

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6860989号
(P6860989)

(45) 発行日 令和3年4月21日 (2021.4.21)

(24) 登録日 令和3年3月31日 (2021.3.31)

(51) Int.Cl.	F I
H O 1 L 51/50 (2006.01)	H O 5 B 33/14 B
	H O 5 B 33/22 D
	H O 5 B 33/22 B

請求項の数 14 (全 76 頁)

(21) 出願番号	特願2016-142425 (P2016-142425)	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成28年7月20日 (2016.7.20)		株式会社半導体エネルギー研究所
(65) 公開番号	特開2017-130643 (P2017-130643A)		神奈川県厚木市長谷398番地
(43) 公開日	平成29年7月27日 (2017.7.27)	(72) 発明者	鈴木 邦彦
審査請求日	令和1年7月17日 (2019.7.17)		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2015-146604 (P2015-146604)		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成27年7月24日 (2015.7.24)	(72) 発明者	瀬尾 哲史
(33) 優先権主張国・地域又は機関			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
	日本国 (JP)		半導体エネルギー研究所内
(31) 優先権主張番号	特願2016-6140 (P2016-6140)	(72) 発明者	尾坂 晴恵
(32) 優先日	平成28年1月15日 (2016.1.15)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(33) 優先権主張国・地域又は機関			半導体エネルギー研究所内
	日本国 (JP)	(72) 発明者	鈴木 恒徳
			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、電子機器および照明装置

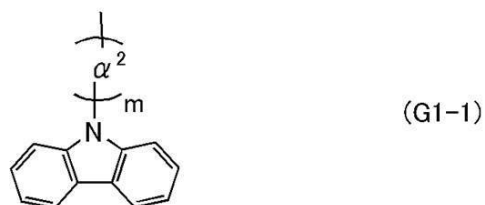
(57) 【特許請求の範囲】

【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、第1の有機化合物を有し、
 前記第1の有機化合物の T_n 準位のうち一以上は、前記第1の有機化合物の T_1 準位との差が T_1 準位+0.6eV未満であり、
 前記第1の有機化合物は、式(G1)で表される構造を有する化合物である発光素子。

(G1)

10



(式 (G 1) 中、 α^1 は、置換または無置換のフェニレン基を表し、n は 1 または 2 であり、 A^1 または A^2 のいずれか一方は、式 (G 1-1) に示す置換基であり、他方は水素、炭素数 1~6 のアルキル基、炭素数 3~6 のシクロアルキル基、アルキルフェニル基、フェニル基のいずれか一である。式 (G 1-1) 中、 α^2 は置換または無置換のフェニレン基を表し、m は 1 または 2 であり、 α^2 は式 (G 1) 中のアントラセン骨格の 5 位または 8 位に結合している。)

20

請求項 1 において、

前記第 1 の有機化合物の T_n 準位のいずれか一と、

前記第1の有機化合物の S_1 準位または S_n 準位のいずれか一とのエネルギー差が1 eV以下である発光素子。

30

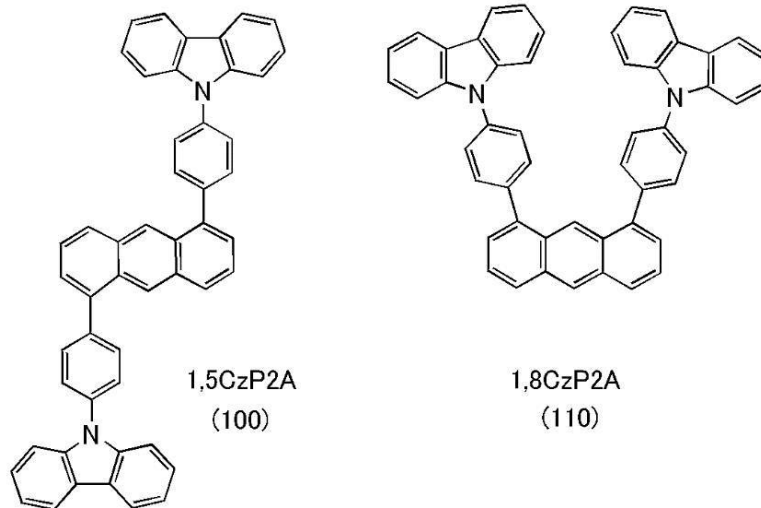
請求項 1 または請求項 2 において、

前記第1の有機化合物の T_1 準位から、前記第1の有機化合物の T_n 準位のうち一以上への励起の際の振動子強度が0.0015以上である発光素子。

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一において、

前記第1の有機化合物は、式(100)または式(110)で表される化合物である発光素子。

【化 2】



10

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一において、
 前記発光素子からの発光は、遅延蛍光を示し、
 前記遅延蛍光成分の発光強度は、前記発光素子からの全発光の発光強度に対して 5 % 以上である発光素子。

20

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一において、
 前記発光層は、前記第 1 の有機化合物と、第 2 の有機化合物と、を有し、
 前記第 1 の有機化合物は、前記第 2 の有機化合物よりも高い S_1 準位を有し、
 前記発光素子からの発光は、前記第 2 の有機化合物に由来する発光素子。

【請求項 7】

請求項 6 において、
 前記第 2 の有機化合物は、ピレン骨格を有する発光素子。

【請求項 8】

請求項 6 または請求項 7 において、
 前記第 2 の有機化合物の T_1 準位は、前記第 1 の有機化合物の T_1 準位よりも高い発光素子。

30

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか一において、
 前記 EL 層は、正孔輸送層を有し、
 前記正孔輸送層は、前記陽極と前記発光層との間に、前記発光層と接して設けられ、
 前記正孔輸送層は、第 3 の有機化合物を有し、
 前記第 3 の有機化合物の T_1 準位は、前記第 1 の有機化合物の T_1 準位よりも高い発光素子。

40

【請求項 10】

請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか一において、
 前記 EL 層は、電子輸送層を有し、
 前記電子輸送層は、前記陰極と前記発光層との間に、前記発光層と接して設けられ、
 前記電子輸送層は、第 4 の有機化合物を有し、
 前記第 4 の有機化合物の T_1 準位は、前記第 1 の有機化合物の T_1 準位よりも高い発光素子。

【請求項 11】

請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか一に記載の発光素子と、
 トランジスタ、または基板のいずれかと、を有する発光装置。

50

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載の発光装置と、
マイク、カメラ、操作ボタン、外部接続部、または、スピーカのいずれかと、を有する電子機器。

【請求項 1 3】

請求項 1 1 に記載の発光装置と、
筐体またはタッチセンサ機能と、を有する電子機器。

【請求項 1 4】

請求項 1 1 に記載の発光装置と、
筐体、カバー、または、支持台のいずれかと、を有する照明装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の一態様は、発光素子、発光装置、電子機器、および照明装置に関する。また、本発明の別の態様は、照明システムに関する。なお、本発明の一態様は、上記の技術分野に限定されない。本明細書等で開示する発明の一態様の技術分野は、物、方法、または、製造方法に関するものである。または、本発明の一態様は、プロセス、マシン、マニファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関するものである。そのため、より具体的に本明細書で開示する本発明の一態様の技術分野としては、半導体装置、表示装置、液晶表示装置、発光装置、蓄電装置、記憶装置、それらの駆動方法、または、それらの製造方法、を一例として挙げることができる。

20

【背景技術】

【0002】

近年、エレクトロルミネッセンス（Electroluminescence：EL）を利用した発光素子の研究開発が盛んに行われている。これら発光素子の基本的な構成は、一对の電極間に発光物質を含む層（EL層）を挟んだものである。この素子の電極間に電圧を印加することにより、発光物質からの発光が得られる。

【0003】

30

上述の発光素子は自発光型であるため、これを用いた表示装置は、視認性に優れ、バックライトが不要であり、消費電力が少ない等の利点を有する。さらに、薄型軽量に作製でき、応答速度が高いなどの利点を有する。

【0004】

発光素子の発光機構は、一对の電極間に発光物質を含む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。

【0005】

分子励起子を形成する有機化合物の励起状態には、一重項励起状態（ S^* ）と三重項励起状態（ T^* ）があり、一重項励起状態からの発光が蛍光、三重項励起状態からの発光が燐光と呼ばれている。また、発光素子におけるそれらの統計的な生成比率は、 $S^* : T^* = 1 : 3$ であると考えられている。そのため、蛍光を発する化合物を用いた発光素子より、燐光を発する化合物を用いた発光素子の方が、高い発光効率を得ることが可能となる。したがって、三重項励起状態を発光に変換することが可能な燐光性化合物を用いた発光素子の開発が近年盛んに行われている。

40

【0006】

燐光性化合物を用いた発光素子のうち、特に青色の発光を呈する発光素子においては、高い三重項励起エネルギー準位を有する安定な化合物の開発が困難であるため、未だ実用化に至っていない。そのため、青色の発光を呈する発光素子においては、より安定な蛍光性

50

化合物を用いた発光素子の開発が行われており、蛍光性化合物を用いた発光素子（蛍光発光素子）の高効率化が求められている。

【0007】

蛍光性化合物を用いた発光素子において、三重項励起状態の一部を発光に変換することが可能な発光機構として、三重項-三重項消滅（T T A : t r i p l e t - t r i p l e t a n n i h i l a t i o n）が知られている。T T Aとは、2つの三重項励起子が近接することによって、励起エネルギーおよびスピン角運動量の交換、および受け渡しが行われるものであり、結果として、一重項励起子が生成されるとされている。

【0008】

なお、T T Aを発生させる化合物として、アントラセン骨格を有する化合物が知られている。非特許文献1では、アントラセン骨格を有する化合物を発光素子のホスト材料に用いることで、青色の発光を呈する発光素子において高い外部量子効率を示すことが報告されている。また、アントラセン骨格を有する化合物を用いた発光素子の発光全体に対するT T Aによる遅延蛍光の割合は、10%程度であることが報告されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0009】

【非特許文献1】ツネノリ スズキ、他6名、ジャパニーズ ジャーナル オブ アプライド フィジックス、v o l . 53、052102（2014）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明の一態様では、蛍光性化合物を有する発光素子において、高効率な発光素子を提供する。また、本発明の別の一態様では、発光素子から得られる発光全体に占める遅延蛍光の割合が従来よりも高い発光素子を提供する。また、本発明の別の一態様では、新規な発光素子を提供する。また、本発明の別の一態様では、新規な発光装置を提供する。また、新規な発光装置、新規な電子機器、または新規な照明装置を提供する。また、本発明の別の一態様では、光源となる発光素子の省エネルギー化を図る照明システムを提供する。なお、このような課題の記載は、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、必ずしも、これらの課題の全てを解決する必要はない。なお、これら以外の課題は、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、これら以外の課題を抽出することが可能である。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一態様は、蛍光性化合物を有する発光素子において、E L層での有機化合物によるT T Aの発生確率を高め、発光に寄与しない三重項励起子のエネルギーを一重項励起子のエネルギーに変換し、一重項励起子によるエネルギー移動により蛍光性化合物を発光させることで、発光素子の発光効率を向上させることができる。

【0012】

三重項励起子のエネルギーを、効率よく一重項励起子のエネルギーに変換する方法の一つとして、フェルスター（F o r s t e r）機構によるエネルギー移動と項間交差の利用が考えられる。フェルスター機構とは、共鳴によりエネルギーが移動する機構であり、三重項励起子を有する有機化合物（ホスト材料）同士が、1～10nmの分子間距離で近接すること、また、有機化合物（ホスト材料）単体の T_1 準位（最低三重項励起準位）から、 T_1 準位よりもエネルギーの高い三重項励起状態の準位（ T_n 準位）のいずれかへの遷移に関わる振動子強度が大きい（遷移に関わるエネルギーの吸収が大きい）こと、などの条件を満たす場合に起こりやすくなる。

【0013】

そこで、本発明の一態様は、発光素子のE L層におけるT T Aの発生確率を高めるためにフェルスター（F o r s t e r）機構によるエネルギー移動を起こしやすい発光素子を提

10

20

30

40

50

供することを特徴とする。

【0014】

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、第1の有機化合物を有し、第1の有機化合物の T_n 準位のうち一以上は、第1の有機化合物の T_1 準位との差が T_1 準位+0.6 eV未満であることを特徴とする。なお、 T_1 準位よりもエネルギーの高い三重項励起状態の準位を本発明では T_n 準位と称する。つまり、第1の有機化合物の T_n 準位のうち一以上が、第1の有機化合物の T_1 準位の2倍のエネルギーレベルに近い方が、 T_1 準位から T_n 準位へのエネルギー移動が容易となるため好ましい。

【0015】

上記構成において、第1の有機化合物の T_n 準位のいずれかと、第1の有機化合物の一重項励起状態の準位のいずれかと、のエネルギー差が1 eV以下であることを特徴とする。なお、第1の有機化合物の一重項励起状態の準位には、 S_1 準位（最低一重項励起準位）と、 S_n 準位（ S_1 準位よりも高い一重項励起状態の準位）を含む。これら第1の有機化合物の T_n 準位と S_1 準位または S_n 準位のエネルギーレベルが近い程、項間交差が容易となり好ましい。

【0016】

従って、上記構成は、第1の有機化合物の T_n 準位のいずれかと、第1の有機化合物の S_1 準位または S_n 準位のいずれかとのエネルギー差が1 eV以下であることを特徴とする。

【0017】

また、上記各構成において、第1の有機化合物の T_1 準位から、第1の有機化合物の T_1 準位よりも高い三重項励起状態の準位のうち一以上への励起の際の振動子強度が0.0015以上であることを特徴とする。

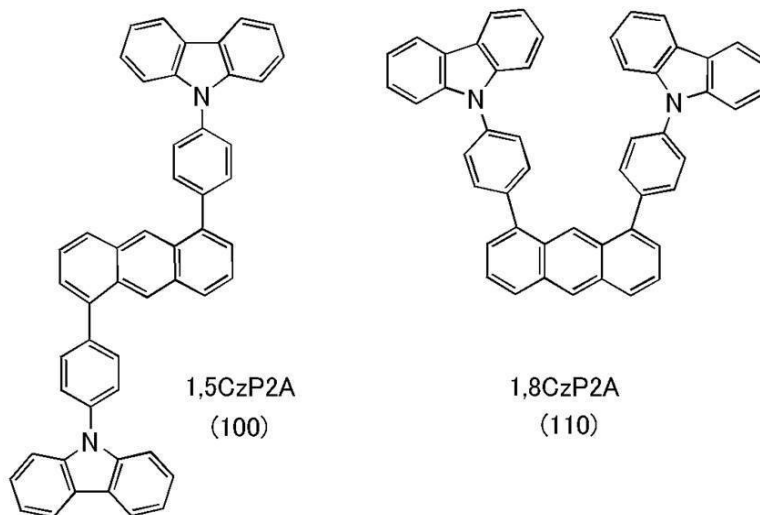
【0018】

また、上記各構成において、第1の有機化合物は、TTAを効率よく発生させることができる有機化合物（ホスト材料）であって、発光に寄与しない三重項励起子を効率よく一重項励起子に変換することができる有機化合物である。従って、第1の有機化合物は、テトラセン骨格またはアントラセン骨格を有することが好ましい。

【0019】

また、上記各構成において、第1の有機化合物は、下記構造式(100)または下記構造式(110)であることを特徴とする。

【化1】



【0020】

また、上述した第1の有機化合物は、TTAを効率よく発生させることができる有機化合

10

20

30

40

50

物（ホスト材料）であって、発光に寄与しない三重項励起子を効率よく一重項励起子に変換することができる有機化合物であり、励起寿命の長い三重項励起子を経由するため、有機化合物の発光全体に対する遅延蛍光の割合が高くなることを特徴とする。

【0021】

したがって、発光層に第1の有機化合物を有し、上述した構成を有する発光素子において、発光素子からの発光は、遅延蛍光を示し、遅延蛍光成分の発光強度は、発光素子からの全発光の発光強度に対して少なくとも5%以上、好ましくは10%以上、より高い効率が得られるのは15%以上であることを特徴とする。なお、TTAによって三重項励起子のエネルギーが一重項励起子のエネルギーに変換される場合、（発光性の）一重項励起子の生成割合が増加することに起因して、発光素子の発光全体に対するTTAに基づく遅延蛍光の割合を高めることができる。なお、発光層にゲスト材料となる第2の有機化合物を有する場合、ホスト材料を介さないゲスト材料でのキャリア直接再結合による発光が生じる場合などがあるため、ゲスト材料を含まない同様の素子構成の場合に比べて、全発光に対する遅延蛍光の割合が減少する可能性がある。

10

【0022】

また、上記構成において、発光層は、第1の有機化合物と、第2の有機化合物と、を有し、第1の有機化合物は、第2の有機化合物よりも高い S_1 準位を有し、発光素子からの発光は、第2の有機化合物に由来することを特徴とする。

【0023】

また、上記構成において、第2の有機化合物は、ピレン骨格を有することを特徴とする。

20

【0024】

また、上記構成において、第2の有機化合物の T_1 準位は、第1の有機化合物の T_1 準位よりも高いことを特徴とする。

【0025】

また、上記各構成において、EL層は、正孔輸送層と、発光層とを有し、陽極と発光層との間に発光層と接する正孔輸送層を有し、正孔輸送層は、第3の有機化合物を有し、第3の有機化合物の T_1 準位は、第1の有機化合物の T_1 準位よりも高いことを特徴とする。

【0026】

また、上記各構成において、EL層は、電子輸送層と、発光層とを有し、陰極と発光層との間に発光層と接する電子輸送層を有し、電子輸送層は、第4の有機化合物を有し、第4の有機化合物の T_1 準位は、第1の有機化合物の T_1 準位よりも高いことを特徴とする。

30

【0027】

また、本発明の別の態様は、上記記載の各構成を有する発光素子と、トランジスタ、または基板のいずれかと、を有する発光装置である。

【0028】

また、本発明の別の態様は、上記記載の構成を有する発光装置と、マイク、カメラ、操作ボタン、外部接続部、または、スピーカのいずれかと、を有する電子機器である。

【0029】

また、本発明の別の態様は、上記記載の構成を有する発光装置と、筐体またはタッチセンサ機能と、を有する電子機器である。

40

【0030】

また、本発明の別の態様は、上記記載の構成を有する発光装置と、筐体、カバー、または、支持台のいずれかと、を有する照明装置である。

【0031】

また、本発明の一態様は、発光素子を有する発光装置だけでなく、発光装置を有する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、または光源（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

50

方式により I C (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。

【0032】

また、本発明の別の態様である照明システムは、センサから得られる外部情報に応じて光源となる発光素子の駆動が制御される構成を有する。なお、照明システムにおける発光素子は、上述した本発明の態様である発光素子を用いることが好ましい。

【0033】

すなわち、本発明の態様は、センサと、制御部と、発光素子と、を有し、センサにより検出された情報が制御部に入力され、制御部は、その情報に基づき、電氣的に接続された発光素子を駆動させる機能を有し、発光素子は、陽極と陰極との間に E L 層を有し、E L 層は、発光層を有し、発光層は、第 1 の有機化合物を有し、第 1 の有機化合物の T_n 準位のうち一以上は、第 1 の有機化合物の T_1 準位との差が T_1 準位 + 0.6 e V 未満であることを特徴とする照明システムである。

10

【0034】

また、本発明の別の構成は、センサと、制御部と、発光素子と、を有し、制御部は、通信部と、C P U と、メモリとを有し、メモリは、外部情報に基づき発光素子を駆動させるためのプログラムを有し、通信部は、センサにより検出された外部情報を C P U に送り、C P U は、メモリからプログラムを読み出し、プログラムを実行することにより発光素子を駆動させる機能を有し、発光素子は、陽極と陰極との間に E L 層を有し、E L 層は、発光層を有し、発光層は、第 1 の有機化合物を有し、第 1 の有機化合物の T_n 準位のうち一以上は、第 1 の有機化合物の T_1 準位との差が T_1 準位 + 0.6 e V 未満であることを特徴とする照明システムである。

20

【発明の効果】

【0035】

本発明の態様では、蛍光性化合物を有する発光素子において、高効率な発光素子を提供することができる。また、本発明の別の態様では、発光素子から得られる発光全体に占める遅延蛍光の割合が従来よりも高い発光素子を提供することができる。また、本発明の別の態様では、新規な発光素子を提供することができる。また、本発明の別の態様では、新規な発光装置を提供することができる。また、新規な発光装置、新規な電子機器、または新規な照明装置を提供することができる。また、光源となる発光素子の省エネルギー化を図る照明システムを提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図 1】 T T A のメカニズムを説明する図。

【図 2】 分子構造における遷移双極子モーメントの向きと振動子強度を示す図。

【図 3】 分子構造における遷移双極子モーメントの向きと振動子強度を示す図。

【図 4】 発光素子の構造について説明する図。

【図 5】 発光素子の構造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】 発光装置について説明する図。

40

【図 8】 電子機器について説明する図。

【図 9】 電子機器について説明する図。

【図 10】 自動車について説明する図。

【図 11】 照明装置について説明する図。

【図 12】 照明装置について説明する図。

【図 13】 タッチパネルの一例を示す図。

【図 14】 タッチパネルの一例を示す図。

【図 15】 タッチパネルの一例を示す図。

【図 16】 タッチセンサのブロック図及びタイミングチャート。

【図 17】 タッチセンサの回路図。

50

【図 18】発光素子について説明する図。

【図 19】減衰曲線を示す図。

【図 20】発光素子 1 および発光素子 3 の電流密度－輝度特性を示す図。

【図 21】発光素子 1 および発光素子 3 の電圧－輝度特性を示す図。

【図 22】発光素子 1 および発光素子 3 の輝度－電流効率特性を示す図。

【図 23】発光素子 1 および発光素子 3 の電圧－電流特性を示す図。

【図 24】発光素子 2 および発光素子 4 の電流密度－輝度特性を示す図。

【図 25】発光素子 2 および発光素子 4 の電圧－輝度特性を示す図。

【図 26】発光素子 2 および発光素子 4 の輝度－電流効率特性を示す図。

【図 27】発光素子 2 および発光素子 4 の電圧－電流特性を示す図。

10

【図 28】発光素子 1 および発光素子 3 の発光スペクトルを示す図。

【図 29】発光素子 2 および発光素子 4 の発光スペクトルを示す図。

【図 30】構造式 (100) に示す有機化合物の $^1\text{H-NMR}$ チャート。

【図 31】構造式 (100) に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図 32】構造式 (100) に示す有機化合物の LC-MS 分析結果を示す図。

【図 33】構造式 (110) に示す有機化合物の $^1\text{H-NMR}$ チャート。

【図 34】構造式 (110) に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図 35】構造式 (110) に示す有機化合物の LC-MS 分析結果を示す図。

20

【図 36】表示装置のブロック図。

【図 37】表示装置の回路構成。

【図 38】表示装置の断面構造。

【図 39】発光素子について説明する図。

【図 40】照明システムの構成を説明する図。

【発明を実施するための形態】

【0037】

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。

30

【0038】

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。

【0039】

(実施の形態 1)

本実施の形態では、発光素子の EL 層において、TTA が発生するメカニズムについて説明する。

40

【0040】

TTA (三重項－三重項消滅) のメカニズムの詳細はこれまで諸説あり、明らかにされていないが、本発明の一態様において、図 1 のスキームに示すようなエネルギー移動が行われていると考えている。

【0041】

まず、図 1 (A) に示すように同種の 2 分子 (分子 A と分子 B) の三重項励起子がそれぞれ隣接して存在する場合、分子 B が T_1 準位から S_0 準位へ遷移する際に放出したエネルギーを分子 A が吸収し、分子 A の T_1 準位の電子が T_n 準位へ遷移する。そのため、分子 A の T_1 準位からさらに分子 B の T_1 準位分高いエネルギー準位付近までが、分子 A の遷移可能な T_n 準位と考えられる。

50

【0042】

次に、図1（B）に示すように分子Aの T_n 準位へ遷移した電子が、ある確率でエネルギー準位が近い S_n 準位へ項間交差する。さらに、内部転換により S_n 準位の電子は S_1 準位に遷移する（図1（C））。

【0043】

そして、図1（D）に示すように S_1 準位の電子が S_0 準位に遷移することで、遅延蛍光が生じる。

【0044】

この様に、2分子の一方の励起エネルギーを用いて、他方がさらに高い準位へと遷移するため、最大で T_1 励起子75%の半が発光として取り出せることとなる。電流励起で生成した S_1 励起子25%と合わせると最大62.5%の内部量子効率が期待できる。

10

【0045】

なお、図1で説明したTTAにおけるエネルギー移動が分子間で行われるとすれば、図1（A）に示した分子Bから分子Aへのエネルギー移動効率を高めることで、 T_1 準位から T_n 準位への遷移確率が高まり、最終的に生成する S_1 励起子を増加させることができる。このような分子間におけるエネルギー移動については、電子交換相互作用のデクスター機構と双極子-双極子相互作用のフェルスター機構の2種類が挙げられる。以下には、いずれの機構を経ても三重項励起子間（ T_1-T_1 間）のエネルギー移動が可能であることを説明する。

【0046】

20

デクスター機構は、エネルギー移動の前後で2分子全体の電子スピンの保存される。従って、エネルギー移動の前後で2分子全体の電子スピンの保存される場合において、デクスター機構によるエネルギー移動は許容となる。なお、TTAにおけるエネルギー移動については、これまで主としてデクスター機構により説明されてきた。

【0047】

一方、フェルスター機構は、エネルギー移動における速度定数 k_{ET} を式で表すと、以下の式（1）のように表すことができる。

【0048】

【数1】

30

$$k_{ET} = \frac{9000c^4 \ln 10}{128\pi^5 n^4 N_A \tau_0^a} \frac{\kappa^2}{R^6} \int f_a(\tilde{\nu}) \varepsilon_b(\nu) \frac{d\tilde{\nu}}{\tilde{\nu}^4} \cdots (1)$$

c : 光の速度 n : 屈折率 N_A : アボガドロ数

τ_0 : 供与体の自然寿命 R : 分子間距離

κ^2 : AとBとの遷移双極子モーメントの相対配向因子

$\tilde{\nu}$: 波数 f : 面積1に規格化された波数当たりの発光強度

40

ε : 吸光係数

【0049】

なお、式（1）中の τ_0 は、輻射速度 k_r の逆数であることから、 x を以下のようにおくと、

【0050】

【数 2】

$$x = \frac{9000c^4 \ln 10}{128\pi^5 n^4 N_A} \frac{\kappa^2}{R^6} \int f_a(\tilde{\nu}) \varepsilon_b(\nu) \frac{d\tilde{\nu}}{\tilde{\nu}^4}$$

【0051】

式(1)は、以下の式(1')のように表すことができる。

【0052】

【数 3】

10

$$k_{ET} = xk_r \quad \dots (1')$$

【0053】

また、フェルスター機構によるエネルギー移動効率 ϕ_{ET} は以下の式(2)で表される。

【0054】

【数 4】

$$\phi_{ET} = \frac{k_{ET}}{k_r + k_{nr} + k_{ET}} \quad \dots (2)$$

20

k_r : 輻射速度定数 k_{nr} : 無輻射速度定数

【0055】

上記の式(2)と式(1')とから、以下の式(2')が導出される。

【0056】

【数 5】

$$\phi_{ET} = \frac{xk_r}{k_r + k_{nr} + xk_r}$$

30

$$= \frac{x}{\left(\frac{k_r + k_{nr}}{k_r} \right) + x}$$

$$= \frac{x}{\left(\frac{1}{\phi_p} \right) + x} \quad \dots (2')$$

40

ϕ_p : 燐光量子収率

【0057】

なお、分子Aおよび分子Bが、アントラセン誘導体である場合、アントラセン誘導体から得られる燐光発光の輻射速度定数(k_r)は、 $1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^4$ (s^{-1})、無輻射速度定数(k_{nr})は、 $1 \times 10^7 \sim 1 \times 10^8$ (s^{-1})であることから、燐光量子収率(ϕ_p)は、 $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-5}$ と見積もることができる。

【0058】

50

ここで、仮に、燐光量子収率 (ϕ_P) を 1×10^{-4} とした場合、 $x = 100$ であれば、エネルギー移動効率 (ϕ_{ET}) は 1.0 % となる。また、 $x = 1000$ であれば、エネルギー移動効率 (ϕ_{ET}) は 9.1 % となる。なお、 x と吸光係数は正の相関関係にあり、吸光係数が大きくなると x も大きくなる。すなわち、ドナー側の分子 (図 1 の分子 B) の燐光量子収率が低い場合でも、アクセプター側の分子 (図 1 の分子 A) の吸光係数が大きければ、フェルスター機構によるエネルギー移動が起こり得ると説明することができる。

【0059】

以上より、三重項励起子間のエネルギー移動の一部はフェルスター機構により起こる可能性があることが示された。そのため、ここでは、TTAにおけるエネルギー移動は、デクスター機構だけでなくフェルスター機構によるエネルギー移動をも考慮することとする。

10

【0060】

フェルスター機構によるエネルギー移動が生じる場合、下記式 (3) で示すように一般的に、分子の吸光係数は、分子の振動子強度 (f) が大きい場合に大きくなる。

【0061】

【数 6】

$$f = 4.32 \times 10^{-9} \int \varepsilon(\tilde{\nu}) d\tilde{\nu} \quad \dots (3)$$

f : 振動子強度 ε : 吸光係数

20

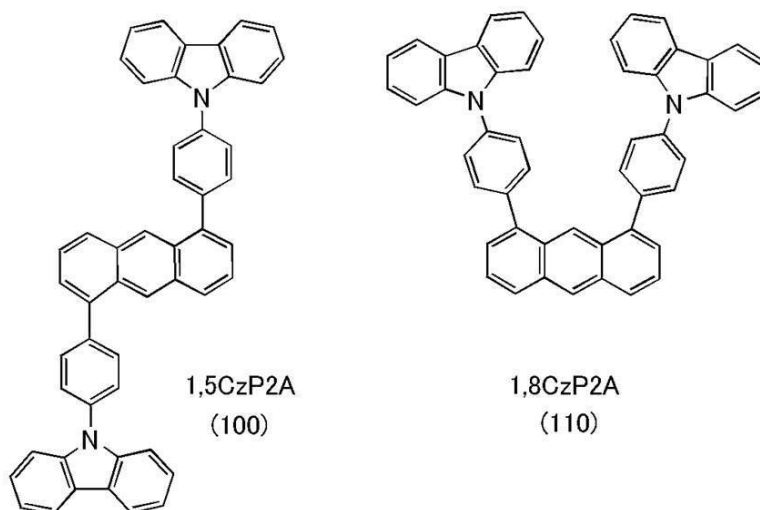
【0062】

そこで、量子化学計算を用いて、最低準位である三重項励起状態 (T_1) と、 T_1 よりも準位の高い三重項励起状態 (T_n) との間の振動子強度 (f) を大きくするべく分子設計を行った。但し、 T_1 よりも準位の高い三重項励起状態 (T_n) が複数の場合には、それぞれの三重項励起状態における振動子強度の和を振動子強度 (f) とする。なお、分子設計により、アントラセン骨格を有する化合物において、分子の振動子強度 (f) が大きくなることがわかった。また、アントラセン骨格を有する化合物の構造式を以下に示す。

【0063】

【化 2】

30



40

【0064】

上記の化合物に対する量子化学計算の計算方法に関しては以下の通りである。なお、量子化学計算プログラムとしては、Gaussian 09を使用した。計算は、ハイパフォーマンスコンピュータ (SGI社製、ICE X) を用いて行った。

【0065】

50

まず、一重項基底状態 (S_0) と T_1 状態における安定構造と電子状態について、密度汎関数法 (DFT) を用いて計算した。その後、振動解析を行い、 S_0 状態と T_1 状態の安定構造同士のエネルギー差から T_1 準位を求めた。基底関数として、6-311G(d, p) を用いた。汎関数は B3LYP を用いた。なお、DFT において、分子の全エネルギーは、ポテンシャルエネルギー、電子間静電エネルギー、電子の運動エネルギーと複雑な電子間の相互作用を全て含む交換相関エネルギーの和で表される。また、DFT では、電子密度で表現された一電子ポテンシャルの汎関数 (関数の関数の意) で交換相関相互作用を近似しているため、電子状態をより高精度に求めることができる。

【0066】

次に、時間依存密度汎関数法 (TD-DFT) を用いて、 T_1 準位から T_n 準位への遷移に関わる遷移双極子モーメント及び振動子強度 (f) を算出した。基底関数には 6-311G(d, p)、汎関数には CAM-B3LYP を用いた。TD-DFT を用いた計算では、DFT の汎関数に CAM-B3LYP を用いた計算から得られた T_1 状態の安定構造と電子状態とを用いた。

10

【0067】

なお、TD-DFT における T_n 状態とは、TD-DFT を用いた計算により、 T_1 準位の 2 倍に相当する励起エネルギーに 0.6 eV を加えた値よりもエネルギー準位の小さい三重項励起状態を指す。但し、アントラセン骨格を有する化合物中のアントラセン骨格以外の部分に上記の条件を満たす励起状態を有していたとしても、化合物全体の三重項励起に関与しないとして T_n 状態から除く。

20

【0068】

TD-DFT を用いた計算から、上記の 1, 5CzP2A の T_1 準位は 1.67 eV、1, 8CzP2A の T_1 準位は 1.66 eV と求めた。また、TD-DFT を用いた計算から、上記の 1, 5CzP2A と 1, 8CzP2A において、 T_1 準位からの励起エネルギーが、それぞれの T_1 準位 + 0.6 eV 未満である T_n 準位に該当する三重項励起状態は、それぞれ 2 つずつ存在することがわかった。なお、1, 5CzP2A の T_1 準位から T_n 準位への励起エネルギーは、1.80 eV、2.07 eV であり、1, 8CzP2A の T_1 準位から T_n 準位への励起エネルギーは、1.81 eV、2.06 eV である。

【0069】

1, 5CzP2A と 1, 8CzP2A の各分子について、TD-DFT を用いた計算で得られた $T_1 - T_n$ 準位間の遷移双極子モーメントの向きの和と、振動子強度 (f) の和を図 2 に示す。なお、図 2 に示す各分子の分子配置は、アントラセン骨格の長軸を x 軸、短軸を y 軸にそれぞれ合わせた。

30

【0070】

図 2 に示すように、1, 8CzP2A の遷移双極子モーメントは主に x 軸方向の成分 (図中の矢印 a) で構成されるが、1, 5CzP2A の遷移双極子モーメントは x 軸と y 軸方向の成分 (図中の矢印 b) で構成されている。なお、計算から 1, 8CzP2A の振動子強度 (f) は、0.0020、1, 5CzP2A の振動子強度 (f) は、0.0032 とそれぞれ算出された。この結果から、1, 5CzP2A は、1, 8CzP2A よりも振動子強度 (f) が大きく、1, 8CzP2A よりも $T_1 - T_n$ 準位間の遷移が起こりやすいことがわかった。すなわち、フェルスター機構によるエネルギー移動に起因する TTA の発生確率は、1, 8CzP2A よりも 1, 5CzP2A の方が高いということが示唆された。

40

【0071】

上述した遷移双極子モーメントの大きさと、振動子強度 (f) との間には、振動子強度 (f) が、遷移双極子モーメントの大きさの 2 乗に比例するという下記式 (4) に示す関係が成り立つ。

【0072】

【数 7】

$$f = \frac{|\mu_{mn}|^2}{|\mu_0|^2} \quad \dots (4)$$

$$\text{但し、} |\mu_0|^2 = \frac{3he^2}{8\pi m\nu} \quad \text{である。}$$

f :振動子強度 μ_{mn} :遷移双極子モーメント

μ_0 :振動電気双極子モーメント h :プランク定数 e :電気素量

m :電子の質量 ν :波数

10

【0073】

そこで、1, 5 CzP2Aと1, 8 CzP2Aのそれぞれについて、化合物を構成するユニット（骨格）として、アントラセン骨格501と、カルバゾール骨格502とで分け、 T_1 準位から T_n 準位への遷移における遷移双極子モーメントについて解析を行った。なお、ここでは、 T_1 準位から T_n 準位への遷移のうち振動子強度が最も大きい遷移について、主要な分子軌道間の遷移のみを対象にして解析を行った。結果を図3に示す。

20

【0074】

図3の結果から、1, 8 CzP2Aでは、2つのカルバゾール骨格502の遷移双極子モーメントのy軸方向の成分がそれぞれ逆方向にあるため、互いに弱め合うが、1, 5 CzP2Aでは、2つのカルバゾール骨格502の遷移双極子モーメントのy軸方向の成分がいずれも同一方向にあるため、互いに強め合うことがわかる。この結果、1, 5 CzP2A全体では、カルバゾール骨格502に由来するy軸方向の遷移双極子モーメントの大きさが大きくなる。従って、上記式(4)で示したように、遷移双極子モーメントの大きさが大きい1, 5 CzP2Aの方が、1, 8 CzP2Aよりも振動子強度(f)が大きいことが示された。すなわち、分子構造の面からも1, 5 CzP2Aは、1, 8 CzP2Aよりも振動子強度(f)が大きく、 $T_1 - T_n$ 準位間の遷移が起こりやすく、フェルスター機構によるエネルギー移動に起因したTTAの発生確率は、1, 8 CzP2Aよりも1, 5 CzP2Aの方が高いといえることができる。

30

【0075】

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

【0076】

(実施の形態2)

本実施の形態では、有機化合物について説明する。なお、本実施の形態で説明する有機化合物は、実施の形態1で一例として挙げた1, 5 CzP2Aや1, 8 CzP2Aと同様にフェルスター機構によるエネルギー移動に起因するTTAの発生確率を高めることができる有機化合物である。

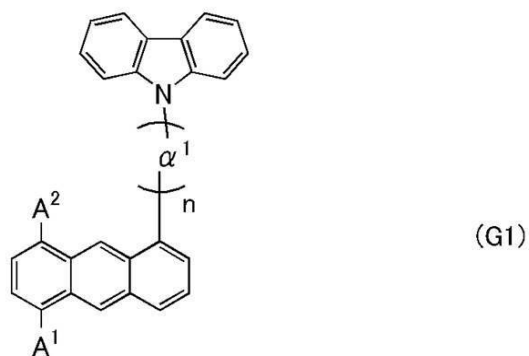
40

【0077】

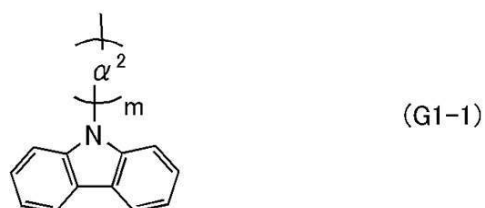
本実施の形態で示す有機化合物は、アントラセン骨格にカルバゾール骨格が直接、または、アリーレン基を介して結合することを特徴とする有機化合物である。なお、本実施の形態で説明する、有機化合物は、下記一般式(G1)で表される構造を有する有機化合物である。

【0078】

【化 3】



10



20

【0079】

但し、上記一般式 (G1) の A^1 または A^2 のいずれか一方は、上記一般式 (G1-1) に示す置換基であり、他方は水素または置換基である。つまり、 α^2 は一般式 (G1) のアントラセン骨格の 5 位または 8 位に結合している。また、 α^1 および α^2 は、置換または無置換のフェニレン基を表す。また、 n および m は、それぞれ独立して 1 又は 2 である。また、一般式 (G1) は、1 以上の置換基を有してよく、これらの置換基および A^1 または A^2 のいずれか一方が置換基の場合は、それぞれ独立して炭素数 1～6 のアルキル基、炭素数 1～6 のシクロアルキル基、アルキルフェニル基、フェニル基が挙げられる。

【0080】

なお、一般式 (G1-1) の置換位置は一般式 (G1) の A^2 よりも A^1 である方が T_1 準位から T_n 準位へ励起する振動子強度の和が強い傾向があるため、好ましい。

30

【0081】

また、一般式 (G1-1) の置換位置は、一般式 (G1) の A^2 よりも A^1 である方が、カルバゾール骨格を有する 2 つの置換基がアントラセン骨格の 1 位と 5 位に置換することになり、置換基同士の立体反発を防げるため、好ましい。同様に、一般式 (G1) が置換基を有する場合、隣同士 (例えば、1 位と 2 位、2 位と 3 位、1 位と 9 位) に同時に置換基を有しない方が立体反発を防げるため、好ましい。

【0082】

なお、上記一般式 (G1) または一般式 (G1-1) において、 α^1 および α^2 で示されるフェニレン基としては、パラフェニレン基、メタフェニレン基、オルトフェニレン基などが挙げられる。

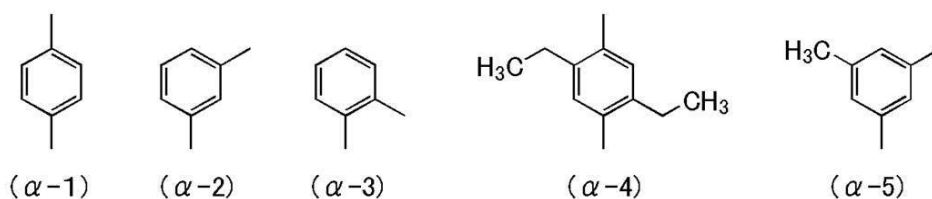
40

【0083】

また、上記一般式 (G1 または一般式 (G1-1)) の α^1 および α^2 で示されるフェニレン基の具体例を下記構造式 ($\alpha-1$) ～ ($\alpha-5$) に示す。

【0084】

【化 4】



【0085】

10

なお、上記一般式 (G 1) および一般式 (G 1-1) の α^1 および α^2 で示すフェニレン基の、アントラセン骨格とカルバゾール骨格の置換位置は、パラ位、メタ位、オルト位のいずれかとするのが可能であるが、パラ位とする場合には、キャリア輸送性が高くなるため好ましく、メタ位とすることにより嵩高い構造となり、蒸着温度を低くすることができるので好ましい。

【0086】

また、上記一般式 (G 1) および一般式 (G 1-1) の α^1 および α^2 で示すフェニレン基が置換基を有する場合には、炭素数 1~6 のアルキル基、炭素数 1~6 のシクロアルキル基が挙げられ、具体的にはメチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、tert-ブチル基、ペンチル基、イソペンチル基、ヘキシル基、イソヘキシル基、シクロヘキシル基等が挙げられる。

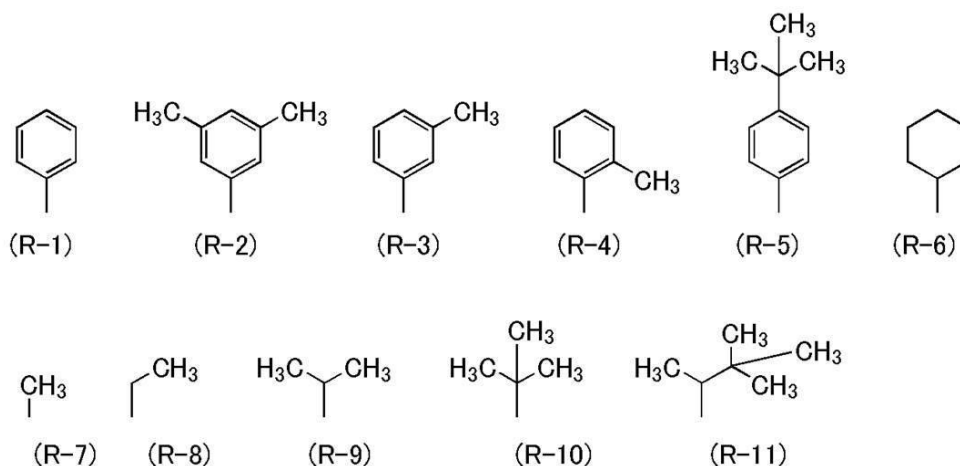
20

【0087】

また、上記一般式 (G 1) および一般式 (G 1-1) の α^1 および α^2 で示すフェニレン基が有する置換基の具体例を下記構造式 (R-1) ~ (R-11) に示す。

【0088】

【化 5】



30

【0089】

なお、上記一般式 (G 1) および一般式 (G 1-1) の α^1 および α^2 で示すフェニレン基が置換基を有する場合には溶解性の向上や熱物性の向上が期待できるため好ましいが、置換基を有さない場合は、合成が簡便となるため好ましい。

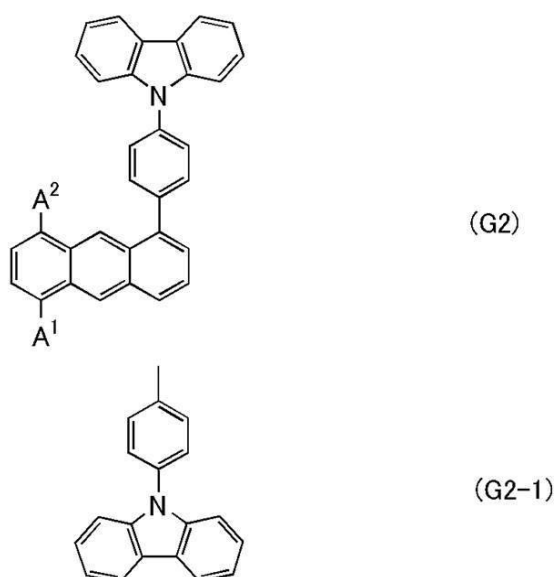
【0090】

また、有機化合物の別の構成は、下記一般式 (G 2) で表される構造を有する有機化合物である。

【0091】

40

【化 6】



10

【0092】

但し、上記一般式 (G2) の A^1 または A^2 のいずれか一方は、上記一般式 (G2-1) であり、他方は水素または置換基である。また、一般式 (G2) は、1 以上の置換基を有してよく、これらの置換基および A^1 または A^2 のいずれか一方が置換基の場合は、それぞれ独立して炭素数 1～6 のアルキル基、炭素数 1～6 のシクロアルキル基、アルキルフェニル基、フェニル基が挙げられる。

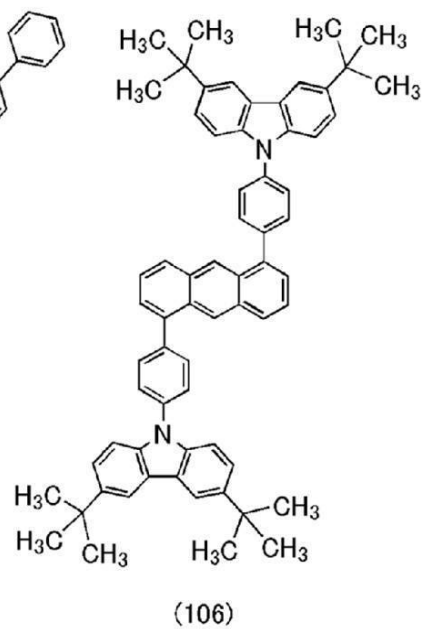
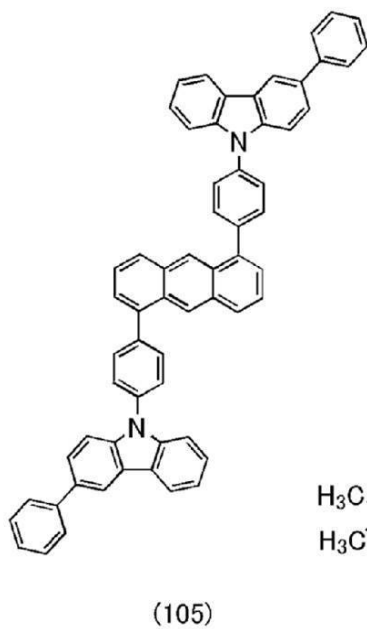
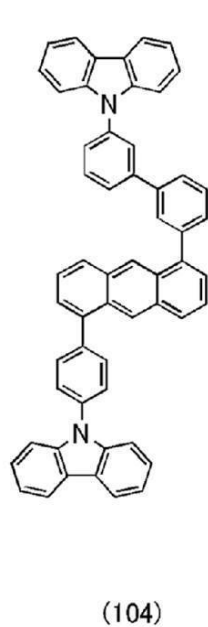
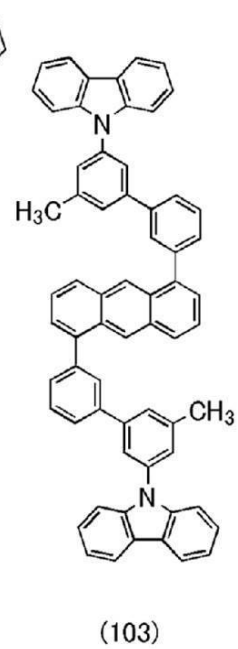
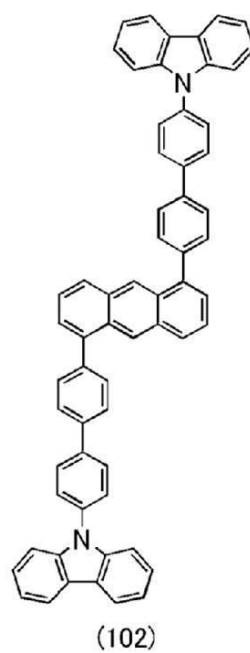
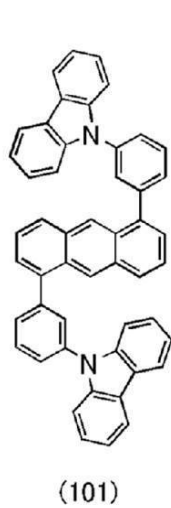
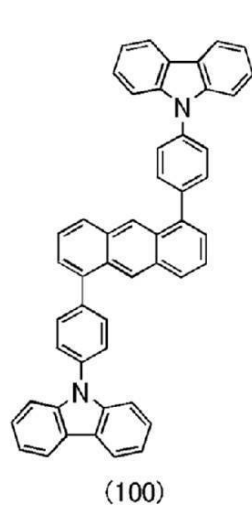
20

【0093】

次に、上述した有機化合物の具体的な構造式を下記に示す。ただし、本発明はこれらに限定されることはない。

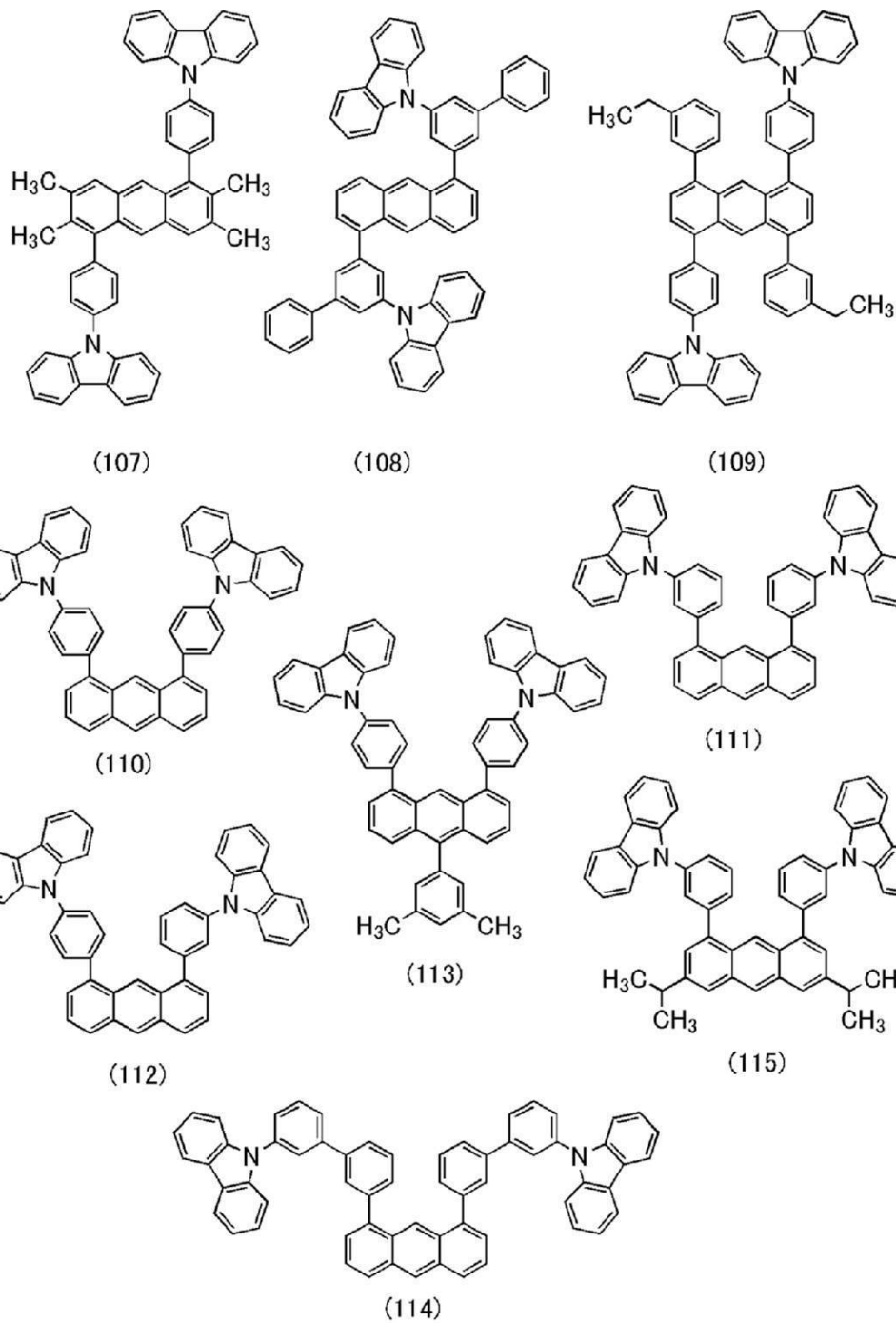
【0094】

【化 7】



【 0 0 9 5 】

【化 8】

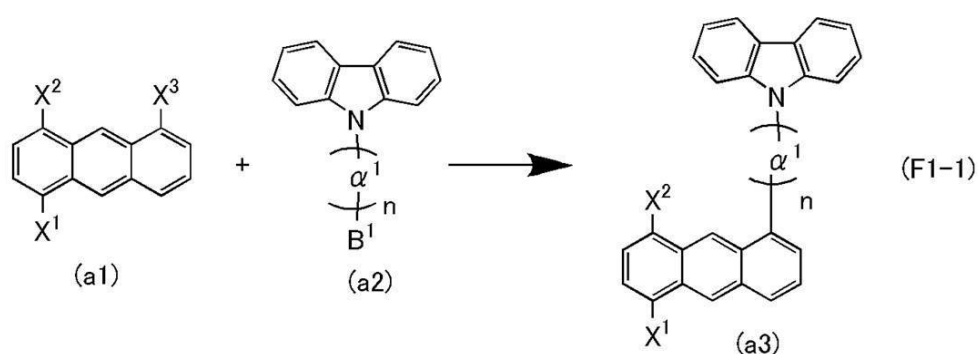


【0096】

次に、下記一般式（G1）および一般式（G1-1）で表される有機化合物の合成方法の一例について、合成スキーム（F1-1）および（F1-2）により示す。すなわち、合成スキーム（F1-1）および（F1-2）に示すようなカップリング反応を適用することにより、一般式（G1）および一般式（G1-1）で表される有機化合物を合成することができる。なお、上記と同様に一般式（G1）のA¹またはA²のいずれか一方は、一般式（G1-1）に示す置換基で、他方は水素または置換基である。

【0097】

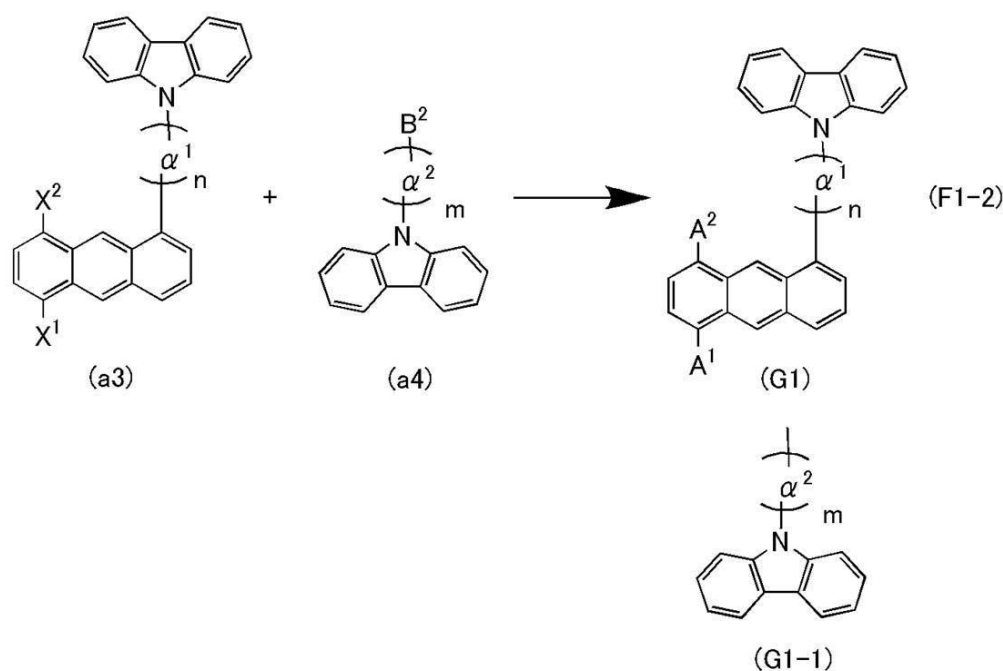
【化 9】



10

【0098】

【化 10】



20

30

【0099】

上記合成スキーム（F1-1）および（F1-2）において、 X^1 および X^2 のいずれか 1 と、 X^3 はハロゲンを表し、具体的にはヨウ素、臭素、塩素の順で反応性が高く、好ましい。また、 B^1 、 B^2 はホウ素化合物を表し、ボロン酸、アルコキシホウ素を表す。なお、アリールアルミニウム化合物、アリールジルコニウム化合物、アリール亜鉛化合物、またはアリールスズ化合物等を用いても良い。また、 α^1 および α^2 は、置換または無置換のフェニレン基を表す。また、 n および m は、それぞれ独立して 1 又は 2 である。

40

【0100】

上記合成スキーム（F1-1）および（F1-2）で示されるカップリング反応は様々な反応条件があるが、その一例として、鈴木・宮浦反応など、塩基存在下にて金属触媒を用いた合成方法を適用することができる。また、上記の合成方法では、合成スキーム（F1-1）に示す合成ステップと、合成スキーム（F1-2）に示す合成ステップとの 2 ステップで合成を行っているが、化合物（a2）の α^1 と、化合物（a4）の α^2 と、が同じで、化合物（a2）の n と、化合物（a4）の m と、が同じものである場合は、化合物（a2）を化合物（a1）に対して 2 等量以上加えれば、1 ステップで合成することができ簡便である。

50

【0101】

以上、有機化合物の合成方法の一例について説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、他のどのような合成方法によって合成されても良い。

【0102】

なお、上述した有機化合物は、発光物質（ゲスト）や、その他の有機化合物等と組み合わせや単独での利用により、発光素子に適用することができる。

【0103】

その他にも、上述した有機化合物は、有機薄膜太陽電池に用いることができる。より具体的には、キャリア輸送性があるため、キャリア輸送層、キャリア注入層に用いることができる。また、アクセプター性物質との混合膜を用いることで、電荷発生層として用いることができる。また、光励起するため、発電層として用いることができる。

10

【0104】

なお、本実施の形態において、本発明の一態様について述べた。また、他の実施の形態において、本発明の一態様について述べる。ただし、本発明の一態様は、これらに限定されない。つまり、本実施の形態および他の実施の形態では、様々な発明の態様が記載されているため、本発明の一態様は、特定の態様に限定されない。

【0105】

（実施の形態3）

本実施の形態では、発光素子について図4を用いて説明する。

【0106】

20

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）101と第2の電極（陰極）103）間に発光層113を含むEL層102が挟まれており、EL層102は、発光層113の他に、正孔（または、ホール）注入層111、正孔（または、ホール）輸送層112、電子輸送層114、電子注入層115などを含んで形成される。

【0107】

このような発光素子に対して電圧を印加すると、第1の電極101側から注入された正孔と第2の電極103側から注入された電子とが、発光層113において再結合し、それにより生じたエネルギーに起因して、発光層113に含まれる有機金属錯体などの発光物質が発光する。

【0108】

30

なお、EL層102における正孔注入層111は、正孔輸送層112または発光層113に対して正孔を注入することができる層であり、例えば、正孔輸送性の高い物質とアクセプター性物質により形成することができる。この場合、アクセプター性物質によって正孔輸送性の高い物質から電子が引き抜かれることにより正孔（ホール）が発生する。従って、正孔注入層111から正孔輸送層112を介して発光層113に正孔が注入される。なお、正孔注入層111には、正孔注入性の高い物質を用いることもできる。例えば、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等を用いることができる。この他、フタロシアニン（略称：H₂Pc）や銅フタロシアニン（CuPC）等のフタロシアニン系の化合物、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,N'-ビス{4-[ビス（3-メチルフェニル）アミノ]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：DNTPD）等の芳香族アミン化合物、或いはポリ（3,4-エチレンジオキシチオフェン）／ポリ（スチレンスルホン酸）（PEDOT／PSS）等の高分子等によっても正孔注入層111を形成することができる。

40

【0109】

以下に本実施の形態に示す発光素子を作製する上での好ましい具体例について説明する。

【0110】

第1の電極（陽極）101および第2の電極（陰極）103には、金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることができる。具体的には、酸化インジウ

50

ムー酸化スズ (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ー酸化スズ、酸化インジウムー酸化亜鉛 (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、その他グラフェンや酸化グラフェン等のグラフェン化合物を用いることができる。なお、第 1 の電極 (陽極) 101 および第 2 の電極 (陰極) 103 は、例えばスパッタリング法や蒸着法 (真空蒸着法を含む) 等により形成することができる。

10

【0111】

正孔注入層 111、および正孔輸送層 112 に用いる正孔輸送性の高い物質としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、高分子化合物 (オリゴマー、 dendrimer、ポリマー等) など、種々の有機化合物を用いることができる。なお、複合材料に用いる有機化合物としては、正孔輸送性の高い有機化合物であることが好ましい。具体的には、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。また、正孔輸送性の高い物質を用いてなる層は、単層だけでなく、二層以上の積層であってもよい。

20

【0112】

なお、正孔輸送層 112 に用いる物質は、隣接した発光層 113 よりも S_1 準位や T_1 準位が高い方が、正孔輸送層 112 への励起エネルギーの拡散が抑制できるので好ましい。また、正孔輸送層 112 に用いる物質は、隣接した発光層 113 よりも LUMO 準位が高い (値が大きい) 方が正孔輸送層 112 への電子の抜けを抑制でき好ましい。また、正孔輸送層 112 に用いる物質は、隣接した発光層 113 よりも HOMO 準位が深い (値が小さい) か近い方が発光層 113 へのホールの注入性が良くなり好ましい。以下に、正孔輸送性の物質として用いることのできる有機化合物を具体的に列挙する。

【0113】

例えば、芳香族アミン化合物としては、N, N'-ジ (p-トリル) -N, N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン (略称: DTDPPA)、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)、DNTPD、1, 3, 5-トリス [N- (4-ジフェニルアミノフェニル) -N-フェニルアミノ] ベンゼン (略称: DPA3B)、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 α -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: TCTA)、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) 等を挙げることができる。

30

40

【0114】

また、カルバゾール誘導体としては、具体的には、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) 等を挙げることができる。その他にも、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

50

リル) フェニル] ベンゼン (略称: TC PB)、9-[4-(10-フェニル-9-アントリル) フェニル]-9H-カルバゾール (略称: Cz PA)、1, 4-ビス[4-(N-カルバゾリル) フェニル]-2, 3, 5, 6-テトラフェニルベンゼン等を用いることができる。

【0115】

また、芳香族炭化水素としては、例えば、2-tert-ブチル-9, 10-ジ(2-ナフチル)アントラセン (略称: t-Bu DNA)、2-tert-ブチル-9, 10-ジ(1-ナフチル)アントラセン、9, 10-ビス(3, 5-ジフェニルフェニル)アントラセン (略称: DP PA)、2-tert-ブチル-9, 10-ビス(4-フェニルフェニル)アントラセン (略称: t-Bu DBA)、9, 10-ジ(2-ナフチル)アントラセン (略称: DNA)、9, 10-ジフェニルアントラセン (略称: DP Anth)、2-tert-ブチルアントラセン (略称: t-Bu Anth)、9, 10-ビス(4-メチル-1-ナフチル)アントラセン (略称: DMNA)、2-tert-ブチル-9, 10-ビス[2-(1-ナフチル)フェニル]アントラセン、9, 10-ビス[2-(1-ナフチル)フェニル]アントラセン、2, 3, 6, 7-テトラメチル-9, 10-ジ(1-ナフチル)アントラセン、2, 3, 6, 7-テトラメチル-9, 10-ジ(2-ナフチル)アントラセン、9, 9'-ビアントリル、10, 10'-ジフェニル-9, 9'-ビアントリル、10, 10'-ビス(2-フェニルフェニル)-9, 9'-ビアントリル、10, 10'-ビス[(2, 3, 4, 5, 6-ペンタフェニル)フェニル]-9, 9'-ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、2, 5, 8, 11-テトラ(tert-ブチル)ペリレン等が挙げられる。また、この他、ペンタセン、コロネン等も用いることができる。このように、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有し、炭素数14から42である芳香族炭化水素を用いることがより好ましい。また、芳香族炭化水素は、ビニル骨格を有していてもよい。ビニル基を有している芳香族炭化水素としては、例えば、4, 4'-ビス(2, 2-ジフェニルビニル)ビフェニル (略称: DPV Bi)、9, 10-ビス[4-(2, 2-ジフェニルビニル)フェニル]アントラセン (略称: DPV PA) 等が挙げられる。

【0116】

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

【0117】

また、正孔注入層111、および正孔輸送層112に用いるアクセプター性物質としては、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、2, 3, 6, 7, 10, 11-ヘキサシアノ-1, 4, 5, 8, 9, 12-ヘキサアザトリフェニレン(HAT-CN)等の電子吸引基(ハロゲン基やシアノ基)を有する化合物を挙げることができる。特に、HAT-CNのように複素原子を複数有する縮合芳香環に電子吸引基が結合している化合物が、熱的に安定であり好ましい。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。

【0118】

発光層113は、発光物質(ゲスト材料)を含む層である。なお、発光物質としては、一重項励起エネルギーを発光に変える発光物質と三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質とが挙げられるが、実施の形態1で示したようにTTAを利用して三重項励起子を一

10

20

30

40

50

重項励起子に変換し、一重項励起子による発光の高効率化を図る構成とする場合には、一重項励起エネルギーを発光に変える発光物質を用いることが好ましい。なお、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。

【0119】

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：2YGAPPAPA）、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：PCAPPA）、ペリレン、2, 5, 8, 11-テトラ-(tert-ブチル)ペリレン（略称：TBTP）、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：PCBAPPA）、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：2DPAPPAPA）、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：2PCAPPA）、N-[9, 10-ビス(1, 1'-ビフェニル-2-イル)-2-アントリル]-N, 9-ジフェニル-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：2DPAPPAPA）、N-[9, 10-ビス(1, 1'-ビフェニル-2-イル)-2-アントリル]-N, N', N'-トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン（略称：2DPABPhA）、9, 10-ビス(1, 1'-ビフェニル-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'-ビフェニル-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]エテニル}-6-メチル-4H-ピラン-4-イリデン)プロパンジニトリル（略称：DCM1）、2-{2-メチル-6-[2-(2, 3, 6, 7-テトラヒドロ-1H, 5H-ベンゾ[ij]キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン}プロパンジニトリル（略称：DCM2）、N, N, N', N'-テトラキス(4-メチルフェニル)テトラセン-5, 11-ジアミン（略称：p-mPhTD）、7, 14-ジフェニル-N, N, N', N'-テトラキス(4-メチルフェニル)アセナフト[1, 2-a]フルオランテン-3, 10-ジアミン（略称：p-mPhAFD）、2-{2-イソプロピル-6-[2-(1, 1, 7, 7-テトラメチル-2, 3, 6, 7-テトラヒドロ-1H, 5H-ベンゾ[ij]キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン}プロパンジニトリル（略称：DCJTI）、2-{2-tert-ブチル-6-[2-(1, 1, 7, 7-テトラメチル-2, 3, 6, 7-テトラヒドロ-1H, 5H-ベンゾ[ij]キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン}プロパンジニトリル（略称：DCJTB）、2-(2, 6-ビス{2-[4-(ジメチルアミノ)フェニル]エテニル}-4H-ピラン-4-イリデン)プロパンジニトリル（略称：BisDCM）、2-{2, 6-ビス[2-(8-メトキシ-1, 1, 7, 7-テトラ

10

20

30

40

50

メチル-2, 3, 6, 7-テトラヒドロ-1H, 5H-ベンゾ [i j] キノリジン-9-イル) エテニル] -4H-ピラン-4-イリデン} プロパンジニトリル (略称: B i s D C J T M) などが挙げられる。

【0120】

なお、発光層 113 において、三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質を用いる構成とする場合には、発光物質 (ドープアントまたはゲスト材料という) と共に用いる有機化合物 (ホスト材料) が、T T A の発生確率が高い材料であることが好ましい。具体的には、振動子強度 (f) が 0.0015 以上、より好ましくは 0.0020 以上と大きく、 $T_1 - T_n$ 間の遷移が起こりやすく、フェルスター機構によるエネルギー移動に起因した T T A の発生確率が高い材料が好ましい。また、T T A の発生確率が高い材料の一例として

10

【0121】

発光層 113 において、三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質を用いる構成とする場合、発光物質 (ドープアント) と共に用いる有機化合物 (ホスト材料) の T_1 準位が最も低くなる様に設計すると、三重項励起エネルギーがホスト材料に集まるため T T A の発生確率が高くなると考えられる。

【0122】

また、本実施の形態で示す発光素子の発光層 113 では、T T A を利用して発光物質に蛍光を発する物質 (蛍光性化合物) を用いる構成だけでなく、発光物質として、三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質を用いる構成を組み合わせることが可能である。この構成としては、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、 1×10^{-6} 秒以上、好ましくは 1×10^{-3} 秒以上である。

20

【0123】

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 F₃ 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- α] 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)])

30

40

50

])、(アセチルアセトナト)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: [Ir(tppr)₂(acac)])、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(I I I)(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(I I I)(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(I I I)(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(I I)(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(I I I)(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(I I I)(略称: [Eu(TTA)₃(Phen)])などが挙げられる。

10

【0124】

また、TADF材料としては、例えば、フラーレンやその誘導体、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(略称: SnF₂(Proto IX))、メソポルフィリン-フッ化スズ錯体(略称: SnF₂(Meso IX))、ヘマトポルフィリン-フッ化スズ錯体(略称: SnF₂(Hemato IX))、コプロポルフィリンテトラメチルエステル-フッ化スズ錯体(略称: SnF₂(Copro I I I-4Me))、オクタエチルポルフィリン-フッ化スズ錯体(略称: SnF₂(OEP))、エチオポルフィリン-フッ化スズ錯体(略称: SnF₂(Etio I))、オクタエチルポルフィリン-塩化白金錯体(略称: PtCl₂OEP)等が挙げられる。さらに、2-(ビフェニル-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(略称: PIC-TRZ)等のπ電子過剰型複素芳香環及びπ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、π電子過剰型複素芳香環とπ電子不足型複素芳香環とが直接結合した物質は、π電子過剰型複素芳香環のドナー性とπ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

30

【0125】

上述した、三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質を用いる場合の発光層113の構成としては、発光物質に加えて1種類の有機化合物(ホスト材料)を用いる構成の他、発光層113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なる2種類の有機化合物(上記ホスト材料を含んでもよい)を含む構成としてもよい。なお、効率よく励起錯体を形成するためには、電子を受け取りやすい化合物(電子輸送性を有する材料)と、正孔を受け取りやすい化合物(正孔輸送性を有する材料)とを組み合わせることが特に好ましい。このように電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料とを組み合わせる励起錯体を形成するホスト材料とする場合、電子輸送性を有する材料及び正孔輸送性を有する材料の混合比率を調節することで、発光層における正孔と電子のキャリアバランスを最適化することが容易となる。発光層における正孔と電子のキャリアバランスを最適化することにより、発光層中で電子と正孔の再結合が起こる領域が偏ることを抑制できる。再結合が起こる領域の偏りを抑制することで、発光素子の信頼性を向上させることができる。

40

【0126】

なお、上記励起錯体を形成する上で用いることが好ましい電子輸送性を有する材料としては、含窒素複素芳香族化合物のようなπ電子不足型複素芳香族や金属錯体などを用いることができる。具体的には、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(I I)(略称: BeBq₂)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)(4-フェニル

50

フェノラト) アルミニウム (I I I) (略称: B A l q)、ビス (8-キノリノラト) 亜鉛 (I I) (略称: Z n q)、ビス [2-(2-ベンゾオキサゾリル) フェノラト] 亜鉛 (I I) (略称: Z n P B O)、ビス [2-(2-ベンゾチアゾリル) フェノラト] 亜鉛 (I I) (略称: Z n B T Z) などの金属錯体や、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: P B D)、3-(4-ピフェニル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1, 2, 4-トリアゾール (略称: T A Z)、1, 3-ビス [5-(p-tert-ブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール-2-イル] ベンゼン (略称: O X D-7)、9-[4-(5-フェニル-1, 3, 4-オキサジアゾール-2-イル) フェニル]-9H-カルバゾール (略称: C O 1 1)、2, 2', 2''-(1, 3, 5-ベンゼントリイル) トリス (1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール) (略称: T P B I)、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル) フェニル]-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール (略称: m D B T B I m-I I) などのポリアゾール骨格を有する複素環化合物や、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル) フェニル] ジベンゾ [f, h] キノキサリン (略称: 2 m D B T P D B q-I I)、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: 2 m D B T B P D B q-I I)、2-[3'-(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: 2 m C z B P D B q)、2-[4-(3, 6-ジフェニル-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: 2 C z P D B q-I I I)、7-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル) フェニル] ジベンゾ [f, h] キノキサリン (略称: 7 m D B T P D B q-I I)、及び、6-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル) フェニル] ジベンゾ [f, h] キノキサリン (略称: 6 m D B T P D B q-I I)、4, 6-ビス [3-(フェナントレン-9-イル) フェニル] ピリミジン (略称: 4, 6 m P n P 2 P m)、4, 6-ビス [3-(4-ジベンゾチエニル) フェニル] ピリミジン (略称: 4, 6 m D B T P 2 P m-I I)、4, 6-ビス [3-(9H-カルバゾール-9-イル) フェニル] ピリミジン (略称: 4, 6 m C z P 2 P m) などのジアジン骨格を有する複素環化合物や、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}-4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン (略称: P C C z P T z n) などのトリアジン骨格を有する複素環化合物や、3, 5-ビス [3-(9H-カルバゾール-9-イル) フェニル] ピリジン (略称: 3 5 D C z P P y)、1, 3, 5-トリ [3-(3-ピリジル) フェニル] ベンゼン (略称: T m P y P B) などのピリジン骨格を有する複素環化合物が挙げられる。上述した中でも、ジアジン骨格及びトリアジン骨格を有する複素環化合物やピリジン骨格を有する複素環化合物は、信頼性が良好であり好ましい。特に、ジアジン (ピリミジンやピラジン) 骨格及びトリアジン骨格を有する複素環化合物は、電子輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与する。

【0127】

また、上記励起錯体を形成するために用いる上で好ましい正孔輸送性を有する材料としては、 π 電子過剰型複素芳香族 (例えばカルバゾール誘導体やインドール誘導体) 又は芳香族アミンなどを好適に用いることができる。具体的には、2-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ] スピロ-9, 9'-ビフルオレン (略称: P C A S F)、4, 4', 4''-トリス [N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ] トリフェニルアミン (略称: 1'-T N A T A)、2, 7-ビス [N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ] -スピロ-9, 9'-ビフルオレン (略称: D P A 2 S F)、N, N'-ビス (9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N, N'-ジフェニルベンゼン-1, 3-ジアミン (略称: P C A 2 B)、N-(9, 9-ジメチル-2-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: D P N F)、N, N', N''-トリフェニル-N, N', N''-トリス (9-フェニルカルバゾール-3-イル) ベンゼン-1, 3, 5-トリアミン (略称: P C A 3 B)、2-[N-(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：DPA SF）、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：YGA 2 F）、NPB、N，N′-ビス（3-メチルフェニル）-N，N′-ジフェニル-〔1，1′-ビフェニル〕-4，4′-ジアミン（略称：TPD）、4，4′-ビス〔N-（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）、BSPB、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）、4-フェニル-3′-（9-フェニルフルオレン-9-イル）トリフェニルアミン（略称：mBPALP）、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）、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）、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）、PCzPCA2、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）、4，4′-ジフェニル-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：PCBBi1BP）、4-（1-ナフチル）-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：PCBANB）、4，4′-ジ（1-ナフチル）-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：PCBNBB）、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）、9，9-ジメチル-N-フェニル-N-〔4-（9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル）フェニル〕-フルオレン-2-アミン（略称：PCBAF）、N-フェニル-N-〔4-（9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル）フェニル〕-スピロ-9，9′-ビフルオレン-2-アミン（略称：PCBAS F）、N-（4-ビフェニル）-N-（9，9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル）-9-フェニル-9H-カルバゾール-3-アミン（略称：PCBiF）、N-（1，1′-ビフェニル-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）などの芳香族アミン骨格を有する化合物や、1，3-ビス（N-カルバゾリル）ベンゼン（略称：mCP）、CBP、3，6-ビス（3，5-ジフェニルフェニル）-9-フェニルカルバゾール（略称：CzTP）、9-フェニル-9H-3-（9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル）カルバゾール（略称：PCCP）などのカルバゾール骨格を有する化合物や、4，4′，4′′-（ベンゼン-1，3，5-トリイル）トリ（ジベンゾチオフエン）（略称：DBT3P-I I）、2，8-ジフェニル-4-〔4-（9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル）フェニル〕ジベンゾチオフエン（略称：DBTFLP-I I I）、4-〔4-（9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル）フェニル〕-6-フェニルジベンゾチオフエン（略称：DBTFLP-I V）などのチオフエン骨格を有する化合物や、4，4′，4′′-（ベンゼン-1，3，5-トリイル）トリ（ジベンゾフラン）（略称：DBF3P-I I）、4-〔3-〔3-（9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル）フェニル〕フェニル〕ジベンゾフラン（略称：mmDBFFLBi-I I）などのフラン骨格を有する化合物が挙げられる。上述した中でも、芳香族アミン骨格を有する化合物やカルバゾール骨格を有する化合物は、信頼性が良好であり、また、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与するため好ましい。

【0128】

また、発光層113は、発光素子において図4（A）に示す単層構造だけに限らず、図4（B）に示すような2層以上の積層構造であってもよい。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113（a1

10

20

30

40

50

）からは、上述したT T Aを利用した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1 1 3 (a 2)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、一方の層から得られる発光色と、他方の層から得られる発光色とが同一であっても異なっている場合には、例えば、一方の層から青色発光が得られる構成とし、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。

【0 1 2 9】

10

なお、発光層1 1 3が積層構造を有する場合には、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る用いることができる。この場合には、例えば、以下のようなものが挙げられる。

【0 1 3 0】

電子輸送層1 1 4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1 1 4には、トリス（8－キノリノラト）アルミニウム（略称：A l q₃）、トリス（4－メチル－8－キノリノラト）アルミニウム（略称：A l m q₃）、Be B q₂、B A l q、ビス〔2－（2－ヒドロキシフェニル）ベンゾオキサゾラト〕亜鉛（略称：Z n (B O X)₂）、ビス〔2－（2－ヒドロキシフェニル）ベンゾチアゾラト〕亜鉛（略称：Z n (B T Z)₂）などの金属錯体を用いることができる。また、P B D、1, 3－ビス〔5－（p－t e r t－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：O X D－7）、T A Z、3－（4－t e r t－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－E t T A Z）、バソフェナントロリン（略称：B p h e n）、バソキユプロイン（略称：B C P）、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：B z O s）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：P P y）、ポリ〔（9, 9－ジヘキシルフルオレン－2, 7－ジイル）－c o－（ピリジン－3, 5－ジイル）〕（略称：P F－P y）、ポリ〔（9, 9－ジオクタイルフルオレン－2, 7－ジイル）－c o－（2, 2’－ビピリジン－6, 6’－ジイル）〕（略称：P F－B P y）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1 1 4として用いてもよい。

20

30

【0 1 3 1】

なお、電子輸送層1 1 4に用いる物質は、隣接した発光層1 1 3よりもS₁準位やT₁準位が高い方が、電子輸送層1 1 4への励起エネルギーの拡散が抑制でき好ましい。また、電子輸送層1 1 4に用いる物質は、隣接した発光層1 1 3よりもH O M O準位が深い（値が小さい）方が電子輸送層1 1 4への正孔の抜けを抑制でき好ましい。また、電子輸送層1 1 4に用いる物質は、隣接した発光層1 1 3よりもL U M O準位が高い（値が大きい）か近い方が発光層1 1 3への電子の注入性が良くなり好ましい。

40

【0 1 3 2】

また、電子輸送層1 1 4は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が2層以上積層された構造としてもよい。

【0 1 3 3】

電子注入層1 1 5は、電子注入性の高い物質を含む層である。電子注入層1 1 5には、フッ化リチウム（L i F）、フッ化セシウム（C s F）、フッ化カルシウム（C a F₂）、リチウム酸化物（L i O 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（E r F₃）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1 1 5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

50

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 114 を構成する物質を用いることもできる。

【0134】

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

10

【0135】

なお、上述した正孔注入層 111、正孔輸送層 112、発光層 113、電子輸送層 114、電子注入層 115 は、それぞれ、蒸着法（真空蒸着法を含む）、印刷法（例えば、凸版印刷法、凹版印刷法、グラビア印刷法、平版印刷法、孔版印刷法等）、インクジェット法、塗布法等の方法を単独または組み合わせて用いて形成することができる。また、上述した、正孔注入層 111、正孔輸送層 112、発光層 113、電子輸送層 114、及び電子注入層 115 には、上述した材料の他、量子ドットなどの無機化合物または高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）を用いてもよい。

20

【0136】

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

【0137】

以上より、本実施の形態で示した発光素子は、発光層における構成を上述した所望の構造とすることにより、発光素子の特性向上を実現することができる。特に、TTA を利用する場合には一重項励起エネルギーに基づく発光効率を高めることができるため、従来の蛍光発光素子に比べて、高効率な発光素子を実現することができる。

30

【0138】

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。

【0139】

（実施の形態 4）

本実施の形態では、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。

40

【0140】

本実施の形態に示す発光素子は、図 5（A）に示すように一対の電極（第 1 の電極 201 および第 2 の電極 204）間に、電荷発生層 205 を介して複数の EL 層（第 1 の EL 層 202（1）、第 2 の EL 層 202（2））を有するタンデム型発光素子である。

【0141】

本実施の形態において、第 1 の電極 201 は、陽極として機能する電極であり、第 2 の電極 204 は陰極として機能する電極である。なお、第 1 の電極 201 および第 2 の電極 204 は、実施の形態 3 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 202（1）、第 2 の EL 層 202（2））は、実施の形態 3 で示した EL 層と両

50

方とも同様な構成であっても良いが、いずれか一方が同様の構成であっても良い。すなわち、第1のEL層202(1)と第2のEL層202(2)は、同じ構成であっても異なる構成であってもよく、同じ構成である場合は、実施の形態3を適用することができる。

【0142】

また、複数のEL層(第1のEL層202(1)、第2のEL層202(2))の間に設けられている電荷発生層205は、第1の電極201と第2の電極204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201に第2の電極204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205から第1のEL層202(1)に電子が注入され、第2のEL層202(2)に正孔が注入される。

10

【0143】

なお、電荷発生層205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205の可視光の透過率が、40%以上)ことが好ましい。また、電荷発生層205は、第1の電極201や第2の電極204よりも低い導電率であっても機能する。

【0144】

電荷発生層205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。

【0145】

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、実施の形態3で正孔注入層111、および正孔輸送層112に用いる正孔輸送性の高い物質として示した物質を用いることができる。例えば、NPBやTPD、TDATA、MTDATA、BSPBなどの芳香族アミン化合物等を用いることができる。ここに述べた物質は、主に $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 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。

20

【0146】

また、電子受容体としては、7, 7, 8, 8-テトラシアノー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。

30

【0147】

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、実施の形態3で電子輸送層114に用いる電子輸送性の高い物質として示した物質を用いることができる。例えば、Alq、Almq₃、BeBq₂、BALqなど、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等を用いることができる。また、この他、Zn(BOX)₂、Zn(BTZ)₂などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、PBDやOXD-7、TAZ、Bphen、BCPなども用いることができる。ここに述べた物質は、主に $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 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わない。

40

【0148】

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)

50

、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。

【0149】

なお、上述した材料を用いて電荷発生層205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。また、電荷発生層205の形成方法としては、蒸着法（真空蒸着法を含む）、印刷法（例えば、凸版印刷法、凹版印刷法、グラビア印刷法、平版印刷法、孔版印刷法等）、インクジェット法、塗布法等の方法を単独または組み合わせて用いて形成することができる。

【0150】

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5（B）に示すように、n層（ただし、nは、3以上）のEL層（202（1）～202（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、一対の電極間に複数の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（205（1）～205（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。

【0151】

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

【0152】

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。

【0153】

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

【0154】

（実施の形態5）

本実施の形態では、発光装置について説明する。

【0155】

なお、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。また、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。

【0156】

本実施の形態では、まず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。

【0157】

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）を鎖線A-A'で切断した断面図である。本実施の形態に係る発光装置は、素子基板301上に設けられた画素部302と、駆動回路部（ソース線駆動回路）303と、駆動回路部（ゲート線駆動回路）304aおよび304bと、を有する。画素部302、駆動回路部303、及

10

20

30

40

50

び駆動回路部 304 a および 304 b は、シール材 305 によって、素子基板 301 と封止基板 306 との間に封止されている。

【0158】

また、素子基板 301 上には、駆動回路部 303、及び駆動回路部 304 a および 304 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 307 が設けられる。ここでは、外部入力端子として FPC（フレキシブルプリントサーキット）308 を設ける例を示している。なお、ここでは FPC しか図示されていないが、この FPC にはプリント配線基板（PWB）が取り付けられていても良い。本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それに FPC もしくは PWB が取り付けられた状態をも含むものとする。

10

【0159】

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 301 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 303 と、画素部 302 が示されている。

【0160】

駆動回路部 303 は FET 309 と FET 310 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 303 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 CMOS 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体型を示すが、必ずしもその必要はなく、基板上ではなく外部に駆動回路を形成することもできる。

20

【0161】

また、画素部 302 はスイッチング用 FET（図示せず）と、電流制御用 FET 312 とを有し、電流制御用 FET 312 の配線（ソース電極又はドレイン電極）は、発光素子 317 a および発光素子 317 b の第 1 の電極（陽極）（313 a、313 b）と電気的に接続されている。また、本実施の形態においては、画素部 302 に 2 つの FET（スイッチング用 FET、電流制御用 FET 312）を用いて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 FET と、容量素子とを組み合わせる構成としてもよい。

30

【0162】

FET 309、310、312 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。FET 309、310、312 に用いることのできる半導体材料としては、例えば、第 13 族半導体、第 14 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、または結晶性半導体を用いることができる。特に、FET 309、310、312 としては、酸化物半導体を用いると好ましい。なお、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、Hf または Nd）等が挙げられる。FET 309、310、312 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。

40

【0163】

また、第 1 の電極（313 a、313 b）には、光学調整のための導電膜（320 a、320 b）を積層した構造を含む。例えば、図 6（B）に示すように発光素子 317 a と発光素子 317 b とで取り出す光の波長が異なる場合には、導電膜 320 a と導電膜 320 b との膜厚は異なる。また、第 1 の電極（313 a、313 b）の端部を覆って絶縁物 314 が形成されている。ここでは、絶縁物 314 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（313 a、313 b）を陽極として用いる。

50

【0164】

また、絶縁物314の上端部または下端部に曲率を有する曲面を形成するのが好ましい。絶縁物314の形状を上記のように形成することで、絶縁物314の上層に形成される膜の被覆性を良好なものとするができる。例えば、絶縁物314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、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。

【0165】

第1の電極(313a、313b)上には、EL層315及び第2の電極316が積層形成される。EL層315は、少なくとも発光層が設けられており、第1の電極(313a、313b)、EL層315及び第2の電極316からなる発光素子(317a、317b)は、EL層315の端部が、第2の電極316で覆われた構造を有する。また、EL層315の構成については、実施の形態2や実施の形態3に示す単層構造または積層構造と同様であっても異なってもよい。さらに、発光素子ごとに異なってもよい。

10

【0166】

なお、第1の電極313、EL層315及び第2の電極316に用いる材料としては、実施の形態3に示す材料を用いることができる。また、発光素子(317a、317b)の第1の電極(313a、313b)は、領域321において、引き回し配線307と電氣的に接続されFPC308を介して外部信号が入力される。さらに、発光素子(317a、317b)の第2の電極316は、領域322において、引き回し配線323と電氣的に接続され、ここでは図示しないが、FPC308を介して外部信号が入力される。

20

【0167】

また、図6(B)に示す断面図では発光素子317を2つのみ図示しているが、画素部302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。すなわち、画素部302には、2種類(例えば(B、Y))の発光が得られる発光素子だけでなく、3種類(例えば(R、G、B))の発光が得られる発光素子や、4種類(例えば(R、G、B、Y)または(R、G、B、W)等)の発光が得られる発光素子等をそれぞれ形成し、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。なお、この時の発光層の形成には、発光素子の発光色などに応じて異なる材料を用いた発光層を形成(いわゆる塗り分け形成)してもよいし、複数の発光素子が同じ材料を用いて形成された共通の発光層を有し、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化を実現させてもよい。このように数種類の発光が得られる発光素子を組み合わせることにより、色純度の向上、消費電力の低減等の効果が得ることができる。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

【0168】

さらに、シール材305で封止基板306を素子基板301と貼り合わせることで、素子基板301、封止基板306、およびシール材305で囲まれた空間318に発光素子317a、317bが備えられた構造になっている。

【0169】

また、封止基板306には、有色層(カラーフィルタ)324が設けられており、隣り合う有色層の間には、黒色層(ブラックマトリクス)325が設けられている。なお、黒色層(ブラックマトリクス)325と一部重なるように隣り合う有色層(カラーフィルタ)324の一方または両方が設けられていてもよい。なお、発光素子317a、317bで得られた発光は、有色層(カラーフィルタ)324を介して外部に取り出される。

40

【0170】

なお、空間318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305で充填される構成も含むものとする。また、シール材を塗布して貼り合わせる場合には、UV処理や熱処理等のいずれか、またはこれらを組み合わせて行うのが好ましい。

【0171】

50

また、シール材 305 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 306 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 301 及び封止基板 306 はガラス基板であることが好ましい。

【0172】

なお、発光素子と電氣的に接続される FET の構造は、図 6 (B) とはゲート電極の位置が異なる構造、すなわち図 6 (C) に示す FET 326、FET 327、FET 328 に示す構造としてもよい。また、封止基板 306 に設けられる有色層 (カラーフィルタ) 324 は、図 6 (C) に示すように黒色層 (ブラックマトリクス) 325 と重なる位置でさらに隣り合う有色層 (カラーフィルタ) 324 とも重なるように設けられていてもよい。

【0173】

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。

【0174】

なお、発光装置としては、上述したアクティブマトリクス型の発光装置のみならずパッシブマトリクス型の発光装置とすることもできる。

【0175】

図 7 (A) (B) にパッシブマトリクス型の発光装置を示す。図 7 (A) には、パッシブマトリクス型の発光装置の上面図、図 7 (B) には、断面図をそれぞれ示す。

【0176】

図 7 (A) (B) に示すように、基板 401 上には、第 1 の電極 402 と、EL 層 (403a、403b、403c) と、第 2 の電極 404 とを有する発光素子 405 が形成される。なお、第 1 の電極 402 は、島状であり、一方向 (図 7 (A) では、横方向) にストライプ状に複数形成されている。また、第 1 の電極 402 上の一部には、絶縁膜 406 が形成されている。絶縁膜 406 上には絶縁材料を用いてなる隔壁 407 が設けられる。隔壁 407 の側壁は、図 7 (B) に示すように基板面に近くなるに伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなるような傾斜を有する。

【0177】

なお、絶縁膜 406 は、第 1 の電極 402 上の一部に開口部を有するため、EL 層 (403a、403b、403c) および第 2 の電極 404 を第 1 の電極 402 上に所望の形状に分離形成することができる。図 7 (A) および図 7 (B) には、メタルマスク等のマスクと絶縁膜 406 上の隔壁 407 とを組み合わせる EL 層 (403a、403b、403c) および第 2 の電極 404 を形成する例を示す。また、EL 層 403a、EL 層 403b、EL 層 403c は、それぞれ異なる発光色 (例えば、赤、緑、青、黄、橙、白等) を呈する場合の例を示す。

【0178】

また、EL 層 (403a、403b、403c) を形成した後、第 2 の電極 404 が形成される。従って、第 2 の電極 404 は、EL 層 (403a、403b、403c) 上に第 1 の電極 402 と接することなく形成される。

【0179】

なお、封止の方法については、アクティブマトリクス型の発光装置の場合と同様に行うことができるので、説明は省略する。

【0180】

以上のようにして、パッシブマトリクス型の発光装置を得ることができる。

【0181】

例えば、本明細書等において、様々な基板を用いて、トランジスタまたは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

10

20

30

40

50

、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）、ポリエーテルサルホン（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、一例としては、アクリル等の合成樹脂などがある。または、一例としては、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリフッ化ビニル、又はポリ塩化ビニルなどがある。または、一例としては、ポリアミド、ポリイミド、アラミド、エポキシ、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。

10

【0182】

また、基板として、可撓性基板を用い、可撓性基板上に直接、トランジスタまたは発光素子を形成してもよい。または、基板とトランジスタまたは発光素子と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、トランジスタまたは発光素子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。

20

【0183】

つまり、ある基板を用いてトランジスタまたは発光素子を形成し、その後、別の基板にトランジスタまたは発光素子を転置し、別の基板上にトランジスタまたは発光素子を配置してもよい。トランジスタまたは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または発光素子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の形成、消費電力の小さいトランジスタの形成、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。

30

【0184】

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

【0185】

（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や自動車の一例について、説明する。

40

【0186】

発光装置を適用した電子機器として、例えば、テレビジョン装置（テレビ、又はテレビジョン受信機ともいう）、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機（携帯電話、携帯電話装置ともいう）、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。これらの電子機器の具体例を図8、図9に示す。

【0187】

図8（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7100は、筐体7101に表示部7103が組み込まれている。表示部7103により、映像を表示す

50

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 7103 に用いることができる。また、ここでは、スタンド 7105 により筐体 7101 を支持した構成を示している。

【0188】

テレビジョン装置 7100 の操作は、筐体 7101 が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機 7110 により行うことができる。リモコン操作機 7110 が備える操作キー 7109 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 7103 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 7110 に、当該リモコン操作機 7110 から出力する情報を表示する表示部 7107 を設ける構成としてもよい。

10

【0189】

なお、テレビジョン装置 7100 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。

【0190】

図 8（B）はコンピュータであり、本体 7201、筐体 7202、表示部 7203、キーボード 7204、外部接続ポート 7205、ポインティングデバイス 7206 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 7203 に用いることにより作製することができる。また、表示部 7203 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。

20

【0191】

図 8（C）は、スマートウォッチであり、筐体 7302、表示部 7304、操作ボタン 7311、7312、接続端子 7313、バンド 7321、留め金 7322、等を有する。

【0192】

ベゼル部分を兼ねる筐体 7302 に搭載された表示部 7304 は、非矩形状の表示領域を有している。表示部 7304 は、時刻を表すアイコン 7305、その他のアイコン 7306 等を表示することができる。また、表示部 7304 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。

【0193】

なお、図 8（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、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。

30

【0194】

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部 7304 に用いることにより作製することができる。

40

【0195】

図 8（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、本発明の一態様である発光素子を、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 8（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。

【0196】

50

図8（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。

【0197】

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。

【0198】

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。

10

【0199】

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。

【0200】

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。

20

【0201】

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。

【0202】

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。

30

【0203】

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8（D' - 1）や図8（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。

【0204】

なお、図8（D' - 1）や図8（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。

40

【0205】

また、発光装置を適用した電子機器として、図9（A）～（C）に示すような折りたたみ可能な携帯情報端末が挙げられる。図9（A）には、展開した状態の携帯情報端末9310を示す。また、図9（B）には、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。さらに、図9（C）には、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。

【0206】

表示部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

50

る。なお、表示部 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、表示部 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。本発明の一態様である発光装置を表示部 9311 に用いることができる。表示部 9311 における表示領域 9312 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 9312 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。

【0207】

また、発光装置を適用した自動車を図 10（A）（B）に示す。すなわち、発光装置を、自動車と一体にして設けることができる。具体的には、図 10（A）に示す自動車の外側のライト 5101（車体後部も含む）、タイヤのホイール 5102、ドア 5103 の一部または全体などに適用することができる。また、図 10（B）に示す自動車の内側の表示部 5104、ハンドル 5105、シフトレバー 5106、座席シート 5107、インナーリアビューミラー 5108 等に適用することができる。その他、ガラス窓の一部に適用してもよい。

10

【0208】

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や自動車を得ることができる。なお、適用できる電子機器や自動車は、本実施の形態に示したものに限らず、あらゆる分野において適用することが可能である。

20

【0209】

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

【0210】

（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素子を適用して作製される照明装置の構成について図 11 を用いて説明する。

【0211】

図 11（A）、（B）、（C）、（D）には、照明装置の断面図の一例を示す。なお、図 11（A）、（B）は基板側に光を取り出すボトムエミッション型の照明装置であり、図 11（C）、（D）は、封止基板側に光を取り出すトップエミッション型の照明装置である。

30

【0212】

図 11（A）に示す照明装置 4000 は、基板 4001 上に発光素子 4002 を有する。また、基板 4001 の外側に凹凸を有する基板 4003 を有する。発光素子 4002 は、第 1 の電極 4004 と、EL 層 4005 と、第 2 の電極 4006 を有する。

【0213】

第 1 の電極 4004 は、電極 4007 と電氣的に接続され、第 2 の電極 4006 は電極 4008 と電氣的に接続される。また、第 1 の電極 4004 と電氣的に接続される補助配線 4009 を設けてもよい。なお、補助配線 4009 上には、絶縁層 4010 が形成されている。

40

【0214】

また、基板 4001 と封止基板 4011 は、シール材 4012 で接着されている。また、封止基板 4011 と発光素子 4002 の間には、乾燥剤 4013 が設けられていることが好ましい。なお、基板 4003 は、図 11（A）のような凹凸を有するため、発光素子 4002 で生じた光の取り出し効率を向上させることができる。

【0215】

また、基板 4003 に代えて、図 11（B）の照明装置 4100 のように、基板 4001 の外側に拡散板 4015 を設けてもよい。

【0216】

50

図 1 1 (C) の照明装置 4 2 0 0 は、基板 4 2 0 1 上に発光素子 4 2 0 2 を有する。発光素子 4 2 0 2 は第 1 の電極 4 2 0 4 と、E L 層 4 2 0 5 と、第 2 の電極 4 2 0 6 とを有する。

【0 2 1 7】

第 1 の電極 4 2 0 4 は、電極 4 2 0 7 と電氣的に接続され、第 2 の電極 4 2 0 6 は電極 4 2 0 8 と電氣的に接続される。また第 2 の電極 4 2 0 6 と電氣的に接続される補助配線 4 2 0 9 を設けてもよい。また、補助配線 4 2 0 9 の下部に、絶縁層 4 2 1 0 を設けてもよい。

【0 2 1 8】

基板 4 2 0 1 と凹凸のある封止基板 4 2 1 1 は、シール材 4 2 1 2 で接着されている。また、封止基板 4 2 1 1 と発光素子 4 2 0 2 の間にバリア膜 4 2 1 3 および平坦化膜 4 2 1 4 を設けてもよい。なお、封止基板 4 2 1 1 は、図 1 1 (C) のような凹凸を有するため、発光素子 4 2 0 2 で生じた光の取り出し効率を向上させることができる。

10

【0 2 1 9】

また、封止基板 4 2 1 1 に代えて、図 1 1 (D) の照明装置 4 3 0 0 のように、発光素子 4 2 0 2 の上に拡散板 4 2 1 5 を設けてもよい。

【0 2 2 0】

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

【0 2 2 1】

20

(実施の形態 8)

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応用品である照明装置の一例について、図 1 2 を用いて説明する。

【0 2 2 2】

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

30

【0 2 2 3】

なお、上記以外にも室内に備えられた家具の一部に発光装置を適用することにより、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。

【0 2 2 4】

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。

【0 2 2 5】

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

【0 2 2 6】

(実施の形態 9)

40

本実施の形態においては、本発明の一態様である発光素子または本発明の一態様である発光装置を有するタッチパネルについて、図 1 3 ~ 図 1 7 を用いて説明を行う。

【0 2 2 7】

図 1 3 (A) (B) は、タッチパネル 2 0 0 0 の斜視図である。なお、図 1 3 (A) (B) において、明瞭化のため、タッチパネル 2 0 0 0 の代表的な構成要素を示す。

【0 2 2 8】

タッチパネル 2 0 0 0 は、表示パネル 2 5 0 1 とタッチセンサ 2 5 9 5 とを有する (図 1 3 (B) 参照)。また、タッチパネル 2 0 0 0 は、基板 2 5 1 0、基板 2 5 7 0、及び基板 2 5 9 0 を有する。

【0 2 2 9】

50

表示パネル 2501 は、基板 2510 上に複数の画素及び該画素に信号を供給することができる複数の配線 2511 を有する。複数の配線 2511 は、基板 2510 の外周部にまで引き回され、その一部が端子 2519 を構成している。端子 2519 は FPC 2509 (1) と電氣的に接続する。

【0230】

基板 2590 には、タッチセンサ 2595 と、タッチセンサ 2595 と電氣的に接続する複数の配線 2598 とを有する。複数の配線 2598 は、基板 2590 の外周部に引き回され、その一部は端子 2599 を構成する。そして、端子 2599 は FPC 2509 (2) と電氣的に接続される。なお、図 13 (B) では明瞭化のため、基板 2590 の裏面側 (基板 2510 と対向する面側) に設けられるタッチセンサ 2595 の電極や配線等を実線 10

【0231】

タッチセンサ 2595 として、例えば静電容量方式のタッチセンサを適用できる。静電容量方式としては、表面型静電容量方式、投影型静電容量方式等がある。

【0232】

投影型静電容量方式としては、主に駆動方式の違いから自己容量方式、相互容量方式などがある。相互容量方式を用いると同時多点検出が可能となるため好ましい。

【0233】

まず、投影型静電容量方式のタッチセンサを適用する場合について、図 13 (B) を用いて説明する。なお、投影型静電容量方式の場合には、指等の検知対象の近接または接触を検知することができる、様々なセンサを適用することができる。 20

【0234】

投影型静電容量方式のタッチセンサ 2595 は、電極 2591 と電極 2592 とを有する。電極 2591 と電極 2592 は、複数の配線 2598 のうちのそれぞれ異なる配線と電氣的に接続する。また、電極 2592 は、図 13 (A) (B) に示すように、一方向に繰り返り配置された複数の四辺形が角部で配線 2594 により、一方向に接続される形状を有する。電極 2591 も同様に複数の四辺形が角部で接続される形状を有するが、接続される方向は、電極 2592 が接続される方向と交差する方向となる。なお、電極 2591 が接続される方向と、電極 2592 が接続される方向とは、必ずしも直交する関係にある必要はなく、0 度を超えて 90 度未満の角度をなすように配置されてもよい。 30

【0235】

なお、配線 2594 の電極 2592 との交差部の面積は、できるだけ小さくなる形状が好ましい。これにより、電極が設けられていない領域の面積を低減でき、透過率のバラツキを低減できる。その結果、タッチセンサ 2595 を透過する光の輝度のバラツキを低減することができる。

【0236】

なお、電極 2591 及び電極 2592 の形状はこれに限定されず、様々な形状を取りうる。例えば、複数の電極 2591 をできるだけ隙間が生じないように配置し、絶縁層を介して電極 2592 を複数設ける構成としてもよい。このとき、隣接する 2 つの電極 2592 の間に、これらとは電氣的に絶縁されたダミー電極を設けると、透過率の異なる領域の面積を低減できるため好ましい。 40

【0237】

次に、図 14 を用いて、タッチパネル 2000 の詳細について説明する。図 14 は、図 13 (A) に示す一点鎖線 X1-X2 間の断面図に相当する。

【0238】

タッチパネル 2000 は、タッチセンサ 2595 と表示パネル 2501 とを有する。

【0239】

タッチセンサ 2595 は、基板 2590 に接して千鳥格子状に配置された電極 2591 及び電極 2592 と、電極 2591 及び電極 2592 を覆う絶縁層 2593 と、隣り合う電極 2591 を電氣的に接続する配線 2594 とを有する。なお、隣り合う電極 2591 の 50

間には、電極 2 5 9 2 が設けられている。

【0 2 4 0】

電極 2 5 9 1 及び電極 2 5 9 2 は、透光性を有する導電材料を用いて形成することができる。透光性を有する導電性材料としては、酸化インジウム、インジウム錫酸化物、インジウム亜鉛酸化物、酸化亜鉛、ガリウムを添加した酸化亜鉛などの導電性酸化物を用いることができる。また、グラフェン化合物を用いることもできる。なお、グラフェン化合物を用いる場合は、例えば膜状に形成された酸化グラフェンを還元して形成することができる。還元する方法としては、熱を加える方法やレーザーを照射する方法等を挙げることができる。

【0 2 4 1】

電極 2 5 9 1 及び電極 2 5 9 2 の形成方法としては、例えば、透光性を有する導電性材料を基板 2 5 9 0 上にスパッタリング法により成膜した後、フォトリソグラフィ法等の様々なパターンニング技術により、不要な部分を除去することで形成することができる。

【0 2 4 2】

絶縁層 2 5 9 3 に用いる材料としては、例えば、アクリル、エポキシなどの樹脂、シロキサン結合を有する樹脂の他、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウムなどの無機絶縁材料を用いることができる。

【0 2 4 3】

また、絶縁層 2 5 9 3 の一部に形成された配線 2 5 9 4 により、隣接する電極 2 5 9 1 が電氣的に接続される。なお、配線 2 5 9 4 に用いる材料は、電極 2 5 9 1 及び電極 2 5 9 2 に用いる材料よりも導電性の高い材料を用いることにより電気抵抗を低減することができるため好ましい。

【0 2 4 4】

また、配線 2 5 9 8 は、電極 2 5 9 1 または電極 2 5 9 2 と電氣的に接続される。なお、配線 2 5 9 8 の一部は、端子として機能する。配線 2 5 9 8 には、例えば、アルミニウム、金、白金、銀、ニッケル、チタン、タングステン、クロム、モリブデン、鉄、コバルト、銅、またはパラジウム等の金属材料や、該金属材料を含む合金材料を用いることができる。

【0 2 4 5】

また、端子 2 5 9 9 により、配線 2 5 9 8 と F P C 2 5 0 9 (2) とが電氣的に接続される。なお、端子 2 5 9 9 には、様々な異方性導電フィルム (A C F : A n i s o t r o p i c C o n d u c t i v e F i l m) や、異方性導電ペースト (A C P : A n i s o t r o p i c C o n d u c t i v e P a s t e) などを用いることができる。

【0 2 4 6】

また、配線 2 5 9 4 に接して接着層 2 5 9 7 が設けられる。すなわち、タッチセンサ 2 5 9 5 は、接着層 2 5 9 7 を介して、表示パネル 2 5 0 1 に重なるように貼り合わされる。なお、接着層 2 5 9 7 と接する表示パネル 2 5 0 1 の表面は、図 1 4 (A) に示すように基板 2 5 7 0 を有していてもよいが、必ずしも必要ではない。

【0 2 4 7】

接着層 2 5 9 7 は、透光性を有する。例えば、熱硬化性樹脂や紫外線硬化樹脂を用いることができ、具体的には、アクリル系樹脂、ウレタン系樹脂、エポキシ系樹脂、またはシロキサン系樹脂を用いることができる。

【0 2 4 8】

図 1 4 (A) に示す表示パネル 2 5 0 1 は、基板 2 5 1 0 と基板 2 5 7 0 との間にマトリクス状に配置された複数の画素と駆動回路とを有する。また、各画素は発光素子と、発光素子を駆動する画素回路とを有する。

【0 2 4 9】

図 1 4 (A) には、表示パネル 2 5 0 1 の画素の一例として、画素 2 5 0 2 R を示し、駆動回路の一例として走査線駆動回路 2 5 0 3 g を示す。

【0 2 5 0】

10

20

30

40

50

画素 2502R は、発光素子 2550R と、発光素子 2550R に電力を供給することができるトランジスタ 2502t とを有する。

【0251】

トランジスタ 2502t は、絶縁層 2521 で覆われている。なお、絶縁層 2521 は、先に形成されたトランジスタ等に起因する凹凸を平坦化するための機能を有する。また、絶縁層 2521 に不純物の拡散を抑制できる機能を付与してもよい。この場合、不純物の拡散によるトランジスタ等の信頼性の低下を抑制できるので好ましい。

【0252】

発光素子 2550R は、トランジスタ 2502t と配線を介して電氣的に接続される。なお、配線と直接接続されるのは、発光素子 2550R の一方の電極である。なお、発光素子 2550R の一方の電極の端部は、絶縁体 2528 で覆われている。

10

【0253】

発光素子 2550R は、一对の電極間に EL 層を有してなる。また、発光素子 2550R と重なる位置に着色層 2567R が設けられており、発光素子 2550R が発する光の一部は、着色層 2567R を透過して、図中に示す矢印の方向に射出される。また、着色層の端部に遮光層 2567BM が設けられており、発光素子 2550R と着色層 2567R との間には、封止層 2560 を有する。

【0254】

なお、発光素子 2550R からの光を取り出す方向に封止層 2560 が設けられている場合には、封止層 2560 は、透光性を有するのが好ましい。また、封止層 2560 は、空気より大きい屈折率を有すると好ましい。

20

【0255】

走査線駆動回路 2503g は、トランジスタ 2503t と、容量素子 2503c とを有する。なお、駆動回路を画素回路と同一の工程で同一基板上に形成することができる。従って、画素回路のトランジスタ 2502t と同様に、駆動回路（走査線駆動回路 2503g）のトランジスタ 2503t も絶縁層 2521 で覆われている。

【0256】

また、トランジスタ 2503t に信号を供給することができる配線 2511 が設けられている。なお、配線 2511 と接して端子 2519 が設けられる。また、端子 2519 は、FPC 2509（1）と電氣的に接続されており、FPC 2509（1）は、画像信号及び同期信号等の信号を供給する機能を有する。なお、FPC 2509（1）にはプリント配線基板（PWB）が取り付けられていても良い。

30

【0257】

図 14（A）において示す表示パネル 2501 には、ボトムゲート型のトランジスタを適用する場合について示したが、トランジスタの構造はこれに限られることはなく様々な構造のトランジスタを適用することができる。また、図 14（A）に示す、トランジスタ 2502t 及びトランジスタ 2503t には、酸化物半導体を含む半導体層をチャネル領域として用いることができる。その他、アモルファスシリコンを含む半導体層や、レーザーアニールなどの処理により結晶化させた多結晶シリコンを含む半導体層をチャネル領域として用いることができる。

40

【0258】

また、図 14（A）に示すボトムゲート型のトランジスタとは異なるトップゲート型のトランジスタを表示パネル 2501 に適用する場合の構成について、図 14（B）に示す。なお、トランジスタの構造が変わった場合でも、チャネル領域に用いることができるバリエーションについては同様とする。

【0259】

図 14（A）で示したタッチパネル 2000 は、図 14（A）に示すように画素からの光が外部に射出される側の表面に、少なくとも画素と重なるように反射防止層 2567p を有するのが好ましい。なお、反射防止層 2567p として、円偏光板等を用いることができる。

50

【0260】

図14(A)で示した基板2510、基板2570、基板2590としては、例えば、水蒸気の透過率が $1 \times 10^{-5} \text{ g} / (\text{m}^2 \cdot \text{day})$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{-6} \text{ g} / (\text{m}^2 \cdot \text{day})$ 以下である可撓性を有する材料を好適に用いることができる。または、これらの基板の熱膨張率が、およそ等しい材料を用いることが好ましい。例えば、線膨張率が $1 \times 10^{-3} / \text{K}$ 以下、好ましくは $5 \times 10^{-5} / \text{K}$ 以下、より好ましくは $1 \times 10^{-5} / \text{K}$ 以下である材料が挙げられる。

【0261】

次に、図14に示すタッチパネル2000と構成の異なるタッチパネル2000'について、図15を用いて説明する。但し、タッチパネル2000と同様にタッチパネルとして適用することができる。

10

【0262】

図15には、タッチパネル2000'の断面図を示す。図15に示すタッチパネル2000'は、図14に示すタッチパネル2000と、表示パネル2501に対するタッチセンサ2595の位置が異なる。ここでは異なる構成についてのみ説明し、同様の構成を用いることができる部分は、タッチパネル2000の説明を援用することとする。

【0263】

着色層2567Rは、発光素子2550Rと重なる位置にある。また、図15(A)に示す発光素子2550Rからの光は、トランジスタ2502tが設けられている方向に射出される。すなわち、発光素子2550Rからの光(一部)は、着色層2567Rを透過して、図中に示す矢印の方向に射出される。なお、着色層2567Rの端部には遮光層2567BMが設けられている。

20

【0264】

また、タッチセンサ2595は、表示パネル2501の発光素子2550Rから見てトランジスタ2502tが設けられている側に設けられている(図15(A)参照)。

【0265】

また、接着層2597は、表示パネル2501が有する基板2510と接しており、図15(A)に示す構造の場合には、表示パネル2501とタッチセンサ2595とを貼り合わせている。但し、接着層2597により貼り合わされる表示パネル2501とタッチセンサ2595との間に基板2510を設けない構成としてもよい。

30

【0266】

また、タッチパネル2000の場合と同様にタッチパネル2000'の場合も表示パネル2501には、様々な構造のトランジスタを適用することができる。なお、図15(A)においては、ボトムゲート型のトランジスタを適用する場合について示したが、図15(B)に示すようにトップゲート型のトランジスタを適用してもよい。

【0267】

次に、タッチパネルの駆動方法の一例について、図16を用いて説明を行う。

【0268】

図16(A)は、相互容量方式のタッチセンサの構成を示すブロック図である。図16(A)では、パルス電圧出力回路2601、電流検出回路2602を示している。なお、図16(A)では、パルス電圧が与えられる電極2621をX1-X6として、電流の変化を検知する電極2622をY1-Y6として、それぞれ6本の配線で例示している。また、図16(A)は、電極2621と、電極2622とが重畳することで形成される容量2603を示している。なお、電極2621と電極2622とはその機能を互いに置き換えてもよい。

40

【0269】

パルス電圧出力回路2601は、X1-X6の配線に順にパルス電圧を印加するための回路である。X1-X6の配線にパルス電圧が印加されることで、容量2603を形成する電極2621と電極2622との間に電界が生じる。この電極間に生じる電界が遮蔽等により容量2603の相互容量に変化を生じさせることを利用して、被検知体の近接、また

50

は接触を検出することができる。

【0270】

電流検出回路2602は、容量2603での相互容量の変化による、Y1～Y6の配線での電流の変化を検出するための回路である。Y1～Y6の配線では、被検知体の近接、または接触がないと検出される電流値に変化はないが、検出する被検知体の近接、または接触により相互容量が減少する場合には電流値が減少する変化を検出する。なお電流の検出は、積分回路等を用いて行えばよい。

【0271】

次に、図16(B)には、図16(A)で示す相互容量方式のタッチセンサにおける入出力波形のタイミングチャートを示す。図16(B)では、1フレーム期間で各行列での被検知体の検出を行うものとする。また図16(B)では、被検知体を検出しない場合(非タッチ)と被検知体を検出する場合(タッチ)との2つの場合について示している。なおY1～Y6の配線については、検出される電流値に対応する電圧値とした波形を示している。

10

【0272】

X1～X6の配線には、順にパルス電圧が与えられ、該パルス電圧にしたがってY1～Y6の配線での波形が変化する。被検知体の近接または接触がない場合には、X1～X6の配線の電圧の変化に応じてY1～Y6の波形が一樣に変化する。一方、被検知体が近接または接触する箇所では、電流値が減少するため、これに対応する電圧値の波形も変化する。このように、相互容量の変化を検出することにより、被検知体の近接または接触を検出することができる。

20

【0273】

また、図16(A)ではタッチセンサとして配線の交差部に容量2603のみを設けるパッシブ型のタッチセンサの構成を示したが、トランジスタと容量とを備えたアクティブ型のタッチセンサとしてもよい。図17にアクティブ型のタッチセンサに含まれる一つのセンサ回路の例を示している。

【0274】

図17に示すセンサ回路は、容量2603と、トランジスタ2611と、トランジスタ2612と、トランジスタ2613とを有する。

【0275】

トランジスタ2613はゲートに信号G2が与えられ、ソースまたはドレインの一方に電圧VRESが与えられ、他方が容量2603の一方の電極およびトランジスタ2611のゲートと電氣的に接続する。トランジスタ2611は、ソースまたはドレインの一方がトランジスタ2612のソースまたはドレインの一方と電氣的に接続し、他方に電圧VSSが与えられる。トランジスタ2612は、ゲートに信号G1が与えられ、ソースまたはドレインの他方が配線MLと電氣的に接続する。容量2603の他方の電極には電圧VSSが与えられる。

30

【0276】

次に、図17に示すセンサ回路の動作について説明する。まず信号G2としてトランジスタ2613をオン状態とする電位が与えられることで、トランジスタ2611のゲートが接続されるノードnに電圧VRESに対応した電位が与えられる。次に、信号G2としてトランジスタ2613をオフ状態とする電位が与えられることで、ノードnの電位が保持される。続いて、指等の被検知体の近接または接触により、容量2603の相互容量が変化することに伴い、ノードnの電位がVRESから変化する。

40

【0277】

読み出し動作は、信号G1にトランジスタ2612をオン状態とする電位を与える。ノードnの電位に応じてトランジスタ2611に流れる電流、すなわち配線MLに流れる電流が変化する。この電流を検出することにより、被検知体の近接または接触を検出することができる。

【0278】

50

トランジスタ2611、トランジスタ2612、及びトランジスタ2613としては、酸化半導体層をチャネル領域が形成される半導体層に用いることが好ましい。とくにトランジスタ2613にこのようなトランジスタを適用することにより、ノードnの電位を長期間に亘って保持することが可能となり、ノードnにVRESを供給しなおす動作（リフレッシュ動作）の頻度を減らすことができる。

【0279】

本実施の形態は、少なくともその一部を本明細書中に記載する他の実施の形態と適宜組み合わせる実施することができる。

【0280】

（実施の形態10）

本実施の形態においては、発光素子を有する表示装置として、反射型の液晶素子と、発光素子と、を有し、透過モードと反射モードの両方の表示を行うことのできる表示装置について、図36～図38を用いて説明する。

【0281】

なお、本実施の形態で示す表示装置は、屋外など外光の明るい場所において、反射モードを用いた表示により、極めて電力消費が低い駆動を行うことができる。一方、夜間や室内など外光が暗い場所では、透過モードを用いた表示により、最適な輝度で画像を表示することができるという特徴を有する。従って、これらを組み合わせて表示させることにより、従来の表示パネルに比べて、低い消費電力で、且つコントラストの高い表示を行うことができる。

【0282】

本実施の形態で示す表示装置の一例としては、反射電極を備えた液晶素子と、発光素子とが積層され、発光素子と重なる位置に反射電極の開口部が設けられ、反射モードの際には可視光を反射電極によって反射させ、透過モードの場合には、反射電極の開口部から発光素子の光が射出される構成を有する表示装置について示す。なお、これらの素子（液晶素子および発光素子）の駆動に用いるトランジスタは、同一平面上に配置されていることが好ましい。また、積層される液晶素子と、発光素子とは、絶縁層を介して形成されることが好ましい。

【0283】

図36（A）には、本実施の形態で説明する表示装置のブロック図を示す。表示装置600は、回路（G）601、回路（S）602、および表示部603を有する。なお、表示部603には、画素604が、方向R及び方向Cにマトリクス状に複数配置されている。また、回路（G）601は、配線G1、配線G2、配線ANO、及び配線CSCOMが、それぞれ複数電氣的に接続されており、さらにこれらの配線は、方向Rに複数配列された画素604とも電氣的に接続されている。回路（S）602は、配線S1及び配線S2が、それぞれ複数電氣的に接続されており、さらにこれらの配線は、方向Cに複数配列された画素604とも電氣的に接続されている。

【0284】

また、画素604は、液晶素子と発光素子を有し、これらは、互いに重なる部分を有する。

【0285】

図36（B1）には、画素604が有する液晶素子の反射電極として機能する導電膜605の形状について示す。なお、導電膜605の一部で発光素子と重なる位置606に開口部607が設けられている。すなわち、発光素子からの光は、この開口部607を介して射出される。

【0286】

図36（B1）に示す画素604は、方向Rに隣接する画素604が異なる色を呈するように配列されている。さらに、開口部607は、方向Rに一行に配列されることのないように設けられている。このような配列にすることは、隣接する画素604が有する発光素子間におけるクロストークを抑制する効果を有する。

【0287】

開口部607の形状としては、例えば多角形、四角形、楕円形、円形または十字等の形状とすることができる。また、細長い筋状、スリット状等の形状としてもよい。

【0288】

なお、導電膜605の配列のバリエーションとしては、図36(B2)に示す配列としてもよい。

【0289】

導電膜605の総面積（開口部607を除く）に対する開口部607の割合は、表示装置の表示に影響を与える。すなわち、開口部607の面積が大きいと液晶素子による表示が暗くなり、開口部607の面積が小さいと発光素子による表示が暗くなるという問題が生じる。また、上記の比率だけでなく、開口部607の面積そのものが小さい場合にも、発光素子から射出される光の取り出し効率が低下するという問題が生じる。なお、上記導電膜605の総面積（開口部607を除く）に対する開口部607の面積の割合としては、5%以上60%以下とするのが液晶素子および発光素子を組み合わせた際の表示品位を保つ上で好ましい。

10

【0290】

次に、画素604の回路構成の一例について図37を用いて説明する。図37では、隣接する2つの画素604を示す。

【0291】

画素604は、トランジスタSW1、容量素子C1、液晶素子610、トランジスタSW2、トランジスタM、容量素子C2、及び発光素子611等を有する。なお、これらは、配線G1、配線G2、配線ANO、配線CSCOM、配線S1、及び配線S2のいずれかと画素604において、電氣的に接続されている。また、液晶素子610は配線VCOM1と、発光素子611は配線VCOM2と、それぞれ電氣的に接続されている。

20

【0292】

また、トランジスタSW1のゲートは、配線G1と接続され、トランジスタSW1のソース又はドレインの一方は、配線S1と接続され、ソース又はドレインの他方は、容量素子C1の一方の電極、及び液晶素子610の一方の電極と接続されている。なお、容量素子C1の他方の電極は、配線CSCOMと接続されている。また、液晶素子610の他方の電極は、配線VCOM1と接続されている。

30

【0293】

また、トランジスタSW2のゲートは、配線G2と接続され、トランジスタSW2のソース又はドレインの一方は、配線S2と接続され、ソース又はドレインの他方は、容量素子C2の一方の電極、及びトランジスタMのゲートと接続されている。なお、容量素子C2の他方の電極は、トランジスタMのソース又はドレインの一方、及び配線ANOと接続されている。また、トランジスタMのソース又はドレインの他方は、発光素子611の一方の電極と接続されている。また、発光素子611の他方の電極は、配線VCOM2と接続されている。

【0294】

なお、トランジスタMは、半導体を挟む2つのゲートを有し、これら2つのゲートは、電氣的に接続されている。このような構造とすることにより、トランジスタMが流す電流量を増大させることができる。

40

【0295】

配線G1から与えられる信号によって、トランジスタSW1の導通状態または非導通状態が制御される。また、配線VCOM1からは、所定の電位が与えられる。また、配線S1から与えられる信号によって、液晶素子610の液晶の配向状態を制御することができる。また、配線CSCOMからは、所定の電位が与えられる。

【0296】

配線G2から与えられる信号によって、トランジスタSW2の導通状態または非導通状態が制御される。また、配線VCOM2及び配線ANOからそれぞれ与えられる電位の電位

50

差によって、発光素子611を発光させることができる。また、配線S2から与えられる信号によって、トランジスタMの導通状態を制御することができる。

【0297】

したがって、本実施の形態で示す構成において、例えば反射モードの場合には、配線G1及び配線S1から与えられる信号により液晶素子610を制御し、光学変調を利用して表示させることができる。また、透過モードの場合には、配線G2及び配線S2から与えられる信号により発光素子611を発光させることができる。さらに両方のモードを同時に用いる場合には、配線G1、配線G2、配線S1及び配線S2のそれぞれから与えられる信号に基づき所望の駆動を行うことができる。

【0298】

次に、本実施の形態で説明する表示装置600の断面概略図を図38に示し、詳細を説明する。

【0299】

表示装置600は、基板621と基板622との間に、発光素子623および液晶素子624を有する。なお、発光素子623および液晶素子624は、絶縁層625を介してそれぞれ形成される。すなわち、基板621と絶縁層625との間に発光素子623を有し、基板622と絶縁層625との間に液晶素子624を有する。

【0300】

絶縁層625と発光素子623との間には、トランジスタ615、トランジスタ616、トランジスタ617、および着色層628等を有する。

【0301】

基板621と発光素子623との間には、接着層629を有する。また、発光素子623は、絶縁層625側から一方の電極となる導電層630、EL層631、他方の電極となる導電層632の順に積層された積層構造を有する。なお、発光素子623は、ボトムエミッション型の発光素子であるため、導電層632は可視光を反射する材料を含み、導電層630は可視光を透過する材料を含む。発光素子623が発する光は、着色層628、絶縁層625を透過し、さらに開口部633を通して液晶素子624を透過した後、基板622から外部に射出される。

【0302】

絶縁層625と基板622との間には、液晶素子624の他、着色層634、遮光層635、絶縁層646および構造体636等を有する。また、液晶素子624は、一方の電極となる導電層637、液晶638、他方の電極となる導電層639、および配向膜640、641等を有する。なお、液晶素子624は、反射型の液晶素子であり、導電層639は、反射電極として機能するため反射率の高い材料を用いる。また、導電層637は、透明電極として機能するため可視光を透過する材料を含む。さらに、導電層637および導電層639の液晶638側には、それぞれ配向膜640、641を有する。また、絶縁層646は、着色層634及び遮光層635を覆うように設けられており、オーバーコートとしての機能を有する。なお、配向膜640、641は不要であれば設けなくてもよい。

【0303】

導電層639の一部には、開口部633が設けられている。なお、導電層639に接して導電層643を有しており、導電層643は、可視光を透過する材料を含むため透光性を有する。

【0304】

構造体636は、絶縁層625と基板622とが必要以上に接近することを抑制するスペーサとしての機能を有する。なお、構造体636は不要であれば設けなくてもよい。

【0305】

トランジスタ615のソース又はドレインのいずれか一方は、発光素子623の導電層630と電氣的に接続されている。例えばトランジスタ615は、図37に示すトランジスタMに対応する。

【0306】

10

20

30

40

50

トランジスタ 6 1 6 のソース又はドレインのいずれか一方は、端子部 6 1 8 を介して液晶素子 6 2 4 の導電層 6 3 9 及び導電層 6 4 3 と電氣的に接続されている。すなわち、端子部 6 1 8 は、絶縁層 6 2 5 の両面に設けられる導電層同士を電氣的に接続する機能を有する。なお、トランジスタ 6 1 6 は、図 3 7 に示すスイッチ S W 1 に対応する。

【0307】

基板 6 2 1 と基板 6 2 2 とが重ならない領域には、端子部 6 1 9 が設けられている。端子部 6 1 9 は端子部 6 1 8 と同様に、絶縁層 6 2 5 の両面に設けられる導電層同士を電氣的に接続する。端子部 6 1 9 は、導電層 6 4 3 と同一の導電膜を加工して得られた導電層と電氣的に接続されている。これにより、端子部 6 1 9 と F P C 6 4 4 とを接続層 6 4 5 を介して電氣的に接続することができる。

10

【0308】

また、接着層 6 4 2 が設けられる一部の領域には、接続部 6 4 7 が設けられている。接続部 6 4 7 において、導電層 6 4 3 と同一の導電膜を加工して得られた導電層と、導電層 6 3 7 の一部が、接続体 6 4 8 によって電氣的に接続されている。したがって、導電層 6 3 7 に、F P C 6 4 4 から入力される信号または電位を、接続部 6 4 7 を介して供給することができる。

【0309】

導電層 6 3 7 と導電層 6 4 3 の間に、構造体 6 3 6 が設けられている。構造体 6 3 6 は、液晶素子 6 2 4 のセルギャップを保持する機能を有する。

【0310】

導電層 6 4 3 としては、金属酸化物、金属窒化物、または低抵抗化された酸化物半導体等の酸化物を用いることが好ましい。酸化物半導体を用いる場合には、水素、ボロン、リン、窒素、及びその他の不純物の濃度、並びに酸素欠損量の少なくとも一が、トランジスタに用いる半導体層に比べて高められた材料を、導電層 6 4 3 に用いればよい。

20

【0311】

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

【0312】

(実施の形態 1 1)

本実施の形態では、発光素子について説明する。なお、本実施の形態で説明する発光素子は、実施の形態 2 で説明した発光素子と異なる構成を有する。従って、発光素子の素子構造およびその作製方法について図 3 9 (A) (B) を用いて説明する。但し、実施の形態 2 で説明した発光素子と共通する部分については、実施の形態 2 の説明を参照することとして、説明を省略する。

30

【0313】

本実施の形態で説明する発光素子は、基板 3 2 0 0 上に形成された一対の電極（陰極 3 2 0 1 と陽極 3 2 0 3）間に発光層 3 2 1 3 を含む E L 層 3 2 0 2 が挟まれた構造を有する。なお、E L 層 3 2 0 2 は、実施の形態 2 における E L 層と同様に発光層、正孔注入層、正孔輸送層、電子注入層、電子輸送層等を積層して形成することができる。

【0314】

本実施の形態では、図 3 9 (A) に示すように、基板 3 2 0 0 上に形成された陰極 3 2 0 1 上に、電子注入層 3 2 1 4、発光層 3 2 1 3、正孔輸送層 3 2 1 5、および正孔注入層 3 2 1 6 を順次積層してなる E L 層 3 2 0 2 を有し、正孔注入層 3 2 1 6 上に陽極 3 2 0 3 が形成された構造を有する発光素子について説明する。なお、ここでは、電子輸送層を設けていないが、電子注入層 3 2 1 4 に電子輸送性の高い材料を含めることにより、電子輸送層の機能を兼ねるように形成することもできる。

40

【0315】

上述した発光素子は、陰極 3 2 0 1 および陽極 3 2 0 3 の間に与えられる電位差により電流が流れ、E L 層 3 2 0 2 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、陰極 3 2 0 1 および陽極 3 2 0 3 のいずれか一方または両方を通して外

50

部に取り出される。従って、陰極 3 2 0 1 および陽極 3 2 0 3 のいずれか一方、または両方が透光性を有する電極であり、透光性を有する電極側から光を取り出すことができる。

【0 3 1 6】

本実施の形態で示す発光素子は、図 3 9 (A) に示すように陰極 3 2 0 1 の端部が、絶縁物 3 2 1 7 で覆われている。なお、絶縁物 3 2 1 7 は、図 3 9 (B) に示すように隣り合う陰極 3 2 0 1 同士 (例えば、3 2 0 1 a と 3 2 0 1 b) の間を埋めるように形成される。

【0 3 1 7】

また、絶縁物 3 2 1 7 は、絶縁性の有機化合物や無機化合物を用いることができる。有機化合物としては、感光性の樹脂 (レジスト材料など) を用いることができ、例えばアクリル系樹脂、ポリイミド系樹脂、フッ素系樹脂等を用いることができる。また、無機化合物としては、例えば、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化シリコン等を用いることができる。なお、絶縁物 3 2 1 7 の表面は、撥水性を有することが好ましく、その処理方法としては、プラズマ処理の他、薬液 (アルカリ性溶液、有機溶媒) 処理などが挙げられる。

【0 3 1 8】

本実施の形態において、陰極 3 2 0 1 上に形成される電子注入層 3 2 1 4 は、高分子化合物を用いて形成する。但し、非水溶媒に溶解しにくく、電子輸送性の高い高分子化合物を用いるのが好ましい。具体的には、実施の形態 2 において、電子注入層 1 1 5 および電子輸送層 1 1 4 に用いることができる材料として挙げたもの (高分子化合物だけでなくアルカリ金属やアルカリ土類金属、またはそれらの化合物を含む) を適宜組み合わせて用い、これらを極性溶媒に溶解させ、塗布法により形成する。

【0 3 1 9】

なお、ここで用いる極性溶媒としては、メタノール、エタノール、プロパノール、イソプロパノール、ブチルアルコール、エチレングリコール、グリセリンなどが挙げられる。

【0 3 2 0】

電子注入層 3 2 1 4 上には、発光層 3 2 1 3 が形成される。発光層 3 2 1 3 は、実施の形態 2 において、発光層 3 2 1 3 に用いることができる材料 (発光物質) として挙げたものを適宜組み合わせて非極性溶媒に溶解 (または、分散) させたインクを湿式法 (インクジェット法または印刷法) により成膜 (または塗布) し、形成する。なお、電子注入層 3 2 1 4 は、発光色の異なる発光素子に対して共通であるが、発光層 3 2 1 3 には、発光色に応じた材料を選択する。また、非極性溶媒としては、トルエンやキシレン等の芳香族系の溶媒やピリジンなどの複素芳香族系の溶媒を用いることができる。その他にもヘキサン、2-メチルヘキサンシクロヘキサン、クロロホルムなどの溶媒を用いることができる。

【0 3 2 1】

図 3 9 (B) に示すように、溶液を塗布するための装置 (以下、溶液塗布装置という。) のヘッド部 3 3 0 0 から発光層 3 2 1 3 を形成するためのインクが塗布される。なお、ヘッド部 3 3 0 0 は、インクを噴射する機能を持つ複数の噴射部 3 3 0 1 a ~ 3 3 0 1 c を有しており、それぞれに圧電素子 (ピエゾ素子) 3 3 0 2 a ~ 3 3 0 2 c が設けられる。また、噴射部 3 3 0 1 a ~ 3 3 0 1 c のそれぞれには異なる発光色を示す発光物質を含むインク 3 3 0 3 a ~ 3 3 0 3 c が充填されている。

【0 3 2 2】

噴射部 3 3 0 1 a ~ 3 3 0 1 c からインク 3 3 0 3 a ~ 3 3 0 3 c がそれぞれ噴射されることにより、発光色の異なる発光層 (3 2 1 3 a、3 2 1 3 b、3 2 1 3 c) がそれぞれ形成される。

【0 3 2 3】

発光層 3 2 1 3 上には、正孔輸送層 3 2 1 5 が形成される。正孔輸送層 3 2 1 5 は、実施の形態 2 において、正孔輸送層 3 2 1 5 に用いることができる材料として挙げたものを適宜組み合わせて用いることができる。なお、正孔輸送層 3 2 1 5 の形成方法として、真空蒸着法や塗布法を用いることができる。なお、塗布法を用いる場合には、溶媒に溶解させたものを発光層 3 2 1 3 および絶縁物 3 2 1 7 上に塗布する。なお、塗布方法としては

、インクジェット法、スピコート法、印刷法等を用いることができる。

【0324】

また、正孔輸送層3215上には、正孔注入層3216が形成され、正孔注入層3216上には、陽極3203が形成される。なお、これらの形成は、実施の形態2に示した材料を適宜組み合わせ用い、真空蒸着法により形成することができる。

【0325】

以上により発光素子を形成することができる。なお、発光層において、有機金属錯体を用いる場合には、有機金属錯体に基づく燐光発光が得られるため、蛍光性化合物のみを用いた発光素子に比べて、高効率な発光素子を実現することができる。

【0326】

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用いることができるものとする。

【0327】

(実施の形態12)

本実施の形態では、発光素子を適用した照明システムの一例について、図40を用いて説明する。

【0328】

図40に示すように、照明システム700は、複数の発光素子701と制御部702を備える。また、制御部702は、電源706と電氣的に接続されている。なお、制御部702は、複数の発光素子701のそれぞれと電氣的に接続され、それぞれの発光素子701の点灯、消灯、及び点灯時の輝度を制御する。すなわち、本実施の形態で示す照明システムは、照明の光源となる発光素子の発光を外部の情報に応じて制御することができる構成を含むことを特徴とする。なお、ここでいう外部の情報には、例えば明るさ情報や、点灯時間情報、温度情報などが挙げられ、外部の情報の検出にはこれらを示す様々なパラメータを信号として用いることができる。

【0329】

発光素子701には、他の実施の形態に示す発光素子を適用することができる。なお、発光素子の陽極および陰極が、それぞれ制御部702と電氣的に接続され、両電極のいずれか一方または両方の電位が、制御部702からの制御信号に基づき制御されることにより、発光素子701の点灯、消灯、及び点灯時の輝度が制御される。

【0330】

制御部702は、CPU(Central Processing Unit)703、メモリ704、通信部705を有する。なお、通信部705は、センサ707と電氣的に接続されており、センサ707によって検出された「発光素子701の点灯時間情報」や、「外部の明るさ情報」を受信する。

【0331】

なお、センサ707としては、上記の情報(「発光素子701の点灯時間情報」や、「外部の明るさ情報」)を情報信号として検知することができるフォトダイオード、CdS光導電性素子といった受光素子、CCD(charge coupled device)、及びCMOSセンサを含むセンサなどを用いることができる。

【0332】

メモリ704には、「発光素子701の点灯時間を制御するプログラム」が予め格納されている。従って、CPU703は、通信部705から入力された「発光素子701の点灯時間情報」に応じた「複数の発光素子701を点灯または消灯させるための信号(点灯または消灯信号)」をメモリ704から読み出し、発光素子701の駆動を実行する。なお、「発光素子701の点灯時間を制御するプログラム」としては、長時間の無駄な点灯を防止するために連続的な点灯が一定時間で終了するようなプログラムが挙げられる。

【0333】

また、メモリ704には、「発光素子の輝度を制御するプログラム」が予め格納されていてもよい。この場合、CPU703は、通信部705から入力された「外部の明るさ情報

10

20

30

40

50

」に応じた「複数の発光素子701の発光輝度を制御するための信号（輝度制御信号）」をメモリ704から読み出し、発光素子701の駆動を実行する。なお、「発光素子の輝度を制御するプログラム」としては、センサ707により検出された「外部の明るさ情報」が、あらかじめ設けておいた基準の明るさに到達しているか否かによって輝度を強めたり、弱めたりすることが可能なプログラムが挙げられる。また、「複数の発光素子701の発光輝度を制御するための信号」は、複数の発光素子701それぞれに応じて異なっても、同じであっても良い。

【0334】

なお、CPU703が発光素子701の駆動を実行する場合は、具体的には、CPU703によってメモリ704から読み出された信号がCPU703によって変換され、発光素子の一方の電極の電位が制御される。

10

【0335】

なお、本実施の形態で示す照明システムに用いる複数の発光素子701の素子構造は、すべて同じであっても、異なっても良い。また、複数の発光素子の701発光色もすべて同じであっても、異なっても良い。また、本実施の形態で用いる発光素子の構成は、他の実施形態に示す発光素子の構成を適用することができるものとする。

【0336】

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。

【実施例1】

20

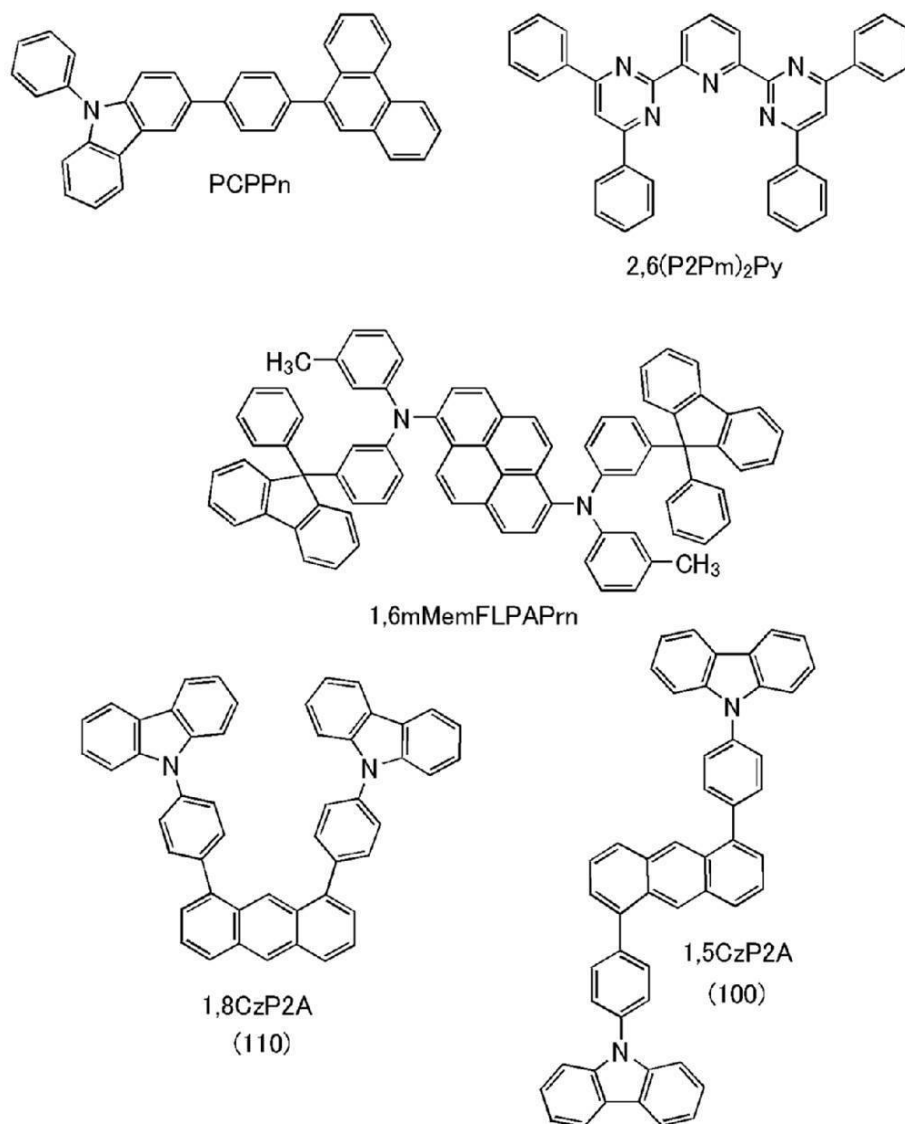
【0337】

本実施例では、発光素子を作製し、その特性を示す。なお、発光素子は、発光層に1, 5-ビス[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]アントラセン（略称：1, 5CzP2A）（構造式100）のみを用いた発光素子1、1, 5CzP2Aおよびドーパント（発光物質）である1, 6mMemFLPAPrnを用いた発光素子2、1, 8-ビス[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]アントラセン（略称：1, 8CzP2A）（構造式110）のみを用いた発光素子3、1, 8CzP2Aおよびドーパント（発光物質）である1, 6mMemFLPAPrnを用いた発光素子4、をそれぞれ作製した。なお、発光素子1乃至発光素子4の作製については、図18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。

30

【0338】

【化 1 1】



【0339】

≪発光素子1乃至発光素子4の作製≫

まず、ガラス製の基板900上に酸化珪素を含むインジウム錫酸化物（ITO）をスパッタリング法により成膜し、陽極として機能する第1の電極901を形成した。なお、その膜厚は70nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。

【0340】

次に、基板900上に発光素子1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。

【0341】

その後、 1×10^{-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900を30分程度放冷した。

【0342】

次に、第1の電極901が形成された面が下方となるように、基板900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902を構成する正孔注入層911、正孔輸送層912、発光層913、電子輸送層914、電子注入層915が順次形成される場合について説明する。

【0343】

真空装置内を 1×10^{-4} Pa に減圧した後、3- [4- (9-フェナントリル) -フェニル] -9-フェニル-9H-カルバゾール (略称: PCPPn) と酸化モリブデンとを、PCPPn: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901上に正孔注入層911を形成した。膜厚は、10 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。

【0344】

次に、PCPPnを20 nm蒸着することにより、正孔輸送層912を形成した。

【0345】

次に、正孔輸送層912上に発光層913を形成した。

10

【0346】

発光素子1の場合は、1, 5CzP2Aを蒸着することにより、25 nmの膜厚で発光層913を形成した。

【0347】

発光素子2の場合は、1, 5CzP2Aおよびドーパント (発光物質) である1, 6mMemFLPAPrnを、1, 5CzP2A:1, 6mMemFLPAPrn=1:0.03 (質量比) となるように共蒸着し、25 nmの膜厚で発光層913を形成した。

【0348】

発光素子3の場合は、1, 8CzP2Aを蒸着することにより、25 nmの膜厚で発光層913を形成した。

20

【0349】

発光素子4の場合は、1, 8CzP2Aおよびドーパント (発光物質) である1, 6mMemFLPAPrnを、1, 8CzP2A:1, 6mMemFLPAPrn=1:0.03 (質量比) となるように共蒸着し、25 nmの膜厚で発光層913を形成した。

【0350】

次に、発光層913上に、2, 2'-(ピリジン-2, 6-ジイル)ビス(4, 6-ジフェニルピリミジン) (略称: 2, 6-(P2Pm)2Py) を25 nmの膜厚で電子輸送層914を形成した。

【0351】

さらに電子輸送層914上に、フッ化リチウムを1 nm蒸着することにより、電子注入層915を形成した。

30

【0352】

最後に、電子注入層915上にアルミニウムを200 nmの膜厚となるように蒸着し、陰極となる第2の電極903形成し、発光素子2および発光素子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。

【0353】

以上により得られた発光素子1乃至発光素子4の素子構造を表1に示す。

【0354】

【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	ITO (70nm)	PCPPn :MoOx (4:2 10nm)	PCPPn (20nm)	1,5CzPA	2,6(P2Pm)2Py (25nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
発光素子 2				*			
発光素子 3				1,8CzPA			
発光素子 4				**			

*1,5CzPA:1,6mMemFLPAPrn (1:0.03 25nm)

**1,8CzPA:1,6mMemFLPAPrn (1:0.03 25nm)

【0355】

また、作製した発光素子1乃至発光素子4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時間熱処理した。）。

【0356】

<発光素子の遅延蛍光測定>

上記の発光素子1乃至発光素子4について、遅延蛍光測定を行った。測定にはピコ秒蛍光寿命測定システム（浜松ホトニクス社製）を用いた。本測定では、発光素子の発光層から得られる蛍光発光の寿命を測定するため、発光素子に矩形パルス電圧を印加して発光させ、その電圧の立下りから減衰していく発光をストリークカメラにより時間分解測定した。パルス電圧は10Hzの周期で印加し、繰り返し測定したデータを積算することにより、S/N比の高いデータを得た。また、測定は室温（23℃に保たれた雰囲気）で、印加パルス電圧が3V前後、印加パルス時間幅が100μsec、負バイアス電圧が-5V、測定時間範囲が50μsecの条件で行った。

【0357】

測定により得られた減衰曲線を図19に示す。なお、図19において、横軸は、電圧の立下りからの発光時間（μs）を示し、縦軸は、相対発光強度（任意単位）を示す。さらに、図19に示す減衰曲線について、下記式（5）を用いてフィッティングを行った。

【0358】

【数8】

$$L = \sum_{n=1} A_n \exp\left(-\frac{t}{a_n}\right) \cdots (5)$$

【0359】

但し、数式（5）において、Lは規格化した発光強度を表し、tは経過時間を表す。

【0360】

図19に示す減衰曲線のフィッティングを行った結果、nを1及び2としてフィッティングを行うことができた。なお、減衰曲線のフィッティングを求め、そのフィッティング曲

線を $t = 0$ に外挿することにより発光素子から得られる全発光に占める遅延蛍光成分の割合を求めた。その結果、発光素子 1 から得られる遅延蛍光成分は 33 %、発光素子 2 から得られる遅延蛍光成分は 22 %、発光素子 3 から得られる遅延蛍光成分は 10 %、発光素子 4 から得られる遅延蛍光成分は 6 % と算出された。すなわち、いずれの発光素子からも 5 % 以上の遅延蛍光成分が観測された。

【0361】

また、本実施例における発光素子 1 および発光素子 2 は、発光層に 1, 5 CzP2A を有し、発光素子 3 および発光素子 4 は、発光層に 1, 8 CzP2A を有する。すなわち、発光層に 1, 5 CzP2A を有する発光素子 1 および発光素子 2 の方が、1, 8 CzP2A を有する発光素子 3 および発光素子 4 よりも遅延蛍光成分が大きいことがわかった。

10

【0362】

なお、発光素子 1 や発光素子 3 の遅延蛍光成分が大きい（具体的には、15 % 以上である）ことは、有機化合物である 1, 5 CzP2A や 1, 8 CzP2A において、三重項励起子から一重項励起子へのエネルギー移動が比較的高い確率で生じており、TTA の発生確率が高められたことを示唆するものである。ここで、特に遅延蛍光成分の大きい 1, 5 CzP2A を発光層に用いたことで、TTA の発生確率の高い発光素子を得られたことが示された。なお、この結果は、振動子強度 (f) で比較して、1, 8 CzP2A よりも振動子強度 (f) の大きい 1, 5 CzP2A の方が、TTA の発生確率が高くなると示した実施の形態 1 の結果と一致する。

【0363】

20

《発光素子 1 乃至発光素子 4 の動作特性》

作製した発光素子のうち、発光層にドーパント（発光物質）を含まない発光素子 1 および発光素子 3、発光層にドーパント（発光物質）を含む発光素子 2 および発光素子 4 の動作特性についてそれぞれ測定した。なお、測定は室温（25℃に保たれた雰囲気）で行った。

【0364】

まず、発光層にドーパント（発光物質）を含まない発光素子 1 および発光素子 3 の電流密度－輝度特性を図 20、電圧－輝度特性を図 21、輝度－電流効率特性を図 22、電圧－電流特性を図 23 にそれぞれ示す。

【0365】

30

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

【0366】

【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	4.4	1.1	27	(0.15,0.13)	760	2.8	2.0	2.6
発光素子 3	5.4	1.5	37	(0.15,0.11)	1000	2.7	1.6	2.8

40

【0367】

次に、発光層にドーパント（発光物質）を含む発光素子 2 および発光素子 4 の電流密度－輝度特性を図 24、電圧－輝度特性を図 25、輝度－電流効率特性を図 26、電圧－電流特性を図 27 にそれぞれ示す。

【0368】

50

また、 1000 cd/m^2 付近における発光素子 2 および発光素子 4 の主な初期特性値を以下の表 3 に示す。

【0369】

【表 3】

	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)	ハワー効率 (lm/W)	外部量子効率 (%)
発光素子 2	4.0	0.41	10	(0.14,0.15)	800	7.8	6.1	7.0
発光素子 4	5.0	0.60	15	(0.14,0.16)	1100	7.6	4.8	6.5

10

【0370】

なお、発光層にドーパント（ここでは、1, 6mMemFLPAPrn）を含む発光素子 2 と発光素子 4 との外部量子効率を比較した場合、発光素子の発光層に用いるホスト材料として 1, 5CzP2A を用いた発光素子 2 の方が、発光素子 4 よりもより高い外部量子効率が得られた。すなわち、振動子強度（f）の大きい材料（1, 5CzP2A）を用いたことでホスト材料上での TTA が生じやすくなったことが要因の一つとして示唆される。

20

【0371】

また、発光素子 1 および発光素子 3 に 25 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 28 に示す。また、発光素子 2 および発光素子 4 に 25 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 29 に示す。

【実施例 2】

【0372】

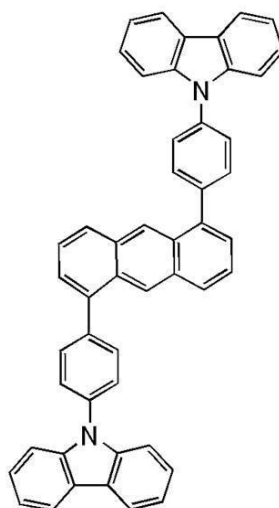
《合成例 1》

本実施例では、有機化合物、1, 5-ビス〔4-（9H-カルバゾール-9-イル）フェニル〕アントラセン（略称：1, 5CzP2A）（構造式 100）の合成方法について説明する。なお、1, 5CzP2A の構造を以下に示す。

30

【0373】

【化 1 2】

1,5CzP2A
(100)

【0374】

< 1, 5CzP2Aの合成 >

1. 2 g (3.6 mmol) の 1, 5-ジブロモアントラセンと、2. 3 g (7.9 mmol) の 4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニルボロン酸と、2. 2 g (16 mmol) の炭酸カリウムと、30 mL のトルエンと、10 mL のエタノールと、8 mL の水と 83 mg (71 μmol) のテトラキス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(0)の混合物を、窒素気流下、90℃で14時間攪拌した。

【0375】

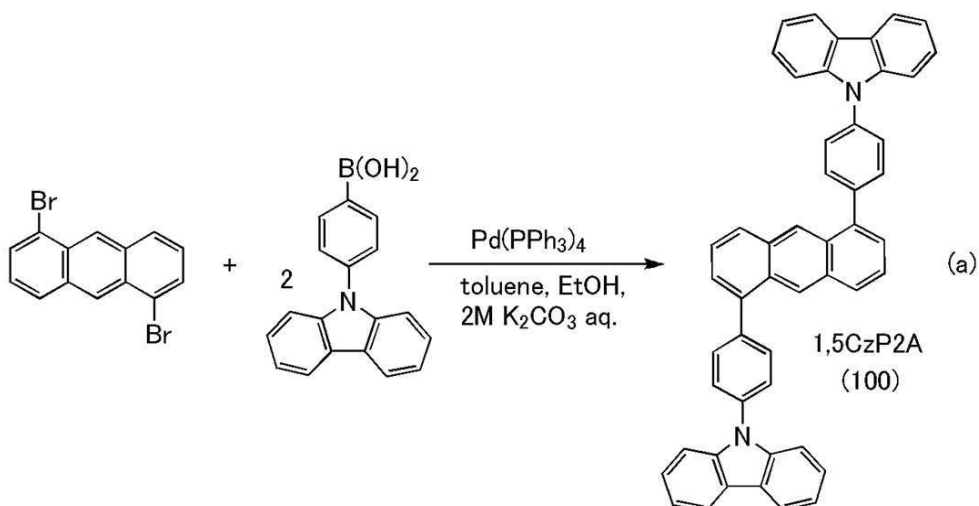
攪拌後、混合物を濾過し、固体を水、エタノールで洗浄し、回収した。この固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー(展開溶媒: トルエン)で精製し、固体を得た。得られた固体を再結晶し、淡黄色固体を2.0 g、収率86%で得た。

【0376】

得られた固体2.0 gを圧力2.7 Pa、アルゴン気流下、343℃でトレインサブリーション法により昇華精製した。昇華精製後、淡黄色固体を1.8 g、回収率90%で得た。なお、上記の合成方法を示す合成スキームを下記式(a)に示す。

【0377】

【化 1 3】



【0378】

なお、上記合成方法で得られた淡黄色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30に示す。この結果から、本合成例において、上述の構造式(100)で表される有機化合物1, 5 Cz P 2 Aが得られたことがわかった。

【0379】

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300 MHz) : δ = 7.36 (t, J 1 = 7.8 Hz, 4H), 7.51 (t, J 1 = 8.4 Hz, 4H), 7.57 (s, 2H), 7.58 (dd, J 1 = 6.9 Hz, J 2 = 11.7 Hz, 2H), 7.65 (d, J 1 = 7.8 Hz, 4H), 7.80 (d, J 1 = 8.4 Hz, 4H), 7.88 (d, J 1 = 8.7 Hz, 4H), 8.07 (dd, J 1 = 2.4 Hz, J 2 = 6.6 Hz, 2H), 8.22 (d, J 1 = 7.5 Hz, 4H), 8.72 (s, 2H).

10

【0380】

次に、1, 5 Cz P 2 Aのトルエン溶液および固体薄膜の紫外可視吸収スペクトル(以下、単に「吸収スペクトル」という)及び発光スペクトルを測定した。固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作製した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計((株)日本分光製 V550型)を用いた。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計((株)浜松ホトニクス製 FS920)を用いた。得られたトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルの測定結果を図31(A)に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度を表す。また、固体薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルの測定結果を図31(B)に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度を表す。なお、図31(A)(B)に示す吸収スペクトルは、溶液の場合は、トルエン溶液を石英セルに入れて測定した吸収スペクトルから、トルエンのみを石英セルに入れて測定した吸収スペクトルを差し引いた結果を示す。また、薄膜の場合は、1, 5 Cz P 2 A(略称)を蒸着した石英基板の吸収スペクトルから、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示す。

20

【0381】

図31(A)の結果より、1, 5 Cz P 2 Aのトルエン溶液では、287、293、327、341、359、378及び397 nm付近に吸収ピークが見られ、425及び448 nm付近に発光波長のピークが見られた。(励起波長379 nm)。また、図31(B)の結果より、1, 5 Cz P 2 Aの固体薄膜では、265、286、296、314、331、345、369、387及び404 nm付近に吸収ピークが見られ、462 nm付近に発光波長のピークが見られた。(励起波長345 nm)。

30

【0382】

次に、LC/MS分析を行った。測定結果を図32に示す。

【0383】

LC/MS分析では、ウォーターズ社製Acquity UPLC(登録商標)によりLC(液体クロマトグラフィー)分離を行い、ウォーターズ社製Xevo G2 ToF MSによりMS分析(質量分析)を行った。

【0384】

LC分離には、Acquity UPLC BEH C8 ($2.1 \times 100 \text{ mm}$ 1.7 μm)をカラムとして用い、アセトニトリルと0.1%ギ酸水溶液との混合液を移動相として用いた。

40

【0385】

MS分析では、エレクトロスプレーイオン化法(ElectroSpray Ionization(略称:ESI))によるイオン化を行い、ポジティブモードで検出した。なお、イオン化された成分は衝突室(コリジョンセル)内でアルゴンガスに衝突させてプロダクトイオンに解離させた。アルゴンに衝突させる際のエネルギー(コリジョンエネルギー)は50 eVとした。また、測定する質量範囲は $m/z = 100$ から1200とした。

【0386】

結果から、1, 5 Cz P 2 Aは、 $m/z = 661$ 付近にプレカーサーイオンを検出し、 m

50

／ $z = 495$ 付近、 707 付近にプロダクトイオンが検出されることがわかった。なお、この結果は、 $1, 5\text{CzP2A}$ に由来する特徴的な結果を示すものであることから、混合物中に含まれる $1, 5\text{CzP2A}$ を同定する上での重要なデータであるといえる。

【0387】

なお、 $m/z = 495$ 付近のプロダクトイオンは、 $\text{C}_{38}\text{H}_{25}\text{N}^{\cdot+}$ で表される、カルバゾールが1つ脱離したラジカルの水素イオン付加体と推定され、 $m/z = 707$ 付近のプロダクトイオンは、アセトニトリルと水素イオン付加体と推定された。これは $1, 5\text{CzP2A}$ が末端にカルバゾール骨格を含んでいること、アセトニトリルが付加しやすいことを示唆するものである。なお、アセトニトリルは分析時のサンプル調整や移動相に用いていた。なお、プロトンの付加、脱離体として、プロダクトイオンの ± 1 が検出される可能性もある。

10

【0388】

なお、本実施例で示した発明の一態様である有機化合物、 $1, 5\text{CzP2A}$ の合成方法は、好ましい一例を示したものであり、本発明はこれに限定されることはなく他の合成方法により合成することも可能である。

【0389】

なお、上述した有機化合物、 $1, 5\text{CzP2A}$ は、発光層におけるホスト材料としてだけでなく、発光物質としても利用することができる。

【実施例3】

【0390】

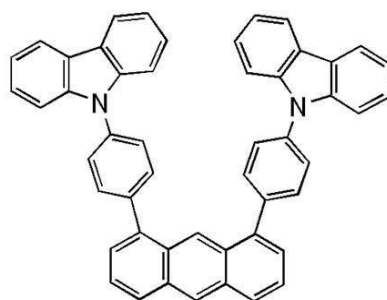
20

《合成例2》

本実施例では、有機化合物、 $1, 8$ -ビス〔4-（9H-カルバゾール-9-イル）フェニル〕アントラセン（略称： $1, 8\text{CzP2A}$ ）の合成方法について説明する。なお、 $1, 8\text{CzP2A}$ の構造を以下に示す。

【0391】

【化14】



1,8CzP2A

(110)

30

【0392】

< $1, 8\text{CzP2A}$ の合成 >

40

200 mL 三口フラスコに 1.2 g (3.7 mmol) の $1, 8$ -ジブロモアントラセンと、 2.3 g (8.1 mmol) の 4-（9H-カルバゾール-9-イル）フェニルボロン酸と、 2.2 g (16 mmol) の炭酸カリウムと、 30 mL のトルエンと、 10 mL のエタノールと、 8 mL の水と、 85 mg ($74\text{ }\mu\text{mol}$) のテトラキス（トリフェニルホスフィン）パラジウム（0）の混合物を、窒素気流下、 90°C で 14 時間攪拌した。

【0393】

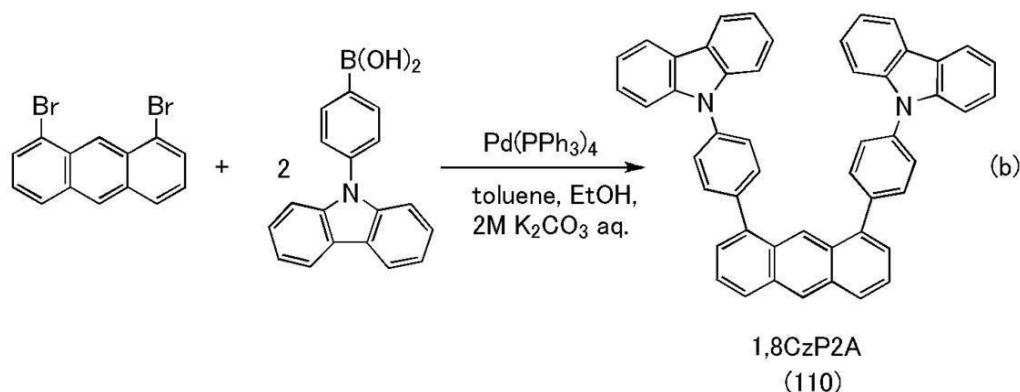
攪拌後、混合物を濾過し、固体を水、エタノールで洗浄し、回収した。この固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（展開溶媒：トルエン）で精製し、固体を得た。得られた固体をトルエンで再結晶し、淡黄色固体を 2.3 g 、収率 93% で得た。得られた固体 2.2 g を圧力 2.9 Pa 、アルゴン気流下、 295°C でトレインサブレーション法によ

50

り昇華精製した。昇華精製後、淡黄色固体を1.9 g、回収率83%で得た。なお、上記の合成方法を示す合成スキームを下記式(b)に示す。

【0394】

【化15】



10

【0395】

なお、上記合成方法で得られた淡黄色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33に示す。この結果から、本合成例において、上述の構造式(110)で表される有機化合物1,8CzP2Aが得られたことがわかった。

20

【0396】

$^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 300 MHz): δ = 6.88 (t, J 1 = 7.2 Hz, 4H), 7.08 (t, J 1 = 7.8 Hz, 4H), 7.31 (d, J 1 = 8.1 Hz, 4H), 7.55 (dd, J 1 = 1.5 Hz, J 2 = 6.9 Hz, 2H), 7.60–7.68 (m, 6H), 7.80 (d, J 1 = 8.1 Hz, 4H), 8.03 (d, J 1 = 7.8 Hz, 4H), 8.14 (d, J 1 = 7.8 Hz, 2H), 8.66 (s, 1H), 8.95 (s, 1H).

【0397】

次に、1,8CzP2Aのトルエン溶液および固体薄膜の紫外可視吸収スペクトル(以下、単に「吸収スペクトル」という)及び発光スペクトルを測定した。溶液及び固体薄膜の測定法は実施例2と同様に行った。得られたトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルの測定結果を図34(A)に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度を表す。また、固体薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルの測定結果を図34(B)に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度を表す。

30

【0398】

図34(A)の結果より、1,8CzP2Aのトルエン溶液では、287、294、328、341、361、380及び399 nm付近に吸収ピークが見られ、423及び445 nm付近に発光波長のピークが見られた。(励起波長381 nm)。また、図34(B)の結果より、1,8CzP2Aの固体薄膜では、265、286、296、315、331、344、370、388及び404 nm付近に吸収ピークが見られ、468 nm付近に発光波長のピークが見られた。(励起波長345 nm)。

40

【0399】

次に、LC/MS分析を行った。測定方法は、実施例2と同様である。測定結果を図35に示す。

【0400】

結果から、1,8CzP2Aは、661付近にプレカーサーイオンを検出し、 m/z = 243付近、329付近、495付近にプロダクトイオンが検出されることがわかった。なお、この結果は、1,8CzP2Aに由来する特徴的な結果を示すものであることから、混合物中に含まれる1,8CzP2Aを同定する上での重要なデータであるといえる。

50

【0401】

なお、 $m/z = 243$ 付近のプロダクトイオンは、 $C_{18}H_{13}N^+$ で表される、フェニルカルバゾールのラジカルのプロトン付加体と推定され、 $m/z = 329$ 付近のプロダクトイオンは、 $C_{26}H_{17}N^+$ で表される、カルバゾールが2つ脱離したビラジカルの水素イオン付加体と推定され、 $m/z = 495$ 付近のプロダクトイオンは、 $C_{38}H_{25}N^+$ で表される、カルバゾールが1つ脱離したラジカルの水素イオン付加体と推定された。これは1, 8-CzP2Aが末端にカルバゾール骨格を二つ持ち、フェニルカルバゾール骨格を含んでいることを示唆するものである。なお、プロトンの付加、脱離体として、プロダクトイオンの ± 1 が検出される可能性もある。

【0402】

10

なお、本実施例で示した発明の一態様である有機化合物、1, 8-CzP2Aの合成方法は、好ましい一例を示したものであり、本発明はこれに限定されることはなく他の合成方法により合成することも可能である。

【0403】

なお、上述した有機化合物、1, 8-CzP2Aは、発光層におけるホスト材料としてだけでなく、発光物質としても利用することができる。

【符号の説明】

【0404】

101	第1の電極	
102	EL層	20
103	第2の電極	
111	正孔注入層	
112	正孔輸送層	
113	発光層	
114	電子輸送層	
115	電子注入層	
201	第1の電極	
202(1)	第1のEL層	
202(2)	第2のEL層	
202(n-1)	第(n-1)のEL層	30
202(n)	第(n)のEL層	
204	第2の電極	
205(1)~205(n-1)	電荷発生層	
301	素子基板	
302	画素部	
303	駆動回路部(ソース線駆動回路)	
304a、304b	駆動回路部(ゲート線駆動回路)	
305	シール材	
306	封止基板	
307	配線	40
308	FPC(フレキシブルプリントサーキット)	
309	FET	
310	FET	
312	電流制御用FET	
313a、313b	第1の電極(陽極)	
314	絶縁物	
315	EL層	
316	第2の電極(陰極)	
317a、317b	発光素子	
318	空間	50

3 2 0 a、3 2 0 b	導電膜	
3 2 1、3 2 2	領域	
3 2 3	引き回し配線	
3 2 4	有色層（カラーフィルタ）	
3 2 5	黒色層（ブラックマトリクス）	
3 2 6、3 2 7、3 2 8	F E T	
4 0 1	基板	
4 0 2	第 1 の電極	
4 0 4	第 2 の電極	
4 0 3 a、4 0 3 b、4 0 3 c	E L 層	10
4 0 5	発光素子	
4 0 6	絶縁膜	
4 0 7	隔壁	
5 0 1	アントラセン骨格	
5 0 2	カルバゾール骨格	
6 0 0	表示装置	
6 0 3	表示部	
6 0 4	画素	
6 0 5	導電膜	
6 0 6	位置	20
6 0 7	開口部	
6 1 0	液晶素子	
6 1 1	発光素子	
6 1 5	トランジスタ	
6 1 6	トランジスタ	
6 1 7	トランジスタ	
6 1 8	端子部	
6 1 9	端子部	
6 2 1	基板	
6 2 2	基板	30
6 2 3	発光素子	
6 2 4	液晶素子	
6 2 5	絶縁層	
6 2 8	着色層	
6 2 9	接着層	
6 3 0	導電層	
6 3 1	E L 層	
6 3 2	導電層	
6 3 3	開口部	
6 3 4	着色層	40
6 3 5	遮光層	
6 3 6	構造体	
6 3 7	導電層	
6 3 8	液晶	
6 3 9	導電層	
6 4 0	配向膜	
6 4 1	配向膜	
6 4 2	接着層	
6 4 3	導電層	
6 4 4	F P C	50

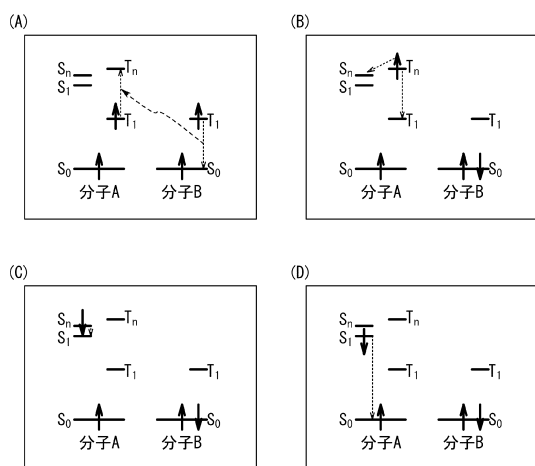
6 4 5	接続層	
6 4 6	絶縁層	
6 4 7	接続部	
6 4 8	接続体	
7 0 0	照明システム	
7 0 1	発光素子	
7 0 2	制御部	
7 0 3	C P U	
7 0 4	メモリ	
7 0 5	通信部	10
7 0 6	電源	
7 0 7	センサ	
9 0 0	基板	
9 0 1	第 1 の電極	
9 0 2	E L 層	
9 0 3	第 2 の電極	
9 1 1	正孔注入層	
9 1 2	正孔輸送層	
9 1 3	発光層	
9 1 4	電子輸送層	20
9 1 5	電子注入層	
2 0 0 0	タッチパネル	
2 0 0 0 '	タッチパネル	
2 5 0 1	表示パネル	
2 5 0 2 R	画素	
2 5 0 2 t	トランジスタ	
2 5 0 3 c	容量素子	
2 5 0 3 g	走査線駆動回路	
2 5 0 3 t	トランジスタ	
2 5 0 9	F P C	30
2 5 1 0	基板	
2 5 1 1	配線	
2 5 1 9	端子	
2 5 2 1	絶縁層	
2 5 2 8	絶縁体	
2 5 5 0 R	発光素子	
2 5 6 0	封止層	
2 5 6 7 B M	遮光層	
2 5 6 7 p	反射防止層	
2 5 6 7 R	着色層	40
2 5 7 0	基板	
2 5 9 0	基板	
2 5 9 1	電極	
2 5 9 2	電極	
2 5 9 3	絶縁層	
2 5 9 4	配線	
2 5 9 5	タッチセンサ	
2 5 9 7	接着層	
2 5 9 8	配線	
2 5 9 9	端子	50

2 6 0 1	パルス電圧出力回路	
2 6 0 2	電流検出回路	
2 6 0 3	容量	
2 6 1 1	トランジスタ	
2 6 1 2	トランジスタ	
2 6 1 3	トランジスタ	
2 6 2 1	電極	
2 6 2 2	電極	
3 2 0 0	基板	
3 2 0 1	陰極	10
3 2 0 2	E L 層	
3 2 0 3	陽極	
3 2 1 3	発光層	
3 2 1 4	電子注入層	
3 2 1 5	正孔輸送層	
3 2 1 6	正孔注入層	
3 2 1 7	絶縁物	
3 3 0 0	ヘッド部	
3 3 0 1 a	噴射部	
3 3 0 1 c	噴射部	20
3 3 0 2 a	圧電素子	
3 3 0 2 c	圧電素子	
3 3 0 3 a	インク	
3 3 0 3 c	インク	
4 0 0 0	照明装置	
4 0 0 1	基板	
4 0 0 2	発光素子	
4 0 0 3	基板	
4 0 0 4	電極	
4 0 0 5	E L 層	30
4 0 0 6	電極	
4 0 0 7	電極	
4 0 0 8	電極	
4 0 0 9	補助配線	
4 0 1 0	絶縁層	
4 0 1 1	封止基板	
4 0 1 2	シール材	
4 0 1 3	乾燥剤	
4 0 1 5	拡散板	
4 1 0 0	照明装置	40
4 2 0 0	照明装置	
4 2 0 1	基板	
4 2 0 2	発光素子	
4 2 0 4	電極	
4 2 0 5	E L 層	
4 2 0 6	電極	
4 2 0 7	電極	
4 2 0 8	電極	
4 2 0 9	補助配線	
4 2 1 0	絶縁層	50

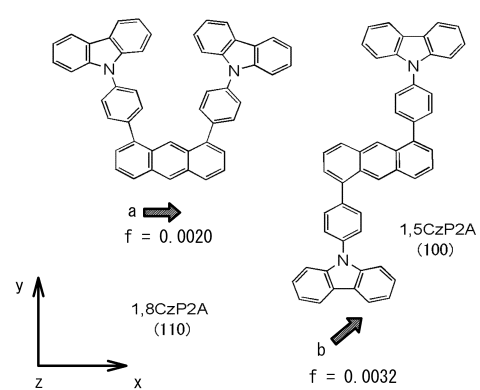
4 2 1 1	封止基板	
4 2 1 2	シール材	
4 2 1 3	バリア膜	
4 2 1 4	平坦化膜	
4 2 1 5	拡散板	
4 3 0 0	照明装置	
5 1 0 1	ライト	
5 1 0 2	ホイール	
5 1 0 3	ドア	
5 1 0 4	表示部	10
5 1 0 5	ハンドル	
5 1 0 6	シフトレバー	
5 1 0 7	座席シート	
5 1 0 8	インナーリアビューミラー	
7 1 0 0	テレビジョン装置	
7 1 0 1	筐体	
7 1 0 3	表示部	
7 1 0 5	スタンド	
7 1 0 7	表示部	
7 1 0 9	操作キー	20
7 1 1 0	リモコン操作機	
7 2 0 1	本体	
7 2 0 2	筐体	
7 2 0 3	表示部	
7 2 0 4	キーボード	
7 2 0 5	外部接続ポート	
7 2 0 6	ポインティングデバイス	
7 3 0 2	筐体	
7 3 0 4	表示部	
7 3 0 5	時刻を表すアイコン	30
7 3 0 6	その他のアイコン	
7 3 1 1	操作ボタン	
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	40
7 4 0 4	外部接続部	
7 4 0 5	スピーカ	
7 4 0 6	マイク	
7 4 0 7	カメラ	
7 5 0 0 (1)、7 5 0 0 (2)	筐体	
7 5 0 1 (1)、7 5 0 1 (2)	第1面	
7 5 0 2 (1)、7 5 0 2 (2)	第2面	
8 0 0 1	照明装置	
8 0 0 2	照明装置	
8 0 0 3	照明装置	50

9 3 1 0 携帯情報端末
 9 3 1 1 表示部
 9 3 1 2 表示領域
 9 3 1 3 ヒンジ
 9 3 1 5 筐体

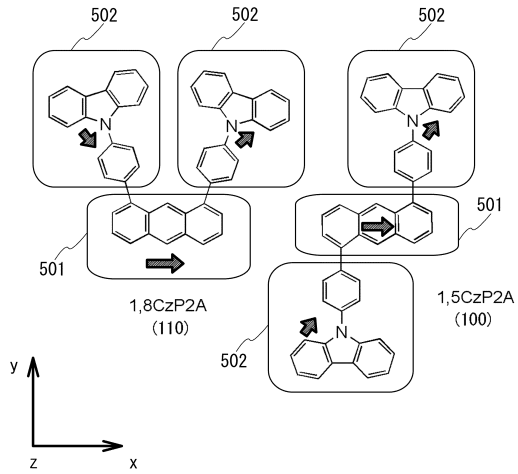
【図 1】



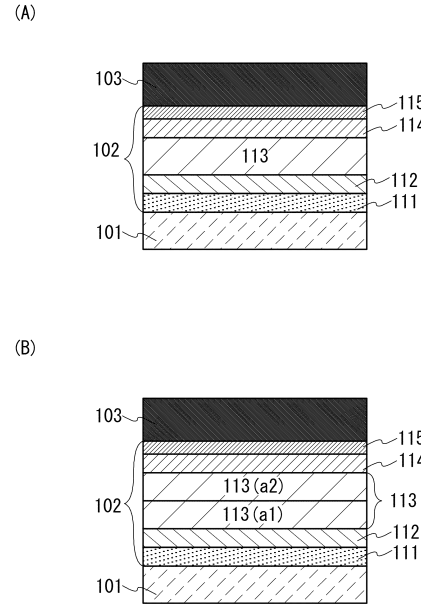
【図 2】



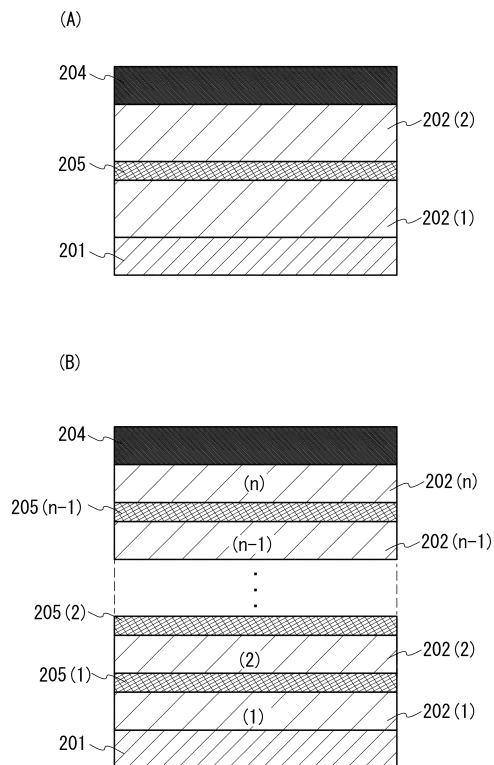
【図 3】



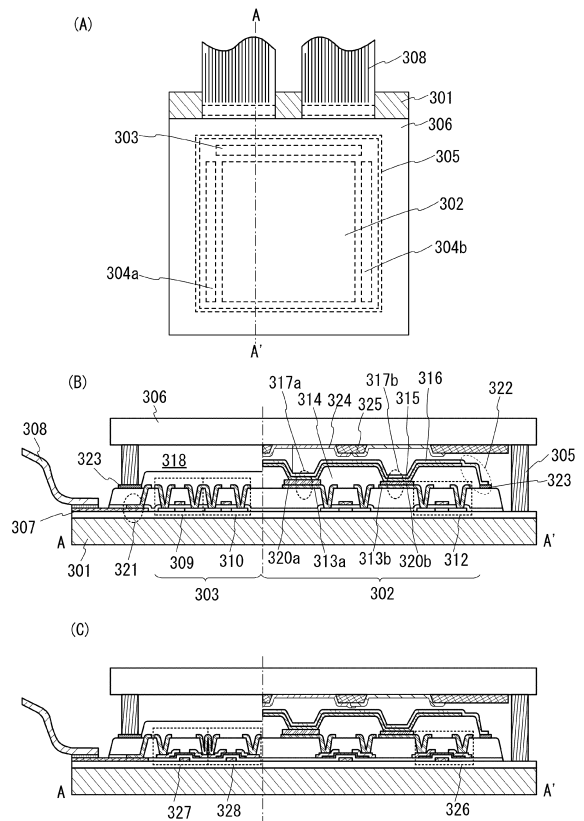
【図 4】



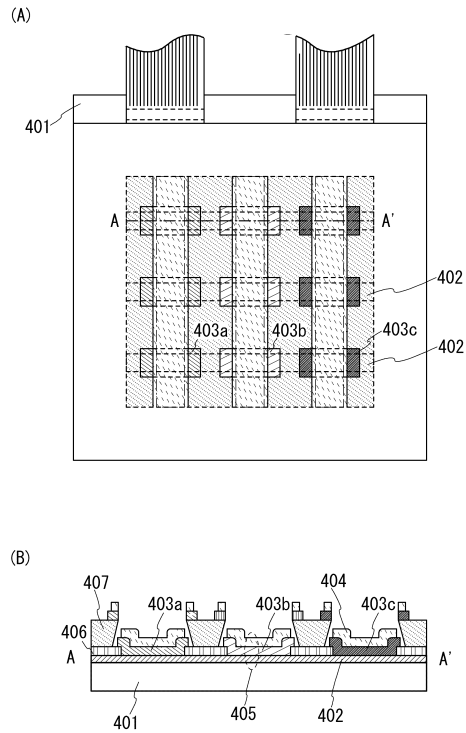
【図 5】



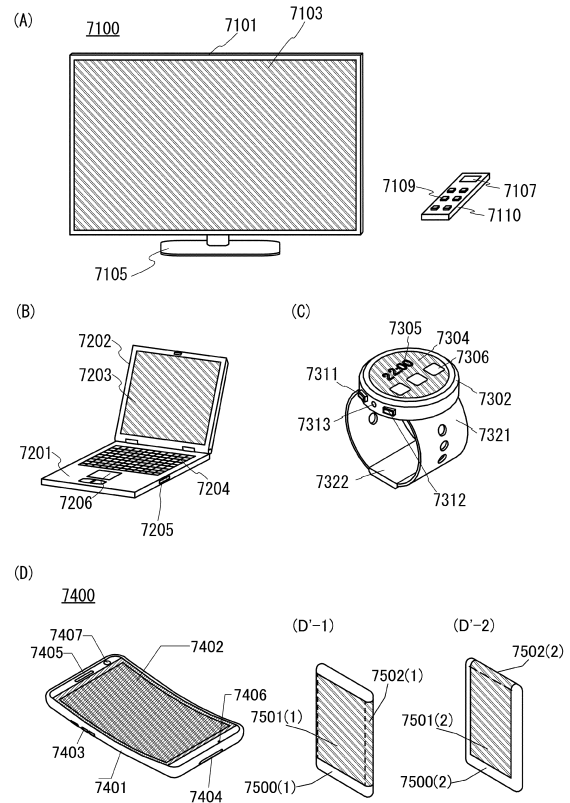
【図 6】



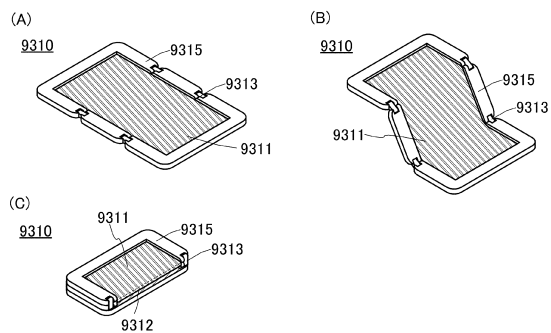
【図 7】



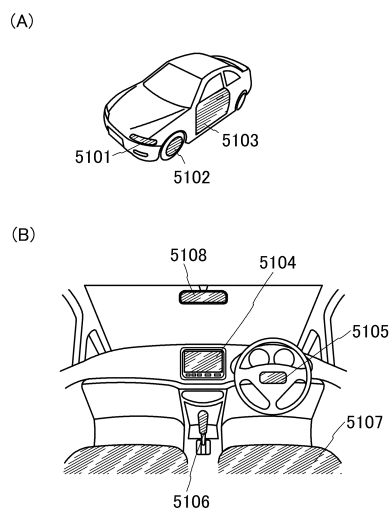
【図 8】



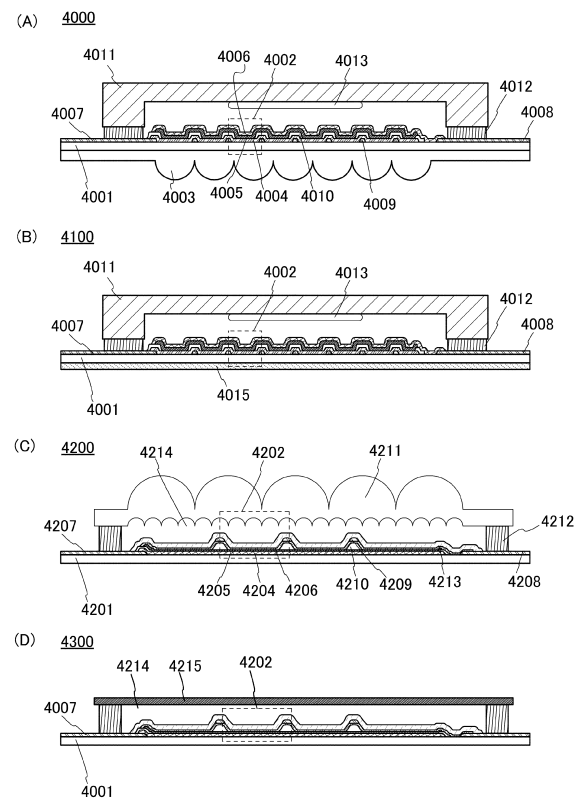
【図 9】



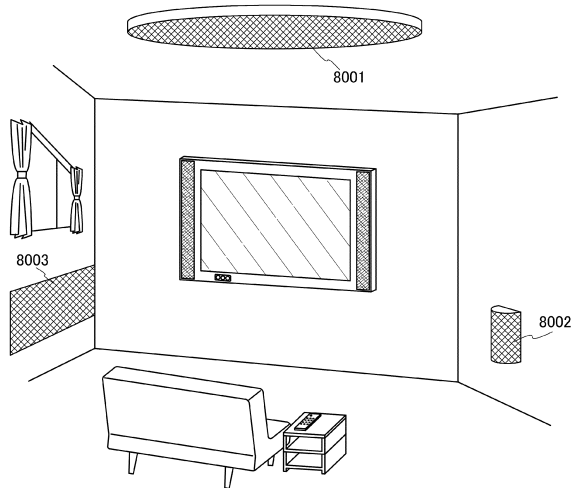
【図 10】



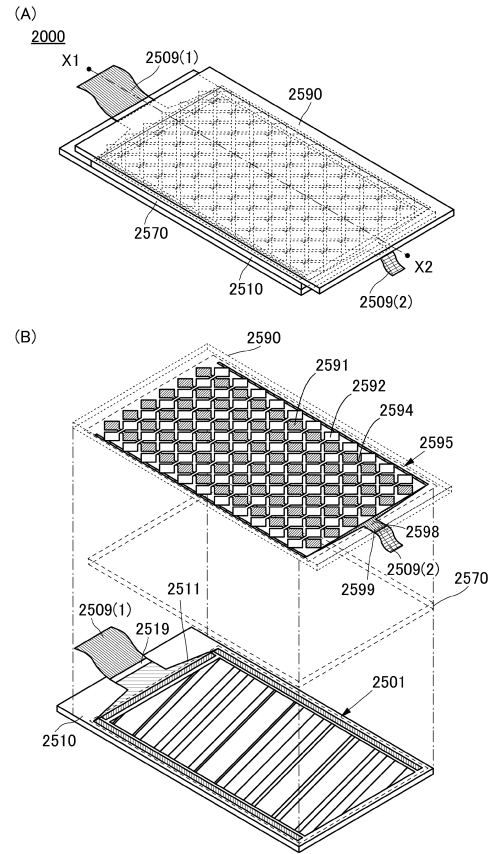
【図 11】



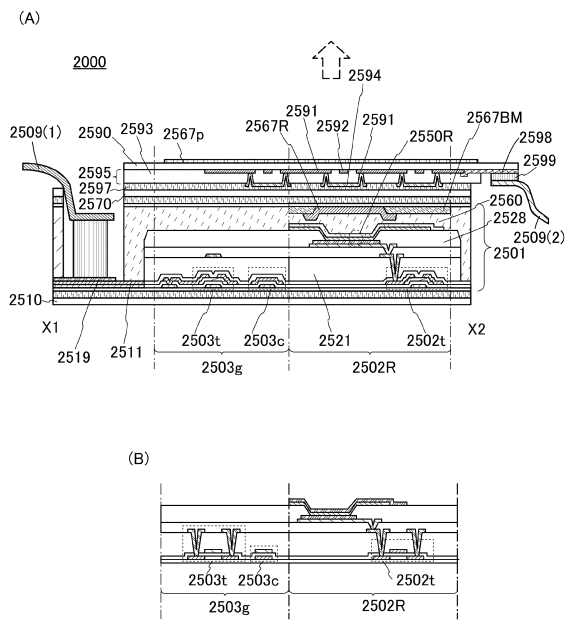
【図 1 2】



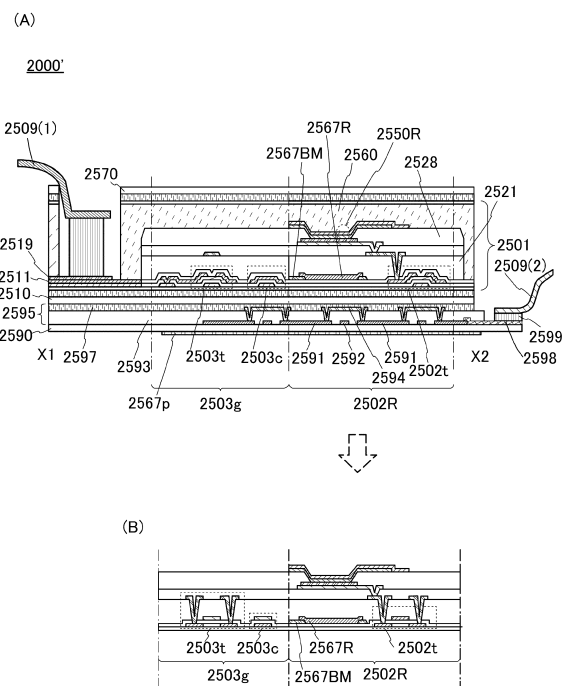
【図 1 3】



【図 1 4】

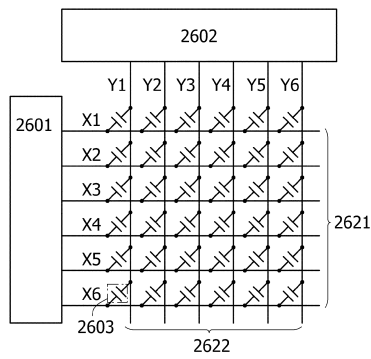


【図 1 5】

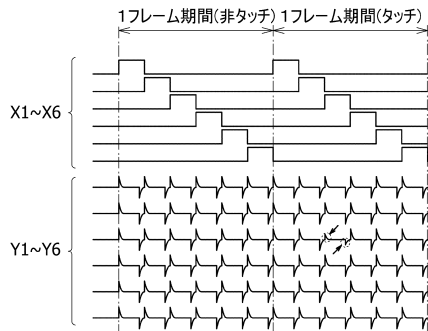


【図 16】

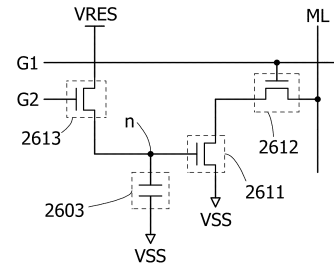
(A)



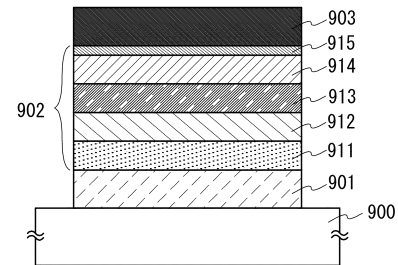
(B)



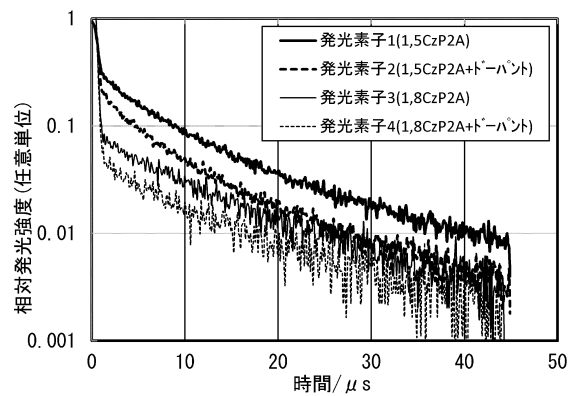
【図 17】



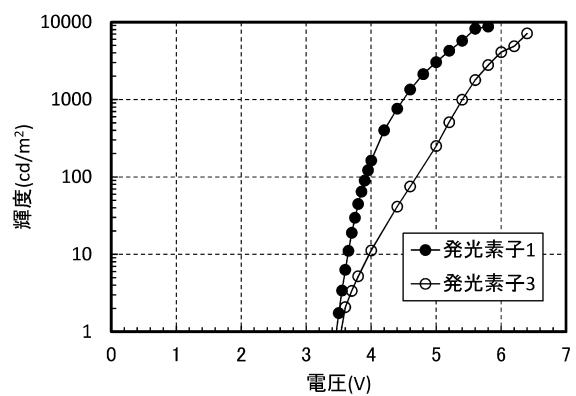
【図 18】



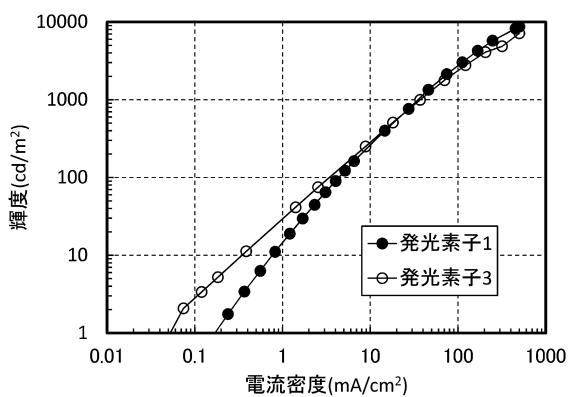
【図 19】



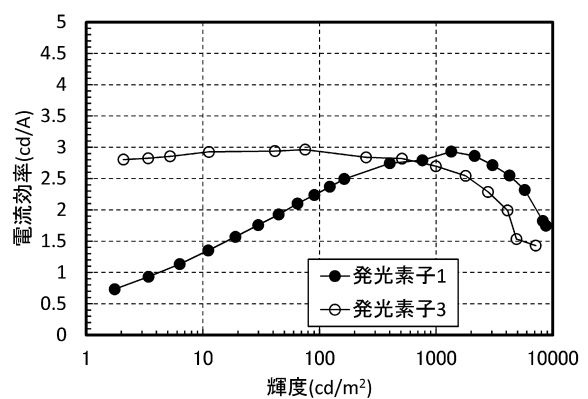
【図 21】



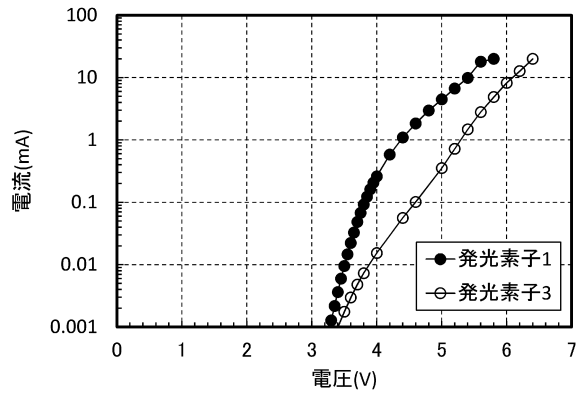
【図 20】



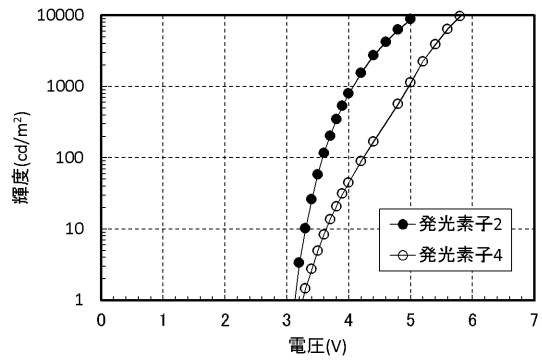
【図 22】



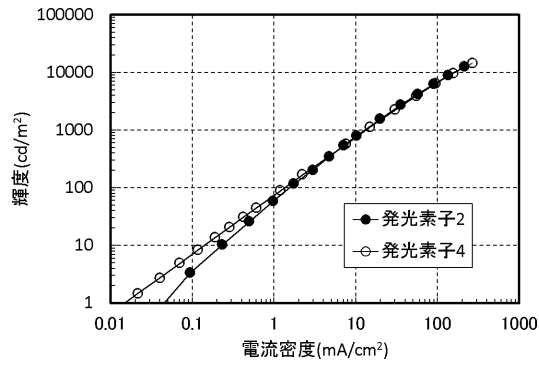
【図 2 3】



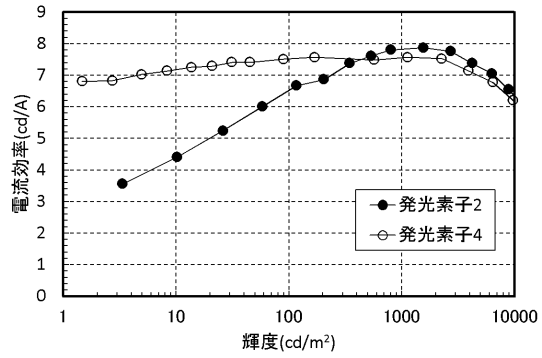
【図 2 5】



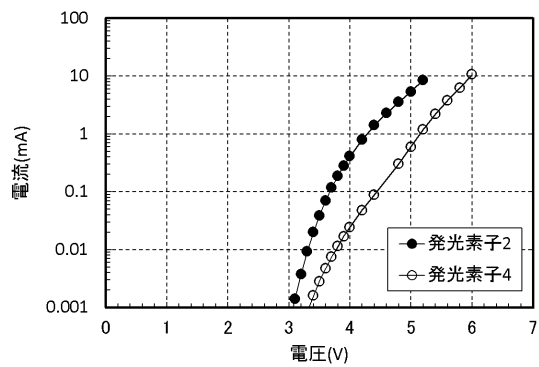
【図 2 4】



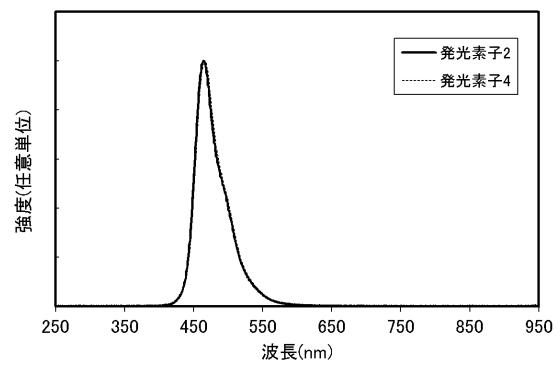
【図 2 6】



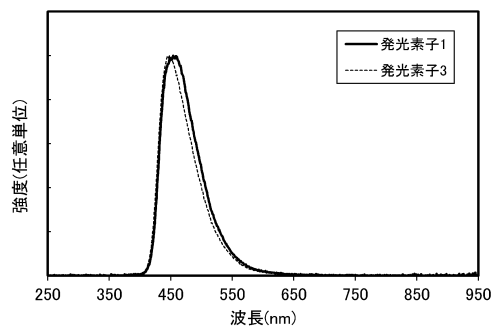
【図 2 7】



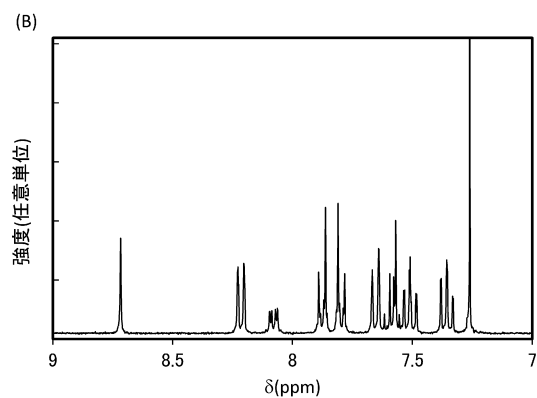
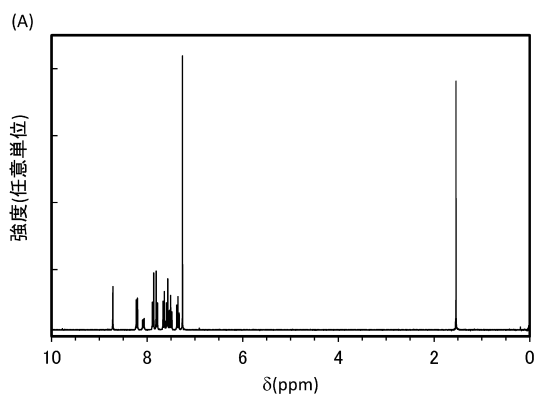
【図 2 9】



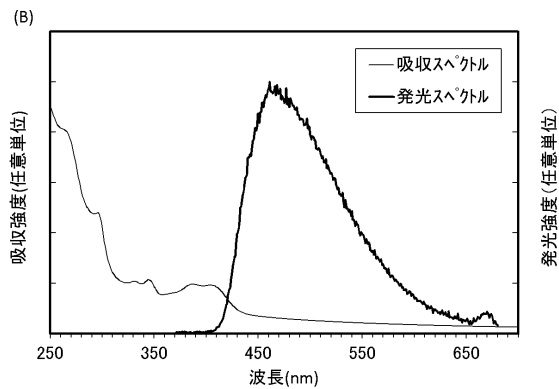
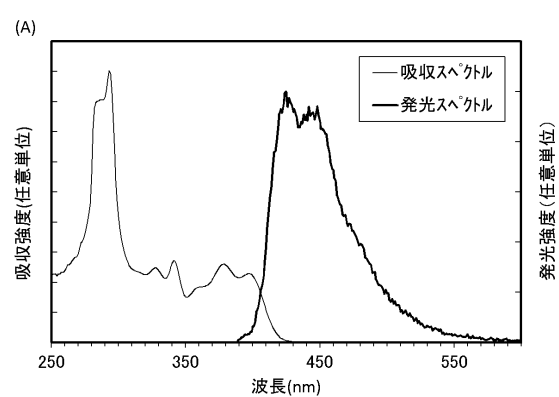
【図 2 8】



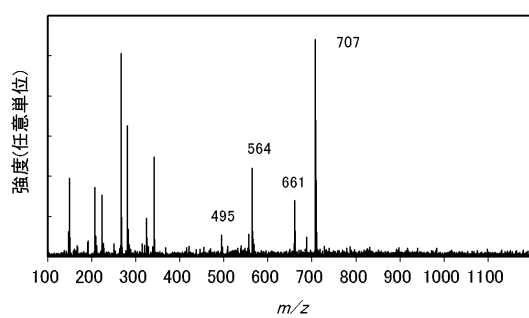
【図 3 0】



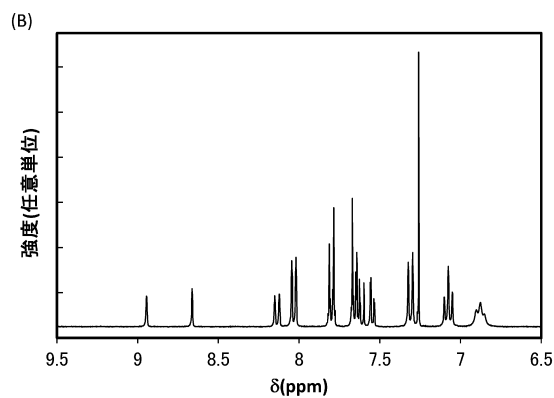
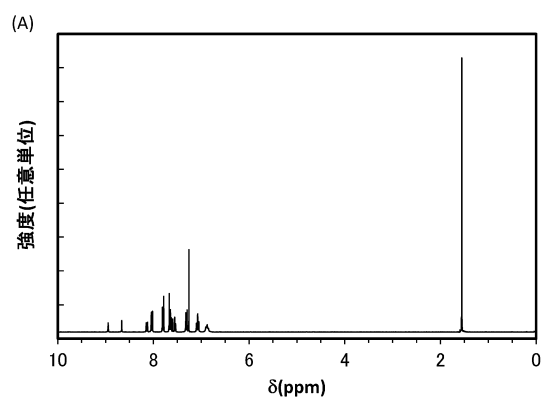
【図 3 1】



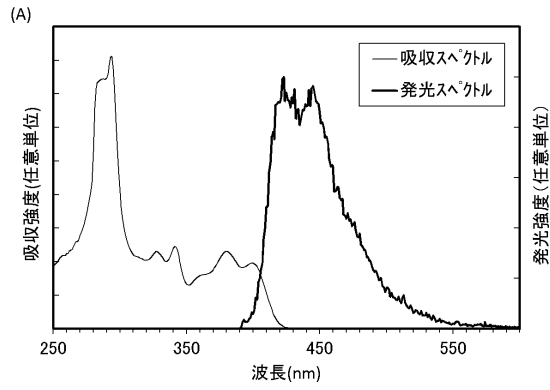
【図 3 2】



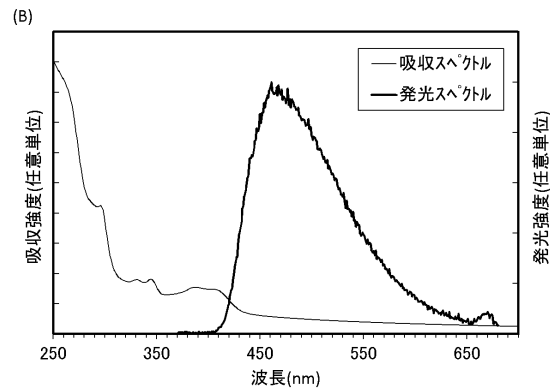
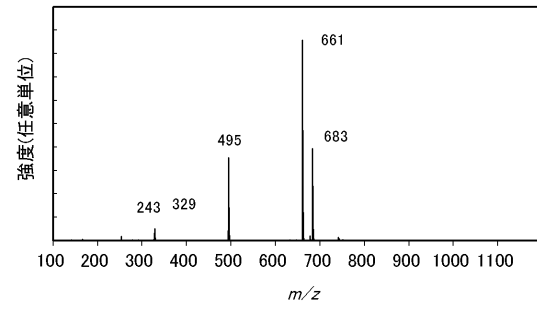
【図 3 3】



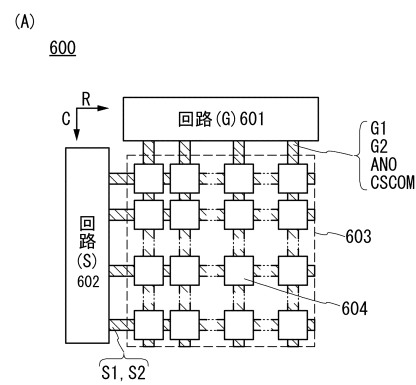
【図 3 4】



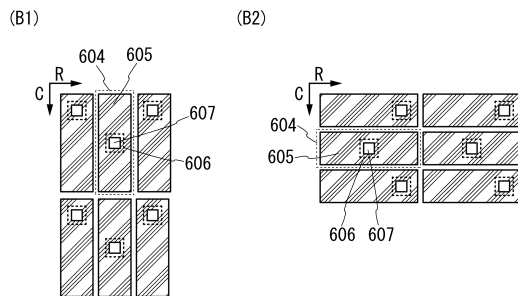
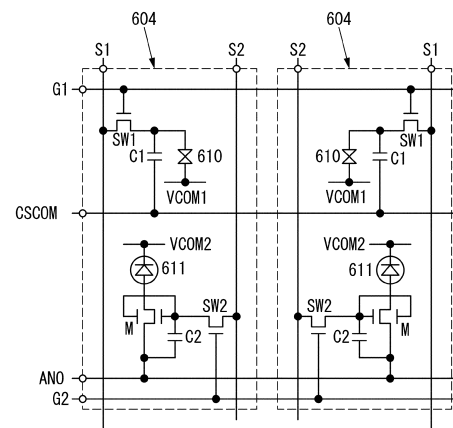
【図 3 5】



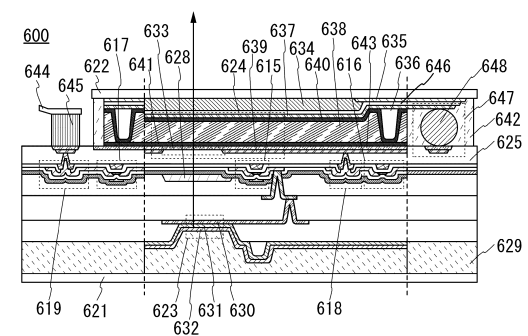
【図 3 6】



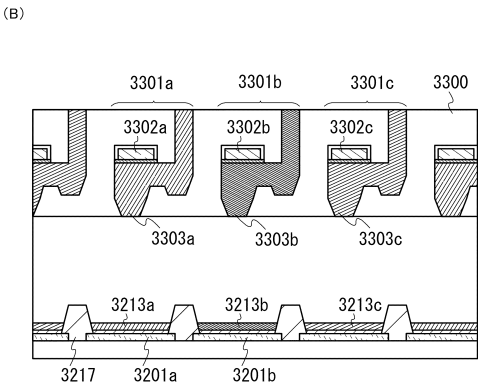
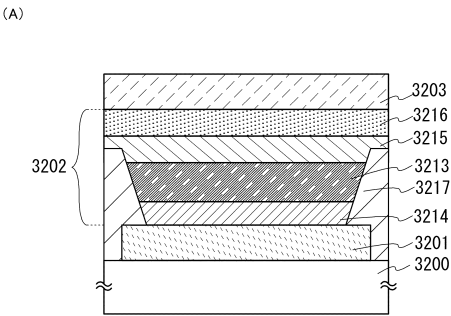
【図 3 7】



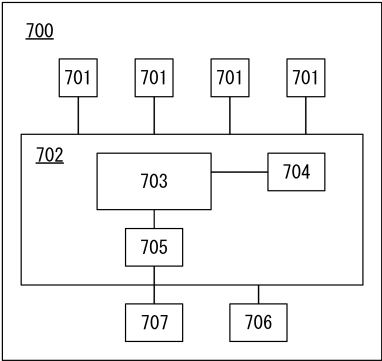
【図 3 8】



【図 3 9】



【図 4 0】



フロントページの続き

- (72)発明者 橋本 直明
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 竹田 恭子
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 岩井 好子

- (56)参考文献 特開2015-109407 (JP, A)
韓国公開特許第10-2011-0006129 (KR, A)
米国特許出願公開第2011/0108826 (US, A1)
国際公開第2015/090177 (WO, A1)
特表2018-501668 (JP, A)
国際公開第2015/159971 (WO, A1)
特開2015-117235 (JP, A)
特開2014-090165 (JP, A)
特開2004-214180 (JP, A)
特開2009-266570 (JP, A)
特開2009-266503 (JP, A)
特開2012-209504 (JP, A)
国際公開第2015/022974 (WO, A1)
特表2011-505479 (JP, A)
特開2013-010731 (JP, A)
特開2012-092087 (JP, A)
特開2013-037678 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 51/50
CAplus/REGISTRY (STN)