

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7337902号

(P7337902)

(45)発行日 令和5年9月4日(2023.9.4)

(24)登録日 令和5年8月25日(2023.8.25)

(51)国際特許分類

F I

H 1 0 K 50/12 (2023.01)

H 1 0 K 50/12

G 0 2 B 5/20 (2006.01)

G 0 2 B 5/20 1 0 1

H 1 0 K 50/84 (2023.01)

H 1 0 K 50/84

H 1 0 K 59/12 (2023.01)

H 1 0 K 59/12

H 1 0 K 59/17 (2023.01)

H 1 0 K 59/17

請求項の数 5 (全64頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2021-204793(P2021-204793)

(22)出願日 令和3年12月17日(2021.12.17)

(62)分割の表示 特願2020-79965(P2020-79965)の
分割

原出願日 平成27年10月9日(2015.10.9)

(65)公開番号 特開2022-27965(P2022-27965A)

(43)公開日 令和4年2月14日(2022.2.14)

審査請求日 令和4年1月13日(2022.1.13)

(31)優先権主張番号 特願2014-208543(P2014-208543)

(32)優先日 平成26年10月10日(2014.10.10)

(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷3 9 8 番地

(72)発明者 大澤 信晴

神奈川県厚木市長谷3 9 8 番地 株式会
社半導体エネルギー研究所内

(72)発明者 瀬尾 哲史

神奈川県厚木市長谷3 9 8 番地 株式会
社半導体エネルギー研究所内

審査官 藤岡 善行

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 発光素子、表示装置、電子機器および照明装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

一対の電極と、前記一対の電極間に設けられた発光層と、を有し、

前記発光層は、第1の材料と、第2の材料と、を有し(ただし、前記第1の材料が下記
2 m D B T P D B q - I I と下記 P C A S F の混合材料であり、前記第2の材料がルブレ
ンである場合と、前記第1の材料が下記 4 , 6 m C z P 2 P m と下記 P C B B i F の混合
材料であり、前記第2の材料がルブレンである場合を除く)、前記第1の材料は、三重項励起状態から逆項間交差により一重項励起状態を生成できる
機能を有し、

前記第2の材料は、蛍光を呈することができる機能を有し、

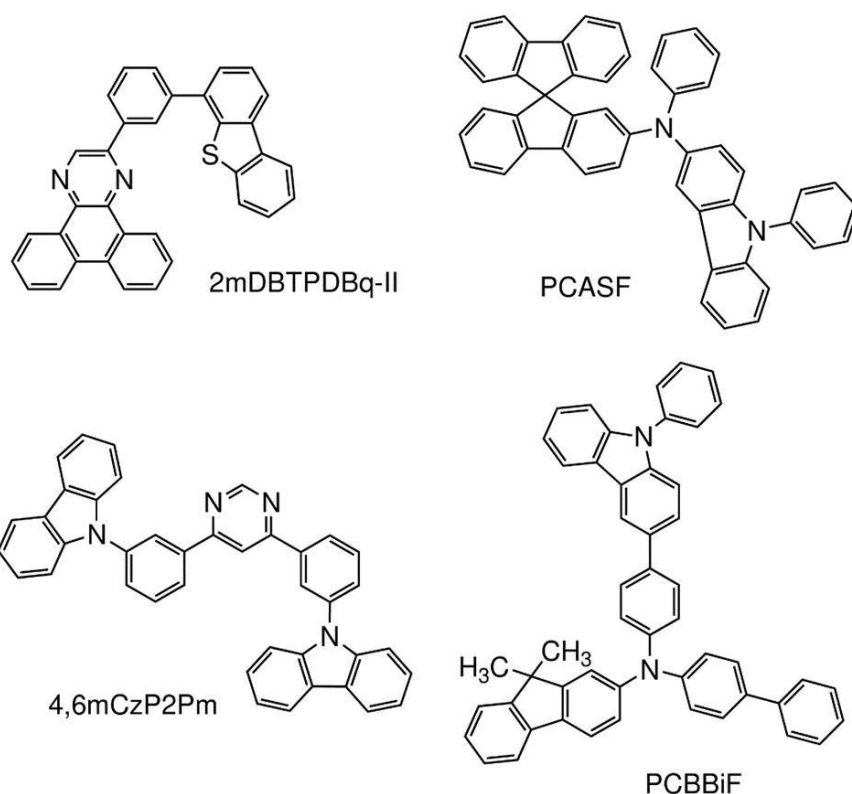
前記第1の材料の最低励起三重項エネルギー準位は、前記第2の材料の最低励起一重項
エネルギー準位以上であり、前記第2の材料の第二励起三重項エネルギー準位は、前記第1の材料の最低励起三重項
エネルギー準位以上であり、前記第1の材料の最低励起三重項エネルギー準位は、前記第2の材料の最低励起三重項
エネルギー準位以上であり、前記第1の材料の最低励起三重項エネルギー準位と、前記第2の材料の最低励起三重項
エネルギー準位と、の差が 0 . 5 e V 以上であり、前記第1の材料の発光スペクトルと、前記第2の材料の吸収スペクトルの最も長波長側
に現れる吸収帯とが重なりを有し、

10

20

前記第 2 の材料からの発光が得られる、発光素子。

【化 1】



10

20

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記第 1 の材料の最低励起一重項エネルギー準位と、前記第 1 の材料の最低励起三重項エネルギー準位と、の差が 0 eV を超えて 0.2 eV 以下である発光素子。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の発光素子と、カラーフィルタ、シール、またはトランジスタと、を有する表示装置。

30

【請求項 4】

請求項 3 に記載の表示装置と、筐体またはタッチセンサと、を有する電子機器。

【請求項 5】

請求項 1 または 2 に記載の発光素子と、筐体またはタッチセンサと、を有する照明装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の一態様は、電界を加えることにより発光が得られる発光層を一对の電極間に挟んでなる発光素子、または該発光素子を有する表示装置、電子機器、及び照明装置に関する。

40

【0002】

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、マニュファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関するものである。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、照明装置、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。

【背景技術】

50

【0003】

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、一対の電極間に発光性の物質を含む層（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、発光性の物質からの発光が得られる。

【0004】

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も有する。

【0005】

発光材料に有機材料を用い、一対の電極間に当該発光材料を含むEL層を設けた発光素子（例えば、有機EL素子）の場合、一対の電極間に電圧を印加することにより、陰極から電子が、陽極から正孔（ホール）がそれぞれ発光性のEL層に注入され、電流が流れる。そして、注入された電子及び正孔が再結合することによって発光性の有機材料が励起状態となり、励起された発光性の有機材料から発光を得ることができる。

【0006】

有機材料が形成する励起状態の種類としては、一重項励起状態（ S^* ）と三重項励起状態（ T^* ）があり、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。そのため、蛍光を発する材料を用いた発光素子より、燐光を発する材料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を発する材料を用いた発光素子の開発が近年盛んに行われている。

【0007】

また、三重項励起状態の一部を発光に変換することが可能な材料として、熱活性化遅延蛍光（Thermally Activated Delayed Fluorescence：TADF）体が知られている。熱活性化遅延蛍光体では、三重項励起状態から逆項間交差により一重項励起状態が生成され、一重項励起状態から発光に変換される。特許文献1及び特許文献2では、熱活性化遅延蛍光を発する材料について開示されている。

【0008】

熱活性化遅延蛍光体を用いた発光素子において、発光効率を高めるためには、熱活性化遅延蛍光体において、三重項励起状態から一重項励起状態が効率よく生成するだけでなく、一重項励起状態から効率よく発光が得られること、すなわち蛍光量子収率が高いことが重要となる。しかしながら、この2つを同時に満たす発光材料を設計することは困難である。

【0009】

そこで、熱活性化遅延蛍光体と、蛍光を発する材料と、を有する発光素子において、熱活性化遅延蛍光体の一重項励起エネルギーを、蛍光を発する材料へと移動させ、蛍光を発する材料から発光を得る方法が提案されている（特許文献3参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【文献】特開2004-241374号公報

特開2006-24830号公報

特開2014-45179号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

熱活性化遅延蛍光体と、蛍光を発する材料と、を有する発光素子において、発光効率を高めるためには、熱活性化遅延蛍光体において、一重項励起状態が三重項励起状態から効

10

20

30

40

50

率よく生成することが重要である。また、熱活性化遅延蛍光体の一重項励起状態から、蛍光を発する材料の一重項励起状態へ、効率よく励起エネルギーが移動することが重要である。また、蛍光を発する材料の一重項励起状態から効率よく発光が得られること、すなわち蛍光を発する材料の蛍光量子収率が高いことが重要である。

【0012】

熱活性化遅延蛍光体の一重項励起状態から、蛍光を発する材料の一重項励起状態へ、励起エネルギーが効率よく移動するとき、熱活性化遅延蛍光体の三重項励起状態から、蛍光を発する材料の三重項励起状態へも、励起エネルギーが移動することがある。熱活性化遅延蛍光体の三重項励起状態から、蛍光を発する材料の三重項励起状態へ、励起エネルギーが移動すると、熱活性化遅延蛍光体において、三重項励起状態から一重項励起状態が生成する確率が低下する。したがって、発光素子の発光効率を高めるためには、熱活性化遅延蛍光体の三重項励起状態から、蛍光を発する材料の三重項励起状態へ、励起エネルギーが移動することを防ぐことが重要である。

10

【0013】

本発明の一態様では、蛍光を発する材料を発光材料として有する発光素子において、発光効率が高い発光素子を提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様では、信頼性の高い発光素子を提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様では、発光効率が高く、信頼性の高い発光素子を提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様では、新規な発光素子を提供することを課題の一つとする。または、本発明の一態様では、発光効率が高く、消費電力が低減された新規な発光素子を提供することを課題の一つとする。

20

【0014】

なお、上記の課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの課題の全てを解決する必要はない。上記以外の課題は、明細書等の記載から自ずと明らかになるものであり、明細書等の記載から上記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】

【0015】

本発明の一態様は、一対の電極と、一対の電極間に設けられたEL層と、を有する発光素子であって、EL層は、ホスト材料と、ゲスト材料と、を有し、ホスト材料は、室温で熱活性化遅延蛍光を呈することができる機能を有し、ゲスト材料は、蛍光を呈することができる機能を有し、ゲスト材料の第二励起三重項エネルギー準位は、ゲスト材料の最低励起一重項エネルギー準位以上である、ことを特徴とする発光素子である。

30

【0016】

また、本発明の他の一態様は、一対の電極と、一対の電極間に設けられたEL層と、を有する発光素子であって、EL層は、ホスト材料と、ゲスト材料と、を有し、ホスト材料は、室温で熱活性化遅延蛍光を呈することができる機能を有し、ゲスト材料は、蛍光を呈することができる機能を有し、ゲスト材料の第二励起三重項エネルギー準位は、ホスト材料の最低励起三重項エネルギー準位以上であり、ホスト材料の最低励起三重項エネルギー準位は、ゲスト材料の最低励起三重項エネルギー準位以上である、ことを特徴とする発光素子である。

40

【0017】

また、上記構成において、ゲスト材料の第二励起三重項エネルギー準位は、ホスト材料の最低励起一重項エネルギー準位以上であると好ましい。

【0018】

また、上記各構成において、ホスト材料の最低励起三重項エネルギー準位と、ゲスト材料の最低励起三重項エネルギー準位と、の差が0.5 eV以上であると好ましい。

【0019】

また、上記各構成において、ホスト材料の熱活性化遅延蛍光の発光エネルギーは、ゲスト材料の燐光発光エネルギー以上であると好ましい。

50

【0020】

また、上記構成において、ホスト材料の熱活性化遅延蛍光の発光エネルギーと、ゲスト材料の燐光発光エネルギーと、の差が0.5 eV以上であると好ましい。

【0021】

また、本発明の他の一態様は、一対の電極と、一対の電極間に設けられたEL層と、を有する発光素子であって、EL層は、ホスト材料と、ゲスト材料と、を有し、ホスト材料は、室温で熱活性化遅延蛍光を呈することができる機能を有し、ゲスト材料は、蛍光を呈することができる機能を有し、ゲスト材料の第二励起三重項エネルギー準位は、ホスト材料の最低励起三重項エネルギー準位以上であり、ホスト材料の最低励起三重項エネルギー準位は、ゲスト材料の最低励起一重項エネルギー準位以上である、ことを特徴とする発光素子である。

10

【0022】

また、上記構成において、ゲスト材料の第二励起三重項エネルギー準位は、ホスト材料の最低励起一重項エネルギー準位以上であると好ましい。

【0023】

また、上記各構成において、ホスト材料の熱活性化遅延蛍光の発光エネルギーは、ゲスト材料の蛍光発光エネルギー以上であると好ましい。

【0024】

また、上記各構成において、ホスト材料の最低励起一重項エネルギー準位と、ホスト材料の最低励起三重項エネルギー準位と、の差が0 eVを超えて0.2 eV以下であると好ましい。

20

【0025】

また、本発明の他の一態様は、一対の電極と、一対の電極間に設けられたEL層と、を有する発光素子であって、EL層は、ホスト材料と、ゲスト材料と、を有し、ホスト材料は、第1の有機化合物と、第2の有機化合物と、を有し、第1の有機化合物と、第2の有機化合物と、で形成される励起錯体は、室温で熱活性化遅延蛍光を呈することができる機能を有し、ゲスト材料は、蛍光を呈することができる機能を有し、ゲスト材料の第二励起三重項エネルギー準位は、ゲスト材料の最低励起一重項エネルギー準位以上である、ことを特徴とする発光素子である。

【0026】

30

また、本発明の他の一態様は、一対の電極と、一対の電極間に設けられたEL層と、を有する発光素子であって、EL層は、ホスト材料と、ゲスト材料と、を有し、ホスト材料は、第1の有機化合物と、第2の有機化合物と、を有し、第1の有機化合物と、第2の有機化合物と、で形成される励起錯体は、室温で熱活性化遅延蛍光を呈することができる機能を有し、ゲスト材料は、蛍光を呈することができる機能を有し、ゲスト材料の第二励起三重項エネルギー準位は、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位以上であり、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位は、ゲスト材料の最低励起三重項エネルギー準位以上である、ことを特徴とする発光素子である。

【0027】

上記構成において、ゲスト材料の第二励起三重項エネルギー準位は、励起錯体の最低励起一重項エネルギー準位以上であると好ましい。

40

【0028】

また、上記各構成において、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位と、ゲスト材料の最低励起三重項エネルギー準位と、の差が0.5 eV以上であると好ましい。

【0029】

また、上記各構成において、励起錯体の熱活性化遅延蛍光体の発光エネルギーは、ゲスト材料の燐光発光エネルギー以上であると好ましい。

【0030】

また、上記構成において、励起錯体の熱活性化遅延蛍光体の発光エネルギーと、ゲスト材料の燐光発光エネルギーと、の差が0.5 eV以上であると好ましい。

50

【0031】

また、本発明の他の一態様は、一対の電極と、一対の電極間に設けられたEL層と、を有する発光素子であって、EL層は、ホスト材料と、ゲスト材料と、を有し、ホスト材料は、第1の有機化合物と、第2の有機化合物と、を有し、第1の有機化合物と、第2の有機化合物と、で形成される励起錯体は、室温で熱活性化遅延蛍光を呈することができる機能を有し、ゲスト材料は、蛍光を呈することができる機能を有し、ゲスト材料の第二励起三重項エネルギー準位は、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位以上であり、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位は、ゲスト材料の最低励起一重項エネルギー準位以上である、ことを特徴とする発光素子である。

【0032】

また、上記構成において、ゲスト材料の第二励起三重項エネルギー準位は、励起錯体の最低励起一重項エネルギー準位以上であると好ましい。

【0033】

また、上記各構成において、励起錯体の熱活性化遅延蛍光の発光エネルギーは、ゲスト材料の蛍光発光エネルギー以上であると好ましい。

【0034】

また、上記各構成において、励起錯体の最低励起一重項エネルギー準位と、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位と、の差が0 eVを超えて0.2 eV以下であると好ましい。

【0035】

また、上記各構成において、ゲスト材料が発光を呈すると好ましい。

【0036】

また、上記各構成において、ゲスト材料は、アントラセン、テトラセン、クリセン、ピレン、ペリレン、アクリドン、の中から選ばれる一以上の骨格と、芳香族アミン、アルキル基、アリール基、の中から選ばれる一以上の置換基と、を有すると好ましい。

【0037】

また、上記構成において、上記骨格は、上記置換基と結合していると好ましい。

【0038】

また、上記構成において、上記骨格は、2つの上記置換基と結合し、且つ上記置換基が同一構造であると好ましい。

【0039】

また、本発明の他の一態様は、上記各構成の発光素子と、カラーフィルタ、シール、またはトランジスタと、を有する表示装置である。また、本発明の他の一態様は、当該表示装置と、筐体またはタッチセンサと、を有する電子機器である。また、本発明の他の一態様は、上記各構成の発光素子と、筐体またはタッチセンサと、を有する照明装置である。

【発明の効果】

【0040】

本発明の一態様により、蛍光を発する材料を発光材料として有する発光素子において、発光効率が高い発光素子を提供することができる。または、本発明の一態様により、信頼性の高い発光素子を提供することができる。または、本発明の一態様により、発光効率が高く、信頼性の高い発光素子を提供することができる。または、本発明の一態様により、新規な発光素子を提供することができる。または、本発明の一態様により、発光効率が高く、消費電力が低減された新規な発光素子を提供することができる。

【0041】

なお、これらの効果の記載は、他の効果の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの効果の全てを有する必要はない。なお、これら以外の効果は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の効果を抽出することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図 1】本発明の一態様の発光素子の断面模式図、及びエネルギー準位の相関を説明する模式図。

【図 2】本発明の一態様に係る、ホスト材料の過渡蛍光特性を説明する図。

【図 3】本発明の一態様の発光素子の発光層における断面模式図、及びエネルギー準位の相関を説明する模式図。

【図 4】本発明の一態様の発光素子を説明する断面模式図、及び発光層におけるエネルギー準位の相関を説明する図。

【図 5】本発明の一態様の発光素子を説明する断面模式図、及び発光層におけるエネルギー準位の相関を説明する図。

【図 6】本発明の一態様の表示装置を説明するブロック図及び回路図。

10

【図 7】本発明の一態様のタッチパネルの一例を示す斜視図。

【図 8】本発明の一態様の表示装置、及びタッチセンサの一例を示す断面図。

【図 9】本発明の一態様のタッチパネルの一例を示す断面図。

【図 10】本発明の一態様のタッチセンサのブロック図及びタイミングチャート図。

【図 11】本発明の一態様のタッチセンサの回路図。

【図 12】本発明の一態様の表示モジュールを説明する斜視図。

【図 13】本発明の一態様の電子機器について説明する図。

【図 14】本発明の一態様の照明装置について説明する図。

【発明を実施するための形態】

【0043】

20

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。

【0044】

なお、図面等において示す各構成の、位置、大きさ、範囲などは、理解の簡単のため、実際の位置、大きさ、範囲などを表していない場合がある。このため、開示する発明は、必ずしも、図面等を開示された位置、大きさ、範囲などに限定されない。

【0045】

また、本明細書等において、第 1、第 2 等として付される序数詞は便宜上用いるものであり、工程順又は積層順を示さない場合がある。そのため、例えば、「第 1 の」を「第 2 の」又は「第 3 の」などと適宜置き換えて説明することができる。また、本明細書等に記載されている序数詞と、本発明の一態様を特定するために用いられる序数詞は一致しない場合がある。

30

【0046】

また、本明細書等において、図面を用いて発明の構成を説明するにあたり、同じものを指す符号は異なる図面間でも共通して用いる場合がある。

【0047】

また、本明細書等において、「膜」という用語と、「層」という用語とは、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。

40

【0048】

また、本明細書等において、一重項励起状態は、励起エネルギーを有する一重項状態のことである。一重項励起状態のうち、最も低いエネルギーを有する励起状態を、最低励起一重項状態という。

【0049】

また、本明細書等において、一重項励起エネルギー準位は、一重項励起状態のエネルギー準位のことである。一重項励起エネルギー準位のうち、最も低い励起エネルギー準位を、最低励起一重項エネルギー準位という。

50

【0050】

また、本明細書等において、三重項励起状態は、励起エネルギーを有する三重項状態のことである。三重項励起状態のうち、最も低いエネルギーを有する励起状態を、最低励起三重項状態という。また、三重項励起状態のうち、最低励起三重項状態より高いエネルギーを有する励起状態を、高励起三重項状態という。また、高励起三重項状態のうち、最も低いエネルギーを有する励起状態を、第二励起三重項状態という。

【0051】

また、本明細書等において、三重項励起エネルギー準位は、三重項励起状態のエネルギー準位のことである。三重項励起エネルギー準位のうち、最も低い励起エネルギー準位を、最低励起三重項エネルギー準位という。また、三重項励起エネルギー準位のうち、最低励起三重項エネルギー準位より高いエネルギー準位を、高励起三重項エネルギー準位という。また、高励起三重項エネルギー準位のうち、最も低いエネルギー準位を、第二励起三重項エネルギー準位という。

10

【0052】

また、本明細書等において蛍光材料とは、一重項励起状態から基底状態へ緩和する際に可視光領域に発光を与える材料である。燐光材料とは、三重項励起状態から基底状態へ緩和する際に、室温において可視光領域に発光を与える材料である。換言すると燐光材料とは、三重項励起エネルギーを可視光へ変換可能な材料の一つである。

【0053】

また、本明細書等において、熱活性化遅延蛍光体とは、熱活性化により三重項励起状態から逆項間交差により一重項励起状態を生成できる材料をいう。熱活性化遅延蛍光体は、例えば、TADFを発する材料のように、単独で三重項励起状態から逆項間交差により一重項励起状態を生成できる材料を含んでも良い。また、励起錯体（エキサイプレックス、またはExciplexともいう）を形成する2種類の材料の組み合わせを含んでも良い。

20

【0054】

熱活性化遅延蛍光体とは、三重項励起状態と一重項励起状態が近い材料ということもできる。より具体的には、三重項励起状態と一重項励起状態のエネルギー準位の差が0 eVを超えて0.2 eV以下の材料が好ましい。すなわち、TADFを発する材料のように単独で三重項励起状態から逆項間交差により一重項励起状態を生成できる材料における、三重項励起状態と一重項励起状態のエネルギー準位の差が0 eVを超えて0.2 eV以下であるか、励起錯体における三重項励起状態と一重項励起状態のエネルギー準位の差が0 eVを超えて0.2 eV以下であることが好ましい。

30

【0055】

また、本明細書等において、熱活性化遅延蛍光の発光エネルギーは、熱活性化遅延蛍光の最も短波長側の発光ピーク（ショルダーを含む）とする。また、本明細書等において、燐光発光エネルギーまたは三重項励起エネルギーとは、燐光発光の最も短波長側の燐光発光ピーク（ショルダーを含む）とする。なお、上記燐光発光は、低温（例えば、10 K）環境下において、時間分解フォトルミネッセンス法を行うことで観測することができる。

【0056】

なお、本明細書等において、室温とは、0℃乃至40℃のいずれかの温度をいう。

40

【0057】

（実施の形態1）

本実施の形態では、本発明の一態様の発光素子について、図1乃至図3を用いて以下説明する。

【0058】

<1. 発光素子の構成例1>

まず、本発明の一態様の発光素子の構成について、図1（A）（B）（C）を用いて、以下説明する。

【0059】

50

図 1 (A) は、本発明の一態様の発光素子 150 の断面模式図である。

【0060】

発光素子 150 は、一対の電極（電極 101 及び電極 102）間に設けられた EL 層 100 を有する。EL 層 100 は、少なくとも発光層 130 を有する。なお、本実施の形態においては、電極 101 を陽極として、電極 102 を陰極として説明する。

【0061】

また、図 1 (A) に示す EL 層 100 は、発光層 130 の他に、各機能層を有し、各機能層は、正孔注入層 111、正孔輸送層 112、電子輸送層 117、及び電子注入層 118 を有する。なお、EL 層 100 の構成は、図 1 (A) に示す構成に限定されず、正孔注入層 111、正孔輸送層 112、電子輸送層 117、及び電子注入層 118 の中から選ばれた少なくとも一つを有する構成とすればよい。または、EL 層 100 は、正孔または電子注入障壁を低減する、正孔または電子輸送性を向上する、正孔または電子輸送性を阻害する、または電極による消光現象を抑制する、ことができる等の機能を有する機能層を有する構成としてもよい。

【0062】

また、図 1 (B) は、図 1 (A) に示す発光層 130 の一例を示す断面模式図である。図 1 (B) に示す発光層 130 は、ホスト材料 131 と、ゲスト材料 132 と、を有する。

【0063】

ホスト材料 131 は、三重項励起エネルギーを逆項間交差によって一重項励起エネルギーに変換する機能を有すると好ましい。そうすることで、発光層 130 で生成した三重項励起エネルギーの一部を、ホスト材料 131 により一重項励起エネルギーに変換し、ゲスト材料 132 に移動することで、蛍光発光として取り出すことが可能となる。そのためには、ホスト材料 131 の最低励起一重項エネルギー準位とホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位との差が 0 eV を超えて 0.2 eV 以下であると好ましい。特に、ホスト材料 131 としては、室温で熱活性化遅延蛍光を示す物質、すなわち熱活性化遅延蛍光体であると好適である。

【0064】

なお、ホスト材料 131 は単一の材料で構成されていても良く、複数の材料から構成されていても良い。また、ゲスト材料 132 としては、発光性の有機材料を用いればよく、該発光性の有機材料としては、蛍光を発することができる材料（以下、蛍光材料ともいう）であると好適である。以下の説明においては、ゲスト材料 132 として、蛍光材料を用いる構成について説明する。なお、ゲスト材料 132 を蛍光材料として読み替えてもよい。

【0065】

＜＜1-1. 発光素子の発光機構＞＞

まず、発光素子 150 の発光機構について、以下説明を行う。

【0066】

本発明の一態様の発光素子 150 においては、一対の電極（電極 101 及び電極 102）間に電圧を印加することにより、陰極から電子が、陽極から正孔（ホール）が、それぞれ EL 層 100 に注入され、電流が流れる。そして、注入された電子及び正孔が再結合することによって、EL 層 100 が有する発光層 130 内のゲスト材料 132 が励起状態となり、励起されたゲスト材料 132 から発光を得ることができる。

【0067】

なお、以下の 2 つの過程により、ゲスト材料 132 からの発光が得られる。

(α) 直接再結合過程

(β) エネルギー移動過程

【0068】

＜＜1-2. (α) 直接再結合過程＞＞

まず、ゲスト材料 132 における直接再結合過程を説明する。キャリア（電子または正

10

20

30

40

50

孔)が、ゲスト材料132において再結合し、ゲスト材料132の励起状態が形成される。このとき、ゲスト材料132の励起状態が一重項励起状態のとき、蛍光発光が得られる。一方で、ゲスト材料132の励起状態が三重項励起状態のとき、熱失活する。

【0069】

上述の(α)直接再結合過程においては、ゲスト材料132の蛍光量子収率が高ければ、ゲスト材料132の一重項励起状態から効率よく発光する。しかしながら、ゲスト材料132の三重項励起状態は、熱失活するため発光に寄与しない

【0070】

《1-3. (β) エネルギー移動過程》

次に、ホスト材料131及びゲスト材料132のエネルギー移動過程を説明するために、図1(C)にエネルギー準位の相関を説明する模式図を示す。なお、図1(C)における表記及び符号は、以下の通りである。

- ・Host(131)：ホスト材料131
- ・Guest(132)：ゲスト材料132(蛍光材料)
- ・ S_H ：ホスト材料131の最低励起一重項エネルギー準位
- ・ T_H ：ホスト材料131の最低励起三重項エネルギー準位
- ・ S_{1G} ：ゲスト材料132(蛍光材料)の最低励起一重項エネルギー準位
- ・ T_{1G} ：ゲスト材料132(蛍光材料)の最低励起三重項エネルギー準位
- ・ T_{2G} ：ゲスト材料132(蛍光材料)の第二励起三重項エネルギー準位

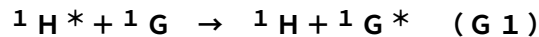
【0071】

キャリアが、ホスト材料131において再結合し、ホスト材料131の励起状態が形成される。このとき、ホスト材料131の励起状態が一重項励起状態であり、且つ、ホスト材料131の S_H が、ゲスト材料132の S_{1G} 以上である場合、図1(C)のルートE₁に示すように、ホスト材料131の一重項励起エネルギーは、ホスト材料131からゲスト材料132に移動し、ゲスト材料132が一重項励起状態となる。一重項励起状態となったゲスト材料132からは、蛍光発光が呈される。

【0072】

なお、ホスト材料131の一重項励起状態から、ゲスト材料132の三重項励起状態へのエネルギー移動は、ゲスト材料132における一重項基底状態から三重項励起状態への直接遷移が禁制であることから、主たるエネルギー移動過程になりにくいため、ここでは省略する。つまり、下記一般式(G1)の通り、ホスト材料131の一重項励起状態から、ゲスト材料132の一重項励起状態へのエネルギー移動が重要である。

【0073】



【0074】

なお、一般式(G1)中、 $^1H^*$ はホスト材料131の最低励起一重項状態を表し、 1G はゲスト材料132の一重項基底状態を表し、 1H はホスト材料131の一重項基底状態を表し、 $^1G^*$ はゲスト材料132の最低励起一重項状態を表す。

【0075】

したがって、ホスト材料131の励起状態が一重項励起状態である場合、ホスト材料131の最低励起一重項エネルギー準位(S_H)は、ゲスト材料132の最低励起一重項エネルギー準位(S_{1G})以上であると好ましい。

【0076】

次に、ホスト材料131の励起状態が生成し、それが三重項励起状態である場合、下記の2つの過程を辿って蛍光発光が得られる。

【0077】

ホスト材料131が、逆項間交差により三重項励起エネルギーの一部を一重項励起エネルギーに変換する機能を有しているため、まず1つ目の過程として、図1(C)のルートA₁に示すように、ホスト材料131の T_H から逆項間交差(アップコンバージョン)によって、 S_H に励起エネルギーが移動する。

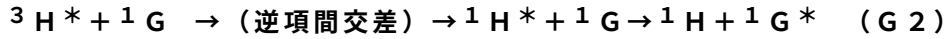
【0078】

それ続く2つ目の過程として、ホスト材料131の S_H が、ゲスト材料132の S_{1G} 以上である場合、図1(C)のルート E_1 に示すように、ホスト材料131の S_H からゲスト材料132の S_{1G} に励起エネルギーが移動し、ゲスト材料132が一重項励起状態となる。一重項励起状態となったゲスト材料132からは蛍光発光が得られる。

【0079】

上述の1つ目の過程及び2つ目の過程は、下記一般式(G2)で表される。

【0080】



【0081】

なお、一般式(G2)中、 $^3H^*$ はホスト材料131の最低励起三重項状態を表し、 1G はゲスト材料132の一重項基底状態を表し、 $^1H^*$ はホスト材料131の最低励起一重項状態を表し、 1H はホスト材料131の一重項基底状態を表し、 $^1G^*$ はゲスト材料132の最低励起一重項状態を表す。

【0082】

一般式(G2)に示すように、ホスト材料131の最低励起三重項状態($^3H^*$)から逆項間交差によってホスト材料131の最低励起一重項状態($^1H^*$)が生成され、その後、ゲスト材料132の最低励起一重項状態($^1G^*$)へ励起エネルギーが移動する。

【0083】

上述の(β)エネルギー移動過程で述べた全てのエネルギー移動過程が効率よく生じれば、ホスト材料131の三重項励起エネルギー及び一重項励起エネルギーの双方が効率よくゲスト材料132の最低励起一重項状態($^1G^*$)に変換されるため、高効率な発光が可能となる。

【0084】

ただし、ホスト材料131の一重項励起状態からゲスト材料132の一重項励起状態に励起エネルギーが移動する前に、ホスト材料131が当該励起エネルギーを光または熱として放出して失活してしまうと、発光効率が低下することになる。また、それ以前の過程として、ホスト材料131において三重項励起状態から一重項励起状態に逆項間交差する A_1 の過程の効率が落ちてしまうと、やはり発光効率が低下することになる。特に、ホスト材料131の T_H が、ゲスト材料132の T_{1G} よりも低い場合は、 $S_H \geq S_{1G} > T_{1G} > T_H$ となるため、 T_H と S_H のエネルギー差が大きくなってしまう。その結果、図1(C)のルート A_1 の逆項間交差が生じにくくなるため、それに続くルート E_1 に示すエネルギー移動過程も減少し、ゲスト材料132の一重項励起状態の生成効率が低下する。したがって、ホスト材料131の最低励起三重項エネルギー準位(T_H)は、ゲスト材料132の最低励起三重項エネルギー準位(T_{1G})以上であると好ましい。

【0085】

なお、図1(C)のルート E_2 に示すように、ホスト材料131の T_H からゲスト材料132の T_{1G} に励起エネルギーが移動する場合も、熱失活する。したがって、図1(C)のルート E_2 に示すエネルギー移動過程が少ない方が、ゲスト材料132の三重項励起状態の生成効率を低減することができ、熱失活を減少させることができるため、好ましい。そのためには、ホスト材料131に対するゲスト材料132の濃度は低い方が好ましい。

【0086】

また、ゲスト材料132での直接再結合過程が支配的になると、発光層内でゲスト材料132の三重項励起状態が多数生成することになり、熱失活により発光効率を損ねてしまう。つまり、上述の(α)直接再結合過程よりも(β)エネルギー移動過程の割合が、多い方が、ゲスト材料132の三重項励起状態の生成効率を低減することができ、熱失活を減少させることができるため好ましい。そのためには、ホスト材料131に対するゲスト材料132の濃度は低い方が好ましい。

【0087】

10

20

30

40

50

次に、上述したホスト材料 1 3 1 と、ゲスト材料 1 3 2 との分子間のエネルギー移動過程の支配因子について説明する。分子間のエネルギー移動の機構としては、フェルスター機構（双極子－双極子相互作用）と、デクスター機構（電子交換相互作用）の 2 つの機構が提唱されている。

【0088】

＜1－4．フェルスター機構＞

フェルスター機構では、エネルギー移動に、分子間の直接的接触を必要とせず、ホスト材料 1 3 1 及びゲスト材料 1 3 2 間の双極子振動の共鳴現象を通じてエネルギー移動が起こる。双極子振動の共鳴現象によってホスト材料 1 3 1 がゲスト材料 1 3 2 にエネルギーを受け渡し、励起状態のホスト材料 1 3 1 が基底状態になり、基底状態のゲスト材料 1 3 2 が励起状態になる。なお、フェルスター機構の速度定数 $k_{h^* \rightarrow g}$ を数式（1）に示す。

【0089】

【数1】

$$k_{h^* \rightarrow g} = \frac{9000c^4 K^2 \phi \ln 10}{128\pi^5 n^4 N \tau R^6} \int \frac{f'_h(\nu) \varepsilon'_g(\nu)}{\nu^4} d\nu \quad \dots (1)$$

【0090】

数式（1）において、 ν は、振動数を表し、 $f'_h(\nu)$ は、ホスト材料 1 3 1 の規格化された発光スペクトル（一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光スペクトル）を表し、 $\varepsilon'_g(\nu)$ は、ゲスト材料 1 3 2 のモル吸光係数を表し、 N は、アボガドロ数を表し、 n は、媒体の屈折率を表し、 R は、ホスト材料 1 3 1 とゲスト材料 1 3 2 の分子間距離を表し、 τ は、実測される励起状態の寿命（蛍光寿命や燐光寿命）を表し、 c は、光速を表し、 ϕ は、発光量子収率（一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光量子収率、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光量子収率）を表し、 K^2 は、ホスト材料 1 3 1 とゲスト材料 1 3 2 の遷移双極子モーメントの配向を表す係数（0 から 4）である。なお、ランダム配向の場合は $K^2 = 2/3$ である。

【0091】

＜1－5．デクスター機構＞

デクスター機構では、ホスト材料 1 3 1 とゲスト材料 1 3 2 が軌道の重なりを生じる接触有効距離に近づき、励起状態のホスト材料 1 3 1 の電子と、基底状態のゲスト材料 1 3 2 との電子の交換を通じてエネルギー移動が起こる。なお、デクスター機構の速度定数 $k_{h^* \rightarrow g}$ を数式（2）に示す。

【0092】

【数2】

$$k_{h^* \rightarrow g} = \left(\frac{2\pi}{h} \right) K^2 \exp\left(-\frac{2R}{L} \right) \int f'_h(\nu) \varepsilon'_g(\nu) d\nu \quad \dots (2)$$

【0093】

数式（2）において、 h は、プランク定数であり、 K は、エネルギーの次元を持つ定数であり、 ν は、振動数を表し、 $f'_h(\nu)$ は、ホスト材料 1 3 1 の規格化された発光スペクトル（一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光スペクトル）を表し、 $\varepsilon'_g(\nu)$ は、ゲスト材料 1 3 2 の規格化された吸収スペクトルを表し、 L は、実効分子半径を表し、 R は、ホスト材料 1 3 1 とゲスト材料 1 3 2 の分子間距離を表す。

【0094】

ここで、ホスト材料131からゲスト材料132へのエネルギー移動効率 ϕ_{ET} は、数式(3)で表される。 k_r は、ホスト材料131の発光過程(一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光)の速度定数を表し、 k_n は、ホスト材料131の非発光過程(熱失活や項間交差)の速度定数を表し、 τ は、実測されるホスト材料131の励起状態の寿命を表す。

【0095】

【数3】

$$\phi_{ET} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{k_r + k_n + k_{h^* \rightarrow g}} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{\left(\frac{1}{\tau}\right) + k_{h^* \rightarrow g}} \quad \dots (3)$$

10

【0096】

数式(3)より、エネルギー移動効率 ϕ_{ET} を高くするためには、エネルギー移動の速度定数 $k_{h^* \rightarrow g}$ を大きくし、他の競合する速度定数 $k_r + k_n (= 1/\tau)$ が相対的に小さくなれば良いことがわかる。

【0097】

＜1-6. エネルギー移動を高めるための概念＞

20

上述の一般式(G1)及び一般式(G2)のエネルギー移動過程のいずれにおいても、ホスト材料131の一重項励起状態($^1H^*$)からゲスト材料132の一重項励起状態($^1G^*$)へのエネルギー移動であるため、フェルスター機構(数式(1))及びデクスター機構(数式(2))の両方の機構によるエネルギー移動が生じる。

【0098】

まず、フェルスター機構によるエネルギー移動を考える。数式(1)と数式(3)から τ を消去すると、エネルギー移動効率 ϕ_{ET} は、量子収率 ϕ (一重項励起状態からのエネルギー移動を論じているので、蛍光量子収率)が高い方が良いと言える。しかし実際は、さらに重要なファクターとして、ホスト材料131の発光スペクトル(一重項励起状態からのエネルギー移動を論じているので蛍光スペクトル)とゲスト材料132の吸収スペクトル(一重項基底状態から一重項励起状態への遷移に相当する吸収)との重なりが大きいことが好ましい。なお、ゲスト材料132のモル吸光係数も高い方が好ましい。このことは、ホスト材料131の発光スペクトルと、ゲスト材料132の最も長波長側に現れる吸収帯とが重なることを意味する。

30

【0099】

次に、デクスター機構によるエネルギー移動を考える。数式(2)によれば、速度定数 $k_{h^* \rightarrow g}$ を大きくするにはホスト材料131の発光スペクトル(一重項励起状態からのエネルギー移動を論じているので蛍光スペクトル)とゲスト材料132の吸収スペクトル(一重項基底状態から一重項励起状態への遷移に相当する吸収)との重なりが大きい方が良いことがわかる。

40

【0100】

以上のことから、エネルギー移動効率の最適化は、ホスト材料131の発光スペクトルと、ゲスト材料132の最も長波長側に現れる吸収帯とが重なることによって実現される。

【0101】

そこで、本発明の一態様は、ゲスト材料132に効率的にエネルギー移動が可能なエネルギードナーとしての機能を有するホスト材料131を用いた発光素子を提供する。ホスト材料131は、一重項励起エネルギー準位と、三重項励起エネルギー準位とが近接しているという特徴を有する。具体的には、ホスト材料131の最低励起一重項エネルギー準位(S_H)と最低励起三重項エネルギー準位(T_H)との差が0 eVを超えて0.2 eV

50

以下であると好ましい。上記構成とすることで、ホスト材料 131 の最低励起三重項状態から最低励起一重項励起状態への遷移（逆項間交差）が起こりやすい。したがって、ホスト材料 131 の一重項励起状態の生成効率を高めることができる。さらに、ホスト材料 131 の一重項励起状態からエネルギーアクセプターとなるゲスト材料 132 の一重項励起状態へのエネルギー移動を生じやすくするためには、ホスト材料 131 の発光スペクトル（ここでは、熱活性化遅延蛍光を呈する機能を有する物質の発光スペクトル）と、ゲスト材料 132 の最も長波長側に現れる吸収帯と、が重なりと好ましい。そうすることで、ゲスト材料 132 の一重項励起状態の生成効率を高めることができる。

【0102】

＜1-7. エネルギー移動を抑制するための概念＞

一方、ホスト材料 131 の三重項励起エネルギーが、逆項間交差によって効率よく一重項励起エネルギーに変換されるためには、ホスト材料 131 の三重項励起エネルギーが逆項間交差を経ずにゲスト材料 132 へと移動すること、を抑制することが重要となる。つまり、ホスト材料 131 の三重項励起エネルギー準位から、ゲスト材料 132 の三重項励起エネルギー準位への、エネルギー移動過程を抑制することが重要となる。

【0103】

ホスト材料 131 の三重項励起状態からゲスト材料 132 の三重項励起状態へのエネルギー移動過程は、デクスター機構（数式（2））によるエネルギー移動である。デクスター機構によるエネルギー移動過程を抑制するためには、ホスト材料 131 の規格化された三重項励起状態からの発光スペクトル（規格化された燐光スペクトル）と、規格化されたゲスト材料 132 の三重項励起状態への吸収スペクトルと、の重なりが小さい方が好ましい。そのためには、ホスト材料 131 の三重項励起エネルギー準位とゲスト材料 132 の三重項励起エネルギー準位とのエネルギー差は、大きい方が好ましい。

【0104】

なお、ホスト材料 131 が熱活性化遅延蛍光体である場合、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位（ T_H ）は最低励起一重項エネルギー準位（ S_H ）とエネルギーが近く、三重項励起エネルギーは一重項励起エネルギーに変換されるため、最低励起三重項エネルギー準位（ T_H ）からの発光、すなわち燐光スペクトルを観測することが困難な場合がある。その場合、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位（ T_H ）は、熱活性化遅延蛍光の発光エネルギーより推定しても良い。

【0105】

また、ゲスト材料 132 が一重項基底状態から最低励起三重項状態へ遷移する際の吸収スペクトルは、その遷移が禁制であることから、観測することが困難である。そのため、ゲスト材料 132 の燐光スペクトルの発光エネルギーより、ゲスト材料 132 の最低励起三重項エネルギー準位（ T_{1G} ）を推定しても良い。

【0106】

また、規格化されたホスト材料 131 の三重項励起エネルギー準位からの発光スペクトル（燐光スペクトルまたは熱活性化遅延蛍光）と、規格化されたゲスト材料 132 の三重項励起エネルギーへの吸収スペクトル（またはゲスト材料 132 の燐光スペクトル）と、の重なりを小さくするためには、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位（ T_H ）は、ゲスト材料 132 の最低励起三重項エネルギー準位（ T_{1G} ）以上であり、互いのエネルギー準位のエネルギー差が大きい方が好ましい。また、このとき、ホスト材料 131 の最低励起一重項エネルギー準位（ S_H ）は、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位（ T_H ）以上のエネルギーであるため、ゲスト材料 132 の最低励起三重項エネルギー準位（ T_{1G} ）以上となる。したがって、ホスト材料 131 の熱活性化遅延蛍光の発光エネルギーは、ゲスト材料 132 の燐光発光エネルギー以上であり、互いの発光エネルギーのエネルギー差は大きい方が好ましい。具体的には、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位（ T_H ）とゲスト材料 132 の最低励起三重項エネルギー準位（ T_{1G} ）とのエネルギー差は、好ましくは 0.5 eV 以上であり、より好ましくは 1.0 eV 以上である。また、ホスト材料 131 の熱活性化遅延蛍光の発光エネルギーとゲスト

10

20

30

40

50

ト材料 132 の燐光発光エネルギーとのエネルギー差は、 0.5 eV 以上であることが好適であり、より好ましくは、 1.0 eV 以上であることが好適である。

【0107】

なお、ゲスト材料 132 の三重項励起エネルギー準位のうち、最低励起三重項エネルギー準位 (T_{1G}) より高いエネルギーを有する第二励起三重項エネルギー準位 (T_{2G}) が、最低励起一重項エネルギー準位 (S_{1G}) より低い場合、ゲスト材料 132 の第二励起三重項エネルギー準位 (T_{2G}) と、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位 (T_H) と、のエネルギー差が小さくなる。また、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位 (T_H) が、ゲスト材料 132 の第二励起三重項エネルギー準位 (T_{2G}) より高いエネルギーを有する場合、ホスト材料 131 の三重項励起エネルギーは、図 1 (C) のルート E_3 に示すように、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位 (T_H) からゲスト材料 132 の第二励起三重項エネルギー準位 (T_{2G}) へとエネルギー移動しやすくなる。すなわち、ゲスト材料 132 における三重項励起状態の生成確率が向上し、熱失活する励起状態が多くなる。そのため、ルート A_1 の逆項間交差およびそれに続くルート E_1 に示すエネルギー移動過程が生じにくくなり、ゲスト材料 132 の一重項励起状態の生成効率が低下する。つまり、図 1 (C) のルート E_3 に示すエネルギー移動過程が少ない方が、ゲスト材料 132 の三重項励起状態の生成効率を低減することができ、熱失活を減少することができるため、好ましい。

10

【0108】

上記エネルギー移動過程を抑制するには、ゲスト材料 132 の第二励起三重項エネルギー準位 (T_{2G}) は、ゲスト材料 132 の最低励起一重項エネルギー準位以上であると好ましい。

20

【0109】

また、ゲスト材料 132 の第二励起三重項エネルギー準位 (T_{2G}) は、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位 (T_H) 以上であり、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位 (T_H) は、ゲスト材料 132 の最低励起三重項エネルギー準位 (T_{1G}) 以上であると好ましい。

【0110】

さらに、図 1 (C) のルート E_3 に示すエネルギー移動過程を抑制し、ルート A_1 の逆項間交差およびそれに続くルート E_1 に示すエネルギー移動過程が効率よく生じるためには、ゲスト材料 132 の第二励起三重項エネルギー準位 (T_{2G}) は、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位 (T_H) 以上であり、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位 (T_H) は、ゲスト材料 132 の最低励起一重項エネルギー準位 (S_{1G}) 以上であると、さらに好ましい。また、ホスト材料 131 が熱活性化遅延蛍光体であるとき、ホスト材料 131 の最低励起一重項エネルギー準位 (S_H) は、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位 (T_H) 以上のエネルギーであるため、ゲスト材料 132 の最低励起一重項エネルギー準位 (S_{1G}) 以上となる。すなわち、ホスト材料 131 の熱活性化遅延蛍光の発光エネルギーは、ゲスト材料 132 の蛍光発光エネルギー以上であると好ましい。

30

【0111】

また、ゲスト材料 132 の第二励起三重項エネルギー準位 (T_{2G}) は、ホスト材料 131 の最低励起一重項エネルギー準位 (S_H) 以上であると、さらに好ましい。このとき、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位 (T_H) は、ホスト材料 131 の最低励起一重項エネルギー準位 (S_H) より低いエネルギーであるため、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位 (T_H) からゲスト材料 132 の第二励起三重項エネルギー準位 (T_{2G}) へのエネルギー移動を効果的に抑制することができる。その結果、ゲスト材料 132 の一重項励起状態の生成効率を向上させることができ、発光素子の発光効率を向上させることができる。

40

【0112】

《1-8. 材料》

50

発光層 130 において、上記のエネルギー準位を有するゲスト材料 132 としては、アントラセン、テトラセン、クリセン、ピレン、ペリレン、アクリドン、の中から選ばれる一以上の骨格と、芳香族アミン、アルキル基、アリール基、の中から選ばれる一以上の置換基と、を有する材料が好ましい。また、当該骨格と、当該置換基とが結合することで、最低励起一重項エネルギー準位が安定化し、第二励起三重項エネルギー準位が最低励起一重項エネルギー準位以上となりやすいため好適である。また、同一構造を有する当該 2 つの置換基と、当該骨格とが結合することで、最低励起一重項エネルギー準位が安定化し、第二励起三重項エネルギー準位が最低励起一重項エネルギー準位以上となりやすいため、好適である。また、当該骨格を有する有機材料は、蛍光量子収率が高いため、発光材料に好適である。また、当該骨格を有する有機材料は、信頼性が良好であるため、発光材料に好適である。

10

【0113】

上記、ゲスト材料 132 が有する置換基の一例である、芳香族アミンとしては、NH 基を有さないいわゆる 3 級アミンが好ましく、特にアリールアミン骨格が好ましい。アリール骨格のアリール基としては、炭素数が 6 乃至 13 の置換または無置換のアリール基が好ましく、フェニル基、ナフチル基、フルオレニル基等が挙げられる。さらに当該アリール基は置換基を有していても良く、前記置換基は互いに結合して環を形成してもよい。当該置換基としては、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基、または炭素数 6 乃至 13 のアリール基も置換基として選択することができる。炭素数 1 乃至 6 のアルキル基としては具体的には、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、イソブチル基、tert-ブチル基、n-ヘキシル基などを挙げることができる。また、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基としては具体的には、シクロプロピル基、シクロブチル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基などを挙げることができる。また、炭素数 6 乃至 13 のアリール基としては、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基、フルオレニル基などを具体例としてあげることができる。また、置換基が互いに結合して環を形成する例としては、例えば、フルオレン骨格における 9 位の炭素が置換基としてフェニル基を二つ有する場合、当該フェニル基同士が結合することによって、スピロフルオレン骨格を形成するような場合が挙げられる。なお、無置換の場合、合成の容易さや原料の価格の面で有利である。

20

【0114】

また、上記ゲスト材料 132 が有する置換基の一例である、アルキル基およびアリール基としては、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基、または炭素数 6 乃至 13 の置換もしくは無置換のアリール基も置換基として選択することができる。炭素数 1 乃至 6 のアルキル基としては具体的には、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、イソブチル基、tert-ブチル基、n-ヘキシル基などを挙げることができる。また、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基、としては具体的には、シクロプロピル基、シクロブチル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基などを挙げることができる。また、炭素数 6 乃至 13 のアリール基としては、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基、フルオレニル基などを挙げることができる。さらに当該アリール基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成してもよい。当該置換基としては、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基、炭素数 6 乃至 13 のアリール基、芳香族アミン、または π 電子過剰型複素芳香族も置換基として選択することができる。炭素数 1 乃至 6 のアルキル基としては具体的には、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、イソブチル基、tert-ブチル基、n-ヘキシル基などを挙げることができる。また、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基としては具体的には、シクロプロピル基、シクロブチル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基などを挙げることができる。また、炭素数 6 乃至 13 のアリール基としては、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基、フルオレニル基などを具体例としてあげることができる。また、芳香族アミンとしては、NH 結合を有さないいわゆる 3 級アミンが好ましく、特にアリールアミン骨格が好ましい。アリールアミン骨格のアリール基としては、炭素数

30

40

50

6乃至13の置換または無置換のアリール基が好ましく、フェニル基、ナフチル基、フルオレニル基等が挙げられる。また、 π 電子過剰型複素芳香族としては、フラン骨格、チオフェン骨格またはピロール骨格が、安定で信頼性が良好なため好ましく、フラン骨格としてはジベンゾフラン骨格が、チオフェン骨格としてはジベンゾチオフェン骨格が、ピロール骨格としてはインドール骨格およびカルバゾール骨格が、それぞれ好ましい。また、これらの π 電子過剰型複素芳香族がさらに置換基を有しても良い。また、置換基が互いに結合して環を形成する例としては、例えば、フルオレン骨格における9位の炭素が置換基としてフェニル基を二つ有する場合、当該フェニル基同士が結合することによって、スピロフルオレン骨格を形成するような場合が挙げられる。なお、無置換の場合、合成の容易さや原料の価格の面で有利である。

10

【0115】

上記、アルキル基およびアリール基の一例としては、下記一般式(R-1)乃至(R-30)で表される基である。なお、アルキル基およびアリール基として用いることができる基はこれらに限られない。

【0116】

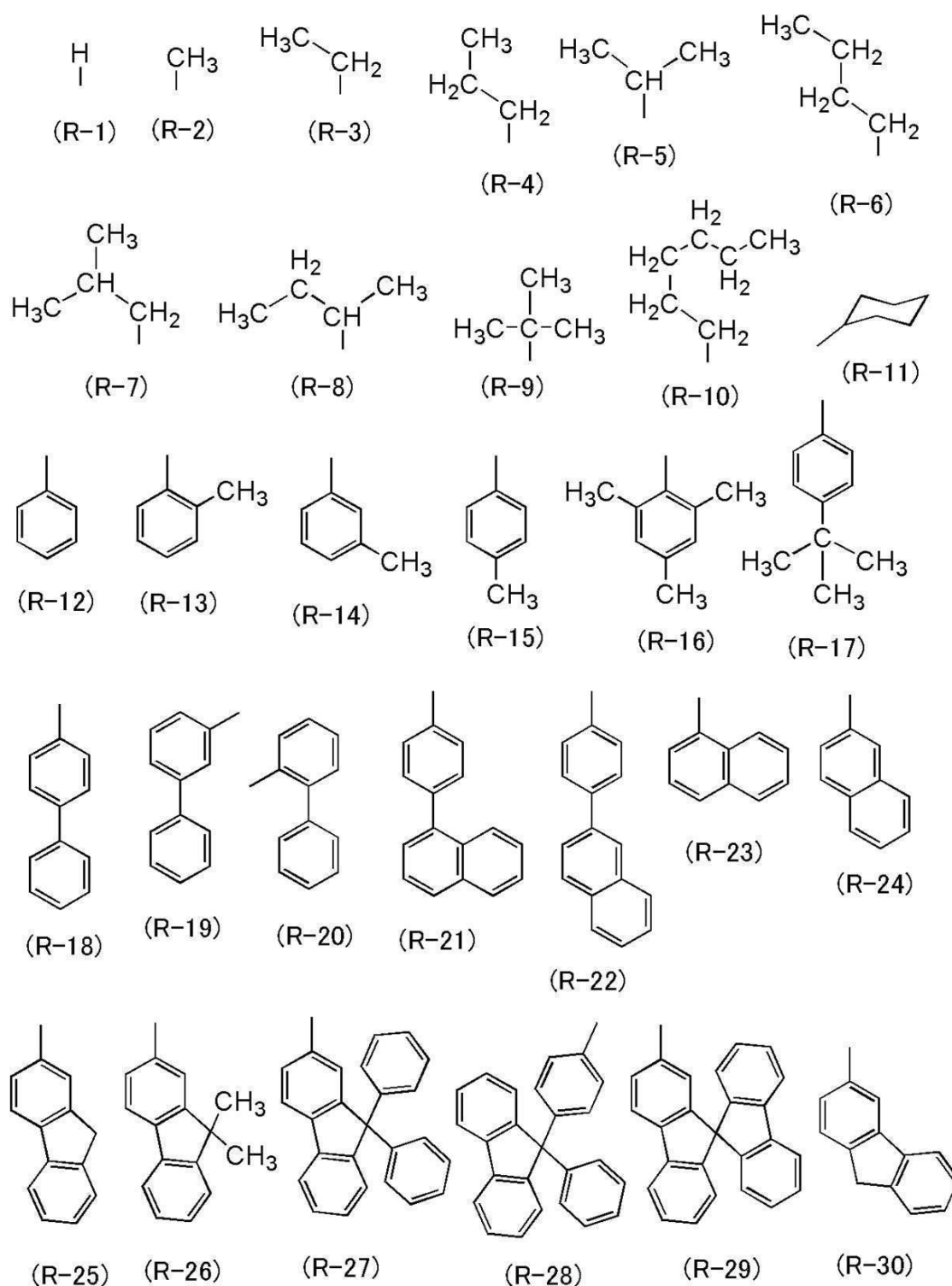
20

30

40

50

【化 1】



【0117】

上記のエネルギー準位、または上記の構造を有するゲスト材料の具体例としては、9, 10-ジフェニルアントラセン（略称：DPAnt h）、9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール（略称：CzPA）、N, N, 9-トリフェニルアントラセン-9-アミン（略称：DPhAPhA）、9, 10-ビス（ジフェニルアミノ）アントラセン（略称：DPhA2A）、N, N'-ジフェニル-N, N'-ビス[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ピレン-1, 6-ジアミン（略称：1, 6FLPAPrn）、N, N'-ビス（3-メチルフェニル）-N, N'-ビス[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ピレン

ー 1, 6-ジアミン (略称: 1, 6mMemFLPAPrn)、2, 5, 8, 11-テトラ (tert-ブチル) ペリレン (略称: TBP)、N, N'-ジフェニルキナクリドン (略称: DPQd)、5, 6, 11, 12-テトラフェニルナфтаセン (慣用名: ルブレ
ン)、6, 12-ビス (ジフェニルアミノ) クリセン (略称: DPhA2C)、などが挙げられる。

【0118】

上記のゲスト材料 132 に用いることが出来る有機化合物の一例について、それぞれの最低励起一重項エネルギー準位、最低励起三重項エネルギー準位、および第二励起三重項エネルギー準位を表 1 に示す。また、それらの有機化合物の構造および略称を以下に示す。

【0119】

10

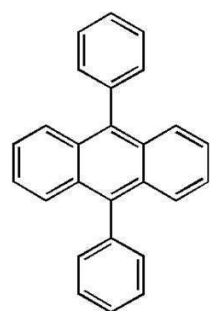
20

30

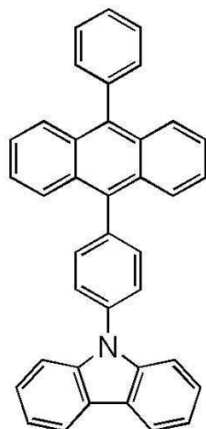
40

50

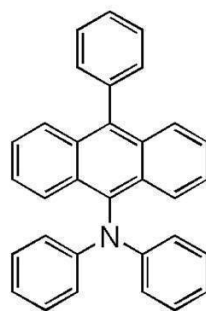
【化 2】



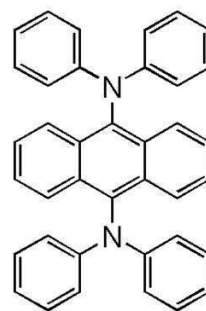
DPAnth



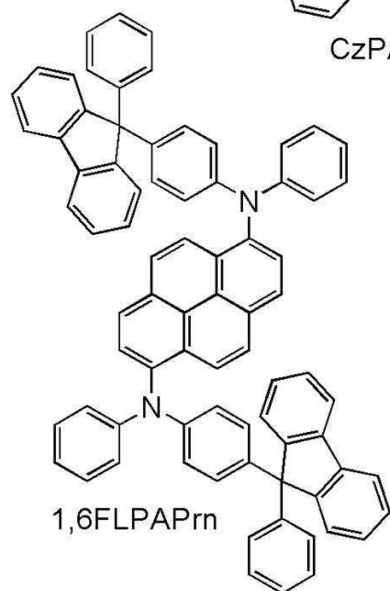
CzPA



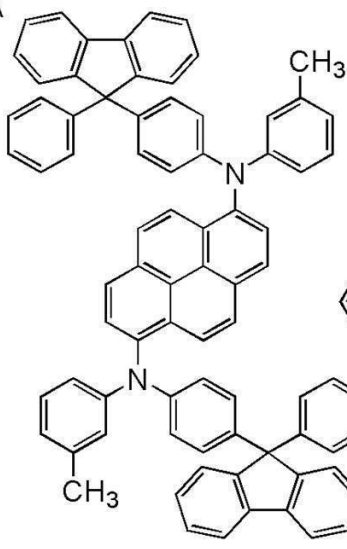
DPhAPhA



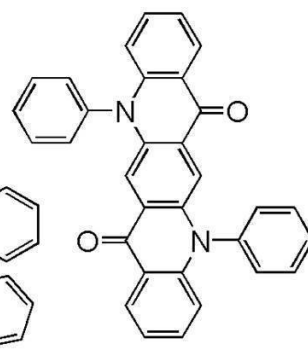
DPhA2A



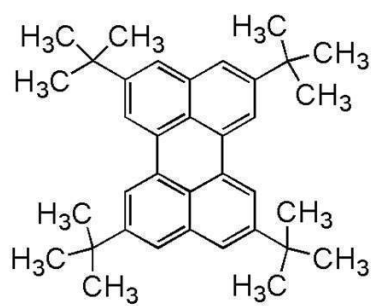
1,6FLPAPrn



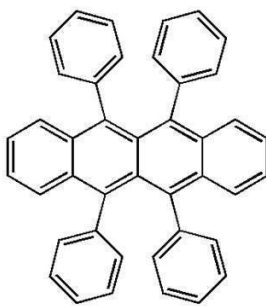
1,6mMemFLPAPrn



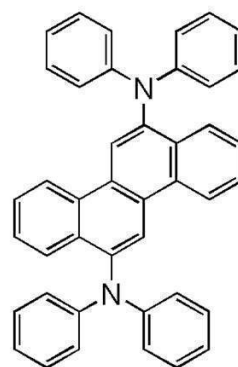
DPQd



TBP



ルブレン



DPhA2C

【 0 1 2 0 】

10

20

30

40

50

【表 1】

略称	第二励起三重項 エネルギー準位 [T ₂](eV)	最低励起一重項 エネルギー準位 [S ₁](eV)	最低励起三重項 エネルギー準位 [T ₁](eV)
DPAAnth	3.434	3.130	1.763
CzPA	3.233	3.123	1.763
DPhAPhA	2.642	2.567	1.695
DPhA2A	2.556	2.408	1.623
1,6FLPAPrn	2.717	2.671	1.895
1,6mMemFLPAPrn	2.726	2.672	1.887
TBP	3.035	2.859	1.645
DPQd	2.843	2.724	2.029
ルブレソ	2.353	2.176	0.989
DPhA2C	2.961	2.883	2.210

10

【0121】

20

表 1 に示すエネルギー準位を求めるため、上記有機化合物の一重項基底状態における最安定構造を、密度汎関数法 (DFT) を用いて計算した。なお、量子化学計算プログラムとしては、Gaussian 09 を使用した。基底関数としては、6-311G(d, p) を使い、汎関数は B3LYP を用いた。計算は、ハイパフォーマンズコンピュータ (SGI 社製、ICE X) を用いて行った。さらに、時間依存密度汎関数法 (TD-DFT) を用いて、一重項励起エネルギー準位および三重項励起エネルギー準位を算出した。なお、DFT 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。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、計算は高精度である。

30

【0122】

表 1 に示す有機化合物は、第二励起三重項エネルギー準位が、最低励起一重項エネルギー準位以上である。したがって、表 1 に示す有機化合物をゲスト材料 132 として用いることで、図 1 (C) におけるルート E₃ に示す三重項励起エネルギーのエネルギー移動過程を抑制することができ、ルート A₁ の逆項間交差およびそれに続くルート E₁ に示す一重項励起エネルギーのエネルギー移動過程が生じやすくなる。したがって、ゲスト材料 132 の一重項励起状態の生成効率を向上させることができる。

【0123】

また、発光層 130 において、ホスト材料 131 は、一種の化合物から構成されていても良く、複数の化合物から構成されていても良いが、ゲスト材料 132 の第二励起三重項エネルギー準位が、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位以上であり、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位が、ゲスト材料 132 の最低励起三重項エネルギー準位以上となるような化合物を、ホスト材料 131 として用いると好ましい。例えば、ホスト材料 131 が、一種の化合物から構成される場合、以下の化合物を用いることができる。

40

【0124】

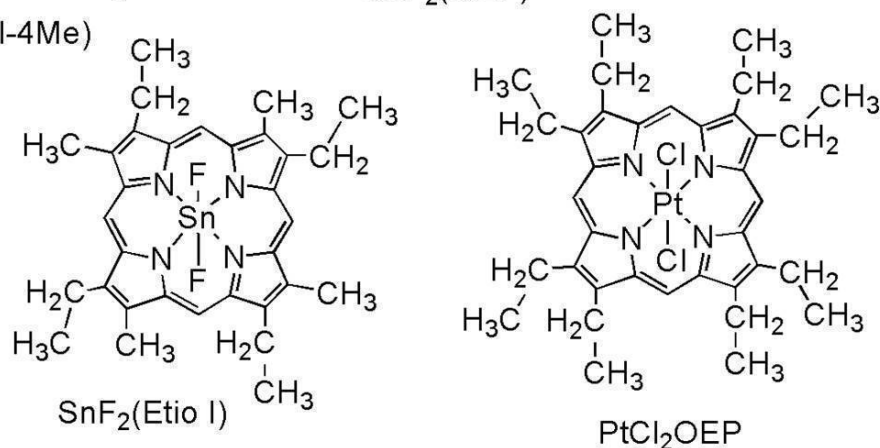
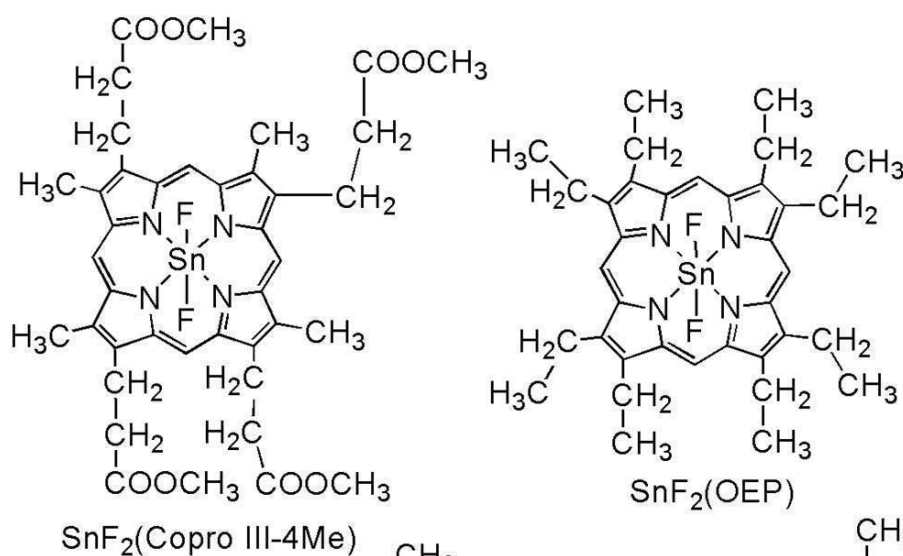
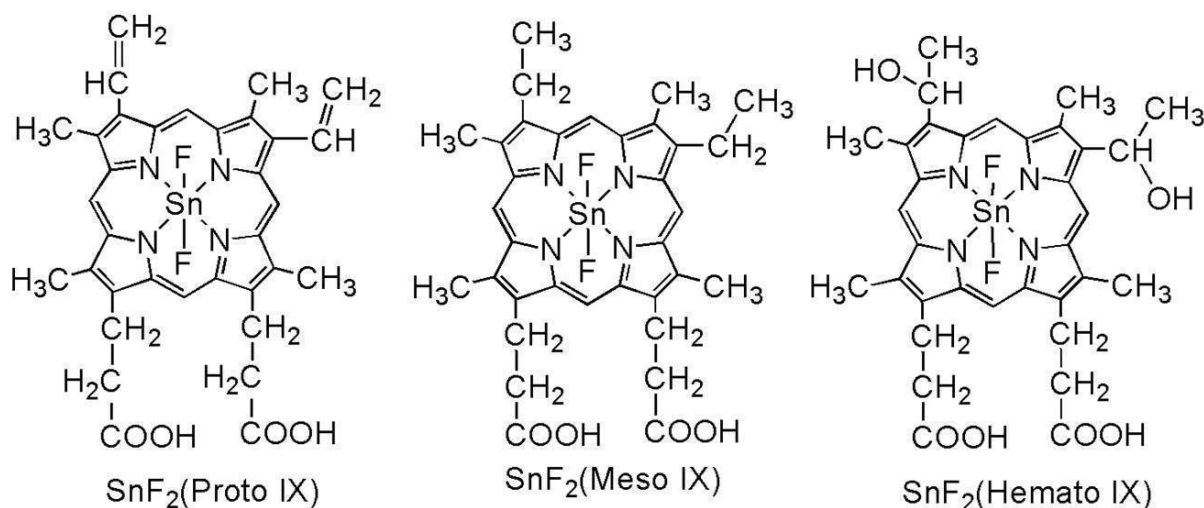
まずフラーレンやその誘導体、プロフラビン等のアクリジン誘導体、エオシン等が挙げられる。またマグネシウム (Mg)、亜鉛 (Zn)、カドミウム (Cd)、スズ (Sn)、白金 (Pt)、インジウム (In)、もしくはパラジウム (Pd) 等を含む金属含有ポルフィリンが挙げられる。該金属含有ポルフィリンとしては、例えば、以下の構造式に示

50

されるプロトポリフィリンフッ化スズ錯体 (SnF_2 (Proto IX))、メソポリフィリンフッ化スズ錯体 (SnF_2 (Meso IX))、ヘマトポリフィリンフッ化スズ錯体 (SnF_2 (Hemato IX))、コプロポリフィリンテトラメチルエステルフッ化スズ錯体 (SnF_2 (Copro III-4Me))、オクタエチルポリフィリンフッ化スズ錯体 (SnF_2 (OEP))、エチオポリフィリンフッ化スズ錯体 (SnF_2 (Etio I))、オクタエチルポリフィリン塩化白金錯体 (PtCl_2OEP) 等が挙げられる。上記で記した有機化合物について、構造および略称を以下に示す。

【0125】

【化3】



10

20

30

40

50

【0126】

また、一種の化合物から構成されるホスト材料131としては、以下の構造式に示される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)、2,4-{{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:PC CzPTzn)、2-[4-(10H-フェノキサジン-10-イル)フェニル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称:PXZ-TRZ)、3-[4-(5-フェニル-5,10-ジヒドロフェナジン-10-イル)フェニル]-4,5-ジフェニル-1,2,4-トリアゾール(略称:PPZ-3TPT)、3-(9,9-ジメチル-9H-アクリジン-10-イル)-9H-キサンテン-9-オン(略称:ACRXTN)、ビス[4-(9,9-ジメチル-9,10-ジヒドロアクリジン)フェニル]スルホン(略称:DMAC-DPS)、10-フェニル-10H,10'-H-スピロ[アクリジン-9,9'-アントラセン]-10'-オン(略称:ACRSA)、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も用いることができる。該複素環化合物は、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ため、電子輸送性及び正孔輸送性が高く、好ましい。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、一重項励起状態のエネルギー準位と三重項励起状態のエネルギー準位の差が小さくなるため、特に好ましい。

10

20

【0127】

上記のホスト材料131に用いることができる有機化合物の一例について、それぞれの最低励起一重項エネルギー準位、および最低励起三重項エネルギー準位を表2に示す。また、それらの有機化合物の構造および略称を以下に示す。

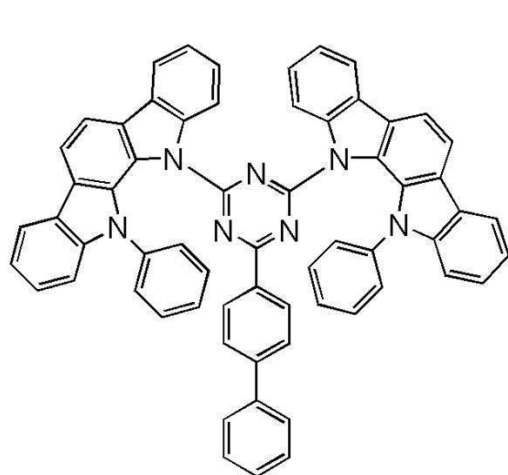
【0128】

30

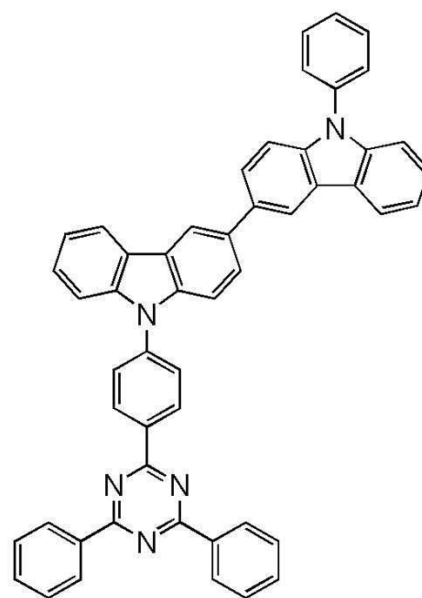
40

50

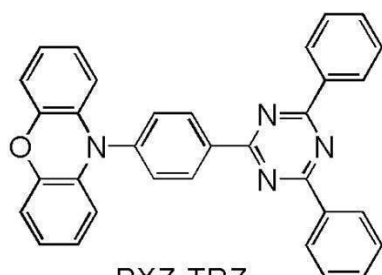
【化 4】



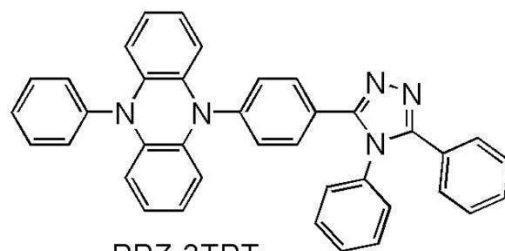
PIC-TRZ



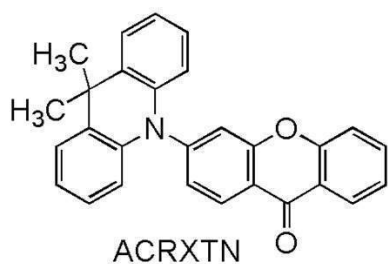
PCCzPTzn



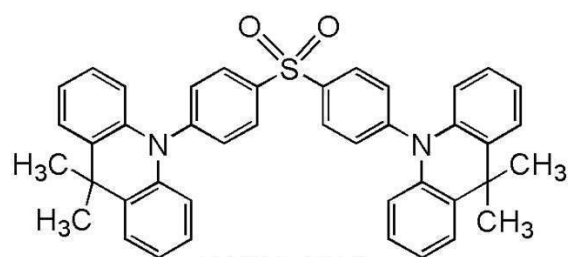
PXZ-TRZ



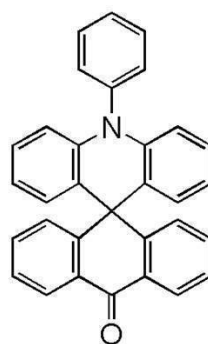
PPZ-3TPT



ACRXTN



DMAC-DPS



ACRSA

【 0 1 2 9 】

10

20

30

40

50

【表 2】

略称	最低励起一重項 エネルギー準位 [S ₁](eV)	最低励起三重項 エネルギー準位 [T ₁](eV)
PIC-TRZ	2.882	2.783
PCCzPTzn	2.755	2.572
PXZ-TRZ	2.113	2.106
PPZ-3TPT	2.342	2.334
ACRXTN	2.458	2.448
DMAC-DPS	2.737	2.727
ACRSA	2.842	2.821

10

【0130】

表 2 に示すエネルギー準位は、表 1 と同様の計算手法を用いて算出した。本発明の一態様の発光素子において、一例として、表 2 に示すような有機化合物と、表 1 に示すような有機化合物と、の中から、ゲスト材料 132 の第二励起三重項エネルギー準位が、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位以上であり、ホスト材料 131 の最低励起三重項エネルギー準位が、ゲスト材料 132 の最低励起三重項エネルギー準位以上となるよう、それぞれ、ホスト材料 131 と、ゲスト材料 132 と、に用いると、好ましい。そうすることで、図 1 (C) におけるルート E₃ に示す三重項励起エネルギーのエネルギー移動過程を抑制することができ、ルート A₁ の逆項間交差およびそれに続くルート E₁ に示す一重項励起エネルギーのエネルギー移動過程が生じやすくなる。したがって、ゲスト材料 132 の一重項励起状態の生成効率を向上させることができる。

20

【0131】

また、表 2 に示す有機化合物は、いずれも最低励起一重項エネルギー準位と最低励起三重項励起エネルギー準位とのエネルギー差が 0 eV を超えて 0.2 eV 以下である。したがって、これらの有機化合物は、室温で熱活性化遅延蛍光を呈することができる化合物である。

30

【0132】

ここで、一例として、PCCzPTzn について、時間分解発光測定による過渡蛍光特性の測定を行った。

【0133】

時間分解発光測定は、石英基板上に PCCzPTzn を厚さが 50 nm になるよう蒸着した薄膜サンプルを用いて測定を行った。

【0134】

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、薄膜が呈する蛍光発光の寿命を測定するため、薄膜にパルスレーザを照射し、レーザ照射後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。パルスレーザには波長が 337 nm の窒素ガスレーザを用い、500 ps のパルスレーザを 10 Hz の周期で薄膜に照射し、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）で行った。

40

【0135】

測定によって得られた PCCzPTzn の過渡蛍光特性を図 2 に示す。

【0136】

また、図 2 に示す減衰曲線について、以下の数式（4）を用いてフィッティングを行った。

【0137】

50

【数 4】

$$L = \sum_{n=1} A_n \exp\left(-\frac{t}{a_n}\right) \quad \cdot \cdot \cdot (4)$$

【0138】

数式(4)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。減衰曲線のフィッティングを行った結果、nが1乃至3でフィッティングを行うことができた。減衰曲線のフィッティング結果から、PCCzPTznの薄膜サンプルの発光成分には、蛍光寿命が0.015μsの蛍光成分と、1.5μsの遅延蛍光成分が含まれていることが分かった。すなわち、PCCzPTznは、室温で遅延蛍光を示す、熱活性化遅延蛍光体であるといえる。

10

【0139】

以上のように、本発明の一態様の発光素子において、発光層130におけるゲスト材料132およびホスト材料131の一重項励起エネルギー準位および三重項エネルギー準位を、上述の構成とすることで、発光効率の高い発光素子を提供することができる。

【0140】

なお、発光層130は、蒸着法(真空蒸着法を含む)、インクジェット法、塗布法、グラビア印刷等の方法で形成することができる。

20

【0141】

<2. 発光素子の構成例2>

次に、図1(B)(C)に示す構成と異なる構成について、図3(A)(B)を用いて、以下説明する。

【0142】

図3(A)は、図1(A)に示す発光層130の一例を示す断面模式図である。図3(A)に示す発光層130は、ホスト材料131と、ゲスト材料132と、を有し、ホスト材料131は、有機化合物131__1と、有機化合物131__2と、を有する。

【0143】

有機化合物131__1と、有機化合物131__2とは、励起錯体を形成する組み合わせであると好ましい。励起錯体は、一重項励起エネルギー準位と三重項励起エネルギー準位との差が非常に小さくなりやすい性質を有しているため、三重項励起状態から一重項励起状態への遷移(逆項間交差)が生じやすい。

30

【0144】

なお、有機化合物131__1と、有機化合物131__2とが、励起錯体を形成する組み合わせになるように、ホスト材料131を用いた場合においても、以下の2つの過程により、ゲスト材料132からの発光が得られる。

(α) 直接再結合過程

(β) エネルギー移動過程

【0145】

なお、(α)直接再結合過程については、上記1-2.で説明した過程と同様であるため、ここでの説明は省略する。

40

【0146】

<<2-1. (β) エネルギー移動過程を経る発光機構>>

発光層130における励起錯体を形成する有機化合物131__1と、有機化合物131__2との組み合わせは、励起錯体を形成することが可能な組み合わせであればとくに限定はないが、一方が正孔輸送性を有する材料であり、他方が電子輸送性を有する材料であることが、より好ましい。この場合、ドナー-アクセプター型の励起状態を形成しやすくなり、効率よく励起錯体を形成することができるようになる。また、正孔輸送性を有する材料と電子輸送性を有する材料との組み合わせによって、有機化合物131__1と有機化合物

50

物 1 3 1 __ 2 の組み合わせを構成する場合、その混合比によってキャリアバランスを容易に制御することができる。具体的には正孔輸送性を有する材料：電子輸送性を有する材料 = 1 : 9 から 9 : 1 (重量比) の範囲が好ましい。また、該構成を有することで、容易にキャリアバランスを制御することができることから、再結合領域の制御も簡便に行うことができる。

【0147】

また、有機化合物 1 3 1 __ 1 と、有機化合物 1 3 1 __ 2 とにより形成される励起錯体の最低励起一重項エネルギー準位と励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位との差が 0 e V を超えて 0 . 2 e V 以下であると好ましい。上記構成とすることで、励起錯体の三重項励起エネルギー準位から一重項励起エネルギー準位への遷移 (逆項間交差) が起こりやすい。したがって、励起錯体、すなわちホスト材料 1 3 1 の一重項励起状態の生成効率を高めることができる。なお、逆項間交差を効率よく生じさせるためには、励起錯体の三重項励起エネルギー準位が、励起錯体を形成する各有機化合物 (有機化合物 1 3 1 __ 1 および有機化合物 1 3 1 __ 2) の三重項励起エネルギー準位よりも低いことが好ましい。これにより、有機化合物 1 3 1 __ 1 および有機化合物 1 3 1 __ 2 による励起錯体の三重項励起エネルギーのクエンチが生じにくくなり、効率よく逆項間交差が発生する。

【0148】

さらに、ホスト材料 1 3 1 の発光スペクトル (ここでは、有機化合物 1 3 1 __ 1 と、有機化合物 1 3 1 __ 2 とにより形成される励起錯体の発光スペクトル) と、ゲスト材料 1 3 2 の最も長波長側に現れる吸収帯と、が重なりと好ましい。上記構成とすることで、ホスト材料 1 3 1 の一重項励起状態からゲスト材料 1 3 2 の一重項励起状態へのエネルギー移動が生じやすくなる。したがって、ゲスト材料 1 3 2 の一重項励起状態の生成効率を高めることができ、発光効率を高めることができる。

【0149】

ここで、励起錯体のエネルギー移動過程を説明するために、図 3 (B) にエネルギー準位の相関を説明する模式図を示す。なお、図 3 (B) における表記及び符号は、以下の通りである。

- ・ H o s t 1 (1 3 1 __ 1) : 有機化合物 1 3 1 __ 1
- ・ H o s t 2 (1 3 1 __ 2) : 有機化合物 1 3 1 __ 2
- ・ G u e s t (1 3 2) : ゲスト材料 1 3 2 (蛍光材料)
- ・ S _{H1} : 有機化合物 1 3 1 __ 1 の最低励起一重項エネルギー準位
- ・ T _{H1} : 有機化合物 1 3 1 __ 1 の最低励起三重項エネルギー準位
- ・ S _E : 励起錯体の最低励起一重項エネルギー準位
- ・ T _E : 励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位
- ・ S _{1G} : ゲスト材料 1 3 2 (蛍光材料) の最低励起一重項エネルギー準位
- ・ T _{1G} : ゲスト材料 1 3 2 (蛍光材料) の最低励起三重項エネルギー準位
- ・ T _{2G} : ゲスト材料 1 3 2 (蛍光材料) の第二励起三重項エネルギー準位

【0150】

キャリアが発光層 1 3 0 に輸送されると、有機化合物 1 3 1 __ 1 及び有機化合物 1 3 1 __ 2 は、一方がホールを、他方が電子を受け取り、カチオンとアニオンが近接することで速やかに励起錯体を形成する。あるいは、一方が励起状態となると、速やかに他方の物質と相互作用することで励起錯体を形成する。したがって、発光層 1 3 0 における励起子のほとんどが励起錯体として存在する。励起錯体は、有機化合物 1 3 1 __ 1 及び有機化合物 1 3 1 __ 2 のどちらよりもバンドギャップは小さくなるため、一方のホールと他方の電子の再結合から励起錯体が形成されることにより、駆動電圧を下げる可以降低。

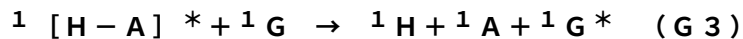
【0151】

図 3 (B) に示すように、ホスト材料 1 3 1 が有する有機化合物 1 3 1 __ 1 と有機化合物 1 3 1 __ 2 とが励起錯体を形成する。このとき、ドナー-アクセプター型の励起状態を形成することができるようになるため、励起錯体の S _E と励起錯体の T _E は互いに近接する。

【0152】

励起錯体の励起状態が一重項励起状態であり、且つ、励起錯体の S_E が、ゲスト材料の S_{1G} 以上である場合、図3(B)のルート E_4 に示すように、励起錯体の S_E からゲスト材料132の S_{1G} に励起エネルギーが移動し、ゲスト材料132が一重項励起状態となる。一重項励起状態となったゲスト材料132からは蛍光発光が得られる。つまり、下記一般式(G3)の通り、励起錯体の一重項励起状態から、ゲスト材料132の一重項励起状態へのエネルギー移動が生じる。

【0153】



【0154】

なお、一般式(G3)中、 $^1 [H-A]^*$ は有機化合物131__1と有機化合物131__2とで形成される励起錯体の最低励起一重項状態を表し、 $^1 G$ はゲスト材料132の一重項基底状態を表し、 $^1 H$ は有機化合物131__1の一重項基底状態を表し、 $^1 A$ は有機化合物131__2の一重項基底状態を表し、 $^1 G^*$ はゲスト材料132の最低励起一重項状態を表す。

【0155】

したがって、ホスト材料131として機能する励起錯体の励起状態が一重項励起状態である場合、励起錯体の最低励起一重項エネルギー準位(S_E)は、ゲスト材料132の最低励起一重項エネルギー準位(S_{1G})以上であると好ましい。

【0156】

次に、有機化合物131__1と有機化合物131__2が励起錯体を形成し、それが三重項励起状態である場合、下記の2つの過程を辿って蛍光発光が得られる。

【0157】

励起錯体は、逆項間交差により三重項励起エネルギーの一部を一重項励起エネルギーに変換する機能を有しているため、まず1つ目の過程として、図3(B)のルート A_2 に示すように、励起錯体の T_E から逆項間交差(アップコンバージョン)によって、 S_E に励起エネルギーが移動する。

【0158】

それに続く2つ目の過程として、励起錯体の S_E が、ゲスト材料132の S_{1G} 以上である場合、図3(B)のルート E_4 に示すように、励起錯体の S_E からゲスト材料132の S_{1G} に励起エネルギーが移動し、ゲスト材料132が一重項励起状態となる。一重項励起状態となったゲスト材料132からは蛍光発光が得られる。

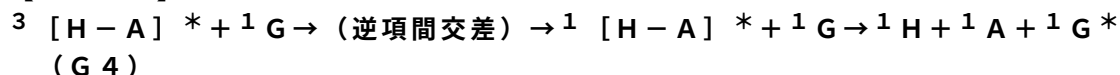
【0159】

なお、上記に示すルート A_2 及びルート E_4 の過程を、本明細書等において $ExSET$ ($Exciplex-Singlet\ Energy\ Transfer$)または $ExEF$ ($Exciplex-Enhanced\ Fluorescence$)と呼称する場合がある。

【0160】

上記の1つ目の過程及び2つ目の過程は、下記一般式(G4)で表される。

【0161】



【0162】

なお、一般式(G4)中、 $^3 [H-A]^*$ は有機化合物131__1と有機化合物131__2とで形成される励起錯体の最低励起三重項状態を表し、 $^1 G$ はゲスト材料132の一重項基底状態を表し、 $^1 [H-A]^*$ は有機化合物131__1と有機化合物131__2とで形成される励起錯体の最低励起一重項状態を表し、 $^1 H$ は有機化合物131__1の一重項基底状態を表し、 $^1 A$ は有機化合物131__2の一重項基底状態を表し、 $^1 G^*$ はゲスト材料132の最低励起一重項状態を表す。

【0163】

10

20

30

40

50

一般式 (G 4) に示すように、励起錯体の最低励起三重項状態 ($^3 [H-A]^*$) から逆項間交差によって、励起錯体の最低励起一重項状態 ($^1 [H-A]^*$) が生成され、その後、ゲスト材料 1 3 2 の最低励起一重項状態 ($^1 G^*$) へ励起エネルギーが移動する。

【0164】

ホスト材料 1 3 1 を、上述の構成とすることで、上記 (β) エネルギー移動過程が効率良く生じ、励起錯体の一重項励起エネルギー及び三重項励起エネルギーの双方が効率良くゲスト材料 1 3 2 の一重項励起状態に変換されるため、発光層 1 3 0 のゲスト材料 1 3 2 (蛍光材料) からの発光を、効率よく得ることが可能となる。

【0165】

ただし、励起錯体からゲスト材料 1 3 2 に励起エネルギーが移動する前に、励起錯体が当該励起エネルギーを光または熱として放出して失活してしまうと、発光効率が低下することになる。また、それ以前の過程として、励起錯体において三重項励起状態から一重項励起状態に逆項間交差する A_2 の過程の効率が落ちてしまうと、やはり発光効率が低下することになる。特に、励起錯体の T_E が、ゲスト材料 1 3 2 の T_{1G} よりも低い場合は、 $S_E \geq S_{1G} > T_{1G} > T_E$ となるため、 T_E と S_E のエネルギー差が大きくなってしまふ。その結果、図 3 (B) のルート A_2 の逆項間交差およびそれに続くルート E_4 に示すエネルギー移動過程が生じにくくなり、ゲスト材料 1 3 2 の一重項励起状態の生成効率が低下する。したがって、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位 (T_E) は、ゲスト材料 1 3 2 の最低励起三重項エネルギー準位 (T_{1G}) 以上であると好ましい。また、これらのエネルギー準位のエネルギー差は大きい方が、さらに好ましい。具体的には、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位 (T_E) とゲスト材料 1 3 2 の最低励起三重項エネルギー準位 (T_{1G}) とのエネルギー差は、好ましくは 0.5 eV 以上であり、より好ましくは 1.0 eV 以上である。

【0166】

なお、このとき、励起錯体が熱活性化遅延蛍光を示す場合、励起錯体の最低励起一重項エネルギー準位 (S_E) は、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位 (T_E) 以上のエネルギーであるため、ゲスト材料 1 3 2 の最低励起三重項エネルギー準位 (T_{1G}) 以上となる。すなわち、励起錯体の熱活性化遅延蛍光の発光エネルギーは、ゲスト材料 1 3 2 の燐光発光エネルギー以上であると好ましい。また、これらのエネルギー準位のエネルギー差は大きい方が、さらに好ましい。具体的には、励起錯体の熱活性化遅延蛍光の発光エネルギーとゲスト材料 1 3 2 の燐光発光エネルギーとのエネルギー差は、好ましくは 0.5 eV 以上であり、より好ましくは 1.0 eV 以上である。

【0167】

この時、図 3 (B) のルート E_5 に示すように、励起錯体の T_E からゲスト材料 1 3 2 の T_{1G} に励起エネルギーが移動する場合も、熱失活する。したがって、図 3 (B) のルート E_5 に示すエネルギー移動が少ない方が、ゲスト材料 1 3 2 の三重項励起状態の生成効率を低減することができ、熱失活を減少させることができるため、好ましい。そのためには、ホスト材料 1 3 1 に対するゲスト材料 1 3 2 の濃度は低い方が好ましい。

【0168】

また、ゲスト材料 1 3 2 の三重項励起エネルギー準位のうち最低励起三重項エネルギー準位 (T_{1G}) より高いエネルギーを有する第二励起三重項エネルギー準位 (T_{2G}) が S_{1G} よりも低い場合、図 3 (B) のルート E_6 に示すように、励起錯体の T_E からゲスト材料 1 3 2 の T_{2G} に励起エネルギーの一部が移動しやすくなる。ゲスト材料 1 3 2 は、第二励起三重項状態である場合も熱失活するため、発光に寄与しない。

【0169】

なお、励起錯体からゲスト材料 1 3 2 へ励起エネルギーが移動する場合、互いのエネルギー準位のエネルギー差が小さい方が、エネルギー移動しやすい。すなわち、ゲスト材料 1 3 2 の T_{2G} が T_{1G} より高く、 S_{1G} よりも低い場合、ルート E_6 に示すように、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位 (T_E) からゲスト材料 1 3 2 の第二励起三重項エネルギー準位 (T_{2G}) へのエネルギー移動が生じやすくなり、ゲスト材料 1 3 2 の三

10

20

30

40

50

重項励起状態の生成確率が向上する。そのため、ルート A_2 の逆項間交差およびそれに続くルート E_4 に示すエネルギー移動過程が生じにくくなり、ゲスト材料 132 の一重項励起状態の生成効率が低下する。つまり、図 3 (B) のルート E_6 に示すエネルギー移動過程が少ない方が、ゲスト材料 132 の三重項励起状態の生成効率を低減することができ、熱失活を減少することができるため、好ましい。

【0170】

したがって、図 3 (B) のルート E_6 に示すエネルギー移動過程を抑制するためには、ゲスト材料 132 の第二励起三重項エネルギー準位 (T_{2G}) が、ゲスト材料 132 の最低励起一重項エネルギー準位 (S_{1G}) 以上であると好ましい。

【0171】

また、ゲスト材料 132 の第二励起三重項エネルギー準位 (T_{2G}) は、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位 (T_E) 以上であり、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位 (T_E) は、ゲスト材料 132 の最低励起三重項エネルギー準位 (T_{1G}) 以上であると好ましい。

【0172】

さらに、図 3 (B) のルート E_6 に示すエネルギー移動過程を抑制し、ルート A_2 の逆項間交差およびそれに続くルート E_4 に示すエネルギー移動過程が効率よく生じるためには、ゲスト材料 132 の第二励起三重項エネルギー準位 (T_{2G}) は、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位 (T_E) 以上であり、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位 (T_E) は、ゲスト材料 132 の最低励起一重項エネルギー準位 (S_{1G}) 以上であると、さらに好ましい。また、このとき、励起錯体の最低励起一重項エネルギー準位 (S_E) は、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位 (T_E) 以上のエネルギーであるため、ゲスト材料 132 の最低励起一重項エネルギー準位 (S_{1G}) 以上となる。すなわち、励起錯体が熱活性化遅延蛍光を示す場合、励起錯体の熱活性化遅延蛍光の発光エネルギーは、ゲスト材料 132 の蛍光発光エネルギー以上であると、好ましい。

【0173】

また、ゲスト材料 132 の第二励起三重項エネルギー準位 (T_{2G}) は、励起錯体の最低励起一重項エネルギー準位 (S_E) 以上であると、さらに好ましい。このとき、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位 (T_E) は、励起錯体の最低励起一重項エネルギー準位 (S_E) より低いエネルギーであるため、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位 (T_E) からゲスト材料 132 の第二励起三重項エネルギー準位 (T_{2G}) へのエネルギー移動を効果的に抑制することができる。その結果、ゲスト材料 132 の一重項励起状態の生成効率を向上させることができ、発光素子の発光効率を向上させることができる。

【0174】

なお、ゲスト材料 132 での直接再結合過程が支配的になると、発光層内でゲスト材料 132 の三重項励起状態が多数生成することになり、熱失活により発光効率を損ねてしまう。つまり、上述の (α) 直接再結合過程よりも (β) エネルギー移動過程の割合が、多い方が、ゲスト材料 132 の三重項励起状態の生成効率を低減することができ、熱失活を減少させることができるため好ましい。そのためには、有機化合物 131__1 および有機化合物 131__2 に対するゲスト材料 132 の濃度は低い方が好ましい。

【0175】

＜＜2-2. 材料＞＞

発光層 130 において、ホスト材料 131 が有機化合物 131__1 及び有機化合物 131__2 により形成される、すなわちホスト材料が二種の材料から構成される場合、例えば以下の材料を用いることができる。

【0176】

なお、有機化合物 131__1 及び有機化合物 131__2 は、励起錯体を形成する二種の組み合わせの有機化合物を用いると好ましい。この場合、様々な有機化合物を適宜用いることができるが、効率よく励起錯体を形成するために、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

10

20

30

40

50

を組み合わせることが特に好ましい。

【0177】

なぜならば、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ことで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。

【0178】

電子を受け取りやすい化合物（電子輸送性を有する材料）としては、 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（II）（略称：BeBq2）、ビス（2-メチル-8-キノリノラト）（4-フェニルフェノラト）アルミニウム（III）（略称：BALq）、ビス（8-キノリノラト）亜鉛（II）（略称：Znq）、ビス[2-（2-ベンゾオキサゾリル）フェノラト]亜鉛（II）（略称：ZnPBO）、ビス[2-（2-ベンゾチアゾリル）フェノラト]亜鉛（II）（略称：ZnBTZ）などの金属錯体や、2-（4-ビフェニル）-5-（4-tert-ブチルフェニル）-1,3,4-オキサジアゾール（略称：PBD）、3-（4-ビフェニル）-4-フェニル-5-（4-tert-ブチルフェニル）-1,2,4-トリアゾール（略称：TAZ）、9-[4-（4,5-ジフェニル-4H-1,2,4-トリアゾール-3-イル）フェニル]-9H-カルバゾール（略称：CzTAZ1）、1,3-ビス[5-（p-tert-ブチルフェニル）-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン（略称：OXD-7）、9-[4-（5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル）フェニル]-9H-カルバゾール（略称：CO11）、2,2',2''-（1,3,5-ベンゼントリイル）トリス（1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール）（略称：TPBI）、2-[3-（ジベンゾチオフェン-4-イル）フェニル]-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール（略称：mDBTBIm-II）などの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：2mDBTPDBq-II）、2-[3'-（ジベンゾチオフェン-4-イル）ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン（略称：2mDBTPDBq-II）、2-[3'-（9H-カルバゾール-9-イル）ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン（略称：2mCzBPDBq）、2-[3-（9H-カルバゾール-9-イル）フェニル]ピリミジン（略称：4,6mCzP2Pm）、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：4,6mPnP2Pm）、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：4,6mDBTP2Pm-II）などのジアジン骨格を有する複素環化合物や、PCCzPTzn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：35DCzPPy）、1,3,5-トリ[3-（3-ピリジル）フェニル]ベンゼン（略称：TmPyPB）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。

【0179】

正孔を受け取りやすい化合物（正孔輸送性を有する材料）としては、 π 電子過剰型複素芳香族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：PCASF）、4,4'-ビス[N-（1-ナフチル）-N-フェニルア

10

20

30

40

50

ミノ] ビフェニル (略称: 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- (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)、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: BPAPLP)、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: mBPAPLP)、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)、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: PCBA SF)、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)、4, 4'-ジ (N-カルバゾリル) ビフェニル (略称: 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)、3, 6-ジ (9H-カルバゾール-9-イル) -9-フェニル-9H-カルバゾール (略称: PhCzGI)、2, 8-ジ (9H-カルバゾール-9-イル) -ジベンゾチオフエン (略称: Cz2DBT)、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-II)、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-III)、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-IV) 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-II)、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-II) 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。

【0180】

有機化合物 131__1 及び有機化合物 131__2 は、上述した化合物に限定されことなく、キャリアを輸送でき、且つ励起錯体を形成できる組み合わせであり、当該励起錯体の発光が、発光物質の吸収スペクトルにおける最も長波長側の吸収帯 (発光物質の一重項基底状態から一重項励起状態への遷移に相当する吸収) と重なっていればよく、他の材料を用いても良い。

【0181】

なお、図 3 (A) に示す発光層 130 において、ゲスト材料 132 として用いることのできる材料としては、ゲスト材料 132 の第二励起三重項エネルギー準位が、ゲスト材料 132 の最低励起一重項エネルギー準位以上である材料を用いると、好ましい。

【0182】

また、ゲスト材料 132 の第二励起三重項エネルギー準位が、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位以上であり、励起錯体の最低励起三重項エネルギー準位が、ゲスト材料 132 の最低励起三重項エネルギー準位以上であると好ましい。

【0183】

上記のエネルギー準位を有するゲスト材料132としては、アントラセン、テトラセン、クリセン、ピレン、ペリレン、アクリドン、の中から選ばれる一以上の骨格と、芳香族アミン、アルキル基、アリール基、の中から選ばれる一以上の置換基と、を有する材料が好ましい。また、当該骨格と、当該置換基とが結合することで、最低励起一重項エネルギー準位が低下し、第二励起三重項エネルギー準位が最低励起一重項エネルギー準位以上となりやすいため好適である。また、同一構造を有する当該2つの置換基と、当該骨格とが結合することで、最低励起一重項エネルギー準位が低下し、第二励起三重項エネルギー準位が最低励起一重項エネルギー準位以上となりやすいため、好適である。また、当該骨格を有する有機化合物は、蛍光量子収率が高いため、発光材料に好適である。また、当該骨格を有する有機化合物は、信頼性が良好であるため、発光材料に好適である。

10

【0184】

なお、上記のエネルギー準位、または上記の構造を有するゲスト材料132の具体例としては、1-8. に示すゲスト材料132と同様であるため、ここでの説明は省略する。

【0185】

上記のエネルギー準位、または上記の構造を有する有機化合物をゲスト材料132として用いることで、図3(B)におけるルートE₆に示す三重項励起エネルギーのエネルギー移動過程を抑制することができ、ルートA₂の逆項間交差およびそれに続くルートE₄に示す一重項励起エネルギーのエネルギー移動過程が生じやすくなる。したがって、ゲスト材料132の一重項励起状態の生成効率を向上させることができる。

20

【0186】

以上のように、本発明の一態様の発光素子においては、発光層130におけるゲスト材料132およびホスト材料131の一重項励起エネルギー準位および三重項励起エネルギー準位を、上述の構成とすることで、発光効率の高い発光素子を提供することができる。

【0187】

なお、発光層130は、蒸着法（真空蒸着法を含む）、インクジェット法、塗布法、グラビア印刷等の方法で形成することができる。

【0188】

<3. 発光素子の構成要素>

次に、図1(A)に示す発光素子150のその他の構成の詳細について、以下説明する。

30

【0189】

<<3-1. 一対の電極>>

電極101及び電極102は、発光層130へ正孔と電子を注入する機能を有する。電極101及び電極102は、金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物や積層体などを用いて形成することができる。金属としてはアルミニウムが典型例であり、その他、銀、タングステン、クロム、モリブデン、銅、チタンなどの遷移金属、リチウムやセシウムなどのアルカリ金属、カルシウム、マグネシウムなどの第2族金属を用いることができる。遷移金属としてイッテルビウム(Yb)などの希土類金属を用いても良い。合金としては、上記金属を含む合金を使用することができ、例えばMgAg、AlLiなどが挙げられる。導電性化合物としては、酸化インジウム-酸化スズ(Indium Tin Oxide)などの金属酸化物が挙げられる。導電性化合物としてグラフェンなどの無機炭素系材料を用いても良い。上述したように、これらの材料の複数を積層することによって電極101及び電極102の一方または双方を形成しても良い。

40

【0190】

また、発光層130から得られる発光は、電極101及び電極102の一方または双方を通して取り出される。したがって、電極101及び電極102の少なくとも一つは可視光を透過する。光を取り出す方の電極に金属や合金などの光透過性の低い材料を用いる場合には、可視光を透過できる程度の厚さ（例えば、1nmから10nmの厚さ）で電極101及び電極102の一方または双方を形成すればよい。

50

【0191】

≪3-2. 正孔注入層≫

正孔注入層111は、電極101からのホール注入障壁を低減することでホール注入を促進する機能を有し、例えば遷移金属酸化物、フタロシアニン誘導体、あるいは芳香族アミンなどによって形成される。遷移金属酸化物としては、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、マンガン酸化物などが挙げられる。フタロシアニン誘導体としては、フタロシアニンや金属フタロシアニンなどが挙げられる。芳香族アミンとしてはベンジジン誘導体やフェニレンジアミン誘導体などが挙げられる。ポリチオフェンやポリアニリンなどの高分子化合物を用いることもでき、例えば自己ドーブされたポリチオフェンであるポリ（エチレンジオキシチオフェン）／ポリ（スチレンスルホン酸）などがその代表例である。

10

【0192】

正孔注入層111として、正孔輸送性材料と、これに対して電子受容性を示す材料の複合材料を有する層を用いることもできる。あるいは、電子受容性を示す材料を含む層と正孔輸送性材料を含む層の積層を用いても良い。これらの材料間では定常状態、あるいは電界存在下において電荷の授受が可能である。電子受容性を示す材料としては、キノジメタン誘導体やクロラニル誘導体、ヘキサアザトリフェニレン誘導体などの有機アクセプターを挙げることができる。具体的には、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、2, 3, 6, 7, 10, 11-ヘキサシアノー1, 4, 5, 8, 9, 12-ヘキサアザトリフェニレン（略称：HAT-CN）等の電子吸引基（ハロゲン基やシアノ基）を有する化合物である。また、遷移金属酸化物、例えば第4族から第8族金属の酸化物を用いることができる。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、酸化レニウムなどである。中でも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。

20

【0193】

正孔輸送性材料としては、電子よりも正孔の輸送性の高い材料を用いることができ、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する材料であることが好ましい。具体的には、芳香族アミン、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、スチルベン誘導体などを用いることができる。また、該正孔輸送性材料は高分子化合物であっても良い。また、発光層130で例示した正孔輸送性材料を用いることができる。

30

【0194】

≪3-3. 正孔輸送層≫

正孔輸送層112は正孔輸送性材料を含む層であり、正孔注入層111の材料として例示した材料を使用することができる。正孔輸送層112は正孔注入層111に注入された正孔を発光層130へ輸送する機能を有するため、正孔注入層111の最高被占軌道（Highest Occupied Molecular Orbital、HOMOともいう）と同じ、あるいは近いHOMOを有することが好ましい。

【0195】

≪3-4. 電子輸送層≫

電子輸送層117は、電子注入層118を経て電極102から注入された電子を発光層130へ輸送する機能を有する。電子輸送性材料としては、正孔よりも電子の輸送性の高い材料を用いることができ、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する材料であることが好ましい。具体的には、キノリン配位子、ベンゾキノリン配位子、オキサゾール配位子、あるいはチアゾール配位子を有する金属錯体、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、フェナントロリン誘導体、ピリジン誘導体、ビピリジン誘導体などが挙げられる。また、発光層130で例示した電子輸送性材料を用いることができる。

40

【0196】

≪3-5. 電子注入層≫

電子注入層118は電極102からの電子注入障壁を低減することで電子注入を促進す

50

る機能を有し、例えば第1族金属、第2族金属、あるいはこれらの酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩などを用いることができる。また、先に示す電子輸送性材料と、これに対して電子供与性を示す材料の複合材料を用いることもできる。電子供与性を示す材料としては、第1族金属、第2族金属、あるいはこれらの酸化物などを挙げることができる。

【0197】

なお、上述した正孔注入層111、正孔輸送層112、電子輸送層117、及び電子注入層118は、それぞれ、蒸着法（真空蒸着法を含む）、インクジェット法、塗布法、グラビア印刷法等の方法で形成することができる。

【0198】

また、正孔注入層111、正孔輸送層112、発光層130、電子輸送層117、及び電子注入層118には、上述した材料の他、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。

【0199】

《3-6. 基板》

また、発光素子150は、ガラス、プラスチックなどからなる基板上に作製すればよい。基板上に作製する順番としては、電極101側から順に積層しても、電極102側から順に積層しても良い。

【0200】

なお、発光素子150を形成できる基板としては、例えばガラス、石英、又はプラスチックなどを用いることができる。また可撓性基板を用いてもよい。可撓性基板とは、曲げることができる（フレキシブル）基板のことであり、例えば、ポリカーボネート、ポリアリレートからなるプラスチック基板等が挙げられる。また、フィルム、無機蒸着フィルムなどを用いることもできる。なお、発光素子、及び光学素子の作製工程において支持体として機能するものであれば、これら以外のものでもよい。あるいは、発光素子、及び光学素子を保護する機能を有するものであればよい。

【0201】

例えば、様々な基板を用いて発光素子150を形成することが出来る。基板の種類は、特定のものに限定されることはない。その基板の一例としては、半導体基板（例えば単結晶基板又はシリコン基板）、SOI基板、ガラス基板、石英基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス・スチル基板、ステンレス・スチル・ホイルを有する基板、タングステン基板、タングステン・ホイルを有する基板、可撓性基板、貼り合わせフィルム、繊維状の材料を含む紙、又は基材フィルムなどがある。ガラス基板の一例としては、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス、又はソーダライムガラスなどがある。可撓性基板、貼り合わせフィルム、基材フィルムなどの一例としては、以下のものがあげられる。例えば、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエチレンナフタレート（PEN）、ポリエーテルスルホン（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。

【0202】

また、基板として、可撓性基板を用い、可撓性基板上に直接、発光素子を形成してもよい。または、基板と発光素子との間に剥離層を設けてもよい。剥離層は、その上に発光素子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、耐熱性の劣る基板や可撓性の基板にも発光素子を転載できる。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樹脂膜が形成された構成等を用いることができる。

【0203】

つまり、ある基板を用いて発光素子を形成し、その後、別の基板に発光素子を転置し、別の基板上に発光素子を配置してもよい。発光素子が転置される基板の一例としては、上

10

20

30

40

50

述した基板に加え、セロファン基板、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、壊れにくい発光素子、耐熱性の高い発光素子、軽量化された発光素子、または薄型化された発光素子とすることができる。

【0204】

また、上述した基板上に、例えば電界効果トランジスタ（FET）を形成し、FETと電氣的に接続された電極上に発光素子150を作製してもよい。これにより、FETによって発光素子150の駆動を制御するアクティブマトリクス型の表示装置を作製できる。

【0205】

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。または、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。例えば、本発明の一態様では、ゲスト材料132の第二励起三重項エネルギー準位は、ゲスト材料132の最低励起一重項エネルギー準位以上である場合の例を示したが、本発明の一態様は、これに限定されない。場合によっては、または、状況に応じて、本発明の一態様では、例えば、ゲスト材料132において、第二励起三重項エネルギー準位は、ゲスト材料132の最低励起一重項エネルギー準位以上でなくてもよい。または、例えば、本発明の一態様では、ゲスト材料132の第二励起三重項エネルギー準位は、ホスト材料131の最低励起三重項エネルギー準位以上である場合の例を示したが、本発明の一態様は、これに限定されない。場合によっては、または、状況に応じて、本発明の一態様では、例えば、ゲスト材料132の第二励起三重項エネルギー準位は、ホスト材料131の最低励起三重項エネルギー準位以上でなくてもよい。または、例えば、本発明の一態様では、ホスト材料131は、室温で熱活性化遅延蛍光を示す物質の例を示したが、本発明の一態様では、例えば、ホスト材料131は、室温で熱活性化遅延蛍光を示す物質以外の物質を有してもよい。あるいは、場合によっては、または、状況に応じて、本発明の一態様では、例えば、ホスト材料131は、室温で熱活性化遅延蛍光を示す物質を有していなくてもよい。または、例えば、本発明の一態様では、ゲスト材料132は、アントラセン、テトラセン、クリセン、ピレン、ペリレン、アクリドン、の中から選ばれる一以上の骨格と、芳香族アミン、アルキル基、アリール基の中から選ばれる一以上の置換基と、を有する例を示したが、本発明の一態様は、これに限定されない。場合によっては、当該骨格または当該置換基を有さなくても良い。

【0206】

以上、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態と適宜組み合わせる用いることができる。

【0207】

（実施の形態2）

本実施の形態においては、実施の形態1に示す構成と異なる構成の発光素子、及び当該発光素子の発光機構について、図4（A）（B）を用いて、以下説明を行う。

【0208】

<発光素子の構成例>

図4（A）は、発光素子450の断面模式図である。

【0209】

図4（A）に示す発光素子450は、一対の電極（電極401及び電極402）の間に、複数の発光ユニット（図4（A）においては、発光ユニット441及び発光ユニット442）を有する。1つの発光ユニットは、図1（A）で示すEL層100と同様な構成を有する。つまり、図1で示した発光素子150は、1つの発光ユニットを有し、発光素子450は、複数の発光ユニットを有する。なお、発光素子450において、電極401が陽極として機能し、電極402が陰極として機能するとして、以下説明するが、発光素子450の構成としては、逆であっても構わない。

【0210】

また、図4（A）に示す発光素子450において、発光ユニット441と発光ユニット442とが積層されており、発光ユニット441と発光ユニット442との間には電荷発生層445が設けられる。なお、発光ユニット441と発光ユニット442は、同じ構成でも異なる構成でもよい。例えば、発光ユニット441に、図1（A）に示すEL層100を用い、発光ユニット442に発光材料として燐光材料を有する発光層を用いると好適である。

【0211】

すなわち、発光素子450は、発光層420と、発光層430と、を有する。また、発光ユニット441は、発光層420の他に、正孔注入層411、正孔輸送層412、電子輸送層413、及び電子注入層414を有する。また、発光ユニット442は、発光層430の他に、正孔注入層415、正孔輸送層416、電子輸送層417、及び電子注入層418を有する。

【0212】

電荷発生層445には、有機材料と電子受容性を示す材料との複合材料が含まれている。該複合材料には、実施の形態1に示す正孔注入層111に用いることができる複合材料を用いればよい。有機材料としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール化合物、芳香族炭化水素、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）など、種々の化合物を用いることができる。なお、有機材料としては、正孔移動度が $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上であるものを適用することが好ましい。ただし、電子よりも正孔の輸送性の高い材料であれば、これら以外のものを用いてもよい。有機材料と電子受容性を示す材料との複合材料は、キャリア注入性、キャリア輸送性に優れているため、低電圧駆動、低電流駆動を実現することができる。なお、発光ユニット442のように、発光ユニットの陽極側の面が電荷発生層445に接している場合は、電荷発生層445が発光ユニットの正孔注入層または正孔輸送層の役割も担うことができるため、該発光ユニットには正孔注入層または正孔輸送層を設けなくとも良い。

【0213】

なお、電荷発生層445は、有機材料と電子受容性を示す材料との複合材料を含む層と、他の材料により構成される層と、を組み合わせた積層構造として形成してもよい。例えば、有機材料と電子受容性を示す材料との複合材料を含む層と、電子供与性を示す材料の中から選ばれた一の材料と電子輸送性の高い材料とを含む層と、を組み合わせ形成してもよい。また、有機材料と電子受容性を示す材料との複合材料を含む層と、透明導電膜を含む層と、を組み合わせ形成してもよい。

【0214】

なお、発光ユニット441と発光ユニット442に挟まれる電荷発生層445は、電極401と電極402に電圧を印加したときに、一方の発光ユニットに電子を注入し、他方の発光ユニットに正孔を注入するものであれば良い。例えば、図4（A）において、電極401の電位の方が電極402の電位よりも高くなるように電圧を印加した場合、電荷発生層445は、発光ユニット441に電子を注入し、発光ユニット442に正孔を注入する。

【0215】

また、図4（A）においては、2つの発光ユニットを有する発光素子について説明したが、3つ以上の発光ユニット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。発光素子450に示すように、一対の電極間に複数の発光ユニットを電荷発生層で仕切って配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度発光を可能とし、さらに長寿命な発光素子を実現できる。また、消費電力が低い発光素子を実現することができる。

【0216】

なお、複数のユニットのうち、少なくとも一つのユニットに、図1（A）で示すEL層100の構成を適用することによって、発光効率の高い、発光素子を提供することができる。

【0217】

また、発光層420は、ホスト材料421と、ゲスト材料422とを有する。また、発光層430は、ホスト材料431と、ゲスト材料432とを有する。また、ホスト材料421は、有機化合物421__1と、有機化合物421__2と、を有する。また、ホスト材料431は、有機化合物431__1と、有機化合物431__2と、を有する。

【0218】

また、本実施の形態において、発光層420は、図3(A)に示す発光層130と同様の構成とする。すなわち、発光層420が有するホスト材料421、有機化合物421__1、有機化合物421__2、及びゲスト材料422は、発光層130が有するホスト材料131、有機化合物131__1、有機化合物131__2、及びゲスト材料132に、それぞれ相当する。また、発光層430が有するゲスト材料432が燐光材料として、以下説明する。

10

【0219】

なお、電極401と、電極402と、正孔注入層411、415と、正孔輸送層412、416と、電子輸送層413、417と、電子注入層414、418は、実施の形態1に示す、電極101と、電極102と、正孔注入層111と、正孔輸送層112と、電子輸送層117と、電子注入層118と、それぞれ同様の機能を有する。したがって、本実施の形態においては、その詳細な説明は省略する。

【0220】

<発光層420の発光機構>

20

発光層420の発光機構としては、図3(A)に示す発光層130と同様の発光機構である。

【0221】

<発光層430の発光機構>

次に、発光層430の発光機構について、以下説明を行う。

【0222】

発光層430が有する、有機化合物431__1と、有機化合物431__2とは励起錯体を形成する。ここでは、有機化合物431__1をホスト材料として、有機化合物431__2をアシスト材料と呼称して説明する。

【0223】

30

発光層430における励起錯体を形成する有機化合物431__1と有機化合物431__2との組み合わせは、励起錯体を形成することが可能な組み合わせであればよいが、一方が正孔輸送性を有する材料であり、他方が電子輸送性を有する材料であることが、より好ましい。なお、有機化合物431__1と有機化合物431__2との組み合わせは、発光層420における、励起錯体を形成する有機化合物421__1と有機化合物421__2との組み合わせと同様の構成としてもよい。

【0224】

発光層430における有機化合物431__1と、有機化合物431__2と、ゲスト材料432とのエネルギー準位の相関を図4(B)に示す。なお、図4(B)における表記及び符号は、以下の通りである。

40

- ・Host(431__1)：ホスト材料(有機化合物431__1)
- ・Assist(431__2)：アシスト材料(有機化合物431__2)
- ・Guest(432)：ゲスト材料432(燐光材料)
- ・SPH：ホスト材料(有機化合物431__1)の一重項励起状態の最も低い準位
- ・TPH：ホスト材料(有機化合物431__1)の三重項励起状態の最も低い準位
- ・TPG：ゲスト材料432(燐光材料)の三重項励起状態の最も低い準位
- ・SPE：励起錯体の一重項励起状態の最も低い準位
- ・TPE：励起錯体の三重項励起状態の最も低い準位

【0225】

有機化合物431__1と有機化合物431__2とにより形成される、励起錯体の一重項

50

励起状態の最も低い準位 (S_{PE}) と励起錯体の三重項励起状態の最も低い準位 (T_{PE}) は互いに隣接することになる (図 4 (B) E_7 参照)。

【0226】

そして、励起錯体の (S_{PE}) と (T_{PE}) の双方のエネルギーを、ゲスト材料 432 (燐光材料) の三重項励起状態の最も低い準位へ移動させて発光が得られる (図 4 (B) E_8 参照)。

【0227】

なお、上記に示す E_7 及び E_8 の過程を、本明細書等において $ExTET$ ($Exciplex-Triplet\ Energy\ Transfer$) と呼称する場合がある。

【0228】

また、有機化合物 431__1 及び有機化合物 431__2 は、一方がホールを、他方が電子を受け取り、それらが近接することで速やかに励起錯体を形成する。あるいは、一方が励起状態となると、速やかに他方の物質と相互作用することで励起錯体を形成する。したがって、発光層 430 における励起子のほとんどが励起錯体として存在する。励起錯体は、有機化合物 431__1 及び有機化合物 431__2 のどちらよりもバンドギャップが小さくなるため、一方のホールと他方の電子の再結合から励起錯体が形成されることにより、駆動電圧を下げることができる。

【0229】

発光層 430 を上述の構成とすることで、発光層 430 のゲスト材料 432 (燐光材料) からの発光を、効率よく得ることが可能となる。

【0230】

なお、発光層 420 からの発光が、発光層 430 からの発光よりも短波長側に発光のピークを有する構成とすることが好ましい。短波長の発光を呈する燐光材料を用いた発光素子は輝度劣化が早い傾向がある。そこで、短波長の発光を蛍光材料からの発光とすることによって、輝度劣化の小さい発光素子を提供することができる。

【0231】

また、発光層 420 と発光層 430 とで異なる発光波長の光を得ることによって、多色発光の素子とすることができる。この場合、発光スペクトルは異なる発光ピークを有する発光が合成された光となるため、少なくとも二つの極大値を有する発光スペクトルとなる。

【0232】

また、上記の構成は白色発光を得るためにも好適である。発光層 420 と発光層 430 との光を互いに補色の関係とすることによって、白色発光を得ることができる。

【0233】

また、発光層 420 及び発光層 430 のいずれか一方または双方に発光波長の異なる複数の発光材料を用いることによって、三原色や、4 色以上の発光色からなる演色性の高い白色発光を得ることもできる。この場合、発光層 420 及び発光層 430 のいずれか一方または双方を層状にさらに分割し、当該分割した層ごとに異なる発光材料を含有させるようにしても良い。

【0234】

次に、発光層 420 及び発光層 430 に用いることのできる材料について、以下説明する。

【0235】

<発光層 420 に用いることのできる材料>

発光層 420 に用いることのできる材料としては、先の実施の形態 1 に示す発光層 130 に用いることのできる材料を援用すればよい。

【0236】

<発光層 430 に用いることのできる材料>

発光層 430 中では、有機化合物 431__1 (ホスト材料) が重量比で最も多く存在し、ゲスト材料 432 (燐光材料) は、有機化合物 431__1 (ホスト材料) 中に分散され

10

20

30

40

50

る。

【0237】

有機化合物431__1（ホスト材料）としては、亜鉛やアルミニウム系金属錯体の他、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、ベンゾイミダゾール誘導体、キノキサリン誘導体、ジベンゾキノキサリン誘導体、ジベンゾチオフェン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、ピリミジン誘導体、トリアジン誘導体、ピリジン誘導体、ビピリジン誘導体、フェナントロリン誘導体などが挙げられる。他の例としては、芳香族アミンやカルバゾール誘導体などが挙げられる。また、実施の形態1で示す発光層130に用いることができる材料（正孔輸送性を有する材料、及び電子輸送性を有する材料）を用いることができる。

【0238】

ゲスト材料432（燐光材料）としては、イリジウム、ロジウム、または白金系の有機金属錯体、あるいは金属錯体が挙げられ、中でも有機イリジウム錯体、例えばイリジウム系オルトメタル錯体が好ましい。オルトメタル化する配位子としては4H-トリアゾール配位子、1H-トリアゾール配位子、イミダゾール配位子、ピリジン配位子、ピリミジン配位子、ピラジン配位子、あるいはイソキノリン配位子などが挙げられる。金属錯体としては、ポルフィリン配位子を有する白金錯体などが挙げられる。

【0239】

有機化合物431__2（アシスト材料）としては、有機化合物431__1と励起錯体を形成できる組み合わせとする。この場合、励起錯体の発光ピークが燐光材料の三重項MLCT（Metal to Ligand Charge Transfer）遷移の吸収帯、より具体的には、最も長波長側の吸収帯と重なるように有機化合物431__1、有機化合物431__2、およびゲスト材料432（燐光材料）を選択することが好ましい。これにより、発光効率が飛躍的に向上した発光素子とすることができる。ただし、燐光材料に替えて熱活性化遅延蛍光材料を用いる場合においては、最も長波長側の吸収帯は一重項の吸収帯であることが好ましい。具体的には、実施の形態1で示す発光層130に用いることができる材料（正孔輸送性を有する材料、及び電子輸送性を有する材料）を用いることができる。

【0240】

発光層430に含まれる発光材料としては、三重項励起エネルギーを発光に変換できる材料であればよい。該三重項励起エネルギーを発光に変換できる材料としては、燐光材料の他に、熱活性化遅延蛍光材料が挙げられる。したがって、燐光材料と記載した部分に関しては、熱活性化遅延蛍光材料と読み替えても構わない。なお、熱活性化遅延蛍光材料とは、三重項励起状態をわずかな熱エネルギーによって一重項励起状態にアップコンバート（逆項間交差）が可能で、一重項励起状態からの発光（蛍光）を効率よく呈する材料のことである。また、熱活性化遅延蛍光が効率良く得られる条件としては、三重項励起エネルギー準位と一重項励起エネルギー準位のエネルギー差が好ましくは0 eVを超えて0.2 eV以下、さらに好ましくは0 eVを超えて0.1 eV以下であることが挙げられる。

【0241】

また、発光層420に含まれる発光材料と発光層430に含まれる発光材料の発光色に限定は無く、同じでも異なっても良い。各々から得られる発光が混合されて素子外へ取り出されるので、例えば両者の発光色が互いに補色の関係にある場合、発光素子は白色の光を与えることができる。発光素子の信頼性を考慮すると、発光層420に含まれる発光材料の発光ピーク波長は発光層430に含まれる発光材料のそれよりも短いことが好ましい。

【0242】

なお、発光層420及び発光層430は、蒸着法（真空蒸着法を含む）、インクジェット法、塗布法、グラビア印刷等の方法で形成することができる。

【0243】

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ることができる。

【0244】

(実施の形態3)

本実施の形態においては、実施の形態1、および実施の形態2に示す構成と異なる構成の発光素子について、図5(A)(B)を用いて、以下説明を行う。

【0245】

<発光素子の構成例>

図5(A)は、本発明の一態様の発光素子452を説明する断面模式図である。

【0246】

発光素子452は、電極401と、電極402との間に、複数の発光ユニット(図5(A)においては、発光ユニット446及び発光ユニット447)を有する。1つの発光ユニットは、図1(A)で示すEL層100と同様な構成を有する。つまり、図1(A)で示した発光素子150は、1つの発光ユニットを有し、発光素子452は、複数の発光ユニットを有する。なお、本実施の形態において、電極401が陽極、電極402が陰極として、以下説明するが、発光素子452の構成としては、逆であっても構わない。

【0247】

また、図5(A)に示す発光素子452において、発光ユニット446と発光ユニット447とが積層されており、発光ユニット446と発光ユニット447との間には電荷発生層445が設けられる。なお、発光ユニット446と発光ユニット447は、同じ構成でも異なる構成でもよい。例えば、発光ユニット446に発光材料として蛍光材料を有する発光層を用い、発光ユニット447に図1(A)に示すEL層100を用いると好適である。

【0248】

すなわち、発光素子452は、発光層460と、発光層470と、を有する。また、発光ユニット446は、発光層460の他に、正孔注入層411、正孔輸送層412、電子輸送層413、及び電子注入層414を有する。また、発光ユニット447は、発光層470の他に、正孔注入層415、正孔輸送層416、電子輸送層417、及び電子注入層418を有する。

【0249】

また、図5(A)においては、2つの発光ユニットを有する発光素子について説明したが、3つ以上の発光ユニット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。発光素子452に示すように、一対の電極間に複数の発光ユニットを電荷発生層で仕切って配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度発光を可能とし、さらに長寿命な発光素子を実現できる。また、消費電力が低い発光素子を実現することができる。

【0250】

なお、複数のユニットのうち、少なくとも一つのユニットに、図1(A)で示すEL層100の構成を適用することによって、発光効率の高い、発光素子を提供することができる。

【0251】

また、発光層460は、ホスト材料461と、ゲスト材料462とを有する。また、発光層470は、ホスト材料471と、ゲスト材料472とを有する。また、ホスト材料471は、有機化合物471_1と、有機化合物471_2と、を有する。

【0252】

また、本実施の形態において、発光層470は、図1(A)に示す発光層130と同様の構成とする。すなわち、発光層470が有するホスト材料471、有機化合物471_1、有機化合物471_2、及びゲスト材料472は、発光層130が有するホスト材料131、有機化合物131_1、有機化合物131_2、及びゲスト材料132に、それぞれ相当する。また、発光層460が有するゲスト材料462が蛍光材料として、以下説明する。

【0253】

<発光層 460 の発光機構>

まず、発光層 460 の発光機構について、以下説明を行う。

【0254】

発光層 460 では、キャリアの再結合により、励起状態が形成される。ゲスト材料 462 と比較してホスト材料 461 は大量に存在するので、励起状態は、ほぼホスト材料 461 の励起状態として存在する。キャリアの再結合によって生じる一重項励起状態と三重項励起状態の比（以下、励起子生成確率）は約 1 : 3 となる。

【0255】

はじめに、ホスト材料 461 の三重項励起エネルギー準位がゲスト材料 462 の三重項励起エネルギー準位よりも高い場合について、以下説明する。

【0256】

ホスト材料 461 の三重項励起状態からゲスト材料 462 にエネルギー移動（三重項エネルギー移動）が生じる。しかしながら、ゲスト材料 462 が蛍光材料であるため、三重項励起状態は可視光領域に発光を与えない。したがって、ホスト材料 461 の三重項励起状態を発光として利用することが難しい。よって、ホスト材料 461 の三重項励起エネルギー準位がゲスト材料 462 の三重項励起エネルギー準位よりも高い場合においては、注入したキャリアのうち、約 25 % を超えて発光に利用することが難しい。

【0257】

次に、発光層 460 におけるホスト材料 461 と、ゲスト材料 462 とのエネルギー準位の相関を図 5（B）に示す。なお、図 5（B）における表記及び符号は、以下の通りである。

- ・Host（461）：ホスト材料 461
- ・Guest（462）：ゲスト材料 462（蛍光材料）
- ・S_{FH}：ホスト材料 461 の一重項励起状態の最も低い準位
- ・T_{FH}：ホスト材料 461 の三重項励起状態の最も低い準位
- ・S_{FG}：ゲスト材料 462（蛍光材料）の一重項励起状態の最も低い準位
- ・T_{FG}：ゲスト材料 462（蛍光材料）の三重項励起状態の最も低い準位

【0258】

図 5（B）に示すように、ゲスト材料 462 の三重項励起エネルギー準位（図 5（B）において、T_{FG}）がホスト材料 461 の三重項励起エネルギー準位（図 5（B）において、T_{FH}）よりも高い構成である。

【0259】

また、図 5（B）に示すように、三重項－三重項消滅（TTA：Triplet-Triplet Annihilation）によって（図 5（B）E₉参照）、三重項励起子同士が衝突することにより、その一部がホスト材料 461 の一重項励起状態の最も低い準位（S_{FH}）に変換される。ホスト材料 461 の一重項励起状態の最も低い準位（S_{FH}）からは、それよりも準位の低いゲスト材料 462（蛍光材料）の一重項励起状態の最も低い準位（S_{FG}）へエネルギー移動が起こり（図 5（B）E₁₀参照）、ゲスト材料 462（蛍光材料）が発光する。

【0260】

なお、ホスト材料 461 の三重項励起エネルギー準位がゲスト材料の三重項励起エネルギー準位よりも低いため、T_{FG}は失活することなくT_{FH}にエネルギー移動（図 5（B）E₁₁参照）し、TTAに利用される。

【0261】

発光層 460 を上述の構成とすることで、発光層 460 のゲスト材料 462 からの発光を、効率よく得ることが可能となる。

【0262】

なお、発光層 460 と発光層 470 とで異なる発光波長の光を得ることによって、多色発光の素子とすることができる。この場合、発光スペクトルは異なる発光ピークを有する発光が合成された光となるため、少なくとも二つの極大値を有する発光スペクトルとなる

10

20

30

40

50

。

【0263】

また、上記の構成は白色発光を得るためにも好適である。発光層460と発光層470との光を互いに補色の関係とすることによって、白色発光を得ることができる。

【0264】

また、発光層460及び発光層470のいずれか一方または双方に発光波長の異なる複数の発光材料を用いることによって、三原色や、4色以上の発光色からなる演色性の高い白色発光を得ることもできる。この場合、発光層460及び発光層470のいずれか一方または双方を層状にさらに分割し、当該分割した層ごとに異なる発光材料を含有させるようにしても良い。

【0265】

＜発光層470の発光機構＞

発光層470の発光機構としては、図3(A)に示す発光層130と同様の発光機構である。

【0266】

次に、発光層460及び発光層470に用いることのできる材料について、以下説明する。

【0267】

＜発光層460に用いることのできる材料＞

発光層460中では、ホスト材料461が重量比で最も多く存在し、ゲスト材料462（蛍光材料）は、ホスト材料461中に分散される。ホスト材料461の一重項励起エネルギー準位は、ゲスト材料462（蛍光材料）の一重項励起エネルギー準位よりも高く、ホスト材料461の三重項励起エネルギー準位は、ゲスト材料462（蛍光材料）の三重項励起エネルギー準位よりも低いことが好ましい。

【0268】

ホスト材料461として、アントラセン誘導体、あるいはテトラセン誘導体が好ましい。これらの誘導体は一重項励起エネルギー準位が高く、三重項励起エネルギー準位が低いからである。具体的には、9-フェニル-3-[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：PCzPA）、3-[4-(1-ナフチル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール（略称：PCPN）、9-[4-(10-フェニル-9-アントラセニル)フェニル]-9H-カルバゾール（略称：CzPA）、7-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-7H-ジベンゾ[c,g]カルバゾール（略称：cgDBCzPA）、6-[3-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]-ベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン（略称：2mBnfPPA）、9-フェニル-10-{4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)-ビフェニル-4'-イル}アントラセン（略称：FLPPA）などが挙げられる。あるいは、5,12-ジフェニルテトラセン、5,12-ビス（ビフェニル-2-イル）テトラセンなどが挙げられる。

【0269】

ゲスト材料462（蛍光材料）としては、ピレン誘導体、アントラセン誘導体、トリフェニレン誘導体、フルオレン誘導体、カルバゾール誘導体、ジベンゾチオフェン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、ジベンゾキノキサリン誘導体、キノキサリン誘導体、ピリジン誘導体、ピリミジン誘導体、フェナントレン誘導体、ナフタレン誘導体などが挙げられる。特にピレン誘導体は発光量子収率が高いので好ましい。ピレン誘導体の具体例としては、N,N'-ビス（3-メチルフェニル）-N,N'-ビス[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ピレン-1,6-ジアミン（略称：1,6mMemFLPAPrn）、N,N'-ジフェニル-N,N'-ビス[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ピレン-1,6-ジアミン（略称：1,6FLPAPrn）、N,N'-ビス（ジベンゾフラン-2-イル）-N,N'-ジフェニルピレン-1,6-ジアミン（略称：1,6FrAPrn）、N,N'-ビス（ジベンゾチオフェン

10

20

30

40

50

－２－イル）－Ｎ，Ｎ’－ジフェニルピレン－１，６－ジアミン（略称：１，６ＴｈＡＰｒｎ）などが挙げられる。また、実施の形態１に示すゲスト材料１３２として例示した材料を用いても良い。

【０２７０】

<発光層４７０に用いることのできる材料>

発光層４７０に用いることのできる材料としては、実施の形態１に示す発光層１３０に用いることのできる材料を援用すればよい。

【０２７１】

また、発光層４６０に含まれる発光材料と発光層４７０に含まれる発光材料の発光色に限定は無く、同じでも異なっても良い。各々から得られる発光が混合されて素子外へ取り出されるので、例えば両者の発光色が互いに補色の関係にある場合、発光素子は白色の光を与えることができる。発光素子の信頼性を考慮すると、発光層４６０に含まれる発光材料の発光ピーク波長は発光層４７０に含まれる発光材料のそれよりも短いことが好ましい。

【０２７２】

なお、発光層４６０及び発光層４７０は、蒸着法（真空蒸着法を含む）、インクジェット法、塗布法、グラビア印刷等の方法で形成することができる。

【０２７３】

なお、上記構成は、他の実施の形態や本実施の形態中の他の構成と適宜組み合わせることが可能である。

【０２７４】

（実施の形態４）

本実施の形態では、本発明の一態様の発光素子を有する表示装置について、図６（Ａ）（Ｂ）を用いて説明を行う。

【０２７５】

なお、図６（Ａ）は、本発明の一態様の表示装置を説明するブロック図であり、図６（Ｂ）は、本発明の一態様の表示装置が有する画素回路を説明する回路図である。

【０２７６】

<表示装置に関する説明>

図６（Ａ）に示す表示装置は、表示素子の画素を有する領域（以下、画素部８０２という）と、画素部８０２の外側に配置され、画素を駆動するための回路を有する回路部（以下、駆動回路部８０４という）と、素子の保護機能を有する回路（以下、保護回路８０６という）と、端子部８０７と、を有する。なお、保護回路８０６は、設けない構成としてもよい。

【０２７７】

駆動回路部８０４の一部、または全部は、画素部８０２と同一基板上に形成されていることが望ましい。これにより、部品数や端子数を減らすことが出来る。駆動回路部８０４の一部、または全部が、画素部８０２と同一基板上に形成されていない場合には、駆動回路部８０４の一部、または全部は、ＣＯＧ（Ｃｈｉｐ　Ｏｎ　Ｇｌａｓｓ）やＴＡＢ（Ｔａｐｅ　Ａｕｔｏｍａｔｅｄ　Ｂｏｎｄｉｎｇ）によって、実装することができる。

【０２７８】

画素部８０２は、Ｘ行（Ｘは２以上の自然数）Ｙ列（Ｙは２以上の自然数）に配置された複数の表示素子を駆動するための回路（以下、画素回路８０１という）を有し、駆動回路部８０４は、画素を選択する信号（走査信号）を出力する回路（以下、走査線駆動回路８０４ａという）、画素の表示素子を駆動するための信号（データ信号）を供給するための回路（以下、信号線駆動回路８０４ｂ）などの駆動回路を有する。

【０２７９】

走査線駆動回路８０４ａは、シフトレジスタ等を有する。走査線駆動回路８０４ａは、端子部８０７を介して、シフトレジスタを駆動するための信号が入力され、信号を出力する。例えば、走査線駆動回路８０４ａは、スタートパルス信号、クロック信号等が入力さ

10

20

30

40

50

れ、パルス信号を出力する。走査線駆動回路804aは、走査信号が与えられる配線（以下、走査線GL__1乃至GL__Xという）の電位を制御する機能を有する。なお、走査線駆動回路804aを複数設け、複数の走査線駆動回路804aにより、走査線GL__1乃至GL__Xを分割して制御してもよい。または、走査線駆動回路804aは、初期化信号を供給することができる機能を有する。ただし、これに限定されず、走査線駆動回路804aは、別の信号を供給することも可能である。

【0280】

信号線駆動回路804bは、シフトレジスタ等を有する。信号線駆動回路804bは、端子部807を介して、シフトレジスタを駆動するための信号の他、データ信号の元となる信号（画像信号）が入力される。信号線駆動回路804bは、画像信号を元に画素回路801に書き込むデータ信号を生成する機能を有する。また、信号線駆動回路804bは、スタートパルス、クロック信号等が入力されて得られるパルス信号に従って、データ信号の出力を制御する機能を有する。また、信号線駆動回路804bは、データ信号が与えられる配線（以下、データ線DL__1乃至DL__Yという）の電位を制御する機能を有する。または、信号線駆動回路804bは、初期化信号を供給することができる機能を有する。ただし、これに限定されず、信号線駆動回路804bは、別の信号を供給することも可能である。

【0281】

信号線駆動回路804bは、例えば複数のアナログスイッチなどを用いて構成される。信号線駆動回路804bは、複数のアナログスイッチを順次オン状態にすることにより、画像信号を時分割した信号をデータ信号として出力できる。また、シフトレジスタなどを用いて信号線駆動回路804bを構成してもよい。

【0282】

複数の画素回路801のそれぞれは、走査信号が与えられる複数の走査線GLの一つを介してパルス信号が入力され、データ信号が与えられる複数のデータ線DLの一つを介してデータ信号が入力される。また、複数の画素回路801のそれぞれは、走査線駆動回路804aによりデータ信号のデータの書き込み及び保持が制御される。例えば、m行n列目の画素回路801は、走査線GL__m（mはX以下の自然数）を介して走査線駆動回路804aからパルス信号が入力され、走査線GL__mの電位に応じてデータ線DL__n（nはY以下の自然数）を介して信号線駆動回路804bからデータ信号が入力される。

【0283】

図6（A）に示す保護回路806は、例えば、走査線駆動回路804aと画素回路801の間の配線である走査線GLに接続される。または、保護回路806は、信号線駆動回路804bと画素回路801の間の配線であるデータ線DLに接続される。または、保護回路806は、走査線駆動回路804aと端子部807との間の配線に接続することができる。または、保護回路806は、信号線駆動回路804bと端子部807との間の配線に接続することができる。なお、端子部807は、外部の回路から表示装置に電源及び制御信号、及び画像信号を入力するための端子が設けられた部分をいう。

【0284】

保護回路806は、自身が接続する配線に一定の範囲外の電位が与えられたときに、該配線と別の配線とを導通状態にする回路である。

【0285】

図6（A）に示すように、画素部802と駆動回路部804にそれぞれ保護回路806を設けることにより、ESD（Electro Static Discharge：静電気放電）などにより発生する過電流に対する表示装置の耐性を高めることができる。ただし、保護回路806の構成はこれに限定されず、例えば、走査線駆動回路804aに保護回路806を接続した構成、または信号線駆動回路804bに保護回路806を接続した構成とすることもできる。あるいは、端子部807に保護回路806を接続した構成とすることもできる。

【0286】

また、図 6 (A) においては、走査線駆動回路 804a と信号線駆動回路 804b によって駆動回路部 804 を形成している例を示しているが、この構成に限定されない。例えば、走査線駆動回路 804a のみを形成し、別途用意された信号線駆動回路が形成された基板（例えば、単結晶半導体膜、多結晶半導体膜で形成された駆動回路基板）を実装する構成としても良い。

【0287】

<画素回路の構成例>

図 6 (A) に示す複数の画素回路 801 は、例えば、図 6 (B) に示す構成とすることができる。

【0288】

図 6 (B) に示す画素回路 801 は、トランジスタ 852、854 と、容量素子 862 と、発光素子 872 と、を有する。

【0289】

トランジスタ 852 のソース電極及びドレイン電極の一方は、データ信号が与えられる配線（以下、信号線 DL_n という）に電氣的に接続される。さらに、トランジスタ 852 のゲート電極は、ゲート信号が与えられる配線（以下、走査線 GL_m という）に電氣的に接続される。

【0290】

トランジスタ 852 は、データ信号のデータの書き込みを制御する機能を有する。

【0291】

容量素子 862 の一對の電極の一方は、電位が与えられる配線（以下、電位供給線 VL_a という）に電氣的に接続され、他方は、トランジスタ 852 のソース電極及びドレイン電極の他方に電氣的に接続される。

【0292】

容量素子 862 は、書き込まれたデータを保持する保持容量としての機能を有する。

【0293】

トランジスタ 854 のソース電極及びドレイン電極の一方は、電位供給線 VL_a に電氣的に接続される。さらに、トランジスタ 854 のゲート電極は、トランジスタ 852 のソース電極及びドレイン電極の他方に電氣的に接続される。

【0294】

発光素子 872 のアノード及びカソードの一方は、電位供給線 VL_b に電氣的に接続され、他方は、トランジスタ 854 のソース電極及びドレイン電極の他方に電氣的に接続される。

【0295】

発光素子 872 としては、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示す発光素子を用いることができる。

【0296】

なお、電位供給線 VL_a 及び電位供給線 VL_b の一方には、高電源電位 VDD が与えられ、他方には、低電源電位 VSS が与えられる。

【0297】

図 6 (B) の画素回路 801 を有する表示装置では、例えば、図 6 (A) に示す走査線駆動回路 804a により各行の画素回路 801 を順次選択し、トランジスタ 852 をオン状態にしてデータ信号のデータを書き込む。

【0298】

データが書き込まれた画素回路 801 は、トランジスタ 852 がオフ状態になることで保持状態になる。さらに、書き込まれたデータ信号の電位に応じてトランジスタ 854 のソース電極とドレイン電極の間に流れる電流量が制御され、発光素子 872 は、流れる電流量に応じた輝度で発光する。これを行毎に順次行うことにより、画像を表示できる。

【0299】

また、本発明の一態様の発光素子は、表示装置の画素に能動素子を有するアクティブマ

10

20

30

40

50

トリクス方式、または、表示装置の画素に能動素子を有しないパッシブマトリクス方式のそれぞれの方式に適用することができる。

【0300】

アクティブマトリクス方式では、能動素子（アクティブ素子、非線形素子）として、トランジスタだけでなく、さまざまな能動素子（アクティブ素子、非線形素子）を用いることができる。例えば、MIM（Metal Insulator Metal）、又はTFD（Thin Film Diode）などを用いることも可能である。これらの素子は、製造工程が少ないため、製造コストの低減、又は歩留まりの向上を図ることができる。または、これらの素子は、素子のサイズが小さいため、開口率を向上させることができ、低消費電力化や高輝度化をはかることができる。

10

【0301】

アクティブマトリクス方式以外のものとして、能動素子（アクティブ素子、非線形素子）を用いないパッシブマトリクス型を用いることも可能である。能動素子（アクティブ素子、非線形素子）を用いないため、製造工程が少ないため、製造コストの低減、又は歩留まりの向上を図ることができる。または、能動素子（アクティブ素子、非線形素子）を用いないため、開口率を向上させることができ、低消費電力化、又は高輝度化などを行うことができる。

【0302】

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。

20

【0303】

（実施の形態5）

本実施の形態においては、本発明の一態様の発光素子を有する表示装置、及び該表示装置に入力装置を取り付けた電子機器について、図7乃至図11を用いて説明を行う。

【0304】

<タッチパネルに関する説明1>

なお、本実施の形態において、電子機器の一例として、表示装置と、入力装置とを合わせたタッチパネル2000について説明する。また、入力装置の一例として、タッチセンサを用いる場合について説明する。

【0305】

図7（A）（B）は、タッチパネル2000の斜視図である。なお、図7（A）（B）において、明瞭化のため、タッチパネル2000の代表的な構成要素を示す。

30

【0306】

タッチパネル2000は、表示装置2501とタッチセンサ2595とを有する（図7（B）参照）。また、タッチパネル2000は、基板2510、基板2570、及び基板2590を有する。なお、基板2510、基板2570、及び基板2590はいずれも可撓性を有する。ただし、基板2510、基板2570、及び基板2590のいずれか一つまたは全てが可撓性を有さない構成としてもよい。

【0307】

表示装置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FPC2509（1）と電氣的に接続する。

40

【0308】

基板2590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、その一部は端子を構成する。そして、該端子はFPC2509（2）と電氣的に接続される。なお、図7（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で示している。

【0309】

50

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。

【0310】

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。

【0311】

なお、図 7 (B) に示すタッチセンサ 2595 は、投影型静電容量方式のタッチセンサを適用した構成である。

【0312】

なお、タッチセンサ 2595 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。

10

【0313】

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 は、複数の配線 2598 のいずれかと電気的に接続し、電極 2592 は複数の配線 2598 の他のいずれかと電気的に接続する。

【0314】

電極 2592 は、図 7 (A) (B) に示すように、一方向に繰り返し配置された複数の四辺形が角部で接続される形状を有する。

【0315】

電極 2591 は四辺形であり、電極 2592 が延在する方向と交差する方向に繰り返し配置されている。

20

【0316】

配線 2594 は、電極 2592 を挟む二つの電極 2591 と電気的に接続する。このとき、電極 2592 と配線 2594 の交差部の面積が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。

【0317】

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、電極 2591 と重ならない領域ができるように離間して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、これらとは電気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。

30

【0318】

<表示装置に関する説明>

次に、図 8 (A) を用いて、表示装置 2501 の詳細について説明する。図 8 (A) は、図 7 (B) に示す一点鎖線 X1 - X2 間の断面図に相当する。

【0319】

表示装置 2501 は、マトリクス状に配置された複数の画素を有する。該画素は表示素子と、該表示素子を駆動する画素回路とを有する。

40

【0320】

以下の説明においては、白色の光を射出する発光素子を表示素子に適用する場合について説明するが、表示素子はこれに限定されない。例えば、隣接する画素毎に射出する光の色が異なるように、発光色が異なる発光素子を適用してもよい。

【0321】

基板 2510 及び基板 2570 としては、例えば、水蒸気の透過率が $1 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 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、基板 2510 の熱膨張率と、基板 2570 の熱膨張率とが、およそ等しい材料を用いると好適である。例えば、線膨張率

50

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 $1 \times 10^{-5} / \text{K}$ 以下である材料を好適に用いることができる。

【0322】

なお、基板2510は、発光素子への不純物の拡散を防ぐ絶縁層2510aと、可撓性基板2510bと、絶縁層2510a及び可撓性基板2510bを貼り合わせる接着層2510cと、を有する積層体である。また、基板2570は、発光素子への不純物の拡散を防ぐ絶縁層2570aと、可撓性基板2570bと、絶縁層2570a及び可撓性基板2570bを貼り合わせる接着層2570cと、を有する積層体である。

【0323】

接着層2510c及び接着層2570cとしては、例えば、ポリエステル、ポリオレフィン、ポリアミド（ナイロン、アラミド等）、ポリイミド、ポリカーボネートまたはアクリル樹脂、ポリウレタン、エポキシ樹脂を用いることができる。もしくは、シリコンなどのシロキサン結合を有する樹脂を含む材料を用いることができる。

【0324】

また、基板2510と基板2570との間に封止層2560を有する。封止層2560は、空気より大きい屈折率を有すると好ましい。また、図8（A）に示すように、封止層2560側に光を取り出す場合は、封止層2560は光学的な接合層を兼ねることができる。

【0325】

また、封止層2560の外周部にシール材を形成してもよい。当該シール材を用いることにより、基板2510、基板2570、封止層2560、及びシール材で囲まれた領域に発光素子2550Rを有する構成とすることができる。なお、封止層2560として、不活性気体（窒素やアルゴン等）を充填してもよい。また、当該不活性気体内に、乾燥材を設けて、水分等を吸着させる構成としてもよい。また、紫外線硬化樹脂または熱硬化樹脂を充填してもよく、例えば、PVC（ポリビニルクロライド）系樹脂、アクリル系樹脂、ポリイミド系樹脂、エポキシ系樹脂、シリコン系樹脂、PVB（ポリビニルブチラル）系樹脂、またはEVA（エチレンビニルアセテート）系樹脂を用いることができる。また、上述のシール材としては、例えば、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、シール材に用いる材料としては、水分や酸素を透過しない材料を用いると好適である。

【0326】

また、表示装置2501は、画素2502Rを有する。また、画素2502Rは発光モジュール2580Rを有する。

【0327】

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。なお、トランジスタ2502tは、画素回路の一部として機能する。また、発光モジュール2580Rは、発光素子2550Rと、着色層2567Rとを有する。

【0328】

発光素子2550Rは、下部電極と、上部電極と、下部電極と上部電極の間にEL層とを有する。発光素子2550Rとして、例えば、実施の形態1乃至実施の形態3に示す発光素子を適用することができる。

【0329】

また、下部電極と上部電極との間で、マイクロキャビティ構造を採用し、特定波長における光強度を増加させてもよい。

【0330】

また、封止層2560が光を取り出す側に設けられている場合、封止層2560は、発光素子2550Rと着色層2567Rに接する。

【0331】

着色層2567Rは、発光素子2550Rと重なる位置にある。これにより、発光素子

10

20

30

40

50

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の発光モジュール2580Rの外部に射出される。

【0332】

また、表示装置2501には、光を射出する方向に遮光層2567BMが設けられる。遮光層2567BMは、着色層2567Rを囲むように設けられている。

【0333】

着色層2567Rとしては、特定の波長帯域の光を透過する機能を有していればよく、例えば、赤色の波長帯域の光を透過するカラーフィルタ、緑色の波長帯域の光を透過するカラーフィルタ、青色の波長帯域の光を透過するカラーフィルタ、黄色の波長帯域の光を透過するカラーフィルタなどを用いることができる。各カラーフィルタは、様々な材料を用いて、印刷法、インクジェット法、フォトリソグラフィ技術を用いたエッチング方法などで形成することができる。

10

【0334】

また、表示装置2501には、絶縁層2521が設けられる。絶縁層2521はトランジスタ2502tを覆う。なお、絶縁層2521は、画素回路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。これにより、不純物の拡散によるトランジスタ2502t等の信頼性の低下を抑制できる。

【0335】

また、発光素子2550Rは、絶縁層2521の上方に形成される。また、発光素子2550Rが有する下部電極には、該下部電極の端部に重なる隔壁2528が設けられる。なお、基板2510と、基板2570との間隔を制御するスペーサを、隔壁2528上に形成してもよい。

20

【0336】

走査線駆動回路2503g(1)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。

【0337】

また、基板2510上には、信号を供給することができる配線2511が設けられる。また、配線2511上には、端子2519が設けられる。また、端子2519には、FPC2509(1)が電気的に接続される。また、FPC2509(1)は、ビデオ信号、クロック信号、スタート信号、リセット信号等を供給する機能を有する。なお、FPC2509(1)にはプリント配線基板(PWB: Printed Wiring Board)が取り付けられていても良い。

30

【0338】

また、表示装置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。図8(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、例示しているが、これに限定されず、例えば、図8(B)に示す、トップゲート型のトランジスタを表示装置2501に適用する構成としてもよい。

【0339】

また、トランジスタ2502t及びトランジスタ2503tの極性については、特に限定はなく、N型およびP型のトランジスタを有する構造、N型のトランジスタまたはP型のトランジスタのいずれか一方のみからなる構造を用いてもよい。また、トランジスタ2502t及び2503tに用いられる半導体膜の結晶性についても特に限定はない。例えば、非晶質半導体膜、結晶性半導体膜を用いることができる。また、半導体材料としては、13族の半導体(例えば、ガリウムを有する半導体)、14族の半導体(例えば、ケイ素を有する半導体)、化合物半導体(酸化物半導体を含む)、有機半導体等を用いることができる。トランジスタ2502t及びトランジスタ2503tのいずれか一方または双方に、エネルギーギャップが2eV以上、好ましくは2.5eV以上、さらに好ましくは3eV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

40

50

きるため好ましい。当該酸化物半導体としては、 $In-Ga$ 酸化物、 $In-M-Zn$ 酸化物（ M は、アルミニウム（ Al ）、ガリウム（ Ga ）、イットリウム（ Y ）、ジルコニウム（ Zr ）、ランタン（ La ）、セリウム（ Ce ）、スズ（ Sn ）、ハフニウム（ Hf ）、またはネオジム（ Nd ）を表す）等が挙げられる。

【0340】

＜タッチセンサに関する説明＞

次に、図8（C）を用いて、タッチセンサ2595の詳細について説明する。図8（C）は、図7（B）に示す一点鎖線X3-X4間の断面図に相当する。

【0341】

タッチセンサ2595は、基板2590上に千鳥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。

【0342】

電極2591及び電極2592は、透光性を有する導電材料を用いて形成する。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。なお、グラフェンを含む膜を用いることもできる。グラフェンを含む膜は、例えば膜状に形成された酸化グラフェンを含む膜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、熱を加える方法等を挙げることができる。

【0343】

例えば、透光性を有する導電性材料を基板2590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形成技術により、不要な部分を除去して、電極2591及び電極2592を形成することができる。

【0344】

また、絶縁層2593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もできる。

【0345】

また、電極2591に達する開口が絶縁層2593に設けられ、配線2594が隣接する電極2591と電氣的に接続する。透光性の導電性材料は、タッチパネルの開口率を高めることができるため、配線2594に好適に用いることができる。また、電極2591及び電極2592より導電性の高い材料は、電気抵抗を低減できるため配線2594に好適に用いることができる。

【0346】

電極2592は、一方向に延在し、複数の電極2592がストライプ状に設けられている。また、配線2594は電極2592と交差して設けられている。

【0347】

一对の電極2591が1つの電極2592を挟んで設けられる。また、配線2594は一对の電極2591を電氣的に接続している。

【0348】

なお、複数の電極2591は、1つの電極2592と必ずしも直交する方向に配置される必要はなく、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。

【0349】

また、配線2598は、電極2591または電極2592と電氣的に接続される。また、配線2598の一部は、端子として機能する。配線2598としては、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。

【0350】

なお、絶縁層2593及び配線2594を覆う絶縁層を設けて、タッチセンサ2595

10

20

30

40

50

を保護してもよい。

【0351】

また、接続層2599は、配線2598とFPC2509(2)を電氣的に接続させる。

【0352】

接続層2599としては、異方性導電フィルム(ACF: Anisotropic Conductive Film)や、異方性導電ペースト(ACP: Anisotropic Conductive Paste)などを用いることができる。

【0353】

<タッチパネルに関する説明2>

次に、図9(A)を用いて、タッチパネル2000の詳細について説明する。図9(A)は、図7(A)に示す一点鎖線X5-X6間の断面図に相当する。

【0354】

図9(A)に示すタッチパネル2000は、図8(A)で説明した表示装置2501と、図8(C)で説明したタッチセンサ2595と、を貼り合わせた構成である。

【0355】

また、図9(A)に示すタッチパネル2000は、図8(A)及び図8(C)で説明した構成の他、接着層2597と、反射防止層2567pと、を有する。

【0356】

接着層2597は、配線2594と接して設けられる。なお、接着層2597は、タッチセンサ2595が表示装置2501に重なるように、基板2590を基板2570に貼り合わせている。また、接着層2597は、透光性を有すると好ましい。また、接着層2597としては、熱硬化性樹脂、または紫外線硬化樹脂を用いることができる。例えば、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。

【0357】

反射防止層2567pは、画素に重なる位置に設けられる。反射防止層2567pとして、例えば円偏光板を用いることができる。

【0358】

次に、図9(A)に示す構成と異なる構成のタッチパネルについて、図9(B)を用いて説明する。

【0359】

図9(B)は、タッチパネル2001の断面図である。図9(B)に示すタッチパネル2001は、図9(A)に示すタッチパネル2000と、表示装置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詳細に説明し、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。

【0360】

着色層2567Rは、発光素子2550Rと重なる位置にある。また、図9(B)に示す発光素子2550Rは、トランジスタ2502tが設けられている側に光を射出する。これにより、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の発光モジュール2580Rの外部に射出される。

【0361】

また、タッチセンサ2595は、表示装置2501の基板2510側に設けられている。

【0362】

接着層2597は、基板2510と基板2590の間にあり、表示装置2501とタッチセンサ2595を貼り合わせる。

【0363】

図9(A)(B)に示すように、発光素子から射出される光は、基板の上面及び下面のいずれか一方または双方に射出されればよい。

10

20

30

40

50

【0364】

<タッチパネルの駆動方法に関する説明>

次に、タッチパネルの駆動方法の一例について、図10を用いて説明を行う。

【0365】

図10(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10(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10(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10(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。

10

【0366】

パルス電圧出力回路2601は、X1-X6の配線に順にパルス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、または接触を検出することができる。

【0367】

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。

20

【0368】

次に、図10(B)には、図10(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10(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10(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。

30

【0369】

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の波形が一様に変化する。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。

【0370】

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。

【0371】

<センサ回路に関する説明>

また、図10(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マトリクス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有するアクティブマトリクス型のタッチセンサとしてもよい。アクティブマトリクス型のタッチセンサに含まれるセンサ回路の一例を図11に示す。

40

【0372】

図11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。

【0373】

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

50

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。

【0374】

次に、図11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。

【0375】

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。

【0376】

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。

【0377】

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、酸化物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。

【0378】

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。

【0379】

（実施の形態6）

本実施の形態では、本発明の一態様の発光素子を有する表示モジュール及び電子機器について、図12及び図13を用いて説明を行う。

【0380】

<表示モジュールに関する説明>

図12に示す表示モジュール8000は、上部カバー8001と下部カバー8002との間に、FPC8003に接続されたタッチセンサ8004、FPC8005に接続された表示装置8006、フレーム8009、プリント基板8010、バッテリー8011を有する。

【0381】

本発明の一態様の発光素子は、例えば、表示装置8006に用いることができる。

【0382】

上部カバー8001及び下部カバー8002は、タッチセンサ8004及び表示装置8006のサイズに合わせて、形状や寸法を適宜変更することができる。

【0383】

タッチセンサ8004は、抵抗膜方式または静電容量方式のタッチセンサを表示装置8006に重畳して用いることができる。また、表示装置8006の対向基板（封止基板）に、タッチセンサ機能を持たせるようにすることも可能である。また、表示装置8006の各画素内に光センサを設け、光学式のタッチセンサとすることも可能である。

【0384】

フレーム 8009 は、表示装置 8006 の保護機能の他、プリント基板 8010 の動作により発生する電磁波を遮断するための電磁シールドとしての機能を有する。またフレーム 8009 は、放熱板としての機能を有していてもよい。

【0385】

プリント基板 8010 は、電源回路、ビデオ信号及びクロック信号を出力するための信号処理回路を有する。電源回路に電力を供給する電源としては、外部の商用電源であっても良いし、別途設けたバッテリー 8011 による電源であってもよい。バッテリー 8011 は、商用電源を用いる場合には、省略可能である。

【0386】

また、表示モジュール 8000 は、偏光板、位相差板、プリズムシートなどの部材を追加して設けてもよい。

【0387】

<電子機器に関する説明>

図 13 (A) 乃至図 13 (G) は、電子機器を示す図である。これらの電子機器は、筐体 9000、表示部 9001、スピーカ 9003、操作キー 9005 (電源スイッチ、又は操作スイッチを含む)、接続端子 9006、センサ 9007 (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¹⁰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 9008、等を有することができる。

【0388】

図 13 (A) 乃至図 13 (G) に示す電子機器は、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、タッチセンサ機能、カレンダー、日付また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または受信を行う機能、記録媒体に記録されているプログラムまた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。なお、図 13 (A) 乃至図 13 (G) に示す電子機器が有することのできる機能はこれらに限定されず、様々な機能を有することができる。また、図 13 (A) 乃至図 13 (G) には図示していないが、電子機器には、複数の表示部を有する構成としてもよい。また、該電子機器にカメラ等を設け、静止画を撮影する機能、動画を撮影する機能、撮影した画像を記録媒体 (外部またはカメラに内蔵) に保存する機能、撮影した画像を表示部に表示する機能、等を有していてもよい。

【0389】

図 13 (A) 乃至図 13 (G) に示す電子機器の詳細について、以下説明を行う。

【0390】

図 13 (A) は、携帯情報端末 9100 を示す斜視図である。携帯情報端末 9100 が有する表示部 9001 は、可撓性を有する。そのため、湾曲した筐体 9000 の湾曲面に沿って表示部 9001 を組み込むことが可能である。また、表示部 9001 はタッチセンサを備え、指やスタイラスなどで画面に触れることで操作することができる。例えば、表示部 9001 に表示されたアイコンに触れることで、アプリケーションを起動することができる。

【0391】

図 13 (B) は、携帯情報端末 9101 を示す斜視図である。携帯情報端末 9101 は、例えば電話機、手帳又は情報閲覧装置等から選ばれた一つ又は複数の機能を有する。具体的には、スマートフォンとして用いることができる。なお、携帯情報端末 9101 は、スピーカ 9003、接続端子 9006、センサ 9007 等を省略して図示しているが、図 13 (A) に示す携帯情報端末 9100 と同様の位置に設けることができる。また、携帯情報端末 9101 は、文字や画像情報をその複数の面に表示することができる。例えば、3つの操作ボタン 9050 (操作アイコンまたは単にアイコンともいう) を表示部 9001 の一の面に表示することができる。また、破線の矩形で示す情報 9051 を表示部 90

10

20

30

40

50

01の他の面に表示することができる。なお、情報9051の一例としては、電子メールやSNS（ソーシャル・ネットワーキング・サービス）や電話などの着信を知らせる表示、電子メールやSNSなどの題名、電子メールやSNSなどの送信者名、日時、時刻、バッテリーの残量、アンテナ受信の強度などがある。または、情報9051が表示されている位置に、情報9051の代わりに、操作ボタン9050などを表示してもよい。

【0392】

図13（C）は、携帯情報端末9102を示す斜視図である。携帯情報端末9102は、表示部9001の3面以上に情報を表示する機能を有する。ここでは、情報9052、情報9053、情報9054がそれぞれ異なる面に表示されている例を示す。例えば、携帯情報端末9102の使用者は、洋服の胸ポケットに携帯情報端末9102を収納した状態で、その表示（ここでは情報9053）を確認することができる。具体的には、着信した電話の発信者の電話番号又は氏名等を、携帯情報端末9102の上方から観察できる位置に表示する。使用者は、携帯情報端末9102をポケットから取り出すことなく、表示を確認し、電話を受けるか否かを判断できる。

10

【0393】

図13（D）は、腕時計型の携帯情報端末9200を示す斜視図である。携帯情報端末9200は、移動電話、電子メール、文章閲覧及び作成、音楽再生、インターネット通信、コンピュータゲームなどの種々のアプリケーションを実行することができる。また、表示部9001はその表示面が湾曲して設けられ、湾曲した表示面に沿って表示を行うことができる。また、携帯情報端末9200は、通信規格された近距離無線通信を実行することが可能である。例えば無線通信可能なヘッドセットと相互通信することによって、ハンズフリーで通話することもできる。また、携帯情報端末9200は、接続端子9006を有し、他の情報端末とコネクタを介して直接データのやりとりを行うことができる。また接続端子9006を介して充電を行うこともできる。なお、充電動作は接続端子9006を介さずに無線給電により行ってもよい。

20

【0394】

図13（E）（F）（G）は、折り畳み可能な携帯情報端末9201を示す斜視図である。また、図13（E）が携帯情報端末9201を展開した状態の斜視図であり、図13（F）が携帯情報端末9201を展開した状態または折り畳んだ状態の一方から他方に変化する途中の状態の斜視図であり、図13（G）が携帯情報端末9201を折り畳んだ状態の斜視図である。携帯情報端末9201は、折り畳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。携帯情報端末9201が有する表示部9001は、ヒンジ9055によって連結された3つの筐体9000に支持されている。ヒンジ9055を介して2つの筐体9000間を屈曲させることにより、携帯情報端末9201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。例えば、携帯情報端末9201は、曲率半径1mm以上150mm以下で曲げることができる。

30

【0395】

本実施の形態において述べた電子機器は、何らかの情報を表示するための表示部を有することを特徴とする。ただし、本発明の一態様の発光素子は、表示部を有さない電子機器にも適用することができる。また、本実施の形態において述べた電子機器の表示部においては、可撓性を有し、湾曲した表示面に沿って表示を行うことができる構成、または折り畳み可能な表示部の構成について例示したが、これに限定されず、可撓性を有さず、平面部に表示を行う構成としてもよい。

40

【0396】

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。

【0397】

（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た照明装置の一例について

50

、図 1 4 を用いて説明する。

【0398】

図 1 4 は、発光素子を室内の照明装置 8 5 0 1 として用いた例である。なお、発光素子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 5 0 2 を形成することもできる。本実施の形態で示す発光素子は薄膜状であり、筐体のデザインの自由度が高い。したがって、様々な意匠を凝らした照明装置を形成することができる。さらに、室内の壁面に大型の照明装置 8 5 0 3 を備えても良い。また、照明装置 8 5 0 1、8 5 0 2、8 5 0 3 に、タッチセンサを設けて、電源のオンまたはオフを行ってもよい。

【0399】

また、発光素子をテーブルの表面側に用いることによりテーブルとしての機能を備えた照明装置 8 5 0 4 とすることができる。なお、その他の家具の一部に発光素子を用いることにより、家具としての機能を備えた照明装置とすることができる。

【0400】

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

【0401】

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。

【符号の説明】

【0402】

1 0 0 E L 層
1 0 1 電極
1 0 2 電極
1 1 1 正孔注入層
1 1 2 正孔輸送層
1 1 7 電子輸送層
1 1 8 電子注入層
1 3 0 発光層
1 3 1 ホスト材料
1 3 1 __ 1 有機化合物
1 3 1 __ 2 有機化合物
1 3 2 ゲスト材料
1 5 0 発光素子
4 0 1 電極
4 0 2 電極
4 1 1 正孔注入層
4 1 2 正孔輸送層
4 1 3 電子輸送層
4 1 4 電子注入層
4 1 5 正孔注入層
4 1 6 正孔輸送層
4 1 7 電子輸送層
4 1 8 電子注入層
4 2 0 発光層
4 2 1 ホスト材料
4 2 1 __ 1 有機化合物
4 2 1 __ 2 有機化合物
4 2 2 ゲスト材料
4 3 0 発光層

10

20

30

40

50

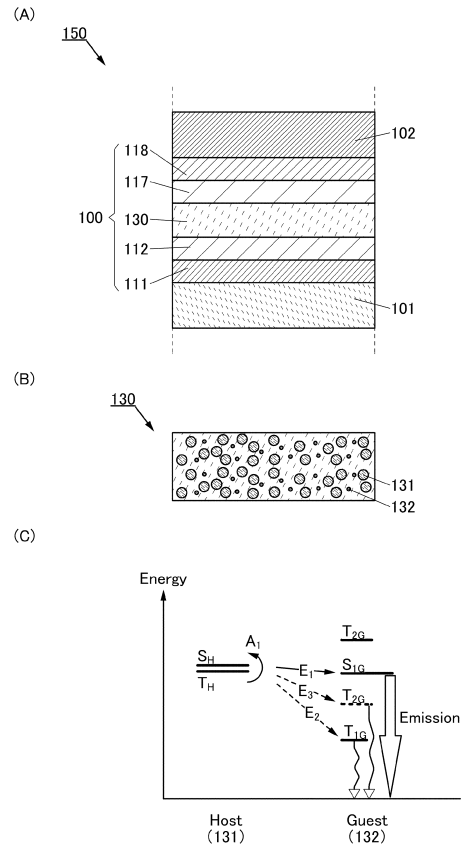
4 3 1	ホスト材料	
4 3 1 __ 1	有機化合物	
4 3 1 __ 2	有機化合物	
4 3 2	ゲスト材料	
4 4 1	発光ユニット	
4 4 2	発光ユニット	
4 4 5	電荷発生層	
4 4 6	発光ユニット	
4 4 7	発光ユニット	
4 5 0	発光素子	10
4 5 2	発光素子	
4 6 0	発光層	
4 6 1	ホスト材料	
4 6 2	ゲスト材料	
4 7 0	発光層	
4 7 1	ホスト材料	
4 7 1 __ 1	有機化合物	
4 7 1 __ 2	有機化合物	
4 7 2	ゲスト材料	
8 0 1	画素回路	20
8 0 2	画素部	
8 0 4	駆動回路部	
8 0 4 a	走査線駆動回路	
8 0 4 b	信号線駆動回路	
8 0 6	保護回路	
8 0 7	端子部	
8 5 2	トランジスタ	
8 5 4	トランジスタ	
8 6 2	容量素子	
8 7 2	発光素子	30
2 0 0 0	タッチパネル	
2 0 0 1	タッチパネル	
2 5 0 1	表示装置	
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	
2 5 1 0	基板	40
2 5 1 0 a	絶縁層	
2 5 1 0 b	可撓性基板	
2 5 1 0 c	接着層	
2 5 1 1	配線	
2 5 1 9	端子	
2 5 2 1	絶縁層	
2 5 2 8	隔壁	
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	50

2 5 6 7 p	反射防止層	
2 5 6 7 R	着色層	
2 5 7 0	基板	
2 5 7 0 a	絶縁層	
2 5 7 0 b	可撓性基板	
2 5 7 0 c	接着層	
2 5 8 0 R	発光モジュール	
2 5 9 0	基板	
2 5 9 1	電極	
2 5 9 2	電極	10
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	接続層	
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	20
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	
8 0 0 0	表示モジュール	
8 0 0 1	上部カバー	
8 0 0 2	下部カバー	
8 0 0 3	F P C	
8 0 0 4	タッチセンサ	
8 0 0 5	F P C	30
8 0 0 6	表示装置	
8 0 0 9	フレーム	
8 0 1 0	プリント基板	
8 0 1 1	バッテリー	
8 5 0 1	照明装置	
8 5 0 2	照明装置	
8 5 0 3	照明装置	
8 5 0 4	照明装置	
9 0 0 0	筐体	
9 0 0 1	表示部	40
9 0 0 3	スピーカ	
9 0 0 5	操作キー	
9 0 0 6	接続端子	
9 0 0 7	センサ	
9 0 0 8	マイクロフォン	
9 0 5 0	操作ボタン	
9 0 5 1	情報	
9 0 5 2	情報	
9 0 5 3	情報	
9 0 5 4	情報	50

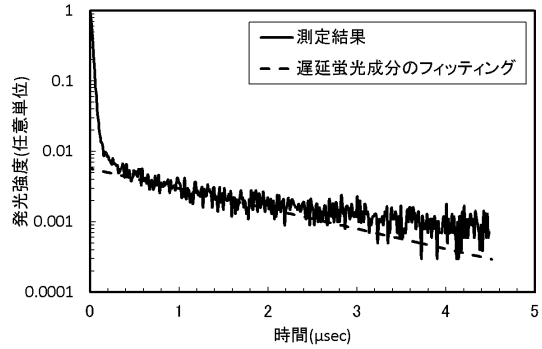
- 9 0 5 5 ヒンジ
- 9 1 0 0 携帯情報端末
- 9 1 0 1 携帯情報端末
- 9 1 0 2 携帯情報端末
- 9 2 0 0 携帯情報端末
- 9 2 0 1 携帯情報端末

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

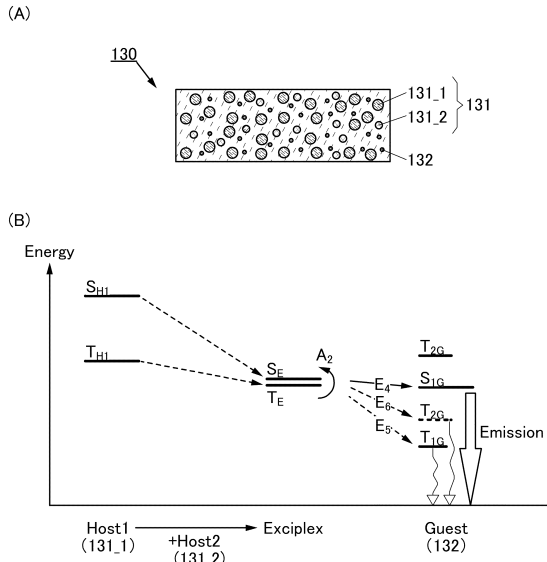
20

30

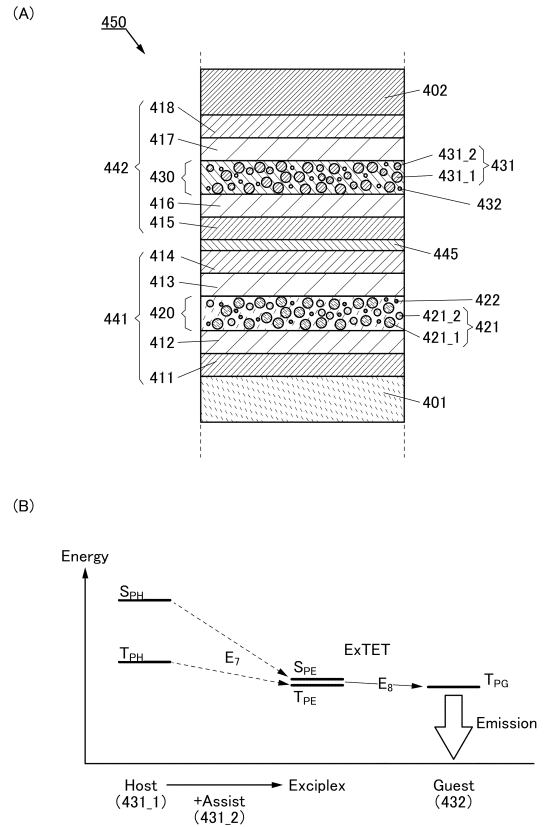
40

50

【図 3】



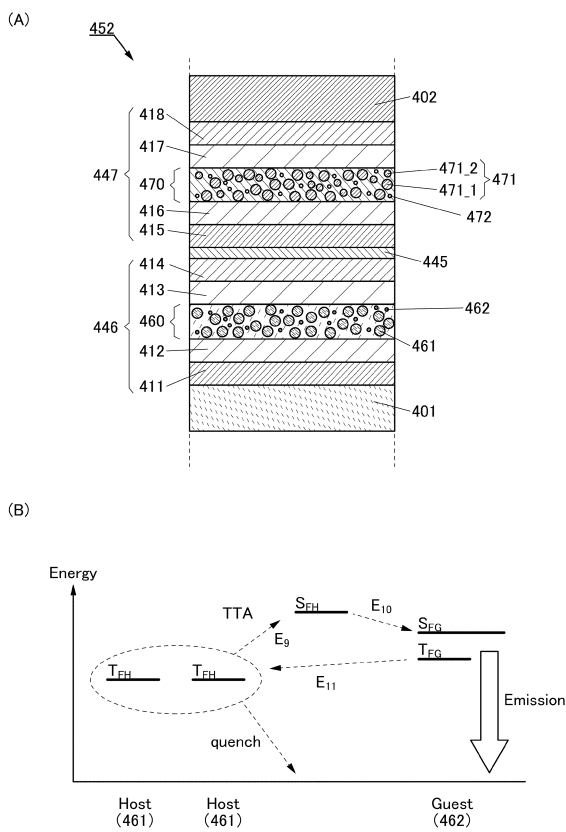
【図 4】



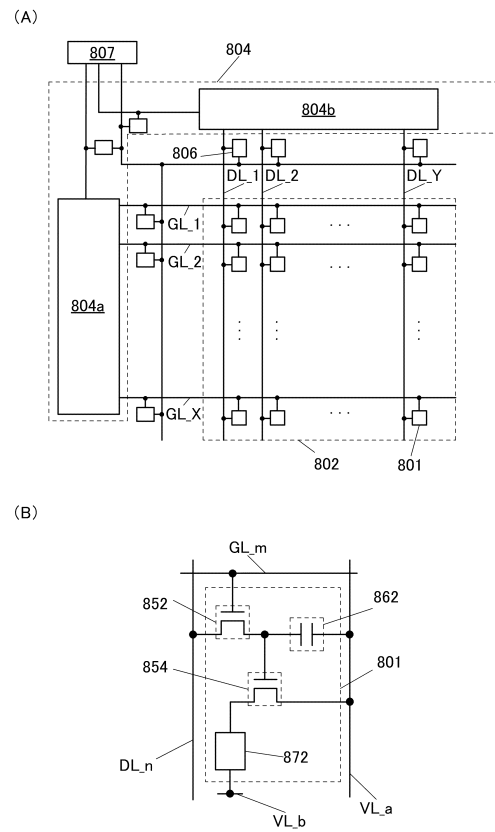
10

20

【図 5】



【図 6】

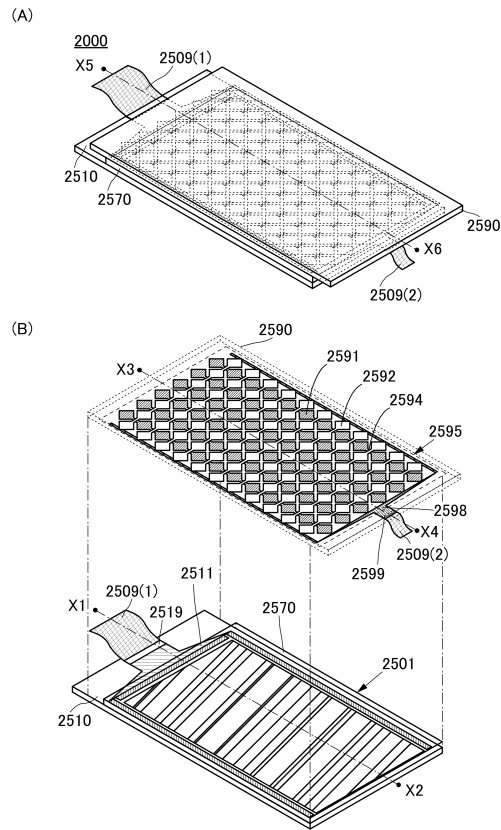


30

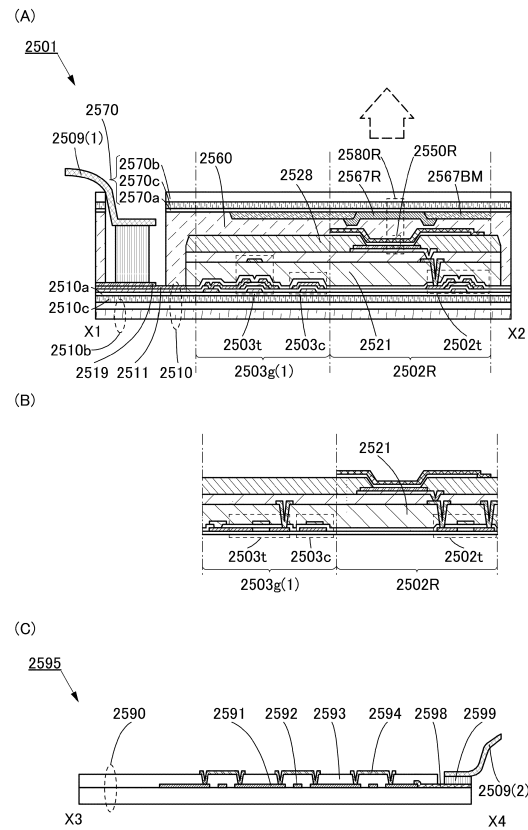
40

50

【図 7】



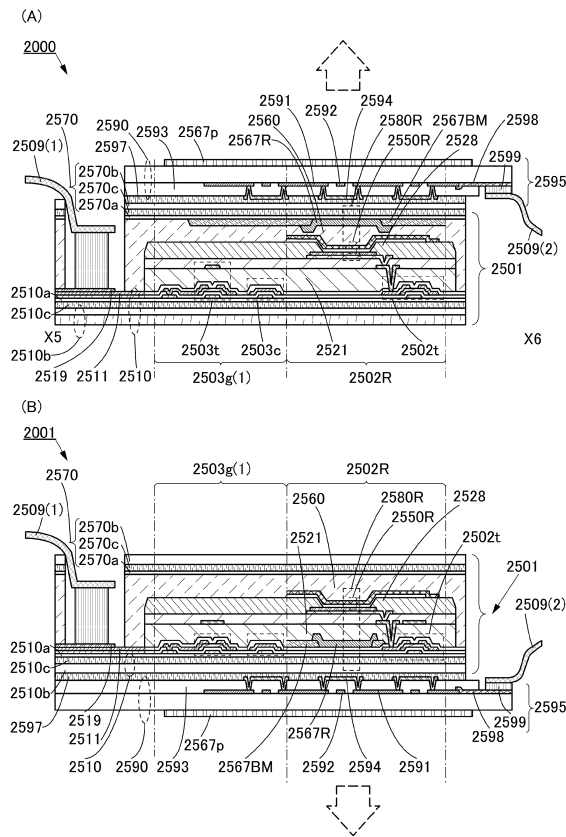
【図 8】



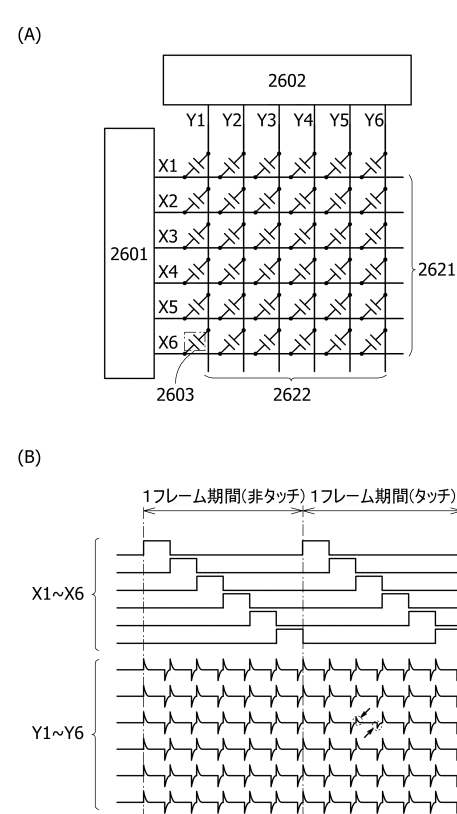
10

20

【図 9】



【図 10】

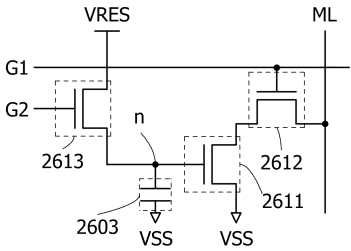


30

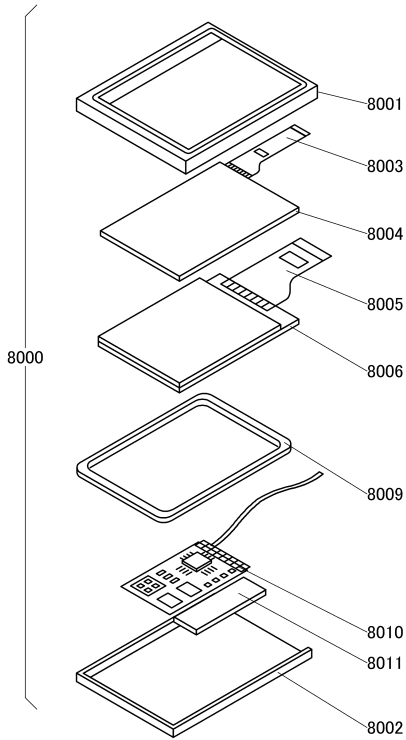
40

50

【図 1 1】



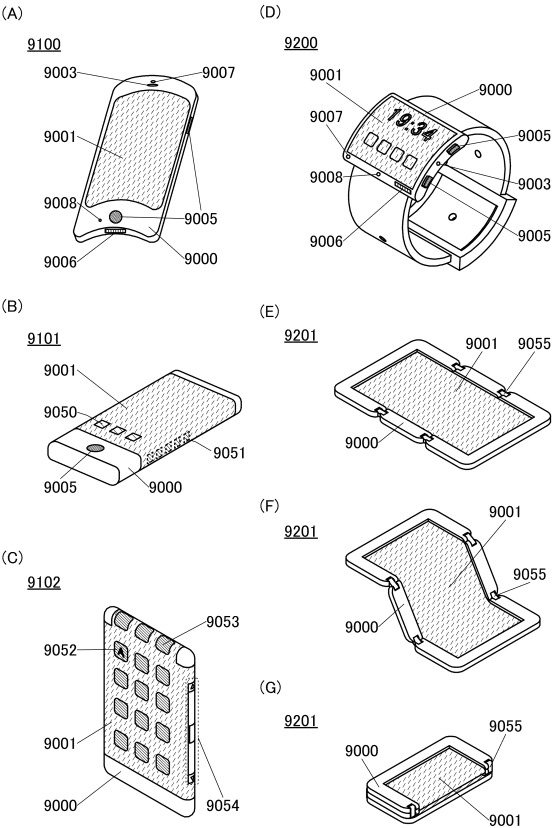
【図 1 2】



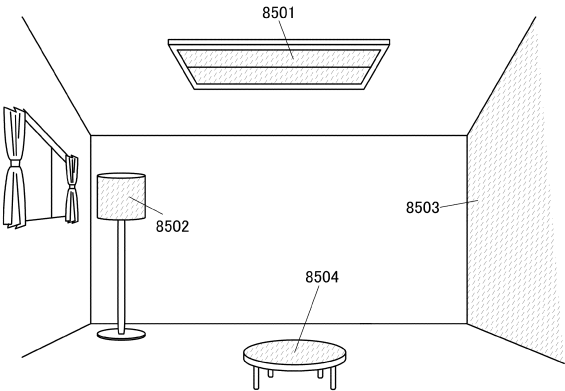
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

H 1 0 K	59/38	(2023.01)	H 1 0 K	59/38
H 1 0 K	59/40	(2023.01)	H 1 0 K	59/40
H 1 0 K	85/00	(2023.01)	H 1 0 K	85/00
H 1 0 K	101/25	(2023.01)	H 1 0 K	101:25
H 1 0 K	101/30	(2023.01)	H 1 0 K	101:30
H 1 0 K	101/40	(2023.01)	H 1 0 K	101:40

(56)参考文献

特開 2 0 1 4 - 0 4 5 1 7 9 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 1 7 5 1 2 8 (J P , A)
特開 2 0 2 0 - 1 7 4 0 4 4 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 2 3 6 0 5 8 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 2 0 7 9 9 8 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H 1 0 K **5 0 / 0 0 - 9 9 / 0 0**