

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7357641号
(P7357641)

(45)発行日 令和5年10月6日(2023.10.6)

(24)登録日 令和5年9月28日(2023.9.28)

(51)国際特許分類		F I	
H 1 0 K	59/65 (2023.01)	H 1 0 K	59/65
G 0 9 F	9/30 (2006.01)	G 0 9 F	9/30 3 4 8 Z
H 1 0 K	50/852(2023.01)	G 0 9 F	9/30 3 4 9 Z
H 1 0 K	50/125(2023.01)	G 0 9 F	9/30 3 6 5
H 1 0 K	50/13 (2023.01)	H 1 0 K	50/852
請求項の数 14 (全98頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2020-561975(P2020-561975)	(73)特許権者	000153878
(86)(22)出願日	令和1年12月19日(2019.12.19)		株式会社半導体エネルギー研究所
(86)国際出願番号	PCT/IB2019/061064		神奈川県厚木市長谷398番地
(87)国際公開番号	WO2020/136514	(72)発明者	山崎 舜平
(87)国際公開日	令和2年7月2日(2020.7.2)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会
審査請求日	令和4年12月14日(2022.12.14)		社半導体エネルギー研究所内
(31)優先権主張番号	特願2018-246814(P2018-246814)	(72)発明者	久保田 大介
(32)優先日	平成30年12月28日(2018.12.28)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会
(33)優先権主張国・地域又は機関			社半導体エネルギー研究所内
	日本国(JP)	(72)発明者	大澤 信晴
(31)優先権主張番号	特願2018-246821(P2018-246821)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会
(32)優先日	平成30年12月28日(2018.12.28)		社半導体エネルギー研究所内
(33)優先権主張国・地域又は機関		(72)発明者	渡部 剛吉
	日本国(JP)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会
			社半導体エネルギー研究所内
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 表示装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

表示部を有し、
前記表示部は、第1の発光デバイス、第2の発光デバイス、及び受光デバイスを有し、
前記第1の発光デバイスは、第1の画素電極、第1の光学調整層、第1の発光層、第2の発光層、及び共通電極を有し、
前記第2の発光デバイスは、第2の画素電極、第2の光学調整層、前記第1の発光層、前記第2の発光層、及び前記共通電極を有し、
前記第1の光学調整層は、前記第1の画素電極と前記共通電極との間に位置し、
前記第2の光学調整層は、前記第2の画素電極と前記共通電極との間に位置し、
前記第1の発光層及び前記第2の発光層は、それぞれ、前記第1の画素電極と前記共通電極との間に位置する領域と、前記第2の画素電極と前記共通電極との間に位置する領域と、を有し、
前記受光デバイスは、第3の画素電極、活性層、及び前記共通電極を有し、
前記活性層は、前記第3の画素電極と前記共通電極との間に位置し、
前記活性層は、有機化合物を有し、
前記第1の発光デバイスは、前記第1の発光層が発する赤外光を射出し、
前記第2の発光デバイスは、前記第2の発光層が発する可視光を射出し、
前記受光デバイスは、可視光及び赤外光のうち少なくとも一部を吸収する機能を有する、表示装置。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記第 1 の発光デバイスは、共通層を有し、

前記第 2 の発光デバイスは、前記共通電極を有し、

前記受光デバイスは、前記共通層を有し、

前記共通層は、前記第 1 の画素電極と前記共通電極との間に位置する領域と、前記第 2 の画素電極と前記共通電極との間に位置する領域と、前記第 3 の画素電極と前記共通電極との間に位置する領域と、を有する、表示装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、

さらに、第 3 の発光デバイスを有し、

前記第 1 の発光デバイス及び前記第 2 の発光デバイスは、さらに、第 3 の発光層を有し、
前記第 3 の発光デバイスは、第 4 の画素電極、第 3 の光学調整層、前記第 1 の発光層、
前記第 2 の発光層、前記第 3 の発光層、及び前記共通電極を有し、

前記第 3 の発光層は、前記第 1 の画素電極と前記共通電極との間に位置する領域と、前記第 2 の画素電極と前記共通電極との間に位置する領域と、前記第 4 の画素電極と前記共通電極との間に位置する領域と、を有し、

前記第 3 の発光デバイスは、前記第 3 の発光層が発する可視光を射出し、

前記第 2 の発光層と前記第 3 の発光層とは、互いに異なる波長の光を発する、表示装置。

【請求項 4】

請求項 1 または請求項 2 において、

前記第 1 の発光デバイス及び前記第 2 の発光デバイスは、さらに、第 3 の発光層を有し、
前記第 3 の発光層は、前記第 1 の画素電極と前記共通電極との間に位置する領域と、前記第 2 の画素電極と前記共通電極との間に位置する領域と、を有し、

前記第 1 の発光デバイスは、前記第 1 の発光層が発する赤外光及び前記第 3 の発光層が発する可視光の双方を射出する、表示装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一において、

前記第 1 の発光デバイス及び前記第 2 の発光デバイスは、さらに、電荷発生層を有し、

前記電荷発生層は、前記第 1 の発光層と前記第 2 の発光層との間に位置する、表示装置。

【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 の発光層は、前記第 1 の光学調整層と前記第 2 の発光層との間に位置する領域と、前記第 2 の光学調整層と前記第 2 の発光層との間に位置する領域と、を有する、表示装置。

【請求項 7】

表示部を有し、

前記表示部は、第 1 の発光デバイス、第 2 の発光デバイス、及び受光デバイスを有し、

前記第 1 の発光デバイスは、第 1 の画素電極、第 1 の光学調整層、第 1 の発光層、第 2 の発光層、第 3 の発光層、第 4 の発光層、及び共通電極を有し、

前記第 2 の発光デバイスは、第 2 の画素電極、第 2 の光学調整層、前記第 1 の発光層、前記第 2 の発光層、前記第 3 の発光層、前記第 4 の発光層、及び前記共通電極を有し、

前記第 1 の光学調整層は、前記第 1 の画素電極と前記共通電極との間に位置し、

前記第 2 の光学調整層は、前記第 2 の画素電極と前記共通電極との間に位置し、

前記第 1 の発光層、前記第 2 の発光層、前記第 3 の発光層、及び前記第 4 の発光層は、それぞれ、前記第 1 の画素電極と前記共通電極との間に位置する領域と、前記第 2 の画素電極と前記共通電極との間に位置する領域と、を有し、

前記第 1 の発光層は、赤外光を発する機能を有し、

前記第 2 の発光層は、可視光を発する機能を有し、

前記第 3 の発光層は、前記第 2 の発光層が発する可視光よりも短波長の可視光を発する

10

20

30

40

50

機能を有し、

前記第４の発光層は、前記第３の発光層が発する可視光よりも短波長の可視光を発する機能を有し、

前記受光デバイスは、第３の画素電極、活性層、及び前記共通電極を有し、

前記活性層は、前記第３の画素電極と前記共通電極との間に位置し、

前記活性層は、有機化合物を有し、

前記第１の発光デバイスは、前記第１の発光層が発する赤外光を射出し、

前記第２の発光デバイスは、前記第２の発光層、前記第３の発光層、または前記第４の発光層が発する可視光を射出し、

前記受光デバイスは、可視光及び赤外光のうち少なくとも一部を吸収する機能を有する、表示装置。

【請求項 ８】

請求項 ７において、

前記第２の発光層は、赤色の光を発する機能を有し、

前記第３の発光層は、緑色の光を発する機能を有し、

前記第４の発光層は、青色の光を発する機能を有する、表示装置。

【請求項 ９】

請求項 ７または請求項 ８において、

前記第１の発光デバイス及び前記第２の発光デバイスは、さらに、第１の電荷発生層を有し、

前記第１の電荷発生層は、前記第１の発光層と前記第４の発光層との間に位置する、表示装置。

【請求項 １０】

請求項 ７乃至請求項 ９のいずれか一において、

前記第１の発光デバイス及び前記第２の発光デバイスは、さらに、第２の電荷発生層を有し、

前記第２の電荷発生層は、前記第１の発光層と前記第２の発光層との間に位置する、表示装置。

【請求項 １１】

請求項 ７または請求項 ８において、

前記第１の光学調整層に近い側から、前記第１の発光層、前記第２の発光層、前記第３の発光層、前記第４の発光層の順で積層されており、かつ、

前記第２の光学調整層に近い側から、前記第１の発光層、前記第２の発光層、前記第３の発光層、前記第４の発光層の順で積層されている、表示装置。

【請求項 １２】

請求項 ７乃至請求項 １１のいずれか一において、

前記第１の発光デバイスは、前記第１の発光層が発する赤外光及び前記第４の発光層が発する可視光の双方を射出する、表示装置。

【請求項 １３】

請求項 １乃至請求項 １２のいずれか一において、

前記第１の光学調整層は、前記第１の画素電極と前記第１の発光層との間に位置する、表示装置。

【請求項 １４】

請求項 １乃至請求項 １３のいずれか一において、

前記表示部は、可撓性を有する、表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明の一態様は、発光デバイス、発光装置、発光モジュール、電子機器、及び照明装置に関する。本発明の一態様は、表示装置、表示モジュール、及び電子機器に関する。本発

10

20

30

40

50

明の一態様は、受光デバイスと発光デバイスとを有する表示装置に関する。

【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。本発明の一態様の技術分野としては、半導体装置、表示装置、発光装置、蓄電装置、記憶装置、電子機器、照明装置、入力装置（例えば、タッチセンサなど）、入出力装置（例えば、タッチパネルなど）、それらの駆動方法、又はそれらの製造方法を一例として挙げることができる。

【背景技術】

【0003】

近年、表示装置は様々な用途への応用が期待されている。例えば、大型の表示装置の用途としては、家庭用のテレビジョン装置（テレビまたはテレビジョン受信機ともいう）、デジタルサイネージ（Digital Signage：電子看板）、PID（Public Information Display）等が挙げられる。また、携帯情報端末として、タッチパネルを備えるスマートフォンやタブレット端末の開発が進められている。

【0004】

表示装置としては、例えば、発光デバイス（発光素子ともいう）を有する発光装置が開発されている。エレクトロルミネッセンス（Electroluminescence、以下ELと記す）現象を利用した発光デバイス（ELデバイス、EL素子とも記す）は、薄型軽量化が容易である、入力信号に対し高速に応答可能である、直流低電圧電源を用いて駆動可能である等の特徴を有し、表示装置に応用されている。例えば、特許文献1に、有機ELデバイス（有機EL素子ともいう）が適用された、可撓性を有する発光装置が開示されている。

【0005】

また、個人認証、不良解析、医療診断、セキュリティ関連など、様々な用途でイメージセンサが用いられている。イメージセンサは、用途に応じて、用いる光源の波長が使い分けられている。イメージセンサでは、例えば、可視光、X線などの短波長の光、近赤外光などの長波長の光など、様々な波長の光が用いられている。

【0006】

発光デバイスは、上記のようなイメージセンサの光源としての応用も検討されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【文献】特開2014-197522号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の一態様は、可視光及び赤外光を発する機能を有する発光装置を提供することを課題の一とする。本発明の一態様は、利便性の高い発光装置を提供することを課題の一とする。本発明の一態様は、多機能の発光装置を提供することを課題の一とする。本発明の一態様は、新規な発光装置を提供することを課題の一とする。

【0009】

本発明の一態様は、光検出機能を有する表示装置を提供することを課題の一とする。本発明の一態様は、可視光及び赤外光を発する機能と、光検出機能と、を有する表示装置を提供することを課題の一とする。本発明の一態様は、利便性の高い表示装置を提供することを課題の一とする。本発明の一態様は、多機能の表示装置を提供することを課題の一とする。本発明の一態様は、新規な表示装置を提供することを課題の一とする。

【0010】

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。本発明の一態様は、必ずしも、これらの課題の全てを解決する必要はないものとする。明細書、図面、請求項の記載から、これら以外の課題を抽出することが可能である。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一態様の発光装置は、第1の発光デバイスと、第2の発光デバイスと、を有する。第1の発光デバイスは、第1の画素電極、第1の光学調整層、第1の発光層、第2の発光層、及び共通電極を有する。第2の発光デバイスは、第2の画素電極、第2の光学調整層、第1の発光層、第2の発光層、及び共通電極を有する。第1の光学調整層は、第1の画素電極と共通電極との間に位置する。第2の光学調整層は、第2の画素電極と共通電極との間に位置する。第1の発光層及び第2の発光層は、それぞれ、第1の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、第2の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、を有する。第1の発光デバイスは、第1の発光層が発する赤外光を射出する。第2の発光デバイスは、第2の発光層が発する可視光を射出する。

10

【0012】

本発明の一態様の発光装置は、さらに、第3の発光デバイスを有することが好ましい。このとき、第1の発光デバイス及び第2の発光デバイスは、さらに、第3の発光層を有することが好ましい。第3の発光デバイスは、第3の画素電極、第3の光学調整層、第1の発光層、第2の発光層、第3の発光層、及び共通電極を有することが好ましい。第3の発光層は、第1の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、第2の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、第3の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、を有することが好ましい。第3の発光デバイスは、第3の発光層が発する可視光を射出することが好ましい。第2の発光層と第3の発光層とは、互いに異なる波長の光を発することが好ましい。

20

【0013】

または、第1の発光デバイス及び第2の発光デバイスは、さらに、第3の発光層を有することが好ましい。第3の発光層は、第1の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、第2の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、を有することが好ましい。第1の発光デバイスは、第1の発光層が発する赤外光及び第3の発光層が発する可視光の双方を射出することが好ましい。

【0014】

第1の発光デバイス及び第2の発光デバイスは、さらに、電荷発生層を有することが好ましい。電荷発生層は、第1の発光層と第2の発光層との間に位置することが好ましい。

【0015】

第1の発光層は、第1の光学調整層と第2の発光層との間に位置する領域と、第2の光学調整層と第2の発光層との間に位置する領域と、を有することが好ましい。

30

【0016】

本発明の一態様の発光装置は、第1の発光デバイスと、第2の発光デバイスと、を有する。第1の発光デバイスは、第1の画素電極、第1の光学調整層、第1の発光層、第2の発光層、第3の発光層、第4の発光層、及び共通電極を有する。第2の発光デバイスは、第2の画素電極、第2の光学調整層、第1の発光層、第2の発光層、第3の発光層、第4の発光層、及び共通電極を有する。第1の光学調整層は、第1の画素電極と共通電極との間に位置する。第2の光学調整層は、第2の画素電極と共通電極との間に位置する。第1の発光層、第2の発光層、第3の発光層、及び第4の発光層は、それぞれ、第1の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、第2の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、を有する。第1の発光層は、赤外光を発する機能を有する。第2の発光層は、可視光を発する機能を有する。第3の発光層は、第2の発光層が発する可視光よりも短波長の可視光を発する機能を有する。第4の発光層は、第3の発光層が発する可視光よりも短波長の可視光を発する機能を有する。第1の発光デバイスは、第1の発光層が発する赤外光を射出する。第2の発光デバイスは、第2の発光層、第3の発光層、または第4の発光層が発する可視光を射出する。

40

【0017】

第2の発光層は、赤色の光を発する機能を有することが好ましい。第3の発光層は、緑色の光を発する機能を有することが好ましい。第4の発光層は、青色の光を発する機能を有

50

することが好ましい。

【0018】

第1の発光デバイス及び第2の発光デバイスは、さらに、第1の電荷発生層を有することが好ましい。第1の電荷発生層は、第1の発光層と第4の発光層との間に位置することが好ましい。

【0019】

第1の発光デバイス及び第2の発光デバイスは、さらに、第2の電荷発生層を有することが好ましい。第2の電荷発生層は、第1の発光層と第2の発光層との間に位置することが好ましい。

【0020】

第1の光学調整層に近い側から、第1の発光層、第2の発光層、第3の発光層、第4の発光層の順で積層されており、かつ、第2の光学調整層に近い側から、第1の発光層、第2の発光層、第3の発光層、第4の発光層の順で積層されていることが好ましい。

【0021】

第1の発光デバイスは、第1の発光層が発する赤外光及び第4の発光層が発する可視光の双方を射出することが好ましい。

【0022】

第1の光学調整層は、第1の画素電極と第1の発光層との間に位置してもよく、第1の光学調整層は、共通電極と第1の発光層との間に位置してもよい。

【0023】

本発明の一態様は、表示部に、第1の発光デバイス、第2の発光デバイス、及び受光デバイスを有する表示装置である。第1の発光デバイスは、第1の画素電極、第1の光学調整層、第1の発光層、第2の発光層、及び共通電極を有する。第2の発光デバイスは、第2の画素電極、第2の光学調整層、第1の発光層、第2の発光層、及び共通電極を有する。第1の光学調整層は、第1の画素電極と共通電極との間に位置する。第2の光学調整層は、第2の画素電極と共通電極との間に位置する。第1の発光層及び第2の発光層は、それぞれ、第1の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、第2の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、を有する。受光デバイスは、第3の画素電極、活性層、及び共通電極を有する。活性層は、第3の画素電極と共通電極との間に位置する。活性層は、有機化合物を有する。第1の発光デバイスは、第1の発光層が発する赤外光を射出する。第2の発光デバイスは、第2の発光層が発する可視光を射出する。受光デバイスは、可視光及び赤外光のうち少なくとも一部を吸収する機能を有する。

【0024】

または、本発明の一態様は、表示部に、第1の発光デバイス、第2の発光デバイス、及び受光デバイスを有する表示装置である。第1の発光デバイスは、第1の画素電極、共通層、第1の光学調整層、第1の発光層、第2の発光層、及び共通電極を有する。第2の発光デバイスは、第2の画素電極、共通層、第2の光学調整層、第1の発光層、第2の発光層、及び共通電極を有する。第1の光学調整層は、第1の画素電極と共通電極との間に位置する。第2の光学調整層は、第2の画素電極と共通電極との間に位置する。第1の発光層及び第2の発光層は、それぞれ、第1の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、第2の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、を有する。受光デバイスは、第3の画素電極、共通層、活性層、及び共通電極を有する。活性層は、第3の画素電極と共通電極との間に位置する。活性層は、有機化合物を有する。第1の発光デバイスは、第1の発光層が発する赤外光を射出する。第2の発光デバイスは、第2の発光層が発する可視光を射出する。受光デバイスは、可視光及び赤外光のうち少なくとも一部を吸収する機能を有する。共通層は、第1の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、第2の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、第3の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、を有する。

【0025】

本発明の一態様の表示装置は、さらに、第3の発光デバイスを有することが好ましい。こ

10

20

30

40

50

のとき、第1の発光デバイス及び第2の発光デバイスは、さらに、第3の発光層を有することが好ましい。第3の発光デバイスは、第4の画素電極、第3の光学調整層、第1の発光層、第2の発光層、第3の発光層、及び共通電極を有することが好ましい。第3の発光層は、第1の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、第2の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、第4の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、を有することが好ましい。第3の発光デバイスは、第3の発光層が発する可視光を射出することが好ましい。第2の発光層と第3の発光層とは、互いに異なる波長の光を発することが好ましい。

【0026】

または、第1の発光デバイス及び第2の発光デバイスは、さらに、第3の発光層を有することが好ましい。第3の発光層は、第1の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、第2の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、を有することが好ましい。第1の発光デバイスは、第1の発光層が発する赤外光及び第3の発光層が発する可視光の双方を射出することが好ましい。第1の発光デバイス及び第2の発光デバイスは、さらに、電荷発生層を有することが好ましい。電荷発生層は、第1の発光層と第2の発光層との間に位置することが好ましい。

【0027】

第1の発光層は、第1の光学調整層と第2の発光層との間に位置する領域と、第2の光学調整層と第2の発光層との間に位置する領域と、を有することが好ましい。

【0028】

または、本発明の一態様は、表示部に、第1の発光デバイス、第2の発光デバイス、及び受光デバイスを有する表示装置である。第1の発光デバイスは、第1の画素電極、第1の光学調整層、第1の発光層、第2の発光層、第3の発光層、第4の発光層、及び共通電極を有する。第2の発光デバイスは、第2の画素電極、第2の光学調整層、第1の発光層、第2の発光層、第3の発光層、第4の発光層、及び共通電極を有する。第1の光学調整層は、第1の画素電極と共通電極との間に位置する。第2の光学調整層は、第2の画素電極と共通電極との間に位置する。第1の発光層、第2の発光層、第3の発光層、及び第4の発光層は、それぞれ、第1の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、第2の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、を有する。第1の発光層は、赤外光を発する機能を有する。第2の発光層は、可視光を発する機能を有する。第3の発光層は、第2の発光層が発する可視光よりも短波長の可視光を発する機能を有する。第4の発光層は、第3の発光層が発する可視光よりも短波長の可視光を発する機能を有する。受光デバイスは、第3の画素電極、活性層、及び共通電極を有する。活性層は、第3の画素電極と共通電極との間に位置する。活性層は、有機化合物を有する。第1の発光デバイスは、第1の発光層が発する赤外光を射出する。第2の発光デバイスは、第2の発光層、第3の発光層、または第4の発光層が発する可視光を射出する。受光デバイスは、可視光及び赤外光のうち少なくとも一部を吸収する機能を有する。

【0029】

第2の発光層は、赤色の光を発する機能を有することが好ましい。第3の発光層は、緑色の光を発する機能を有することが好ましい。第4の発光層は、青色の光を発する機能を有することが好ましい。

【0030】

第1の発光デバイス及び第2の発光デバイスは、さらに、第1の電荷発生層を有することが好ましい。第1の電荷発生層は、第1の発光層と第4の発光層との間に位置することが好ましい。

【0031】

第1の発光デバイス及び第2の発光デバイスは、さらに、第2の電荷発生層を有することが好ましい。第2の電荷発生層は、第1の発光層と第2の発光層との間に位置することが好ましい。

【0032】

10

20

30

40

50

第1の光学調整層に近い側から、第1の発光層、第2の発光層、第3の発光層、第4の発光層の順で積層されており、かつ、第2の光学調整層に近い側から、第1の発光層、第2の発光層、第3の発光層、第4の発光層の順で積層されていることが好ましい。

【0033】

第1の発光デバイスは、第1の発光層が発する赤外光及び第4の発光層が発する可視光の双方を射出することが好ましい。

【0034】

第1の光学調整層は、第1の画素電極と第1の発光層との間に位置してもよく、第1の光学調整層は、共通電極と第1の発光層との間に位置してもよい。

【0035】

表示部は、さらに、レンズを有することが好ましい。レンズは、受光デバイスと重なる部分を有することが好ましい。レンズを透過した光が、受光デバイスに入射する。

【0036】

表示部は、さらに、隔壁を有することが好ましい。隔壁は、第1の画素電極の端部、第2の画素電極の端部、及び第3の画素電極の端部を覆うことが好ましい。第3の画素電極は、隔壁によって、第1の画素電極及び第2の画素電極のそれぞれと電気的に絶縁されていることが好ましい。隔壁は、第1の発光デバイスが発した光の少なくとも一部を吸収する機能を有することが好ましい。

【0037】

表示部は、さらに、有色層を有することが好ましい。有色層は、隔壁の側面に接する部分を有することが好ましい。有色層は、カラーフィルタまたはブラックマトリクスを有することが好ましい。

【0038】

表示部は、可撓性を有することが好ましい。

【0039】

本発明の一態様は、上記いずれかの構成の発光装置または表示装置を有し、フレキシブルプリント回路基板（Flexible Printed Circuit、以下、FPCと記す）もしくはTCP（Tape Carrier Package）等のコネクタが取り付けられたモジュール、またはCOG（Chip On Glass）方式もしくはCOF（Chip On Film）方式等により集積回路（IC）が実装されたモジュール等のモジュールである。なお、本明細書等では、発光装置を有するモジュールを、発光モジュールと呼び、表示装置を有するモジュールを、表示モジュールと呼ぶ場合がある。

【0040】

本発明の一態様は、上記のモジュールと、アンテナ、バッテリー、筐体、カメラ、スピーカ、マイク、及び操作ボタンのうち少なくとも一つと、を有する電子機器である。

【発明の効果】

【0041】

本発明の一態様により、可視光及び赤外光を発する機能を有する発光装置を提供できる。本発明の一態様により、利便性の高い発光装置を提供できる。本発明の一態様により、多機能の発光装置を提供できる。本発明の一態様により、新規な発光装置を提供できる。

【0042】

本発明の一態様により、光検出機能を有する表示装置を提供できる。本発明の一態様により、可視光及び赤外光を発する機能と、光検出機能を有する表示装置を提供できる。本発明の一態様により、利便性の高い表示装置を提供できる。本発明の一態様により、多機能の表示装置を提供できる。本発明の一態様により、新規な表示装置を提供できる。

【0043】

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。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。明細書、図面、請求項の記載から、これら以外の効果を抽出することが可能である。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【0044】

図1A、図1Bは、発光装置の一例を示す断面図である。図1C、図1Dは、画素の一例を示す上面図である。

図2A、図2Bは、発光デバイスの積層構造を説明する図である。

図3A、図3Bは、発光デバイスの積層構造を説明する図である。

図4は、発光デバイスの積層構造を説明する図である。

図5は、発光領域の位置関係を説明する図である。

図6A～図6Eは、発光デバイスの積層構造を説明する図である。

図7A～図7Cは、発光装置の一例を示す断面図である。図7D～図7Hは、画素の一例を示す上面図である。

10

図8A、図8Bは、発光デバイスの積層構造を説明する図である。

図9A、図9Bは、発光装置の一例を示す断面図である。

図10A、図10Bは、発光装置の一例を示す断面図である。

図11は、発光装置の一例を示す斜視図である。

図12A、図12Bは、発光装置の一例を示す断面図である。

図13Aは、発光装置の一例を示す断面図である。図13Bは、トランジスタの一例を示す図である。

図14A～図14Dは、表示装置の一例を示す断面図である。

図15A～図15Fは、画素の一例を示す上面図である。

図16A～図16Cは、表示装置の一例を示す断面図である。

20

図17A～図17Cは、表示装置の一例を示す断面図である。

図18は、表示装置の一例を示す断面図である。

図19A、図19Bは、表示装置の一例を示す断面図である。

図20Aは、表示装置の一例を示す断面図である。図20Bは、トランジスタの一例を示す図である。

図21は、表示装置の一例を示す断面図である。

図22A、図22Bは、画素回路の一例を示す回路図である。

図23A、図23Bは、電子機器の一例を示す図である。

図24A～図24Dは、電子機器の一例を示す図である。

図25A～図25Fは、電子機器の一例を示す図である。

30

図26A、図26Bは、実施例の発光デバイスを示す図である。

図27は、実施例の計算に用いた発光スペクトルを示す図である。

図28は、実施例の計算結果である発光スペクトルを示す図である。

図29は、実施例の計算結果である発光スペクトルを示す図である。

図30は、実施例の計算結果である発光スペクトルを示す図である。

図31は、実施例の計算結果である発光スペクトルを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0045】

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。

40

【0046】

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。

【0047】

また、図面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、図面に開示された位置、大きさ、範囲などに限定されない。

50

【0048】

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

【0049】

(実施の形態1)

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1～図13を用いて説明する。

【0050】

本発明の一態様の発光装置は、赤外光を発する発光デバイスと、可視光を発する発光デバイスと、を有する。可視光としては、波長400nm以上750nm未満の光が挙げられ、例えば、赤色、緑色、または青色の光が挙げられる。赤外光としては、近赤外光が挙げられ、具体的には、波長750nm以上1300nm以下の光が挙げられる。

10

【0051】

本発明の一態様の発光装置では、赤外光を発する発光デバイスと、可視光を発する発光デバイスと、が、複数の発光層を共通して有する。そして、これら2つの発光デバイスで厚さの異なる光学調整層を設けることで、一方の発光デバイスでは赤外光を取り出すことができ、他方の発光デバイスでは可視光を取り出すことができる。

【0052】

本発明の一態様の発光装置は、第1の発光デバイスと、第2の発光デバイスと、を有する。第1の発光デバイスは、第1の画素電極、第1の光学調整層、第1の発光層、第2の発光層、及び共通電極を有する。第2の発光デバイスは、第2の画素電極、第2の光学調整層、第1の発光層、第2の発光層、及び共通電極を有する。第1の光学調整層は、第1の画素電極と共通電極との間に位置する。第2の光学調整層は、第2の画素電極と共通電極との間に位置する。第1の発光層及び第2の発光層は、それぞれ、第1の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、第2の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、を有する。第1の発光デバイスは、第1の発光層が発する赤外光を射出する。第2の発光デバイスは、第2の発光層が発する可視光を射出する。

20

【0053】

第1の発光層が有する発光材料は、最大ピーク波長（ピーク強度が最も高い波長ともいえる）が750nm以上1300nm以下の光を発することが好ましい。第2の発光層が有する発光材料は、最大ピーク波長が400nm以上750nm以下の光を発することが好ましい。なお、本明細書等において、単に、ピーク波長と記す場合であっても、最大ピーク波長と言い換えることができる。

30

【0054】

本発明の一態様の発光装置は、センサ（例えば、イメージセンサや光学式タッチセンサ）の光源として利用することができる。本発明の一態様の発光装置は、可視光及び赤外光の双方を発することができるため、可視光を光源に用いるセンサと赤外光を光源に用いるセンサのどちらとも組み合わせることができ、利便性が高い。また、可視光及び赤外光の双方を光源に用いるセンサの光源としても用いることができ、センサの機能性を高めることができる。さらに、本発明の一態様の発光装置は、可視光を発することができるため、表示装置として利用することができる。

40

【0055】

本発明の一態様の発光装置は、赤外光を発する発光デバイスと、可視光を発する発光デバイスと、で、共通の層を有することができる。そのため、作製工程を大幅に増やすことなく、発光装置に、赤外光を発する機能を付加することができる。例えば、正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、及び電子注入層のうち、光学調整に用いない層については、赤外光を発する発光デバイスと、可視光を発する発光デバイスと、で、同一の構成にすることができる。

【0056】

50

図 1 A、図 1 B に、本発明の一態様の発光装置の断面図を示す。

【0057】

図 1 A、図 1 B に示す発光装置 40 A 及び発光装置 40 B は、それぞれ、赤色（R）の光、緑色（G）の光、青色（B）の光、及び赤外光（IR）が射出される構成である。

【0058】

発光装置 40 A 及び発光装置 40 B は、赤色の光、緑色の光、及び青色の光を取り出す発光デバイスとは別に、赤外光を取り出す発光デバイスを有する構成である。

【0059】

本発明の一態様の発光装置は、発光デバイスが形成されている基板とは反対方向に光を射出するトップエミッション型、発光デバイスが形成されている基板側に光を射出するボトムエミッション型、両面に光を射出するデュアルエミッション型のいずれであってもよい。

【0060】

図 1 A、図 1 B では、発光デバイスが基板 152 側に光を射出する発光装置を示す。

【0061】

図 1 A に示す発光装置 40 A は、基板 151 と基板 152 との間に、発光デバイス 47 N、発光デバイス 47 R、発光デバイス 47 G、及び発光デバイス 47 B を有する。

【0062】

図 1 B に示す発光装置 40 B は、発光装置 40 A の構成に加えて、基板 151 と基板 152 との間に、トランジスタを有する層 45 を有する。

【0063】

発光装置 40 A 及び発光装置 40 B において、発光デバイス 47 N は、赤外光（IR）を発することができ、発光デバイス 47 R は、赤色（R）の光を発することができ、発光デバイス 47 G は、緑色（G）の光を発することができ、発光デバイス 47 B は、青色（B）の光を発することができる。

【0064】

トランジスタを有する層 45 は、複数のトランジスタを有する。例えば、トランジスタを有する層 45 は、発光デバイスと電氣的に接続されるトランジスタを有する。

【0065】

発光デバイス 47 B の発光スペクトルの可視光領域の最大ピーク波長（第 1 のピーク波長ともいう）は、例えば、400 nm 以上 480 nm 以下とすることができる。

【0066】

発光デバイス 47 R の発光スペクトルの可視光領域の最大ピーク波長（第 2 のピーク波長ともいう）は、例えば、580 nm 以上 750 nm 未満とすることができる。

【0067】

発光デバイス 47 G の発光スペクトルの可視光領域の最大ピーク波長（第 3 のピーク波長ともいう）は、第 1 のピーク波長と第 2 のピーク波長の間の波長とすることができる。例えば、第 3 のピーク波長は、480 nm 以上 580 nm 未満とすることができる。

【0068】

発光デバイス 47 N の発光スペクトルの赤外領域の最大ピーク波長（第 4 のピーク波長ともいう）は、第 2 のピーク波長よりも長波長とすることができる。例えば、第 4 のピーク波長は、750 nm 以上 1300 nm 以下とすることができる。

【0069】

〔画素〕

図 1 C、図 1 D に、画素の構成例を示す。

【0070】

本発明の一態様の発光装置は、マトリクス状に配置された複数の画素を有する。1つの画素は、1つ以上の副画素を有する。1つの副画素は、1つの発光デバイスを有する。例えば、画素には、副画素を 4つ有する構成（R、G、B の 3 色と赤外光、または、黄色（Y）、シアン（C）、及びマゼンタ（M）の 3 色と赤外光など）、または、副画素を 5つ有する構成（R、G、B、白色（W）の 4 色と赤外光、または、R、G、B、Y の 4 色と赤

10

20

30

40

50

外光など)を適用できる。

【0071】

図1C、図1Dに示す画素は、それぞれ、赤色(R)、緑色(G)、青色(B)、赤外光(IR)の4つの副画素(4つの発光デバイス)を有する。図1Cは、横一列に4つの副画素が配置されている例であり、図1Dは、2×2のマトリクス状に4つの副画素が配置されている例である。

【0072】

〔発光デバイスの構成(シングル構造)〕

以下では、図2～図5を用いて、本発明の一態様の発光装置が有する発光デバイスの構成について説明する。

【0073】

なお、本明細書等において、特に説明のない限り、要素(発光デバイス、発光層など)を複数有する構成を説明する場合であっても、各々の要素に共通する事項を説明する場合には、アルファベットを省略して説明する。例えば、発光層193R及び発光層193G等に共通する事項を説明する場合に、発光層193と記す場合がある。

【0074】

図2A、図2B、図3A、図3B、図4に示す発光装置は、それぞれ、基板151上に、トランジスタを有する層45を介して、青色(B)の光を発する発光デバイス47B、緑色(G)の光を発する発光デバイス47G、赤色(R)の光を発する発光デバイス47R、及び赤外光(IR)を発する発光デバイス47Nを有する。

【0075】

発光デバイスは、画素電極191及び共通電極115を有する。画素電極191は、発光デバイスごとに設けられる。共通電極115は、複数の発光デバイスに共通で用いられる。画素電極191及び共通電極115は、それぞれ、単層構造であってもよく、積層構造であってもよい。

【0076】

複数の発光デバイスが有する一対の電極の材料及び膜厚等は等しくすることができる。これにより、発光装置の作製コストの削減及び作製工程の簡略化ができる。

【0077】

本発明の一態様の発光装置が有する発光デバイスには、微小光共振器(マイクロキャビティ)構造が適用されていることが好ましい。したがって、発光デバイスが有する一対の電極の一方は、可視光及び赤外光に対する透過性及び反射性を有する電極(半透過・半反射電極)を有することが好ましく、他方は、可視光及び赤外光に対する反射性を有する電極(反射電極)を有することが好ましい。発光デバイスがマイクロキャビティ構造を有することで、発光層から得られる発光を両電極間で共振させ、発光デバイスから射出される光を強めることができる。

【0078】

なお、半透過・半反射電極は、反射電極と可視光及び赤外光に対する透過性を有する電極(透明電極ともいう)との積層構造とすることができる。本明細書等では、それぞれ、半透過・半反射電極の一部として機能する、反射電極を画素電極または共通電極と記し、透明電極を光学調整層と記すことがあるが、透明電極(光学調整層)も、画素電極または共通電極としての機能を有するといえることがある。

【0079】

透明電極の光の透過率は、40%以上とする。例えば、発光デバイスには、可視光(波長400nm以上750nm未満の光)及び近赤外光(波長750nm以上1300nm以下の光)のそれぞれの透過率が40%以上である電極を用いることが好ましい。また、半透過・半反射電極の可視光及び近赤外光それぞれの反射率は、10%以上95%以下、好ましくは30%以上80%以下とする。反射電極の可視光及び近赤外光の反射率は、40%以上100%以下、好ましくは70%以上100%以下とする。また、これらの電極の抵抗率は、 $1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 以下が好ましい。

10

20

30

40

50

【0080】

図2A、図2B、図3A、図3Bでは、発光デバイスが基板151に形成されており、発光デバイスが共通電極115側に光を射出するトップエミッション型の発光装置を示す。したがって、共通電極115には半透過・半反射電極を用い、画素電極191には反射電極を用いる。

【0081】

一方、図4では、発光デバイスが基板151に形成されており、発光デバイスが基板151側に光を射出するボトムエミッション型の発光装置を示す。したがって、画素電極191には半透過・半反射電極を用い、共通電極115には反射電極を用いる。

【0082】

本発明の一態様の発光装置では、光学調整層199を用いて、発光デバイスの一对の電極間の光学距離をそれぞれ調整し、その他の層は、複数の発光デバイスで共通とすることが好ましい。これにより、発光装置を作製する際の成膜工程を少なくすることができ、発光装置の作製コストの削減及び作製工程の簡略化ができる。

【0083】

青色の光を発する発光デバイス47Bにおいて、一对の電極間の光学距離が青色発光を強める光学距離となるように、光学調整層199Bの膜厚を調整することが好ましい。同様に、緑色の光を発する発光デバイス47Gにおいて、一对の電極間の光学距離が緑色発光を強める光学距離となるように、光学調整層199Gの膜厚を調整することが好ましい。また、赤色の光を発する発光デバイス47Rにおいて、一对の電極間の光学距離が赤色発光を強める光学距離となるように、光学調整層199Rの膜厚を調整することが好ましい。そして、赤外光を発する発光デバイス47Nにおいて、一对の電極間の光学距離が赤外発光を強める光学距離となるように、光学調整層199Nの膜厚を調整することが好ましい。なお、半透過・半反射電極が、反射電極と可視光及び赤外光に対する透過性を有する電極（透明電極ともいう）との積層構造の場合、一对の電極間の光学距離とは、一对の反射電極間の光学距離を示す。また、本発明の一態様の発光装置は、光学調整層を有さない発光デバイスを有していてもよい。例えば、一对の電極間の光学距離が、光学調整層を設けない状態で、いずれかの波長の発光を強める光学距離となってもよい。

【0084】

具体的には、発光層193から得られる光の波長 λ に対して、画素電極191と共通電極115との光学距離が $n\lambda/2$ （ n は自然数）またはその近傍となるように調整することが好ましい。

【0085】

なお、本明細書等において、発光層193から得られる光の波長 λ は、発光層193のピーク波長（特に、最大ピーク波長）とすることができる。また、本明細書等において、波長 X の近傍とは、 X の $\pm 20\text{nm}$ 以内、好ましくは、 X の $\pm 10\text{nm}$ 以内の範囲を表す。

【0086】

発光デバイスは、画素電極191と共通電極115との間に1つの発光ユニットを有するシングル構造であってもよく、複数の発光ユニットを有するタンデム構造であってもよい。

【0087】

発光デバイスは、シングル構造であると、生産性が高まり好ましい。発光デバイスは、タンデム構造であると、光学距離の最適化が容易となる、発光強度が高まる、等の利点があり好ましい。

【0088】

図2A、図2B、図3A、図3B、図4は、発光デバイスがそれぞれシングル構造である例である。

【0089】

図2Aに示す各発光デバイスは、光学調整層199以外の構成は共通である。

【0090】

具体的には、図2Aに示す発光デバイスは、基板151上にトランジスタを有する層45

10

20

30

40

50

を介して、画素電極 191、光学調整層 199、共通層 112、発光層 193N、発光層 193R、発光層 193G、発光層 193B、共通層 114、共通電極 115、及びバッファ層 116を有する。

【0091】

発光層 193Nは、赤外光を発する発光材料を有する。発光層 193Rは、赤色の光を発する発光材料を有する。発光層 193Gは、緑色の光を発する発光材料を有する。発光層 193Bは、青色の光を発する発光材料を有する。

【0092】

図2Aに示す発光デバイス47Bは、画素電極191と共通層112との間に、光学調整層199Bを有する。発光デバイス47Bでは、一对の電極間の光学距離が青色発光を強める光学距離となるように、光学調整層199Bの膜厚が調整されている。これにより、発光デバイス47Bから発光層193Bが発する青色の光を取り出すことができる。

10

【0093】

同様に、図2Aに示す発光デバイス47Gは、画素電極191と共通層112との間に、光学調整層199Gを有する。発光デバイス47Gでは、一对の電極間の光学距離が緑色発光を強める光学距離となるように、光学調整層199Gの膜厚が調整されている。これにより、発光デバイス47Gから発光層193Gが発する緑色の光を取り出すことができる。

【0094】

また、図2Aに示す発光デバイス47Rは、画素電極191と共通層112との間に、光学調整層199Rを有する。発光デバイス47Rでは、一对の電極間の光学距離が赤色発光を強める光学距離となるように、光学調整層199Rの膜厚が調整されている。これにより、発光デバイス47Rから発光層193Rが発する赤色の光を取り出すことができる。

20

【0095】

そして、図2Aに示す発光デバイス47Nは、画素電極191と共通層112との間に、光学調整層199Nを有する。発光デバイス47Nでは、一对の電極間の光学距離が赤外発光を強める光学距離となるように、光学調整層199Nの膜厚が調整されている。これにより、発光デバイス47Nから発光層193Nが発する赤外光を取り出すことができる。

【0096】

発光ユニットは、発光層193以外の層として、正孔注入性の高い物質、正孔輸送性の高い物質、正孔ブロック材料、電子輸送性の高い物質、電子注入性の高い物質、また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。

30

【0097】

例えば、画素電極191と発光層193との間に設けられる共通層112は、正孔注入層及び正孔輸送層の一方又は双方を有することが好ましい。また、例えば、発光層193と共通電極115との間に設けられる共通層114は、電子輸送層及び電子注入層の一方または双方を有することが好ましい。共通層112及び共通層114は、それぞれ単層構造であってもよく、積層構造であってもよい。

【0098】

図2Aに示す各発光デバイスは、共通層112上に発光層193Nを有し、発光層193N上に発光層193Rを有し、発光層193R上に発光層193Gを有し、発光層193G上に発光層193Bを有し、発光層193B上に共通層114を有する。つまり、光学調整層199側から、発光層193N、発光層193R、発光層193G、及び発光層193Bの順に積層されている。

40

【0099】

一方、図2Bに示す各発光デバイスは、光学調整層199側から、発光層193B、発光層193G、発光層193R、及び発光層193Nの順に積層されている点で、図2Aに示す各発光デバイスと異なる。具体的には、図2Bに示す各発光デバイスは、共通層112上に発光層193Bを有し、発光層193B上に発光層193Gを有し、発光層193

50

G上に発光層193Rを有し、発光層193R上に発光層193Nを有し、発光層193N上に共通層114を有する。

【0100】

ここで、発光層の好ましい積層順について、図5を用いて説明する。具体的には、1つの発光ユニットにおける、発光層の好ましい積層順について説明する。

【0101】

マイクロキャビティ構造では、一对の電極間の光学距離（反射による位相シフトを含む）の倍数を整数で除した値の波長の光を強めて取り出すことができる。例えば、当該光学距離が500nmの場合、 $(500 \times 2 / 1 =) 1000 \text{ nm}$ 、 $(500 \times 2 / 2 =) 500 \text{ nm}$ 、 $(500 \times 2 / 3 =) 333 \text{ nm}$ 、 $(500 \times 2 / 4 =) 250 \text{ nm}$ 、などの光を強めて取り出すことができる。または、当該光学距離が500nmの場合、 $(500 \times 3 / 1 =) 1500 \text{ nm}$ 、 $(500 \times 3 / 2 =) 750 \text{ nm}$ 、 $(500 \times 3 / 3 =) 500 \text{ nm}$ 、 $(500 \times 3 / 4 =) 375 \text{ nm}$ 、などの光を強めて取り出すこともできる。

【0102】

また、発光デバイスの光の取り出し効率を高めるためには、一对の電極間の光学距離だけでなく、発光層193の所望の光が得られる領域（発光領域）と反射が生じる電極との間の光学距離も重要である。具体的には、画素電極191と発光領域との間の光学距離を $(2m' + 1) \lambda / 4$ またはその近傍とし、共通電極115と発光領域との間の光学距離を $(2M + 1) \lambda / 4$ またはその近傍とすることで（ m' 及び M は、それぞれ、0または自然数、かつ、 $n = m' + M + 1$ ）、効率よく光を取り出すことができる。なお、ここでいう発光領域とは、発光層における正孔（ホール）と電子との再結合領域を示す。

【0103】

そのため、取り出す光の波長によって、一对の電極間の光学距離、画素電極191と発光領域との間の光学距離、及び共通電極115と発光領域との間の光学距離の好ましい値はいずれも異なる。

【0104】

なお、反射電極として、特定の金属膜（例えば銀のような貴金属を含む金属膜など）を用いると、表面プラズモン共鳴（SPR：Surface Plasmon Resonance）の影響により、光取出し効率が低下する場合がある。これは、金属膜の表面またはその近傍で光が金属固有のプラズモン振動と共鳴し、その固有振動に対応する波長の光が取り出せなくなるためである。これは、反射電極と発光層の発光領域までの光学距離が近いほど生じやすい。また、青色の光を発する発光デバイスにおいて生じやすい。

【0105】

そのため、トップエミッション型の発光デバイスにおいて、画素電極191から発光層193Bの発光領域までの光学距離を $(2m' + 1) \lambda / 4$ （ m' は自然数）またはその近傍となるように調節するのが好ましい。画素電極191（反射電極）から青色の発光層193Bの発光領域までの光学距離を長くすることができるため、表面プラズモン共鳴の影響を抑制でき、光の取り出し効率を高めることができる。

【0106】

一方、ボトムエミッション型の発光デバイスの場合、共通電極115に反射電極を用いる。そのため、ボトムエミッション型の発光デバイスにおいて、共通電極115から発光層193Bの発光領域までの光学距離を $(2M + 1) \lambda / 4$ （ M は自然数）またはその近傍となるように調節するのが好ましい。

【0107】

シングル構造の発光デバイスでは、発光効率の観点から、全ての発光層を互いに近くに配置することが好ましい。タンデム構造の発光デバイスは、発光ユニットを分けることで複数の発光層を離して配置できるため、シングル構造の発光デバイスに比べて、光学距離の最適化が容易である。また、タンデム構造の発光デバイスにおける発光ユニットの積層順は特に限定されない。しかし、タンデム構造の発光デバイスにおいて、1つの発光ユニットが複数の発光層を有する場合は、シングル構造の発光デバイスと同様に、発光効率の観

点からこれら発光層を互いに近くする必要がある。

【0108】

図5では、可視光を発する発光デバイス47Vから可視光 λ_v の2次光($n=2$)を取り出し、赤外光を発する発光デバイス47Nから赤外光 λ_i の2次光($n=2$)を取り出す場合について説明する。

【0109】

図5に示す発光デバイス47Vにおける一对の電極間の光学距離は、 λ_v (つまり、 $n\lambda_v/2$ 、かつ $n=2$)である。また、画素電極191と可視光の発光領域EM(V)との間の光学距離が、 $3\lambda_v/4$ であり、共通電極115と可視光の発光領域EM(V)との間の光学距離が、 $\lambda_v/4$ である。

10

【0110】

同様に、図5に示す発光デバイス47Nにおける一对の電極間の光学距離は、 λ_i である。また、画素電極191と赤外光の発光領域EM(IR)との間の光学距離が、 $3\lambda_i/4$ であり、共通電極115と赤外光の発光領域EM(IR)との間の光学距離が、 $\lambda_i/4$ である。

【0111】

画素電極191と発光領域EMとの間の光学距離は、光学調整層199の膜厚を用いて調節することができる。同じ n 次光(ここでは2次光)を取り出す場合、光の波長が長いほど、画素電極191と発光領域EMとの間の光学距離は長くなる。したがって、長波長の光を発する発光デバイスほど、光学調整層199の膜厚を大きくすることが好ましい。つまり、可視光を発する発光デバイスの光学調整層199Vの膜厚に比べて、赤外光を発する発光デバイスの光学調整層199Nの膜厚を大きくすることが好ましい。

20

【0112】

発光層と共通電極115との間には光学調整層を有していないため、発光層の積層順によって、各発光デバイスにおける共通電極115と発光領域EMとの間の光学距離を調節することが好ましい。同じ n 次光(ここでは2次光)を取り出す場合、光の波長が長いほど、共通電極115と発光領域EMとの間の光学距離は長くなる。したがって、長波長の光を発する発光層ほど、共通電極115からの距離が遠い、つまり、光学調整層199側に位置することが好ましい。

【0113】

以上のことから、光学調整層199側から短波長の光を発する順に発光層が積層されている構成(図2B)に比べて、光学調整層199側から長波長の光を発する順に発光層が積層されている構成(図2A)の方が好ましい。これにより、各発光デバイスにおいて、一对の電極間の光学距離、画素電極191と発光領域との間の光学距離、及び共通電極115と発光領域との間の光学距離を好ましい値に調節することができ、各波長の光を効率よく取り出すことができる。

30

【0114】

なお、発光層と画素電極191との間、及び、発光層と共通電極115との間の双方に光学調整層を配置することも考えられるが、発光装置の作製工程が増えてしまう。そのため、どちらか一方のみに光学調整層を配置することが好ましい。そして、光学調整層に近い方から、長波長の光を発する順に発光層を配置することで、他方の電極と発光領域との間の光学距離を適切な値に調節することができる。

40

【0115】

このような光学調整を行うことにより、発光層193から得られる特定の単色光のスペクトルを狭線化させ、色純度のよい発光を得ることができる。また、発光デバイスの光取り出し効率の低下を抑制し、発光装置の消費電力を下げることができる。

【0116】

なお、画素電極191と共通電極115との間の光学距離は、厳密には、画素電極191における反射面から共通電極115における反射面までの距離と屈折率の積に、反射で生じる位相シフトを足し合わせた値で表される。しかし、画素電極191と共通電極115

50

における反射面及び位相シフトを厳密に決定することは困難である。そのため、画素電極 191 と共通電極 115 の任意の位置を反射面と仮定し、任意の位相シフトを仮定することで十分に上述の効果を得ることができるものとする。

【0117】

同様に、画素電極 191 と発光領域との間の光学距離は、厳密には、画素電極 191 における反射面から発光層における発光領域までの距離と屈折率の積に、反射で生じる位相シフトを足し合わせた値で表される。しかし、画素電極 191 における反射面及び位相シフト、並びに、発光層における発光領域を厳密に決定することは困難である。そのため、画素電極 191 の任意の位置を反射面と仮定し、任意の位相シフトを仮定し、発光層の任意の位置を発光領域と仮定することで十分に上述の効果を得ることができるものとする。

10

【0118】

例えば、発光層 193 における発光領域は、画素電極 191 側の面、共通電極 115 側の面、または、発光層 193 の中心などと仮定することができる。

【0119】

具体例として、図 5 において、発光デバイス 47V から可視光 λ_v ($\lambda_v = 467\text{ nm}$ 、青色の光) の 2 次光 ($n = 2$) を取り出し、発光デバイス 47N から赤外光 λ_i ($\lambda_i = 800\text{ nm}$) の 2 次光 ($n = 2$) を取り出す場合の光学距離の見積もりを示す。

【0120】

画素電極 191 と可視光の発光領域 EM (V) との間の光学距離は、約 350 nm、画素電極 191 と赤外光の発光領域 EM (IR) との間の光学距離は、約 600 nm と見積もることができる。そのため、光学調整層 199V の膜厚に比べて、光学調整層 199N の膜厚を大きくすることが好ましい。

20

【0121】

共通電極 115 と可視光の発光領域 EM (V) との間の光学距離は、約 117 nm、共通電極 115 と赤外光の発光領域 EM (IR) との間の光学距離は、約 200 nm と見積もることができる。そのため、可視光 (具体例では青色の光) を発する発光層よりも、赤外光を発する発光層の方が、共通電極 115 からの距離が遠い、つまり、光学調整層 199 側に位置することが好ましい。

【0122】

なお、上記具体例において、発光デバイス 47V は、発光層 193V が発する青色の光 ($\lambda_v = 467\text{ nm}$) を、共通電極 115 側に取り出す構成である。したがって、上述の通り、画素電極 191 から発光層 193V の発光領域までの光学距離を $3\lambda_v/4$ (つまり、 $(2m' + 1)\lambda/4$ 、かつ $m' = 1$) またはその近傍となるように調節することで、画素電極 191 (反射電極) から発光層 193V の発光領域までの光学距離を長くすることができる。これにより、表面プラズモン共鳴の影響を抑制でき、青色の光の取り出し効率を高めることができる。

30

【0123】

光学調整層 199 は、画素電極 191 と共通電極 115 との間 (半透過・半反射電極が、反射電極と透明電極との積層構造の場合、一対の反射電極間) に適宜配置することができる。

40

【0124】

光学調整層 199 としては、可視光及び赤外光を透過する導電膜を用いることができる。

【0125】

可視光及び赤外光を透過する導電性材料としては、例えば、インジウム (In)、亜鉛 (Zn)、錫 (Sn) の中から選ばれた一種以上を含む材料を用いるとよい。具体的には、酸化インジウム、インジウム錫酸化物 (ITO)、インジウム亜鉛酸化物、酸化タングステンを含むインジウム酸化物、酸化タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物、酸化シリコンを含むインジウム錫酸化物 (ITSO)、酸化亜鉛、ガリウムを含む酸化亜鉛などが挙げられる。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、例えば酸化

50

グラフェンを含む膜を還元して形成することができる。

【0126】

また、可視光及び赤外光を透過する導電膜は、酸化物半導体を用いて形成することができる（以下、酸化物導電層ともいう）。酸化物導電層は、例えば、インジウムを含むことが好ましく、 $In-M-Zn$ 酸化物（ M は Al 、 Ti 、 Ga 、 Y 、 Zr 、 La 、 Ce 、 Nd 、 Sn または Hf ）を含むことがさらに好ましい。

【0127】

酸化物半導体は、膜中の酸素欠損、及び膜中の水素、水等の不純物濃度のうち少なくとも一方によって、抵抗を制御することができる半導体材料である。そのため、酸化物半導体層へ酸素欠損及び不純物濃度の少なくとも一方が増加する処理、または酸素欠損及び不純物濃度の少なくとも一方が低減する処理を選択することによって、酸化物導電層の有する抵抗率を制御することができる。

10

【0128】

なお、このように、酸化物半導体を用いて形成された酸化物導電層は、キャリア密度が高く低抵抗な酸化物半導体層、導電性を有する酸化物半導体層、または導電性の高い酸化物半導体層ということもできる。

【0129】

または、光学調整層199としては、正孔注入性の高い物質、正孔輸送性の高い物質、正孔ブロック材料、電子輸送性の高い物質、電子注入性の高い物質、また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）等を含む層を用いることができる。具体的には、光学調整層199は、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、及び電子注入層のいずれかを兼ねていてもよい。

20

【0130】

図2A、図2Bに示す光学調整層199としては、可視光及び赤外光を透過する導電膜を用いることができる。共通層112には、正孔注入層及び正孔輸送層のうち一方または双方を用いることができる。また、図2A、図2Bに示す光学調整層199が正孔注入層を有し、共通層112が正孔輸送層を有していてもよい。

【0131】

図3Aに、光学調整層199を、共通層112と発光層193Nとの間に設ける例を示す。例えば、共通層112として正孔注入層を用い、光学調整層199として正孔輸送層を用いることができる。また、共通層112を設けず、正孔注入層及び正孔輸送層のうち一方または双方を光学調整層199に用いてもよい。

30

【0132】

図3Bに、光学調整層199を、共通層114と共通電極115との間に設ける例を示す。例えば、共通層114として電子輸送層を用い、光学調整層199として電子注入層を用いることができる。また、共通層114を設けず、電子注入層及び電子輸送層のうち一方または双方を光学調整層199に用いてもよい。

【0133】

また、図4は、発光デバイスが基板151側に光を射出するボトムエミッション型の発光装置の例である。図4では、画素電極191として反射電極を用い、光学調整層199として透明電極を用いる。画素電極191と光学調整層199とで半透過・半反射電極を構成することができる。また、画素電極191に半透過・半反射電極を用い、光学調整層199として正孔注入層及び正孔輸送層のうち一方または双方を用いてもよい。

40

【0134】

また、図2A、図2Bに示す発光装置は、共通電極115上にバッファ層116を有する。バッファ層116としては、有機膜、半導体膜、無機絶縁膜等が挙げられる。図2A、図2Bに示す発光装置は、発光デバイスの発光をバッファ層116側に取り出す構成であるため、バッファ層116は可視光及び赤外光を透過する機能を有することが好ましい。これにより、バッファ層116による光の吸収を抑制し、発光デバイスの光取り出し効率を高めることができる。有機膜としては、発光デバイスに用いることができる、正孔注入

50

性の高い物質、正孔輸送性の高い物質、正孔ブロック材料、電子輸送性の高い物質、電子注入性の高い物質、またはバイポーラ性の物質等を含む層が挙げられる。半導体膜としては、可視光及び赤外光を透過する半導体膜が挙げられる。無機絶縁膜としては、窒化シリコン膜などが挙げられる。バッファ層 116 は、パッシベーション機能を有することが好ましい。これにより、発光デバイスに水分等の不純物が入り込むことを抑制できる。また、共通電極 115 が可視光及び赤外光を反射する機能を有する場合、バッファ層 116 を設けることで、共通電極 115 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。

【0135】

〔発光デバイスの構成（タンデム構造）〕

次に、図 6 を用いて、本発明の一態様の発光装置が有する発光デバイスの構成について説明する。

【0136】

図 6 A ～図 6 D に、タンデム構造の発光デバイスが有する、複数の発光ユニットの積層構造の例を示す。

【0137】

図 6 A、図 6 B は、発光ユニット 48 a と発光ユニット 48 b とが中間層 198 を介して積層されている例である。

【0138】

図 6 C は、発光ユニット 48 c と発光ユニット 48 d とが中間層 198 a を介して積層され、発光ユニット 48 d と発光ユニット 48 e とが中間層 198 b を介して積層されている例である。

【0139】

図 6 D は、発光ユニット 48 e と発光ユニット 48 c とが中間層 198 a を介して積層され、発光ユニット 48 c と発光ユニット 48 d とが中間層 198 b を介して積層されている例である。

【0140】

中間層 198、198 a、198 b は、それぞれ、少なくとも電荷発生層を有する。電荷発生層は 2 つの発光ユニットの間に位置する。電荷発生層は、一対の電極間に電圧が印加されたとき、隣接する一方の発光ユニットに電子を注入し、他方の発光ユニットに正孔（ホール）を注入する機能を有する。中間層 198、198 a、198 b は、それぞれ、正孔注入性の高い物質、正孔輸送性の高い物質、正孔ブロック材料、電子輸送性の高い物質、電子注入性の高い物質、またはバイポーラ性の物質等を含む層をさらに有していてもよい。

【0141】

複数の発光層を 1 つの発光ユニットに有するシングル構造の場合、励起子を複数の発光層で分け合うため、各発光層における発光強度が低くなることがある。複数の発光層を複数の発光ユニットに分けて配置することで、各発光層における発光強度を高めることができる。なお、発光ユニットの数が少ないほど、発光デバイスが有する層の数を少なくでき、生産性の低下を抑制できる。したがって、発光ユニットの数は、1 以上 3 以下が好ましく、1 または 2 がより好ましい。

【0142】

図 6 A ～図 6 D は、青色の発光材料として蛍光材料を用い、赤外光、赤色、及び緑色の発光材料として燐光材料を用いる場合の発光層 193 の積層例である。

【0143】

蛍光材料を用いた発光層と、燐光材料を用いた発光層と、で、発光ユニットを分けることが好ましい。これにより、蛍光材料を用いた発光層の発光強度を高めることができる。

【0144】

図 6 A、図 6 B において、発光ユニット 48 a は蛍光発光ユニットであり、発光ユニット 48 b は燐光発光ユニットである。ここで、蛍光発光ユニットと燐光発光ユニットの積層

10

20

30

40

50

順は問わない。図 6 A では、発光ユニット 4 8 a（蛍光発光ユニット）が光学調整層 1 9 9 側に位置する例を示し、図 6 B では、発光ユニット 4 8 b（燐光発光ユニット）が光学調整層 1 9 9 側に位置する例を示す。

【0145】

発光ユニット 4 8 b（燐光発光ユニット）は、赤外光を発する発光層 1 9 3 N、赤色の光を発する発光層 1 9 3 R、及び緑色の光を発する発光層 1 9 3 G を有する。これら 3 つの発光層は、上述の通り、光学調整層 1 9 9 に近い方から、長波長の光を発する順に配置することが好ましい。したがって、発光ユニット 4 8 b において、光学調整層 1 9 9 に最も近い発光層は赤外光を発する発光層 1 9 3 N であり、最も遠い発光層は緑色の光を発する発光層 1 9 3 G であることが好ましい。これにより、赤外光、赤色の光、緑色の光をそれぞれ効率よく取り出すことができる。

10

【0146】

また、赤外光を発する発光層と、可視光を発する発光層と、で、発光ユニットを分けることが好ましい。例えば、赤外光を発する発光層の発光強度が可視光を発する発光層の発光強度よりも低い場合、発光ユニットを分けることで、赤外光の発光強度を高めることができる。

【0147】

図 6 C、図 6 D において、発光ユニット 4 8 c は可視光の蛍光発光ユニットであり、発光ユニット 4 8 d は可視光の燐光発光ユニットであり、発光ユニット 4 8 e は赤外光の燐光発光ユニットである。ここで、3 つの発光ユニットの積層順は問わない。図 6 C では、発光ユニット 4 8 c（蛍光発光ユニット）が光学調整層 1 9 9 に最も近く、発光ユニット 4 8 e（赤外光の燐光発光ユニット）が光学調整層 1 9 9 から最も遠い例を示し、図 6 D では、発光ユニット 4 8 e（赤外光の燐光発光ユニット）が光学調整層 1 9 9 に最も近く、発光ユニット 4 8 d（可視光の燐光発光ユニット）が光学調整層 1 9 9 から最も遠い例を示す。

20

【0148】

発光ユニット 4 8 d（可視光の燐光発光ユニット）は、赤色の光を発する発光層 1 9 3 R 及び緑色の光を発する発光層 1 9 3 G を有する。これら 2 つの発光層は、上述の通り、光学調整層 1 9 9 に近い方から、長波長の光を発する順に配置することが好ましい。したがって、発光ユニット 4 8 d において、赤色の光を発する発光層 1 9 3 R は、緑色の光を発する発光層 1 9 3 G よりも、光学調整層 1 9 9 から近いことが好ましい。これにより、赤色の光及び緑色の光の双方を効率よく取り出すことができる。

30

【0149】

図 6 E に示す発光装置は、基板 1 5 1 上に、トランジスタを有する層 4 5 を介して、青色（B）の光を発する発光デバイス 4 7 B、緑色（G）の光を発する発光デバイス 4 7 G、赤色（R）の光を発する発光デバイス 4 7 R、及び赤外光（IR）を発する発光デバイス 4 7 N を有する。

【0150】

図 6 E は、図 6 A に示す発光ユニットの積層構造を適用した例である。

【0151】

40

図 6 E に示す発光デバイスは、基板 1 5 1 上にトランジスタを有する層 4 5 を介して、画素電極 1 9 1、光学調整層 1 9 9、共通層 1 1 2、発光層 1 9 3 B、中間層 1 9 8、発光層 1 9 3 N、発光層 1 9 3 R、発光層 1 9 3 G、共通層 1 1 4、共通電極 1 1 5、及びバッファ層 1 1 6 を有する。

【0152】

青色の発光層と他の色の発光層とを、異なる発光ユニットに設けることで、青色の発光層にのみ蛍光材料を用いる場合であっても、各発光層の発光強度を高め、発光効率を高めることができる。また、1 つの発光ユニットにおいて、光学調整層 1 9 9 側から長波長の光を発する順に発光層を積層することで、光学調整層 1 9 9 N、1 9 9 R、1 9 9 G を用いた光学調整が容易となり、赤色、緑色、及び赤外光をそれぞれ高い効率で取り出すことが

50

できる。

【0153】

〔変形例〕

本発明の一態様の発光装置では、1つの副画素が、可視光と赤外光との双方を発する構成とすることができる。例えば、それぞれ、赤色、緑色、または青色を発する3つの副画素のいずれかを赤外光を発する構成とすることができる。可視光を発する副画素が、赤外光を発する副画素を兼ねることで、赤外光を発する副画素を別途設けなくてよい。したがって、1つの画素が有する副画素の数を増やさずに、発光装置を、可視光及び赤外光の双方を発する構成とすることができる。これにより、画素の開口率の低下を抑制でき、発光装置の発光効率を高めることができる。

10

【0154】

図7A～図7Cに本発明の一態様の発光装置の断面図を示す。

【0155】

図7A～図7Cに示す発光装置40C～発光装置40Eは、それぞれ、赤色（R）の光、緑色（G）の光、青色（B）の光、及び赤外光（IR）が射出される構成である。

【0156】

発光装置40C～発光装置40Eは、赤色の光、緑色の光、及び青色の光のうちいずれか一つを発する発光デバイスが、赤外光も発することができる構成である。

【0157】

図7A～図7Cに示す発光装置40C～発光装置40Eは、基板151と基板152との間に、トランジスタを有する層45、発光デバイス47R、発光デバイス47G、及び発光デバイス47Bを有する。

20

【0158】

発光装置40Cにおいて、発光デバイス47Rは、赤色（R）の光と、赤外光（IR）と、の双方を発することができ、発光デバイス47Gは、緑色（G）の光を発することができ、発光デバイス47Bは、青色（B）の光を発することができる。

【0159】

発光装置40Dにおいて、発光デバイス47Gは、緑色（G）の光と、赤外光（IR）と、の双方を発することができ、発光デバイス47Rは、赤色（R）の光を発することができ、発光デバイス47Bは、青色（B）の光を発することができる。

30

【0160】

発光装置40Eにおいて、発光デバイス47Bは、青色（B）の光と、赤外光（IR）と、の双方を発することができ、発光デバイス47Rは、赤色（R）の光を発することができ、発光デバイス47Gは、緑色（G）の光を発することができる。

【0161】

図7D～図7Hに、画素の構成例を示す。

【0162】

図7D～図7Fに示す画素は、それぞれ、赤色（R）、緑色（G）、青色（B）の3色の副画素（3つの発光デバイス）を有する。本発明の一態様の発光装置は、画素を構成するこれら副画素の少なくとも1つが可視光に加えて赤外光を射出する構成である。

40

【0163】

図7Dは、赤色（R）の副画素が赤外光（IR）を射出する構成であり、図7Eは、緑色（G）の副画素が赤外光（IR）を射出する構成であり、図7Fは、青色（B）の副画素が赤外光（IR）を射出する構成である。

【0164】

図7G、図7Hに示す画素は、それぞれ、赤色（R）、緑色（G）、青色（B）、及び白色（W）の4色の副画素（4つの発光デバイス）を有する。図7G、図7Hは、赤色（R）の副画素が赤外光（IR）を射出する構成であるが、これに限定されず、他の色の副画素が赤外光を射出する構成であってもよい。図7Gは、横一列に4つの副画素が配置されている例であり、図7Hは、2×2のマトリクス状に4つの副画素が配置されている例で

50

ある。

【0165】

上述の通り、マイクロキャビティ構造では、一对の電極間の光学距離（反射による位相シフトを含む）の倍数を整数で除した値の波長の光を強めて取り出すことができる。したがって、可視光と赤外光との公倍数となる光学距離を採用することで、可視光及び赤外光の双方を効率的に取り出すことができる。

【0166】

ここで、フルカラー表示における品質の指標としていくつかの規格値が定められている。例えば、ディスプレイ、プリンタ、デジタルカメラ、スキャナなどの機器において、機器間の色再現の違いを統一するためにIEC（国際電気標準会議）が定めた国際標準の色空間に関する規格としてsRGB規格が広く定着している。そのほかの規格としては、アメリカの国家テレビ標準化委員会（National Television System Committee）が作成したアナログテレビ方式の色域規格であるNTSC規格、デジタル映画（シネマ）を配給する際の国際的な統一規格であるDCI-P3（Digital Cinema Initiatives）規格、NHKが定めた高精細なUHD TV（Ultra High Definition Television、スーパーハイビジョンともいう）で使われる規格、Recommendation ITU-R BT. 2020（以下、BT. 2020）などが挙げられる。このような規格値によって、R、G、Bの波長は既定されているため、可視光と共に取り出すことができる赤外光の波長は制限される。

【0167】

例えば、BT. 2020で規定されているR、G、Bに相当する光の波長とその n 次光（ n は自然数）を表1に示す。また、表1には、R、G、Bの n 次光を応用して取り出すことができる赤外光の波長を括弧内に示す。

【0168】

【表1】

n	1	2	3	4
R	630nm	1260nm (1260nm)	1890nm (945nm)	2520nm (840nm)
G	532nm	1064nm (1064nm)	1596nm (798nm)	2128nm (709nm)
B	467nm	934nm (934nm)	1401nm (700nm)	1868nm (934nm)

【0169】

表1に示すように、マイクロキャビティ構造により、BT. 2020で規定されているR、G、Bの光のいずれかと共に強めて取り出すことができる赤外光の波長を見積もることができる。なお、 n が大きすぎると光の取り出し効率が低下するため、 n は1以上4以下が好ましい。したがって、R、G、Bの $n=2$ に対応する波長である、934nm、1064nm、1260nmや、R、Gの $n=3$ を2で除した波長である、798nm、945nm、Rの $n=4$ を3で除した波長である、840nmなどが、R、G、Bの光のいずれかと共に強めて取り出すことができる赤外光であることがわかる。

【0170】

以上のことから、取り出したい赤外光の波長に合わせて、どの色の n 次光を応用するか、を適宜決定することが好ましい。そして、可視光及び赤外光の双方を発する発光デバイスでは、可視光（赤、緑、または青色）と赤外光との双方が強まる光学距離となるように、光学調整層の膜厚を調整することが好ましい。

【0171】

図8Aに示す発光装置は、基板151上に、トランジスタを有する層45を介して、赤色

(R)の光を発する発光デバイス47R、緑色(G)の光を発する発光デバイス47G、及び青色(B)の光及び赤外光を発する発光デバイス47B(IR)を有する。

【0172】

図8Aに示す発光装置は、発光デバイス47B(IR)が青色の光及び赤外光を発する構成である。

【0173】

図8Aに示す各発光デバイスは、図2Aに示す各発光デバイスと同様の構成を有する。発光デバイス47B(IR)において、一对の電極間の光学距離が青色発光と赤外発光との双方を強める光学距離となるように、光学調整層199Bの膜厚を調整することで、青色の光及び赤外光を効率よく取り出すことができる。

【0174】

また、R、G、Bのいずれかの光を発する発光デバイスと、赤外光(IR)を発する発光デバイス47Nとの双方に、同一の構成の発光デバイスを適用してもよい。

【0175】

図8Bに、青色(B)の光を発する発光デバイス47Bと赤外光(IR)を発する発光デバイス47Nとの双方に同一の構成の発光デバイスを適用する例を示す。

【0176】

図8Bに示す発光装置は、基板151上に、トランジスタを有する層45を介して、赤色(R)の光を発する発光デバイス47R、緑色(G)の光を発する発光デバイス47G、青色(B)の光を発する発光デバイス47B、赤外光(IR)を発する発光デバイス47Nを有する。

【0177】

発光デバイス47Rと発光デバイス47Nには、どちらも青色の光及び赤外光を発する構成を適用する。発光デバイス47Bでは、バッファ層116上に設けられたフィルタ141aによって赤外光が遮られ、青色の光のみが外部に取り出される。また、発光デバイス47Nでは、バッファ層116上に設けられたフィルタ141bによって青色の光が遮られ、赤外光のみが外部に取り出される。

【0178】

以上のように、可視光を発する発光デバイスと赤外光を発する発光デバイスとは、複数の発光層を共通して有する。そして、光学調整層の厚さを異ならせることで、可視光を発する発光デバイスと赤外光を発する発光デバイスとを作り分けることができる。これにより、発光装置の作製工程を大幅に増やすことなく、赤外光を発する副画素を設けることができる。

【0179】

以下では、図9及び図10を用いて、本発明の一態様の発光装置の構成について説明する。以下では、赤外、赤色、緑色、青色の4つの発光デバイスのうち、赤外光を発する発光デバイス及び青色の光を発する発光デバイスについて主に説明する。赤色、緑色の光を発する発光デバイスの構成は、光学調整層の厚さ以外は、赤外光を発する発光デバイス及び青色の光を発する発光デバイスと同様とすることができる。

【0180】

〔発光装置30A及び発光装置30B〕

図9Aに発光装置30Aの断面図を示し、図9Bに発光装置30Bの断面図を示す。

【0181】

発光装置30A及び発光装置30Bは、それぞれ、発光デバイス190B及び発光デバイス190Nを有する。発光デバイス190Bは、青色の光21Bを発する機能を有する。発光デバイス190Nは、赤外光21Nを発する機能を有する。

【0182】

発光デバイス190B及び発光デバイス190Nは、画素電極191、共通層112、発光層193、共通層114、及び共通電極115を有する。

【0183】

発光デバイス１９０Ｂは、画素電極１９１と共通層１１２との間に、光学調整層１９９Ｂを有する。発光デバイス１９０Ｂでは、一对の電極間の光学距離が青色発光を強める光学距離となるように、光学調整層１９９Ｂの膜厚が調整されている。これにより、発光デバイス１９０Ｂから青色の光を取り出すことができる。

【０１８４】

発光デバイス１９０Ｎは、画素電極１９１と共通層１１２との間に、光学調整層１９９Ｎを有する。発光デバイス１９０Ｎでは、一对の電極間の光学距離が赤外発光を強める光学距離となるように、光学調整層１９９Ｎの膜厚が調整されている。これにより、発光デバイス１９０Ｎから赤外光を取り出すことができる。

【０１８５】

発光デバイスから取り出される可視光は、着色層（カラーフィルタなど）などの光学フィルタを介して、発光装置の外部に取り出されることが好ましい。図９Ａでは、発光デバイス１９０Ｂから、青色の着色層ＣＦＢを介して、光２１Ｂが取り出される例を示す。同様に、発光デバイスから取り出される赤外光も、光学フィルタを介して、発光装置の外部に取り出されてもよい。図９Ｂに示す発光装置３０Ｂでは、発光デバイス１９０Ｎから、光学フィルタＩＲＦを介して、赤外光２１Ｎが取り出される例を示す。

【０１８６】

なお、図９Ａ等では、複数の発光層を１つの発光層１９３で記す。発光層１９３は、赤外光を発する発光層と、可視光を発する発光層とを有する。発光層１９３は、可視光を発する発光層を複数有することが好ましい。可視光を発する発光層としては、例えば、Ｒ、Ｇ、Ｂの３つの発光層、Ｙ、Ｃ、Ｍの３つの発光層など、白色発光が得られる組み合わせが好ましい。

【０１８７】

発光デバイス１９０Ｂ及び発光デバイス１９０Ｎはシングル構造であるため、上述の通り、複数の発光層は、光学調整層１９９側から長波長の光を発する順に積層されていることが好ましい。つまり、光学調整層１９９に最も近い発光層は、赤外光を発する発光層であることが好ましい。

【０１８８】

画素電極１９１、光学調整層１９９、共通層１１２、発光層１９３、共通層１１４、及び共通電極１１５は、それぞれ、単層構造であってもよく、積層構造であってもよい。

【０１８９】

画素電極１９１は、絶縁層２１４上に位置する。各発光デバイスが有する画素電極１９１は、同一の材料及び同一の工程で形成することができる。

【０１９０】

共通層１１２としては、例えば、正孔注入層及び正孔輸送層の一方または双方を形成することができる。

【０１９１】

共通層１１４としては、例えば、電子注入層及び電子輸送層の一方または双方を形成することができる。

【０１９２】

共通電極１１５は、光学調整層１９９Ｂ、共通層１１２、発光層１９３、及び共通層１１４を介して、画素電極１９１と重なる部分を有する。また、共通電極１１５は、光学調整層１９９Ｎ、共通層１１２、発光層１９３、及び共通層１１４を介して、画素電極１９１と重なる部分を有する。共通電極１１５は、発光デバイス１９０Ｂと発光デバイス１９０Ｎに共通で用いられる層である。

【０１９３】

発光装置３０Ａ及び発光装置３０Ｂは、それぞれ、一对の基板（基板１５１及び基板１５２）間に、発光デバイス１９０Ｂ、発光デバイス１９０Ｎ、トランジスタ４２等を有する。

【０１９４】

基板１５２の基板１５１側の面には、遮光層ＢＭが設けることが好ましい。遮光層ＢＭは

10

20

30

40

50

、各発光デバイスと重なる位置に開口を有する。

【0195】

遮光層BMとしては、発光デバイス190からの発光を遮る材料を用いることができる。遮光層BMは、可視光を吸収することが好ましい。遮光層BMとして、例えば、金属材料、又は、顔料（カーボンブラックなど）もしくは染料を含む樹脂材料等を用いてブラックマトリクスを形成することができる。遮光層BMは、赤色のカラーフィルタ、緑色のカラーフィルタ、及び青色のカラーフィルタの積層構造であってもよい。

【0196】

発光デバイス190において、それぞれ画素電極191及び共通電極115の間に位置する共通層112、発光層193、共通層114は、EL層ということもできる。

【0197】

画素電極191は可視光及び赤外光を反射する機能を有することが好ましい。画素電極191の端部は隔壁216によって覆われている。共通電極115は可視光及び赤外光を透過する機能を有する。発光デバイス190は、画素電極191と共通電極115との間に電圧を印加することで、基板152側に光を射出する電界発光デバイスである（光21B、赤外光21N参照）。

【0198】

画素電極191は、絶縁層214に設けられた開口を介して、トランジスタ42が有するソースまたはドレインと電氣的に接続される。画素電極191の端部は、隔壁216によって覆われている。トランジスタ42は、発光デバイス190の駆動を制御する機能を有する。

【0199】

発光デバイス190は、保護層195に覆われていることが好ましい。図9Aでは、保護層195が、共通電極115上に接して設けられている。保護層195を設けることで、発光デバイス190に水などの不純物が入り込むことを抑制し、発光デバイス190の信頼性を高めることができる。また、接着層142によって、保護層195と基板152とが貼り合わされている。なお、保護層195は、バッファ層116を有する、またはバッファ層116の機能を兼ねていてもよい。または、保護層195は、共通電極115上にバッファ層116を介して設けられていてもよい。

【0200】

なお、図9Bに示すように、発光デバイス190上に保護層を有していなくてもよい。図9Bでは、接着層142によって、共通電極115と基板152とが貼り合わされている。

【0201】

〔発光装置30C〕

図10Aに発光装置30Cの断面図を示す。

【0202】

図10Aに示す発光装置30Cは、基板151及び基板152を有さず、基板153、基板154、接着層155、及び絶縁層212を有する点で、発光装置30Aと異なる。

【0203】

基板153と絶縁層212とは接着層155によって貼り合わされている。基板154と保護層195とは接着層142によって貼り合わされている。

【0204】

発光装置30Cは、作製基板上に形成された絶縁層212、トランジスタ42及び発光デバイス190等を、基板153上に転置することで作製される構成である。基板153及び基板154は、それぞれ、可撓性を有することが好ましい。これにより、発光装置30Cの可撓性を高めることができる。例えば、基板153及び基板154には、それぞれ、樹脂を用いることが好ましい。

【0205】

基板153及び基板154としては、それぞれ、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）等のポリエステル樹脂、ポリアクリロニトリル樹

10

20

30

40

50

脂、アクリル樹脂、ポリアミド樹脂、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（ナイロン、アラミド等）、ポリシロキサン樹脂、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、ポリウレタン樹脂、ポリ塩化ビニル樹脂、ポリ塩化ビニリデン樹脂、ポリプロピレン樹脂、ポリテトラフルオロエチレン（ＰＴＦＥ）樹脂、ＡＢＳ樹脂、セルロースナノファイバー等を用いることができる。基板１５３及び基板１５４の一方または双方に、可撓性を有する程度の厚さのガラスを用いてもよい。

【０２０６】

本実施の形態の発光装置が有する基板には、光学等方性が高いフィルムを用いてもよい。光学等方性が高いフィルムとしては、トリアセチルセルロース（ＴＡＣ、セルローストリアセテートともいう）フィルム、シクロオレフィンポリマー（ＣＯＰ）フィルム、シクロオレフィンコポリマー（ＣＯＣ）フィルム、及びアクリルフィルム等が挙げられる。

【０２０７】

〔発光装置３０Ｄ〕

図１０Ｂに発光装置３０Ｄの断面図を示す。

【０２０８】

発光装置３０Ｄは、発光層１９３Ｂと発光層１９３Ｎ、１９３Ｒ、１９３Ｇとの間に中間層１９８を有する点で、発光装置３０Ａと異なる。つまり、発光装置３０Ａの発光デバイス１９０は、シングル構造であるのに対し、発光装置３０Ｄの発光デバイス１９０は、タンデム構造である。

【０２０９】

発光デバイスがタンデム構造であると、光学距離の最適化が容易となる、発光強度が高まる、等の利点があり好ましい。

【０２１０】

以下では、図１１～図１３を用いて、本発明の一態様の発光装置の、より詳細な構成について説明する。

【０２１１】

〔発光装置２００Ａ〕

図１１に、発光装置２００Ａの斜視図を示し、図１２Ａに、発光装置２００Ａの断面図を示す。

【０２１２】

発光装置２００Ａは、基板１５２と基板１５１とが貼り合わされた構成を有する。図１１では、基板１５２を破線で明示している。

【０２１３】

発光装置２００Ａは、発光部１６３、回路１６４、配線１６５等を有する。図１１では発光装置２００ＡにＩＣ（集積回路）１７３及びＦＰＣ１７２が実装されている例を示している。そのため、図１１に示す構成は、発光装置２００Ａ、ＩＣ、及びＦＰＣを有する発光モジュールということもできる。

【０２１４】

回路１６４としては、例えば走査線駆動回路を用いることができる。

【０２１５】

配線１６５は、発光部１６３及び回路１６４に信号及び電力を供給する機能を有する。当該信号及び電力は、ＦＰＣ１７２を介して外部から、またはＩＣ１７３から配線１６５に入力される。

【０２１６】

図１１では、ＣＯＧ（Ｃｈｉｐ　Ｏｎ　Ｇｌａｓｓ）方式またはＣＯＦ（Ｃｈｉｐ　ｏｎ　Ｆｉｌｍ）方式等により、基板１５１にＩＣ１７３が設けられている例を示す。ＩＣ１７３は、例えば走査線駆動回路または信号線駆動回路などを有するＩＣを適用できる。なお、発光装置２００Ａ及び発光モジュールは、ＩＣを設けない構成としてもよい。また、ＩＣを、ＣＯＦ方式等により、ＦＰＣに実装してもよい。

10

20

30

40

50

【0217】

図12Aに、図11で示した発光装置200Aの、FPC172を含む領域の一部、回路164を含む領域の一部、発光部163を含む領域の一部、及び、端部を含む領域の一部をそれぞれ切断したときの断面の一例を示す。

【0218】

図12Aに示す発光装置200Aは、基板151と基板152の間に、トランジスタ201、トランジスタ206、トランジスタ207、発光デバイス190B、発光デバイス190N、保護層195等を有する。

【0219】

基板151と基板152は接着層142を介して接着されている。発光デバイス190B及び発光デバイス190Nの封止には、固体封止構造または中空封止構造などが適用できる。図12Aでは、基板151、接着層142、及び基板152に囲まれた空間143が、不活性ガス（窒素やアルゴンなど）で充填されており、中空封止構造が適用されている。接着層142は、発光デバイス190と重ねて設けられていてもよい。また、基板151、接着層142、及び基板152に囲まれた空間143を、接着層142とは異なる樹脂で充填してもよい。

10

【0220】

発光デバイス190Bは、絶縁層214側から画素電極191B、光学調整層199B、共通層112、発光層193、共通層114、及び共通電極115の順に積層された積層構造を有する。画素電極191Bは、絶縁層214に設けられた開口を介して、トランジスタ206が有する導電層222bと接続されている。トランジスタ206は、発光デバイス190Bの駆動を制御する機能を有する。

20

【0221】

発光デバイス190Nは、絶縁層214側から画素電極191N、光学調整層199N、共通層112、発光層193、共通層114、及び共通電極115の順に積層された積層構造を有する。画素電極191Nは、絶縁層214に設けられた開口を介して、トランジスタ207が有する導電層222bと接続されている。トランジスタ207は、発光デバイス190Nの駆動を制御する機能を有する。

【0222】

画素電極191Bの端部及び画素電極191Nの端部は、隔壁216によって覆われている。画素電極191B及び画素電極191Nは可視光及び赤外光を反射する材料を含み、共通電極115は可視光及び赤外光を透過する材料を含む。

30

【0223】

光学調整層199B及び光学調整層199Nは、可視光及び赤外光を透過する導電膜であることが好ましい。

【0224】

発光デバイス190Bは、一対の電極間の光学距離が青色発光を強める光学距離となるように、光学調整層199Bの膜厚が調整されている。また、発光デバイス190Nは、一対の電極間の光学距離が赤外発光を強める光学距離となるように、光学調整層199Nの膜厚が調整されている。

40

【0225】

発光デバイス190は、発光層193以外の層として、正孔注入性の高い物質、正孔輸送性の高い物質、正孔ブロック材料、電子輸送性の高い物質、電子注入性の高い物質、またはバイポーラ性の物質等を含む層をさらに有していてもよい。例えば、共通層112は、正孔注入層及び正孔輸送層の一方又は双方を有することが好ましい。例えば、共通層114は、電子輸送層及び電子注入層の一方または双方を有することが好ましい。

【0226】

共通層112、発光層193、及び共通層114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。共通層112、発光層193、及び共通層114を構成する層は、それぞれ、蒸着法（真空蒸着法を含む）、転写

50

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。

【0227】

発光層193は、発光材料として、量子ドットなどの無機化合物を有していてもよい。

【0228】

発光デバイス190が発する光は、基板152側に射出される。基板152には、可視光及び赤外光に対する透過性が高い材料を用いることが好ましい。

【0229】

画素電極191B及び画素電極191Nは同一の材料及び同一の工程で作製することができる。光学調整層199B及び光学調整層199Nは同一の材料を用い、互いに異なる膜厚となるよう、作製することができる。共通層112、共通層114、及び共通電極115は、発光デバイス190Bと発光デバイス190Nとの双方に用いられる。発光デバイス190Bと発光デバイス190Nとは、光学調整層199以外の構成の少なくとも一部を共通の構成とすることができる。これにより、作製工程を大幅に増やすことなく、発光装置200Aに赤外光を発する機能を付与することができる。

【0230】

発光デバイス190は、保護層195によって覆われている。保護層195により、発光デバイス190に水などの不純物が入り込むことを抑制し、発光デバイス190の信頼性を高めることができる。

【0231】

発光装置200Aの端部近傍の領域228において、絶縁層214の開口を介して、絶縁層215と保護層195とが互いに接することが好ましい。特に、絶縁層215が有する無機絶縁膜と保護層195が有する無機絶縁膜とが互いに接することが好ましい。これにより、有機絶縁膜を介して外部から発光部163に不純物が入り込むことを抑制することができる。したがって、発光装置200Aの信頼性を高めることができる。

【0232】

図12Bに、保護層195が3層構造である例を示す。図12Bにおいて、保護層195は、共通電極115上の無機絶縁層195aと、無機絶縁層195a上の有機絶縁層195bと、有機絶縁層195b上の無機絶縁層195cと、を有する。

【0233】

無機絶縁層195aの端部と無機絶縁層195cの端部は、有機絶縁層195bの端部よりも外側に延在し、互いに接している。そして、無機絶縁層195aは、絶縁層214（有機絶縁層）の開口を介して、絶縁層215（無機絶縁層）と接する。これにより、絶縁層215と保護層195とで、発光デバイス190を囲うことができるため、発光デバイス190の信頼性を高めることができる。

【0234】

このように、保護層195は、有機絶縁膜と無機絶縁膜との積層構造であってもよい。このとき、有機絶縁膜の端部よりも無機絶縁膜の端部を外側に延在させることが好ましい。

【0235】

基板152の基板151側の面には、遮光層BM及び着色層CFBが設けられている。遮光層BMは、発光デバイス190と重なる位置に開口を有する。着色層CFBは発光デバイス190Bと重なる位置に設けられる。発光デバイス190Bが発する光は、着色層CFBを介して発光装置200Aの外部に取り出される。

【0236】

トランジスタ201、トランジスタ206、及びトランジスタ207は、いずれも基板151上に形成されている。これらのトランジスタは、同一の材料及び同一の工程により作製することができる。

【0237】

基板151上には、絶縁層211、絶縁層213、絶縁層215、及び絶縁層214がこの順で設けられている。絶縁層211は、その一部が各トランジスタのゲート絶縁層として機能する。絶縁層213は、その一部が各トランジスタのゲート絶縁層として機能する

10

20

30

40

50

。絶縁層 215 は、トランジスタを覆って設けられる。絶縁層 214 は、トランジスタを覆って設けられ、平坦化層としての機能を有する。なお、ゲート絶縁層の数及びトランジスタを覆う絶縁層の数は限定されず、それぞれ単層であっても 2 層以上であってもよい。

【0238】

トランジスタを覆う絶縁層の少なくとも一層に、水や水素などの不純物が拡散しにくい材料を用いることが好ましい。これにより、絶縁層をバリア層として機能させることができる。このような構成とすることで、トランジスタに外部から不純物が拡散することを効果的に抑制でき、発光装置の信頼性を高めることができる。

【0239】

絶縁層 211、絶縁層 213、及び絶縁層 215 としては、それぞれ、無機絶縁膜を用いることが好ましい。無機絶縁膜としては、例えば、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、酸化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、窒化アルミニウム膜などの無機絶縁膜を用いることができる。また、酸化ハフニウム膜、酸化イットリウム膜、酸化ジルコニウム膜、酸化ガリウム膜、酸化タンタル膜、酸化マグネシウム膜、酸化ランタン膜、酸化セリウム膜、及び酸化ネオジム膜等を用いてもよい。また、上述の絶縁膜を 2 以上積層して用いてもよい。

【0240】

ここで、有機絶縁膜は、無機絶縁膜に比べてバリア性が低いことが多い。そのため、有機絶縁膜は、発光装置 200A の端部近傍に開口を有することが好ましい。これにより、発光装置 200A の端部から有機絶縁膜を介して不純物が入り込むことを抑制することができる。または、有機絶縁膜の端部が発光装置 200A の端部よりも内側にくるように有機絶縁膜を形成し、発光装置 200A の端部に有機絶縁膜が露出しないようにしてもよい。

【0241】

平坦化層として機能する絶縁層 214 には、有機絶縁膜が好適である。有機絶縁膜に用いることができる材料としては、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、ポリアミド樹脂、ポリイミドアミド樹脂、シロキサン樹脂、ベンゾシクロブテン系樹脂、フェノール樹脂、及びこれら樹脂の前駆体等が挙げられる。

【0242】

図 12A に示す領域 228 では、絶縁層 214 に開口が形成されている。これにより、絶縁層 214 に有機絶縁膜を用いる場合であっても、絶縁層 214 を介して外部から発光部 163 に不純物が入り込むことを抑制できる。したがって、発光装置 200A の信頼性を高めることができる。

【0243】

トランジスタ 201、トランジスタ 206、及びトランジスタ 207 は、ゲートとして機能する導電層 221、ゲート絶縁層として機能する絶縁層 211、ソース及びドレインとして機能する導電層 222a 及び導電層 222b、半導体層 231、ゲート絶縁層として機能する絶縁層 213、並びに、ゲートとして機能する導電層 223 を有する。ここでは、同一の導電膜を加工して得られる複数の層に、同じハッチングパターンを付している。絶縁層 211 は、導電層 221 と半導体層 231 との間に位置する。絶縁層 213 は、導電層 223 と半導体層 231 との間に位置する。

【0244】

本実施の形態の発光装置が有するトランジスタの構造は特に限定されない。例えば、プレーナ型のトランジスタ、スタガ型のトランジスタ、逆スタガ型のトランジスタ等を用いることができる。また、トップゲート型またはボトムゲート型のいずれのトランジスタ構造としてもよい。または、チャネルが形成される半導体層の上下にゲートが設けられていてもよい。

【0245】

トランジスタ 201、トランジスタ 206、及びトランジスタ 207 には、チャネルが形成される半導体層を 2 つのゲートで挟持する構成が適用されている。2 つのゲートを接続し、これらに同一の信号を供給することによりトランジスタを駆動してもよい。または、

10

20

30

40

50

2つのゲートのうち、一方に閾値電圧を制御するための電位を与え、他方に駆動のための電位を与えることで、トランジスタの閾値電圧を制御してもよい。

【0246】

トランジスタに用いる半導体材料の結晶性についても特に限定されず、非晶質半導体、結晶性を有する半導体（微結晶半導体、多結晶半導体、単結晶半導体、または一部に結晶領域を有する半導体）のいずれを用いてもよい。結晶性を有する半導体を用いると、トランジスタ特性の劣化を抑制できるため好ましい。

【0247】

トランジスタの半導体層は、金属酸化物（酸化物半導体ともいう）を有することが好ましい。または、トランジスタの半導体層は、シリコンを有していてもよい。シリコンとしては、アモルファスシリコン、結晶性のシリコン（低温ポリシリコン、単結晶シリコンなど）などが挙げられる。

【0248】

半導体層は、例えば、インジウムと、M（Mは、ガリウム、アルミニウム、シリコン、ホウ素、イットリウム、スズ、銅、バナジウム、ベリリウム、チタン、鉄、ニッケル、ゲルマニウム、ジルコニウム、モリブデン、ランタン、セリウム、ネオジム、ハフニウム、タンタル、タングステン、及びマグネシウムから選ばれた一種または複数種）と、亜鉛と、を有することが好ましい。特に、Mは、アルミニウム、ガリウム、イットリウム、及びスズから選ばれた一種または複数種であることが好ましい。

【0249】

特に、半導体層として、インジウム（In）、ガリウム（Ga）、及び亜鉛（Zn）を含む酸化物（IGZOとも記す）を用いることが好ましい。

【0250】

半導体層がIn-M-Zn酸化物の場合、In-M-Zn酸化物を成膜するために用いるスパッタリングターゲットは、Inの原子数比がMの原子数比以上であることが好ましい。このようなスパッタリングターゲットの金属元素の原子数比として、In:M:Zn=1:1:1、In:M:Zn=1:1:1.2、In:M:Zn=2:1:3、In:M:Zn=3:1:2、In:M:Zn=4:2:3、In:M:Zn=4:2:4.1、In:M:Zn=5:1:6、In:M:Zn=5:1:7、In:M:Zn=5:1:8、In:M:Zn=6:1:6、In:M:Zn=5:2:5等が挙げられる。

【0251】

スパッタリングターゲットとしては、多結晶の酸化物を含むターゲットを用いると、結晶性を有する半導体層を形成しやすくなるため好ましい。なお、成膜される半導体層の原子数比は、上記のスパッタリングターゲットに含まれる金属元素の原子数比のプラスマイナス40%の変動を含む。例えば、半導体層に用いるスパッタリングターゲットの組成がIn:Ga:Zn=4:2:4.1〔原子数比〕の場合、成膜される半導体層の組成は、In:Ga:Zn=4:2:3〔原子数比〕の近傍となる場合がある。

【0252】

なお、原子数比がIn:Ga:Zn=4:2:3またはその近傍と記載する場合、Inの原子数比を4としたとき、Gaの原子数比が1以上3以下であり、Znの原子数比が2以上4以下である場合を含む。また、原子数比がIn:Ga:Zn=5:1:6またはその近傍であると記載する場合、Inの原子数比を5としたときに、Gaの原子数比が0.1より大きく2以下であり、Znの原子数比が5以上7以下である場合を含む。また、原子数比がIn:Ga:Zn=1:1:1またはその近傍であると記載する場合、Inの原子数比を1としたときに、Gaの原子数比が0.1より大きく2以下であり、Znの原子数比が0.1より大きく2以下である場合を含む。

【0253】

回路164が有するトランジスタと、発光部163が有するトランジスタは、同じ構造であってもよく、異なる構造であってもよい。回路164が有する複数のトランジスタの構造は、全て同じであってもよく、2種類以上であってもよい。同様に、発光部163が有す

10

20

30

40

50

る複数のトランジスタの構造は、全て同じであってもよく、２種類以上であってもよい。

【０２５４】

基板１５１の、基板１５２が重ならない領域には、接続部２０４が設けられている。接続部２０４では、配線１６５が導電層１６６及び接続層２４２を介してＦＰＣ１７２と電氣的に接続されている。接続部２０４の上面は、画素電極１９１Ｂ及び画素電極１９１Ｎと同一の導電膜を加工して得られた導電層１６６が露出している。これにより、接続部２０４とＦＰＣ１７２とを接続層２４２を介して電氣的に接続することができる。

【０２５５】

基板１５２の外側には各種光学部材を配置することができる。光学部材としては、偏光板、位相差板、光拡散層（拡散フィルムなど）、反射防止層、及び集光フィルム等が挙げられる。また、基板１５２の外側には、ゴミの付着を抑制する帯電防止膜、汚れを付着しにくくする撥水性の膜、使用に伴う傷の発生を抑制するハードコート膜、衝撃吸収層等を配置してもよい。

【０２５６】

基板１５１及び基板１５２には、それぞれ、ガラス、石英、セラミック、サファイア、樹脂などを用いることができる。基板１５１及び基板１５２に可撓性を有する材料を用いると、発光装置の可撓性を高めることができる。

【０２５７】

接着層としては、紫外線硬化型等の光硬化型接着剤、反応硬化型接着剤、熱硬化型接着剤、嫌気型接着剤などの各種硬化型接着剤を用いることができる。これら接着剤としてはエポキシ樹脂、アクリル樹脂、シリコン樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、イミド樹脂、ＰＶＣ（ポリビニルクロライド）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）樹脂等が挙げられる。特に、エポキシ樹脂等の透湿性が低い材料が好ましい。また、二液混合型の樹脂を用いてもよい。また、接着シート等を用いてもよい。

【０２５８】

接続層２４２としては、異方性導電フィルム（ＡＣＦ：Ａｎｉｓｏｔｒｏｐｉｃ Ｃｏｎｄｕｃｔｉｖｅ Ｆｉｌｍ）、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。

【０２５９】

トランジスタのゲート、ソース及びドレインのほか、発光装置を構成する各種配線及び電極などの導電層に用いることのできる材料としては、アルミニウム、チタン、クロム、ニッケル、銅、イットリウム、ジルコニウム、モリブデン、銀、タンタル、及びタングステンなどの金属、並びに、当該金属を主成分とする合金などが挙げられる。これらの材料を含む膜を単層で、または積層構造として用いることができる。

【０２６０】

また、透光性を有する導電材料としては、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、ガリウムを含む酸化亜鉛などの導電性酸化物またはグラフェンを用いることができる。または、金、銀、白金、マグネシウム、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、及びチタンなどの金属材料や、該金属材料を含む合金材料を用いることができる。または、該金属材料の窒化物（例えば、窒化チタン）などを用いてもよい。なお、金属材料、合金材料（またはそれらの窒化物）を用いる場合には、透光性を有する程度に薄くすることが好ましい。また、上記材料の積層膜を導電層として用いることができる。例えば、銀とマグネシウムの合金とインジウムスズ酸化物の積層膜などを用いると、導電性を高めることができるため好ましい。これらは、発光装置を構成する各種配線及び電極などの導電層や、発光デバイスが有する導電層（画素電極や共通電極として機能する導電層）にも用いることができる。

【０２６１】

各絶縁層に用いることのできる絶縁材料としては、例えば、アクリル樹脂、エポキシ樹脂などの樹脂、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、酸化

10

20

30

40

50

アルミニウムなどの無機絶縁材料が挙げられる。

【0262】

〔発光装置200B〕

図13Aに、発光装置200Bの断面図を示す。

【0263】

発光装置200Bは、トランジスタの構造が、発光装置200Aと異なる。

【0264】

発光装置200Bは、基板151上に、トランジスタ202、トランジスタ208、及びトランジスタ210を有する。

【0265】

トランジスタ202、トランジスタ208、及びトランジスタ210は、ゲートとして機能する導電層221、ゲート絶縁層として機能する絶縁層211、チャネル形成領域231i及び一対の低抵抗領域231nを有する半導体層、一対の低抵抗領域231nの一方と接続する導電層222a、一対の低抵抗領域231nの他方と接続する導電層222b、ゲート絶縁層として機能する絶縁層225、ゲートとして機能する導電層223、並びに、導電層223を覆う絶縁層215を有する。絶縁層211は、導電層221とチャネル形成領域231iとの間に位置する。絶縁層225は、導電層223とチャネル形成領域231iとの間に位置する。

【0266】

導電層222a及び導電層222bは、それぞれ、絶縁層225及び絶縁層215に設けられた開口を介して低抵抗領域231nと接続される。導電層222a及び導電層222bのうち、一方はソースとして機能し、他方はドレインとして機能する。

【0267】

発光デバイス190Bの画素電極191Bは、導電層222bを介してトランジスタ210の一対の低抵抗領域231nの一方と電氣的に接続される。

【0268】

発光デバイス190Nの画素電極191Nは、導電層222bを介してトランジスタ208の一対の低抵抗領域231nの一方と電氣的に接続される。

【0269】

図13Aでは、絶縁層225が半導体層の上面及び側面を覆う例を示す。一方、図13Bでは、絶縁層225は、半導体層231のチャネル形成領域231iと重なり、低抵抗領域231nとは重ならない。例えば、導電層223をマスクに絶縁層225が加工することで、図13Bに示す構造を作製できる。図13Bでは、絶縁層225及び導電層223を覆って絶縁層215が設けられ、絶縁層215の開口を介して、導電層222a及び導電層222bがそれぞれ低抵抗領域231nと接続されている。さらに、トランジスタを覆う絶縁層218を設けてもよい。

【0270】

また、発光装置200Bは、基板151及び基板152を有さず、基板153、基板154、接着層155、及び絶縁層212を有する点で、発光装置200Aと異なる。

【0271】

基板153と絶縁層212とは接着層155によって貼り合わされている。基板154と保護層195とは接着層142によって貼り合わされている。

【0272】

発光装置200Bは、作製基板上で形成された絶縁層212、トランジスタ202、トランジスタ208、トランジスタ210、及び発光デバイス190等を、基板153上に転置することで作製される構成である。基板153及び基板154は、それぞれ、可撓性を有することが好ましい。これにより、発光装置200Bの可撓性を高めることができる。

【0273】

絶縁層212には、絶縁層211、絶縁層213、及び絶縁層215に用いることができる無機絶縁膜を用いることができる。

10

20

30

40

50

【0274】

また、発光装置200Bでは、保護層195と基板154とが接着層142によって貼り合わされている。接着層142は、発光デバイス190と重ねて設けられており、図13Aでは、発光装置に固体封止構造が適用されている。

【0275】

〔金属酸化物〕

以下では、半導体層に適用可能な金属酸化物について説明する。

【0276】

なお、本明細書等において、窒素を有する金属酸化物も金属酸化物(metal oxide)と総称する場合がある。また、窒素を有する金属酸化物を、金属酸窒化物(metal oxynitride)と呼称してもよい。例えば、亜鉛酸窒化物(ZnON)などの窒素を有する金属酸化物を、半導体層に用いてもよい。

【0277】

なお、本明細書等において、CAAC(c-axis aligned crystal)、及びCAC(Cloud-Aligned Composite)と記載する場合がある。CAACは結晶構造の一例を表し、CACは機能または材料の構成の一例を表す。

【0278】

例えば、半導体層にはCAC(Cloud-Aligned Composite)-OS(Oxide Semiconductor)を用いることができる。

【0279】

CAC-OSまたはCAC-metal oxideとは、材料の一部では導電性の機能と、材料の一部では絶縁性の機能とを有し、材料の全体では半導体としての機能を有する。なお、CAC-OSまたはCAC-metal oxideを、トランジスタの半導体層に用いる場合、導電性の機能は、キャリアとなる電子(またはホール)を流す機能であり、絶縁性の機能は、キャリアとなる電子を流さない機能である。導電性の機能と、絶縁性の機能とを、それぞれ相補的に作用させることで、スイッチングさせる機能(On/Offさせる機能)をCAC-OSまたはCAC-metal oxideに付与することができる。CAC-OSまたはCAC-metal oxideにおいて、それぞれの機能を分離させることで、双方の機能を最大限に高めることができる。

【0280】

また、CAC-OSまたはCAC-metal oxideは、導電性領域、及び絶縁性領域を有する。導電性領域は、上述の導電性の機能を有し、絶縁性領域は、上述の絶縁性の機能を有する。また、材料中において、導電性領域と、絶縁性領域とは、ナノ粒子レベルで分離している場合がある。また、導電性領域と、絶縁性領域とは、それぞれ材料中に偏在する場合がある。また、導電性領域は、周辺がぼけてクラウド状に連結して観察される場合がある。

【0281】

また、CAC-OSまたはCAC-metal oxideにおいて、導電性領域と、絶縁性領域とは、それぞれ0.5nm以上10nm以下、好ましくは0.5nm以上3nm以下のサイズで材料中に分散している場合がある。

【0282】

また、CAC-OSまたはCAC-metal oxideは、異なるバンドギャップを有する成分により構成される。例えば、CAC-OSまたはCAC-metal oxideは、絶縁性領域に起因するワイドギャップを有する成分と、導電性領域に起因するナローギャップを有する成分と、により構成される。当該構成の場合、キャリアを流す際に、ナローギャップを有する成分において、主にキャリアが流れる。また、ナローギャップを有する成分が、ワイドギャップを有する成分に相補的に作用し、ナローギャップを有する成分に連動してワイドギャップを有する成分にもキャリアが流れる。このため、上記CAC-OSまたはCAC-metal oxideをトランジスタのチャネル形成領域に用いる場合、トランジスタのオン状態において高い電流駆動力、つまり大きなオン電流、

10

20

30

40

50

及び高い電界効果移動度を得ることができる。

【0283】

すなわち、CAC-OSまたはCAC-metal oxideは、マトリックス複合材(matrix composite)、または金属マトリックス複合材(metal matrix composite)と呼称することもできる。

【0284】

酸化物半導体(金属酸化物)は、単結晶酸化物半導体と、それ以外の非単結晶酸化物半導体と、に分けられる。非単結晶酸化物半導体としては、例えば、CAAC-OS(c-axis aligned crystalline oxide semiconductor)、多結晶酸化物半導体、nc-OS(nanocrystalline oxide semiconductor)、擬似非晶質酸化物半導体(a-like OS: amorphous-like oxide semiconductor)、及び非晶質酸化物半導体などがある。

10

【0285】

CAAC-OSは、c軸配向性を有し、かつa-b面方向において複数のナノ結晶が連結し、歪みを有した結晶構造となっている。なお、歪みとは、複数のナノ結晶が連結する領域において、格子配列の揃った領域と、別の格子配列の揃った領域と、の間で格子配列の向きが変化している箇所を指す。

【0286】

ナノ結晶は、六角形を基本とするが、正六角形状とは限らず、非正六角形状である場合がある。また、歪みにおいて、五角形及び七角形などの格子配列を有する場合がある。なお、CAAC-OSにおいて、歪み近傍においても、明確な結晶粒界(グレインバウンダリーともいう。)を確認することは難しい。すなわち、格子配列の歪みによって、結晶粒界の形成が抑制されていることがわかる。これは、CAAC-OSが、a-b面方向において酸素原子の配列が稠密でないことや、金属元素が置換することで原子間の結合距離が変化することなどによって、歪みを許容することができるためである。

20

【0287】

また、CAAC-OSは、インジウム、及び酸素を有する層(以下、In層)と、元素M、亜鉛、及び酸素を有する層(以下、(M, Zn)層)とが積層した、層状の結晶構造(層状構造ともいう)を有する傾向がある。なお、インジウムと元素Mは、互いに置換可能であり、(M, Zn)層の元素Mがインジウムと置換した場合、(In, M, Zn)層と表すこともできる。また、In層のインジウムが元素Mと置換した場合、(In, M)層と表すこともできる。

30

【0288】

CAAC-OSは結晶性の高い金属酸化物である。一方、CAAC-OSは、明確な結晶粒界を確認することが難しいため、結晶粒界に起因する電子移動度の低下が起こりにくいといえる。また、金属酸化物の結晶性は不純物の混入や欠陥の生成などによって低下する場合があるため、CAAC-OSは不純物や欠陥(酸素欠損(Vo: oxygen vacancyともいう。)など)の少ない金属酸化物ともいえる。したがって、CAAC-OSを有する金属酸化物は、物理的性質が安定する。そのため、CAAC-OSを有する金属酸化物は熱に強く、信頼性が高い。

40

【0289】

nc-OSは、微小な領域(例えば、1nm以上10nm以下の領域、特に1nm以上3nm以下の領域)において原子配列に周期性を有する。また、nc-OSは、異なるナノ結晶間で結晶方位に規則性が見られない。そのため、膜全体で配向性が見られない。したがって、nc-OSは、分析方法によっては、a-like OSや非晶質酸化物半導体と区別が付かない場合がある。

【0290】

なお、インジウムと、ガリウムと、亜鉛と、を有する金属酸化物の一種である、インジウム-ガリウム-亜鉛酸化物(以下、IGZO)は、上述のナノ結晶とすることで安定な構

50

造をとる場合がある。特に、IGZOは、大気中では結晶成長がし難い傾向があるため、大きな結晶（ここでは、数mmの結晶、または数cmの結晶）よりも小さな結晶（例えば、上述のナノ結晶）とする方が、構造的に安定となる場合がある。

【0291】

a-like OSは、nc-OSと非晶質酸化物半導体との間の構造を有する金属酸化物である。a-like OSは、鬆または低密度領域を有する。すなわち、a-like OSは、nc-OS及びCAAC-OSと比べて、結晶性が低い。

【0292】

酸化物半導体（金属酸化物）は、多様な構造をとり、それぞれが異なる特性を有する。本発明の一態様の酸化物半導体は、非晶質酸化物半導体、多結晶酸化物半導体、a-like OS、nc-OS、CAAC-OSのうち、二種以上を有していてもよい。

10

【0293】

半導体層として機能する金属酸化物膜は、不活性ガス及び酸素ガスのいずれか一方または双方を用いて成膜することができる。なお、金属酸化物膜の成膜時における酸素の流量比（酸素分圧）に、特に限定はない。ただし、電界効果移動度が高いトランジスタを得る場合においては、金属酸化物膜の成膜時における酸素の流量比（酸素分圧）は、0%以上30%以下が好ましく、5%以上30%以下がより好ましく、7%以上15%以下がさらに好ましい。

【0294】

金属酸化物は、エネルギーギャップが2eV以上であることが好ましく、2.5eV以上であることがより好ましく、3eV以上であることがさらに好ましい。このように、エネルギーギャップの広い金属酸化物を用いることで、トランジスタのオフ電流を低減することができる。

20

【0295】

金属酸化物膜の成膜時の基板温度は、350℃以下が好ましく、室温以上200℃以下がより好ましく、室温以上130℃以下がさらに好ましい。金属酸化物膜の成膜時の基板温度が室温であると、生産性を高めることができ、好ましい。

【0296】

金属酸化物膜は、スパッタリング法により形成することができる。そのほか、例えばPLD法、PECVD法、熱CVD法、ALD法、真空蒸着法などを用いてもよい。

30

【0297】

以上のように、本実施の形態の発光装置は、可視光を発する発光デバイスと、可視光を発する発光デバイスと、を有する。本実施の形態の発光装置は、可視光及び赤外光の双方を発することができるため、可視光を光源に用いるセンサ、赤外光を光源に用いるセンサ、並びに、可視光及び赤外光の双方を光源に用いるセンサの、いずれの光源としても用いることができ、利便性が高い。

【0298】

また、本実施の形態の発光装置では、赤外光を発する発光デバイスと、可視光を発する発光デバイスと、は、複数の発光層を共通して有し、さらには、光学調整層以外の層を共通の構成とすることができる。そのため、作製工程の大幅に増やすことなく、発光装置に、赤外光を発する機能を付加することができる。

40

【0299】

また、本実施の形態の発光装置では、1つの副画素が、可視光と赤外光との双方を発する構成とすることができる。したがって、発光装置の画素レイアウトを大きく変更する（1つの画素が有する副画素の数を増やすなど）ことなく、発光装置に、赤外光を発する機能を付加することができる。

【0300】

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。また、本明細書において、1つの実施の形態の中に、複数の構成例が示される場合は、構成例を適宜組み合わせることが可能である。

50

【0301】

(実施の形態2)

本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置について図14～図21を用いて説明する。

【0302】

本発明の一態様の表示装置は、表示部に、赤外光を発する発光デバイスと、可視光を発する発光デバイスと、可視光及び赤外光のうち少なくとも一部を検出する受光デバイスと、を有する。可視光としては、波長400nm以上750nm未満の光が挙げられ、例えば、赤色、緑色、または青色の光が挙げられる。赤外光としては、近赤外光が挙げられ、具体的には、波長750nm以上1300nm以下の光が挙げられる。

【0303】

本発明の一態様の表示装置は、表示部に、第1の発光デバイス、第2の発光デバイス、及び受光デバイスを有する。第1の発光デバイスは、第1の画素電極、第1の光学調整層、第1の発光層、第2の発光層、及び共通電極を有する。第2の発光デバイスは、第2の画素電極、第2の光学調整層、第1の発光層、第2の発光層、及び共通電極を有する。第1の光学調整層は、第1の画素電極と共通電極との間に位置する。第2の光学調整層は、第2の画素電極と共通電極との間に位置する。第1の発光層及び第2の発光層は、それぞれ、第1の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、第2の画素電極と共通電極との間に位置する領域と、を有する。受光デバイスは、第3の画素電極、活性層、及び共通電極を有する。活性層は、第3の画素電極と共通電極との間に位置する。活性層は、有機化合物を有する。第1の発光デバイスは、第1の発光層が発する赤外光を射出する。第2の発光デバイスは、第2の発光層が発する可視光を射出する。受光デバイスは、可視光及び赤外光のうち少なくとも一部を吸収する機能を有する。

【0304】

本発明の一態様の表示装置は、発光デバイスが発する可視光を用いて、画像を表示することができる。具体的には、表示部に、発光デバイスがマトリクス状に配置されており、当該表示部で画像を表示することができる。

【0305】

さらに、本発明の一態様の表示装置では、発光デバイスを、センサ（例えば、イメージセンサや光学式タッチセンサ）の光源として利用することができる。本発明の一態様の表示装置は、可視光及び赤外光の双方を発することができるため、可視光を光源に用いるセンサと赤外光を光源に用いるセンサのどちらとも組み合わせることができ、利便性が高い。また、可視光及び赤外光の双方を光源に用いるセンサの光源としても用いることができ、センサの機能性を高めることができる。

【0306】

また、当該表示部には、受光デバイスがマトリクス状に配置されており、表示部は、受光部としての機能も有する。受光デバイスは、可視光及び赤外光の一方または双方を検出することができる。受光部は、イメージセンサやタッチセンサに用いることができる。つまり、受光部で光を検出することで、画像を撮像することや、対象物（指やペンなど）の近接もしくは接触を検出することができる。

【0307】

本発明の一態様の表示装置は、受光デバイスが検出する波長の光を、発光デバイスから発することで、センサとして機能することができる。したがって、表示装置と別に受光部及び光源を設けなくてよく、電子機器の部品点数を削減することができる。

【0308】

本発明の一態様の表示装置では、表示部が有する発光デバイスの発光を対象物が反射した際、受光デバイスがその反射光を検出できるため、暗い場所でも、撮像やタッチ（さらには近接）の検出が可能である。

【0309】

また、本発明の一態様の表示装置は、赤外光を発する発光デバイス、可視光を発する発光デバイス、及び受光デバイスの3つのデバイスで、共通の構成の層を有することができる

10

20

30

40

50

。そのため、作製工程を大幅に増やすことなく、表示装置に、赤外光を発する機能を付加すること及び受光デバイスを内蔵することができる。例えば、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、及び電子注入層のうち少なくとも1つを、3つのデバイスで、同一の構成にすることができる。

【0310】

なお、受光デバイスと発光デバイスが共通で有する層は、発光デバイスにおける機能と受光デバイスにおける機能とが異なる場合がある。本明細書中では、発光デバイスにおける機能に基づいて構成要素を呼称する。例えば、正孔注入層は、発光デバイスにおいて正孔注入層として機能し、受光デバイスにおいて正孔輸送層として機能する。同様に、電子注入層は、発光デバイスにおいて電子注入層として機能し、受光デバイスにおいて電子輸送層として機能する。なお、正孔輸送層は、発光デバイスと受光デバイスの双方において正孔輸送層として機能する。同様に、電子輸送層は、発光デバイスと受光デバイスの双方において電子輸送層として機能する。

10

【0311】

本発明の一態様の表示装置には、実施の形態1で説明した発光デバイスを用いることができる。本実施の形態の表示装置が有する発光デバイスの構成及び特長は、実施の形態1を参照することができるため、詳細な説明は省略することができる。

【0312】

受光デバイスをイメージセンサに用いる場合、本実施の形態の表示装置は、受光デバイスを用いて、画像を撮像することができる。

20

【0313】

例えば、イメージセンサを用いて、指紋、掌紋、または虹彩などのデータを取得することができる。つまり、本実施の形態の表示装置に、生体認証用センサを内蔵させることができる。表示装置が生体認証用センサを内蔵することで、表示装置とは別に生体認証用センサを設ける場合に比べて、電子機器の部品点数を少なくでき、電子機器の小型化及び軽量化が可能である。

【0314】

また、イメージセンサを用いて、ユーザーの表情、目の動き、または瞳孔径の変化などのデータを取得することができる。当該データを解析することで、ユーザーの心身の情報を取得することができる。当該情報をもとに表示及び音声の一方又は双方の出力内容を変化させることで、例えば、VR (Virtual Reality) 向け機器、AR (Augmented Reality) 向け機器、またはMR (Mixed Reality) 向け機器において、ユーザーが機器を安全に使用できるよう図ることができる。

30

【0315】

また、受光デバイスをタッチセンサに用いる場合、本実施の形態の表示装置は、受光デバイスを用いて、対象物の近接または接触を検出することができる。

【0316】

受光デバイスとしては、例えば、pn型またはpin型のフォトダイオードを用いることができる。受光デバイスは、受光デバイスに入射する光を検出し電荷を発生させる光電変換デバイスとして機能する。入射する光量に基づき、発生する電荷量が決まる。

40

【0317】

特に、受光デバイスとして、有機化合物を含む層を有する有機フォトダイオードを用いることが好ましい。有機フォトダイオードは、薄型化、軽量化、及び大面積化が容易であり、また、形状及びデザインの自由度が高いため、様々な表示装置に適用できる。

【0318】

本発明の一態様では、発光デバイスとして有機ELデバイスを用い、受光デバイスとして有機フォトダイオードを用いる。有機フォトダイオードは、有機ELデバイスと共通の構成にできる層が多い。そのため、作製工程を大幅に増やすことなく、表示装置に受光デバイスを内蔵することができる。例えば、受光デバイスの活性層と発光デバイスの発光層とを作り分け、それ以外の層は、発光デバイスと受光デバイスとで同一の構成にすることが

50

できる。

【0319】

図14A～図14Dに、本発明の一態様の表示装置の断面図を示す。

【0320】

図14Aに示す表示装置50Aは、基板151と基板152との間に、受光デバイスを有する層53と、発光デバイスを有する層57と、を有する。

【0321】

図14Bに示す表示装置50Bは、基板151と基板152との間に、受光デバイスを有する層53、トランジスタを有する層55、及び、発光デバイスを有する層57を有する。

【0322】

表示装置50A及び表示装置50Bは、発光デバイスを有する層57から、赤色（R）の光、緑色（G）の光、青色（B）の光、及び赤外光（IR）が射出される構成である。

【0323】

発光デバイスを有する層57の構成は、実施の形態1の発光装置の構成を参照することができる。つまり、実施の形態1の発光装置が有する発光デバイスを、発光デバイスを有する層57に用いることができる。

【0324】

トランジスタを有する層55は、第1のトランジスタ及び第2のトランジスタを有することが好ましい。第1のトランジスタは、受光デバイスと電氣的に接続される。第2のトランジスタは、発光デバイスと電氣的に接続される。

【0325】

受光デバイスを有する層53は、可視光を検出する構成、赤外光を検出する構成、または可視光及び赤外光の双方を検出する構成とすることができる。センサの用途に応じて、受光デバイスが検出する光の波長を決定することができる。

【0326】

本発明の一態様の表示装置は、表示装置に接触している指などの対象物を検出する機能を有していてもよい。例えば、図14Cに示すように、発光デバイスを有する層57において発光デバイスが発した光を、表示装置50Bに接触した指52が反射することで、受光デバイスを有する層53における受光デバイスがその反射光を検出する。これにより、表示装置50Bに指52が接触したことを検出することができる。

【0327】

本発明の一態様の表示装置は、図14Dに示すように、表示装置50Bに近接している（接触していない）対象物を検出または撮像する機能を有していてもよい。

【0328】

〔画素〕

図15A～図15Fに、画素の一例を示す。

【0329】

本発明の一態様の表示装置は、マトリクス状に配置された複数の画素を有する。1つの画素は、1つ以上の副画素を有する。1つの副画素は、1つの発光デバイスを有する。例えば、画素には、副画素を3つ有し、3つの副画素のいずれかが、可視光に加えて赤外光を射出する構成（R、G、Bの3色、または、黄色（Y）、シアン（C）、及びマゼンタ（M）の3色など）を適用できる。または、副画素を4つ有し、4つの副画素のいずれかが、可視光に加えて赤外光を射出する構成（R、G、B、白色（W）の4色、または、R、G、B、Yの4色など）を適用できる。または、副画素を4つ有する構成（R、G、Bの3色と赤外光、または、Y、C、Mの3色と赤外光など）や、副画素を5つ有する構成（R、G、B、Wの4色と赤外光、または、R、G、B、Yの4色と赤外光など）を適用してもよい。

【0330】

さらに、画素は、受光デバイスを有する。受光デバイスは、全ての画素に設けられていてもよく、一部の画素に設けられていてもよい。また、1つの画素が複数の受光デバイスを

10

20

30

40

50

有していてもよい。

【0331】

図15Aに示す画素は、赤色（R）、緑色（G）、青色（B）、赤外光（IR）の4つの副画素（4つの発光デバイス）と、受光デバイスPDと、を有する。

【0332】

図15B～図15Eに示す画素は、R、G、Bの3つの副画素（3つの発光デバイス）と、受光デバイスPDと、を有する。図15B、図15Eは、赤色（R）の副画素が赤外光（IR）を射出する構成であり、図15Cは、緑色（G）の副画素が赤外光（IR）を射出する構成であり、図15Dは、青色（B）の副画素が赤外光（IR）を射出する構成である。

10

【0333】

本発明の一態様の表示装置では、1つの副画素が、可視光と赤外光との双方を発する構成とすることができる。例えば、それぞれ、赤色、緑色、または青色を発する3つの副画素のいずれかが赤外光を発する構成とすることができる。可視光を発する副画素が、赤外光を発する副画素を兼ねることで、赤外光を発する副画素を別途設けなくてよい。したがって、1つの画素が有する副画素の数を増やさずに、表示装置が可視光及び赤外光を発する構成とすることができる。これにより、画素の開口率の低下を抑制でき、表示装置の光取り出し効率を高めることができる。

【0334】

図15B～図15Dは、2×2のマトリクス状に、3つの副画素と受光デバイスPDとが配置されている例であり、図15Eは、横1列に、3つの副画素と受光デバイスPDとが配置されている例である。

20

【0335】

図15Fに示す画素は、R、G、B、白色（W）の4つの副画素（4つの発光デバイス）と、受光デバイスPDと、を有する。

【0336】

図15E、図15Fは、赤色（R）の副画素が赤外光（IR）を射出する構成であるが、これに限定されず、他の色の副画素が赤外光を射出する構成であってもよい。

【0337】

以下では、図16～図21を用いて、本発明の一態様の表示装置の構成について説明する。以下では、赤外、赤色、緑色、青色の4つの発光デバイスのうち、赤外光を発する発光デバイス及び青色の光を発する発光デバイスについて主に説明する。赤色、緑色の光を発する発光デバイスの構成は、光学調整層の厚さ以外は、赤外光を発する発光デバイス及び青色の光を発する発光デバイスと同様とすることができる。

30

【0338】

〔表示装置10A〕

図16Aに表示装置10Aの断面図を示す。

【0339】

表示装置10Aは、受光デバイス110、発光デバイス190N、及び発光デバイス190Bを有する。受光デバイス110は、赤外光21Nを検出する機能を有する。発光デバイス190Nは、赤外光21Nを発する機能を有する。発光デバイス190Bは、青色の光21Bを発する機能を有する。

40

【0340】

なお、受光デバイス110は、赤外光だけでなく、可視光を検出する機能を有していてもよい。

【0341】

発光デバイス190B及び発光デバイス190Nは、画素電極191、バッファ層192、発光層193、バッファ層194、及び共通電極115を有する。バッファ層192、発光層193、バッファ層194、及び共通電極115は、発光デバイス190Bと発光デバイス190Nとに共通して設けられる。

50

【0342】

発光デバイス190Nは、画素電極191とバッファ層192との間に、光学調整層199Nを有する。発光デバイス190Nでは、一対の電極間の光学距離が赤外発光を強める光学距離となるように、光学調整層199Nの膜厚が調整されている。これにより、発光デバイス190Nから赤外光を取り出すことができる。

【0343】

発光デバイス190Bは、画素電極191とバッファ層192との間に、光学調整層199Bを有する。発光デバイス190Bでは、一対の電極間の光学距離が青色発光を強める光学距離となるように、光学調整層199Bの膜厚が調整されている。これにより、発光デバイス190Bから青色の光を取り出すことができる。

10

【0344】

このように、光学調整層199を用いて、発光デバイスの一対の電極間の光学距離をそれぞれ調整し、その他の層（バッファ層192、発光層193、及びバッファ層194）は、複数の発光デバイスで共通とすることが好ましい。これにより、表示装置を作製する際の成膜工程を少なくすることができ、表示装置の作製コストの削減及び作製工程の簡略化ができる。

【0345】

発光デバイスから取り出される可視光は、着色層（カラーフィルタなど）などの光学フィルタを介して、発光装置の外部に取り出されることが好ましい。図16Aでは、発光デバイス190Bから、青色の着色層CFBを介して、光21Bが取り出される例を示す。同様に、発光デバイスから取り出される赤外光も、光学フィルタを介して、発光装置の外部に取り出されてもよい。

20

【0346】

なお、図16A等では、複数の発光層を1つの発光層193で記す。発光層193は、赤外光を発する発光層と、可視光を発する発光層とを有する。発光層193は、可視光を発する発光層を複数有することが好ましい。可視光を発する発光層としては、例えば、R、G、Bの3つの発光層、Y、C、Mの3つの発光層など、白色発光が得られる組み合わせが好ましい。

【0347】

発光デバイス190B及び発光デバイス190Nはシングル構造であるため、実施の形態1で説明した通り、複数の発光層は、光学調整層199側から長波長の光を発する順に積層されていることが好ましい。つまり、光学調整層199に最も近い発光層は、赤外光を発する発光層であることが好ましい。なお、本発明の一態様の表示装置には、タンデム構造の発光デバイスを用いることもできる。

30

【0348】

受光デバイス110は、画素電極181、バッファ層182、活性層183、バッファ層184、及び共通電極115を有する。

【0349】

受光デバイス110は、さらに、画素電極181とバッファ層182との間に、光学調整層189Nを有していてもよい。光学調整層189Nを設けることで、受光デバイス110の感知する波長の幅が狭くなる。したがって、感知したい波長に合わせて、光学調整層189Nの膜厚を設定することが望ましい。光学調整層189Nは、発光デバイスが有する光学調整層199のいずれかと同じ厚さであってもよく、異なる厚さであってもよい。また、光学調整層189Nは設けなくてもよい。

40

【0350】

画素電極181、バッファ層182、バッファ層192、活性層183、バッファ層184、バッファ層194、及び共通電極115は、それぞれ、単層構造であってもよく、積層構造であってもよい。

【0351】

画素電極181及び画素電極191は、絶縁層214上に位置する。画素電極181と画

50

素電極 191 は、同一の材料及び同一の工程で形成することができる。

【0352】

表示装置 10A は、受光デバイス 110 が有する活性層 183 と発光デバイス 190 が有する発光層 193 だけでなく、その他の層（バッファ層）も作り分ける構成である。具体的には、受光デバイス 110 と発光デバイス 190 とが、一対の電極（画素電極 181 または画素電極 191 と共通電極 115）間に、共通の層を有さない例を示す。

【0353】

受光デバイス 110 及び発光デバイス 190 は、絶縁層 214 上に画素電極 181 と画素電極 191 とを同一の材料及び同一の工程で形成し、画素電極 181 上にバッファ層 182、活性層 183、及びバッファ層 184 を形成し、画素電極 191 上にバッファ層 192、発光層 193、及びバッファ層 194 を形成した後、画素電極 181、画素電極 191、バッファ層 182、バッファ層 192、活性層 183、発光層 193、バッファ層 184、及びバッファ層 194 を覆うように共通電極 115 を形成することで作製できる。なお、バッファ層 182、活性層 183、及びバッファ層 184 の積層構造と、バッファ層 192、発光層 193、及びバッファ層 194 の積層構造の作製順は特に限定されない。例えば、バッファ層 182、活性層 183、及びバッファ層 184 を成膜した後に、バッファ層 192、発光層 193、及びバッファ層 194 を作製してもよい。逆に、バッファ層 182、活性層 183、及びバッファ層 184 を成膜する前に、バッファ層 192、発光層 193、及びバッファ層 194 を作製してもよい。また、バッファ層 182、バッファ層 192、活性層 183、発光層 193、などの順に交互に成膜してもよい。

【0354】

バッファ層 182 としては、例えば、正孔輸送層を形成することができる。バッファ層 192 としては、例えば、正孔注入層及び正孔輸送層の一方または双方を形成することができる。

【0355】

活性層 183 は、バッファ層 182 を介して、画素電極 181 と重なる。活性層 183 は、バッファ層 184 を介して、共通電極 115 と重なる。活性層 183 は、有機化合物を有する。具体的には、活性層 183 は、発光デバイス 190 の発光層 193 が有する有機化合物とは異なる有機化合物を有する。

【0356】

発光層 193 は、バッファ層 192 を介して、画素電極 191 と重なる。発光層 193 は、バッファ層 194 を介して、共通電極 115 と重なる。

【0357】

バッファ層 184 としては、例えば、電子輸送層を形成することができる。バッファ層 194 としては、例えば、電子注入層及び電子輸送層の一方または双方を形成することができる。

【0358】

共通電極 115 は、バッファ層 182、活性層 183、及びバッファ層 184 を介して、画素電極 181 と重なる部分を有する。また、共通電極 115 は、バッファ層 192、発光層 193、及びバッファ層 194 を介して、画素電極 181 と重なる部分を有する。共通電極 115 は、受光デバイス 110 及び発光デバイス 190 に共通で用いられる層である。

【0359】

本実施の形態の表示装置では、受光デバイス 110 の活性層 183 に有機化合物を用いる。受光デバイス 110 は、発光デバイス 190（EL デバイス）における一対の電極間の構成の少なくとも一部を変えるのみで作製することができる。そのため、表示装置の表示部に、受光デバイス 110 を内蔵することができる。

【0360】

表示装置 10A は、一対の基板（基板 151 及び基板 152）間に、受光デバイス 110、発光デバイス 190N、発光デバイス 190B、トランジスタ 41、及びトランジスタ

10

20

30

40

50

42等を有する。

【0361】

受光デバイス110において、それぞれ画素電極181及び共通電極115の間に位置するバッファ層182、活性層183、及びバッファ層184は、有機層（有機化合物を含む層）ということもできる。画素電極181は可視光及び赤外光を反射する機能を有することが好ましい。画素電極181の端部は隔壁216によって覆われている。共通電極115は可視光及び赤外光を透過する機能を有する。

【0362】

受光デバイス110は、光を検知する機能を有する。具体的には、受光デバイス110は、表示装置10Aの外部から入射される光22を受光し、電気信号に変換する、光電変換デバイスである。光22は、発光デバイス190の発光を対象物が反射した光ということもできる。また、光22は、後述するレンズを介して受光デバイス110に入射してもよい。

10

【0363】

基板152の基板151側の面には、遮光層BMを設けることが好ましい。遮光層BMは、受光デバイス110と重なる位置及び発光デバイス190と重なる位置に開口を有する。遮光層BMを設けることで、受光デバイス110が光を検出する範囲を制御することができる。

【0364】

ここで、発光デバイス190の発光が対象物によって反射された光を受光デバイス110は検出する。しかし、発光デバイス190の発光が、表示装置10A内で反射され、対象物を介さずに、受光デバイス110に入射されてしまう場合がある。遮光層BMは、このような迷光の影響を抑制することができる。例えば、遮光層BMが設けられていない場合、発光デバイス190が発した光23aは、基板152で反射され、反射光23bが受光デバイス110に入射することがある。遮光層BMを設けることで、反射光23bが受光デバイス110に入射することを抑制できる。これにより、ノイズを低減し、受光デバイス110を用いたセンサの感度を高めることができる。

20

【0365】

発光デバイス190において、それぞれ画素電極191及び共通電極115の間に位置するバッファ層192、発光層193、及びバッファ層194は、EL層ということもできる。画素電極191は可視光及び赤外光を反射する機能を有することが好ましい。画素電極191の端部は隔壁216によって覆われている。画素電極181と画素電極191とは隔壁216によって互いに電氣的に絶縁されている（電氣的に分離されている、ともいう）。共通電極115は可視光及び赤外光に対する透過性及び反射性を有する。

30

【0366】

発光デバイス190Nは画素電極191と共通電極115との間に電圧を印加することで、基板152側に赤外光21Nを射出する電界発光デバイスである。

【0367】

発光デバイス190Bは、画素電極191と共通電極115との間に電圧を印加することで、基板152側に青色の光21Bを射出する電界発光デバイスである。

40

【0368】

発光層193は、受光デバイス110の受光領域と重ならないように形成されることが好ましい。これにより、発光層193が光22を吸収することを抑制でき、受光デバイス110に照射される光量を多くすることができる。

【0369】

画素電極181は、絶縁層214に設けられた開口を介して、トランジスタ41が有するソースまたはドレインと電氣的に接続される。画素電極181の端部は、隔壁216によって覆われている。

【0370】

画素電極191は、絶縁層214に設けられた開口を介して、トランジスタ42が有する

50

ソースまたはドレインと電氣的に接続される。画素電極 191 の端部は、隔壁 216 によって覆われている。トランジスタ 42 は、発光デバイス 190 の駆動を制御する機能を有する。

【0371】

トランジスタ 41 とトランジスタ 42 とは、同一の層（図 16A では基板 151）上に接している。

【0372】

受光デバイス 110 と電氣的に接続される回路の少なくとも一部は、発光デバイス 190 と電氣的に接続される回路と同一の材料及び同一の工程で形成されることが好ましい。これにより、2つの回路を別々に形成する場合に比べて、表示装置の厚さを薄くすることができ、また、作製工程を簡略化できる。

10

【0373】

受光デバイス 110 及び発光デバイス 190 は、それぞれ、保護層 195 に覆われていることが好ましい。図 16A では、保護層 195 が、共通電極 115 上に接して設けられている。保護層 195 を設けることで、受光デバイス 110 及び発光デバイス 190 に水などの不純物が入り込むことを抑制し、受光デバイス 110 及び発光デバイス 190 の信頼性を高めることができる。また、接着層 142 によって、保護層 195 と基板 152 とが貼り合わされている。

【0374】

なお、図 16B に示すように、受光デバイス 110 上及び発光デバイス 190 上に保護層を有していなくてもよい。図 16B では、接着層 142 によって、共通電極 115 と基板 152 とが貼り合わされている。

20

【0375】

〔表示装置 10B〕

図 16B に表示装置 10B の断面図を示す。なお、以降の表示装置の説明において、先に説明した表示装置と同様の構成については、説明を省略することがある。

【0376】

表示装置 10B は、バッファ層 182 及びバッファ層 192 を有さず、共通層 112 を有する点で、表示装置 10A と異なる。

【0377】

共通層 112 は、画素電極 181 上及び画素電極 191 上に位置する。共通層 112 は、受光デバイス 110、発光デバイス 190N、及び発光デバイス 190B に共通で用いられる層である。

30

【0378】

共通層 112 としては、例えば、正孔注入層及び正孔輸送層の一方または双方を形成することができる。共通層 112 は、単層構造であってもよく、積層構造であってもよい。

【0379】

活性層及び発光層以外の層のうち少なくとも一部を、受光デバイスと発光デバイスとで互いに共通の構成とすることで、表示装置の作製工程を削減でき、好ましい。

【0380】

〔表示装置 10C〕

図 16C に表示装置 10C の断面図を示す。

【0381】

表示装置 10C は、バッファ層 184 及びバッファ層 194 を有さず、共通層 114 を有する点で、表示装置 10A と異なる。

【0382】

共通層 114 は、隔壁 216 上、活性層 183 上、及び発光層 193 上に位置する。共通層 114 は、受光デバイス 110、発光デバイス 190N、及び発光デバイス 190B に共通で用いられる層である。

【0383】

40

50

共通層 114 としては、例えば、電子注入層及び電子輸送層の一方または双方を形成することができる。共通層 114 は、単層構造であってもよく、積層構造であってもよい。

【0384】

活性層及び発光層以外の層のうち少なくとも一部を、受光デバイスと発光デバイスとで互いに共通の構成とすることで、表示装置の作製工程を削減でき、好ましい。

【0385】

〔表示装置 10D〕

図 17A に表示装置 10D の断面図を示す。

【0386】

表示装置 10D は、バッファ層 182、バッファ層 192、バッファ層 184、及びバッファ層 194 を有さず、共通層 112 及び共通層 114 を有する点で、表示装置 10A と異なる。

【0387】

本実施の形態の表示装置では、受光デバイス 110 の活性層 183 に有機化合物を用いる。受光デバイス 110 は、活性層 183 以外の層を、発光デバイス 190（EL デバイス）と共通の構成にすることができる。そのため、発光デバイス 190 の作製工程に、活性層 183 を成膜する工程を追加するのみで、発光デバイス 190 の形成と並行して受光デバイス 110 を形成することができる。また、発光デバイス 190 と受光デバイス 110 とを同一基板上に形成することができる。したがって、作製工程を大幅に増やすことなく、表示装置に受光デバイス 110 を内蔵することができる。

【0388】

表示装置 10D では、光学調整層を作り分ける点と、受光デバイス 110 の活性層 183 と、発光デバイス 190 の発光層 193 と、を作り分ける点以外は、受光デバイス 110 と発光デバイス 190 が共通の構成である例を示す。ただし、受光デバイス 110 と発光デバイス 190 の構成はこれに限定されない。受光デバイス 110 と発光デバイス 190 は、光学調整層、活性層 183、及び発光層 193 のほかにも、互いに作り分ける層を有していてもよい（前述の表示装置 10A、10B、10C 参照）。受光デバイス 110 と発光デバイス 190 は、共通で用いられる層（共通層）を 1 層以上有することが好ましい。これにより、作製工程を大幅に増やすことなく、表示装置に受光デバイス 110 を内蔵することができる。

【0389】

〔表示装置 10E〕

図 17B に表示装置 10E の断面図を示す。

【0390】

図 17B に示す表示装置 10E は、表示装置 10A の構成に加え、レンズ 149 を有する。

【0391】

本実施の形態の表示装置は、レンズ 149 を有していてもよい。レンズ 149 は、受光デバイス 110 と重なる位置に設けられている。表示装置 10E では、レンズ 149 が基板 152 に接して設けられている。表示装置 10E が有するレンズ 149 は、基板 151 側に凸面を有している。または、レンズ 149 は基板 152 側に凸面を有していてもよい。

【0392】

基板 152 の同一面上に遮光層 BM とレンズ 149 との双方を形成する場合、形成順は問わない。図 17B では、レンズ 149 を先に形成する例を示すが、遮光層 BM を先に形成してもよい。図 17B では、レンズ 149 の端部が遮光層 BM によって覆われている。

【0393】

表示装置 10E は、光 22 がレンズ 149 を介して受光デバイス 110 に入射する構成である。レンズ 149 を有すると、レンズ 149 を有さない場合に比べて、受光デバイス 110 の撮像範囲を狭くすることができ、隣接する受光デバイス 110 と撮像範囲が重なることを抑制できる。これにより、ぼやけの少ない、鮮明な画像を撮像できる。また、受光デバイス 110 の撮像範囲が同じ場合、レンズ 149 を有すると、レンズ 149 を有さな

10

20

30

40

50

い場合に比べて、ピンホールの大きさ（図 17 B では受光デバイス 110 と重なる遮光層 BM の開口の大きさに相当する）を大きくすることができる。したがって、レンズ 149 を有することで、受光デバイス 110 に入射する光量を増やすことができる。

【0394】

また、基板 152 側に凸面を有するレンズ 149 を、保護層 195 の上面に接して設けてもよい。また、基板 152 の表示面側（基板 151 側の面とは逆側）に、レンズアレイを設けてもよい。レンズアレイが有するレンズは、受光デバイス 110 と重なる位置に設ける。基板 152 の基板 151 側の面には、遮光層 BM が設けられていることが好ましい。

【0395】

本実施の形態の表示装置に用いるレンズの形成方法としては、基板上または受光デバイス上にマイクロレンズなどのレンズを直接形成してもよいし、別途作製されたマイクロレンズアレイなどのレンズアレイを基板に貼り合わせてもよい。

【0396】

〔表示装置 10 F〕

図 17 C に表示装置 10 F の断面図を示す。

【0397】

図 17 C に示す表示装置 10 F は、基板 151、基板 152、及び隔壁 216 を有さず、基板 153、基板 154、接着層 155、絶縁層 212、及び隔壁 217 を有する点で、表示装置 10 D と異なる。

【0398】

基板 153 と絶縁層 212 とは接着層 155 によって貼り合わされている。基板 154 と保護層 195 とは接着層 142 によって貼り合わされている。

【0399】

表示装置 10 F は、作製基板上に形成された絶縁層 212、トランジスタ 41、トランジスタ 42、受光デバイス 110、及び発光デバイス 190 等を、基板 153 上に転置することで作製される構成である。基板 153 及び基板 154 は、それぞれ、可撓性を有することが好ましい。これにより、表示装置 10 F の可撓性を高めることができる。例えば、基板 153 及び基板 154 には、それぞれ、樹脂を用いることが好ましい。また、本実施の形態の表示装置が有する基板には、光学等方性が高いフィルムを用いてもよい。

【0400】

隔壁 217 は、発光デバイスが発した光を吸収することが好ましい。隔壁 217 として、例えば、顔料もしくは染料を含む樹脂材料等を用いてブラックマトリクスを形成することができる。また、茶色レジスト材料を用いることで、着色された絶縁層で隔壁 217 を構成することができる。

【0401】

発光デバイス 190 が発した光は、基板 152 及び隔壁 217 で反射され、反射光が受光デバイス 110 に入射することがある。また、発光デバイス 190 が発した光が隔壁 217 を透過し、トランジスタまたは配線等で反射されることで、反射光が受光デバイス 110 に入射することがある。隔壁 217 によって光が吸収されることで、このような反射光が受光デバイス 110 に入射することを抑制できる。これにより、ノイズを低減し、受光デバイス 110 を用いたセンサの感度を高めることができる。

【0402】

隔壁 217 は、少なくとも、受光デバイス 110 が検知する光の波長を吸収することが好ましい。例えば、発光デバイス 190 G が発する緑色の光 21 G を受光デバイス 110 が検知する場合、隔壁 217 は、少なくとも緑色の光を吸収することが好ましい。例えば、隔壁 217 が、赤色のカラーフィルタを有すると、緑色の光を吸収することができ、反射光が受光デバイス 110 に入射することを抑制できる。

【0403】

なお、光を透過する隔壁 216 の上面及び側面の一方又は双方に接して、光を吸収する有色層を設けてもよい。有色層は、発光デバイスが発した光を吸収することが好ましい。有

10

20

30

40

50

色層として、例えば、顔料もしくは染料を含む樹脂材料等を用いてブラックマトリクスを形成することができる。また、茶色レジスト材料を用いることで、着色された絶縁層で有色層を構成することができる。

【0404】

有色層は、少なくとも、受光デバイス110が検知する光の波長を吸収することが好ましい。例えば、発光デバイス190Gが発する緑色の光21Gを受光デバイス110が検知する場合、有色層は、少なくとも緑色の光を吸収することが好ましい。例えば、有色層が、赤色のカラーフィルタを有すると、緑色の光を吸収することができ、反射光が受光デバイス110に入射することを抑制できる。

【0405】

有色層が表示装置10F内で生じた迷光を吸収することで、受光デバイス110に入射される迷光の量を低減できる。これにより、ノイズを低減し、受光デバイス110を用いたセンサの感度を高めることができる。

【0406】

本実施の形態の表示装置において、有色層は、受光デバイス110と発光デバイス190との間に配置される。これにより、発光デバイス190から受光デバイス110に入射される迷光を抑制することができる。

【0407】

以下では、図18～図21を用いて、本発明の一態様の表示装置の、より詳細な構成について説明する。

【0408】

〔表示装置100A〕

図18に、表示装置100Aの断面図を示す。なお、表示装置100Aは、図11に示す発光装置200Aの発光部163を表示部162に変えた構成を有する。この場合、図18に示す構成は、表示装置100A、IC、及びFPCを有する表示モジュールということもできる。

【0409】

図18に、表示装置100Aの、FPC172を含む領域の一部、回路164を含む領域の一部、表示部162を含む領域の一部、及び、端部を含む領域の一部をそれぞれ切断したときの断面の一例を示す。

【0410】

図18に示す表示装置100Aは、基板151と基板152の間に、トランジスタ201、トランジスタ205、トランジスタ206、トランジスタ207、発光デバイス190B、発光デバイス190N、受光デバイス110等を有する。

【0411】

基板152と絶縁層214は接着層142を介して接着されている。発光デバイス190B、発光デバイス190N、及び受光デバイス110の封止には、固体封止構造または中空封止構造などが適用できる。図18では、基板152、接着層142、及び絶縁層214に囲まれた空間143が、不活性ガス（窒素やアルゴンなど）で充填されており、中空封止構造が適用されている。接着層142は、発光デバイス190B、発光デバイス190N、及び受光デバイス110と重ねて設けられていてもよい。また、基板152、接着層142、及び絶縁層214に囲まれた空間143を、接着層142とは異なる樹脂で充填してもよい。

【0412】

発光デバイス190Bは、絶縁層214側から画素電極191B、光学調整層199B、共通層112、発光層193、共通層114、及び共通電極115の順に積層された積層構造を有する。画素電極191Bは、絶縁層214に設けられた開口を介して、トランジスタ207が有する導電層222bと接続されている。トランジスタ207は、発光デバイス190Bの駆動を制御する機能を有する。

【0413】

発光デバイス190Nは、絶縁層214側から画素電極191N、光学調整層199N、共通層112、発光層193、共通層114、及び共通電極115の順に積層された積層構造を有する。画素電極191Nは、絶縁層214に設けられた開口を介して、トランジスタ206が有する導電層222bと接続されている。トランジスタ206は、発光デバイス190Nの駆動を制御する機能を有する。

【0414】

画素電極191Bの端部及び画素電極191Nの端部は、隔壁216によって覆われている。画素電極191B及び画素電極191Nは可視光及び赤外光を反射する材料を含み、共通電極115は可視光及び赤外光を透過及び反射する材料を含む。

【0415】

受光デバイス110は、絶縁層214側から画素電極181、光学調整層189、共通層112、活性層183、共通層114、及び共通電極115の順に積層された積層構造を有する。画素電極181は、絶縁層214に設けられた開口を介して、トランジスタ205が有する導電層222bと電氣的に接続されている。画素電極181の端部は、隔壁216によって覆われている。画素電極181は可視光及び赤外光を反射する材料を含み、共通電極115は可視光及び赤外光を透過及び反射する材料を含む。

【0416】

発光デバイス190Bが発する光は、着色層CFBを介して、基板152側に射出される。発光デバイス190Nが発する光は、基板152側に射出される。また、受光デバイス110には、基板152及び空間143を介して、光が入射する。基板152には、可視光及び赤外光に対する透過性が高い材料を用いることが好ましい。

【0417】

画素電極181及び画素電極191は同一の材料及び同一の工程で作製することができる。共通層112、共通層114、及び共通電極115は、受光デバイス110と発光デバイス190との双方に用いられる。受光デバイス110と発光デバイス190とは、光学調整層、活性層183と発光層193の構成が異なる以外は全て共通の構成とすることができる。これにより、作製工程を大幅に増やすことなく、表示装置100Aに受光デバイス110を内蔵することができる。

【0418】

基板152の基板151側の面には、遮光層BMが設けられている。遮光層BMは、受光デバイス110と重なる位置及び発光デバイス190と重なる位置に開口を有する。遮光層BMを設けることで、受光デバイス110が光を検出する範囲を制御することができる。また、遮光層BMを有することで、対象物を介さずに、発光デバイス190から受光デバイス110に光が直接入射することを抑制できる。したがって、ノイズが少なく感度の高いセンサを実現できる。

【0419】

トランジスタ201、トランジスタ205、トランジスタ206、及びトランジスタ207は、いずれも基板151上に形成されている。これらのトランジスタは、同一の材料及び同一の工程により作製することができる。

【0420】

基板151上には、絶縁層211、絶縁層213、絶縁層215、及び絶縁層214がこの順で設けられている。絶縁層211は、その一部が各トランジスタのゲート絶縁層として機能する。絶縁層213は、その一部が各トランジスタのゲート絶縁層として機能する。絶縁層215は、トランジスタを覆って設けられる。絶縁層214は、トランジスタを覆って設けられ、平坦化層としての機能を有する。なお、ゲート絶縁層の数及びトランジスタを覆う絶縁層の数は限定されず、それぞれ単層であっても2層以上であってもよい。

【0421】

トランジスタを覆う絶縁層の少なくとも一層に、水や水素などの不純物が拡散しにくい材料を用いることが好ましい。これにより、絶縁層をバリア層として機能させることができる。このような構成とすることで、トランジスタに外部から不純物が拡散することを効果

10

20

30

40

50

的に抑制でき、表示装置の信頼性を高めることができる。

【0422】

絶縁層211、絶縁層213、及び絶縁層215としては、それぞれ、無機絶縁膜を用いることが好ましい。

【0423】

ここで、有機絶縁膜は、無機絶縁膜に比べてバリア性が低いことが多い。そのため、有機絶縁膜は、表示装置100Aの端部近傍に開口を有することが好ましい。これにより、表示装置100Aの端部から有機絶縁膜を介して不純物が入り込むことを抑制することができる。または、有機絶縁膜の端部が表示装置100Aの端部よりも内側にくるように有機絶縁膜を形成し、表示装置100Aの端部に有機絶縁膜が露出しないようにしてもよい。

10

【0424】

平坦化層として機能する絶縁層214には、有機絶縁膜が好適である。図18に示す領域228では、絶縁層214に開口が形成されている。これにより、絶縁層214に有機絶縁膜を用いる場合であっても、絶縁層214を介して外部から表示部162に不純物が入り込むことを抑制できる。したがって、表示装置100Aの信頼性を高めることができる。

【0425】

表示装置100Aが有するトランジスタの構造は、発光装置200A（図12A）が有するトランジスタの構造と同様であるため、詳細な説明を省略する。

【0426】

本実施の形態の表示装置が有するトランジスタの構造は特に限定されない。本実施の形態の表示装置には、例えば、実施の形態1で説明した、発光装置に用いることができるトランジスタを適用することができる。

20

【0427】

基板151の、基板152が重ならない領域には、接続部204が設けられている。接続部204では、配線165が導電層166及び接続層242を介してFPC172と電氣的に接続されている。接続部204の上面は、画素電極191と同一の導電膜を加工して得られた導電層166が露出している。これにより、接続部204とFPC172とを接続層242を介して電氣的に接続することができる。

【0428】

基板152の外側には各種光学部材を配置することができる。光学部材としては、偏光板、位相差板、光拡散層（拡散フィルムなど）、反射防止層、及び集光フィルム等が挙げられる。また、基板152の外側には、ゴミの付着を抑制する帯電防止膜、汚れを付着しにくくする撥水性の膜、使用に伴う傷の発生を抑制するハードコート膜、衝撃吸収層等を配置してもよい。

30

【0429】

表示装置の各構成要素に用いることができる材料については、実施の形態1で説明した、発光装置に用いることができる各構成要素に用いることができる材料を適用することができる。

【0430】

受光デバイス110の活性層183は、半導体を含む。当該半導体としては、シリコンなどの無機半導体、及び、有機化合物を含む有機半導体が挙げられる。本実施の形態では、活性層が有する半導体として、有機半導体を用いる例を示す。有機半導体を用いることで、発光デバイス190の発光層193と、受光デバイス110の活性層183と、を同じ方法（例えば、真空蒸着法）で形成することができ、製造装置を共通化できるため好ましい。

40

【0431】

活性層183が有するn型半導体の材料としては、フラーレン（例えばC₆₀、C₇₀等）またはその誘導体等の電子受容性の有機半導体材料が挙げられる。また、活性層183が有するp型半導体の材料としては、銅（I I）フタロシアニン（Copper（I I）phthalocyanine；CuPc）やテトラフェニルジベンゾペリフランテン（

50

Tetraphenyl dibenzoperiflanthene ; DBP) 等の電子供与性の有機半導体材料が挙げられる。

【0432】

例えば、活性層183は、n型半導体とp型半導体と共蒸着して形成することが好ましい。

【0433】

〔表示装置100B〕

図19Aに、表示装置100Bの断面図を示す。

【0434】

表示装置100Bは、レンズ149及び保護層195を有する点で、主に表示装置100Aと異なる。

【0435】

受光デバイス110及び発光デバイス190を覆う保護層195を設けることで、受光デバイス110及び発光デバイス190に水などの不純物が入り込むことを抑制し、受光デバイス110及び発光デバイス190の信頼性を高めることができる。

【0436】

表示装置100Bの端部近傍の領域228において、絶縁層214の開口を介して、絶縁層215と保護層195とが互いに接することが好ましい。特に、絶縁層215が有する無機絶縁膜と保護層195が有する無機絶縁膜とが互いに接することが好ましい。これにより、有機絶縁膜を介して外部から表示部162に不純物が入り込むことを抑制することができる。したがって、表示装置100Bの信頼性を高めることができる。

【0437】

図19Bに、保護層195が3層構造である例を示す。図19Bにおいて、保護層195は、共通電極115上の無機絶縁層195aと、無機絶縁層195a上の有機絶縁層195bと、有機絶縁層195b上の無機絶縁層195cと、を有する。

【0438】

無機絶縁層195aの端部と無機絶縁層195cの端部は、有機絶縁層195bの端部よりも外側に延在し、互いに接している。そして、無機絶縁層195aは、絶縁層214（有機絶縁層）の開口を介して、絶縁層215（無機絶縁層）と接する。これにより、絶縁層215と保護層195とで、受光デバイス110及び発光デバイス190を囲うことができるため、受光デバイス110及び発光デバイス190の信頼性を高めることができる。

【0439】

このように、保護層195は、有機絶縁膜と無機絶縁膜との積層構造であってもよい。このとき、有機絶縁膜の端部よりも無機絶縁膜の端部を外側に延在させることが好ましい。

【0440】

基板152の基板151側の面に、レンズ149が設けられている。レンズ149は、基板151側に凸面を有する。受光デバイス110の受光領域は、レンズ149と重なり、かつ、発光層193と重ならないことが好ましい。これにより、受光デバイス110を用いたセンサの感度及び精度を高めることができる。

【0441】

レンズ149は、1.3以上2.5以下の屈折率を有することが好ましい。レンズ149は、無機材料及び有機材料の少なくとも一方を用いて形成することができる。例えば、樹脂を含む材料をレンズ149に用いることができる。また、酸化物及び硫化物の少なくとも一方を含む材料をレンズ149に用いることができる。

【0442】

具体的には、塩素、臭素、またはヨウ素を含む樹脂、重金属原子を含む樹脂、芳香環を含む樹脂、硫黄を含む樹脂などをレンズ149に用いることができる。または、樹脂と当該樹脂より屈折率の高い材料のナノ粒子を含む材料をレンズ149に用いることができる。酸化チタンまたは酸化ジルコニウムなどをナノ粒子に用いることができる。

【0443】

また、酸化セリウム、酸化ハフニウム、酸化ランタン、酸化マグネシウム、酸化ニオブ、

10

20

30

40

50

酸化タンタル、酸化チタン、酸化イットリウム、酸化亜鉛、インジウムとスズを含む酸化物、またはインジウムとガリウムと亜鉛を含む酸化物などを、レンズ１４９に用いることができる。または、硫化亜鉛などを、レンズ１４９に用いることができる。

【０４４４】

また、表示装置１００Ｂでは、保護層１９５と基板１５２とが接着層１４２によって貼り合わされている。接着層１４２は、受光デバイス１１０及び発光デバイス１９０とそれぞれ重ねて設けられており、表示装置１００Ｂには、固体封止構造が適用されている。

【０４４５】

〔表示装置１００Ｃ〕

図２０Ａに、表示装置１００Ｃの断面図を示す。

10

【０４４６】

表示装置１００Ｃは、トランジスタの構造が、表示装置１００Ｂと異なる。

【０４４７】

表示装置１００Ｃは、基板１５１上に、トランジスタ２０２、トランジスタ２０８、及びトランジスタ２０９を有する。

【０４４８】

表示装置１００Ｃが有するトランジスタの構造は、発光装置２００Ｂ（図１３Ａ）が有するトランジスタの構造と同様であるため、詳細な説明を省略する。

【０４４９】

図２０Ａでは、絶縁層２２５が半導体層の上面及び側面を覆う例を示す。一方、図２０Ｂでは、絶縁層２２５は、半導体層２３１のチャネル形成領域２３１ｉと重なり、低抵抗領域２３１ｎとは重ならない。例えば、導電層２２３をマスクに絶縁層２２５が加工することで、図２０Ｂに示す構造を作製できる。図２０Ｂでは、絶縁層２２５及び導電層２２３を覆って絶縁層２１５が設けられ、絶縁層２１５の開口を介して、導電層２２２ａ及び導電層２２２ｂがそれぞれ低抵抗領域２３１ｎと接続されている。さらに、トランジスタを覆う絶縁層２１８を設けてもよい。

20

【０４５０】

〔表示装置１００Ｄ〕

図２１に、表示装置１００Ｄの断面図を示す。

【０４５１】

表示装置１００Ｄは、基板１５１及び基板１５２を有さず、基板１５３、基板１５４、接着層１５５、及び絶縁層２１２を有する点で、表示装置１００Ｃと異なる。

30

【０４５２】

基板１５３と絶縁層２１２とは接着層１５５によって貼り合わされている。基板１５４と保護層１９５とは接着層１４２によって貼り合わされている。

【０４５３】

表示装置１００Ｄは、作製基板上で形成された絶縁層２１２、トランジスタ２０２、トランジスタ２０８、トランジスタ２０９、受光デバイス１１０、及び発光デバイス１９０等を、基板１５３上に転置することで作製される構成である。基板１５３及び基板１５４は、それぞれ、可撓性を有することが好ましい。これにより、表示装置１００Ｄの可撓性を高めることができる。

40

【０４５４】

絶縁層２１２には、絶縁層２１１、絶縁層２１３、及び絶縁層２１５に用いることができる無機絶縁膜を用いることができる。

【０４５５】

また、表示装置１００Ｃでは、レンズ１４９を有さない例を示し、表示装置１００Ｄでは、レンズ１４９を有する例を示す。レンズ１４９はセンサの用途等に応じて適宜設けることができる。

【０４５６】

以上のように、本実施の形態の表示装置は、表示部に、赤外光を発する発光デバイスと、

50

可視光を発する発光デバイスと、可視光及び赤外光のうち少なくとも一部を検出する受光デバイスと、を有する。表示部は画像を表示する機能と光を検出する機能との双方を有する。これにより、表示部の外部または表示装置の外部にセンサを設ける場合に比べて、電子機器の小型化及び軽量化を図ることができる。また、表示部の外部または表示装置の外部に設けるセンサと組み合わせて、より多機能の電子機器を実現することもできる。

【0457】

受光デバイスは、活性層以外の少なくとも一層を、発光デバイス（ELデバイス）と共通の構成にすることができる。さらには、受光デバイスは、活性層以外の全ての層を、発光デバイス（ELデバイス）と共通の構成にすることもできる。例えば、発光デバイスの作製工程に、活性層を成膜する工程を追加するのみで、発光デバイスと受光デバイスとを同一基板上に形成することができる。また、受光デバイスと発光デバイスは、画素電極と共通電極とを、それぞれ、同一の材料及び同一の工程で形成することができる。また、受光デバイスと電氣的に接続される回路と、発光デバイスと電氣的に接続される回路と、を、同一の材料及び同一の工程で作製することで、表示装置の作製工程を簡略化できる。このように、複雑な工程を有さなくとも、受光デバイスを内蔵し、利便性の高い表示装置を作製することができる。

【0458】

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。

【0459】

（実施の形態3）

本実施の形態では、本発明の一態様の発光デバイスに用いることができる材料について、説明する。

【0460】

<電極>

発光デバイスの一対の電極を形成する材料としては、金属、合金、電気伝導性化合物、及びこれらの混合物などを適宜用いることができる。具体的には、In-Sn酸化物（ITOともいう）、In-Si-Sn酸化物（ITSOともいう）、In-Zn酸化物、In-W-Zn酸化物が挙げられる。その他、アルミニウム（Al）、チタン（Ti）、クロム（Cr）、マンガン（Mn）、鉄（Fe）、コバルト（Co）、ニッケル（Ni）、銅（Cu）、ガリウム（Ga）、亜鉛（Zn）、インジウム（In）、スズ（Sn）、モリブデン（Mo）、タンタル（Ta）、タングステン（W）、パラジウム（Pd）、金（Au）、白金（Pt）、銀（Ag）、イットリウム（Y）、ネオジム（Nd）などの金属、及びこれらを適宜組み合わせて含む合金を用いることもできる。その他、上記例示のない元素周期表の第1族または第2族に属する元素（例えば、リチウム（Li）、セシウム（Cs）、カルシウム（Ca）、ストロンチウム（Sr）、ユウロピウム（Eu）、イッテルビウム（Yb）などの希土類金属及びこれらを適宜組み合わせて含む合金、グラフェン等を用いることができる。

【0461】

なお、マイクロキャビティ構造を有する発光デバイスを作製する場合は、反射電極と半透過・半反射電極とを用いる。したがって、所望の導電性材料を単数または複数用い、単層または積層して形成することができる。電極の作製には、スパッタリング法や真空蒸着法を用いることができる。

【0462】

<正孔注入層及び正孔輸送層>

正孔注入層は、陽極から発光ユニットに正孔を注入する層であり、正孔注入性の高い材料を含む層である。

【0463】

正孔注入性の高い材料としては、モリブデン酸化物、バナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等の遷移金属酸化物、フタロシアニン（略称：H₂Pc）や銅フタロシアニン（略称：CuPc）等のフタロシアニン系の化合物等を用

10

20

30

40

50

いることができる。

【0464】

正孔注入性の高い材料としては、4, 4', 4''-トリス(N, N-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン(略称: TDATA)、4, 4', 4''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称: MTDATA)、4, 4'-ビス[N-(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)、4, 4'-ビス(N-{4-[N'-(3-メチルフェニル)-N'-フェニルアミノ]フェニル}-N-フェニルアミノ)ビフェニル(略称: DNTPD)、1, 3, 5-トリス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ベンゼン(略称: DPA3B)、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)等の芳香族アミン化合物等を用いることができる。

【0465】

正孔注入性の高い材料としては、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)等を用いることができる。または、ポリ(3, 4-エチレンジオキシチオフェン)/ポリ(スチレンスルホン酸)(略称: 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等を用いることもできる。

【0466】

正孔注入性の高い材料としては、正孔輸送性材料とアクセプター性材料(電子受容性材料)とを含む複合材料を用いることもできる。この場合、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注入層で正孔が発生し、正孔輸送層を介して発光層に正孔が注入される。なお、正孔注入層は、正孔輸送性材料とアクセプター性材料とを含む複合材料からなる単層で形成してもよく、正孔輸送性材料とアクセプター性材料とをそれぞれ別の層で積層して形成してもよい。

【0467】

正孔輸送層は、正孔注入層によって、陽極から注入された正孔を発光層に輸送する層である。正孔輸送層は、正孔輸送性材料を含む層である。正孔輸送層に用いる正孔輸送性材料は、特に正孔注入層のHOMO準位と同じまたは近いHOMO準位を有するものを用いることが好ましい。

【0468】

正孔注入層に用いるアクセプター性材料としては、元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物を用いることができる。具体的には、酸化モリブデン、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムが挙げられる。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。その他、キノジメタン誘導体、クロラニル誘導体、ヘキサアザトリフェニレン誘導体などの有機アクセプターを用いることができる。電子吸引基(ハロゲン基やシアノ基)を有するものとしては、7, 7, 8, 8-テトラシアノー-2, 3, 5, 6-テトラフルオロキノジメタン(略称: F4-TCNQ)、クロラニル、2, 3, 6, 7, 10, 11-ヘキサシアノー-1, 4, 5, 8, 9, 12-ヘキサアザトリフェニレン(略称: HAT-CN)、1, 3, 4, 5, 7, 8-ヘキサフルオロテトラシアノー-ナフトキノジメタン(略称: F6-TCNNQ)等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、電子吸引基(特にフルオロ基のようなハロゲン基

10

20

30

40

50

やシアノ基)を有する〔3〕ラジアレン誘導体は、電子受容性が非常に高いため好ましく、具体的には α 、 α' 、 $\alpha''-1, 2, 3$ -シクロプロパントリイリデントリス〔4-シアノ-2, 3, 5, 6-テトラフルオロベンゼンアセトニトリル〕、 α 、 α' 、 $\alpha''-1, 2, 3$ -シクロプロパントリイリデントリス〔2, 6-ジクロロ-3, 5-ジフルオロ-4-(トリフルオロメチル)ベンゼンアセトニトリル〕、 α 、 α' 、 $\alpha''-1, 2, 3$ -シクロプロパントリイリデントリス〔2, 3, 4, 5, 6-ペンタフルオロベンゼンアセトニトリル〕などが挙げられる。

【0469】

正孔注入層及び正孔輸送層に用いる正孔輸送性材料としては、 $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質が好ましい。なお、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものも用いることができる。

10

【0470】

正孔輸送性材料としては、 π 電子過剰型複素芳香族化合物(例えばカルバゾール誘導体、チオフェン誘導体、フラン誘導体など)や芳香族アミン(芳香族アミン骨格を有する化合物)等の正孔輸送性の高い材料が好ましい。

【0471】

カルバゾール誘導体(カルバゾール骨格を有する化合物)としては、ビカルバゾール誘導体(例えば、3, 3'-ビカルバゾール誘導体)、カルバゾリル基を有する芳香族アミン等が挙げられる。

【0472】

ビカルバゾール誘導体(例えば、3, 3'-ビカルバゾール誘導体)としては、具体的には、3, 3'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)(略称: PCCP)、9, 9'-ビス(1, 1'-ビフェニル-4-イル)-3, 3'-ビ-9H-カルバゾール、9, 9'-ビス(1, 1'-ビフェニル-3-イル)-3, 3'-ビ-9H-カルバゾール、9-(1, 1'-ビフェニル-3-イル)-9'-(1, 1'-ビフェニル-4-イル)-9H, 9'-H-3, 3'-ビカルバゾール(略称: mBPCCBP)、9-(2-ナフチル)-9'-フェニル-9H, 9'-H-3, 3'-ビカルバゾール(略称: β NCCP)などが挙げられる。

20

【0473】

カルバゾリル基を有する芳香族アミンとしては、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)、N-(4-ビフェニル)-N-(9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9-フェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: PCBif)、N-(1, 1'-ビフェニル-4-イル)-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: PCBBif)、4, 4'-ジフェニル-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称: PCBBi1BP)、4-(1-ナフチル)-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称: PCBANB)、4, 4'-ジ(1-ナフチル)-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称: PCBNBB)、4-フェニルジフェニル-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)アミン(略称: PCA1BP)、N, N'-ビス(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N, N'-ジフェニルベンゼン-1, 3-ジアミン(略称: PCA2B)、N, 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)、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)、PCzPCA1、PCzPCA2、PCzPCN1、3-[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称: PCzDPA1)、3, 6-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称: PCzD

30

40

50

PA2)、3,6-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-(1-ナフチル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzTPN2)、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)、N-[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N-(4-フェニル)フェニルアニリン(略称:YGAlBP)、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:YGAF2F)、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)などが挙げられる。

【0474】

カルバゾール誘導体としては、上記に加えて、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)、3-[4-(1-ナフチル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール(略称:PCPN)、1,3-ビス(N-カルバゾリル)ベンゼン(略称:mCP)、4,4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル(略称:CBP)、3,6-ビス(3,5-ジフェニルフェニル)-9-フェニルカルバゾール(略称:CzTP)、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)等が挙げられる。

【0475】

チオフェン誘導体(チオフェン骨格を有する化合物)及びフラン誘導体(フラン骨格を有する化合物)としては、具体的には、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)、2,8-ジフェニル-4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称:DBTFLP-II)、4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]-6-フェニルジベンゾチオフェン(略称:DBTFLP-IV)などのチオフェン骨格を有する化合物、4,4',4''-(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリ(ジベンゾフラン)(略称:DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]フェニル}ジベンゾフラン(略称:mmDBFFLBi-II)等が挙げられる。

【0476】

芳香族アミンとしては、具体的には、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:NPBまたは α -NPD)、N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン(略称:TPD)、4,4'-ビス[N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:BSPB)、4-フェニル-4'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称:BPAPLP)、4-フェニル-3'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称:mBPAPLP)、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)、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)、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)、2,7-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]スピロ-9,9'-ビフルオレン(略称:DPA2SF)、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)、TDATA、m-MTDATA、N,N'-ジ(p-トリル)-N,N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン(略称:DTDPPA)、DPAB、DNTPD、DPA3B等が挙げられる。

【0477】

正孔輸送性材料としては、PVK、PVTPA、PTPDMA、Poly-TPDなどの高分子化合物を用いることもできる。

10

20

30

40

50

【0478】

正孔輸送性材料は、上記に限られることなく公知の様々な材料を1種または複数種組み合わせ、正孔注入層及び正孔輸送層に用いることができる。

【0479】

＜発光層＞

発光層は、発光物質を含む層である。発光層は、1種または複数種の発光物質を有することができる。発光物質としては、青色、紫色、青紫色、緑色、黄緑色、黄色、橙色、赤色などの発光色を呈する物質を適宜用いる。また、発光物質として、近赤外光を発する物質を用いることもできる。

【0480】

発光層は、発光物質（ゲスト材料）に加えて、1種または複数種の有機化合物（ホスト材料、アシスト材料等）を有していてもよい。1種または複数種の有機化合物としては、本実施の形態で説明する正孔輸送性材料及び電子輸送性材料の一方または双方を用いることができる。また、1種または複数種の有機化合物として、バイポーラ性材料を用いてもよい。

【0481】

発光層に用いることができる発光物質として、特に限定は無く、一重項励起エネルギーを可視光領域もしくは近赤外光領域の発光に変える発光物質、または三重項励起エネルギーを可視光領域もしくは近赤外光領域の発光に変える発光物質を用いることができる。

【0482】

一重項励起エネルギーを発光に変える発光物質としては、蛍光を発する物質（蛍光材料）が挙げられ、例えば、ピレン誘導体、アントラセン誘導体、トリフェニレン誘導体、フルオレン誘導体、カルバゾール誘導体、ジベンゾチオフェン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、ジベンゾキノキサリン誘導体、キノキサリン誘導体、ピリジン誘導体、ピリミジン誘導体、フェナントレン誘導体、ナフタレン誘導体などが挙げられる。特にピレン誘導体は発光量子収率が高いので好ましい。ピレン誘導体の具体例としては、N, N'-ビス(3-メチルフェニル)-N, N'-ビス[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ピレン-1, 6-ジアミン（略称：1, 6mMemFLPAPrn）、N, N'-ジフェニル-N, N'-ビス[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ピレン-1, 6-ジアミン（略称：1, 6FLPAPrn）、N, N'-ビス(ジベンゾフラン-2-イル)-N, N'-ジフェニルピレン-1, 6-ジアミン（略称：1, 6FrAPrn）、N, N'-ビス(ジベンゾチオフェン-2-イル)-N, N'-ジフェニルピレン-1, 6-ジアミン（略称：1, 6ThAPrn）、N, N'-(ピレン-1, 6-ジイル)ビス[(N-フェニルベンゾ[b]ナフト[1, 2-d]フラン)-6-アミン]（略称：1, 6BnfAPrn）、N, N'-(ピレン-1, 6-ジイル)ビス[(N-フェニルベンゾ[b]ナフト[1, 2-d]フラン)-8-アミン]（略称：1, 6BnfAPrn-02）、N, N'-(ピレン-1, 6-ジイル)ビス[(6, N-ジフェニルベンゾ[b]ナフト[1, 2-d]フラン)-8-アミン]（略称：1, 6BnfAPrn-03）などが挙げられる。

【0483】

その他にも、5, 6-ビス[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-2, 2'-ビピリジン（略称：PAP2BPY）、5, 6-ビス[4'-(10-フェニル-9-アントリル)ビフェニル-4-イル]-2, 2'-ビピリジン（略称：PAPP2BPY）、N, N'-ビス[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N, N'-ジフェニルスチルベン-4, 4'-ジアミン（略称：YGAS）、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン（略称：YGAPA）、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(9, 10-ジフェニル-2-アントリル)トリフェニルアミン（略称：2YGAPPA）、N, 9-ジフェニル-N-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン（略称：PCAPA）、4-(10-フェニル-9-アントリル)-4'-(9-フェ

10

20

30

40

50

ニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBAPA)、4-[4-(10-フェニル-9-アントリル)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:PCBAPBA)、ペリレン、2,5,8,11-テトラ(tert-ブチル)ペリレン(略称:TBP)、N,N',N''-(2-tert-ブチルアントラセン-9,10-ジイルジ-4,1-フェニレン)ビス[N,N',N''-トリフェニル-1,4-フェニレンジアミン](略称:DPABPA)、N,9-ジフェニル-N-[4-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:2PCAPPA)、N-[4-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]-N,N',N''-トリフェニル-1,4-フェニレンジアミン(略称:2DPAPPA)等を用いることができる。

10

【0484】

三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質としては、例えば、燐光を発する物質(燐光材料)や熱活性化遅延蛍光を示す熱活性化遅延蛍光(Thermally activated delayed fluorescence:TADF)材料が挙げられる。

【0485】

燐光材料としては、例えば、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、ピリジン骨格、ピラジン骨格、またはピリジン骨格を有する有機金属錯体(特にイリジウム錯体)、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錯体(特にイリジウム錯体)、白金錯体、希土類金属錯体等が挙げられる。

20

【0486】

青色または緑色を呈し、発光スペクトルのピーク波長が450nm以上570nm以下である燐光材料としては、以下のような物質が挙げられる。

【0487】

例えば、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- κN^2]フェニル- κC }イリジウム(III)(略称:[Ir(mppztz-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(Mptztz)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(iPrpztz-3b)₃])、トリス[3-(5-ビフェニル)-5-イソプロピル-4-フェニル-4H-1,2,4-トリアゾラト]イリジウム(III)(略称:[Ir(iPr5btz)₃])、のような4H-トリアゾール骨格を有する有機金属錯体、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(Mptztz1-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(Prpztz1-Me)₃])のような1H-トリアゾール骨格を有する有機金属錯体、factoris[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(dmpimpzt-Me)₃])のようなイミダゾール骨格を有する有機金属錯体、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(III)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, ^2C }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, ^2C]イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:FIr(acac))のように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錯体等が挙げられる。

30

40

【0488】

50

緑色または黄色を呈し、発光スペクトルのピーク波長が495nm以上590nm以下である燐光材料としては、以下のような物質が挙げられる。

【0489】

例えば、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-tert-ブチル-6-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(tBuppm)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(III)(略称: [Ir(mppm)₂(acac)])、(アセチルアセトナト)ビス(6-tert-ブチル-4-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(tBuppm)₂(acac)])、(アセチルアセトナト)ビス[6-(2-ノルボルニル)-4-フェニルピリミジナト]イリジウム(III)(略称: [Ir(nbppm)₂(acac)])、(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(III)(略称: [Ir(mppmpm)₂(acac)])、(アセチルアセトナト)ビス{4,6-ジメチル-2-[6-(2,6-ジメチルフェニル)-4-ピリジニル-κN³]フェニル-κC}イリジウム(III)(略称: [Ir(dmpm-dmp)₂(acac)])、(アセチルアセトナト)ビス(4,6-ジフェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(dppm)₂(acac)])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、(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(III)(略称: [Ir(mppr-Me)₂(acac)])、(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(III)(略称: [Ir(mppr-iPr)₂(acac)])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、トリス(2-フェニルピリジナト-N, C²)イリジウム(III)(略称: [Ir(ppy)₃])、ビス(2-フェニルピリジナト-N, C²)イリジウム(III)アセチルアセトナト(略称: [Ir(ppy)₂(acac)])、ビス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム(III)アセチルアセトナト(略称: [Ir(bzq)₂(acac)])、トリス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(bzq)₃])、トリス(2-フェニルキノリナト-N, C²)イリジウム(III)(略称: [Ir(pq)₃])、ビス(2-フェニルキノリナト-N, C²)イリジウム(III)アセチルアセトナト(略称: [Ir(pq)₂(acac)])、[2-(4-フェニル-2-ピリジニル-κN)フェニル-κC]ビス[2-(2-ピリジニル-κN)フェニル-κC]イリジウム(III)(略称: [Ir(ppy)₂(4dppy)])、ビス[2-(2-ピリジニル-κN)フェニル-κC][2-(4-メチル-5-フェニル-2-ピリジニル-κN)フェニル-κC]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、ビス(2,4-ジフェニル-1,3-オキサゾラト-N, C²)イリジウム(III)アセチルアセトナト(略称: [Ir(dpo)₂(acac)])、ビス{2-[4'-(パーフルオロフェニル)フェニル]ピリジナト-N, C²}イリジウム(III)アセチルアセトナト(略称: [Ir(p-PF-ph)₂(acac)])、ビス(2-フェニルベンゾチアゾラト-N, C²)イリジウム(III)アセチルアセトナト(略称: [Ir(bt)₂(acac)])などの有機金属錯体の他、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(III)(略称: [Tb(acac)₃(Phen)])のような希土類金属錯体が挙げられる。

【0490】

黄色または赤色を呈し、発光スペクトルのピーク波長が570nm以上750nm以下である燐光材料としては、以下のような物質が挙げられる。

【0491】

例えば、(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(III)(略称: [Ir(5mdppm)₂(dibm)])、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

10

20

30

40

50

ジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dpm})]$)、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 (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{d1npm})_2(\text{dpm})]$)、トリス (4-*t*-ブチル-6-フェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_3]$) のようなピリミジン骨格を有する有機金属錯体、(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 (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})]$)、ビス (2, 3, 5-トリフェニルピラジナト) (ジピバロイルメタナト) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$)、ビス {4, 6-ジメチル-2-[3-(3, 5-ジメチルフェニル)-5-フェニル-2-ピラジニル- κN] フェニル- κC } (2, 6-ジメチル-3, 5-ヘプタンジオナト- $\kappa^2\text{O}, \text{O}'$) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{dmdppr-P})_2(\text{dibm})]$)、ビス {4, 6-ジメチル-2-[5-(4-シアノ-2, 6-ジメチルフェニル)-3-(3, 5-ジメチルフェニル)-2-ピラジニル- κN] フェニル- κC } (2, 2, 6, 6-テトラメチル-3, 5-ヘプタンジオナト- $\kappa^2\text{O}, \text{O}'$) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{dmdppr-dmCP})_2(\text{dpm})]$)、(アセチルアセトナト) ビス [2-メチル-3-フェニルキノキサリナト-N, C^2] イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{mpq})_2(\text{acac})]$)、(アセチルアセトナト) ビス (2, 3-ジフェニルキノキサリナト-N, C^2) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{dpq})_2(\text{acac})]$)、(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 (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{Fdpq})_2(\text{acac})]$)、ビス {4, 6-ジメチル-2-[5-(5-シアノ-2-メチルフェニル)-3-(3, 5-ジメチルフェニル)-2-ピラジニル- κN] フェニル- κC } (2, 2, 6, 6-テトラメチル-3, 5-ヘプタンジオナト- $\kappa^2\text{O}, \text{O}'$) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{dmdppr-m5CP})_2(\text{dpm})]$) のようなピラジン骨格を有する有機金属錯体や、トリス (1-フェニルイソキノリナト-N, C^2) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{piq})_3]$)、ビス (1-フェニルイソキノリナト-N, C^2) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{piq})_2(\text{acac})]$)、ビス [4, 6-ジメチル-2-(2-キノリニル- κN) フェニル- κC] (2, 4-ペンタンジオナト- $\kappa^2\text{O}, \text{O}'$) イリジウム (III) のようなピリジン骨格を有する有機金属錯体、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: $[\text{PtOEP}]$) のような白金錯体、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: $[\text{Eu}(\text{DBM})_3(\text{Phen})]$)、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: $[\text{Eu}(\text{TfA})_3(\text{Phen})]$) のような希土類金属錯体が挙げられる。

【0492】

発光層に用いる有機化合物 (ホスト材料、アシスト材料等) としては、発光物質のエネルギーギャップより大きなエネルギーギャップを有する物質を、一種もしくは複数種選択して用いることができる。

【0493】

発光層に用いる発光物質が蛍光材料である場合、発光物質と組み合わせて用いる有機化合物としては、一重項励起状態のエネルギー準位が大きく、三重項励起状態のエネルギー準位が小さい有機化合物を用いるのが好ましい。

【0494】

一部上記の具体例と重複するが、発光物質 (蛍光材料、燐光材料) との好ましい組み合わせという観点から、以下に有機化合物の具体例を示す。

【0495】

発光物質が蛍光材料である場合、発光物質と組み合わせて用いることができる有機化合物としては、アントラセン誘導体、テトラセン誘導体、フェナントレン誘導体、ピレン誘導体、クリセン誘導体、ジベンゾ [g, p] クリセン誘導体等の縮合多環芳香族化合物が挙

10

20

30

40

50

げられる。

【0496】

蛍光材料と組み合わせて用いる有機化合物（ホスト材料）の具体例としては、9-フェニル-3-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール（略称：PCzPA）、3,6-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：DPCzPA）、PCPN、9,10-ジフェニルアントラセン（略称：DPAnth）、N,N-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-3-アミン（略称：CzA1PA）、4-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン（略称：DPhPA）、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン（略称：YGAPA）、N,9-ジフェニル-N-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン（略称：PCAPA）、N,9-ジフェニル-N-{4-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]フェニル}-9H-カルバゾール-3-アミン（略称：PCAPBA）、N-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)-N,9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン（略称：2PCAPA）、6,12-ジメトキシ-5,11-ジフェニルクリセン、N,N,N',N',N'',N'',N''',N'''-オクタフェニルジベンゾ[*c*,*p*]クリセン-2,7,10,15-テトラアミン（略称：DBC1）、CzPA、7-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-7H-ジベンゾ[*c*,*g*]カルバゾール（略称：cgDBCzPA）、6-[3-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]-ベンゾ[*b*]ナフト[1,2-*d*]フラン（略称：2mBnfPPA）、9-フェニル-10-{4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)-ビフェニル-4'-イル}アントラセン（略称：FLPPA）、9,10-ビス(3,5-ジフェニルフェニル)アントラセン（略称：DPPA）、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）、9,9'-ビアントリル（略称：BANT）、9,9'-(スチルベン-3,3'-ジイル)ジフェナントレン（略称：DPNS）、9,9'-(スチルベン-4,4'-ジイル)ジフェナントレン（略称：DPNS2）、1,3,5-トリ(1-ピレニル)ベンゼン（略称：TPB3）、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。

【0497】

発光物質が燐光材料である場合、発光物質と組み合わせて用いる有機化合物としては、発光物質の三重項励起エネルギー（基底状態と三重項励起状態とのエネルギー差）よりも三重項励起エネルギーの大きい有機化合物を選択すればよい。

【0498】

励起錯体を形成させるべく複数の有機化合物（例えば、第1のホスト材料、及び第2のホスト材料（またはアシスト材料）等）を発光物質と組み合わせて用いる場合は、これらの複数の有機化合物を燐光材料（特に有機金属錯体）と混合して用いることが好ましい。

【0499】

このような構成とすることにより、励起錯体から発光物質へのエネルギー移動である ExTET (Exciplex-Triplet Energy Transfer) を用いた発光を効率よく得ることができる。なお、複数の有機化合物の組み合わせとしては、励起錯体が形成しやすいものがよく、正孔を受け取りやすい化合物（正孔輸送性材料）と、電子を受け取りやすい化合物（電子輸送性材料）とを組み合わせることが特に好ましい。なお、正孔輸送性材料及び電子輸送性材料の具体例については、本実施の形態で示す材料を用いることができる。この構成により、発光デバイスの高効率、低電圧、長寿命を同時に実現できる。

【0500】

発光物質が燐光材料である場合に発光物質と組み合わせて用いることができる有機化合物としては、芳香族アミン、カルバゾール誘導体、ジベンゾチオフエン誘導体、ジベンゾフ

ラン誘導体、亜鉛やアルミニウム系の金属錯体、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、ピリジン誘導体、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等が挙げられる。

【0501】

なお、上記のうち、正孔輸送性の高い有機化合物である芳香族アミン（芳香族アミン骨格を有する化合物）、カルバゾール誘導体、ジベンゾチオフェン誘導体（チオフェン誘導体）、ジベンゾフラン誘導体（フラン誘導体）の具体例としては、上記に示した正孔輸送性材料の具体例と同じものが挙げられる。

【0502】

電子輸送性の高い有機化合物である、亜鉛やアルミニウム系の金属錯体の具体例としては、トリス（8-キノリノラト）アルミニウム（III）（略称：Alq）、トリス（4-メチル-8-キノリノラト）アルミニウム（III）（略称：Almq₃）、ビス（10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト）ベリリウム（II）（略称：BeBq₂）、ビス（2-メチル-8-キノリノラト）（4-フェニルフェノラト）アルミニウム（III）（略称：BALq）、ビス（8-キノリノラト）亜鉛（II）（略称：Znq）など、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等が挙げられる。

【0503】

この他、ビス[2-（2-ベンゾオキサゾリル）フェノラト]亜鉛（II）（略称：ZnPBO）、ビス[2-（2-ベンゾチアゾリル）フェノラト]亜鉛（II）（略称：ZnBTZ）などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども用いることができる。

【0504】

電子輸送性の高い有機化合物である、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、フェナントロリン誘導体の具体例としては、2-（4-ビフェニル）-5-（4-tert-ブチルフェニル）-1,3,4-オキサジアゾール（略称：PBD）、1,3-ビス[5-（p-tert-ブチルフェニル）-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン（略称：OXD-7）、9-〔4-（5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル）フェニル〕-9H-カルバゾール（略称：CO11）、3-（4-ビフェニル）-4-フェニル-5-（4-tert-ブチルフェニル）-1,2,4-トリアゾール（略称：TAZ）、3-（4-tert-ブチルフェニル）-4-（4-エチルフェニル）-5-（4-ビフェニル）-1,2,4-トリアゾール（略称：p-EtTAZ）、2,2',2''-（1,3,5-ベンゼントリイル）トリス（1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール）（略称：TPBI）、2-〔3-（ジベンゾチオフェン-4-イル）フェニル〕-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール（略称：mDBTBIm-II）、4,4'-ビス（5-メチルベンゾオキサゾール-2-イル）スチルベン（略称：BzOs）、バソフェナントロリン（略称：Bphen）、バソキュプロイン（略称：BCP）、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）、2-〔3-（ジベンゾチオフェン-4-イル）フェニル〕ジベンゾ[f,h]キノキサリン（略称：2mDBTPDBq-II）、2-〔3'-（ジベンゾチオフェン-4-イル）ビフェニル-3-イル〕ジベンゾ[f,h]キノキサリン（略称：2mDBTBPD Bq-II）、2-〔3'-（9H-カルバゾール-9-イル）ビフェニル-3-イル〕ジベンゾ[f,h]キノキサリン（略称：2mCzBPDBq）、2-〔4-（3,6-ジフェニル-9H-カルバゾール-9-イル）フェニル〕ジベンゾ[f,h]キノキサリン（略称：2CzPD Bq-II）、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：7mDBTPDBq-II）、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：6mDBTPDBq-II）などが挙げられる。

【0505】

10

20

30

40

50

電子輸送性の高い有機化合物である、ジアジン骨格を有する複素環化合物、トリア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の具体例としては、4, 6-ビス[3-(フェナントレン-9-イル)フェニル]ピリミジン(略称: 4, 6mPnP2Pm)、4, 6-ビス[3-(4-ジベンゾチエニル)フェニル]ピリミジン(略称: 4, 6mDBTP2Pm-II)、4, 6-ビス[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ピリミジン(略称: 4, 6mCzP2Pm)、2-{4-[3-(N-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-カルバゾール-9-イル]フェニル}-4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン(略称: PCCzPTzn)、9-[3-(4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン-2-イル)フェニル]-9'-フェニル-2, 3'-ビ-9H-カルバゾール(略称: mPCCzPTzn-02)、3, 5-ビス[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ピリジン(略称: 35DCzPPy)、1, 3, 5-トリ[3-(3-ピリジル)フェニル]ベンゼン(略称: TmPyPB)などが挙げられる。

【0506】

電子輸送性の高い有機化合物としては、ポリ(2, 5-ピリジンジイル)(略称: PPy)、ポリ[(9, 9-ジヘキシルフルオレン-2, 7-ジイル)-co-(ピリジン-3, 5-ジイル)](略称: PF-PPy)、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-BPPy)のような高分子化合物を用いることもできる。

【0507】

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0 eV以上0.2 eV以下、好ましくは0 eV以上0.1 eV以下であることが挙げられる。また、TADF材料における遅延蛍光とは、通常の蛍光と同様のスペクトルを持ちながら、寿命が著しく長い発光をいう。その寿命は、 10^{-6} 秒以上、好ましくは 10^{-3} 秒以上である。

【0508】

TADF材料としては、例えば、フラーレンやその誘導体、プロフラビン等のアクリジン誘導体、エオシン等が挙げられる。また、マグネシウム(Mg)、亜鉛(Zn)、カドミウム(Cd)、スズ(Sn)、白金(Pt)、インジウム(In)、もしくはパラジウム(Pd)等を含む金属含有ポルフィリンが挙げられる。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: $\text{SnF}_2(\text{Proto IX})$)、メソポルフィリンフッ化スズ錯体(略称: $\text{SnF}_2(\text{Meso IX})$)、ヘマトポルフィリンフッ化スズ錯体(略称: $\text{SnF}_2(\text{Hemato IX})$)、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: $\text{SnF}_2(\text{Copro III-4Me})$)、オクタエチルポルフィリンフッ化スズ錯体(略称: $\text{SnF}_2(\text{OEP})$)、エチオポルフィリンフッ化スズ錯体(略称: $\text{SnF}_2(\text{Etio I})$)、オクタエチルポルフィリン塩化白金錯体(略称: PtCl_2OEP)等が挙げられる。

【0509】

その他にも、2-(ビフェニル-4-イル)-4, 6-ビス(12-フェニルインドロ[2, 3-a]カルバゾール-11-イル)-1, 3, 5-トリアジン(略称: PIC-TRZ)、PCCzPTzn、2-[4-(10H-フェノキサジン-10-イル)フェニル]-4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン(略称: PXZ-TRZ)、3-[4-(5-フェニル-5, 10-ジヒドロフェナジン-10-イル)フェニル]-4, 5-ジフェニル-1, 2, 4-トリアゾール(略称: PPZ-3TPT)、3-(9, 9-ジメチル-9H-アクリジン-10-イル)-9H-キサンテン-9-オン(略称: ACRXTN)、ビス[4-(9, 9-ジメチル-9, 10-ジヒドロアクリジン)フェニル]スルホン(略称: DMAC-DPS)、10-フェニル-10H, 10'-H-スピロ[アクリジン-9, 9'-アントラセン]-10'-オン(略称: ACRSA)、等の π 電子過

10

20

30

40

50

剰型複素芳香環及び π 電子不足型複素芳香環を有する複素環化合物を用いることができる。なお、 π 電子過剰型複素芳香環と π 電子不足型複素芳香環とが直接結合した物質は、 π 電子過剰型複素芳香環のドナー性と π 電子不足型複素芳香環のアクセプター性が共に強くなり、一重項励起状態と三重項励起状態のエネルギー差が小さくなるため、特に好ましい。

【0510】

なお、TADF材料を用いる場合、他の有機化合物と組み合わせて用いることもできる。特に、上述したホスト材料、正孔輸送材料、電子輸送材料と組み合わせることができる。

【0511】

また、上記の材料は、低分子材料や高分子材料と組み合わせることにより発光層の形成に用いることができる。また、成膜には、公知の方法（蒸着法や塗布法や印刷法など）を適宜用いることができる。

【0512】

<電子輸送層>

電子輸送層は、電子注入層によって、陰極から注入された電子を発光層に輸送する層である。なお、電子輸送層は、電子輸送性材料を含む層である。電子輸送層に用いる電子輸送性材料は、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質が好ましい。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものも用いることができる。

【0513】

電子輸送性材料としては、キノリン骨格を有する金属錯体、ベンゾキノリン骨格を有する金属錯体、オキサゾール骨格を有する金属錯体、チアゾール骨格を有する金属錯体等の他、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、イミダゾール誘導体、オキサゾール誘導体、チアゾール誘導体、フェナントロリン誘導体、キノリン配位子を有するキノリン誘導体、ベンゾキノリン誘導体、キノキサリン誘導体、ジベンゾキノキサリン誘導体、ピリジン誘導体、ビピリジン誘導体、ピリミジン誘導体、その他含窒素複素芳香族化合物を含む π 電子不足型複素芳香族化合物等の電子輸送性の高い材料を用いることができる。

【0514】

電子輸送性材料の具体例としては、上記に示した材料を用いることができる。

【0515】

<電子注入層>

電子注入層は、電子注入性の高い物質を含む層である。電子注入層には、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、電子注入層にエレクトライドを用いてもよい。エレクトライドとしては、例えば、カルシウムとアルミニウムの混合酸化物に電子を高濃度添加した物質等が挙げられる。なお、上述した電子輸送層を構成する物質を用いることもできる。

【0516】

また、電子注入層に、電子輸送性材料とドナー性材料（電子供与性材料）とを含む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、電子注入性及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に用いる電子輸送性材料（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物質であればよい。具体的には、アルカリ金属やアルカリ土類金属や希土類金属が好ましく、リチウム、セシウム、マグネシウム、カルシウム、エルビウム、イッテルビウム等が挙げられる。また、アルカリ金属酸化物やアルカリ土類金属酸化物が好ましく、リチウム酸化物、カルシウム酸化物、バリウム酸化物等が挙げられる。また、酸化マグネシウムのようなルイス塩基を用いることもできる。また、テトラチアフルバレン（略称：TTF）等の有機化合物を用いることもできる。

【0517】

10

20

30

40

50

＜電荷発生層＞

電荷発生層は2つの発光ユニットの間に設けられる。電荷発生層は、陽極と陰極との間に電圧を印加したときに、隣接する一方の発光ユニットに電子を注入し、他方の発光ユニットに正孔を注入する機能を有する。

【0518】

電荷発生層は、正孔輸送性材料とアクセプター性材料（電子受容性材料）とを含む構成であっても、電子輸送性材料とドナー性材料とを含む構成であってもよい。このような構成の電荷発生層を形成することにより、EL層が積層された場合における駆動電圧の上昇を抑制することができる。

【0519】

正孔輸送性材料、アクセプター性材料、電子輸送性材料、及びドナー性材料は、それぞれ上述の材料を用いることができる。

【0520】

なお、本発明の一態様の発光デバイスの作製には、蒸着法などの真空プロセスや、スピコート法やインクジェット法などの溶液プロセスを用いることができる。蒸着法を用いる場合には、スパッタ法、イオンプレーティング法、イオンビーム蒸着法、分子線蒸着法、真空蒸着法などの物理蒸着法（PVD法）や、化学蒸着法（CVD法）等を用いることができる。特にEL層に含まれる機能層（正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、電子注入層）及び電荷発生層については、蒸着法（真空蒸着法等）、塗布法（ディップコート法、ダイコート法、バーコート法、スピコート法、スプレーコート法等）、印刷法（インクジェット法、スクリーン（孔版印刷）法、オフセット（平版印刷）法、フレキソ（凸版印刷）法、グラビア法、マイクロコンタクト法等）などの方法により形成することができる。

【0521】

発光デバイスを構成する機能層及び電荷発生層の材料は、それぞれ、上述の材料に限定されない。例えば、機能層の材料として、高分子化合物（オリゴマー、 dendリマー、ポリマー等）、中分子化合物（低分子と高分子の中間領域の化合物：分子量400乃至4000）、無機化合物（量子ドット材料等）等を用いてもよい。なお、量子ドット材料としては、コロイド状量子ドット材料、合金型量子ドット材料、コア・シェル型量子ドット材料、コア型量子ドット材料などを用いることができる。

【0522】

本実施の形態は、他の実施の形態及び実施例と適宜組み合わせることができる。

【0523】

（実施の形態4）

本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置について、図22を用いて説明する。

【0524】

本発明の一態様の表示装置は、受光デバイスを有する第1の画素回路と、発光デバイスを有する第2の画素回路と、を有する。第1の画素回路と第2の画素回路は、それぞれ、マトリクス状に配置される。

【0525】

図22Aに、受光デバイスを有する第1の画素回路の一例を示し、図22Bに、発光デバイスを有する第2の画素回路の一例を示す。

【0526】

図22Aに示す画素回路PIX1は、受光デバイスPD、トランジスタM1、トランジスタM2、トランジスタM3、トランジスタM4、及び容量C1を有する。ここでは、受光デバイスPDとして、フォトダイオードを用いた例を示している。

【0527】

受光デバイスPDは、カソードが配線V1と電氣的に接続し、アノードがトランジスタM1のソースまたはドレインの一方と電氣的に接続する。トランジスタM1は、ゲートが配線TXと電氣的に接続し、ソースまたはドレインの他方が容量C1の一方の電極、トラン

10

20

30

40

50

ジスタM2のソースまたはドレインの一方、及びトランジスタM3のゲートと電氣的に接続する。トランジスタM2は、ゲートが配線RESと電氣的に接続し、ソースまたはドレインの他方が配線V2と電氣的に接続する。トランジスタM3は、ソースまたはドレインの一方が配線V3と電氣的に接続し、ソースまたはドレインの他方がトランジスタM4のソースまたはドレインの一方と電氣的に接続する。トランジスタM4は、ゲートが配線SEと電氣的に接続し、ソースまたはドレインの他方が配線OUT1と電氣的に接続する。

【0528】

配線V1、配線V2、及び配線V3には、それぞれ定電位が供給される。受光デバイスPDを逆バイアスで駆動させる場合には、配線V2に、配線V1の電位よりも低い電位を供給する。トランジスタM2は、配線RESに供給される信号により制御され、トランジスタM3のゲートに接続するノードの電位を、配線V2に供給される電位にリセットする機能を有する。トランジスタM1は、配線TXに供給される信号により制御され、受光デバイスPDに流れる電流に応じて上記ノードの電位が変化するタイミングを制御する機能を有する。トランジスタM3は、上記ノードの電位に応じた出力を行う増幅トランジスタとして機能する。トランジスタM4は、配線SEに供給される信号により制御され、上記ノードの電位に応じた出力を配線OUT1に接続する外部回路で読み出すための選択トランジスタとして機能する。

【0529】

図22Bに示す画素回路PIX2は、発光デバイスEL、トランジスタM5、トランジスタM6、トランジスタM7、及び容量C2を有する。ここでは、発光デバイスELとして、発光ダイオードを用いた例を示している。特に、発光デバイスELとして、有機ELデバイスを用いることが好ましい。

【0530】

トランジスタM5は、ゲートが配線VGと電氣的に接続し、ソースまたはドレインの一方が配線VSと電氣的に接続し、ソースまたはドレインの他方が、容量C2の一方の電極、及びトランジスタM6のゲートと電氣的に接続する。トランジスタM6のソースまたはドレインの一方は配線V4と電氣的に接続し、他方は、発光デバイスELのアノード、及びトランジスタM7のソースまたはドレインの一方と電氣的に接続する。トランジスタM7は、ゲートが配線MSと電氣的に接続し、ソースまたはドレインの他方が配線OUT2と電氣的に接続する。発光デバイスELのカソードは、配線V5と電氣的に接続する。

【0531】

配線V4及び配線V5には、それぞれ定電位が供給される。発光デバイスELのアノード側を高電位に、カソード側をアノード側よりも低電位にすることができる。トランジスタM5は、配線VGに供給される信号により制御され、画素回路PIX2の選択状態を制御するための選択トランジスタとして機能する。また、トランジスタM6は、ゲートに供給される電位に応じて発光デバイスELに流れる電流を制御する駆動トランジスタとして機能する。トランジスタM5が導通状態のとき、配線VSに供給される電位がトランジスタM6のゲートに供給され、その電位に応じて発光デバイスELの発光輝度を制御することができる。トランジスタM7は配線MSに供給される信号により制御され、トランジスタM6と発光デバイスELとの間の電位を、配線OUT2を介して外部に出力する機能を有する。

【0532】

なお、本実施の形態の表示装置では、発光デバイスをパルス状に発光させることで、画像を表示してもよい。発光デバイスの駆動時間を短縮することで、表示装置の消費電力の低減、及び、発熱の抑制を図ることができる。特に、有機ELデバイスは周波数特性が優れているため、好適である。周波数は、例えば、1kHz以上100MHz以下とすることができる。

【0533】

ここで、画素回路PIX1が有するトランジスタM1、トランジスタM2、トランジスタM3、及びトランジスタM4、並びに、画素回路PIX2が有するトランジスタM5、ト

10

20

30

40

50

ランジスタM6、及びトランジスタM7には、それぞれチャンネルが形成される半導体層に金属酸化物（酸化物半導体）を用いたトランジスタを適用することが好ましい。

【0534】

シリコンよりもバンドギャップが広く、かつキャリア密度の小さい金属酸化物を用いたトランジスタは、極めて小さいオフ電流を実現することができる。そのため、その小さいオフ電流により、トランジスタと直列に接続された容量に蓄積した電荷を長期間に亘って保持することが可能である。そのため、特に容量C1または容量C2に直列に接続されるトランジスタM1、トランジスタM2、及びトランジスタM5には、酸化物半導体が適用されたトランジスタを用いることが好ましい。また、これ以外のトランジスタも同様に酸化物半導体を適用したトランジスタを用いることで、作製コストを低減することができる。

10

【0535】

また、トランジスタM1乃至トランジスタM7に、チャンネルが形成される半導体にシリコンを適用したトランジスタを用いることもできる。特に単結晶シリコンや多結晶シリコンなどの結晶性の高いシリコンを用いることで、高い電界効果移動度を実現することができ、より高速な動作が可能となるため好ましい。

【0536】

また、トランジスタM1乃至トランジスタM7のうち、一以上に酸化物半導体を適用したトランジスタを用い、それ以外にシリコンを適用したトランジスタを用いる構成としてもよい。

【0537】

なお、図22A、図22Bにおいて、トランジスタをnチャンネル型のトランジスタとして表記しているが、pチャンネル型のトランジスタを用いることもできる。

20

【0538】

画素回路PIX1が有するトランジスタと画素回路PIX2が有するトランジスタは、同一基板上に並べて形成されることが好ましい。特に、画素回路PIX1が有するトランジスタと画素回路PIX2が有するトランジスタとを1つの領域内に混在させて周期的に配列する構成とすることが好ましい。

【0539】

また、受光デバイスPDまたは発光デバイスELと重なる位置に、トランジスタ及び容量の一方又は双方を有する層を1つまたは複数設けることが好ましい。これにより、各画素回路の実効的な占有面積を小さくでき、高精細な受光部または表示部を実現できる。

30

【0540】

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。

【0541】

（実施の形態5）

本実施の形態では、本発明の一態様の電子機器について、図23～図25を用いて説明する。

【0542】

本実施の形態の電子機器は、本発明の一態様の発光装置を有する。例えば、電子機器の表示部に、本発明の一態様の発光装置を適用することができる。この時、電子機器は、発光装置とは別に光センサを有することが好ましい。本発明の一態様の発光装置は、可視光及び赤外光の双方を発する機能を有するため、表示部で画像を表示するだけでなく、光センサの光源として用いる光（可視光及び赤外光の一方又は双方）を発することができる。発光装置と光センサとを組み合わせることで、生体認証を行うこと、または、タッチ（さらには近接）を検出することができる。これにより、電子機器の機能性や利便性を高めることができる。

40

【0543】

または、本実施の形態の電子機器は、本発明の一態様の表示装置を有する。例えば、電子機器の表示部に、本発明の一態様の表示装置を適用することができる。本発明の一態様の表示装置は、可視光と赤外光との双方を発する機能及び光を検出する機能を有するため、

50

表示部で画像を表示するだけでなく、生体認証を行うこと、または、タッチ（さらには近接）を検出することができる。これにより、電子機器の機能性や利便性を高めることができる。

【0544】

電子機器としては、例えば、テレビジョン装置、デスクトップ型もしくはノート型のパーソナルコンピュータ、コンピュータ用などのモニタ、デジタルサイネージ、パチンコ機などの大型ゲーム機などの比較的大きな画面を備える電子機器の他、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、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、などが挙げられる。

【0545】

本実施の形態の電子機器は、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、にのみまたは赤外線を測定する機能を含むもの）を有していてもよい。

【0546】

本実施の形態の電子機器は、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、タッチパネル機能、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）を実行する機能、無線通信機能、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す機能等を有することができる。

【0547】

図23Aに示す電子機器6500は、スマートフォンとして用いることのできる携帯情報端末機である。

【0548】

電子機器6500は、筐体6501、表示部6502、電源ボタン6503、ボタン6504、スピーカ6505、マイク6506、カメラ6507、及び光源6508等を有する。表示部6502はタッチパネル機能を備える。

【0549】

表示部6502に、本発明の一態様の発光装置または表示装置を適用することができる。

【0550】

図23Bは、筐体6501のマイク6506側の端部を含む断面概略図である。

【0551】

筐体6501の表示面側には透光性を有する保護部材6510が設けられ、筐体6501と保護部材6510に囲まれた空間内に、表示パネル6511、光学部材6512、タッチセンサパネル6513、プリント基板6517、バッテリー6518等が配置されている。

【0552】

保護部材6510には、表示パネル6511、光学部材6512、及びタッチセンサパネル6513が接着層（図示しない）により固定されている。

【0553】

表示部6502よりも外側の領域において、表示パネル6511の一部が折り返されており、当該折り返された部分にFPC6515が接続されている。FPC6515には、IC6516が実装されている。FPC6515は、プリント基板6517に設けられた端子に接続されている。

【0554】

表示パネル6511には本発明の一態様のフレキシブルな発光装置またはフレキシブルな表示装置を適用することができる。そのため、極めて軽量の電子機器を実現できる。また、表示パネル6511が極めて薄いため、電子機器の厚さを抑えつつ、大容量のバッテリー6518を搭載することもできる。また、表示パネル6511の一部を折り返して、画素部の裏側にFPC6515との接続部を配置することにより、狭額縁の電子機器を実現できる。

10

20

30

40

50

【０５５５】

図２４Ａにテレビジョン装置の一例を示す。テレビジョン装置７１００は、筐体７１０１に表示部７０００が組み込まれている。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。

【０５５６】

表示部７０００に、本発明の一態様の発光装置または表示装置を適用することができる。

【０５５７】

図２４Ａに示すテレビジョン装置７１００の操作は、筐体７１０１が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機７１１１により行うことができる。または、表示部７０００にタッチセンサを備えていてもよく、指等で表示部７０００に触れることでテレビジョン装置７１００を操作してもよい。リモコン操作機７１１１は、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有していてもよい。リモコン操作機７１１１が備える操作キーまたはタッチパネルにより、チャンネル及び音量の操作を行うことができ、表示部７０００に表示される映像を操作することができる。

【０５５８】

なお、テレビジョン装置７１００は、受信機及びモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般のテレビ放送の受信を行うことができる。また、モデムを介して有線また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）または双方向（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。

【０５５９】

図２４Ｂに、ノート型パーソナルコンピュータの一例を示す。ノート型パーソナルコンピュータ７２００は、筐体７２１１、キーボード７２１２、ポインティングデバイス７２１３、外部接続ポート７２１４等を有する。筐体７２１１に、表示部７０００が組み込まれている。

【０５６０】

表示部７０００に、本発明の一態様の発光装置または表示装置を適用することができる。

【０５６１】

図２４Ｃ、図２４Ｄに、デジタルサイネージの一例を示す。

【０５６２】

図２４Ｃに示すデジタルサイネージ７３００は、筐体７３０１、表示部７０００、及びスピーカ７３０３等を有する。さらに、ＬＥＤランプ、操作キー（電源スイッチ、または操作スイッチを含む）、接続端子、各種センサ、マイクロフォン等を有することができる。

【０５６３】

図２４Ｄは円柱状の柱７４０１に取り付けられたデジタルサイネージ７４００である。デジタルサイネージ７４００は、柱７４０１の曲面に沿って設けられた表示部７０００を有する。

【０５６４】

図２４Ｃ、図２４Ｄにおいて、表示部７０００に、本発明の一態様の発光装置または表示装置を適用することができる。

【０５６５】

表示部７０００が広いほど、一度に提供できる情報量を増やすことができる。また、表示部７０００が広いほど、人の目につきやすく、例えば、広告の宣伝効果を高めることができる。

【０５６６】

表示部７０００にタッチパネルを適用することで、表示部７０００に画像または動画を表示するだけでなく、ユーザーが直感的に操作することができ、好ましい。また、路線情報もしくは交通情報などの情報を提供するための用途に用いる場合には、直感的な操作によりユーザビリティを高めることができる。

【０５６７】

また、図 2 4 C、図 2 4 D に示すように、デジタルサイネージ 7 3 0 0 またはデジタルサイネージ 7 4 0 0 は、ユーザーが所持するスマートフォン等の情報端末機 7 3 1 1 または情報端末機 7 4 1 1 と無線通信により連携可能であることが好ましい。例えば、表示部 7 0 0 0 に表示される広告の情報を、情報端末機 7 3 1 1 または情報端末機 7 4 1 1 の画面に表示させることができる。また、情報端末機 7 3 1 1 または情報端末機 7 4 1 1 を操作することで、表示部 7 0 0 0 の表示を切り替えることができる。

【0 5 6 8】

また、デジタルサイネージ 7 3 0 0 またはデジタルサイネージ 7 4 0 0 に、情報端末機 7 3 1 1 または情報端末機 7 4 1 1 の画面を操作手段（コントローラ）としたゲームを実行させることもできる。これにより、不特定多数のユーザーが同時にゲームに参加し、楽しむことができる。

10

【0 5 6 9】

図 2 5 A 乃至図 2 5 F に示す電子機器は、筐体 9 0 0 0、表示部 9 0 0 1、スピーカ 9 0 0 3、操作キー 9 0 0 5（電源スイッチ、または操作スイッチを含む）、接続端子 9 0 0 6、センサ 9 0 0 7（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、においまたは赤外線を測定する機能を含むもの）、マイクロフォン 9 0 0 8、等を有する。

【0 5 7 0】

図 2 5 A 乃至図 2 5 F に示す電子機器は、様々な機能を有する。例えば、様々な情報（静止画、動画、テキスト画像など）を表示部に表示する機能、タッチパネル機能、カレンダー、日付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、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処理する機能、等を有することができる。なお、電子機器の機能はこれに限られず、様々な機能を有することができる。電子機器は、複数の表示部を有していてもよい。また、電子機器にカメラ等を設け、静止画や動画を撮影し、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。

20

【0 5 7 1】

図 2 5 A 乃至図 2 5 F に示す電子機器の詳細について、以下説明を行う。

30

【0 5 7 2】

図 2 5 A は、携帯情報端末 9 1 0 1 を示す斜視図である。携帯情報端末 9 1 0 1 は、例えば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 9 1 0 1 は、スピーカ 9 0 0 3、接続端子 9 0 0 6、センサ 9 0 0 7 等を設けてもよい。また、携帯情報端末 9 1 0 1 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。図 2 5 A では 3 つのアイコン 9 0 5 0 を表示した例を示している。また、破線の矩形で示す情報 9 0 5 1 を表示部 9 0 0 1 の他の面に表示することもできる。情報 9 0 5 1 の一例としては、電子メール、SNS、電話などの着信の通知、電子メールや SNS などの題名、送信者名、日時、時刻、バッテリーの残量、アンテナ受信の強度などがある。または、情報 9 0 5 1 が表示されている位置にはアイコン 9 0 5 0 などを表示してもよい。

40

【0 5 7 3】

図 2 5 B は、携帯情報端末 9 1 0 2 を示す斜視図である。携帯情報端末 9 1 0 2 は、表示部 9 0 0 1 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 9 0 5 2、情報 9 0 5 3、情報 9 0 5 4 がそれぞれ異なる面に表示されている例を示す。例えばユーザーは、洋服の胸ポケットに携帯情報端末 9 1 0 2 を収納した状態で、携帯情報端末 9 1 0 2 の上方から観察できる位置に表示された情報 9 0 5 3 を確認することもできる。ユーザーは、携帯情報端末 9 1 0 2 をポケットから取り出すことなく表示を確認し、例えば電話を受けるか否かを判断できる。

【0 5 7 4】

図 2 5 C は、腕時計型の携帯情報端末 9 2 0 0 を示す斜視図である。携帯情報端末 9 2 0

50

0は、例えばスマートウォッチとして用いることができる。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、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により、他の情報端末と相互にデータ伝送を行うことや、充電を行うこともできる。なお、充電動作は無線給電により行ってもよい。

【0575】

図25D～図25F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25Dは携帯情報端末9201を展開した状態、図25Fは折り畳んだ状態、図25Eは図25Dと図25Fの一方から他方に変化する途中の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。例えば、表示部9001は、曲率半径0.1mm以上150mm以下で曲げることができる。

【0576】

本実施の形態は、他の実施の形態及び実施例と適宜組み合わせることができる。

【実施例】

【0577】

本実施例では、本発明の一態様の発光装置または表示装置に用いることができる発光デバイスのデバイス構造について、ソフトウェアを用いて検討した結果について説明する。

【0578】

具体的には、本実施例では、図26Aに示す発光装置1000と図26Bに示す発光装置1100のデバイス構造について検討した結果について説明する。

【0579】

発光装置1000は、青色の光を発する発光デバイス1(B)、緑色の光を発する発光デバイス1(G)、赤色の光を発する発光デバイス1(R)、及び赤外光を発する発光デバイス1(IR)を有する。発光装置1000が有する4つの発光デバイスは、光学調整層199の膜厚以外の構成は同様である。

【0580】

発光装置1000が有する発光デバイス1は、それぞれ、基板151上に、画素電極191、光学調整層199、共通層112、発光層193N、発光層193R、発光層193G、発光層193B、共通層114、共通電極115、及びバッファ層116をこの順で積層して有する。つまり、光学調整層199側から、長波長の光を発する順で、発光層が積層されている。

【0581】

発光装置1100は、青色の光を発する発光デバイス2(B)、緑色の光を発する発光デバイス2(G)、赤色の光を発する発光デバイス2(R)、及び赤外光を発する発光デバイス2(IR)を有する。発光装置1100が有する4つの発光デバイスは、光学調整層199の膜厚以外の構成は同様である。

【0582】

発光装置1100が有する発光デバイス2は、それぞれ、基板151上に、画素電極191、光学調整層199、共通層112、発光層193B、発光層193G、発光層193R、発光層193N、共通層114、共通電極115、及びバッファ層116をこの順で積層して有する。つまり、光学調整層199側から、短波長の光を発する順で、発光層が積層されており、発光装置1100は、4つの発光層の積層順が発光装置1000とは逆である。

【0583】

本実施例の計算に実測値(屈折率n、消衰係数k、発光スペクトルなど)を利用した有機化合物の構造式を以下に示す。

【0584】

蒸着法により約50 nm成膜した膜を使用した。

【0588】

発光材料の発光スペクトルは、可視光の検出器としてマルチチャンネル分光器（浜松ホトニクス社製C10029-01）、近赤外光の検出器として近赤外分光放射計（SR-NIRトプコン社製）、励起光として紫外発光LED（日亜化学工業社製NSCU033B）、バンドパスフィルターとしてUV U360（エドモンドオプティクス社製）、ロングパスフィルターとしてSCF-50S-42L（シグマ光機社製）を用いて測定した。

【0589】

青色の光の発光スペクトルの測定には、石英基板上に7-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-7H-ジベンゾ[c, g]カルバゾール（略称：cgDBCzPA）とN, N'-(ピレン-1, 6-ジイル)ビス[(6, N-ジフェニルベンゾ[b]ナフト[1, 2-d]フラン)-8-アミン]（略称：1, 6BnfAPrn-03）とを重量比1:0.03、膜厚は50 nmとなるように真空蒸着法を用いた共蒸着により成膜した膜を使用した。

【0590】

緑色の光の発光スペクトルの測定には、石英基板上に2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ピフェニル-3-イル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン（略称：2mDBTBPD Bq-II）、N-(1, 1'-ピフェニル-4-イル)-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン（略称：PCBBiF）、及びトリス(2-フェニルピリジナト-N, C2')イリジウム(III)（略称：[Ir(ppy)₃]）を重量比0.8:0.2:0.05、膜厚は50 nmとなるように真空蒸着法を用いた共蒸着により成膜した膜を使用した。

【0591】

赤色の光の発光スペクトルの測定には、石英基板上に2mDBTBPD Bq-II、PCBBiF、及び、ビス{2-[5-(2, 6-ジメチルフェニル)-3-(3, 5-ジメチルフェニル)-2-ピラジニル-κN]-4, 6-ジメチルフェニル-κC} (2, 2, 6, 6-テトラメチル-3, 5-ヘプタンジオナト-κ²O, O')イリジウム(III)（略称：[Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm)]）を、重量比0.8:0.2:0.05、膜厚は50 nmとなるように真空蒸着法を用いた共蒸着により成膜した膜を使用した。

【0592】

赤外光の発光スペクトルの測定には、石英基板上に2mDBTBPD Bq-II、PCBBiF、及び、ビス{4, 6-ジメチル-2-[3-(3, 5-ジメチルフェニル)-2-ベンゾ[g]キノキサリニル-κN]フェニル-κC} (2, 2, 6, 6-テトラメチル-3, 5-ヘプタンジオナト-κ²O, O')イリジウム(III)（略称：[Ir(dmdpbq)₂(dpm)]）を、重量比0.7:0.3:0.1、膜厚は50 nmとなるように真空蒸着法を用いた共蒸着により成膜した膜を使用した。なお、[Ir(dmdpbq)₂(dpm)]の合成例は、参考例で後述する。

【0593】

計算に用いたPLスペクトルを、図27に示す。図27において、横軸は波長（単位：nm）を示し、縦軸はエネルギーベースの規格化PL強度（任意単位）を示す。なお、エネルギーベースのPL強度に波長をかけ合わせることで、フォトンベースのPL強度を求めることができる。

【0594】

発光領域は発光層の中心と仮定した。

【0595】

可視光、赤外光ともに、発光量子収率、励起子生成確率、再結合確率は100%と仮定した。すなわち、計算により得られた外部量子効率（ランバーシアン仮定）は、正面の発光強度からランバーシアン配光を仮定して算出した光取り出し効率を示す。

【0596】

本実施例で用いた発光デバイス1及び発光デバイス2のデバイス構造について、表2及び表3を用いて説明する。

【0597】

なお、計算の簡略化のため、正孔注入層、電子注入層、及び電荷発生層は省略した。

【0598】

【表2】

発光デバイス1			
層	材料	膜厚	
バッファ層116	DBT3P-II	70 nm	入力値
共通電極115	Ag	15 nm	入力値
共通層114	NBPhen	44 nm	入力値
発光層193B	NPB	10 nm	入力値
発光層193G	NPB	10 nm	入力値
発光層193R	NPB	10 nm	入力値
発光層193N	NPB	10 nm	入力値
共通層112	PCBBiF	30 nm	入力値
光学調整層199	ITO	最適化	
画素電極191	Ag	100 nm	入力値

【0599】

【表3】

発光デバイス2			
層	材料	膜厚	
バッファ層116	DBT3P-II	70 nm	入力値
共通電極115	Ag	15 nm	入力値
共通層114	NBPhen	16 nm	入力値
発光層193N	NPB	10 nm	入力値
発光層193R	NPB	10 nm	入力値
発光層193G	NPB	10 nm	入力値
発光層193B	NPB	10 nm	入力値
共通層112	PCBBiF	30 nm	入力値
光学調整層199	ITO	最適化	
画素電極191	Ag	100 nm	入力値

【0600】

基板151として、膜厚0.7mm、屈折率1.5のガラス基板を想定した。

【0601】

画素電極191（反射電極ともいえる）として、膜厚100nmの銀（Ag）膜を用いた。

【0602】

光学調整層 199（透明電極ともいえる）として、インジウム錫酸化物（ITO）膜を用いた。光学調整層 199 は、計算により、R、G、B、IR それぞれの発光デバイスで最適な膜厚を求めた。

【0603】

共通層 112 には、正孔輸送層を想定し、膜厚 30 nm の PCBBiF を用いた。

【0604】

発光層 193N、発光層 193R、発光層 193G、及び発光層 193B は、それぞれ、膜厚 10 nm とし、ホスト材料として、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）を用いた。

【0605】

共通層 114 には、電子輸送層を想定し、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）を用いた。共通層 114 の膜厚は、青の外部量子効率（ランバertian 仮定）が最大となる値を計算により求めて決定した。具体的には、発光装置 1000 では、44 nm とし、発光装置 1100 では、16 nm とした。

【0606】

共通電極 115 として、膜厚 15 nm の銀膜を用いた。

【0607】

バッファ層 116 として、膜厚 70 nm の 1,3,5-トリ（ジベンゾチオフェン-4-イル）ベンゼン（略称：DBT3P-II）を用いた。

【0608】

なお、バッファ層 116 の上側（共通電極 115 と接する側とは反対側）は、空気（屈折率 1）を仮定した。

【0609】

以上の条件を用いて、計算により、発光デバイスの最適なデバイス構造を求めた。

【0610】

計算では、画素電極 191 と共通電極 115 との間の光学距離が λ 程度となり、かつ、各波長の光の外部量子効率（ランバertian 仮定）が最大になる、光学調整層 199 の膜厚を求めた。

【0611】

表 4 に、発光デバイス 1 及び発光デバイス 2 における光学調整層 199 の膜厚の計算結果を示す。

【0612】

【表 4】

	発光デバイス1	発光デバイス2
199B	73 nm	102 nm
199G	115 nm	138 nm
199R	163 nm	182 nm
199N	252 nm	268 nm

【0613】

表 4 に示すように、発光装置 1000 において、発光デバイス 1（B）が有する光学調整層 199B は 73 nm、発光デバイス 1（G）が有する光学調整層 199G は 115 nm、発光デバイス 1（R）が有する光学調整層 199R は 163 nm、発光デバイス 1（IR）が有する光学調整層 199N は 252 nm、とそれぞれ求められた。

【0614】

また、表 4 に示すように、発光装置 1100 において、発光デバイス 2（B）が有する光

学調整層 199B は 102 nm、発光デバイス 2 (G) が有する光学調整層 199G は 138 nm、発光デバイス 2 (R) が有する光学調整層 199R は 182 nm、発光デバイス 2 (IR) が有する光学調整層 199N は 268 nm、とそれぞれ求められた。

【0615】

図 28 に、計算から得られた発光デバイス 1 (B) 及び発光デバイス 2 (B) の発光 (EL) スペクトルを示す。図 29 に、計算から得られた発光デバイス 1 (G) 及び発光デバイス 2 (G) の発光 (EL) スペクトルを示す。図 30 に、計算から得られた発光デバイス 1 (R) 及び発光デバイス 2 (R) の発光 (EL) スペクトルを示す。図 31 に、計算から得られた発光デバイス 1 (IR) 及び発光デバイス 2 (IR) の発光 (EL) スペクトルを示す。図 28～図 31 において、横軸は波長 (単位: nm) を示し、縦軸はエネルギーベースの規格化発光強度 (任意単位) を示す。

10

【0616】

図 28 に示すように、発光デバイス 1 (B) と発光デバイス 2 (B) とは、青色領域で同等に高い外部量子効率を示した。図 29 に示すように、発光デバイス 1 (G) は、発光デバイス 2 (G) よりも外部量子効率が高かった。同様に、図 30 に示すように、発光デバイス 1 (R) は、発光デバイス 2 (R) よりも外部量子効率が高かった。さらに、図 31 に示すように、発光デバイス 1 (IR) は、発光デバイス 2 (IR) よりも外部量子効率が高かった。

【0617】

以上のことから、発光装置全体で比較した場合、発光装置 1000の方が発光装置 1100に比べて、発光効率が高く、消費電力が低くできることがわかった。

20

【0618】

発光装置 1000 と発光装置 1100 との違いは、発光層の積層順である。光学調整層 199 側から、長波長の光を発する順で発光層が積層されている方が、短波長の光を発する順で発光層が積層される場合に比べて、発光デバイスにおける一対の電極間の光学距離を、好ましい長さに調節することが容易であると示唆された。

【0619】

本実施例の結果から、光学調整層の膜厚を変えるのみで、赤色、緑色、青色、及び赤外光をそれぞれ高い効率で取り出すことができる発光デバイスのデバイス構造を見積もることができた。

30

【0620】

また、図 28 に示すように、発光デバイス 1 (B) では、青色の光のピークのほかに、近赤外光のピークも確認された。

【0621】

このことから、青色の光と赤外光との双方を発する副画素に、発光デバイス 1 (B) を用いることができることが示唆された。例えば、図 8A に示す発光デバイス 47B (IR) に、発光デバイス 1 (B) の構成を適用することができる。これにより、1つの画素が有する副画素の数を増やさずに、発光装置を、可視光及び赤外光の双方を発する構成とすることができる。そのため、発光装置の画素レイアウトを大きく変更することなく、発光装置に、赤外光を発する機能を付加することができる。

40

【0622】

また、青色の光を発する副画素と赤外光を発する副画素との双方に、発光デバイス 1 (B) を用いることができることが示唆された。例えば、図 8B に示す発光デバイス 47B 及び発光デバイス 47N の双方に発光デバイス 1 (B) の構成を適用することができる。これにより、発光装置の作製工程を大幅に増やすことなく、赤外光を発する副画素を設けることができる。

【0623】

(参考例)

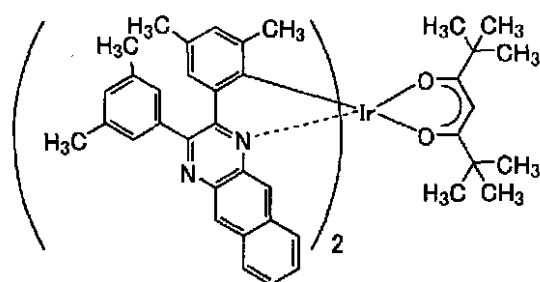
上記実施例で用いたビス {4, 6-ジメチル-2-[3-(3, 5-ジメチルフェニル)-2-ベンゾ [g] キノキサリニル-kN] フェニル-kC} (2, 2, 6, 6-テトラ

50

メチル-3,5-ヘプタンジオナト- $\kappa^2\text{O}, \text{O}'$) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{dmdpbq})_2(\text{dpm})]$) の合成方法について、具体的に説明する。 $[\text{Ir}(\text{dmdpbq})_2(\text{dpm})]$ の構造を以下に示す。

【0624】

【化2】



$[\text{Ir}(\text{dmdpbq})_2(\text{dpm})]$

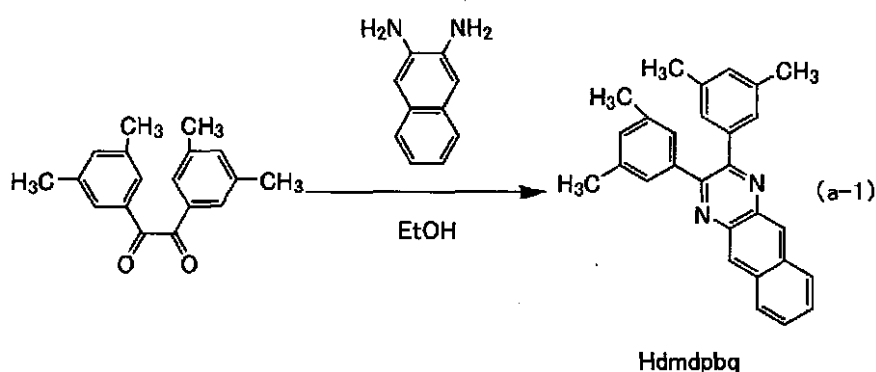
【0625】

<ステップ1; 2,3-ビス-(3,5-ジメチルフェニル)-2-ベンゾ[g]キノキサリン (略称: Hdmdpbq) の合成>

まず、ステップ1では、Hdmdpbqを合成した。3,3',5,5'-テトラメチルベンジル 3.20 g、2,3-ジアミノナフタレン 1.97 g、エタノール 60 mLを、還流管を付けた三口フラスコに入れ、内部を窒素置換した後、90℃で7時間半撹拌した。所定時間経過後、溶媒を留去した。その後、トルエンを展開溶媒とするシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製し、目的物を得た (黄色固体、収量 3.73 g、収率 79%)。ステップ1の合成スキームを (a-1) に示す。

【0626】

【化3】



【0627】

ステップ1で得られた黄色固体の核磁気共鳴分光法 ($^1\text{H-NMR}$) による分析結果を下記に示す。分析結果から、Hdmdpbqが得られたことがわかった。

【0628】

得られた物質の $^1\text{H-NMR}$ データを以下に示す。

$^1\text{H-NMR}$. δ (CD_2Cl_2): 2.28 (s, 12H), 7.01 (s, 2H), 7.16 (s, 4H), 7.56–7.58 (m, 2H), 8.11–8.13 (m, 2H), 8.74 (s, 2H).

【0629】

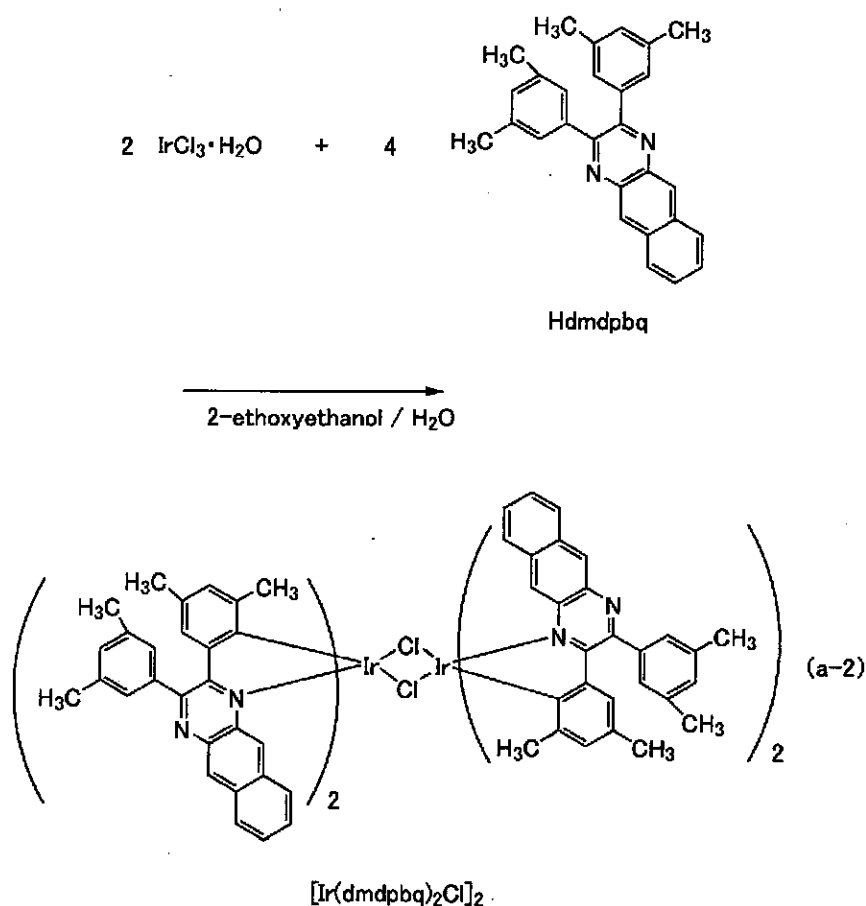
<ステップ2; ジ- μ -クロロ-テトラキス {4,6-ジメチル-2-[3-(3,5-

ジメチルフェニル) - 2 - ベンゾ [g] キノキサリニル - κN] フェニル - κC} ジイリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{dmdpbq})_2\text{Cl}]_2$) の合成>

次に、ステップ2では、 $[\text{Ir}(\text{dmdpbq})_2\text{Cl}]_2$ を合成した。2-エトキシエタノール15mL、水5mL、ステップ1で得たHdmdpbq 1.81g、及び、塩化イリジウム水和物 ($\text{IrCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) (フルヤ金属社製) 0.66gを、還流管を付けたナスフラスコに入れ、フラスコ内をアルゴン置換した。その後、マイクロ波 (2.45GHz 100W) を2時間照射し、反応させた。所定時間経過後、得られた残渣をメタノールで吸引ろ過、洗浄し、目的物を得た (黒色固体、収量1.76g、収率81%)。ステップ2の合成スキームを (a-2) に示す。

【0630】

【化4】



【0631】

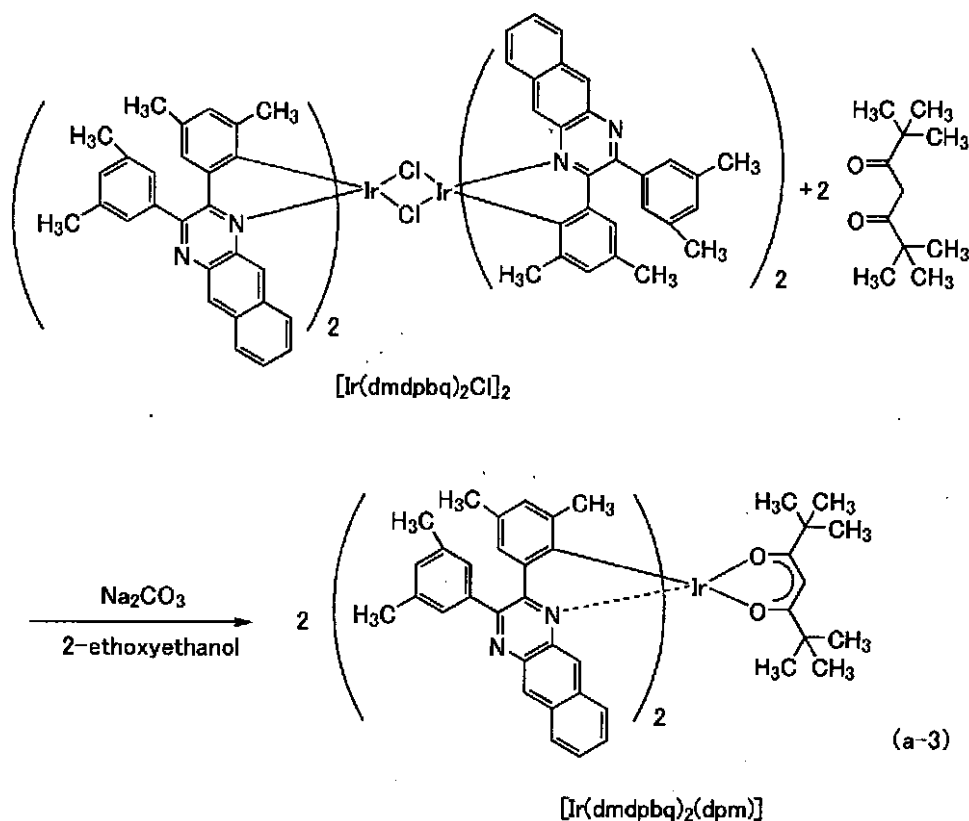
<ステップ3; $[\text{Ir}(\text{dmdpbq})_2(\text{dpm})]$ の合成>

そして、ステップ3では、 $[\text{Ir}(\text{dmdpbq})_2(\text{dpm})]$ を合成した。2-エトキシエタノール20mL、ステップ2で得た $[\text{Ir}(\text{dmdpbq})_2\text{Cl}]_2$ 1.75g、ジピバロイルメタン (略称: Hdpm) 0.50g、及び、炭酸ナトリウム0.95gを、還流管を付けたナスフラスコに入れ、フラスコ内をアルゴン置換した。その後、マイクロ波 (2.45GHz 100W) を3時間照射した。得られた残渣を、メタノールで吸引ろ過した後、水、メタノールで洗浄した。得られた固体を、ジクロロメタンを展開溶媒とするシリカゲルカラムクロマトグラフィーにより精製した後、ジクロロメタンとメタノールの混合溶媒にて再結晶することにより、目的物を得た (暗緑色固体、収量0.42g、収率21%)。得られた暗緑色固体0.41gを、トレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製条件は、圧力2.7Pa、アルゴンガスを流量10.5mL/minで流しながら、300℃で暗緑色固体を加熱した。昇華精製後、暗緑色固体を収

率 78% で得た。ステップ 3 の合成スキームを (a-3) に示す。

【0632】

【化5】



【0633】

ステップ 3 で得られた暗緑色固体の核磁気共鳴分光法 ($^1\text{H-NMR}$) による分析結果を下記に示す。分析結果から、 $[\text{Ir}(\text{dmdpbq})_2(\text{dpm})]$ が得られたことがわかった。

【0634】

$^1\text{H-NMR}$. δ (CD_2Cl_2): 0.75 (s, 18H), 0.97 (s, 6H), 2.01 (s, 6H), 2.52 (s, 12H), 4.86 (s, 1H), 6.39 (s, 2H), 7.15 (s, 2H), 7.31 (s, 2H), 7.44–7.51 (m, 4H), 7.80 (d, 2H), 7.86 (s, 4H), 8.04 (d, 2H), 8.42 (s, 2H), 8.58 (s, 2H).

【符号の説明】

【0635】

C1: 容量、C2: 容量、IRF: 光学フィルタ、M1: トランジスタ、M2: トランジスタ、M3: トランジスタ、M4: トランジスタ、M5: トランジスタ、M6: トランジスタ、M7: トランジスタ、OUT1: 配線、OUT2: 配線、PD: 受光デバイス、PIX1: 画素回路、PIX2: 画素回路、V1: 配線、V2: 配線、V3: 配線、V4: 配線、V5: 配線、1: 発光デバイス、2: 発光デバイス、10A: 表示装置、10B: 表示装置、10C: 表示装置、10D: 表示装置、10E: 表示装置、10F: 表示装置、21B: 光、21G: 光、21N: 赤外光、22: 光、23a: 光、23b: 反射光、30A: 発光装置、30B: 発光装置、30C: 発光装置、30D: 発光装置、40A: 発光装置、40B: 発光装置、40C: 発光装置、40D: 発光装置、40E: 発光装置、41: トランジスタ、42: トランジスタ、45: トランジスタを有する層、47B: 発光デバイス、47G: 発光デバイス、47N: 発光デバイス、47R: 発光デバイス、47V: 発光デバイス、48a: 発光ユニット、48b: 発光ユニット、48c: 発光ユ

ニット、48d：発光ユニット、48e：発光ユニット、50A：表示装置、50B：表示装置、52：指、53：受光デバイスを有する層、55：トランジスタを有する層、57：発光デバイスを有する層、100A：表示装置、100B：表示装置、100C：表示装置、100D：表示装置、110：受光デバイス、112：共通層、114：共通層、115：共通電極、116：バッファ層、141a：フィルタ、141b：フィルタ、142：接着層、143：空間、149：レンズ、151：基板、152：基板、153：基板、154：基板、155：接着層、162：表示部、163：発光部、164：回路、165：配線、166：導電層、172：FPC、173：IC、181：画素電極、182：バッファ層、183：活性層、184：バッファ層、189：光学調整層、189N：光学調整層、190：発光デバイス、190B：発光デバイス、190G：発光デバイス、190N：発光デバイス、191：画素電極、191B：画素電極、191N：画素電極、192：バッファ層、193：発光層、193B：発光層、193G：発光層、193N：発光層、193R：発光層、193V：発光層、194：バッファ層、195：保護層、195a：無機絶縁層、195b：有機絶縁層、195c：無機絶縁層、198：中間層、198a：中間層、198b：中間層、199：光学調整層、199B：光学調整層、199G：光学調整層、199N：光学調整層、199R：光学調整層、199V：光学調整層、200A：発光装置、200B：発光装置、201：トランジスタ、202：トランジスタ、204：接続部、205：トランジスタ、206：トランジスタ、207：トランジスタ、208：トランジスタ、209：トランジスタ、210：トランジスタ、211：絶縁層、212：絶縁層、213：絶縁層、214：絶縁層、215：絶縁層、216：隔壁、217：隔壁、218：絶縁層、221：導電層、222a：導電層、222b：導電層、223：導電層、225：絶縁層、228：領域、231：半導体層、231i：チャネル形成領域、231n：低抵抗領域、242：接続層、1000：発光装置、1100：発光装置、6500：電子機器、6501：筐体、6502：表示部、6503：電源ボタン、6504：ボタン、6505：スピーカ、6506：マイク、6507：カメラ、6508：光源、6510：保護部材、6511：表示パネル、6512：光学部材、6513：タッチセンサパネル、6515：FPC、6516：IC、6517：プリント基板、6518：バッテリー、7000：表示部、7100：テレビジョン装置、7101：筐体、7103：スタンド、7111：リモコン操作機、7200：ノート型パーソナルコンピュータ、7211：筐体、7212：キーボード、7213：ポインティングデバイス、7214：外部接続ポート、7300：デジタルサイネージ、7301：筐体、7303：スピーカ、7311：情報端末機、7400：デジタルサイネージ、7401：柱、7411：情報端末機、9000：筐体、9001：表示部、9003：スピーカ、9005：操作キー、9006：接続端子、9007：センサ、9008：マイクロフォン、9050：アイコン、9051：情報、9052：情報、9053：情報、9054：情報、9055：ヒンジ、9101：携帯情報端末、9102：携帯情報端末、9200：携帯情報端末、9201：携帯情報端末、

10

20

30

40

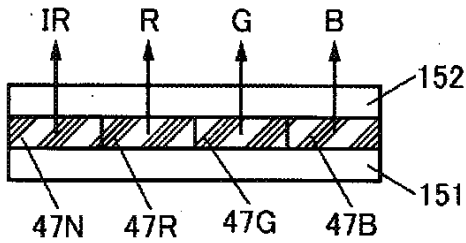
50

【図面】

【図 1 A】

図1A

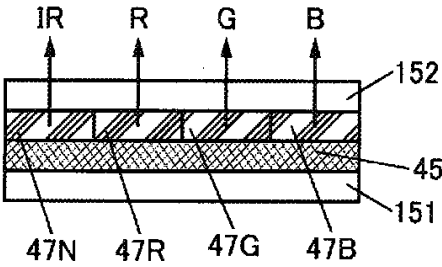
40A



【図 1 B】

図1B

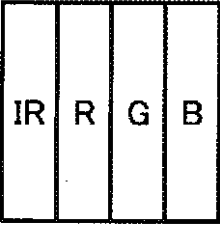
40B



10

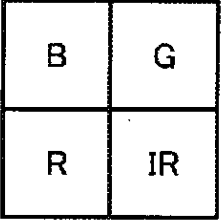
【図 1 C】

図1C



【図 1 D】

図1D



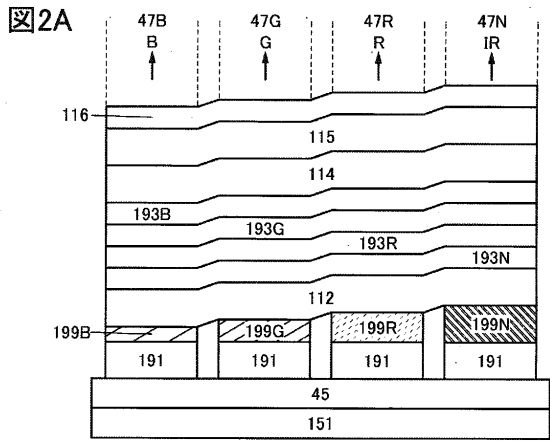
20

30

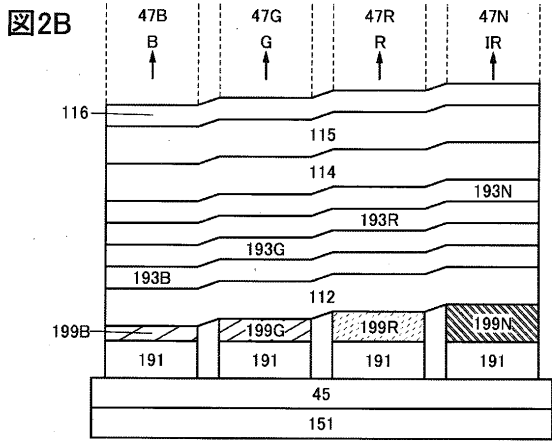
40

50

【図 2 A】

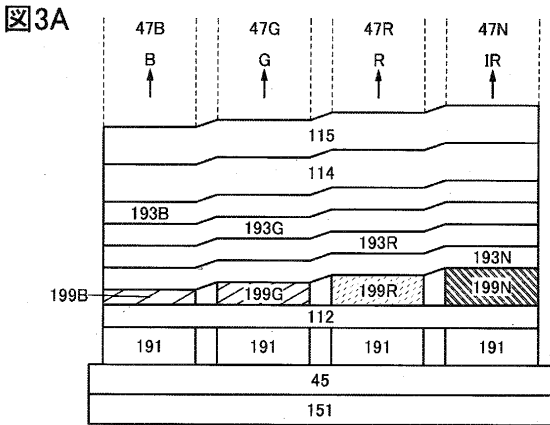


【図 2 B】

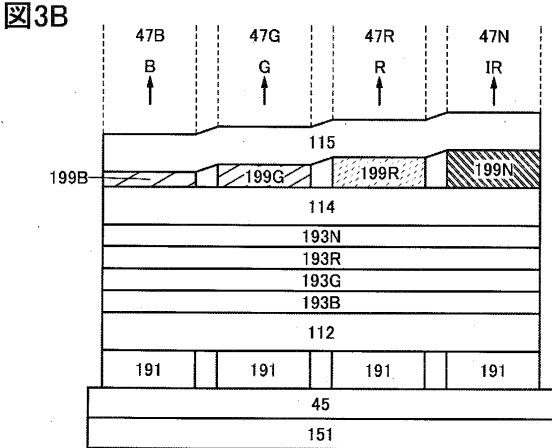


10

【図 3 A】



【図 3 B】



20

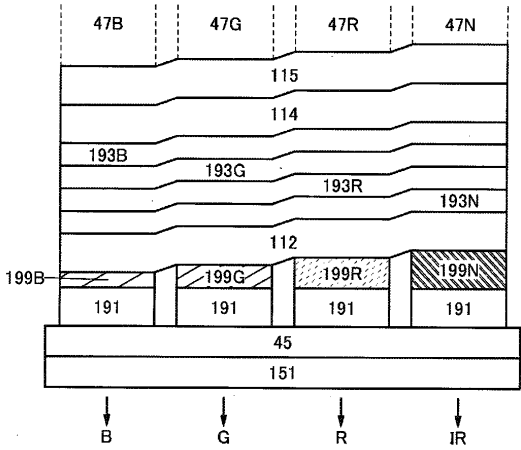
30

40

50

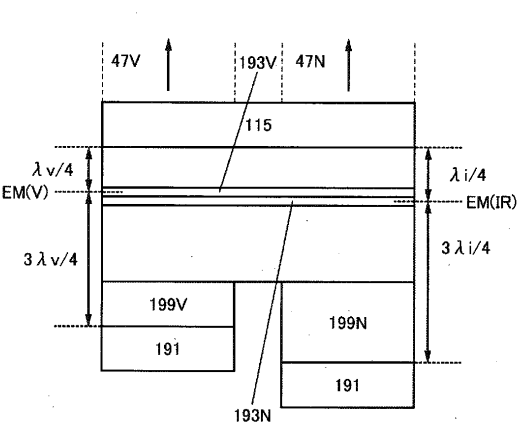
【図 4】

図4



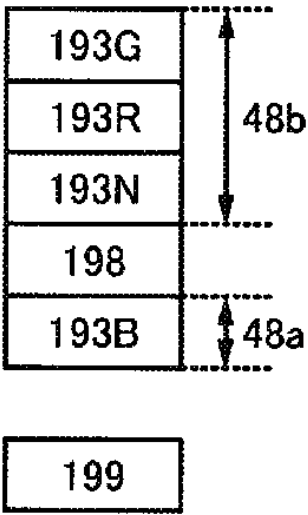
【図 5】

図5



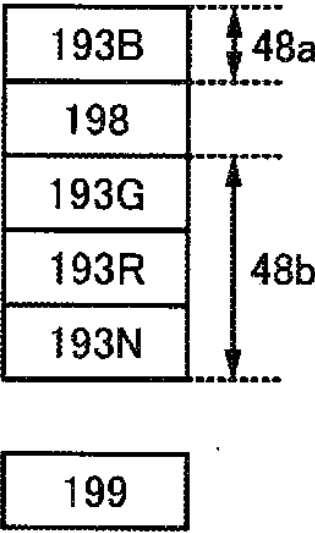
【図 6 A】

図6A



【図 6 B】

図6B



10

20

30

40

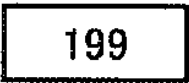
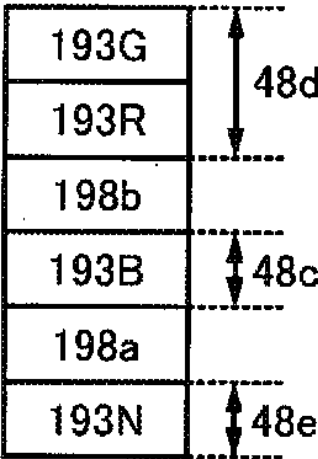
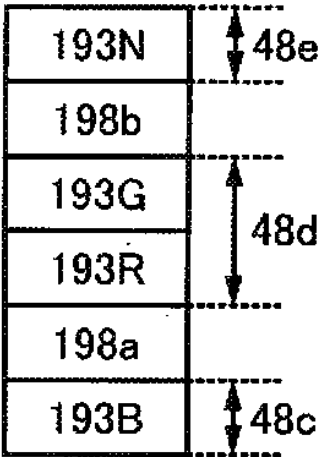
50

【図 6 C】

【図 6 D】

図6C

図6D

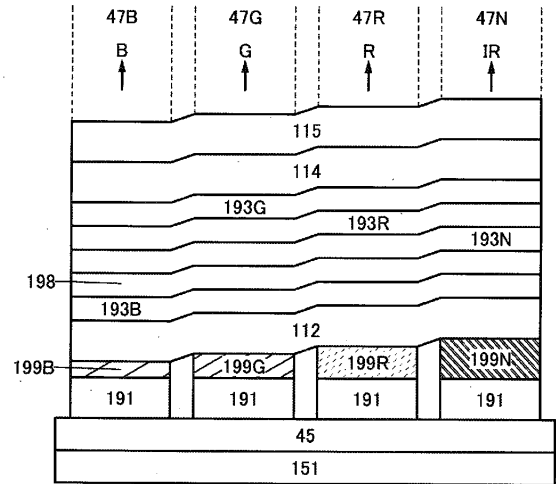


【図 6 E】

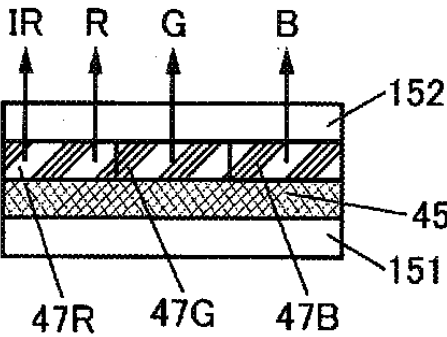
【図 7 A】

図6E

図7A



40C



10

20

30

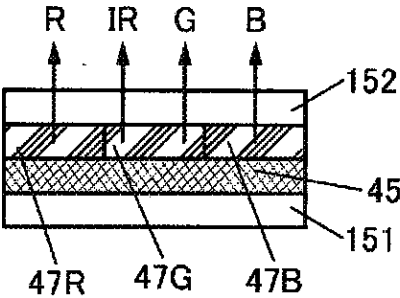
40

50

【図 7 B】

図7B

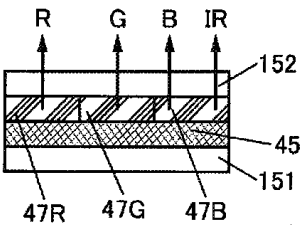
40D



【図 7 C】

図7C

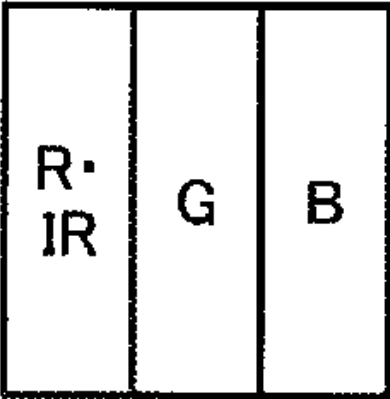
40E



10

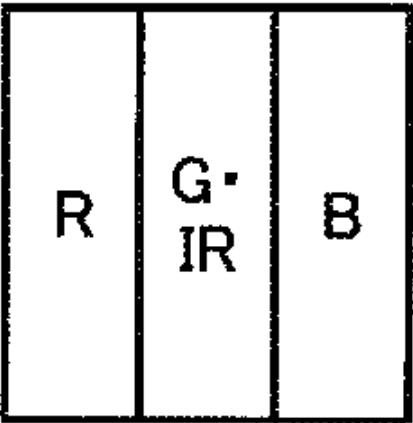
【図 7 D】

図7D



【図 7 E】

図7E



20

30

40

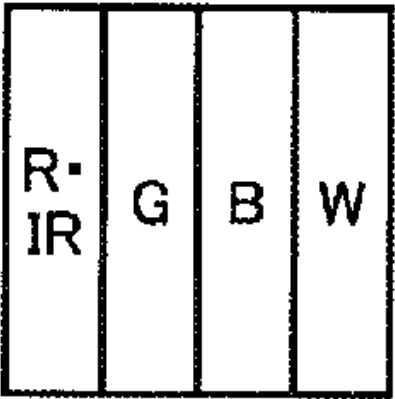
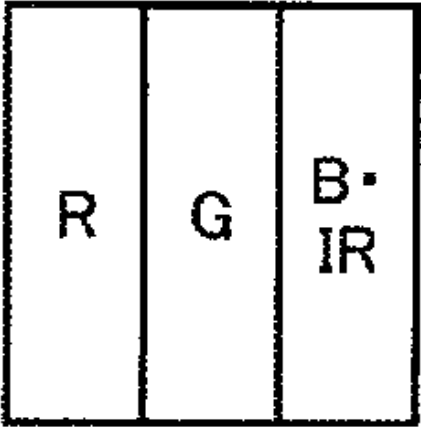
50

【図 7 F】

【図 7 G】

図7F

図7G



10

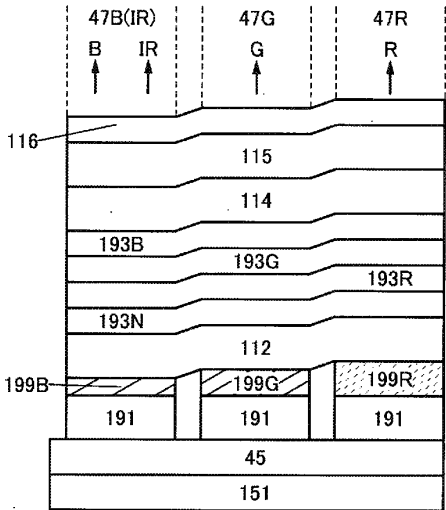
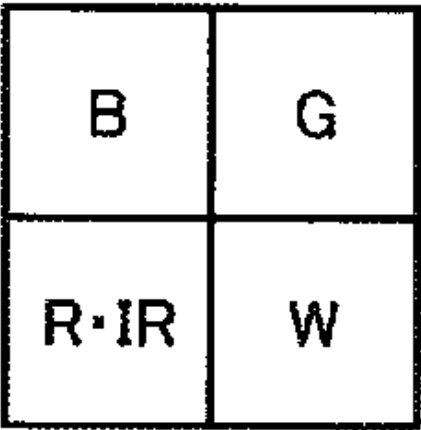
20

【図 7 H】

【図 8 A】

図7H

図8A

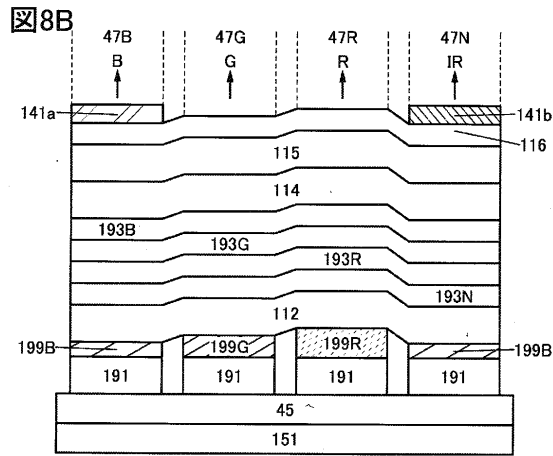


30

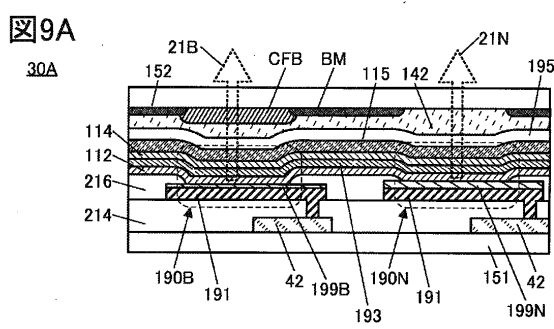
40

50

【図 8 B】

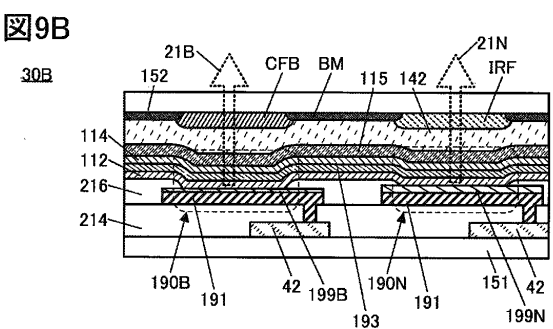


【図 9 A】

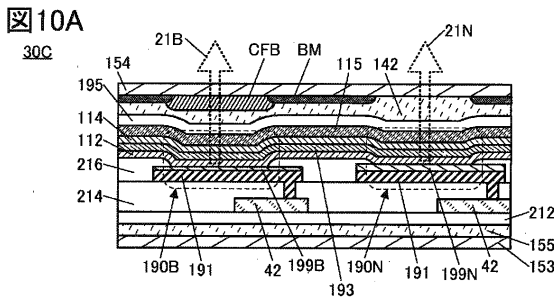


10

【図 9 B】



【図 10 A】



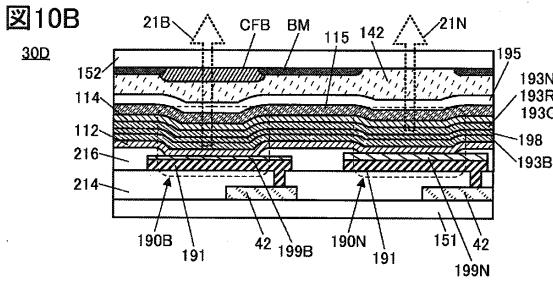
20

30

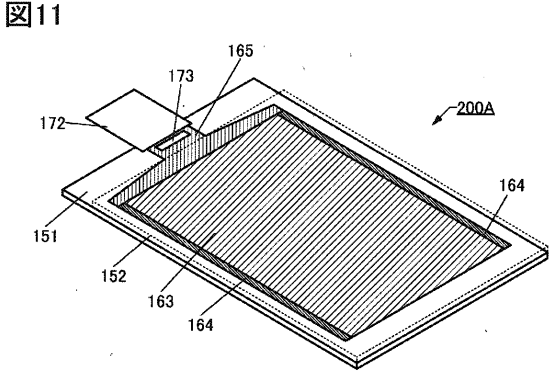
40

50

【図 10 B】

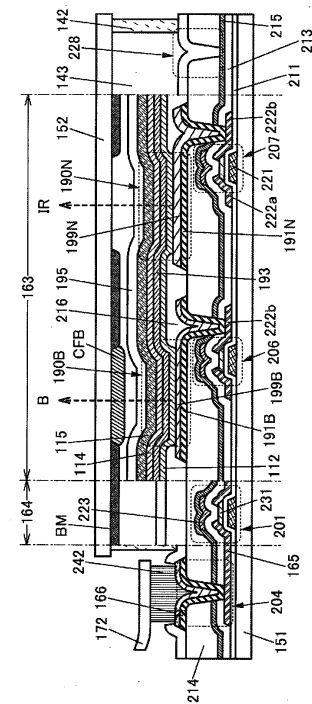


【図 11】

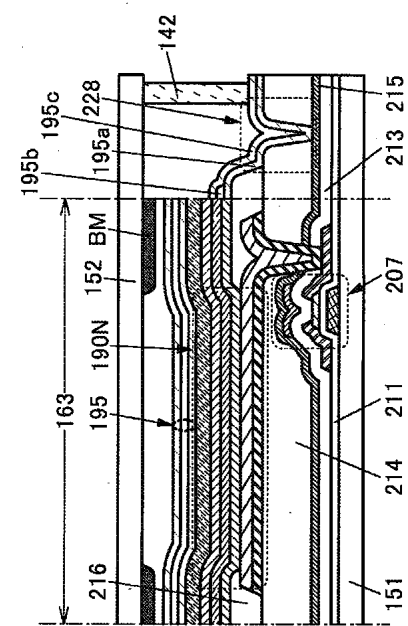


10

【図 12 A】



【図 12 B】



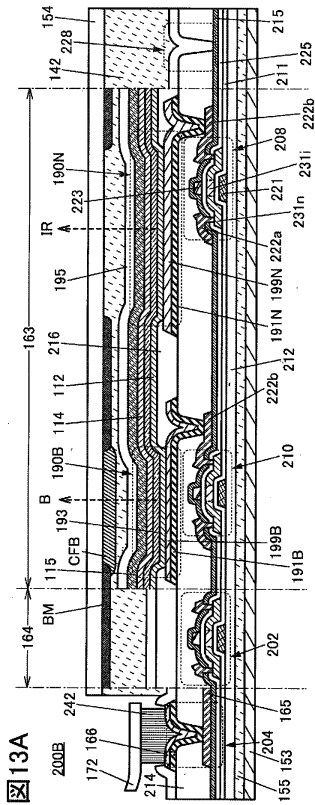
20

30

40

50

【図 13 A】



【図 13 B】

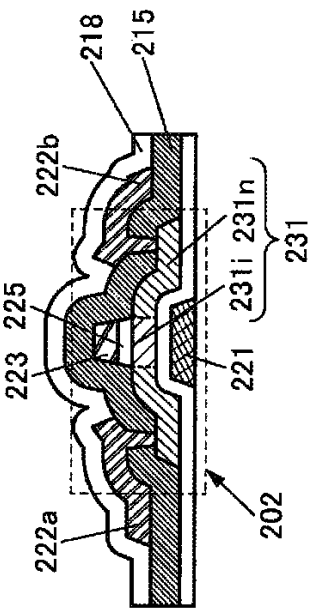
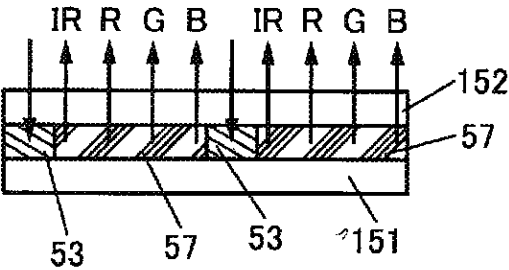


図 13B

【図 14 A】

図 14A

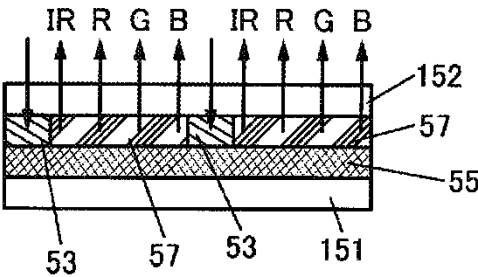
50A



【図 14 B】

図 14B

50B



10

20

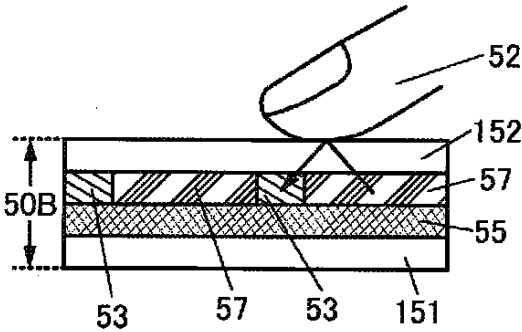
30

40

50

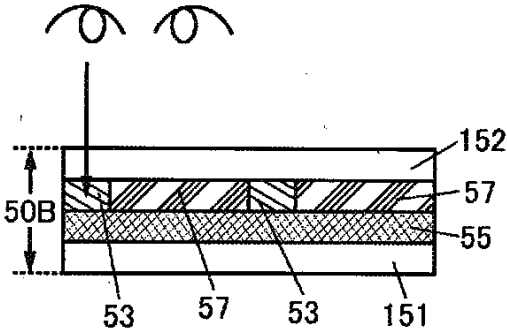
【図 1 4 C】

図14C



【図 1 4 D】

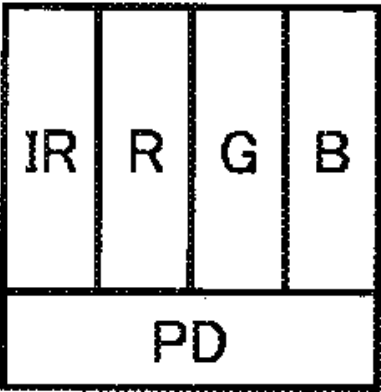
図14D



10

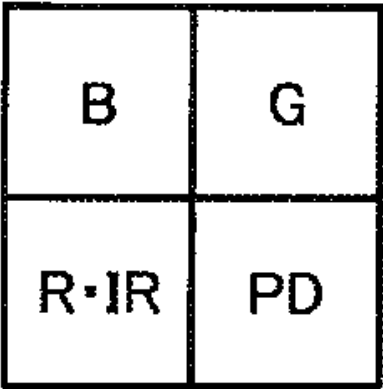
【図 1 5 A】

図15A



【図 1 5 B】

図15B



20

30

40

50

【図 1 5 C】

図 15C

B	G・IR
R	PD

【図 1 5 D】

図 15D

B・IR	G
R	PD

10

20

【図 1 5 E】

図 15E

PD	R・IR	G	B
----	------	---	---

【図 1 5 F】

図 15F

R・IR	G	B	W
PD			

30

40

50

【図 20 B】

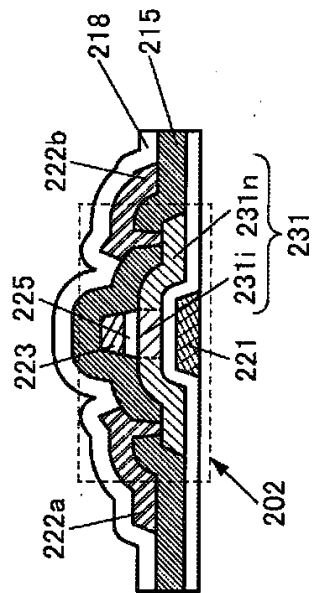


図20B

【図 21】

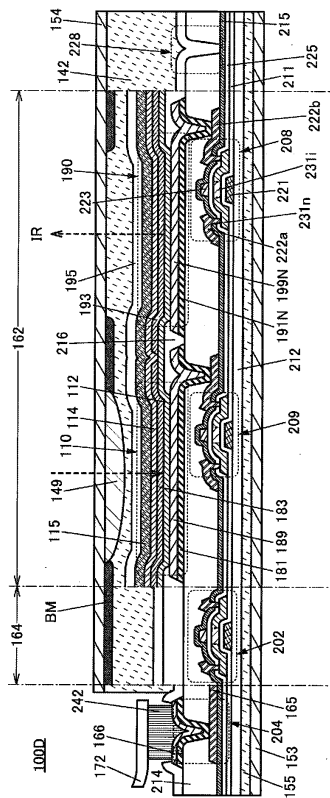
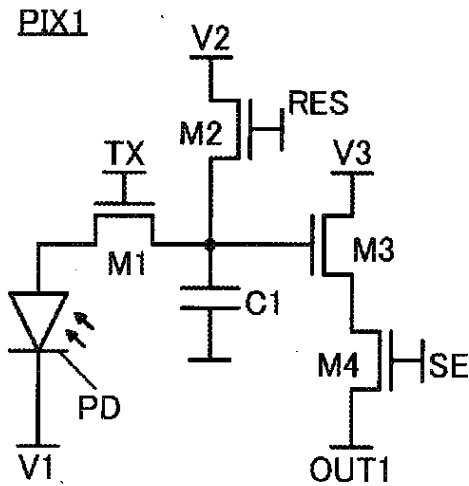


図21

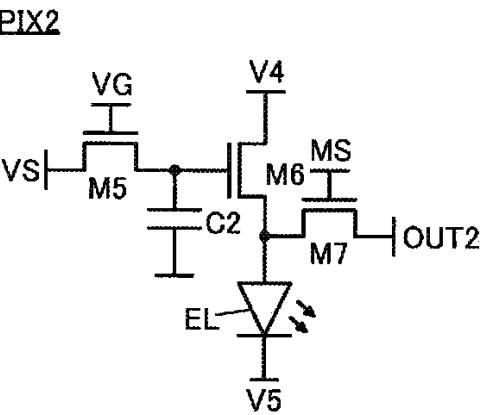
【図 22 A】

図22A



【図 22 B】

図22B



10

20

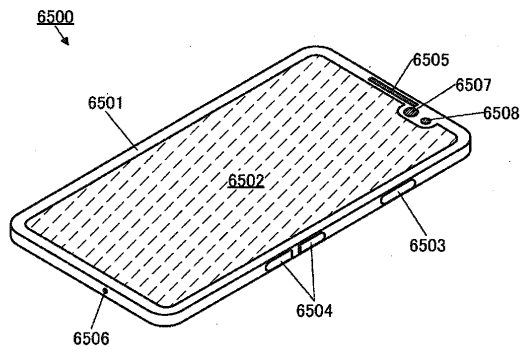
30

40

50

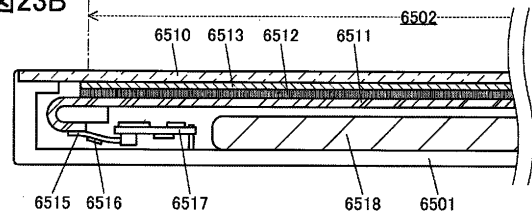
【図 2 3 A】

図23A



【図 2 3 B】

図23B

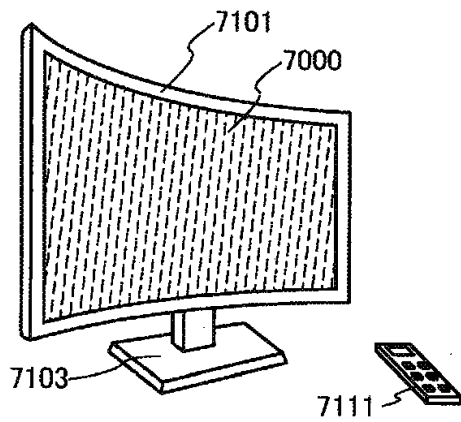


10

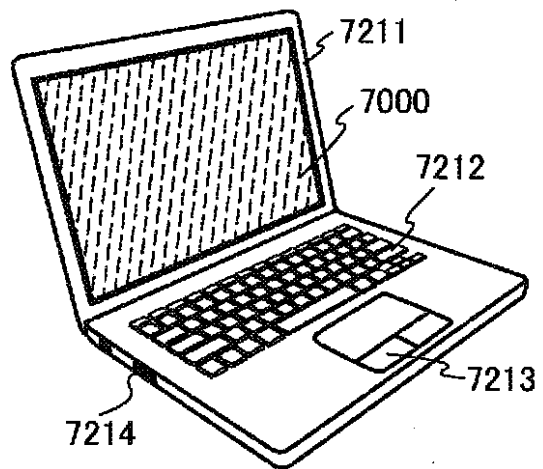
【図 2 4 A】

図24A

7100



【図 2 4 B】

図24B
7200

20

30

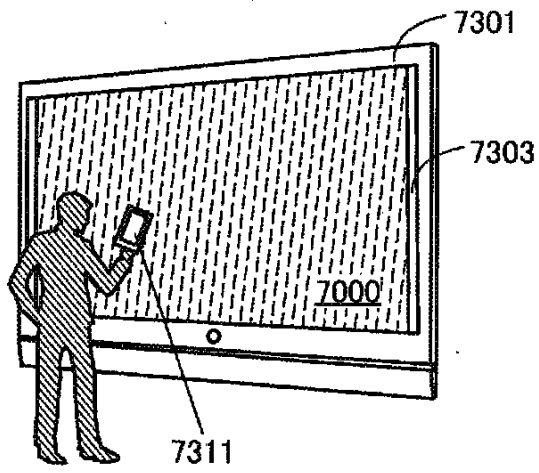
40

50

【図 2 4 C】

図 24C

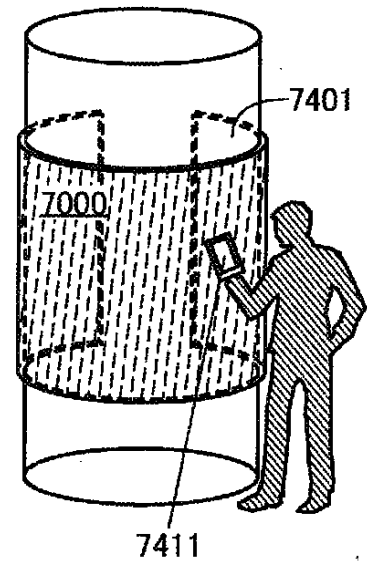
7300



【図 2 4 D】

図 24D

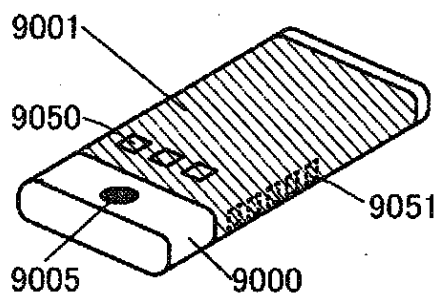
7400



【図 2 5 A】

図 25A

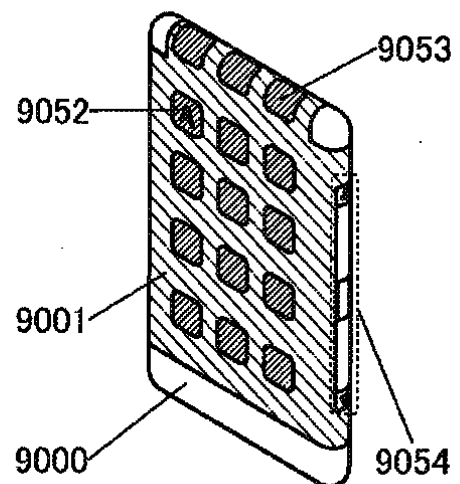
9101



【図 2 5 B】

図 25B

9102



10

20

30

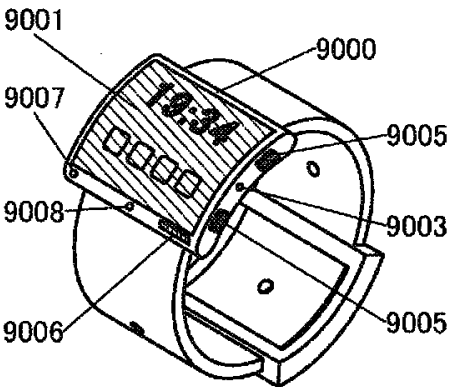
40

50

【図 2 5 C】

図25C

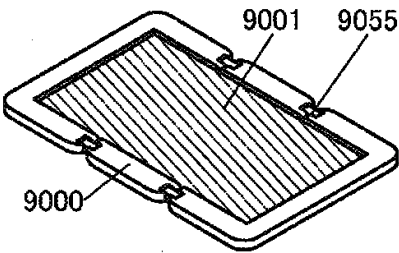
9200



【図 2 5 D】

図25D

9201

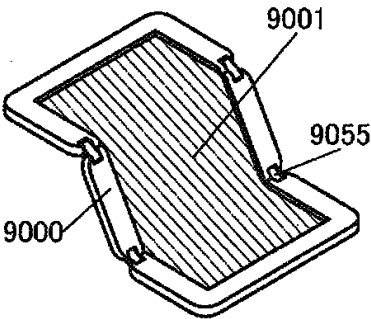


10

【図 2 5 E】

図25E

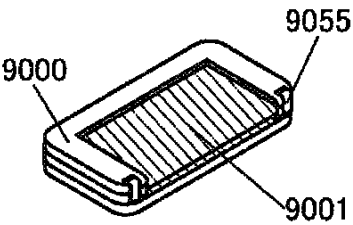
9201



【図 2 5 F】

図25F

9201



20

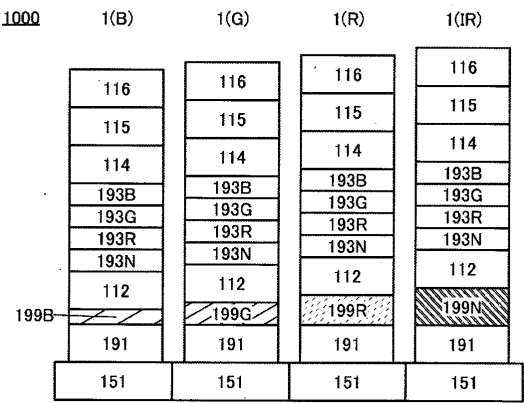
30

40

50

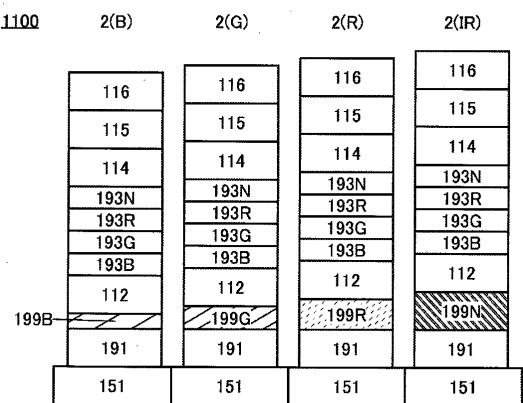
【図 2 6 A】

図26A



【図 2 6 B】

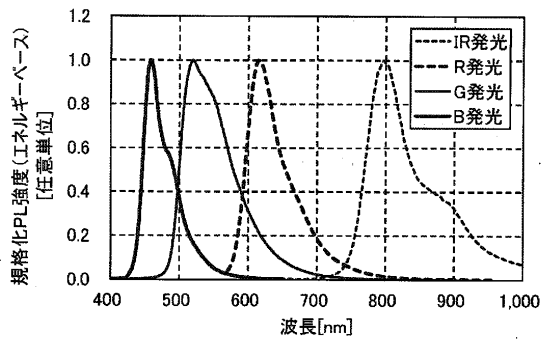
図26B



10

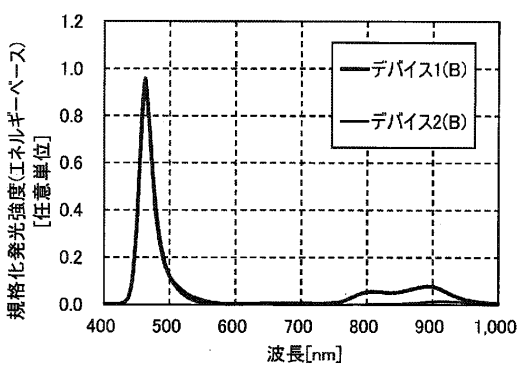
【図 2 7】

図27



【図 2 8】

図28



20

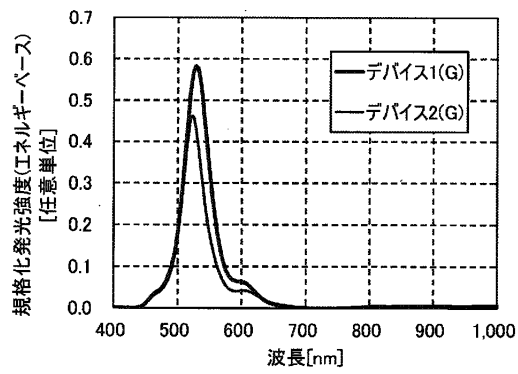
30

40

50

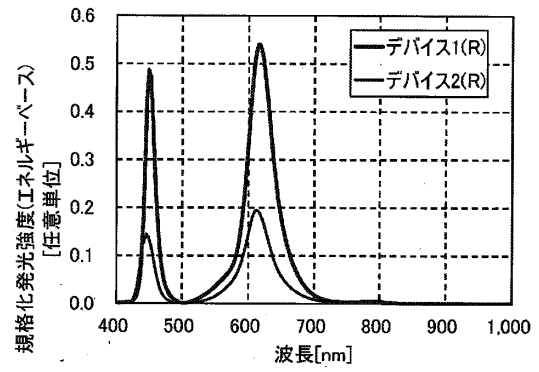
【図 29】

図29



【図 30】

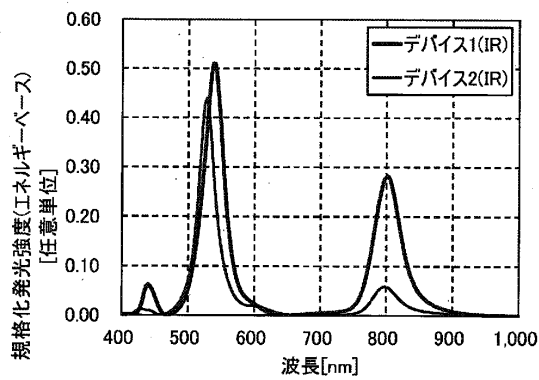
図30



10

【図 31】

図31



20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

H 1 0 K	50/19 (2023.01)	H 1 0 K	50/125
H 1 0 K	50/828 (2023.01)	H 1 0 K	50/13
H 1 0 K	102/10 (2023.01)	H 1 0 K	50/19
		H 1 0 K	50/828
		H 1 0 K	102:10

(72)発明者 鎌田 太介

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

審査官 小久保 州洋

(56)参考文献

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

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

H 1 0 K 5 9 / 6 5
H 1 0 K 5 0 / 8 5 2
H 1 0 K 5 0 / 1 2 5
H 1 0 K 5 0 / 1 3
H 1 0 K 5 0 / 1 9
H 1 0 K 5 0 / 8 2 8
H 0 5 B 3 3 / 2 4
H 0 5 B 3 3 / 1 4
H 0 1 L 5 1 / 5 0 - 5 1 / 5 6
H 0 5 B 3 3 / 1 2
H 0 5 B 3 3 / 0 2
H 0 1 L 2 7 / 3 2
G 0 9 F 9 / 3 0
H 1 0 K 1 0 2 : 1 0