の結晶化を抑制することができる。また、ゲスト材料の濃度が高いことによる濃度消光を抑制し、発光素子の発光効率を高くすることができる。

【0117】

なお、第1の有機化合物206及び第2の有機化合物207のそれぞれの三重項励起エネルギーの準位(T1準位)は、燐光性化合物205のT1準位よりも高いことが好ましい。第1の有機化合物206(又は第2の有機化合物207)のT1準位が燐光性化合物205のT1準位よりも低いと、発光に寄与する燐光性化合物205の三重項励起エネルギーを第1の有機化合物206(又は第2の有機化合物207)が消光(クエンチ)してしまい、発光効率の低下を招くためである。

【0118】

ここで、ホスト材料からゲスト材料へのエネルギー移動効率を高めるため、分子間のエネルギー移動機構として知られているフェルスター機構(双極子-双極子相互作用)およびデクスター機構(電子交換相互作用)を考慮した上で、ホスト材料の発光スペクトル(一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光スペクトル)とゲスト材料の吸収スペクトル(より詳細には、最も長波長(低エネルギー)側の吸収帯におけるスペクトル)との重なりが大きくなることが好ましい。しかしながら通常、ホスト材料の蛍光スペクトルを、ゲスト材料の最も長波長(低エネルギー)側の吸収帯における吸収スペクトルと重ねることは困難である。なぜならば、そのようにしてしまうと、ホスト材料の燐光スペクトルは蛍光スペクトルよりも長波長(低エネルギー)側に位置するため、ホスト材料のT1準位が燐光性化合物のT1準位を下回ってしまい、上述したクエンチの問題が生じてしまうからである。一方、クエンチの問題を回避するため、ホスト材料のT1準位が燐光性化合物のT1準位を上回るように設計すると、今度はホスト材料の蛍光スペクトルが短波長(高エネルギー)側にシフトするため、その蛍光スペクトルはゲスト材料の最も長波長(低エネルギー)側の吸収帯における吸収スペクトルと重ならなくなる。したがって、ホスト材料の蛍光スペクトルをゲスト材料の最も長波長(低エネルギー)側の吸収帯における吸収スペク

10

20

30

40

50

トルと重ね、ホスト材料の一重項励起状態からのエネルギー移動を最大限に高めることは、通常困難である。

【0119】

そこで本実施形態においては、第1の有機化合物および第2の有機化合物は、励起錯体（エキサイプレックスとも言う）を形成する組み合わせであることが好ましい。この場合、発光層204におけるキャリア（電子及びホール）の再結合の際に第1の有機化合物206と第2の有機化合物207は、励起錯体を形成する。これにより、発光層204において、第1の有機化合物206の蛍光スペクトルおよび第2の有機化合物207の蛍光スペクトルは、より長波長側に位置する励起錯体の発光スペクトルに変換される。そして、励起錯体の発光スペクトルとゲスト材料の吸収スペクトルとの重なりが大きくなるように、第1の有機化合物と第2の有機化合物を選択すれば、一重項励起状態からのエネルギー移動を最大限に高めることができる。なお、三重項励起状態に関しても、ホスト材料ではなく励起錯体からのエネルギー移動が生じると考えられる。

10

【0120】

燐光性化合物205としては、燐光性の有機金属錯体を用いることが好ましい。また、第1の有機化合物206及び第2の有機化合物207としては、励起錯体を生じる組み合わせであればよいが、電子を受け取りやすい化合物（電子トラップ性化合物）と、ホールを受け取りやすい化合物（正孔トラップ性化合物）とを組み合わせることが好ましい。

【0121】

燐光性の有機金属錯体としては、例えば、ビス[2-(3',5'-ビストリフルオロメチルフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}]イリジウム(III)ピコリナート(略称: Ir(CF₃ppy)₂(pic))、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}]イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: Ir(acac)₂(pic))、トリス(2-フェニルピリジナト)イリジウム(III)(略称: Ir(ppy)₃)、ビス(2-フェニルピリジナト)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: Ir(ppy)₂(acac))、トリス(アセチルアセトナート)(モノフェナントロリン)テルビウム(III)(略称: Tb(acac)₃(Phen))、ビス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: Ir(bzq)₂(acac))、ビス(2,4-ジフェニル-1,3-オキサゾラト-N,C^{2'})イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: Ir(dpo)₂(acac))、ビス[2-(4'-パーフルオロフェニルフェニル)ピリジナト]イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: Ir(p-PF-ph)₂(acac))、ビス(2-フェニルベンゾチアゾラト-N,C^{2'})イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: Ir(bt)₂(acac))、ビス[2-(2'-ベンゾ[4,5-]チエニル)ピリジナト-N,C^{3'}]イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: Ir(btp)₂(acac))、ビス(1-フェニルイソキノリナト-N,C^{2'})イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: Ir(piq)₂(acac))、(アセチルアセトナート)ビス[2,3-ビス(4-フルオロフェニル)キノキサリナト]イリジウム(III)(略称: Ir(Fdpq)₂(acac))、(アセチルアセトナート)ビス(2,3,5-トリフェニルピラジナト)イリジウム(III)(略称: Ir(tppr)₂(acac))、2,3,7,8,12,13,17,18-オクタエチル-21H,23H-ポルフィリン白金(II)(略称: PtOEP)、トリス(1,3-ジフェニル-1,3-プロパンジオナト)(モノフェナントロリン)ユーロピウム(III)(略称: Eu(DBM)₃(Phen))、トリス[1-(2-テノイル)-3,3,3-トリフルオロアセトナト](モノフェナントロリン)ユーロピウム(III)(略称: Eu(TTA)₃(Phen))などが挙げられる。

20

30

40

【0122】

電子を受け取りやすい化合物としては、含窒素複素芳香族化合物のような電子不足型複素芳香族化合物が好ましく、例えば、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称: 2mDBTPDBq-II)、2-[

50

3' - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) ビフェニル - 3 - イル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称: 2 m D B T B P D B q - I I)、2 - [4 - (3 , 6 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称: 2 C z P D B q - I I I)、7 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) フェニル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称: 7 m D B T P D B q - I I)、及び、6 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) フェニル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称: 6 m D B T P D B q - I I) 等のキノキサリンないしはジベンゾキノキサリン誘導体が挙げられる。なお、本発明の一態様であるカルバゾール化合物は、バイポーラ性であることから、電子を受け取りやすい化合物として用いることができる。

【 0 1 2 3 】

ホールを受け取りやすい化合物としては、電子過剰型複素芳香族化合物 (例えばカルバゾール誘導体やインドール誘導体) や芳香族アミン化合物が好ましく、例えば、4 - フェニル - 4' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称: P C B A 1 B P)、4、4' - ジ (1 - ナフチル) - 4'' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称: P C B N B B)、3 - [N - (1 - ナフチル) - N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) アミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称: P C z P C N 1)、4、4'、4'' - トリス [N - (1 - ナフチル) - N - フェニルアミノ] トリフェニルアミン (略称: 1' - T N A T A)、2、7 - ビス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] - スピロ - 9、9' - ビフルオレン (略称: D P A 2 S F)、N、N' - ビス (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) - N、N' - ジフェニルベンゼン - 1、3 - ジアミン (略称: P C A 2 B)、N - (9、9 - ジメチル - 2 - N'、N' - ジフェニルアミノ - 9 H - フルオレン - 7 - イル) ジフェニルアミン (略称: D P N F)、N、N'、N'' - トリフェニル - N、N'、N'' - トリス (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) ベンゼン - 1、3、5 - トリアミン (略称: P C A 3 B)、2 - [N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) - N - フェニルアミノ] スピロ - 9、9' - ビフルオレン (略称: P C A S F)、2 - [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] スピロ - 9、9' - ビフルオレン (略称: D P A S F)、N、N' - ビス [4 - (カルバゾール - 9 - イル) フェニル] - N、N' - ジフェニル - 9、9 - ジメチルフルオレン - 2、7 - ジアミン (略称: Y G A 2 F)、4、4' - ビス [N - (3 - メチルフェニル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称: T P D)、4、4' - ビス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称: D P A B)、N - (9、9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - イル) - N - { 9、9 - ジメチル - 2 - [N' - フェニル - N' - (9、9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - イル) アミノ] - 9 H - フルオレン - 7 - イル } フェニルアミン (略称: D F L A D F L)、3 - [N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称: P C z P C A 1)、3 - [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称: P C z D P A 1)、3、6 - ビス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称: P C z D P A 2)、4、4' - ビス (N - { 4 - [N' - (3 - メチルフェニル) - N' - フェニルアミノ] フェニル } - N - フェニルアミノ) ビフェニル (略称: D N T P D)、3、6 - ビス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - (1 - ナフチル) アミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称: P C z T P N 2)、3、6 - ビス [N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称: P C z P C A 2) が挙げられる。なお、本発明の一態様であるカルバゾール化合物は、バイポーラ性であることから、ホールを受け取りやすい化合物として用いることができる。

【 0 1 2 4 】

上述した第 1 の有機化合物 206 及び第 2 の有機化合物 207 は、これらに限定されることなく、励起錯体を形成できる組み合わせであり、励起錯体の発光スペクトルが、燐光性化合物 205 の吸収スペクトルと重なり、励起錯体の発光スペクトルのピークが、燐光

10

20

30

40

50

性化合物 205 の吸収スペクトルのピークよりも長波長であればよい。

【0125】

なお、電子を受け取りやすい化合物とホールを受け取りやすい化合物で第1の有機化合物206と第2の有機化合物207を構成する場合、その混合比によってキャリアバランスを制御することができる。具体的には、第1の有機化合物：第2の有機化合物 = 1 : 9 ~ 9 : 1 の範囲が好ましい。

【0126】

本実施の形態で示した発光素子は、励起錯体の発光スペクトルと燐光性化合物の吸収スペクトルとの重なりを利用したエネルギー移動により、エネルギー移動効率を高めることができるため、外部量子効率の高い発光素子を実現することができる。

10

【0127】

なお、本発明に含まれる別の構成として、燐光性化合物205（ゲスト材料）の他の2種類の有機化合物として、正孔トラップ性のホスト分子、および電子トラップ性のホスト分子を用いて発光層204を形成し、2種類のホスト分子中に存在するゲスト分子に正孔と電子を導いて、ゲスト分子を励起状態とする現象（すなわち、Guest Coupled with Complementary Hosts : G C C H）が得られるように発光層204を形成する構成も可能である。

【0128】

この時、正孔トラップ性のホスト分子、および電子トラップ性のホスト分子としては、それぞれ、上述した正孔を受け取りやすい化合物、および電子を受け取りやすい化合物を用いることができる。

20

【0129】

なお、本実施の形態で示した発光素子は、発光素子の構造の一例であるが、本発明の一態様である発光装置には、他の実施の形態で示す別の構造の発光素子を適用することもできる。また、上記発光素子を備えた発光装置の構成としては、パッシブマトリクス型の発光装置やアクティブマトリクス型の発光装置の他、別の実施の形態で説明する上記とは別の構造を有する発光素子を備えたマイクロキャピティー構造の発光装置などを作製することができ、これらは、いずれも本発明に含まれるものとする。

【0130】

なお、アクティブマトリクス型の発光装置の場合において、TFTの構造は、特に限定されない。例えば、スタガ型や逆スタガ型のTFTを適宜用いることができる。また、TFT基板に形成される駆動用回路についても、N型およびP型のTFTからなるものでもよいし、N型のTFTまたはP型のTFTのいずれか一方のみからなるものであってもよい。さらに、TFTに用いられる半導体膜の結晶性についても特に限定されない。例えば、非晶質半導体膜、結晶性半導体膜、その他、酸化物半導体膜等を用いることができる。

30

【0131】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせて用いることができるものとする。

【0132】

（実施の形態4）

40

本実施の形態では、本発明の一態様として、電荷発生層を挟んでEL層を複数有する構造の発光素子（以下、タンデム型発光素子という）について説明する。

【0133】

本実施の形態に示す発光素子は、図3（A）に示すように一対の電極（第1の電極301および第2の電極304）間に、複数のEL層（第1のEL層302（1）、第2のEL層302（2））を有するタンデム型発光素子である。

【0134】

本実施の形態において、第1の電極301は、陽極として機能する電極であり、第2の電極304は陰極として機能する電極である。なお、第1の電極301および第2の電極304は、実施の形態2と同様な構成を用いることができる。また、複数のEL層（第1

50

のEL層302(1)、第2のEL層302(2))は、実施の形態2または実施の形態3で示したEL層と同様な構成であっても良いが、いずれかが同様の構成であっても良い。すなわち、第1のEL層302(1)と第2のEL層302(2)は、同じ構成であっても異なる構成であってもよく、その構成は実施の形態2または実施の形態3と同様なものを適用することができる。

【0135】

また、複数のEL層(第1のEL層302(1)、第2のEL層302(2))の間には、電荷発生層(I)305が設けられている。電荷発生層(I)305は、第1の電極301と第2の電極304間に電圧を印加したときに、一方のEL層に電子を注入し、他方のEL層に正孔を注入する機能を有する。本実施の形態の場合には、第1の電極301に第2の電極304よりも電位が高くなるように電圧を印加すると、電荷発生層(I)305から第1のEL層302(1)に電子が注入され、第2のEL層302(2)に正孔が注入される。

10

【0136】

なお、電荷発生層(I)305は、光の取り出し効率の点から、可視光に対して透光性を有する(具体的には、電荷発生層(I)305に対する可視光の透過率が、40%以上)ことが好ましい。また、電荷発生層(I)305は、第1の電極301や第2の電極304よりも低い導電率であっても機能する。

【0137】

電荷発生層(I)305は、正孔輸送性の高い有機化合物に電子受容体(アクセプター)が添加された構成であっても、電子輸送性の高い有機化合物に電子供与体(ドナー)が添加された構成であってもよい。また、これらの両方の構成が積層されていても良い。

20

【0138】

正孔輸送性の高い有機化合物に電子受容体が添加された構成とする場合において、正孔輸送性の高い有機化合物としては、例えば、NPBやTPD、TDATA、MTDATA、4,4'-ビス[N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ピフェニル(略称: BSPB)などの芳香族アミン化合物等を用いることができる。ここに述べた物質は、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質である。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い有機化合物であれば、上記以外の物質を用いても構わない。なお、本発明の一態様であるカルバゾール化合物を電荷発生層(I)305における正孔輸送性の高い有機化合物として用いることもできる。

30

【0139】

また、電子受容体としては、7,7,8,8-テトラシアノ-2,3,5,6-テトラフルオロキノジメタン(略称: F4-TCNQ)、クロラニル等を挙げることができる。また、遷移金属酸化物を挙げることができる。また元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムは電子受容性が高いため好ましい。中でも特に、酸化モリブデンは大気中でも安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。

【0140】

一方、電子輸送性の高い有機化合物に電子供与体が添加された構成とする場合において、電子輸送性の高い有機化合物としては、例えば、Alq、Almq₃、BeBq₂、BALqなど、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等を用いることができる。また、この他、Zn(BOX)₂、Zn(BTZ)₂などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、PBDやOXD-7、TAZ、Bphen、BCPなども用いることができる。ここに述べた物質は、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質である。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い有機化合物であれば、上記以外の物質を用いても構わない。

40

【0141】

50

また、電子供与体としては、アルカリ金属またはアルカリ土類金属または希土類金属または元素周期表における第2、第13族に属する金属およびその酸化物、炭酸塩を用いることができる。具体的には、リチウム(Li)、セシウム(Cs)、マグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)、イットルビウム(Yb)、インジウム(In)、酸化リチウム、炭酸セシウムなどを用いることが好ましい。また、テトラシアナフタセンのような有機化合物を電子供与体として用いてもよい。

【0142】

なお、上述した材料を用いて電荷発生層(I)305を形成することにより、EL層が積層された場合における駆動電圧の上昇を抑制することができる。

【0143】

本実施の形態では、EL層を2層有する発光素子について説明したが、図3(B)に示すように、n層(ただし、nは、3以上)のEL層(302(1)~302(n))を積層し、これらのEL層(302(1)~302(n))の間にそれぞれ電荷発生層(I)(305(1)~305(n-1))を配置した発光素子についても、同様に適用することが可能である。本実施の形態に係る発光素子のように、一对の電極間に複数のEL層を有する場合、EL層とEL層との間に電荷発生層(I)を配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度領域での発光が可能である。電流密度を低く保てるため、長寿命素子を実現できる。また、照明を応用例とした場合は、電極材料の抵抗による電圧降下を小さくできるので、大面積での均一発光が可能となる。また、低電圧駆動が可能で消費電力が低い発光装置を実現することができる。

【0144】

また、それぞれのEL層の発光色を異なるものにすることで、発光素子全体として、所望の色の発光を得ることができる。例えば、2つのEL層を有する発光素子において、第1のEL層の発光色と第2のEL層の発光色を補色の関係になるようにすることで、発光素子全体として白色発光する発光素子を得ることも可能である。なお、補色とは、混合すると無彩色になる色同士の関係をいう。つまり、補色の関係にある色を発光する物質から得られた光と混合すると、白色発光を得ることができる。

【0145】

また、3つのEL層を有する発光素子の場合でも同様であり、例えば、第1のEL層の発光色が赤色であり、第2のEL層の発光色が緑色であり、第3のEL層の発光色が青色である場合、発光素子全体としては、白色発光を得ることができる。

【0146】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【0147】

(実施の形態5)

本実施の形態に示す発光装置は、一对の電極間での光の共振効果を利用した微小光共振器(マイクロキャビティ)構造を有しており、図4に示す様に一对の電極(反射電極401及び半透過・半反射電極402)間に少なくともEL層405を有する構造である発光素子を複数、有している。また、EL層405は、少なくとも発光領域となる発光層404を有し、その他、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層、電荷発生層(E)などが含まれていても良い。なお、本発明の一態様であるカルバゾール化合物は、EL層405に含まれる正孔注入層、正孔輸送層、発光層404、または電子輸送層に用いることができる。

【0148】

本実施の形態では、図4に示すように構造の異なる発光素子(第1の発光素子(R)410R、第2の発光素子(G)410G、第3の発光素子(B)410B)を有して構成される発光装置について説明する。

【0149】

第1の発光素子(R)410Rは、反射電極401上に第1の透明導電層403aと、

10

20

30

40

50

第1の発光層(B)404B、第2の発光層(G)404G、第3の発光層(R)404Rを一部に含むEL層405と、半透過・半反射電極402とが順次積層された構造を有する。また、第2の発光素子(G)410Gは、反射電極401上に第2の透明導電層403bと、EL層405と、半透過・半反射電極402とが順次積層された構造を有する。また、第3の発光素子(B)410Bは、反射電極401上にEL層405と、半透過・半反射電極402とが順次積層された構造を有する。

【0150】

なお、上記発光素子(第1の発光素子(R)410R、第2の発光素子(G)410G、第3の発光素子(B)410B)において、反射電極401、EL層405、半透過・半反射電極402は共通である。また、第1の発光層(B)404Bでは、420nm以上480nm以下の波長領域にピークをもつ光(λ_B)を発光させ、第2の発光層(G)404Gでは、500nm以上550nm以下の波長領域にピークを持つ光(λ_G)を発光させ、第3の発光層(R)404Rでは、600nm以上760nm以下の波長領域にピークを持つ光(λ_R)を発光させる。これにより、いずれの発光素子(第1の発光素子(R)410R、第2の発光素子(G)410G、第3の発光素子(B)410B)でも、第1の発光層(B)404B、第2の発光層(G)404G、および第3の発光層(R)404Rからの発光が重ね合わされた、すなわち可視光領域に渡るブロードな発光スペクトルを有する光を発光させることができる。なお、上記より、波長の長さは、 $\lambda_B < \lambda_G < \lambda_R$ なる関係であるとする。

【0151】

本実施の形態に示す各発光素子は、それぞれ反射電極401と半透過・半反射電極402との間にEL層405を挟んでなる構造を有しており、EL層405に含まれる各発光層から全方向に射出される発光は、微小光共振器(マイクロキャビティ)としての機能を有する反射電極401と半透過・半反射電極402とによって共振される。なお、反射電極401は、反射性を有する導電性材料により形成され、その膜に対する可視光の反射率が40%~100%、好ましくは70%~100%であり、かつその抵抗率が $1 \times 10^{-2} \text{ cm}$ 以下の膜であるとする。また、半透過・半反射電極402は、反射性を有する導電性材料と光透過性を有する導電性材料とにより形成され、その膜に対する可視光の反射率が20%~80%、好ましくは40%~70%であり、かつその抵抗率が $1 \times 10^{-2} \text{ cm}$ 以下の膜であるとする。

【0152】

また、本実施の形態では、各発光素子で、第1の発光素子(R)410Rと第2の発光素子(G)410Gにそれぞれ設けられた透明導電層(第1の透明導電層403a、第2の透明導電層403b)の厚みを変えることにより、発光素子毎に反射電極401と半透過・半反射電極402の間の光学距離を変えている。つまり、各発光素子の各発光層から発光するブロードな光は、反射電極401と半透過・半反射電極402との間において、共振する波長の光を強め、共振しない波長の光を減衰させることができるため、素子毎に反射電極401と半透過・半反射電極402の間の光学距離を変えることにより、異なる波長の光を取り出すことができる。

【0153】

なお、光学距離(光路長ともいう)とは、実際の距離に屈折率をかけたものであり、本実施の形態においては、実膜厚に n (屈折率)をかけたものを表している。すなわち、「光学距離 = 実膜厚 $\times n$ 」である。

【0154】

また、第1の発光素子(R)410Rでは、反射電極401から半透過・半反射電極402までの総厚を $m_R / 2$ (ただし、 m は自然数)、第2の発光素子(G)410Gでは、反射電極401から半透過・半反射電極402までの総厚を $m_G / 2$ (ただし、 m は自然数)、第3の発光素子(B)410Bでは、反射電極401から半透過・半反射電極402までの総厚を $m_B / 2$ (ただし、 m は自然数)としている。

【0155】

以上より、第1の発光素子(R)410Rからは、主としてEL層405に含まれる第3の発光層(R)404Rで発光した光(γ_R)が取り出され、第2の発光素子(G)410Gからは、主としてEL層405に含まれる第2の発光層(G)404Gで発光した光(γ_G)が取り出され、第3の発光素子(B)410Bからは、主としてEL層405に含まれる第1の発光層(B)404Bで発光した光(γ_B)が取り出される。なお、各発光素子から取り出される光は、半透過・半反射電極402側からそれぞれ射出される。

【0156】

また、上記構成において、反射電極401から半透過・半反射電極402までの総厚は、厳密には反射電極401における反射領域から半透過・半反射電極402における反射領域までの総厚ということができる。しかし、反射電極401や半透過・半反射電極402における反射領域の位置を厳密に決定することは困難であるため、反射電極401と半透過・半反射電極402の任意の位置を反射領域と仮定することで十分に上述の効果を得ることができるものとする。

【0157】

次に、第1の発光素子(R)410Rにおいて、反射電極401から第3の発光層(R)404Rへの光学距離を所望の膜厚($(2m' + 1)\gamma_R / 4$ (ただし、 m' は自然数))に調節することにより、第3の発光層(R)404Rからの発光を増幅させることができる。第3の発光層(R)404Rからの発光のうち、反射電極401によって反射されて戻ってきた光(第1の反射光)は、第3の発光層(R)404Rから半透過・半反射電極402に直接入射する光(第1の入射光)と干渉を起こすため、反射電極401から第3の発光層(R)404Rへの光学距離を所望の値($(2m' + 1)\gamma_R / 4$ (ただし、 m' は自然数))に調節して設けることにより、第1の反射光と第1の入射光との位相を合わせ、第3の発光層(R)404Rからの発光を増幅させることができる。

【0158】

なお、反射電極401と第3の発光層(R)404Rとの光学距離とは、厳密には反射電極401における反射領域と第3の発光層(R)404Rにおける発光領域との光学距離ということができる。しかし、反射電極401における反射領域や第3の発光層(R)404Rにおける発光領域の位置を厳密に決定することは困難であるため、反射電極401の任意の位置を反射領域、第3の発光層(R)404Rの任意の位置を発光領域と仮定することで十分に上述の効果を得ることができるものとする。

【0159】

次に、第2の発光素子(G)410Gにおいて、反射電極401から第2の発光層(G)404Gへの光学距離を所望の膜厚($(2m'' + 1)\gamma_G / 4$ (ただし、 m'' は自然数))に調節することにより、第2の発光層(G)404Gからの発光を増幅させることができる。第2の発光層(G)404Gからの発光のうち、反射電極401によって反射されて戻ってきた光(第2の反射光)は、第2の発光層(G)404Gから半透過・半反射電極402に直接入射する光(第2の入射光)と干渉を起こすため、反射電極401から第2の発光層(G)404Gへの光学距離を所望の値($(2m'' + 1)\gamma_G / 4$ (ただし、 m'' は自然数))に調節して設けることにより、第2の反射光と第2の入射光との位相を合わせ、第2の発光層(G)404Gからの発光を増幅させることができる。

【0160】

なお、反射電極401と第2の発光層(G)404Gとの光学距離とは、厳密には反射電極401における反射領域と第2の発光層(G)404Gにおける発光領域との光学距離ということができる。しかし、反射電極401における反射領域や第2の発光層(G)404Gにおける発光領域の位置を厳密に決定することは困難であるため、反射電極401の任意の位置を反射領域、第2の発光層(G)404Gの任意の位置を発光領域と仮定することで十分に上述の効果を得ることができるものとする。

【0161】

次に、第3の発光素子(B)410Bにおいて、反射電極401から第1の発光層(B)404Bへの光学距離を所望の膜厚($(2m''' + 1)\gamma_B / 4$ (ただし、 m'''

は自然数)) に調節することにより、第 1 の発光層 (B) 4 0 4 B からの発光を増幅させることができる。第 1 の発光層 (B) 4 0 4 B からの発光のうち、反射電極 4 0 1 によって反射されて戻ってきた光 (第 3 の反射光) は、第 1 の発光層 (B) 4 0 4 B から半透過・半反射電極 4 0 2 に直接入射する光 (第 3 の入射光) と干渉を起こすため、反射電極 4 0 1 から第 1 の発光層 (B) 4 0 4 B への光学距離を所望の値 ($(2m' + 1) \frac{\lambda}{4}$ (ただし、 m' は自然数)) に調節して設けることにより、第 3 の反射光と第 3 の入射光との位相を合わせ、第 1 の発光層 (B) 4 0 4 B からの発光を増幅させることができる。

【 0 1 6 2 】

なお、第 3 の発光素子において、反射電極 4 0 1 と第 1 の発光層 (B) 4 0 4 B との光学距離とは、厳密には反射電極 4 0 1 における反射領域と第 1 の発光層 (B) 4 0 4 B における発光領域との光学距離といえることができる。しかし、反射電極 4 0 1 における反射領域や第 1 の発光層 (B) 4 0 4 B における発光領域の位置を厳密に決定することは困難であるため、反射電極 4 0 1 の任意の位置を反射領域、第 1 の発光層 (B) 4 0 4 B の任意の位置を発光領域と仮定することで十分に上述の効果を得ることができるものとする。

【 0 1 6 3 】

なお、上記構成において、いずれの発光素子も E L 層に複数の発光層を有する構造を有しているが、本発明はこれに限られることはなく、例えば、実施の形態 4 で説明したタンデム型発光素子の構成と組み合わせて、一つの発光素子に電荷発生層を挟んで複数の E L 層を設け、それぞれの E L 層に単数もしくは複数の発光層を形成する構成としてもよい。

【 0 1 6 4 】

本実施の形態で示した発光装置は、マイクロキャビティー構造を有しており、同じ E L 層を有していても発光素子ごとに異なる波長の光を取り出すことができるため R G B の塗り分けが不要となる。従って、高精細化を実現することが容易であるなどの理由からフルカラー化を実現する上で有利である。また、特定波長の正面方向の発光強度を強めることが可能となるため、低消費電力化を図ることができる。この構成は、3色以上の画素を用いたカラーディスプレイ (画像表示装置) に適用する場合に、特に有用であるが、照明などの用途に用いても良い。

【 0 1 6 5 】

(実施の形態 6)

本実施の形態では、本発明の一態様であるカルバゾール化合物を発光層に用いた発光素子を有する発光装置について説明する。

【 0 1 6 6 】

また、上記発光装置は、パッシブマトリクス型の発光装置でもアクティブマトリクス型の発光装置でもよい。なお、本実施の形態に示す発光装置には、他の実施形態で説明した発光素子を適用することが可能である。

【 0 1 6 7 】

本実施の形態では、アクティブマトリクス型の発光装置について図 5 を用いて説明する。

【 0 1 6 8 】

なお、図 5 (A) は発光装置を示す上面図であり、図 5 (B) は図 5 (A) を鎖線 A - A ' で切断した断面図である。本実施の形態に係るアクティブマトリクス型の発光装置は、素子基板 5 0 1 上に設けられた画素部 5 0 2 と、駆動回路部 (ソース線駆動回路) 5 0 3 と、駆動回路部 (ゲート線駆動回路) 5 0 4 a、5 0 4 b と、を有する。画素部 5 0 2、駆動回路部 5 0 3、及び駆動回路部 5 0 4 a、5 0 4 b は、シール材 5 0 5 によって、素子基板 5 0 1 と封止基板 5 0 6 との間に封止されている。

【 0 1 6 9 】

また、素子基板 5 0 1 上には、駆動回路部 5 0 3、及び駆動回路部 5 0 4 a、5 0 4 b に外部からの信号 (例えば、ビデオ信号、クロック信号、スタート信号、又はリセット信号等) や電位を伝達する外部入力端子を接続するための引き回し配線 5 0 7 が設けられる

。ここでは、外部入力端子としてFPC（フレキシブルプリントサーキット）508を設ける例を示している。なお、ここではFPCしか図示されていないが、このFPCにはプリント配線基板（PWB）が取り付けられていても良い。本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それにFPCもしくはPWBが取り付けられた状態をも含むものとする。

【0170】

次に、断面構造について図5（B）を用いて説明する。素子基板501上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、ソース線駆動回路である駆動回路部503と、画素部502が示されている。

【0171】

駆動回路部503はnチャネル型TFT509とpチャネル型TFT510とを組み合わせたCMOS回路が形成される例を示している。なお、駆動回路部を形成する回路は、種々のCMOS回路、PMOS回路もしくはNMOS回路で形成しても良い。また、本実施の形態では、基板上に駆動回路を形成したドライバー体型を示すが、必ずしもその必要はなく、基板上ではなく外部に駆動回路を形成することもできる。

【0172】

また、画素部502はスイッチング用TFT511と、電流制御用TFT512と電流制御用TFT512の配線（ソース電極又はドレイン電極）に電氣的に接続された第1の電極（陽極）513とを含む複数の画素により形成される。なお、第1の電極（陽極）513の端部を覆って絶縁物514が形成されている。ここでは、ポジ型の感光性アクリル樹脂を用いることにより形成する。

【0173】

また、上層に積層形成される膜の被覆性を良好なものとするため、絶縁物514の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにするのが好ましい。例えば、絶縁物514の材料としてポジ型の感光性アクリル樹脂を用いた場合、絶縁物514の上端部に曲率半径（ $0.2\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$ ）を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物514として、ネガ型の感光性樹脂、或いはポジ型の感光性樹脂のいずれも使用することができ、有機化合物に限らず無機化合物、例えば、酸化シリコン、酸窒化シリコン等、の両者を使用することができる。

【0174】

第1の電極（陽極）513上には、EL層515及び第2の電極（陰極）516が積層形成されている。EL層515は、少なくとも発光層が設けられている。また、EL層515には、発光層の他に正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層、電荷発生層等を適宜設けることができる。なお、本発明の一態様であるカルバゾール化合物は、発光層、正孔注入層、正孔輸送層、または電子輸送層に適用することができる。

【0175】

なお、第1の電極（陽極）513、EL層515及び第2の電極（陰極）516との積層構造で、発光素子517が形成されている。第1の電極（陽極）513、EL層515及び第2の電極（陰極）516に用いる材料としては、実施の形態2に示す材料を用いることができる。また、ここでは図示しないが、第2の電極（陰極）516は外部入力端子であるFPC508に電氣的に接続されている。

【0176】

また、図5（B）に示す断面図では発光素子517を1つのみ図示しているが、画素部502において、複数の発光素子がマトリクス状に配置されているものとする。画素部502には、3種類（R、G、B）の発光が得られる発光素子をそれぞれ選択的に形成し、フルカラー表示可能な発光装置を形成することができる。また、カラーフィルタと組み合わせることによってフルカラー表示可能な発光装置としてもよい。

【0177】

さらに、シール材505で封止基板506を素子基板501と貼り合わせることにより、素子基板501、封止基板506、およびシール材505で囲まれた空間518に発光

10

20

30

40

50

素子 5 1 7 が備えられた構造になっている。なお、空間 5 1 8 には、不活性気体（窒素やアルゴン等）が充填される場合の他、シール材 5 0 5 で充填される構成も含むものとする。

【 0 1 7 8 】

なお、シール材 5 0 5 にはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。また、これらの材料はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。また、封止基板 5 0 6 に用いる材料としてガラス基板や石英基板の他、FRP (Fiber glass - Reinforced Plastics)、PVF (ポリビニルフロライド)、ポリエステルまたはアクリル等からなるプラスチック基板を用いることができる。

【 0 1 7 9 】

以上のようにして、アクティブマトリクス型の発光装置を得ることができる。

【 0 1 8 0 】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成を適宜組み合わせて用いることができる。

【 0 1 8 1 】

（実施の形態 7）

本実施の形態では、本発明の一態様であるカルバゾール化合物を含む発光素子を適用して作製された発光装置を用いて完成させた様々な電子機器の一例について、図 6 を用いて説明する。

【 0 1 8 2 】

発光装置を適用した電子機器として、例えば、テレビジョン装置（テレビ、又はテレビジョン受信機ともいう）、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機（携帯電話、携帯電話装置ともいう）、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。これらの電子機器の具体例を図 6 に示す。

【 0 1 8 3 】

図 6 (A) は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置 7 1 0 0 は、筐体 7 1 0 1 に表示部 7 1 0 3 が組み込まれている。表示部 7 1 0 3 により、映像を表示することが可能であり、発光装置を表示部 7 1 0 3 に用いることができる。また、ここでは、スタンド 7 1 0 5 により筐体 7 1 0 1 を支持した構成を示している。

【 0 1 8 4 】

テレビジョン装置 7 1 0 0 の操作は、筐体 7 1 0 1 が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機 7 1 1 0 により行うことができる。リモコン操作機 7 1 1 0 が備える操作キー 7 1 0 9 により、チャンネルや音量の操作を行うことができ、表示部 7 1 0 3 に表示される映像を操作することができる。また、リモコン操作機 7 1 1 0 に、当該リモコン操作機 7 1 1 0 から出力する情報を表示する表示部 7 1 0 7 を設ける構成としてもよい。

【 0 1 8 5 】

なお、テレビジョン装置 7 1 0 0 は、受信機やモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般のテレビ放送の受信を行うことができ、さらにモデムを介して有線又は無線による通信ネットワークに接続することにより、一方向（送信者から受信者）又は双方向（送信者と受信者間、あるいは受信者間同士など）の情報通信を行うことも可能である。

【 0 1 8 6 】

図 6 (B) はコンピュータであり、本体 7 2 0 1、筐体 7 2 0 2、表示部 7 2 0 3、キーボード 7 2 0 4、外部接続ポート 7 2 0 5、ポインティングデバイス 7 2 0 6 等を含む。なお、コンピュータは、発光装置をその表示部 7 2 0 3 に用いることにより作製される。

【 0 1 8 7 】

図 6 (C) は携帯型遊技機であり、筐体 7 3 0 1 と筐体 7 3 0 2 の 2 つの筐体で構成されており、連結部 7 3 0 3 により、開閉可能に連結されている。筐体 7 3 0 1 には表示部 7 3 0 4 が組み込まれ、筐体 7 3 0 2 には表示部 7 3 0 5 が組み込まれている。また、図

6 (C) に示す携帯型遊技機は、その他、スピーカ部 7306、記録媒体挿入部 7307、LED ランプ 7308、入力手段 (操作キー 7309、接続端子 7310、センサ 7311 (力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい又は赤外線を測定する機能を含むもの)、マイクロフォン 7312) 等を備えている。もちろん、携帯型遊技機の構成は上述のものに限定されず、少なくとも表示部 7304 および表示部 7305 の両方、又は一方に発光装置を用いていればよく、その他付属設備が適宜設けられた構成とすることができる。図 6 (C) に示す携帯型遊技機は、記録媒体に記録されているプログラム又はデータを読み出して表示部に表示する機能や、他の携帯型遊技機と無線通信を行って情報を共有する機能を有する。なお、図 6 (C) に示す携帯型遊技機が有する機能はこれに限定されず、様々な機能を有することができる。

10

【0188】

図 6 (D) は、携帯電話機の一例を示している。携帯電話機 7400 は、筐体 7401 に組み込まれた表示部 7402 の他、操作ボタン 7403、外部接続ポート 7404a、7404b、スピーカ 7405、マイク 7406 などを備えている。なお、携帯電話機 7400 は、発光装置を表示部 7402 に用いることにより作製される。

【0189】

図 6 (D) に示す携帯電話機 7400 は、表示部 7402 を指などで触れることで、情報を入力することができる。また、電話を掛ける、或いはメールを作成するなどの操作は、表示部 7402 を指などで触れることにより行うことができる。

20

【0190】

表示部 7402 の画面は主として 3 つのモードがある。第 1 は、画像の表示を主とする表示モードであり、第 2 は、文字等の情報の入力を主とする入力モードである。第 3 は表示モードと入力モードの 2 つのモードが混合した表示 + 入力モードである。

【0191】

例えば、電話を掛ける、或いはメールを作成する場合は、表示部 7402 を文字の入力を主とする文字入力モードとし、画面に表示させた文字の入力操作を行えばよい。この場合、表示部 7402 の画面のほとんどにキーボード又は番号ボタンを表示させることが好ましい。

【0192】

また、携帯電話機 7400 内部に、ジャイロ、加速度センサ等の傾きを検出するセンサを有する検出装置を設けることで、携帯電話機 7400 の向き (縦か横か) を判断して、表示部 7402 の画面表示を自動的に切り替えるようにすることができる。

30

【0193】

また、画面モードの切り替えは、表示部 7402 を触れること、又は筐体 7401 の操作ボタン 7403 の操作により行われる。また、表示部 7402 に表示される画像の種類によって切り替えるようにすることもできる。例えば、表示部に表示する画像信号が動画のデータであれば表示モード、テキストデータであれば入力モードに切り替える。

【0194】

また、入力モードにおいて、表示部 7402 の光センサで検出される信号を検知し、表示部 7402 のタッチ操作による入力が一定期間ない場合には、画面のモードを入力モードから表示モードに切り替えるように制御してもよい。

40

【0195】

表示部 7402 は、イメージセンサとして機能させることもできる。例えば、表示部 7402 に掌や指で触れ、掌紋、指紋等を撮像することで、本人認証を行うことができる。また、表示部に近赤外光を発光するバックライト又は近赤外光を発光するセンシング用光源を用いれば、指静脈、掌静脈などを撮像することもできる。

【0196】

以上のようにして、本発明の一態様である発光装置を適用して電子機器を得ることができる。発光装置の適用範囲は極めて広く、あらゆる分野の電子機器に適用することが可能

50

である。

【 0 1 9 7 】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【 0 1 9 8 】

(実施の形態 8)

本実施の形態では、本発明の一態様であるカルバゾール化合物を含む発光素子を適用して作製された発光装置を用いて完成させた照明装置の一例について、図 7 を用いて説明する。

【 0 1 9 9 】

10

図 7 は、発光装置を室内の照明装置 8 0 0 1 として用いた例である。なお、発光装置は大面積化も可能であるため、大面積の照明装置を形成することもできる。その他、曲面を有する筐体を用いることで、発光領域が曲面を有する照明装置 8 0 0 2 を形成することもできる。本実施の形態で示す発光装置に含まれる発光素子は薄膜状であり、筐体のデザインの自由度が高い。したがって、様々な意匠を凝らした照明装置を形成することができる。さらに、室内の壁面に大型の照明装置 8 0 0 3 を備えても良い。

【 0 2 0 0 】

また、発光装置をテーブルの表面に用いることによりテーブルとしての機能を備えた照明装置 8 0 0 4 とすることができる。なお、その他の家具の一部に発光装置を用いることにより、家具としての機能を備えた照明装置とすることができる。

20

【 0 2 0 1 】

以上のように、発光装置を適用した様々な照明装置が得られる。なお、これらの照明装置は本発明の一態様に含まれるものとする。

【 0 2 0 2 】

また、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【 0 2 0 3 】

なお、本発明の一態様であるカルバゾール化合物は、有機薄膜太陽電池に用いることができる。より具体的には、キャリア輸送性があるため、キャリア輸送層、キャリア注入層に用いることができる。また、アクセプター性物質との混合膜を用いることで、電荷発生層として用いることができる。また、光励起するため、発電層として用いることができる。

30

【 実施例 1 】

【 0 2 0 4 】

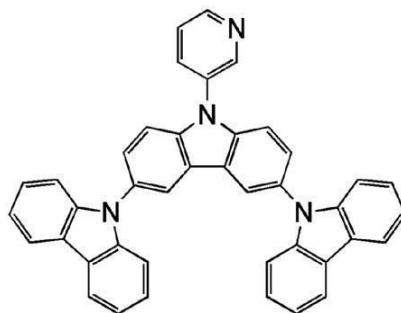
合成例 1

本実施例では、実施の形態 1 の構造式 (1 0 0) で表される本発明のカルバゾール化合物の一態様である、3 - [3 , 6 - ジ (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 9 H - カルバゾール - 9 - イル] ピリジン (略称 : C z 2 C z P y) の合成方法について説明する。なお、C z 2 C z P y (略称) の構造を以下に示す。

【 0 2 0 5 】

40

【化 20】



(100)

10

【0206】

< 3 - [3 , 6 - ジ (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 9 H - カルバゾール - 9 - イル] ピリジン (略称 : Cz2CzPy) の合成 >

200 mL 三口フラスコにて、3 - (3 , 6 - ジブロモ - 9 H - カルバゾール - 9 - イル) ピリジンを 1 . 6 g (4 . 0 mmol) 、カルバゾールを 1 . 7 g (10 mmol) 、よう化銅 (I) を 190 mg (1 . 0 mmol) 、18 - クラウン - 6 - エーテルを 530 mg (2 . 0 mmol) 、炭酸カリウムを 2 . 8 g (20 mmol) 、1 , 3 - ジメチル - 3 , 4 , 5 , 6 - テトラヒドロ - 2 (1 H) - ピリミジノン (略称 : DMPU) を 20 mL 含む混合物を、窒素雰囲気下、180 で 6 時間攪拌し、反応させた。

20

【0207】

反応後、この反応混合液に水を加えて、ろ過した。得られたる物にメタノールを加えて超音波洗浄した。これをろ取して乾燥させた後、トルエンを加えて加熱攪拌し、ろ過した。得られたる液は、シリカゲルカラムクロマトグラフィー (展開溶媒 トルエン : クロロホルム = 2 : 1) により精製した。ここで得られたフラクションを濃縮し、アセトンとメタノールを加えて超音波洗浄した後、混合物を乾燥させることにより、目的物の白色粉末を収量 2 . 2 g 、収率 96 % で得た。

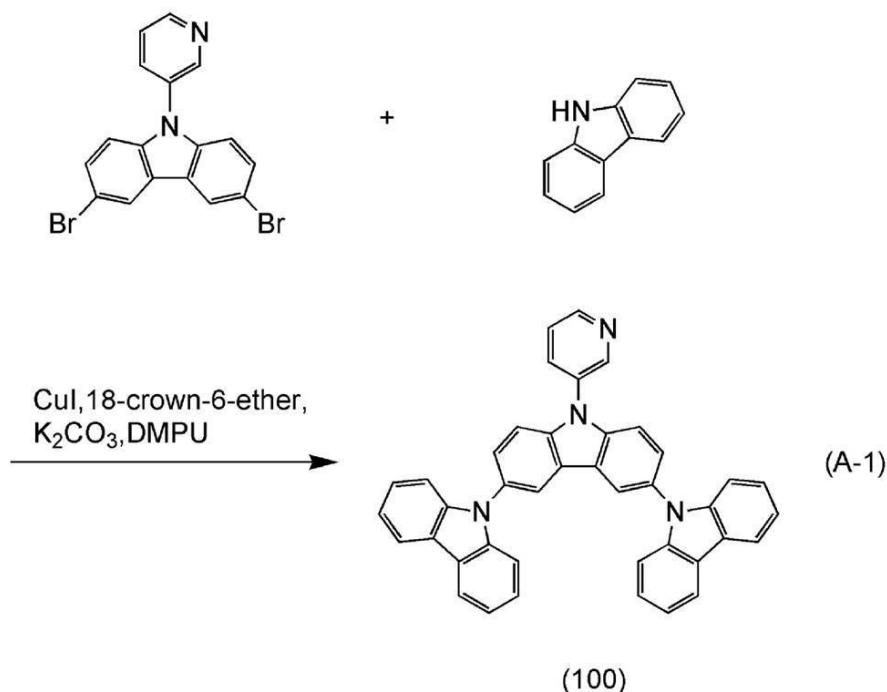
【0208】

また、上記合成方法の合成スキームを下記 (A - 1) に示す。

30

【0209】

【化 2 1】



【0 2 1 0】

なお、シリカゲル薄層クロマトグラフィー（TLC）でのR_f値（展開溶媒 酢酸エチル：ヘキサン＝1：2）は、目的物が0.28、3-（3,6-ジブromo-9H-カルバゾール-9-イル）ピリジンが0.28、カルバゾールが0.72であった。

【0 2 1 1】

上記合成法で得られた化合物の核磁気共鳴分光法（¹H-NMR）による分析結果を下記に示す。また、¹H-NMRチャートを図8に示す。なお、図8（B）は、図8（A）を拡大して表したチャートである。この結果から、上述の構造式（100）で表される本発明のカルバゾール化合物の一態様である3-〔3,6-ジ（9H-カルバゾール-9-イル）-9H-カルバゾール-9-イル〕ピリジン（略称：Cz2CzPy）が得られたことがわかった。

【0 2 1 2】

¹H NMR（CDCl₃, 300 MHz）：（ppm）＝7.25 - 7.31（m, 4H）, 7.37 - 7.41（m, 8H）, 7.60 - 7.71（m, 5H）, 8.08 - 8.11（m, 1H）, 8.16（d, J＝7.8 Hz, 4H）, 8.29（d, J＝0.9 Hz, 2H）, 8.85（dd, J＝1.6 Hz, 4.2 Hz, 1H）, 8.08（d, J＝1.8 Hz, 1H）。

【0 2 1 3】

次に、本実施例で得られた3-〔3,6-ジ（9H-カルバゾール-9-イル）-9H-カルバゾール-9-イル〕ピリジン（略称：Cz2CzPy）を液体クロマトグラフ質量分析（Liquid Chromatography Mass Spectrometry, 略称：LC/MS分析）によって分析した。

【0 2 1 4】

LC/MS分析は、LC（液体クロマトグラフィー）分離をウォーターズ社製Acquity UPLCにより、MS分析（質量分析）をウォーターズ社製Xevo G2 ToF MSにより行った。LC分離で用いたカラムはAcquity UPLC BEH C8（2.1×100mm 1.7μm）、カラム温度は40℃とした。移動相は移動相Aをアセトニトリル、移動相Bを0.1%ギ酸水溶液とした。また、サンプルは任意の濃度のCz2CzPy（略称）をトルエンに溶解し、アセトニトリルで希釈して調製し

、注入量は $5.0 \mu\text{L}$ とした。

【0215】

LC分離には移動相の組成を変化させるグラジエント法を用い、測定開始後0分から1分までが、移動相A：移動相B = 60：40、その後組成を変化させ、10分における移動相Aと移動相Bとの比が移動相A：移動相B = 95：5となるようにした。組成比変化はリニアに変化させた。

【0216】

MS分析では、エレクトロスプレーイオン化法 (ElectroSpray Ionization、略称：ESI) によるイオン化を行い、キャピラリー電圧は 3.0 kV 、サンプルコーン電圧は 30 V 、検出はポジティブモード (正イオン) で行った。なお、測定する質量範囲は $m/z = 100 \sim 1200$ とした。

10

【0217】

以上の条件でLC分離後、イオン化された成分を衝突室 (コリジョンセル) 内でアルゴンガスと衝突させてプロダクトイオンに解離させた。アルゴンを衝突させる際のエネルギー (コリジョンエネルギー) は 70 eV とした。MS分析した結果を図22に示す。

【0218】

図22の結果から、構造式 (100) で表される本発明の一態様である複素環化合物、 Cz2CzPy (略称) は、主として $m/z = 496$ 付近、 $m/z = 408$ 付近、 $m/z = 330$ 付近、 $m/z = 242$ 付近、 $m/z = 166$ 付近に部分骨格のプロダクトイオンが検出されることがわかった。なおここでいう、付近とは、LC/MS分析において、水素イオンの存在の有無や同位体の存在によりプロダクトイオンやプレカーサーイオンの数値の変化を表しており、この数値の変化も含めて、同程度の骨格に含まれることを許容範囲とする。また、図22に示す結果は、 Cz2CzPy (略称) に由来する特徴的な結果を示すものであることから、混合物中に含まれる Cz2CzPy (略称) を同定する上での重要なデータであるといえる。

20

【0219】

また、本発明の一態様である Cz2CzPy (略称) を飛行時間二次イオン質量分析計 (Time-of-flight secondary ion mass spectrometer: TOF-SIMS) にて測定した定性スペクトルについて、正イオンの場合を図23に、負イオンの場合を図24に示す。

30

【0220】

装置は、TOF-SIMS5 (ION-TOF社製)、一次イオン源は Bi_3^{++} を用いた。なお、一次イオンは、パルス幅 $7 \sim 12 \text{ nm}$ のパルス状に照射し、その照射量は $8.2 \times 10^{10} \text{ ions/cm}^2$ 以上 $6.7 \times 10^{11} \text{ ions/cm}^2$ 以下 ($1 \times 10^{12} \text{ ions/cm}^2$ 以下)、加速電圧は 25 keV 、電流値は 0.2 pA とした。試料は Cz2CzPy (略称) の粉末を用いて測定した。

【0221】

図23のTOF-SIMS分析 (正イオン) の結果から、構造式 (100) で表される本発明の一態様である複素環化合物、 Cz2CzPy (略称) ($m/z = 574.22$) は、主として $m/z = 409$ 付近、 $m/z = 166$ 付近に部分骨格のプロダクトイオンが検出されることがわかった。なお、ここでいう付近とは、測定誤差が含まれることを意味することとする。また、図23に示す結果は、図22で示したMS分析 (正イオン) により得られる Cz2CzPy (略称) の部分骨格のプロダクトイオンと類似するプロダクトイオンが得られることから、TOF-SIMSによる測定結果も同様に混合物中に含まれる Cz2CzPy (略称) を同定する上での重要なデータであるといえる。

40

【0222】

図24のTOF-SIMS分析 (負イオン) の結果からは、構造式 (100) で表される本発明の一態様である複素環化合物、 Cz2CzPy (略称) ($m/z = 574.22$) は、主として $m/z = 496$ 付近に部分骨格のプロダクトイオンが検出されることがわかった。この結果も上記と同様に混合物中に含まれる Cz2CzPy (略称) を同定する

50

上での重要なデータであるといえる。

【0223】

次に、Cz2CzPy（略称）の紫外可視吸収スペクトル（以下、単に「吸収スペクトル」という）及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V550型）を用いた。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（（株）浜松ホトニクス製 FS920）を用いた。また、吸収スペクトルおよび発光スペクトルのいずれの場合もCz2CzPy（略称）のトルエン溶液と、Cz2CzPy（略称）の薄膜について測定した。なお、トルエン溶液の場合には、石英セルに入れ、室温で測定を行った。また薄膜の場合には、石英基板に蒸着した薄膜を用い、薄膜の吸収スペクトルを測定する場合には薄膜及び石英の吸収スペクトルから石英の吸収スペクトルを差し引いて得られる値を示す。

10

【0224】

得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図9に示す。なお、図9（A）には、Cz2CzPy（略称）のトルエン溶液について測定した結果を示す。また、図9（B）には、Cz2CzPy（略称）の薄膜について測定した結果を示す。図9（A）および図9（B）において、横軸は波長（nm）、縦軸は吸収強度（任意単位）または発光強度（任意単位）を表す。また、図9（A）および図9（B）において、2本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。

【0225】

20

図9（A）に示すCz2CzPy（略称）のトルエン溶液では、342nm付近に吸収ピークが見られ、図9（B）に示すCz2CzPy（略称）の薄膜では、365nm付近に吸収ピークが見られた。

【0226】

また、図9（A）に示すCz2CzPy（略称）のトルエン溶液では、最大発光波長が381nm、398nm（励起波長295nm）、図9（B）に示すCz2CzPy（略称）の薄膜では、最大発光波長が406nm、392nm（励起波長367nm）であった。

【0227】

以上のことから、Cz2CzPy（略称）は色純度の良い青色発光を呈することが分かった。従って、青色の発光材料として用いることができる。

30

【0228】

また、Cz2CzPy（略称）のHOMO準位およびLUMO準位について、薄膜を大気中にて光電子分光装置（理研計器社製、AC-2）で測定した結果、Cz2CzPyのHOMO準位は-5.69eVであった。薄膜の吸収スペクトルのTaucプロットから吸収端は3.17eVであった。従って、固体状態のエネルギーギャップは3.17eVと見積もられ、このことはCz2CzPyのLUMO準位が-2.52eVであることを意味する。

【0229】

このことから、Cz2CzPy（略称）は比較的低いHOMO準位と高いLUMO準位、すなわち広いバンドギャップ（Bg）をもつことが分かった。

40

【0230】

また、Cz2CzPy（略称）のHOMO準位およびLUMO準位について、溶液をサイクリックボルタンメトリ（CV）で測定することにより求めた。CV測定には、電気化学アナライザー（ピー・エー・エス（株）製、型番：ALSモデル600Aまたは600C）を用いた。

【0231】

また、CV測定における溶液は、溶媒として脱水ジメチルホルムアミド（DMF）（（株）アルドリッチ製、99.8%、カタログ番号；22705-6）を用い、支持電解質である過塩素酸テトラ-n-ブチルアンモニウム（n-Bu₄NClO₄）（（株）東京

50

化成製、カタログ番号；T0836)を100mmol/Lの濃度となるように溶解させ、さらに測定対象を2mmol/Lの濃度となるように溶解させて調製した。また、作用電極としては白金電極(ビー・エー・エス(株)製、PTE白金電極)を、補助電極としては白金電極(ビー・エー・エス(株)製、VC-3用Ptカウンター電極(5cm))を、参照電極としてはAg/Ag⁺電極(ビー・エー・エス(株)製、RE7非水溶媒系参照電極)をそれぞれ用いた。また、測定は室温(20~25)とし、測定時のスキャン速度は、0.1V/secに統一した。なお、本実施例では、参照電極の真空準位に対するポテンシャルエネルギーを、-4.94eVであるとした。

【0232】

CV測定で得られる酸化ピーク電位 E_{pa} と還元ピーク電位 E_{pc} との中間の電位(半波電位)がHOMO準位に相当することから、Cz2CzPy(略称)のHOMO準位は、-5.85eVと算出された。

10

【実施例2】

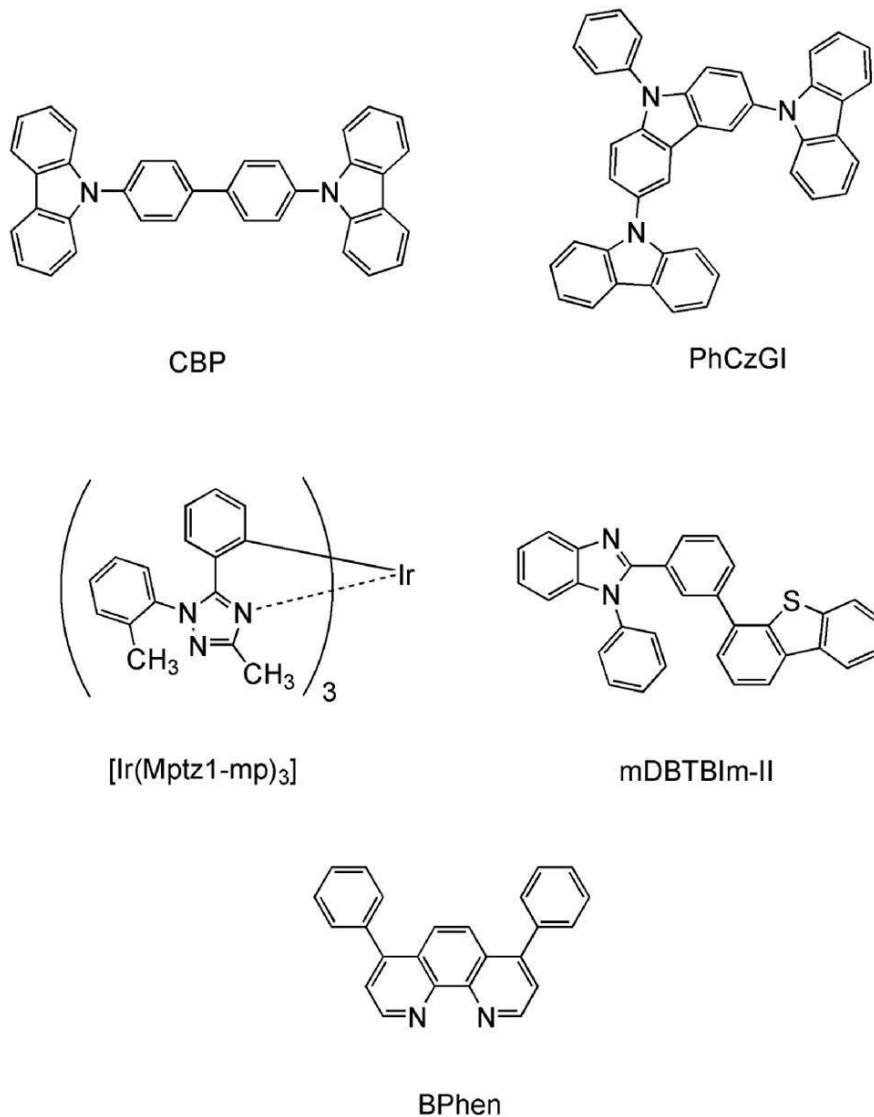
【0233】

本実施例では、本発明のカルバゾール化合物の一態様である3-[3,6-ジ(9H-カルバゾール-9-イル)-9H-カルバゾール-9-イル]ピリジン(略称：Cz2CzPy)(構造式(100))を正孔輸送層および発光層の一部に用いた発光素子1、および比較のため作製した比較発光素子1について説明する。なお、発光素子1および比較発光素子1の構造については、図10を用いて説明する。なお、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

20

【0234】

【化 2 2】



10

20

30

【 0 2 3 5】

発光素子 1 および比較発光素子 1 の作製

まず、ガラス製の基板 1 1 0 0 上に酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法により成膜し、陽極として機能する第 1 の電極 1 1 0 1 を形成した。なお、その膜厚は 1 1 0 nm とし、電極面積は 2 mm × 2 mm とした。

【 0 2 3 6】

次に、基板 1 1 0 0 上に発光素子を形成するための前処理として、基板表面を水で洗浄し、200 で 1 時間焼成した後、UV オゾン処理を 3 7 0 秒行った。

40

【 0 2 3 7】

その後、 1.0×10^{-4} Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170 で 30 分間の真空焼成を行った後、基板 1 1 0 0 を 30 分程度放冷した。

【 0 2 3 8】

次に、第 1 の電極 1 1 0 1 が形成された面が下方となるように、基板 1 1 0 0 を真空蒸着装置内に設けられたホルダーに固定した。本実施例では、真空蒸着法により、EL 層 1 1 0 2 を構成する正孔注入層 1 1 1 1、正孔輸送層 1 1 1 2、発光層 1 1 1 3、電子輸送層 1 1 1 4、電子注入層 1 1 1 5 が順次形成される場合について説明する。

【 0 2 3 9】

50

真空装置内を 1.0×10^{-4} Pa に減圧した後、4,4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル(略称:CBP)と酸化モリブデン(VI)とを、CBP(略称):酸化モリブデン=4:2(質量比)となるように共蒸着することにより、第1の電極1101上に正孔注入層1111を形成した。膜厚は60nmとした。なお、共蒸着とは、異なる複数の物質をそれぞれ異なる蒸発源から同時に蒸発させる蒸着法である。

【0240】

次に、3-[3,6-ジ(9H-カルバゾール-9-イル)-9H-カルバゾール-9-イル]ピリジン(略称:Cz2CzPy)を20nm蒸着することにより、正孔輸送層1112を形成した。

【0241】

次に、正孔輸送層1112上に発光層1113を形成した。まず、3-[3,6-ジ(9H-カルバゾール-9-イル)-9H-カルバゾール-9-イル]ピリジン(略称:Cz2CzPy)、トリス[3-メチル-1-(2-メチルフェニル)-5-フェニル-1H-1,2,4-トリアゾラト]イリジウム(III)(略称:[Ir(Mptz1-mp)₃])を、Cz2CzPy(略称):[Ir(Mptz1-mp)₃](略称)=1:0.08(質量比)となるように共蒸着した。なお、膜厚は、30nmとした。次に、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール(略称:mDBTBIm-II)、[Ir(Mptz1-mp)₃](略称)を、mDBTBIm-II(略称):[Ir(Mptz1-mp)₃](略称)=1:0.08(質量比)となるように共蒸着し、膜厚を10nmとした。以上により、積層構造を有する発光層1113を形成した。

【0242】

次に、発光層1113上にバソフェナントロリン(略称:Bphen)を15nm蒸着することにより、電子輸送層1114を形成した。さらに電子輸送層1114上にフッ化リチウムを1nm蒸着することにより、電子注入層1115を形成した。

【0243】

最後に、電子注入層1115上にアルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着し、陰極となる第2の電極1103を形成し、発光素子1を得た。なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【0244】

なお、発光素子1に対する比較素子として、比較発光素子1を作製した。比較発光素子1は、正孔輸送層1112が、3,6-ジ(9H-カルバゾール-9-イル)-9-フェニル-9H-カルバゾール(略称:PhCzGI)を膜厚20nmで蒸着することにより形成されること、正孔輸送層1112上に接して形成される1層目の発光層が、3,6-ジ(9H-カルバゾール-9-イル)-9-フェニル-9H-カルバゾール(略称:PhCzGI)、トリス[3-メチル-1-(2-メチルフェニル)-5-フェニル-1H-1,2,4-トリアゾラト]イリジウム(III)(略称:[Ir(Mptz1-mp)₃])を、PhCzGI(略称):[Ir(Mptz1-mp)₃](略称)=1:0.08(質量比)となるように膜厚30nmで共蒸着により形成されること以外は発光素子1と同様の方法により形成した。

【0245】

以上により得られた発光素子1および比較発光素子1の素子構造を表1に示す。

【0246】

【表 1】

	第1の電極	正孔注入層	正孔輸送層	発光層		電子輸送層	電子注入層	第2の電極
発光素子 1	ITSO (110nm)	CBP:MoOx (4:2 60nm)	Cz2CzPy (20nm)	*	**	Bphen (15nm)	LiF(1nm)	Al (200nm)
比較 発光素子 1	ITSO (110nm)	CBP:MoOx (4:2 60nm)	PhCzGI (20nm)	***	****	Bphen (15nm)	LiF(1nm)	Al (200nm)

* Cz2CzPy: [Ir(Mptz1-mp)₃] (1:0.08 30nm)

** mDBTBIIm-II: [Ir(Mptz1-mp)₃] (1:0.08 10nm)

*** PhCzGI: [Ir(Mptz1-mp)₃] (1:0.08 30nm)

**** mDBTBIIm-II: [Ir(Mptz1-mp)₃] (1:0.08 10nm)

10

【0247】

また、作製した発光素子1および比較発光素子1は、大気に曝されないように窒素雰囲気グローブボックス内において封止した（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に80℃にて1時間熱処理）。

【0248】

発光素子1および比較発光素子1の動作特性

作製した発光素子1および比較発光素子1の動作特性について測定した。なお、測定は室温（25℃）に保たれた雰囲気で行った。

20

【0249】

まず、発光素子1および比較発光素子1の輝度-電流効率特性を図11、輝度-色度特性を図12、輝度-パワー効率特性を図13にそれぞれ示す。

【0250】

図11より、本発明のカルバゾール化合物の一態様である3-[3,6-ジ(9H-カルバゾール-9-イル)-9H-カルバゾール-9-イル]ピリジン（略称：Cz2CzPy）を正孔輸送層および発光層の一部にホスト材料として用いた発光素子1は、低消費電力で高効率な素子であることがわかった。また、図12より、発光素子1は、各輝度でキャリアバランスの良い素子であることが分かった。

30

【0251】

また、1000cd/m²付近における発光素子1および比較発光素子1の主な初期特性値を以下の表2に示す。

【0252】

【表2】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度(x,y)	輝度 (cd/m ²)	電流効率 (cd/A)	パワー効率 (lm/W)
発光素子 1	5.4	0.07	1.9	(0.19,0.33)	510	27	16
比較 発光素子1	5.2	0.21	5.3	(0.19,0.32)	1300	24	14

40

【0253】

上記、表2の結果からも本実施例で作製した発光素子1は、高輝度であり、高い電流効率を示していることが分かる。さらに、色純度に関しては、純度の良い青色発光を示すことが分かる。

【0254】

また、発光素子1および比較発光素子1に2.5mA/cm²の電流密度で電流を流し

50

た際の発光スペクトルを、図 1 4 に示す。図 1 4 に示す通り、発光素子 1 および比較発光素子 1 の発光スペクトルは、いずれも 4 7 0 n m 付近にピークを有しており、発光層 1 1 1 3 に含まれる $[Ir(Mptz1 - mp)_3]$ (略称) の発光に由来していることがわかった。

【 0 2 5 5 】

従って、本発明のカルバゾール化合物の一態様である 3 - [3 , 6 - ジ (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 9 H - カルバゾール - 9 - イル] ピリジン (略称 : Cz2CzPy) は、青色よりも高い T 1 準位を有し、可視域 (青色から長波長) の燐光 (および蛍光) を呈する素子のホスト材料やキャリア輸送材料に用いることができることがわかった。

【 0 2 5 6 】

また、発光素子 1 についての信頼性試験を行った。信頼性試験の結果を図 1 5 に示す。図 1 5 において、縦軸は初期輝度を 1 0 0 % とした時の規格化輝度 (%) を示し、横軸は素子の駆動時間 (h) を示す。なお、信頼性試験は、初期輝度を 3 0 0 c d / m ² に設定し、電流密度一定の条件で発光素子 1 を駆動させた。その結果、発光素子 1 の 1 0 時間後の輝度は、初期輝度の 7 5 % を保っていた。したがって、本発明のカルバゾール化合物の一態様である Cz2CzPy (略称) を正孔輸送層および発光層の一部に用いた発光素子 1 は、高い信頼性を示すことがわかった。また、本発明のカルバゾール化合物を発光素子に用いることにより、長寿命の発光素子を得られることがわかった。

【 実施例 3 】

【 0 2 5 7 】

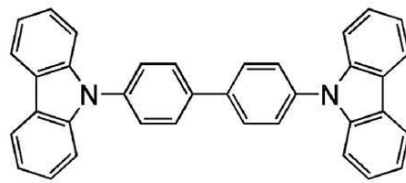
本実施例では、本発明のカルバゾール化合物の一態様である 3 - [3 , 6 - ジ (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 9 H - カルバゾール - 9 - イル] ピリジン (略称 : Cz2CzPy) (構造式 (1 0 0)) を発光層の一部に用いた発光素子 2、および比較のために作製した比較発光素子 2 について説明する。なお、本実施例における発光素子 2 および比較発光素子 2 の説明には、実施例 1 で説明に用いた図 1 0 を用いることとする。また、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

【 0 2 5 8 】

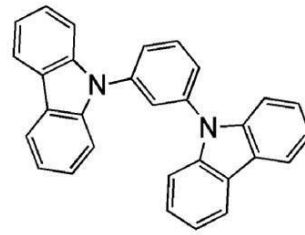
10

20

【化 2 3】

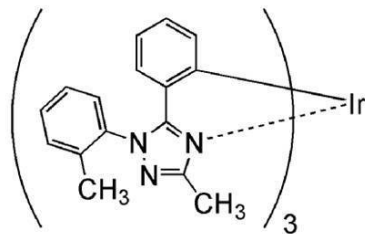
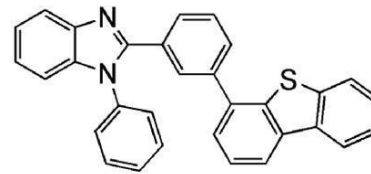


CBP



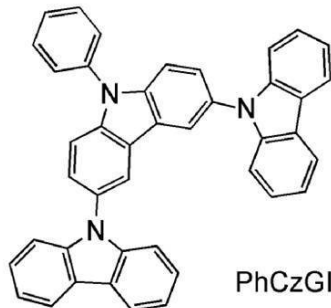
mCP

10

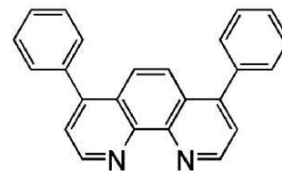
[Ir(Mptz1-mp)₃]

mDBTBlm-II

20



PhCzGI



BPhen

30

【 0 2 5 9 】

発光素子 2 および比較発光素子 2 の作製

まず、ガラス製の基板 1 1 0 0 上に酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法により成膜し、陽極として機能する第 1 の電極 1 1 0 1 を形成した。なお、その膜厚は 1 1 0 nm とし、電極面積は 2 mm × 2 mm とした。

【 0 2 6 0 】

次に、基板 1 1 0 0 上に発光素子を形成するための前処理として、基板表面を水で洗浄し、200 °C で 1 時間焼成した後、UV オゾン処理を 3 7 0 秒行った。

40

【 0 2 6 1 】

その後、 1.0×10^{-4} Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170 °C で 3 0 分間の真空焼成を行った後、基板 1 1 0 0 を 3 0 分程度放冷した。

【 0 2 6 2 】

次に、第 1 の電極 1 1 0 1 が形成された面が下方となるように、基板 1 1 0 0 を真空蒸着装置内に設けられたホルダーに固定した。本実施例では、真空蒸着法により、EL 層 1 1 0 2 を構成する正孔注入層 1 1 1 1、正孔輸送層 1 1 1 2、発光層 1 1 1 3、電子輸送層 1 1 1 4、電子注入層 1 1 1 5 が順次形成される場合について説明する。

【 0 2 6 3 】

50

真空装置内を 1.0×10^{-4} Pa に減圧した後、4,4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル(略称:CBP)と酸化モリブデン(VI)とを、CBP(略称):酸化モリブデン=4:2(質量比)となるように共蒸着することにより、第1の電極1101上に正孔注入層1111を形成した。膜厚は60nmとした。なお、共蒸着とは、異なる複数の物質をそれぞれ異なる蒸発源から同時に蒸発させる蒸着法である。

【0264】

次に、1,3-ビス(N-カルバゾリル)ベンゼン(略称:mCP)を20nm蒸着することにより、正孔輸送層1112を形成した。

【0265】

次に、正孔輸送層1112上に発光層1113を形成した。まず、3-[3,6ジ-(9H-カルバゾール-9-イル)-9H-カルバゾール-9-イル]ピリジン(略称:Cz2CzPy)、トリス[3-メチル-1-(2-メチルフェニル)-5-フェニル-1H-1,2,4-トリアゾラト]イリジウム(III)(略称:[Ir(Mptz1-mp)₃])を、Cz2CzPy(略称):[Ir(Mptz1-mp)₃](略称)=1:0.08(質量比)となるように共蒸着した。なお、膜厚は、30nmとした。次に、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール(略称:mDBTBIm-III)、[Ir(Mptz1-mp)₃](略称)を、mDBTBIm-III(略称):[Ir(Mptz1-mp)₃](略称)=1:0.08(質量比)となるように共蒸着し、膜厚を10nmとした。以上により、積層構造を有する発光層1113を形成した。

【0266】

次に、発光層1113上にバソフェナントロリン(略称:Bphen)を15nm蒸着することにより、電子輸送層1114を形成した。さらに電子輸送層1114上にフッ化リチウムを1nm蒸着することにより、電子注入層1115を形成した。

【0267】

最後に、電子注入層1115上にアルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着し、陰極となる第2の電極1103を形成し、発光素子2を得た。なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【0268】

なお、発光素子2に対する比較素子として、比較発光素子2を作製した。比較発光素子2は、正孔輸送層1112上に接して形成される1層目の発光層が、3,6-ジ(9H-カルバゾール-9-イル)-9-フェニル-9H-カルバゾール(略称:PhCzGI)、トリス[3-メチル-1-(2-メチルフェニル)-5-フェニル-1H-1,2,4-トリアゾラト]イリジウム(III)(略称:[Ir(Mptz1-mp)₃])を、PhCzGI(略称):[Ir(Mptz1-mp)₃](略称)=1:0.08(質量比)となるように膜厚30nmで共蒸着により形成されること以外は発光素子2と同様の方法により形成した。

【0269】

以上により得られた発光素子2および比較発光素子2の素子構造を表3に示す。

【0270】

10

20

30

40

【表 3】

	第1の電極	正孔注入層	正孔輸送層	発光層		電子輸送層	電子注入層	第2の電極
発光素子 2	ITSO (110nm)	CBP:MoO _x (4:2 60nm)	mCP (20nm)	*	**	Bphen (15nm)	LiF(1nm)	Al (200nm)
比較 発光素子2	ITSO (110nm)	CBP:MoO _x (4:2 60nm)	mCP (20nm)	***	****	Bphen (15nm)	LiF(1nm)	Al (200nm)

* Cz2CzPy: [Ir(Mptz1-mp)₃] (1:0.08 30nm)

** mDBTBIm II: [Ir(Mptz1-mp)₃] (1:0.08 10nm)

*** PhCzGI: [Ir(Mptz1-mp)₃] (1:0.08 30nm)

**** mDBTBIm II: [Ir(Mptz1-mp)₃] (1:0.08 10nm)

10

【0271】

また、作製した発光素子2および比較発光素子2は、大気に曝されないように窒素雰囲気グローブボックス内において封止した（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に80℃にて1時間熱処理）。

【0272】

発光素子2および比較発光素子2の動作特性

作製した発光素子2および比較発光素子2の動作特性について測定した。なお、測定は室温（25℃）に保たれた雰囲気で行った。

20

【0273】

まず、発光素子2および比較発光素子2の輝度-電流効率特性を図16、輝度-色度特性を図17、輝度-パワー効率特性を図18にそれぞれ示す。

【0274】

図16より、本発明のカルバゾール化合物の一態様である3-[3,6-ジ(9H-カルバゾール-9-イル)-9H-カルバゾール-9-イル]ピリジン（略称：Cz2CzPy）を正孔輸送層および発光層の一部にホスト材料として用いた発光素子2は、低消費電力で高効率な素子であることがわかった。また、図17より、発光素子2は、各輝度でキャリアバランスの良い素子であることが分かった。

30

【0275】

また、1000 cd/m²付近における発光素子2および比較発光素子2の主な初期特性値を以下の表4に示す。

【0276】

【表4】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度(x,y)	輝度 (cd/m ²)	電流効率 (cd/A)	パワー効率 (lm/W)
発光素子 2	5.4	0.057	1.4	(0.19,0.33)	450	32	18
比較 発光素子2	5.0	0.095	2.4	(0.19,0.33)	620	26	17

40

【0277】

上記、表4の結果からも本実施例で作製した発光素子2は、高輝度であり、高い電流効率を示していることが分かる。

【0278】

また、発光素子2および比較発光素子2に2.5 mA/cm²の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを、図19に示す。図19に示す通り、発光素子2および比較発光

50

素子 2 の発光スペクトルはいずれも 470 nm 付近にピークを有しており、発光層 1113 に含まれる $[\text{Ir}(\text{Mptz1-mp})_3]$ (略称) の発光に由来していることがわかった。

【0279】

従って、本発明のカルバゾール化合物の一態様である 3-[3,6-ジ(9H-カルバゾール-9-イル)-9H-カルバゾール-9-イル]ピリジン(略称: Cz2CzPy) は、青色よりも高い T1 準位を有し、可視域(青色から長波長)の燐光(および蛍光)を呈する素子のホスト材料やキャリア輸送材料に用いることができることがわかった。

【0280】

以上により、本発明のカルバゾール化合物は、ホール輸送骨格であるカルバゾール骨格と、電子輸送骨格であるピリジン骨格を有するため、ホール及び電子の両キャリアを好適に輸送する。そのため、発光層でホスト材料としてそのカルバゾール化合物を用いると、発光材料であるドーパント材料に好適にキャリアを注入することができる。また、本実施例の発光素子 2 で示したようにホール輸送層と接する発光層(上記、1 層目の発光層)に本発明のカルバゾール化合物を用い、ホール輸送層に本発明のカルバゾール化合物よりも LUMO 準位の高い材料(たとえば、mCP(略称))を用いることにより発光効率を高めることができる。これは、電子を 1 層目の発光層(または 1 層目の発光層とホール輸送層との界面付近)でブロックできるためであると考えられる。また、本実施例の発光素子 2 で示したようにホール輸送層と接する発光層(上記、1 層目の発光層)に本発明のカルバゾール化合物を用い、1 層目の発光層および電子輸送層と接する発光層(上記、2 層目の発光層)に本発明のカルバゾール化合物よりも HOMO 準位の低い材料(たとえば、mDBTBI-m-II(略称))を用いることにより発光効率を高めることができる。これは、ホールを 2 層目の発光層(または 2 層目の発光層と電子輸送層との界面付近)でブロックできるためであると考えられる。

【0281】

また、発光素子 2 についての信頼性試験を行った。信頼性試験の結果を図 20 に示す。図 20 において、縦軸は初期輝度を 100% とした時の規格化輝度(%)を示し、横軸は素子の駆動時間(h)を示す。なお、信頼性試験は、初期輝度を 300 cd/m² に設定し、電流密度一定の条件で発光素子 2 を駆動させた。その結果、発光素子 2 の 30 時間後の輝度は、初期輝度の 60% を保っていた。したがって、本発明のカルバゾール化合物の一態様である Cz2CzPy(略称)を発光層の一部にホスト材料として用いた発光素子 2 は、高い信頼性を示すことがわかった。また、本発明のカルバゾール化合物を発光素子に用いることにより、長寿命の発光素子が得られることがわかった。

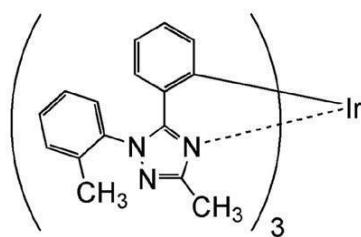
【0282】

(参考合成例 1)

上記実施例 2 および実施例 3 で用いたトリス[3-メチル-1-(2-メチルフェニル)-5-フェニル-1H-1,2,4-トリアゾラト]イリジウム(III)(略称: $[\text{Ir}(\text{Mptz1-mp})_3]$) の合成方法について具体的に説明する。なお、 $[\text{Ir}(\text{Mptz1-mp})_3]$ の構造を以下に示す。

【0283】

【化 2 4】

[Ir(Mptz1-mp)₃]

10

【 0 2 8 4】

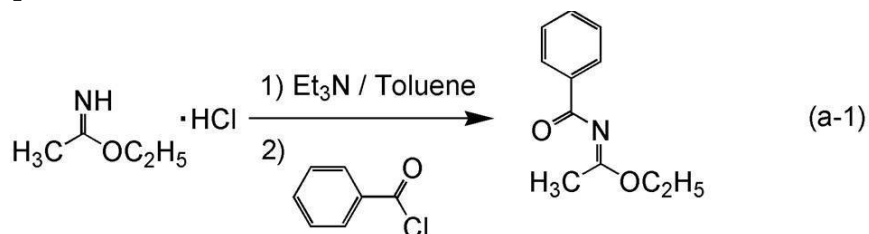
<ステップ 1 ; N - (1 - エトキシエチリデン) ベンズアミドの合成 >

まず、アセトイミド酸エチル塩酸塩 15.5 g、トルエン 150 mL、トリエチルアミン (Et₃N) 31.9 g を 500 mL ミツコフラスコに入れ、室温で 10 分間撹拌した。この混合物にベンゾイルクロリド 17.7 g とトルエン 30 mL の混合溶液を 50 mL 滴下ロートより滴下し、室温で 24 時間撹拌した。所定時間経過後、反応混合物を吸引ろ過し、固体をトルエンで洗浄した。得られたる液を、濃縮して N - (1 - エトキシエチリデン) ベンズアミドを得た (赤色油状物、収率 82 %)。ステップ 1 の合成スキームを下記 (a - 1) に示す。

20

【 0 2 8 5】

【化 2 5】



(a-1)

30

【 0 2 8 6】

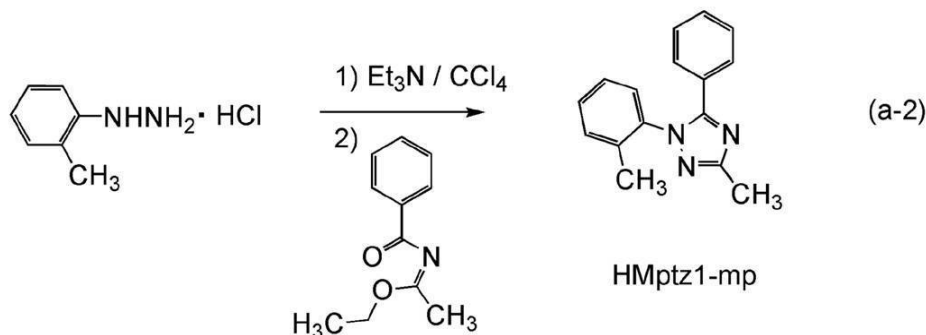
<ステップ 2 ; 3 - メチル - 1 - (2 - メチルフェニル) - 5 - フェニル - 1 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾール (略称 : H M p t z 1 - m p) の合成 >

次に、o - トリルヒドラジン塩酸塩 8.68 g、四塩化炭素 100 mL、トリエチルアミン (Et₃N) 35 mL を 300 mL ナスフラスコに入れ、室温で 1 時間撹拌した。所定時間経過後、この混合物に上記ステップ 1 で得られた N - (1 - エトキシエチリデン) ベンズアミド 8.72 g を加えて室温で 24 時間撹拌した。所定時間経過後、反応混合物に水を加え、水層をクロロホルムで抽出した。この有機層を飽和食塩水で洗浄し、無水硫酸マグネシウムを加えて乾燥させた。得られた混合物を自然濾過し、ろ液を濃縮して油状物を得た。得られた油状物をシリカゲルカラムクロマトグラフィーにより精製した。展開溶媒にはジクロロメタンを用いた。得られたフラクションを濃縮して、3 - メチル - 1 - (2 - メチルフェニル) - 5 - フェニル - 1 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾール (略称 : H M p t z 1 - m p) を得た (橙色油状物、収率 84 %)。ステップ 2 の合成スキームを下記 (a - 2) に示す。

40

【 0 2 8 7】

【化 2 6】



10

【 0 2 8 8】

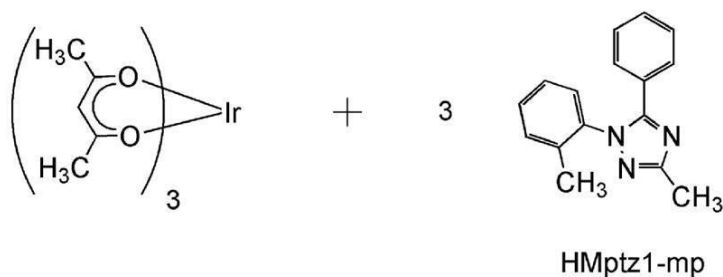
<ステップ 3 ; トリス [3 - メチル - 1 - (2 - メチルフェニル) - 5 - フェニル - 1 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト] イリジウム (I I I) (略称 : [I r (M p t z 1 - m p)₃]) の合成 >

次に、上記ステップ 2 で得られた配位子 HM p t z 1 - m p 2 . 7 1 g、トリス (アセチルアセトナト) イリジウム (I I I) 1 . 0 6 g を、三方コックを付けた反応容器に入れた。この反応容器をアルゴン置換し、250℃にて48時間加熱し、反応させた。この反応混合物をジクロロメタンに溶解し、シリカゲルカラムクロマトグラフィーにより精製した。展開溶媒には、まず、ジクロロメタン用い、次いでジクロロメタン : 酢酸エチル = 10 : 1 (v / v) の混合溶媒を用いた。得られたフラクションを濃縮して固体を得た。この固体を酢酸エチルで洗浄し、次いで、ジクロロメタンと酢酸エチルの混合溶媒にて再結晶し、本発明の一態様である有機金属錯体 [I r (M p t z 1 - m p)₃] を得た (黄色粉末、収率 3 5 %)。ステップ 3 の合成スキームを下記 (a - 3) に示す。

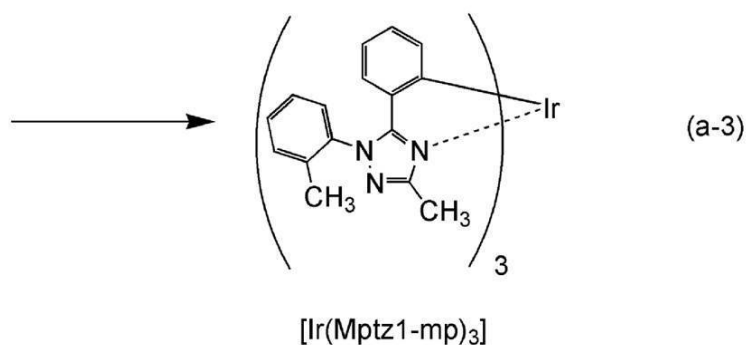
20

【 0 2 8 9】

【化 2 7】



30



40

【 0 2 9 0】

上記ステップ 3 で得られた黄色粉末の核磁気共鳴分光法 (¹ H N M R) による分析結果を下記に示す。この結果から、上述の有機金属錯体 [I r (M p t z 1 - m p)₃] が得られたことがわかった。

50

【 0 2 9 1 】

得られた物質の ^1H NMR データを以下に示す。

^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz) : (ppm) = 1.94 - 2.21 (m, 18H), 6.47 - 6.76 (m, 12H), 7.29 - 7.52 (m, 12H)。

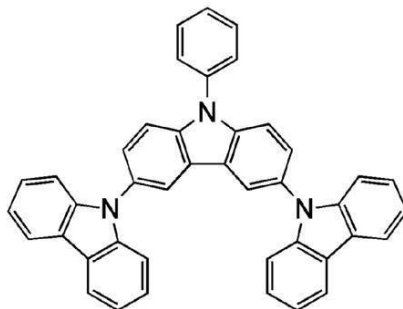
【 0 2 9 2 】

(参考合成例 2)

上記実施例 2 および実施例 3 で用いた 3, 6 - ジ (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール (略称 : PhCzGI) の合成方法について具体的に説明する。なお、PhCzGI (略称) の構造を以下に示す。

【 0 2 9 3 】

【 化 2 8 】



PhCzGI

【 0 2 9 4 】

< 3, 6 - ジ (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール (略称 : PhCzGI) の合成 >

まず、200 mL 三口フラスコにて、3, 6 - ジブromo - 9 - フェニル - 9 H - カルバゾールを 2.8 g (7.0 mmol)、カルバゾールを 2.7 g (16 mmol)、よう化銅 (I) を 1.9 g (10 mmol)、18 - クラウン - 6 - エーテルを 2.5 g (10 mmol)、炭酸カリウムを 2.8 g (20 mmol)、1, 3 - ジメチル - 3, 4, 5, 6 - テトラヒドロ - 2 (1 H) - ピリミジノン (略称 : DMPU) を 20 mL 含む混合物を、窒素雰囲気下、180 で 3.5 時間攪拌し、反応させた。

【 0 2 9 5 】

反応後、この反応混合物に水を加えて、ろ過した。得られたろ物にメタノールを加えて超音波洗浄した。これをろ取して乾燥させた後、トルエンを加えて混合物を加熱攪拌し、ろ過した。得られたろ液を、シリカゲルカラムクロマトグラフィーにより精製した。得られたフラクションを再結晶したところ、目的物の白色粉末を収量 1.5 g、収率 38 % で得た。また、上記反応を下記スキーム (b - 1) に示す。

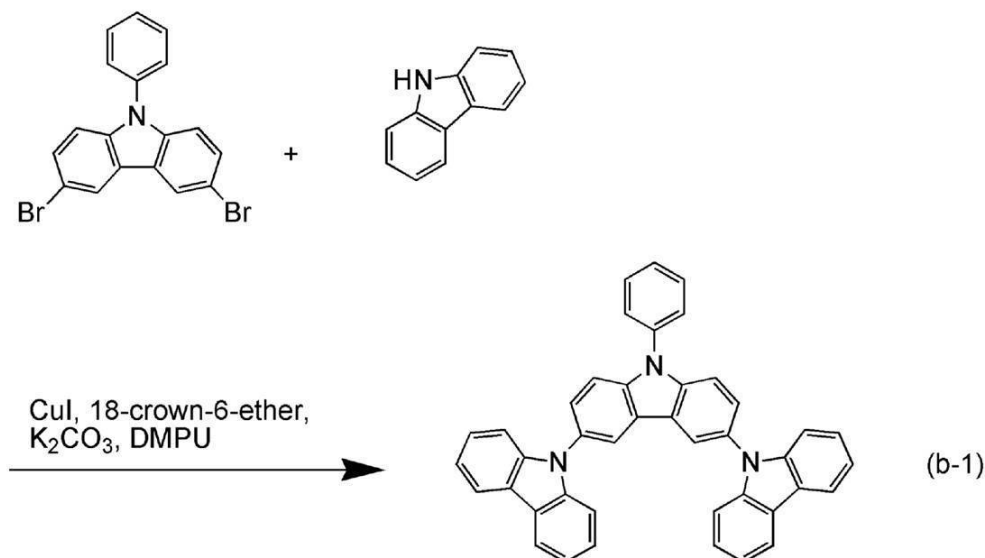
【 0 2 9 6 】

10

20

30

【化 2 9】



【0 2 9 7】

シリカゲル薄層クロマトグラフィー（TLC）でのR_f値（展開溶媒 酢酸エチル：ヘキサン＝1：10）は、目的物は0.32、3,6-ジブromo-9-フェニル-9H-カルバゾールは0.73、カルバゾールは0.18だった。

20

【0 2 9 8】

上記合成方法で得られた化合物の核磁気共鳴分光法（¹H NMR）による分析結果を下記に示す。この結果から、上述のPhCzGI（略称）が得られたことがわかった。

【0 2 9 9】

得られた物質の¹H NMRデータを以下に示す。

¹H NMR (CDCl₃, 300 MHz): (ppm) = 7.26 - 7.32 (m, 4H), 7.40 (d, J = 3.3 Hz, 8H), 7.57 - 7.74 (m, 9H), 8.16 (d, J = 7.5 Hz, 4H), 8.28 (d, J = 1.5 Hz, 2H)。

【実施例 4】

30

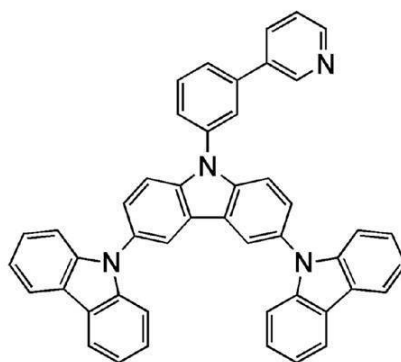
【0 3 0 0】

合成例 2

本実施例では、実施の形態1の構造式(101)で表される本発明のカルバゾール化合物の一態様である、3-{3-[3,6-ジ-(9H-カルバゾール-9-イル)-9H-カルバゾール-9-イル]フェニル}ピリジン（略称：mCz2CzPPy）の合成方法について説明する。なお、mCz2CzPPy（略称）の構造を以下に示す。

【0 3 0 1】

【化 3 0】



(101)

10

【 0 3 0 2】

< 3 - [3 - (3 , 6 - ジブロモ - 9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] ピリジン (略称 : C z 2 C z P P y) の合成 >

200 ml ナスフラスコに 3 - [3 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル - フェニル)] ピリジン 1 . 3 g (3 . 9 6 m m o l)、N - ブロモこはく酸イミド (略称 ; N B S) 0 . 7 1 g (4 . 0 m m o l)、酢酸エチル 50 ml を入れ、5 1 時間混合物を攪拌した。所定時間攪拌後、N - ブロモこはく酸イミド (略称 ; N B S) 0 . 7 1 g (4 . 0 m m o l) を加え、4 5 時間攪拌した。反応終了後、水を加えて混合物を攪拌した後、濾過した。得られた濾物に水を加え、超音波を照射し濾過をし、ろ物を得た。得られた固体を乾燥させ、目的物の白色固体を 1 . 5 g、収率 8 1 % で得た。

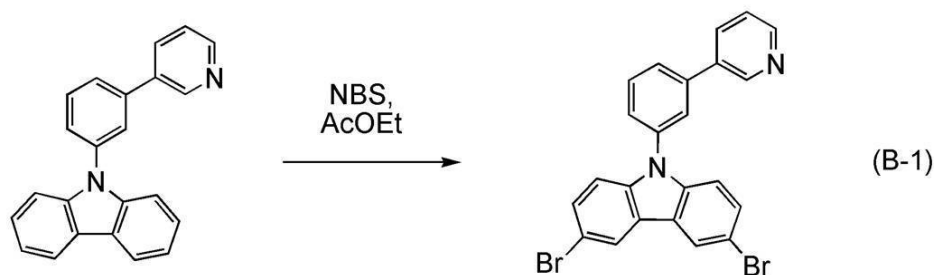
20

【 0 3 0 3】

また、上記合成方法の合成スキームを下記 (B - 1) に示す。

【 0 3 0 4】

【化 3 1】



(B-1)

30

【 0 3 0 5】

< 3 - { 3 - [3 , 6 - ジ - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 9 H - カルバゾール - 9 - イル] フェニル } ピリジン (略称 : m C z 2 C z P P y) の合成 >

40

【 0 3 0 6】

100 ml 三口フラスコに 3 - [3 - (3 , 6 - ジブロモ - 9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] ピリジン 0 . 9 g (1 . 9 m m o l)、カルバゾール 700 mg (4 . 2 m m o l)、炭酸カリウム 1 . 2 g (8 . 4 m m o l)、18 クラウン - 6 - エーテル 110 mg (0 . 421 m m o l)、1 , 3 - ジメチル - 3 , 4 , 5 , 6 - テトラヒドロ - 2 (1 H) - ピリミジノン (略称 : D M P U) 約 3 ml を入れ、減圧下で混合物を攪拌することにより脱気した。この混合物にヨウ化銅 (I) 80 mg (0 . 42 m m o l) を加え、窒素気流下 180 で 24 時間攪拌した。所定時間攪拌後、混合物に水を加え吸引濾過し、濾物を濾紙にはさみ乾燥させた。濾物をトルエンに加え混合物を加熱し、セライトを通して濾過をした。

50

【 0 3 0 7 】

得られた濾液をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（トルエンとクロロホルムの混合溶液で精製した後、ヘキサンとトルエンの混合溶液で精製した）により精製して褐色固体を得た。褐色固体にメタノールとアセトンの混合溶液を加えて超音波を照射して懸濁させ、懸濁液を吸引濾過し微褐色固体を得た。微褐色固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（ヘキサン：トルエン＝１：１）により精製して微褐色固体を得た。微褐色固体に酢酸エチルを加え超音波を照射して懸濁させ吸引濾過し、白色固体を得た。白色固体にヘキサンを加え超音波を照射して懸濁させ吸引濾過し、目的物の白色固体 3 9 0 m g を収率 3 2 % で得た。

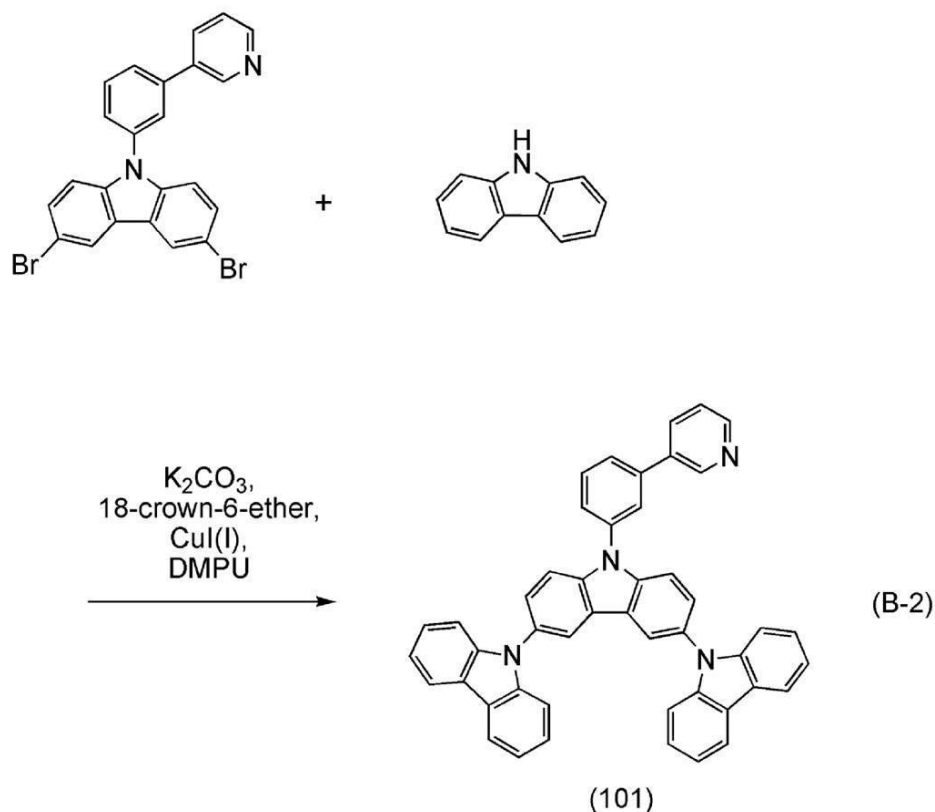
【 0 3 0 8 】

10

また、上記合成方法の合成スキームを下記（Ｂ－２）に示す。

【 0 3 0 9 】

【 化 3 2 】



20

30

【 0 3 1 0 】

上記合成法で得られた化合物の核磁気共鳴分光法（ ^1H -NMR）による分析結果を下記に示す。また、 ^1H -NMRチャートを図 2 1（Ａ）（Ｂ）に示す。なお、図 2 1（Ｂ）は、図 2 1（Ａ）を拡大して表したチャートである。この結果から、上述の構造式（１ 0 1）で表される本発明のカルバゾール化合物の一態様である 3 - { 3 - [3 , 6 - ジ - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 9 H - カルバゾール - 9 - イル] フェニル } ピリジン（略称：m C z 2 C z P P y）が得られたことがわかった。

40

【 0 3 1 1 】

^1H NMR (CDCl₃, 300 MHz) : (ppm) = 7.27 - 7.31 (m, 4H), 7.38 - 7.47 (m, 9H), 7.63 (dd, J = 8.7 Hz, J = 2.1 Hz, 2H), 7.71 (d, J = 9.0 Hz, 2H), 7.78 - 7.84 (m, 3H), 7.96 - 8.03 (m, 2H), 8.16 (d, J = 7.8 Hz, 4H), 8.30 (d, J = 2.1 Hz, 2H), 8.68 (dd, J = 4.8 Hz, J = 1.5 Hz, 1H), 9.0 (d, J = 1.5 H

50

z, 1H)。

【0312】

mCz2CzPPy (略称)の薄膜を大気中にて光電子分光装置(理研計器社製、AC-2)で測定した結果、mCz2CzPPyのHOMO準位は-5.62 eVであった。薄膜の吸収スペクトルのTaucプロットから吸収端は3.14 eVであった。従って、固体状態のエネルギーギャップは3.14 eVと見積もられ、このことはmCz2CzPPyのLUMO準位が-2.48 eVであることを意味する。

【0313】

このことから、mCz2CzPPy (略称)は比較的低いHOMO準位と高いLUMO準位、すなわち広いバンドギャップ(Bg)をもつことが分かった。

10

【0314】

また、mCz2CzPPy (略称)のHOMO準位およびLUMO準位について、サイクリックボルタムメトリ(CV)測定を行うことにより求めた。CV測定には、電気化学アナライザー(ピー・エー・エス(株)製、型番:ALSモデル600Aまたは600C)を用いた。

【0315】

CV測定で得られる酸化ピーク電位 E_{pa} と還元ピーク電位 E_{pc} との中間の電位(半波電位)がHOMO準位に相当することから、mCz2CzPPy (略称)のHOMO準位は、-5.75 eV、LUMO準位は-2.31 eVと算出された。

【0316】

20

以上のことから、本発明のカルバゾール化合物は、比較的低いHOMO準位と高いLUMO準位、すなわち広いバンドギャップ(Bg)をもつことが分かった。発光層のホスト材料は、発光材料よりHOMO準位が同等か深いことが好ましく、LUMO準位は同等か浅いことが好ましい。そのため、本発明のカルバゾール化合物は発光層のホスト材料に好適に用いることができることが分かった。特に、ピリジン系発光材料(ピリジン骨格にイリジウムがオルトメタル結合している材料)である[Ir(ppy)₂(acac)] (略称)や[Ir(ppy)₃] (略称)などは、[Ir(ppy)₂(acac)]のHOMO準位が-5.41 eV、LUMO準位が-2.39 eV、[Ir(ppy)₃]のHOMO準位が-5.32 eV、LUMO準位が-2.29 eVと、本発明のカルバゾール化合物がホスト材料として好適であることが分かった(どちらも、CV測定の値)。

30

【符号の説明】

【0317】

- 101 第1の電極
- 102 EL層
- 103 第2の電極
- 111 正孔注入層
- 112 正孔輸送層
- 113 発光層
- 114 電子輸送層
- 115 電子注入層
- 116 電荷発生層
- 201 陽極
- 202 陰極
- 203 EL層
- 204 発光層
- 205 燐光性化合物
- 206 第1の有機化合物
- 207 第2の有機化合物
- 301 第1の電極
- 302(1) 第1のEL層

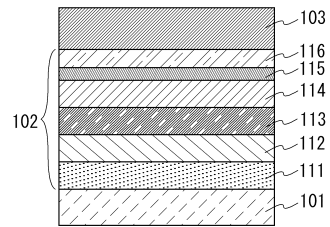
40

50

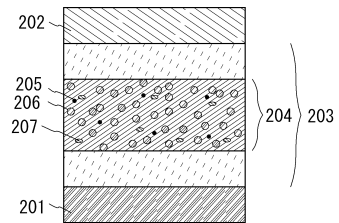
3 0 2 (2)	第 2 の E L 層	
3 0 2 (n - 1)	第 (n - 1) の E L 層	
3 0 2 (n)	第 (n) の E L 層	
3 0 4	第 2 の電極	
3 0 5	電荷発生層 (I)	
3 0 5 (1)	第 1 の電荷発生層 (I)	
3 0 5 (2)	第 2 の電荷発生層 (I)	
3 0 5 (n - 2)	第 (n - 2) の電荷発生層 (I)	
3 0 5 (n - 1)	第 (n - 1) の電荷発生層 (I)	
4 0 1	反射電極	10
4 0 2	半透過・半反射電極	
4 0 3 a	第 1 の透明導電層	
4 0 3 b	第 2 の透明導電層	
4 0 4 B	第 1 の発光層 (B)	
4 0 4 G	第 2 の発光層 (G)	
4 0 4 R	第 3 の発光層 (R)	
4 0 5	E L 層	
4 1 0 R	第 1 の発光素子 (R)	
4 1 0 G	第 2 の発光素子 (G)	
4 1 0 B	第 3 の発光素子 (B)	20
5 0 1	素子基板	
5 0 2	画素部	
5 0 3	駆動回路部 (ソース線駆動回路)	
5 0 4 a、5 0 4 b	駆動回路部 (ゲート線駆動回路)	
5 0 5	シール材	
5 0 6	封止基板	
5 0 7	配線	
5 0 8	F P C (フレキシブルプリントサーキット)	
5 0 9	n チャネル型 T F T	
5 1 0	p チャネル型 T F T	30
5 1 1	スイッチング用 T F T	
5 1 2	電流制御用 T F T	
5 1 3	第 1 の電極 (陽極)	
5 1 4	絶縁物	
5 1 5	E L 層	
5 1 6	第 2 の電極 (陰極)	
5 1 7	発光素子	
5 1 8	空間	
1 1 0 0	基板	
1 1 0 1	第 1 の電極	40
1 1 0 2	E L 層	
1 1 0 3	第 2 の電極	
1 1 1 1	正孔注入層	
1 1 1 2	正孔輸送層	
1 1 1 3	発光層	
1 1 1 4	電子輸送層	
1 1 1 5	電子注入層	
7 1 0 0	テレビジョン装置	
7 1 0 1	筐体	
7 1 0 3	表示部	50

7 1 0 5	スタンド	
7 1 0 7	表示部	
7 1 0 9	操作キー	
7 1 1 0	リモコン操作機	
7 2 0 1	本体	
7 2 0 2	筐体	
7 2 0 3	表示部	
7 2 0 4	キーボード	
7 2 0 5	外部接続ポート	
7 2 0 6	ポインティングデバイス	10
7 3 0 1	筐体	
7 3 0 2	筐体	
7 3 0 3	連結部	
7 3 0 4	表示部	
7 3 0 5	表示部	
7 3 0 6	スピーカ部	
7 3 0 7	記録媒体挿入部	
7 3 0 8	L E D ランプ	
7 3 0 9	操作キー	
7 3 1 0	接続端子	20
7 3 1 1	センサ	
7 3 1 2	マイクロフォン	
7 4 0 0	携帯電話機	
7 4 0 1	筐体	
7 4 0 2	表示部	
7 4 0 3 a、7 4 0 3 b	操作ボタン	
7 4 0 4	外部接続ポート	
7 4 0 5	スピーカ	
7 4 0 6	マイク	
8 0 0 1	照明装置	30
8 0 0 2	照明装置	
8 0 0 3	照明装置	
8 0 0 4	照明装置	

【図 1】

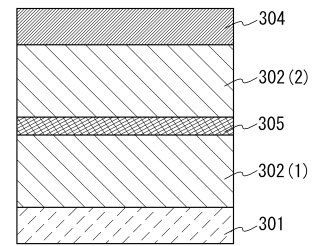


【図 2】

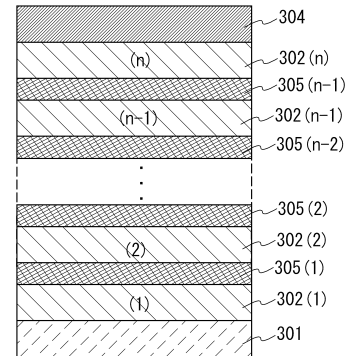


【図 3】

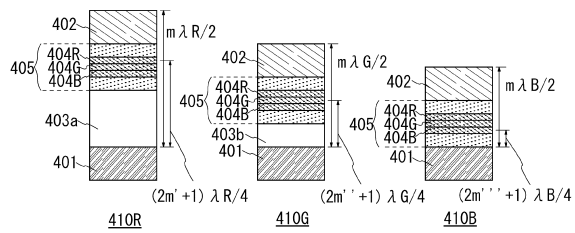
(A)



(B)

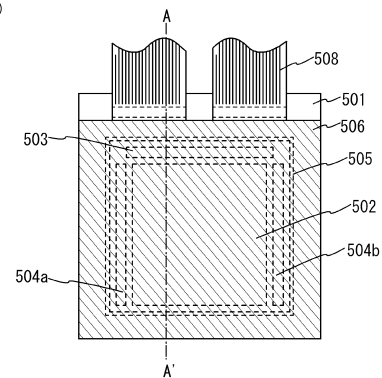


【図 4】

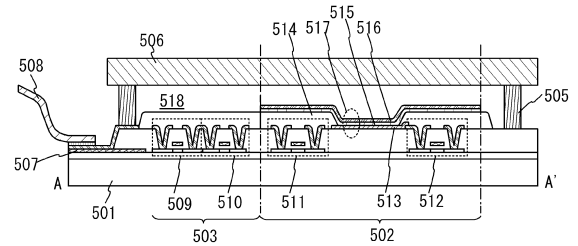


【図 5】

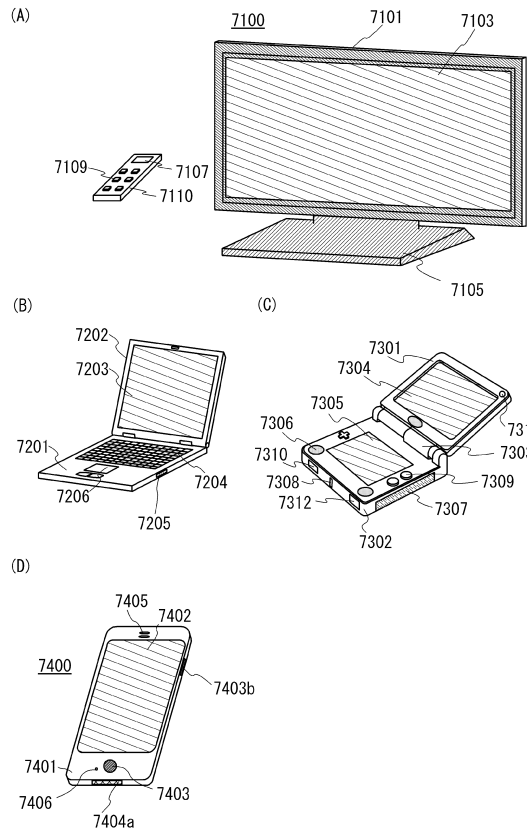
(A)



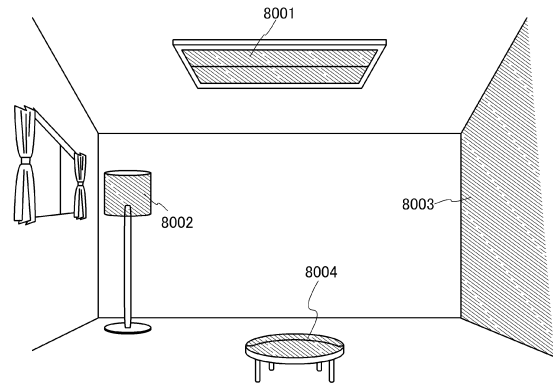
(B)



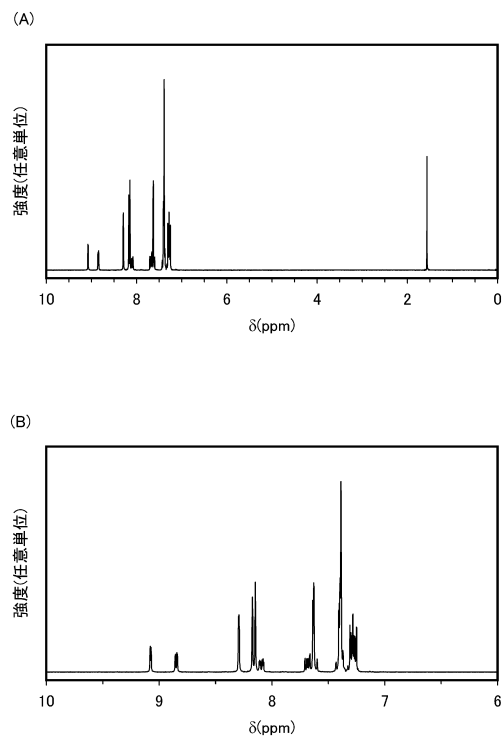
【図 6】



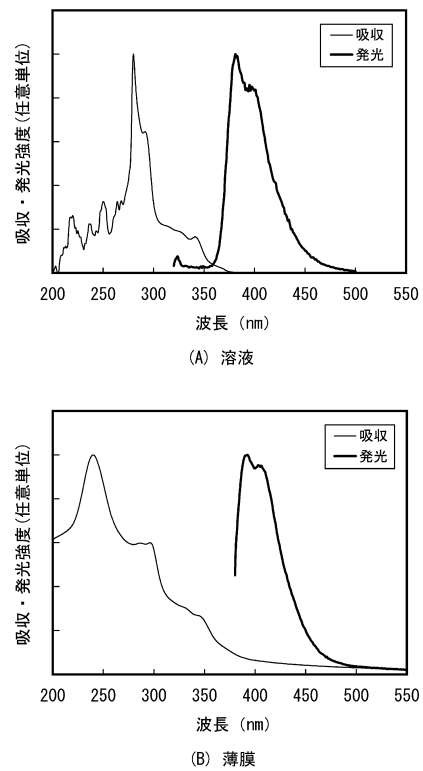
【図 7】



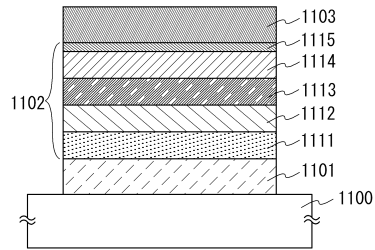
【図 8】



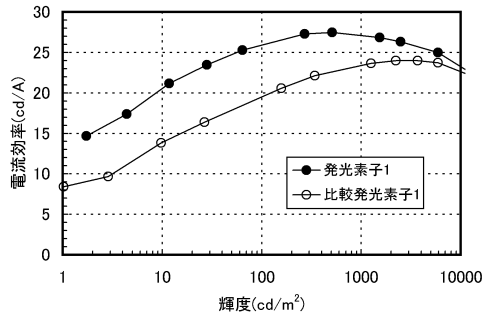
【図 9】



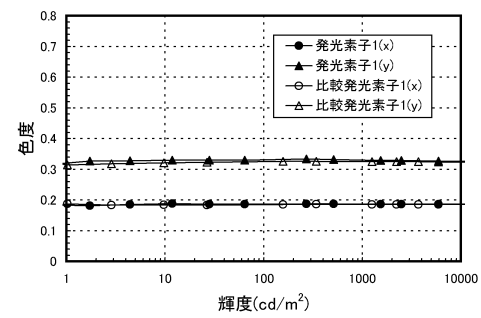
【図 10】



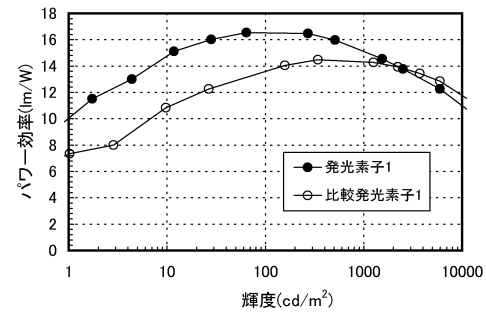
【図 11】



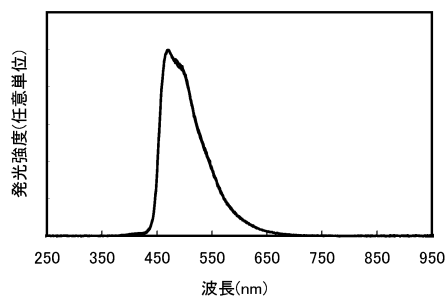
【図 12】



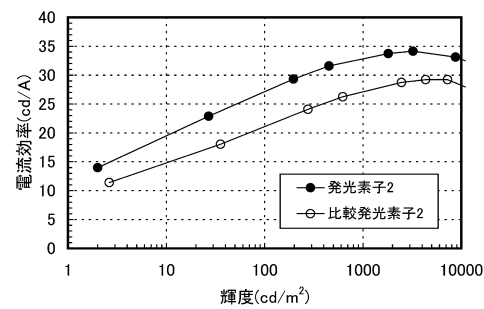
【図 13】



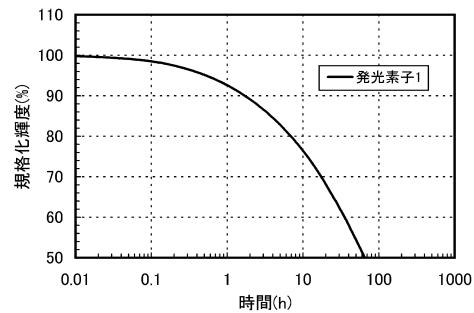
【図 14】



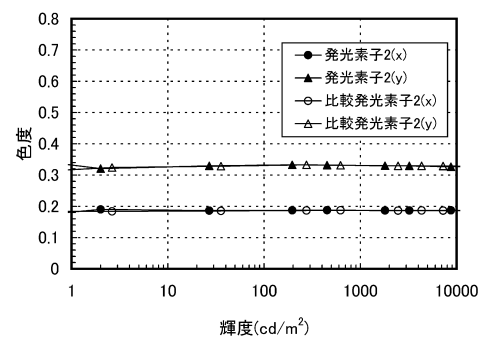
【図 16】



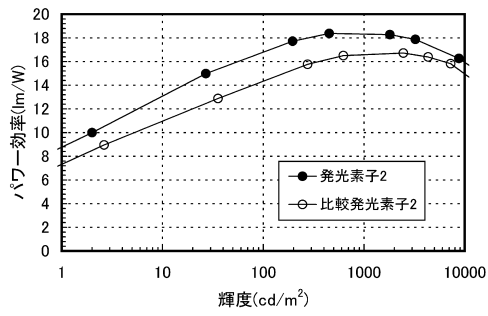
【図 15】



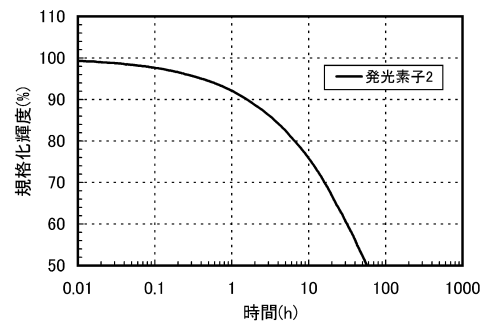
【図 17】



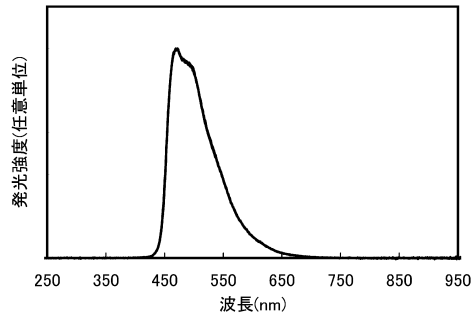
【図 18】



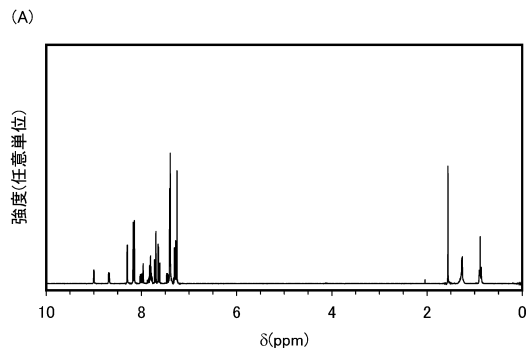
【図 20】



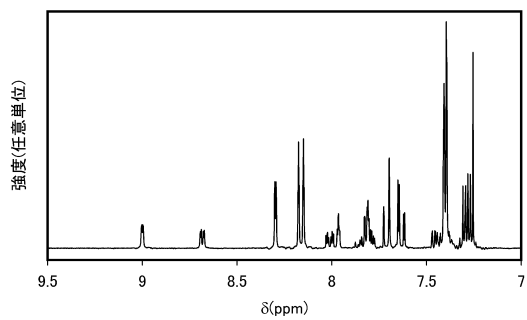
【図 19】



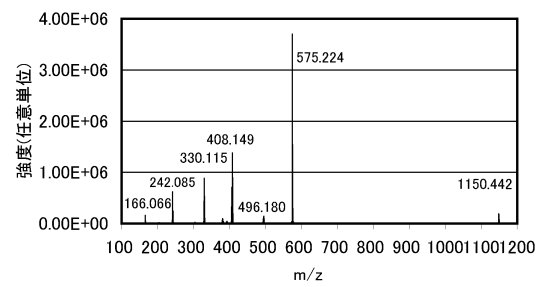
【図 21】



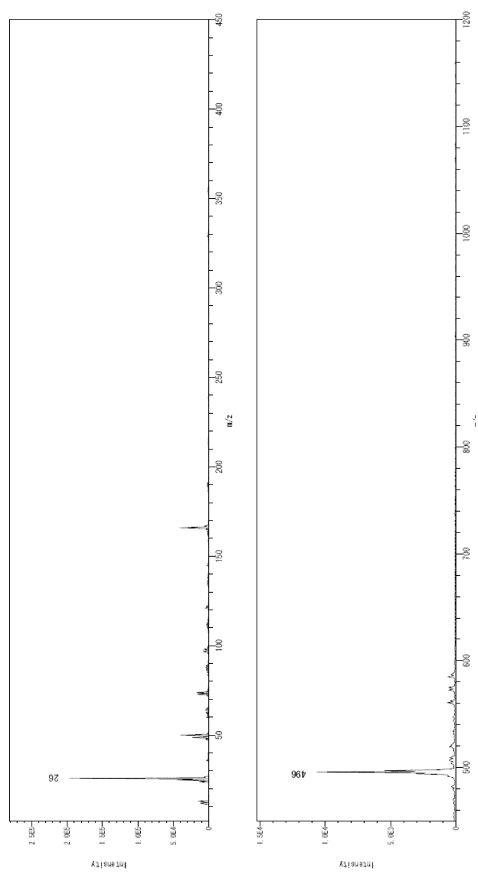
(B)



【図 22】



【 図 2 4 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特表2011-509247(JP,A)
特開2004-363103(JP,A)
特表2010-523648(JP,A)
特開平10-226785(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C07D
C09K
H01L
CAplus/REGISTRY(STN)