

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6525506号
(P6525506)

(45) 発行日 令和1年6月5日(2019.6.5)

(24) 登録日 令和1年5月17日(2019.5.17)

(51) Int.Cl.	F 1
H01L 51/50	(2006.01)
H05B 33/12	(2006.01)
H01L 27/32	(2006.01)
G09F 9/30	(2006.01)
	HO5B 33/14
	HO5B 33/12
	H01L 27/32
	GO9F 9/30
	3 6 5

請求項の数 12 (全 49 頁)

(21) 出願番号	特願2014-99399 (P2014-99399)
(22) 出願日	平成26年5月13日 (2014.5.13)
(65) 公開番号	特開2014-241405 (P2014-241405A)
(43) 公開日	平成26年12月25日 (2014.12.25)
審査請求日	平成29年4月19日 (2017.4.19)
(31) 優先権主張番号	特願2013-104880 (P2013-104880)
(32) 優先日	平成25年5月17日 (2013.5.17)
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)

(73) 特許権者	000153878 株式会社半導体エネルギー研究所 神奈川県厚木市長谷398番地
(72) 発明者	石曾根 崇浩 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社 半導体エネルギー研究所内
(72) 発明者	瀬尾 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 三笠 雄司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】発光素子、照明装置、発光装置、及び電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の電極と、第1の発光層と、第2の発光層と、第3の発光層と、第2の電極と、を有する発光素子であって、

前記第1の発光層は、前記第1の電極と、前記第2の発光層との間に位置し、
前記第3の発光層は、前記第2の発光層と、前記第2の電極との間に位置し、
前記第1の発光層は、第1の発光性化合物と、第1のホスト材料と、を含み、
前記第2の発光層は、第2の発光性化合物と、第2のホスト材料と、を含み、
前記第3の発光層は、第3の発光性化合物と、第3のホスト材料と、を含み、
前記第1のホスト材料と、前記第2のホスト材料と、前記第3のホスト材料とは、それ
ぞれ、正孔輸送骨格及び電子輸送骨格を有し、

前記第1の発光性化合物、前記第2の発光性化合物、前記第3の発光性化合物のうち、
前記第2の発光性化合物の発光のピークが最も長波長側にあり、前記第3の発光性化合物
の発光のピークが最も短波長側にあり、

前記第3のホスト材料の三重項励起エネルギーは、前記第1のホスト材料及び前記第2
のホスト材料の三重項励起エネルギーより高く、

前記発光素子の発光スペクトルを測定したとき、複数のピークのうち、最も短波長側に
位置するピークは、前記第3の発光性化合物の発光のピークと略同じである発光素子。

【請求項 2】

第1の電極と、第1の発光層と、第2の発光層と、第3の発光層と、第2の電極と、を

10

20

有し、

前記第1の発光層は、前記第1の電極と、前記第2の発光層との間に位置し、
 前記第3の発光層は、前記第2の発光層と、前記第2の電極との間に位置し、
 前記第1の発光層は、第1の燐光性化合物と、第1のホスト材料と、を含み、
 前記第2の発光層は、第2の燐光性化合物と、第2のホスト材料と、を含み、
 前記第3の発光層は、第3の燐光性化合物と、第3のホスト材料と、を含み、
 前記第1のホスト材料と、前記第2のホスト材料と、前記第3のホスト材料とは、それ
 ぞれ、正孔輸送骨格及び電子輸送骨格を有し、

前記第3のホスト材料が有する正孔輸送骨格は、前記第1のホスト材料が有する正孔輸
 送骨格とは異なり、

前記第3のホスト材料が有する正孔輸送骨格は、前記第2のホスト材料が有する正孔輸
 送骨格とは異なり、

前記第3のホスト材料が有する電子輸送骨格は、前記第1のホスト材料が有する電子輸
 送骨格とは異なり、

前記第3のホスト材料が有する電子輸送骨格は、前記第2のホスト材料が有する電子輸
 送骨格とは異なり、

前記第1の燐光性化合物、前記第2の燐光性化合物、前記第3の燐光性化合物のうち、
 前記第2の燐光性化合物の発光のピークが最も長波長側にあり、前記第3の燐光性化合物
 の発光のピークが最も短波長側にあり、

前記第3のホスト材料の三重項励起エネルギーは、前記第1のホスト材料及び前記第2
 のホスト材料の三重項励起エネルギーより高い発光素子。

【請求項3】

第1の電極と、第1の発光層と、第2の発光層と、第3の発光層と、第2の電極と、を
 有し、

前記第1の発光層は、前記第1の電極と、前記第2の発光層との間に位置し、

前記第3の発光層は、前記第2の発光層と、前記第2の電極との間に位置し、

前記第1の発光層は、第1の燐光性化合物と、第1のホスト材料と、第1のキャリア輸
 送性化合物と、を含み、

前記第2の発光層は、第2の燐光性化合物と、第2のホスト材料と、第2のキャリア輸
 送性化合物と、を含み、

前記第3の発光層は、第3の燐光性化合物と、第3のホスト材料と、第3のキャリア輸
 送性化合物と、を含み、

前記第1のホスト材料と、前記第2のホスト材料と、前記第3のホスト材料とは、それ
 ぞれ、正孔輸送骨格及び電子輸送骨格を有し、

前記第3のホスト材料が有する正孔輸送骨格は、前記第1のホスト材料が有する正孔輸
 送骨格とは異なり、

前記第3のホスト材料が有する正孔輸送骨格は、前記第2のホスト材料が有する正孔輸
 送骨格とは異なり、

前記第3のホスト材料が有する電子輸送骨格は、前記第1のホスト材料が有する電子輸
 送骨格とは異なり、

前記第3のホスト材料が有する電子輸送骨格は、前記第2のホスト材料が有する電子輸
 送骨格とは異なり、

前記第1の燐光性化合物、前記第2の燐光性化合物、前記第3の燐光性化合物のうち、
 前記第2の燐光性化合物の発光のピークが最も長波長側にあり、前記第3の燐光性化合物
 の発光のピークが最も短波長側にあり、

前記第3のホスト材料の三重項励起エネルギーは、前記第1のホスト材料及び前記第2
 のホスト材料の三重項励起エネルギーより高い発光素子。

【請求項4】

請求項3において、

前記第1のホスト材料および前記第1のキャリア輸送性化合物の一方は、正孔輸送性化

10

20

30

40

50

合物であり、他方は電子輸送性化合物である発光素子。

【請求項 5】

請求項3または請求項4において、

前記第2のホスト材料および前記第2のキャリア輸送性化合物の一方は、正孔輸送性化合物であり、他方は電子輸送性化合物である発光素子。

【請求項 6】

請求項3乃至請求項5のいずれか一項において、

前記第3のホスト材料および前記第3のキャリア輸送性化合物の一方は、正孔輸送性化合物であり、他方は電子輸送性化合物である発光素子。

【請求項 7】

10

請求項3乃至請求項6のいずれか一項において、

前記第1のキャリア輸送性化合物および前記第2のキャリア輸送性化合物は、同一の材料である発光素子。

【請求項 8】

請求項1乃至請求項7のいずれか一項において、

前記第1のホスト材料および前記第2のホスト材料は、同一の材料である発光素子。

【請求項 9】

請求項1乃至請求項8のいずれか一項において、

前記第1の燐光性化合物は、緑色の発光を呈し、

前記第2の燐光性化合物は、赤色の発光を呈し、

20

前記第3の燐光性化合物は、青色の発光を呈する発光素子。

【請求項 10】

請求項1乃至請求項9のいずれか一項に記載の発光素子を有する照明装置。

【請求項 11】

請求項1乃至請求項9のいずれか一項に記載の発光素子と、前記発光素子を制御する手段を有する発光装置。

【請求項 12】

請求項1に記載の発光装置を表示部に有する電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、発光素子、照明装置、発光装置、及び電子機器に関する。特に、エレクトロルミネッセンス(Electroluminescence、以下ELとも記す)現象を利用した発光素子、照明装置、発光装置、及び電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

EL現象を利用した発光素子の研究開発が盛んに行われている。このような発光素子の基本的な構成は、一対の電極間に、発光性の有機化合物を含む層(以下、EL層とも記す)を挟んだものである。EL現象を利用した発光素子は、薄型軽量化できる、入力信号に高速に応答できる、直流低電圧駆動が可能である、などの特性から、次世代のフラットパネルディスプレイ素子として注目されている。また、該発光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。さらに、該発光素子は面光源であるため、液晶ディスプレイのバックライトや照明等の光源としての応用も考えられている。

40

【0003】

発光物質に有機化合物を用い、一対の電極間に該有機化合物を含む層を設けた発光素子の場合、該素子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)がそれぞれ該有機化合物を含む層に注入され、電流が流れる。そして、注入した電子及び正孔が該有機化合物を励起状態に至らしめ、励起された該有機化合物から発光が得られる。

【0004】

50

有機化合物が形成する励起状態の種類としては、一重項励起状態と三重項励起状態が可能であり、一重項励起状態（S^{*}）からの発光が蛍光、三重項励起状態（T^{*}）からの発光が燐光と呼ばれている。ここで、蛍光を発する化合物（以下、蛍光性化合物とも記す）は室温において、通常、燐光は観測されず蛍光のみが観測される。したがって、蛍光性化合物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、上記の一重項励起状態と三重項励起状態の比率を根拠に25%とされている。

【0005】

一方、燐光を発する化合物（以下、燐光性化合物とも記す）を用いれば、理論上、内部量子効率は100%にまで高めることが可能となる。つまり、蛍光性化合物に比べて高い発光効率を得ることが可能になる。このような理由から、発光効率の高い発光素子を実現するために、燐光性化合物を用いた発光素子の開発が近年盛んに行われている。

10

【0006】

特許文献1では、燐光発光材料を用いた青色光発光層及びオレンジ色光発光層を有する発光素子が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】米国特許出願公開第2005/0074630号明細書

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

理論的に内部量子効率を100%とすることが可能な燐光性化合物ではあるが、素子構造や、他の材料との組み合わせの最適化無しでは、高い効率を実現することは難しい。特に、異なるバンド（発光色）の燐光性化合物を発光物質として複数種用いる発光素子においては、エネルギー移動を考慮するのはもちろんのこと、当該エネルギー移動自体の効率を最適化せずに高い効率の発光を得ることは困難である。

【0009】

また、発光色の異なる発光物質を複数種用いた多色発光素子においては、発光効率を高めるだけでなく、各発光色の発光物質がバランス良く発光することが必要である。高い発光効率を達成しつつ、各発光物質の発光バランスをも保つのは、容易なことではない。

30

【0010】

そこで、本発明の一態様は、複数種の発光物質がバランスよく発光する発光素子を提供することを目的のーとする。また、本発明の一態様は、発光効率が高い発光素子を提供することを目的のーとする。また、本発明の一態様は、信頼性の高い発光素子を提供することを目的のーとする。

【0011】

また、本発明の一態様は、上述の発光素子を用いることにより、消費電力の低減された発光装置、電子機器、及び照明装置を各々提供することを目的のーとする。また、本発明の一態様は、上述の発光素子を用いることにより、信頼性の高い発光装置、電子機器、及び照明装置を各々提供することを目的のーとする。

40

【0012】

なお、本発明の一態様は、上記の課題の全てを解決する必要はないものとする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の一態様は、第1の電極と、第1の電極上の、第1の燐光性化合物及び第1のホスト材料を含む第1の発光層と、第1の発光層上の、第2の燐光性化合物及び第2のホスト材料を含む第2の発光層と、第2の発光層上の、第3の燐光性化合物及び第3のホスト材料を含む第3の発光層と、第3の発光層上の第2の電極と、を有し、第1の燐光性化合物、第2の燐光性化合物、第3の燐光性化合物のうち、第2の燐光性化合物の発光のピーク

50

が最も長波長側にあり、第3の燐光性化合物の発光のピークが最も短波長側にあり、第3のホスト材料の三重項励起エネルギーは、第1のホスト材料及び第2のホスト材料の三重項励起エネルギーより高い発光素子である。

【0014】

上記構成において、第1の燐光性化合物は、緑色の発光を呈し、第2の燐光性化合物は、赤色の発光を呈し、第3の燐光性化合物は、青色の発光を呈することが好ましい。

【0015】

なお、本明細書中において、緑色の発光を呈する燐光性化合物は、520 nm以上600 nm未満に発光のピークを有し、赤色の発光を呈する燐光性化合物は、600 nm以上750 nm以下に発光のピークを有し、青色の発光を呈する燐光性化合物は、440 nm以上520 nm未満に発光のピークを有する。

10

【0016】

上記各構成において、第1のホスト材料、第2のホスト材料、及び第3のホスト材料が電子輸送性を有することが好ましい。または、第1のホスト材料、第2のホスト材料、及び第3のホスト材料が正孔輸送性を有することが好ましい。または、上記各構成において、第1のホスト材料、第2のホスト材料、及び第3のホスト材料が電子輸送性及び正孔輸送性を有することが好ましい。

【0017】

上記各構成において、第1のホスト材料、第2のホスト材料、及び第3のホスト材料が正孔輸送骨格及び電子輸送骨格を有することが好ましい。各ホスト材料が有する正孔輸送骨格や電子輸送骨格は、それぞれ異なっていてもよいし、同一であってもよい。

20

【0018】

上記各構成において、第1のホスト材料及び第2のホスト材料が同一であることが好ましい。

【0019】

上記各構成において、第1の発光層は、さらに第1のキャリア輸送性化合物を含み、第1のホスト材料又は第1のキャリア輸送性化合物の一方は、正孔輸送性化合物であり、他方は電子輸送性化合物であることが好ましい。

【0020】

上記各構成において、第2の発光層は、さらに第2のキャリア輸送性化合物を含み、第2のホスト材料又は第2のキャリア輸送性化合物の一方は、正孔輸送性化合物であり、他方は電子輸送性化合物であることが好ましい。

30

【0021】

上記各構成において、第3の発光層は、さらに第3のキャリア輸送性化合物を含み、第3のホスト材料又は第3のキャリア輸送性化合物の一方は、正孔輸送性化合物であり、他方は電子輸送性化合物であることが好ましい。

【0022】

上記各構成において、第2の発光層の膜厚は、2 nm以上20 nm以下、好ましくは5 nm以上10 nm以下であることが好ましい。

【0023】

40

上記各構成において、第2の発光層は、第1の発光層及び第3の発光層と接することが好ましい。具体的には、本発明の一態様は、第1の電極と、第1の電極上の、第1の燐光性化合物及び第1のホスト材料を含む第1の発光層と、第1の発光層上に接する、第2の燐光性化合物及び第2のホスト材料を含む第2の発光層と、第2の発光層上に接する、第3の燐光性化合物及び第3のホスト材料を含む第3の発光層と、第3の発光層上の第2の電極と、を有し、第1の燐光性化合物、第2の燐光性化合物、第3の燐光性化合物のうち、第2の燐光性化合物の発光のピークが最も長波長側にあり、第3の燐光性化合物の発光のピークが最も短波長側にあり、第3のホスト材料の三重項励起エネルギーは、第1のホスト材料及び第2のホスト材料の三重項励起エネルギーより高い発光素子である。

【0024】

50

上記各構成において、第1のキャリア輸送性化合物と第2のキャリア輸送性化合物は同一の材料であってもよい。

【0025】

なお、上記各構成の発光素子を用いた発光装置、照明装置、及び電子機器も本発明の一態様である。

【0026】

なお、本明細書中における発光装置とは、発光素子を用いた表示装置を含む。また、発光装置にコネクター、例えば異方導電性フィルム、TCP (Tape Carrier Packag e) が取り付けられたモジュール、TCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、又は発光装置にCOG (Chip On Glass) 方式によりIC (集積回路) が直接実装されたモジュールも全て発光装置に含むものとする。さらに、照明器具等に用いられる発光装置も含むものとする。10

【発明の効果】

【0027】

本発明の一態様では、複数種の発光物質がバランスよく発光する発光素子を提供できる。また、本発明の一態様では、発光効率が高い発光素子を提供できる。また、本発明の一態様では、信頼性の高い発光素子を提供できる。

【0028】

また、本発明の一態様では、上述の発光素子を用いることにより、消費電力の低減された発光装置、電子機器、又は照明装置を提供できる。また、本発明の一態様では、上述の発光素子を用いることにより、信頼性の高い発光装置、電子機器、又は照明装置を提供できる。20

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明の一態様の発光素子の一例を示す図。

【図2】比較例の発光素子の一例を示す図。

【図3】発光層のエネルギー移動を説明する図。

【図4】本発明の一態様の発光装置の一例を示す図。

【図5】本発明の一態様の発光装置の一例を示す図。

【図6】本発明の一態様の電子機器の一例を示す図。30

【図7】本発明の一態様の照明装置の一例を示す図。

【図8】実施例の発光素子を示す図。

【図9】実施例1の発光素子の輝度-電流効率特性を示す図。

【図10】実施例1の発光素子の電圧-輝度特性を示す図。

【図11】実施例1の発光素子の輝度-外部量子効率特性を示す図。

【図12】実施例1の発光素子の発光スペクトルを示す図。

【図13】実施例1の発光素子の信頼性試験の結果を示す図。

【図14】実施例2の発光素子の輝度-電流効率特性を示す図。

【図15】実施例2の発光素子の電圧-輝度特性を示す図。

【図16】実施例2の発光素子の輝度-外部量子効率特性を示す図。40

【図17】実施例2の発光素子の発光スペクトルを示す図。

【図18】実施例2の発光素子の信頼性試験の結果を示す図。

【図19】実施例2の発光素子の信頼性試験の結果を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0030】

実施の形態について、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は当業者であれば容易に理解される。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。

【0031】

10

20

30

40

50

なお、以下に説明する発明の構成において、同一部分又は同様な機能を有する部分には同一の符号を異なる図面間で共通して用い、その繰り返しの説明は省略する。また、同様の機能を指す場合には、ハッチパターンを同じくし、特に符号を付さない場合がある。

【0032】

また、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、図面等に開示された位置、大きさ、範囲などに限定されない。

【0033】

(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～図3を用いて説明する。

10

【0034】

本発明の一態様の主旨は、それぞれ発光のピーク波長が異なる3種類の燐光性化合物を用い、これら3種類の燐光性化合物の全てを効率良く発光させることにより、多色発光素子の発光効率の向上や、長寿命化を実現するというものである。

【0035】

燐光性化合物を用いた多色発光素子を得る一般的な手法としては、何らかのホスト材料中に、それぞれ発光のピーク波長が異なる複数の燐光性化合物を適当な比率で分散する手法が挙げられる。しかしながらこのような手法の場合、最も長波長の発光を示す燐光性化合物が発光しやすくなってしまうため、多色発光を得るための素子構造（特にホスト材料中の各燐光性化合物の濃度）の設計・制御は非常に困難である。

20

【0036】

多色発光素子を得る他の手法として、それぞれ発光のピーク波長が異なる発光素子を直列に積層する、いわゆるタンデム構造が挙げられる。例えば、青色発光素子と、緑色発光素子と、赤色発光素子の3つを直列に積層して同時に発光させれば、容易に多色光（この場合白色光）が得られる。素子構造も、青色、緑色、赤色の各素子をそれぞれ最適化すればよいので、その設計・制御は比較的容易である。しかしながら、3つの素子を積層するため、層数は増大し、作製は煩雑となる。また、各素子の接続部（いわゆる中間層）での電気的接触に問題が生じると、駆動電圧の増大、すなわち電力ロスを招いてしまう場合がある。

【0037】

30

比較例の発光素子

図2(A)に示す比較例の発光素子300は、第1の電極301と、第1の電極301上に設けられたEL層303と、EL層303上に設けられた第2の電極305と、を有する。第1の電極301及び第2の電極305は、一方が陽極として機能し、他方が陰極として機能する。本実施の形態では、第1の電極301が陽極として機能し、第2の電極305が陰極として機能する。

【0038】

第1の電極301と第2の電極305の間に、発光素子の閾値電圧より高い電圧を印加すると、EL層303に第1の電極301側から正孔が注入され、第2の電極305側から電子が注入される。注入された電子と正孔はEL層303において再結合し、EL層303に含まれる発光物質が発光する。

40

【0039】

図2(B)に示すように、EL層303は、第1の電極301側から、赤色の発光を呈する燐光性化合物311Rd及びホスト材料311Rhを含む赤色発光層311R、緑色の発光を呈する燐光性化合物311Gd及びホスト材料311Ghを含む緑色発光層311G、青色の発光を呈する燐光性化合物311Bd及びホスト材料311Bhを含む青色発光層311Bを有する。各発光層に含まれる燐光性化合物は、それぞれホスト材料に分散されており、各燐光性化合物は、各ホスト材料によって互いに隔離されている。

【0040】

この場合、各燐光性化合物間において、電子交換相互作用（いわゆるデクスター機構）に

50

よるエネルギー移動は抑制される。すなわち、青色の発光を呈する燐光性化合物 311Bd が励起された後、その励起エネルギーがデクスター機構により緑色の発光を呈する燐光性化合物 311Gd や赤色の発光を呈する燐光性化合物 311Rd へ移動する現象は生じにくい。また、緑色の発光を呈する燐光性化合物 311Gd が励起された後、その励起エネルギーがデクスター機構により赤色の発光を呈する燐光性化合物 311Rd へ移動する現象も生じにくい。したがって、最も長波長の発光を示す燐光性化合物 311Rd が主として発光してしまう現象が抑制される。また、発光素子 300 におけるキャリアの再結合領域 311ex は、青色発光層 311B 内、あるいは青色発光層 311B と緑色発光層 311G との界面近傍とする（すなわち、青色の発光を呈する燐光性化合物 311Bd を主として励起する）。これにより、赤色発光層 311R にて直接励起子が生成することで、赤色の発光を呈する燐光性化合物 311Rd が主として発光することが抑制される。

【0041】

ただし、青色の発光を呈する燐光性化合物 311Bd からのエネルギー移動が完全に抑制されてしまうと、今度は赤色の発光を呈する燐光性化合物 311Rd の発光が得られることになる。そこで、発光素子 300 では、青色の発光を呈する燐光性化合物 311Bd の励起エネルギーが、部分的に緑色の発光を呈する燐光性化合物 311Gd へ移動し、さらには、緑色の発光を呈する燐光性化合物 311Gd の励起エネルギーが、部分的に赤色の発光を呈する燐光性化合物 311Rd へ移動するような素子設計がされている。このような隔離された分子間でのエネルギー移動は、双極子 - 双極子相互作用（フェルスター機構）を利用することによって可能となる。

【0042】

ここで、上述の通り、各燐光性化合物は各ホスト材料中に分散されており、各燐光性化合物は各ホスト材料によって互いに隔離されているため、青色の発光を呈する燐光性化合物 311Bd で生じた励起エネルギーの全てが、フェルスター機構によって緑色の発光を呈する燐光性化合物 311Gd 及び赤色の発光を呈する燐光性化合物 311Rd にエネルギー移動してしまうことはない。例えば図 2 (B) における緑色発光層 311G の膜厚を 20 nm 以下とすることで、部分的なエネルギー移動が発生し、燐光性化合物 311Bd、燐光性化合物 311Gd、燐光性化合物 311Rd の全てを発光させることができる。

【0043】

発光素子 300 における各燐光性化合物間でのフェルスター機構によるエネルギー移動の模式図を図 3 (A) に示す。図 3 (A) に示すように、まず燐光性化合物 311Bd で生じた一重項励起状態 (S_B) は、項間交差により三重項励起状態 (T_B) に変換される。すなわち、青色発光層 311B における励起子は、基本的に T_B に集約される。

【0044】

次に、この T_B の励起子のエネルギーは、一部はそのまま発光して青色発光に変換されるが、フェルスター機構を利用することにより、一部は燐光性化合物 311Gd の三重項励起状態 (T_G) に移動することができる。これは、燐光性化合物 311Bd が発光性である（燐光量子収率 が高い）ことと、燐光性化合物 311Gd が一重項基底状態から三重項励起状態への電子遷移に相当する直接吸収を有している（三重項励起状態の吸収スペクトルが存在する）ことに起因している。これらの条件を満たせば、フェルスター機構による T_B から T_G への三重項 - 三重項エネルギー移動が可能となる。また、T_B から燐光性化合物 311Rd の一重項励起状態 (S_R) へのエネルギー移動も、寄与は小さいものの、フェルスター機構の条件を満たせば発生し得る。S_R は項間交差により、燐光性化合物 311Rd の三重項励起状態 (T_R) に変換されるため、燐光性化合物 311Rd の発光に寄与する。

【0045】

なお、燐光性化合物 311Gd の一重項励起状態 (S_G) は、燐光性化合物 311Bd の三重項励起状態 (T_B) よりもエネルギーが高い場合が多いため、上述したエネルギー移動にあまり寄与しない場合が多い。したがってここでは割愛している。

【0046】

10

20

30

40

50

さらに、燐光性化合物 311Gd の T_G の励起子のエネルギーは、一部はそのまま発光して緑色発光に変換されるが、フェルスター機構を利用することにより、一部は燐光性化合物 311Rd の三重項励起状態 (T_R) に移動することができる。これは、燐光性化合物 311Gd が発光性である (燐光量子収率が高い) ことと、燐光性化合物 311Rd が一重項基底状態から三重項励起状態への電子遷移に相当する直接吸収を有している (三重項励起状態の吸収スペクトルが存在する) ことに起因している。これらの条件を満たせば、フェルスター機構による T_G から T_R への三重項 - 三重項エネルギー移動が可能となる。以上で述べたようなエネルギー移動により生成した T_R は、燐光性化合物 311Rd の赤色発光に変換される。このようにして、燐光性化合物の各々から発光を得ることができる。

10

【0047】

なお、フェルスター機構におけるエネルギーードナー (発光素子 300 では、燐光性化合物 311Bd 及び燐光性化合物 311Gd) は発光性である必要があるため、燐光性化合物 311Bd 及び燐光性化合物 311Gd の燐光量子収率は、それぞれ 0.1 以上であることが好ましい。

【0048】

以上で述べたように、比較例の発光素子 300 は、各燐光性化合物をホスト材料及び積層構造を用いて隔離しつつ、最も短波長の発光を示す燐光性化合物を主として励起する素子構造である。このような素子構造においては、ある程度の距離以内 (例えば 20 nm 以内) であればフェルスター機構を利用したエネルギー移動が一部で生じるため、青色の発光を呈する燐光性化合物の励起エネルギーが、部分的に緑色の発光を呈する燐光性化合物へ移動し、さらには、緑色の発光を呈する燐光性化合物の励起エネルギーが、部分的に赤色の発光を呈する燐光性化合物へ移動し、各燐光性化合物から発光を得ることができる。

20

【0049】

しかし、駆動中に青色発光層 311B が劣化すると、励起子のエネルギーの一部が劣化物によってクエンチ (消光) されてしまう。つまり、図 3 (A) の Q で示す位置に、クエンチャ (消光剤) のエネルギー準位が生成されると考えられる。図 3 (A) に示すように、クエンチャのエネルギーは、燐光性化合物 311Gd の T_G の励起子のエネルギーより低いと考えられる。したがって、燐光性化合物 311Bd の T_B の励起子のエネルギーの一部がクエンチャへ移動すると、その後、クエンチャ上の励起子のエネルギーが燐光性化合物 311Gd の T_G 、さらには燐光性化合物 311Rd の T_R に移動することは難しい。つまり、燐光性化合物 311Gd の T_G 、さらには燐光性化合物 311Rd の T_R の生成が妨げられてしまう。これは、発光素子 300 の寿命の低下、信頼性の低下の原因の一つであると考えられる。

30

【0050】

本発明の一態様の発光素子

一方、本発明の一態様の発光素子では、3 つの発光層のうち、最も短波長の発光を呈する燐光性化合物を含む発光層と、最も長波長の発光を呈する燐光性化合物を含む発光層とが隣り合うように積層する。また、本発明の一態様の発光素子では、3 つの発光層それぞれで、キャリアの再結合が行われる。

40

【0051】

図 1 (A) に示す本発明の一態様の発光素子は、第 1 の電極 101 と、第 1 の電極 101 上に設けられた EL 層 103 と、EL 層 103 上に設けられた第 2 の電極 105 と、を有する。第 1 の電極 101 及び第 2 の電極 105 は、一方が陽極として機能し、他方が陰極として機能する。本実施の形態では、第 1 の電極 101 が陽極として機能し、第 2 の電極 105 が陰極として機能する。

【0052】

第 1 の電極 101 と第 2 の電極 105 の間に、発光素子の閾値電圧より高い電圧を印加すると、EL 層 103 に第 1 の電極 101 側から正孔が注入され、第 2 の電極 105 側から電子が注入される。注入された電子と正孔は EL 層 103 において再結合し、EL 層 10

50

3に含まれる発光物質が発光する。

【0053】

EL層103は、発光層203を少なくとも有する。EL層103は、発光層以外の層として、正孔注入性もしくは電子注入性の物質、正孔輸送性もしくは電子輸送性の物質、又はバイポーラ性の物質（電子輸送性及び正孔輸送性が高い物質）等を含む層をさらに有していてもよい。EL層103には、低分子系化合物及び高分子系化合物のいずれを用いることもでき、無機化合物を含んでいてもよい。

【0054】

図1(A)に示すように、本発明の一態様の発光素子は、発光層203として、第1の電極101上の第1の発光層203xと、第1の発光層203x上の第2の発光層203yと、第2の発光層203y上の第3の発光層203zと、を有する。このとき、第1～第3の各発光層は、タンデム構造とは異なり、互いに接して設けることが好ましい。このような構成であれば、各色の発光層間のキャリアの再結合分布を調節できるので、最終的に各色の発光層から均等な発光を得ることができる。

10

【0055】

第1の発光層203xは、第1の燐光性化合物及び第1のホスト材料を含む。第2の発光層203yは、第2の燐光性化合物及び第2のホスト材料を含む。第3の発光層203zは、第3の燐光性化合物及び第3のホスト材料を含む。ここで、第1の燐光性化合物、第2の燐光性化合物、第3の燐光性化合物のうち、第2の燐光性化合物の発光のピークが最も長波長側にあり、第3の燐光性化合物の発光のピークが最も短波長側にある。また、第3のホスト材料の三重項励起エネルギーは、第1のホスト材料及び第2のホスト材料の三重項励起エネルギーより高い。

20

【0056】

本発明の一態様の発光素子では、第1のホスト材料、第2のホスト材料、及び第3のホスト材料が電子輸送性を有する。または、本発明の一態様の発光素子では、第1のホスト材料、第2のホスト材料、及び第3のホスト材料が正孔輸送性を有する。または、本発明の一態様の発光素子では、第1のホスト材料、第2のホスト材料、及び第3のホスト材料が電子輸送性及び正孔輸送性を有する。これらの構成のいずれかが適用された発光素子におけるキャリアの再結合領域は、第1の発光層から第3の発光層にかけて広く存在する。したがって、各発光層にて、含まれる発光物質が効率良く発光し、高効率な多色発光素子を得ることができる。

30

【0057】

例えば、陽極側に第3の発光層（発光のピークが最も短波長である燐光性化合物を含む発光層）を有する場合、各発光層のホスト材料は正孔輸送性を有することが好ましい。また、本実施の形態のように、陰極側に第3の発光層を有する場合、各発光層のホスト材料は電子輸送性を有することが好ましい。

【0058】

また、第1のホスト材料、第2のホスト材料、及び第3のホスト材料がそれぞれ正孔輸送骨格及び電子輸送骨格を有することが好ましい。

40

【0059】

正孔輸送骨格としては、芳香族アミン、電子過剰型複素芳香環等が挙げられる。特に、電子過剰型複素芳香環は化学的安定性及び熱的安定性が高いため好ましい。電子過剰型複素芳香環としては、ピロール骨格を含む複素芳香環、フラン骨格を含む複素芳香環、チオフェン骨格を含む複素芳香環等が挙げられる。具体的には、例えば、カルバゾール、ジベンゾ[*c*,*g*]カルバゾール、ジベンゾフラン、ジベンゾチオフェン等の骨格が挙げられる。

【0060】

電子輸送骨格としては、電子不足型複素芳香環が電子輸送性に優れているため好ましい。電子不足型複素芳香環としては、ピリジン骨格を含む複素芳香環、フタラジン骨格を含む複素芳香環、ピリミジン骨格を含む複素芳香環、ピラジン骨格を含む複素芳香環、ト

50

リアジン骨格を含む複素芳香環、イミダゾール骨格を含む複素芳香環、オキサゾール骨格を含む複素芳香環、チアゾール骨格を含む複素芳香環、トリアゾール骨格を含む複素芳香環等が挙げられる。具体的には、例えば、ピリジン、ピリミジン、キノキサリン、ジベンゾ[*f*, *h*]キノキサリン、ベンゾイミダゾール等の骨格が挙げられる。

【0061】

各ホスト材料が有する正孔輸送骨格及び電子輸送骨格は、それぞれ異なっていてもよいし、同一であってもよい。

【0062】

ただし、第3のホスト材料の三重項励起エネルギーは、第1のホスト材料及び第2のホスト材料の三重項励起エネルギーより高いため、第3のホスト材料が有する正孔輸送骨格や電子輸送骨格は、第1のホスト材料や第2のホスト材料が有する正孔輸送骨格や電子輸送骨格と異なることが好ましい。また、第3のホスト材料が有する電子輸送骨格の三重項励起エネルギーは、第1のホスト材料や第2のホスト材料が有する電子輸送骨格の三重項励起エネルギーより高いことが好ましい。

10

【0063】

一方、第1のホスト材料と第2のホスト材料が有する正孔輸送骨格や電子輸送骨格は、同一であることが好ましく、特に電子輸送骨格が同一であることが好ましい。第1の発光層と第2の発光層の双方でキャリアの再結合を引き起こすためには、第1の発光層と第2の発光層の間のキャリア移動が潤滑である必要があるためである。したがって、第1のホスト材料と第2のホスト材料が同一であることがさらに好ましい。

20

【0064】

また、本発明の一態様の発光素子において、第1の発光層は、第1のキャリア輸送性化合物を含んでいてもよい。このとき、第1のホスト材料又は第1のキャリア輸送性化合物の一方は、正孔輸送性化合物であり、他方は電子輸送性化合物である。特に第1のホスト材料及び第1のキャリア輸送性化合物が励起錯体を形成する組み合わせであることが好ましい。

【0065】

同様に、本発明の一態様の発光素子において、第2の発光層は、第2のキャリア輸送性化合物を含んでいてもよい。このとき、第2のホスト材料又は第2のキャリア輸送性化合物の一方は、正孔輸送性化合物であり、他方は電子輸送性化合物である。特に第2のホスト材料及び第2のキャリア輸送性化合物が励起錯体を形成する組み合わせであることが好ましい。

30

【0066】

同様に、本発明の一態様の発光素子において、第3の発光層は、第3のキャリア輸送性化合物を含んでいてもよい。このとき、第3のホスト材料又は第3のキャリア輸送性化合物の一方は、正孔輸送性化合物であり、他方は電子輸送性化合物である。特に第3のホスト材料及び第3のキャリア輸送性化合物が励起錯体を形成する組み合わせであることが好ましい。

【0067】

キャリア輸送性化合物を有する発光層の輸送性は、ホスト材料とキャリア輸送性化合物(すなわち電子輸送性化合物と正孔輸送性化合物)との混合比を変えることによって調整することができる。

40

【0068】

発光層203のより詳細な例を図1(B)に示す。図1(B)に示す発光層203は、第1の電極101側から、緑色の発光を呈する燐光性化合物203Gd及びホスト材料203Ghを含む緑色発光層203G、赤色の発光を呈する燐光性化合物203Rd及びホスト材料203Rhを含む赤色発光層203R、青色の発光を呈する燐光性化合物203Bd及びホスト材料203Bhを含む青色発光層203Bを有する。各発光層に含まれる燐光性化合物は、それぞれホスト材料に分散されており、各燐光性化合物は、各ホスト材料によって互いに隔離されている。

50

【0069】

この場合、各発光性化合物間において、電子交換相互作用（いわゆるデクスター機構）によるエネルギー移動は抑制される。すなわち、青色の発光を呈する発光性化合物203Bdが励起された後、その励起エネルギーがデクスター機構により緑色の発光を呈する発光性化合物203Gdや赤色の発光を呈する発光性化合物203Rdへ移動する現象は生じにくい。また、緑色の発光を呈する発光性化合物203Gdが励起された後、その励起エネルギーがデクスター機構により赤色の発光を呈する発光性化合物203Rdへ移動する現象も生じにくい。したがって、最も長波長の発光を示す発光性化合物203Rdが主として発光してしまう現象が抑制される。

【0070】

10

図1(B)に示す発光層203の構成が適用された発光素子におけるキャリアの再結合領域は、青色発光層203Bから緑色発光層203Gにかけて広く存在する。つまり、青色発光層203B内、赤色発光層203R内、及び緑色発光層203G内に該キャリアの再結合領域は存在する。

【0071】

本発明の一態様の発光素子では、発光層203を構成する各層でキャリアの再結合が行われる。ここで、青色の発光を呈する発光性化合物203Bdで生じた一重項励起状態(S_B)は、項間交差により三重項励起状態(T_B)に変換される。すなわち、青色発光層203Bにおける励起子は、基本的に T_B に集約される。この T_B の励起子のエネルギーは、そのまま発光して青色発光に変換される。同様に、赤色の発光を呈する発光性化合物203Rdで生じた一重項励起状態(S_R)は、項間交差により三重項励起状態(T_R)に変換される。すなわち、赤色発光層203Rにおける励起子は、基本的に T_R に集約される。この T_R の励起子のエネルギーは、そのまま発光して赤色発光に変換される。また、緑色の発光を呈する発光性化合物203Gdで生じた一重項励起状態(S_G)は、項間交差により三重項励起状態(T_G)に変換される。すなわち、緑色発光層203Gにおける励起子は、基本的に T_G に集約される。この T_G の励起子のエネルギーは、そのまま発光して緑色発光に変換される。

20

【0072】

このように、発光素子におけるキャリアの再結合領域が、各発光層に含まれるようにすることで、各発光層においてキャリアの再結合が行われ、各発光層に含まれる発光性化合物の各々から発光を得ることができる。

30

【0073】

ここで、本発明の一態様の発光素子では、 T_B の励起子のエネルギーが、部分的に発光性化合物203Rdや発光性化合物203Gdへ移動するような素子設計がされている。このような隔離された分子間でのエネルギー移動は、双極子-双極子相互作用（フェルスター機構）を利用することによって可能となる。

【0074】

ここで、上述の通り、各発光性化合物は各ホスト材料中に分散されており、各発光性化合物は各ホスト材料によって互いに隔離されているため、発光性化合物203Bdで生じた励起エネルギーの全てが、フェルスター機構によって発光性化合物203Rdや発光性化合物203Gdにエネルギー移動してしまうことはない。例えば、図1(B)における赤色発光層203Rの膜厚を2nm以上20nm以下とすることで、部分的なエネルギー移動が発生し、発光性化合物203Bd、発光性化合物203Rd及び発光性化合物203Gdを発光させることができる。

40

【0075】

本発明の一態様の発光素子における各発光性化合物間でのフェルスター機構によるエネルギー移動の模式図を図3(B)に示す。図3(B)に示すように、まず発光性化合物203Bdで生じた一重項励起状態(S_B)は、項間交差により三重項励起状態(T_B)に変換される。すなわち、青色発光層203Bにおける励起子は、基本的に T_B に集約される。

50

【0076】

次に、この T_B の励起子のエネルギーは、一部はそのまま発光して青色発光に変換されるが、フェルスター機構を利用することにより、一部は燐光性化合物203Gdの三重項励起状態(T_G)に移動することができる。これは、燐光性化合物203Bdが発光性である(燐光量子収率が高い)ことと、燐光性化合物203Gdが一重項基底状態から三重項励起状態への電子遷移に相当する直接吸収を有している(三重項励起状態の吸収スペクトルが存在する)ことに起因している。これらの条件を満たせば、フェルスター機構による T_B から T_G への三重項-三重項エネルギー移動が可能となる。また、 T_B から燐光性化合物203Gdの三重項励起状態(T_G)へのエネルギー移動も、寄与は小さいものの、フェルスター機構の条件を満たせば発生し得る。 T_G は燐光性化合物203Gdの発光に寄与する。なお、フェルスター機構におけるエネルギーードナー(ここでは燐光性化合物203Bd)は発光性である必要があるため、燐光性化合物203Bdの燐光量子収率は、0.1以上であることが好ましい。10

【0077】

本発明の一態様の発光素子においても、駆動中に青色発光層203Bが劣化すると、励起子のエネルギーの一部が劣化物によってクエンチ(消光)されてしまう。つまり、図3(B)のQで示す位置に、クエンチャ(消光剤)のエネルギー準位が生成されると考えられる。しかし、図3(B)に示すように、クエンチャのエネルギーは、燐光性化合物311Rdの T_R の励起子のエネルギーよりも高いと考えられるため、燐光性化合物311Bdの T_B の励起子のエネルギーの一部がクエンチャへ移動すると、その後、クエンチャ上の励起子のエネルギーは燐光性化合物311Rdの T_R に移動することができる。したがって、比較例の発光素子300に比べて、本発明の一態様の発光素子では、クエンチャによる燐光性化合物311Gdの T_G や燐光性化合物311Rdの T_R の生成の妨げが生じにくい。したがって、本発明の一態様を適用することで、比較例の発光素子300に比べて、寿命が長く、信頼性が高い発光素子を実現できる。20

【0078】

つまり、クエンチャが生成される発光層と隣接する発光層が、クエンチャのエネルギーよりも三重項励起状態のエネルギーが低い燐光性化合物を含む構成とすることで、クエンチャの生成による発光素子の寿命の低下や信頼性の低下を抑制することができる。

【0079】

なお、ホスト材料203Rh及びホスト材料203Ghが同一であると、緑色発光層203Gにキャリアが到達しやすい、 T_B から T_G へのエネルギー移動が生じやすい等の利点があり、好ましい。30

【0080】

以上のように、本発明の一態様の発光素子では、各発光層にてキャリアの再結合が行われるため、各発光層に含まれる燐光性化合物の各々から発光を得ることができる。また、フェルスター機構を利用した発光層間のエネルギー移動において、クエンチャによる三重項励起状態の生成の妨げが抑制されている。したがって、複数の発光物質がバランスよく発光する発光素子を提供できる。また、発光効率が高い発光素子を提供できる。また、信頼性の高い発光素子を提供できる。40

【0081】

以下に本発明の一態様の発光素子の別の例を示す。

【0082】

図1(C)に示す発光素子は、第1の電極101と第1の発光層203xとの間に、第1の電極101上に設けられた正孔注入層201と、正孔注入層201上に設けられた正孔輸送層202と、を有する。また、第3の発光層203zと第2の電極105との間に、第3の発光層203z上に設けられた電子輸送層204と、電子輸送層204上に設けられた電子注入層205と、を有する。なお、第1の発光層203x、第2の発光層203y、及び第3の発光層203zは、図1(B)と同様の構成を適用してもよい。

【0083】

10

20

30

40

50

図1(D)に示す発光素子は、第1の電極101と、第1の電極101上に設けられたEL層103と、EL層103上に設けられた電荷発生領域107と、電荷発生領域107上に設けられた第2の電極105と、を有する。EL層103は、図1(A)と同様の構成である。

【0084】

図1(E)に示す発光素子のように、第1の電極101及び第2の電極105の間に複数のEL層が積層されていてもよい。この場合、積層されたEL層の間には、電荷発生領域107を設けることが好ましい。

【0085】

図1(E)に示す発光素子は、第1の電極101と、第1の電極101上に設けられたEL層103aと、EL層103a上に設けられた電荷発生領域107と、電荷発生領域107上に設けられたEL層103bと、EL層103b上に設けられた第2の電極105と、を有する。EL層103a又はEL層103bの少なくとも一方は、図1(A)と同様の構成である。

【0086】

EL層103aとEL層103bの間に設けられた電荷発生領域107における電子と正孔の挙動について説明する。第1の電極101と第2の電極105の間に、発光素子の閾値電圧より高い電圧を印加すると、電荷発生領域107において正孔と電子が発生し、正孔は第2の電極105側に設けられたEL層103bへ移動し、電子は第1の電極101側に設けられたEL層103aへ移動する。EL層103bに注入された正孔は、第2の電極105側から注入された電子と再結合し、当該EL層103bに含まれる発光物質が発光する。また、EL層103aに注入された電子は、第1の電極101側から注入された正孔と再結合し、当該EL層103aに含まれる発光物質が発光する。よって、電荷発生領域107において発生した正孔と電子は、それぞれ異なるEL層において発光に至る。

【0087】

なお、EL層同士を接して設けることで、両者の間に電荷発生領域と同じ構成が形成される場合は、電荷発生領域107を介さずにEL層同士を接して設けることができる。例えば、EL層の一方の面に電荷発生領域が形成されている場合、その面に接してEL層を設けることができる。

【0088】

なお、第1の電極101と第2の電極105との間に設けられる層の構成は、上記のものには限定されない。しかし、発光領域と電極やキャリア注入層に用いられる金属とが近接することによって生じる消光が抑制されるように、第1の電極101及び第2の電極105から離れた部位に正孔と電子とが再結合する発光領域を設けた構成が好ましい。

【0089】

また、発光層203に接する正孔輸送層や電子輸送層は、発光層で生成した励起子からのエネルギー移動を抑制するため、その三重項励起エネルギーが発光層を構成する物質が有する三重項励起エネルギーより高い物質で構成することが好ましい。

【0090】

発光素子の材料

以下に、それぞれの層に用いることができる材料を例示する。なお、発光層以外の各層は、単層構造であっても、二層以上の積層構造であってもよい。

【0091】

陽極

陽極として機能する電極は、導電性を有する金属、合金、導電性化合物等を1種又は複数種用いて形成することができる。特に、仕事関数の大きい(4.0eV以上)材料を用いることが好ましい。例えば、インジウムスズ酸化物(ITO: Indium Tin Oxide)、珪素もしくは酸化珪素を含有したインジウムスズ酸化物、インジウム亜鉛酸化物、酸化タンクス滕及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム、グラフェン、金、白金

10

20

30

40

50

、ニッケル、タングステン、クロム、モリブデン、鉄、コバルト、銅、パラジウム、チタン、又は金属材料の窒化物（例えば、窒化チタン）等が挙げられる。また、銀、銅、アルミニウム、チタン等をナノワイヤ状（もしくは線状、細線状）に形成し、その上に導電性物質（導電性有機材料やグラフェンなど）を、塗布法又は印刷法等によって形成することで電極を形成してもよい。

【0092】

なお、陽極が電荷発生領域と接する場合は、仕事関数の大きさを考慮せずに、様々な導電性材料を用いることができ、例えば、アルミニウム、銀、アルミニウムを含む合金等も用いることができる。

【0093】

陰極

陰極として機能する電極は、導電性を有する金属、合金、導電性化合物などを1種又は複数種用いて形成することができる。特に、仕事関数が小さい（3.8 eV以下）材料を用いることが好ましい。例えば、元素周期表の第1族又は第2族に属する元素（例えば、リチウム、セシウム等のアルカリ金属、カルシウム、ストロンチウム等のアルカリ土類金属、マグネシウム等）、これら元素を含む合金（例えば、Mg-Ag、Al-Li）、ユーロピウム、イッテルビウム等の希土類金属、これら希土類金属を含む合金、アルミニウム、銀等を用いることができる。

【0094】

なお、陰極が電荷発生領域と接する場合は、仕事関数の大きさを考慮せずに、様々な導電性材料を用いることができる。例えば、ITO、珪素又は酸化珪素を含有したインジウムスズ酸化物等も用いることができる。

【0095】

電極は、それぞれ、真空蒸着法やスパッタリング法を用いて形成すればよい。また、銀ペースト等を用いる場合には、塗布法やインクジェット法を用いればよい。

【0096】

発光は、第1の電極101又は第2の電極105のいずれか一方又は両方を通って外部に取り出される。従って、第1の電極101又は第2の電極105のいずれか一方又は両方は、透光性を有する。第1の電極101のみが透光性を有する電極である場合、発光は第1の電極101を通って取り出される。また、第2の電極105のみが透光性を有する電極である場合、発光は第2の電極105を通って取り出される。第1の電極101及び第2の電極105がいずれも透光性を有する電極である場合、発光は第1の電極101及び第2の電極105を通って、両方から取り出される。なお、光を取り出さない側の電極には光を反射する材料を用いることが好ましい。

【0097】

また、陰極（もしくは上部電極）上に有機膜、透明半導体膜、窒化珪素膜などの絶縁膜、などを設けてもよい。これらの膜はパッシベーション膜としての役割を果たし、発光素子への不純物や水分の侵入を抑制することができる。または、陰極における表面プラズモンによる光エネルギーの損失を低減することができる。

【0098】

発光層

上記の通り、本実施の形態の発光素子は、3種類の発光層を有し、各発光層は、燐光性化合物とホスト材料を含む。

【0099】

燐光性化合物は、各発光層におけるゲスト材料といえる。該燐光性化合物を分散する化合物は、ホスト材料といえる。また、各発光層は、ゲスト材料やホスト材料以外の材料をさらに含んでいてもよい。本明細書中では、発光層に含まれる割合が最も多い化合物を、その発光層におけるホスト材料とする。

【0100】

発光層において、ゲスト材料をホスト材料に分散させた構成とすることにより、発光層の

10

20

30

40

50

結晶化を抑制することができる。また、ゲスト材料の濃度が高いことによる濃度消光を抑制し、発光素子の発光効率を高くすることができる。ホスト材料としては、後述の電子輸送性化合物や正孔輸送性化合物を用いることができる。

【0101】

なお、ホスト材料（もしくは、発光層に含まれるゲスト材料以外の材料）のT₁準位（三重項励起エネルギーの準位）は、ゲスト材料のT₁準位よりも高いことが好ましい。ホスト材料のT₁準位がゲスト材料のT₁準位よりも低いと、発光に寄与するゲスト材料の三重項励起エネルギーをホスト材料が消光（クエンチ）してしまい、発光効率の低下を招くためである。

【0102】

青色の発光を呈する燐光性化合物としては、440 nmから520 nmに発光のピークを有する化合物が挙げられる。具体的には、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(5-メチル-3,4-ジフェニル-4H-1,2,4-トリアゾラト)イリジウム(III)（略称：Ir(Mptz)₃）、トリス[4-(3-ビフェニル)-5-イソプロピル-3-フェニル-4H-1,2,4-トリアゾラト]イリジウム(III)（略称：Ir(ipptz-3b)₃）のような4H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス[3-メチル-1-(2-メチルフェニル)-5-フェニル-1H-1,2,4-トリアゾラト]イリジウム(III)（略称：Ir(Mptz-1-mp)₃）、トリス(1-メチル-5-フェニル-3-プロピル-1H-1,2,4-トリアゾラト)イリジウム(III)（略称：Ir(Prptz1-Me)₃）のような1H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、fac-トリス[1-(2,6-ジイソプロピルフェニル)-2-フェニル-1H-イミダゾール]イリジウム(III)（略称：Ir(iprpmi)₃）、トリス[3-(2,6-ジメチルフェニル)-7-メチルイミダゾ[1,2-f]フェナントリジナト]イリジウム(III)（略称：Ir(dmpimp-Me)₃）のようなイミダゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}]イリジウム(III)テトラキス(1-ピラゾリル)ボラート（略称：FIr6）、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}]イリジウム(II)ピコリナート（略称：FIrpic）、ビス{2-[3',5'-ビス(トリフルオロメチル)フェニル]ピリジナト-N,C^{2'}}イリジウム(III)ピコリナート（略称：Ir(CF₃ppy)₂(pic)）、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}]イリジウム(III)アセチルアセトナート（略称：FIracac）のような電子吸引基を有するフェニルピリジン誘導体を配位子とする有機金属イリジウム錯体が挙げられる。

【0103】

上述した中でも、4H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性や発光効率が優れるため、特に好ましい。

【0104】

4H-トリアゾール骨格、1H-トリアゾール骨格、イミダゾール骨格のようなポリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、正孔トラップ性が高い。したがって、これらの化合物を本発明の一態様の発光素子における青色の発光を呈する燐光性化合物として用い、且つ青色発光層が赤色発光層及び緑色発光層よりも陰極側に設けられている場合、正孔が青色発光層を抜けて発光効率が低下する（又は経時的に発光効率が低下する）ことを抑制できるため好ましい。

【0105】

緑色の発光を呈する燐光性化合物としては、520 nmから600 nmに発光のピークを有する化合物が挙げられる。具体的には、トリス(4-メチル-6-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)（略称：[Ir(mppm)₃]）、トリス(4-t-ブチル

10

20

30

30

40

50

- 6 - フェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称: [Ir (t B u p p m) ₃])、(アセチルアセトナト) ビス (6 - メチル - 4 - フェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称: [Ir (m p p m) ₂ (a c a c)])、(アセチルアセトナト) ビス (6 - t e r t - ブチル - 4 - フェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称: [Ir (t B u p p m) ₂ (a c a c)])、(アセチルアセトナト) ビス [4 - (2 - ノルボルニル) - 6 - フェニルピリミジナト] イリジウム (I I I) (e n d o - , e x o - 混合物) (略称: [Ir (n b p p m) ₂ (a c a c)])、(アセチルアセトナト) ビス [5 - メチル - 6 - (2 - メチルフェニル) - 4 - フェニルピリミジナト] イリジウム (I I I) (略称: [Ir (m p m p p m) ₂ (a c a c)])、(アセチルアセトナト) ビス (4, 6 - ジフェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称: [Ir (d p p m) ₂ (a c a c)]) のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、(アセチルアセトナト) ビス (3, 5 - ジメチル - 2 - フェニルピラジナト) イリジウム (I I I) (略称: [Ir (m p p r - M e) ₂ (a c a c)])、(アセチルアセトナト) ビス (5 - イソプロピル - 3 - メチル - 2 - フェニルピラジナト) イリジウム (I I I) (略称: [Ir (m p p r - i P r) ₂ (a c a c)]) のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス (2 - フェニルピリジナト - N, C ²) イリジウム (I I I) (略称: [Ir (p p y) ₃])、ビス (2 - フェニルピリジナト - N, C ²) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: [Ir (p p y) ₂ (a c a c)])、ビス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: [Ir (b z q) ₂ (a c a c)])、トリス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (I I I) (略称: [Ir (b z q) ₃])、トリス (2 - フェニルキノリナト - N, C ²) イリジウム (I I I) (略称: [Ir (p q) ₃])、ビス (2 - フェニルキノリナト - N, C ²) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: [Ir (p q) ₂ (a c a c)]) のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、トリス (アセチルアセトナト) (モノフェナントロリン) テルビウム (I I I) (略称: [Tb (a c a c) ₃ (P h e n)]) のような希土類金属錯体が挙げられる。

【0106】

上述した中でも、ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性や発光効率が際だって優れるため、特に好ましい。

【0107】

上述した中でも、ピリミジン骨格、ピラジン骨格のようなジアジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、正孔トラップ性が弱く、電子トラップ性が高い。したがって、これらの化合物を本発明の一態様の発光素子における緑色の発光を呈する燐光性化合物として用い、且つ緑色発光層が赤色発光層及び青色発光層よりも陽極側に設けられている場合、正孔を赤色発光層及び青色発光層に輸送しやすくなる上に、電子が緑色発光層を抜けて発光効率が低下する(又は経時的に発光効率が低下する)ことを抑制できるため好ましい。

【0108】

赤色の発光を呈する燐光性化合物としては、600 nm から 750 nm に発光のピークを有する化合物が挙げられる。具体的には、(ジイソブチリルメタナト) ビス [4, 6 - ビス (3 - メチルフェニル) ピリミジナト] イリジウム (I I I) (略称: [Ir (5 m d p p m) ₂ (d i b m)])、ビス [4, 6 - ビス (3 - メチルフェニル) ピリミジナト] (ジピバロイルメタナト) イリジウム (I I I) (略称: [Ir (5 m d p p m) ₂ (d p m)])、ビス [4, 6 - ジ (ナフタレン - 1 - イル) ピリミジナト] (ジピバロイルメタナト) イリジウム (I I I) (略称: [Ir (d 1 n p m) ₂ (d p m)]) のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、(アセチルアセトナト) ビス (2, 3, 5 - トリフェニルピラジナト) イリジウム (I I I) (略称: [Ir (t p p r) ₂ (a c a c)])、ビス (2, 3, 5 - トリフェニルピラジナト) (ジピバロイルメタナト) イリジウム (I I I) (略称: [Ir (t p p r) ₂ (d p m)])、(アセチルアセトナト) ビス [2, 3 - ビス (4 - フルオロフェニル) キノキサリナト] イリジウム (I I I) (略称: [Ir (F d p q) ₂ (a c a c)]) のようなピラジン骨格を有

10

20

20

30

40

50

する有機金属イリジウム錯体や、トリス(1-フェニルイソキノリナト-N, C²⁻)イリジウム(III)(略称:[Ir(pic)₃])、ビス(1-フェニルイソキノリナト-N, C²⁻)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:[Ir(pic)₂(acac)])のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、2, 3, 7, 8, 12, 13, 17, 18-オクタエチル-21H, 23H-ポルフィリン白金(II)(略称:PtOEP)のような白金錯体や、トリス(1, 3-ジフェニル-1, 3-プロパンジオナト)(モノフェナントロリン)ユーロピウム(III)(略称:[Eu(DBM)₃(Phen)])、トリス[1-(2-テノイル)-3, 3, 3-トリフルオロアセトナト](モノフェナントロリン)ユーロピウム(III)(略称:[Eu(TTA)₃(Phen)])のような希土類金属錯体が挙げられる。

10

【0109】

上述した中でも、ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性や発光効率が際だって優れるため、特に好ましい。また、ピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、色度の良い赤色発光が得られるため、白色発光素子に適用すると演色性を高めることができる。

【0110】

上述した中でも、ピリミジン骨格、ピラジン骨格のようなジアジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、正孔トラップ性が弱く、電子トラップ性が高い。したがって、ジアジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体を赤色の発光を呈する燐光性化合物として用い、且つ赤色発光層が青色発光層よりも陽極側に設けられている場合、正孔を青色発光層に輸送しやすくなる上に、電子が赤色発光層を抜けて発光効率が低下する(又は経時に発光効率が低下する)ことを抑制できるため好ましい。

20

【0111】

なお、燐光性化合物に換えて、熱活性化遅延蛍光を示す材料、すなわち熱活性化遅延蛍光(TADF)材料を用いても良い。ここで、遅延蛍光とは、通常の蛍光と同様のスペクトルを持ちながら、寿命が著しく長い発光をいう。その寿命は、10⁻⁶秒以上、好ましくは10⁻³秒以上である。熱活性化遅延蛍光材料として、具体的には、フラーーゲンやその誘導体、プロフラビン等のアクリジン誘導体、エオシン等が挙げられる。また、マグネシウム(Mg)、亜鉛(Zn)、カドミウム(Cd)、スズ(Sn)、白金(Pt)、インジウム(In)、もしくはパラジウム(Pd)等を含む金属含有ポルフィリンが挙げられる。該金属含有ポルフィリンとしては、例えば、プロトポルフィリン-フッ化スズ錯体(略称:SnF₂(Proto IX))、メソポルフィリン-フッ化スズ錯体(略称:SnF₂(Meso IX))、ヘマトポルフィリン-フッ化スズ錯体(略称:SnF₂(Hemato IX))、コプロポルフィリンテトラメチルエステル-フッ化スズ錯体(略称:SnF₂(Copro III-4Me))、オクタエチルポルフィリン-フッ化スズ錯体(略称:SnF₂(Etio I))、オクタエチルポルフィリン-塩化白金錯体(略称:PtC₁₂(OEP))等が挙げられる。さらに、2-(ビフェニル-4-イル)-4, 6-ビス(12-フェニルインドロ[2, 3-a]カルバゾール-11-イル)-1, 3, 5-トリアジン(略称:PICTRZ)等の電子過剰型複素芳香環及び電子不足型複素芳香環を有する複素環化合物を用いることもできる。なお、電子過剰型複素芳香環と電子不足型複素芳香環とが直接結合した物質は、電子過剰型複素芳香環のドナー性と電子不足型複素芳香環のアクセプター性が共に強くなり、S₁準位(一重項励起エネルギーの準位)とT₁準位の差が小さくなるため、特に好ましい。

30

【0112】

電子輸送性化合物としては、例えば、含窒素複素芳香族化合物のような電子不足型複素芳香族化合物や、キノリン骨格又はベンゾキノリン骨格を有する金属錯体、オキサゾール系配位子又はチアゾール系配位子を有する金属錯体などが挙げられる。

40

【0113】

具体的には、例えば、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(略

50

称 : B e B q₂) 、 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 (略称 : B A 1 q) 、 ビス (8 - キノリノラト) 亜鉛 (I I) (略称 : Z n q) 、 ビス [2 - (2 - ヒドロキシフェニル) ベンゾオキサゾラト] 亜鉛 (略称 : Z n (B O X)₂) 、 ビス [2 - (2 - ヒドロキシフェニル) ベンゾチアゾラト] 亜鉛 (略称 : Z n (B T Z)₂) などの金属錯体、 2 - (4 - ピフェニリル) - 5 - (4 - t e r t - ブチルフェニル) - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール (略称 : P B D) 、 3 - (4 - ピフェニリル) - 4 - フェニル - 5 - (4 - t e r t - ブチルフェニル) - 1 , 2 , 4 - トリアゾール (略称 : T A Z) 、 1 , 3 - ビス [5 - (p - t e r t - ブチルフェニル) - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール - 2 - イル] ベンゼン (略称 : O X D - 7) 、 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] - 9 H - カルバゾール (略称 : C O 1 1) 、 2 , 2 ' , 2 ' ' - (1 , 3 , 5 - ベンゼントリイル) トリス (1 - フェニル - 1 H - ベンゾイミダゾール) (略称 : T P B I) 、 2 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) フェニル] - 1 - フェニル - 1 H - ベンゾイミダゾール (略称 : m D B T B I m - I I) などのポリアゾール骨格を有する複素環化合物、 2 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) フェニル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称 : 2 m D B T P D B q - I I) 、 2 - [3 ' - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) ピフェニル - 3 - イル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称 : 2 m D B T B P D B q - I I) 、 2 - [4 - (3 , 6 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称 : 2 C z P D B q - I I I) 、 7 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) フェニル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称 : 7 m D B T P D B q - I I) 、 及び 6 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) フェニル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称 : 6 m D B T P D B q - I I) 、 2 - [3 ' - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) ピフェニル - 3 - イル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称 : 2 m C z B P D B q) などのキノキサリン骨格又はジベンゾキノキサリン骨格を有する複素環化合物、 4 , 6 - ビス [3 - (フェナントレン - 9 - イル) フェニル] ピリミジン (略称 : 4 , 6 m P n P 2 P m) 、 4 , 6 - ビス [3 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] ピリミジン (略称 : 4 , 6 m C z P 2 P m) 、 4 , 6 - ビス [3 - (4 - ジベンゾチエニル) フェニル] ピリミジン (略称 : 4 , 6 m D B T P 2 P m - I I) などのジアジン骨格 (ピリミジン骨格やピラジン骨格) を有する複素環化合物、 3 , 5 - ビス [3 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] ピリジン (略称 : 3 , 5 D C z P P y) 、 1 , 3 , 5 - トリ [3 - (3 - ピリジル) フェニル] ベンゼン (略称 : T m P y P B) 、 3 , 3 ' , 5 , 5 ' - テトラ [(m - ピリジル) - フェン - 3 - イル] ピフェニル (略称 : B P 4 m P y) 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、 キノキサリン骨格又はジベンゾキノキサリン骨格を有する複素環化合物、 ジアジン (ピリミジンやピラジン) 骨格を有する複素環化合物、 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。

【 0 1 1 4 】

さらに、 トリス (8 - キノリノラト) アルミニウム (略称 : A 1 q) 、 トリス (4 - メチル - 8 - キノリノラト) アルミニウム (略称 : A 1 m q₃) などのキノリン骨格又はベンゾキノリン骨格を有する金属錯体や、 バソフェナントロリン (略称 : B P h e n) 、 バソキュプロイン (略称 : B C P) 、 3 - (4 - t e r t - ブチルフェニル) - 4 - (4 - エチルフェニル) - 5 - (4 - ピフェニリル) - 1 , 2 , 4 - トリアゾール (略称 : p - E t T A Z) 、 4 , 4 ' - ビス (5 - メチルベンゾオキサゾール - 2 - イル) スチルベン (略称 : B z O s) 等の複素芳香族化合物が挙げられる。また、 ポリ (2 , 5 - ピリジンジイル) (略称 : P P y) 、 ポリ [(9 , 9 - ジヘキシルフルオレン - 2 , 7 - ジイル) - c o - (ピリジン - 3 , 5 - ジイル)] (略称 : P F - P y) 、 ポリ [(9 , 9 - ジオクチルフルオレン - 2 , 7 - ジイル) - c o - (2 , 2 ' - ピピリジン - 6 , 6 ' - ジイル)] (略称 : P F - B P y) 等の高分子化合物が挙げられる。

【 0 1 1 5 】

10

20

30

40

50

また、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)、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)、3,6-ジフェニル-9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称: DP CzPA)、9,10-ビス(3,5-ジフェニルフェニル)アントラセン(略称: DP PA)、9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称: DNA)、2-tert-ブチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称: t-BuDNA)など電子輸送性である一方で正孔を受け取りやすい化合物も好適に用いることができる。本発明の一態様の発光素子において、青色の発光を示す正孔トラップ性の蛍光性化合物を分散する電子輸送性化合物は、アントラセン骨格を有すると、電子輸送性を有するだけでなく正孔も受け取りやすいため好ましい。
10

【0116】

正孔輸送性化合物としては、例えば、芳香族アミン骨格を有する化合物、カルバゾール骨格を有する化合物、チオフェン骨格を有する化合物、又はフラン骨格を有する化合物等が挙げられ、特に、電子過剰型複素芳香族化合物が好ましい。また、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。

【0117】

具体的には、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: PCBNB)、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: PCBASF)、3-[N-(1-ナフチル)-N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称: PCzPCN1)、4,4',4'''-トリス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称: 1'-TNATA)、2,7-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]スピロ-9,9'-ビフルオレン(略称: DPASF)、N,N'-ビス(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N,N',N'''-ジフェニルベンゼン-1,3-ジアミン(略称: PCA2B)、N-(9,9-ジメチル-2-ジフェニルアミノ-9H-フルオレン-7-イル)ジフェニルアミン(略称: DPNF)、N,N',N'''-トリフェニル-N,N',N'''-トリス(9-フェニルカルバゾール-3-イル)ベンゼン-1,3,5-トリアミン(略称: PCA3B)、2-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]スピロ-9,9'-ビフルオレン(略称: PCASF)、2-[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]スピロ-9,9'-ビフルオレン(略称: DPASF)、N,N'-ビス[4-(カルバゾール-9-イル)フェニル]-N,N'-ジフェニル-9,9-ジメチルフルオレン-2,7-ジアミン(略称: YGA2F)、N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン(略称: TPD)、4,4'-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称: DPAB)、N-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-N-{9,9-ジメチル-2-[N'-フェニル-N-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)アミノ]-9H-フルオレン-7-イル}フェニルアミン(略称: DFLADFL)、3-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称: PCzPCA1)、3,6-ビス[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルア

ミノ] - 9 - フェニルカルバゾール(略称: P C z P C A 2)、3 - [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール(略称: P C z D P A 1)、3, 6 - ビス[N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール(略称: P C z D P A 2)、4, 4' - ビス(N - {4 - [N' - (3 - メチルフェニル) - N' - フェニルアミノ]フェニル} - N - フェニルアミノ)ビフェニル(略称: D N T P D)、3, 6 - ビス[N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - (1 - ナフチル)アミノ] - 9 - フェニルカルバゾール(略称: P C z T P N 2)等が挙げられる。

【0118】

さらに、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: N P B 又は - N P D)、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: T D A T A)、4, 4', 4''' - トリス[N - (3 - メチルフェニル) - N - フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称: M T D A T A)、4, 4' - ビス[N - (スピロ - 9, 9' - ピフルオレン - 2 - イル) - N - フェニルアミノ]ビフェニル(略称: B S P B)、4, 4', 4''' - トリス(N - カルバゾリル)トリフェニルアミン(略称: T C T A)、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: B P A F L P)、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: m B P A F L P)、4, 4' - ビス[N - (9, 9 - ジメチルフルオレン - 2 - イル) - N - フェニルアミノ]ビフェニル(略称: D F L D P B i)などの芳香族アミン化合物や、1, 3 - ビス(N - カルバゾリル)ベンゼン(略称: m C P)、4, 4' - ジ(N - カルバゾリル)ビフェニル(略称: C B P)、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: C z T P)、3, 3' - ビス(9 - フェニル - 9 H - カルバゾール)(略称: P C C P)、C z P A、P C z P Aなどのカルバゾール誘導体が挙げられる。また、ポリ(N - ビニルカルバゾール)(略称: P V K)、ポリ(4 - ビニルトリフェニルアミン)(略称: P V T P A)、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: P T P D M A)、ポリ[N, N' - ビス(4 - プチルフェニル) - N, N' - ビス(フェニル)ベンジジン](略称: P o l y - T P D)等の高分子化合物が挙げられる。

【0119】

また、4, 4', 4''' - (1, 3, 5 - ベンゼントリイル)トリ(ジベンゾチオフェン)(略称: D B T 3 P - I I)、2, 8 - ジフェニル - 4 - [4 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称: D B T F L P - I I I)、4 - [4 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル)フェニル] - 6 - フェニルジベンゾチオフェン(略称: D B T F L P - I V)などのチオフェン骨格を有する化合物や、4, 4', 4''' - (1, 3, 5 - ベンゼントリイル)トリ(ジベンゾフラン)(略称: D B F 3 P - I I)、4 - {3 - [3 - (9 - フェニル - 9 H - 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: m m D B F F L B i - I I)などのフラン骨格を有する化合物が挙げられる。

【0120】

ここで、ホスト材料からゲスト材料へのエネルギー移動効率を高めるため、分子間の移動機構として知られているフェルスター機構(双極子 - 双極子相互作用)及びデクスター機構(電子交換相互作用)を考慮した上で、ホスト材料の発光スペクトル(一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光スペクトル)とゲスト材料の吸収スペクトル(より詳細には、最も長波長(低エネルギー)側の吸収帯におけるスペクトル)との重なりが大きくなることが好ましい。

【0121】

しかしながら通常、ホスト材料の蛍光スペクトルを、ゲスト材料の最も長波長(低エネルギー)側の吸収帯における吸収スペクトルと重ねることは困難である。なぜならば、その

10

20

30

40

50

ようにしてしまうと、ホスト材料の蛍光スペクトルは蛍光スペクトルよりも長波長（低エネルギー）側に位置するため、ホスト材料のT₁準位がゲスト材料のT₁準位を下回ってしまう、上述したクエンチの問題が生じてしまうからである。一方、クエンチの問題を回避するため、ホスト材料のT₁準位がゲスト材料のT₁準位を上回るように設計すると、今度はホスト材料の蛍光スペクトルが短波長（高エネルギー）側にシフトするため、その蛍光スペクトルはゲスト材料の最も長波長（低エネルギー）側の吸収帯における吸収スペクトルと重ならなくなる。したがって、ホスト材料の蛍光スペクトルをゲスト材料の最も長波長（低エネルギー）側の吸収帯における吸収スペクトルと重ね、ホスト材料の一重項励起状態からのエネルギー移動を最大限に高めることは、通常困難である。

【0122】

10

そこで本発明の一態様の発光素子が有する発光層は、燐光性化合物とホスト材料の他に、キャリア輸送性化合物を含み、ホスト材料とキャリア輸送性化合物は励起錯体（エキサイプレックスともいう）を形成する組み合わせであることが好ましい。この場合、発光層におけるキャリア（電子及び正孔）の再結合の際にホスト材料とキャリア輸送性化合物は、励起錯体を形成する。これにより、発光層において、ホスト材料の蛍光スペクトル及びキャリア輸送性化合物の蛍光スペクトルは、より長波長側に位置する励起錯体の発光スペクトルに変換される。そして、励起錯体の発光スペクトルとゲスト材料の吸収スペクトルとの重なりが大きくなるように、ホスト材料とキャリア輸送性化合物を選択すれば、一重項励起状態からのエネルギー移動を最大限に高めることができる。なお、三重項励起状態に関しても、ホスト材料ではなく励起錯体からのエネルギー移動が生じると考えられる。このような構成を適用した本発明の一態様では、励起錯体の発光スペクトルと燐光性化合物の吸収スペクトルとの重なりを利用したエネルギー移動により、エネルギー移動効率を高めることができるため、外部量子効率の高い発光素子を実現することができる。

【0123】

20

ホスト材料とキャリア輸送性化合物としては、励起錯体を生じる組み合わせであればよく、例えば、ホスト材料又はキャリア輸送性化合物のいずれか一方が電子輸送性化合物であり、他方が正孔輸送性化合物であればよい。電子輸送性化合物及び正孔輸送性化合物としては、例えば上述の材料が挙げられる。ホスト材料やキャリア輸送性化合物に用いることができる材料は、上述した材料に限定されることなく、励起錯体を形成できる組み合わせであり、励起錯体の発光スペクトルが、ゲスト材料の吸収スペクトルと重なり、励起錯体の発光スペクトルのピークが、ゲスト材料の吸収スペクトルのピークよりも長波長であればよい。

【0124】

30

なお、ホスト材料とキャリア輸送性化合物の混合比によってキャリアバランスを制御してもよく、具体的には、ホスト材料：キャリア輸送性化合物 = 1 : 9 ~ 9 : 1 の範囲が好ましい。

【0125】

また、励起錯体は、二層の界面において形成されていてもよい。例えば、電子輸送性化合物を含む層と正孔輸送性化合物を含む層を積層すれば、その界面近傍では励起錯体が形成されるが、この二層をもって本発明の一態様の発光素子における発光層としてもよい。この場合、燐光性化合物は、該界面近傍に添加されていればよい。また、二層のうち、少なくともいずれか一方、又は双方に添加されればよい。

40

【0126】

正孔輸送層

正孔輸送層202は、正孔輸送性の物質を含む層である。

【0127】

正孔輸送性の物質としては、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であればよく、特に、 $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{V s}$ 以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。

【0128】

正孔輸送層202には、発光層に用いることができる物質として例示した正孔輸送性化

50

物を適用することができる。

【0129】

また、CzPA、t-BuDNA、DNA、DPA nth等の芳香族炭化水素化合物も用いることができる。

【0130】

電子輸送層

電子輸送層204は、電子輸送性の物質を含む層である。

【0131】

電子輸送性の物質としては、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であればよく、特に、 $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質であることが好ましい。

10

【0132】

電子輸送層204には、例えば、発光層に用いることができる物質として例示した電子輸送性化合物を適用することができる。

【0133】

また、電子輸送層は、陽極側の第1の電子輸送層と、陰極側の第2の電子輸送層と、の積層構造であってもよい。このとき、最も陰極側に位置する発光層と接する第1の電子輸送層にアントラセン骨格を有する物質やアントラセン骨格及びカルバゾール骨格を有する物質を用いることが好ましい。このような構成とすることで、劣化が遅く、駆動に伴う電圧上昇が小さい（駆動に伴う内部抵抗の上昇が少ないともいえる）発光素子を実現できる。

【0134】

20

一般に、陰極から発光層への電子の注入をスムーズにし、高い障壁を超えて電子が注入されることによる劣化を抑制するためや、駆動電圧を低くするために、電子注入層の材料、電子輸送層の材料、ホスト材料のLUMO準位は段階的に浅くなっていくように設計される。しかし、本発明の一態様の発光素子においては、電子輸送層に用いられるアントラセン骨格を有する物質のLUMO準位が最も深くなっていても、劣化が抑制されることが大きな特徴である。もちろん、当該アントラセン骨格を有する物質のLUMO準位がホスト材料や電子注入層の材料と同等、又は上述のように電子注入層の材料とホスト材料の間のLUMO準位であっても劣化を抑制することができる。

【0135】

30

アントラセン骨格を有する物質としては、例えば、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：c9D9CzPA）、4-[3-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]ジベンゾフラン（略称：2mDBFPPII）、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：2mBnfpfPA）等を好適に用いることができる。

【0136】

40

第1の電子輸送層にアントラセン骨格を有する物質を用いる際、第2の電子輸送層は有機化合物を含んで構成される。当該有機化合物は、電子輸送性の物質を用いることができる。また、第2の電子輸送層に含まれる有機化合物のLUMO準位は、ホスト材料として用いた物質のLUMO準位よりも深い位置にあることが駆動電圧の観点から好ましい構成である。なお、ヘテロ環を含まない、芳香族縮合環のみで構成されるいわゆる芳香族炭化水素は、電子輸送層の主材料として用いると、発光素子としての機能が得られない。つまり、陰極もしくは電子注入層と接する単層構造の電子輸送層にアントラセン骨格を有する物質を用いると、アントラセンは芳香族炭化水素であるため、陰極から電子輸送層に電子が注入されにくい。したがって、第1の電子輸送層にアントラセン骨格を有する物質を用いる際には、第1の電子輸送層の陰極側に第2の電子輸送層が必要となる。第2の電子輸送層に用いる有機化合物には、陰極から電子を受け取りやすく、アントラセン骨格を有する物質で構成されている第1の電子輸送層に対する電子注入障壁が小さい性質が求められる。陰極から電子を受け取りやすくするためには、電子不足型複素芳香族化合物が好ましく、ピリジン骨格を含む複素芳香環、フタラジン骨格を含む複素芳香環、ピリミジン骨格

50

を含む複素芳香環、ピラジン骨格を含む複素芳香環、トリアジン骨格を含む複素芳香環などを有する複素芳香族化合物が挙げられる。これらの複素芳香環としては、具体的には、例えば、ピリジン、ピリミジン、キノリン、キノキサリン、ジベンゾ[*f*, *h*]キノキサリン等の骨格が挙げられるが、特に有用なのはビピリジン骨格である。ビピリジン骨格としては、2, 2' - ビピリジンやフェナントロリンが好ましい。また、第1の電子輸送層に対する電子注入障壁を小さくするには、第2の電子輸送層に用いる有機化合物のLUMO準位を、第1の電子輸送層に用いられるアントラセン骨格を有する物質と同等又はより浅くすることが好ましい。ただし、上述した通り、ホスト材料よりは深いことが好ましい。

【0137】

10

第2の電子輸送層に用いることができる有機化合物としては、例えば、Alq、BA1q、BCP、BPhen、2, 9 - ビス(ナフタレン-2-イル)-4, 7 - ジフェニル-1, 10 - フェナントロリン(略称: NBphen)、BP4mPy、2, 2' - [2, 2' - ビピリジン-5, 6 - ジイルビス(ビフェニル-4, 4' - ジイル)]ビスベンゾオキサゾール(略称: BOP2BPy)等を好適に用いることができる。

【0138】

正孔注入層

正孔注入層201は、正孔注入性の物質を含む層である。

【0139】

20

正孔注入性の物質としては、例えば、モリブデン酸化物、チタン酸化物、バナジウム酸化物、レニウム酸化物、ルテニウム酸化物、クロム酸化物、ジルコニウム酸化物、ハフニウム酸化物、タンタル酸化物、銀酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等の金属酸化物等を用いることができる。

【0140】

また、フタロシアニン(略称: H₂Pc)、銅(II)フタロシアニン(略称: CuPc)等のフタロシアニン系の化合物を用いることができる。

【0141】

また、T DATA、MT DATA、DPAB、DNTPD、1, 3, 5 - トリス[N-(4 - ジフェニルアミノフェニル)-N - フェニルアミノ]ベンゼン(略称: DPAB)、PCzPCA1、PCzPCA2、PCzPCN1等の芳香族アミン化合物を用いることができる。

30

【0142】

また、PVK、PVTPA、PTPDMA、Poly-TPD等の高分子化合物、ポリ(3, 4 - エチレンジオキシチオフェン) / ポリ(スチレンスルホン酸)(PEDOT / PSS)、ポリアニリン / ポリ(スチレンスルホン酸)(PAni / PSS)等の酸を添加した高分子化合物を用いることができる。

【0143】

また、正孔注入層201を、電荷発生領域としてもよい。陽極と接する正孔注入層201が電荷発生領域であると、仕事関数を考慮せずに様々な導電性材料を該陽極に用いることができる。電荷発生領域を構成する材料については後述する。

40

【0144】

電子注入層

電子注入層205は、電子注入性の物質を含む層である。

【0145】

電子注入性の物質としては、例えば、リチウム、セシウム、カルシウム、酸化リチウム、炭酸リチウム、炭酸セシウム、フッ化リチウム、フッ化セシウム、フッ化カルシウム、フッ化エルビウム等のようなアルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属又はこれらの化合物(酸化物、炭酸塩、ハロゲン化物など)を用いることができる。

【0146】

また、電子注入層205を、電荷発生領域としてもよい。陰極と接する電子注入層205

50

が電荷発生領域であると、仕事関数を考慮せずに様々な導電性材料を該陰極に用いることができる。電荷発生領域を構成する材料については後述する。

【0147】

電荷発生領域

正孔注入層もしくは電子注入層を構成する電荷発生領域や、電荷発生領域107は、正孔輸送性の物質に電子受容体（アクセプター）が添加された構成であっても、電子輸送性の物質に電子供与体（ドナー）が添加された構成であってもよい。また、これらの両方の構成が積層されていてもよい。

【0148】

正孔輸送性の物質や電子輸送性の物質としては、発光層に用いることができる物質として例示した正孔輸送性化合物や電子輸送性化合物が挙げられる。 10

【0149】

また、電子受容体としては、7, 7, 8, 8-テトラシアノ-2, 3, 5, 6-テトラフルオロキノジメタン（略称：F4-TCNQ）、クロラニル等を挙げることができる。また、遷移金属酸化物を挙げることができる。また元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タンゲステン、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。

【0150】

また、電子供与体としては、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属、又は元素周期表における第13族に属する金属及びその酸化物、炭酸塩を用いることができる。具体的には、リチウム、セシウム、マグネシウム、カルシウム、イッテルビウム、インジウム、酸化リチウム、炭酸セシウムなどを用いることが好ましい。また、テトラチアナフタセンのような有機化合物を電子供与体として用いてもよい。 20

【0151】

なお、上述したEL層103及び電荷発生領域107を構成する層は、それぞれ、蒸着法（真空蒸着法を含む）、転写法、印刷法、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。

【0152】

本実施の形態における発光素子は、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、第1の電極101側から順に積層しても、第2の電極105側から順に積層しても良い。発光装置は一基板上に一つの発光素子を形成したものでも良いが、複数の発光素子を形成しても良い。一基板上にこのような発光素子を複数作製することで、素子分割された照明装置やパッシブマトリクス型の発光装置を作製することができる。また、ガラス、プラスチックなどからなる基板上に、例えば薄膜トランジスタ（TFT）を形成し、TFTと電気的に接続された電極上に発光素子を作製してもよい。これにより、TFTによって発光素子の駆動を制御するアクティブマトリクス型の発光装置を作製できる。なお、TFTの構造は、特に限定されない。スタガ型のTFTでもよいし逆スタガ型のTFTでもよい。また、TFTに用いる半導体の結晶性についても特に限定されず、非晶質半導体を用いてもよいし、結晶性半導体を用いてもよい。また、TFT基板に形成される駆動用回路についても、N型及びP型のTFTからなるものでもよいし、若しくはN型のTFT又はP型のTFTのいずれか一方からのみなるものであってもよい。 40

【0153】

本実施の形態で示した発光素子を用いて、パッシブマトリクス型の発光装置や、トランジスタによって発光素子の駆動が制御されたアクティブマトリクス型の発光装置を作製することができる。また、該発光装置を電子機器又は照明装置等に適用することができる。

【0154】

以上、本発明の一態様の発光素子は、発光効率が良好である。また、本発明の一態様の発 50

光素子は、寿命が長く信頼性が高い。また、本発明の一態様の発光素子は、複数の発光物質からの発光を得ることが可能である。また本発明の一態様の発光素子は、タンデム型とは異なるため、製造工程も煩雑化せず、また、中間層による電力のロスも小さい。また、白色発光素子としての利用価値も高い。

【0155】

本実施の形態は、他の実施の形態と自由に組み合わせることができる。

【0156】

(実施の形態2)

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4及び図5を用いて説明する。本実施の形態の発光装置は、本発明の一態様の発光素子を有する。該発光素子の寿命は長いため、信頼性の高い発光装置を実現できる。

10

【0157】

図4(A)は、本発明の一態様の発光装置を示す平面図であり、図4(B)は、図4(A)を一点鎖線A-Bで切断した断面図である。

【0158】

本実施の形態の発光装置は、支持基板401、封止基板405及び封止材407に囲まれた空間415内に、発光素子403を有する。発光素子403は、ボトムエミッション構造の発光素子であり、具体的には、支持基板401上に可視光を透過する第1の電極421を有し、第1の電極421上にEL層423を有し、EL層423上に第2の電極425を有する。発光素子403は実施の形態1で示した本発明の一態様が適用された発光素子である。封止基板405は発光素子403側に乾燥剤418を有する。

20

【0159】

第1の端子409aは、補助配線417及び第1の電極421と電気的に接続する。第1の電極421上には、補助配線417と重なる領域に、絶縁層419が設けられている。第1の端子409aと第2の電極425は、絶縁層419によって電気的に絶縁されている。第2の端子409bは、第2の電極425と電気的に接続する。なお、本実施の形態では、補助配線417上に第1の電極421が形成されている構成を示すが、第1の電極421上に補助配線417を形成してもよい。

【0160】

支持基板401と大気との界面に光取り出し構造411aを有することが好ましい。大気と支持基板401の界面に光取り出し構造411aを設けることで、全反射の影響で大気に取り出せない光を低減し、発光装置の光の取り出し効率を向上させることができる。

30

【0161】

また、発光素子403と支持基板401との界面に光取り出し構造411bを有することが好ましい。光取り出し構造411bが凹凸を有する場合、光取り出し構造411bと第1の電極421の間に、平坦化層413を設けることが好ましい。これによって、第1の電極421を平坦な膜とすることができます、EL層423における第1の電極421の凹凸に起因するリーク電流の発生を抑制することができます。また、平坦化層413と支持基板401との界面に、光取り出し構造411bを有するため、全反射の影響で大気に取り出せない光を低減し、発光装置の光の取り出し効率を向上させることができます。

40

【0162】

平坦化層413は、光取り出し構造411bと接する面よりも、第1の電極421と接する面のほうが平坦である。平坦化層413の材料としては、透光性を有し、高屈折率であるガラス、樹脂等を用いることができる。

【0163】

図5(A)は、本発明の一態様の発光装置を示す平面図であり、図5(B)は、図5(A)を一点鎖線C-Dで切断した断面図である。

【0164】

本実施の形態に係るアクティブマトリクス型の発光装置は、支持基板501上に、発光部551、駆動回路部552(ゲート側駆動回路部)、駆動回路部553(ソース側駆動回

50

路部)及び封止材507を有する。発光部551及び駆動回路部552、553は、支持基板501、封止基板505及び封止材507で形成された空間515に封止されている。

【0165】

図5(B)にはカラーフィルタ方式を適用して作製した場合の発光部551を示す。

【0166】

発光部551は、スイッチング用のトランジスタ541aと、電流制御用のトランジスタ541bと、トランジスタ541bの配線(ソース電極又はドレイン電極)に電気的に接続された第1の電極521とを含む複数の発光ユニットにより形成されている。

【0167】

発光部551が有する発光素子503は、トップエミッション構造であり、第1の電極521と、EL層523と、可視光を透過する第2の電極525とで構成されている。また、第1の電極521の端部を覆って隔壁519が形成されている。

【0168】

支持基板501上には、駆動回路部552、553に外部からの信号(ビデオ信号、クロック信号、スタート信号、又はリセット信号等)や電位を伝達する外部入力端子を接続するための引き出し配線517が設けられる。ここでは、外部入力端子としてFPC509(Flexible Printed Circuit)を設ける例を示している。

【0169】

駆動回路部552、553は、トランジスタを複数有する。図5(B)では、駆動回路部552が有するトランジスタのうち、2つのトランジスタ(トランジスタ542及びトランジスタ543)を示している。

【0170】

工程数の増加を防ぐため、引き出し配線517は、発光部や駆動回路部に用いる電極や配線と同一の材料、同一の工程で作製することが好ましい。本実施の形態では、引き出し配線517を、発光部551及び駆動回路部552に含まれるトランジスタのソース電極及びドレイン電極と同一の材料、同一の工程で作製した例を示す。

【0171】

図5(B)において、封止材507は、引き出し配線517上の第1の絶縁層511と接している。封止材507は金属との密着性が低い場合がある。したがって、封止材507は、引き出し配線517上に設けられた無機絶縁膜と接することが好ましい。このような構成とすることで、封止性及び密着性が高く、信頼性の高い発光装置を実現することができる。無機絶縁膜としては、金属や半導体の酸化物膜、金属や半導体の窒化物膜、金属や半導体の酸窒化物膜が挙げられ、具体的には、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、酸化チタン膜等が挙げられる。

【0172】

また、第1の絶縁層511は、トランジスタを構成する半導体への不純物の拡散を抑制する効果を奏する。また、第2の絶縁層513は、トランジスタ起因の表面凹凸を低減するために平坦化機能を有する絶縁膜を選択することが好適である。

【0173】

図5(B)に示す封止基板505には、発光素子503(の発光領域)と重なる位置に、着色層であるカラーフィルタ533が設けられており、隔壁519と重なる位置に、ブラックマトリクス531が設けられている。さらに、カラーフィルタ533及びブラックマトリクス531を覆うオーバーコート層535が設けられている。

【0174】

本発明の一態様の発光装置に用いることができる材料の一例を記す。

【0175】

[基板]

発光素子からの光を取り出す側の基板には該光を透過する材料を用いる。例えば、ガラス

10

20

30

40

50

、石英、セラミック、サファイア、有機樹脂などの材料を用いることができる。また、フレキシブルな発光装置の基板には可撓性を有する材料を用いる。

【0176】

ガラスとしては、例えば、無アルカリガラス、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス等を用いることができる。

【0177】

可撓性及び可視光に対する透過性を有する材料としては、例えば、可撓性を有する程度の厚さのガラスや、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)等のポリエスチル樹脂、ポリアクリロニトリル樹脂、ポリイミド樹脂、ポリメチルメタクリレート樹脂、ポリカーボネート(PC)樹脂、ポリエーテルスルホン(PES)樹脂、ポリアミド樹脂、シクロオレフィン樹脂、ポリスチレン樹脂、ポリアミドイミド樹脂、ポリ塩化ビニル樹脂等が挙げられる。特に、熱膨張係数の低い材料を用いることができる。また、ガラス繊維に有機樹脂を含浸した基板や、無機フィラーを有機樹脂に混ぜて熱膨張係数を下げた基板を使用することもできる。このような材料を用いた基板は、重量が軽いため、該基板を用いた発光装置も軽量にすることができる。

10

【0178】

また、発光を取り出さない側の基板は、透光性を有していないために、上記に挙げた基板の他に、金属材料や合金材料を用いた金属基板等を用いることもできる。金属材料や合金材料は熱伝導性が高く、封止基板全体に熱を容易に伝導できるため、発光装置の局所的な温度上昇を抑制することができ、好ましい。可撓性や曲げ性を得るために、金属基板の厚さは、10μm以上200μm以下が好ましく、20μm以上50μm以下であることがより好ましい。

20

【0179】

金属基板を構成する材料としては、特に限定はないが、例えば、アルミニウム、銅、ニッケル、又はアルミニウム合金もしくはステンレス等の金属の合金などを好適に用いることができる。

【0180】

また、導電性の基板の表面を酸化する、又は表面に絶縁膜を形成するなどにより、絶縁処理が施された基板を用いてもよい。例えば、スピンコート法やディップ法などの塗布法、電着法、蒸着法、又はスパッタリング法などを用いて絶縁膜を形成してもよいし、酸素雰囲気で放置する又は加熱するほか、陽極酸化法などによって、基板の表面に酸化膜を形成してもよい。

30

【0181】

可撓性の基板としては、上記材料を用いた層が、発光装置の表面を傷などから保護するハードコート層(例えば、窒化シリコン層など)や、押圧を分散可能な材質の層(例えば、アラミド樹脂層など)等と積層されて構成されていてもよい。また、水分等による発光素子の寿命の低下等を抑制するために、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜等の窒素と珪素を含む膜や、窒化アルミニウム膜等の窒素とアルミニウムを含む膜等の透水性の低い絶縁膜を有していてもよい。

40

【0182】

基板は、複数の層を積層して用いることができる。特に、ガラス層を有する構成とすると、水や酸素に対するバリア性を向上させ、信頼性の高い発光装置とすることができる。

【0183】

例えば、発光素子に近い側からガラス層、接着層、及び有機樹脂層を積層した基板を用いることができる。当該ガラス層の厚さとしては20μm以上200μm以下、好ましくは25μm以上100μm以下とする。このような厚さのガラス層は、水や酸素に対する高いバリア性と可撓性を同時に実現できる。また、有機樹脂層の厚さとしては、10μm以上200μm以下、好ましくは20μm以上50μm以下とする。このような有機樹脂層をガラス層よりも外側に設けることにより、ガラス層の割れやクラックを抑制し、機械的

50

強度を向上させることができる。このようなガラス材料と有機樹脂の複合材料を基板に適用することにより、極めて信頼性が高いフレキシブルな発光装置とすることができます。

【0184】

[絶縁膜]

支持基板と発光素子の間や支持基板とトランジスタの間に、絶縁膜を形成してもよい。絶縁膜は、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコンなどの無機絶縁材料を用いて形成できる。特に、トランジスタや発光素子への水分等の侵入を抑制するため、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化アルミニウム膜等の透水性の低い絶縁膜を用いることが好ましい。同様の目的や材料で、トランジスタや発光素子を覆う絶縁膜を設けてもよい。

10

【0185】

[発光素子]

本発明の一態様の発光装置は、実施の形態1に示した発光素子を1以上有する。

【0186】

[隔壁]

隔壁には、有機樹脂又は無機絶縁材料を用いることができる。有機樹脂としては、例えば、ポリイミド樹脂、ポリアミド樹脂、アクリル樹脂、シロキサン樹脂、エポキシ樹脂、又はフェノール樹脂等を用いることができる。無機絶縁材料としては、酸化シリコン、酸化窒化シリコン等を用いることができる。隔壁の作製が容易となるため、特に感光性の樹脂を用いることが好ましい。

20

【0187】

隔壁の形成方法は、特に限定されず、例えば、フォトリソグラフィ法、スパッタ法、蒸着法、液滴吐出法（インクジェット法等）、印刷法（スクリーン印刷、オフセット印刷等）等を用いればよい。

【0188】

[補助配線]

補助配線は必ずしも設ける必要は無いが、電極の抵抗に起因する電圧降下を抑制するため、設けることが好ましい。

【0189】

補助配線の材料は、銅（Cu）、チタン（Ti）、タンタル（Ta）、タングステン（W）、モリブデン（Mo）、クロム（Cr）、ネオジム（Nd）、スカンジウム（Sc）、ニッケル（Ni）、から選ばれた材料又はこれらを主成分とする合金材料を用いて、単層で又は積層して形成する。また、補助配線の材料としてアルミニウムを用いることもできる。アルミニウムを用いる場合には、透明酸化物導電材料を直接接して設けると腐食する恐れがある。そのため、腐食が生じないように補助配線を積層構造とし、ITOなどと接しない層にアルミニウムを用いることが好ましい。補助配線の膜厚は、0.1μm以上3μm以下とすることができ、好ましくは、0.1μm以上0.5μm以下である。

30

【0190】

補助配線の材料にペースト（銀ペーストなど）を用いると、補助配線を構成する金属が粒状になって凝集する。そのため、補助配線の表面が粗く隙間の多い構成となり、例えば絶縁層419上に補助配線を設けても、EL層が補助配線を完全に覆うことが難しく、上部電極と補助配線との電気的な接続をとることが容易になり好ましい。

40

【0191】

[封止材]

発光装置の封止方法は限定されず、例えば、固体封止であっても中空封止であってもよい。例えば、ガラスフリットなどのガラス材料や、二液混合型の樹脂などの常温で硬化する硬化樹脂、光硬化性の樹脂、熱硬化性の樹脂などの樹脂材料を用いることができる。発光装置は、窒素やアルゴンなどの不活性な気体で充填されていてもよく、PVC（ポリビニルクロライド）樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、シリコーン樹脂、PVB（ポリビニルブチラル）樹脂、EVA（エチレンビニルアセテート）樹脂等の樹脂

50

で充填されていてもよい。また、樹脂内に乾燥剤が含まれていてもよい。

【0192】

[光取り出し構造]

光取り出し構造としては、半球レンズ、マイクロレンズアレイ、凹凸構造が施されたフィルム、光拡散フィルム等を用いることができる。例えば、基板上に上記レンズやフィルムを、該基板又は該レンズもしくはフィルムと同程度の屈折率を有する接着剤等を用いて接着することで、光取り出し構造を形成することができる。

【0193】

[トランジスタ]

本発明の一態様の発光装置はトランジスタを有していてもよい。トランジスタの構造は限定されず、トップゲート型のトランジスタを用いてもよいし、逆スタガ型などのボトムゲート型のトランジスタを用いてもよい。また、nチャネル型トランジスタを用いても、pチャネル型トランジスタを用いてもよい。また、トランジスタに用いる材料についても特に限定されない。例えば、シリコンやIn-Ga-Zn系金属酸化物等の酸化物半導体をチャネル形成領域に用いたトランジスタを適用することができる。

10

【0194】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

【0195】

(実施の形態3)

本実施の形態では、本発明の一態様を適用した発光装置を用いた電子機器及び照明装置の一例について、図6及び図7を用いて説明する。

20

【0196】

本実施の形態の電子機器は、表示部に本発明の一態様の発光装置を有する。また、本実施の形態の照明装置は、発光部(照明部)に本発明の一態様の発光装置を有する。本発明の一態様の発光装置を適用することで、信頼性の高い電子機器や照明装置を実現できる。

【0197】

発光装置を適用した電子機器として、例えば、テレビジョン装置(テレビ、又はテレビジョン受信機ともいう)、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機(携帯電話、携帯電話装置ともいう)、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。これらの電子機器及び照明装置の具体例を図6及び図7に示す。

30

【0198】

図6(A)は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置7100は、筐体7101に表示部7102が組み込まれている。表示部7102では、映像を表示することが可能である。本発明の一態様を適用した発光装置は、表示部7102に用いることができる。また、ここでは、スタンド7103により筐体7101を支持した構成を示している。

【0199】

テレビジョン装置7100の操作は、筐体7101が有する操作スイッチや、別体のリモコン操作機7111により行うことができる。リモコン操作機7111が有する操作キーにより、チャンネルや音量の操作を行うことができ、表示部7102に表示される映像を操作することができる。また、リモコン操作機7111に、当該リモコン操作機7111から出力する情報を表示する表示部を設ける構成としてもよい。

40

【0200】

なお、テレビジョン装置7100は、受信機やモデムなどを有する構成とする。受信機により一般的のテレビ放送の受信を行うことができ、さらにモデムを介して有線又は無線による通信ネットワークに接続することにより、一方向(送信者から受信者)又は双方向(送信者と受信者間、あるいは受信者間同士など)の情報通信を行うことも可能である。

【0201】

図6(B)は、コンピュータの一例を示している。コンピュータ7200は、本体720

50

1、筐体 7202、表示部 7203、キーボード 7204、外部接続ポート 7205、ポインティングデバイス 7206 等を含む。なお、コンピュータは、本発明の一態様の発光装置をその表示部 7203 に用いることにより作製される。

【0202】

図 6 (C) は、携帯型ゲーム機の一例を示している。携帯型ゲーム機 7300 は、筐体 7301a 及び筐体 7301b の二つの筐体で構成されており、連結部 7302 により、開閉可能に連結されている。筐体 7301a には表示部 7303a が組み込まれ、筐体 7301b には表示部 7303b が組み込まれている。また、図 6 (C) に示す携帯型ゲーム機は、スピーカ部 7304、記録媒体挿入部 7305、操作キー 7306、接続端子 7307、センサ 7308 (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)、LED ランプ、マイクロフォン等を有している。もちろん、携帯型ゲーム機の構成は上述のものに限定されず、少なくとも表示部 7303a、表示部 7303b の両方、又は一方に本発明の一態様の発光装置を用いていればよく、その他付属設備が適宜設けられた構成とすることができる。図 6 (C) に示す携帯型ゲーム機は、記録媒体に記録されているプログラム又はデータを読み出して表示部に表示する機能や、他の携帯型ゲーム機と無線通信を行って情報を共有する機能を有する。なお、図 6 (C) に示す携帯型ゲーム機が有する機能はこれに限定されず、様々な機能を有することができる。

【0203】

図 6 (D) は、携帯電話機の一例を示している。携帯電話機 7400 は、筐体 7401 に組み込まれた表示部 7402 の他、操作ボタン 7403、外部接続ポート 7404、スピーカ 7405、マイク 7406 などを有している。なお、携帯電話機 7400 は、本発明の一態様の発光装置を表示部 7402 に用いることにより作製される。

【0204】

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

【0205】

表示部 7402 の画面は主として 3 つのモードがある。第 1 は、画像の表示を主とする表示モードであり、第 2 は、文字等の情報の入力を主とする入力モードである。第 3 は表示モードと入力モードの二つのモードが混合した表示 + 入力モードである。

【0206】

例えば、電話を掛ける、或いはメールを作成する場合は、表示部 7402 を文字の入力を主とする入力モードとし、画面に表示させた文字の入力操作を行えばよい。

【0207】

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

【0208】

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

【0209】

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

【0210】

表示部 7402 は、イメージセンサとして機能させることもできる。例えば、表示部 74

10

20

30

40

50

02に掌や指で触れ、掌紋、指紋等を撮像することで、本人認証を行うことができる。また、表示部に近赤外光を発光するバックライト又は近赤外光を発光するセンシング用光源を用いれば、指静脈、掌静脈などを撮像することもできる。

【0211】

図6(E)は、二つ折り可能なタブレット型端末(開いた状態)の一例を示している。タブレット型端末7500は、筐体7501a、筐体7501b、表示部7502a、表示部7502bを有する。筐体7501aと筐体7501bは、軸部7503により接続されており、該軸部7503を軸として開閉動作を行うことができる。また、筐体7501aは、電源7504、操作キー7505、スピーカ7506等を有している。なお、タブレット型端末7500は、本発明の一態様の発光装置を表示部7502a、表示部7502bの両方、又は一方に用いることにより作製される。10

【0212】

表示部7502aや表示部7502bは、少なくとも一部をタッチパネルの領域とすることができる、表示された操作キーに触れることでデータ入力をすることができる。例えば、表示部7502aの全面にキーボードボタンを表示させてタッチパネルとし、表示部7502bを表示画面として用いることができる。

【0213】

図7(A)に示す室内の照明装置7601、ロール型の照明装置7602、卓上照明装置7603、及び面状照明装置7604は、それぞれ本発明の一態様の発光装置を用いた照明装置の一例である。本発明の一態様の発光装置は大面積化も可能であるため、大面積の照明装置として用いることができる。また、厚みが薄いため、壁に取り付けて使用することができる。20

【0214】

図7(B)に示す卓上照明装置は、照明部7701、支柱7703、支持台7705等を有する。照明部7701には、本発明の一態様の発光装置が用いられている。本発明の一態様では、発光部が曲面を有する照明装置、又はフレキシブルに曲がる照明部を有する照明装置を実現することができる。このように、フレキシブルな発光装置を照明装置に用いることで、照明装置のデザインの自由度が向上するのみでなく、例えば、自動車の天井、ダッシュボード等の曲面を有する場所にも照明装置を設置することが可能となる。30

【0215】

本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

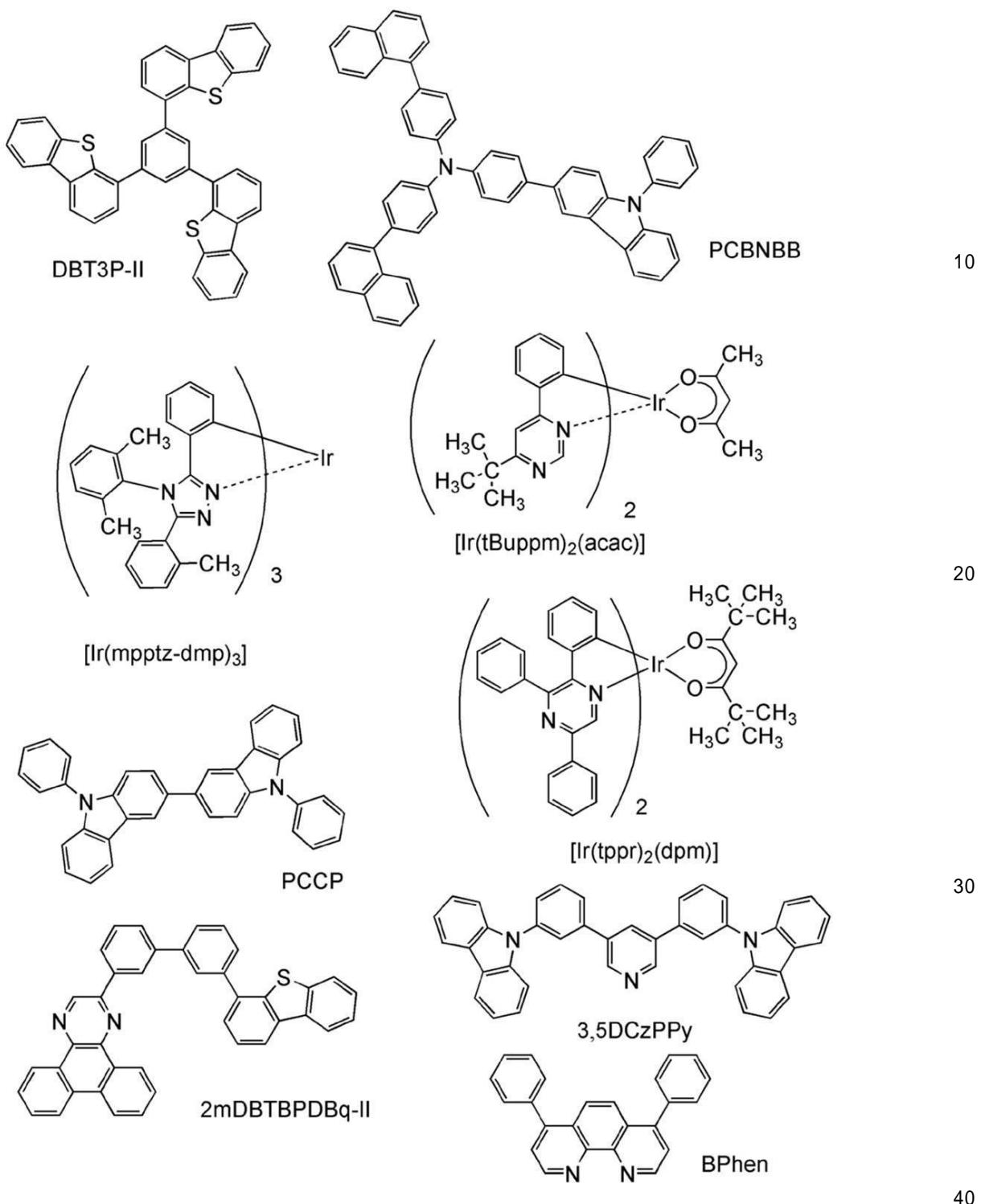
【実施例1】

【0216】

本実施例では、本発明の一態様の発光素子について図8を用いて説明する。本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

【0217】

【化1】



【0218】

本実施例の発光素子は、3つの発光層を有する。発光素子1では、陽極側から、緑色発光層、赤色発光層、青色発光層が積層されている。比較発光素子2では、陽極側から、赤色発光層、緑色発光層、青色発光層が積層されている。以下に本実施例の発光素子1及び比較発光素子2の作製方法を示す。

【0219】

(発光素子1)

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物(ITO)膜をスパッタリング法にて成膜し、第1の電極1101を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。ここで、第1の電極1101は、発光素子の陽極とし

て機能する電極である。

【0220】

次に、ガラス基板上に発光素子を形成するための前処理として、基板表面を水で洗浄し、200℃で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。

【0221】

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

【0222】

次に、第1の電極1101が形成された面が下方となるように、第1の電極1101が形成されたガラス基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、 10^{-4} Pa程度まで減圧した後、第1の電極1101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、4,4',4''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリ(ジベンゾチオフェン)(略称:DBT3P-II)と酸化モリブデン(VI)を共蒸着することで、正孔注入層1111を形成した。その膜厚は、40nmとし、DBT3P-IIと酸化モリブデンの比率は、重量比で2:1(=DBT3P-II:酸化モリブデン)となるように調節した。なお、共蒸着法とは、一つの処理室内で、複数の蒸発源から同時に蒸着を行う蒸着法である。

【0223】

次に、正孔注入層1111上に、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)を20nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層1112を形成した。

【0224】

さらに、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:2mDBTBPDBq-II)、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)及び(アセチルアセトナト)ビス(6-tert-ブチル-4-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(tBu ppm)₂(acac)])を共蒸着することで、正孔輸送層1112上に緑色発光層である第1の発光層1113aを形成した。その膜厚は20nmとし、2mDBTBPDBq-II、PCBNBB及び[Ir(tBu ppm)₂(acac)]の重量比は、0.7:0.3:0.05(=2mDBTBPDBq-II:PCBNBB:[Ir(tBu ppm)₂(acac)])となるように調節した。

【0225】

次に、2mDBTBPDBq-II、PCBNBB及びビス(2,3,5-トリフェニルピラジナト)(ジピバロイルメタナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(tppr)₂(dpm)])を共蒸着することで、第1の発光層1113a上に赤色発光層である第2の発光層1113bを形成した。その膜厚は5nmとし、2mDBTBPDBq-II、PCBNBB及び[Ir(tppr)₂(dpm)]の重量比は、0.8:0.2:0.05(=2mDBTBPDBq-II:PCBNBB:[Ir(tppr)₂(dpm)])となるように調節した。

【0226】

次に、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)、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)及びトリス{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])を共蒸着することで、第2の発光層1113b上に青色発光層である第3の発光層1113cを形成した。その膜厚は30nmとし、3,5DCzPPy、PCCP及び[Ir(mpptz-dmp)₃]の重量比は、0.3:0.7:0.06(=3,5DCzPPy:PCCP:[Ir(mpptz-dmp)₃])となるように調節した

。

【0227】

次に、3,5DCzPPyを膜厚10nmとなるように蒸着し、さらにバソフェナントロリン(略称:BPhe n)を膜厚20nmとなるように蒸着することで、第3の発光層1113c上に電子輸送層1114を形成した。

【0228】

さらに、フッ化リチウム(LiF)を膜厚1nmとなるように蒸着することで、電子輸送層1114上に電子注入層1115を形成した。

【0229】

最後に、陰極として機能する第2の電極1103として、アルミニウムを膜厚200nm 10となるように蒸着した。

【0230】

(比較発光素子2)

比較発光素子2は、発光層(第1の発光層1113a、第2の発光層1113b、及び第3の発光層1113c)以外は発光素子1と同様に作製した。以下では比較発光素子2の発光層の作製方法を説明する。

【0231】

まず、2mDBTBPDBq-II、PCBNBB及び[Ir(tppr)₂(dpm)]を共蒸着することで、正孔輸送層1112上に赤色発光層である第1の発光層1113aを形成した。その膜厚は10nmとし、2mDBTBPDBq-II、PCBNBB及び[Ir(tppr)₂(dpm)]の重量比は、0.5:0.5:0.05(=2mDBTBPDBq-II:PCBNBB:[Ir(tppr)₂(dpm)])となるように調節した。 20

【0232】

次に、2mDBTBPDBq-II、PCBNBB及び[Ir(tBu ppm)₂(aac)]を共蒸着することで、第1の発光層1113a上に緑色発光層である第2の発光層1113bを形成した。その膜厚は10nmとし、2mDBTBPDBq-II、PCBNBB及び[Ir(tBu ppm)₂(aac)]の重量比は、0.5:0.5:0.05(=2mDBTBPDBq-II:PCBNBB:[Ir(tBu ppm)₂(aac)])となるように調節した。 30

【0233】

そして、3,5DCzPPy、PCCP及び[Ir(mpptz-dmp)₃]を共蒸着することで、第2の発光層1113b上に青色発光層である第3の発光層1113cを形成した。その膜厚は30nmとし、3,5DCzPPy、PCCP及び[Ir(mpptz-dmp)₃]の重量比は、0.5:0.5:0.06(=3,5DCzPPy:PCCP:[Ir(mpptz-dmp)₃])となるように調節した。

【0234】

なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【0235】

以上により得られた本実施例の発光素子の素子構造を表1に示す。 40

【0236】

【表1】

第1の電極	正孔注入層	正孔輸送層	発光層	電子輸送層		電子注入層	第2の電極
ITSO 110nm	DBT3P-II :MoO _x (=2:1) 40nm	PCBNBB 20nm	*	3,5DCzPPy 10nm	BPhen 20nm	LiF 1nm	Al 200nm

10

* 発光素子1の発光層		
第1の発光層	第2の発光層	第3の発光層
2mDBTBPDBq-II :PCBNBB: [Ir(tBu _{ppm}) ₂ (acac)] (=0.7:0.3:0.05) 20nm	2mDBTBPDBq-II :PCBNBB: [Ir(tppr) ₂ (dpm)] (=0.8:0.2:0.05) 5nm	3,5DCzPPy :PCCP: [Ir(mpptz-dmp) ₃] (=0.3:0.7:0.06) 30nm

20

* 比較発光素子2の発光層		
第1の発光層	第2の発光層	第3の発光層
2mDBTBPDBq-II :PCBNBB: [Ir(tppr) ₂ (dpm)] (=0.5:0.5:0.05) 10nm	2mDBTBPDBq-II :PCBNBB: [Ir(tBu _{ppm}) ₂ (acac)] (=0.5:0.5:0.05) 10nm	3,5DCzPPy :PCCP: [Ir(mpptz-dmp) ₃] (=0.5:0.5:0.06) 30nm

30

【0237】 発光素子1及び比較発光素子2を、窒素雰囲気のグローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業を行った後、本実施例の発光素子の動作特性について測定を行った。なお、測定は室温(25℃に保たれた雰囲気)で行った。

【0238】

本実施例の発光素子の輝度-電流効率特性を図9に示す。図9において、横軸は輝度(c d / m²)を、縦軸は電流効率(c d / A)を表す。また、電圧-輝度特性を図10に示す。図10において、横軸は電圧(V)を、縦軸は輝度(c d / m²)を表す。また、輝度-外部量子効率特性を図11に示す。図11において、横軸は輝度(c d / m²)を、縦軸は外部量子効率(%)を表す。また、本実施例の発光素子における輝度1000 c d / m²の時の電圧(V)、電流密度(m A / cm²)、CIE色度座標(x, y)、電流効率(c d / A)、パワー効率(1 m / W)、外部量子効率(%)を表2に示す。

40

【0239】

【表2】

	電圧(V)	電流密度 (mA/cm ²)	色度x 色度y	電流効率 (cd/A)	パワー効率 (lm/W)	外部 量子効率(%)
発光素子1	4.8	2.3	0.46 0.46	48	32	21
比較発光素子2	4.6	2.2	0.44 0.44	41	28	20

【0240】

以上のように、発光素子1及び比較発光素子2は良好な素子特性を示すことがわかった。

10

【0241】

また、本実施例の発光素子の発光スペクトルを、図12に示す。図12において、横軸は波長(nm)、縦軸は発光強度(任意単位)を表す。輝度1000cd/m²の時の発光素子1のCIE色度座標は(x, y)=(0.46, 0.46)であった。輝度1000cd/m²の時の比較発光素子2のCIE色度座標は(x, y)=(0.44, 0.44)であった。図12及び表2に示す通り、本実施例の発光素子は、[Ir(tppr)₂(dpm)]由来の赤色の光、[Ir(tBuppm)₂(acac)]由来の緑色の光、及び[Ir(mpptz-dmp)₃]由来の青色の光がいずれも含まれる発光スペクトルを示すことがわかった。

【0242】

20

次に、発光素子1及び比較発光素子2の信頼性試験を行った。信頼性試験の結果を図13に示す。図13において、縦軸は初期輝度を100%とした時の規格化輝度(%)を示し、横軸は素子の駆動時間(h)を示す。信頼性試験は、室温で行い、初期輝度を3000cd/m²に設定し、電流密度一定の条件で本実施例の発光素子を駆動した。図13から、発光素子1は、各発光層から得られる発光が全て燐光であるにも関わらず、1000時間経過後も初期輝度の51%を保っており、耐久性の高い素子であることがわかった。一方、比較発光素子2は370時間後の輝度が初期輝度の50%未満であった。この信頼性試験の結果から、発光素子1は、比較発光素子2に比べて長寿命であることが明らかとなつた。

【0243】

30

比較発光素子2では、青色発光層と緑色発光層が接するため、青色発光層に含まれる[Ir(mpptz-dmp)₃]の三重項励起状態の励起子のエネルギーの一部が青色発光層で生成されたクエンチャに移動した後、そのエネルギーが緑色発光層に含まれる[Ir(tBuppm)₂(acac)]の三重項励起状態に移動することは難しい。一方、発光素子1では、青色発光層と赤色発光層が接するため、励起子のエネルギーの一部が、青色発光層で生成されたクエンチャに移動した後、そのエネルギーが赤色発光層に含まれる[Ir(tppr)₂(dpm)]の三重項励起状態に移動することができる。また、発光素子1では、各発光層にてキャリアの再結合が行われるため、各発光層に含まれる燐光性化合物の各々から発光を得ることができる。したがって、発光素子1は、比較発光素子2に比べて寿命が長いと考えられる。

40

【0244】

本実施例の結果から、本発明の一態様である発光素子1は、良好な素子特性を有し、寿命が長く、3種類のゲスト材料からの光がバランスよく得られる発光素子であることがわかった。

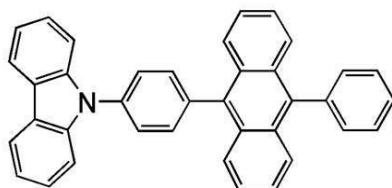
【実施例2】

【0245】

本実施例では、本発明の一態様の発光素子について図8を用いて説明する。本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。なお、既に示した材料については省略する。

【0246】

【化2】



CzPA

【0247】

10

以下に本実施例の発光素子3の作製方法を示す。

【0248】

(発光素子3)

まず、発光素子1と同様に、ガラス基板上に、第1の電極1101、正孔注入層1111、正孔輸送層1112を形成した。

【0249】

次に、2mDBTBPD Bq-II、PCBNBB及び[Ir(tBu ppm)₂(acac)]を共蒸着することで、正孔輸送層1112上に緑色発光層である第1の発光層1113aを形成した。その膜厚は20nmとし、2mDBTBPD Bq-II、PCBNBB及び[Ir(tBu ppm)₂(acac)]の重量比は、0.8:0.2:0.05(=2mDBTBPD Bq-II:PCBNBB:[Ir(tBu ppm)₂(acac)])となるように調節した。

20

【0250】

次に、2mDBTBPD Bq-II、PCBNBB及び[Ir(tppr)₂(dpm)]を共蒸着することで、第1の発光層1113a上に赤色発光層である第2の発光層1113bを形成した。その膜厚は5nmとし、2mDBTBPD Bq-II、PCBNBB及び[Ir(tppr)₂(dpm)]の重量比は、0.8:0.2:0.05(=2mDBTBPD Bq-II:PCBNBB:[Ir(tppr)₂(dpm)])となるように調節した。

30

【0251】

次に、3,5DCzPPy、PCCP及び[Ir(mpptz-dmp)₃]を共蒸着することで、第2の発光層1113b上に青色発光層である第3の発光層1113cを形成した。その膜厚は30nmとし、3,5DCzPPy、PCCP及び[Ir(mpptz-dmp)₃]の重量比は、0.7:0.3:0.06(=3,5DCzPPy:PCCP:[Ir(mpptz-dmp)₃])となるように調節した。

【0252】

次に、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)を膜厚10nmとなるように蒸着し、さらにBPhenを膜厚15nmとなるように蒸着することで、第3の発光層1113c上に電子輸送層1114を形成した。

40

【0253】

さらに、フッ化リチウム(LiF)を膜厚1nmとなるように蒸着することで、電子輸送層1114上に電子注入層1115を形成した。

【0254】

最後に、陰極として機能する第2の電極1103として、アルミニウムを膜厚200nmとなるように蒸着した。

【0255】

なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【0256】

以上により得られた本実施例の発光素子の素子構造を表3に示す。

50

【0257】

【表3】

第1の電極	正孔注入層	正孔輸送層	発光層	電子輸送層		電子注入層	第2の電極
ITSO 110nm	DBT3P-II :MoO _x (=2:1) 40nm	PCBNBB 20nm	*	CzPA 10nm	BPhen 15nm	LiF 1nm	Al 200nm

10

* 発光素子3の発光層		
第1の発光層	第2の発光層	第3の発光層
2mDBTBPDBq-II :PCBNBB: [Ir(tBu _{ppm}) ₂ (acac)] (=0.8:0.2:0.05) 20nm	2mDBTBPDBq-II :PCBNBB: [Ir(tppr) ₂ (dpm)] (=0.8:0.2:0.05) 5nm	3,5DCzPPy :PCCP: [Ir(mpptz-dmp) ₃] (=0.7:0.3:0.06) 30nm

20

【0258】

発光素子3を、窒素雰囲気のグローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業を行った後、本実施例の発光素子の動作特性について測定を行った。なお、測定は室温（25に保たれた雰囲気）で行った。

【0259】

本実施例の発光素子の輝度 - 電流効率特性を図14に示す。図14において、横軸は輝度（cd/m²）を、縦軸は電流効率（cd/A）を表す。また、電圧 - 輝度特性を図15に示す。図15において、横軸は電圧（V）を、縦軸は輝度（cd/m²）を表す。また、輝度 - 外部量子効率特性を図16に示す。図16において、横軸は輝度（cd/m²）を、縦軸は外部量子効率（%）を表す。また、発光素子3における輝度1000cd/m²の時の電圧（V）、電流密度（mA/cm²）、CIE色度座標（x、y）、電流効率（cd/A）、パワー効率（lm/W）、外部量子効率（%）を表4に示す。

30

【0260】

【表4】

	電圧(V)	電流密度 (mA/cm ²)	色度x 色度y	電流効率 (cd/A)	パワー効率 (lm/W)	外部 量子効率(%)
発光素子3	5.4	2.3	0.46 0.47	42	24	19

40

【0261】

以上のように、発光素子3は良好な素子特性を示すことがわかった。

【0262】

また、本実施例の発光素子の発光スペクトルを、図17に示す。図17において、横軸は波長（nm）、縦軸は発光強度（任意単位）を表す。輝度1000cd/m²の時の発光素子3のCIE色度座標は（x, y）=（0.46, 0.47）であった。図17及び表4に示す通り、本実施例の発光素子は、[Ir(tppr)₂(dpm)]由来の赤色の光、[Ir(tBu_{ppm})₂(acac)]由来の緑色の光、及び[Ir(mpptz-dmp)₃]由来の青色の光がいずれも含まれる発光スペクトルを示すことがわかった。

50

【0263】

次に、発光素子3の信頼性試験を行った。信頼性試験の結果を図18及び図19に示す。図18において、縦軸は初期輝度を100%とした時の規格化輝度(%)を示し、横軸は素子の駆動時間(h)を示す。図19において、縦軸は初期電圧を0Vとしたときの規格化電圧を示し、横軸は素子の駆動時間(h)を示す。信頼性試験は、室温で行い、初期輝度を3000cd/m²に設定し、電流密度一定の条件で本実施例の発光素子を駆動した。図18から、発光素子3は、各発光層から得られる発光が全て燐光であるにも関わらず、1100時間経過後も初期輝度の72%を保っていた。この信頼性試験の結果から、発光素子3は、長寿命であることが明らかとなった。また、図19から、発光素子3は、駆動時間に伴う電圧上昇の小さい良好な信頼性を有する発光素子であることがわかった。 10

【0264】

発光素子3の電子輸送層では、陽極側の層に、アントラセン骨格を有する物質であるCzPAを用い、陰極側の層に、電子不足型複素芳香族化合物であるBPhenを用いた。これにより、発光素子3では、駆動に伴う電圧上昇が小さかったと考えられる。

【0265】

本実施例の結果から、本発明の一態様である発光素子3は、良好な素子特性を有し、寿命が長く、3種類のゲスト材料からの光がバランスよく得られる発光素子であることがわかった。

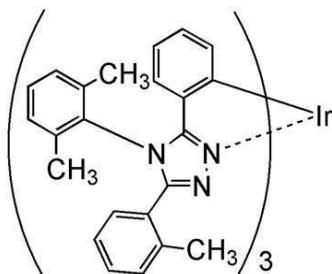
【0266】

(参考例)

上記実施例で用いたトリス{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])の合成方法について説明する。 20

【0267】

【化3】



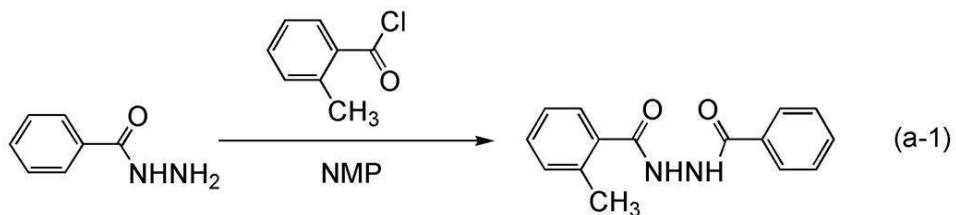
【0268】

<ステップ1；N-ベンゾイル-N'-2-メチルベンゾイルヒドラジドの合成>

まず、ベンゾイルヒドラジン15.0g(110.0mmol)、N-メチル-2-ピロリジノン(NMP)75m1を300m1三口フラスコに入れ、氷冷下で攪拌した。この混合溶液にo-トルイル酸クロリド17.0g(110.0mmol)とNMP15m1の混合溶液をゆっくり滴下した。滴下後、室温で24時間攪拌した。所定時間反応後、この反応溶液を水500m1にゆっくり加えると、白色固体が析出した。析出した固体を水と1M塩酸で交互に超音波洗浄した。その後、ヘキサンで超音波洗浄を行い、N-ベンゾイル-N'-2-メチルベンゾイルヒドラジドの白色固体を19.5g、収率70%で得た。ステップ1の合成スキームを下記(a-1)に示す。 40

【0269】

【化4】



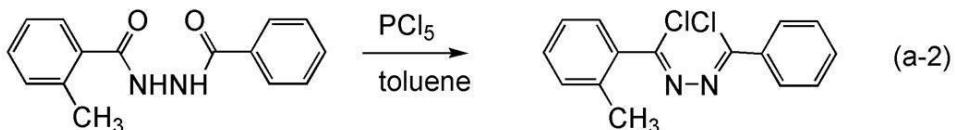
【0270】

<ステップ2；[クロロ(2-メチルフェニル)メタノン] [クロロ(フェニル)メチリデン]ヒドラゾンの合成> 10

次に、上記ステップ1で得たN-ベンゾイル-N'-2-メチルベンゾイルヒドラジド12.0g(47.2mmol)、トルエン200mlを500ml三口フラスコに入れた。この混合溶液に五塩化リン19.4g(94.4mmol)を加え、120で6時間加熱攪拌した。所定時間反応後、反応溶液を水200mlにゆっくりと注ぎ、1時間攪拌した。攪拌後、有機層と水層を分離し、有機層を水及び飽和炭酸水素ナトリウム水溶液で洗浄した。洗浄後、有機層を無水硫酸マグネシウムで乾燥させた。この混合物から自然ろ過により硫酸マグネシウムを除去し、ろ液を濃縮することで、[クロロ(2-メチルフェニル)メタノン] [クロロ(フェニル)メチリデン]ヒドラゾンの褐色液体を12.6g、収率92%で得た。ステップ2の合成スキームを下記(a-2)に示す。 20

【0271】

【化5】



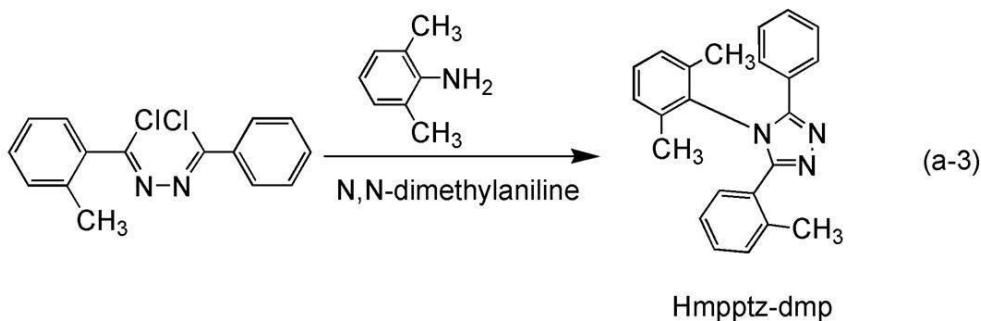
【0272】

<ステップ3；3-(2-メチルフェニル)-4-(2,6-ジメチルフェニル)-5-フェニル-4H-1,2,4-トリアゾール(略称：Hmpptz-dmp)の合成> 30

次に、上記ステップ2で得た[クロロ(2-メチルフェニル)メタノン] [クロロ(フェニル)メチリデン]ヒドラゾン12.6g(43.3mmol)、2,6-ジメチルアニリン15.7g(134.5mmol)、N,N-ジメチルアニリン100mlを500mlナスフラスコに入れ、120で20時間加熱攪拌した。所定時間反応後、この反応溶液を1N塩酸200mlにゆっくり加えた。この溶液にジクロロメタンを加え有機層に目的物を抽出した。得られた有機層を水、炭酸水素ナトリウム水溶液で洗浄し、硫酸マグネシウムで乾燥させた。自然ろ過により硫酸マグネシウムを除去し、得られたろ液を濃縮し、黒色の液体を得た。この液体をシリカゲルカラムクロマトグラフィーにより精製した。展開溶媒は酢酸エチル：ヘキサン=1:5とした。得られたフラクションを濃縮し、白色固体を得た。この固体を酢酸エチルにより再結晶を行い、Hmpptz-dmpの白色固体を4.5g、収率31%で得た。ステップ3の合成スキームを下記(a-3)に示す。

【0273】

【化6】



10

【0274】

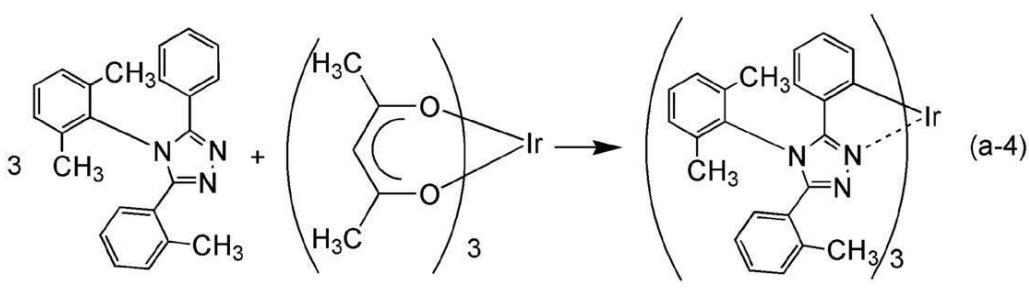
<ステップ4；[Ir(mpptz-dmp)₃]の合成>

次に、上記ステップ3で得たHmpptz-dmp 2.5 g (7.4 mmol)、トリス(アセチルアセトナト)イリジウム(III) 0.7 g (1.5 mmol)を高温加熱容器に入れ、脱気した。この反応容器内を、内部をArフローしながら250で48時間加熱攪拌した。所定時間反応後、得られた固体をジクロロメタンで洗浄し、不溶物の緑色固体を吸引ろ過により得た。この固体をトルエンに溶解させ、アルミナとセライト(和光純薬工業株式会社、カタログ番号：531-16855)の積層を通してろ過した。得られたフラクションを濃縮し、緑色固体を得た。この固体をトルエンで再結晶を行い、緑色粉末を0.8 g、収率45%で得た。ステップ4の合成スキームを下記(a-4)に示す。

20

【0275】

【化7】



30

Hmpptz-dmp

[Ir(mpptz-dmp)₃]

【0276】

上記ステップ4で得られた緑色粉末の核磁気共鳴分光法(¹H NMR)による分析結果を下記に示す。この結果から、[Ir(mpptz-dmp)₃]が得られたことがわかった。

【0277】

¹H NMR. (toluene-d8) : 1.82 (s, 3H), 1.90 (s, 3H), 2.64 (s, 3H), 6.56 - 6.62 (m, 3H), 6.67 - 6.75 (m, 3H), 6.82 - 6.88 (m, 1H), 6.91 - 6.97 (t, 1H), 7.00 - 7.12 (m, 2H), 7.63 - 7.67 (d, 1H).

40

【符号の説明】

【0278】

101 第1の電極

103 EL層

103a EL層

103b EL層

105 第2の電極

107 電荷発生領域

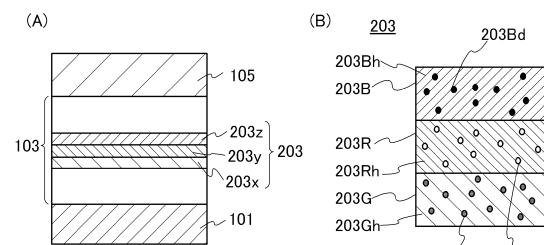
50

2 0 1	正孔注入層	
2 0 2	正孔輸送層	
2 0 3	発光層	
2 0 3 x	第1の発光層	
2 0 3 y	第2の発光層	
2 0 3 z	第3の発光層	
2 0 3 B	青色発光層	
2 0 3 B d	燐光性化合物	
2 0 3 B h	ホスト材料	
2 0 3 G	緑色発光層	10
2 0 3 G d	燐光性化合物	
2 0 3 G h	ホスト材料	
2 0 3 R	赤色発光層	
2 0 3 R d	燐光性化合物	
2 0 3 R h	ホスト材料	
2 0 4	電子輸送層	
2 0 5	電子注入層	
3 0 0	発光素子	
3 0 1	第1の電極	
3 0 3	E L層	20
3 0 5	第2の電極	
3 1 1 B	青色発光層	
3 1 1 B d	燐光性化合物	
3 1 1 B h	ホスト材料	
3 1 1 e x	再結合領域	
3 1 1 G	緑色発光層	
3 1 1 G d	燐光性化合物	
3 1 1 G h	ホスト材料	
3 1 1 R	赤色発光層	
3 1 1 R d	燐光性化合物	30
3 1 1 R h	ホスト材料	
4 0 1	支持基板	
4 0 3	発光素子	
4 0 5	封止基板	
4 0 7	封止材	
4 0 9 a	第1の端子	
4 0 9 b	第2の端子	
4 1 1 a	光取り出し構造	
4 1 1 b	光取り出し構造	
4 1 3	平坦化層	40
4 1 5	空間	
4 1 7	補助配線	
4 1 8	乾燥剤	
4 1 9	絶縁層	
4 2 1	第1の電極	
4 2 3	E L層	
4 2 5	第2の電極	
5 0 1	支持基板	
5 0 3	発光素子	
5 0 5	封止基板	50

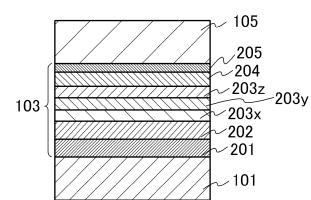
5 0 7	封止材	
5 0 9	F P C	
5 1 1	絶縁層	
5 1 3	絶縁層	
5 1 5	空間	
5 1 7	配線	
5 1 9	隔壁	
5 2 1	第1の電極	10
5 2 3	E L層	
5 2 5	第2の電極	
5 4 1 a	トランジスタ	
5 4 1 b	トランジスタ	
5 4 2	トランジスタ	
5 4 3	トランジスタ	
5 5 1	発光部	
5 5 2	駆動回路部	
5 5 3	駆動回路部	
1 1 0 1	第1の電極	
1 1 0 3	第2の電極	
1 1 1 1	正孔注入層	20
1 1 1 2	正孔輸送層	
1 1 1 3 a	第1の発光層	
1 1 1 3 b	第2の発光層	
1 1 1 3 c	第3の発光層	
1 1 1 4	電子輸送層	
1 1 1 5	電子注入層	
7 1 0 0	テレビジョン装置	
7 1 0 1	筐体	
7 1 0 2	表示部	
7 1 0 3	スタンド	30
7 1 1 1	リモコン操作機	
7 2 0 0	コンピュータ	
7 2 0 1	本体	
7 2 0 2	筐体	
7 2 0 3	表示部	
7 2 0 4	キーボード	
7 2 0 5	外部接続ポート	
7 2 0 6	ポインティングデバイス	
7 3 0 0	携帯型ゲーム機	
7 3 0 1 a	筐体	40
7 3 0 1 b	筐体	
7 3 0 2	連結部	
7 3 0 3 a	表示部	
7 3 0 3 b	表示部	
7 3 0 4	スピーカ部	
7 3 0 5	記録媒体挿入部	
7 3 0 6	操作キー	
7 3 0 7	接続端子	
7 3 0 8	センサ	
7 4 0 0	携帯電話機	50

7 4 0 1	筐体	
7 4 0 2	表示部	
7 4 0 3	操作ボタン	
7 4 0 4	外部接続ポート	
7 4 0 5	スピーカ	
7 4 0 6	マイク	
7 5 0 0	タブレット型端末	
7 5 0 1 a	筐体	10
7 5 0 1 b	筐体	
7 5 0 2 a	表示部	
7 5 0 2 b	表示部	
7 5 0 3	軸部	
7 5 0 4	電源	
7 5 0 5	操作キー	
7 5 0 6	スピーカ	
7 6 0 1	照明装置	
7 6 0 2	照明装置	
7 6 0 3	卓上照明装置	
7 6 0 4	面状照明装置	
7 7 0 1	照明部	20
7 7 0 3	支柱	
7 7 0 5	支持台	

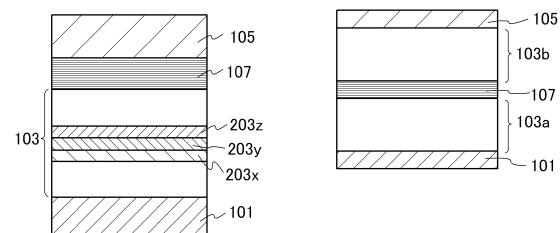
【図1】



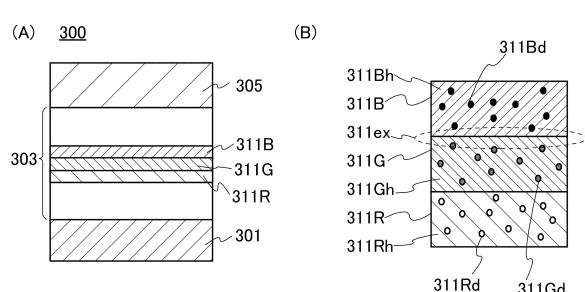
(C)



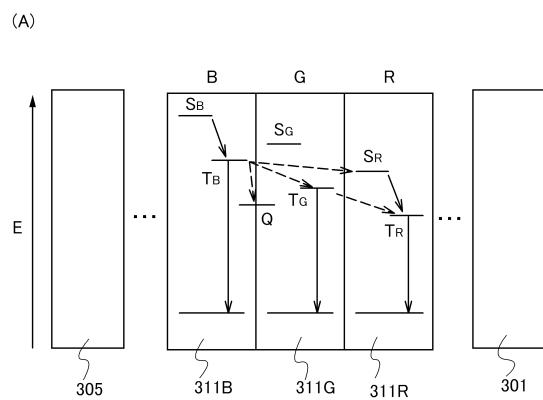
(D)



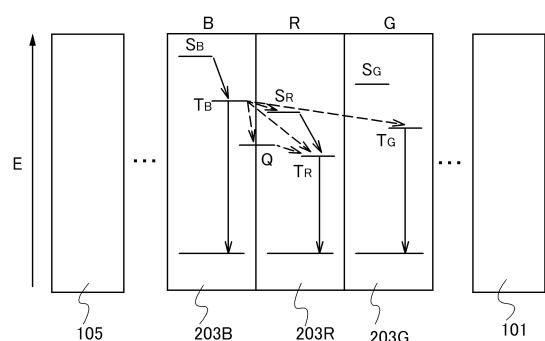
【図2】



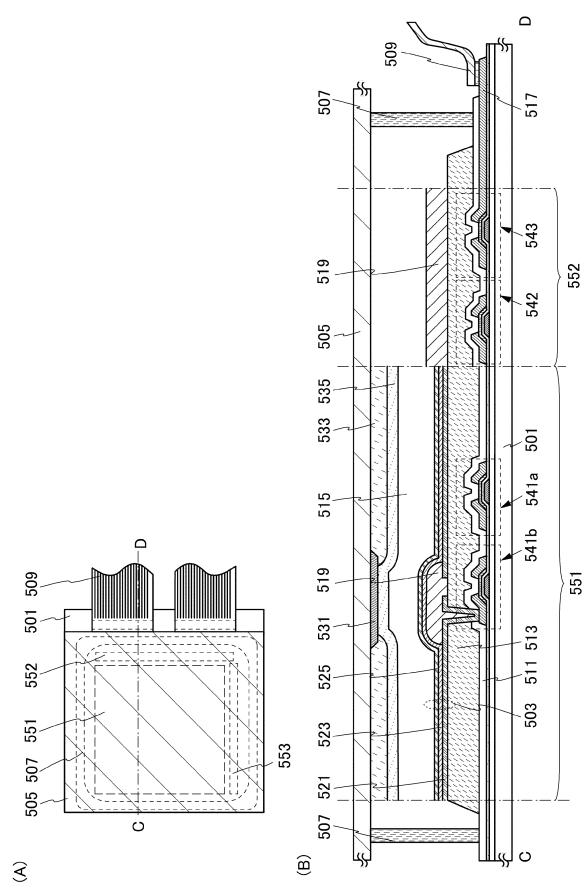
【図3】



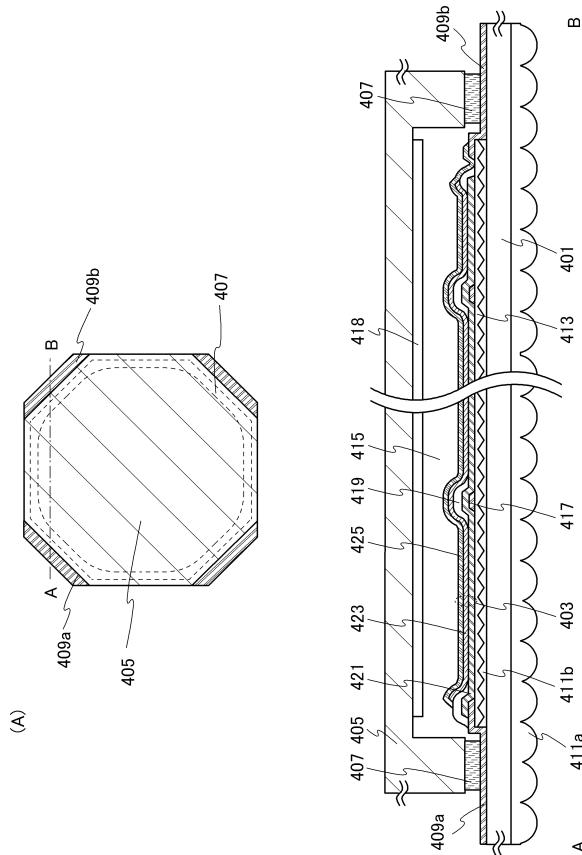
(B)



【 図 5 】

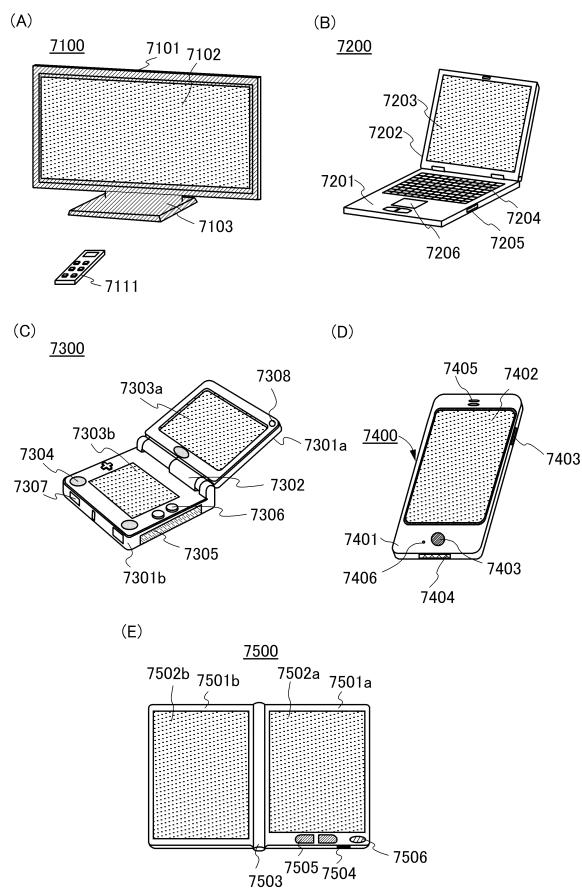


【 図 4 】

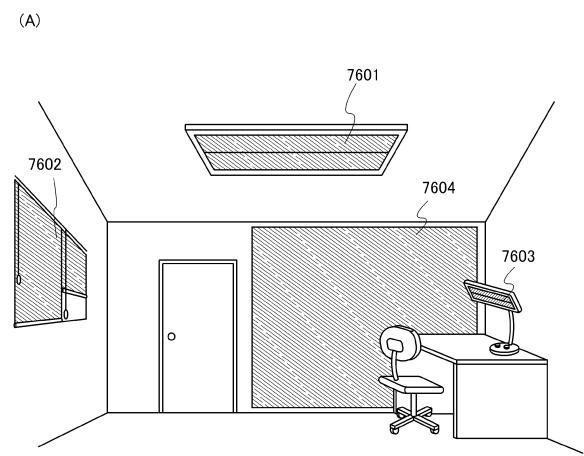


(B)

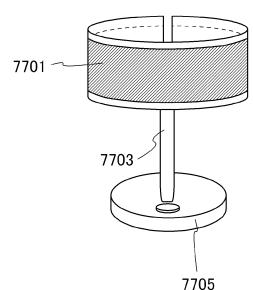
【 四 6 】



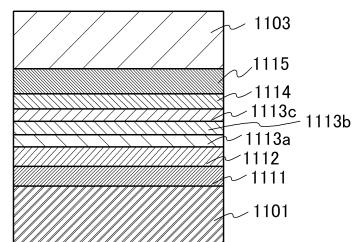
【図 7】



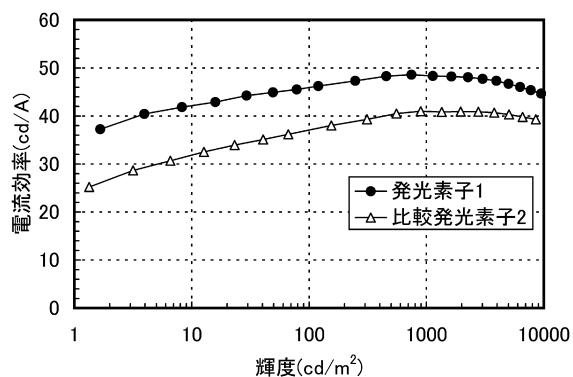
(B)



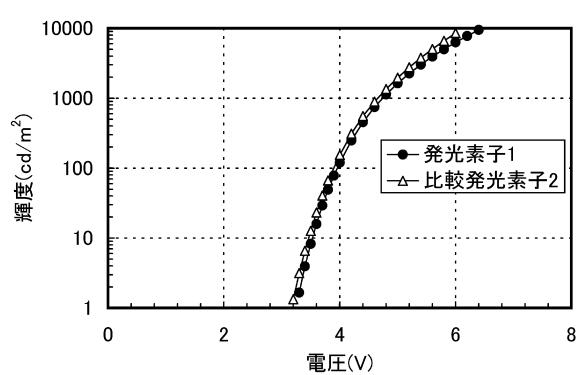
【図 8】



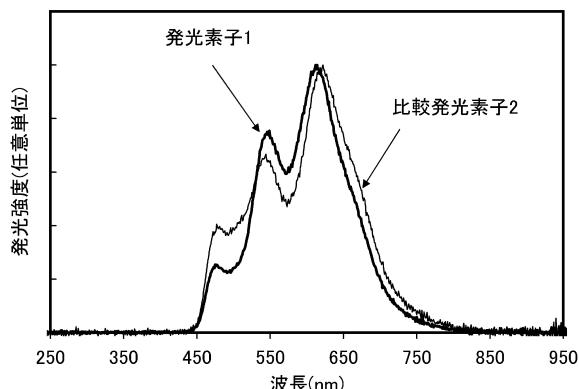
【図 9】



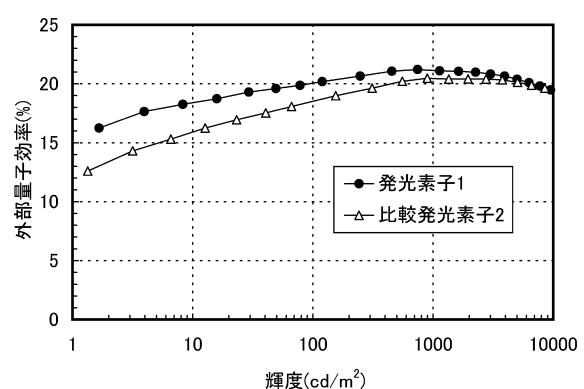
【図 10】



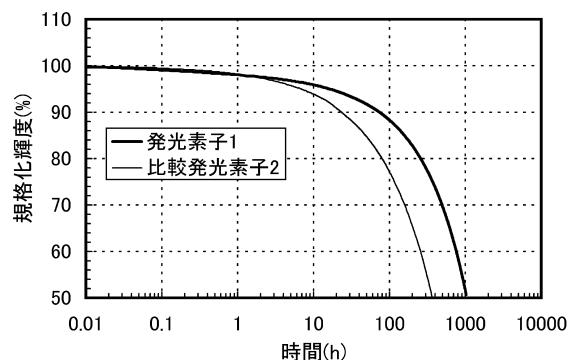
【図 12】



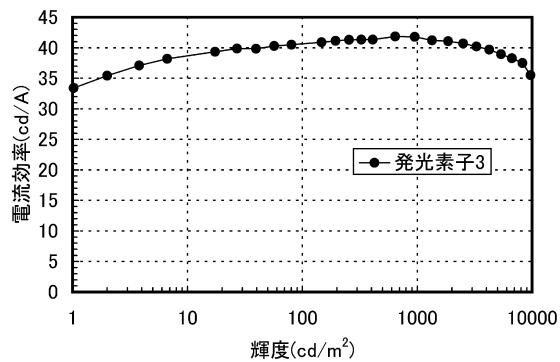
【図 11】



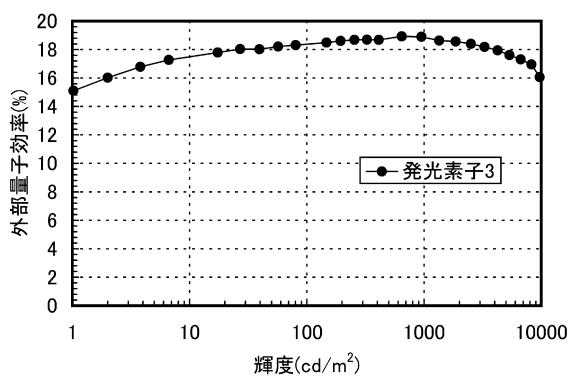
【図 13】



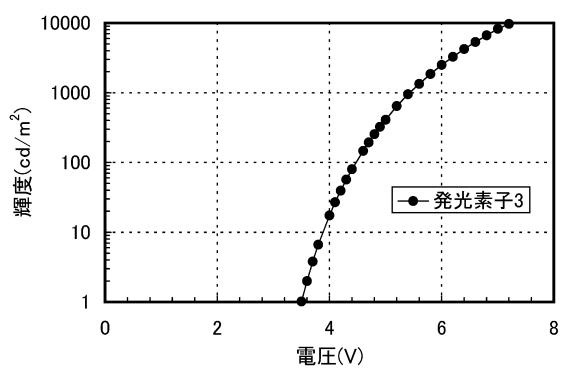
【図14】



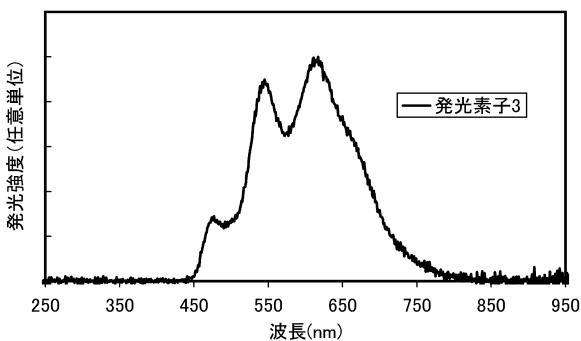
【図16】



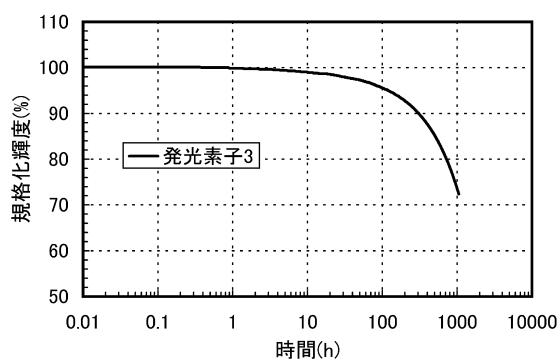
【図15】



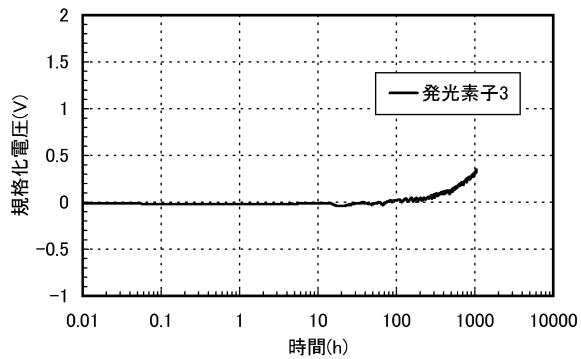
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2013-089302(JP,A)
特開2012-107004(JP,A)
特開2006-269232(JP,A)
国際公開第2010/134613(WO,A1)
特開2010-049818(JP,A)
米国特許出願公開第2006/0232194(US,A1)