

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6780925号
(P6780925)

(45) 発行日 令和2年11月4日(2020.11.4)

(24) 登録日 令和2年10月19日(2020.10.19)

(51) Int.Cl.		F I			
H01L 51/50	(2006.01)	H05B	33/14		B
C09K 11/06	(2006.01)	C09K	11/06		690
C07D 403/14	(2006.01)	C07D	403/14		CSP

請求項の数 6 (全 74 頁)

(21) 出願番号	特願2015-142828 (P2015-142828)	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成27年7月17日 (2015.7.17)		株式会社半導体エネルギー研究所
(65) 公開番号	特開2016-32108 (P2016-32108A)		神奈川県厚木市長谷398番地
(43) 公開日	平成28年3月7日 (2016.3.7)	(72) 発明者	瀬尾 哲史
審査請求日	平成30年7月12日 (2018.7.12)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2014-151493 (P2014-151493)		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成26年7月25日 (2014.7.25)	(72) 発明者	濱田 孝夫
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
早期審査対象出願		(72) 発明者	高橋 辰義
			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
		(72) 発明者	北野 靖
			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子、発光装置、電子機器及び照明装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

陽極と、陰極と、の間にEL層を有し、
 前記EL層は、発光層を有し、
 前記発光層は、電子輸送性および正孔輸送性を有する第1の有機化合物と、正孔輸送性を有する第2の有機化合物と、発光物質と、を含み、
 前記第1の有機化合物と前記第2の有機化合物は、励起錯体を形成する組み合わせであり、
 前記第1の有機化合物のHOMO準位は、前記第2の有機化合物のHOMO準位よりも低く、
 前記第1の有機化合物のHOMO準位と、前記第2の有機化合物のHOMO準位との差が、0.4 eV以下である、発光素子。

【請求項2】

陽極と、陰極と、の間にEL層を有し、
 前記EL層は、発光層を有し、
 前記発光層は、電子輸送性および正孔輸送性を有する第1の有機化合物と、正孔輸送性を有する第2の有機化合物と、発光物質と、を含み、
 前記第1の有機化合物と前記第2の有機化合物は、励起錯体を形成する組み合わせであり、
 前記第1の有機化合物のHOMO準位は、前記第2の有機化合物のHOMO準位よりも

低く、

前記第1の有機化合物のHOMO準位と、前記第2の有機化合物のHOMO準位との差が、 0.3 eV 以下である、発光素子。

【請求項3】

請求項1または請求項2において、

前記発光物質は、燐光性化合物である、発光素子。

【請求項4】

請求項1乃至請求項3のいずれか一項に記載の発光素子を有する、発光装置。

【請求項5】

請求項1乃至請求項3のいずれか一項に記載の発光素子、または、請求項4に記載の発光装置と、

接続端子、または、操作キーと、を有する電子機器。

【請求項6】

請求項4に記載の発光装置と、筐体と、を有する照明装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物、方法、または、製造方法に関する。または、本発明は、プロセス、マシン、マニュファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関する。特に、本発明の一態様は、発光素子、発光装置、電子機器、および照明装置、それらの駆動方法、または、それらの製造方法に関する。さらに、発光素子、発光装置、電子機器、および照明装置に用いることができる有機化合物に関する。

【背景技術】

【0002】

薄型軽量、高速応答性、直流低電圧駆動などの特徴を有する有機化合物を発光体として用いた発光素子は、次世代のフラットパネルディスプレイへの応用が期待されている。特に、発光素子をマトリクス状に配置した表示装置は、従来の液晶表示装置と比較して、視野角が広く視認性が優れる点に優位性があると考えられている。

【0003】

発光素子の発光機構は、一对の電極間に発光体を含むEL層を挟んで電圧を印加することにより、陰極から注入された電子および陽極から注入された正孔がEL層の発光中心で再結合して分子励起子を形成し、その分子励起子が基底状態に緩和する際にエネルギーを放出して発光するといわれている。励起状態には一重項励起と三重項励起が知られ、発光はどちらの励起状態を経ても可能であると考えられている。

【0004】

このような発光素子に関しては、その素子特性を向上させる為に、素子構造の改良や材料開発等が盛んに行われている（例えば、特許文献1参照。）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2010-182699号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

発光素子の開発において、素子の信頼性を高めることは、商品化に向けて重要視される項目の一つである。なお、素子の信頼性を高めるためには、発光素子のEL層におけるキャリアバランスの制御や、キャリアの再結合確率の向上を可能とする素子構成が必要となる。そこで、EL層を所望の素子構成とすることにより、発光層でのキャリア移動を良好にし、信頼性の高い発光素子を提供することを目的とする。また、高い電流効率（あるいは量子効率）を得ることも、駆動に必要な電流量を下げ、信頼性を高める観点で重要である

10

20

30

40

50

。

【0007】

そこで、本発明の一態様では、信頼性を向上させた発光素子を提供する。また、電流効率（あるいは量子効率）の高い発光素子を提供する。さらに本発明の一態様である発光素子への適用が好ましい新規の有機化合物を提供する。また、本発明の別の一態様では、上記の有機化合物をEL材料として用いた、発光効率および信頼性の高い発光素子、発光装置、電子機器、または照明装置を提供する。または、本発明の別の一態様では、新規な材料を提供する。または、本発明の別の一態様では、新規な発光素子、発光装置を提供する。なお、これらの課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、これらの課題の全てを解決する必要はないものとする。なお、これら以外の課題

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一態様は、陽極と、陰極と、の間にEL層を有し、EL層は、発光層を有し、発光層は、電子輸送性および正孔輸送性を有する第1の有機化合物と、正孔輸送性を有する第2の有機化合物と、発光物質と、を含み、第1の有機化合物と第2の有機化合物は、励起錯体を形成する組み合わせであり、第1の有機化合物のHOMO準位は、第2の有機化合物のHOMO準位よりも低く、第1の有機化合物のHOMO準位と、第2の有機化合物のHOMO準位との差が、0.4 eV以下であることを特徴とする発光素子である。

20

【0009】

また、本発明の別の一態様は、陽極と、陰極と、の間にEL層を有し、EL層は、発光層を有し、発光層は、電子輸送性および正孔輸送性を有する第1の有機化合物と、正孔輸送性を有する第2の有機化合物と、発光物質と、を含み、第1の有機化合物と第2の有機化合物とは、励起錯体を形成する組み合わせであり、第1の有機化合物は6員環の含窒素複素芳香環およびカルバゾール骨格を含み、かつトリアリールアミン骨格を含まず、第2の有機化合物はトリアリールアミン骨格を含むことを特徴とする発光素子である。

【0010】

また、本発明の別の一態様は、陽極と、陰極と、の間にEL層を有し、EL層は、発光層を有し、発光層は、電子輸送性および正孔輸送性を有する第1の有機化合物と、正孔輸送性を有する第2の有機化合物と、発光物質と、を含み、第1の有機化合物と第2の有機化合物とは、励起錯体を形成する組み合わせであり、第1の有機化合物は6員環で構成される含窒素複素芳香環およびピカルバゾール骨格を含み、かつトリアリールアミン骨格を含まず、第2の有機化合物はトリアリールアミン骨格を含むことを特徴とする発光素子である。

30

【0011】

また、上記構成において、ピカルバゾール骨格は、3,3'-ピカルバゾール骨格、または2,3'-ピカルバゾール骨格であることを特徴とする。

【0012】

また、上記各構成において、発光物質は、燐光性化合物であることを特徴とする。

40

【0013】

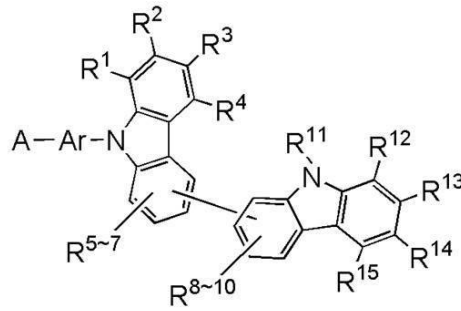
また、上記各構成において、EL層は正孔輸送層を含み、正孔輸送層と発光層とは互いに接し、正孔輸送層は、正孔輸送性を有する第3の有機化合物を有し、第3の有機化合物のHOMO準位は、第2の有機化合物のHOMO準位よりも低いことを特徴とする発光素子である。

【0014】

また、上記各構成において、第1の有機化合物は、下記一般式(G0)で示されることを特徴とする発光素子である。

【0015】

【化1】



(G0)

10

【0016】

但し、式中、Aは、ジベンゾ[f, h]キノキサリニル基を表し、 $R^1 \sim R^{15}$ は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数5～7のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリール基、のいずれかを表し、Arは、置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基、または単結合を表す。なお、Arのアリーレン基として、アントラセニレン基は含まないことが好ましい。

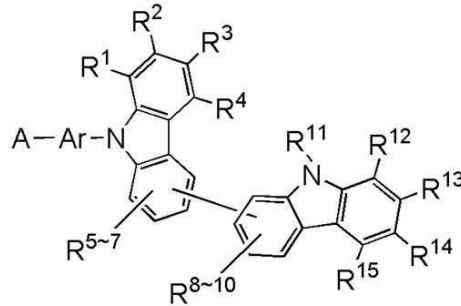
20

【0017】

また、本発明の別の一態様は、下記一般式(G0)で表される有機化合物である。

【0018】

【化2】



(G0)

30

【0019】

但し、式中、Aは、ジベンゾ[f, h]キノキサリニル基を表し、 $R^1 \sim R^{15}$ は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数5～7のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリール基、のいずれかを表し、Arは、置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基、または単結合を表す。なお、Arのアリーレン基として、アントラセニレン基は含まないことが好ましい。

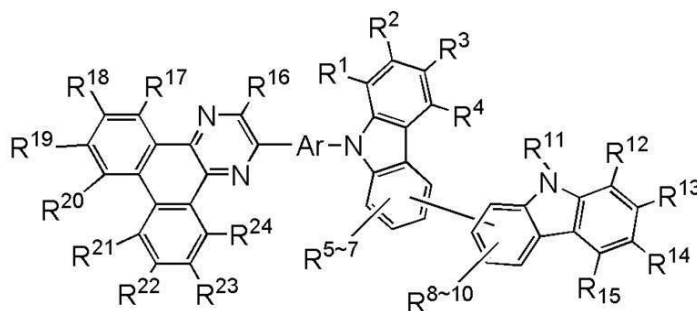
40

【0020】

また、本発明の別の一態様は、下記一般式(G1)で表される有機化合物である。

【0021】

【化3】



10

(G1)

【0022】

但し、式中、R¹ ~ R²⁴は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1 ~ 6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数5 ~ 7のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6 ~ 13のアリール基、のいずれかを表し、Arは、置換もしくは無置換の炭素数6 ~ 25のアリーレン基、または単結合を表す。なお、Arのアリーレン基として、アントラセニレン基は含まないことが好ましい。

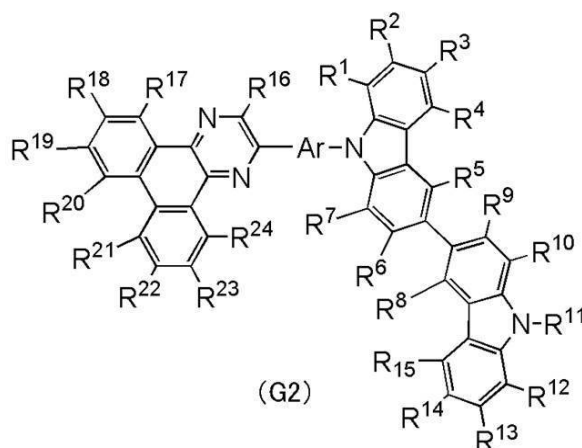
20

【0023】

また、本発明の別の一態様は、下記一般式(G2)で表される有機化合物である。

【0024】

【化4】



30

【0025】

但し、式中、R¹ ~ R²⁴は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1 ~ 6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数5 ~ 7のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6 ~ 13のアリール基、のいずれかを表し、Arは、置換もしくは無置換の炭素数6 ~ 25のアリーレン基、または単結合を表す。なお、Arのアリーレン基として、アントラセニレン基は含まないことが好ましい。

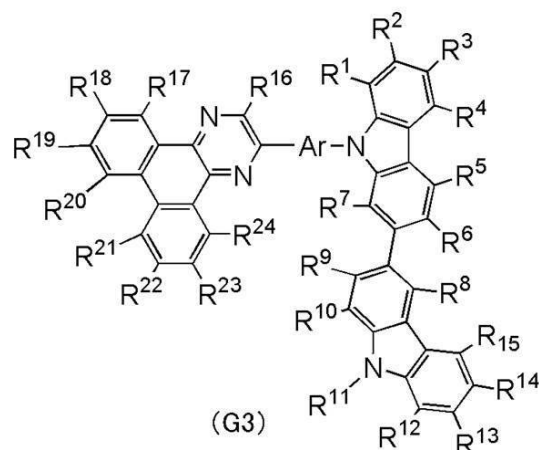
40

【0026】

また、本発明の別の一態様は、下記一般式(G3)で表される有機化合物である。

【0027】

【化5】



10

【0028】

但し、式中、 $R^1 \sim R^{24}$ は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数5～7のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリール基、のいずれかを表し、Arは、置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基、または単結合を表す。なお、Arのアリーレン基として、アントラセニレン基は含まないことが好ましい。

20

【0029】

なお、上述した一般式(G0)、一般式(G2)および一般式(G3)における炭素数1～6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、ブチル基、イソブチル基、sec-ブチル基、tert-ブチル基、ペンチル基、イソペンチル基、ヘキシル基などが挙げられる。また、炭素数5～7のシクロアルキル基としては、例えば、シクロペンチル基、シクロヘキシル基、シクロヘプチル基などが挙げられる。炭素数6～13のアリール基としては、例えば、フェニル基、トリル基、キシリル基、ピフェニル基、インデニル基、ナフチル基、フルオレニル基などが挙げられる。また、Arにおける炭素数6～25のアリーレン基としては、1,2-または1,3-または1,4-フェニレン基、2,6-または3,5-または2,4-トルイレン基、4,6-ジメチルベンゼン-1,3-ジイル基、2,4,6-トリメチルベンゼン-1,3-ジイル基、2,3,5,6-テトラメチルベンゼン-1,4-ジイル基、3,3'-または3,4'-または4,4'-ビフェニレン基、1,1':3',1''-テルベンゼン-3,3''-ジイル基、1,1':4',1''-テルベンゼン-3,3''-ジイル基、1,1':4',1''-テルベンゼン-4,4''-ジイル基、1,1':3',1''':3''',1''''-クアテルベンゼン-3,3''''-ジイル基、1,1':3',1''':4''',1''''-クアテルベンゼン-3,4''''-ジイル基、1,1':4',1''':4''',1''''-クアテルベンゼン-4,4''''-ジイル基、1,4-または1,5-または2,6-または2,7-ナフチレン基、2,7-フルオレニレン基、9,9-ジメチル-2,7-フルオレニレン基、9,9-ジフェニル-2,7-フルオレニレン基、9,9-ジメチル-1,4-フルオレニレン基、スピロ-9,9'-ビフルオレン-2,7-ジイル基、9,10-ジヒドロ-2,7-フェナントレニレン基、2,7-フェナントレニレン基、3,6-フェナントレニレン基、9,10-フェナントレニレン基、2,7-トリフェニレニレン基、3,6-トリフェニレニレン基、2,8-ベンゾ[a]フェナントレニレン基、2,9-ベンゾ[a]フェナントレニレン基、5,8-ベンゾ[c]フェナントレニレン基などが挙げられる。

30

40

【0030】

また、上述した炭素数1～6のアルキル基、炭素数5～7のシクロアルキル基、炭素数6～13のアリール基、炭素数6～25のアリーレン基は置換基を有していても良く、該置

50

換基としては、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、イソブチル基、sec-ブチル基、tert-ブチル基、ペンチル基、イソペンチル基、ヘキシル基などの炭素数1~6のアルキル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基、シクロヘプチル基などの炭素数5~7のシクロアルキル基、フェニル基、トリル基、キシリル基、ピフェニル基、インデニル基、ナフチル基、フルオレニル基、9,9'-ジメチルフルオレニル基などの環を形成する炭素数が6~13のアリール基が好ましい。

【0031】

また、本発明の別の一態様は、上記一般式(G0)~(G3)のいずれかの有機化合物を用いた発光素子である。

【0032】

また、本発明の別の一態様は、上記各構成に示す発光素子と、筐体とを有する発光装置である。

【0033】

なお、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、該発光素子や該発光装置を適用した電子機器(具体的には、該発光素子や該発光装置と、接続端子、または操作キーとを有する電子機器)および照明装置(具体的には、該発光素子や該発光装置と、筐体とを有する照明装置)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、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TCP(Tape Carrier Package)が取り付けられたモジュール、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。

【発明の効果】

【0034】

本発明の一態様により、新規なジベンゾ[f,h]キノキサリン誘導体を提供することができる。また、本発明の一態様により、上記ジベンゾ[f,h]キノキサリン誘導体をEL材料として用いた、発光効率および信頼性の高い発光素子、発光装置、電子機器、または照明装置を提供することができる。また、本発明の一態様により、新規な材料を提供することができる。または、本発明の別の一態様では、新規な発光素子、発光装置を提供することができる。なお、これらの効果の記載は、他の効果の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの効果の全てを有する必要はない。なお、これら以外の効果は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の効果を抽出することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】発光素子の発光層について説明する図。

【図2】発光素子の発光層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】発光素子の構造について説明する図。

【図5】発光装置について説明する図。

【図6】発光装置について説明する図。

【図7】電子機器について説明する図。

【図8】電子機器について説明する図。

【図9】照明器具について説明する図。

【図10】構造式(100)に示すジベンゾ[f,h]キノキサリン誘導体の¹H-NMRチャート。

【図11】構造式(100)に示すジベンゾ[f,h]キノキサリン誘導体の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

10

20

30

40

50

【図12】構造式(100)に示すジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図13】構造式(101)に示すジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体の¹H-NMRチャート。

【図14】構造式(101)に示すジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図15】構造式(101)に示すジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図16】構造式(102)に示すジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体の¹H-NMRチャート。

10

【図17】構造式(102)に示すジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図18】構造式(102)に示すジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図19】構造式(103)に示すジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体の¹H-NMRチャート。

【図20】構造式(103)に示すジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図21】構造式(103)に示すジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

20

【図22】発光素子1、発光素子2、および比較発光素子3の構造を説明する図。

【図23】発光素子1、発光素子2、および比較発光素子3の電流密度-輝度特性を示す図。

【図24】発光素子1、発光素子2、および比較発光素子3の電圧-輝度特性を示す図。

【図25】発光素子1、発光素子2、および比較発光素子3の輝度-電流効率特性を示す図。

【図26】発光素子1、発光素子2、および比較発光素子3の電圧-電流特性を示す図。

【図27】発光素子1、発光素子2、および比較発光素子3の発光スペクトルを示す図。

【図28】発光素子1、発光素子2、および比較発光素子3の信頼性を示す図。

【図29】発光素子4の電流密度-輝度特性を示す図。

30

【図30】発光素子4の電圧-輝度特性を示す図。

【図31】発光素子4の輝度-電流効率特性を示す図。

【図32】発光素子4の電圧-電流特性を示す図。

【図33】発光素子4の発光スペクトルを示す図。

【図34】発光素子4の信頼性を示す図。

【図35】構造式(122)に示すジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体の¹H-NMRチャート。

【図36】発光素子5、比較発光素子6および比較発光素子7の電流密度-輝度特性を示す図。

【図37】発光素子5、比較発光素子6および比較発光素子7の電圧-輝度特性を示す図。

40

【図38】発光素子5、比較発光素子6および比較発光素子7の輝度-電流効率特性を示す図。

【図39】発光素子5、比較発光素子6および比較発光素子7の電圧-電流特性を示す図。

【図40】発光素子5、比較発光素子6および比較発光素子7の発光スペクトルを示す図。

【図41】発光素子5、比較発光素子6および比較発光素子7の信頼性を示す図。

【図42】発光素子8の電流密度-輝度特性を示す図。

【図43】発光素子8の電圧-輝度特性を示す図。

50

【図44】発光素子8の輝度 - 電流効率特性を示す図。

【図45】発光素子8の電圧 - 電流特性を示す図。

【図46】発光素子8の発光スペクトルを示す図。

【図47】発光素子1Aの保存試験における電圧 - 電流特性を示す図。

【図48】発光素子1Aの保存試験における輝度 - 外部量子効率特性を示す図。

【図49】発光素子2Aの保存試験における電圧 - 電流特性を示す図。

【図50】発光素子2Aの保存試験における輝度 - 外部量子効率特性を示す図。

【図51】比較発光素子3Aの保存試験における電圧 - 電流特性を示す図。

【図52】比較発光素子3Aの保存試験における輝度 - 外部量子効率特性を示す図。

【図53】発光素子4Aの保存試験における電圧 - 電流特性を示す図。

10

【図54】発光素子4Aの保存試験における輝度 - 外部量子効率特性を示す図。

【図55】発光素子8Aの保存試験における電圧 - 電流特性を示す図。

【図56】発光素子8Aの保存試験における輝度 - 外部量子効率特性を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0036】

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。

【0037】

20

なお、「膜」という言葉と、「層」という言葉とは、場合によっては、または、状況に応じて、互いに入れ替えることが可能である。例えば、「導電層」という用語を、「導電膜」という用語に変更することが可能な場合がある。または、例えば、「絶縁膜」という用語を、「絶縁層」という用語に変更することが可能な場合がある。

【0038】

(実施の形態1)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光素子について説明する。

【0039】

本実施の形態に示す発光素子は、一对の電極(第1の電極(陽極)と第2の電極(陰極))間に発光層を含むEL層が挟まれており、EL層は、発光層の他に、正孔(または、ホール)注入層、正孔(または、ホール)輸送層、電子輸送層、電子注入層などを含んで形成される。

30

【0040】

そして、発光素子に対して電圧を印加すると、第1の電極側から注入された正孔と第2の電極側から注入された電子とが、発光層において再結合し、それにより生じたエネルギーに起因して、発光層に含まれる発光物質が発光する。

【0041】

この時の発光層100には、図1に示すように電子輸送性および正孔輸送性を有する第1の有機化合物(h)101と、正孔輸送性を有する第2の有機化合物(a)102と、発光物質(図示せず)とが含まれている。なお、第1の有機化合物(h)101と、第2の有機化合物(a)102とは、励起錯体(exciplex: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。すなわち、少なくとも、第1の有機化合物(h)101の最低空分子軌道(LUMO:Lowest Unoccupied Molecular Orbital)準位は第2の有機化合物(a)102のLUMO準位よりも低く、また、第1の有機化合物(h)101の最高被占有軌道(HOMO:Highest Occupied Molecular Orbital)準位は第2の有機化合物(a)102のHOMO準位よりも低い。従って、生じた励起錯体の励起エネルギーは、図に示すように、第1の有機化合物(h)101のLUMO準位(LUMO(h))と、第2の有機化合物(a)102のHOMO準位(HOMO(a))とのエネルギー差(すなわち図中のE₀)の影響を受ける。

40

50

【0042】

このような発光層100では、励起錯体の発光スペクトルと発光物質（ゲスト材料）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を行うことができるため、エネルギー移動効率が高く、外部量子効率の高い発光素子を実現することができる。また、励起錯体を電気励起するためには、 E_0 に相当する電気エネルギー（すなわち電圧）が必要となるが、この E_0 は、第1の有機化合物(h)101を電気励起するのに必要なエネルギー E_h や、第2の有機化合物(a)102を電気励起するのに必要なエネルギー E_a よりも小さい。すなわち、このような発光層100においては、発光素子の駆動電圧（発光開始電圧）を低減することができる。

【0043】

この場合、第1の有機化合物(h)101や第2の有機化合物(a)102を用いずに、 E_0 に相当するHOMO-LUMOギャップを有する1種類の有機化合物を発光層100に用いることでも、発光層100と同様の低い駆動電圧（発光開始電圧）を得ることができる。しかし、1種類の有機化合物では、一重項励起エネルギーに比べて三重項励起エネルギーが大きく低下してしまうため、三重項励起エネルギーを発光物質（ゲスト材料）にエネルギー移動させ、さらにこれを発光に寄与させることが難しい。一方、励起錯体は一重項励起エネルギーと三重項励起エネルギーがほぼ同じ位置にあるという特徴を有するため、一重項励起エネルギーと三重項励起エネルギーの双方を発光物質にエネルギー移動させることができる。その結果、上記の低電圧化の効果に加え、高効率化の効果を得ることもできる。ここでいう高効率化のメカニズムの詳細は、以下に述べる通りである。

【0044】

発光物質が燐光性化合物の場合、励起錯体の一重項励起エネルギーおよび三重項励起エネルギーは、共に該燐光性化合物の三重項励起状態にエネルギー移動し、該三重項励起状態からの発光（すなわち燐光発光）に変換されるため、高効率の観点で最も好ましい。

【0045】

また、発光物質が熱活性化遅延蛍光性化合物の場合、励起錯体の一重項励起エネルギーは発光物質の一重項励起状態にエネルギー移動し、該一重項励起状態からの発光（すなわち蛍光発光）に変換することができる。また、励起錯体の三重項励起エネルギーは発光物質の三重項励起状態にエネルギー移動するが、該三重項励起状態は熱活性化により、一部または全てが発光物質の一重項励起状態に逆項間交差し、最終的に蛍光発光に変換されるため、高効率が得られる。

【0046】

また、発光物質が蛍光性化合物の場合、励起錯体の一重項励起エネルギーは発光物質の一重項励起状態にエネルギー移動し、該一重項励起状態からの発光（すなわち蛍光発光）に変換することができる。一方、励起錯体の三重項励起エネルギーは、発光物質の三重項励起状態にエネルギー移動し、熱失活してしまうため、一見高効率は得られないように思える。しかしながら、エネルギードナーである励起錯体は一重項励起エネルギーと三重項励起エネルギーの差が小さいため、励起錯体自体、熱活性化遅延蛍光を示す性質を有する。換言すれば、励起錯体の三重項励起状態は、一部または全てが一重項励起状態に逆項間交差し、一重項励起子の割合が通常に比べて増加する。エネルギードナーである励起錯体の一重項励起子の割合が増加し、その一重項励起エネルギーが発光物質の一重項励起状態にエネルギー移動するのであるから、蛍光性化合物を発光物質として用いた場合でも、やはり発光効率は高くなる。このような現象も本発明の特徴の一つである。

【0047】

このように、励起錯体を発光層におけるエネルギードナーとした発光素子は、燐光性化合物、熱活性化遅延蛍光性化合物、蛍光性化合物、いずれの化合物を発光物質として用いた場合でも有用であるが、発光領域の制御という観点において問題が生じうる。

【0048】

先にも述べたように、少なくとも、第1の有機化合物(h)101のLUMO準位(LUMO(h))は第2の有機化合物(a)102のLUMO準位(LUMO(a))よりも

10

20

30

40

50

エネルギー準位が低く、また、第1の有機化合物(h)101のHOMO準位(HOMO(h))は第2の有機化合物(a)102のHOMO準位(HOMO(a))よりもエネルギー準位が低いことが、第1の有機化合物(h)101と第2の有機化合物(a)102が励起錯体を形成するための条件である。特に、従来、励起錯体を発光層100におけるエネルギードナーとした発光素子においては、第1の有機化合物(h)101のHOMO準位(HOMO(h))と第2の有機化合物(a)102のHOMO準位(HOMO(a))とのエネルギー差 E_{HOMO} を非常に大きくすることにより、励起錯体の形成を実現していた。例えば、第1の有機化合物(h)101として、2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ピフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称: 2mDBTBPD Bq-II)を、第2の有機化合物(a)102として、N-(1,1'-ピフェニル-4-イル)-9,9-ジメチル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9H-フルオレン-2-アミン(略称: PCBBiF)を用いた場合、第1の有機化合物(h)101のHOMO準位(HOMO(h))は-6.22 eVであるのに対し、第2の有機化合物(a)102のHOMO準位(HOMO(a))は-5.36 eVであるため、 E_{HOMO} は0.86 eVもある。

【0049】

このように、第1の有機化合物(h)101のHOMO準位(HOMO(h))と第2の有機化合物(a)102のHOMO準位(HOMO(a))の差(E_{HOMO})が大きい場合、第2の有機化合物(a)102の発光層100中の含有量によってキャリアバランスが大きく変化しやすい。すなわち、第2の有機化合物(a)102が少なすぎると電子過多、すなわち発光領域が陽極側に偏ってしまうが、最適から少し多くなってしまうだけで、今度は正孔過多、すなわち正孔が陰極側へ抜けてしまう。このようなマージンの少ないデバイスの場合、たとえ第1の有機化合物(h)101と第2の有機化合物(a)102の混合比を絶妙に最適化したとしても、長期駆動により少しキャリアバランスが崩れると、その影響を受けて再結合効率が低下し、輝度劣化してしまう。また、 E_{HOMO} が大きいと、正孔が第2の有機化合物(a)102に蓄積されるため、発光層100内の再結合領域の幅自体も狭くなる。それとは逆に、発光層100内の再結合領域は広い方が、発光層100全域を利用できるため、より信頼性は高くなると言える。

【0050】

また、発光素子は、電子注入電極(陰極)の劣化等に伴い、電子注入性が低下するため、長期駆動により再結合領域が陰極側にずれてくることが多い。この時、正孔を再結合領域まで輸送する平均距離は長くなっていくため、発光層100が正孔輸送性に乏しいと、発光素子の抵抗が高くなる。換言すれば、定電流駆動した際には、駆動電圧が経時的に大きく上昇してしまう。第1の有機化合物(h)のHOMO準位(HOMO(h))と第2の有機化合物(a)のHOMO準位(HOMO(a))の差(E_{HOMO})が大きい場合は、発光層100内で正孔が進みにくいため、この問題が顕著に出やすいという問題もある。

【0051】

上記のような励起錯体を発光層100におけるエネルギードナーとした発光素子における問題点を解決するのが、本発明の発光素子の一態様である。すなわち、陽極と、陰極と、の間にEL層を有し、EL層は、発光層100を有し、発光層100は、電子輸送性および正孔輸送性を有する第1の有機化合物(h)101と、正孔輸送性を有する第2の有機化合物(a)102と、発光物質と、を含み、第1の有機化合物(h)101と第2の有機化合物(a)102は、励起錯体を形成する組み合わせであり、第1の有機化合物(h)のHOMO準位(HOMO(h))は、第2の有機化合物(a)のHOMO準位(HOMO(a))よりも低く、第1の有機化合物(h)のHOMO準位(HOMO(h))と、第2の有機化合物(a)のHOMO準位(HOMO(a))との差が、0.4 eV以下であることを特徴とする発光素子である。

【0052】

このような構成とすることで、正孔の一部は第2の有機化合物(a)102だけでなく、

10

20

30

40

50

第1の有機化合物(h)101にも注入される。その結果、第2の有機化合物(a)102に正孔が蓄積しにくくなるため、キャリアバランスを保ちやすく、かつ発光層100内での再結合領域の広い発光素子を得ることができる。また、長期駆動(定電流駆動)における電圧上昇を抑制することができる。この場合、一部では第1の有機化合物(h)101で再結合が生じ、第1の有機化合物の励起状態が形成されることにもなるが、これは速やかに励起錯体に変換されるため、上述した励起錯体を用いることによる高効率の効果も享受することができる。また、正孔は主として第2の有機化合物(a)102に注入されるため、駆動電圧(発光開始電圧)を下げる効果も維持される。

【0053】

このように、 E_{HOMO} を0.4 eV以下(かつ0 eVより大)としつつも、第1の有機化合物(h)101と第2の有機化合物(a)102とで励起錯体を形成することで、上述した問題点を解決することができる。第2の有機化合物(a)102のみならず、第1の有機化合物(h)101にもホールを注入する観点から、 E_{HOMO} は0.3 eV以下がより好ましい。

【0054】

また、上記の概念を得るのに好適な化合物は以下の通りである。まず、第1の有機化合物(h)101は、6員環の含窒素複素芳香環およびカルバゾール骨格を含み、かつトリアリールアミン骨格を含まないことが好ましい。すなわち、6員環の含窒素複素芳香環により電子輸送性を持たせつつ、カルバゾール骨格を含み、かつトリアリールアミン骨格を含まないことにより、適度な正孔輸送性も保有させた化合物が好ましい。一方で、第2の有機化合物(a)102は、正孔輸送性を有する化合物であり、第1の有機化合物(h)101よりもHOMO準位を高くするため、トリアリールアミン骨格を含むことが好ましい。

【0055】

多くのトリアリールアミン骨格を含む化合物は、サイクリックボルタンメトリ(CV)測定によれば、-5.5 eV付近、またはそれ以上のHOMO準位を有する。一方、単純な9-フェニルカルバゾールのHOMO準位は-5.88 eVであるため、その差は0.4 eV以上となってしまふ場合が多い。そこで、本発明の一態様において、第1の有機化合物(h)101のカルバゾール骨格としては、ピカルバゾール骨格を含むことが好ましい。ピカルバゾールは9-フェニルカルバゾールよりもHOMO準位が上昇するためである。特に、3,3'-ピカルバゾール骨格や2,3'-ピカルバゾール骨格を導入すると、HOMO準位が-5.6~-5.7 eV付近となるため、本発明の一態様における第1の有機化合物(h)101に好適である。

【0056】

なお、上記6員環の含窒素複素芳香環としては、ピリジンの他、ピラジン、ピリミジン、ピリダジンのようなジアジンや、トリアジン、テトラジンが挙げられる。これらの6員環の含窒素複素芳香環は、さらにベンゼン環などが縮合していても良い。例えば、ベンゼン環が縮合した6員環の含窒素複素芳香環としては、キノリン、イソキノリン、ジベンゾ[f,h]キノリンが挙げられる。また、キノキサリン、キナゾリン、フタラジンに代表されるナフチリジンや、ジベンゾ[f,h]キノキサリン、ジベンゾ[f,h]キナゾリンなども有用である。

【0057】

また、本発明の一態様では、上述した通り、第2の有機化合物(a)102のみならず、第1の有機化合物(h)101にもホールを注入し、輸送させた方が好ましい。したがって、図2に示すように発光層100における第1の有機化合物(h)101および第2の有機化合物(a)102の双方へのホール注入性を高めるため、発光層100に接する正孔輸送層104に、正孔輸送性を有する第3の有機化合物(p)105を用い、第3の有機化合物(p)105のHOMO準位($HOMO(p)$)が第2の有機化合物(a)102のHOMO準位($HOMO(a)$)よりも低くなるようにすることが好ましい。特に、第3の有機化合物(p)105のHOMO準位($HOMO(p)$)が、第2の有機化合物

10

20

30

40

50

(a) 102のHOMO準位(HOMO(a))と第1の有機化合物(h)101のHOMO準位(HOMO(h))との間になるように、第3の有機化合物(p)105を選択することがより好ましい。

【0058】

以下に、上記構成を有する本発明の一態様である発光素子の具体的な一例について図3を用いて説明する。

【0059】

第1の電極(陽極)201および第2の電極(陰極)203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(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)201および第2の電極(陰極)203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。

【0060】

正孔注入層211は、正孔輸送性の高い正孔輸送層212を介して発光層213に正孔を注入する層であり、正孔輸送性の高い物質(正孔輸送性化合物ともいう)とアクセプター性物質を含む層である。正孔輸送性の高い物質とアクセプター性物質を含むことで、アクセプター性物質により正孔輸送性の高い物質から電子が引き抜かれて正孔(ホール)が発生し、正孔輸送層212を介して発光層213に正孔が注入される。なお、正孔輸送層212は、正孔輸送性の高い物質を用いて形成される。

【0061】

正孔注入層211および正孔輸送層212に用いる正孔輸送性の高い物質としては、例えば、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(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'-ビフェニル]-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]ビフェニル(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)ビフェニル(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)等のカルバゾール誘導体、等を用いることができる。ここに述べた物質は、主に $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 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。

【0062】

10

20

30

40

50

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:PVTFA)、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。

【0063】

また、正孔注入層211に用いるアクセプター性物質としては、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。

10

【0064】

発光層213は、発光物質を含む層である。但し、発光層213を図1に示す構成とする場合には、後述する電子輸送性および正孔輸送性を有する第1の有機化合物と、上述した正孔輸送性を有する第2の有機化合物と、発光物質とを含むこととする。また、第1の有機化合物および第2の有機化合物は、発光層におけるキャリア(電子及びホール)の再結合の際に励起錯体(エキサイプレックスとも言う)を形成することができる組み合わせとする。発光層において、励起錯体が形成されることにより、第1の有機化合物の蛍光スペクトルおよび第2の有機化合物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ることで、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。

20

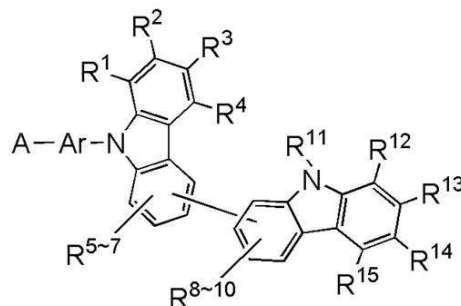
【0065】

第1の有機化合物及び第2の有機化合物としては、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。第1の有機化合物は、電子のみならず正孔もトラップ(あるいは輸送)できることが好ましいため、6員環で構成される含窒素複素芳香環およびビカルバゾール骨格を含み、かつトリアリールアミン骨格を含まない化合物が好ましい。例えば、下記一般式(G0)で示される化合物が好適である。

30

【0066】

【化6】



(G0)

40

【0067】

(式中、Aは、ジベンゾ[f,h]キノキサリニル基を表し、R¹~R¹⁵は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1~6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数5~7のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6~13のアリール基、のいずれかを表し、Arは、置換もしくは無置換の炭素数6~25のアリーレン基、また

50

は単結合を表す。なお、Arのアリーレン基として、アントラセニレン基は含まないことが好ましい。)

【0068】

なお、Arがアントラセニレン基を含むと、化合物の三重項励起エネルギーが大きく(1.7 eV以下にまで)低下し、励起錯体の三重項励起エネルギーがクエンチされてしまう場合がある。したがって、Arのアリーレン基として、アントラセニレン基は含まないことが好ましい。

【0069】

より具体的には、上述の一般式(G1)~(G3)で表される化合物が好適である。さらに具体的には、例えば、2-{4-[3-(N-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-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:2PCCzPDBq)、2-{3-[3-(N-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-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2mPCCzPDBq)、2-{4-[2-(N-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-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:2PCCzPDBq-02)、及び、2-{3-[2-(N-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-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2mPCCzPDBq-02)が挙げられる。

【0070】

また、ホールを受け取りやすい化合物としては、例えば、4-フェニル-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBA1BP)、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)、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'-TNATA)、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:DPA2SF)、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:PCA2B)、N-(9,9-ジメチル-2-N',N'-ジフェニルアミノ-9H-フルオレン-7-イル)ジフェニルアミン(略称:DPNF)、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:PCA3B)、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:PCASF)、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:DPASF)、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:YGA2F)、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:TPD)、4,4'-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:DPAB)、N-(9,9-ジメチル-9H-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-9H-フルオレン-2-イル)アミノ]-9H-フルオレン-7-イル}フェニルアミン(略称:DFLADFL)、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-[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:PCzDPA1)、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:PCzDPA2)、4,4'-ビス(N-{4-[N'-(3-メチルフェニル)-N'-フェニルアミノ]フェニル}-N-フェニルアミノ)ビフェニル(略称:DNTPD)、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:PCzTPN2)、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(

10

20

30

40

50

略称：PCzPCA2)等のトリアリールアミン骨格を有する化合物が挙げられる。

【0071】

上述した第1の有機化合物及び第2の有機化合物は、これらの具体例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、発光物質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、発光物質の吸収スペクトルのピークよりも長波長であればよい。

【0072】

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の有機化合物と第2の有機化合物を構成する場合、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。

10

【0073】

発光層213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、一重項励起エネルギーを発光に変える発光物質、または三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質等を各々単独または組み合わせて用いることができる。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。

【0074】

一重項励起エネルギーを発光に変える発光物質としては、例えば、蛍光を発する物質(蛍光性化合物)が挙げられる。

【0075】

20

蛍光を発する物質としては、N, N'-ビス[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N, N'-ジフェニルスチルベン-4, 4'-ジアミン(略称：YGA2S)、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン(略称：YGAPA)、4-(9H-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：2YGAPP 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)、ペリレン、2, 5, 8, 11-テトラ-tert-ブチルペリレン(略称：TBP)、4-(10-フェニル-9-アントリル)-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称：PCBAPA)、N, N''-(2-tert-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：DPABPA)、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]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称：2PCAPPA)、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：2DPAPP 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：DBC1)、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-9H-カルバゾール-3-アミン(略称：2PCAPA)、N-[9, 10-ビス(1, 1'-ピフェニル-2-イル)-2-アントリル]-N, 9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称：2PCABPhA)、N-(9, 10-ジフェニル-2-アントリル)-N, N', N'-トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン(略称：2DPAPA)、N-[9, 10-ビス(1, 1'-ピフェニル-2-イル)-2-アントリル]-N, N', N'-トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン(略称：2DPABPhA)、9, 10-ビス(1, 1'-ピフェニル-2-イル)-N-[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N-フェニルアントラセン-2-アミン(略称：2YGABPhA)、N, N, 9-トリフェニルアントラセン-9-アミン(略称：DPhAPhA)、クマリン545T、N, N'-ジフェニルキナクリドン(略称：DPQd)、ルブレン、5, 12-ビス(1, 1'-ピフェニル-4-イル)-6, 11-ジフェニルテトラセン(略称：BPT)、2-(2-{2-[4-(ジメチルアミノ)フェニル]エテ

30

40

50

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 } プロパンジニトリル (略称: D C M 2)、N , N , N ' , N ' - テトラキス (4 - メチルフェニル) テトラセン - 5 , 1 1 - ジアミン (略称: p - m P h T D)、7 , 1 4 - 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 , 1 0 - ジアミン (略称: p - m P h A F D)、{ 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 - 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 } プロパンジニトリル (略称: D C J T I)、{ 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 - 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 } プロパンジニトリル (略称: D C J T B)、2 - (2 , 6 - ビス { 2 - [4 - (ジメチルアミノ) フェニル] エテニル } - 4 H - ピラン - 4 - イリデン) プロパンジニトリル (略称: B i s D C M)、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 - 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 } プロパンジニトリル (略称: B i s D C J T M) など
が挙げられる。

10

【 0 0 7 6 】

三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質としては、例えば、燐光を発する物質 (燐光性化合物) や熱活性化遅延蛍光 (T A D F) を示す T A D F 材料 (熱活性化遅延蛍光性化合物) が挙げられる。なお、T A D F 材料における遅延蛍光とは、通常の蛍光と同様のスペクトルを持ちながら、寿命が著しく長い発光をいう。その寿命は、 10^{-6} 秒以上、好ましくは 10^{-3} 秒以上である。

20

【 0 0 7 7 】

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 (I I I) ピコリナート (略称: I r (C F ₃ p p y) ₂ (p i c))、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 (I I I) アセチルアセトナート (略称: F I r a c a c)、トリス (2 - フェニルピリジナト) イリジウム (I I I) (略称: I r (p p y) ₃)、ビス (2 - フェニルピリジナト) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: I r (p p y) ₂ (a c a c))、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 (I I I) (略称: T b (a c a c) ₃ (P h e n))、ビス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: I r (b z q) ₂ (a c a c))、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 (I I I) アセチルアセトナート (略称: I r (d p o) ₂ (a c a c))、ビス { 2 - [4 ' - (パーフルオロフェニル) フェニル] ピリジナト - N , C ² ' } イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: I r (p - P F - p h) ₂ (a c a c))、ビス (2 - フェニルベンゾチアゾラト - N , C ² ') イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: I r (b t) ₂ (a c a c))、ビス [2 - (2 ' - ベンゾ [4 , 5 - a] チエニル) ピリジナト - N , C ³ '] イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: I r (b t p) ₂ (a c a c))、ビス (1 - フェニルイソキノリナト - N , C ² ') イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: I r (p i q) ₂ (a c a c))、(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 (I I I) (略称: I r (F d p q) ₂ (a c a c))、(アセチルアセトナート) ビス (3 , 5 - ジメチル - 2 - フェニルピラジナト) イリジウム (I I I) (略称: [I r (m p p r - M e) ₂ (a c a c)])、(アセチルアセトナート) ビス (5 - イソプロピル - 3 - メチル - 2 - フェニルピラジナト) イリジウム (I I I) (略称: [I r (m p p r - i P r) ₂ (a c a c)])、(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 (I I I) (略称: I r (t p p r) ₂ (a c a

30

40

50

c))、ビス(2,3,5-トリフェニルピラジナト)(ジピバロイルメタナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(tppr)₂(dpm)])、(アセチルアセトナト)ビス(6-tert-ブチル-4-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(tBuppm)₂(acac)])、(アセチルアセトナト)ビス(4,6-ジフェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(dppm)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。

10

【0078】

また、TADF材料としては、例えば、フラレンやその誘導体、プロフラビン等のアクリジン誘導体、エオシン等が挙げられる。また、マグネシウム(Mg)、亜鉛(Zn)、カドミウム(Cd)、スズ(Sn)、白金(Pt)、インジウム(In)、もしくはパラジウム(Pd)等を含む金属含有ポルフィリンが挙げられる。該金属含有ポルフィリンとしては、例えば、プロトポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF₂(Proto IX))、メソポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF₂(Meso IX))、ヘマトポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF₂(Hemato IX))、コプロポルフィリントトラメチルエステル-フッ化スズ錯体(SnF₂(Copro III-4Me))、オクタエチルポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF₂(OEP))、エチオポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF₂(Etio I))、オクタエチルポルフィリン-塩化白金錯体(PtCl₂OEP)等が挙げられる。さらに、2-(ピフェニル-4-イル)-4,6-ビス(12-フェニルインドロ[2,3-a]カルバゾール-11-イル)-1,3,5-トリアジン(PIC-TRZ)等の電子過剰型複素芳香環及び電子不足型複素芳香環を有する複素環化合物を用いることもできる。なお、電子過剰型複素芳香環と電子不足型複素芳香環とが直接結合した物質は、電子過剰型複素芳香環のドナー性と電子不足型複素芳香環のアクセプター性が共に強くなり、S1とT1のエネルギー差が小さくなるため、特に好ましい。

20

【0079】

また、発光層213は、図3(B)に示すような積層構造を有していてもよい。但し、この場合には、積層された各層からそれぞれの発光が得られる構成とする。例えば、1層目の発光層213(a1)からは、蛍光発光が得られる構成とし、1層目に積層される2層目の発光層213(a2)からは燐光発光が得られる構成とすればよい。なお、積層順については、この逆であってもよい。また、燐光発光が得られる層においては、励起錯体からドーパントへのエネルギー移動による発光が得られる構成とするのが好ましい。また、発光色については、一方の層から青色発光が得られる構成とする場合、他方の層からは橙色発光または黄色発光などが得られる構成とすることができる。また、各層において、複数種のドーパントが含まれる構成としてもよい。

30

【0080】

電子輸送層214は、電子輸送性の高い物質(電子輸送性化合物ともいう)を含む層である。電子輸送層214には、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称:Alq₃)、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(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:BAIq)、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ベンゾオキサゾラト]亜鉛(II)(略称: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(II)(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-ピフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称:PBD)、1,3-ビス[5-(p

40

50

- tert - ブチルフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - イル]ベンゼン(略称: OXD - 7)、3 - (4' - tert - ブチルフェニル) - 4 - フェニル - 5 - (4'' - ビフェニル) - 1, 2, 4 - トリアゾール(略称: TAZ)、3 - (4 - tert - ブチルフェニル) - 4 - (4 - エチルフェニル) - 5 - (4 - ビフェニル) - 1, 2, 4 - トリアゾール(略称: p - EtTAZ)、バソフェナントロリン(略称: BPhen)、バソキュプロイン(略称: BCP)、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 - Py)、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 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 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物質であれば、上記以外の物質を電子輸送層 214 として用いてもよい。

10

【0081】

また、電子輸送層 214 は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が 2 層以上積層されてなる構造としてもよい。

【0082】

電子注入層 215 は、電子注入性の高い物質を含む層である。電子注入層 215 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)、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(ErF₃)のような希土類金属化合物を用いることができる。また、電子注入層 215 にエレクトライドを用いてもよい。該エレクトライドとしては、例えば、カルシウムとアルミニウムの混合酸化物に電子を高濃度添加した物質等が挙げられる。なお、上述した電子輸送層 214 を構成する物質を用いることもできる。

20

【0083】

また、電子注入層 215 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 214 を構成する物質(金属錯体や複素芳香族化合物等)を用いることができる。電子供与体としては、有機化合物に対し電子供与性を示す物質であればよい。具体的には、アルカリ金属やアルカリ土類金属や希土類金属が好ましく、リチウム、セシウム、マグネシウム、カルシウム、エルビウム、イッテルビウム等が挙げられる。また、アルカリ金属酸化物やアルカリ土類金属酸化物が好ましく、リチウム酸化物、カルシウム酸化物、バリウム酸化物等が挙げられる。また、酸化マグネシウムのようなルイス塩基を用いることもできる。また、テトラチアフルバレン(略称: TTF)等の有機化合物を用いることもできる。

30

【0084】

なお、上述した正孔注入層 211、正孔輸送層 212、発光層 213、電子輸送層 214、電子注入層 215 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。

40

【0085】

上述した発光素子は、EL層 202 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 201 および第 2 の電極 203 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 201 および第 2 の電極 203 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。

【0086】

なお、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(ゲ

50

スト材料)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を行うことができるため、エネルギー移動効率が高く、外部量子効率の高い発光素子を実現することができる。

【0087】

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。

【0088】

(実施の形態2)

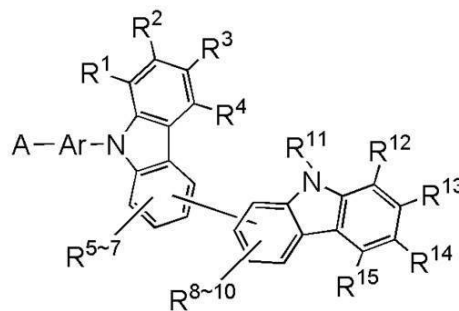
本実施の形態では、発光素子に用いることができ、本発明の一態様であるジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体について説明する。

【0089】

本発明の一態様であるジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体は、下記一般式(G0)で表される。

【0090】

【化7】



(G0)

【0091】

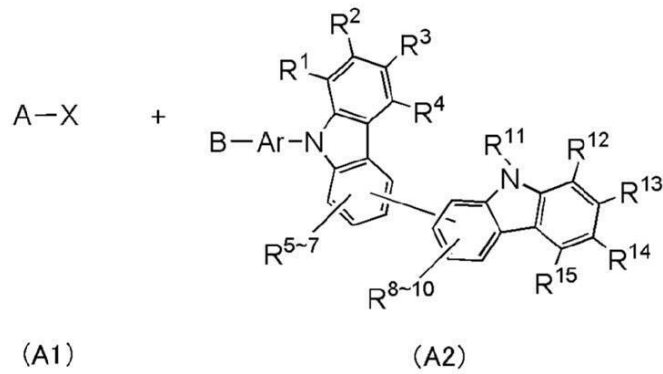
但し、式中、Aは、ジベンゾ[f, h]キノキサリニル基を表し、R¹ ~ R¹⁵は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1 ~ 6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数5 ~ 7のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6 ~ 13のアリール基、のいずれかを表し、Arは、置換もしくは無置換の炭素数6 ~ 25のアリーレン基、または単結合を表す。なお、Arのアリーレン基として、アントラセニレン基は含まないことが好ましい。

【0092】

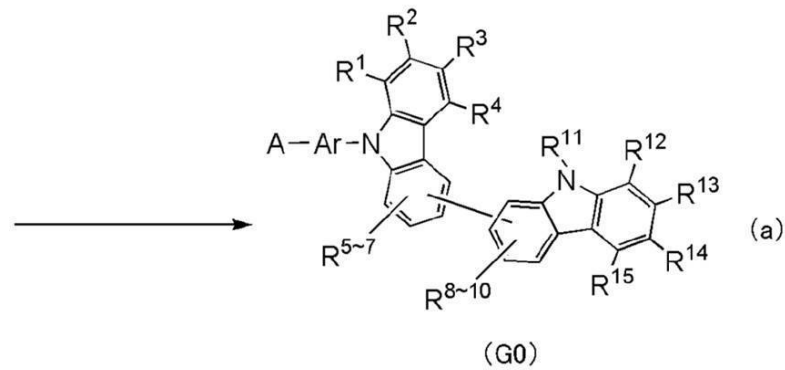
なお、上記一般式(G0)で表されるジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体は、以下に示す合成方法により合成することができる。まず、下記合成スキーム(a)に示すように、ジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体のハロゲン化合物(A1)と、ピカルバゾール誘導体のアリールボロン酸化合物(A2)とを反応させることにより、ジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体(G0)が得られる。

【0093】

【化 8】



10



20

【0094】

なお、式中のAは、ジベンゾ[f, h]キノキサリニル基を表し、R¹ ~ R¹⁵は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1 ~ 6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数5 ~ 7のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6 ~ 13のアリール基、のいずれかを表し、Arは、置換もしくは無置換の炭素数6 ~ 25のアリーレン基、または単結合を表す。なお、Arのアリーレン基として、アントラセニレン基は含まないことが好ましい。また、Xはハロゲンを表す。また、Arが置換もしくは無置換の炭素数6 ~ 25のアリーレン基である場合、Bはボロン酸またはボロン酸エステルまたは環状トリオールボレート塩等を表す。なお、環状トリオールボレート塩としては、リチウム塩の他に、カリウム塩、ナトリウム塩を用いても良い。また、Arが単結合の場合、Bは水素を表す。

30

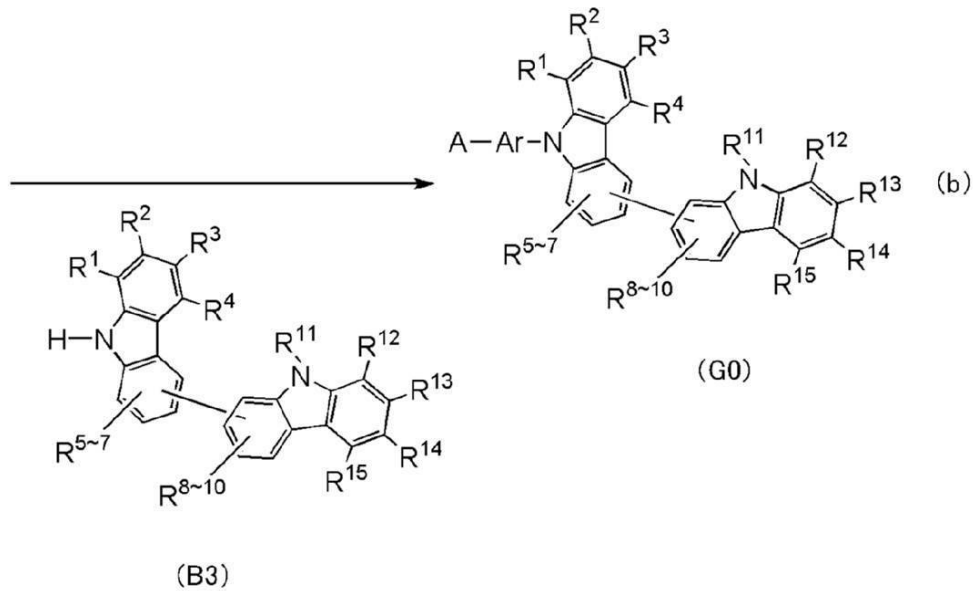
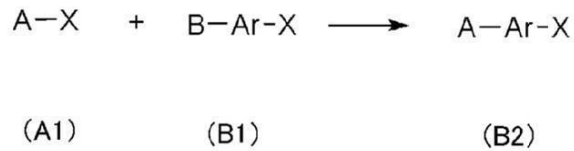
【0095】

その他、下記合成スキーム(b)に示すように、ジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体のハロゲン化合物(A1)と、ハロゲンで置換されたアリールボロン酸(B1)とを反応させることにより、中間体(B2)を得た後、ピカルバゾール誘導体(B3)とを反応させることにより、ジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体(G0)を得ることもできる。

40

【0096】

【化9】



【0097】

なお、式中のAは、ジベンゾ[f, h]キノキサリニル基を表し、R¹ ~ R¹⁵は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1 ~ 6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数5 ~ 7のシクロアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6 ~ 13のアリール基、のいずれかを表し、Arは、置換もしくは無置換の炭素数6 ~ 25のアリーレン基、または単結合を表す。なお、Arのアリーレン基として、アントラセニレン基は含まないことが好ましい。また、Xはハロゲンを表す。また、Bはボロン酸またはボロン酸エステルまたは環状トリオールボレート塩等を表す。

【0098】

なお、一般式(G0)のArが単結合を表す場合は、(A1)と(B3)をそのまま反応させればよい。

【0099】

次に、上述した合成方法などにより合成することができる本発明の一態様であるジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体は、より好ましくは上述の一般式(G1) ~ (G3)で表される化合物である。また、一般式(G0) ~ (G3)で表される本発明の一態様であるジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体の具体的な構造式を以下に示す(下記構造式(100) ~ (131))。ただし、本発明はこれらに限定されることはない。

【0100】

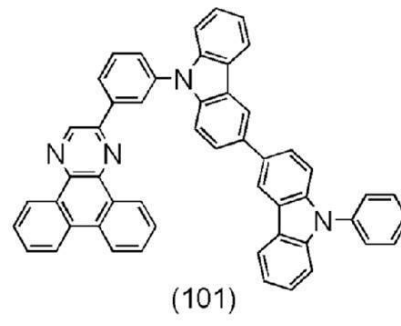
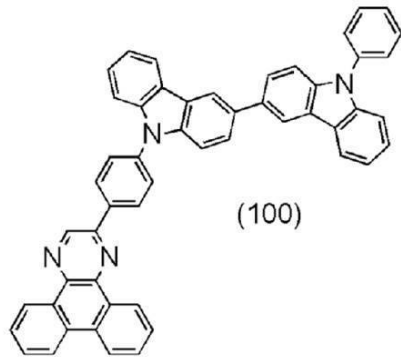
10

20

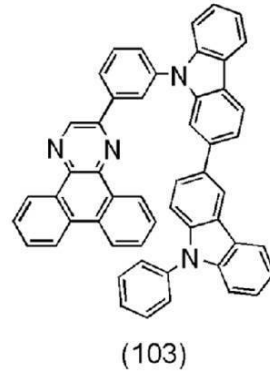
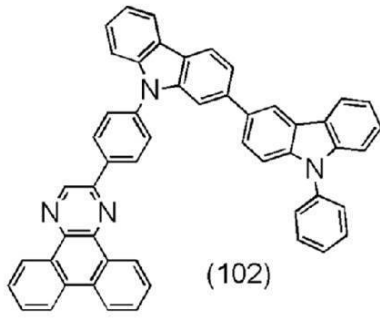
30

40

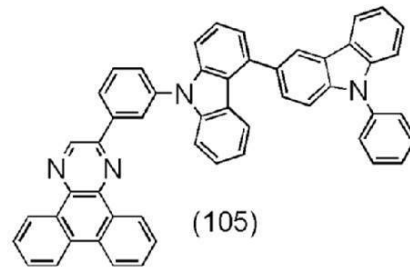
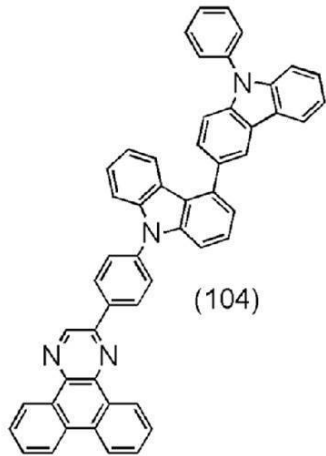
【化10】



10



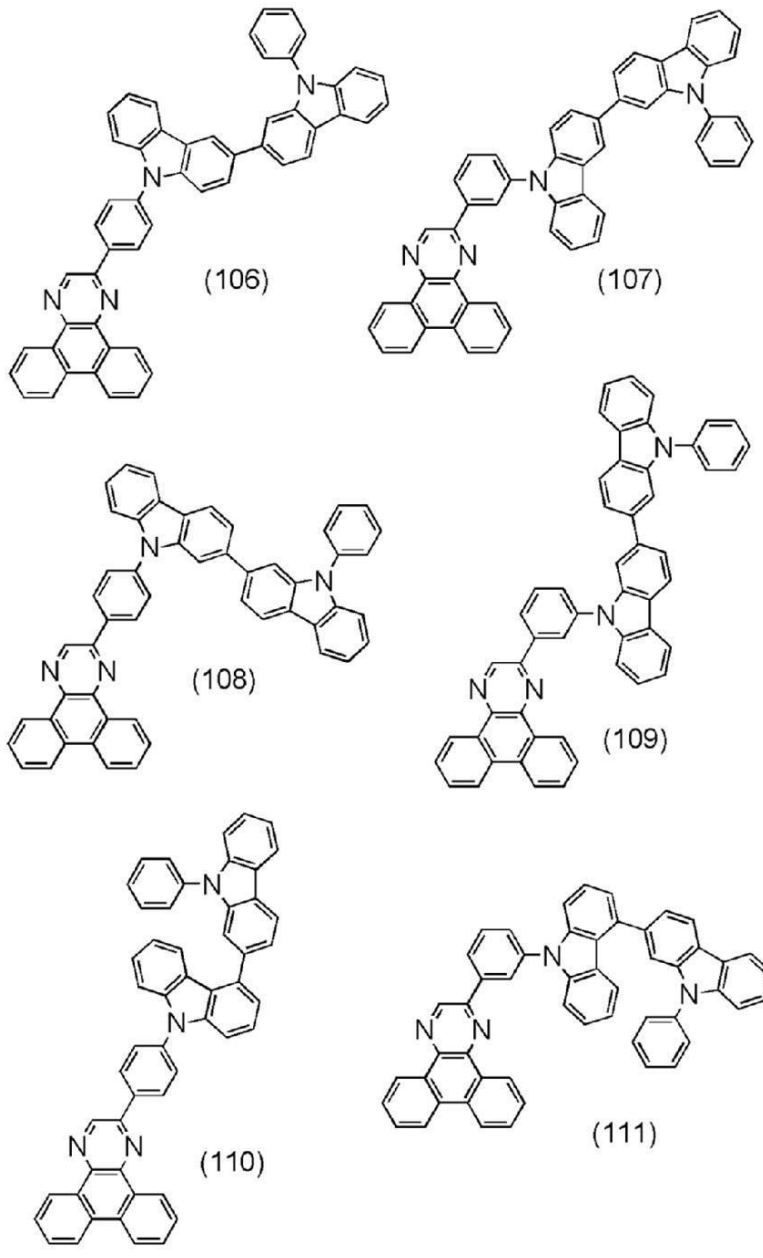
20



30

【0101】

【化 1 1】



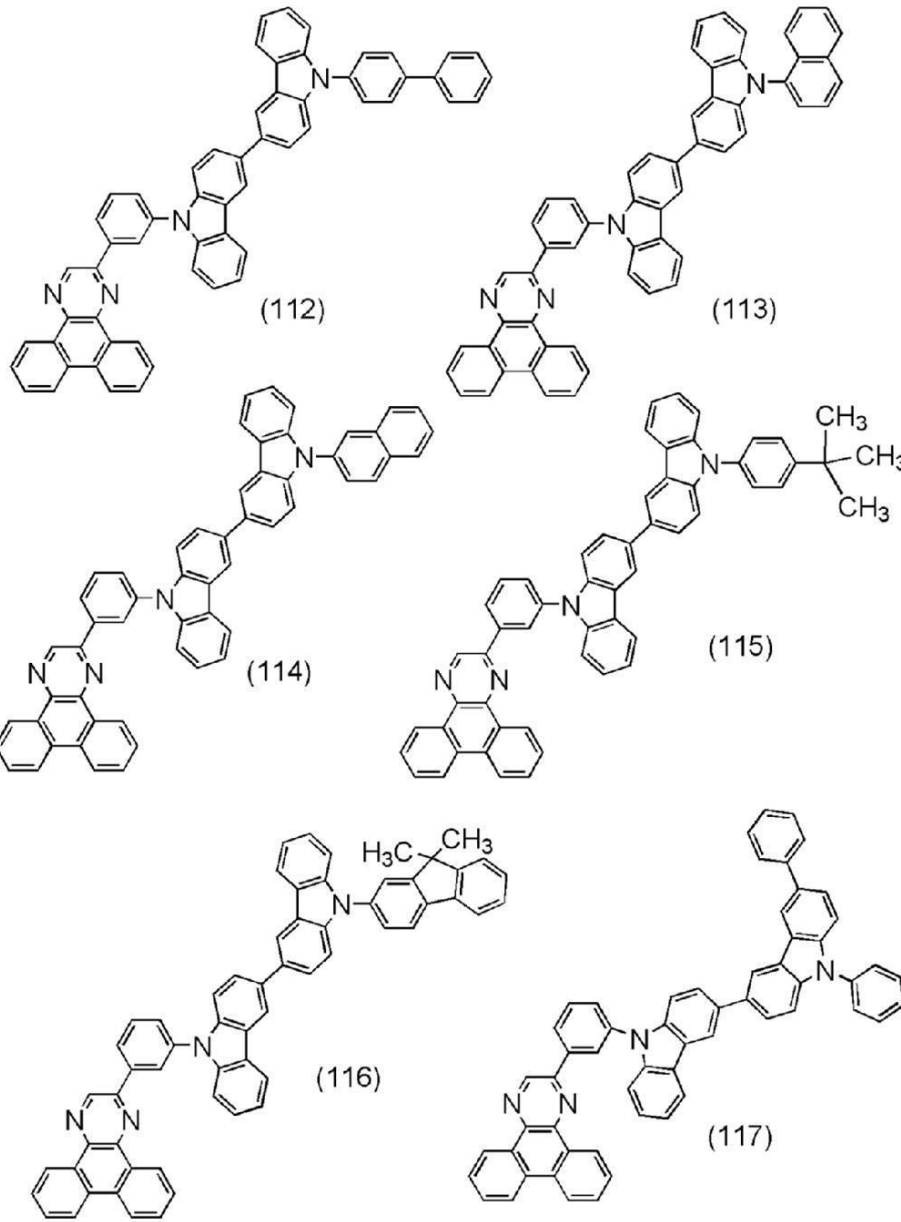
10

20

30

【 0 1 0 2】

【化 1 2】



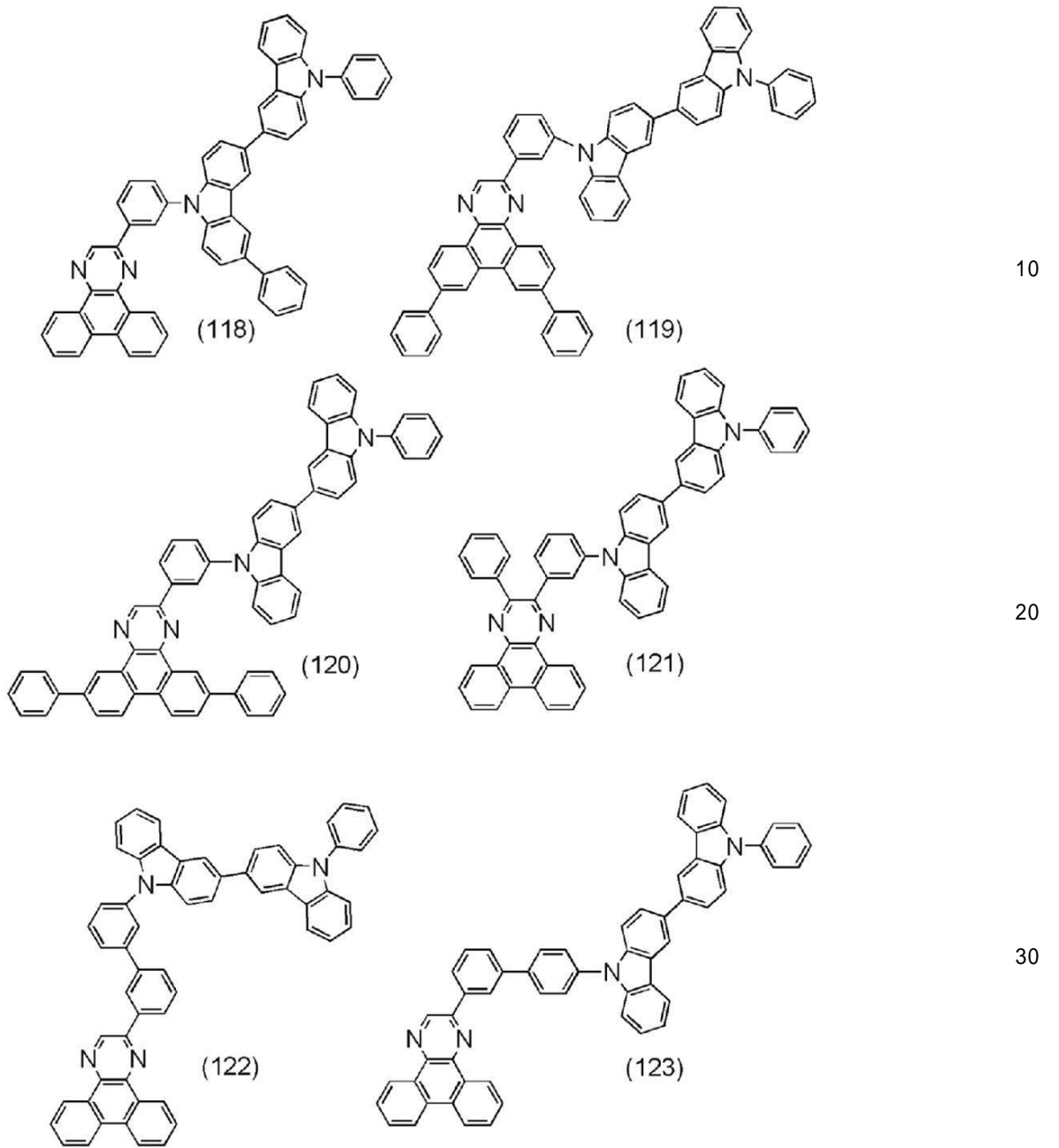
10

20

30

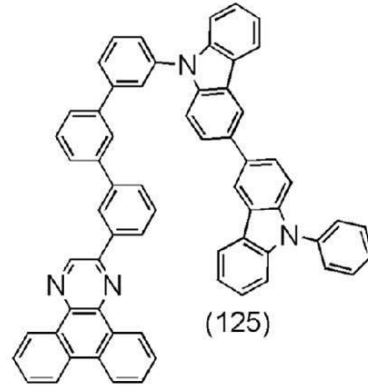
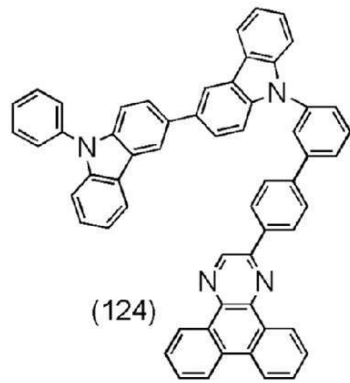
【 0 1 0 3】

【化 1 3】

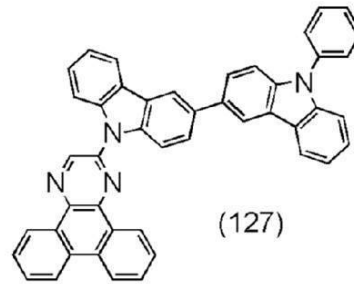
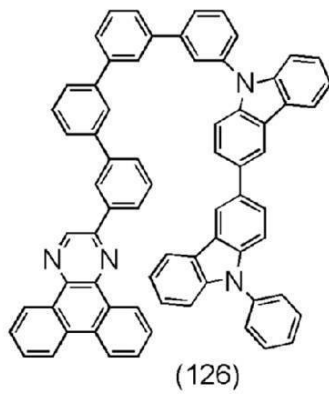


【 0 1 0 4】

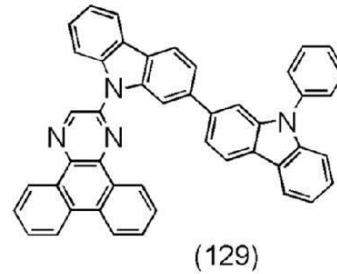
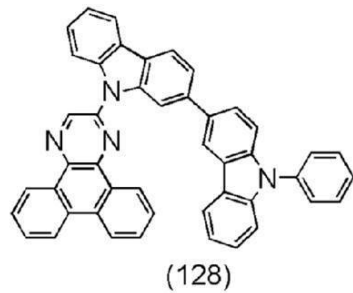
【化14】



10



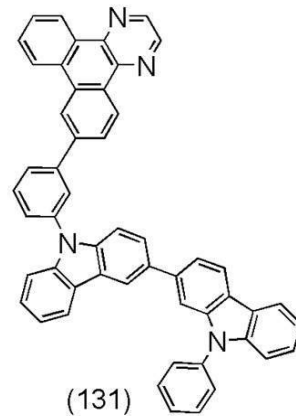
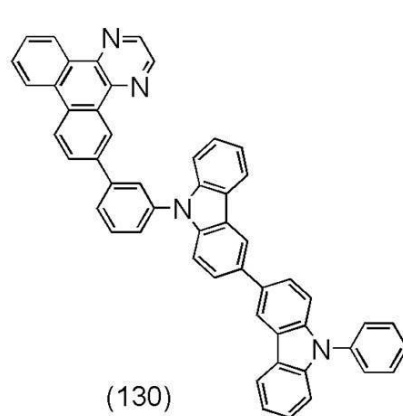
20



30

【0105】

【化15】



40

【0106】

なお、本発明の一態様であるジベンゾ[*f*, *h*]キノキサリン誘導体を本発明の一態様である発光素子に用いることで、発光効率および信頼性の高い発光素子、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。また、消費電力が低い発光素子、発光装置

50

、電子機器、または照明装置を実現することができる。

【0107】

また、一般式(G0)~(G3)で表されるジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体は、電子輸送性および正孔輸送性を有するため、発光層のホスト材料として、あるいは電子輸送層、正孔輸送層として用いることができる。また、蛍光発光を示すため、それ自体、発光素子の発光物質として使うことも可能である。このように、一般式(G0)~(G3)で表されるジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体は、発光素子用材料として利用方法が広範にわたる有用な新規化合物であるため、一般式(G0)~(G3)で表されるジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体を含む発光素子は、本発明の一態様の発光素子である。

【0108】

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用いることができる。

【0109】

(実施の形態3)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光素子として、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。なお、タンデム型発光素子は、図4(A)に示すように一对の電極(第1の電極401および第2の電極404)間に、複数のEL層(第1のEL層402(1)、第2のEL層402(2))を有する。

【0110】

なお、本実施の形態において、第1の電極401は、陽極として機能する電極であり、第2の電極404は陰極として機能する電極である。また、第1の電極401および第2の電極404は、実施の形態1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のEL層402(1)、第2のEL層402(2))は、実施の形態1で示したEL層と同様な構成であっても良いが、いずれかが同様な構成であっても良い。すなわち、第1のEL層402(1)と第2のEL層402(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1と同様なものを適用することができる。さらに、複数のEL層(第1のEL層402(1)、第2のEL層402(2))のいずれかに実施の形態2で示したジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体を用いることができる。

【0111】

また、複数のEL層(第1のEL層402(1)、第2のEL層402(2))の間には、電荷発生層405が設けられている。電荷発生層405は、第1の電極401と第2の電極404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401に第2の電極404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405から第1のEL層402(1)に電子が注入され、第2のEL層402(2)に正孔が注入される。

【0112】

なお、電荷発生層405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405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405は、第1の電極401や第2の電極404よりも低い導電率であっても機能する。

【0113】

電荷発生層405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。

【0114】

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

10

20

30

40

50

。ここに述べた物質は、主に $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 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。

【0115】

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。

10

【0116】

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、Alq₃、Almq₃、BeBq₂、BAIq 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 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 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

20

【0117】

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)、イッテルビウム(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、テトラチア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。

【0118】

なお、上述した材料を用いて電荷発生層405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。

30

【0119】

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4(B)に示すように、n層（ただし、nは、3以上）のEL層（402(1)~402(n)）を積層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層との間にそれぞれ電荷発生層（405(1)~405(n-1)）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、大きな発光面を有する発光装置、電子機器、及び照明装置等に应用した場合は、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。

40

【0120】

また、それぞれのEL層の発光色を異なるものにするすることで、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間をいう。つまり、補色の関係にある色の光を互いに混合すると、白色発光を得ることができる。具体的には、第1のEL層から青色発光が得られ、第2のEL層から黄色発光（または橙色発光）が得られる組み合わせが挙げられる。この場合、青色発光と黄色発光（または橙色発光）が両方とも同じ蛍光発光、または燐光発光で

50

ある必要はなく、青色発光が蛍光発光であり、黄色発光（または橙色発光）が燐光発光である組み合わせや、その逆の組み合わせとしてもよい。さらに、発光素子における光路長の調整に適した積層構造（例えば、第1の発光層から黄色発光が得られ、第2の発光層から青色発光が得られる構成）とすることで、さらに素子特性を向上させることができるので好ましい。

【0121】

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。

【0122】

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用いることができる。

【0123】

（実施の形態4）

本実施の形態では、実施の形態1で説明した発光素子に着色層（カラーフィルタ等）を組み合わせる場合の発光装置の一態様について説明する。なお、本実施の形態では、発光装置の画素部の構成について図5を用いて説明する。

【0124】

図5では、基板501上に複数のFET（トランジスタ）502が形成されており、各FET502は、各発光素子（507R、507G、507B、507Y）と電氣的に接続されている。具体的には、各FET502が発光素子の画素電極である第1の電極503と電氣的に接続されている。また、隣り合う第1の電極503の端部を埋めるべく隔壁504が設けられている。

【0125】

なお、本実施の形態における第1の電極503は、反射電極としての機能を有する。また、第1の電極503上には、EL層505が形成されており、EL層505上には第2の電極510が形成されている。また、EL層505は、複数の単色光を呈する複数の発光層を有する構成であり、第2の電極510は、半透過・半反射電極として機能する電極である。

【0126】

各発光素子（507R、507G、507B、507Y）からは、それぞれ異なる発光が得られる。具体的には、発光素子507Rは、赤色発光が得られるように光学調整されており、506Rで示される領域において着色層508Rを通して矢印の方向に赤色の光が射出される。また、発光素子507Gは、緑色発光が得られるように光学調整されており、506Gで示される領域において着色層508Gを通して矢印の方向に緑色の光が射出される。また、発光素子507Bは、青色発光が得られるように光学調整されており、506Bで示される領域において着色層508Bを通して矢印の方向に青色の光が射出される。また、発光素子507Yは、黄色発光が得られるように光学調整されており、506Yで示される領域において着色層508Yを通して矢印の方向に黄色の光が射出される。

【0127】

なお、各着色層（508R、508G、508B、508Y）は、図5に示すように各発光素子（507R、507G、507B、507Y）が設けられた基板501の上方に配置された透明な封止基板511に設けられている。なお、各着色層（508R、508G、508B、508Y）は、それぞれの発光色を呈する各発光素子（507R、507G、507B、507Y）と重なる位置にそれぞれ設けられている。

【0128】

また、隣り合う各着色層（508R、508G、508B、508Y）の端部を埋めるべく黒色層（ブラックマトリックス）509が設けられている。なお、各着色層（508R、508G、508B、508Y）と黒色層509は、透明な材料を用いたオーバーコート層で覆われていても良い。

10

20

30

40

50

【0129】

以上に説明した構成では、封止基板511側に発光を取り出す構造（トップエミッション型）の発光装置となるが、FETが形成されている基板501側に光を取り出す構造（ボトムエミッション型）の発光装置としても良い。なお、本実施の形態で示したトップエミッション型の発光装置の場合には、基板501として遮光性の基板および透光性の基板を用いることができるが、ボトムエミッション型の発光装置の場合には、基板501として透光性の基板を用いる必要がある。

【0130】

例えば、本明細書等において、様々な基板を用いて、トランジスタや発光素子を形成することが出来る。基板の種類は、特定のものに限定されることはない。その基板の一例としては、半導体基板（例えば単結晶基板又はシリコン基板）、SOI基板、ガラス基板、石英基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス・スチル基板、ステンレス・スチル・ホイルを有する基板、タングステン基板、タングステン・ホイルを有する基板、可撓性基板、貼り合わせフィルム、繊維状の材料を含む紙、又は基材フィルムなどがある。ガラス基板の一例としては、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス、又はソーダライムガラスなどがある。可撓性基板、貼り合わせフィルム、基材フィルムなどの一例としては、以下のものがあげられる。例えば、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエチレンナフタレート（PEN）、ポリエーテルサルフォン（PES）、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）に代表されるプラスチックがある。または、アクリル等の合成樹脂、または、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリフッ化ビニル、塩化ビニルなどからなるフィルムや、ポリアミド、ポリイミド、アラミド、エポキシなどからなるフィルム、無機蒸着フィルム、又は紙類などがある。特に、半導体基板、単結晶基板、又はSOI基板などを用いてトランジスタを製造することによって、特性、サイズ、又は形状などのばらつきが少なく、電流供給能力が高く、サイズの小さいトランジスタを製造することができる。このようなトランジスタによって回路を構成すると、回路の低消費電力化、又は回路の高集積化を図ることができる。

【0131】

また、基板として、可撓性基板を用い、可撓性基板上に直接、トランジスタや発光素子を形成してもよい。または、基板とトランジスタ等の間に剥離層を設けてもよい。剥離層は、その上に半導体装置を一部あるいは全部完成させた後、基板より分離し、他の基板に転載するために用いることができる。その際、トランジスタ等は耐熱性の劣る基板や可撓性の基板にも転載できる。なお、上述の剥離層には、例えば、タングステン膜と酸化シリコン膜との無機膜の積層構造の構成や、基板上にポリイミド等の有機樹脂膜が形成された構成等を用いることができる。

【0132】

つまり、ある基板を用いてトランジスタや発光素子を形成し、その後、別の基板にトランジスタや発光素子を転置し、別の基板上にトランジスタや発光素子を配置してもよい。トランジスタや発光素子が転置される基板の一例としては、上述したトランジスタ等を形成することが可能な基板に加え、紙基板、セロファン基板、アラミドフィルム基板、ポリイミドフィルム基板、石材基板、木材基板、布基板（天然繊維（絹、綿、麻）、合成繊維（ナイロン、ポリウレタン、ポリエステル）若しくは再生繊維（アセテート、キュプラ、レーヨン、再生ポリエステル）などを含む）、皮革基板、又はゴム基板などがある。これらの基板を用いることにより、特性のよいトランジスタ等の形成、消費電力の小さいトランジスタ等の形成、壊れにくい装置の製造、耐熱性の付与、軽量化、又は薄型化を図ることができる。

【0133】

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ることができるものとする。

【0134】

（実施の形態5）

10

20

30

40

50

本実施の形態では、本発明の一態様であるジベンゾ [f , h] キノキサリン誘導体を E L 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 3 5 】

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 3 6 】

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 6 を用いて説明する。

【 0 1 3 7 】

なお、図 6 (A) は発光装置を示す上面図であり、図 6 (B) は図 6 (A) を一点鎖線 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 6 0 1 上に設けられた画素部 6 0 2 と、駆動回路部 (ソース線駆動回路) 6 0 3 と、駆動回路部 (ゲート線駆動回路) 6 0 4 a 及び 6 0 4 b と、を有する。画素部 6 0 2、駆動回路部 6 0 3、及び駆動回路部 6 0 4 は、シール材 6 0 5 によって、素子基板 6 0 1 と封止基板 6 0 6 との間に封止されている。

【 0 1 3 8 】

また、素子基板 6 0 1 上には、駆動回路部 6 0 3、及び駆動回路部 6 0 4 a 及び 6 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 6 0 7 が設けられる。ここでは、外部入力端子として F P C (フレキシブルプリントサーキット) 6 0 8 を設ける例を示している。なお、ここでは F P C しか図示されていないが、この F P C にはプリント配線基板 (P W B) 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 F P C もしくは P W B が取り付けられた状態をも含むものとする。

【 0 1 3 9 】

次に、断面構造について図 6 (B) を用いて説明する。素子基板 6 0 1 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 6 0 3 と、画素部 6 0 2 が示されている。

【 0 1 4 0 】

駆動回路部 6 0 3 は F E T 6 0 9 と F E T 6 1 0 とを組み合わせた構成について例示している。なお、駆動回路部 6 0 3 は、単極性 (N 型または P 型のいずれか一方のみ) のトランジスタを含む回路で形成されても良いし、N 型のトランジスタと P 型のトランジスタを含む C M O S 回路で形成されても良い。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一体型を示すが、外部に駆動回路を形成することもできる。

【 0 1 4 1 】

また、画素部 6 0 2 はスイッチング用 F E T 6 1 1 と、電流制御用 F E T 6 1 2 と電流制御用 F E T 6 1 2 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) 6 1 3 とを含む複数の画素により形成される。また、本実施の形態においては、画素部 6 0 2 はスイッチング用 F E T 6 1 1 と、電流制御用 F E T 6 1 2 との 2 つの F E T により画素部 6 0 2 を構成する例について示したが、これに限定されない。例えば、3 つ以上の F E T と、容量素子とを組み合わせた画素部 6 0 2 としてもよい。

【 0 1 4 2 】

F E T 6 0 9、6 1 0、6 1 1、6 1 2 としては、例えば、スタガ型や逆スタガ型のトランジスタを適用することができる。F E T 6 0 9、6 1 0、6 1 1、6 1 2 に用いることのできる半導体材料としては、例えば、第 1 3 族 (ガリウム等) 半導体、第 1 4 族 (ケイ素等) 半導体、化合物半導体、酸化物半導体、有機半導体材料を用いることができる。また、該半導体材料の結晶性については、特に限定されず、例えば、非晶質半導体膜、または結晶性半導体膜を用いることができる。特に、F E T 6 0 9、6 1 0、6 1 1、6 1 2 としては、酸化物半導体を用いると好ましい。該酸化物半導体としては、例えば、In - Ga 酸化物、In - M - Zn 酸化物 (M は、Al、Ga、Y、Zr、La、Ce、または

10

20

30

40

50

Nd)等が挙げられる。FET609、610、611、612として、例えば、エネルギーギャップが2 eV以上、好ましくは2.5 eV以上、さらに好ましくは3 eV以上の酸化物半導体材料を用いることで、トランジスタのオフ電流を低減することができる。

【0143】

また、第1の電極613の端部を覆って絶縁物614が形成されている。ここでは、絶縁物614として、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。また、本実施の形態においては、第1の電極613を陽極として用いる。

【0144】

また、絶縁物614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。絶縁物614の形状を上記のように形成することで、絶縁物614の上層に形成される膜の被覆性を良好なものとすることができる。例えば、絶縁物614の材料として、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かを使用することができる。有機化合物に限らず無機化合物、例えば、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化シリコン等を使用することができる。

10

【0145】

第1の電極(陽極)613上には、EL層615及び第2の電極(陰極)616が積層形成されている。EL層615は、少なくとも発光層が設けられている。また、EL層615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。

【0146】

なお、第1の電極(陽極)613、EL層615及び第2の電極(陰極)616との積層構造で、発光素子617が形成されている。第1の電極(陽極)613、EL層615及び第2の電極(陰極)616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)616は外部入力端子であるFPC608に電氣的に接続されている。

20

【0147】

また、図6(B)に示す断面図では発光素子617を1つのみ図示しているが、画素部602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602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、3種類(R、G、B)の発光が得られる発光素子の他に、例えば、ホワイト(W)、イエロー(Y)、マゼンタ(M)、シアン(C)等の発光が得られる発光素子を形成してもよい。例えば、3種類(R、G、B)の発光が得られる発光素子に上述の数種類の発光が得られる発光素子を追加することにより、色純度の向上、消費電力の低減等の効果を得ることができる。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。さらに、量子ドットとの組み合わせにより発光効率を向上させ、消費電力を低減させた発光装置としてもよい。

30

【0148】

さらに、シール材605で封止基板606を素子基板601と貼り合わせることにより、素子基板601、封止基板606、およびシール材605で囲まれた空間618に発光素子617が備えられた構造になっている。なお、空間618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605で充填される構成も含むものとする。

40

【0149】

なお、シール材605にはエポキシ系樹脂やガラスフリット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606や素子基板601に用いる材料としてガラス基板や石英基板の他、FRP(Fiber-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。シール材としてガラスフリットを用いる場合には、接着性の観点から素子基板601及び封止基板606はガラス基板であることが好ましい。

50

【 0 1 5 0 】

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 5 1 】

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用いることができる。

【 0 1 5 2 】

(実施の形態 6)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置を適用して完成させた様々な電子機器の一例について、図 7 を用いて説明する。

【 0 1 5 3 】

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などのカメラ、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 7 に示す。

【 0 1 5 4 】

図 7 (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、タッチセンサ(入力装置)を搭載したタッチパネル(入出力装置)であってもよい。なお、本発明の一態様である発光装置を表示部 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 5 5 】

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 5 6 】

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 5 7 】

図 7 (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、本発明の一態様である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することができる。また、表示パネル 7 2 0 3 は、タッチセンサ(入力装置)を搭載したタッチパネル(入出力装置)であってもよい。

【 0 1 5 8 】

図 7 (C) は、スマートウォッチであり、筐体 7 3 0 2、表示パネル 7 3 0 4、操作ボタン 7 3 1 1、7 3 1 2、接続端子 7 3 1 3、バンド 7 3 2 1、留め金 7 3 2 2、等を有する。

【 0 1 5 9 】

ベゼル部分を兼ねる筐体 7 3 0 2 に搭載された表示パネル 7 3 0 4 は、非矩形状の表示領域を有している。表示パネル 7 3 0 4 は、時刻を表すアイコン 7 3 0 5、その他のアイコン 7 3 0 6 等を表示することができる。また、表示部 7 3 0 4 は、タッチセンサ(入力装置)を搭載したタッチパネル(入出力装置)であってもよい。

【 0 1 6 0 】

なお、図 7 (C) に示すスマートウォッチは、様々な機能を有することができる。例えば

10

20

30

40

50

、様々な情報（静止画、動画、テキスト画像など）を表示部に表示する機能、タッチパネル機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示する機能、様々なソフトウェア（プログラム）によって処理を制御する機能、無線通信機能、無線通信機能を用いて様々なコンピュータネットワークに接続する機能、無線通信機能を用いて様々なデータの送信又は受信を行う機能、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、等を有することができる。

【0161】

また、筐体7302の内部に、スピーカ、センサ（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）、マイクロフォン等を有することができる。なお、スマートウォッチは、発光装置をその表示パネル7304に用いることにより作製することができる。

10

【0162】

図7(D)は、携帯電話機（スマートフォンを含む）の一例を示している。携帯電話機7400は、筐体7401に、表示部7402、マイク7406、スピーカ7405、カメラ7407、外部接続部7404、操作ボタン7403などを備えている。また、本発明の一態様に係る発光素子を、可撓性を有する基板に形成して発光装置を作製した場合、図7(D)に示すような曲面を有する表示部7402に適用することが可能である。

【0163】

図7(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

【0164】

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。

【0165】

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。

30

【0166】

また、携帯電話機7400内部に、ジャイロセンサや加速度センサ等の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。

【0167】

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。

40

【0168】

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。

【0169】

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。

【0170】

50

さらに、携帯電話機（スマートフォンを含む）の別の構成として、図7（D' - 1）や図7（D' - 2）のような構造を有する携帯電話機に適用することもできる。

【0171】

なお、図7（D' - 1）や図7（D' - 2）のような構造を有する場合には、文字情報や画像情報などを筐体7500（1）、7500（2）の第1面7501（1）、7501（2）だけでなく、第2面7502（1）、7502（2）に表示させることができる。このような構造を有することにより、携帯電話機を胸ポケットに収納したままの状態、第2面7502（1）、7502（2）などに表示された文字情報や画像情報などを使用者が容易に確認することができる。

【0172】

また、図8（A）～（C）に、折りたたみ可能な携帯情報端末9310を示す。図8（A）に展開した状態の携帯情報端末9310を示す。図8（B）に展開した状態又は折りたたんだ状態の一方から他方に変化する途中の状態の携帯情報端末9310を示す。図8（C）に折りたたんだ状態の携帯情報端末9310を示す。携帯情報端末9310は、折りたたんだ状態では可搬性に優れ、展開した状態では、継ぎ目のない広い表示領域により表示の一覧性に優れる。

【0173】

表示パネル9311はヒンジ9313によって連結された3つの筐体9315に支持されている。なお、表示パネル9311は、タッチセンサ（入力装置）を搭載したタッチパネル（入出力装置）であってもよい。また、表示パネル9311は、ヒンジ9313を介して2つの筐体9315間を屈曲させることにより、携帯情報端末9310を展開した状態から折りたたんだ状態に可逆的に変形させることができる。本発明の一態様の発光装置を表示パネル9311に用いることができる。表示パネル9311における表示領域は折りたたんだ状態の携帯情報端末9310の側面に位置する表示領域である。表示領域には、情報アイコンや使用頻度の高いアプリやプログラムのショートカットなどを表示させることができ、情報の確認やアプリなどの起動をスムーズに行うことができる。

【0174】

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。なお、適用できる電子機器は、本実施の携帯に示したものに限らず、あらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。

【0175】

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用いることができる。

【0176】

（実施の形態7）

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置を適用した照明装置の一例について、図9を用いて説明する。

【0177】

図9は、発光装置を室内の照明装置8001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、筐体、カバー、または支持台を有し、発光領域が曲面を有する照明装置8002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8003を備えても良い。

【0178】

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8004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。

【0179】

10

20

30

40

50

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。

【0180】

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。

【実施例1】

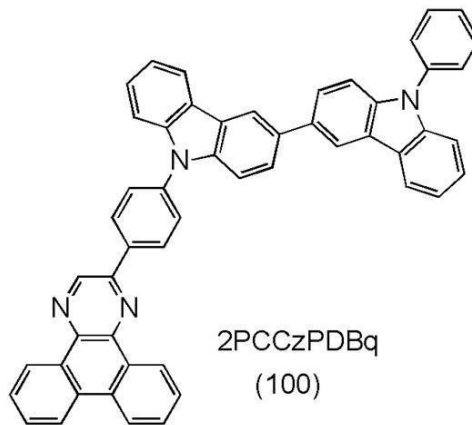
【0181】

合成例1

本実施例では、本発明の一態様である合成方法として、2 - { 4 - [3 - (N - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) - 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 P C C z P D B q) (構造式 (1 0 0)) の合成方法について説明する。なお、2 P C C z P D B q の構造を以下に示す。

【0182】

【化16】



【0183】

< 2 P C C z P D B q の合成 >

まず、2 - (4 - クロロフェニル) ジベンゾ [f , h] キノキサリン 1 . 0 g (2 . 8 m o l) 、 3 - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) - 9 H - カルバゾール 1 . 1 g (2 . 8 m m o l) 、 ナトリウム tert - ブトキシド 0 . 5 4 g (5 . 6 m m o l) 、 2 - ジシクロヘキシルホスフィノ - 2 ' , 6 ' - ジメトキシビフェニル (S - P h o s) 2 3 m g (0 . 1 0 m m o l) を 2 0 0 m L 三口フラスコに入れ混合し、フラスコを窒素置換した。この混合物に 1 4 m L のメシチレンを加え、フラスコ内を減圧下とし、攪拌することで脱気した。

【0184】

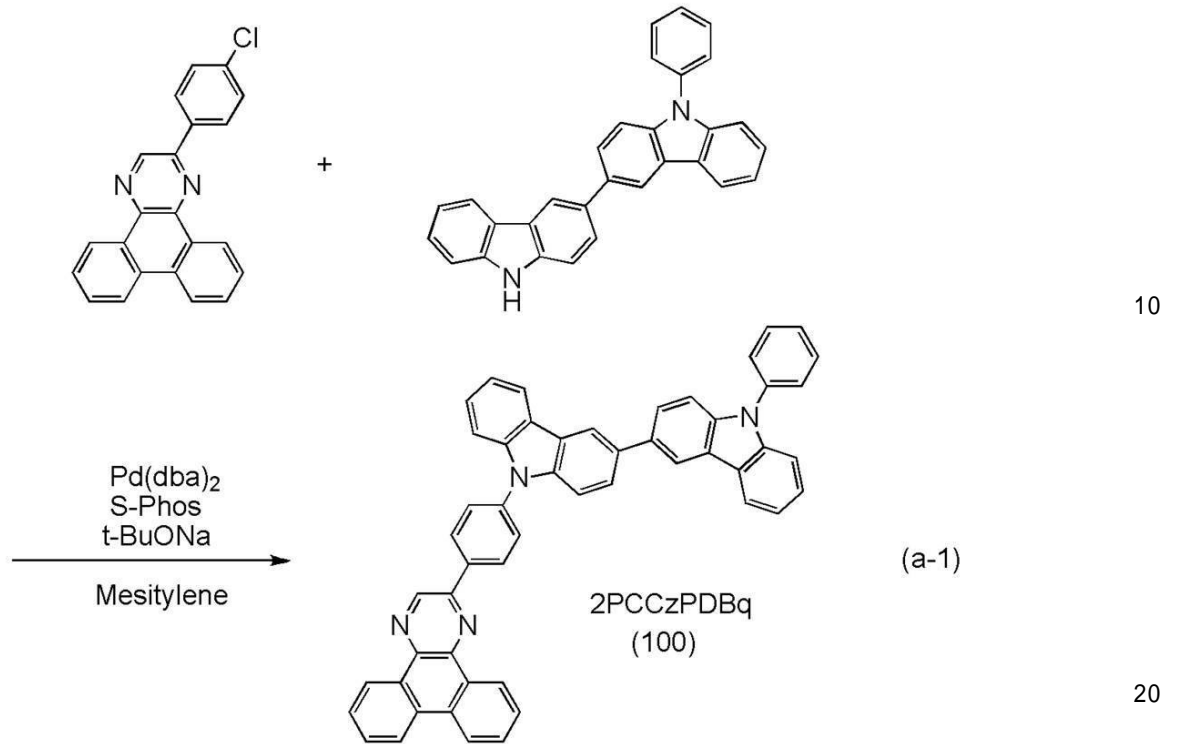
次に、この混合物に、ビス (ジベンジリデンアセトン) パラジウム (0) (略称 : P d (d b a) ₂) 1 6 m g (0 . 0 2 8 m m o l) を加えた。この混合物を窒素気流下、1 5 0 で 5 時間攪拌したところ、固体が析出した。析出した固体を吸引ろ過により回収した。回収した固体を約 4 0 0 m L の熱したトルエンに溶解し、この溶液をセライトとアルミナの積層物を通して吸引ろ過した。得られたろ液を濃縮して得た固体をトルエンで再結晶し、目的物の黄色粉末を 1 . 6 g 、収率 8 0 % で得た。

【0185】

得られた目的物の黄色粉末状固体 1 . 4 g をトレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製条件は、圧力 3 . 8 P a 、アルゴンガスを流量 1 0 m L / m i n で流しながら、3 8 0 で加熱して行った。昇華精製後、2 P C C z P D B q の黄色ガラス状固体を 1 . 1 g 、収率 7 9 % で得た。本ステップの合成スキームを下記 (a - 1) に示す。

【0186】

【化17】



【0187】

上記ステップで得られた黄色粉末状固体の核磁気共鳴分光法 ($^1\text{H-NMR}$) による分析結果を下記に示す。また、 $^1\text{H-NMR}$ チャートを図10(A)(B)に示す。なお、図10(B)は、図10(A)に対して横軸()を7.0(ppm)から10(ppm)の範囲とした拡大図である。このことから、上記ステップにおいて、2PCCzPDBq(構造式(100))が得られたことがわかった。

【0188】

= 7.32 (t, $J = 5.7\text{ Hz}$, 1H), 7.37 (t, $J = 8.0\text{ Hz}$, 1H), 7.43 - 7.53 (m, 5H), 7.58 - 7.66 (m, 6H), 7.72 - 7.89 (m, 8H), 8.25 (d, $J = 7.4\text{ Hz}$, 1H), 8.30 (d, $J = 8.1\text{ Hz}$, 1H), 8.44 (d, $J = 7.5\text{ Hz}$, 1H), 8.50 (d, $J = 5.4\text{ Hz}$, 2H), 8.64 - 8.67 (m, 3H), 9.25 (d, $J = 8.0\text{ Hz}$, 1H), 9.37 (d, $J = 6.3\text{ Hz}$, 1H), 9.47 (s, 1H)。

【0189】

次に、2PCCzPDBqのトルエン溶液の吸収スペクトル及び発光スペクトルを図11に、薄膜の吸収スペクトル及び発光スペクトルを図12に示す。スペクトルの測定には紫外可視分光光度計(日本分光株式会社製、V550型)を用いた。トルエン溶液のスペクトルは、2PCCzPDBqのトルエン溶液を石英セルに入れて測定した。また、薄膜のスペクトルは、2PCCzPDBqを石英基板に蒸着してサンプルを作製し、測定した。なお、トルエン溶液の吸収スペクトルは石英セルにトルエンのみを入れて測定した吸収スペクトルを差し引いた吸収スペクトルを図示し、薄膜の吸収スペクトルは石英基板の吸収スペクトルを差し引いた吸収スペクトルを図示した。

【0190】

図11より、2PCCzPDBqのトルエン溶液は305nm、385nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは450nm(励起波長305nm)であった。また、図12より2PCCzPDBqの薄膜は209nm、258nm、307nm、336nm、及び396nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは502nm(励起波長396nm)であった。

【実施例 2】

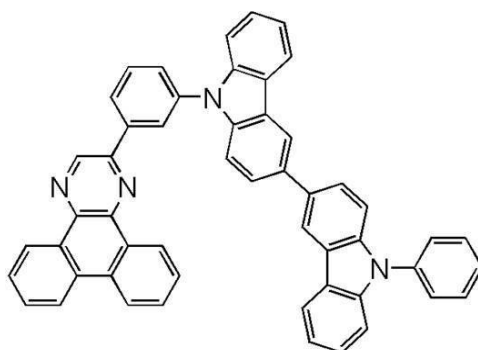
【0191】

合成例 2

本実施例では、本発明の一態様である合成方法として、2 - { 3 - [3 - (N - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) - 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 m P C C z P D B q) (構造式 (1 0 1)) の合成方法について説明する。なお、2 m P C C z P D B q の構造を以下に示す。

【0192】

【化 1 8】



2mPCCzPDBq

(101)

【0193】

< 2 m P C C z P D B q の合成 >

まず、2 - (3 - クロロフェニル) ジベンゾ [f , h] キノキサリン 1 . 7 g (5 . 0 m m o l)、3 - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) - 9 H - カルバゾール 2 . 0 g (5 . 0 m m o l)、ナトリウム tert - ブトキシド 0 . 9 6 g (1 0 m m o l)、2 - ジシクロヘキシルホスフィノ - 2 ' , 6 ' - ジメトキシビフェニル (S - P h o s) 4 1 m g (0 . 1 0 m m o l) を 2 0 0 m L 三口フラスコに入れ混合し、フラスコを窒素置換した。この混合物に 2 5 m L のメシチレンを加え、フラスコ内を減圧下とし、攪拌することで脱気した。

【0194】

次に、この混合物に、ビス (ジベンジリデンアセトン) パラジウム (0) (略称 : P d (d b a) ₂) 2 9 m g (0 . 0 5 0 m m o l) を加えた。この混合物を窒素気流下、1 5 0 で 5 時間攪拌したところ、固体が析出した。析出した固体を吸引ろ過により回収した。回収した固体を約 4 0 0 m L の熱したトルエンに溶解し、この溶液をセライトとアルミナの積層物を通して吸引ろ過した。得られたろ液を濃縮して得た固体をトルエンで再結晶し、目的物の黄色粉末を 2 . 8 g、収率 7 9 % で得た。

【0195】

得られた目的物の黄色粉末状固体 2 . 2 g をトレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製条件は、圧力 2 . 5 P a、アルゴンガスを流量 1 0 m L / m i n で流しながら、3 6 0 で加熱して行った。昇華精製後、2 m P C C z P D B q の黄色ガラス状固体を 1 . 2 g、回収率 5 5 % で得た。本ステップの合成スキームを下記 (b - 1) に示す。

【0196】

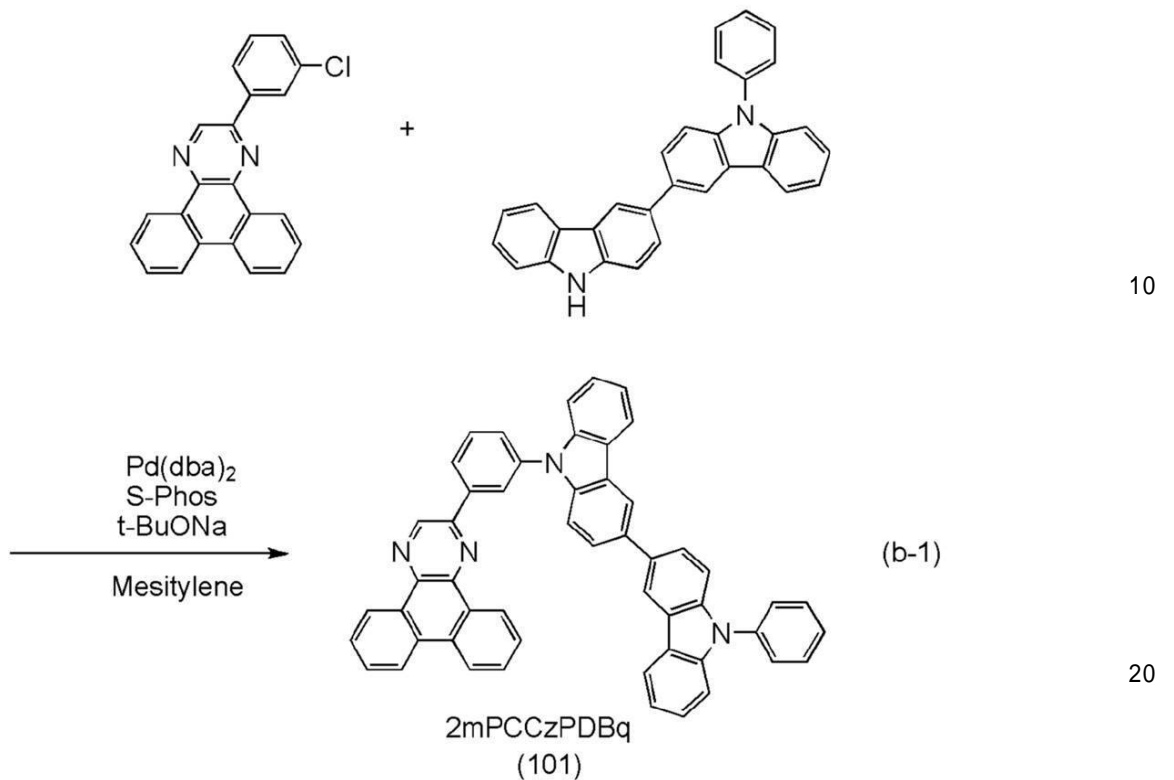
10

20

30

40

【化19】



【0197】

上記ステップで得られた黄色粉末状固体の核磁気共鳴分光法 ($^1\text{H-NMR}$) による分析結果を下記に示す。また、 $^1\text{H-NMR}$ チャートを図13(A)(B)に示す。なお、図13(B)は、図13(A)に対して横軸()を7.0(ppm)から10(ppm)の範囲とした拡大図である。このことから、上記ステップにおいて、2- { 3 - { 3 - (N - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) - 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 m P C C z P D B q) (構造式 (1 0 1)) が得られたことがわかった。

30

【0198】

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 500MHz) : (ppm) = 7.31 - 7.54 (m , 7H) , 7.58 - 7.67 (m , 6H) , 7.73 - 7.90 (m , 8H) , 8.25 (d , $J = 8.0\text{Hz}$, 1H) , 8.30 (d , $J = 8.1\text{Hz}$, 1H) , 8.45 (d , $J = 6.3\text{Hz}$, 1H) , 8.49 (d , $J = 3.7\text{Hz}$, 2H) , 8.65 - 8.68 (m , 3H) , 9.25 (d , $J = 2.0\text{Hz}$, 1H) , 9.37 (d , $J = 6.9\text{Hz}$, 1H) , 9.48 (s , 1H) 。

【0199】

次に、2mPCCzPDBqのトルエン溶液の吸収スペクトル及び発光スペクトルを図14に、薄膜の吸収スペクトル及び発光スペクトルを図15に示す。スペクトルの測定には紫外可視分光光度計(日本分光株式会社製、V550型)を用いた。トルエン溶液のスペクトルは、2mPCCzPDBqのトルエン溶液を石英セルに入れて測定した。また、薄膜のスペクトルは、2mPCCzPDBqを石英基板に蒸着してサンプルを作製し、測定した。なお、トルエン溶液の吸収スペクトルは石英セルにトルエンのみを入れて測定した吸収スペクトルを差し引いた吸収スペクトルを図示し、薄膜の吸収スペクトルは石英基板の吸収スペクトルを差し引いた吸収スペクトルを図示した。

40

【0200】

図14より、2mPCCzPDBqのトルエン溶液は305nm、374nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは480nm(励起波長305nm)であった。また

50

、図15より2mPCCzPDBqの薄膜は208nm、257nm、308nm、361nm、及び379nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは515nm（励起波長380nm）であった。

【実施例3】

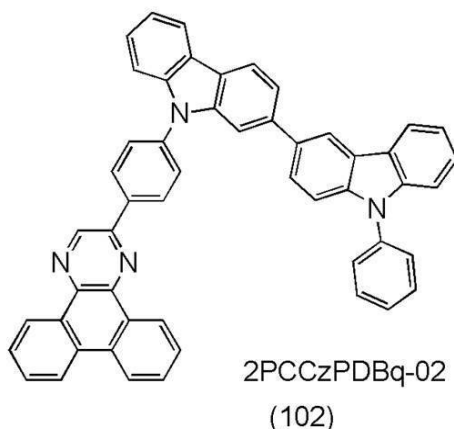
【0201】

合成例3

本実施例では、本発明の一態様である合成方法として、2- { 4 - [2 - (N - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) - 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：2PCCzPDBq-02）（構造式（102））の合成方法について説明する。なお、2PCCzPDBq-02の構造を以下に示す。

【0202】

【化20】



【0203】

< 2PCCzPDBq-02の合成 >

まず、2-(4-クロロフェニル)ジベンゾ [f , h] キノキサリン 1.4 g (4.2 mmol)、2-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-カルバゾール 1.7 g (4.2 mmol)、ナトリウム tert-ブトキシド 0.81 g (8.4 mmol)、2-ジシクロヘキシルホスフィノ-2',6'-ジメトキシビフェニル (S - Phos) 34 mg (0.10 mmol) を 200 mL 三口フラスコに入れ混合し、フラスコを窒素置換した。この混合物に 21 mL のメシチレンを加え、フラスコ内を減圧下とし、攪拌することで脱気した。

【0204】

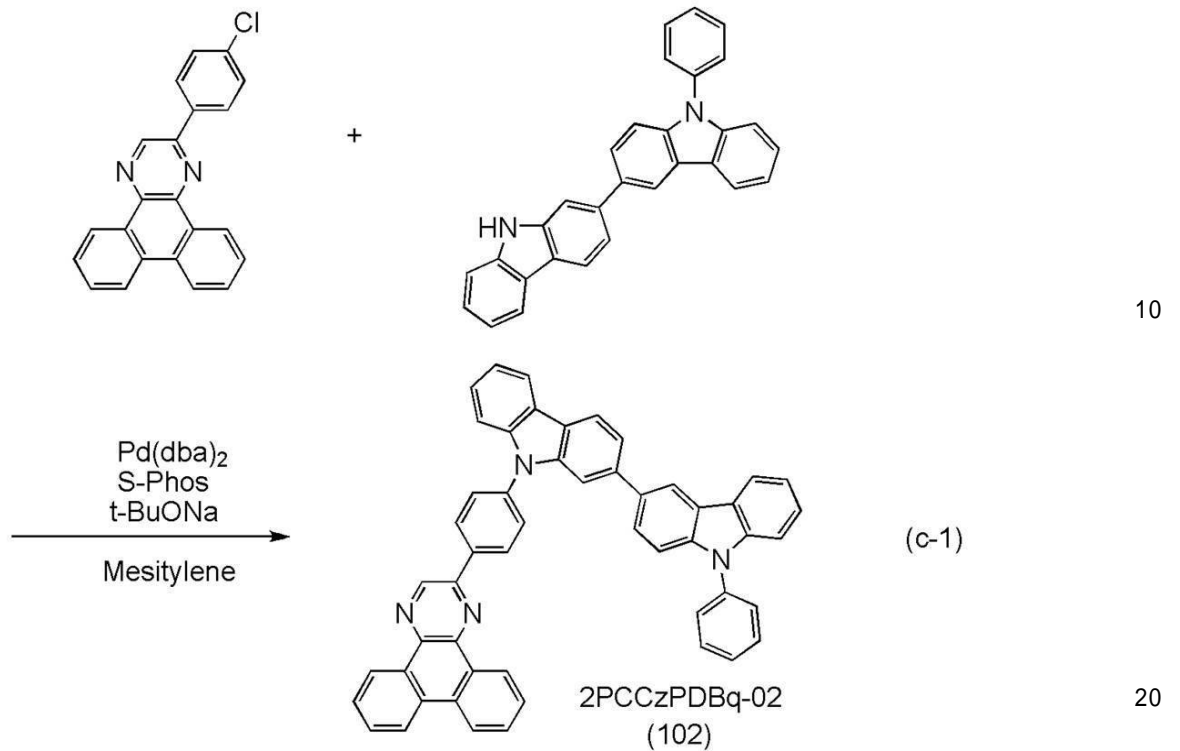
次に、この混合物に、ビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0)（略称：Pd(dba)₂）24 mg (0.042 mmol) を加えた。この混合物を窒素気流下、150 で5時間攪拌したところ、固体が析出した。析出した固体を吸引ろ過により回収した。回収した固体を約400 mLの熱したトルエンに溶解し、この溶液をセライトとアルミナの積層物を通して吸引ろ過した。得られたろ液を濃縮して得た固体をトルエンで再結晶し、目的物の黄色粉末を2.5 g、収率84%で得た。

【0205】

得られた目的物の黄色粉末状固体2.0 gをトレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製条件は、圧力3.7 Pa、アルゴンガスを流量10 mL/minで流しながら、390 で加熱して行った。昇華精製後、2PCCzPDBq-02の黄色ガラス状固体を1.7 g、回収率85%で得た。本ステップの合成スキームを下記(c-1)に示す。

【0206】

【化 2 1】



【 0 2 0 7 】

上記ステップで得られた黄色粉末状固体の核磁気共鳴分光法 ($^1\text{H-NMR}$) による分析結果を下記に示す。また、 $^1\text{H-NMR}$ チャートを図 16 (A) (B) に示す。なお、図 16 (B) は、図 16 (A) に対して横軸 () を 7.0 (ppm) から 10 (ppm) の範囲とした拡大図である。このことから、上記ステップにおいて、2 - { 4 - { 2 - (N - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) - 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 P C C z P D B q - 0 2) (構造式 (1 0 2)) が得られたことがわかった。

30

【 0 2 0 8 】

= 7.25 - 7.48 (m, 7H), 7.71 - 7.75 (m, 2H), 7.71 - 7.75 (m, 5H), 7.91 (d, $J = 8.6\text{ Hz}$, 2H), 8.21 (d, $J = 7.4\text{ Hz}$, 1H), 8.26 (d, $J = 8.0\text{ Hz}$, 2H), 8.42 (sd, $J = 1.7\text{ Hz}$, 2H), 8.63 - 8.69 (m, 4H), 9.27 (d, $J = 8.0\text{ Hz}$, 1H), 9.46 (d, $J = 6.3\text{ Hz}$, 1H), 9.51 (s, 1H)。

【 0 2 0 9 】

次に、2 P C C z P D B q - 0 2 のトルエン溶液の吸収スペクトル及び発光スペクトルを図 17 に、薄膜の吸収スペクトル及び発光スペクトルを図 18 に示す。スペクトルの測定には紫外可視分光光度計 (日本分光株式会社製、V550型) を用いた。トルエン溶液のスペクトルは、2 P C C z P D B q - 0 2 のトルエン溶液を石英セルに入れて測定した。また、薄膜のスペクトルは、2 P C C z P D B q - 0 2 を石英基板に蒸着してサンプルを作製した。なお、トルエン溶液の吸収スペクトルは石英セルにトルエンのみを入れて測定した吸収スペクトルを差し引いた吸収スペクトルを図示し、薄膜の吸収スペクトルは石英基板の吸収スペクトルを差し引いた吸収スペクトルを図示した。

40

【 0 2 1 0 】

図 17 より、2 P C C z P D B q - 0 2 のトルエン溶液は 323 nm、381 nm 付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは 421 nm (励起波長 320 nm) であった。また、図 18 より 2 P C C z P D B q - 0 2 の薄膜は 209 nm、257 nm、311 nm、326 nm、351 nm 及び 389 nm 付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピー

50

クは473nm(励起波長396nm)であった。

【実施例4】

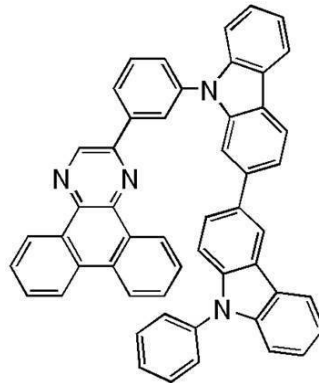
【0211】

合成例4

本実施例では、本発明の一態様である2-{3-[2-(N-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-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2mPCCzPDBq-02)(構造式(103))の合成方法について説明する。なお、2mPCCzPDBq-02の構造を以下に示す。

【0212】

【化22】



2mPCCzPDBq-02

(103)

【0213】

<2mPCCzPDBq-02の合成>

まず、2-(3-クロロフェニル)ジベンゾ[f,h]キノキサリン1.7g(5.0mmol)、2-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-カルバゾール2.0g(5.0mmol)、ナトリウムtert-ブトキシド0.96g(10mmol)、2-ジシクロヘキシルホスフィノ-2',6'-ジメトキシビフェニル(S-Phos)41mg(0.10mmol)を200mL三口フラスコに入れ混合し、フラスコを窒素置換した。この混合物に25mLのメシチレンを加え、フラスコ内を減圧下とし、攪拌することで脱気した。

【0214】

次に、この混合物に、ビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0)(略称: Pd(dba)₂)29mg(0.050mmol)を加えた。この混合物を窒素気流下、150で4時間攪拌したところ、固体が析出した。析出した固体を吸引ろ過により回収した。回収した固体を約400mLの熱したトルエンに溶解し、この溶液をセライトとアルミナおよびフロリジールの積層物を通して吸引ろ過した。得られたろ液を濃縮して得た固体をトルエンで再結晶し、目的物の白色粉末を3.1g、収率87%で得た。

【0215】

得られた目的物の白色粉末状固体3.0gをトレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製条件は、圧力10Pa、アルゴンガスを流量5.0mL/minで流しながら、360で加熱して行った。昇華精製後、2mPCCzPDBq-02の黄色ガラス状固体を2.0g、回収率65%で得た。本ステップの合成スキームを下記(d-1)に示す。

【0216】

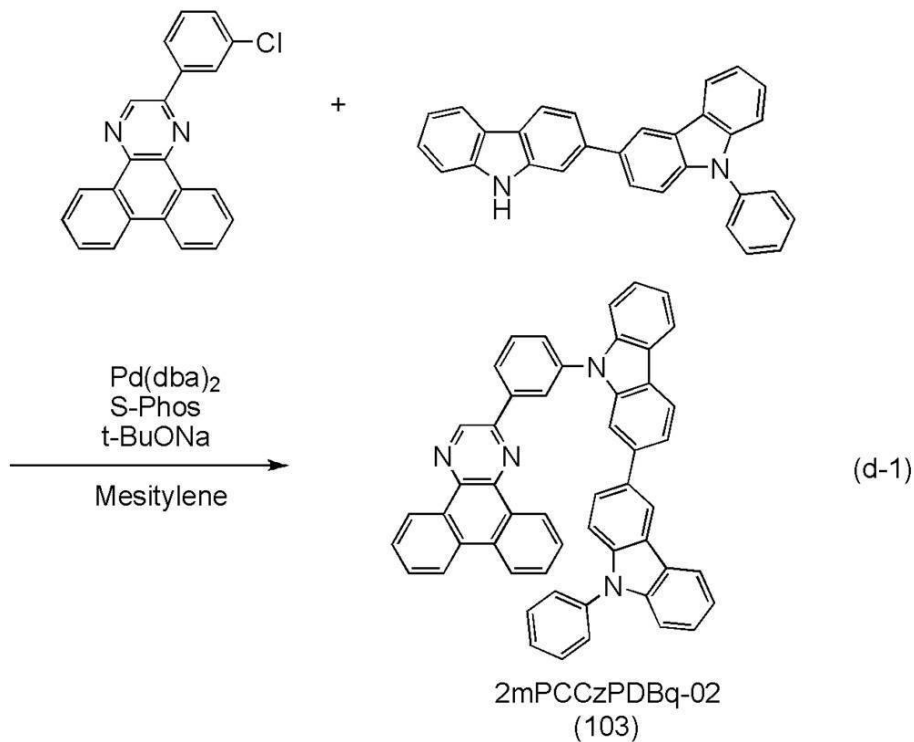
10

20

30

40

【化 2 3】



10

20

【 0 2 1 7 】

上記ステップで得られた白色粉末状固体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19(A)(B)に示す。なお、図19(B)は、図19(A)に対して横軸()を7.0(ppm)から10(ppm)の範囲とした拡大図である。このことから、上記ステップにおいて、2mPCCzPDBq-02(構造式(103))が得られたことがわかった。

【 0 2 1 8 】

^1H NMR (DMSO- d_6 , 500 MHz): (ppm) = 7.17 (t, J 1 = 7.5 Hz, 1H), 7.31 - 7.39 (m, 4H), 7.47 - 7.52 (m, 2H), 7.56 - 7.57 (m, 3H), 7.63 - 7.66 (m, 3H), 7.75 - 7.92 (m, 7H), 7.98 (t, J 1 = 2.5 Hz, 1H), 8.19 (d, J 1 = 7.5 Hz, 1H), 8.30 (d, J 1 = 7.5 Hz, 1H), 8.37 (d, J 1 = 8.0 Hz, 1H), 8.54 (sd, J 1 = 1.5 Hz, 1H), 8.62 (d, J 1 = 8.0 Hz, 1H), 8.79 - 8.82 (m, 3H), 9.19 (d, J 1 = 8.0 Hz, 1H), 9.25 (d, J 1 = 9.0 Hz, 1H), 9.75 (s, 1H)。

30

【 0 2 1 9 】

次に、2mPCCzPDBq-02のトルエン溶液の吸収スペクトル及び発光スペクトルを図20に、薄膜の吸収スペクトル及び発光スペクトルを図21に示す。スペクトルの測定には紫外可視分光光度計(日本分光株式会社製、V550型)を用いた。トルエン溶液のスペクトルは、2mPCCzPDBq-02のトルエン溶液を石英セルに入れて測定した。また、薄膜のスペクトルは、2mPCCzPDBq-02を石英基板に蒸着してサンプルを作製し、測定した。なお、トルエン溶液の吸収スペクトルは石英セルにトルエンのみを入れて測定した吸収スペクトルを差し引いた吸収スペクトルを図示し、薄膜の吸収スペクトルは石英基板の吸収スペクトルを差し引いた吸収スペクトルを図示した。

40

【 0 2 2 0 】

図20より、2mPCCzPDBq-02のトルエン溶液は281nm、305nm、319nm、及び374nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは389nm、及び410nmであった。また、図21より2mPCCzPDBq-02の薄膜は209

50

nm、257 nm、309 nm、327 nm、354 nm、及び386 nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは484 nm（励起波長381 nm）であった。

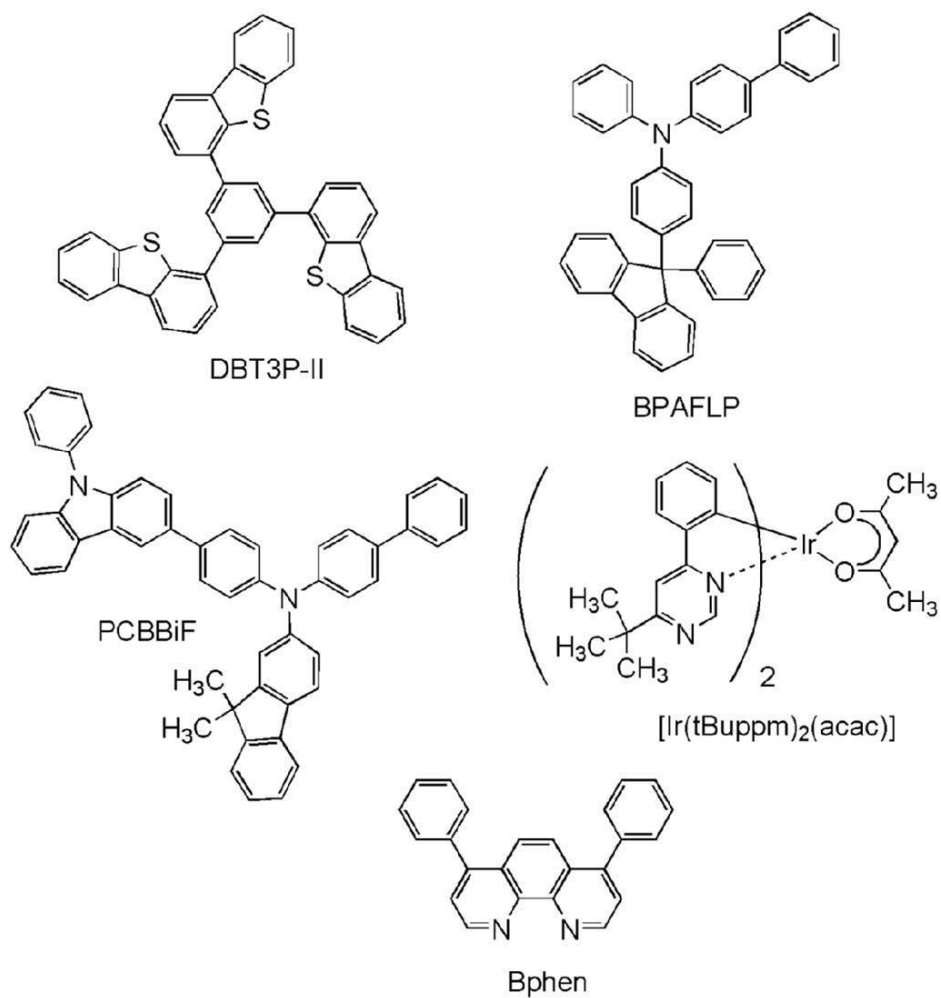
【実施例5】

【0221】

本実施例では、本発明の一態様であるジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体を用いた発光素子1、発光素子2、および比較発光素子3を作製した。なお、各発光素子の構成については、図22を用いて説明する。また、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

【0222】

【化24】



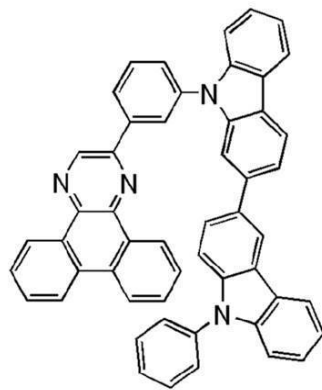
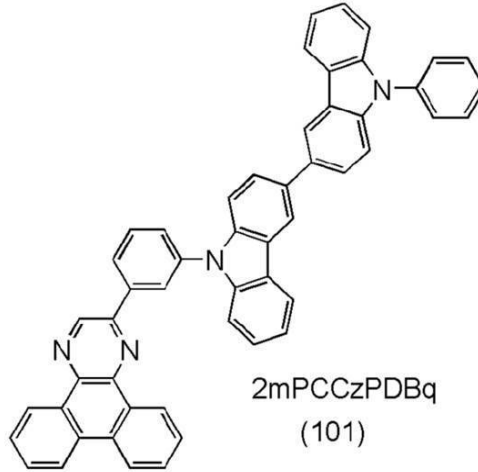
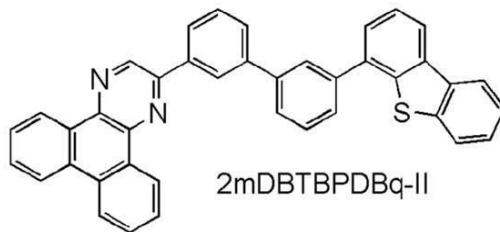
【0223】

10

20

30

【化 2 5】

2mPCCzPDBq-02
(103)2mPCCzPDBq
(101)

2mDBTBPDBq-II

【 0 2 2 4 】

発光素子 1、発光素子 2、および比較発光素子 3 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 (I T S O) 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 2 5 】

次に、基板 1 1 0 0 上に発光素子 1、発光素子 2、および比較発光素子 3 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 370 秒行った。

【 0 2 2 6 】

その後、 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 2 7 】

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 2 8 】

真空蒸着装置内を 10^{-4} Pa に減圧した後、1, 3, 5 - トリ (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) - ベンゼン (略称: DBT3P - II) と酸化モリブデンとを、DBT3P - II : 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 1 1 0 1 上に正孔注入層 1 1 1 1 を形成した。膜厚は 20 nm 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。

【 0 2 2 9 】

次に、4 - フェニル - 4' - (9 - フェニルフルオレン - 9 - イル) トリフェニルアミン

10

20

30

40

50

(略称：BPALP)を20nm蒸着することにより、正孔輸送層1112を形成した。

【0230】

次に、正孔輸送層1112上に発光層1113を形成した。発光素子1の場合は、2 - { 3 - [2 - (N - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) - 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 m P C C z P D B q - 0 2 (構造式 (1 0 3)))、N - (1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル) - N - [4 - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) フェニル] - 9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - アミン (略称 : P C B B i F)、(アセチルアセトナト)ピス(6-tert-ブチル-4-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(tBuppm)₂(acac)])を、2mPCCzPDBq-02:PCCBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)] = 0.7:0.3:0.05(質量比)となるよう共蒸着し、20nmの膜厚で形成した後、2mPCCzPDBq-02:PCCBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)] = 0.8:0.2:0.05(質量比)となるよう共蒸着し、20nmの膜厚で形成することにより積層構造を有する発光層1113を40nmの膜厚で形成した。

10

【0231】

発光素子2の場合は、2 - { 3 - [3 - (N - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) - 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 m P C C z P D B q (構造式 (1 0 1)))、PCCBiF、[Ir(tBuppm)₂(acac)]を、2mPCCzPDBq:PCCBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)] = 0.7:0.3:0.05(質量比)となるよう共蒸着し、20nmの膜厚で形成した後、2mPCCzPDBq:PCCBiF:[Ir(tBuppm)₂(acac)] = 0.8:0.2:0.05(質量比)となるよう共蒸着し、20nmの膜厚で形成することにより積層構造を有する発光層1113を40nmの膜厚で形成した。

20

【0232】

また、比較発光素子3の場合は、2 - [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)、PCCBiF、[Ir(tBuppm)₂(acac)]を、2mDBTBPD Bq - I I : PCCBiF : [Ir (t B u p p m) ₂ (a c a c)] = 0 . 7 : 0 . 3 : 0 . 0 5 (質量比) となるよう共蒸着し、20nmの膜厚で形成した後、2mDBTBPD Bq - I I : PCCBiF : [Ir (t B u p p m) ₂ (a c a c)] = 0 . 8 : 0 . 2 : 0 . 0 5 (質量比) となるよう共蒸着し、20nmの膜厚で形成することにより積層構造を有する発光層1113を40nmの膜厚で形成した。

30

【0233】

次に、発光素子1の場合は、発光層1113上に2mPCCzPDBq-02を20nm蒸着した後、バソフェナントロリン(略称:Bphen)を10nm蒸着することにより、電子輸送層1114を形成した。また、発光素子2の場合は、発光層1113上に2mPCCzPDBqを20nm蒸着した後、バソフェナントロリン(略称:Bphen)を10nm蒸着することにより、電子輸送層1114を形成した。また、比較発光素子3の場合は、発光層1113上に2mDBTBPD Bq - I I を20nm蒸着した後、バソフェナントロリン(略称:Bphen)を10nm蒸着することにより、電子輸送層1114を形成した。

40

【0234】

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。

【0235】

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、発光素子2、および比較発光素子

50

3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。

【0236】

以上により得られた発光素子1、発光素子2、および比較発光素子3の素子構造を表1に示す。

【0237】

【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)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	*	2mPCCzPDBq-02 (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
発光素子2	ITSO (110nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	**	2mPCCzPDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比較発光素子3	ITSO (110nm)	DBT3P-II :MoO _x (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	***	2mDBTBPDBq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

* 2mPCCzPDBq-02 : PCBBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 (20nm) \ 0.8:0.2:0.05 (20nm))

** 2mPCCzPDBq : PCBBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 (20nm) \ 0.8:0.2:0.05 (20nm))

*** 2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 (20nm) \ 0.8:0.2:0.05 (20nm))

【0238】

また、作製した発光素子1、発光素子2、および比較発光素子3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(具体的には、素子の周囲へのシール材塗布、UV処理、及び80℃にて1時間の熱処理を行った)。

【0239】

発光素子1、発光素子2、および比較発光素子3の動作特性

作製した発光素子1、発光素子2、および比較発光素子3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。また、結果を図23~図26に示す。

【0240】

また、1000cd/m²付近における発光素子1、発光素子2、および比較発光素子3の主な初期特性値を以下の表2に示す。

【0241】

【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)	外部量子効率 (%)
発光素子1	2.9	0.038	1.0	(0.42,0.57)	1100	110	120	29
発光素子2	2.8	0.033	0.8	(0.41,0.58)	920	110	120	29
比較発光素子3	2.9	0.035	0.88	(0.42,0.57)	980	110	120	30

【0242】

また、発光素子1、発光素子2、および比較発光素子3に 2.5 mA/cm^2 の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図27に示す。図27に示す通り、発光素子1、発光素子2、および比較発光素子3は、いずれも $[Ir(tBuppm)_2(acac)]$ に由来した 546 nm 付近にピークを有するスペクトルを示した。

【0243】

また、発光素子1、発光素子2、および比較発光素子3についての信頼性試験の結果を図28(A)に示す。図28(A)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 5000 cd/m^2 に設定し、電流密度一定の条件で発光素子1、発光素子2、および比較発光素子3を駆動させた。

10

【0244】

その結果、本発明の一態様である $2\text{mPCCzPDBq}-02$ を用いた発光素子1および 2mPCCzPDBq を用いた発光素子2は、 $2\text{mDBTBPD Bq}-II$ を用いた比較発光素子3に比べて高い信頼性を有する長寿命な発光素子であることがわかった。

【0245】

また、信頼性試験時の電圧変化量を測定した結果を図28(B)に示す。縦軸は電圧変化量(V)を示し、横軸は素子の駆動時間(h)を示す。この結果からわかるように、発光素子1および発光素子2は、定電流駆動した際の電圧上昇が、比較発光素子3に比べて小さいことが分かる。例えば約 500 時間駆動後の電圧上昇量を見ると、比較発光素子3が約 0.08 V であるのに対し、発光素子1は約 0.05 V であり、発光素子2は約 0.02 V である。つまり、比較発光素子3に比べ、発光素子1の電圧上昇量は半分程度、発光素子2の電圧上昇量は4分の1程度に抑制されており、顕著な効果であることが分かる。

20

【0246】

なお、 $2\text{mPCCzPDBq}-02$ 、 2mPCCzPDBq 、 $2\text{mDBTBPD Bq}-II$ はいずれも、 PCBBiF と励起錯体を形成する(これらのジベンゾキノキサリン化合物と PCBBiF との混合膜は、いずれも、各ジベンゾキノキサリン化合物単膜や PCBBiF 単膜よりも長波長の黄緑色の発光を示すため)。また、 $2\text{mPCCzPDBq}-02$ 、 2mPCCzPDBq 、 $2\text{mDBTBPD Bq}-II$ 、および PCBBiF のHOMO準位は、それぞれ -5.69 eV 、 -5.63 eV 、 -6.22 eV 、 -5.36 eV である。なお、HOMO準位は、サイクリックボルタンメトリ(CV)測定より算出した。

30

【0247】

HOMO準位の測定結果から、各発光素子の発光層における E_{HOMO} を算出した。結果を表3にまとめる。

【0248】

【表3】

	$\Delta E_{\text{HOMO}} \text{ (eV)}$
発光素子1	0.33
発光素子2	0.27
比較発光素子3	0.86

40

【0249】

この結果から、 E_{HOMO} は 0.4 eV 以下、より好ましくは 0.3 eV 以下とすることが重要であることが分かる。

【0250】

また、ホール輸送層に用いている BPAPLP のHOMO準位は、 -5.51 eV である。したがって、ホール輸送層に用いている第3の有機化合物のHOMO準位は、第2の有機化合物である PCBBiF のHOMO準位よりも低く、また、第2の有機化合物である

50

PCBBiFのHOMO準位と第1の有機化合物(2mPCCzPDBq-02あるいは2mPCCzPDBq)のHOMO準位との間に位置することがわかる。このことは、正孔を第2の有機化合物だけでなく、一部第1の有機化合物にも注入する観点で重要である。

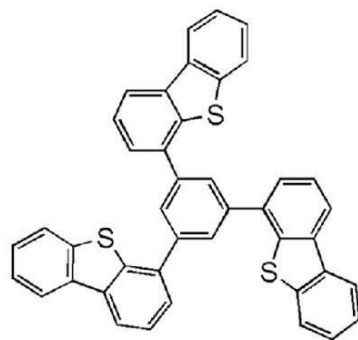
【実施例6】

【0251】

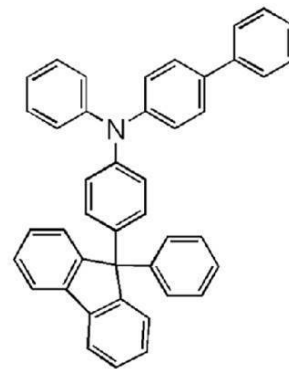
本実施例では、本発明の一態様であるジベンゾ[f, h]キノキサリン誘導体を用いた発光素子4を作製した。なお、発光素子の構成については、実施例5で示した図22を用いて説明する。また、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

【0252】

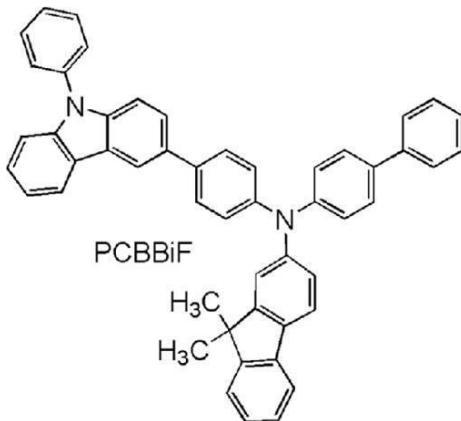
【化26】



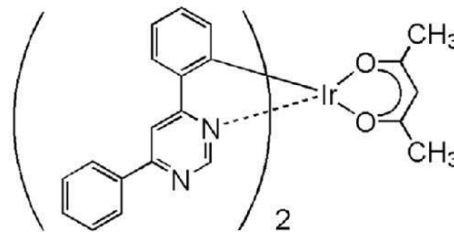
DBT3P-II



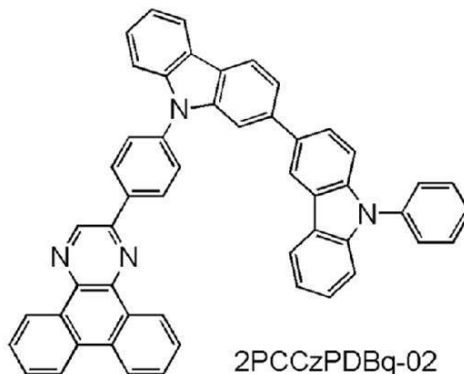
BPAFLP



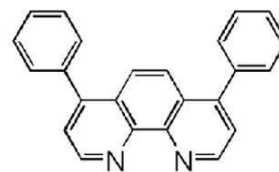
PCBBiF



[Ir(dppm)₂(acac)]



2PCCzPDBq-02
(102)



Bphen

【0253】

発光素子4の作製

まず、ガラス製の基板1100上に酸化珪素を含むインジウム錫酸化物(ITSO)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1101を形成した。なお

10

20

30

40

50

、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。

【0254】

次に、基板1100上に発光素子4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370秒行った。

【0255】

その後、 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1100を30分程度放冷した。

【0256】

次に、第1の電極1101が形成された面が下方となるように、基板1100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1102を構成する正孔注入層1111、正孔輸送層1112、発光層1113、電子輸送層1114、電子注入層1115が順次形成される場合について説明する。

10

【0257】

真空蒸着装置内を 10^{-4} Paに減圧した後、1,3,5-トリ(ジベンゾチオフェン-4-イル)ベンゼン(略称:DBT3P-II)と酸化モリブデンとを、DBT3P-II: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20nm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。

【0258】

20

次に、4-フェニル-4'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称:BPALP)を20nm蒸着することにより、正孔輸送層1112を形成した。

【0259】

次に、正孔輸送層1112上に発光層1113を形成した。2-{4-[2-(N-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-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:2PCCzPDBq-02(構造式(102)))、N-(1,1'-ピフェニル-4-イル)-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称:PCBBiF)、(アセチルアセトナト)ピス(4,6-ジフェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(dppm)₂(acac)])を、2PCCzPDBq-02:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)]=0.7:0.3:0.05(質量比)となるよう共蒸着し、20nmの膜厚で形成した後、2PCCzPDBq-02:PCBBiF:[Ir(dppm)₂(acac)]=0.8:0.2:0.05(質量比)となるよう共蒸着し、20nmの膜厚で形成することにより積層構造を有する発光層1113を40nmの膜厚で形成した。

30

【0260】

次に、発光層1113上に2PCCzPDBq-02を20nm蒸着した後、バソフェナントロリン(略称:Bphen)を10nm蒸着することにより、電子輸送層1114を形成した。

40

【0261】

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。

【0262】

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4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。

【0263】

以上により得られた発光素子4の素子構造を表4に示す。

【0264】

50

【表 4】

	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 4	ITSO (110nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	*	2PCCzPDBq-02 (20nm)	Bphen (10nm) LiF (1nm)	Al (200nm)

* 2PCCzPDBq-02 : PCBBiF : [Ir(dppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 (20nm) \ 0.8:0.2:0.05 (20nm))

10

【0265】

また、作製した発光素子 4 は、大気に曝されないように窒素雰囲気中のグローブボックス内において封止した（具体的には、素子の周囲へのシール材塗布、UV 処理、及び 80 にて 1 時間の熱処理を行った）。

【0266】

発光素子 4 の動作特性

作製した発光素子 4 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。また、結果を図 29 ~ 図 32 に示す。

【0267】

また、1000 cd/m² 付近における発光素子 4 の主な初期特性値を以下の表 5 に示す。

20

【0268】

【表 5】

	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)	外部量子効率 (%)
発光素子 4	2.8	0.045	1.1	(0.56,0.44)	910	81	91	30

30

【0269】

また、発光素子 4 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 33 に示す。図 33 に示す通り、発光素子 4 は、[Ir(dppm)₂(acac)] に由来した 581 nm 付近にピークを有するスペクトルを示した。

【0270】

また、発光素子 4 についての信頼性試験の結果を図 34 (A) に示す。図 34 (A) 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 5000 cd/m² に設定し、電流密度一定の条件で発光素子 4 を駆動させた。

40

【0271】

その結果、本発明の一態様である 2PCCzPDBq-02 を用いた発光素子 4 は、高い信頼性を有する長寿命な発光素子であることがわかった。

【0272】

また、信頼性試験時の電圧変化量を測定した結果を図 34 (B) に示す。縦軸は電圧変化量 (V) を示し、横軸は素子の駆動時間 (h) を示す。この結果からわかるように、発光素子 4 は、定電流駆動した際の電圧上昇が小さいことが分かる。例えば約 500 時間駆動後の電圧上昇量を見ると、発光素子 4 は約 0.01 V である。一方、発光素子 4 の 2PCCzPDBq-02 に替えて、2mDBTBPDq-II を用いた比較発光素子 9 を作

50

製し、同様に駆動した場合、約500時間駆動後の電圧上昇量は約0.06Vであった。つまり、比較発光素子9に比べ、発光素子4の電圧上昇量は6分の1程度に抑制されており、顕著な効果であることが分かる。

【0273】

なお、2PCCzPDBq-02は、PCBBiFと励起錯体を形成する（このジベンゾキノキサリン化合物とPCBBiFとの混合膜は、ジベンゾキノキサリン化合物単膜あるいはPCBBiF単膜よりも長波長の緑色の発光を示すため）。また、2PCCzPDBq-02のHOMO準位は、-5.68eVであるので、発光素子4の発光層における E_{HOMO} は0.32eVとなる。この結果から、 E_{HOMO} は0.4eV以下とすることが重要であることが分かる。

10

【0274】

また、ホール輸送層に用いているBPALPのHOMO準位は、-5.51eVである。したがって、ホール輸送層に用いている第3の有機化合物のHOMO準位は、第2の有機化合物であるPCBBiFのHOMO準位よりも低く、また、第2の有機化合物であるPCBBiFのHOMO準位と第1の有機化合物（2PCCzPDBq-02）のHOMO準位との間に位置することがわかる。このことは、正孔を第2の有機化合物だけでなく、一部を第1の有機化合物にも注入する観点で重要である。

【実施例7】

【0275】

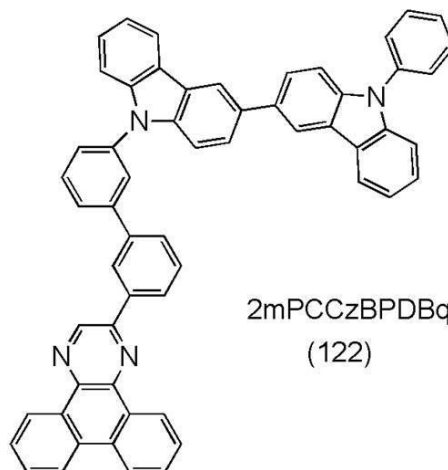
合成例5

本実施例では、本発明の一態様である合成方法として、2- $\{3'$ -[3-(N-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-カルバゾール-9-イル]ピフェニル-3-イル}ジベンゾ[f,h]キノキサリン（略称2mPCCzBPDBq）（構造式(122)）の合成方法について説明する。なお、2mPCCzBPDBqの構造を以下に示す。

20

【0276】

【化27】



30

40

【0277】

<2- $\{3'$ -[3-(N-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-カルバゾール-9-イル]ピフェニル-3-イル}ジベンゾ[f,h]キノキサリン（略称2mPCCzBPDBq）の合成>

まず、2-(3'-プロモピフェニル-3-イル)ジベンゾ[f,h]キノキサリン2.0g(4.3mmol)、3-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-カルバゾール1.8g(4.3mmol)、ナトリウム tert-ブトキシド0.83g(8.6mmol)、を100mL三口フラスコに入れ混合し、フラスコを窒素置換した。この混合物に22mLのメシチレンを加え、フラスコ内を減圧下とし、攪拌するこ

50

とで脱気した。

【0278】

次に、この混合物に、ビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0)(略称: Pd(dba)₂) 25 mg (0.040 mmol) と 2-ジシクロヘキシルホスフィノ-2',6'-ジメトキシビフェニル(S-Phos) 35 mg (0.09 mmol) を加えた。この混合物を窒素気流下、150 で23時間攪拌した所定時間経過後、この混合物に水とトルエンを加え、得られたる液の水層をトルエンで抽出し、抽出溶液と有機層を合わせて、炭酸水素ナトリウム水溶液と飽和食塩水で洗浄し、硫酸マグネシウムで乾燥した。得られた混合物を自然ろ過し、ろ液を濃縮して油状物を得た。油状物をトルエンに溶解し、この溶液をセライトとアルミナの積層物を通して吸引ろ過した。得られたる液を濃縮して褐色油状物を得た。この油状物を高速液体クロマトグラフィーにより精製した。カラムクロマトグラフィーはクロロホルムを展開溶媒として用いることによって行った(カラム圧4.5 MPa、流速100 mL/分、保持時間45分、注入量0.9 g/30 mL)。得られたフラクションを濃縮し、ヘキサンで再結晶したところ、目的物の黄色粉末を0.66 g、収率18%で得た。

10

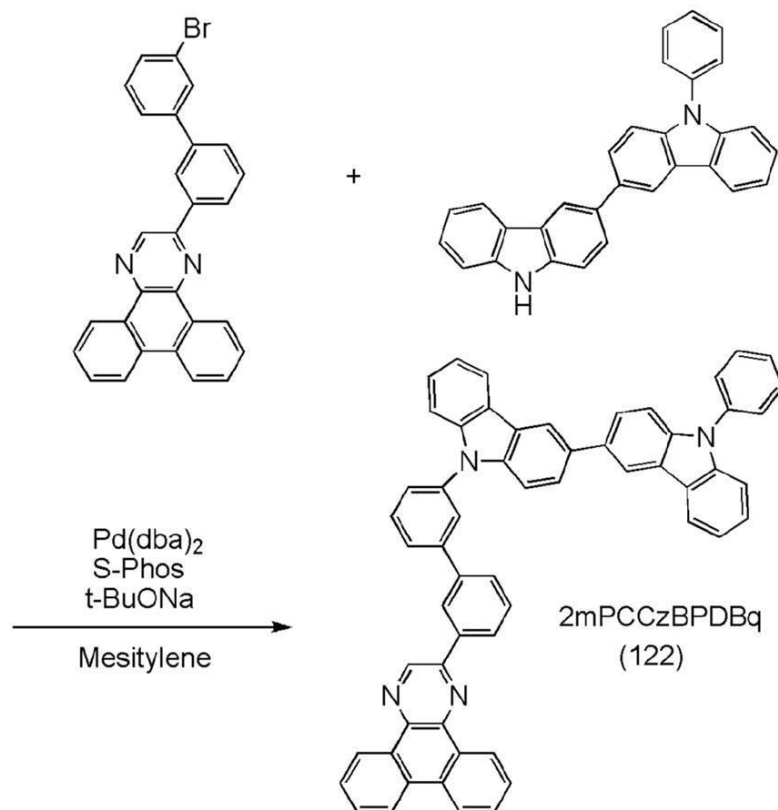
【0279】

得られた目的物の黄色粉末状固体0.66 gをトレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製条件は、圧力2.6 Pa、アルゴンガスを流量5 mL/minで流しながら、385 で加熱して行った。昇華精製後、2mPCCzBPDBqの黄色ガラス状固体を0.5 g、回収率83%で得た。本ステップの合成スキームを下記(e-1)に示す。

20

【0280】

【化28】



30

40

【0281】

上記ステップで得られた黄色粉末状固体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35(A)(B)に示す。なお、図35(B)は、図35(A)に対して横軸()を7.0(ppm)から10(ppm)

50

の範囲とした拡大図である。このことから、上記ステップにおいて、2 - { 3' - [3 - (N - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) - 9 H - カルバゾール - 9 - 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 P C C z B P D B q) (構造式 (1 2 2)) が得られたことがわかった。

【 0 2 8 2 】

^1H NMR (CDCl_3 , 500 MHz) : (ppm) = 7 . 3 0 - 7 . 3 7 (m 、 2 H) 、 7 . 4 1 - 7 . 5 3 (m 、 5 H) 、 7 . 5 9 - 7 . 8 9 (m 、 1 8 H) 、 8 . 0 4 (d d 、 J = 1 . 7 \text{ Hz} 、 1 \text{ H}) 、 8 . 2 3 (d 、 J = 7 . 5 \text{ Hz} 、 1 \text{ H}) 、 8 . 2 8 (d 、 8 . 0 \text{ Hz} 、 1 \text{ H}) 、 8 . 3 5 (d 、 J = 8 . 0 \text{ Hz} 、 1 \text{ H}) 、 8 . 4 8 (d d 、 J = 1 1 . 4 \text{ Hz} 、 J = 1 . 7 \text{ Hz} 、 2 \text{ H}) 、 8 . 6 6 (d 、 J = 8 . 1 \text{ Hz} 、 1 \text{ H}) 、 8 . 7 0 (s 、 1 \text{ H}) 、 9 . 2 5 (d d 、 J = 6 . 3 \text{ Hz} 、 J = 1 . 1 \text{ Hz} 、 1 \text{ H}) 、 9 . 4 3 (d d 、 J = 7 . 5 \text{ Hz} 、 J = 1 . 7 \text{ Hz} 、 1 \text{ H}) 、 9 . 4 7 (s 、 1 \text{ H}) 。

10

【 実施例 8 】

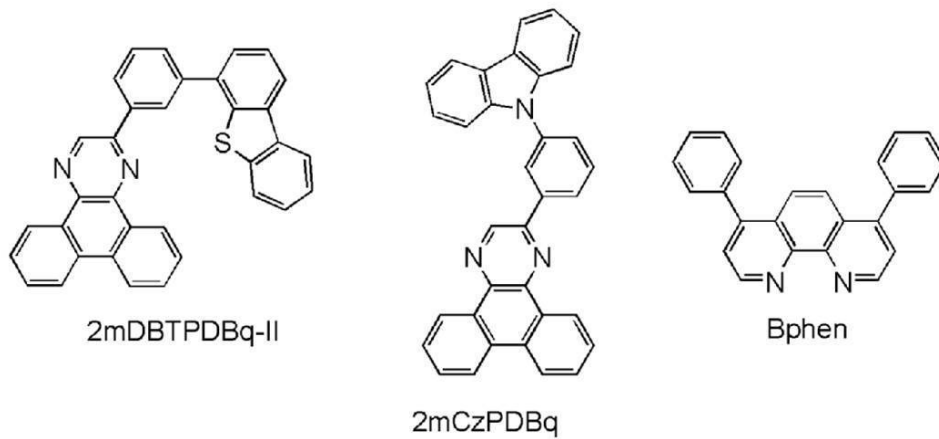
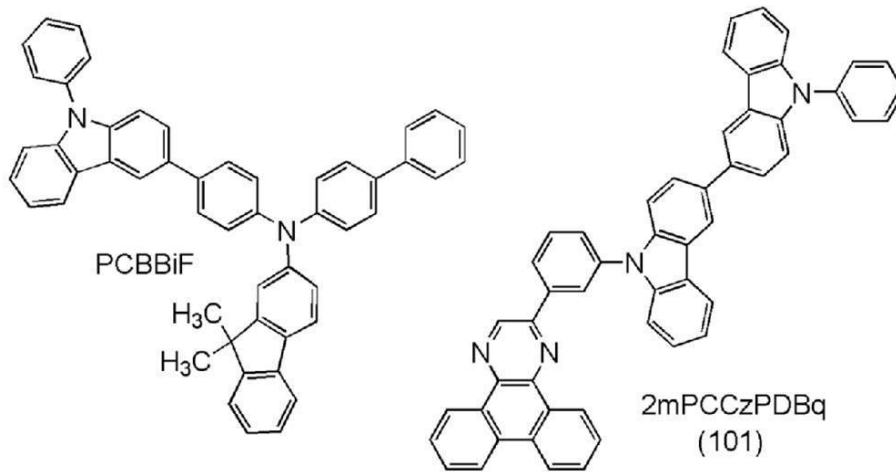
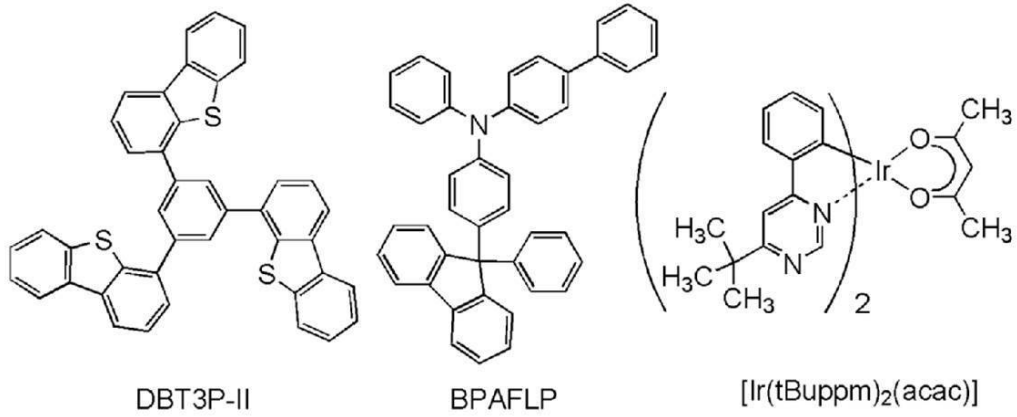
【 0 2 8 3 】

本実施例では、本発明の一態様であるジベンゾ [f , h] キノキサリン誘導体 2 m P C C z P D B q (構造式 (1 0 1)) を用いた発光素子 5 、 比較材料 2 - [3 - (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 m D B T P D B q - I I) を用いた比較発光素子 6 、 および比較材料 2 m C z P D B q を用いた比較発光素子 7 を作製した。なお、各発光素子の作製については基本的には実施例 5 と同様であるので省略する。また、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

20

【 0 2 8 4 】

【化29】



【0285】

発光素子5、比較発光素子6、および比較発光素子7の作製
本実施例で作製した発光素子5、比較発光素子6、および比較発光素子7の素子構造を表
6に示す。

【0286】

40

【表 6】

	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 5	ITO (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	*	2mPCCzPDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比較発光素子 6	ITO (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	**	2mDBTPDBq-II (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比較発光素子 7	ITO (110nm)	DBT3P-II:MoOx (4:2 20nm)	BPAFLP (20nm)	***	2mCzPDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

* 2mPCCzPDBq : PCBBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 (20nm) \ 0.8:0.2:0.05 (20nm))

** 2mDBTPDBq-II : PCBBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 (20nm) \ 0.8:0.2:0.05 (20nm))

*** 2mCzPDBq : PCBBiF : [Ir(tBuppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 (20nm) \ 0.8:0.2:0.05 (20nm))

10

【 0 2 8 7 】

また、作製した発光素子 5、比較発光素子 6、および比較発光素子 7 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 UV 処理、及び 80 にて 1 時間熱処理）。

20

【 0 2 8 8 】

発光素子 5、比較発光素子 6、および比較発光素子 7 の動作特性
作製した発光素子 5、比較発光素子 6、および比較発光素子 7 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。

【 0 2 8 9 】

各発光素子の電流密度 - 輝度特性を図 3 6、電圧 - 輝度特性を図 3 7、輝度 - 電流効率特性を図 3 8、電圧 - 電流特性を図 3 9 にそれぞれ示す。

30

【 0 2 9 0 】

また、1000 cd/m² 付近における発光素子 5、比較発光素子 6、および比較発光素子 7 の主な初期特性値を以下の表 7 に示す。

【 0 2 9 1 】

【表 7】

	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)	外部量子効率 (%)
発光素子 5	2.8	0.047	1.2	(0.42,0.57)	1100	95	110	25
比較発光素子 6	3.0	0.044	1.1	(0.43,0.56)	990	90	94	24
比較発光素子 7	2.9	0.060	1.5	(0.41,0.58)	940	63	68	16

40

50

【0292】

また、発光素子5、比較発光素子6、および比較発光素子7に 2.5 mA/cm^2 の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図40に示す。図40に示す通り、発光素子5、比較発光素子6、および比較発光素子7は、いずれも $[Ir(tBuppm)_2(acac)]$ に由来した 544 nm 付近にピークを有するスペクトルを示した。

【0293】

また、発光素子5、比較発光素子6、および比較発光素子7についての信頼性試験の結果を図41(A)に示す。図41(A)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 5000 cd/m^2 に設定し、電流密度一定の条件で発光素子5、比較発光素子6、および比較発光素子7を駆動させた。

10

【0294】

その結果、本発明の一態様である 2mPCCzPDBq を用いた発光素子5は、 2mDBTPDBq-III を用いた比較発光素子6、および 2mCzPDBq を用いた比較発光素子7に比べて高い信頼性を有する長寿命な発光素子であることがわかった。

【0295】

また、信頼性試験時の電圧変化量を測定した結果を図41(B)に示す。縦軸は電圧変化量(V)を示し、横軸は素子の駆動時間(h)を示す。この結果からわかるように、発光素子5は、定電流駆動した際の電圧上昇が、比較発光素子6、比較発光素子7に比べて小さいことが分かる。例えば約 1000 時間駆動後の電圧上昇量を見ると、比較発光素子6が約 0.31 V 、比較発光素子7が約 0.50 V であるのに対し、発光素子5は約 0.04 V である。つまり、比較発光素子6や比較発光素子7に比べ、発光素子5の電圧上昇量は非常に抑制されており、顕著な効果であることが分かる。

20

【0296】

また、 2mPCCzPDBq 、 2mDBTPDBq-III 、 2mCzPDBq はいずれも、 PCBBiF と励起錯体を形成する(これらのジベンゾキノキサリン化合物と PCBBiF との混合膜は、いずれも、各ジベンゾキノキサリン化合物単膜や PCBBiF 単膜よりも長波長の黄緑色の発光を示すため)。また、 2mPCCzPDBq 、 2mDBTPDBq-III 、 2mCzPDBq 、および PCBBiF のHOMO準位は、それぞれ -5.63 eV 、 -6.22 eV 、 -5.91 eV 、 -5.36 eV である。なお、HOMO準位は、サイクリックボルタンメトリ(CV)測定より算出した。

30

【0297】

HOMO準位の測定結果から、各発光素子の発光層における E_{HOMO} を算出した。結果を表8にまとめる。

【0298】

【表8】

	ΔE_{HOMO} (eV)
発光素子5	0.27
比較発光素子6	0.86
比較発光素子7	0.55

40

【0299】

この結果から、 E_{HOMO} は 0.4 eV 以下、より好ましくは 0.3 eV 以下とすることが重要であることが分かる。

【0300】

また、ホール輸送層に用いている BPALP のHOMO準位は、 -5.51 eV である。したがって、ホール輸送層に用いている第3の有機化合物のHOMO準位は、第2の有機化合物である PCBBiF のHOMO準位よりも低く、また、第2の有機化合物である PCBBiF のHOMO準位と第1の有機化合物(2mPCCzPDBq)のHOMO準

50

位との間に位置することがわかる。このことは、正孔を第2の有機化合物だけでなく、一部第1の有機化合物にも注入する観点で重要である。

【実施例9】

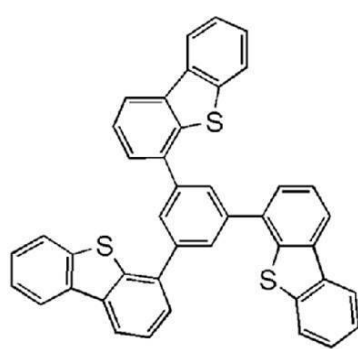
【0301】

本実施例では、本発明の一態様であるジベンゾ[*f*, *h*]キノキサリン誘導体 2mPCCzBPDBqを用いた発光素子8を作製した。なお、発光素子8の作製については基本的には実施例5と同様であるので省略する。また、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

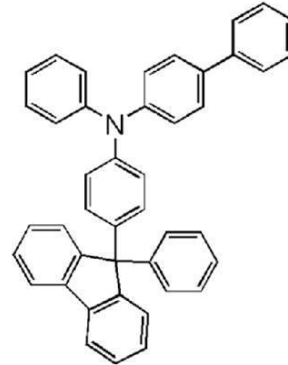
【0302】

【化30】

10

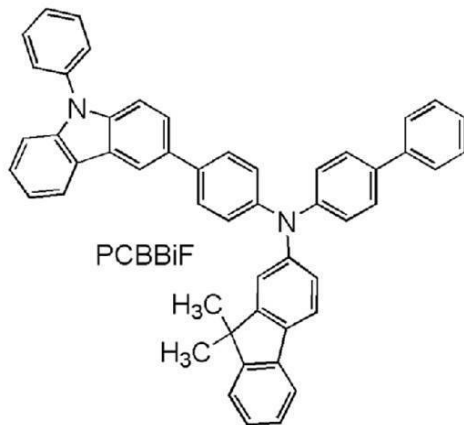


DBT3P-II

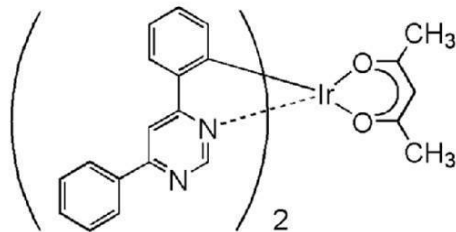


BPAFLP

20

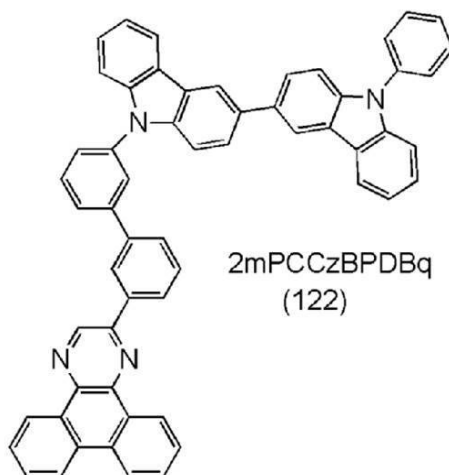


PCBBiF

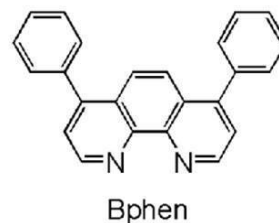


[Ir(dppm)₂(acac)]

30



2mPCCzBPDBq
(122)



Bphen

40

【0303】

発光素子8の作製

本実施例で作製した発光素子8の素子構造を表9に示す。

50

【 0 3 0 4 】

【表 9】

	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 8	ITO (110nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 60nm)	BPAFLP (20nm)	*	2mPCCzBPDBq (20nm)	Bphen (10nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

* 2mPCCzBPDBq : PCBBiF : [Ir(dppm)₂(acac)] (0.7:0.3:0.05 (20nm) \ 0.8:0.2:0.05 (20nm))

10

【 0 3 0 5 】

また、作製した発光素子 8 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 UV 処理、及び 80 にて 1 時間熱処理）。

【 0 3 0 6 】

発光素子 8 の動作特性

作製した発光素子 8 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。

【 0 3 0 7 】

発光素子 8 の電流密度 - 輝度特性を図 4 2、電圧 - 輝度特性を図 4 3、輝度 - 電流効率特性を図 4 4、電圧 - 電流特性を図 4 5 にそれぞれ示す。

20

【 0 3 0 8 】

また、1000 cd / m² 付近における発光素子 8 の主な初期特性値を以下の表 10 に示す。

【 0 3 0 9 】

【表 10】

	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)	外部量子効率 (%)
発光素子 8	3.0	0.046	1.2	(0.56,0.44)	900	78	82	30

30

【 0 3 1 0 】

また、発光素子 8 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 4 6 に示す。図 4 6 に示す通り、発光素子 8 は、[Ir(dppm)₂(acac)] に由来した 584 nm 付近にピークを有するスペクトルを示した。

【実施例 10】

40

【 0 3 1 1 】

本実施例では、本発明の一態様である発光素子を作製し、保存試験を行った。

【 0 3 1 2 】

なお、本実施例では、発光素子 1 A、発光素子 2 A、比較発光素子 3 A、発光素子 4 A、発光素子 8 A を作製した。発光素子 1 A は、実施例 5 の発光素子 1 と同じ構成で、同じ作製方法により作製した。なお、発光素子 2 A は、実施例 5 の発光素子 2、比較発光素子 3 A は、実施例 5 の比較発光素子 3、発光素子 4 A は、実施例 6 の発光素子 4、発光素子 8 A は、実施例 9 の発光素子 8 と、それぞれ同じ構成で、同じ作製方法により作製した。

【 0 3 1 3 】

本実施例における保存試験では、各発光素子を、100 に保たれた恒温槽で保存し、所

50

定の時間経過した後、動作特性を測定した。なお、測定は、恒温槽から取り出した後、室温（25 に保たれた雰囲気）で行った。

【0314】

まず、100 で所定の時間保存した際の発光素子 1 A の電圧 - 電流特性を図 4 7 に示し、輝度 - 外部量子効率特性を図 4 8 に示す。なお、図 4 7 では、横軸は電圧（V）、縦軸は電流（mA）を表す。また、図 4 8 では、横軸は輝度（cd/m²）を、縦軸は外部量子効率（%）を表す。

【0315】

次に、100 で所定の時間保存した際の発光素子 2 A の電圧 - 電流特性を図 4 9 に示し、輝度 - 外部量子効率特性を図 5 0 に示す。なお、図 4 9 では、横軸は電圧（V）、縦軸は電流（mA）を表す。また、図 5 0 では、横軸は輝度（cd/m²）を、縦軸は外部量子効率（%）を表す。

10

【0316】

次に、100 で所定の時間保存した際の比較発光素子 3 A の電圧 - 電流特性を図 5 1 に示し、輝度 - 外部量子効率特性を図 5 2 に示す。なお、図 5 1 では、横軸は電圧（V）、縦軸は電流（mA）を表す。また、図 5 2 では、横軸は輝度（cd/m²）を、縦軸は外部量子効率（%）を表す。なお、図 5 2 では、20 時間を超える保存で発光が観測されなかったため、20 時間を超える保存でのデータが得られなかった。

【0317】

次に、100 で所定の時間保存した際の発光素子 4 A の電圧 - 電流特性を図 5 3 に示し、輝度 - 外部量子効率特性を図 5 4 に示す。なお、図 5 3 では、横軸は電圧（V）、縦軸は電流（mA）を表す。また、図 5 4 では、横軸は輝度（cd/m²）を、縦軸は外部量子効率（%）を表す。

20

【0318】

次に、100 で所定の時間保存した際の発光素子 8 A の電圧 - 電流特性を図 5 5 に示し、輝度 - 外部量子効率特性を図 5 6 に示す。なお、図 5 5 では、横軸は電圧（V）、縦軸は電流（mA）を表す。また、図 5 6 では、横軸は輝度（cd/m²）を、縦軸は外部量子効率（%）を表す。

【0319】

図 4 7 ~ 5 0 および図 5 3 ~ 5 6 より、発光素子 1 A、発光素子 2 A、発光素子 4 A および発光素子 8 A は、100 で 500 時間保存したにも関わらず、電圧 - 電流特性および輝度 - 外部量子効率特性の変化が少なく、高温保存による素子特性の劣化が少ないことがわかる。一方で、図 5 1 および図 5 2 より、比較発光素子 3 A は、100 で保存することで、電圧 - 電流特性および輝度 - 外部量子効率特性が大きく変化し、高温保存により素子特性が劣化していることがわかる。図 5 1 より、比較発光素子 3 A は 100 時間で初期の絶縁性が保持できておらず、リーク電流が発生しており、図 5 2 より、非発光となる不良が生じていることがわかる。ゆえに、本発明の化合物を用いることで発光素子の高温保存における耐熱性が飛躍的に向上することがわかる。

30

【符号の説明】

【0320】

- 100 発光層
- 101 第1の有機化合物（h）
- 102 第2の有機化合物（a）
- 103 燐光性化合物（g）
- 104 正孔輸送層
- 105 正孔輸送性化合物（p）
- 201 第1の電極
- 202 EL層
- 203 第2の電極
- 211 正孔注入層

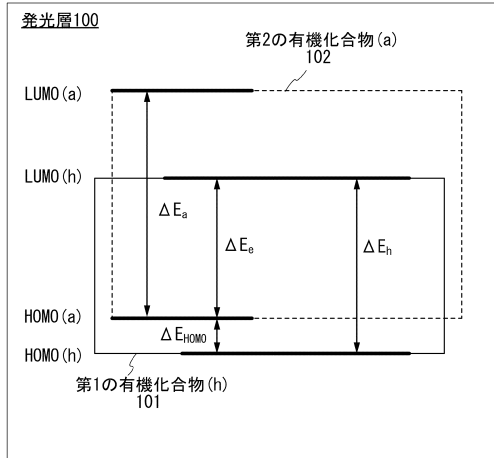
40

50

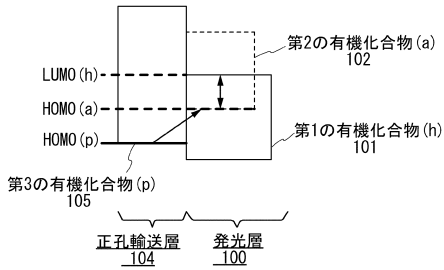
2 1 2	正孔輸送層	
2 1 3	発光層	
2 1 4	電子輸送層	
2 1 5	電子注入層	
4 0 1	第 1 の電極	
4 0 2 (1)	第 1 の E L 層	
4 0 2 (2)	第 2 の E L 層	
4 0 2 (n - 1)	第 (n - 1) の E L 層	
4 0 2 (n)	第 (n) の E L 層	
4 0 4	第 2 の電極	10
4 0 5	電荷発生層	
4 0 5 (1)	第 1 の電荷発生層	
4 0 5 (2)	第 2 の電荷発生層	
4 0 5 (n - 1)	第 (n - 1) の電荷発生層	
5 0 1	基板	
5 0 2	F E T	
5 0 3	第 1 の電極	
5 0 4	隔壁	
5 0 5	E L 層	
5 0 6 R、5 0 6 G、5 0 6 B、5 0 6 Y	発光領域	20
5 0 7 R、5 0 7 G、5 0 7 B、5 0 7 Y	発光素子	
5 0 8 R、5 0 8 G、5 0 8 B、5 0 8 Y	着色層	
5 0 9	黒色層 (ブラックマトリクス)	
5 1 0	第 2 の電極	
5 1 1	封止基板	
6 0 1	素子基板	
6 0 2	画素部	
6 0 3	駆動回路部 (ソース線駆動回路)	
6 0 4 a、6 0 4 b	駆動回路部 (ゲート線駆動回路)	
6 0 5	シール材	30
6 0 6	封止基板	
6 0 7	配線	
6 0 8	F P C (フレキシブルプリントサーキット)	
6 0 9	F E T	
6 1 0	F E T	
6 1 1	スイッチング用 F E T	
6 1 2	電流制御用 F E T	
6 1 3	第 1 の電極 (陽極)	
6 1 4	絶縁物	
6 1 5	E L 層	40
6 1 6	第 2 の電極 (陰極)	
6 1 7	発光素子	
6 1 8	空間	
1 1 0 0	基板	
1 1 0 1	第 1 の電極	
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	50

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	
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	10
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	
7 3 0 2	筐体	
7 3 0 4	表示パネル	
7 3 0 5	時刻を表すアイコン	
7 3 0 6	その他のアイコン	
7 3 1 1	操作ボタン	20
7 3 1 2	操作ボタン	
7 3 1 3	接続端子	
7 3 2 1	バンド	
7 3 2 2	留め金	
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	操作用ボタン	
7 4 0 4	外部接続部	
7 4 0 5	スピーカ	30
7 4 0 6	マイク	
7 4 0 7	カメラ	
8 0 0 1	照明装置	
8 0 0 2	照明装置	
8 0 0 3	照明装置	
8 0 0 4	照明装置	
9 3 1 0	携帯情報端末	
9 3 1 1	表示パネル	
9 3 1 3	ヒンジ	
9 3 1 5	筐体	40

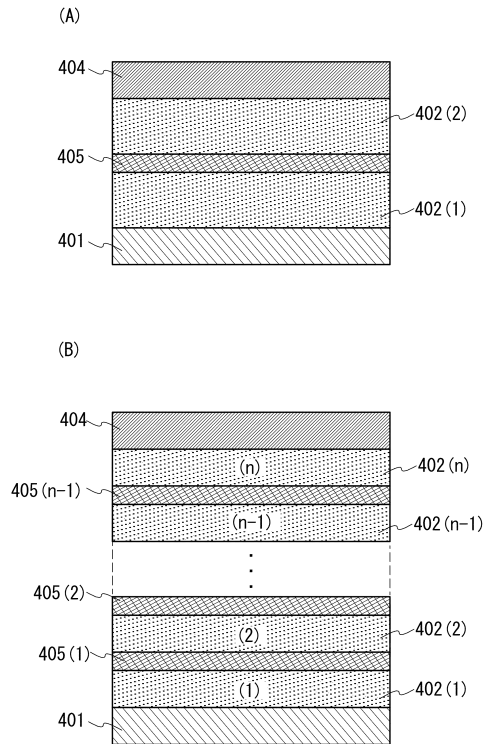
【 図 1 】



【 図 2 】

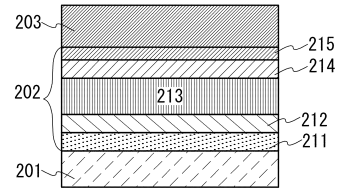


【 図 4 】

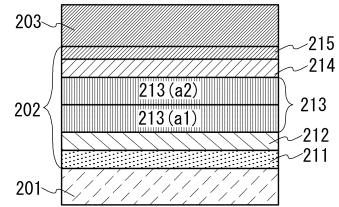


【 図 3 】

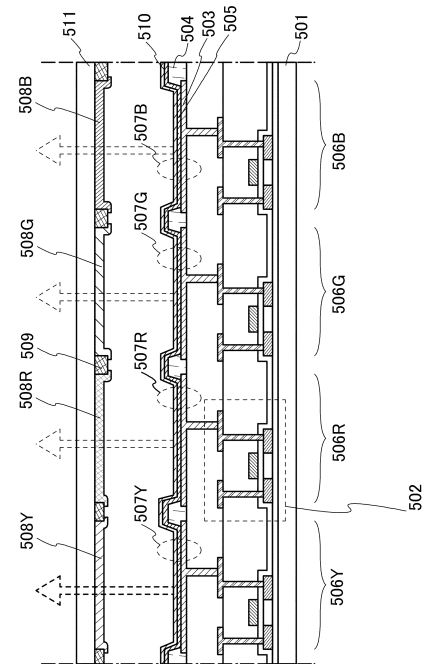
(A)



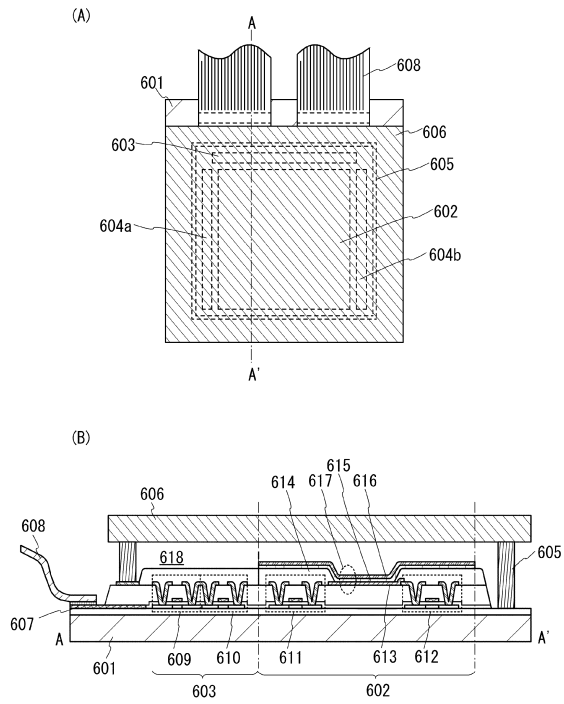
(B)



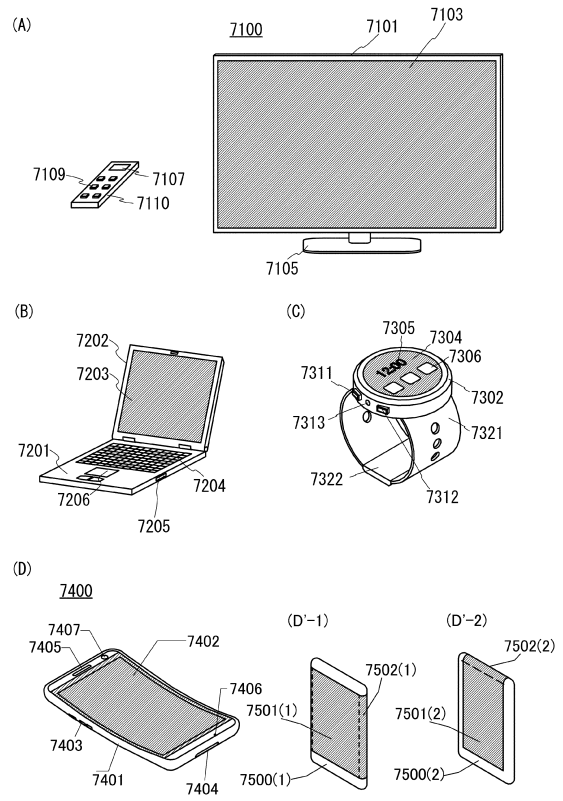
【 図 5 】



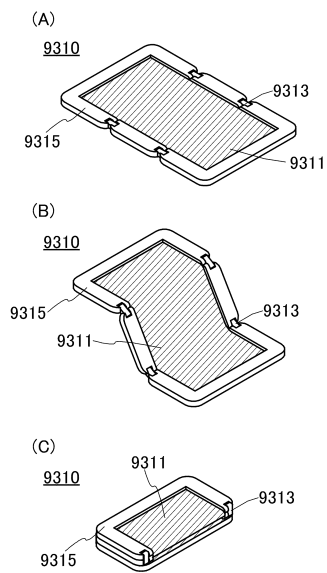
【図6】



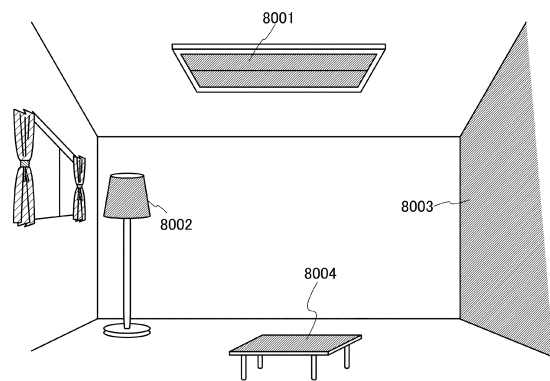
【図7】



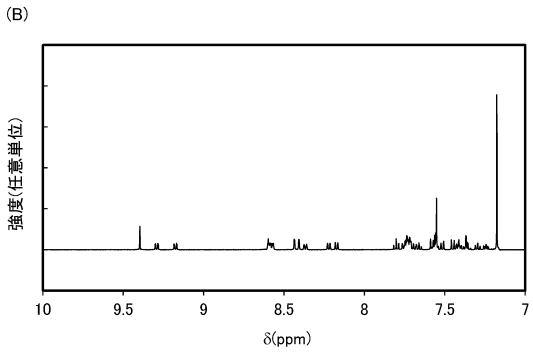
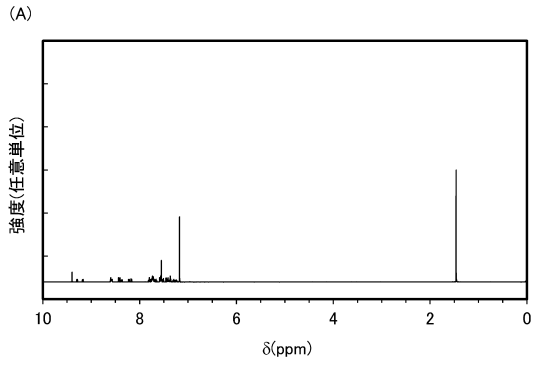
【図8】



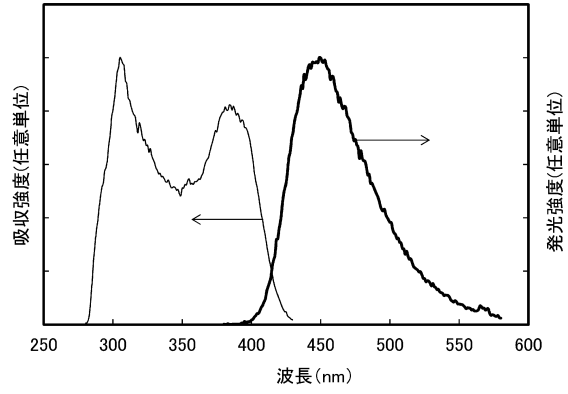
【図9】



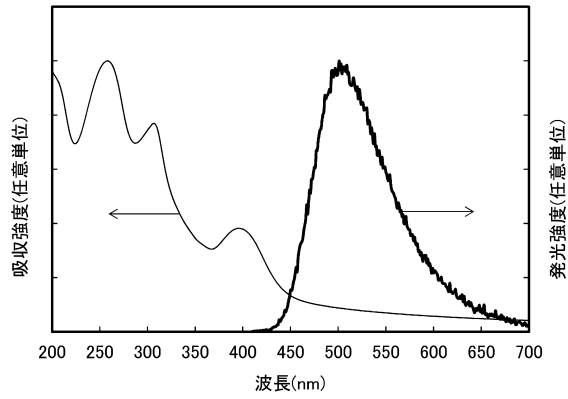
【 図 1 0 】



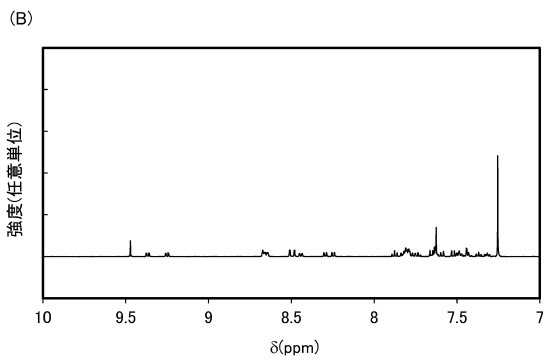
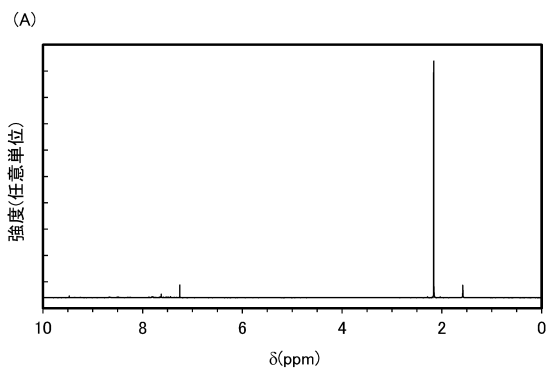
【 図 1 1 】



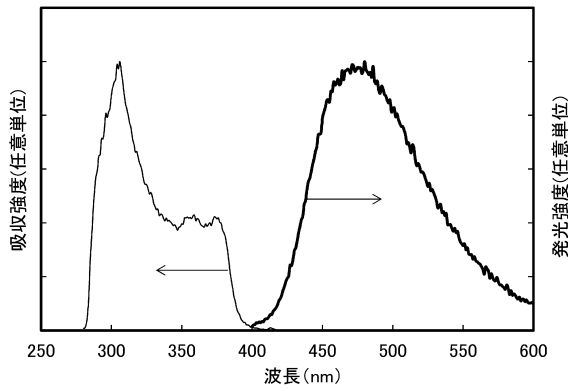
【 図 1 2 】



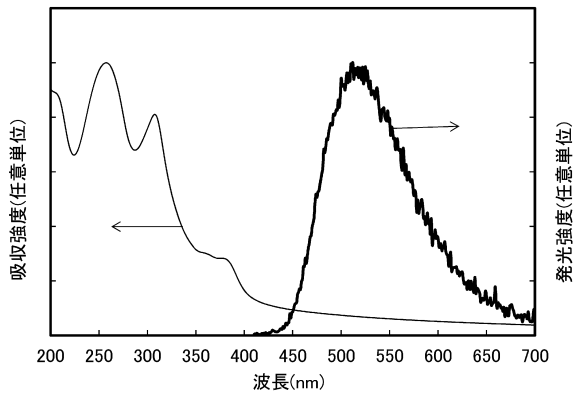
【 図 1 3 】



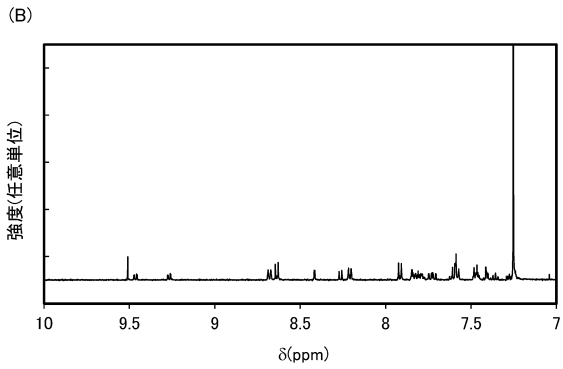
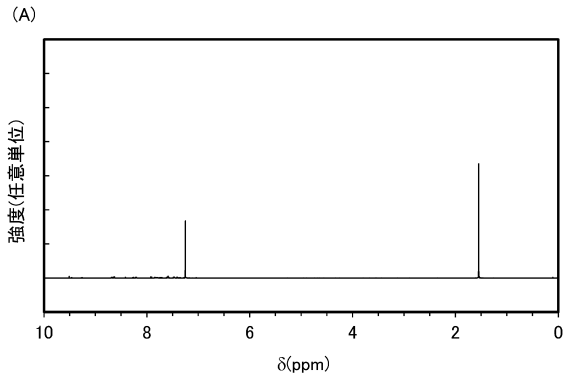
【 図 1 4 】



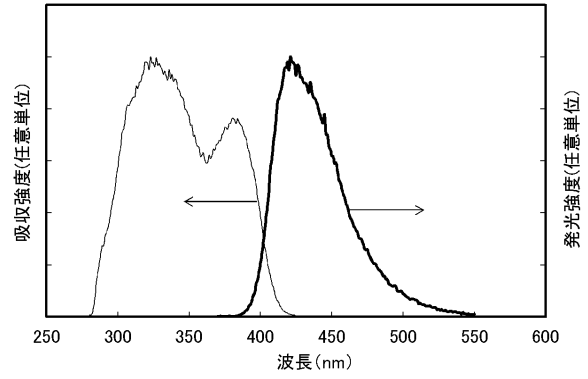
【 図 1 5 】



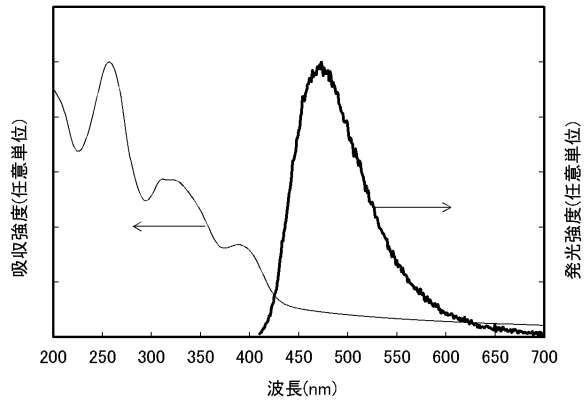
【 図 1 6 】



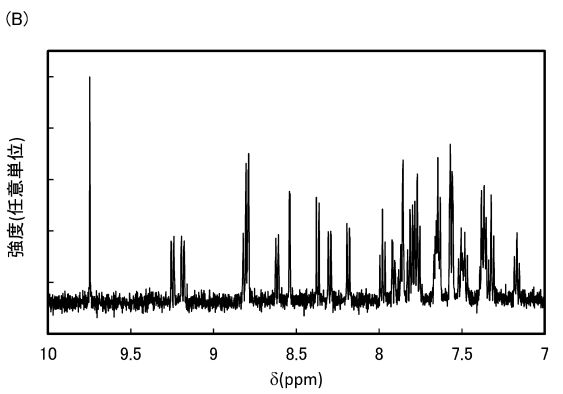
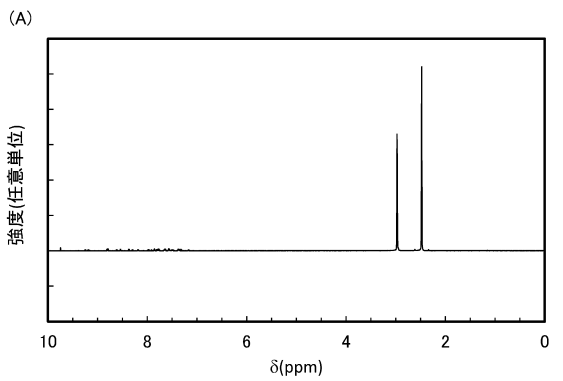
【 図 1 7 】



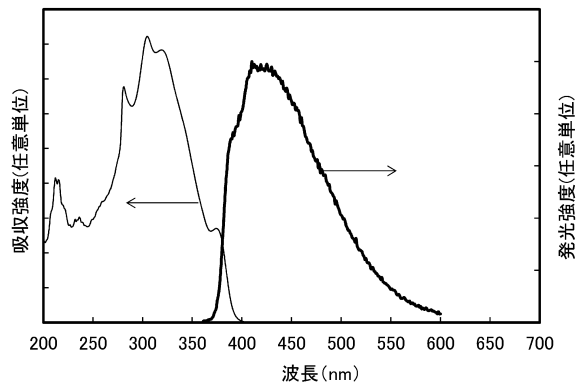
【 図 1 8 】



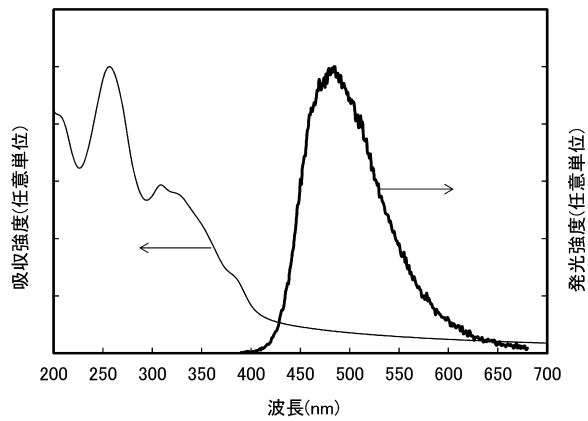
【 図 1 9 】



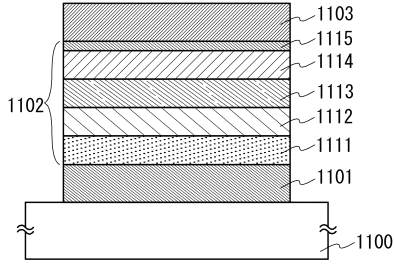
【 図 2 0 】



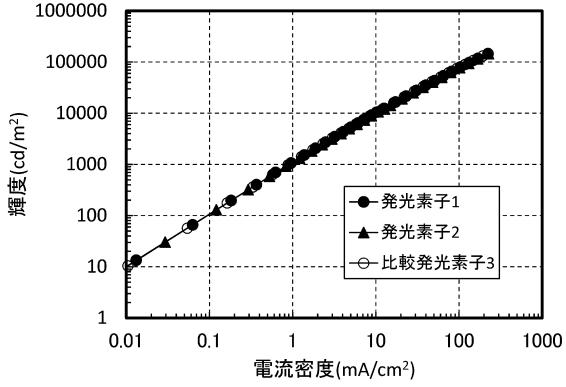
【 図 2 1 】



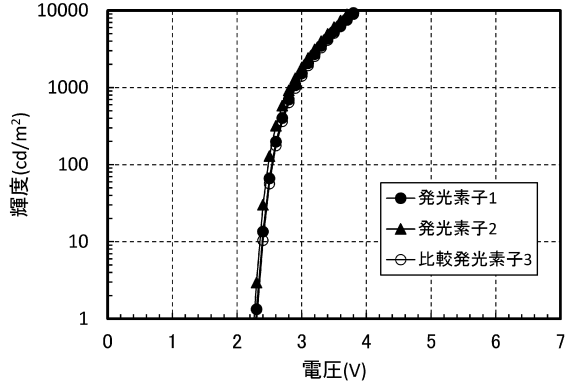
【図22】



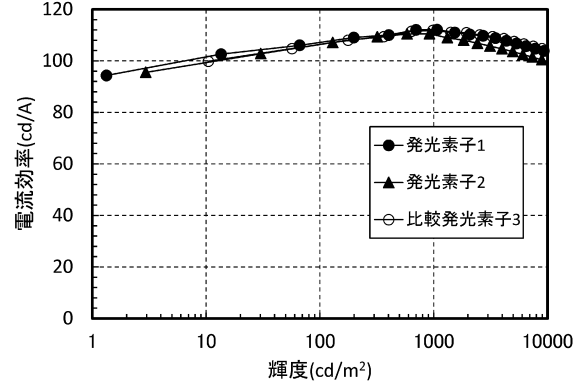
【図23】



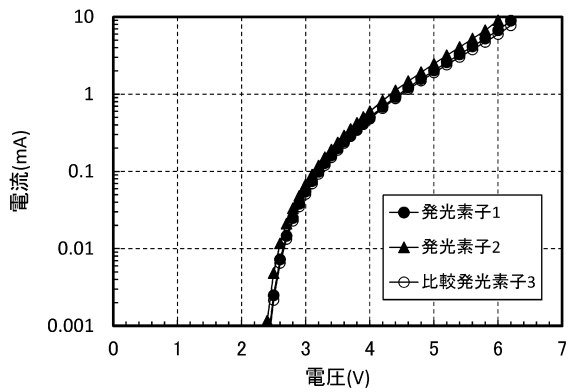
【図24】



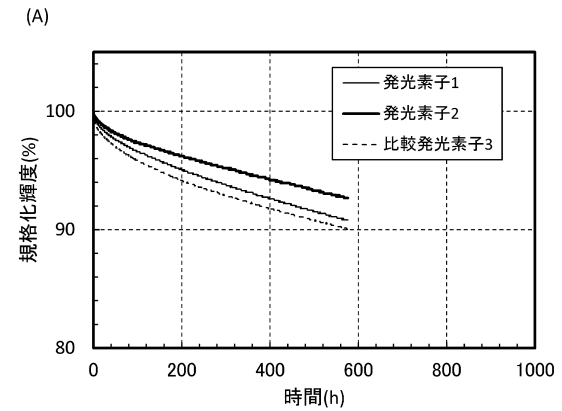
【図25】



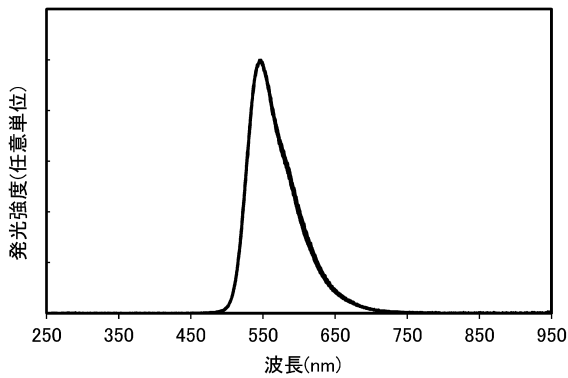
【図26】



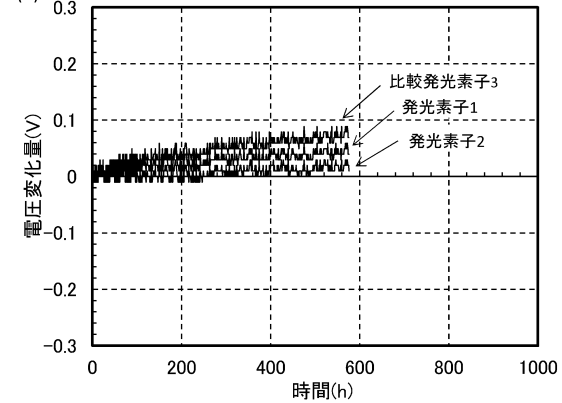
【図28】



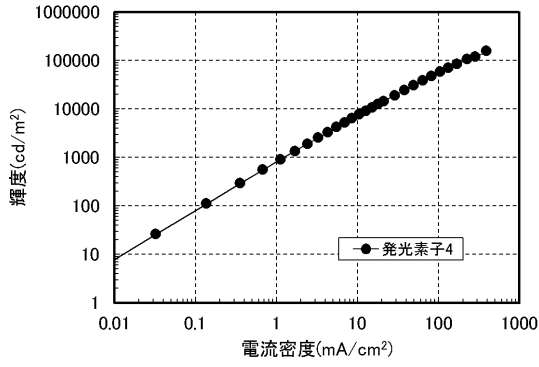
【図27】



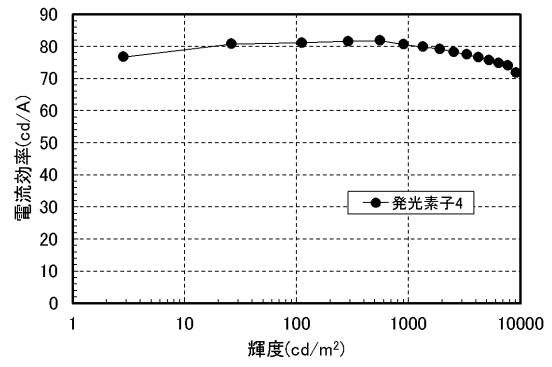
(B)



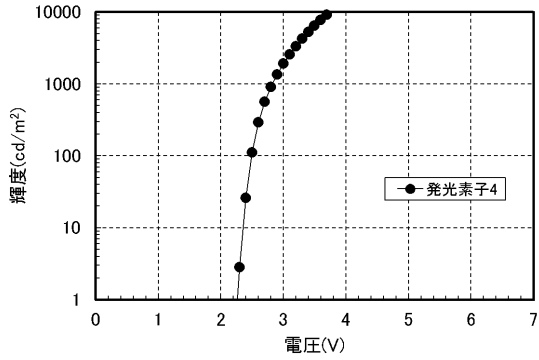
【 図 2 9 】



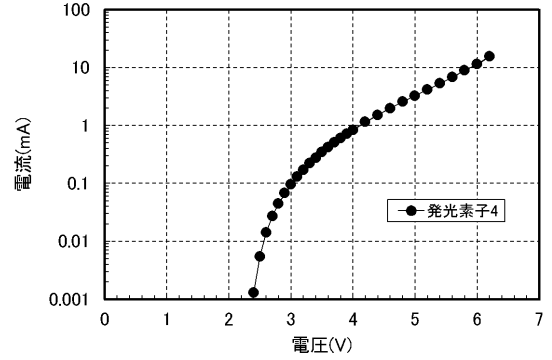
【 図 3 1 】



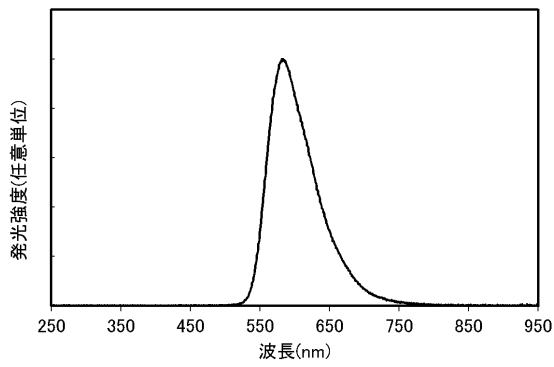
【 図 3 0 】



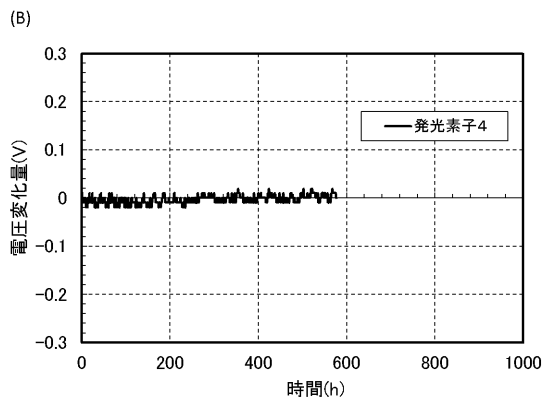
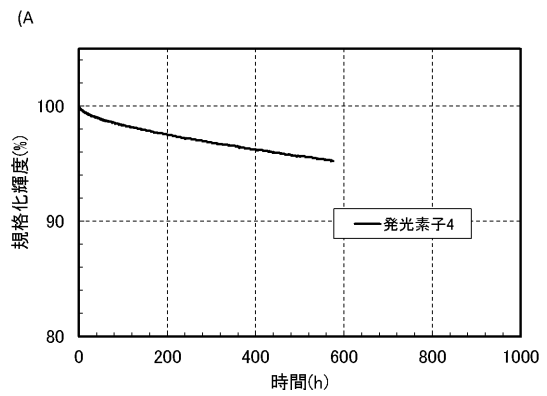
【 図 3 2 】



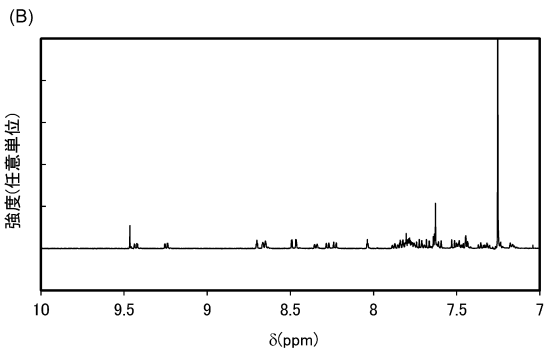
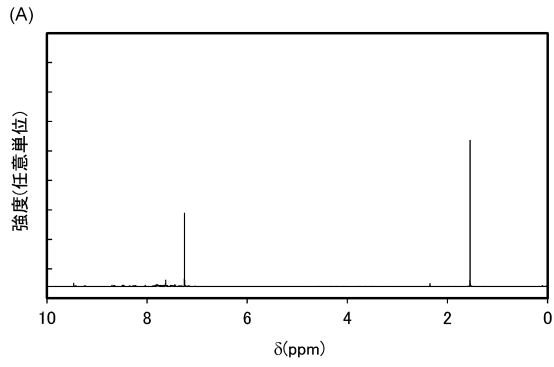
【 図 3 3 】



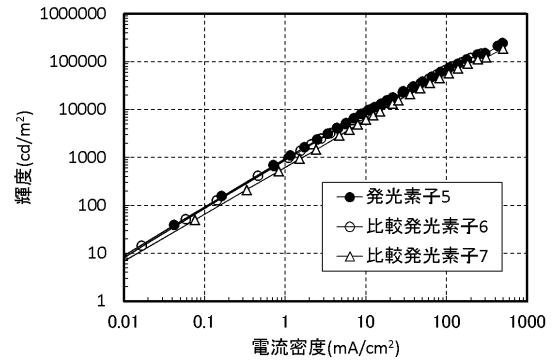
【 図 3 4 】



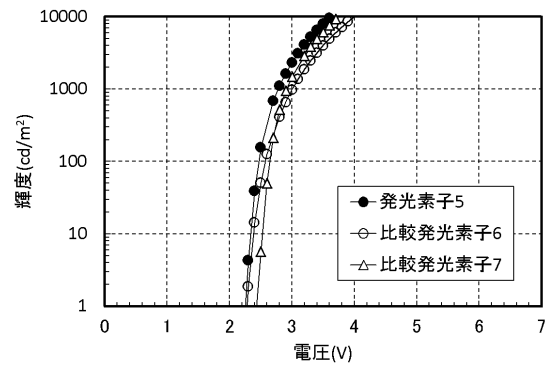
【 図 3 5 】



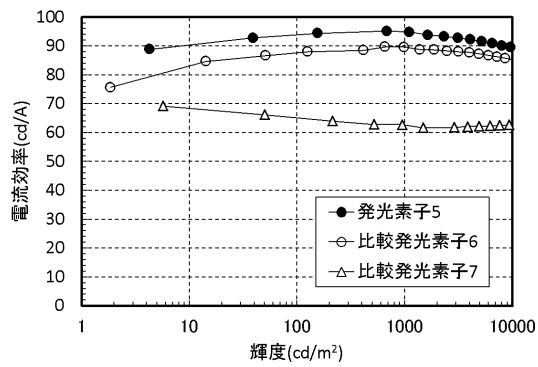
【 図 3 6 】



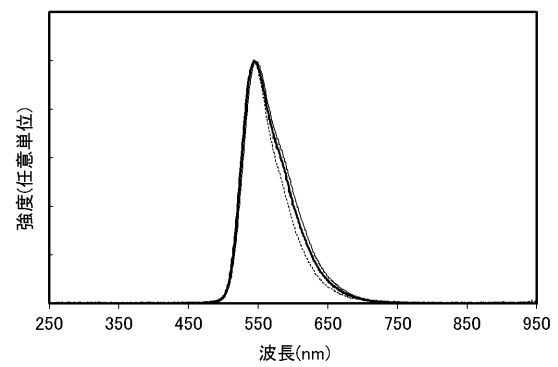
【 図 3 7 】



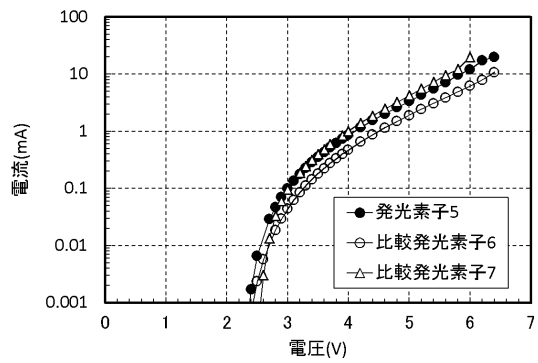
【 図 3 8 】



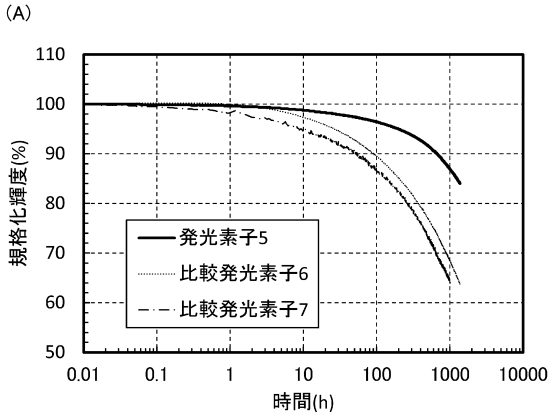
【 図 4 0 】



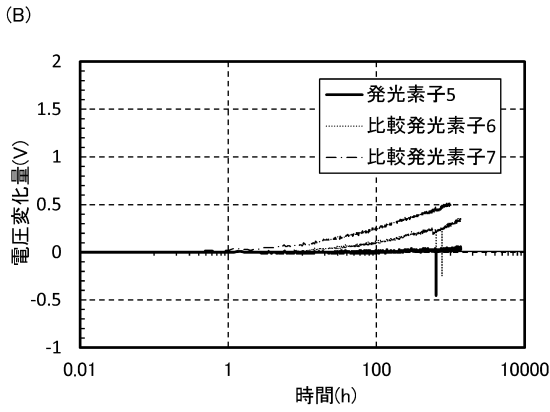
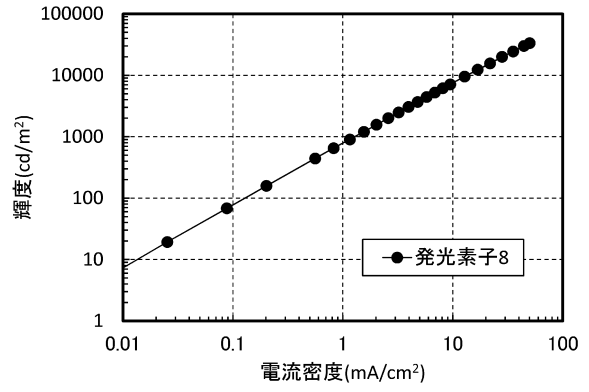
【 図 3 9 】



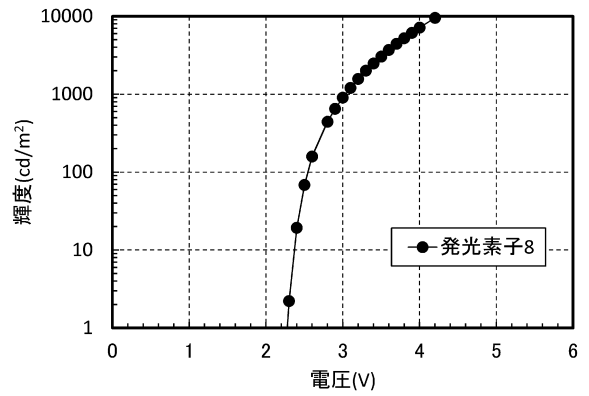
【 図 4 1 】



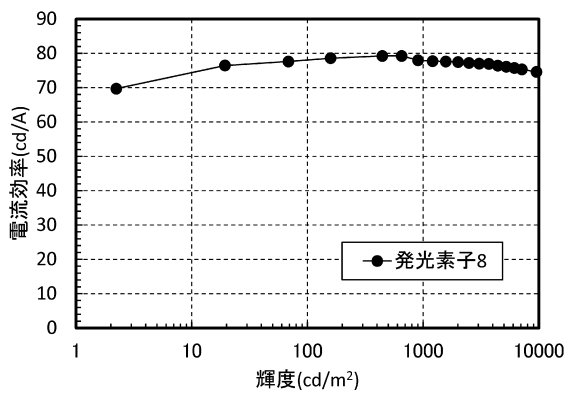
【 図 4 2 】



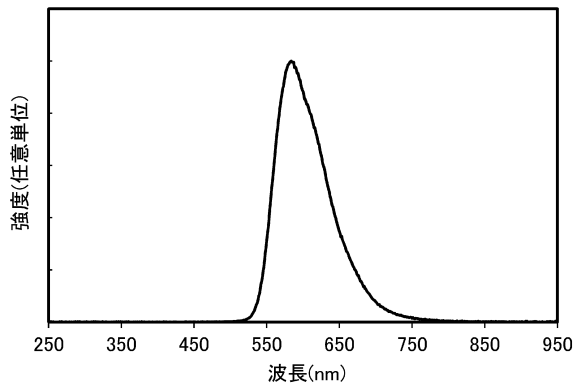
【 図 4 3 】



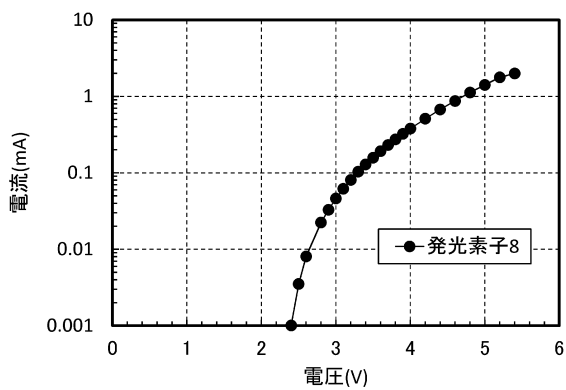
【 図 4 4 】



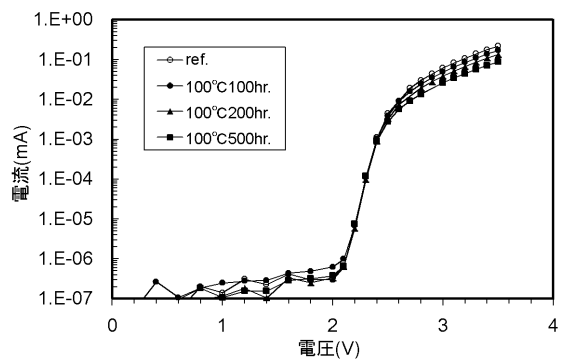
【 図 4 6 】



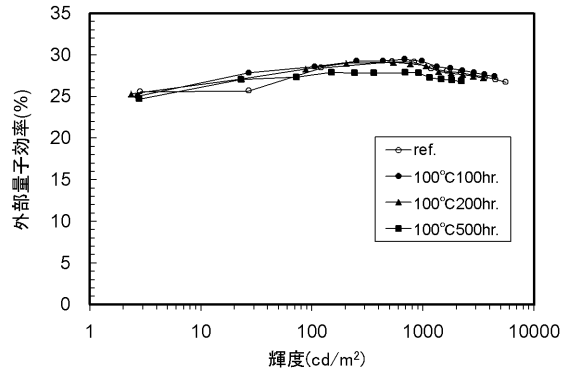
【 図 4 5 】



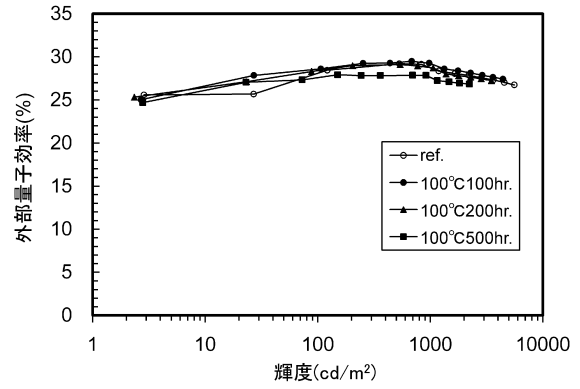
【 図 4 7 】



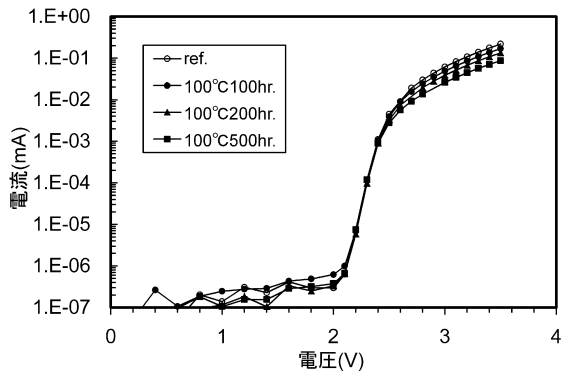
【 図 4 8 】



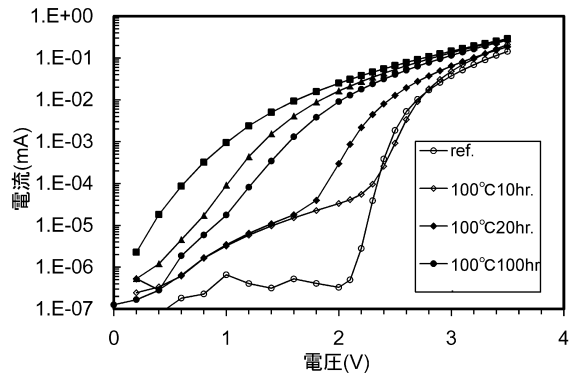
【 図 5 0 】



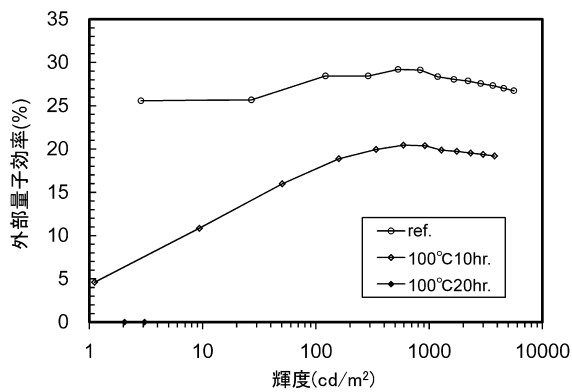
【 図 4 9 】



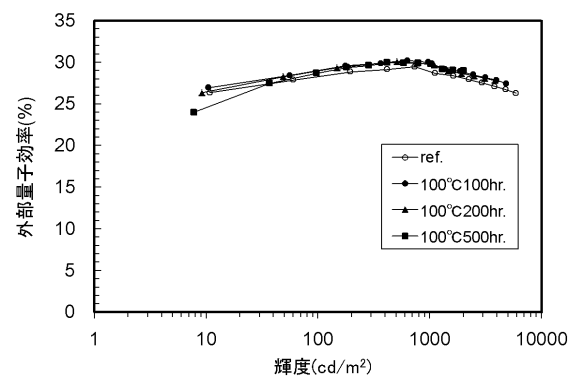
【 図 5 1 】



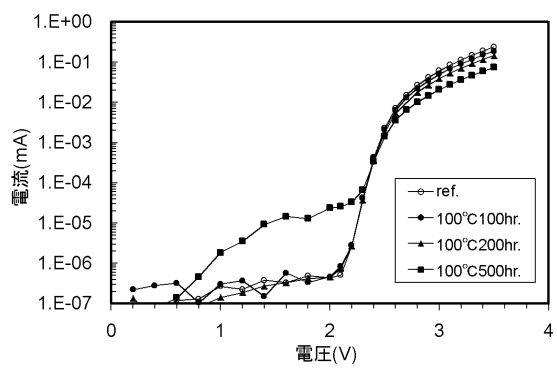
【 図 5 2 】



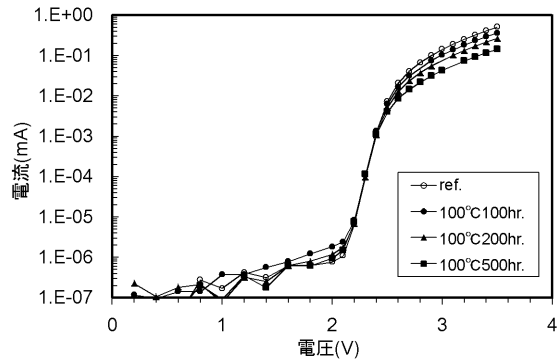
【 図 5 4 】



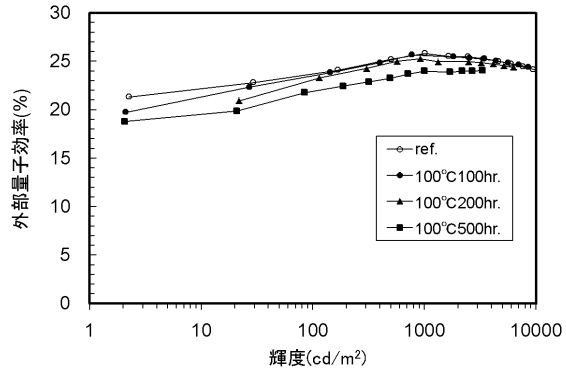
【 図 5 3 】



【 図 5 5 】



【 図 5 6 】



フロントページの続き

- (72)発明者 鈴木 宏記
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
- (72)発明者 井上 英子
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

審査官 中山 佳美

- (56)参考文献 特開2012-186461(JP,A)
特開2012-227524(JP,A)
特開2013-239704(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|----------------------|---------------|
| H01L | 51/50 - 51/56 |
| H01L | 27/32 |
| H05B | 33/00 - 33/28 |
| CAplus/REGISTRY(STN) | |