

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6910107号
(P6910107)

(45) 発行日 令和3年7月28日(2021.7.28)

(24) 登録日 令和3年7月8日(2021.7.8)

(51) Int.Cl.	F 1
H05B 33/12	(2006.01) H05B 33/12 C
H01L 51/50	(2006.01) H05B 33/14 A
F21V 9/00	(2018.01) H05B 33/12 E
F21S 2/00	(2016.01) F21V 9/16 100
G02B 5/20	(2006.01) F21S 2/00 250

請求項の数 12 (全 61 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-30608 (P2016-30608)
 (22) 出願日 平成28年2月22日 (2016.2.22)
 (65) 公開番号 特開2016-157691 (P2016-157691A)
 (43) 公開日 平成28年9月1日 (2016.9.1)
 審査請求日 平成31年2月8日 (2019.2.8)
 (31) 優先権主張番号 特願2015-33719 (P2015-33719)
 (32) 優先日 平成27年2月24日 (2015.2.24)
 (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398番地
(72) 発明者 濑尾 哲史
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 倉本 勝利

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】発光素子、発光装置、電子機器、及び照明装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一対の電極間に発光層を有する発光素子であって、
 前記発光素子は、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、
 前記第1の発光層は、蛍光材料と、ホスト材料と、を有し、
 前記第2の発光層は、第1の燐光材料と、ジベンゾチオフェン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、トリアジン誘導体、フェナントロリン誘導体、トリアジン誘導体、カルバゾール誘導体のいずれかである第1の有機化合物と、カルバゾール誘導体である第2の有機化合物と、を有し、

前記第1の有機化合物と前記第2の有機化合物とは、励起錯体を形成する組み合わせであり、

前記第1の発光層から射出される第1の発光スペクトルと、前記第2の発光層から射出される第2の発光スペクトルと、のピーク値の差が、30 nm以内である、発光素子。

【請求項 2】

一対の電極間に発光層を有する発光素子であって、
 前記発光素子は、第1のEL層と、第2のEL層と、を有し、
 前記第1のEL層は、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、
 前記第1の発光層は、蛍光材料と、ホスト材料と、を有し、
 前記第2の発光層は、第1の燐光材料と、ジベンゾチオフェン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、トリアジン誘導体、フェナントロリン誘導体、トリアジン誘導体、カルバゾール

10

20

誘導体のいずれかである第1の有機化合物と、カルバゾール誘導体である第2の有機化合物と、を有し、

前記第1の有機化合物と前記第2の有機化合物とは、励起錯体を形成する組み合わせであり、

前記第2のEL層は、第3の発光層を有し、

前記第3の発光層は、第2の燐光材料を有し、

前記第1の発光層から射出される第1の発光スペクトルと、前記第2の発光層から射出される第2の発光スペクトルと、のピーク値の差が、30nm以内である、発光素子。

【請求項3】

一対の電極間に発光層を有する発光素子であって、

10

前記発光素子は、第1のEL層と、第2のEL層と、を有し、

前記第1のEL層は、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、

前記第1の発光層は、螢光材料と、ホスト材料と、を有し、

前記第2の発光層は、第1の燐光材料と、ジベンゾチオフェン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、トリアジン誘導体、フェナントロリン誘導体、トリアジン誘導体、カルバゾール誘導体のいずれかである第1の有機化合物と、カルバゾール誘導体である第2の有機化合物と、を有し、

前記第1の有機化合物と前記第2の有機化合物とは、励起錯体を形成する組み合わせであり、

前記第2のEL層は、第3の発光層と、第4の発光層と、を有し、

20

前記第3の発光層は、第2の燐光材料を有し、

前記第4の発光層は、第3の燐光材料を有し、

前記第1の発光層から射出される第1の発光スペクトルと、前記第2の発光層から射出される第2の発光スペクトルと、のピーク値の差が、30nm以内である、発光素子。

【請求項4】

請求項1乃至請求項3のいずれか一において、

前記螢光材料と、前記第1の燐光材料とは、同色または同系色に発光する、発光素子。

【請求項5】

請求項1乃至請求項4のいずれか一において、

前記螢光材料の発光スペクトルのピーク値は、前記第1の燐光材料の発光スペクトルのピーク値よりも短波長である、発光素子。

30

【請求項6】

請求項1乃至請求項5のいずれか一において、

前記第1の発光スペクトルと、前記第2の発光スペクトルとは、

青色の波長領域に前記ピーク値を有する、発光素子。

【請求項7】

請求項1乃至請求項5のいずれか一において、

前記第1の発光スペクトルと、前記第2の発光スペクトルとは、

400nm以上500nm以下の波長領域に前記ピーク値を有する、発光素子。

【請求項8】

40

請求項1乃至請求項7のいずれか一において、

前記ホスト材料のS₁準位は、前記螢光材料のS₁準位よりも高く、

前記ホスト材料のT₁準位は、前記螢光材料のT₁準位よりも低い、発光素子。

【請求項9】

請求項1乃至請求項8のいずれか一において、

前記ホスト材料は、アントラセン誘導体またはテトラセン誘導体である、発光素子。

【請求項10】

請求項1乃至請求項9のいずれか一に記載の発光素子と、

カラーフィルタと、

を有する発光装置。

50

【請求項 11】

請求項 1 乃至 請求項 9 のいずれか一に記載の発光素子、または請求項 10 に記載の発光装置と、

タッチセンサと、
を有する電子機器。

【請求項 12】

請求項 1 乃至 請求項 9 のいずれか一に記載の発光素子、または請求項 11 に記載の電子機器と、

筐体と、
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、電界を加えることにより発光が得られる発光層を一対の電極間に有する発光素子に関する。また、上記発光素子を有する発光装置、表示装置、電子機器、及び照明装置に関する。

【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。

20

【背景技術】

【0003】

一対の電極間に発光物質である有機化合物を有する発光素子（有機 E L（エレクトロルミニネッセンス（E lectro lumi nescence : E L））素子ともいう）は、薄型軽量・高速応答・低電圧駆動などの特性から、次世代のフラットパネルディスプレイとして注目されている。また、有機 E L 素子を用いたディスプレイは、コントラストや画質に優れ、視野角が広いという特徴も有している。

30

【0004】

このような有機 E L 素子の場合、陰極から電子が、陽極から正孔（ホール）がそれぞれ E L 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化合物が励起状態となり、発光を得ることができる。

【0005】

有機化合物の励起状態としては、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。そして、発光素子におけるその統計的な生成比率は、S^{*} : T^{*} = 1 : 3 であると考えられている。

40

【0006】

一重項励起状態から発光する材料（以下、蛍光材料とする）では室温において、通常、三重項励起状態からの発光（燐光）は観測されず、一重項励起状態からの発光（蛍光）のみが観測される。したがって、蛍光材料を用いた発光素子における内部量子効率（注入したキャリアに対して発生するフォトンの割合）の理論的限界は、S^{*} : T^{*} = 1 : 3 であることを根拠に 25 % とされている。

【0007】

一方、三重項励起状態から発光する材料（以下、燐光材料とする）を用いれば、三重項励起状態からの発光（燐光）が観測される。また、燐光材料は項間交差が起こりやすいため、内部量子効率は 100 % まで理論上は可能となる。つまり、燐光材料を用いた発光素

50

子では、蛍光材料を用いた発光素子より高い発光効率が得られる。このような理由から、高効率な発光素子を実現するために、燐光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（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2012-186461

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

燐光材料を用いた発光素子は、蛍光材料を用いた発光素子より高い発光効率が得られる。一方で、燐光材料を用いた発光素子は、蛍光材料を用いた発光素子より寿命が短い場合がある。特に、発光波長が短波長側である燐光材料、別言すると、青色の波長領域に発光スペクトルのピークを有する燐光材料を用いた発光素子では、高効率化と長寿命化との両方を十分に満たせる特性を得るのが困難である。

【0010】

上記問題に鑑み、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、高効率化と長寿命化との両方を実現可能である、新規な発光素子を提供することを課題の一つとする。

【0011】

または、本発明の他の一態様では、上記発光素子を有する発光装置、電子機器、及び照明装置を提供することを課題の一とする。

【0012】

なお、これらの課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、これらの課題の全てを解決する必要はないものとする。なお、これら以外の課題は、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】

【0013】

本発明の一態様は、一対の電極間に発光層を有する発光素子であって、発光素子は、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、第1の発光層は、蛍光材料を有し、第2の発光層は、燐光材料を有し、第1の発光層から射出される第1の発光スペクトルと、第2の発光層から射出される第2の発光スペクトルと、のピーク値の差が、30nm以内である発光素子である。

【0014】

また、上記態様において、蛍光材料と、燐光材料とは、同色または同系色に発光すると好ましい。また、上記態様において、第1の発光スペクトルと、第2の発光スペクトルとは、青色の波長領域にピーク値を有すると好ましい。

【0015】

また、本発明の他の一態様は、一対の電極間に発光層を有する発光素子であって、発光素子は、第1のEL層と、第2のEL層と、を有し、第1のEL層は、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、第1の発光層は、蛍光材料を有し、第2の発光層は、第1の燐光材料を有し、第2のEL層は、第3の発光層を有し、第3の発光層は、第2の燐光材料を有し、第1の発光層から射出される第1の発光スペクトルと、第2の発光層から射出される第2の発光スペクトルと、のピーク値の差が、30nm以内である発光素子である。

【0016】

また、上記態様において、蛍光材料と、第1の燐光材料とは、同色または同系色に発光すると好ましい。また、上記態様において、第1の発光スペクトルと、第2の発光スペクトルとは、青色の波長領域にピーク値を有すると好ましい。

【0017】

10

20

30

40

50

また、本発明の他の一態様は、一対の電極間に発光層を有する発光素子であって、発光素子は、第1のEL層と、第2のEL層と、を有し、第1のEL層は、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、第1の発光層は、蛍光材料を有し、第2の発光層は、第1の燐光材料を有し、第2のEL層は、第3の発光層と、第4の発光層と、を有し、第3の発光層は、第2の燐光材料を有し、第4の発光層は、第3の燐光材料を有し、第1の発光層から射出される第1の発光スペクトルと、第2の発光層から射出される第2の発光スペクトルと、のピーク値の差が、30nm以内である発光素子である。

【0018】

また、上記態様において、蛍光材料と、第1の燐光材料とは、同色または同系色に発光すると好ましい。また、上記態様において、第1の発光スペクトルと、第2の発光スペクトルとは、青色の波長領域にピーク値を有すると好ましい。

10

【0019】

また、本発明の他の一態様は、上記態様の発光素子と、カラーフィルタとを有する発光装置である。また、本発明の他の一態様は、上記態様の発光素子あるいは上記発光装置と、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、上記態様の発光素子または上記態様の電子機器と、筐体とを有する照明装置である。

【発明の効果】

【0020】

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、高効率化と長寿命化との両方を実現可能である、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、上記発光素子を有する発光装置、電子機器、及び照明装置を提供することができる。

20

【0021】

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できる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】発光素子を説明する断面模式図。

30

【図2】発光素子を説明する断面模式図。

【図3】発光素子を説明する断面模式図。

【図4】発光素子1及び発光素子2の素子特性を説明する図。

【図5】発光素子1及び発光素子2の発光スペクトルを説明する図。

【図6】発光素子1及び発光素子2の輝度劣化を説明する図。

【図7】発光素子1乃至発光素子3の輝度劣化を説明する図。

【図8】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9】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。

40

【図10】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11】発光素子を説明する断面模式図。

【図12】発光素子を説明する断面模式図。

【図13】発光素子を説明する断面模式図。

【図14】表示装置を説明するプロック図及び回路図。

【図15】表示装置の画素回路を説明する回路図。

【図16】表示装置の画素回路を説明する回路図。

【図17】タッチパネルの一例を示す斜視図。

【図18】表示パネル及びタッチセンサの一例を示す断面図。

50

- 【図19】タッチパネルの一例を示す断面図。
- 【図20】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21】タッチセンサの回路図。
- 【図22】表示モジュールを説明する斜視図。
- 【図23】電子機器を説明する図。
- 【図24】発光装置を説明する斜視図及び断面図。
- 【図25】発光装置を説明する断面図。
- 【図26】照明装置及び電子機器を説明する図。

【発明を実施するための形態】

【0023】

10

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、本発明の一態様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、本発明の一態様は以下に示す実施の形態または実施例の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0024】

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、開示する発明の一態様は、必ずしも、図面等に開示された位置、大きさ、範囲などに限定されない。

【0025】

20

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すものではない。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。

【0026】

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。

【0027】

30

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。

【0028】

(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7を用いて説明する。

【0029】

<1-1. 発光素子の構成1>

図1(A)(B)は、本発明の一態様の発光素子100を説明する断面模式図である。

【0030】

40

図1(A)に示す発光素子100は、第1の電極104と第2の電極114との間に、第1の発光層110と、第2の発光層112と、を有する。また、図1(A)においては、発光素子100は、第1の発光層110及び第2の発光層112の他に、正孔注入層131、正孔輸送層132、電子輸送層133、及び電子注入層134を有する。

【0031】

より具体的には、発光素子100は、基板102上の第1の電極104と、第1の電極104上の正孔注入層131と、正孔注入層131上の正孔輸送層132と、正孔輸送層132上の第1の発光層110と、第1の発光層110上の第2の発光層112と、第2の発光層112上の電子輸送層133と、電子輸送層133上の電子注入層134と、電子注入層134上の第2の電極114と、を有する。

50

【0032】

なお、一対の電極間にある層（ここでは、正孔注入層131、正孔輸送層132、第1の発光層110、第2の発光層112、電子輸送層133、及び電子注入層134）を、まとめてEL層108とする。

【0033】

第1の発光層110は、少なくとも蛍光材料を有する。なお、第1の発光層110は、当該蛍光材料の他、ホスト材料またはアシスト材料などの他の材料を有していてもよい。例えば、第1の発光層110中において、ホスト材料が重量比で最も多く存在し、蛍光材料はホスト材料中に分散される。第1の発光層110のホスト材料のS₁準位は、蛍光材料のS₁準位よりも大きく、ホスト材料のT₁準位は、蛍光材料のT₁準位よりも小さいことが好ましい。10

【0034】

また、第2の発光層112は、少なくとも燐光材料を有する。なお、第2の発光層112は、当該燐光材料の他、ホスト材料またはアシスト材料などの他の材料を有していてもよい。例えば、第2の発光層112中において、ホスト材料が重量比で最も多く存在し、燐光材料はホスト材料中に分散される。第2の発光層112のホスト材料のT₁準位は、蛍光材料のT₁準位よりも大きいことが好ましい。

【0035】

なお、第1の発光層110が有する蛍光材料としては、特に青色の波長領域に発光スペクトルのピークを有する材料が好ましい。また、第2の発光層112が有する燐光材料としては、特に青色の波長領域に発光スペクトルのピークを有する材料が好ましい。青色の波長領域としては、400 nm以上500 nm以下が好ましく、より好ましくは420 nm以上480 nm以下である。20

【0036】

第1の発光層110から射出される第1の発光スペクトルと、第2の発光層112から射出される第2の発光スペクトルとのピーク値の差は、30 nm以内、好ましくは25 nm以内、さらに好ましくは20 nm以内である。別言すると、第1の発光層110から射出される発光色と、第2の発光層112から射出される発光色とは、同色または同系色であると好ましい。

【0037】

例えば、第1の発光層110に青色の蛍光材料を用い、第2の発光層112に青色の燐光材料を用いることで、発光素子100は、高効率化と、長寿命化の両方を有することが可能となる。30

【0038】

また、図1(A)においては、第1の発光層110と、第2の発光層112とが互いに接する構成について例示したが、これに限定されない。例えば、図1(B)に示すように第1の発光層110と、第2の発光層112との間にバッファー層140を設けてよい。

【0039】

バッファー層140は、第2の発光層112中で生成するホスト材料または燐光材料の励起状態から、第1の発光層110中のホスト材料または蛍光材料へのデクスター機構によるエネルギー移動（特に三重項エネルギー移動）を防ぐために設けられる。従って、バッファー層140は数nm程度の厚さがあればよい。具体的には、0.1 nm以上20 nm以下、あるいは1 nm以上10 nm以下、あるいは1 nm以上5 nm以下である。40

【0040】

バッファー層140は単一の材料で構成されていても良いが、正孔輸送性材料と電子輸送性材料の両者が含まれていても良い。単一の材料で構成する場合、バイポーラ性材料を用いても良い。ここでバイポーラ性材料とは、電子と正孔の移動度の比が100以下である材料を指す。バッファー層140に含まれる材料は、正孔輸送性材料または電子輸送性材料などを使用することができる。正孔輸送性材料または電子輸送性材料については、後50

述する。また、バッファー層 140 に含まれる材料は、第 2 の発光層 112 のホスト材料と同一の材料で形成すると好ましい。これにより、発光素子 100 の作製が容易になる、または、発光素子 100 の駆動電圧が低減される。

【0041】

例えば、バッファー層 140 が第 2 の発光層 112 のホスト材料とアシスト材料と同一の材料で形成された場合、第 1 の発光層 110 と第 2 の発光層 112 とが、第 2 の発光層 112 の燐光材料を含まない層（バッファー層 140）を介して積層される構成となる。このような構成とすることで、バッファー層 140 と第 2 の発光層 112 を燐光材料の有無で蒸着することが可能となる。上記構成を別言すると、バッファー層 140 は、燐光材料を含まない領域を有し、第 2 の発光層 112 は、燐光材料を含む領域を有する。

10

【0042】

なお、バッファー層 140 に含まれる材料は、第 2 の発光層 112 のホスト材料よりも T_1 準位が高くて良い。

【0043】

例えば、バッファー層 140 が正孔輸送性材料と電子輸送性材料とを有する場合、正孔輸送性材料と電子輸送性材料との混合比を調整することによって、キャリアの再結合領域を調整することができる。例えば、第 1 の電極 104 と第 2 の電極 114 とが、それぞれ陽極と陰極である場合、バッファー層 140 の正孔輸送材料の割合を増やすことで、キャリアの再結合領域を第 1 の電極 104 側から第 2 の電極 114 側へシフトすることができる。これにより、第 2 の発光層 112 からの発光の寄与を増大させることができる。一方で、バッファー層 140 の電子輸送材料の割合を増やすことで、キャリアの再結合領域を第 2 の電極 114 側から第 1 の電極 104 側へシフトすることができ、第 1 の発光層 110 からの発光の寄与を増大させることができる。

20

【0044】

また、バッファー層 140 において、正孔輸送性材料と電子輸送性材とは、励起錯体を形成しても良く、これによって励起子の拡散を効果的に防ぐことができる。具体的には、第 2 の発光層 112 のホスト材料または燐光材料の励起状態から、第 1 の発光層 110 のホスト材料または蛍光材料へのエネルギー移動を防ぐことができる。

【0045】

また、図 1 (A) (B) においては、第 1 の発光層 110 が第 1 の電極 104 側に位置し、第 2 の発光層 112 が第 2 の電極 114 側に位置する構成について例示したが、これに限定されない。例えば、図 2 (A) (B) に示すように、第 1 の発光層 110 が第 2 の電極 114 側に位置し、第 2 の発光層 112 が第 1 の電極 104 側に位置する構成としてもよい。

30

【0046】

< 1 - 2 . 発光素子の特性及び輝度劣化 >

ここで、蛍光材料を有する発光素子と、燐光材料を有する発光素子との特性及び輝度劣化について、説明を行う。まず、蛍光材料を有する発光素子（発光素子 1）と、燐光材料を有する発光素子（発光素子 2）と、を作製し、発光素子 1 及び発光素子 2 の特性及び輝度劣化について評価を行った。

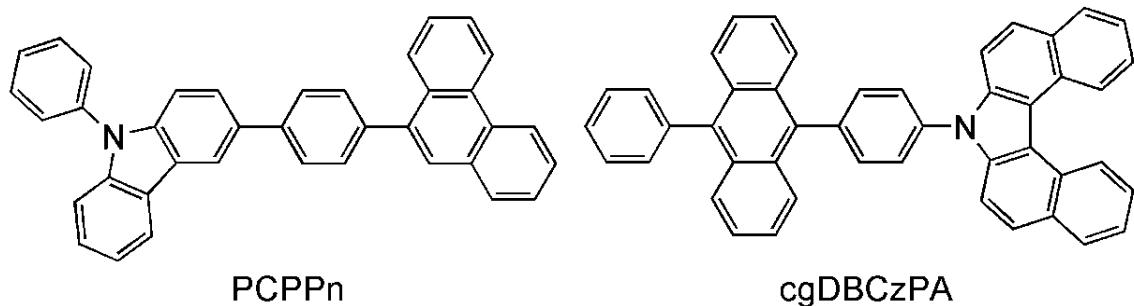
40

【0047】

発光素子 1 及び発光素子 2 の断面模式図を図 3 (A) (B) に、発光素子 1 及び発光素子 2 の素子構造の詳細を表 1 に、使用した化合物の構造と略称を以下に示す。なお、図 3 (A) は発光素子 1 の断面模式図であり、図 3 (B) は発光素子 2 の断面模式図である。

【0048】

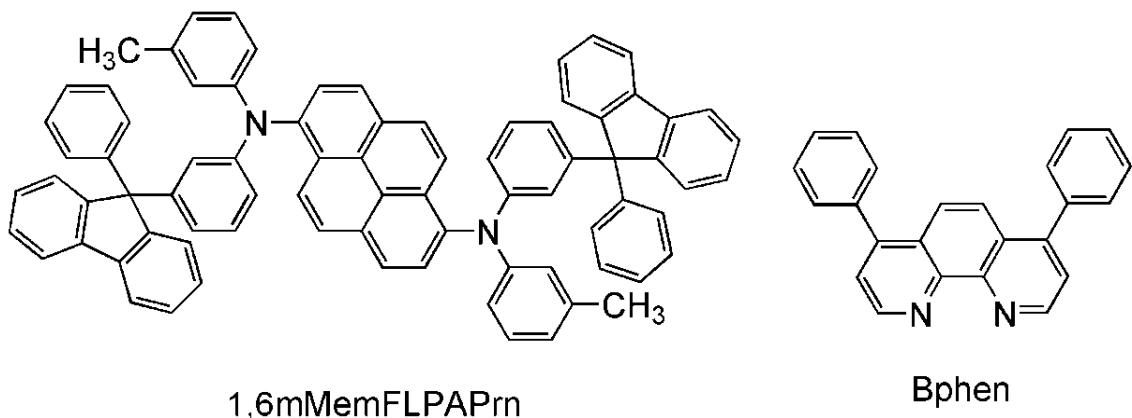
【化1】



PCPPn

cgDBCzPA

10



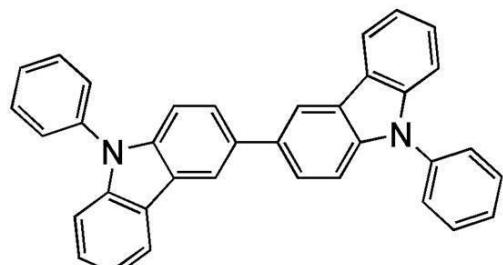
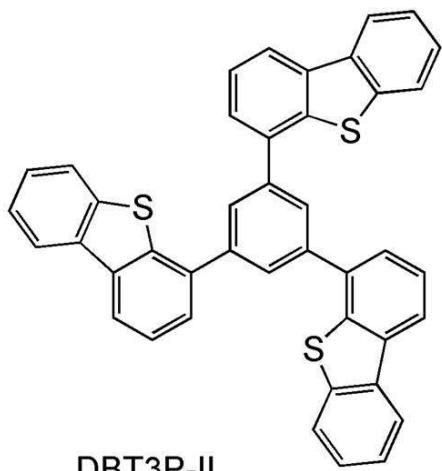
1,6mMemFLPAPrn

Bphen

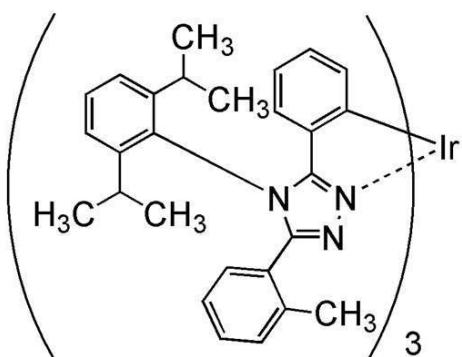
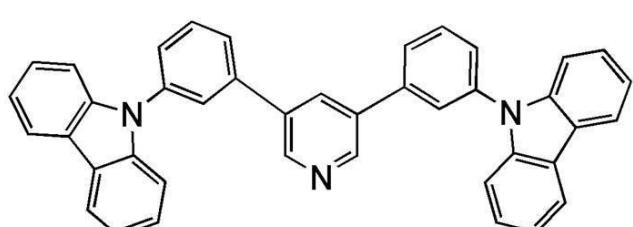
20

【0049】

【化2】



10



20

【0050】

【表1】

30

	層	符号	膜厚 (nm)	材料	重量比
発光素子1	第2の電極	114	200	Al	-
	電子注入層	134(2)	1	LiF	-
		134(1)	15	Bphen	-
	電子輸送層	133	10	cgDBCzPA	-
	発光層	116	20	cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn	1:0.03
	正孔輸送層	132	20	PCPPn	-
	正孔注入層	131	20	PCPPn : MoOx	2:1
発光素子2	第1の電極	104	70	ITSO	-
	第2の電極	114	200	Al	-
	電子注入層	134(2)	1	LiF	-
		134(1)	15	Bphen	-
	電子輸送層	133	10	3,5DCzPPy	-
	発光層	116(2)	10	3,5DCzPPy:Ir(mpptz-diPrp) ₃	1:0.06
		116(1)	30	PCCP:3,5DCzPPy:Ir(mpptz-diPrp) ₃	1:0.3:0.06
	正孔輸送層	132	20	PCCP	-
	正孔注入層	131	20	DBT3P-II:MoOx	2:1
	第1の電極	104	70	ITSO	-

40

【0051】

<1-3. 発光素子1の作製方法>

基板102上に第1の電極104として、シリコン、インジウム、及び錫を有する酸化

50

物（略称：ITSO）をスパッタリング法により成膜した。なお、第1の電極104の膜厚を70nmとし、第1の電極104の面積を4mm²（2mm×2mm）とした。

【0052】

次に、有機化合物層の蒸着前の前処理として、基板102の第1の電極104側を水で洗浄し、200で1時間焼成した後、第1の電極104の表面に対し、UVオゾン処理を370秒行った。

【0053】

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102を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170で60分間の真空焼成を行った後、基板102を30分程度放冷した。

10

【0054】

次に、第1の電極104が形成された面が下方となるように、基板102を真空蒸着装置内に設けられたホルダーに固定した。本実施の形態では、真空蒸着法により、正孔注入層131、正孔輸送層132、発光層116、電子輸送層133、電子注入層134（1）、電子注入層134（2）、第2の電極114を順次形成した。

【0055】

まず、真空蒸着装置内を 1×10^{-4} Pa程度に減圧した後、第1の電極104上に、正孔注入層131として、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=2：1（重量比）となるように共蒸着した。なお、正孔注入層131の膜厚を20nmとした。

20

【0056】

次に、正孔注入層131上に正孔輸送層132を形成した。正孔輸送層132としては、PCPPnを蒸着した。なお、正孔輸送層132の膜厚を20nmとした。

【0057】

次に、正孔輸送層132上に発光層116を形成した。発光層116として、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：c_gDBCzPA）と、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：1,6mM_mF_LPAP_rn）とを、c_gDBCzPA:1,6mM_mF_LPAP_rn=1:0.03（重量比）となるよう共蒸着した。なお、発光層116の膜厚を20nmとした。なお、発光層116において、c_gDBCzPAがホスト材料であり、1,6mM_mF_LPAP_rnがゲスト材料である。

30

【0058】

次に、発光層116上に電子輸送層133として、膜厚10nmのc_gDBCzPAを蒸着した。次に、電子輸送層133上に電子注入層134（1）として、膜厚15nmのバソフェナントロリン（略称：Bphen）を蒸着した。次に、電子注入層134（1）上に電子注入層134（2）として、膜厚1nmのフッ化リチウム（LiF）を蒸着した。

40

【0059】

次に、電子注入層134（2）上に第2の電極114として、アルミニウム（Al）を蒸着した。なお、第2の電極114の膜厚を200nmとした。

【0060】

上記により作製した基板102上の発光素子と、封止基板（図示せず）とを大気に曝されないように窒素雰囲気のグローブボックス内において貼り合わせることにより封止した（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に365nmの紫外光を6J/cm²照射し、80にて1時間熱処理した）。

【0061】

以上の工程により、発光素子1を作製した。

【0062】

50

< 1 - 4 . 発光素子 2 の作製方法 >

基板 102 上に第 1 の電極 104 として、ITO をスパッタリング法により成膜した。なお、第 1 の電極 104 の膜厚を 70 nm とし、第 1 の電極 104 の面積を 4 mm² (2 mm × 2 mm) とした。

【 0063 】

次に、有機化合物層の蒸着前の前処理として、基板 102 の第 1 の電極 104 側を水で洗浄し、200 °C で 1 時間焼成した後、第 1 の電極 104 の表面に対し、UV オゾン処理を 370 秒行った。

【 0064 】

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 102 を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170 °C で 60 分間の真空焼成を行った後、基板 102 を 30 分程度放冷した。 10

【 0065 】

次に、第 1 の電極 104 が形成された面が下方となるように、基板 102 を真空蒸着装置内に設けられたホルダーに固定した。本実施の形態では、真空蒸着法により、正孔注入層 131、正孔輸送層 132、発光層 116 (1)、発光層 116 (2)、電子輸送層 133、電子注入層 134 (1)、電子注入層 134 (2)、第 2 の電極 114 を順次形成した。

【 0066 】

まず、真空蒸着装置内を 1 × 10⁻⁴ Pa に減圧した後、第 1 の電極 104 上に、正孔注入層 131 として、4,4',4''- (ベンゼン-1,3,5-トリイル) トリ(ジベンゾチオフェン) (略称 : DBT3P-II) と酸化モリブデンとを、DBT3P-II : 酸化モリブデン = 2 : 1 (重量比) となるように共蒸着した。なお、正孔注入層 131 の膜厚を 20 nm とした。 20

【 0067 】

次に、正孔注入層 131 上に正孔輸送層 132 を形成した。正孔輸送層 132 としては、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) を蒸着した。なお、正孔輸送層 132 の膜厚を 20 nm とした。

【 0068 】

次に、正孔輸送層 132 上に発光層 116 (1) を形成した。発光層 116 (1) として、PCCP と、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 : 3,5DCzPPy) と、トリス {2- [5- (2-メチルフェニル) -4- (2,6-ジイソプロピルフェニル) -4H-1,2,4-トリアゾール-3-イル-N2] フェニル-C} イリジウム (III) (略称 : Ir (mpptz-diPrp)₃) とを、PCCP : 3,5DCzPPy : Ir (mpptz-diPrp)₃ = 1 : 0.3 : 0.06 (重量比) となるよう共蒸着した。なお、発光層 116 (1) の膜厚を 30 nm とした。なお、発光層 116 (1) において、PCCP がホスト材料であり、3,5DCzPPy がアシスト材料であり、Ir (mpptz-diPrp)₃ がゲスト材料である。 30

【 0069 】

次に、発光層 116 (1) 上に発光層 116 (2) を形成した。発光層 116 (2) として、3,5DCzPPy と、Ir (mpptz-diPrp)₃ とを、3,5DCzPPy : Ir (mpptz-diPrp)₃ = 1 : 0.06 (重量比) となるよう共蒸着した。なお、発光層 116 (2) の膜厚を 10 nm とした。なお、発光層 116 (2) において、3,5DCzPPy がホスト材料であり、Ir (mpptz-diPrp)₃ がゲスト材料である。 40

【 0070 】

次に、発光層 116 (2) 上に電子輸送層 133 として、膜厚 10 nm の 3,5DCzPPy を蒸着した。次に、電子輸送層 133 上に電子注入層 134 (1) として、膜厚 15 nm の Bphen を蒸着した。次に、電子注入層 134 (1) 上に電子注入層 134 (50

2)として、膜厚1nmのLiFを蒸着した。

【0071】

次に、電子注入層134(2)上に第2の電極114として、アルミニウム(A1)を蒸着した。なお、第2の電極114の膜厚を200nmとした。

【0072】

上記により作製した基板102上の発光素子と、封止基板(図示せず)とを大気に曝されないように窒素雰囲気のグローブボックス内において貼り合わせることにより封止した。なお、封止方法としては、発光素子1と同じとした。

【0073】

以上の工程により、発光素子2を作製した。

10

【0074】

なお、上述の発光素子1及び発光素子2の蒸着過程において、蒸着方法としては抵抗加熱法を用いた。

【0075】

<1-5. 発光素子1及び発光素子2の特性>

次に、上記作製した発光素子1及び発光素子2の特性について、測定を行った。なお、発光素子1及び発光素子2の測定は、室温(25℃に保たれた雰囲気)で行った。

【0076】

発光素子1及び発光素子2の電流効率-電流密度特性を図4(A)に示す。また、発光素子1及び発光素子2の外部量子効率-電流密度特性を図4(B)に示す。また、発光素子1及び発光素子2の電流密度が5mA/cm²の際の発光素子1及び発光素子2の主な素子特性を表2に示す。

20

【0077】

【表2】

	電流密度 (mA/cm ²)	CE (cd/A)	EQE (%)	輝度 (cd/m ²)	CIE(x)	CIE(y)
発光素子1	5	14	12	700	0.14	0.16
発光素子2	5	60	28	3000	0.17	0.38

30

【0078】

なお、表2において、CEは電流効率(Current Efficiency)を表し、EQEは外部量子効率(External Quantum Efficiency)を表し、CIEは色度(CIE 1976色度系における色度座標)を表す。

【0079】

図4(A)(B)及び表2に示すように、燐光材料を有する発光素子(発光素子2)は、蛍光材料を有する発光素子(発光素子1)に比べ、電流効率が4.3倍であり、外部量子効率が2.3倍である。このように、燐光材料を有する発光素子(発光素子2)は、蛍光材料を有する発光素子(発光素子1)よりも発光効率が高い。

40

【0080】

また、発光素子1及び発光素子2に2.5mA/cm²の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図5に示す。

【0081】

図5及び表2に示すように、発光素子1及び発光素子2は、青色の波長領域に発光スペクトルのピークを有する。すなわち、発光素子1から射出される発光色と発光素子2から射出される発光色は、同色または同系色に発光する。なお、発光素子1の発光スペクトルのピークは465nmであり、発光素子2の発光スペクトルのピークは476nmであった。すなわち、蛍光材料の方が燐光材料よりも短波長の発光を示しており、また、その発

50

光ピークの差は 11 nm である。

【0082】

< 1 - 6 . 発光素子 1 及び発光素子 2 の輝度劣化 >

次に、発光素子 1 及び発光素子 2 の輝度劣化について、評価を行った。輝度劣化の評価方法としては、発光素子 1 を 36.3 mA / cm² (初期輝度 = 4930 cd / m²) の電流密度で、発光素子 2 を 2.03 mA / cm² (初期輝度 = 1270 cd / m²) の電流密度で、それぞれ定電流駆動した。

【0083】

輝度劣化の評価結果を図 6 に示す。図 6 において、縦軸は初期輝度を 100 % とした時の規格化輝度 (%) を、横軸は素子の駆動時間 (h) を、それぞれ表す。

10

【0084】

図 6 に示すように、蛍光材料を有する発光素子 (発光素子 1) は、燐光材料を有する発光素子 (発光素子 2) と比較し、規格化輝度の劣化が遅い。別言すると、蛍光材料を有する発光素子 (発光素子 1) は、燐光材料を有する発光素子 (発光素子 2) よりも寿命が長い。

【0085】

なお、図 6 においては、蛍光材料を有する発光素子 (発光素子 1) と、燐光材料を有する発光素子 (発光素子 2) とを異なる電流密度、別言すると異なる輝度で駆動したが、同一の輝度で駆動した場合、蛍光材料を有する発光素子 (発光素子 1) は、燐光材料を有する発光素子 (発光素子 2) よりも、遙かに寿命が長いことがわかる。

20

【0086】

以上のように、燐光材料を有する発光素子は、蛍光材料を有する発光素子よりも、効率は高いが寿命が短い。また、蛍光材料を有する発光素子は、燐光材料を有する発光素子よりも効率が低いが寿命が長い。

【0087】

そこで、本発明の一態様の発光素子としては、蛍光材料を有する発光層と、燐光材料を有する発光層とを積層することで、高効率であり且つ長寿命の発光素子を実現することができる。また、蛍光材料と燐光材料とは、同色または同系色に発光すると好ましい。例えば、蛍光材料を有する発光層から射出される発光スペクトルと、燐光材料を有する発光層から射出される発光スペクトルと、のピーク値の差が、30 nm 以内、好ましくは 20 nm 以内、さらに好ましくは 15 nm 以内である。また、蛍光材料の方が燐光材料よりも発光波長が短波長側に位置することが信頼性上好ましい。また、その発光ピーク値の差は、5 nm 以上であることが好ましい。

30

【0088】

< 1 - 7 . 初期特性の計算結果 >

ここで、本発明の一態様である発光素子、すなわち蛍光材料を有する発光層と、燐光材料を有する発光層とが積層された発光素子 (以下、発光素子 3 とする) の初期特性について、計算を行った。

【0089】

なお、計算としては、次の 3 つの仮定の元に行った。 (1) 蛍光材料を有する発光層と、燐光材料を有する発光層と、における励起子生成比率を 0.8 : 0.2 とした。 (2) 蛍光材料を有する発光素子の寿命は初期輝度の 1.8 乗に反比例し、燐光材料を有する発光素子の寿命は初期輝度の 2.0 乗に反比例するとした (なお、多くの場合、このような輝度加速係数は燐光材料の方が大きいため、本発明の一態様においては、輝度加速係数は蛍光材料よりも燐光材料の方が大きいことが好ましい) 。 (3) 輝度劣化曲線の形状は、初期輝度に依存せずに同じとした。なお、励起子生成比率については、上記の比率に限定されず、実施者が適宜最適な比率とすることが可能である。

40

【0090】

計算結果を表 3 に示す。なお、表 3 は、発光素子 3 の主な素子特性の計算結果である。

【0091】

50

【表3】

	電流密度 (mA/cm ²)	CE (cd/A)	EQE (%)	輝度 (cd/m ²)	蛍光輝度 (cd/m ²)	燐光輝度 (cd/m ²)	CIE(x)	CIE(y)
発光素子3	5	23.2	15.2	1160	560	600	0.15	0.23

【0092】

発光素子3の素子特性としては、表2に示す発光素子1と発光素子2との素子特性を基に計算した。また、発光素子3の効率（電流効率及び外部量子効率）は、下記式で求めることができる。

10

【0093】

【数1】

$$\text{発光素子3の効率} = (\text{発光素子1の効率}) \times 0.8 + (\text{発光素子2の効率}) \times 0.2$$

【0094】

なお、発光素子3の輝度も同様の計算で求めることができる。すなわち、表3に示す発光素子3の輝度は、発光素子1の輝度（700cd/m²）に0.8を乗じた輝度（560cd/m²）と、発光素子2の輝度（3000cd/m²）に0.2を乗じた輝度（600cd/m²）とを加えた値（1160cd/m²）である。なお、表3中において、蛍光材料を有する発光層の輝度を蛍光輝度として、燐光材料を有する発光層の輝度を燐光輝度として、それぞれ表す。

20

【0095】

表2及び表3に示す結果から、発光素子3は、発光素子1と比較して電流効率は1.7倍、外部量子効率は1.3倍に向上することがわかる。

【0096】

<1-8. 輝度劣化の計算結果>

次に、上記記載の発光素子1乃至発光素子3を1160cd/m²で駆動した際の劣化曲線を計算した。計算結果を図7に示す。

【0097】

図7に示す発光素子1の輝度劣化曲線は、図6に示す発光素子1の輝度劣化曲線を（4930/1160）^{1.8}倍とし、図7に示す発光素子2の輝度劣化曲線は、図6に示す発光素子2の輝度劣化曲線を（1270/1160）²倍とした。また、発光素子3の輝度劣化曲線は、発光素子1を560cd/m²で駆動したと仮定した輝度劣化曲線と、発光素子2を600cd/m²で駆動したと仮定した輝度劣化曲線と、を上記と同様の手法にて計算し、この2つの輝度劣化曲線を加えた。

30

【0098】

図7に示すように、輝度が初期輝度の80%、すなわち928cd/cm²になるまでの駆動時間は、発光素子1が概ね6000h、発光素子2が概ね220h、発光素子3が概ね2000hとなる。すなわち、発光素子3の寿命は、発光素子1に比べると概ね1/3であり、発光素子2と比べると概ね9倍である。

40

【0099】

ここで、発光素子1及び発光素子2の素子特性を発光素子3で規格化した場合の結果（規格化CE、規格化EQE、および規格化寿命）を表4に示す。なお、表4において、規格化寿命（LT80）とは、初期輝度を100%とした際に、初期輝度から輝度が80%になる時間である。

【0100】

【表4】

	規格化CE	規格化EQE	規格化寿命 (LT80)	CIE(x)	CIE(y)
発光素子1	0.60	0.79	3.0	0.14	0.16
発光素子2	2.6	1.84	0.11	0.17	0.38
発光素子3	1	1	1	0.15	0.23

10

【0101】

表4に示す通り、本発明の一態様である発光素子3は、発光素子1よりも高効率であり、発光素子2よりも長寿命であることが分かる。特に発光素子3の寿命に関しては、燐光材料のみを用いた発光素子2に比べて9倍も長寿命化しており、発光効率はCEで60%、EQEで45%程度しか減少していない割に、長寿命化の効果が大きいことがわかる。このことは予測しえない効果であると言えるが、その要因は、燐光と蛍光の輝度（電流）加速係数の違いや、電流効率の違いが互いに影響し合っているためと考えられる。また発光効率は、少なくとも蛍光材料のみを用いた発光素子1よりは高い値が得られる。すなわち本発明の一態様の発光素子は、青色燐光材料を用いながらも製品に必要な寿命を設計上十分に担保しつつ、蛍光材料のみを用いた発光素子よりも高い発光効率が原理的に得られる。

20

【0102】

なお、今回の計算結果から、蛍光発光層と燐光発光層の励起子生成比率は、蛍光：燐光=0.9:0.1以上0.5:0.5以下の範囲が好ましい。

【0103】

<1-9. 発光素子の構成要素の説明>

次に、図1(A)(B)及び図2(A)(B)に示す発光素子100の構成要素の詳細について説明する。

30

【0104】

[基板]

基板102は、発光素子100の支持体として用いられる。基板102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、ポリエーテルスルファン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（ポリプロピレン、ポリエステル、ポリフッ化ビニル、ポリ塩化ビニル等からなる）、無機蒸着フィルムなどを用いることもできる。

【0105】

なお、発光素子100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、上記以外のものでもよい。例えば、様々な基板を用いて発光素子100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。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・スチール基板、ステンレス・スチール・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、アルミニオホウケイ酸ガラス、又はソーダライムガラスなどがある。可撓性基板、貼り合わせフィルム、基材フィルムなどの一例としては、以下のものがあげられる。例えば、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエチレンナフタレート（PEN）、ポリエーテルサルファン（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

40

50

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。

【0106】

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100を形成してもよい。または、基板と発光素子100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100の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100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有機樹脂膜が形成された構成等を用いることができる。

【0107】

つまり、ある基板を用いて発光素子100を形成し、その後、別の基板に発光素子100を転置し、別の基板上に発光素子100を配置してもよい。発光素子100が転置される基板の一例としては、上述した基板に加え、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（天然纖維（絹、綿、麻）、合成纖維（ナイロン、ポリウレタン、ポリエステル）若しくは再生纖維（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100、耐熱性の高い発光素子100、軽量化された発光素子100、または薄型化された発光素子100とすることができる。

【0108】

【一対の電極】

第1の電極104及び第2の電極114には、金属、合金、及び電気伝導性化合物、またはこれらの混合物などを用いることができる。具体的には、インジウムと、スズとを有する酸化物（代表的には、ITO：Indium Tin Oxide）、シリコンと、インジウムと、スズとを有する酸化物（ITSO）、インジウムと、亜鉛と、タングステンと、亜鉛と、を有する酸化物、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、およびマグネシウム（Mg）、およびこれらを含む合金（Mg-Ag、Al-Li）、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、グラフエン等を用いることができる。なお、第1の電極104および第2の電極114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。

【0109】

また、第1の電極104及び第2の電極114は、EL層108からの発光を外部に取り出せるように、いずれか一方または両方が透光性を有する。

【0110】

【第1の発光層】

第1の発光層110の蛍光材料としては、青色の波長領域に発光スペクトルのピークを有する材料であると好ましい。ただし、第1の発光層110の蛍光材料としては、これに限定されず緑色、黄色、または赤色の波長領域に発光スペクトルのピークを有する材料を用いてもよい。

【0111】

第1の発光層110の蛍光材料としては、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。

10

20

30

40

50

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(1, 6FrAPrn)、N, N'-ビス(ジベンゾチオフェン-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。

【0112】

10

第1の発光層110のホスト材料としては、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S₁準位が大きく、T₁準位が小さいからである。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(PCzPA)、3-[4-(1-ナフチル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール(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(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(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(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(FLPFA)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。

20

【0113】

[第2の発光層]

第2の発光層112の燐光材料としては、青色の波長領域に発光スペクトルのピークを有する材料であると好ましい。ただし、第2の発光層112の燐光材料としては、これに限定されず緑色、黄色、または赤色の波長領域に発光スペクトルのピークを有する材料を用いてもよい。

【0114】

30

第2の発光層112の燐光材料としては、イリジウム、ロジウム、あるい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、トリアゾール配位子、ピリジン配位子、ピリミジン配位子、ピラジン配位子、トリアジン配位子、キノリン配位子、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。

【0115】

有機イリジウム錯体の具体例としては、トリス{2-[5-(2-メチルフェニル)-4-(2, 6-ジメチルフェニル)-4H-1, 2, 4-トリアゾール-3-イル-N2]フェニル-C}イリジウム(III)(略称: Ir(mpptz-dmp)₃)、トリス{2-[5-(2-メチルフェニル)-4-(2, 6-ジイソプロピルフェニル)-4H-1, 2, 4-トリアゾール-3-イル-N2]フェニル-C}イリジウム(III)(略称: Ir(mpptz-diPrp)₃)、トリス{2-[4-(1-アダマンチル)-3-メチル-4H-1, 2, 4-トリアゾール-5-イル-N]フェニル-C}イリジウム(III)(略称: Ir(Mptz-Adm1)₃)、トリス{2-[4-(2-アダマンチル)-3-メチル-4H-1, 2, 4-トリアゾール-5-イル-N]フェニル-C}イリジウム(III)(略称: Ir(Mptz-Adm2)₃)、トリス{2-[4-(2-ノルボルニル)-3-メチル-4H-1, 2, 4-トリアゾール-5-イル-N]フェニル-C}イリジウム(III)(略称: Ir(Mptz-Nb)₃)等のトリアゾール配位子を有するイリジウム錯体が、青色燐光材料には好

40

50

適である。また、トリス{3-(2,4,6-トリメチルフェニル)-4H-イミダゾール-3-イル-N2}フェニル-Cイリジウム(III)(略称:Ir(tmpim)₃)やトリス[1-(3,5-ジイソプロピルフェニル)-2-フェニル-1H-イミダゾール-C2,N]イリジウム(III)(略称:Ir(biprpi)₃)のようなイミダゾール配位子を有するイリジウム錯体も青色燐光材料として用いることができる。

【0116】

第2の発光層112の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。

【0117】

また、第2の発光層112のアシスト材料としては、ホスト材料と励起錯体を形成できる組み合わせであると好ましい。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ホスト材料、アシスト材料、及び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を与えることができる。ただし、燐光材料の代わりに熱活性化遅延蛍光(Thermally activated delayed fluorescence:TADF)材料を用いても良い。TADF材料は三重項励起エネルギーと発光のエネルギーが限りなく近いため、素子における振る舞いは燐光材料と類似するためである(例えば、ホスト材料等の周辺材料は、青色のTADF材料を使う場合と青色の燐光材料を使う場合とで、同程度に三重項励起エネルギーの高いものを選択する必要がある)。TADF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。なお、TADF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、三重項励起準位と一重項励起準位のエネルギー差が0eVを超えて0.2eV以下、好ましくは0eVを越えて0.1eV以下であることが挙げられる。

【0118】

[正孔注入層、正孔輸送層]

正孔注入層131は、正孔輸送性の高い正孔輸送層132を介して第1の発光層110に正孔を注入する層であり、正孔輸送性材料とアクセプター性材料とを含む層である。正孔輸送性材料とアクセプター性材料とを含むことで、アクセプター性材料により正孔輸送性材料から電子が引き抜かれて正孔(ホール)が発生し、正孔輸送層132を介して第1の発光層110に正孔が注入される。または、正孔注入層131は、正孔輸送性材料と、アクセプター性材料とを、積層した構成としてもよい。なお、正孔輸送層132は、正孔輸送性材料を用いて形成される。

【0119】

正孔注入層131及び正孔輸送層132に用いる正孔輸送性材料としては、例えば、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:NPB)または-NPD)やN,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン(略称:TPD)、4,4',4''-トリス(カルバゾール-9-イル)トリフェニルアミン(略称: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,N-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン(略称:MTDATA)、4,4'-ビス[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:BSPB)などの芳

10

20

30

40

50

香族アミン化合物、3-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzPCA1)、3,6-ビス[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzPCA2)、3-[N-(1-ナフチル)-N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzPCN1)等が挙げられる。その他、4,4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル(略称:CBP)、1,3,5-トリス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]ベンゼン(略称:TCPB)、9-[4-(10-フェニル-9-アントラセニル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称:CzPA)等のカルバゾール誘導体、等を用いることができる。ここに述べた材料は、主に $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する材料である。但し、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。10

【0120】

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

【0121】

また、正孔注入層131に用いるアクセプター性材料としては、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、遷移金属酸化物を挙げることができる。また元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タンゲステン、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。20

【0122】

なお、正孔注入層131は、上述したアクセプター性材料を単独または他の材料と混合して形成しても良い。この場合、アクセプター性材料が正孔輸送層から電子を引き抜き、正孔輸送層に正孔注入することができる。アクセプター性材料は引き抜いた電子を陽極へ輸送する。30

【0123】

[電子輸送層]

電子輸送層133は、電子輸送性の高い材料を含む層である。電子輸送層133には、Alq₃、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(略称:Almq₃)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(略称:BeBq₂)、BA1q、Zn(BOX)₂、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ベンゾチアゾラト]亜鉛(略称:Zn(BTZ)₂)などの金属錯体を用いることができる。また、2-(4-ビフェニリル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称:PBDA)、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称:OXD-7)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-フェニル-5-(4-ビフェニリル)-1,2,4-トリアゾール(略称:TAZ)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-(4-エチルフェニル)-5-(4-ビフェニリル)-1,2,4-トリアゾール(略称:p-EtTAAZ)、パソフェナントロリン(略称:Bphen)、パソキュプロイン(略称:BCP)、4,4'-ビス(5-メチルベンゾオキサゾール-2-イル)スチルベン(略称:B40

50

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: PP y)、ポリ[(9,9-ジヘキシルフルオレン-2,7-ジイル)-co-(ピリジン-3,5-ジイル)](略称: PF - Py)、ポリ[(9,9-ジオクチルフルオレン-2,7-ジイル)-co-(2,2'-ビピリジン-6,6'-ジイル)](略称: PF - BPy)のような高分子化合物を用いることもできる。ここに述べた材料は、主に $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する材料である。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い材料であれば、上記以外の材料を電子輸送層 133 として用いてもよい。

【0124】

また、電子輸送層 133 は、単層のものだけでなく、上記材料からなる層が 2 層以上積層したものとしてもよい。

【0125】

[電子注入層]

電子注入層 134 は、電子注入性の高い材料を含む層である。電子注入層 134 には、フッ化リチウム(LiF)、フッ化セシウム(CsF)、フッ化カルシウム(CaF₂)、リチウム酸化物(LiO_x)等のようなアルカリ金属、アルカリ土類金属、またはそれらの化合物を用いることができる。また、フッ化エルビウム(ErF₃)のような希土類金属化合物を用いることができる。また、電子注入層 134 にエレクトライドを用いてもよい。該エレクトライドとしては、例えば、カルシウムとアルミニウムの混合酸化物に電子を高濃度添加した材料等が挙げられる。

【0126】

また、電子注入層 134 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 133 を構成する材料(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材料であればよい。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ができる。また、テトラチアフルバレン(略称: TTF)等の有機化合物を用いることもできる。

【0127】

なお、上述した、発光層、正孔輸送層、正孔注入層、電子輸送層、及び電子注入層は、それぞれ、スパッタリング法、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、塗布法等の方法で形成することができる。

【0128】

以上、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。

【0129】

(実施の形態 2)

本実施の形態においては、実施の形態 1 に示す発光素子 100 の発光機構について、図 8 乃至図 10 を用いて説明する。

【0130】

<2-1. 発光素子の発光機構>

まず、発光素子 100 の発光機構について、以下説明を行う。

【0131】

本発明の一態様の発光素子 100 においては、一対の電極(第 1 の電極 104 及び第 2

10

20

30

30

40

の電極 114) 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 E L 層 108 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、第 1 の発光層 110 及び第 2 の発光層 112 内のゲスト材料(蛍光材料及び燐光材料)が励起状態となり、励起されたゲスト材料から発光を得ることができる。

【0132】

<2-2. 第 1 の発光層の発光機構 1>

次に、発光素子 100 が有する第 1 の発光層 110 の発光機構について説明する。

【0133】

図 8 (A) は、第 1 の発光層 110 の断面模式図の一例である。図 8 (A) に示す第 1 の発光層 110 は、ホスト材料 121 と、ゲスト材料 122 と、を有する。 10

【0134】

ホスト材料 121 としては、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 0.2 eV 以内であると好ましい。とくに、ホスト材料 121 としては、室温で熱活性化遅延蛍光を示す材料であると好適である。なお、ホスト材料 121 は単一の材料で構成されても良く、複数の材料から構成されても良い。また、ゲスト材料 122 としては、発光性の有機化合物を用いればよく、該発光性の有機化合物としては、蛍光材料であると好適である。以下の説明においては、ゲスト材料 122 として、蛍光材料を用いる構成について説明する。

【0135】

なお、以下の 2 つの過程により、ゲスト材料 122 からの発光が得られる。 20

() 直接再結合過程

(1) エネルギー移動過程

【0136】

<2-3. () 直接再結合過程>

キャリア(電子または正孔)が、ゲスト材料 122 において再結合し、ゲスト材料 122 の励起状態が形成される。このとき、ゲスト材料 122 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 122 の励起状態が三重項励起状態のとき、熱失活する。

【0137】

上述の() 直接再結合過程においては、ゲスト材料 122 の蛍光量子効率が高ければ、高い発光効率が得られる。 30

【0138】

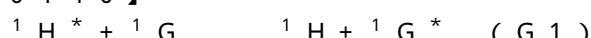
<2-4. (1) エネルギー移動過程>

キャリアが、ホスト材料 121 において再結合し、ホスト材料 121 の励起状態が形成される。このとき、ホスト材料 121 の励起状態が一重項励起状態のとき、ホスト材料 121 の一重項励起エネルギー準位が、ゲスト材料 122 の一重項励起エネルギー準位よりも高い場合、ホスト材料 121 から、ゲスト材料 122 に励起エネルギーが移動し、ゲスト材料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 122 からは、蛍光発光が得られる。したがって、ホスト材料 121 の一重項励起エネルギー準位は、ゲスト材料 122 の一重項励起エネルギー準位よりも高いことが好ましい。 40

【0139】

なお、ホスト材料 121 の一重項励起状態から、ゲスト材料 122 の三重項励起状態へのエネルギー移動は、ゲスト材料 122 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 121 の一重項励起状態から、ゲスト材料 122 の一重項励起状態へのエネルギー移動が重要である。

【0140】



【0141】

なお、一般式 (G 1) 中、 $^1H^*$ はホスト材料 121 の一重項励起状態を表し、 1G はゲスト材料 122 の一重項基底状態を表し、 1H はホスト材料 121 の一重項基底状態を表し、 $^1G^*$ はゲスト材料 122 の一重項励起状態を表す。

【0142】

次に、ホスト材料 121 及びゲスト材料 122 のエネルギー移動過程を説明するために、図 8 (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 8 (B) における表記及び符号は、以下の通りである。

- Host (121) : ホスト材料 121
- Guest (122) : ゲスト材料 122 (蛍光材料)
- S_H : ホスト材料 121 の一重項励起エネルギーの最も低い準位 10
- T_H : ホスト材料 121 の三重項励起エネルギーの最も低い準位
- S_G : ゲスト材料 122 (蛍光材料) の一重項励起エネルギーの最も低い準位
- T_G : ゲスト材料 122 (蛍光材料) の三重項励起エネルギーの最も低い準位

【0143】

ホスト材料 121 の励起状態が三重項励起状態であっても、ホスト材料 121 の S_H が、ゲスト材料 122 の S_G よりも高い場合、下記の 2 つの過程を経て蛍光発光が得られる。

【0144】

1 つ目の過程として、図 8 (B) のルート A₁ に示すように、ホスト材料 121 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。 20

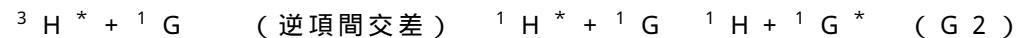
【0145】

それに続く 2 つ目の過程として、図 8 (B) のルート E₁ に示すように、ホスト材料 121 の S_H からゲスト材料 122 の S_G に励起エネルギーが移動し、ゲスト材料 122 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 122 からは蛍光発光が得られる。

【0146】

上述の 1 つ目の過程及び 2 つ目の過程は、下記一般式 (G 2) で表される。

【0147】



【0148】

なお、一般式 (G 2) 中、 $^3H^*$ はホスト材料 121 の三重項励起状態を表し、 1G はゲスト材料 122 の一重項基底状態を表し、 $^1H^*$ はホスト材料 121 の一重項励起状態を表し、 1H はホスト材料 121 の一重項基底状態を表し、 $^1G^*$ はゲスト材料 122 の一重項励起状態を表す。

【0149】

一般式 (G 2) に示すように、ホスト材料 121 の三重項励起状態 ($^3H^*$) から逆項間交差によってホスト材料 121 の一重項励起状態 ($^1H^*$) が生成され、その後、ゲスト材料 122 の一重項励起状態 ($^1G^*$) へエネルギー移動する。

【0150】

上述の (1) 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 121 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 122 の一重項励起状態 ($^1G^*$) に変換されるため、高効率な発光が可能となる。

【0151】

ただし、ホスト材料 121 の一重項励起状態及び三重項励起状態からゲスト材料 122 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 121 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。例えば、図 8 (B) の破線 B₁ に示すように、ホスト材料 121 の三重項励起エネルギーの最も低い準位が、ゲスト材料 122 の三重項励起エネルギーの最も低い準位よりも低い場合は、図 8 (B) のルート E₃ に示すエネルギー移動の過程を経たのち、熱失活する。 40 50

の場合、 T_H と S_H のエネルギー差が大きいため、図 8 (B) のルート 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るため、ゲスト材料 122 の一重項励起状態の生成効率が低下するのである。したがって、ホスト材料 121 の T_H は、ゲスト材料 122 の T_G よりも高いことが好ましい。すなわち、ホスト材料 121 が熱活性化遅延蛍光を示す材料である場合、ホスト材料 121 の熱活性化遅延蛍光の発光エネルギーは、ゲスト材料 122 の燐光発光エネルギーよりも高いことが好ましい。

【0152】

この時、図 8 (B) のルート E_2 に示すように、ホスト材料 121 の T_H からゲスト材料 122 の T_G に励起エネルギーが移動した場合も、熱失活する。したがって、図 8 (B) 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 122 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ので好ましい。そのためには、ホスト材料 121 に対するゲスト材料 122 の濃度は、低い方が好ましい。具体的には、ホスト材料 121 に対するゲスト材料 122 の濃度としては、0 wt %を超えて 5 wt %以下が好適であり、より好ましくは、0 wt %を超えて 1 wt %以下が好適である。

【0153】

なお、ゲスト材料 122 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 122 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()直接再結合過程よりも(-1)エネルギー移動過程の割合が、多い方が、ゲスト材料 122 の励起状態が三重項励起状態のときに生じる、熱失活を減少させることができるので好ましい。そのためには、やはりホスト材料 121 に対するゲスト材料 122 の濃度は低い方が好ましく、具体的には、ホスト材料 121 に対するゲスト材料 122 の濃度としては、0 wt %を超えて 5 wt %以下が好適であり、より好ましくは、0 wt %を超えて 1 wt %以下が好適である。

【0154】

次に、上述したホスト材料 121 と、ゲスト材料 122 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。

【0155】

< 2 - 5 . 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 121 及びゲスト材料 122 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 121 がゲスト材料 122 にエネルギーを受け渡し、ホスト材料 121 が基底状態になり、ゲスト材料 122 が励起状態になる。なお、フェルスター機構の速度定数 $k_{h^* \rightarrow g}$ を式(1)に示す。

【0156】

【数2】

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

【0157】

式(1)において、 $f'_h(\nu)$ は、振動数を表し、 $\epsilon_g(\nu)$ は、ホスト材料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、 $\epsilon_g(\nu)$ は、ゲスト材料 122 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 121 とゲスト材料 122 の分子間距離を表し、

10

20

30

40

50

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、_h 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 121 とゲスト材料 122 の遷移双極子モーメントの配向を表す係数（0～4）である。なお、ランダム配向の場合は $K^2 = 2/3$ である。

【0158】

<2-6. デクスター機構>

デクスター機構では、ホスト材料 121 とゲスト材料 122 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 121 の電子と、基底状態のゲスト材料 122 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。

【0159】

【数3】

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

【0160】

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、_h は、振動数を表し、 $f'_h(\nu)$ は、ホスト材料 121 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 122 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 121 とゲスト材料 122 の分子間距離を表す。

【0161】

ここで、ホスト材料 121 からゲスト材料 122 へのエネルギー移動効率 ϕ_{ET} は、数式（3）で表されると考えられる。 k_r は、ホスト材料 121 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 121 の非発光過程（熱失活や項間交差）の速度定数を表し、_h は、実測されるホスト材料 121 の励起状態の寿命を表す。

【0162】

【数4】

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

【0163】

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。

【0164】

<2-7. エネルギー移動を高めるための概念>

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 121 の一重項励起状態（ $^1H^*$ ）からゲスト材料 122 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考えられる。

【0165】

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

10

20

30

40

50

を消去すると、エネルギー移動効率 E_T は、量子収率（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、蛍光量子効率）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 121 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 122 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も必要である。なお、ゲスト材料 122 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 121 の発光スペクトルと、ゲスト材料 122 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。

【0166】

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^*g} を大きくするにはホスト材料 121 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 122 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。

【0167】

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 121 の発光スペクトルと、ゲスト材料 122 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。

【0168】

また、ホスト材料 121 の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 0.2 eV 以内であると好ましい。上記構成とすることで、ホスト材料 121 の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）が起こりやすい。したがって、ホスト材料 121 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 121 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材料の発光スペクトル）と、エネルギー・アクセプターとなるゲスト材料 122 の最も長波長側に現れる吸収帯と、が重なると好ましい。上記構成とすることで、ホスト材料 121 の一重項励起状態からゲスト材料 122 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 122 の一重項励起状態の生成効率を高めることができる。

【0169】

また、ホスト材料 121 の三重項励起エネルギー準位は、ゲスト材料 122 の三重項励起エネルギー準位よりも高いため、ホスト材料 121 の三重項励起状態から一重項励起状態への遷移、及びホスト材料 121 の一重項励起状態からゲスト材料 122 の一重項励起状態へのエネルギー移動が起こりやすくなる。そのため、熱失活が少なく、発光効率を高めることができる。また、ホスト材料 121 が室温で熱活性化遅延蛍光を示す材料である場合、当該熱活性化遅延蛍光の発光エネルギーは、ゲスト材料 122 の燐光発光エネルギーよりも高いため、ホスト材料 121 の三重項励起状態から一重項励起状態への遷移、およびホスト材料 121 の一重項励起状態からゲスト材料 122 の一重項励起状態へのエネルギー移動が効率良く生じる。そのため、熱失活が少なく、発光効率を高めることができる。

【0170】

<2-8. 第1の発光層の発光機構 2>

次に、<2-2. 第1の発光層の発光機構 1> と異なる発光機構について、図 9 (A) (B) を用いて、以下説明する。

【0171】

図 9 (A) は、第 1 の発光層 110 の断面模式図の一例である。図 9 (A) に示す第 1 の発光層 110 は、ホスト材料 121 と、ゲスト材料 122 と、を有する。また、ホスト材料 121 は、第 1 の有機化合物 121_1 と、第 2 の有機化合物 121_2 と、を有する。

【0172】

第 1 の有機化合物 121_1 と、第 2 の有機化合物 121_2 とは、励起錯体 (Exc

10

20

30

40

50

いｐｌｅｘともいう)を形成する組み合わせであることが好ましい。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。また、第1の有機化合物121_1または第2の有機化合物121_2のいずれか一方は、第1の発光層110のホスト材料として機能し、第1の有機化合物121_1または第2の有機化合物121_2の他方は、第1の発光層110のアシスト材料として機能する。なお、以下の説明においては、第1の有機化合物121_1をホスト材料として、第2の有機化合物121_2をアシスト材料として説明を行う。

【0173】

なお、第1の有機化合物121_1と、第2の有機化合物121_2とが、励起錯体を形成する組み合わせになるような、ホスト材料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122からの発光が得られる。 10

() 直接再結合過程

(2) エネルギー移動過程

【0174】

なお、() 直接再結合過程については、上記2-3. 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。

【0175】

< 2-9. (2) エネルギー移動過程 >

第1の発光層110における励起錯体を形成する第1の有機化合物121_1と、第2の有機化合物121_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、第1の有機化合物121_1と第2の有機化合物121_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 ~ 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。 20

【0176】

また、第1の有機化合物121_1と、第2の有機化合物121_2とにより形成される励起錯体の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0.2eV以内であると好ましい。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121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121の発光スペクトル(ここでは、第1の有機化合物121_1と、第2の有機化合物121_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122の最も長波長側に現れる吸収帯と、が重なると好ましい。上記構成とすることで、ホスト材料121の一重項励起状態からゲスト材料122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122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。 40

【0177】

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9(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9(B)における表記及び符号は、以下の通りである。

- Host (121) : ホスト材料121
- Guest (122) : ゲスト材料122(蛍光材料)
- S_H : ホスト材料121の一重項励起エネルギーの最も低い準位
- T_H : ホスト材料121の三重項励起エネルギーの最も低い準位

10

20

30

40

50

- ・ S_E : 励起錯体の一重項励起エネルギーの最も低い準位
- ・ T_E : 励起錯体の三重項励起エネルギーの最も低い準位
- ・ S_G : ゲスト材料 122 (蛍光材料) の一重項励起エネルギーの最も低い準位
- ・ T_G : ゲスト材料 122 (蛍光材料) の三重項励起エネルギーの最も低い準位

【0178】

キャリアが第1の発光層 110 に輸送されると、第1の有機化合物 121_1 及び第2の有機化合物 121_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、他方と相互作用して励起錯体を形成する。したがって、第1の発光層 110 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、第1の有機化合物 121_1 及び第2の有機化合物 121_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、駆動電圧を下げることができる。
10

【0179】

図9 (B) に示すように、ホスト材料 121 が有する第1の有機化合物 121_1 と第2の有機化合物 121_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。

【0180】

励起錯体の励起状態が一重項励起状態のとき、図9 (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 122 の S_G に励起エネルギーが移動し、ゲスト材料 122 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 122 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 122 の一重項励起状態へのエネルギー移動が生じる。
20

【0181】



【0182】

なお、一般式 (G3) 中、 $^1 [H - A]^*$ は第1の有機化合物 121_1 と第2の有機化合物 121_2 とで形成される励起錯体の一重項励起状態を表し、 $^1 G$ はゲスト材料 122 の一重項基底状態を表し、 $^1 H$ は第1の有機化合物 121_1 の一重項基底状態を表し、 $^1 A$ は第2の有機化合物 121_2 の一重項基底状態を表し、 $^1 G^*$ はゲスト材料 122 の一重項励起状態を表す。
30

【0183】

また、励起錯体の励起状態が三重項励起状態であっても、励起錯体の S_E が、ゲスト材料 122 の S_G よりも高い場合、下記の2つの過程を辿って蛍光発光が得られる。

【0184】

1つ目の過程として、図9 (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。

【0185】

それに続く2つ目の過程として、図9 (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 122 の S_G に励起エネルギーが移動し、ゲスト材料 122 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 122 からは蛍光発光が得られる。
40

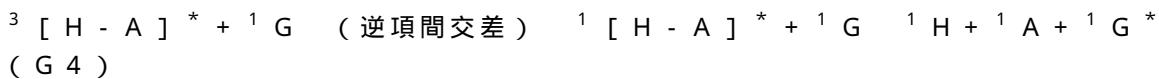
【0186】

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 E × S E T (Exciplex - Singlet Energy Transfer) または E × E F (Exciplex - Enhanced Fluorescence) と呼称する場合がある。

【0187】

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。

【0188】



【0189】

なお、一般式 (G 4) 中、 ${}^3 [H - A]^*$ は第 1 の有機化合物 121_1 と第 2 の有機化合物 121_2 とで形成される励起錯体の三重項励起状態を表し、 ${}^1 G$ はゲスト材料 122 の一重項基底状態を表し、 ${}^1 [H - A]^*$ は第 1 の有機化合物 121_1 と第 2 の有機化合物 121_2 とで形成される励起錯体の一重項励起状態を表し、 ${}^1 H$ は第 1 の有機化合物 121_1 の一重項基底状態を表し、 ${}^1 A$ は第 2 の有機化合物 121_2 の一重項基底状態を表し、 ${}^1 G^*$ はゲスト材料 122 の一重項励起状態を表す。

【0190】

10

一般式 (G 4) に示すように、励起錯体の三重項励起状態 (${}^3 [H - A]^*$) から逆項間交差によって、励起錯体の一重項励起状態 (${}^1 [H - A]^*$) が生成され、その後、ゲスト材料 122 の一重項励起状態 (${}^1 G^*$) へエネルギー移動する。

【0191】

ホスト材料 121 を、上述の構成とすることで、上記 (2) 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 122 の一重項励起状態に変換されるため、第 1 の発光層 110 のゲスト材料 122 (蛍光材料) からの発光を、効率よく得ることが可能となる。

【0192】

20

ただし、励起錯体からゲスト材料 122 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場合がある。例えば、図 9 (B) のルート E₅ に示すように、励起錯体の T_E からゲスト材料 122 の T_G に励起エネルギーが移動した場合、熱失活する。したがって、ホスト材料 121 に対するゲスト材料 122 の濃度としては、0 wt % を超えて 5 wt % 以下が好適であり、より好ましくは、0 wt % を超えて 1 wt % 以下が好適である。

【0193】

また、図 9 (B) の破線 B₂ に示すように、ホスト材料 121 の T_H、すなわち第 1 の有機化合物 121_1 または第 2 の有機化合物 121_2 の三重項励起エネルギー準位が、励起錯体の T_E よりも低い場合、図 9 (B) のルート E₆ に示すエネルギー移動の過程を経たのち、熱失活する。したがって、第 1 の有機化合物 121_1 及び第 2 の有機化合物 121_2 の三重項励起エネルギー準位は、励起錯体の T_E よりも高いことが好ましい。また、励起錯体は S_E と T_E が近接するため、T_E がゲスト材料 122 の T_G よりも低い場合、S_E のエネルギー準位も T_G 付近またはそれ以下まで大きく低下してしまう。その結果、S_E からゲスト材料 122 の S_G へのエネルギー移動 (ルート E₄) が困難になり、ゲスト材料 122 からの蛍光が得にくくなる。したがって、励起錯体の T_E は、ゲスト材料 122 の T_G よりも高いことが好ましい。以上のことから、励起錯体が室温で熱活性化遅延蛍光を示す場合、第 1 の有機化合物 121_1 及び第 2 の有機化合物 121_2 の燐光発光エネルギーは、励起錯体の熱活性化遅延蛍光の発光エネルギーよりも高いことが好ましい。また、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 122 の燐光発光エネルギーよりも高いことが好ましい。

30

【0194】

40

なお、第 1 の発光層 110 としては、上記に示す <2-2. 第 1 の発光層の発光機構 1> または <2-8. 第 1 の発光層の発光機構 2> のいずれか一方の発光機構を用いることで、発光効率を高めることができるので、好適である。

【0195】

<2-10. 第 2 の発光層の発光機構>

次に、発光素子 100 が有する第 2 の発光層 112 の発光機構について説明する。

【0196】

図 10 (A) は、第 2 の発光層 112 の断面模式図の一例である。図 10 (A) に示す第 2 の発光層 112 は、ホスト材料 221 と、ゲスト材料 222 と、を有する。また、ホ

50

スト材料 221 は、第3の有機化合物 221_1 と、第4の有機化合物 221_2 と、を有する。

【0197】

第2の発光層 112 が有する、第3の有機化合物 221_1 と、第4の有機化合物 221_2 とは励起錯体を形成する。ここでは、第3の有機化合物 221_1 をホスト材料として、第4の有機化合物 221_2 をアシスト材料として説明する。

【0198】

第2の発光層 112 における励起錯体を形成する第3の有機化合物 221_1 と第4の有機化合物 221_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、第3の有機化合物 221_1 と第4の有機化合物 221_2 との組み合わせは、第1の発光層 110 における、励起錯体を形成する第1の有機化合物 121_1 と第2の有機化合物 121_2 との組み合わせと同様の構成としてもよい。

【0199】

第2の発光層 112 における第3の有機化合物 221_1 と、第4の有機化合物 221_2 と、ゲスト材料 222 とのエネルギー準位の相関を図 10 (B) に示す。なお、図 10 (B) における表記及び符号は、以下の通りである。

- ・ Host (221_1) : ホスト材料 (第3の有機化合物 221_1)
- ・ Assist (221_2) : アシスト材料 (第4の有機化合物 221_2)
- ・ Guest (222) : ゲスト材料 222 (発光材料)
- ・ S_{PH} : ホスト材料 (第3の有機化合物 221_1) の一重項励起状態の最も低い準位
- ・ T_{PH} : ホスト材料 (第3の有機化合物 221_1) の三重項励起状態の最も低い準位
- ・ T_{PG} : ゲスト材料 222 (発光材料) の三重項励起状態の最も低い準位
- ・ S_{PE} : 励起錯体の一重項励起状態の最も低い準位
- ・ T_{PE} : 励起錯体の三重項励起状態の最も低い準位

【0200】

図 10 (B) のルート E₇ に示すように、第3の有機化合物 221_1 と第4の有機化合物 221_2 とにより形成される、励起錯体の一重項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。

【0201】

そして、図 10 (B) ルート E₈ に示すように、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 222 (発光材料) の三重項励起状態の最も低い準位 (T_{PG}) へ移動させて発光が得られる。

【0202】

なお、上記に示すルート E₇ 及びルート E₈ の過程を、本明細書等において E × T E T (E x c i p l e x - T r i p l e t E n e r g y T r a n s f e r) と呼称する場合がある。

【0203】

また、第3の有機化合物 221_1 及び第4の有機化合物 221_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、他方と相互作用して励起錯体を形成する。したがって、第2の発光層 112 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、第3の有機化合物 221_1 及び第4の有機化合物 221_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、駆動電圧を下げることができる。

【0204】

第2の発光層 112 を上述の構成とすることで、第2の発光層 112 のゲスト材料 222 (発光材料) からの発光を、効率よく得ることが可能となる。

【0205】

10

20

30

40

50

以上、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。

【0206】

(実施の形態3)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光素子について図11乃至図13を用いて説明する。なお、図11は、本発明の一態様の発光素子150を説明する断面模式図であり、図12及び図13は、本発明の一態様の発光素子150Aを説明する断面模式図である。

【0207】

<3-1. 発光素子の構成2>

10

図11に示す発光素子150は、第1の電極104と、第2の電極114との間に、複数のEL層(第1のEL層141及び第2のEL層142)を有する。第1のEL層141及び第2のEL層142のいずれか一方または双方は、図1に示すEL層108と同様な構成を有する。つまり、図1で示した発光素子100は、1つのEL層を有し、発光素子150は、複数のEL層を有する。なお、本明細書等において、EL層とは、少なくとも発光材料を含む層である。

【0208】

また、図11に示す発光素子150において、第1のEL層141と第2のEL層142とが積層されており、第1のEL層141と第2のEL層142との間には電荷発生層143が設けられる。なお、第1のEL層141と第2のEL層142とは、同じ構成でも異なる構成でもよい。

20

【0209】

電荷発生層143には、有機化合物と金属酸化物の複合材料が含まれている。該複合材料には、先に示す正孔注入層131に用いることができる複合材料を用いればよい。有機化合物としては、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、有機化合物としては、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物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。有機化合物と金属酸化物の複合材料は、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、EL層141またはEL層142の陽極側の面が電荷発生層143に接している場合は、電荷発生層143がEL層141またはEL層142の正孔輸送層の役割も担うことができるため、EL層141またはEL層142には正孔輸送層を設けなくとも良い。

30

【0210】

なお、電荷発生層143は、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と他の材料により構成される層を組み合わせた積層構造として形成してもよい。例えば、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と、電子供与性物質の中から選ばれた一の化合物と電子輸送性の高い化合物とを含む層とを組み合わせて形成してもよい。また、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と、透明導電膜とを組み合わせて形成してもよい。

【0211】

40

なお、第1のEL層141と第2のEL層142に挟まれる電荷発生層143は、第1の電極104と第2の電極114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ものであれば良い。例えば、図11において、第1の電極104の電位の方が第2の電極114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143は、第1のEL層141に電子を注入し、第2のEL層142に正孔を注入するものであればよい。

【0212】

また、図11においては、2つのEL層を有する発光素子について説明したが、3つ以上のEL層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150のように、一対の電極間に複数のEL層を電荷発生層143で仕切って配置するこ

50

とで、電流密度を低く保ったまま、高輝度発光を可能とし、さらに長寿命な素子を実現できる。また、低電圧駆動が可能で消費電力が低い発光装置を実現することができる。

【0213】

なお、複数のEL層のうち、少なくとも一つのEL層に、実施の形態1に示すEL層108を有することによって、高効率で且つ寿命の長い発光素子とすることができます。

【0214】

<3-2. 発光素子の構成3>

次に、図11に示す発光素子150の具体例について、図12及び図13を用いて説明を行う。

【0215】

図12に示す発光素子150Aは、第1の電極104と、第2の電極114との間に、第1のEL層141及び第2のEL層142を有する。図12に示す第1のEL層141は、図1に示すEL層108と同じ構成である。また、図12に示す第2のEL層142は、正孔注入層415と、正孔輸送層416と、第3の発光層444と、電子輸送層417と、電子注入層418と、を有する。

【0216】

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は、それぞれ、先に示す正孔注入層131、正孔輸送層132、電子輸送層133、及び電子注入層134と同様の構成とすることができます。

【0217】

第3の発光層444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431は、第1の有機化合物431_1と、第2の有機化合物431_2と、有する。例えば、第1の有機化合物431_1をホスト材料とし、第2の有機化合物431_2をアシスト材料として用いることができる。なお、本実施の形態において、ホスト材料431は、2種類の有機化合物（第1の有機化合物431_1、及び第2の有機化合物431_2）を用いる構成について例示したが、これに限定されず、1種類または3種類以上の材料を用いてもよい。

【0218】

ゲスト材料432としては、燐光材料が好ましい。また、ゲスト材料432としては、第1の発光層110及び第2の発光層112と異なる発光スペクトルピークを有すると好ましい。例えば、第1の発光層110及び第2の発光層112と、第3の発光層444との光を互いの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。例えば、第1の発光層110及び第2の発光層112が、青色の波長領域に発光スペクトルのピークを有する場合、第3の発光層444のゲスト材料432としては、黄色の波長領域に発光スペクトルのピークを有する材料を用いると好適である。

【0219】

また、図12に示す発光素子150Aは、図13に示す構成としてもよい。

【0220】

図13に示す発光素子150Aは、図12に示す発光素子150Aの第2のEL層142と構成が異なる。図13に示す発光素子150Aは、第3の発光層444の上に、さらに第4の発光層445を有する。

【0221】

図13に示す発光素子150Aの第2のEL層142が有する第4の発光層445は、ホスト材料441と、ゲスト材料442と、を有する。また、ホスト材料441は、第1の有機化合物441_1と、第2の有機化合物441_2と、を有する。例えば、第1の有機化合物441_1をホスト材料とし、第2の有機化合物441_2をアシスト材料として用いることができる。

【0222】

ゲスト材料442としては、燐光材料が好ましい。また、ゲスト材料442としては、第1の発光層110及び第2の発光層112、並びに第3の発光層444と異なる発光ス

10

20

30

40

50

ペクトルピークを有すると好ましい。例えば、第1の発光層110及び第2の発光層112が、青色の波長領域に発光スペクトルのピークを有し、第3の発光層444が緑色の波長領域に発光スペクトルのピークを有し、第4の発光層445が赤色の波長領域に発光スペクトルのピークを有する構成とすることができる。

【0223】

なお、第3の発光層444及び第4の発光層445は、先に示す第2の発光層112の発光機構、並びに第2の発光層112に用いることのできる材料と同様とすればよい。

【0224】

以上、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。

10

【0225】

(実施の形態4)

本実施の形態では、本発明の一態様の発光装置を有する表示装置について、図14を用いて説明を行う。

【0226】

<4. 表示装置>

なお、図14(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14(B)は、本発明の一態様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。

【0227】

20

図14(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。

【0228】

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やTAB(Tape Automated Bonding)によって、実装することができる。

30

【0229】

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、ゲートドライバ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、ソースドライバ804b)などの駆動回路を有する。

【0230】

ゲートドライバ804aは、シフトレジスタ等を有する。ゲートドライバ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、ゲートドライバ804aは、スタートパルス信号、クロック信号等が入力され、パルス信号を出力する。ゲートドライバ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、ゲートドライバ804aを複数設け、複数のゲートドライバ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、ゲートドライバ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、ゲートドライバ804aは、別の信号を供給することも可能である。

40

【0231】

ソースドライバ804bは、シフトレジスタ等を有する。ソースドライバ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

50

る信号（画像信号）が入力される。ソースドライバ 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、ソースドライバ 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、ソースドライバ 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、ソースドライバ 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、ソースドライバ 804b は、別の信号を供給することも可能である。

【0232】

ソースドライバ 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。ソースドライバ 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ソースドライバ 804b を構成してもよい。

【0233】

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、ゲートドライバ 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) を介してゲートドライバ 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) を介してソースドライバ 804b からデータ信号が入力される。

【0234】

図 14 (A) に示す保護回路 806 は、例えば、ゲートドライバ 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、ソースドライバ 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、ゲートドライバ 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、ソースドライバ 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。

【0235】

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。

【0236】

図 14 (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、ゲートドライバ 804a に保護回路 806 を接続した構成、またはソースドライバ 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。

【0237】

また、図 14 (A) においては、ゲートドライバ 804a とソースドライバ 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、ゲートドライバ 804a のみを形成し、別途用意されたソースドライバ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。

【0238】

また、図 14 (A) に示す複数の画素回路 801 は、例えば、図 14 (B) に示す構成とすることができる。

【0239】

10

20

30

40

50

図14(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。

【0240】

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)に電気的に接続される。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)に電気的に接続される。

【0241】

トランジスタ852は、オン状態またはオフ状態になることにより、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。

10

【0242】

容量素子862の一対の電極の一方は、電位が与えられる配線(以下、電位供給線VL_aという)に電気的に接続され、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気的に接続される。

【0243】

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。

【0244】

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に電気的に接続される。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気的に接続される。

20

【0245】

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に電気的に接続され、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気的に接続される。

【0246】

発光素子872としては、実施の形態1に示す発光素子100を用いることができる。

【0247】

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。

【0248】

30

図14(B)の画素回路801を有する表示装置では、例えば、図14(A)に示すゲートドライバ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。

【0249】

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が制御され、発光素子872は、流れる電流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。

【0250】

また、画素回路に、トランジスタのしきい値電圧等の変動の影響を補正する機能を持たせてもよい。図15(A)(B)及び図16(A)(B)に画素回路の一例を示す。

40

【0251】

図15(A)に示す画素回路は、6つのトランジスタ(トランジスタ303_1乃至303_6)と、容量素子304と、発光素子305と、を有する。また、図15(A)に示す画素回路には、配線301_1乃至301_5、並びに配線302_1及び配線302_2が電気的に接続されている。なお、トランジスタ303_1乃至303_6については、例えばP型の極性のトランジスタを用いることができる。

【0252】

図15(B)に示す画素回路は、図15(A)に示す画素回路に、トランジスタ303_7を追加した構成である。また、図15(B)に示す画素回路には、配線301_6及

50

び配線 301_7 が電気的に接続されている。ここで、配線 301_5 と配線 301_6 とは、それぞれ電気的に接続されていてもよい。なお、トランジスタ 303_7 については、例えば P 型の極性のトランジスタを用いることができる。

【0253】

図 16 (A) に示す画素回路は、6 つのトランジスタ (トランジスタ 308_1 乃至 308_6) と、容量素子 304 と、発光素子 305 と、を有する。また、図 16 (A) に示す画素回路には、配線 306_1 乃至 306_3、並びに配線 307_1 乃至 307_3 が電気的に接続されている。ここで配線 306_1 と配線 306_3 とは、それぞれ電気的に接続されていてもよい。なお、トランジスタ 308_1 乃至 308_6 については、例えば P 型の極性のトランジスタを用いることができる。

10

【0254】

図 16 (B) に示す画素回路は、2 つのトランジスタ (トランジスタ 309_1 及びトランジスタ 309_2) と、2 つの容量素子 (容量素子 304_1 及び容量素子 304_2) と、発光素子 305 と、を有する。また、図 16 (B) に示す画素回路には、配線 311_1 乃至 配線 311_3、配線 312_1、及び配線 312_2 が電気的に接続されている。また、図 16 (B) に示す画素回路の構成とすることで、例えば、電圧入力 - 電流駆動方式 (CVC方式ともいう) とすることができる。なお、トランジスタ 309_1 及び 309_2 については、例えば P 型の極性のトランジスタを用いることができる。

【0255】

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との方式に適用することができる。

20

【0256】

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) を用いることが出来る。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出来る。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出来る。

30

【0257】

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図ることが出来る。

【0258】

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。

40

【0259】

(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装置を有する表示パネル、及び該表示パネルに入力装置を取り付けた電子機器について、図 17 乃至 図 21 を用いて説明を行う。

【0260】

<5-1. 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、表示パネルと、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。なお、本発明の一態様の発光装置を表示パネルの画

50

素に用いることができる。

【0261】

図17(A)(B)は、タッチパネル2000の斜視図である。なお、図17(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。

【0262】

タッチパネル2000は、表示パネル2501とタッチセンサ2595とを有する(図17(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。

10

【0263】

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FPC2509(1)と電気的に接続する。

【0264】

基板2590は、タッチセンサ2595と、タッチセンサ2595と電気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)と電気的に接続される。なお、図17(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。

20

【0265】

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。

【0266】

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。

【0267】

なお、図17(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。

30

【0268】

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。

【0269】

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。

【0270】

電極2592は、図17(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。

40

【0271】

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。

【0272】

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。

【0273】

50

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。

【0274】

なお、電極 2591、電極 2592、配線 2598 などの導電膜、つまり、タッチパネルを構成する配線や電極に用いることのできる材料として、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛等を有する透明導電膜（例えば、ITOなど）が挙げられる。また、タッチパネルを構成する配線や電極に用いることのできる材料として、例えば、抵抗値が低い方が好ましい。一例として、銀、銅、アルミニウム、カーボンナノチューブ、グラフェン、ハロゲン化金属（ハロゲン化銀など）などを用いてもよい。さらに、非常に細くした（例えば、直径が数ナノメートル）複数の導電体を用いて構成されるような金属ナノワイヤを用いてもよい。または、導電体を網目状にした金属メッシュを用いてもよい。一例としては、Ag ナノワイヤ、Cu ナノワイヤ、Al ナノワイヤ、Ag メッシュ、Cu メッシュ、Al メッシュなどを用いてもよい。例えば、タッチパネルを構成する配線や電極に Ag ナノワイヤを用いる場合、可視光において透過率を 89% 以上、シート抵抗値を 40 / 以上 100 / 以下とすることができる。また、上述したタッチパネルを構成する配線や電極に用いることのできる材料の一例である、金属ナノワイヤ、金属メッシュ、カーボンナノチューブ、グラフェンなどは、可視光において透過率が高いため、表示素子に用いる電極（例えば、画素電極または共通電極など）として用いてもよい。

【0275】

< 5 - 2 . 表示パネルに関する説明 >

次に、図 18 (A) を用いて、表示パネル 2501 の詳細について説明する。図 18 (A) は、図 17 (B) に示す一点鎖線 X1 - X2 間の断面図に相当する。

【0276】

表示パネル 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。

【0277】

基板 2510 及び基板 2570 としては、例えば、水蒸気の透過率が $10^{-5} \text{ g} / (\text{m}^2 \cdot \text{day})$ 以下、好ましくは $10^{-6} \text{ g} / (\text{m}^2 \cdot \text{day})$ 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、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。

【0278】

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。

【0279】

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、もしくは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。

【0280】

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 18 (A) に示すように、封止

10

20

30

40

50

層 2560 側に光を取り出す場合は、封止層 2560 は光学素子を兼ねることができる。

【0281】

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 2550 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、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。

【0282】

また、表示パネル 2501 は、画素 2502 を有する。また、画素 2502 は発光モジュール 2580 を有する。

【0283】

画素 2502 は、発光素子 2550 と、発光素子 2550 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 2580 は、発光素子 2550 と、着色層 2567R とを有する。

【0284】

発光素子 2550 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 2550 として、例えば、実施の形態 1 に示す発光素子 100 を適用することができる。なお、図面においては、発光素子 2550 を 1 つしか図示していないが、2 つ以上の発光素子を有する構成としてもよい。

【0285】

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 2550 と着色層 2567R に接する。

【0286】

着色層 2567R は、発光素子 2550 と重なる位置にある。これにより、発光素子 2550 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 2580 の外部に射出される。

【0287】

また、表示パネル 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。

【0288】

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。

【0289】

また、表示パネル 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。

【0290】

また、発光素子 2550 は、絶縁層 2521 の上方に形成される。また、発光素子 2550 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。

10

20

30

40

50

【0291】

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。

【0292】

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、FPC 2509(1) が電気的に接続される。また、FPC 2509(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、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。

【0293】

また、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。図 18 (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 18 (B) に示す、トップゲート型のトランジスタを表示パネル 2501 に適用する構成としてもよい。

【0294】

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、特に限定ではなく、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、シリコンを有する半導体）、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 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、Al、Ga、Y、Zr、La、Ce、Sn、またはNdを表す）等が挙げられる。

【0295】

<5-3. タッチセンサに関する説明>

次に、図 18 (C) を用いて、タッチセンサ 2595 の詳細について説明する。図 18 (C) は、図 17 (B) に示す一点鎖線 X3-X4 間の断面図に相当する。

【0296】

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 を電気的に接続する配線 2594 とを有する。

【0297】

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。

【0298】

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ニング技術により、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。

【0299】

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

10

20

30

40

50

ムなどの無機絶縁材料を用いることもできる。

【0300】

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と電気的に接続する。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ので、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、電気抵抗を低減するため配線2594に好適に用いることができる。

【0301】

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。

10

【0302】

一対の電極2591が1つの電極2592を挟んで設けられる。また、配線2594は一対の電極2591を電気的に接続している。

【0303】

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。

【0304】

また、配線2598は、電極2591または電極2592と電気的に接続される。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。

20

【0305】

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を保護してもよい。

【0306】

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

【0307】

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。

30

【0308】

<5-4. タッチパネルに関する説明2>

次に、図19(A)を用いて、タッチパネル2000の詳細について説明する。図19(A)は、図17(A)に示す一点鎖線X5-X6間の断面図に相当する。

【0309】

図19(A)に示すタッチパネル2000は、図18(A)で説明した表示パネル2501と、図18(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。

【0310】

また、図19(A)に示すタッチパネル2000は、図18(A)及び図18(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。

40

【0311】

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が表示パネル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。

【0312】

50

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。

【0313】

次に、図 19 (A) に示す構成と異なる構成のタッチパネルについて、図 19 (B) を用いて説明する。

【0314】

図 19 (B) は、タッチパネル 2001 の断面図である。図 19 (B) に示すタッチパネル 2001 は、図 19 (A) 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。

10

【0315】

着色層 2567R は、発光素子 2550 と重なる位置にある。また、図 19 (B) に示す発光素子 2550 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 2550 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 2580 の外部に射出される。

【0316】

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

【0317】

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

20

【0318】

図 19 (A) (B) に示すように、発光素子から射出される光は、基板 2510 及び基板 2570 のいずれか一方または双方を通して射出されればよい。

【0319】

<5-5. 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 20 を用いて説明を行う。

【0320】

図 20 (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 20 (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 20 (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 20 (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よい。

30

【0321】

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

40

【0322】

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。

【0323】

次に、図 20 (B) には、図 20 (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 20 (B) では、1 フレーム期間で各行列での

50

被検知体の検出を行うものとする。また図20(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。

【0324】

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。

10

【0325】

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知することができる。

【0326】

<5-6. センサ回路に関する説明>

また、図20(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有するアクティブ型のタッチセンサとしてもよい。アクティブ型のタッチセンサに含まれるセンサ回路の一例を図21に示す。

【0327】

図21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。

20

【0328】

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のゲートと電気的に接続する。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気的に接続し、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と電気的に接続する。容量2603の他方の電極には電圧VSSが与えられる。

30

【0329】

次に、図21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。

【0330】

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。

【0331】

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。

40

【0332】

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。

50

【0333】

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。

【0334】

(実施の形態6)

本実施の形態では、本発明の一態様の発光装置を有する表示モジュール及び電子機器について、図22及び図23を用いて説明を行う。

【0335】

<6-1.表示モジュール>

図22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に接続された表示パネル8006、フレーム8009、プリント基板8010、バッテリ8011を有する。

【0336】

本発明の一態様の発光装置は、例えば、表示パネル8006に用いることができる。

【0337】

上部カバー8001及び下部カバー8002は、タッチセンサ8004及び表示パネル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。

【0338】

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パネルを表示パネル8006に重畳して用いることができる。また、表示パネル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、表示パネル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。

【0339】

フレーム8009は、表示パネル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。

【0340】

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8011による電源であってもよい。バッテリ8011は、商用電源を用いる場合には、省略可能である。

【0341】

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。

【0342】

<6-2.電子機器>

図23(A)乃至図23(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、接続端子9006、センサ9007、マイクロフォン9008、等を有することができる。

【0343】

図23(A)乃至図23(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23(A)乃至図23(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23(A)乃至図23(G)には図示していないが、電子機器には、

10

20

30

40

50

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。

【0344】

図23(A)乃至図23(G)に示す電子機器の詳細について、以下説明を行う。

【0345】

図23(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、指やスタイル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。

10

【0346】

図23(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23(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9001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。

20

【0347】

図23(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。

30

【0348】

図23(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できる。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ー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。

40

【0349】

図23(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23(E)が携帯情報端末9201を展開した状態の斜視図であり、図23(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

50

化する途中の状態の斜視図であり、図23(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。

【0350】

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装置は、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。

【0351】

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。

【0352】

(実施の形態7)

本実施の形態では、本発明の一態様の発光装置について、図24を用いて説明する。

【0353】

<7. 発光装置>

本実施の形態で示す、発光装置3000の斜視図を図24(A)に、図24(A)に示す一点鎖線E-F間に相当する断面図を図24(B)に、それぞれ示す。なお、図24(A)において、図面の煩雑さを避けるために、構成要素の一部を破線で表示している。

【0354】

図24(A)(B)に示す発光装置3000は、基板3001と、基板3001上の発光素子3005と、発光素子3005の外周に設けられた第1の封止領域3007と、第1の封止領域3007の外周に設けられた第2の封止領域3009と、を有する。

【0355】

また、発光素子3005からの発光は、基板3001及び基板3003のいずれか一方または双方から射出される。図24(A)(B)においては、発光素子3005からの発光が下方側(基板3001側)に射出される構成について説明する。

【0356】

また、図24(A)(B)に示すように、発光装置3000は、発光素子3005が第1の封止領域3007と、第2の封止領域3007とに、囲まれて配置される二重封止構造である。二重封止構造とすることで、発光素子3005側に入り込む外部の不純物(例えば、水、酸素など)を、好適に抑制することができる。ただし、第1の封止領域3007及び第2の封止領域3009を、必ずしも設ける必要はない。例えば、第1封止領域3007のみの構成としてもよい。

【0357】

なお、図24(B)において、第1の封止領域3007及び第2の封止領域3009は、基板3001及び基板3003と接して設けられる。ただし、これに限定されず、例えば、第1の封止領域3007及び第2の封止領域3009の一方または双方は、基板3001の上方に形成される絶縁膜、あるいは導電膜と接して設けられる構成としてもよい。または、第1の封止領域3007及び第2の封止領域3009の一方または双方は、基板3003の下方に形成される絶縁膜、あるいは導電膜と接して設けられる構成としてもよい。

【0358】

10

20

30

40

50

基板 3001 及び基板 3003 としては、それぞれ先の実施の形態 1 に記載の基板 102 と、基板 152 と同様の構成とすればよい。発光素子 3005 としては、先の実施の形態に記載の第 1 の発光素子乃至第 3 の発光素子のいずれか一つと同様の構成とすればよい。

【0359】

第 1 の封止領域 3007 としては、ガラスを含む材料（例えば、ガラスフリット、ガラスリボン等）を用いればよい。また、第 2 の封止領域 3009 としては、樹脂を含む材料を用いればよい。第 1 の封止領域 3007 として、ガラスを含む材料を用いることで、生産性や封止性を高めることができる。また、第 2 の封止領域 3009 として、樹脂を含む材料を用いることで、耐衝撃性や耐熱性を高めることができる。ただし、第 1 の封止領域 3007 と、第 2 の封止領域 3009 とは、これに限定されず、第 1 の封止領域 3007 が樹脂を含む材料で形成され、第 2 の封止領域 3009 がガラスを含む材料で形成されてもよい。

10

【0360】

また、上述のガラスフリットとしては、例えば、酸化マグネシウム、酸化カルシウム、酸化ストロンチウム、酸化バリウム、酸化セシウム、酸化ナトリウム、酸化カリウム、酸化ホウ素、酸化バナジウム、酸化亜鉛、酸化テルル、酸化アルミニウム、二酸化シリコン、酸化鉛、酸化スズ、酸化リン、酸化ルテニウム、酸化ロジウム、酸化鉄、酸化銅、二酸化マンガン、酸化モリブデン、酸化ニオブ、酸化チタン、酸化タングステン、酸化ビスマス、酸化ジルコニア、酸化リチウム、酸化アンチモン、ホウ酸鉛ガラス、リン酸スズガラス、バナジン酸塩ガラス又はホウケイ酸ガラス等を含む。赤外光を吸収させるため、少なくとも一種類以上の遷移金属を含むことが好ましい。

20

【0361】

また、上述のガラスフリットとしては、例えば、基板上にフリットペーストを塗布し、これに加熱処理、またはレーザ照射などを行う。フリットペーストには、上記ガラスフリットと、有機溶媒で希釈した樹脂（バインダとも呼ぶ）とが含まれる。また、ガラスフリットにレーザ光の波長の光を吸収する吸収剤を添加したものを用いても良い。また、レーザとして、例えば、Nd:YAG レーザや半導体レーザなどを用いることが好ましい。また、レーザ照射の際のレーザの照射形状は、円形でも四角形でもよい。

【0362】

30

また、上述の樹脂を含む材料としては、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、ポリウレタン、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、もしくは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。

【0363】

なお、第 1 の封止領域 3007 及び第 2 の封止領域 3009 のいずれか一方または双方にガラスを含む材料を用いる場合、当該ガラスを含む材料と、基板 3001 との熱膨張率が近いことが好ましい。上記構成とすることで、熱応力によりガラスを含む材料または基板 3001 にクラックが入るのを抑制することができる。

【0364】

40

例えば、第 1 の封止領域 3007 にガラスを含む材料を用い、第 2 の封止領域 3009 に樹脂を含む材料を用いる場合、以下の優れた効果を有する。

【0365】

第 2 の封止領域 3009 は、第 1 の封止領域 3007 よりも、発光装置 3000 の外周部に近い側に設けられる。発光装置 3000 は、外周部に向かうにつれ、外力等による歪みが大きくなる。よって、歪みが大きくなる発光装置 3000 の外周部側、すなわち第 2 の封止領域 3009 に、樹脂を含む材料によって封止し、第 2 の封止領域 3009 よりも内側に設けられる第 1 の封止領域 3007 にガラスを含む材料を用いて封止することで、外力等の歪みが生じても発光装置 3000 が壊れにくくなる。

【0366】

50

また、図24(B)に示すように、基板3001、基板3003、第1の封止領域3007、及び第2の封止領域3009に囲まれた領域には、第1の領域3011となる。また、基板3001、基板3003、発光素子3005、及び第1の封止領域3007に囲まれた領域には、第2の領域3013となる。

【0367】

第1の領域3011及び第2の領域3013としては、例えば、希ガスまたは窒素ガス等の不活性ガスが充填されていると好ましい。なお、第1の領域3011及び第2の領域3013としては、大気圧状態よりも減圧状態であると好ましい。

【0368】

また、図24(B)に示す構成の変形例を図24(C)に示す。図24(C)は、発光装置3000の変形例を示す断面図である。

【0369】

図24(C)は、基板3003の一部に凹部を設け、該凹部に乾燥剤3018を設ける構成である。それ以外の構成については、図24(B)に示す構成と同じである。

【0370】

乾燥剤3018としては、化学吸着によって水分等を吸着する物質、または物理吸着によって水分等を吸着する物質を用いることができる。例えば、乾燥剤3018として用いることができる物質としては、アルカリ金属の酸化物、アルカリ土類金属の酸化物(酸化カルシウムや酸化バリウム等)、硫酸塩、金属ハロゲン化物、過塩素酸塩、ゼオライト、シリカゲル等が挙げられる。

【0371】

次に、図24(B)に示す発光装置3000の変形例について、図25(A)(B)(C)(D)を用いて説明する。なお、図25(A)(B)(C)(D)は、図24(B)に示す発光装置3000の変形例を説明する断面図である。

【0372】

図25(A)に示す発光装置は、第2の封止領域3009を設けずに、第1の封止領域3007とした構成である。また、図25(A)に示す発光装置は、図24(B)に示す第2の領域3013の代わりに領域3014を有する。

【0373】

領域3014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、ポリカーボネットまたはアクリル樹脂、ポリウレタン、エポキシ樹脂もしくは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。

【0374】

領域3014として、上述の材料を用いることで、いわゆる固体封止の発光装置とすることができる。

【0375】

また、図25(B)に示す発光装置は、図25(A)に示す発光装置の基板3001側に、基板3015を設ける構成である。

【0376】

基板3015は、図25(B)に示すように凹凸を有する。凹凸を有する基板3015を、発光素子3005の光を取り出す側に設ける構成とすることで、発光素子3005からの光の取出し効率を向上させることができる。なお、図25(B)に示すような凹凸を有する構造の代わりに、拡散板として機能する基板を設けてもよい。

【0377】

また、図25(C)に示す発光装置は、図25(A)に示す発光装置が基板3001側から光を取り出す構造であったのに対し、基板3003側から光を取り出す構造である。

【0378】

図25(C)に示す発光装置は、基板3003側に基板3015を有する。それ以外の構成は、図25(B)に示す発光装置と同様である。

【0379】

10

20

30

40

50

また、図25(D)に示す発光装置は、図25(C)に示す発光装置の基板3003、3015を設けずに、基板3016を設ける構成である。

【0380】

基板3016は、発光素子3005の近い側に位置する第1の凹凸と、発光素子3005の遠い側に位置する第2の凹凸と、を有する。図25(D)に示す構成とすることで、発光素子3005からの光の取出し効率をさらに、向上させることができる。

【0381】

したがって、本実施の形態に示す構成を実施することにより、水分や酸素などの不純物による発光素子の劣化が抑制された発光装置を実現することができる。または、本実施の形態に示す構成を実施することにより、光取出し効率の高い発光装置を実現することができる。10

【0382】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態、または実施例に示す構成と適宜組み合わせることができる。

【0383】

(実施の形態8)

本実施の形態では、本発明の一態様の発光装置を様々な照明装置及び電子機器に適用する一例について、図26を用いて説明する。

【0384】

<8. 照明装置及び電子機器>

本発明の一態様の発光装置を、可撓性を有する基板上に作製することで、曲面を有する発光領域を有する電子機器、照明装置を実現することができる。20

【0385】

また、本発明の一態様を適用した発光装置は、自動車の照明にも適用することができ、例えば、ダッシュボードや、フロントガラス、天井等に照明を設置することもできる。

【0386】

図26(A)は、多機能端末3500の一方の面の斜視図を示し、図26(B)は、多機能端末3500の他方の面の斜視図を示している。多機能端末3500は、筐体3502に表示部3504、カメラ3506、照明3508等が組み込まれている。本発明の一態様の発光装置を照明3508に用いることができる。30

【0387】

照明3508は、本発明の一態様の発光装置を用いることで、面光源として機能する。したがって、LEDに代表される点光源と異なり、指向性が少ない発光が得られる。例えば、照明3508とカメラ3506とを組み合わせて用いる場合、照明3508を点灯または点滅させて、カメラ3506により撮像することができる。照明3508としては、面光源としての機能を有するため、自然光の下で撮影したような写真を撮影することができる。

【0388】

なお、図26(A)、(B)に示す多機能端末3500は、図23(A)乃至図23(G)に示す電子機器と同様に、様々な機能を有することができる。40

【0389】

また、筐体3502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。また、多機能端末3500の内部に、ジャイロ、加速度センサ等の傾きを検出するセンサを有する検出装置を設けることで、多機能端末3500の向き(縦か横か)を判断して、表示部3504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。

【0390】

表示部3504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3

50

504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3504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。なお、表示部3504に本発明の一態様の発光装置を適用してもよい。

【0391】

図26(C)は、防犯用のライト3600の斜視図を示している。ライト3600は、筐体3602の外側に照明3608を有し、筐体3602には、スピーカ3610等が組み込まれている。本発明の一態様の発光装置を照明3608に用いることができる。

【0392】

ライト3600としては、例えば、照明3608を握持する、掴持する、または保持することで発光することができる。また、筐体3602の内部には、ライト3600からの発光方法を制御できる電子回路を備えていてもよい。該電子回路としては、例えば、1回または間欠的に複数回、発光が可能なような回路としてもよいし、発光の電流値を制御することで発光の光量が調整可能なような回路としてもよい。また、照明3608の発光と同時に、スピーカ3610から大音量の警報音が出力されるような回路を組み込んでもよい。

10

【0393】

ライト3600としては、あらゆる方向に発光することができるため、例えば、暴漢等に向けて光、または光と音で威嚇することができる。また、ライト3600にデジタルスチルカメラ等のカメラ、撮影機能を有する機能を備えてよい。

20

【0394】

以上のようにして、本発明の一態様の発光装置を適用して照明装置及び電子機器を得ることができる。なお、適用できる照明装置及び電子機器は、本実施の形態に示したものに限らず、あらゆる分野の照明装置及び電子機器に適用することが可能である。

【0395】

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。

【符号の説明】

【0396】

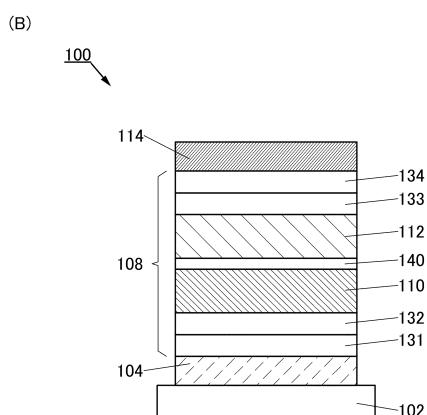
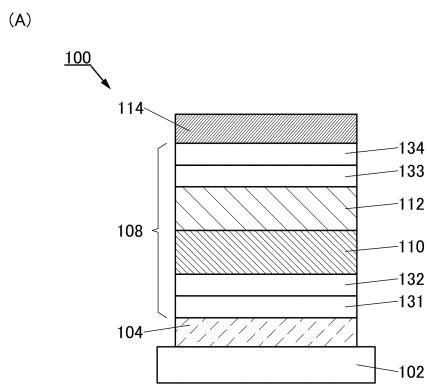
100	発光素子	30
102	基板	
104	電極	
108	EL層	
110	発光層	
112	発光層	
114	電極	
116	発光層	
121	ホスト材料	
121_1	有機化合物	
121_2	有機化合物	40
122	ゲスト材料	
131	正孔注入層	
132	正孔輸送層	
133	電子輸送層	
134	電子注入層	
140	バックファーレ	
141	EL層	
142	EL層	
143	電荷発生層	
150	発光素子	50

1 5 0 A	発光素子	
1 5 2	基板	
2 2 1	ホスト材料	
2 2 1 _ 1	有機化合物	
2 2 1 _ 2	有機化合物	
2 2 2	ゲスト材料	
3 0 1 _ 1	配線	
3 0 1 _ 5	配線	
3 0 1 _ 6	配線	
3 0 1 _ 7	配線	10
3 0 2 _ 1	配線	
3 0 2 _ 2	配線	
3 0 3 _ 1	トランジスタ	
3 0 3 _ 6	トランジスタ	
3 0 3 _ 7	トランジスタ	
3 0 4	容量素子	
3 0 4 _ 1	容量素子	
3 0 4 _ 2	容量素子	
3 0 5	発光素子	
3 0 6 _ 1	配線	20
3 0 6 _ 3	配線	
3 0 7 _ 1	配線	
3 0 7 _ 3	配線	
3 0 8 _ 1	トランジスタ	
3 0 8 _ 6	トランジスタ	
3 0 9 _ 1	トランジスタ	
3 0 9 _ 2	トランジスタ	
3 1 1 _ 1	配線	
3 1 1 _ 3	配線	
3 1 2 _ 1	配線	30
3 1 2 _ 2	配線	
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 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	ホスト材料	40
4 4 1 _ 1	有機化合物	
4 4 1 _ 2	有機化合物	
4 4 2	ゲスト材料	
4 4 4	発光層	
4 4 5	発光層	
8 0 1	画素回路	
8 0 2	画素部	
8 0 4	駆動回路部	
8 0 4 a	ゲートドライバ	
8 0 4 b	ソースドライバ	50

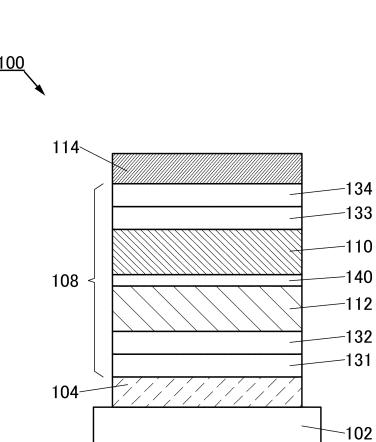
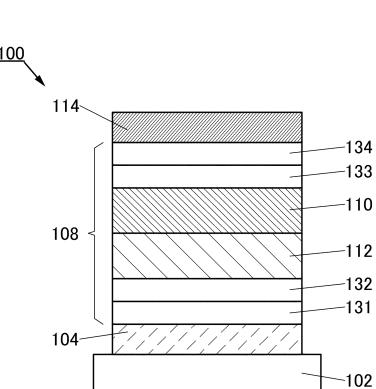
8 0 6	保護回路	
8 0 7	端子部	
8 5 2	トランジスタ	
8 5 4	トランジスタ	
8 6 2	容量素子	
8 7 2	発光素子	
2 0 0 0	タッチパネル	
2 0 0 1	タッチパネル	
2 5 0 1	表示パネル	
2 5 0 2	画素	10
2 5 0 2 t	トランジスタ	
2 5 0 3 c	容量素子	
2 5 0 3 g	走査線駆動回路	
2 5 0 3 t	トランジスタ	
2 5 0 9	F P C	
2 5 1 0	基板	
2 5 1 0 a	絶縁層	
2 5 1 0 b	可撓性基板	
2 5 1 0 c	接着層	
2 5 1 1	配線	20
2 5 1 9	端子	
2 5 2 1	絶縁層	
2 5 2 8	隔壁	
2 5 5 0	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	
2 5 7 0	基板	
2 5 7 0 a	絶縁層	30
2 5 7 0 b	可撓性基板	
2 5 7 0 c	接着層	
2 5 8 0	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	
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	40
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	
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	50

3 0 0 0	発光装置	
3 0 0 1	基板	
3 0 0 3	基板	
3 0 0 5	発光素子	
3 0 0 7	封止領域	
3 0 0 9	封止領域	
3 0 1 1	領域	
3 0 1 3	領域	
3 0 1 4	領域	
3 0 1 5	基板	10
3 0 1 6	基板	
3 0 1 8	乾燥剤	
3 5 0 0	多機能端末	
3 5 0 2	筐体	
3 5 0 4	表示部	
3 5 0 6	カメラ	
3 5 0 8	照明	
3 6 0 0	ライト	
3 6 0 2	筐体	
3 6 0 8	照明	20
3 6 1 0	スピーカ	
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	FPC	
8 0 0 4	タッチセンサ	
8 0 0 5	FPC	
8 0 0 6	表示パネル	
8 0 0 9	フレーム	
8 0 1 0	プリント基板	30
8 0 1 1	バッテリ	
9 0 0 0	筐体	
9 0 0 1	表示部	
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	40
9 0 5 2	情報	
9 0 5 3	情報	
9 0 5 4	情報	
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	

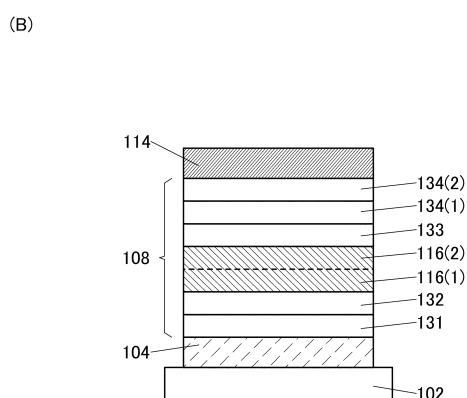
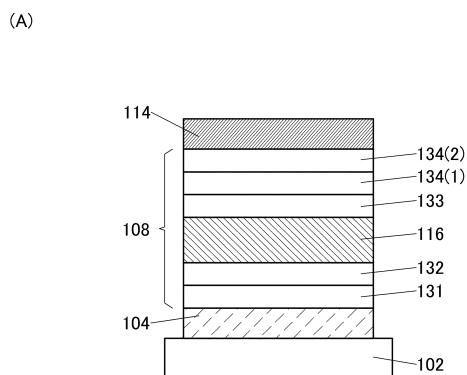
【図1】



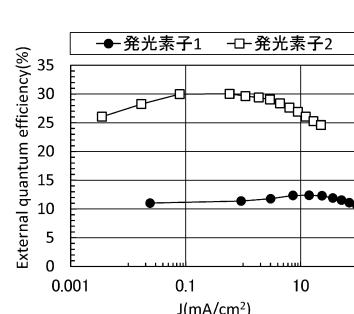
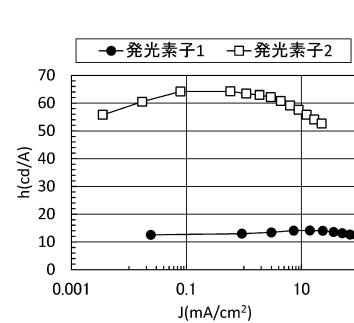
【図2】



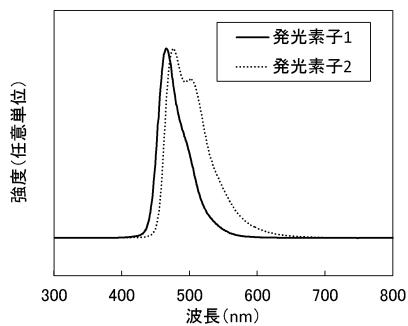
【図3】



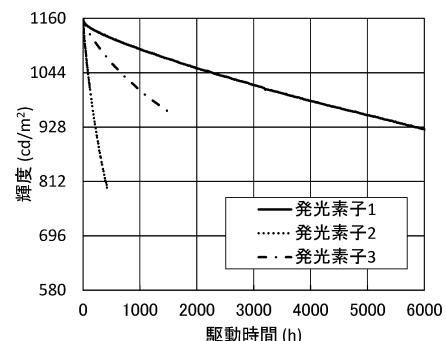
【図4】



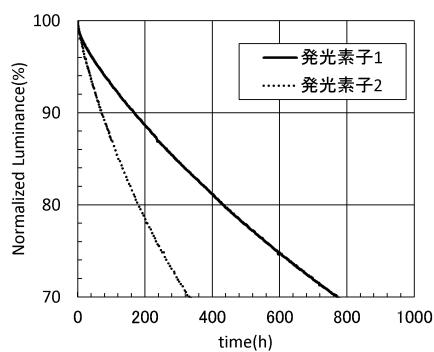
【図5】



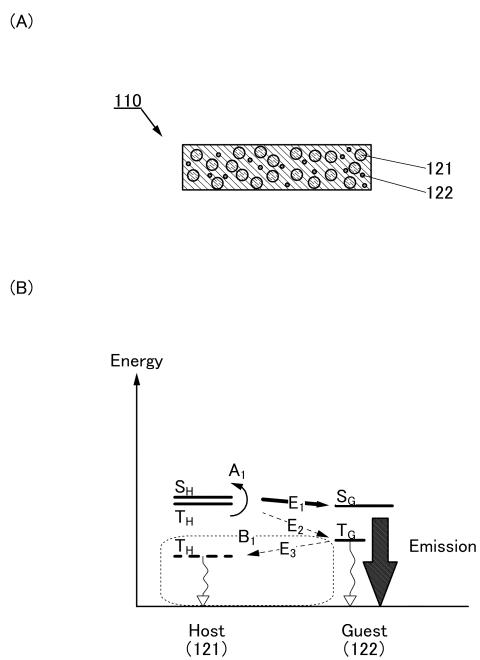
【図7】



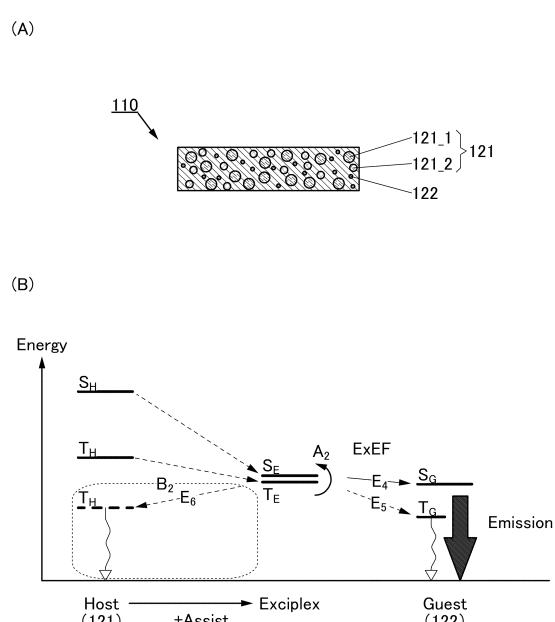
【図6】



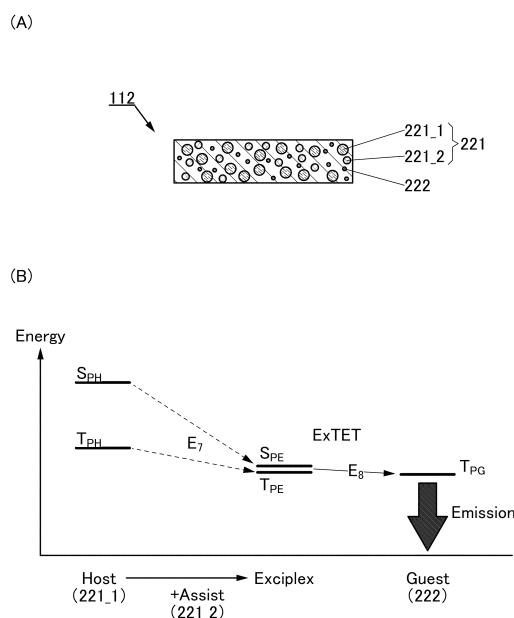
【図8】



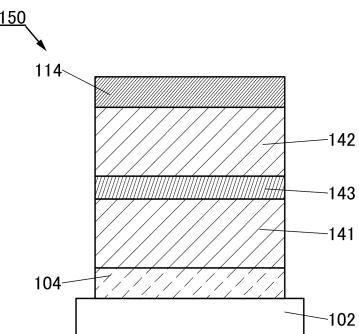
【図9】



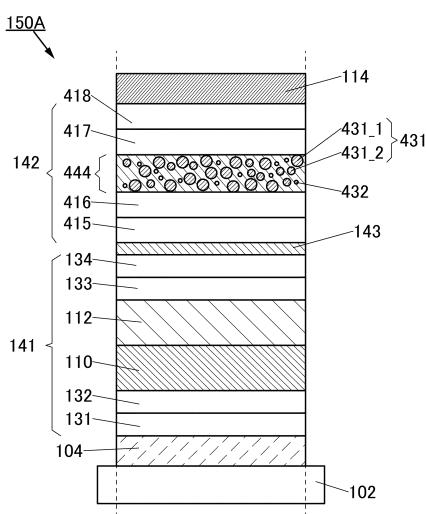
【図10】



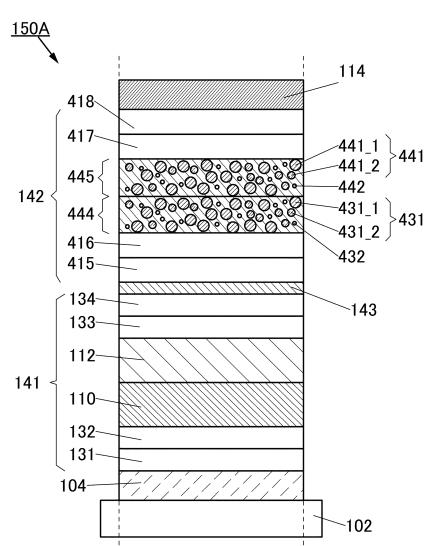
【図11】



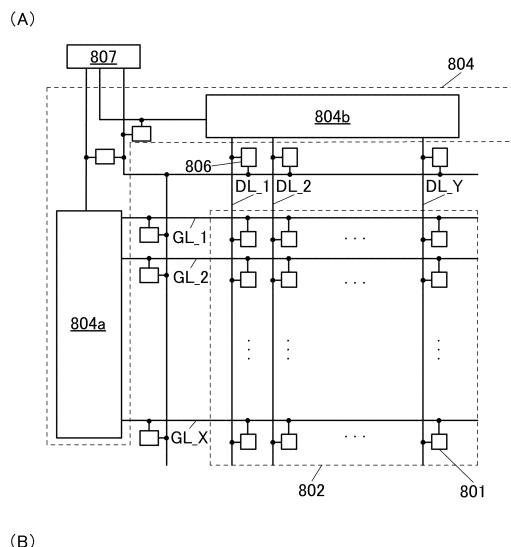
【図12】



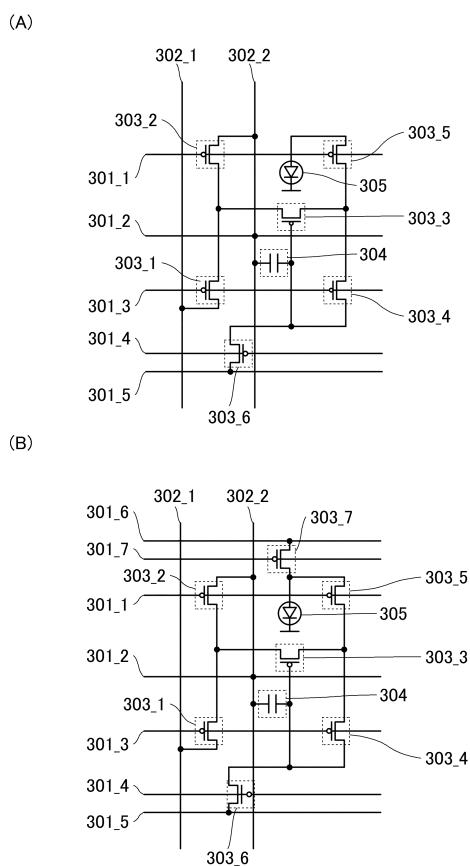
【図13】



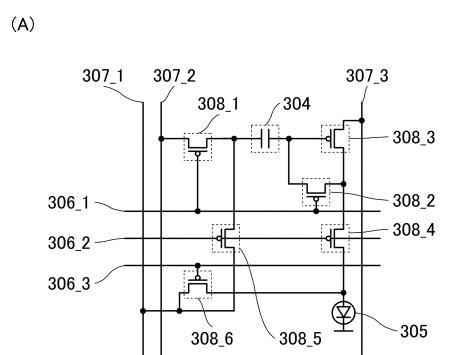
【図14】



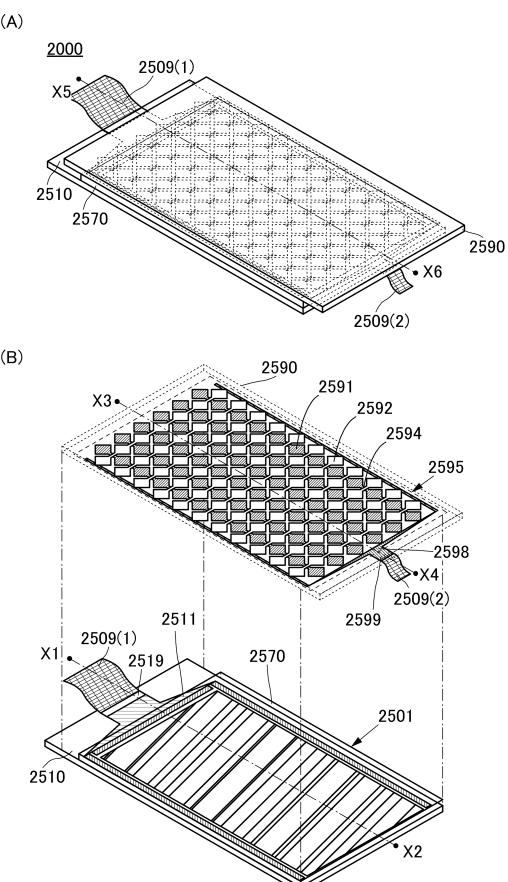
【図15】



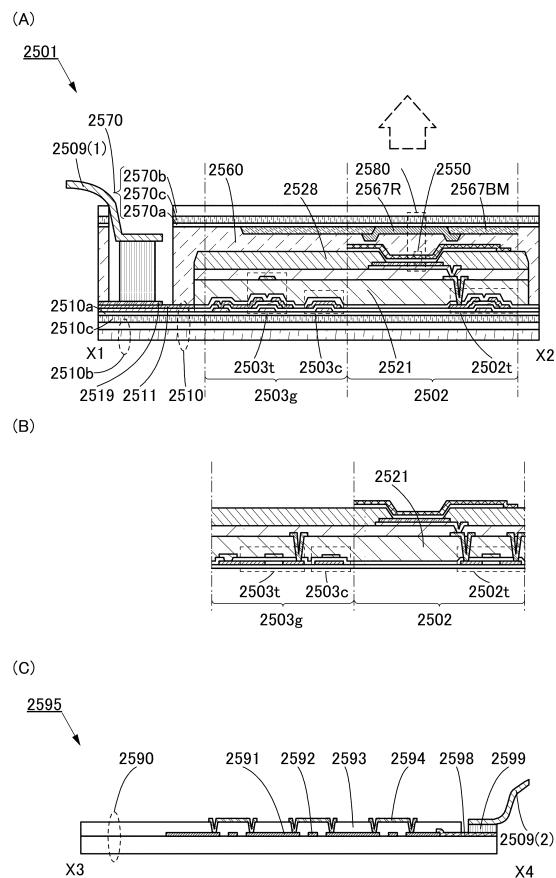
【図16】



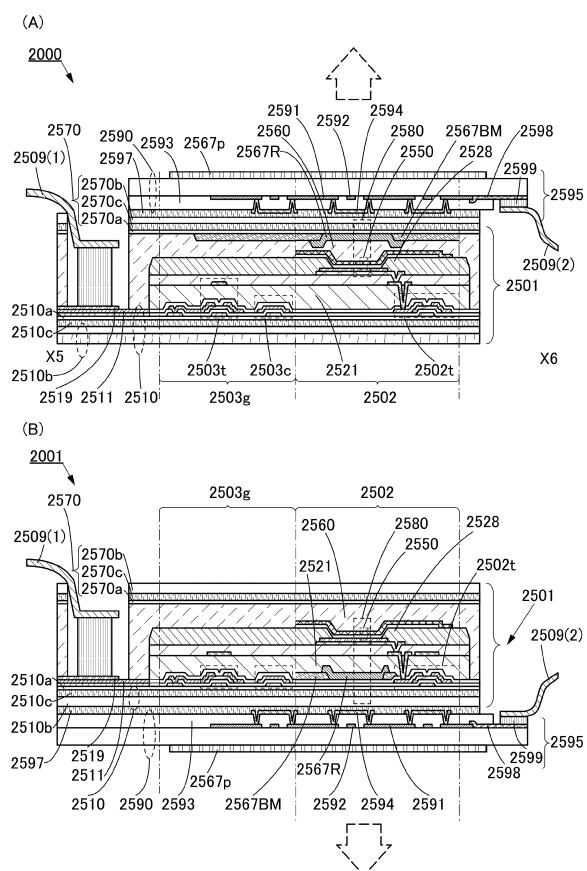
【図17】



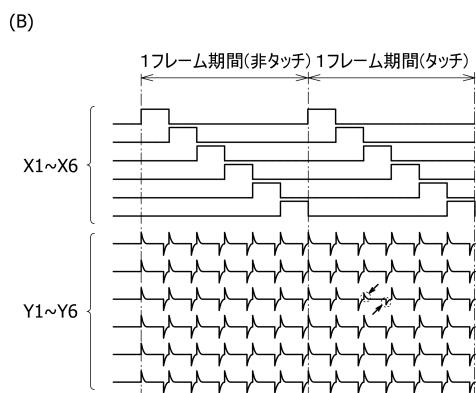
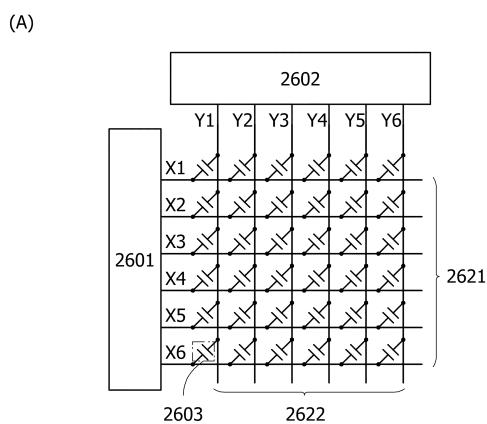
【図18】



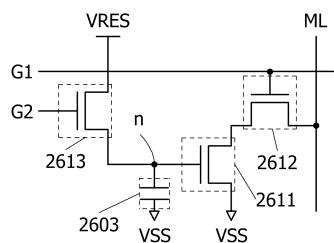
【図19】



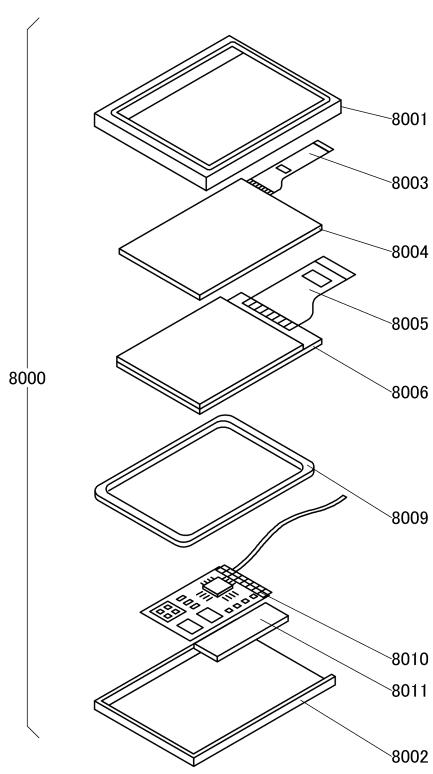
【図20】



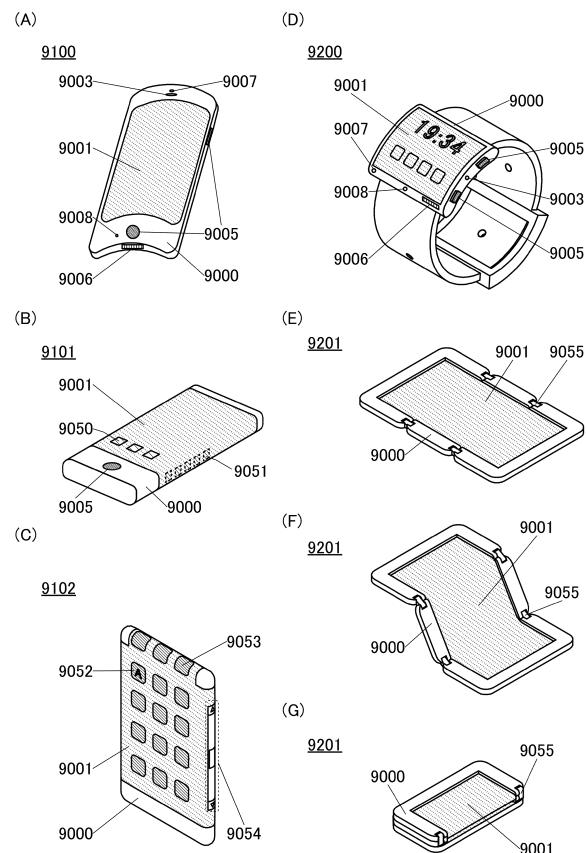
【図21】



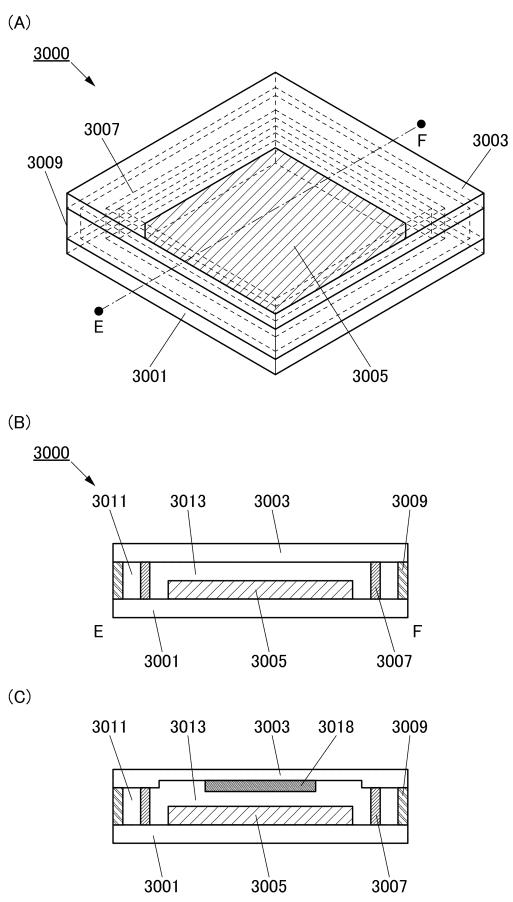
【図22】



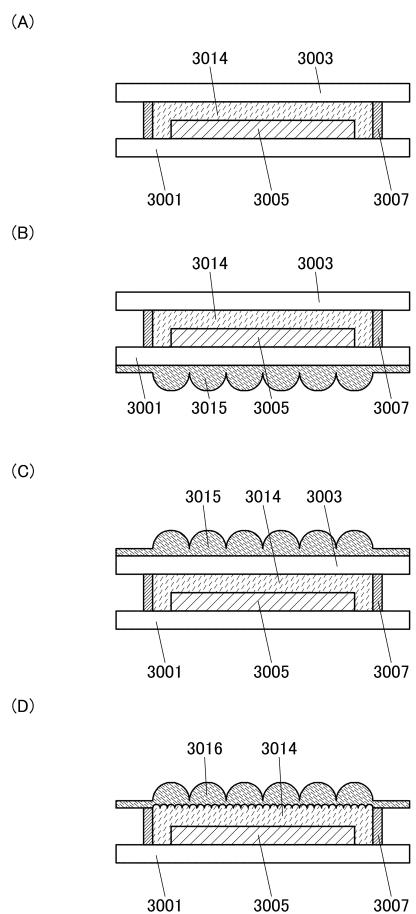
【図23】



【図24】

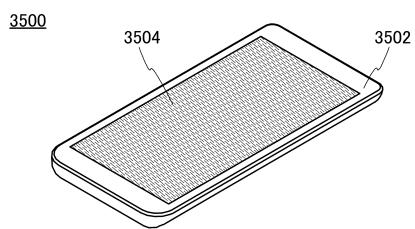


【図25】

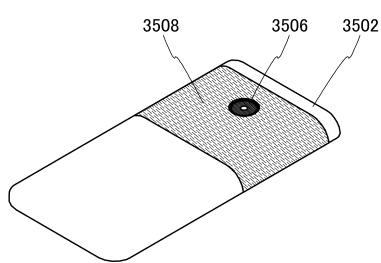


【図26】

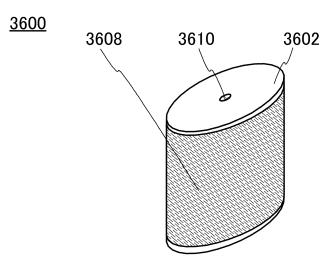
(A)



(B)



(C)



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I			
F 21Y 105/16	(2016.01)	G 02B	5/20	101
F 21Y 115/20	(2016.01)	F 21Y	105:16	
		F 21Y	115:20	

(56)参考文献 特開2007-189002 (JP, A)
特開2014-044942 (JP, A)
特開2015-109407 (JP, A)
国際公開第2015/005440 (WO, A1)
特開2010-049818 (JP, A)
特開2011-070963 (JP, A)
米国特許出願公開第2012/0248424 (US, A1)
米国特許出願公開第2012/0161111 (US, A1)
米国特許出願公開第2013/0320837 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 01L 27/32 ; H 05B 33/00 - 33/28 ;
H 01L 51/50