

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号  
特開2022-104835  
(P2022-104835A)

(43)公開日 令和4年7月11日(2022.7.11)

|  |               |               |
|--|---------------|---------------|
| (51)国際特許分類                             | F I           | テーマコード ( 参考 ) |
| H 0 1 L 51/50 (2006.01)                | H 0 5 B 33/22 | D 3 K 1 0 7   |
| H 0 1 L 27/32 (2006.01)                | H 0 5 B 33/14 | A 5 C 0 9 4   |
| H 0 5 B 33/02 (2006.01)                | H 0 1 L 27/32 | 5 F 8 4 9     |
| H 0 1 L 31/10 (2006.01)                | H 0 5 B 33/02 |               |
| H 0 1 L 51/42 (2006.01)                | H 0 1 L 31/10 | A             |
| 審査請求 未請求 請求項の数 21 O L ( 全109頁 ) 最終頁に続く |               |               |

|   |  |
|---|--|
| (21)出願番号 特願2021-215428(P2021-215428)    | (71)出願人 000153878<br>株式会社半導体エネルギー研究所<br>神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地         |
| (22)出願日 令和3年12月29日(2021.12.29)          |  |
| (31)優先権主張番号 特願2020-219842(P2020-219842) | (72)発明者 瀬尾 広美<br>神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会<br>社半導体エネルギー研究所内           |
| (32)優先日 令和2年12月29日(2020.12.29)          | (72)発明者 渡部 剛吉<br>神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会<br>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 日本国(JP)               | (72)発明者 植田 藍莉<br>神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会<br>社半導体エネルギー研究所内           |
|   | (72)発明者 河野 優太<br>神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会<br>社半導体エネルギー研究所内<br>最終頁に続く |

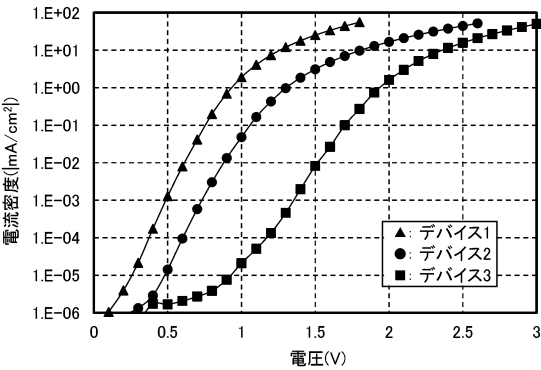
(54)【発明の名称】 有機半導体デバイス、有機E L デバイス、フォトダイオードセンサ、表示装置、発光装置、電子機器および照明装置

(57)【要約】

【課題】駆動電圧の低い有機半導体デバイスを提供する。

【解決手段】一対の電極間に、有機化合物を含む層を有し、前記有機化合物を含む層は、正孔輸送領域を有し、前記正孔輸送領域は、第 1 の層と、第 2 の層と、を有し、前記第 1 の層は、前記陽極と前記第 2 の層との間に位置し、蒸着膜の表面電位の電位勾配を  $GSP (mV / nm)$  とした場合、前記第 1 の層を構成する有機化合物の  $GSP$  から、前記第 2 の層を構成する有機化合物の  $GSP$  を引いた値が  $20 (mV / nm)$  以下である有機半導体デバイスを提供する。

【選択図】図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

陽極と、  
陰極と、  
前記陽極と、前記陰極との間に位置する有機化合物を含む層と、を有し、  
前記有機化合物を含む層は、正孔輸送領域を有し、  
前記正孔輸送領域は、第 1 の層と、第 2 の層と、を有し、  
前記第 1 の層は、前記陽極と前記第 2 の層との間に位置し、  
蒸着膜の表面電位の電位勾配を  $GSP (mV/nm)$  とした場合、  
前記第 1 の層を構成する有機化合物の  $GSP$  から、前記第 2 の層を構成する有機化合物の  $GSP$  を引いた値が  $20 (mV/nm)$  以下である有機半導体デバイス。 10

## 【請求項 2】

陽極と、  
陰極と、  
前記陽極と、前記陰極との間に位置する有機化合物を含む層と、を有し、  
前記有機化合物を含む層は、正孔輸送領域を有し、  
前記正孔輸送領域は、第 1 の層と、第 2 の層と、を有し、  
前記第 1 の層は、前記陽極と前記第 2 の層との間に位置し、  
蒸着膜の表面電位の電位勾配を  $GSP (mV/nm)$  とした場合、  
前記第 1 の層を構成する有機化合物の  $GSP$  から、前記第 2 の層を構成する有機化合物の  $GSP$  を引いた値が  $5 (mV/nm)$  以下である有機半導体デバイス。 20

## 【請求項 3】

陽極と、  
陰極と、  
前記陽極と、前記陰極との間に位置する有機化合物を含む層と、を有し、  
前記有機化合物を含む層は、正孔輸送領域を有し、  
前記正孔輸送領域は、第 1 の層と、第 2 の層と、を有し、  
前記第 1 の層は、前記陽極と前記第 2 の層との間に位置し、  
蒸着膜の表面電位の電位勾配を  $GSP (mV/nm)$  とした場合、  
前記第 1 の層を構成する有機化合物の  $GSP$  から、前記第 2 の層を構成する有機化合物の  $GSP$  を引いた値が  $0 (mV/nm)$  以下である有機半導体デバイス。 30

## 【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項において、  
前記第 1 の層と前記第 2 の層が接している有機半導体デバイス。

## 【請求項 5】

陽極と、  
陰極と、  
前記陽極と、前記陰極との間に位置する有機化合物を含む層と、を有し、  
前記有機化合物を含む層は、正孔輸送領域と、発光層と、を有し、  
前記正孔輸送領域は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、 40  
前記正孔輸送領域は、第 1 の層と、第 2 の層と、を有し、  
前記第 1 の層は、前記陽極と前記第 2 の層との間に位置し、  
蒸着膜の表面電位の電位勾配を  $GSP (mV/nm)$  とした場合、  
前記第 1 の層を構成する有機化合物の  $GSP$  から、前記第 2 の層を構成する有機化合物の  $GSP$  を引いた値が  $20 (mV/nm)$  以下である有機 EL デバイス。

## 【請求項 6】

陽極と、  
陰極と、  
前記陽極と、前記陰極との間に位置する有機化合物を含む層と、を有し、  
前記有機化合物を含む層は、正孔輸送領域と、発光層と、を有し、 50

前記正孔輸送領域は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、  
前記正孔輸送領域は、第１の層と、第２の層と、を有し、  
前記第１の層は、前記陽極と前記第２の層との間に位置し、  
蒸着膜の表面電位の電位勾配を  $GSP(mV/nm)$  とした場合、  
前記第１の層を構成する有機化合物の  $GSP$  から、前記第２の層を構成する有機化合物の  $GSP$  を引いた値が  $5(mV/nm)$  以下である有機  $EL$  デバイス。

【請求項 7】

陽極と、  
陰極と、  
前記陽極と、前記陰極との間に位置する有機化合物を含む層と、を有し、  
前記有機化合物を含む層は、正孔輸送領域と、発光層と、を有し、  
前記正孔輸送領域は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、  
前記正孔輸送領域は、第１の層と、第２の層と、を有し、  
前記第１の層は、前記陽極と前記第２の層との間に位置し、  
蒸着膜の表面電位の電位勾配を  $GSP(mV/nm)$  とした場合、  
前記第１の層を構成する有機化合物の  $GSP$  から、前記第２の層を構成する有機化合物の  $GSP$  を引いた値が  $0(mV/nm)$  以下である有機  $EL$  デバイス。

【請求項 8】

請求項 5 乃至請求項 7 のいずれか一項において、  
前記第１の層と前記第２の層が接している有機  $EL$  デバイス。

【請求項 9】

請求項 5 乃至請求項 8 のいずれか一項において、  
前記第２の層と前記発光層が接している有機  $EL$  デバイス。

【請求項 10】

陽極と、  
陰極と、  
前記陽極と、前記陰極との間に位置する有機化合物を含む層と、を有し、  
前記有機化合物を含む層は、活性層と、正孔輸送領域を有し、  
前記正孔輸送領域は、前記活性層と前記陰極との間に位置し、  
前記正孔輸送領域は、第１の層と、第２の層と、を有し、  
前記第１の層は、前記陽極と前記第２の層との間に位置し、  
蒸着膜の表面電位の電位勾配を  $GSP(mV/nm)$  とした場合、  
前記第１の層を構成する有機化合物の  $GSP$  から、前記第２の層を構成する有機化合物の  $GSP$  を引いた値が  $20(mV/nm)$  以下であるフォトダイオードセンサ。

【請求項 11】

陽極と、  
陰極と、  
前記陽極と、前記陰極との間に位置する有機化合物を含む層と、を有し、  
前記有機化合物を含む層は、活性層と、正孔輸送領域を有し、  
前記正孔輸送領域は、前記活性層と前記陰極との間に位置し、  
前記正孔輸送領域は、第１の層と、第２の層と、を有し、  
前記第１の層は、前記陽極と前記第２の層との間に位置し、  
蒸着膜の表面電位の電位勾配を  $GSP(mV/nm)$  とした場合、  
前記第１の層を構成する有機化合物の  $GSP$  から、前記第２の層を構成する有機化合物の  $GSP$  を引いた値が  $5(mV/nm)$  以下であるフォトダイオードセンサ。

【請求項 12】

陽極と、  
陰極と、  
前記陽極と、前記陰極との間に位置する有機化合物を含む層と、を有し、  
前記有機化合物を含む層は、活性層と、正孔輸送領域を有し、

前記正孔輸送領域は、前記活性層と前記陰極との間に位置し、  
 前記正孔輸送領域は、第１の層と、第２の層と、を有し、  
 前記第１の層は、前記陽極と前記第２の層との間に位置し、  
 蒸着膜の表面電位の電位勾配を  $GSP (mV/nm)$  とした場合、  
 前記第１の層を構成する有機化合物の  $GSP$  から、前記第２の層を構成する有機化合物の  $GSP$  を引いた値が  $0 (mV/nm)$  以下であるフォトダイオードセンサ。

【請求項１３】

請求項１０乃至請求項１２のいずれか一項において、  
 前記第１の層と前記第２の層が接しているフォトダイオードセンサ。

【請求項１４】

請求項１０乃至請求項１３のいずれか一項において、  
 前記活性層と前記第１の層が接しているフォトダイオードセンサ。

【請求項１５】

請求項１乃至請求項１２のいずれか一項に記載の有機半導体デバイス、有機ＥＬデバイス  
 またはフォトダイオードセンサを備えた照明装置。

【請求項１６】

請求項１乃至請求項１２のいずれか一項に記載の有機半導体デバイス、有機ＥＬデバイス  
 またはフォトダイオードセンサを備えた表示装置。

【請求項１７】

請求項１乃至請求項１２のいずれか一項に記載の有機半導体デバイス、有機ＥＬデバイス  
 またはフォトダイオードセンサを備えた電子機器。

【請求項１８】

請求項５乃至請求項９のいずれか一項において、  
 前記正孔輸送領域と前記発光層の端面が概略同一平面上にある有機ＥＬデバイス。

【請求項１９】

請求項５乃至請求項９のいずれか一項に記載の有機ＥＬデバイスと、センサ、操作ボタン、  
 スピーカ、または、マイクと、  
 を有する電子機器。

【請求項２０】

請求項５乃至請求項９のいずれか一項に記載の有機ＥＬデバイスと、トランジスタ、また  
 は、基板と、を有する発光装置。

【請求項２１】

請求項５乃至請求項９のいずれか一項に記載の有機ＥＬデバイスと、筐体と、を有する照  
 明装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明の一態様は、有機化合物、有機半導体デバイス、発光素子、発光デバイス、有機Ｅ  
 Ｌデバイス、フォトダイオードセンサ、ディスプレイモジュール、照明モジュール、表示  
 装置、発光装置、電子機器、照明装置および電子デバイスに関する。なお、本発明の一態  
 様は、上記の技術分野に限定されない。本明細書等で開示する発明の一態様の技術分野は  
 、物、方法、または、製造方法に関するものである。または、本発明の一態様は、プロセ  
 ス、マシン、マニファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関  
 するものである。そのため、より具体的に本明細書で開示する本発明の一態様の技術分野  
 としては、半導体装置、表示装置、液晶表示装置、発光装置、照明装置、蓄電装置、記憶  
 装置、撮像装置、それらの駆動方法、または、それらの製造方法、を一例として挙げるこ  
 とができる。

【背景技術】

【０００２】

有機化合物を用いたエレクトロルミネッセンス（ＥＬ：Electroluminescence）

ence)を利用する発光デバイス(有機ELデバイス)の実用化が進んでいる。これら有機ELデバイスの基本的な構成は、一対の電極間に発光材料を含む有機化合物層(EL層)を挟んだものである。このデバイスに電圧を印加して、キャリアを注入し、当該キャリアの再結合エネルギーを利用することにより、発光材料からの発光を得ることができる。

#### 【0003】

このような有機ELデバイスは自発光型であるためディスプレイの画素として用いると、液晶に比べ、視認性が高く、バックライトが不要である等の利点があり、フラットパネルディスプレイには特に好適である。また、このような有機ELデバイスを用いたディスプレイは、薄型軽量に作製できることも大きな利点である。さらに非常に応答速度が速いことも特徴の一つである。

10

#### 【0004】

また、これらの有機ELデバイスは発光層を平面状に連続して形成することが可能であるため、面状に発光を得ることができる。これは、白熱電球、LEDに代表される点光源、あるいは蛍光灯に代表される線光源では得難い特色であるため、照明等に応用できる面光源としての利用価値も高い。

#### 【0005】

このように有機ELデバイスを用いたディスプレイ、照明装置はさまざまな電子機器に好適であるが、より良好な特性を有する有機ELデバイスを求めて研究開発が進められている(例えば非特許文献1参照)。

20

#### 【先行技術文献】

#### 【非特許文献】

#### 【0006】

【非特許文献1】野口裕、他2名、"極性分子の配向分極現象と有機薄膜素子の界面特性"、Journal of the Vacuum Society of Japan、2015年、Vol.58、No.3

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0007】

本発明の一態様では、駆動電圧の低い有機半導体デバイスを提供することを目的とする。または本発明の一態様では、駆動電圧の低い有機ELデバイスを提供することを目的とする。または、本発明の一態様では、駆動電圧の低いフォトダイオードセンサを提供することを目的とする。または、本発明の一態様では、消費電力の小さい発光装置、電子機器、表示装置、または電子デバイスのいずれかを提供することを目的とする。

30

#### 【0008】

本発明は上述の課題のうちいずれか一を解決すればよいものとする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0009】

本発明の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と、前記陰極との間に位置する有機化合物を含む層と、を有し、前記有機化合物を含む層は、正孔輸送領域を有し、前記正孔輸送領域は、第1の層と、第2の層と、を有し、前記第1の層は、前記陽極と前記第2の層との間に位置し、蒸着膜の表面電位の電位勾配をGSP(mV/nm)とした場合、前記第1の層を構成する有機化合物のGSPから、前記第2の層を構成する有機化合物のGSPを引いた値が20(mV/nm)以下である有機半導体デバイスである。

40

#### 【0010】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と、前記陰極との間に位置する有機化合物を含む層と、を有し、前記有機化合物を含む層は、正孔輸送領域を有し、前記正孔輸送領域は、第1の層と、第2の層と、を有し、前記第1の層は、前記陽極と前記第2の層との間に位置し、蒸着膜の表面電位の電位勾配をGSP(mV/nm)とした場合、前記第1の層を構成する有機化合物のGSPから、前記第2の層を構成する有機化

50

物の G S P を引いた値が  $5 \text{ (mV/nm)}$  以下である有機半導体デバイスである。

【0011】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と、前記陰極との間に位置する有機化合物を含む層と、を有し、前記有機化合物を含む層は、正孔輸送領域を有し、前記正孔輸送領域は、第1の層と、第2の層と、を有し、前記第1の層は、前記陽極と前記第2の層との間に位置し、蒸着膜の表面電位の電位勾配を G S P ( $\text{mV/nm}$ ) とした場合、前記第1の層を構成する有機化合物の G S P から、前記第2の層を構成する有機化合物の G S P を引いた値が  $0 \text{ (mV/nm)}$  以下である有機半導体デバイスである。

【0012】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と、前記陰極との間に位置する有機化合物を含む層と、を有し、前記有機化合物を含む層は、正孔輸送領域と、発光層と、を有し、前記正孔輸送領域は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、前記正孔輸送領域は、第1の層と、第2の層と、を有し、前記第1の層は、前記陽極と前記第2の層との間に位置し、蒸着膜の表面電位の電位勾配を G S P ( $\text{mV/nm}$ ) とした場合、前記第1の層を構成する有機化合物の G S P から、前記第2の層を構成する有機化合物の G S P を引いた値が  $20 \text{ (mV/nm)}$  以下である有機 E L デバイスである。

【0013】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と、前記陰極との間に位置する有機化合物を含む層と、を有し、前記有機化合物を含む層は、正孔輸送領域と、発光層と、を有し、前記正孔輸送領域は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、前記正孔輸送領域は、第1の層と、第2の層と、を有し、前記第1の層は、前記陽極と前記第2の層との間に位置し、蒸着膜の表面電位の電位勾配を G S P ( $\text{mV/nm}$ ) とした場合、前記第1の層を構成する有機化合物の G S P から、前記第2の層を構成する有機化合物の G S P を引いた値が  $5 \text{ (mV/nm)}$  以下である有機 E L デバイスである。

【0014】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と、前記陰極との間に位置する有機化合物を含む層と、を有し、前記有機化合物を含む層は、正孔輸送領域と、発光層と、を有し、前記正孔輸送領域は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、前記正孔輸送領域は、第1の層と、第2の層と、を有し、前記第1の層は、前記陽極と前記第2の層との間に位置し、蒸着膜の表面電位の電位勾配を G S P ( $\text{mV/nm}$ ) とした場合、前記第1の層を構成する有機化合物の G S P から、前記第2の層を構成する有機化合物の G S P を引いた値が  $0 \text{ (mV/nm)}$  以下である有機 E L デバイスである。

【0015】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、発光層と第2の層とが接している有機 E L デバイスである。

【0016】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と、前記陰極との間に位置する有機化合物を含む層と、を有し、前記有機化合物を含む層は、活性層と、正孔輸送領域を有し、前記正孔輸送領域は、前記活性層と前記陰極との間に位置し、前記正孔輸送領域は、第1の層と、第2の層と、を有し、前記第1の層は、前記陽極と前記第2の層との間に位置し、蒸着膜の表面電位の電位勾配を G S P ( $\text{mV/nm}$ ) とした場合、前記第1の層を構成する有機化合物の G S P から、前記第2の層を構成する有機化合物の G S P を引いた値が  $20 \text{ (mV/nm)}$  以下であるフォトダイオードセンサである。

【0017】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と、前記陰極との間に位置する有機化合物を含む層と、を有し、前記有機化合物を含む層は、活性層と、正孔輸送領域を有し、前記正孔輸送領域は、前記活性層と前記陰極との間に位置し、前記正孔輸送領域は、第1の層と、第2の層と、を有し、前記第1の層は、前記陽極と前記第2の層との間に位置し、蒸着膜の表面電位の電位勾配を G S P ( $\text{mV/nm}$ ) とした場合、前記第1の層を構成する有機化合物の G S P から、前記第2の層を構成する有機化合物の G S P を引

10

20

30

40

50

いた値が  $5 \text{ (mV/nm)}$  以下であるフォトダイオードセンサである。

【0018】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と、前記陰極との間に位置する有機化合物を含む層と、を有し、前記有機化合物を含む層は、活性層と、正孔輸送領域を有し、前記正孔輸送領域は、前記活性層と前記陰極との間に位置し、前記正孔輸送領域は、第1の層と、第2の層と、を有し、前記第1の層は、前記陽極と前記第2の層との間に位置し、蒸着膜の表面電位の電位勾配を  $GSP \text{ (mV/nm)}$  とした場合、前記第1の層を構成する有機化合物の  $GSP$  から、前記第2の層を構成する有機化合物の  $GSP$  を引いた値が  $0 \text{ (mV/nm)}$  以下であるフォトダイオードセンサである。

【0019】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、活性層と第1の層とが接しているフォトダイオードセンサである。

【0020】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、第1の層と第2の層とが接している有機半導体デバイス、有機ELデバイスまたはフォトダイオードセンサである。

【0021】

または、本発明の他の一態様は、上記いずれかに記載の有機半導体デバイス、有機ELデバイスまたはフォトダイオードセンサを備えた照明装置である。

【0022】

または、本発明の他の一態様は、上記いずれかに記載の有機半導体デバイス、有機ELデバイスまたはフォトダイオードセンサを備えた表示装置である。

【0023】

または、本発明の他の一態様は、上記いずれかに記載の有機半導体デバイス、有機ELデバイスまたはフォトダイオードセンサを備えた電子機器である。

【0024】

または、本発明の他の一態様は、上記いずれかに記載の有機ELデバイスにおいて、前記正孔輸送領域と前記発光層の端面が概略同一平面上にある有機ELデバイスである。

【0025】

または、本発明の他の一態様は、上記いずれかに記載の有機ELデバイスと、センサ、操作ボタン、スピーカ、または、マイクと、を有する電子機器である。

【0026】

または、本発明の他の一態様は、上記いずれかに記載の有機ELデバイスと、トランジスタ、または、基板と、を有する発光装置である。

【0027】

または、本発明の他の一態様は、上記いずれかに記載の有機ELデバイスと、筐体と、を有する照明装置である。

【0028】

なお、本明細書中における発光装置とは、発光デバイスを用いた画像表示デバイスを含む。また、発光デバイスにコネクタ、例えば異方導電性フィルム又はTCP (Tape Carrier Package) が取り付けられたモジュール、TCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、又は発光デバイスにCOG (Chip On Glass) 方式によりIC (集積回路) が直接実装されたモジュールも発光装置に含む場合がある。さらに、照明器具等は、発光装置を有する場合がある。

【発明の効果】

【0029】

本発明の一態様では、駆動電圧の低い有機半導体デバイスを提供することができる。または本発明の一態様では、駆動電圧の低い有機ELデバイスを提供することができる。または、本発明の一態様では、駆動電圧の低いフォトダイオードセンサを提供することができる。または、本発明の一態様では、消費電力の小さい発光装置、電子機器、表示装置、または電子デバイスのいずれかを提供することができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 0 】

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

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 3 1 】

【図 1】図 1 は、G S P と電流密度 - 電圧特性との関係を表す図である。

【図 2】図 2 は、デバイス 4 乃至デバイス 7 の容量 - 電圧特性を表す図である。

【図 3】図 3 は、デバイス 4 乃至デバイス 7 の電流密度 - 電圧特性を表す図である。

10

【図 4】図 4 ( A )、および図 4 ( B ) は、有機薄膜の分極について説明する図である。

【図 5】図 5 ( A ) は、本発明の一態様の有機半導体デバイス、図 5 ( B ) は本発明の一態様の有機 E L デバイス、図 5 ( C ) は本発明の一態様のフォトダイオードセンサを表す図である。

【図 6】図 6 は、デバイス 8 およびデバイス 9 の容量 - 電圧特性を表す図である。

【図 7】図 7 ( A )、図 7 ( B )、および図 7 ( C ) は有機 E L デバイスの概略図である。

【図 8】図 8 ( A ) および図 8 ( B ) はアクティブマトリクス型発光装置を表す図である。

【図 9】図 9 ( A ) および図 9 ( B ) はアクティブマトリクス型発光装置を表す図である。

20

【図 10】図 10 はアクティブマトリクス型発光装置を表す図である。

【図 11】図 11 ( A ) および図 11 ( B ) はパッシブマトリクス型発光装置を表す図である。

【図 12】図 12 ( A ) および図 12 ( B ) は照明装置を表す図である。

【図 13】図 13 ( A )、図 13 ( B 1 )、図 13 ( B 2 ) および図 13 ( C ) は電子機器を表す図である。

【図 14】図 14 ( A )、図 14 ( B ) および図 14 ( C ) は電子機器を表す図である。

【図 15】図 15 は照明装置を表す図である。

【図 16】図 16 は照明装置を表す図である。

30

【図 17】図 17 は車載表示装置及び照明装置を表す図である。

【図 18】図 18 ( A ) および図 18 ( B ) は電子機器を表す図である。

【図 19】図 19 ( A )、図 19 ( B ) および図 19 ( C ) は電子機器を表す図である。

【図 20】図 20 は、O E L デバイス 1 の輝度 - 電流密度特性を表す図である。

【図 21】図 21 は、O E L デバイス 1 の輝度 - 電圧特性を表す図である。

【図 22】図 22 は、O E L デバイス 1 の電流効率 - 輝度特性を表す図である。

【図 23】図 23 は、O E L デバイス 1 の電流密度 - 電圧特性を表す図である。

【図 24】図 24 は、O E L デバイス 1 の外部量子効率 - 輝度特性を表す図である。

【図 25】図 25 は、O E L デバイス 1 の発光スペクトルを表す図である。

【図 26】図 26 は、O E L デバイス 2 および比較 O E L デバイス 2 の輝度 - 電流密度特性を表す図である。

40

【図 27】図 27 は、O E L デバイス 2 および比較 O E L デバイス 2 の輝度 - 電圧特性を表す図である。

【図 28】図 28 は、O E L デバイス 2 および比較 O E L デバイス 2 の電流効率 - 輝度特性を表す図である。

【図 29】図 29 は、O E L デバイス 2 および比較 O E L デバイス 2 の電流密度 - 電圧特性を表す図である。

【図 30】図 30 は、O E L デバイス 2 および比較 O E L デバイス 2 の外部量子効率 - 輝度特性を表す図である。

【図 31】図 31 は、O E L デバイス 2 および比較 O E L デバイス 2 の発光スペクトルを

50



表す図である。

【図 3 2】図 3 2 は、O E L デバイス 3 - 1、O E L デバイス 3 - 2 および比較 O E L デバイス 3 の輝度 - 電流密度特性を表す図である。

【図 3 3】図 3 3 は、O E L デバイス 3 - 1、O E L デバイス 3 - 2 および比較 O E L デバイス 3 の輝度 - 電圧特性を表す図である。

【図 3 4】図 3 4 は、O E L デバイス 3 - 1、O E L デバイス 3 - 2 および比較 O E L デバイス 3 の電流効率 - 輝度特性を表す図である。

【図 3 5】図 3 5 は、O E L デバイス 3 - 1、O E L デバイス 3 - 2 および比較 O E L デバイス 3 の電流密度 - 電圧特性を表す図である。

【図 3 6】図 3 6 は、O E L デバイス 3 - 1、O E L デバイス 3 - 2 および比較 O E L デバイス 3 の外部量子効率 - 輝度特性を表す図である。 10

【図 3 7】図 3 7 は、O E L デバイス 3 - 1、O E L デバイス 3 - 2 および比較 O E L デバイス 3 の発光スペクトルを表す図である。

【図 3 8】図 3 8 は、O E L デバイス 4 の輝度 - 電流密度特性を表す図である。

【図 3 9】図 3 9 は、O E L デバイス 4 の輝度 - 電圧特性を表す図である。

【図 4 0】図 4 0 は、O E L デバイス 4 の電流効率 - 輝度特性を表す図である。

【図 4 1】図 4 1 は、O E L デバイス 4 の電流密度 - 電圧特性を表す図である。

【図 4 2】図 4 2 は、O E L デバイス 4 の外部量子効率 - 輝度特性を表す図である。

【図 4 3】図 4 3 は、O E L デバイス 4 の発光スペクトルを表す図である。

【図 4 4】図 4 4 は、O E L デバイス 5 - 1、O E L デバイス 5 - 2 および比較 O E L デバイス 5 の輝度 - 電流密度特性を表す図である。 20

【図 4 5】図 4 5 は、O E L デバイス 5 - 1、O E L デバイス 5 - 2 および比較 O E L デバイス 5 の輝度 - 電圧特性を表す図である。

【図 4 6】図 4 6 は、O E L デバイス 5 - 1、O E L デバイス 5 - 2 および比較 O E L デバイス 5 の電流効率 - 輝度特性を表す図である。

【図 4 7】図 4 7 は、O E L デバイス 5 - 1、O E L デバイス 5 - 2 および比較 O E L デバイス 5 の電流密度 - 電圧特性を表す図である。

【図 4 8】図 4 8 は、O E L デバイス 5 - 1、O E L デバイス 5 - 2 および比較 O E L デバイス 5 の外部量子効率 - 輝度特性を表す図である。

【図 4 9】図 4 9 は、O E L デバイス 5 - 1、O E L デバイス 5 - 2 および比較 O E L デバイス 5 のパワー効率 - 輝度特性を表す図である。 30

【図 5 0】図 5 0 は、O E L デバイス 5 - 1、O E L デバイス 5 - 2 および比較 O E L デバイス 5 の発光スペクトルを表す図である。

【図 5 1】図 5 1 は本発明の一態様の表示装置を表す図である。

【図 5 2】図 5 2 は本発明の一態様の表示装置の作製方法の例を表す図である。

【図 5 3】図 5 3 は本発明の一態様の表示装置の作製方法の例を表す図である。

【図 5 4】図 5 4 は本発明の一態様の表示装置の作製方法の例を表す図である。

【図 5 5】図 5 5 は本発明の一態様の表示装置の作製方法の例を表す図である。

【図 5 6】図 5 6 は本発明の一態様の表示装置を表す図である。

【図 5 7】図 5 7 は本発明の一態様の表示装置を表す図である。 40

【図 5 8】図 5 8 は本発明の一態様の表示装置を表す図である。

【図 5 9】図 5 9 は本発明の一態様の表示装置を表す図である。

【図 6 0】図 6 0 は本発明の一態様の表示装置を表す図である。

【発明を実施するための形態】

【0032】

以下、本発明の実施の態様について図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ること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。

【0033】

なお、本明細書等において、メタルマスク、またはFMM（ファインメタルマスク、高精度なメタルマスク）を用いて作製されるデバイスをMM（メタルマスク）構造のデバイスと呼称する場合がある。また、本明細書等において、メタルマスク、またはFMMを用いることなく作製されるデバイスをMML（メタルマスクレス）構造のデバイスと呼称する場合がある。

【0034】

（実施の形態1）

有機ELデバイスは、有機薄膜を用いた有機半導体デバイス的一种である。有機半導体デバイスとしては他にフォトダイオードセンサ、有機TFTなどが代表的である。

【0035】

このような有機半導体デバイスに用いられる有機薄膜の多くは、蒸着法により形成されている。成膜したい有機化合物に熱などのエネルギーを加えて昇華させる蒸着法により成膜された有機薄膜は、一部の結晶化しやすい材料の膜を除き長らく非晶質のアモルファスであり、ランダム配向であるとされてきた。

【0036】

しかし近年、多くの分光学的研究により、非晶質の有機薄膜においても緩い分子配向が存在する場合があります、デバイスの特性に影響を与えていることが知られるようになった。例えば、有機ELデバイスにおいて、発光物質の双極子モーメントが発光面に対して水平に配向しやすい物質は発光の取り出しが容易であり発光効率の高い発光素子を提供しやすいこと、配向による軌道の重ね合わせが起こりやすい物質は導電率が高い傾向にあること、などが知られている。

【0037】

ところで、有機化合物には極性分子と無極性分子が存在し、極性分子は永久双極子モーメントを有している。極性分子を蒸着した場合、蒸着膜がランダム配向であればこれら極性の偏りは相殺され膜内に分子の極性を由来とする分極は発生しない。しかし、当該蒸着膜が前述のように分子配向を有する場合、分極の偏りに由来する巨大表面電位（Giant Surface Potential）が現れることがある。

【0038】

巨大表面電位とは、蒸着膜の表面電位が膜厚に比例して増加する現象である。その大きさを膜厚に依存しない数値として扱うには、蒸着膜の表面電位を膜厚で割った値、すなわち蒸着膜の表面電位の電位勾配（傾き）を用いればよい。本明細書中では、この蒸着膜の表面電位の電位勾配をGSP（mV/nm）と記載する。

【0039】

巨大表面電位により蒸着膜の表面電位は、飽和することなく膜厚の増加に伴って一定の割合で増加する。例えば、トリス（8-キノリノラト）アルミニウム（略称：Alq3）の蒸着膜は、560nmの膜厚での表面電位が約28Vにも達する。

【0040】

巨大表面電位は、有機化合物の永久双極子モーメントが、膜厚方向にわずかに偏ることによる自発的配向分極現象として説明できる。Alq3は、永久双極子モーメントの配向が、膜厚方向に配向オーダーパラメータ（cosθ：θは膜の法線方向からの永久双極子モーメントの傾き角）で0.05と、わずかに配向した非晶質膜であるが、このわずかな配向が大きな分極を生み出し、GSPが発現する原因となっていると言われている。この配向分極により生じる電界強度は $5 \times 10^5$  V/cmにも達し、これは一般的な有機薄膜デバイスの駆動中の電界強度と同程度の大きさである。

【0041】

今回、本発明者らは、有機化合物の薄膜の積層構造を用いた有機半導体デバイス（有機ELデバイス、フォトダイオードセンサなど）において、ホールをキャリアとする層（正孔輸送層）が複数層接して設けられている場合、接して積層された2つの層各々のGSPの差（GSP（mV/nm））がホールの注入能力に関係し、デバイスの駆動電圧に大きな影響を与えることを見出した。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 2 】

図 1 に、ホールのみをキャリアとした有機半導体デバイス（デバイス 1 乃至デバイス 3）における、GSP と電流密度 - 電圧特性との関係を検証した結果を示す。また、デバイス 1 乃至デバイス 3 のデバイス構造、用いた材料、各々の GSP および GSP をまとめた表を以下に示す。

## 【 0 0 4 3 】

なお、デバイス 1 乃至デバイス 3 における「接して積層された 2 つの層」とは、下記表における層 2 および層 3 に相当する。

## 【 0 0 4 4 】

【表 1】

|    | 膜厚    | デバイス1                               | デバイス2                                   | デバイス3                                |
|----|-------|-------------------------------------|---|--------------------------------------|
| 陰極 | 200nm | Al                                  |   |                                      |
| 層4 | 5nm   | 酸化モリブデン                             |   |                                      |
| 層3 | 40nm  | HTM-1                               |   |                                      |
| 層2 | 80nm  | mmtBuBioFBi                         | mmtBumTPoFBi-02                         | mmtBumBioFBi                         |
| 層1 | 10nm  | mmtBuBioFBi:<br>OCHD-003<br>(1:0.2) | mmtBumTPoFBi-02<br>:OCHD-003<br>(1:0.1) | mmtBumBioFBi<br>:OCHD-003<br>(1:0.1) |
| 陽極 | 70nm  | ITSO                                |   |                                      |

10

20

## 【 0 0 4 5 】

【表 2】

|                         | デバイス1       | デバイス2           | デバイス3        |
|-------------------------|-------------|-----------------|--------------|
| 層3(HTM2)                | HTM-1       |                 |              |
| GSP2<br>(mV/nm)         | 13.3        |                 |              |
| 層2(HTM1)                | mmtBuBioFBi | mmtBumTPoFBi-02 | mmtBumBioFBi |
| GSP1<br>(mV/nm)         | 25.5        | 32.8            | 40.6         |
| $\Delta$ GSP<br>(mV/nm) | 12.2        | 19.5            | 27.3         |

30

## 【 0 0 4 6 】

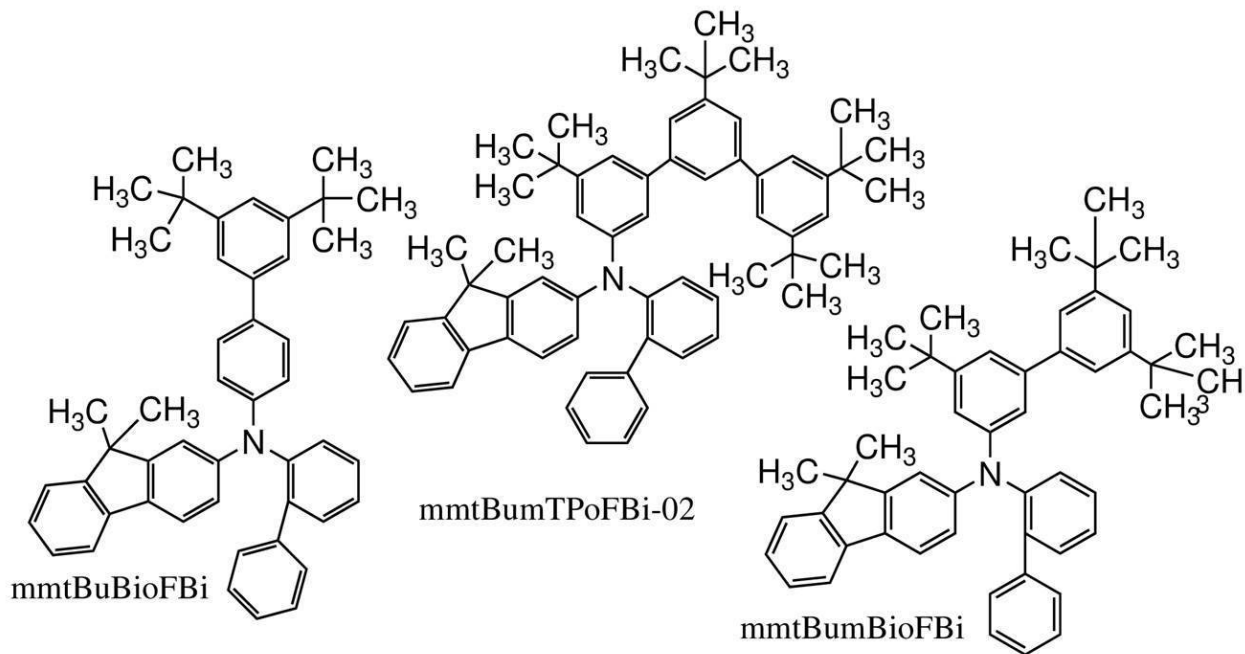
表中、ITSO は酸化珪素を含むインジウム錫酸化物であり、OCHD-003 は分子量 672 でフッ素を含む電子アクセプタ材料、HTM-1 は正孔輸送性の有機化合物、Al はアルミニウムである。また、mmtBuBioFBi、mmtBumTPoFBi-02、および mmtBumBioFBi の分子構造を以下に示す。なお、層 1 から陰極は陽極側から真空蒸着法により形成した。

40

## 【 0 0 4 7 】

50

## 【化 1】



## 【0048】

図 1 に示すように、GSP の小さいデバイスほど電流密度 - 電圧特性が 0 V に近い電圧で立ち上がってきており、ホール注入性が良好であることがわかる。また、本発明者らは同時に、GSP が 20 (mV/nm) 以下であることで、有機半導体デバイスにおいて十分に良好なホール注入性を得られることも見出した。

## 【0049】

すなわち、本発明の一態様は、接して積層された少なくとも 2 つの層（第 1 の正孔輸送層、第 2 の正孔輸送層）を有する有機半導体デバイスにおいて、第 1 の正孔輸送層側から第 2 の正孔輸送層側に向かってホールが流れる場合、第 1 の正孔輸送層を構成する有機化合物の GSP (GSP1) と、第 2 の正孔輸送層を構成する有機化合物の GSP (GSP2) の差 GSP (GSP1 - GSP2) が 20 (mV/nm) 以下である有機半導体デバイスである。

## 【0050】

このような構成を有する有機半導体デバイスは、ホールの注入が容易であり、駆動電圧の低い有機半導体デバイスとすることが可能となる。

## 【0051】

なお、GSP は、第 1 の正孔輸送層または第 2 の正孔輸送層の膜厚が厚い場合、より小さいことが好ましい。具体的には、第 1 の正孔輸送層が 80 nm 以上 160 nm 以下である場合 15 (mV/nm) 以下であることが好ましく、第 2 の正孔輸送層が 20 nm 以上 140 nm 以下である場合、10 (mV/nm) 以下であることが好ましい。

## 【0052】

また、膜厚に関係なく、GSP は 5 (mV/nm) 以下であることがより好ましく、さらに好ましくは 0 (mV/nm) 以下であり、GSP が負となる構成が最も好ましい。

## 【0053】

次に、デバイス 4 乃至デバイス 7 の容量 - 電圧特性を測定した結果（図 2）、電流密度 - 電圧特性を測定した結果（図 3）および図 4 を参照しながら、蒸着膜の分極および GSP がホールの注入性に与える影響について説明する。

## 【0054】

デバイス 4 乃至デバイス 7 のデバイス構造およびデバイス 5 およびデバイス 6 に用いた有機化合物の GSP、GSP を下表に示した。なお、デバイス 4 乃至デバイス 7 における「接して積層された 2 つの層」とは、下記表における層 2 および層 3 に相当する。なお、

デバイス 4 とデバイス 7 は層 2 と層 3 が同じ材料で構成されていることから、GSP は 0 である。

【 0 0 5 5 】

【 表 3 】

|    | 膜厚    | デバイス4                   | デバイス5 | デバイス6                   | デバイス7 |
|----|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|
| 陰極 | 200nm | Al                      |       |                         |       |
| 層5 | 1nm   | LiF                     |       |                         |       |
| 層4 | 80nm  | Alq <sub>3</sub>        |       |                         |       |
| 層3 | 40nm  | *1                      | *2    | *1                      | *2    |
| 層2 | 40nm  | *1                      |       | *2                      |       |
| 層1 | 10nm  | *1: OCHD-003<br>(1:0.2) |       | *2: OCHD-003<br>(1:0.2) |       |
| 陽極 | 70nm  | ITSO                    |       |                         |       |

\*1:mmtBumTPoFBi-02, \*2:HTM-1

10

【 0 0 5 6 】

【 表 4 】

|                  | デバイス5           | デバイス6           |
|------------------|-----------------|-----------------|
| 層3<br>(HTM2)     | HTM-1           | mmtBumTPoFBi-02 |
| GSP2<br>(mV/nm)  | 13.3            | 32.8            |
| 層2<br>(HTM1)     | mmtBumTPoFBi-02 | HTM-1           |
| GSP1<br>(mV/nm)  | 32.8            | 13.3            |
| Δ GSP<br>(mV/nm) | 19.5            | -19.5           |

20

30

【 0 0 5 7 】

図 2 の容量 - 電圧特性より、デバイス 4 とデバイス 7 は各々同一材料で構成される層 2 及び層 3 にまずホールが注入し、閾値電圧である 2 V 付近まで層 4 に電荷が蓄積していることが分かる。デバイス 4 とデバイス 7 のホール注入電圧は層 2 (層 3) の自発分極の大きさ (GSP) により決まる。

【 0 0 5 8 】

デバイス 5 は閾値電圧を過ぎても容量変化がほとんどなく、ホールが注入しにくいことが容量 - 電圧特性 (図 2) から分かる。また電流密度 - 電圧特性においてもデバイス 5 は、デバイス 4、デバイス 6 およびデバイス 7 と比較して電流を流しにくいことが見て取れる (図 3)。

40

【 0 0 5 9 】

一方、デバイス 6 ではまず層 2 に、続いて層 3 に、と二段階でホールが注入し、閾値電圧付近では層 4 に電荷が蓄積している様子が容量 - 電圧特性 (図 2) から分かる。

【 0 0 6 0 】

デバイス 5 とデバイス 6 は層 2 と層 3 の GSP の大小関係が逆であり、層 2 を構成する有機化合物と層 3 を構成する有機化合物の GSP の差 (層 2 - 層 3) (GSP) が負であるデバイス 6 の方がホール注入に有利であり、すなわち GSP が小さい方がホール注入

50

に優れていると言える（図４）。

【００６１】

このように、有機半導体デバイスでは、接して積層された正孔輸送層を構成する有機化合物のGSPの関係が正孔の注入性に大きな影響を与え、適切な組み合わせを選択することによって、より良好な特性を有する有機半導体デバイスを容易に得ることができるようになる。

【００６２】

有機半導体デバイスの正孔輸送領域では、電極とのホール授受を考慮すると、活性層または発光層との間で異なるHOMO準位を有する有機化合物からなる層にホールを順次注入してゆく必要がある。当然、各層間におけるHOMO準位の差が大きすぎると駆動電圧が高くなってしまいうため、電極と活性層（発光層）の間にはそれらのHOMO準位の間に位置するようなHOMO準位を有する有機化合物からなる層を配置することでHOMO準位の差を緩和している。しかし、HOMO準位の差がさほど大きくない層同士であっても、用いる有機化合物の組み合わせによっては大きく駆動電圧が上がってしまう場合があった。これまでそれを回避するための指針はなく、材料同士の相性として片づけられて来た。本発明の構成を適用することで、そのようなミスマッチを解消し、容易に特性の良好な有機半導体デバイスを得ることができるようになる。

10

【００６３】

続いて、本発明の一態様の有機半導体デバイスの構成について説明する。図５（Ａ）に、本発明の一態様の有機半導体デバイスの模式図を示した。本発明の一態様の有機半導体デバイスは、陽極１０および陰極３０の間に、有機化合物を含む層５０が設けられており、有機化合物を含む層５０は少なくとも第１の正孔輸送層２１と第２の正孔輸送層２２とを有している。ホールは、第１の正孔輸送層側から第２の正孔輸送層側へと流れる構成となっており、本発明の一態様の有機半導体デバイスは、第１の正孔輸送層２１を構成する有機化合物のGSP（GSP１）と第２の正孔輸送層２２を構成する有機化合物のGSP（GSP２）との差  $GSP(GSP1 - GSP2)$  が  $20(mV/nm)$  以下の有機半導体デバイスである。GSPが  $20(mV/nm)$  以下であることによって、本発明の一態様の有機半導体デバイスはホールの注入性が良好なデバイスとすることが可能となり、駆動電圧の小さい有機半導体デバイスとすることが容易となる。なお、GSPは  $5(mV/nm)$  以下であることがより好ましく、  $0(mV/nm)$  以下であることがさらに好ましい。

20

30

【００６４】

有機半導体デバイスとしては、有機TFT、有機ELデバイス、フォトダイオードセンサなど様々なデバイスが存在するが、本発明の一態様は、正孔輸送層の積層を有するどのような有機半導体デバイスにも適用することが可能である。

【００６５】

有機半導体デバイスの例として、図５（Ｂ）に有機ELデバイス、図５（Ｃ）にフォトダイオードセンサへそれぞれ本発明を適用した図を示す。

【００６６】

図５（Ｂ）に示した本発明の一態様の有機ELデバイスでは、陽極１０および陰極３０との間に、EL層５１（有機化合物を含む層５０に相当）が設けられており、EL層５１は、少なくとも正孔輸送層（第１の正孔輸送層２１、第２の正孔輸送層２２）および発光層４０を有している。第１の正孔輸送層２１は第２の正孔輸送層２２よりも陽極１０側に設けられており、第１の正孔輸送層２１と第２の正孔輸送層２２とは接して重なっている。また、発光層４０は第２の正孔輸送層２２と陰極３０との間に位置しており、発光層４０と第２の正孔輸送層２２は接していることが好ましい。

40

【００６７】

図５（Ｂ）に示した有機ELデバイスでは、陽極１０と発光層４０との間が、キャリアをホールとする正孔輸送領域であり、陽極１０側に第１の正孔輸送層２１、発光層４０側に第２の正孔輸送層２２が位置しているため、キャリアであるホールは第１の正孔輸送層２

50

1 から第 2 の正孔輸送層 2 2 に向かう方向に流れる。なお、第 1 の正孔輸送層 2 1 と陽極 1 0 との間には、陽極 1 0 からのホールの注入を容易とするために正孔注入層（図示せず）が設けられていても良い。

【0068】

発光層 4 0 と陰極 3 0 との間は、電子をキャリアとした電子輸送領域である。電子輸送領域の構成には特に限定はなく、電子をキャリアとして流すことができる層を形成すればよい。発光層 4 0 では、電子とホールが再結合することによって発生する再結合エネルギーにより発光物質が励起され発光が得られる。

【0069】

本発明の一態様の有機 EL デバイスは、GSP（第 1 の正孔輸送層 2 1 を構成する有機化合物の GSP（GSP 1）- 第 2 の正孔輸送層 2 2 を構成する有機化合物の GSP（GSP 2））が 2 0（mV/nm）以下であることによって、ホールの注入性が良好となり、駆動電圧の小さい良好な特性を有する発光デバイスとすることができる。

【0070】

なお、GSP は、第 1 の正孔輸送層 2 1 または第 2 の正孔輸送層 2 2 の膜厚が厚い場合、より小さいことが好ましい。すなわち GSP は、第 1 の正孔輸送層が 8 0 nm 以上 1 6 0 nm 以下である場合、1 5（mV/nm）以下であることが好ましく、第 2 の正孔輸送層が 2 0 nm 以上 1 4 0 nm 以下である場合、1 0（mV/nm）以下であることが好ましい。

【0071】

なお、正孔輸送層 2 0 の膜厚に関係なく、GSP は 5（mV/nm）以下であることがより好ましく、さらに好ましくは 0（mV/nm）以下である。

【0072】

また、図 5（B）で表される本発明の一態様の有機 EL デバイスにおいては、第 1 の正孔輸送層 2 1 を構成する有機化合物は、アルキル基を有する芳香族アミンであることが第 1 の正孔輸送層 2 1 の屈折率を低下させることができ、光の取り出し効率を向上させることができるため好ましい。これにより、当該有機 EL デバイスは発光効率の良好な有機 EL デバイスとすることが可能である。

【0073】

また、第 1 の正孔輸送層 2 1 を構成する有機化合物は、フルオレン骨格、またはスピロフルオレン骨格を有する有機化合物であることが好ましい。なお、フルオレニルアミンは HOMO 準位を上昇させる効果があるため、第 1 の正孔輸送層 2 1 を構成する有機化合物がフルオレン骨格を有する芳香族アミンである場合、当該アミンの窒素に 3 つのフルオレンが結合すると、HOMO 準位が大きく上昇する可能性がある。この場合、周辺材料の HOMO 準位との差が大きくなり、駆動電圧や信頼性等に影響を及ぼす可能性がある。したがって、第 1 の正孔輸送層 2 1 を構成する有機化合物がフルオレン骨格を有する芳香族アミンである場合、当該アミンの窒素に結合するフルオレン骨格は一または二であることがさらに好ましい。

【0074】

また、第 1 の正孔輸送層 2 1 を構成する有機化合物は、カルバゾール骨格を有する有機化合物であることが好ましい。

【0075】

また、第 1 の正孔輸送層 2 1 を構成する有機化合物は、HOMO 準位が - 5 . 4 5 eV から - 5 . 2 0 eV の範囲の有機化合物であることが、正孔注入層や陽極 1 0 からのホール注入性が良好となるため好ましい。これにより当該有機 EL デバイスは低電圧で駆動することが可能である。

【0076】

また、第 2 の正孔輸送層 2 2 を構成する有機化合物は、アルキル基を有する芳香族アミンであることが第 2 の正孔輸送層 2 2 の屈折率を低下させることができ、光の取り出し効率を向上させることができるため好ましい。これにより、当該有機 EL デバイスは発光効率

10

20

30

40

50

の良好な有機ELデバイスとすることが可能である。

【0077】

また、第2の正孔輸送層22を構成する有機化合物は、ジベンゾフラン骨格、またはジベンゾチオフェン骨格を有する有機化合物であることが好ましい。

【0078】

また、有機半導体デバイスは、第1の正孔輸送層21のHOMO準位(HOMO1)と第2の正孔輸送層22のHOMO準位(HOMO2)との差HOMO(HOMO1-HOMO2)が $-0.3\text{ eV}$ 以上 $0.3\text{ eV}$ 以下、より好ましくは $-0.2\text{ eV}$ 以上 $0.2\text{ eV}$ 以下となる事が、第1の正孔輸送層21から第2の正孔輸送層22への正孔注入性が良好となるため好ましい。これにより当該有機ELデバイスは低電圧で駆動することが可能である。

10

【0079】

また、有機半導体デバイスにおけるGSPおよびHOMOは、いずれも第1の正孔輸送層21と第2の正孔輸送層22への正孔注入性を良好にするパラメーターであることから、GSPが低い際にはHOMOの範囲がより広い領域においても低い駆動電圧を示し、HOMOの範囲が狭い場合は、GSPの値がより高い値においても、低い駆動電圧を示す。したがって、GSPが0以下の構成において、HOMOは $-0.6\text{ eV}$ 以上、 $0.6\text{ eV}$ 以下が好ましい。HOMOの範囲が、 $-0.2\text{ eV}$ 以上、 $0.2\text{ eV}$ 以下の構成においては、GSPは20以下が好ましい。

【0080】

20

図5(C)に示した本発明の一態様のフォトダイオードセンサでは、陽極10および陰極30との間に、光電変換層52(有機化合物を含む層50に相当)が設けられており、有機化合物を含む層は、少なくとも第1の正孔輸送層21、第2の正孔輸送層22および活性層41を有している。第1の正孔輸送層21は第2の正孔輸送層22よりも陽極10側に設けられており、第1の正孔輸送層21と第2の正孔輸送層22とは接して重なっている。また、活性層41は第1の正孔輸送層21と陽極10との間に位置している。

【0081】

図5(C)に示したフォトダイオードセンサでは、陰極30と活性層41との間が、キャリアをホールとする正孔輸送領域であり、前述のように少なくとも第1の正孔輸送層21と第2の正孔輸送層22とを有する。第1の正孔輸送層21と第2の正孔輸送層22は接して積層されており、また、活性層41側に第1の正孔輸送層21、陰極30側に第2の正孔輸送層22が位置する。これにより、活性層41で発生したホールは第1の正孔輸送層21から第2の正孔輸送層22に向かう方向に流れる。

30

【0082】

活性層41と陽極10との間は、電子をキャリアとした電子輸送領域である。電子輸送領域の構成には特に限定はなく、電子をキャリアとして流すことができる層を形成すればよい。

【0083】

活性層41では、光が照射されることによって電子とホールが発生し、発生した電子とホールは、電圧の向きに従って電子が陽極10側、ホールが陰極30側に向かって流れる。

40

【0084】

本発明の一態様のフォトダイオードセンサは、GSP(第1の正孔輸送層21を構成する有機化合物のGSP(GSP1)-第2の正孔輸送層22を構成する有機化合物のGSP(GSP2))が $20(\text{ mV/nm})$ 以下であることによって、ホールの注入性が良好となり、損失の小さい良好な特性を有するフォトダイオードセンサとすることができる。

【0085】

なお、GSPは、第1の正孔輸送層21または第2の正孔輸送層22の膜厚が厚い場合、より小さいことが好ましい。すなわちGSPは、第1の正孔輸送層が $80\text{ nm}$ 以上 $160\text{ nm}$ 以下である場合、 $15(\text{ mV/nm})$ 以下であることが好ましく、第2の正孔輸送層が $20\text{ nm}$ 以上 $140\text{ nm}$ 以下である場合、 $10(\text{ mV/nm})$ 以下であることが好

50



ましい。

【 0 0 8 6 】

なお、正孔輸送層 2 0 の膜厚に関係なく、G S P は 5 ( m V / n m ) 以下であることがより好ましく、さらに好ましくは 0 ( m V / n m ) 以下である。

【 0 0 8 7 】

ここで、有機化合物の G S P を求める方法について説明する。

【 0 0 8 8 】

蒸着膜の表面電位が膜厚に比例して増加する現象は、前述のように巨大表面電位と呼ばれる。一般にはケルビンプローブ測定による蒸着膜の表面電位を膜厚方向にプロットしたときの傾きが、巨大表面電位の大きさ、すなわち、G S P ( m V / n m ) として議論されているが、2つの異なる層が積層されている場合、その界面に蓄積する分極電荷密度 ( m C / m <sup>2</sup> ) が G S P と関連して変化することを利用して G S P を見積もることができる。

10

【 0 0 8 9 】

非特許文献 1 には、異なる自発分極を持つ有機薄膜 ( 薄膜 1 および薄膜 2。ただし薄膜 1 が陽極側、薄膜 2 が陰極側に位置する。 ) を積層させ電流を流した場合、下記の式が成り立つことが示されている。

【 0 0 9 0 】

【 数 1 】

$$\sigma_{if} = \frac{Q_{if}}{S} = (V_i - V_{bi}) \frac{\epsilon_2}{d_2} \cdots (1)$$

20

【 0 0 9 1 】

【 数 2 】

$$\sigma_{if} = P_1 - P_2 = \frac{\epsilon_1 V_1}{d_1} - \frac{\epsilon_2 V_2}{d_2} \cdots (2)$$

30

【 0 0 9 2 】

式 ( 1 ) において  $\sigma_{if}$  は分極電荷密度、 $V_i$  はホール注入電圧、 $V_{bi}$  は閾値電圧、 $d_2$  は薄膜 2 の膜厚、 $\epsilon_2$  は薄膜 2 の誘電率である。 $V_i$ 、 $V_{bi}$  はデバイスの容量 - 電圧特性から見積もることができる。また、誘電率は常光屈折率  $n_o$  ( 6 3 3 n m ) の二乗を用いることができる。このように、容量 - 電圧特性から見積もった  $V_i$ 、 $V_{bi}$  と、屈折率より算出した薄膜 2 の誘電率  $\epsilon_2$ 、および薄膜 2 の膜厚  $d_2$  より、式 ( 1 ) を用いて分極電荷密度  $\sigma_{if}$  を求めることができる。

【 0 0 9 3 】

続いて、式 ( 2 ) において、 $\sigma_{if}$  は分極電荷密度、 $P_n$  は薄膜  $n$  の G S P、 $\epsilon_n$  は薄膜  $n$  の誘電率である。ここで、上記式 ( 1 ) より分極電荷密度  $\sigma_{if}$  を求めることができるため、薄膜 2 として G S P が既知の物質を用いることで、薄膜 1 の G S P を見積もることができる。

40

【 0 0 9 4 】

そこで、薄膜 2 として G S P が ( 4 8 ( m V / n m ) ) と既知である A l q <sub>3</sub> を用い、測定用のデバイスとしてデバイス 8 とデバイス 9 を作製し、デバイス 8 では m m t B u m T P o F B i - 0 2、デバイス 9 では N P B の G S P を求めた例を以下に示す。

【 0 0 9 5 】

デバイス 8 およびデバイス 9 のデバイス構造は下表のとおりである。なお、デバイス 8 およびデバイス 9 の層 1 \_\_ 1 から陰極は、陽極側から真空蒸着法により、基板温度は室温、成膜レートは 0 . 2 n m / s e c から 0 . 4 n m / s e c の条件で形成した。なお、一つ

50

の層を形成する間は蒸着を止めることなく成膜を行った。デバイス 8 およびデバイス 9 においては、層 2 \_ 1 が薄膜 1、層 3 \_ 1 が薄膜 2 に相当する。

【 0 0 9 6 】

また、デバイス 8 およびデバイス 9 の容量 - 電圧特性を図 6 に示す。

【 0 0 9 7 】

【表 5】

|      | 膜厚    | デバイス8                                   | デバイス9                   |
|------|-------|---|-------------------------|
| 陰極   | 200nm | Al                                      |                         |
| 層4_1 | 1nm   | LiF                                     |                         |
| 層3_1 | 60nm  | Alq <sub>3</sub>                        |                         |
| 層2_1 | 80nm  | mmtBumTPoFBi-02                         | NPB                     |
| 層1_1 | 10nm  | mmtBumTPoFBi-02:<br>OCHD-003<br>(1:0.1) | NPB:OCHD-003<br>(1:0.1) |
| 陽極   | 70nm  | ITSO                                    |                         |

10

【 0 0 9 8 】

表 6 に、図 6 および式 ( 1 )、式 ( 2 ) を用いて求めた、デバイス 8 ( m m t B u m T P o F B i - 0 2 ) およびデバイス 9 ( N P B ) のホール注入電圧  $V_i$ 、閾値電圧  $V_{bi}$ 、分極電荷密度  $i_f$ 、GSP と、計算に用いた各材料の屈折率  $n_o$  を示す。なお、屈折率の測定は分光エリブソメーター ( ジェー・エー・ウーラム・ジャパン社製 M - 2 0 0 0 U ) を用いて行った。

20

【 0 0 9 9 】

【表 6】

|  | デバイス8<br>(mmtBumTPoFBi-02) | デバイス9<br>(NPB) |
|--|----------------------------|----------------|
| ホール注入電圧 $V_i$<br>(V)                         | 0.94                       | -0.53          |
| 閾値電圧 $V_{bi}$<br>(V)                         | 2.02                       | 2.02           |
| 分極電荷密度 $\sigma_{if}$<br>(mC/m <sup>2</sup> ) | -0.47                      | -1.1           |
| 常光屈折率 $n_o$<br>(@633nm)                      | 1.64                       | 1.77           |
| GSP<br>(mV/nm)                               | 32.6                       | 5.2            |

30

40

【 0 1 0 0 】

なお、デバイス 8、デバイス 9 とほぼ同じ構成を有し、A l q<sub>3</sub> の膜厚のみ 8 0 n m であるデバイス 1 0、デバイス 1 1 を作製し、各々ホール注入電圧がデバイス 8、デバイス 9 よりも低電圧シフトすることを確認している。つまり、このようなデバイスにおいては、ホールが先に注入し、A l q<sub>3</sub> との界面に分極電荷が蓄積していることが示唆される。また、デバイス 1 0、デバイス 1 1 を用いて、デバイス 8、デバイス 9 と同様に G S P の見積もりを行い、同じ結果になることを確認した。

【 0 1 0 1 】

50

このように、GSPが既知であるAlq<sub>3</sub>と、GSPを求めたい有機化合物を積層したデバイスを作製し、容量 - 電圧特性を測定することで、GSPを見積もることができる。

#### 【0102】

なお、薄膜1または薄膜2に複数の有機化合物が含まれる場合、主として含まれる（例えば最も多く含まれる）有機化合物のGSPを「層を構成する有機化合物のGSP」とみなすことができる。あるいは、薄膜1または薄膜2に複数の有機化合物が含まれる場合、各々の有機化合物のGSPと含有率を算出し、その加重平均（GSP<sub>ave</sub>）を「層を構成する有機化合物のGSP」と定義しても良い。

#### 【0103】

（実施の形態2）

本実施の形態では、本発明の一態様の有機ELデバイスについて詳しく説明する。図7（A）に、本発明の一態様の有機ELデバイスを表す図を示す。本発明の一態様の有機ELデバイスは、陽極101、陰極102の間にEL層103を有している。EL層103は、発光層113と、少なくとも第1の正孔輸送層112-1と第2の正孔輸送層112-2を含む正孔輸送層112を有している。発光層113と陽極101との間の領域は、ホールをキャリアとする正孔輸送領域、発光層113と陰極102との間の領域は電子をキャリアとする電子輸送領域である。

#### 【0104】

第1の正孔輸送層112-1と第2の正孔輸送層112-2は、陽極101側からこの順に接して形成されている。また、第2の正孔輸送層112-2は発光層113と接していることが好ましい。この場合第2の正孔輸送層112-2は電子ブロック層としても機能する場合がある。正孔輸送層112は第1の正孔輸送層112-1、第2の正孔輸送層112-2の他に第3、第4の正孔輸送層を含んでも良い。

#### 【0105】

正孔輸送層112と陽極101の間には正孔注入層111を設けても良い。なお、図7（A）にはこれらに加えて電子輸送層114、電子注入層115が図示されているが、有機ELデバイスの構成はこれらに限られることはなく、キャリアブロック層、励起子ブロック層、電荷発生層等のその他の機能層を有していてもよい。

#### 【0106】

続いて、上述の有機ELデバイスの詳細な構造および材料の例について説明する。

#### 【0107】

陽極101は、仕事関数の大きい（具体的には4.0 eV以上）金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物などを用いて形成することが好ましい。具体的には、例えば、酸化インジウム - 酸化スズ（ITO：Indium Tin Oxide）、ケイ素若しくは酸化ケイ素を含有した酸化インジウム - 酸化スズ、酸化インジウム - 酸化亜鉛、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム（IWZO）等が挙げられる。これらの導電性金属酸化物膜は、通常スパッタリング法により成膜されるが、ゾル - ゲル法などを応用して作製しても構わない。作製方法の例としては、酸化インジウム - 酸化亜鉛は、酸化インジウムに対し1～20 wt %の酸化亜鉛を加えたターゲットを用いてスパッタリング法により形成する方法などがある。また、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム（IWZO）は、酸化インジウムに対し酸化タングステンを0.5～5 wt %、酸化亜鉛を0.1～1 wt %含有したターゲットを用いてスパッタリング法により形成することもできる。その他、金（Au）、白金（Pt）、ニッケル（Ni）、タングステン（W）、クロム（Cr）、モリブデン（Mo）、鉄（Fe）、コバルト（Co）、銅（Cu）、パラジウム（Pd）、または金属材料の窒化物（例えば、窒化チタン）等が挙げられる。グラフェンも用いることができる。なお、後述する複合材料をEL層103における陽極101と接する層に用いることで、仕事関数に関わらず、電極材料を選択することができるようになる。

#### 【0108】

正孔注入層111は、アクセプタ性を有する物質を含む層である。アクセプタ性を有する

10

20




30

40

50

物質としては、有機化合物と無機化合物のいずれも用いることが可能である。

#### 【0109】

アクセプタ性を有する物質としては、電子吸引基（ハロゲン基、シアノ基など）を有する化合物を用いることができ、7, 7, 8, 8-テトラシアノ-2, 3, 5, 6-テトラフルオロキノジメタン（略称：F<sub>4</sub>-TCNQ）、クロラニル、2, 3, 6, 7, 10, 11-ヘキサシアノ-1, 4, 5, 8, 9, 12-ヘキサアザトリフェニレン（略称：HAT-CN）、1, 3, 4, 5, 7, 8-ヘキサフルオロテトラシアノ-ナフトキノジメタン（略称：F<sub>6</sub>-TCNNQ）、2-（7-ジシアノメチレン-1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10-オクタフルオロ-7H-ピレン-2-イリデン）マロノニトリル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、シアノ基など）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、-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]、-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]、-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。アクセプタ性を有する物質としては以上で述べた有機化合物以外にも、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、マンガン酸化物等を用いることができる。この他、フタロシアニン（略称：H<sub>2</sub>Pc）、銅フタロシアニン（CuPc）等のフタロシアニン系の錯体化合物、4, 4'-ビス[N-（4-ジフェニルアミノフェニル）-N-フェニルアミノ]ビフェニル（略称：DPAB）、N, N'-ビス{4-[ビス（3-メチルフェニル）アミノ]フェニル}-N, N'-ジフェニル-（1, 1'-ビフェニル）-4, 4'-ジアミン（略称：DNTPD）等の芳香族アミン化合物、或いはポリ（3, 4-エチレンジオキシチオフエン）/ポリ（スチレンスルホン酸）（PEDOT/PSS）等の高分子等によっても正孔注入層111を形成することができる。アクセプタ性を有する物質は、隣接する正孔輸送層（あるいは正孔輸送材料）から、電界の印加により電子を引き抜くことができる。

#### 【0110】

また、正孔注入層111として、正孔輸送性を有する材料に上記アクセプタ性物質を含有させた複合材料を用いることもできる。なお、正孔輸送性を有する材料にアクセプタ性物質を含有させた複合材料を用いることにより、仕事関数に依らず電極を形成する材料を選ぶことができる。つまり、陽極101として仕事関数の大きい材料だけでなく、仕事関数の小さい材料も用いることができるようになる。

#### 【0111】

複合材料に用いる正孔輸送性を有する材料としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）など、種々の有機化合物を用いることができる。なお、複合材料に用いる正孔輸送性を有する材料としては、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。以下では、複合材料における正孔輸送性を有する材料として用いることのできる有機化合物を具体的に列挙する。

#### 【0112】

複合材料に用いることのできる芳香族アミン化合物としては、N, N'-ジ（p-トリル）-N, N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン（略称：DTDPPA）、4, 4'-ビス[N-（4-ジフェニルアミノフェニル）-N-フェニルアミノ]ビフェニル（略称：DPAB）、N, N'-ビス{4-[ビス（3-メチルフェニル）アミノ]フェニル}-N, N'-ジフェニル-（1, 1'-ビフェニル）-4, 4'-ジアミン（略称：DNTPD）、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）等を挙げることができる。カルバゾール誘導体とし

ては、具体的には、3 - [ N - ( 9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル ) - N - フェニルアミノ ] - 9 - フェニルカルバゾール ( 略称 : PCzPCA1 )、3, 6 - ビス [ N - ( 9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル ) - N - フェニルアミノ ] - 9 - フェニルカルバゾール ( 略称 : PCzPCA2 )、3 - [ N - ( 1 - ナフチル ) - N - ( 9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル ) アミノ ] - 9 - フェニルカルバゾール ( 略称 : PCzPCN1 )、4, 4' - ジ ( N - カルバゾリル ) ビフェニル ( 略称 : CBP )、1, 3, 5 - トリス [ 4 - ( N - カルバゾリル ) フェニル ] ベンゼン ( 略称 : TCPB )、9 - [ 4 - ( 10 - フェニルアントラセン - 9 - イル ) フェニル ] - 9H - カルバゾール ( 略称 : CzPA )、1, 4 - ビス [ 4 - ( N - カルバゾリル ) フェニル ] - 2, 3, 5, 6 - テトラフェニルベンゼン等を用いることができる。芳香族炭化水素としては、例えば、2 - tert - 10  
ブチル - 9, 10 - ジ ( 2 - ナフチル ) アントラセン ( 略称 : t - BuDNA )、2 - tert - ブチル - 9, 10 - ジ ( 1 - ナフチル ) アントラセン、9, 10 - ビス ( 3, 5 - ジフェニルフェニル ) アントラセン ( 略称 : DPPA )、2 - tert - ブチル - 9, 10 - ビス ( 4 - フェニルフェニル ) アントラセン ( 略称 : t - BuDBA )、9, 10 - ジ ( 2 - ナフチル ) アントラセン ( 略称 : DNA )、9, 10 - ジフェニルアントラセン ( 略称 : DPAnth )、2 - tert - ブチルアントラセン ( 略称 : t - BuAnth )、9, 10 - ビス ( 4 - メチル - 1 - ナフチル ) アントラセン ( 略称 : DMNA )、2 - tert - ブチル - 9, 10 - ビス [ 2 - ( 1 - ナフチル ) フェニル ] アントラセン、9, 10 - ビス [ 2 - ( 1 - ナフチル ) フェニル ] アントラセン、2, 3, 6, 7 - テトラメチル - 9, 10 - ジ ( 1 - ナフチル ) アントラセン、2, 3, 6, 7 - テトラメチル - 9, 10 - ジ ( 2 - ナフチル ) アントラセン、9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ジフェニル - 9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ビス ( 2 - フェニルフェニル ) - 9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ビス [ ( 2, 3, 4, 5, 6 - ペンタフェニル ) フェニル ] - 9, 9' - ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、2, 5, 8, 11 - テトラ ( tert - ブチル ) ペリレン等が挙げられる。また、この他、ペンタセン、コロネン等も用いることができる。ビニル骨格を有していてもよい。ビニル基を有している芳香族炭化水素としては、例えば、4, 4' - ビス ( 2, 2 - ジフェニルビニル ) ビフェニル ( 略称 : DPVBi )、9, 10 - ビス [ 4 - ( 2, 2 - ジフェニルビニル ) フェニル ] アントラセン ( 略称 : DPVPA ) 等が挙げられる。

#### 【0113】

また、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 ) 等の高分子化合物を用いることもできる。

#### 【0114】

複合材料に用いられる正孔輸送性を有する材料としては、カルバゾール骨格、ジベンゾフラン骨格、ジベンゾチオフエン骨格およびアントラセン骨格のいずれかを有していることがより好ましい。特に、ジベンゾフラン環またはジベンゾチオフエン環を含む置換基を有する芳香族アミン、ナフタレン環を有する芳香族モノアミン、または9 - フルオレニル基がアリーレン基を介してアミンの窒素に結合する芳香族モノアミンであっても良い。なお、これら正孔輸送性を有する材料が、N, N - ビス ( 4 - ビフェニル ) アミノ基を有する物質であると、寿命の良好な有機ELデバイスを作製することができるため好ましい。以上のような正孔輸送性を有する材料としては、具体的には、N - ( 4 - ビフェニル ) - 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 : BnfABP )、N, N - ビス ( 4 - ビフェニル ) - 6 - フェニルベンゾ [ b ] ナフト [ 1, 2 - d ] フラン - 8 - アミン ( 略称 : BBABnf )、4, 4' - ビス ( 6 - フェニルベンゾ [ b ] ナフト [ 1, 2 - d ] フラン - 8 - イル ) - 4' - フェニルトリフェニルアミン ( 略称 : BnfBB1BP )、N, N - ビス ( 4 - ビフェニル ) ベンゾ [ b ] ナフト [ 1 40  
50

, 2 - d ] フラン - 6 - アミン (略称: B B A B n f ( 6 ) )、N, N - ビス ( 4 - ビフェニル ) ベンゾ [ b ] ナフト [ 1 , 2 - d ] フラン - 8 - アミン (略称: B B A B n f ( 8 ) )、N, N - ビス ( 4 - ビフェニル ) ベンゾ [ b ] ナフト [ 2 , 3 - d ] フラン - 4 - アミン (略称: B B A B n f ( I I ) ( 4 ) )、N, N - ビス [ 4 - ( ジベンゾフラン - 4 - イル ) フェニル ] - 4 - アミノ - p - ターフェニル (略称: D B f B B 1 T P )、N - [ 4 - ( ジベンゾチオフエン - 4 - イル ) フェニル ] - N - フェニル - 4 - ビフェニルアミン (略称: T h B A 1 B P )、4 - ( 2 - ナフチル ) - 4 ' , 4 ' ' - ジフェニルトリフェニルアミン (略称: B B A N B )、4 - [ 4 - ( 2 - ナフチル ) フェニル ] - 4 ' , 4 ' ' - ジフェニルトリフェニルアミン (略称: B B A N B i )、4 , 4 ' - ジフェニル - 4 ' ' - ( 6 ; 1 ' - ビナフチル - 2 - イル ) トリフェニルアミン (略称: B B A N 10 N B )、4 , 4 ' - ジフェニル - 4 ' ' - ( 7 ; 1 ' - ビナフチル - 2 - イル ) トリフェニルアミン (略称: B B A N N B - 0 3 )、4 , 4 ' - ジフェニル - 4 ' ' - ( 7 - フェニル ) ナフチル - 2 - イルトリフェニルアミン (略称: B B A P N B - 0 3 )、4 , 4 ' - ジフェニル - 4 ' ' - ( 6 ; 2 ' - ビナフチル - 2 - イル ) トリフェニルアミン (略称: B B A ( N 2 ) B )、4 , 4 ' - ジフェニル - 4 ' ' - ( 7 ; 2 ' - ビナフチル - 2 - イル ) トリフェニルアミン (略称: B B A ( N 2 ) B - 0 3 )、4 , 4 ' - ジフェニル - 4 ' ' - ( 4 ; 2 ' - ビナフチル - 1 - イル ) トリフェニルアミン (略称: B B A N N B )、4 , 4 ' - ジフェニル - 4 ' ' - ( 5 ; 2 ' - ビナフチル - 1 - イル ) トリフェニルアミン (略称: B B A N N B - 0 2 )、4 - ( 4 - ビフェニル ) - 4 ' - ( 2 - ナフチル ) - 4 ' ' - フェニルトリフェニルアミン (略称: T P B i A N B )、4 - ( 3 - ビフェニル ) - 4 ' - [ 4 - ( 2 - ナフチル ) フェニル ] - 4 ' ' - フェニルトリフェニルアミン (略称: m T P B i A N B i )、4 - ( 4 - ビフェニル ) - 4 ' - [ 4 - ( 2 - ナフチル ) フェニル ] - 4 ' ' - フェニルトリフェニルアミン (略称: T P B i A N B i )、4 - フェニル - 4 ' - ( 1 - ナフチル ) トリフェニルアミン (略称: N B A 1 B P )、4 , 4 ' - ビス ( 1 - ナフチル ) トリフェニルアミン (略称: N B B 1 B P )、4 , 4 ' - ジフェニル - 4 ' ' - [ 4 ' - ( カルバゾール - 9 - イル ) ビフェニル - 4 - イル ] トリフェニルアミン (略称: Y G T B i 1 B P )、4 ' - [ 4 - ( 3 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 9 - イル ) フェニル ] トリス ( 1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル ) アミン (略称: Y G T B i 1 B P - 0 2 )、4 - ジフェニル - 4 ' - ( 2 - ナフチル ) - 4 ' ' - { 9 - ( 4 - ビフェニル ) カルバゾール } トリフェニルアミン (略称: Y G T B i N 30 B )、N - [ 4 - ( 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル ) フェニル ] - N - [ 4 - ( 1 - ナフチル ) フェニル ] - 9 , 9 ' - スピロビ ( 9 H - フルオレン ) - 2 - アミン (略称: P C B N B S F )、N, N - ビス ( 4 - ビフェニル ) - 9 , 9 ' - スピロビ [ 9 H - フルオレン ] - 2 - アミン (略称: B B A S F )、N, N - ビス ( 1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル ) - 9 , 9 ' - スピロビ [ 9 H - フルオレン ] - 4 - アミン (略称: B B A S F ( 4 ) )、N - ( 1 , 1 ' - ビフェニル - 2 - イル ) - N - ( 9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - イル ) - 9 , 9 ' - スピロビ ( 9 H - フルオレン ) - 4 - アミン (略称: o F B i S F )、N - ( 4 - ビフェニル ) - N - ( ジベンゾフラン - 4 - イル ) - 9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - アミン (略称: F r B i F )、N - [ 4 - ( 1 - ナフチル ) フェニル ] - N - [ 3 - ( 6 - フェニルジベンゾフラン - 4 - イル ) フェニル ] - 1 - ナフチルアミン (略称: m P D B f B N B N )、4 - フェニル - 4 ' - ( 9 - フェニルフルオレン - 9 - イル ) トリフェニルアミン (略称: B P A F L P )、4 - フェニル - 3 ' - ( 9 - フェニルフルオレン - 9 - イル ) トリフェニルアミン (略称: m B P A F L P )、4 - フェニル - 4 ' - [ 4 - ( 9 - フェニルフルオレン - 9 - イル ) フェニル ] トリフェニルアミン (略称: B P A F L B i )、4 - フェニル - 4 ' - ( 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル ) トリフェニルアミン (略称: P C B A 1 B P )、4 , 4 ' - ジフェニル - 4 ' ' - ( 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル ) トリフェニルアミン (略称: P C B B i 1 B P )、4 - ( 1 - ナフチル ) - 4 ' - ( 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル ) トリフェニルアミン (略称: P C B A N B )、4 , 4 ' - ジ ( 1 - ナフチル ) - 4 ' ' - ( 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イ 50

ル)トリフェニルアミン(略称:PCBNBB)、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)、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)、N,N-ビス(9,9'-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9,9'-スピロビ-9H-フルオレン-4-アミン、N,N-ビス(9,9'-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9,9'-スピロビ-9H-フルオレン-3-アミン、N,N-ビス(9,9'-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9,9'-スピロビ-9H-フルオレン-2-アミン、N,N-ビス(9,9'-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9,9'-スピロビ-9H-フルオレン-1-アミン等を挙げることができる。

10

#### 【0115】

なお、複合材料に用いられる正孔輸送性を有する材料はそのHOMO準位が $-5.7\text{ eV}$ 以上 $-5.4\text{ eV}$ 以下の比較的深いHOMO準位を有する物質であることがさらに好ましい。複合材料に用いられる正孔輸送性を有する材料が比較的深いHOMO準位を有することによって、正孔輸送層112への正孔の注入が容易となり、また、寿命の良好な有機ELデバイスを得ることが容易となる。

#### 【0116】

なお、上記複合材料にさらにアルカリ金属又はアルカリ土類金属のフッ化物を混合(好ましくは当該層中のフッ素原子の原子比率が20%以上)することによって、当該層の屈折率を低下させることができる。これによっても、EL層103内部に屈折率の低い層を形成することができ、有機ELデバイスの外部量子効率を向上させることができる。

20

#### 【0117】

正孔注入層111を形成することによって、正孔の注入性が良好となり、駆動電圧の小さい有機ELデバイスを得ることができる。また、アクセプタ性を有する有機化合物は蒸着が容易で成膜がしやすいため、使いやすい材料である。

#### 【0118】

正孔輸送層112は、正孔輸送性を有する材料を含んで形成される。正孔輸送性を有する材料としては、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有していることが好ましい。本発明の一態様の有機ELデバイスでは、少なくとも第1の正孔輸送層112-1と第2の正孔輸送層112-2とが接して積層されている。なお、第1の正孔輸送層112-1が陽極101側に位置している。

30

#### 【0119】

また、本発明の一態様の有機ELデバイスにおいて、各々の層を構成する材料は、第1の正孔輸送層112-1を構成する有機化合物の蒸着膜のGSP(GSP1)と、第2の正孔輸送層112-2を構成する有機化合物の蒸着膜のGSP(GSP2)との差GSP(GSP1-GSP2)が $20(\text{ mV} / \text{ nm})$ 以下となるように選択する。

#### 【0120】

なお、GSPは、第1の正孔輸送層112-1または第2の正孔輸送層112-2の膜厚が厚い場合、より小さいことが好ましく、第1の正孔輸送層が $80\text{ nm}$ 以上 $160\text{ nm}$ 以下である場合 $15(\text{ mV} / \text{ nm})$ 以下であることが好ましく、第2の正孔輸送層が $20\text{ nm}$ 以上 $140\text{ nm}$ 以下である場合、 $10(\text{ mV} / \text{ nm})$ 以下であることが好ましい。

40

#### 【0121】

また、膜厚に関係なく、GSPは $5(\text{ mV} / \text{ nm})$ 以下であることがより好ましく、さらに好ましくは $0(\text{ mV} / \text{ nm})$ 以下である。

#### 【0122】

このような構成を有する有機半導体デバイスは、ホールの注入が容易であり、駆動電圧の低い有機半導体デバイスとすることが可能となる。

#### 【0123】

正孔輸送層112に用いることができる有機化合物としては、4,4'-ビス[N-(1

50

- ナフチル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称: N P B)、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: T P D)、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: B S P B)、4 - フェニル - 4' - (9 - フェニルフルオレン - 9 - イル) トリフェニルアミン (略称: B P A F L P)、4 - フェニル - 3' - (9 - フェニルフルオレン - 9 - イル) トリフェニルアミン (略称: m B P A F L P)、4 - フェニル - 4' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称: P C B A 1 B P)、4, 4' - ジフェニル - 4' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称: P C B B i 1 B P)、4 - (1 - ナフチル) - 4' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称: P C B A N B)、4, 4' - ジ (1 - ナフチル) - 4' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称: P C B N B B)、9, 9 - ジメチル - N - フェニル - N - [4 - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) フェニル] フルオレン - 2 - アミン (略称: P C B A F)、N - フェニル - N - [4 - (9 - フェニル - 9 H - 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: P C B A S F) などの芳香族アミン骨格を有する化合物、1, 3 - ビス (N - カルバゾリル) ベンゼン (略称: m C P)、4, 4' - ジ (N - カルバゾリル) ビフェニル (略称: C B P)、3, 6 - ビス (3, 5 - ジフェニルフェニル) - 9 - フェニルカルバゾール (略称: C z T P)、3, 3' - ビス (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール) (略称: P C C P) などのカルバゾール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 (ジベンゾチオフエン) (略称: D B T 3 P - I I)、2, 8 - ジフェニル - 4 - [4 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] ジベンゾチオフエン (略称: D B T F L P - I I I)、4 - [4 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] - 6 - フェニルジベンゾチオフエン (略称: D B T F L P - I V) などのチオフエ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: D B F 3 P - I I)、4 - {3 - [3 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] フェニル} ジベンゾフラン (略称: m m D B F F L B i - I I) などのフラン骨格を有する化合物が挙げられる。上述した中でも、芳香族アミン骨格を有する化合物、カルバゾール骨格を有する化合物は、信頼性が良好であり、また、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与するため好ましい。なお、正孔注入層 1 1 1 の複合材料に用いることが可能な有機化合物として挙げた物質も正孔輸送層 1 1 2 を構成する材料として好適に用いることができる。

#### 【0 1 2 4】

なお、第 1 の正孔輸送層 1 1 2 - 1 および第 2 の正孔輸送層 1 1 2 - 2 に用いる有機化合物は、アルキル基を有する芳香族アミンであることが正孔輸送層 1 1 2 の屈折率を低下させることができ、光の取り出し効率を向上させることができるため好ましい。また、当該アルキル基が一分子内に複数ある有機化合物がより好ましい。このような材料としては、例えば、N, N - ビス (4 - シクロヘキシルフェニル) - 9, 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - アミン (略称: d c h P A F)、N - [(4' - シクロヘキシル) - 1, 1' - ビフェニル - 4 イル] - N - (4 - シクロヘキシルフェニル) - 9, 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - アミン (略称: c h B i c h P A F)、N, N - ビス (4 - シクロヘキシルフェニル) - N - (スピロ [シクロヘキサン - 1, 9' [9 H] フルオレン] - 2' イル) アミン (略称: d c h P A S c h F)、N - [(4' - シクロヘキシル) - 1, 1' - ビフェニル - 4 イル] - N - (4 - シクロヘキシルフェニル) - N - (スピロ [シクロヘキサン - 1, 9' - [9 H] - フルオレン] - 2' イル) - アミン (略称: c h B i c h P A S c h F)、N - (4 - シクロヘキシルフェニル) - ビス (スピロ [シクロヘキサン - 1, 9' - [9 H] フルオレン] - 2' - イル) アミン (略称: S c h F B 1 c h P)、N - [(3', 5' - ジターシャリーブチル) - 1, 1' - ビフェニル - 4 - イル] - N - (4 - シクロヘキシルフェニル) - 9, 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - アミ



ン（略称：mmtBuBichPAF）、N，N - ビス（3'，5' - ジターシャリーブチル - 1，1' - ビフェニル - 4 - イル） - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：dmmtBuBiAF）、N - （3，5 - ジターシャリーブチルフェニル） - N - （3'，5'， - ジターシャリーブチル - 1，1' - ビフェニル - 4 - イル） - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：mmtBuBimmtBuPAF）、N，N - ビス（4 - シクロヘキシルフェニル） - 9，9 - ジプロピル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：dchPAPrF）、N - [（3'，5' - ジシクロヘキシル） - 1，1' - ビフェニル - 4 - イル] - N - （4 - シクロヘキシルフェニル） - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：mmchBichPAF）、N - （3，3'，5，5' - テトラ - t - ブチル - 1，1'：3'，1' - ターフェニル - 5' - イル） - N - （4 - シクロヘキシルフェニル） - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：mmtBumTPchPAF）、N - （4 - シクロドデシルフェニル） - N - （4 - シクロヘキシルフェニル） - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：CdopchPAF）、N - （3，3'，5，5' - テトラ - t - ブチル - 1，1'：3'，1' - ターフェニル - 5' - イル） - N - フェニル - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：mmtBumTPFA）、N - （1，1' - ビフェニル - 4 - イル） - N - （3，3'，5，5' - テトラ - t - ブチル - 1，1'：3'，1' - ターフェニル - 5' - イル） - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：mmtBumTPFBi）、N - （1，1' - ビフェニル - 2 - イル） - N - （3，3'，5，5' - テトラ - t - ブチル - 1，1'：3'，1' - ターフェニル - 5' - イル） - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：mmtBumTPoFBi）、N - [（3，3'，5' - トリ - t - ブチル） - 1，1' - ビフェニル - 5 - イル] - N - （4 - シクロヘキシルフェニル） - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：mmtBumBichPAF）、N - （1，1' - ビフェニル - 2 - イル） - N - [（3，3'，5' - トリ - t - ブチル） - 1，1' - ビフェニル - 5 - イル] - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：mmtBumBioFBi）、N - （4 - tert - ブチルフェニル） - N - （3，3'，5，5' - テトラ - t - ブチル - 1，1'：3'，1' - ターフェニル - 5' - イル） - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：mmtBumTPtBuPAF）、N - （3，3'，5'，5' - テトラ - tert - ブチル - 1，1'：3'，1' - ターフェニル - 5 - イル） - N - フェニル - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：mmtBumTPFA - 02）、N - （1，1' - ビフェニル - 4 - イル） - N - （3，3'，5'，5' - テトラ - tert - ブチル - 1，1'：3'，1' - ターフェニル - 5 - イル） - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：mmtBumTPFBi - 02）、N - （1，1' - ビフェニル - 2 - イル） - N - （3，3'，5'，5' - テトラ - tert - ブチル - 1，1'：3'，1' - ターフェニル - 5 - イル） - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：mmtBumTPoFBi - 02）、N - （4 - シクロヘキシルフェニル） - N - （3，3'，5'，5' - テトラ - tert - ブチル - 1，1'：3'，1' - ターフェニル - 5 - イル） - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：mmtBumTPchPAF - 02）、N - （1，1' - ビフェニル - 2 - イル） - N - （3'，5'，5' - トリ - tert - ブチル - 1，1'：3'，1' - ターフェニル - 5 - イル） - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：mmtBumTPoFBi - 03）、N - （4 - シクロヘキシルフェニル） - N - （3'，5'，5' - トリ - tert - ブチル - 1，1'：3'，1' - ターフェニル - 5 - イル） - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：mmtBumTPchPAF - 03）、N - （3'，5'，5' - トリ - t - ブチル - 1，1'：3'，1' - ターフェニル - 4 - イル） - N - （1，1' - ビフェニル - 2 - イル） - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：mmtBumTPoFBi - 04）、N - （3'，5'，5' - トリ - tert - ブチル - 1，1'：3'，1' - ターフェニル - 4 - イル） - N - （4 - シクロヘキシルフェニル） - 9，9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン（略称：m 50

mtBumTPchPAF - 04)、N - (1, 1' - ビフェニル - 2 - イル) - N - (3, 3'', 5'' - トリ - tert - ブチル - 1, 1' : 4', 1'' - ターフェニル - 5 - イル) - 9, 9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン (略称: mmtBumTPoFBi - 05)、N - (4 - シクロヘキシルフェニル) - N - (3, 3'', 5'' - トリ - tert - ブチル - 1, 1' : 4', 1'' - ターフェニル - 5 - イル) - 9, 9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン (略称: mmtBumTPchPAF - 05)、N - (3', 5' - ジターシャリーブチル - 1, 1' - ビフェニル - 4 - イル) - N - (1, 1' - ビフェニル - 2 - イル) - 9, 9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン (略称: mmtBuBioFBi) などが好ましい。

#### 【0125】

10

また、第1の正孔輸送層112 - 1および第2の正孔輸送層112 - 2に用いる有機化合物は、フルオレン骨格または、スピロフルオレン骨格を有する有機化合物であることが好ましい。なお、フルオレニルアミンはHOMO準位を上昇させる効果があるため、第1の正孔輸送層112 - 1または第2の正孔輸送層112 - 2を構成する有機化合物がフルオレン骨格を有する芳香族アミンである場合、当該アミンの窒素に3つのフルオレンが結合すると、HOMO準位が大きく上昇する可能性がある。この場合、周辺材料のHOMO準位との差が大きくなり、駆動電圧や信頼性等に影響を及ぼす可能性がある。したがって、第1の正孔輸送層112 - 1または第2の正孔輸送層112 - 2を構成する有機化合物がフルオレン骨格を有する芳香族アミンである場合、当該アミンの窒素に結合するフルオレン骨格は一または二であることがさらに好ましい。

20

#### 【0126】

また、第1の正孔輸送層112 - 1および第2の正孔輸送層112 - 2に用いる有機化合物は、カルバゾール骨格を有する有機化合物であることが好ましい。

#### 【0127】

また、第1の正孔輸送層112 - 1を構成する有機化合物は、HOMO準位が - 5.45 eV から - 5.20 eV の範囲の有機化合物であることが、HILや陽極101からのホール注入性が良好となるため好ましい。これにより当該有機ELデバイスは低電圧で駆動することが可能である。

#### 【0128】

発光層113は発光物質とホスト材料を有している。なお、発光層113は、その他の材料を同時に含んでも構わない。また、組成の異なる2層の積層であっても良い。

30

#### 【0129】

発光物質は蛍光発光物質であっても、りん光発光物質であっても、熱活性化遅延蛍光(TADF)を示す物質であっても、その他の発光物質であっても構わない。

#### 【0130】

発光層113において、蛍光発光物質として用いることが可能な材料としては、例えば以下のようなものが挙げられる。また、これ以外の蛍光発光物質も用いることができる。

#### 【0131】

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) - 2, 2' - ビピリジン (略称: PAPP2BPY)、N, N' - ジフェニル - N, N' - ビス[4 - (9 - フェニル - 9H - フルオレン - 9 - イル)フェニル]ピレン - 1, 6 - ジアミン (略称: 1, 6FLPAPrn)、N, N' - ビス(3 - メチルフェニル) - N, N' - ビス[3 - (9 - フェニル - 9H - フルオレン - 9 - イル)フェニル]ピレン - 1, 6 - ジアミン (略称: 1, 6mMemFLPAPrn)、N, N' - ビス[4 - (9H - カルバゾール - 9 - イル)フェニル] - N, N' - ジフェニルスチルベン - 4, 4' - ジアミン (略称: YGA2S)、4 - (9H - カルバゾール - 9 - イル) - 4' - (10 - フェニル - 9 - アントリル)トリフェニルアミン (略称: YGAPA)、4 - (9H - カルバゾール - 9 - イル) - 4' - (9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル)トリフェニルアミン (略称: 2YGAPPa)、N, 9 - ジフェニル

40

50

- N - [ 4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントリル ) フェニル ] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : P C A P A )、ペリレン、2, 5, 8, 11 - テトラ - t e r t - ブチルペリレン ( 略称 : T B P )、4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントリル ) - 4' - ( 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル ) トリフェニルアミン ( 略称 : P C B A P A )、N, N' - ( 2 - t e r t - 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 : D P A B P A )、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 ] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : 2 P C A P P A )、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 : 2 D P A P P A )、N, N, N', N', N', N', N', N' - オクタフェニルジベンゾ [ g, p ] クリセン - 2, 7, 10, 15 - テトラアミン ( 略称 : D B C 1 )、クマリン 30、N - ( 9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル ) - N, 9 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : 2 P C A P A )、N - [ 9, 10 - ビス ( 1, 1' - ビフェニル - 2 - イル ) - 2 - アントリル ] - N, 9 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : 2 P C A B P h A )、N - ( 9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル ) - N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン ( 略称 : 2 D P A P A )、N - [ 9, 10 - ビス ( 1, 1' - ビフェニル - 2 - イル ) - 2 - アントリル ] - N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン ( 略称 : 2 D P A B P h A )、9, 10 - ビス ( 1, 1' - ビフェニル - 2 - イル ) - N - [ 4 - ( 9 H - カルバゾール - 9 - イル ) フェニル ] - N - フェニルアントラセン - 2 - アミン ( 略称 : 2 Y G A B P h A )、N, N, 9 - トリフェニルアントラセン - 9 - アミン ( 略称 : D P h A P h A )、クマリン 545 T、N, N' - ジフェニルキナクリドン ( 略称 : D P Q d )、ルブレン、5, 12 - ビス ( 1, 1' - ビフェニル - 4 - イル ) - 6, 11 - ジフェニルテトラセン ( 略称 : B P T )、2 - ( 2 - { 2 - [ 4 - ( ジメチルアミノ ) フェニル ] エテニル } - 6 - メチル - 4 H - ピラン - 4 - イリデン ) プロパンジニトリル ( 略称 : D C M 1 )、2 - { 2 - メチル - 6 - [ 2 - ( 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1 H, 5 H - ベンゾ [ i j ] キノリジン - 9 - イル ) エテニル ] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル ( 略称 : D C M 2 )、N, N, N', N' - テトラキス ( 4 - メチルフェニル ) テトラセン - 5, 11 - ジアミン ( 略称 : p - m P h T D )、7, 14 - ジフェニル - N, N, N', N' - テトラキス ( 4 - メチルフェニル ) アセナフト [ 1, 2 - a ] フルオランテン - 3, 10 - ジアミン ( 略称 : p - m P h A F D )、2 - { 2 - イソプロピル - 6 - [ 2 - ( 1, 1, 7, 7 - テトラメチル - 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1 H, 5 H - ベンゾ [ i j ] キノリジン - 9 - イル ) エテニル ] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル ( 略称 : D C J T I )、2 - { 2 - t e r t - ブチル - 6 - [ 2 - ( 1, 1, 7, 7 - テトラメチル - 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1 H, 5 H - ベンゾ [ i j ] キノリジン - 9 - イル ) エテニル ] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル ( 略称 : D C J T B )、2 - ( 2, 6 - ビス { 2 - [ 4 - ( ジメチルアミノ ) フェニル ] エテニル } - 4 H - ピラン - 4 - イリデン ) プロパンジニトリル ( 略称 : B i s D C M )、2 - { 2, 6 - ビス [ 2 - ( 8 - メトキシ - 1, 1, 7, 7 - テトラメチル - 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1 H, 5 H - ベンゾ [ i j ] キノリジン - 9 - イル ) エテニル ] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル ( 略称 : B i s D C J T M )、N, N' - ジフェニル - N, N' - ( 1, 6 - ピレン - ジイル ) ビス [ ( 6 - フェニルベンゾ [ b ] ナフト [ 1, 2 - d ] フラン ) - 8 - アミン ] ( 略称 : 1, 6 B n f A P r n - 03 )、3, 10 - ビス [ N - ( 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 2 - イル ) - N - フェニルアミノ ] ナフト [ 2, 3 - b ; 6, 7 - b' ] ビスベンゾフラン ( 略称 : 3, 10 P C A 2 N b f ( I V ) - 02 )、3, 10 - ビス [ N - ( ジベンゾフラン - 3 - イル ) - N - フェニルアミノ ] ナフト [ 2, 3 - b ; 6, 7 - b' ] ビスベンゾフラン ( 略称 : 3, 10 F r A 2 N b f ( I V ) - 02 ) などが挙げられる。特に、1, 6 F L P A P r n、1, 6 m M e m F L P A P r n、1, 6 B n f A P r n - 03 のようなピレンジアミン化合物に代表される縮合芳香族ジアミン化合物は

20

30

40

50

、ホールトラップ性が高く、発光効率、信頼性に優れているため好ましい。

【0132】

発光層113において、発光物質としてりん光発光物質を用いる場合、用いることが可能な材料としては、例えば以下のようなものが挙げられる。

【0133】

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-N<sub>2</sub>]フェニル-C}イリジウム(III)(略称:[Ir(mpp tz-dmp)<sub>3</sub>])、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(Mpt z)<sub>3</sub>])、トリス[4-(3-ピフェニル)-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(iPrpt z-3b)<sub>3</sub>])のような4H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体、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(Mpt z1-mp)<sub>3</sub>])、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(Prpt z1-Me)<sub>3</sub>])のような1H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体、fac-トリス[(1-2,6-ジイソプロピルフェニル)-2-フェニル-1H-イミダゾール]イリジウム(III)(略称:[Ir(iPrpmi)<sub>3</sub>])、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(dmpimpt-Me)<sub>3</sub>])のようなイミダゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N, $\pi$ ]イリジウム(III) 10  
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<sup>2'</sup>]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,C<sup>2'</sup>}イリジウム(III)ピコリナート(略称:[Ir(CF<sub>3</sub>ppy)<sub>2</sub>(pic)])、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C<sup>2'</sup>]イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:FIracac)のような電子吸引基を有するフェニルピリジン誘導体を配位子とする有機金属イリジウム錯体が挙げられる。これらは青色のりん光発光を示す化合物であり、440nmから520nmに発光のピークを有する化合物である。 30

【0134】

また、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)<sub>3</sub>])、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:[Ir(tBuppm)<sub>3</sub>])、(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)<sub>2</sub>(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)<sub>2</sub>(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)<sub>2</sub>(acac)])、 40  
(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)<sub>2</sub>(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)<sub>2</sub>(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)<sub>2</sub>(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)<sub>2</sub>(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,C<sup>2'</sup>)イリジウム(III)(略称:[Ir(ppy)<sub>3</sub>])、ビス(2-フェ 50

ニルピリジナト - N, C<sup>2'</sup>) イリジウム ( I I I ) アセチルアセトナート ( 略称 : [ I r ( p p y )<sub>2</sub> ( a c a c ) ] )、ビス ( ベンゾ [ h ] キノリナト ) イリジウム ( I I I ) アセチルアセトナート ( 略称 : [ I r ( b z q )<sub>2</sub> ( a c a c ) ] )、トリス ( ベンゾ [ h ] キノリナト ) イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( b z q )<sub>3</sub> ] )、トリス ( 2 - フェニルキノリナト - N, C<sup>2'</sup>) イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( p q )<sub>3</sub> ] )、ビス ( 2 - フェニルキノリナト - N, C<sup>2'</sup>) イリジウム ( I I I ) アセチルアセトナート ( 略称 : [ I r ( p q )<sub>2</sub> ( a c a c ) ] ) のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、トリス ( アセチルアセトナート ) ( モノフェナントロリン ) テルビウム ( I I I ) ( 略称 : [ T b ( a c a c )<sub>3</sub> ( P h e n ) ] ) のような希土類金属錯体が挙げられる。これらは主に緑色のりん光発光を示す化合物であり、500 nm から 600 nm に発光のピークを有する。なお、ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性、発光効率にも際だって優れるため、特に好ましい。

10

#### 【 0 1 3 5 】

また、(ジイソブチリルメタナト)ビス[4, 6 - ビス(3 - メチルフェニル)ピリミジナト]イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( 5 m d p p m )<sub>2</sub> ( d i b m ) ] )、ビス[4, 6 - ビス(3 - メチルフェニル)ピリミジナト] (ジピバロイルメタナト)イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( 5 m d p p m )<sub>2</sub> ( d p m ) ] )、ビス[4, 6 - ジ(ナフタレン - 1 - イル)ピリミジナト] (ジピバロイルメタナト)イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( d 1 n p m )<sub>2</sub> ( d p m ) ] ) のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体、(アセチルアセトナート)ビス(2, 3, 5 - トリフェニルピラジナト)イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( t p p r )<sub>2</sub> ( a c a c ) ] )、ビス(2, 3, 5 - トリフェニルピラジナト) (ジピバロイルメタナト)イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( t p p r )<sub>2</sub> ( d p m ) ] )、(アセチルアセトナート)ビス[2, 3 - ビス(4 - フルオロフェニル)キノキサリナト]イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( F d p q )<sub>2</sub> ( a c a c ) ] ) のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体、トリス(1 - フェニルイソキノリナト - N, C<sup>2'</sup>)イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( p i q )<sub>3</sub> ] )、ビス(1 - フェニルイソキノリナト - N, C<sup>2'</sup>)イリジウム ( I I I ) アセチルアセトナート ( 略称 : [ I r ( p i q )<sub>2</sub> ( a c a c ) ] ) のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、2, 3, 7, 8, 12, 13, 17, 18 - オクタエチル - 21H, 23H - ポルフィリン白金 ( I I ) ( 略称 : P t O E P ) 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 ( I I I ) ( 略称 : [ E u ( D B M )<sub>3</sub> ( P h e n ) ] )、トリス[1 - (2 - テノイル) - 3, 3, 3 - トリフルオロアセトナト] (モノフェナントロリン) ユーロピウム ( I I I ) ( 略称 : [ E u ( T T A )<sub>3</sub> ( P h e n ) ] ) のような希土類金属錯体が挙げられる。これらは、赤色のりん光発光を示す化合物であり、600 nm から 700 nm に発光のピークを有する。また、ピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、色度の良い赤色発光が得られる。

20

30

#### 【 0 1 3 6 】

また、以上で述べたりん光性化合物の他、公知のりん光性発光物質を選択し、用いてもよい。

40

#### 【 0 1 3 7 】

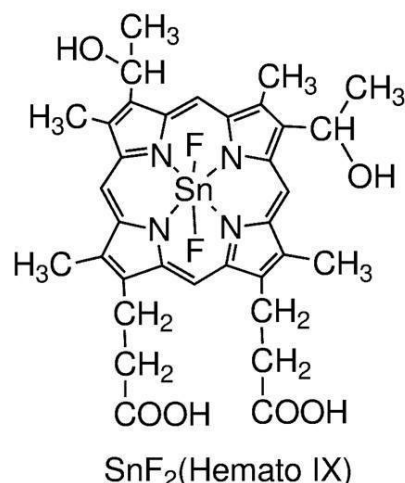
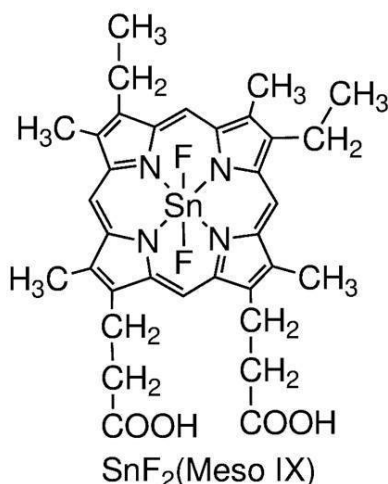
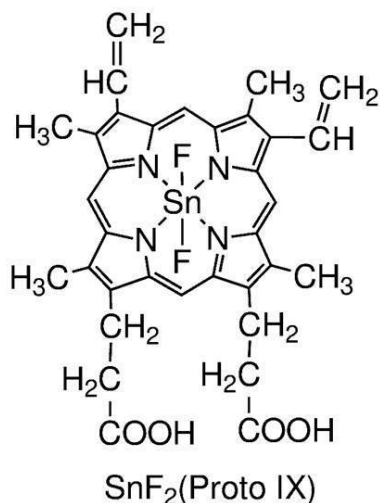
T A D F 材料としてはフラーレン及びその誘導体、アクリジン及びその誘導体、エオシン誘導体等を用いることができる。またマグネシウム ( M g )、亜鉛 ( Z n )、カドミウム ( C d )、スズ ( S n )、白金 ( P t )、インジウム ( I n )、もしくはパラジウム ( P d ) 等を含む金属含有ポルフィリンが挙げられる。該金属含有ポルフィリンとしては、例えば、以下の構造式に示されるプロトポルフィリン - フッ化スズ錯体 ( S n F<sub>2</sub> ( P r o t o I X ) )、メソポルフィリン - フッ化スズ錯体 ( S n F<sub>2</sub> ( M e s o I X ) )、ヘマトポルフィリン - フッ化スズ錯体 ( S n F<sub>2</sub> ( H e m a t o I X ) )、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 ( S n F<sub>2</sub> ( C o p r o I I I - 4 M e ) )、オクタエチルポルフィリン - フッ化スズ錯体 ( S n F<sub>2</sub> ( O E P ) )、エチオポ

50

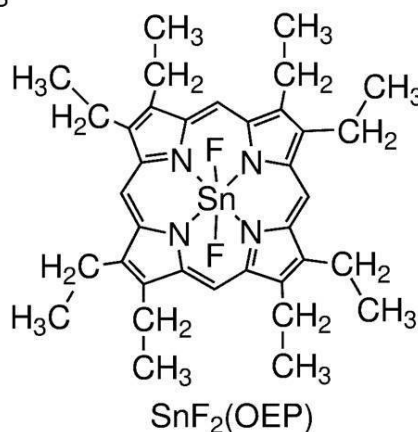
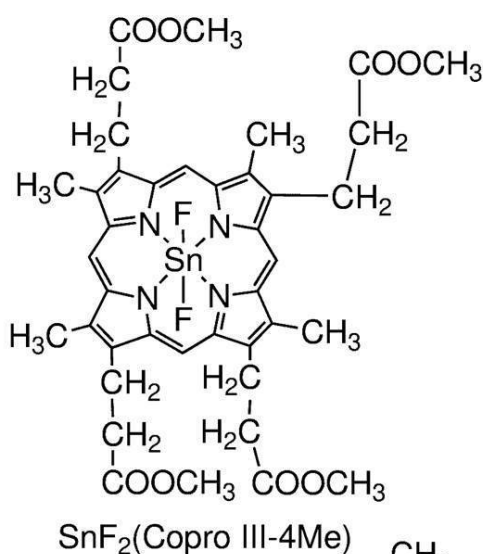
ルフィリン - フッ化スズ錯体 (  $\text{SnF}_2(\text{Etio I})$  )、オクタエチルポルフィリン - 塩化白金錯体 (  $\text{PtCl}_2\text{OEP}$  ) 等も挙げられる。

【 0 1 3 8 】

【 化 2 】

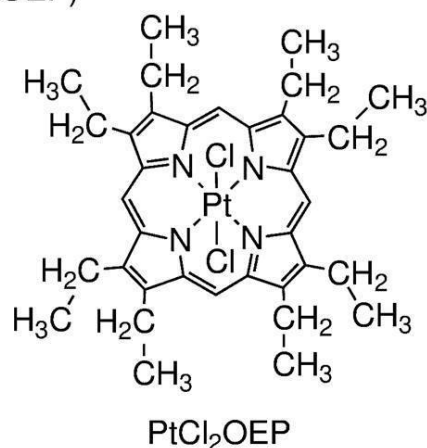
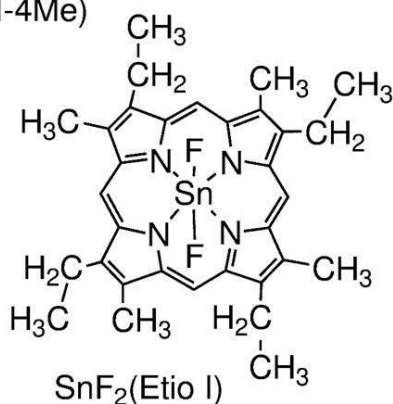


10



20

30



40

【 0 1 3 9 】

また、以下の構造式に示される 2 - ( ビフェニル - 4 - イル ) - 4 , 6 - ビス ( 1 2 - フェニルインドロ [ 2 , 3 - a ] カルバゾール - 1 1 - イル ) - 1 , 3 , 5 - トリアジン ( 略称 :  $\text{PIC-TRZ}$  )、9 - ( 4 , 6 - ジフェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン - 2 - イル ) - 9 ' - フェニル - 9 H , 9 ' H - 3 , 3 ' - ビカルバゾール ( 略称 :  $\text{PCCzTzn}$  )、9 - [ 4 - ( 4 , 6 - ジフェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン - 2 - イル ) フェニル ]

50

- 9' - フェニル - 9H, 9' H - 3, 3' - ビカルバゾール (略称: 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: ACRTN)、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: DMA  
 C - 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 電子過剰型複素芳香環と 電子  
 不足型複素芳香環の一方または両方を有する複素環化合物も用いることができる。該複素  
 環化合物は、 電子過剰型複素芳香環及び 電子不足型複素芳香環を有するため、電子輸  
 送性及び正孔輸送性が共に高く、好ましい。中でも、 電子不足型複素芳香環を有する骨  
 格のうち、ピリジン骨格、ジアジン骨格 (ピリミジン骨格、ピラジン骨格、ピリダジン骨  
 格)、およびトリアジン骨格は、安定で信頼性が良好なため好ましい。特に、ベンゾフロ  
 ピリミジン骨格、ベンゾチエノピリミジン骨格、ベンゾフロピラジン骨格、ベンゾチエノ  
 ピラジン骨格はアクセプター性が高く、信頼性が良好なため好ましい。また、 電子過剰  
 型複素芳香環を有する骨格の中でも、アクリジン骨格、フェノキサジン骨格、フェノチア  
 ジン骨格、フラン骨格、チオフエン骨格、及びピロール骨格は、安定で信頼性が良好なた  
 め、当該骨格の少なくとも一を有することが好ましい。なお、フラン骨格としてはジベン  
 ゾフラン骨格が、チオフエン骨格としてはジベンゾチオフエン骨格が、それぞれ好ましい  
 。また、ピロール骨格としては、インドール骨格、カルバゾール骨格、インドロカルバゾ  
 ール骨格、ビカルバゾール骨格、3 - (9 - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル)  
 - 9H - カルバゾール骨格が特に好ましい。なお、 電子過剰型複素芳香環と 電子不足  
 型複素芳香環とが直接結合した物質は、 電子過剰型複素芳香環の電子供与性と 電子不  
 足型複素芳香環の電子受容性が共に強くなり、S1準位とT1準位のエネルギー差が小さ  
 くなるため、熱活性化遅延蛍光を効率よく得られることから特に好ましい。なお、 電子  
 不足型複素芳香環の代わりに、シアノ基のような電子吸引基が結合した芳香環を用いても  
 良い。また、 電子過剰型骨格として、芳香族アミン骨格、フェナジン骨格等を用いるこ  
 とができる。また、 電子不足型骨格として、キサンテン骨格、チオキサンテンジオキサ  
 イド骨格、オキサジアゾール骨格、トリアゾール骨格、イミダゾール骨格、アントラキノ  
 ン骨格、フェニルボラン、ボラントレン等の含ホウ素骨格、ベンゾニトリルまたはシアノ  
 ベンゼン等のニトリル基またはシアノ基を有する芳香環、複素芳香環、ベンゾフェノン等  
 のカルボニル骨格、ホスフィンオキシド骨格、スルホン骨格等を用いることができる。こ  
 のように、 電子不足型複素芳香環および 電子過剰型複素芳香環の少なくとも一方の代  
 わりに 電子不足型骨格および 電子過剰型骨格を用いることができる。

10

20

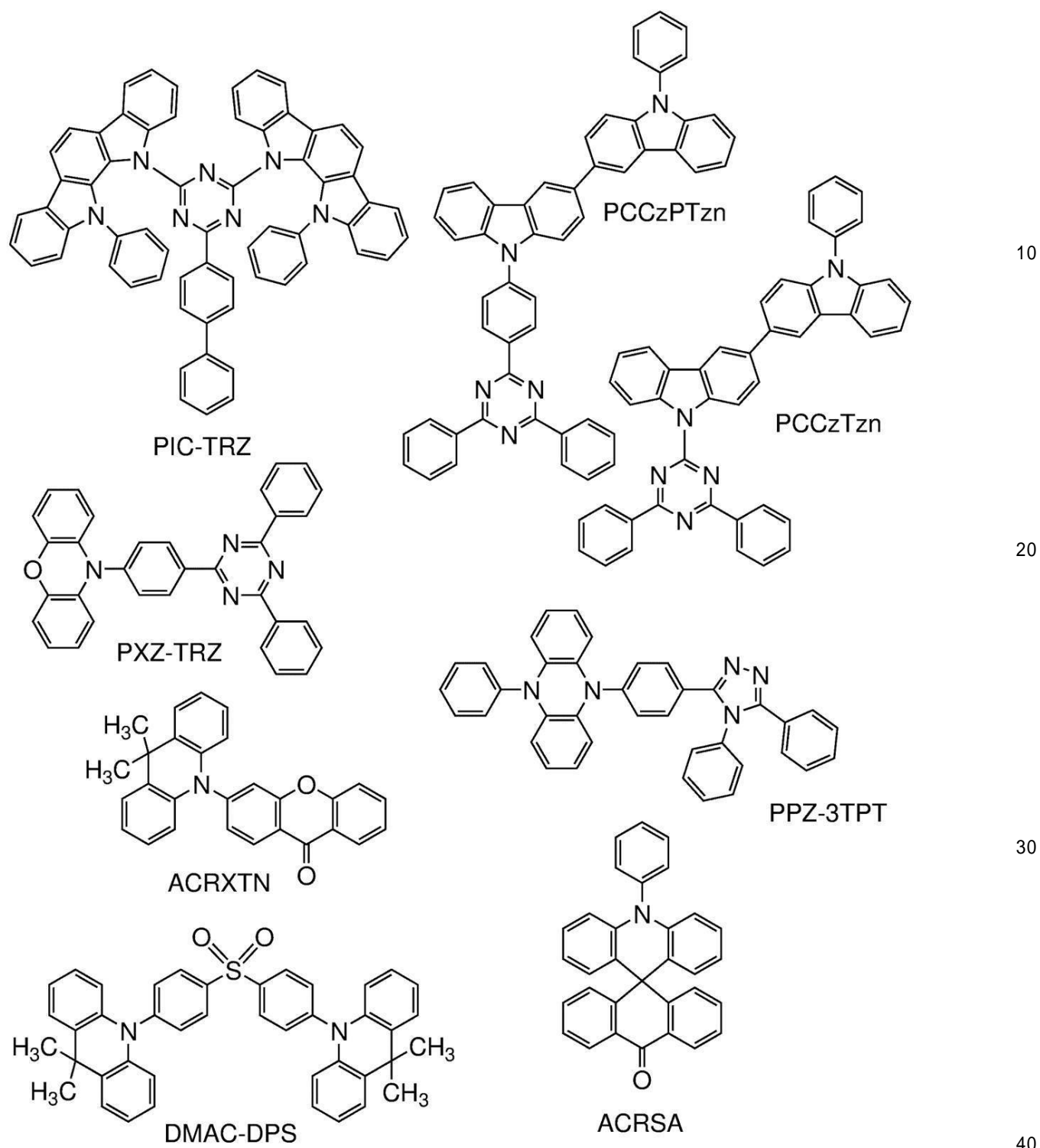
30

【0140】

40

50

## 【化 3】



## 【0141】

なお、TADF材料とは、S1準位とT1準位との差が小さく、逆項間交差によって三重項励起エネルギーから一重項励起エネルギーへエネルギーを変換することができる機能を有する材料である。そのため、三重項励起エネルギーをわずかな熱エネルギーによって一重項励起エネルギーにアップコンバート（逆項間交差）が可能で、一重項励起状態を効率よく生成することができる。また、三重項励起エネルギーを発光に変換することができる。

## 【0142】

また、2種類の物質で励起状態を形成する励起錯体（エキサイプレックス、エキシプレッ



クスまたはE x c i p l e xともいう)は、S 1準位とT 1準位との差が極めて小さく、三重項励起エネルギーを一重項励起エネルギーに変換することが可能なT A D F材料としての機能を有する。

#### 【0143】

なお、T 1準位の指標としては、低温(例えば77Kから10K)で観測される燐光スペクトルを用いればよい。T A D F材料としては、その蛍光スペクトルの短波長側の裾において接線を引き、その外挿線の波長のエネルギーをS 1準位とし、燐光スペクトルの短波長側の裾において接線を引き、その外挿線の波長のエネルギーをT 1準位とした際に、そのS 1とT 1の差が0.3eV以下であることが好ましく、0.2eV以下であることがさらに好ましい。

10

#### 【0144】

また、T A D F材料を発光物質として用いる場合、ホスト材料のS 1準位はT A D F材料のS 1準位より高い方が好ましい。また、ホスト材料のT 1準位はT A D F材料のT 1準位より高いことが好ましい。

#### 【0145】

発光層のホスト材料としては、電子輸送性を有する材料、正孔輸送性を有する材料、上記T A D F材料など様々なキャリア輸送材料を用いることができる。

#### 【0146】

正孔輸送性を有する材料としては、アミン骨格、電子過剰型複素芳香環骨格を有する有機化合物などが好ましい。例えば、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:NPB)、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:BPAPFP)、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:mBPAPFP)、4-フェニル-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBA1BP)、4,4'-ジフェニル-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBBi1BP)、4-(1-ナフチル)-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBANB)、4,4'-ジ(1-ナフチル)-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBNBB)、9,9-ジメチル-N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]フルオレン-2-アミン(略称:PCBAF)、N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-アミン(略称:PCBASF)などの芳香族アミン骨格を有する化合物、1,3-ビス(N-カルバゾリル)ベンゼン(略称:mCP)、4,4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル(略称:CBP)、3,6-ビス(3,5-ジフェニルフェニル)-9-フェニルカルバゾール(略称:CzTP)、3,3'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)(略称:PCCP)などのカルバゾール骨格を有する化合物、4,4',4'''-(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリ(ジベンゾチオフエン)(略称:DBT3P-II)、2,8-ジフェニル-4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ジベンゾチオフエン(略称:DBTFLP-III)、4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]-6-フェニルジベンゾチオフエン(略称:DBTFLP-IV)などのチオフエン骨格を有する化合物、4,4',4'''-(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリ(ジベンゾフラン)(略称:DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]フェニル}ジベンゾフラン(略称:mmDBFFLBi-II)などのフラン骨格を有する化合物が挙げられる。上述した中でも、芳香族アミン骨格を有する化合物、カルバゾール骨格を有する化合物は、信頼性が良好であり、また、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与するため

50

好ましい。また、複合材料に用いる正孔輸送性を有する材料、正孔輸送層 1 1 2 に用いることができる材料例として挙げた有機化合物も用いることができる。

#### 【0147】

電子輸送性を有する材料としては、例えば、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(II)(略称: BeBq<sub>2</sub>)、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: BA1q)、ビス(8-キノリノラト)亜鉛(II)(略称: Znq)、ビス[2-(2-ベンゾオキサゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称: ZnPBO)、ビス[2-(2-ベンゾチアゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称: ZnBTZ)などの金属錯体、電子不足型複素芳香環骨格を有する有機化合物が好ましい。電子不足型複素芳香環骨格を有する有機化合物としては、例えば、2-(4-ピフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称: PBD)、3-(4-ピフェニル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称: TAZ)、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称: OXD-7)、9-[4-(5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称: CO11)、2,2',2''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリス(1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール)(略称: TPBI)、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール(略称: mDBTBIm-III)などのポリアゾール骨格を有する複素環化合物、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称: 2mDBTPDBq-III)、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: 2mDBTPDBq-III)、2-[3'-(9H-カルバゾール-9-イル)ピフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称: 2mCzBPDBq)、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-III)などのジアジン骨格を有する複素環化合物、2-[3'-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-1,1'-ピフェニル-3-イル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称: mFBPTzn)、2-[(1,1'-ピフェニル)-4-イル]-4-フェニル-6-[9,9'-スピロビ(9H-フルオレン)-2-イル]-1,3,5-トリアジン(略称: BP-SFTzn)、2-{3-[3-(ベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン-8-イル)フェニル]フェニル}-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称: mBnfBPPTzn)、2-{3-[3-(ベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン-6-イル)フェニル]フェニル}-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称: mBnfBPPTzn-02)、などのトリアジン骨格を有する複素環化合物、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)、1,3,5-トリ[3-(3-ピリジル)フェニル]ベンゼン(略称: TmPyPB)、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)、2,2-(1,3-フェニレン)ビス[9-フェニル-1,10-フェナントロリン](略称: mPPhen2P)などのピリジン骨格を有する複素環化合物が挙げられる。上述した中でも、ジアジン骨格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は、信頼性が良好であり好ましい。特に、ジアジン(ピリミジン、ピラジンなど)骨格を有する複素環化合物は、電子輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与する。

#### 【0148】

ホスト材料として用いることが可能なTADF材料としては、先にTADF材料として挙げたものを同様に用いることができる。TADF材料をホスト材料として用いると、TA 50

D F 材料で生成した三重項励起エネルギーが、逆項間交差によって一重項励起エネルギーに変換され、さらに発光物質へエネルギー移動することで、有機 E L デバイスの発光効率を高めることができる。このとき、T A D F 材料がエネルギードナーとして機能し、発光物質がエネルギーアクセプターとして機能する。

【 0 1 4 9 】

これは、上記発光物質が蛍光発光物質である場合に、非常に有効である。また、このとき、高い発光効率を得るためには、T A D F 材料の S 1 準位は、蛍光発光物質の S 1 準位より高いことが好ましい。また、T A D F 材料の T 1 準位は、蛍光発光物質の S 1 準位より高いことが好ましい。したがって、T A D F 材料の T 1 準位は、蛍光発光物質の T 1 準位より高いことが好ましい。

10

【 0 1 5 0 】

また、蛍光発光物質の最も低エネルギー側の吸収帯の波長と重なるような発光を呈する T A D F 材料を用いることが好ましい。そうすることで、T A D F 材料から蛍光発光物質への励起エネルギーの移動がスムーズとなり、効率よく発光が得られるため、好ましい。

【 0 1 5 1 】

また、効率よく三重項励起エネルギーから逆項間交差によって一重項励起エネルギーが生成されるためには、T A D F 材料でキャリア再結合が生じることが好ましい。また、T A D F 材料で生成した三重項励起エネルギーが蛍光発光物質の三重項励起エネルギーに移動しないことが好ましい。そのためには、蛍光発光物質は、蛍光発光物質が有する発光団（発光の原因となる骨格）の周囲に保護基を有すると好ましい。該保護基としては、結合を有さない置換基が好ましく、飽和炭化水素が好ましく、具体的には炭素数 3 以上 10 以下のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 3 以上 10 以下のシクロアルキル基、炭素数 3 以上 10 以下のトリアルキルシリル基が挙げられ、保護基が複数あるとさらに好ましい。結合を有さない置換基は、キャリアを輸送する機能に乏しいため、キャリア輸送およびキャリア再結合に影響をほとんど与えずに、T A D F 材料と蛍光発光物質の発光団との距離を遠ざけることができる。ここで、発光団とは、蛍光発光物質において発光の原因となる原子団（骨格）を指す。発光団は、結合を有する骨格が好ましく、芳香環を含むことが好ましく、縮合芳香環または縮合複素芳香環を有すると好ましい。縮合芳香環または縮合複素芳香環としては、フェナントレン骨格、スチルベン骨格、アクリドン骨格、フェノキサジン骨格、フェノチアジン骨格等が挙げられる。特にナフタレン骨格、アントラセン骨格、フルオレン骨格、クリセン骨格、トリフェニレン骨格、テトラセン骨格、ピレン骨格、ペリレン骨格、クマリン骨格、キナクリドン骨格、ナフトビスベンゾフラン骨格を有する蛍光発光物質は蛍光量子収率が高いため好ましい。

20

30

【 0 1 5 2 】

蛍光発光物質を発光物質として用いる場合、ホスト材料としては、アントラセン骨格を有する材料が好適である。アントラセン骨格を有する物質を蛍光発光物質のホスト材料として用いると、発光効率、耐久性共に良好な発光層を実現することが可能である。ホスト材料として用いるアントラセン骨格を有する物質としては、ジフェニルアントラセン骨格、特に 9, 10 - ジフェニルアントラセン骨格を有する物質が化学的に安定であるため好ましい。また、ホスト材料がカルバゾール骨格を有する場合、正孔の注入・輸送性が高まるため好ましいが、カルバゾールにベンゼン環がさらに縮合したベンゾカルバゾール骨格を含む場合、カルバゾールよりも H O M O が 0.1 e V 程度浅くなり、正孔が入りやすくなるためより好ましい。特に、ホスト材料がジベンゾカルバゾール骨格を含む場合、カルバゾールよりも H O M O が 0.1 e V 程度浅くなり、正孔が入りやすくなる上に、正孔輸送性にも優れ、耐熱性も高くなるため好適である。したがって、さらにホスト材料として好ましいのは、9, 10 - ジフェニルアントラセン骨格およびカルバゾール骨格（あるいはベンゾカルバゾール骨格、ジベンゾカルバゾール骨格）を同時に有する物質である。なお、上記の正孔注入・輸送性の観点から、カルバゾール骨格に換えて、ベンゾフルオレン骨格またはジベンゾフルオレン骨格を用いてもよい。このような物質の例としては、9 - フェニル - 3 - [ 4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントリル ) フェニル ] - 9 H - カルバゾー

40

50

ル（略称：PCzPA）、3-[4-(1-ナフチル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール（略称：PCPN）、9-[4-(10-フェニル-9-アントラセニル)フェニル]-9H-カルバゾール（略称：CzPA）、7-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-7H-ジベンゾ[c,g]カルバゾール（略称：cgDBCzPA）、6-[3-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]-ベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン（略称：2mBnfPPA）、9-フェニル-10-{4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)ピフェニル-4'-イル}アントラセン（略称：FLPPA）、9-(1-ナフチル)-10-[4-(2-ナフチル)フェニル]アントラセン（略称：N-NPAnth）等が挙げられる。特に、CzPA、cgDBCzPA、2mBnfPPA、PCzPAは非常に良好な特性を示すため、好ましい選択である。

10

#### 【0153】

なお、ホスト材料は複数種の物質を混合した材料であっても良く、混合したホスト材料を用いる場合は、電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料とを混合することが好ましい。電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料を混合することによって、発光層113の輸送性を容易に調整することができ、再結合領域の制御も簡便に行うことができる。正孔輸送性を有する材料と電子輸送性を有する材料の含有量の重量比は、正孔輸送性を有する材料：電子輸送性を有する材料=1：19～19：1とすればよい。

#### 【0154】

なお、上記混合された材料の一部として、りん光発光物質を用いることができる。りん光発光物質は、発光物質として蛍光発光物質を用いる際に蛍光発光物質へ励起エネルギーを供与するエネルギードナーとして用いることができる。

20

#### 【0155】

また、これら混合された材料同士で励起錯体を形成しても良い。当該励起錯体は発光物質の最も低エネルギー側の吸収帯の波長と重なるような発光を呈する励起錯体を形成するような組み合わせを選択することで、エネルギー移動がスムーズとなり、効率よく発光が得られるため好ましい。また、当該構成を用いることで駆動電圧も低下するため好ましい。

#### 【0156】

なお、励起錯体を形成する材料の少なくとも一方は、りん光発光物質であってもよい。そうすることで、三重項励起エネルギーを逆項間交差によって効率よく一重項励起エネルギーへ変換することができる。

30

#### 【0157】

効率よく励起錯体を形成する材料の組み合わせとしては、正孔輸送性を有する材料のHOMO準位が電子輸送性を有する材料のHOMO準位以上であると好ましい。また、正孔輸送性を有する材料のLUMO準位が電子輸送性を有する材料のLUMO準位以上であると好ましい。なお、材料のLUMO準位およびHOMO準位は、サイクリックボルタンメトリ(CV)測定によって測定される材料の電気化学特性(還元電位および酸化電位)から導出することができる。

#### 【0158】

なお、励起錯体の形成は、例えば正孔輸送性を有する材料の発光スペクトル、電子輸送性を有する材料の発光スペクトル、およびこれら材料を混合した混合膜の発光スペクトルを比較し、混合膜の発光スペクトルが、各材料の発光スペクトルよりも長波長シフトする(あるいは長波長側に新たなピークを持つ)現象を観測することにより確認することができる。あるいは、正孔輸送性を有する材料の過渡フォトルミネッセンス(PL)、電子輸送性を有する材料の過渡PL、及びこれら材料を混合した混合膜の過渡PLを比較し、混合膜の過渡PL寿命が、各材料の過渡PL寿命よりも長寿命成分を有する、あるいは遅延成分の割合が大きくなるなどの過渡応答の違いを観測することにより、確認することができる。また、上述の過渡PLは過渡エレクトロルミネッセンス(EL)と読み替えても構わない。すなわち、正孔輸送性を有する材料の過渡EL、電子輸送性を有する材料の過渡EL及びこれらの混合膜の過渡ELを比較し、過渡応答の違いを観測することによっても、

40

50

励起錯体の形成を確認することができる。

【0159】

電子輸送層114は、電子輸送性を有する物質を含む層である。電子輸送性を有する物質としては、上記ホスト材料に用いることが可能な電子輸送性を有する物質として挙げたものを用いることができる。

【0160】

なお、電子輸送層は電子輸送性を有する材料と、アルカリ金属またはアルカリ土類金属の単体、化合物もしくは錯体を含むことが好ましい。また、電子輸送層114は電界強度 $[V/cm]$ の平方根が600における電子移動度が $1 \times 10^{-7} cm^2/Vs$ 以上 $5 \times 10^{-5} cm^2/Vs$ 以下であることが好ましい。電子輸送層114における電子の輸送性を落とすことにより発光層への電子の注入量を制御することができ、発光層が電子過多の状態になることを防ぐことができる。この構成は、特に正孔注入層を複合材料として形成し、当該複合材料における正孔輸送性を有する材料のHOMO準位が $-5.7 eV$ 以上 $-5.4 eV$ 以下の比較的深いHOMO準位を有する物質である場合に、寿命が良好となるため特に好ましい。なお、この際、電子輸送性を有する材料は、そのHOMO準位が $-6.0 eV$ 以上であることが好ましい。また、当該電子輸送性を有する材料はアントラセン骨格を有する有機化合物であることが好ましく、アントラセン骨格と複素環骨格の両方を含む有機化合物であることがより好ましい。当該複素環骨格としては、含窒素5員環骨格または含窒素6員環骨格が好ましく、これら複素環骨格としては、ピラゾール環、イミダゾール環、オキサゾール環、チアゾール環、ピラジン環、ピリミジン環、ピリダジン環などのように2つの複素原子を環に含む含窒素5員環骨格または含窒素6員環骨格を有することが特に好ましい。また、アルカリ金属またはアルカリ土類金属の単体、化合物もしくは錯体としては、8-ヒドロキシキノリナト構造を含むことが好ましい。具体的には、例えば8-ヒドロキシキノリナト-リチウム（略称：Li q）、8-ヒドロキシキノリナト-ナトリウム（略称：Na q）などを挙げることができる。特に、一価の金属イオンの錯体、中でもリチウムの錯体が好ましく、Li qがより好ましい。なお、8-ヒドロキシキノリナト構造を含む場合、そのメチル置換体（例えば2-メチル置換体または5-メチル置換体）などを用いることもできる。また、電子輸送層中においてアルカリ金属またはアルカリ土類金属の単体、化合物もしくは錯体は、その厚さ方向において濃度差（0である場合も含む）が存在することが好ましい。

【0161】

電子輸送層114と陰極102との間に、電子注入層115として、フッ化リチウム（Li F）、フッ化セシウム（Cs F）、フッ化カルシウム（Ca F<sub>2</sub>）、8-ヒドロキシキノリナト-リチウム（略称：Li q）等のようなアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を含む層を設けても良い。電子注入層115は、電子輸送性を有する物質からなる層中にアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を含有させたものまたは、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。

【0162】

なお、電子注入層115として、電子輸送性を有する物質（好ましくはピピリジン骨格を有する有機化合物）に上記アルカリ金属又はアルカリ土類金属のフッ化物を微結晶状態となる濃度以上（50 wt %以上）含ませた層を用いることも可能である。当該層は、屈折率の低い層であることから、より外部量子効率の良好な有機ELデバイスを提供することが可能となる。

【0163】

また、電子注入層115の代わりに電荷発生層116を設けても良い（図7（B））。電荷発生層116は、電位をかけることによって当該層の陰極側に接する層に正孔を、陽極側に接する層に電子を注入することができる層のことである。電荷発生層116には、少なくともP型層117が含まれる。P型層117は、上述の正孔注入層111を構成することができる材料として挙げた複合材料を用いて形成することが好ましい。またP型層1

10

20

30

40

50

17は、複合材料を構成する材料として上述したアクセプタ材料を含む膜と正孔輸送材料を含む膜とを積層して構成しても良い。P型層117に電位をかけることによって、電子輸送層114に電子が、陰極102に正孔が注入され、有機ELデバイスが動作する。また、本発明の一態様の有機化合物は屈折率が低い有機化合物であることから、P型層117に用いることによって、外部量子効率の良好な有機ELデバイスを得ることができる。

【0164】

なお、電荷発生層116はP型層117の他に電子リレー層118及び電子注入バッファ層119のいずれか一又は両方がもうけられていることが好ましい。

【0165】

電子リレー層118は少なくとも電子輸送性を有する物質を含み、電子注入バッファ層119とP型層117との相互作用を防いで電子をスムーズに受け渡す機能を有する。電子リレー層118に含まれる電子輸送性を有する物質のLUMO準位は、P型層117におけるアクセプタ性物質のLUMO準位と、電子輸送層114における電荷発生層116に接する層に含まれる物質のLUMO準位との間であることが好ましい。電子リレー層118に用いられる電子輸送性を有する物質におけるLUMO準位の具体的なエネルギー準位は $-5.0\text{ eV}$ 以上、好ましくは $-5.0\text{ eV}$ 以上 $-3.0\text{ eV}$ 以下とするとよい。なお、電子リレー層118に用いられる電子輸送性を有する物質としてはフタロシアニン系の材料又は金属-酸素結合と芳香族配位子を有する金属錯体を用いることが好ましい。

【0166】

電子注入バッファ層119には、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属、およびこれらの化合物（アルカリ金属化合物（酸化リチウム等の酸化物、ハロゲン化物、炭酸リチウム、炭酸セシウム等の炭酸塩を含む）、アルカリ土類金属化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む）、または希土類金属の化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む））等の電子注入性の高い物質を用いることが可能である。

【0167】

また、電子注入バッファ層119が、電子輸送性を有する物質とドナー性物質を含んで形成される場合には、ドナー性物質として、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属、およびこれらの化合物（アルカリ金属化合物（酸化リチウム等の酸化物、ハロゲン化物、炭酸リチウム、炭酸セシウム等の炭酸塩を含む）、アルカリ土類金属化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む）、または希土類金属の化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む））の他、テトラチアナフタセン（略称：TTN）、ニッケロセン、デカメチルニッケロセン等の有機化合物を用いることもできる。なお、電子輸送性を有する物質としては、先に説明した電子輸送層114を構成する材料と同様の材料を用いて形成することができる。

【0168】

陰極102を形成する物質としては、仕事関数の小さい（具体的には $3.8\text{ eV}$ 以下）金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることができる。このような陰極材料の具体例としては、リチウム（Li）、セシウム（Cs）等のアルカリ金属、およびマグネシウム（Mg）、カルシウム（Ca）、ストロンチウム（Sr）等の元素周期表の第1族または第2族に属する元素、およびこれらを含む合金（MgAg、AlLi）、ユウロピウム（Eu）、イッテルビウム（Yb）等の希土類金属およびこれらを含む合金等が挙げられる。しかしながら、陰極102と電子輸送層との間に、電子注入層を設けることにより、仕事関数の大小に関わらず、Al、Ag、ITO、ケイ素若しくは酸化ケイ素を含有した酸化インジウム-酸化スズ等様々な導電性材料を陰極102として用いることができる。これら導電性材料は、真空蒸着法、スパッタリング法などの乾式法、インクジェット法、スピンコート法等を用いて成膜することが可能である。また、ゾル-ゲル法を用いて湿式法で形成しても良いし、金属材料のペーストを用いて湿式法で形成してもよい。

【0169】

また、EL層103の形成方法としては、乾式法、湿式法を問わず、種々の方法を用いる

ことができる。例えば、真空蒸着法、グラビア印刷法、オフセット印刷法、スクリーン印刷法、インクジェット法またはスピンコート法などを用いても構わない。

【0170】

また上述した各電極または各層を異なる成膜方法を用いて形成しても構わない。

【0171】

なお、陽極101と陰極102との間に設けられる層の構成は、上記のものには限定されない。しかし、発光領域と電極またはキャリア注入層に用いられる金属とが近接することによって生じる消光が抑制されるように、陽極101および陰極102から離れた部位に正孔と電子とが再結合する発光領域を設けた構成が好ましい。

【0172】

また、発光層113に接する正孔輸送層、電子輸送層、特に発光層113における再結合領域に近いキャリア輸送層は、発光層で生成した励起子からのエネルギー移動を抑制するため、そのバンドギャップが発光層を構成する発光材料もしくは、発光層に含まれる発光材料が有するバンドギャップより大きいバンドギャップを有する物質で構成することが好ましい。

【0173】

続いて、複数の発光ユニットを積層した構成の有機ELデバイス（積層型素子、タンデム型素子ともいう）の態様について、図7（C）を参照して説明する。この有機ELデバイスは、陽極と陰極との間に、複数の発光ユニットを有する有機ELデバイスである。一つの発光ユニットは、図7（A）で示したEL層103とほぼ同様な構成を有する。つまり、図7（C）で示す有機ELデバイスは複数の発光ユニットを有する有機ELデバイスであり、図7（A）又は図7（B）で示した有機ELデバイスは、1つの発光ユニットを有する有機ELデバイスであるといえることができる。

【0174】

図7（C）において、陽極501と陰極502との間には、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512が積層されており、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512の間には電荷発生層513が設けられている。陽極501と陰極502はそれぞれ図7（A）における陽極101と陰極102に相当し、図7（A）の説明で述べたものと同じものを適用することができる。また、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512は同じ構成であっても異なる構成であってもよい。

【0175】

電荷発生層513は、陽極501と陰極502に電圧を印加したときに、一方の発光ユニットに電子を注入し、他方の発光ユニットに正孔を注入する機能を有する。すなわち、図7（C）において、陽極の電位の方が陰極の電位よりも高くなるように電圧を印加した場合、電荷発生層513は、第1の発光ユニット511に電子を注入し、第2の発光ユニット512に正孔を注入するものであればよい。

【0176】

電荷発生層513は、図7（B）にて説明した電荷発生層116と同様の構成で形成することが好ましい。有機化合物と金属酸化物の複合材料は、キャリア注入性、キャリア輸送性に優れているため、低電圧駆動、低電流駆動を実現することができる。なお、発光ユニットの陽極側の面が電荷発生層513に接している場合は、電荷発生層513が発光ユニットの正孔注入層の役割も担うことができるため、発光ユニットは正孔注入層を設けなくとも良い。

【0177】

また、電荷発生層513に電子注入バッファ層119を設ける場合、当該電子注入バッファ層119が陽極側の発光ユニットにおける電子注入層の役割を担うため、陽極側の発光ユニットには必ずしも電子注入層を形成する必要はない。

【0178】

図7（C）では、2つの発光ユニットを有する有機ELデバイスについて説明したが、3つ以上の発光ユニットを積層した有機ELデバイスについても、同様に適用することが可

10

20

30

40

50

能である。本実施の形態に係る有機ＥＬデバイスのように、一对の電極間に複数の発光ユニットを電荷発生層５１３で仕切って配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度発光を可能とし、さらに長寿命な素子を実現できる。また、低電圧駆動が可能で消費電力が低い発光装置を実現することができる。

#### 【０１７９】

また、それぞれの発光ユニットの発光色を異なるものにすることで、有機ＥＬデバイス全体として、所望の色の発光を得ることができる。例えば、２つの発光ユニットを有する有機ＥＬデバイスにおいて、第１の発光ユニットで赤と緑の発光色、第２の発光ユニットで青の発光色を得ることで、有機ＥＬデバイス全体として白色発光する有機ＥＬデバイスを得ることも可能である。

10

#### 【０１８０】

また、上述のＥＬ層１０３、第１の発光ユニット５１１、第２の発光ユニット５１２及び電荷発生層などの各層および電極は、例えば、蒸着法（真空蒸着法を含む）、液滴吐出法（インクジェット法ともいう）、塗布法、グラビア印刷法等の方法を用いて形成することができる。また、それらは低分子材料、中分子材料（オリゴマー、 dendrimerを含む）、または高分子材料を含んでも良い。

#### 【０１８１】

##### （実施の形態３）

本実施の形態では、実施の形態１および実施の形態２に記載の有機ＥＬデバイスを用いた発光装置について説明する。

20

#### 【０１８２】

本実施の形態では、実施の形態１および実施の形態２に記載の有機ＥＬデバイスを用いて作製された発光装置について図８を用いて説明する。なお、図８（Ａ）は、発光装置を示す上面図、図８（Ｂ）は図８（Ａ）をＡ－ＢおよびＣ－Ｄで切断した断面図である。この発光装置は、有機ＥＬデバイスの発光を制御するものとして、点線で示された駆動回路部（ソース線駆動回路）６０１、画素部６０２、駆動回路部（ゲート線駆動回路）６０３を含んでいる。また、６０４は封止基板、６０５はシール材であり、シール材６０５で囲まれた内側は、空間６０７になっている。

#### 【０１８３】

なお、引き回し配線６０８はソース線駆動回路６０１及びゲート線駆動回路６０３に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となるＦＰＣ（フレキシブルプリントサーキット）６０９からビデオ信号、クロック信号、スタート信号、リセット信号等を受け取る。なお、ここではＦＰＣしか図示されていないが、このＦＰＣにはプリント配線基板（ＰＷＢ）が取り付けられていても良い。本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それにＦＰＣもしくはＰＷＢが取り付けられた状態をも含むものとする。

30

#### 【０１８４】

次に、断面構造について図８（Ｂ）を用いて説明する。素子基板６１０上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路部であるソース線駆動回路６０１と、画素部６０２中の一つの画素が示されている。

40

#### 【０１８５】

素子基板６１０はガラス、石英、有機樹脂、金属、合金、半導体などからなる基板の他、FRP（Fiber Reinforced Plastics）、PVF（ポリビニルフロライド）、ポリエステルまたはアクリル樹脂等からなるプラスチック基板を用いて作製すればよい。

#### 【０１８６】

画素および駆動回路に用いられるトランジスタの構造は特に限定されない。例えば、逆スタガ型のトランジスタとしてもよいし、スタガ型のトランジスタとしてもよい。また、トップゲート型のトランジスタでもボトムゲート型トランジスタでもよい。トランジスタに用いる半導体材料は特に限定されず、例えば、シリコン、ゲルマニウム、炭化シリコン、

50



窒化ガリウム等を用いることができる。または、In-Ga-Zn系金属酸化物などの、インジウム、ガリウム、亜鉛のうち少なくとも一つを含む酸化物半導体を用いてもよい。

【0187】

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、又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。

【0188】

ここで、上記画素および駆動回路に設けられるトランジスタの他、後述するタッチセンサ等に用いられるトランジスタなどの半導体装置には、酸化物半導体を適用することが好ましい。特にシリコンよりもバンドギャップの広い酸化物半導体を適用することが好ましい。シリコンよりもバンドギャップの広い酸化物半導体を用いることで、トランジスタのオフ状態における電流を低減できる。

【0189】

上記酸化物半導体は、少なくともインジウム（In）又は亜鉛（Zn）を含むことが好ましい。また、In-M-Zn系酸化物（MはAl、Ti、Ga、Ge、Y、Zr、Sn、La、CeまたはHf等の金属）で表記される酸化物を含む酸化物半導体であることがより好ましい。

【0190】

特に、半導体層として、複数の結晶部を有し、当該結晶部はc軸が半導体層の被形成面、または半導体層の上面に対し垂直に配向し、且つ隣接する結晶部間には粒界を有さない酸化物半導体膜を用いることが好ましい。

【0191】

半導体層としてこのような材料を用いることで、電気特性の変動が抑制され、信頼性の高いトランジスタを実現できる。

【0192】

また、上述の半導体層を有するトランジスタはその低いオフ電流により、トランジスタを介して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。このようなトランジスタを画素に適用することで、各表示領域に表示した画像の階調を維持しつつ、駆動回路を停止することも可能となる。その結果、極めて消費電力の低減された電子機器を実現できる。

【0193】

トランジスタの特性安定化等のため、下地膜を設けることが好ましい。下地膜としては、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜などの無機絶縁膜を用い、単層で又は積層して作製することができる。下地膜はスパッタリング法、CVD（Chemical Vapor Deposition）法（プラズマCVD法、熱CVD法、MOCVD（Metal Organic CVD）法など）、ALD（Atomic Layer Deposition）法、塗布法、印刷法等を用いて形成できる。なお、下地膜は、必要で無ければ設けなくてもよい。

【0194】

なお、FET623は駆動回路部601に形成されるトランジスタの一つを示すものである。また、駆動回路は、種々のCMOS回路、PMOS回路もしくはNMOS回路で形成すれば良い。また、本実施の形態では、基板上に駆動回路を形成したドライバー一体型を示すが、必ずしもその必要はなく、駆動回路を基板上ではなく外部に形成することもできる。

【0195】

また、画素部602はスイッチング用FET611と、電流制御用FET612とそのドレインに電氣的に接続された第1の電極613とを含む複数の画素により形成されているが、これに限定されず、3つ以上のFETと、容量素子とを組み合わせた画素部としてもよい。

10

20

30

40

50

## 【0196】

なお、第1の電極613の端部を覆って絶縁物614が形成されている。ここでは、ポジ型の感光性アクリル樹脂膜を用いることにより形成することができる。

## 【0197】

また、後に形成するEL層等の被覆性を良好なものとするため、絶縁物614の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。例えば、絶縁物614の材料としてポジ型の感光性アクリル樹脂を用いた場合、絶縁物614の上端部のみに曲率半径( $0.2\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$ )を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物614として、ネガ型の感光性樹脂、或いはポジ型の感光性樹脂のいずれも使用することができる。

## 【0198】

第1の電極613上には、EL層616、および第2の電極617がそれぞれ形成されている。ここで、陽極として機能する第1の電極613に用いる材料としては、仕事関数の大きい材料を用いることが望ましい。例えば、ITO膜、またはケイ素を含有したインジウム錫酸化物膜、2~20wt%の酸化亜鉛を含む酸化インジウム膜、窒化チタン膜、クロム膜、タングステン膜、Zn膜、Pt膜などの単層膜の他、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜との積層、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜と窒化チタン膜との3層構造等を用いることができる。なお、積層構造とすると、配線としての抵抗も低く、良好なオーミックコンタクトがとれ、さらに陽極として機能させることができる。

## 【0199】

また、EL層616は、蒸着マスクを用いた蒸着法、インクジェット法、スピンコート法等の種々の方法によって形成される。EL層616は、実施の形態1および実施の形態2で説明したような構成を含んでいる。EL層616が第1の電極613側から形成される場合、第1の電極613が陽極であれば、第1の正孔輸送層112-1、第2の正孔輸送層112-2はこの順に成膜され、基板側から陽極、第1の正孔輸送層、第2の正孔輸送層、陰極の順となる。また、EL層616を構成する他の材料としては、低分子化合物、または高分子化合物(オリゴマー、 dendrimerを含む)であっても良い。

## 【0200】

さらに、EL層616上に形成され、陰極として機能する第2の電極617に用いる材料としては、仕事関数の小さい材料(Al、Mg、Li、Ca、またはこれらの合金および化合物(MgAg、MgIn、AlLi等)等)を用いることが好ましい。なお、EL層616で生じた光が第2の電極617を透過させる場合には、第2の電極617として、膜厚を薄くした金属薄膜と、透明導電膜(ITO、2~20wt%の酸化亜鉛を含む酸化インジウム、ケイ素を含有したインジウム錫酸化物、酸化亜鉛(ZnO)等)との積層を用いるのが良い。

## 【0201】

なお、第1の電極613、EL層616、第2の電極617でもって、有機ELデバイスが形成されている。当該有機ELデバイスは実施の形態1および実施の形態2に記載の有機ELデバイスである。なお、画素部は複数の有機ELデバイスが形成されてなっているが、本実施の形態における発光装置では、実施の形態1および実施の形態2に記載の有機ELデバイスと、それ以外の構成を有する有機ELデバイスの両方が混在していても良い。

## 【0202】

さらにシール材605で封止基板604を素子基板610と貼り合わせることにより、素子基板610、封止基板604、およびシール材605で囲まれた空間607に有機ELデバイス618が備えられた構造になっている。なお、空間607には、充填材が充填されており、不活性気体(窒素、アルゴン等)が充填される場合の他、シール材で充填される場合もある。封止基板には凹部を形成し、そこに乾燥材を設けることで水分の影響による劣化を抑制することができ、好ましい構成である。

## 【0203】

10

20

30

40

50

なお、シール材 605 にはエポキシ系樹脂、ガラスフリットを用いるのが好ましい。また、これらの材料はできるだけ水分および酸素を透過しない材料であることが望ましい。また、封止基板 604 に用いる材料としてガラス基板、石英基板の他、FRP (Fiber Reinforced Plastics)、PVF (ポリビニルフロライド)、ポリエステルまたはアクリル樹脂等からなるプラスチック基板を用いることができる。

#### 【0204】

図 8 には示されていないが、第 2 の電極上に保護膜を設けても良い。保護膜は有機樹脂膜、無機絶縁膜で形成すればよい。また、シール材 605 の露出した部分を覆うように、保護膜が形成されていても良い。また、保護膜は、一对の基板の表面及び側面、封止層、絶縁層、等の露出した側面を覆って設けることができる。

10

#### 【0205】

保護膜には、水などの不純物を透過しにくい材料を用いることができる。したがって、水などの不純物が外部から内部に拡散することを効果的に抑制することができる。

#### 【0206】

保護膜を構成する材料としては、酸化物、窒化物、フッ化物、硫化物、三元化合物、金属またはポリマー等を用いることができ、例えば、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、ハフニウムシリケート、酸化ランタン、酸化珪素、チタン酸ストロンチウム、酸化タンタル、酸化チタン、酸化亜鉛、酸化ニオブ、酸化ジルコニウム、酸化スズ、酸化イットリウム、酸化セリウム、酸化スカンジウム、酸化エルビウム、酸化バナジウムまたは酸化インジウム等を含む材料、窒化アルミニウム、窒化ハフニウム、窒化珪素、窒化タンタル、窒化チタン、窒化ニオブ、窒化モリブデン、窒化ジルコニウムまたは窒化ガリウム等を含む材料、チタンおよびアルミニウムを含む窒化物、チタンおよびアルミニウムを含む酸化物、アルミニウムおよび亜鉛を含む酸化物、マンガンおよび亜鉛を含む硫化物、セリウムおよびストロンチウムを含む硫化物、エルビウムおよびアルミニウムを含む酸化物、イットリウムおよびジルコニウムを含む酸化物等を含む材料を用いることができる。

20

#### 【0207】

保護膜は、段差被覆性 (ステップカバレッジ) の良好な成膜方法を用いて形成することが好ましい。このような手法の一つに、原子層堆積 (ALD: Atomic Layer Deposition) 法がある。ALD 法を用いて形成することができる材料を、保護膜に用いることが好ましい。ALD 法を用いることで緻密な、クラック、ピンホールなどの欠陥が低減された、または均一な厚さを備える保護膜を形成することができる。また、保護膜を形成する際に加工部材に与える損傷を、低減することができる。

30

#### 【0208】

例えば ALD 法を用いて保護膜を形成することで、複雑な凹凸形状を有する表面、タッチパネルの上面、側面及び裏面にまで均一で欠陥の少ない保護膜を形成することができる。

#### 【0209】

以上のようにして、実施の形態 1 および実施の形態 2 に記載の有機 EL デバイスを用いて作製された発光装置を得ることができる。

#### 【0210】

本実施の形態における発光装置は、実施の形態 1 および実施の形態 2 に記載の有機 EL デバイスを用いているため、良好な特性を備えた発光装置を得ることができる。具体的には、実施の形態 1 および実施の形態 2 に記載の有機 EL デバイスは駆動電圧が低いため、消費電力の小さい発光装置とすることが可能である。

40

#### 【0211】

図 9 には白色発光を呈する有機 EL デバイスを形成し、着色層 (カラーフィルタ) 等を設けることによってフルカラー化した発光装置の例を示す。図 9 (A) には基板 1001、下地絶縁膜 1002、ゲート絶縁膜 1003、ゲート電極 1006、1007、1008、第 1 の層間絶縁膜 1020、第 2 の層間絶縁膜 1021、周辺部 1042、画素部 1040、駆動回路部 1041、有機 EL デバイスの第 1 の電極 1024W、1024R、1024G、1024B、隔壁 1025、EL 層 1028、有機 EL デバイスの第 2 の電極

50

1029、封止基板1031、シール材1032などが図示されている。

【0212】

また、図9(A)では着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)は透明な基材1033に設けている。また、ブラックマトリクス1035をさらに設けても良い。着色層及びブラックマトリクスが設けられた透明な基材1033は、位置合わせし、基板1001に固定する。なお、着色層、及びブラックマトリクス1035は、オーバーコート層1036で覆われている。また、図9(A)においては、光が着色層を透過せずに外部へ出る発光層と、各色の着色層を透過して外部に光が出る発光層とがあり、着色層を透過しない光は白、着色層を透過する光は赤、緑、青となることから、4色の画素で映像を表現することができる。

10

【0213】

図9(B)では着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)をゲート絶縁膜1003と第1の層間絶縁膜1020との間に形成する例を示した。このように、着色層は基板1001と封止基板1031の間に設けられていても良い。

【0214】

また、以上に説明した発光装置では、FETが形成されている基板1001側に光を取り出す構造(ボトムエミッション型)の発光装置としたが、封止基板1031側に発光を取り出す構造(トップエミッション型)の発光装置としても良い。トップエミッション型の発光装置の断面図を図10に示す。この場合、基板1001は光を通さない基板を用いることができる。FETと有機ELデバイスの陽極とを接続する接続電極を作製するまでは、ボトムエミッション型の発光装置と同様に形成する。その後、第3の層間絶縁膜1037を電極1022を覆って形成する。この絶縁膜は平坦化の役割を担っていても良い。第3の層間絶縁膜1037は第2の層間絶縁膜と同様の材料の他、他の公知の材料を用いて形成することができる。

20

【0215】

有機ELデバイスの第1の電極1024W、1024R、1024G、1024Bはここでは陽極とするが、陰極であっても構わない。また、図10のようなトップエミッション型の発光装置である場合、第1の電極を反射電極とすることが好ましい。EL層1028の構成は、実施の形態1および実施の形態2においてEL層103として説明したような構成とし、且つ、白色の発光が得られるような素子構造とする。

30

【0216】

図10のようなトップエミッションの構造では着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)を設けた封止基板1031で封止を行うことができる。封止基板1031には画素と画素との間に位置するようにブラックマトリクス1035を設けても良い。着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)、ブラックマトリクスはオーバーコート層1036によって覆われていても良い。なお封止基板1031は透光性を有する基板を用いることとする。また、ここでは赤、緑、青、白の4色でフルカラー表示を行う例を示したが特に限定されず、赤、黄、緑、青の4色または赤、緑、青の3色でフルカラー表示を行ってもよい。

40

【0217】

トップエミッション型の発光装置では、マイクロキャビティ構造の適用が好適に行える。マイクロキャビティ構造を有する有機ELデバイスは、第1の電極を反射電極、第2の電極を半透過・半反射電極とすることにより得られる。反射電極と半透過・半反射電極の間には少なくともEL層を有し、少なくとも発光領域となる発光層を有している。

【0218】

なお、反射電極は、可視光の反射率が40%乃至100%、好ましくは70%乃至100%であり、かつその抵抗率が $1 \times 10^{-2}$  cm以下の膜であるとする。また、半透過・半反射電極は、可視光の反射率が20%乃至80%、好ましくは40%乃至70%であり、かつその抵抗率が $1 \times 10^{-2}$  cm以下の膜であるとする。

50

## 【 0 2 1 9 】

E L 層に含まれる発光層から射出される発光は、反射電極と半透過・半反射電極とによって反射され、共振する。

## 【 0 2 2 0 】

当該有機 E L デバイスは、透明導電膜、上述の複合材料、キャリア輸送材料などの厚みを変えることで反射電極と半透過・半反射電極の間の光学的距離を変えることができる。これにより、反射電極と半透過・半反射電極との間において、共振する波長の光を強め、共振しない波長の光を減衰させることができる。

## 【 0 2 2 1 】

なお、反射電極によって反射されて戻ってきた光（第 1 の反射光）は、発光層から半透過・半反射電極に直接入射する光（第 1 の入射光）と大きな干渉を起こすため、反射電極と発光層の光学的距離を  $(2n - 1) / 4$ （ただし、 $n$  は 1 以上の自然数、 $\lambda$  は増幅したい発光の波長）に調節することが好ましい。当該光学的距離を調節することにより、第 1 の反射光と第 1 の入射光との位相を合わせ発光層からの発光をより増幅させることができる。

10

## 【 0 2 2 2 】

なお、上記構成において E L 層は、複数の発光層を有する構造であっても、単一の発光層を有する構造であっても良く、例えば、上述のタンデム型有機 E L デバイスの構成と組み合わせ、一つの有機 E L デバイ스에 電荷発生層を挟んで複数の E L 層を設け、それぞれの E L 層に単数もしくは複数の発光層を形成する構成に適用してもよい。

20

## 【 0 2 2 3 】

マイクロキャビティ構造を有することで、特定波長の正面方向の発光強度を強めることが可能となるため、低消費電力化を図ることができる。なお、赤、黄、緑、青の 4 色の副画素で映像を表示する発光装置の場合、黄色発光による輝度向上効果のうえ、全副画素において各色の波長に合わせたマイクロキャビティ構造を適用できるため良好な特性の発光装置とすることができる。

## 【 0 2 2 4 】

本実施の形態における発光装置は、実施の形態 1 および実施の形態 2 に記載の有機 E L デバイスを用いているため、良好な特性を備えた発光装置を得ることができる。具体的には、実施の形態 1 および実施の形態 2 に記載の有機 E L デバイスは駆動電圧が低いため、消費電力の小さい発光装置とすることが可能である。

30

## 【 0 2 2 5 】

ここまでは、アクティブマトリクス型の発光装置について説明したが、以下からはパッシブマトリクス型の発光装置について説明する。図 1 1 には本発明を適用して作製したパッシブマトリクス型の発光装置を示す。なお、図 1 1 ( A ) は、発光装置を示す斜視図、図 1 1 ( B ) は図 1 1 ( A ) を X - Y で切断した断面図である。図 1 1 において、基板 9 5 1 上には、電極 9 5 2 と電極 9 5 6 との間には E L 層 9 5 5 が設けられている。電極 9 5 2 の端部は絶縁層 9 5 3 で覆われている。そして、絶縁層 9 5 3 上には隔壁層 9 5 4 が設けられている。隔壁層 9 5 4 の側壁は、基板面に近くなるに伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなっていくような傾斜を有する。つまり、隔壁層 9 5 4 の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺（絶縁層 9 5 3 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 9 5 3 と接する辺）の方が上辺（絶縁層 9 5 3 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 9 5 3 と接しない辺）よりも短い。このように、隔壁層 9 5 4 を設けることで、静電気等に起因した有機 E L デバイスの不良を防ぐことが出来る。また、パッシブマトリクス型の発光装置においても、実施の形態 1 および実施の形態 2 に記載の有機 E L デバイスを用いており、消費電力の小さい発光装置とすることができる。

40

## 【 0 2 2 6 】

以上、説明した発光装置は、マトリクス状に配置された多数の微小な有機 E L デバイスをそれぞれ制御することが可能であるため、画像の表現を行う表示装置として好適に利用できる発光装置である。

50

## 【 0 2 2 7 】

また、本実施の形態は他の実施の形態と自由に組み合わせることができる。

## 【 0 2 2 8 】

( 実施の形態 4 )

本実施の形態では、他の構成を有する発光装置 7 0 0 について、当該構成及びその作製方法について説明する。

## 【 0 2 2 9 】

本実施の形態で説明する発光装置 7 0 0 は、発光デバイス 5 5 0 B と、発光デバイス 5 5 0 G と、発光デバイス 5 5 0 R と、隔壁 5 2 8 と、を有する ( 図 5 1 ( A ) 参照 ) 。

## 【 0 2 3 0 】

発光デバイス 5 5 0 B と、発光デバイス 5 5 0 G と、発光デバイス 5 5 0 R と、隔壁 5 2 8 は、例えば基材 5 1 0 上に設けられた機能層 5 2 0 上に形成される。機能層 5 2 0 はトランジスタなど、発光デバイスを駆動するための素子が設けられていても良い。また、発光デバイス 5 5 0 B と、発光デバイス 5 5 0 G と、発光デバイス 5 5 0 R と、隔壁 5 2 8 は絶縁層 7 0 5 を介して基材 7 7 0 と重なっている。絶縁層 7 0 5 は基材 7 7 0 を固定する役割を有する。

## 【 0 2 3 1 】

発光デバイス 5 5 0 B は、電極 5 5 1 B、電極 5 5 2 B および E L 層 1 0 3 B を備える。なお、電極 5 5 2 B は電極 5 5 1 B と重なる。

## 【 0 2 3 2 】

E L 層 1 0 3 B は、電極 5 5 1 B および電極 5 5 2 B の間に挟まれる領域を備える。E L 層 1 0 3 B は実施の形態 2 で説明した E L 層 1 0 3 または E L 層 5 0 3 と同様の構成を有する。また、E L 層 1 0 3 B は、例えば、青色の光を射出することができる。

## 【 0 2 3 3 】

発光デバイス 5 5 0 G は、電極 5 5 1 G、電極 5 5 2 G および E L 層 1 0 3 G を備える。なお、電極 5 5 2 G は電極 5 5 1 G と重なる。

## 【 0 2 3 4 】

E L 層 1 0 3 G は電極 5 5 1 G および電極 5 5 2 G の間に挟まれる領域を備える。E L 層 1 0 3 G は実施の形態 2 で説明した E L 層 1 0 3 または E L 層 5 0 3 と同様の構成を有する。E L 層 1 0 3 G は例えば、緑色の光を射出することができる。

## 【 0 2 3 5 】

1 0 0 0 p p i を超える高精細な表示パネルにおいて、E L 層 1 0 3 B と E L 層 1 0 3 G の間に電氣的な導通が認められると、クロストーク現象が発生し、表示パネルの表示可能な色域が狭くなってしまう。1 0 0 0 p p i を超える高精細な表示パネル、好ましくは 2 0 0 0 p p i を超える高精細な表示パネル、より好ましくは 5 0 0 0 p p i を超える超高精細な表示パネルに間隙 1 0 4 S を設けることで、鮮やかな色彩を表示可能な表示パネルを提供できる。

## 【 0 2 3 6 】

これにより、正極側から陰極側に向けて正孔を供給することができる。なお、発光デバイス 5 5 0 G の E L 層 1 0 3 G は、発光デバイス 5 5 0 B の E L 層 1 0 3 B から分離されているため、クロストーク現象を抑制することができる。その結果、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な表示パネルを提供することができる。

## 【 0 2 3 7 】

隔壁 5 2 8 は、開口部 5 2 8 R、開口部 5 2 8 B および開口部 5 2 8 G を備える ( 図 5 1 ( B ) 参照 ) 。開口部 5 2 8 B は電極 5 5 1 B と重なり、開口部 5 2 8 G は電極 5 5 1 G と重なる。

## 【 0 2 3 8 】

隔壁 5 2 8 は、開口部 5 2 8 B および開口部 5 2 8 G の間において、間隙 1 0 5 S と重なる ( 図 5 1 ( B ) 参照 ) 。

## 【 0 2 3 9 】

10

20

30

40

50

また、隔壁 5 2 8 は、開口部 5 2 8 B および開口部 5 2 8 G の間において、間隙 1 0 4 S と重なる。

【 0 2 4 0 】

無機材料、有機材料または無機材料と有機材料の複合材料等を隔壁 5 2 8 に用いることができる。具体的には、無機酸化物膜、無機窒化物膜または無機酸化窒化物膜等またはこれらから選ばれた複数を積層した積層材料を、隔壁 5 2 8 に用いることができる。例えば、酸化珪素膜、アクリル樹脂を含む膜またはポリイミドを含む膜等を隔壁 5 2 8 に用いることができる。

【 0 2 4 1 】

発光デバイス 5 5 0 R は、電極 5 5 1 R、電極 5 5 2 R および E L 層 1 0 3 R を備える。 10

【 0 2 4 2 】

E L 層 1 0 3 R は電極 5 5 2 R および電極 5 5 1 R の間に挟まれる領域を備える。E L 層 1 0 3 R は実施の形態 2 で説明した E L 層 1 0 3 または E L 層 5 0 3 と同様の構成を有し、光を射出する機能を備える。E L 層 1 0 3 R は例えば、赤色の光を射出することができる。

【 0 2 4 3 】

例えば、青色の発光材料を E L 層 1 0 3 B に、緑色の発光材料を E L 層 1 0 3 G に、赤色の発光材料を E L 層 1 0 3 R に、用いる構成にすることができる。これにより、それぞれの発光デバイスの発光効率を高めることができる。また、発光デバイスが射出した光を効率よく利用できる。 20

【 0 2 4 4 】

これにより、第 1 の発光デバイス 5 5 0 B および第 2 の発光デバイス 5 5 0 G の間に生じるクロストーク現象を抑制することができる。その結果、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な表示パネルを提供することができる。

【 0 2 4 5 】

絶縁膜 5 7 3 は、電極 5 5 1 B との間に電極 5 5 2 B を挟み、電極 5 5 1 G との間に電極 5 5 2 G を挟む（図 5 1 ( A ) 参照）。

【 0 2 4 6 】

例えば、絶縁膜 5 7 3 A および絶縁膜 5 7 3 B を積層した膜を、絶縁膜 5 7 3 に用いることができる。 30

【 0 2 4 7 】

例えば、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウム、インジウムガリウム亜鉛酸化物、窒化シリコン、または窒化酸化シリコンなどを、絶縁膜 5 7 3 に用いることができる。

【 0 2 4 8 】

また、発光デバイス 5 5 0 B の周囲に存在する不純物の発光デバイス 5 5 0 B 内への拡散を抑制することができる。また、発光デバイス 5 5 0 G の周囲に存在する不純物の発光デバイス 5 5 0 G 内への拡散を抑制することができる。その結果、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な表示パネルを提供することができる。

【 0 2 4 9 】

< 表示装置の製造方法の例 >

本実施の形態において説明した表示装置は、以下のように製造することができる。

【 0 2 5 0 】

まず、電極 5 5 1 B、電極 5 5 1 G および電極 5 5 1 R を形成する。例えば、基材 5 1 0 上に導電膜を形成し、フォトリソグラフィ法を用いて、所定の形状に加工する（図 5 2 ( A ) 参照）。

【 0 2 5 1 】

続いて、電極 5 5 1 B および電極 5 5 1 G の間に隔壁 5 2 8 を形成する。例えば、電極 5 5 1 B 乃至電極 5 5 1 R を覆う絶縁膜を形成し、フォトリソグラフィ法を用いて開口部を形成し、電極 5 5 1 B 乃至電極 5 5 1 R の一部を露出させる（図 5 2 ( B ) 参照）。 50

## 【 0 2 5 2 】

電極 5 5 1 B および電極 5 5 1 G 上に E L 層 1 0 3 B を形成する。例えば、真空蒸着法を用いて、電極 5 5 1 B、電極 5 5 1 G および電極 5 5 1 R 上に、これらを覆うように形成する。

## 【 0 2 5 3 】

次に、E L 層 1 0 3 B 上に電極 5 5 2 B を形成する。例えば、真空蒸着法を用いて形成する（図 5 3（A）参照）。

## 【 0 2 5 4 】

その後、E L 層 1 0 3 B および電極 5 5 2 B を所定の形状に加工する（図 5 3（C）参照）。例えば、フォトリソ法を用いて、電極 5 5 1 G 上の E L 層 1 0 3 B および電極 5 5 2 B を取り除いて、紙面と交差する方向に延びる帯状の形状に加工する。これにより、第 1 の発光デバイス 5 5 0 B を形成する。

## 【 0 2 5 5 】

具体的には、電極 5 5 2 B 上に形成したレジスト R E G を用いる（図 5 3（B）参照）。また、隔壁 5 2 8 をエッチングストッパーに用いることができる。

## 【 0 2 5 6 】

このようにフォトリソ法を用いて E L 層 1 0 3 B、および電極 5 5 2 B を加工することで、高精細な表示装置を作製することができる。また、フォトリソ法を用いて E L 層 1 0 3 B を加工した発光デバイスでは、E L 層 1 0 3 B の端部が同一面上に位置するような形状となる。すなわち、E L 層 1 0 3 B に含まれる各機能層の端面が概略同一平面上に位置することとなる。特に陽極と発光層との間に位置する正孔輸送領域に含まれる正孔注入層は、導電率が高いことが多いため、クロストークの原因となる場合がある。フォトリソ法を用いて加工することで、発光デバイス同士を分離することができ、クロストークの発生を抑制することが可能となる。発光層と正孔輸送領域はフォトリソ法により同時に加工されるため、それらの端面は上述のように概略同一平面上に位置することとなる。

## 【 0 2 5 7 】

次に、電極 5 5 2 B および電極 5 5 1 G 上に E L 層 1 0 3 G を形成する。例えば、真空蒸着法を用いて、電極 5 5 1 G および電極 5 5 1 R 上に、これらを覆うように形成すればよい。

## 【 0 2 5 8 】

その後、E L 層 1 0 3 G 上に、電極 5 5 2 G を形成する。例えば、真空蒸着法を用いて形成する（図 5 4（A）参照）。

## 【 0 2 5 9 】

続いて、E L 層 1 0 3 G、および電極 5 5 2 G を所定の形状に加工する（図 5 4（C）参照）。例えば、フォトリソ法を用いて、電極 5 5 2 B 上の E L 層 1 0 3 G、および電極 5 5 2 G を取り除いて、紙面と交差する方向に延びる帯状の形状に加工し、発光デバイス 5 5 0 B から分離する。これにより、第 2 の発光デバイス 5 5 0 G を形成することができる。

## 【 0 2 6 0 】

具体的には、電極 5 5 2 B 上に形成したレジスト R E G を用いる（図 5 4（B）参照）。また、隔壁 5 2 8 をエッチングストッパーに用いることができる。

## 【 0 2 6 1 】

このようにフォトリソ法を用いて E L 層 1 0 3 G、および電極 5 5 2 G を加工することで、高精細な表示装置を作製することができる。また、フォトリソ法を用いて E L 層 1 0 3 G を加工した発光デバイスでは、E L 層 1 0 3 G の端部が同一面上に位置するような形状となる。すなわち、E L 層 1 0 3 G に含まれる各機能層の端面が概略同一平面上に位置することとなる。特に陽極と発光層との間に位置する正孔輸送領域に含まれる正孔注入層は、導電率が高いことが多いため、クロストークの原因となる場合がある。フォトリソ法を用いて加工することで、発光デバイス同士を分離することができ、ク

10

20

30

40

50



ロストークの発生を抑制することが可能となる。発光層と正孔輸送領域はフォトエッチングにより同時に加工されるため、それらの端面は上述のように概略同一平面上に位置することとなる。

【 0 2 6 2 】

次に、E L 層 1 0 3 R、および電極 5 5 2 Rを、この順に形成する。例えば、真空蒸着法を用いて、電極 5 5 1 Rを覆うように形成する（図 5 5（A）参照）。

【 0 2 6 3 】

その後、E L 層 1 0 3 Rおよび電極 5 5 2 Rを所定の形状に加工する（図 5 5（C）参照）。例えば、紙面と交差する方向に延びる帯状の形状に加工する。

【 0 2 6 4 】

具体的には、電極 5 5 2 R上に形成したレジスト R E Gおよびエッチング法を用いる（図 5 5（B）参照）。また、電極 5 5 2 B、電極 5 5 2 Gおよび隔壁 5 2 8をエッチングストッパーに用いることができる。

【 0 2 6 5 】

以上の工程により、発光デバイス 5 5 0 B、発光デバイス 5 5 0 Gおよび発光デバイス 5 5 0 Rを分離して形成することができる。

【 0 2 6 6 】

このようにフォトエッチング法を用いてE L 層 1 0 3 R、および電極 5 5 2 Rを加工することで、高精細な表示装置を作製することができる。また、フォトエッチング法を用いてE L 層 1 0 3 Rを加工した発光デバイスでは、E L 層 1 0 3 Rの端部が同一面上に位置するような形状となる。すなわち、E L 層 1 0 3 Rに含まれる各機能層の端面が概略同一平面上に位置することとなる。特に陽極と発光層との間に位置する正孔輸送領域に含まれる正孔注入層は、導電率が高いことが多いため、クロストークの原因となる場合がある。フォトエッチング法を用いて加工することで、発光デバイス同士を分離することができ、クロストークの発生を抑制することが可能となる。発光層と正孔輸送領域はフォトエッチングにより同時に加工されるため、それらの端面は上述のように概略同一平面上に位置することとなる。

【 0 2 6 7 】

その後、隔壁 5 2 8に接する絶縁膜 5 7 3を形成して、発光デバイス 5 5 0 Gおよび発光デバイス 5 5 0 Bを覆う。以上の工程により、発光デバイス 5 5 0 Gおよび発光デバイス 5 5 0 Bを、絶縁膜 5 7 3を用いて保護することができる（図 5 5（C）参照）。

【 0 2 6 8 】

なお、図 5 6のように、E L 層 1 0 3 B、E L 層 1 0 3 GおよびE L 層 1 0 3 Rは、電荷発生層 1 0 4 B、1 0 4 Gおよび1 0 4 Rを有するタンデム型の層であっても良い。E L 層をタンデム構造とし、白色発光を得ることでE L 層 1 0 3 B、E L 層 1 0 3 GおよびE L 層 1 0 3 Rを同じ構成とすることができ、陽極形成後の発光デバイス作製工程において、フォトエッチングを一回行うことで発光デバイスを形成することが可能となる。発光は白色発光であるので、発光デバイス 5 5 0 Bは青色のカラーフィルタ C F B、発光デバイス 5 5 0 Gは緑色のカラーフィルタ C F G、発光デバイス 5 5 0 Rは赤色のカラーフィルタ C F Rを介して発光を取り出すことで、青、緑および赤、各々の色の光を得ることができる。

【 0 2 6 9 】

また、図 5 5、図 5 6で表される発光装置 7 0 0および発光装置 7 0 1は、それぞれ図 5 7、図 5 8で表されるような構成を有する発光装置であっても良い。図 5 7および図 5 8で表される発光装置 7 0 0および発光装置 7 0 1は、図 5 5、図 5 6における陰極である電極 5 5 2 R、5 5 2 Gおよび5 5 2 Bを形成する前に各々E L 層のエッチングを行い、最後に短絡防止層 5 7 4、電子輸送性を有する有機化合物および電極 5 5 2を形成する構成である。これにより、図 5 5、図 5 6で示した発光装置 7 0 0および発光装置 7 0 1よりも製造工程数を減らすことができる。

【 0 2 7 0 】

10

20

30

40

50

また、図 5 7、図 5 8 で表される発光装置 7 0 0 および発光装置 7 0 1 は、図 5 9、図 6 0 で表されるような構成を有する発光装置であっても良い。図 5 9、図 6 0 で表される発光装置 7 0 0 は、図 5 7 および図 5 8 における隔壁 5 2 8 を形成せず、また電極 5 5 1 R、電極 5 5 1 G および電極 5 5 1 B も E L 層 1 0 3 と同時にエッチングを行い、整形する構成である。これにより、間隙 1 0 4 S および 1 0 5 S をより狭くすることができ、超高精細の発光装置の製造がより容易となる。

#### 【 0 2 7 1 】

( 実施の形態 5 )

本実施の形態では、実施の形態 1 および実施の形態 2 に記載の有機 E L デバイスを照明装置として用いる例を図 1 2 を参照しながら説明する。図 1 2 ( B ) は照明装置の上面図、  
図 1 2 ( A ) は図 1 2 ( B ) における e - f 断面図である。

10

#### 【 0 2 7 2 】

本実施の形態における照明装置は、支持体である透光性を有する基板 4 0 0 上に、第 1 の電極 4 0 1 が形成されている。第 1 の電極 4 0 1 は実施の形態 1 における陽極 1 0 1 に相当する。第 1 の電極 4 0 1 側から発光を取り出す場合、第 1 の電極 4 0 1 は透光性を有する材料により形成する。

#### 【 0 2 7 3 】

第 2 の電極 4 0 4 に電圧を供給するためのパッド 4 1 2 が基板 4 0 0 上に形成される。

#### 【 0 2 7 4 】

第 1 の電極 4 0 1 上には E L 層 4 0 3 が形成されている。E L 層 4 0 3 は実施の形態 1 における E L 層 1 0 3 の構成、又は発光ユニット 5 1 1、5 1 2 及び電荷発生層 5 1 3 を合わせた構成などに相当する。なお、これらの構成については当該記載を参照されたい。

20

#### 【 0 2 7 5 】

E L 層 4 0 3 を覆って第 2 の電極 4 0 4 を形成する。第 2 の電極 4 0 4 は実施の形態 1 における陰極 1 0 2 に相当する。発光を第 1 の電極 4 0 1 側から取り出す場合、第 2 の電極 4 0 4 は反射率の高い材料によって形成される。第 2 の電極 4 0 4 はパッド 4 1 2 と接続することによって、電圧が供給される。

#### 【 0 2 7 6 】

以上、第 1 の電極 4 0 1、E L 層 4 0 3、及び第 2 の電極 4 0 4 を有する発光デバイスを本実施の形態で示す照明装置は有している。当該発光デバイスは駆動電圧の低い有機 E L  
デバイスであるため、本実施の形態における照明装置は消費電力の小さい照明装置とすることができ  
る。

30

#### 【 0 2 7 7 】

以上の構成を有する有機 E L デバイスが形成された基板 4 0 0 と、封止基板 4 0 7 とをシール材 4 0 5、4 0 6 を用いて固着し、封止することによって照明装置が完成する。シール材 4 0 5、4 0 6 はどちらか一方でもかまわない。また、内側のシール材 4 0 6 ( 図 1 2 ( B ) では図示せず ) には乾燥剤を混ぜることもでき、これにより、水分を吸着することができ、信頼性の向上につながる。

#### 【 0 2 7 8 】

また、パッド 4 1 2 と第 1 の電極 4 0 1 の一部をシール材 4 0 5、4 0 6 の外に伸張して設けることによって、外部入力端子とすることができる。また、その上にコンバーターなどを搭載した I C チップ 4 2 0 などを設けても良い。

40

#### 【 0 2 7 9 】

以上、本実施の形態に記載の照明装置は、E L 素子に実施の形態 1 および実施の形態 2 に記載の有機 E L デバイスを用いており、消費電力の小さい発光装置とすることができる。

#### 【 0 2 8 0 】

( 実施の形態 6 )

本実施の形態では、実施の形態 1 および実施の形態 2 に記載の有機 E L デバイスをその一部に含む電子機器の例について説明する。実施の形態 1 および実施の形態 2 に記載の有機 E L デバイスは駆動電圧が低く、消費電力の小さい有機 E L デバイスである。その結果、

50

本実施の形態に記載の電子機器は、消費電力が小さい発光部を有する電子機器とすることが可能である。

【0281】

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

【0282】

図13(A)は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置は、筐体7101に表示部7103が組み込まれている。また、ここでは、スタンド7105により筐体7101を支持した構成を示している。表示部7103により、映像を表示することが可能であり、表示部7103は、実施の形態1および実施の形態2に記載の有機ELデバイスをマトリクス状に配列して構成されている。 10

【0283】

テレビジョン装置の操作は、筐体7101が備える操作スイッチ、別体のリモコン操作機7110により行うことができる。リモコン操作機7110が備える操作キー7109により、チャンネル、音量の操作を行うことができ、表示部7103に表示される映像を操作することができる。また、リモコン操作機7110に、当該リモコン操作機7110から出力する情報を表示する表示部7107を設ける構成としてもよい。 20

【0284】

なお、テレビジョン装置は、受信機、モデムなどを備えた構成とする。受信機により一般のテレビ放送の受信を行うことができ、さらにモデムを介して有線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。

【0285】

図13(B1)はコンピュータであり、本体7201、筐体7202、表示部7203、キーボード7204、外部接続ポート7205、ポインティングデバイス7206等を含む。なお、このコンピュータは、実施の形態1および実施の形態2に記載の有機ELデバイスをマトリクス状に配列して表示部7203に用いることにより作製される。図13(B1)のコンピュータは、図13(B2)のような形態であっても良い。図13(B2)のコンピュータは、キーボード7204、ポインティングデバイス7206の代わりに第2の表示部7210が設けられている。第2の表示部7210はタッチパネル式となっており、第2の表示部7210に表示された入力用の表示を指または専用のペンで操作することによって入力を行うことができる。また、第2の表示部7210は入力用表示だけでなく、その他の画像を表示することも可能である。また表示部7203もタッチパネルであっても良い。二つの画面がヒンジで接続されていることによって、収納、運搬をする際に画面を傷つける、破損するなどのトラブルの発生も防止することができる。 30

【0286】

図13(C)は、携帯端末の一例を示している。携帯電話機は、筐体7401に組み込まれた表示部7402の他、操作ボタン7403、外部接続ポート7404、スピーカ7405、マイク7406などを備えている。なお、携帯電話機は、実施の形態1および実施の形態2に記載の有機ELデバイスをマトリクス状に配列して作製された表示部7402を有している。 40

【0287】

図13(C)に示す携帯端末は、表示部7402を指などで触れることで、情報を入力することができる構成とすることもできる。この場合、電話を掛ける、或いはメールを作成するなどの操作は、表示部7402を指などで触れることにより行うことができる。

【0288】

表示部7402の画面は主として3つのモードがある。第1は、画像の表示を主とする表 50

示モードであり、第２は、文字等の情報の入力を主とする入力モードである。第３は表示モードと入力モードの２つのモードが混合した表示＋入力モードである。

【０２８９】

例えば、電話を掛ける、或いはメールを作成する場合は、表示部７４０２を文字の入力を主とする文字入力モードとし、画面に表示させた文字の入力操作を行えばよい。この場合、表示部７４０２の画面のほとんどにキーボードまたは番号ボタンを表示させることが好ましい。

【０２９０】

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

10

【０２９１】

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

【０２９２】

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

20

【０２９３】

表示部７４０２は、イメージセンサとして機能させることもできる。例えば、表示部７４０２に掌または指で触れ、掌紋、指紋等を撮像することで、本人認証を行うことができる。また、表示部に近赤外光を発光するバックライトまたは近赤外光を発光するセンシング用光源を用いれば、指静脈、掌静脈などを撮像することもできる。

【０２９４】

なお、本実施の形態に示す構成は、実施の形態１乃至実施の形態５に示した構成を適宜組み合わせ用いることができる。

【０２９５】

以上の様に実施の形態１および実施の形態２に記載の有機ＥＬデバイスを備えた発光装置の適用範囲は極めて広く、この発光装置をあらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。実施の形態１および実施の形態２に記載の有機ＥＬデバイスを用いることにより消費電力の小さい電子機器を得ることができる。

30

【０２９６】

図１４（Ａ）は、掃除ロボットの一例を示す模式図である。

【０２９７】

掃除ロボット５１００は、上面に配置されたディスプレイ５１０１、側面に配置された複数のカメラ５１０２、ブラシ５１０３、操作ボタン５１０４を有する。また図示されていないが、掃除ロボット５１００の下面には、タイヤ、吸い込み口等が備えられている。掃除ロボット５１００は、その他に赤外線センサ、超音波センサ、加速度センサ、圧電センサ、光センサ、ジャイロセンサなどの各種センサを備えている。また、掃除ロボット５１００は、無線による通信手段を備えている。

40

【０２９８】

掃除ロボット５１００は自走し、ゴミ５１２０を検知し、下面に設けられた吸い込み口からゴミを吸引することができる。

【０２９９】

また、掃除ロボット５１００はカメラ５１０２が撮影した画像を解析し、壁、家具または段差などの障害物の有無を判断することができる。また、画像解析により、配線などブラシ５１０３に絡まりそうな物体を検知した場合は、ブラシ５１０３の回転を止めることができる。

50

## 【0300】

ディスプレイ5101には、バッテリーの残量、吸引したゴミの量などを表示することができる。掃除ロボット5100が走行した経路をディスプレイ5101に表示させてもよい。また、ディスプレイ5101をタッチパネルとし、操作ボタン5104をディスプレイ5101に設けてもよい。

## 【0301】

掃除ロボット5100は、スマートフォンなどの携帯電子機器5140と通信することができる。カメラ5102が撮影した画像は、携帯電子機器5140に表示させることができる。そのため、掃除ロボット5100の持ち主は、外出先からでも、部屋の様子を知ることができる。また、ディスプレイ5101の表示をスマートフォンなどの携帯電子機器で確認することもできる。

10

## 【0302】

本発明の一態様の発光装置はディスプレイ5101に用いることができる。

## 【0303】

図14(B)に示すロボット2100は、演算装置2110、照度センサ2101、マイクロフォン2102、上部カメラ2103、スピーカ2104、ディスプレイ2105、下部カメラ2106および障害物センサ2107、移動機構2108を備える。

## 【0304】

マイクロフォン2102は、使用者の話し声及び環境音等を検知する機能を有する。また、スピーカ2104は、音声を発する機能を有する。ロボット2100は、マイクロフォン2102およびスピーカ2104を用いて、使用者とコミュニケーションをとることが可能である。

20

## 【0305】

ディスプレイ2105は、種々の情報の表示を行う機能を有する。ロボット2100は、使用者の望みの情報をディスプレイ2105に表示することが可能である。ディスプレイ2105は、タッチパネルを搭載していてもよい。また、ディスプレイ2105は取り外しのできる情報端末であっても良く、ロボット2100の定位置に設置することで、充電およびデータの受け渡しを可能とする。

## 【0306】

上部カメラ2103および下部カメラ2106は、ロボット2100の周囲を撮像する機能を有する。また、障害物センサ2107は、移動機構2108を用いてロボット2100が前進する際の進行方向における障害物の有無を察知することができる。ロボット2100は、上部カメラ2103、下部カメラ2106および障害物センサ2107を用いて、周囲の環境を認識し、安全に移動することが可能である。本発明の一態様の発光装置はディスプレイ2105に用いることができる。

30

## 【0307】

図14(C)はゴーグル型ディスプレイの一例を表す図である。ゴーグル型ディスプレイは、例えば、筐体5000、表示部5001、スピーカ5003、LEDランプ5004、操作キー(電源スイッチ、又は操作スイッチを含む)、接続端子5006、センサ5007(力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい、又は赤外線を測定する機能を含むもの)、マイクロフォン5008、表示部5002、支持部5012、イヤホン5013等を有する。

40

## 【0308】

本発明の一態様の発光装置は表示部5001および表示部5002に用いることができる。

## 【0309】

図15は、実施の形態1および実施の形態2に記載の有機ELデバイスを、照明装置である電気スタンドに用いた例である。図15に示す電気スタンドは、筐体2001と、光源2002を有し、光源2002としては、実施の形態3に記載の照明装置を用いても良い

50

。

#### 【0310】

図16は、実施の形態1および実施の形態2に記載の有機ELデバイスを、室内の照明装置3001として用いた例である。実施の形態1および実施の形態2に記載の有機ELデバイスは駆動電圧の低い有機ELデバイスであるため、消費電力の小さい照明装置とすることができる。また、実施の形態1および実施の形態2に記載の有機ELデバイスは大面積化が可能であるため、大面積の照明装置として用いることができる。また、実施の形態1および実施の形態2に記載の有機ELデバイスは、薄型であるため、薄型化した照明装置として用いることが可能となる。

#### 【0311】

実施の形態1および実施の形態2に記載の有機ELデバイスは、自動車のフロントガラス、ダッシュボードなどにも搭載することができる。図17に実施の形態1および実施の形態2に記載の有機ELデバイスを自動車のフロントガラス、ダッシュボードなどに用いる一態様を示す。表示領域5200乃至表示領域5203は実施の形態1および実施の形態2に記載の有機ELデバイスを用いて設けられた表示領域である。

#### 【0312】

表示領域5200と表示領域5201は自動車のフロントガラスに設けられた実施の形態1および実施の形態2に記載の有機ELデバイスを搭載した表示装置である。実施の形態1および実施の形態2に記載の有機ELデバイスは、第1の電極と第2の電極を透光性を有する電極で作製することによって、反対側が透けて見える、いわゆるシースルー状態の表示装置とすることができる。シースルー状態の表示であれば、自動車のフロントガラスに設置したとしても、視界の妨げになることなく設置することができる。なお、駆動のためのトランジスタなどを設ける場合には、有機半導体材料による有機トランジスタ、酸化物半導体を用いたトランジスタなど、透光性を有するトランジスタを用いると良い。

#### 【0313】

表示領域5202はピラー部分に設けられた実施の形態1および実施の形態2に記載の有機ELデバイスを搭載した表示装置である。表示領域5202には、車体に設けられた撮像手段からの映像を映し出すことによって、ピラーで遮られた視界を補完することができる。また、同様に、ダッシュボード部分に設けられた表示領域5203は車体によって遮られた視界を、自動車の外側に設けられた撮像手段からの映像を映し出すことによって、死角を補い、安全性を高めることができる。見えない部分を補完するように映像を映すことによって、より自然に違和感なく安全確認を行うことができる。

#### 【0314】

表示領域5203はまたナビゲーション情報、速度、回転数、エアコンの設定など、その他様々な情報を提供することができる。表示は使用者の好みに合わせて適宜その表示項目、レイアウトを変更することができる。なお、これら情報は表示領域5200乃至表示領域5202にも設けることができる。また、表示領域5200乃至表示領域5203は照明装置として用いることも可能である。

#### 【0315】

また、図18(A)、(B)に、折りたたみ可能な携帯情報端末5150を示す。折りたたみ可能な携帯情報端末5150は筐体5151、表示領域5152および屈曲部5153を有している。図18(A)に展開した状態の携帯情報端末5150を示す。図18(B)に折りたたんだ状態の携帯情報端末を示す。携帯情報端末5150は、大きな表示領域5152を有するにも関わらず、折りたためばコンパクトで可搬性に優れる。

#### 【0316】

表示領域5152は屈曲部5153により半分に折りたたむことができる。屈曲部5153は伸縮可能な部材と複数の支持部材とで構成されており、折りたたむ場合は、伸縮可能な部材が伸び、屈曲部5153は2mm以上、好ましくは3mm以上の曲率半径を有して折りたたまれる。

#### 【0317】

10

20

30

40

50

なお、表示領域 5 1 5 2 は、タッチセンサ（入力装置）を搭載したタッチパネル（入出力装置）であってもよい。本発明の一態様の発光装置を表示領域 5 1 5 2 に用いることができる。

【 0 3 1 8 】

また、図 1 9（A）～（C）に、折りたたみ可能な携帯情報端末 9 3 1 0 を示す。図 1 9（A）に展開した状態の携帯情報端末 9 3 1 0 を示す。図 1 9（B）に展開した状態又は折りたたんだ状態の一方から他方に変化する途中の状態の携帯情報端末 9 3 1 0 を示す。図 1 9（C）に折りたたんだ状態の携帯情報端末 9 3 1 0 を示す。携帯情報端末 9 3 1 0 は、折りたたんだ状態では可搬性に優れ、展開した状態では、継ぎ目のない広い表示領域により表示の一覧性に優れる。

10

【 0 3 1 9 】

表示パネル 9 3 1 1 はヒンジ 9 3 1 3 によって連結された 3 つの筐体 9 3 1 5 に支持されている。なお、表示パネル 9 3 1 1 は、タッチセンサ（入力装置）を搭載したタッチパネル（入出力装置）であってもよい。また、表示パネル 9 3 1 1 は、ヒンジ 9 3 1 3 を介して 2 つの筐体 9 3 1 5 間を屈曲させることにより、携帯情報端末 9 3 1 0 を展開した状態から折りたたんだ状態に可逆的に変形させることができる。本発明の一態様の発光装置を表示パネル 9 3 1 1 に用いることができる。

【 実施例 1 】

【 0 3 2 0 】

本実施例では、本発明の一態様の有機 E L デバイス（以下 O E L デバイスと称する）について詳しく説明する。本実施例で用いた代表的な有機化合物の構造式を以下に示す。

20

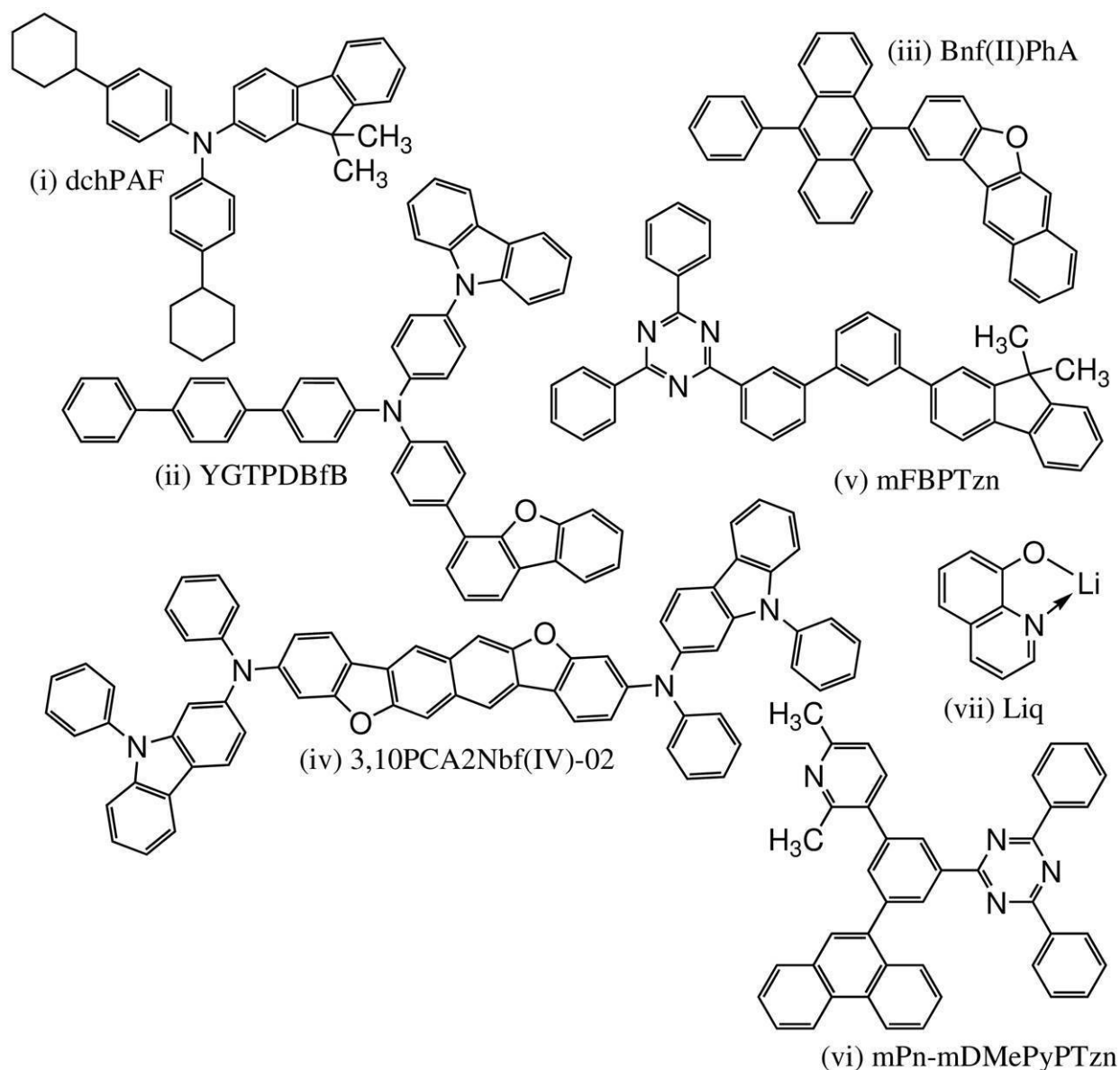
【 0 3 2 1 】

30

40

50

## 【化 4】



10

20

30

## 【 0 3 2 2 】

( O E L デバイス 1 の 作 製 方 法 )

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 ( I T S O ) をスパッタリング法にて成膜し、陽極 1 0 1 を形成した。なお、その膜厚は 5 5 n m とし、電極面積は 2 m m × 2 m m とした。

## 【 0 3 2 3 】

次に、基板の上に O E L デバイスを形成するための前処理として、基板表面を水で洗浄し、2 0 0 ° C で 1 時間焼成した後、U V オゾン処理を 3 7 0 秒行った。

40

## 【 0 3 2 4 】

その後、1 0 - 4 P a 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、1 7 0 ° C で 3 0 分間の真空焼成を行った後、基板を 3 0 分程度放冷した。

## 【 0 3 2 5 】

次に、陽極 1 0 1 が形成された面が下方となるように、陽極 1 0 1 が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、陽極 1 0 1 上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、上記構造式 ( i ) で表される N , N - ビス ( 4 - シクロヘキシルフェニル ) - 9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - アミン ( 略称 : d c h P A F ) と分子量 6

50



72でフッ素を含む電子アクセプタ材料(OC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-003)とを、重量比で1:0.1(=dc<sub>6</sub>hPAF:OC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-003)となるように10nm共蒸着して正孔注入層111を形成した。

#### 【0326】

次に、正孔注入層111上に、dc<sub>6</sub>hPAFを膜厚30nmとなるように蒸着して第1の正孔輸送層を成膜し、その後、上記構造式(i i)で表されるN-[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N-[4-(4-ジベンゾフラニル)フェニル]-[1,1':4',1''-ターフェニル]-4-アミン(略称:YGT<sub>2</sub>PDBfB)を膜厚25nmとなるように成膜し、正孔輸送層112を形成した。

#### 【0327】

また、正孔輸送層112上に、上記構造式(i i i)で表される2-(10-フェニル-9-アントラセニル)-ベンゾ[b]ナフト[2,3-d]フラン(略称:Bnf(II)PhA)と上記構造式(i v)で表される3,10-ビス[N-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)-N-フェニルアミノ]ナフト[2,3-b;6,7-b']ビスベンゾフラン(略称:3,10PCA2Nbf(IV)-02)とを重量比で1:0.015(=Bnf(II)PhA:3,10PCA2Nbf(IV)-02)、膜厚25nmとなるように共蒸着して発光層113を形成した。

#### 【0328】

続いて、発光層113上に、上記構造式(v)で表される2-[3'-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-1,1'-ビフェニル-3-イル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称:mFBPTzn)を膜厚10nmとなるように成膜して正孔ブロック層を形成した。

#### 【0329】

その後、上記構造式(v i)で表される2-[3-(2,6-ジメチル-3-ピリジニル)-5-(9-フェナントレニル)フェニル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称:mPn-mDMePyPTzn)と、上記構造式(v i i)で表される8-キノリノラト-リチウム(略称:Liq)とを重量比で1:1(=mPn-mDMePyPTzn:Liq)、膜厚20nmとなるように共蒸着して電子輸送層114を形成した。

#### 【0330】

電子輸送層114を形成した後、Liqを、1nm蒸着して電子注入層115を形成し、最後にアルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着することで陰極102を形成してOELデバイス1を作製した。

#### 【0331】

上記OELデバイス1の素子構造を以下の表にまとめる。

#### 【0332】

10

20

30

40

50

【表 7】

|         |   | 膜厚   | OELデバイス1                                   |
|---------|---|------|--|
| 電子注入層   |   | 1nm  | Liq  |
| 電子輸送層   |   | 20nm | mPn-mDMePyPTzn:Liq<br>(1:1)                |
| 正孔ブロック層 |   | 10nm | mFBPTzn                                    |
| 発光層     |   | 25nm | Bnf(II)PhA:3,10PCA2Nbf(IV)-02<br>(1:0.015) |
| 正孔輸送層   | 2 | 25nm | YGTPDBfB                                   |
|         | 1 | 30nm | dchPAF                                     |
| 正孔注入層   |   | 10nm | dchPAF:<br>OCHD-003<br>(1:0.1)             |

10

20

## 【0333】

上記OELデバイス1を、窒素雰囲気グローブボックス内において、大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時にUV処理、80℃にて1時間熱処理）を行った後、初期特性について測定を行った。なお、OELデバイスを作製したガラス基板に、取出し効率向上のための特別な措置は行っていない。

## 【0334】

OELデバイス1の輝度-電流密度特性を図20に、輝度-電圧特性を図21に、電流効率-輝度特性を図22に、電流密度-電圧特性を図23に、外部量子効率-輝度特性を図24に、発光スペクトルを図25に示す。また、OELデバイス1の1000cd/m<sup>2</sup>付近における主要な特性を表8に示す。なお、輝度、CIE色度および発光スペクトルの測定には分光放射輝度計（トプコン社製、UR-UL1R）を用い、常温で測定した。また、外部量子効率は、測定した輝度と発光スペクトルを用い、配光特性がランバーシアン型であると仮定し算出した。

30

## 【0335】

【表 8】

|          | 電圧<br>(V) | 電流<br>(mA) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | 色度<br>x | 色度<br>y | 電流効率<br>(cd/A) | 外部量子<br>効率(%) |
|----------|-----------|------------|-------------------------------|---------|---------|----------------|---------------|
| OELデバイス1 | 3.8       | 0.41       | 10.3                          | 0.13    | 0.13    | 11.4           | 11            |

40

## 【0336】

図20乃至図25および表8より、OELデバイス1は、駆動電圧および発光効率の良い、良好な特性を備えたOELデバイスであることがわかった。

## 【0337】

ここで、OELデバイス1における正孔輸送層に用いた正孔輸送性を有する有機化合物の蒸着膜のGSP(mV/nm)についてまとめた結果を下の表に示す。また、先に形成された正孔輸送層（第1の正孔輸送層）に用いられた正孔輸送性を有する有機化合物（HTM1）のGSP（GSP1）から、後に形成された正孔輸送層（第2の正孔輸送層）に用

50

いられた正孔輸送性を有する有機化合物（HTM2）のGSP（GSP2）を差し引いた値（GSP）も併せて下表に示した。

【0338】

【表9】

|                         | OELデバイス1 |
|-------------------------|----------|
| HTM2                    | YGTPDBfB |
| GSP2<br>(mV/nm)         | 8.7      |
| HTM1                    | dchPAF   |
| GSP1<br>(mV/nm)         | 22.4     |
| $\Delta$ GSP<br>(mV/nm) | 13.7     |

10

【0339】

このように、OELデバイス1は、GSPが13.7（mV/nm）と小さい値を示している。本発明の一態様のOELデバイスは、駆動電圧の小さい良好な特性を有するOELデバイスとなることがわかった。

【実施例2】

20

【0340】

本実施例では、本発明の一態様のOELデバイスおよび比較例のOELデバイスについて詳しく説明する。本実施例で用いた代表的な有機化合物の構造式を以下に示す。

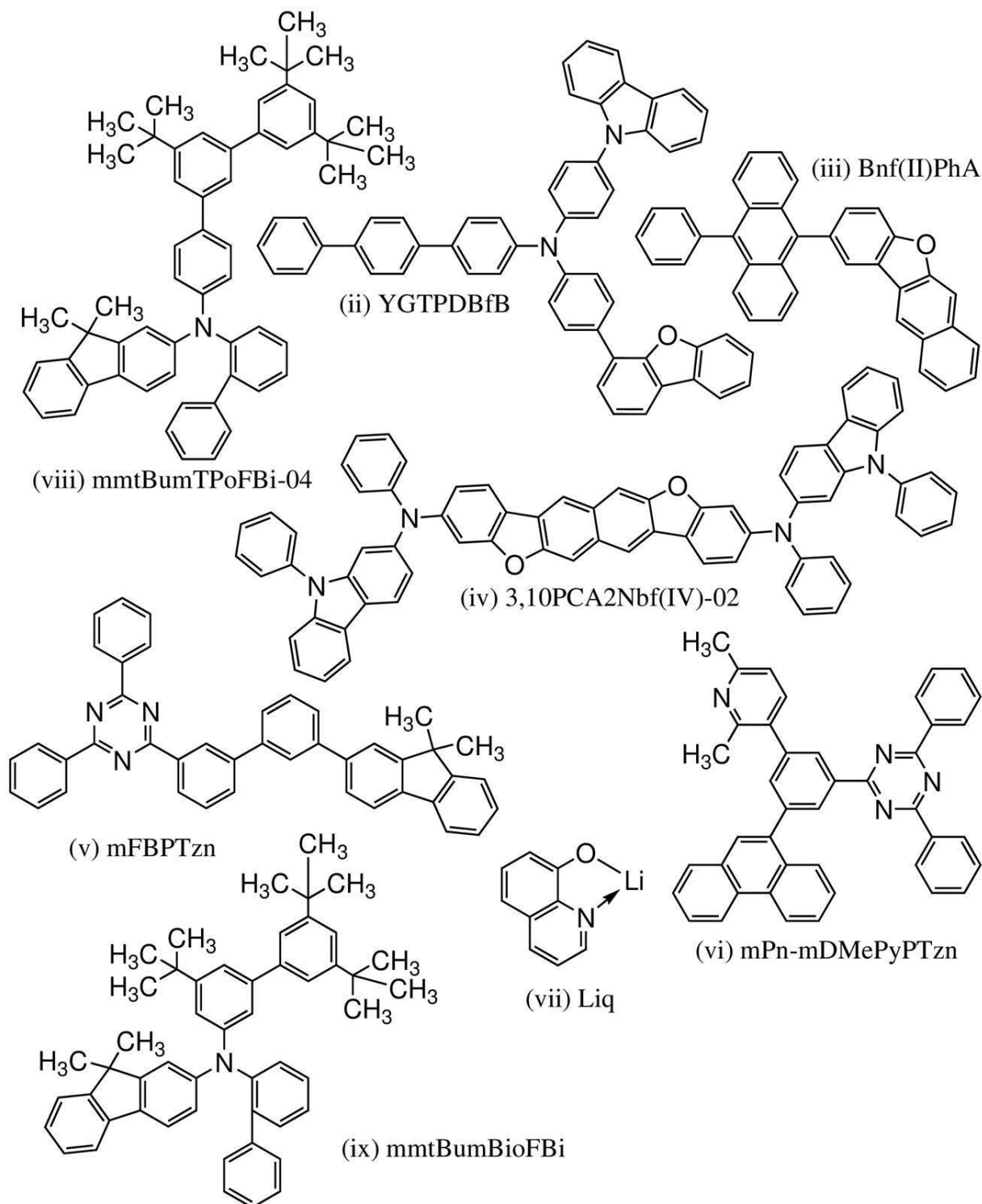
【0341】

30

40

50

## 【化 5】



10

20

30

40

## 【0342】

(OELデバイス2の作製方法)

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物(I T S O)をスパッタリング法にて成膜し、陽極101を形成した。なお、その膜厚は55nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。

## 【0343】

次に、基板上にOELデバイスを形成するための前処理として、基板表面を水で洗浄し、200℃で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。

## 【0344】

50

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

#### 【0345】

次に、陽極101が形成された面が下方となるように、陽極101が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、陽極101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、上記構造式(viii)で表されるN-(3',5',5'-トリ-t-ブチル-1,1':3',1'-ターフェニル-4-イル)-N-(1,1'-ビフェニル-2-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mm t B u m T P o F B i - 0 4 ) と、分子量672でフッ素を含む電子アクセプタ材料( O C H D - 0 0 3 ) とを、重量比で1:0.1(= mm t B u m T P o F B i - 0 4 : O C H D - 0 0 3 ) となるように10 nm 共蒸着して正孔注入層111を形成した。

#### 【0346】

次に、正孔注入層111上に、mm t B u m T P o F B i - 0 4 を膜厚100 nm となるように蒸着して第1の正孔輸送層を成膜し、その後、上記構造式(ii)で表されるN-[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N-[4-(4-ジベンゾフラニル)フェニル]-[1,1':4',1'-ターフェニル]-4-アミン(略称: Y G T P D B f B ) を膜厚10 nm となるように成膜し、正孔輸送層112を形成した。

#### 【0347】

また、正孔輸送層112上に、上記構造式(iii)で表される2-(10-フェニル-9-アントラセニル)-ベンゾ[b]ナフト[2,3-d]フラン(略称: B n f ( I I ) P h A ) と上記構造式(iv)で表される3,10-ビス[N-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)-N-フェニルアミノ]ナフト[2,3-b;6,7-b']ビスベンゾフラン(略称: 3,10 P C A 2 N b f ( I V ) - 0 2 ) とを重量比で1:0.015(= B n f ( I I ) P h A : 3,10 P C A 2 N b f ( I V ) - 0 2 ) 、膜厚25 nm となるように共蒸着して発光層113を形成した。

#### 【0348】

続いて、発光層113上に、上記構造式(v)で表される2-[3'-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-1,1'-ビフェニル-3-イル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称: m F B P T z n ) を膜厚10 nm となるように成膜して正孔ブロック層を形成した。

#### 【0349】

その後、上記構造式(vi)で表される2-[3-(2,6-ジメチル-3-ピリジニル)-5-(9-フェナントレニル)フェニル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称: m P n - m D M e P y P T z n ) と、上記構造式(viii)で表される8-キノリノラト-リチウム(略称: L i q ) とを重量比で1:1(= m P n - m D M e P y P T z n : L i q ) 、膜厚15 nm となるように共蒸着して電子輸送層114を形成した。

#### 【0350】

電子輸送層114を形成した後、L i q を、1 nm 蒸着して電子注入層115を形成し、最後にアルミニウムを200 nm の膜厚となるように蒸着することで陰極102を形成してO E L デバイス2を作製した。

#### 【0351】

(比較O E L デバイス2の作製方法)

比較O E L デバイス2は、O E L デバイス2におけるmm t B u m T P o F B i - 0 4 を、上記構造式(ix)で表されるN-(1,1'-ビフェニル-2-イル)-N-[(3,3',5'-トリ-t-ブチル)-1,1'-ビフェニル-5-イル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mm t B u m B i o F B i ) に変えた他は、O E L デバイス2と同様に作製した。

#### 【0352】

上記 O E L デバイス 2 および比較 O E L デバイス 2 の素子構造を下の表にまとめた。

【 0 3 5 3 】

【 表 1 0 】

|         |   | 膜厚    | OELデバイス2                                   | 比較OELデバイス2                           |
|---------|---|-------|--|--------------------------------------|
| 電子注入層   |   | 1nm   | Liq  |                                      |
| 電子輸送層   |   | 15nm  | mPn-mDMePyPTzn:Liq<br>(1:1)                |                                      |
| 正孔ブロック層 |   | 10nm  | mFBPTzn                                    |                                      |
| 発光層     |   | 25nm  | Bnf(II)PhA:3,10PCA2Nbf(IV)-02<br>(1:0.015) |                                      |
| 正孔輸送層   | 2 | 10nm  | YGTPDBfB                                   |                                      |
|         | 1 | 100nm | mmtBumTPoFBi-04                            | mmtBumBioFBi                         |
| 正孔注入層   |   | 10nm  | mmtBumTPoFBi-04:<br>OCHD-003<br>(1:0.1)    | mmtBumBioFBi:<br>OCHD-003<br>(1:0.1) |

10

20

【 0 3 5 4 】

上記 O E L デバイス 2 および比較 O E L デバイス 2 を、窒素雰囲気グローブボックス内において、大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に U V 処理、80℃にて1時間熱処理）を行った後、これら O E L デバイスの初期特性について測定を行った。なお、O E L デバイスを作製したガラス基板に、取出し効率向上のための特別な措置は行っていない。

【 0 3 5 5 】

O E L デバイス 2 および比較 O E L デバイス 2 の輝度 - 電流密度特性を図 2 6 に、輝度 - 電圧特性を図 2 7 に、電流効率 - 輝度特性を図 2 8 に、電流密度 - 電圧特性を図 2 9 に、外部量子効率 - 輝度特性を図 3 0 に、発光スペクトルを図 3 1 に示す。また、各 O E L デバイスの 1000 cd/m<sup>2</sup> 付近における主要な特性を表 1 1 に示す。なお、輝度、CIE 色度および発光スペクトルの測定には分光放射輝度計（トプコン社製、UR-UL1R）を用い、常温で測定した。また、外部量子効率は、測定した輝度と発光スペクトルを用い、配光特性がランバーシアン型であると仮定し算出した。

30

【 0 3 5 6 】

【 表 1 1 】

|            | 電圧<br>(V) | 電流<br>(mA) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | 色度<br>x | 色度<br>y | 電流効率<br>(cd/A) | 外部量子<br>効率(%) |
|------------|-----------|------------|-------------------------------|---------|---------|----------------|---------------|
| OELデバイス2   | 4.0       | 0.70       | 17.6                          | 0.14    | 0.10    | 6.2            | 7             |
| 比較OELデバイス2 | 4.8       | 0.81       | 20.2                          | 0.14    | 0.12    | 5.0            | 5             |

40

【 0 3 5 7 】

図 2 6 乃至図 3 1 および表 1 1 より、O E L デバイス 2 は、比較 O E L デバイス 2 と比較して、駆動電圧および発光効率の良い、良好な特性を備えた O E L デバイスであることがわかった。

【 0 3 5 8 】

ここで、各 O E L デバイスについて、正孔輸送層に用いた正孔輸送性を有する有機化合物

50

の蒸着膜の G S P ( m V / n m ) についてまとめた結果を下の表に示す。また、先に形成された正孔輸送層 ( 第 1 の正孔輸送層 ) に用いられた正孔輸送性を有する有機化合物 ( H T M 1 ) の G S P ( G S P 1 ) から、後に形成された正孔輸送層 ( 第 2 の正孔輸送層 ) に用いられた正孔輸送性を有する有機化合物 ( H T M 2 ) の G S P ( G S P 2 ) を差し引いた値 (  $\Delta$  G S P ) も併せて下表に示した。

【 0 3 5 9 】

【表 1 2】

|                         | OELデバイス2        | 比較OELデバイス2   |
|-------------------------|-----------------|--------------|
| HTM2                    | YGTPDBfB        |              |
| GSP2<br>(mV/nm)         | 8.7             |              |
| HTM1                    | mmtBumTPoFBi-04 | mmtBumBioFBi |
| GSP1<br>(mV/nm)         | 16.7            | 40.6         |
| $\Delta$ GSP<br>(mV/nm) | 8               | 31.9         |

10

【 0 3 6 0 】

このように、比較 O E L デバイス 2 は G S P が大きいことから第 1 の正孔輸送層から第 2 の正孔輸送層へのホールの注入性が悪く、駆動電圧の上昇を招いていると考えられる。一方で、G S P の小さい本発明の一態様の O E L デバイスは、駆動電圧の小さい良好な特性を有する O E L デバイスとなることがわかった。

20

【実施例 3】

【 0 3 6 1 】

本実施例では、本発明の一態様の O E L デバイスおよび比較例の O E L デバイスについて詳しく説明する。本実施例で用いた代表的な有機化合物の構造式を以下に示す。

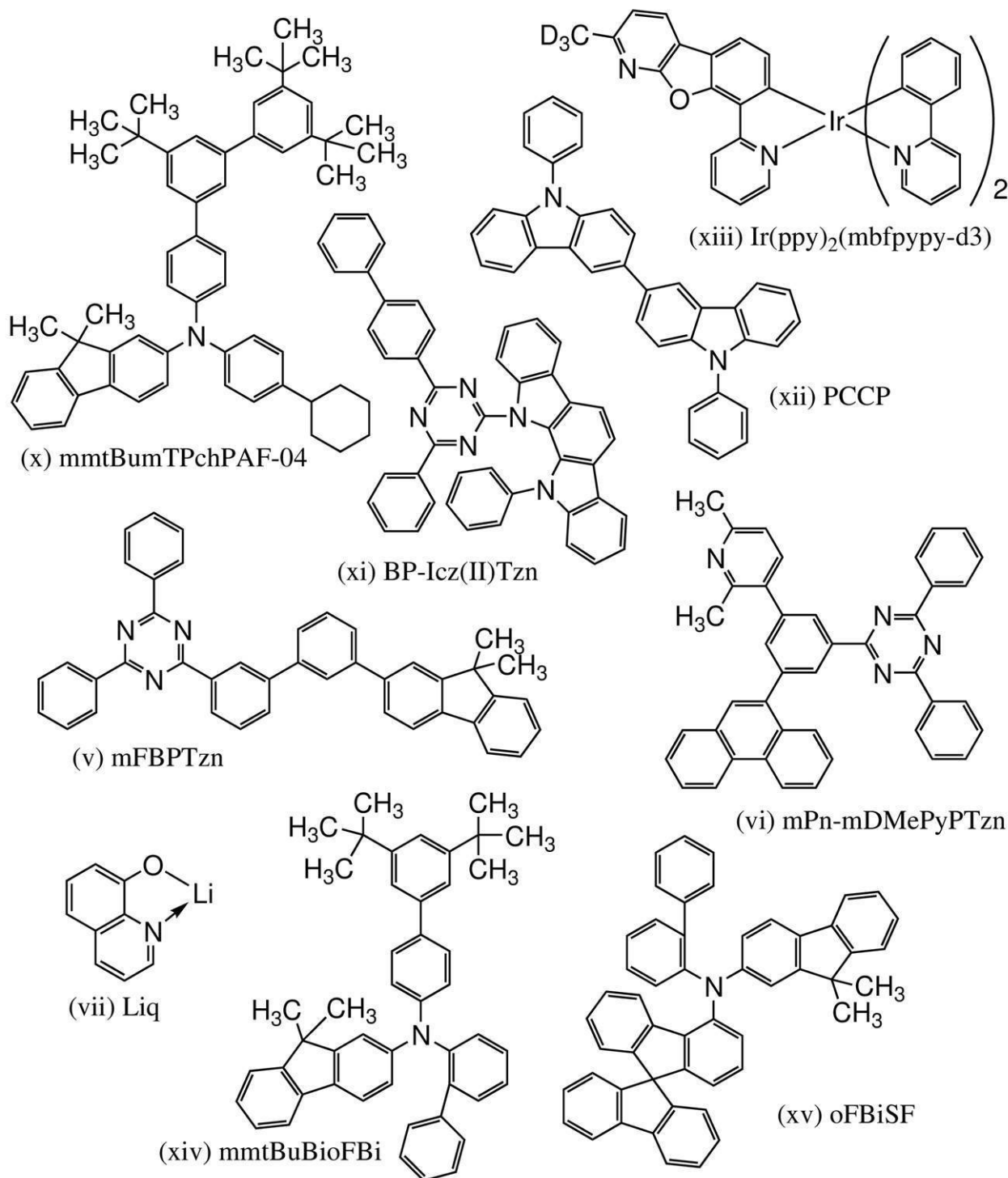
【 0 3 6 2 】

30

40

50

## 【化 6】



10

20

30

40

## 【0363】

(OELデバイス3-1の作製方法)

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物(ITSO)をスパッタリング法にて成膜し、陽極101を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。

## 【0364】

次に、基板の上にOELデバイスを形成するための前処理として、基板表面を水で洗浄し、200℃で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。

## 【0365】

その後、10<sup>-4</sup>Pa程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着

50



装置内の加熱室において、170 で30分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷した。

#### 【0366】

次に、陽極101が形成された面が下方となるように、陽極101が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、陽極101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、上記構造式(x)で表されるN-(3',5',5'-トリ-tert-ブチル-1,1':3',1'-ターフェニル-4-イル)-N-(4-シクロヘキシルフェニル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mm t B u m T P c h P A F - 0 4 )と、分子量672でフッ素を含む電子アクセプタ材料( O C H D - 0 0 3 )とを、重量比で1:0.1(= mm t B u m T P c h P A F - 0 4 : O C H D - 0 0 3 )となるように10nm共蒸着して正孔注入層111を形成した。 10

#### 【0367】

次に、正孔注入層111上に、mm t B u m T P c h P A F - 0 4を膜厚100nmとなるように蒸着して第1の正孔輸送層を形成し、その後、さらにmm t B u m T P c h P A F - 0 4を膜厚40nmとなるように成膜して第2の正孔輸送層を形成し、正孔輸送層112を形成した。

#### 【0368】

正孔輸送層112上に、上記構造式(x i)で表される11-(4-[1,1'-ビフェニル]-4-イル-6-フェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)-11,12-ジヒドロ-12-フェニル-インドロ[2,3-a]カルバゾール(略称: B P - I c z ( I I ) T z n)と、上記構造式(x i i)で表される3,3'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)(略称: P C C P)と、上記構造式(x i i i)で表される[2-d3-メチル-(2-ピリジニル-N)ベンゾフロ[2,3-b]ピリジン-C]ビス[2-(2-ピリジニル-N)フェニル-C]イリジウム( I I I ) (略称: [ I r ( p p y ) 2 ( m b f p y p y - d 3 ) ] )と、を重量比で0.5:0.5:0.10(= B P - I c z ( I I ) T z n : P C C P : [ I r ( p p y ) 2 ( m b f p y p y - d 3 ) ] )、膜厚40nmとなるように共蒸着して発光層113を形成した。 20

#### 【0369】

続いて、発光層113上に、上記構造式(v)で表される2-[3'-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-1,1'-ビフェニル-3-イル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称: m F B P T z n)を膜厚10nmとなるように成膜して正孔ブロック層を形成した。 30

#### 【0370】

その後、上記構造式(v i)で表される2-[3-(2,6-ジメチル-3-ピリジニル)-5-(9-フェナントレニル)フェニル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称: m P n - m D M e P y P T z n)と、上記構造式(v i i)で表される8-キノリノラト-リチウム(略称: L i q)とを重量比で1:1(= m P n - m D M e P y P T z n : L i q)、膜厚25nmとなるように共蒸着して電子輸送層114を形成した。

#### 【0371】

電子輸送層114を形成した後、L i qを、1nm蒸着して電子注入層115を形成し、最後にアルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着することで陰極102を形成してO E Lデバイス3-1を作製した。

#### 【0372】

(O E Lデバイス3-2の作製方法)

O E Lデバイス3-2は、O E Lデバイス3-1における第2の正孔輸送層を、mm t B u m T P o F B i - 0 4の代わりに上記構造式(x i v)で表されるN-3',5'-ジターシャリーブチル-1,1'-ビフェニル-4-イル-N-1,1'-ビフェニル-2-イル-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mm t B u B i o F B i )を用いて形成した他は、O E Lデバイス3-1と同様に作製した。 40

## 【 0 3 7 3 】

( 比較 O E L デバイス 3 の作製方法 )

比較 O E L デバイス 3 は、O E L デバイス 3 - 1 における第 2 の正孔輸送層を、m m t B u m T P o F B i - 0 4 の代わりに上記構造式 ( x v ) で表される N - ( 1 , 1 ' - ピフェニル - 2 - イル ) - N - ( 9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - イル ) - 9 , 9 ' - スピロ - ビ [ 9 H - フルオレン ] - 4 - アミン ( 略称 : o F B i S F ) を用いて形成した他は、O E L デバイス 3 - 1 と同様に作製した。

## 【 0 3 7 4 】

上記 O E L デバイス 3 - 1、O E L デバイス 3 - 2 および比較 O E L デバイス 3 の素子構造を下の表にまとめた。

## 【 0 3 7 5 】

【表 1 3 】

|         |   | 膜厚    | OELデバイス3-1  | OELデバイス3-2  | 比較OELデバイス3 |
|---------|---|-------|---|-------------|------------|
| 電子注入層   |   | 1nm   | Liq   |             |            |
| 電子輸送層   |   | 25nm  | mPn-mDMePyPTzn:Liq<br>(1:1)   |             |            |
| 正孔ブロック層 |   | 10nm  | mFBPTzn   |             |            |
| 発光層     |   | 40nm  | BP-Icz(II)Tzn:PCCP:[Ir(ppy) <sub>2</sub> (mbfppy-d3)]<br>(0.5:0.5:0.10) |             |            |
| 正孔輸送層   | 2 | 40nm  | mmtBumTPchPAF-04  | mmtBuBioFBi | oFBiSF     |
|         | 1 | 100nm | mmtBumTPchPAF-04  |             |            |
| 正孔注入層   |   | 10nm  | mmtBumTPchPAF-04:<br>OCHD-003<br>(1:0.1)                                |             |            |

## 【 0 3 7 6 】

上記 O E L デバイス 3 - 1、O E L デバイス 3 - 2 および比較 O E L デバイス 3 を、窒素雰囲気グローブボックス内において、大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業 ( シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に U V 処理、8 0 ℃にて 1 時間熱処理 ) を行った後、これら O E L デバイスの初期特性について測定を行った。なお、O E L デバイスを作製したガラス基板に、取出し効率向上のための特別な措置は行っていない。

## 【 0 3 7 7 】

O E L デバイス 3 - 1、O E L デバイス 3 - 2 および比較 O E L デバイス 3 の輝度 - 電流密度特性を図 3 2 に、輝度 - 電圧特性を図 3 3 に、電流効率 - 輝度特性を図 3 4 に、電流密度 - 電圧特性を図 3 5 に、外部量子効率 - 輝度特性を図 3 6 に、発光スペクトルを図 3 7 に示す。また、各 O E L デバイスの 1 0 0 0 c d / m<sup>2</sup> 付近における主要な特性を表 1 4 に示す。なお、輝度、C I E 色度および発光スペクトルの測定には分光放射輝度計 ( トプコン社製、U R - U L 1 R ) を用い、常温で測定した。また、外部量子効率は、測定した輝度と発光スペクトルを用い、配光特性がランバーシアン型であると仮定し算出した。

## 【 0 3 7 8 】

10

20

30

40

50

【表 1 4】

|            | 電圧<br>(V) | 電流<br>(mA) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | 色度<br>x | 色度<br>y | 電流効率<br>(cd/A) | 外部量子<br>効率(%) |
|------------|-----------|------------|-------------------------------|---------|---------|----------------|---------------|
| OELデバイス3-1 | 2.9       | 0.04       | 1.0                           | 0.32    | 0.64    | 86.1           | 23            |
| OELデバイス3-2 | 3.1       | 0.05       | 1.2                           | 0.32    | 0.64    | 85.0           | 22            |
| 比較OELデバイス3 | 4.0       | 0.06       | 1.4                           | 0.32    | 0.64    | 81.1           | 21            |

## 【0379】

10

図32乃至図37および表14より、OELデバイス3-1およびOELデバイス3-2は、比較OELデバイス3と比較して、駆動電圧の非常に小さい、良好な特性を備えたOELデバイスであることがわかった。

## 【0380】

ここで、各OELデバイスについて、正孔輸送層に用いた正孔輸送性を有する有機化合物の蒸着膜のGSP (mV/nm) をまとめた結果を下の表に示す。また、先に形成された正孔輸送層(第1の正孔輸送層)に用いられた正孔輸送性を有する有機化合物(HTM1)のGSP (GSP1) から、後に形成された正孔輸送層(第2の正孔輸送層)に用いられた正孔輸送性を有する有機化合物(HTM2)のGSP (GSP2) を差し引いた値(GSP) も併せて下表に示した。

20

## 【0381】

【表 1 5】

|                         | OELデバイス3-1       | OELデバイス3-2  | 比較OELデバイス3 |
|-------------------------|------------------|-------------|------------|
| HTM2                    | mmtBumTPchPAF-04 | mmtBuBioFBi | oFBiSF     |
| GSP2<br>(mV/nm)         | 33.9             | 25.5        | 11.3       |
| HTM1                    | mmtBumTPchPAF-04 |             |            |
| GSP1<br>(mV/nm)         | 33.9             |             |            |
| $\Delta$ GSP<br>(mV/nm) | 0                | 8.4         | 22.6       |

30

## 【0382】

このように、GSPが大きい比較OELデバイス3は第1の正孔輸送層から第2の正孔輸送層へのホールの注入性が悪く、駆動電圧の上昇を招いていると考えられる。一方で、GSPの小さい本発明の一態様のOELデバイス3-1およびOELデバイス3-2は、駆動電圧の小さい良好な特性を有するOELデバイスとなることがわかった。

## 【実施例 4】

40

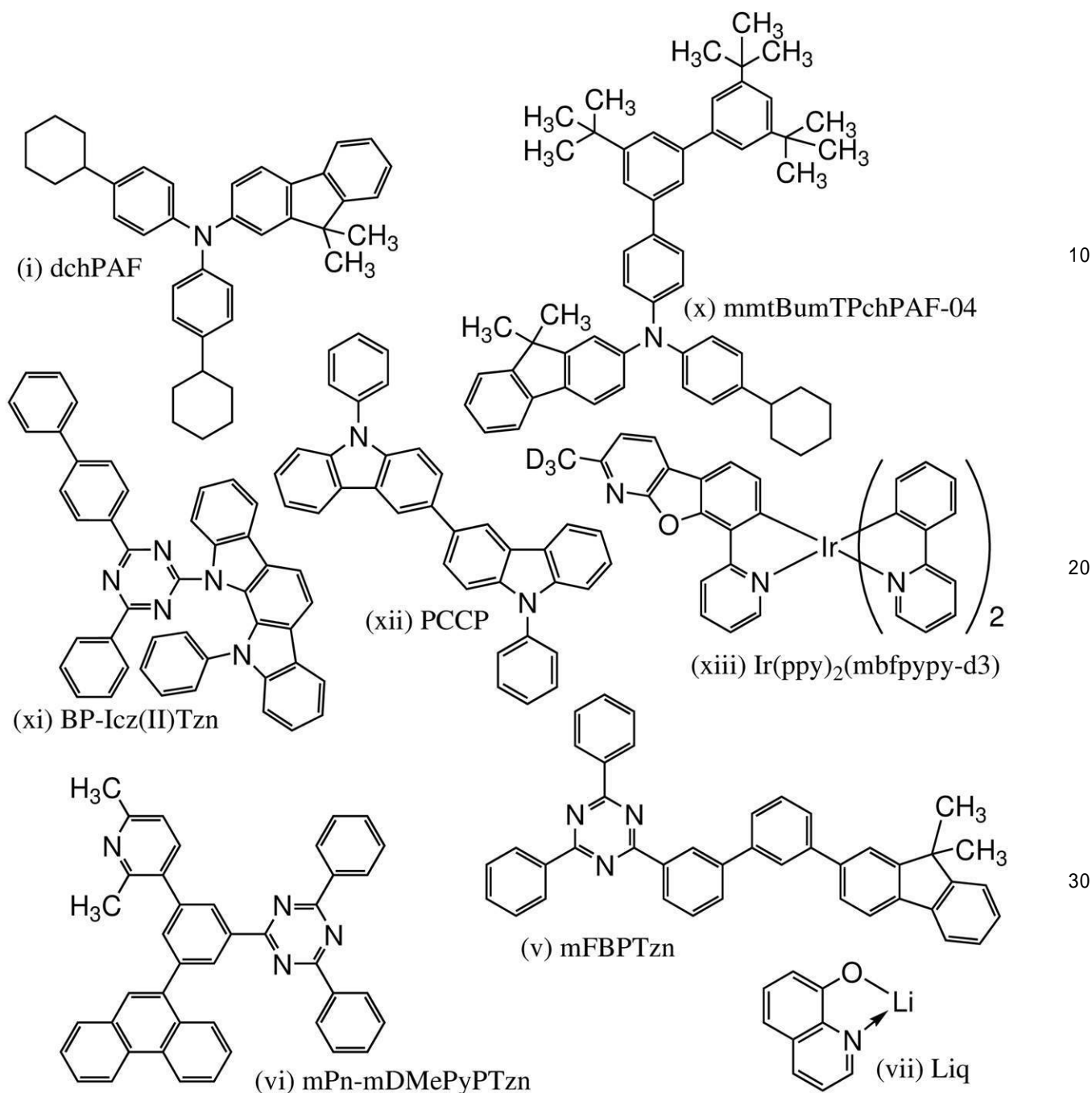
## 【0383】

本実施例では、本発明の一態様のOELデバイスについて詳しく説明する。本実施例で用いた代表的な有機化合物の構造式を以下に示す。

## 【0384】

50

## 【化 7】



## 【 0 3 8 5 】

( O E L デバイス 4 の 作 製 方 法 )

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 ( I T S O ) をスパッタリング法にて成膜し、陽極 1 0 1 を形成した。なお、その膜厚は 1 1 0 n m とし、電極面積は 2 m m × 2 m m とした。

## 【 0 3 8 6 】

次に、基板に O E L デバイスを形成するための前処理として、基板表面を水で洗浄し、2 0 0 °C で 1 時間焼成した後、U V オゾン処理を 3 7 0 秒行った。

## 【 0 3 8 7 】

その後、1 0 - 4 P a 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、1 7 0 °C で 3 0 分間の真空焼成を行った後、基板を 3 0 分程度放冷した。

## 【0388】

次に、陽極101が形成された面が下方となるように、陽極101が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、陽極101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、上記構造式(i)で表されるN,N-ビス(4-シクロヘキシルフェニル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: dchPAF)と、分子量672でフッ素を含む電子アクセプタ材料( OCHD-003)とを、重量比で1:0.1(= dchPAF: OCHD-003)となるように10nm共蒸着して正孔注入層111を形成した。

## 【0389】

次に、正孔注入層111上に、dchPAFを膜厚100nmとなるように蒸着して第110の正孔輸送層を形成し、その後、さらに上記構造式(x)で表されるN-(3',5',5'-トリ-tert-ブチル-1,1':3',1'-ターフェニル-4-イル)-N-(4-シクロヘキシルフェニル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mmtBumTPchPAF-04)を膜厚40nmとなるように成膜して第2の正孔輸送層を形成し、正孔輸送層112を形成した。

## 【0390】

正孔輸送層112上に、上記構造式(xi)で表される11-(4-[1,1'-ビフェニル]-4-イル-6-フェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)-11,12-ジヒドロ-12-フェニル-インドロ[2,3-a]カルバゾール(略称: BP-icz(II)Tzn)と、上記構造式(xii)で表される3,3'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)(略称: PCCP)と、上記構造式(xiii)で表される[2-d3-メチル-(2-ピリジニル-N)ベンゾフロ[2,3-b]ピリジン-C]ビス[2-(2-ピリジニル-N)フェニル-C]イリジウム(III)(略称: [Ir(ppy)<sub>2</sub>(mbfppy-d3)])と、を重量比で0.5:0.5:0.10(= BP-icz(II)Tzn: PCCP: [Ir(ppy)<sub>2</sub>(mbfppy-d3)])、膜厚40nmとなるように共蒸着して発光層113を形成した。

## 【0391】

続いて、発光層113上に、上記構造式(v)で表される2-[3'-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-1,1'-ビフェニル-3-イル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称: mFBPTzn)を膜厚10nmとなるように成膜して正孔ブロック層を形成した。

## 【0392】

その後、上記構造式(vi)で表される2-[3-(2,6-ジメチル-3-ピリジニル)-5-(9-フェナントレニル)フェニル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称: mPn-mDMePyPTzn)と、上記構造式(vii)で表される8-キノリノラト-リチウム(略称: Liq)とを重量比で1:1(= mPn-mDMePyPTzn: Liq)、膜厚25nmとなるように共蒸着して電子輸送層114を形成した。

## 【0393】

電子輸送層114を形成した後、Liqを、1nm蒸着して電子注入層115を形成し、最後にアルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着することで陰極102を形成してOELデバイス4を作製した。

## 【0394】

上記OELデバイス4の素子構造を下の表にまとめた。

## 【0395】

【表 1 6】

|         |   | 膜厚    | OELデバイス4  |
|---------|---|-------|---|
| 電子注入層   |   | 1nm   | Liq   |
| 電子輸送層   |   | 25nm  | mPn-mDMePyPTzn:Liq<br>(1:1)   |
| 正孔ブロック層 |   | 10nm  | mFBPTzn   |
| 発光層     |   | 40nm  | BP-Icz(II)Tzn:PCCP:Ir(ppy) <sub>2</sub> (mbfppy-d3)<br>(0.5:0.5:0.10) |
| 正孔輸送層   | 2 | 40nm  | mmtBumTPchPAF-04  |
|         | 1 | 100nm | dchPAF  |
| 正孔注入層   |   | 10nm  | dchPAF:OCHD-003<br>(1:0.1)  |

10

## 【0396】

上記OELデバイス4を、窒素雰囲気グローブボックス内において、OELデバイスが大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時にUV処理、80℃にて1時間熱処理）を行った後、初期特性について測定を行った。なお、OELデバイスを作製したガラス基板に、取出し効率向上のための特別な措置は行っていない。

20

## 【0397】

OELデバイス4の輝度-電流密度特性を図38に、輝度-電圧特性を図39に、電流効率-輝度特性を図40に、電流密度-電圧特性を図41に、外部量子効率-輝度特性を図42に、発光スペクトルを図43に示す。また、OELデバイス4の1000cd/m<sup>2</sup>付近における主要な特性を表17に示す。なお、輝度、CIE色度および発光スペクトルの測定には分光放射輝度計（トプコン社製、UR-UL1R）を用い、常温で測定した。また、外部量子効率は、測定した輝度と発光スペクトルを用い、配光特性がランバート型であると仮定し算出した。

30

## 【0398】

【表 1 7】

|          | 電圧<br>(V) | 電流<br>(mA) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | 色度<br>x | 色度<br>y | 電流効率<br>(cd/A) | 外部量子<br>効率(%) |
|----------|-----------|------------|-------------------------------|---------|---------|----------------|---------------|
| OELデバイス4 | 3.1       | 0.05       | 1.1                           | 0.33    | 0.64    | 99.0           | 26            |

## 【0399】

図38乃至図43および表17より、OELデバイス4は、駆動電圧の小さい、良好な特性を備えたOELデバイスであることがわかった。

40

## 【0400】

ここで、OELデバイス4について、正孔輸送層に用いた正孔輸送性を有する有機化合物の蒸着膜の巨大表面電位（GSP（mV/nm））をまとめた結果を下の表に示す。また、先に形成された正孔輸送層（第1の正孔輸送層）に用いられた正孔輸送性を有する有機化合物（HTM1）のGSP（GSP1）から、後に形成された正孔輸送層（第2の正孔輸送層）に用いられた正孔輸送性を有する有機化合物（HTM2）のGSP（GSP2）を差し引いた値（ΔGSP）も併せて下表に示した。

## 【0401】

50

【表 1 8】

|                 |                  |
|-----------------|------------------|
|                 | OELデバイス4         |
| HTM2            | mmtBumTPchPAF-04 |
| GSP2<br>(mV/nm) | 33.9             |
| HTM1            | dchPAF           |
| GSP1<br>(mV/nm) | 22.4             |
| ΔGSP<br>(mV/nm) | -11.5            |

10

【 0 4 0 2 】

このように、 G S P の小さい本発明の一態様の O E L デバイス 4 は、駆動電圧の小さい良好な特性を有する O E L デバイスとなることがわかった。

【 実施例 5 】

【 0 4 0 3 】

本実施例では、本発明の一態様の O E L デバイスおよび比較例の O E L デバイスについて詳しく説明する。本実施例で用いた代表的な有機化合物の構造式を以下に示す。

【 0 4 0 4 】

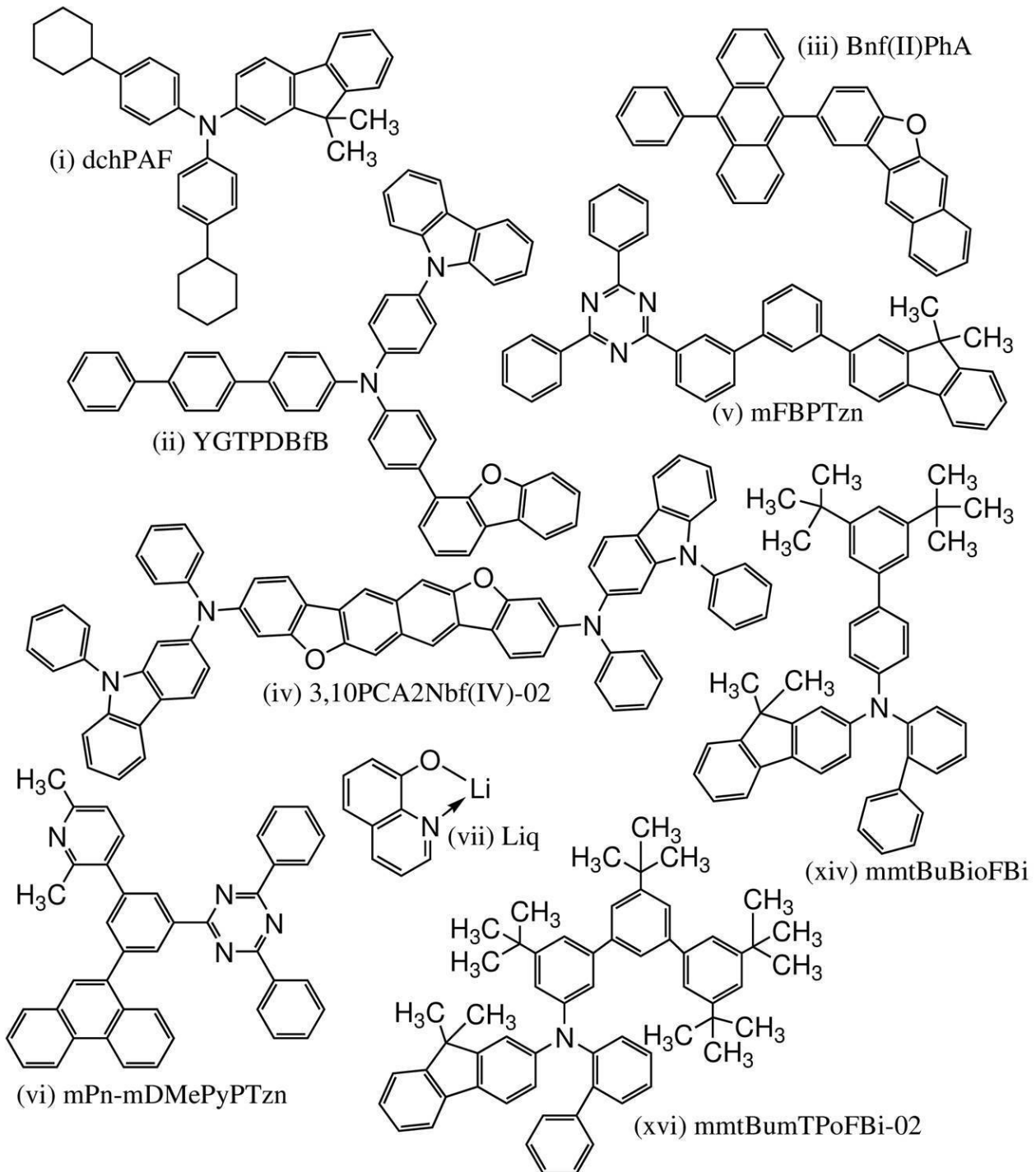
20

30

40

50

## 【化 8】



## 【 0 4 0 5 】

( O E L デバイス 5 - 1 の 作 製 方 法 )

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 ( I T S O ) をスパッタリング法にて成膜し、陽極 1 0 1 を形成した。なお、その膜厚は 5 5 n m とし、電極面積は 2 m m × 2 m m とした。

## 【 0 4 0 6 】

次に、基板上に O E L デバイスを形成するための前処理として、基板表面を水で洗浄し、2 0 0 ° で 1 時間焼成した後、U V オゾン処理を 3 7 0 秒行った。

## 【 0 4 0 7 】

その後、1 0 - 4 P a 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、1 7 0 ° で 3 0 分間の真空焼成を行った後、基板を 3 0 分程度



放冷した。

【0408】

次に、陽極101が形成された面が下方となるように、陽極101が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、陽極101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、上記構造式(i)で表されるN,N-ビス(4-シクロヘキシルフェニル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: dchPAF)と、分子量672でフッ素を含む電子アクセプタ材料( OCHD-003)とを、重量比で1:0.1(= dchPAF: OCHD-003)となるように10nm共蒸着して正孔注入層111を形成した。

【0409】

次に、正孔注入層111上に、dchPAFを膜厚120nmとなるように蒸着して第1の正孔輸送層を成膜し、その後、上記構造式(ii)で表されるN-[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N-[4-(4-ジベンゾフラニル)フェニル]-[1,1':4',1''-ターフェニル]-4-アミン(略称: YGTPDBfB)を膜厚10nmとなるように成膜し、正孔輸送層112を形成した。

【0410】

また、正孔輸送層112上に、上記構造式(iii)で表される2-(10-フェニル-9-アントラセニル)-ベンゾ[b]ナフト[2,3-d]フラン(略称: Bnf(II)PhA)と上記構造式(iv)で表される3,10-ビス[N-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)-N-フェニルアミノ]ナフト[2,3-b;6,7-b']ビスベンゾフラン(略称: 3,10PCA2Nbf(IV)-02)とを重量比で1:0.015(= Bnf(II)PhA: 3,10PCA2Nbf(IV)-02)、膜厚25nmとなるように共蒸着して発光層113を形成した。

【0411】

続いて、発光層113上に、上記構造式(v)で表される2-[3'-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-1,1'-ビフェニル-3-イル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称: mFBPTzn)を膜厚10nmとなるように成膜して正孔ブロック層を形成した。

【0412】

その後、上記構造式(vi)で表される2-[3-(2,6-ジメチル-3-ピリジニル)-5-(9-フェナントレニル)フェニル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称: mPn-mDMePyPTzn)と、上記構造式(vii)で表される8-キノリノラト-リチウム(略称: Liq)とを重量比で1:1(= mPn-mDMePyPTzn: Liq)、膜厚20nmとなるように共蒸着して電子輸送層114を形成した。

【0413】

電子輸送層114を形成した後、Liqを、1nm蒸着して電子注入層115を形成し、最後にアルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着することで陰極102を形成してOELデバイス5-1を作製した。

【0414】

(OELデバイス5-2の作製方法)  
OELデバイス5-2は、OELデバイス5-1におけるdchPAFを上記構造式(xiv)で表されるN-3',5'-ジターシャリーブチル-1,1'-ビフェニル-4-イル-N-1,1'-ビフェニル-2-イル-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mmtBuBioFBi)に変えた他はOELデバイス5-1と同様に作製した。

【0415】

(比較OELデバイス5の作製方法)  
比較OELデバイス5は、OELデバイス5-1におけるdchPAFを上記構造式(xv)で表されるN-(1,1'-ビフェニル-2-イル)-N-(3,3'',5',5'50

10

20

30

40

- テトラ - t - ブチル - 1 , 1 ' : 3 ' , 1 ' ' - ターフェニル - 5 - イル ) - 9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - アミン ( 略称 : m m t B u m T P o F B i - 0 2 ) に変えた他は O E L デバイス 5 - 1 と同様に作製した。

【 0 4 1 6 】

上記 O E L デバイス 5 - 1 、 O E L デバイス 5 - 2 および比較 O E L デバイス 5 の素子構造を下の表にまとめた。

【 0 4 1 7 】

【 表 1 9 】

|         |   | 膜厚    | OELデバイス5-1                                 | OELデバイス5-2                          | 比較OELデバイス5                              |
|---------|---|-------|--|-------------------------------------|---|
| 電子注入層   |   | 1nm   | Liq  |                                     |   |
| 電子輸送層   |   | 20nm  | mPn-mDMePyPTzn:Liq<br>(1:1)                |                                     |   |
| 正孔ブロック層 |   | 10nm  | mFBPTzn                                    |                                     |   |
| 発光層     |   | 25nm  | Bnf(II)PhA:3,10PCA2Nbf(IV)-02<br>(1:0.015) |                                     |   |
| 正孔輸送層   | 2 | 10nm  | YGTPDBfB                                   |                                     |   |
|         | 1 | 120nm | dchPAF                                     | mmtBuBioFBi                         | mmtBumTPoFBi-02                         |
| 正孔注入層   |   | 10nm  | dchPAF:<br>OCHD-003<br>(1:0.1)             | mmtBuBioFBi:<br>OCHD-003<br>(1:0.1) | mmtBumTPoFBi-02:<br>OCHD-003<br>(1:0.1) |

10

20

【 0 4 1 8 】

上記 O E L デバイス 5 - 1 、 O E L デバイス 5 - 2 および比較 O E L デバイス 5 を、窒素雰囲気グローブボックス内において、大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業 ( シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に U V 処理、80℃にて1時間熱処理 ) を行った後、初期特性について測定を行った。なお、O E L デバイスを作製したガラス基板に、取出し効率向上のための特別な措置は行っていない。

30

【 0 4 1 9 】

O E L デバイス 5 - 1 、 O E L デバイス 5 - 2 および比較 O E L デバイス 5 の輝度 - 電流密度特性を図 4 4 に、輝度 - 電圧特性を図 4 5 に、電流効率 - 輝度特性を図 4 6 に、電流密度 - 電圧特性を図 4 7 に、外部量子効率 - 輝度特性を図 4 8 に、パワー効率 - 輝度特性を図 4 9 に、発光スペクトルを図 5 0 に示す。また、O E L デバイス 5 - 1 、 O E L デバイス 5 - 2 および比較 O E L デバイス 5 の 1 0 0 0 c d / m <sup>2</sup> 付近における主要な特性を表 2 0 に示す。なお、輝度、C I E 色度および発光スペクトルの測定には分光放射輝度計 ( トプコン社製、U R - U L 1 R ) を用い、常温で測定した。また、外部量子効率は、測定した輝度と発光スペクトルを用い、配光特性がランバーシアン型であると仮定し算出した。

40

【 0 4 2 0 】

50

【表 20】

|            | 電圧<br>(V) | 電流<br>(mA) | 電流密度<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | 色度<br>x | 色度<br>y | 電流効率<br>(cd/A) | パワー効率<br>(lm/W) | 外部量子<br>効率(%) |
|------------|-----------|------------|-------------------------------|---------|---------|----------------|-----------------|---------------|
| OELデバイス5-1 | 3.8       | 0.49       | 12.3                          | 0.14    | 0.11    | 7.2            | 6.0             | 8             |
| OELデバイス5-2 | 3.8       | 0.49       | 12.3                          | 0.14    | 0.12    | 7.0            | 5.8             | 7             |
| 比較OELデバイス5 | 4.4       | 0.61       | 15.2                          | 0.14    | 0.12    | 7.3            | 5.2             | 7             |

10

## 【0421】

図44乃至図50および表20より、OELデバイス5-1およびOELデバイス5-2は、比較OELデバイス5と比較して、駆動電圧およびパワー効率の良い、良好な特性を備えたOELデバイスであることがわかった。

## 【0422】

ここで、各OELデバイスについて、正孔輸送層に用いた正孔輸送性を有する有機化合物の蒸着膜のGSP (mV/nm) についてまとめた結果を下の表に示す。また、先に形成された正孔輸送層(第1の正孔輸送層)に用いられた正孔輸送性を有する有機化合物(HTM1)のGSP (GSP1) から、後に形成された正孔輸送層(第2の正孔輸送層)に用いられた正孔輸送性を有する有機化合物(HTM2)のGSP (GSP2) を差し引いた値 (GSP) も併せて下表に示した。

20

## 【0423】

【表 21】

|                 | OELデバイス5-1 | OELデバイス5-2  | 比較OELデバイス5      |
|-----------------|------------|-------------|-----------------|
| HTM2            | YGTPDBfB   |             |                 |
| GSP2<br>(mV/nm) | 8.7        |             |                 |
| HTM1            | dchPAF     | mmtBuBioFBi | mmtBumTPoFBi-02 |
| GSP1<br>(mV/nm) | 22.4       | 25.5        | 32.8            |
| ΔGSP<br>(mV/nm) | 13.7       | 16.8        | 24.1            |

30

## 【0424】

このように、比較OELデバイス5はGSPが大きいことから第1の正孔輸送層から第2の正孔輸送層へのホールの注入性が悪く、駆動電圧の上昇を招いていると考えられる。一方で、GSPの小さい本発明の一態様のOELデバイス5-1およびOELデバイス5-2は、駆動電圧の小さいOELデバイスとなることがわかった。そのため、OELデバイス5-1の電流効率およびOELデバイス5-2の電流効率並びに外部量子効率は、図46、図48からわかるように比較OELデバイス5よりも低い、図49のようにパワー効率はどちらも比較OELデバイス5よりも良好な値を示すOELデバイスとなっている。

40

## 【0425】

(参考例1)

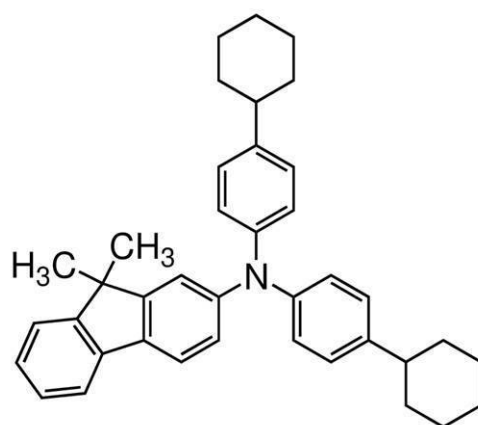
参考合成例1

本参考例では、実施例で使用した、N,N-ビス(4-シクロヘキシルフェニル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称:dchPAF)の合成方法について説明する。dchPAFの構造を以下に示す。

50

【 0 4 2 6 】

【 化 9 】



10

【 0 4 2 7 】

<ステップ1：N，N - ビス（4 - シクロヘキシルフェニル） - 9，9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - アミン（略称：d c h P A F）の合成>

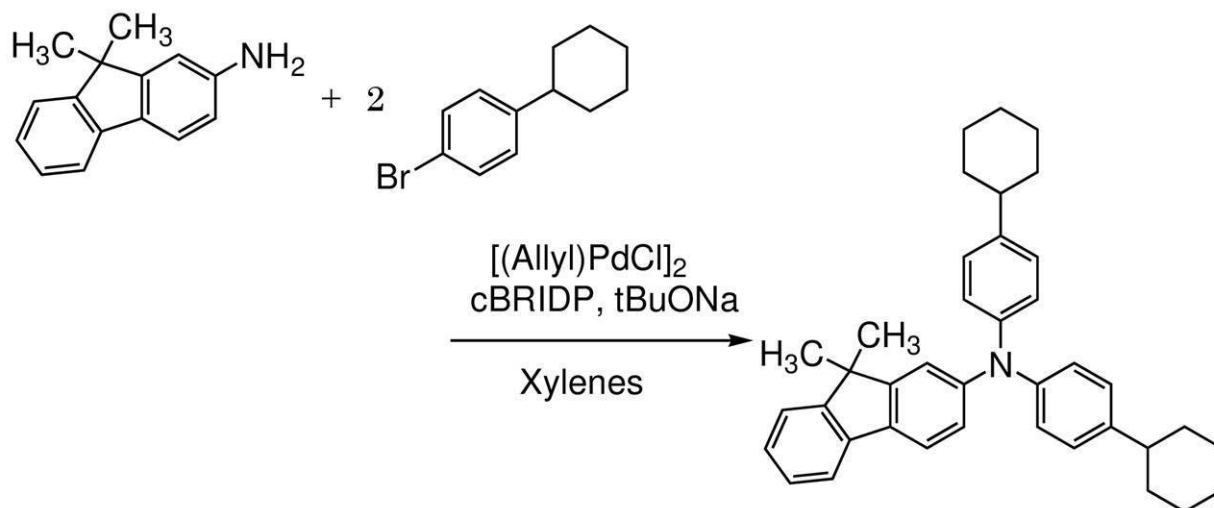
三口フラスコに9，9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - アミン10．6 g（51 mmol）、4 - シクロヘキシル - 1 - ブロモベンゼン18．2 g（76 mmol）、ナトリウム - t e r t - ブトキシド21．9 g（228 mmol）、キシレン255 mLを入れ、減圧下にて脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物を約50℃まで加熱撹拌した。ここで、アリル塩化パラジウム二量体（I I）（略称：[（A l l y l）PdCl]<sub>2</sub>）370 mg（1．0 mmol）、ジ - t e r t - ブチル（1 - メチル - 2，2 - ジフェニルシクロプロピル）ホスフィン（略称：c B R I D P（登録商標））1660 mg（4．0 mmol）を加え、この混合物を、120℃にて約5時間加熱した。その後、フラスコの温度を約60℃に戻し、水約4 mLを加え、固体を析出させた。析出した固体をろ別した。ろ液を濃縮し、得られた溶液をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られた溶液を濃縮し、濃厚なトルエン溶液を得た。このトルエン溶液をエタノールに滴下し、再沈殿した。約10℃にて析出物をろ過し、得られた固体を約80℃で減圧乾燥させ、目的物である白色固体を10．1 g、収率40％で得た。ステップ1のd c h P A Fの合成スキームを下に示す。

20

30

【 0 4 2 8 】

【 化 1 0 】



40

【 0 4 2 9 】

50

なお、上記ステップ 1 で得られた白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に示す。このことから、本合成例において、d c h P A F が合成できたことがわかった。

【0430】

$^1\text{H}$ -NMR. (CDCl<sub>3</sub>): 7.60 (d, 1H,  $J = 7.5\text{ Hz}$ ), 7.53 (d, 1H,  $J = 8.0\text{ Hz}$ ), 7.37 (d, 2H,  $J = 7.5\text{ Hz}$ ), 7.29 (td, 1H,  $J = 7.5\text{ Hz}$ ,  $1.0\text{ Hz}$ ), 7.23 (td, 1H,  $J = 7.5\text{ Hz}$ ,  $1.0\text{ Hz}$ ), 7.19 (d, 1H,  $J = 1.5\text{ Hz}$ ), 7.06 (m, 8H), 6.97 (dd, 1H,  $J = 8.0\text{ Hz}$ ,  $1.5\text{ Hz}$ ), 2.41 - 2.51 (br m, 2H), 1.79 - 1.95 (m, 8H), 1.70 - 1.77 (m, 2H), 1.33 - 1.45 (br m, 14H), 1.19 - 1.30 (br m, 2H).

【0431】

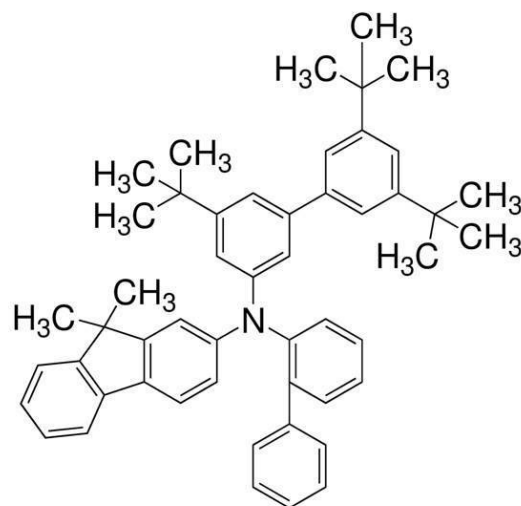
(参考例 2)

参考合成例 2

本参考例では、実施例で使用した有機化合物、N-(1, 1'-ビフェニル-2-イル)-N-[(3, 3', 5'-トリ-tert-ブチル)-1, 1'-ビフェニル-5-イル]-9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン (略称: mmtBumBioFBi) の合成方法について説明する。mmtBumBioFBi の構造を以下に示す。

【0432】

【化 11】



20

30

【0433】

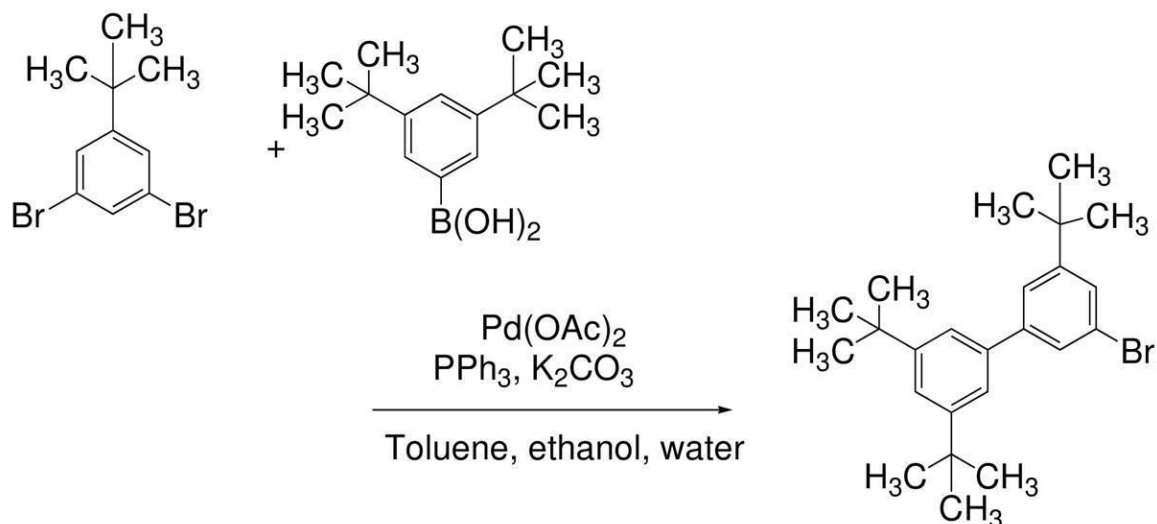
<ステップ 1: 3-ブロモ-3', 5, 5'-トリ-tert-ブチルビフェニルの合成>  
三口フラスコに 1, 3-ジブロモ-5-tert-ブチルベンゼン 37.2 g (128 mmol)、3, 5-ジtert-ブチルフェニルボロン酸 20.0 g (85 mmol)、炭酸カリウム 35.0 g (255 mmol)、トルエン 570 mL、エタノール 170 mL、水道水 130 mL を入れ、減圧下にて脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換し、酢酸パラジウム 382 mg (1.7 mmol)、トリフェニルホスフィン 901 mg (3.4 mmol) を加え、この混合物を、約 5 時間 40 にて加熱した。その後、室温に戻し有機層と水層を分液した。この溶液に硫酸マグネシウムを加えて水分を乾燥させ濃縮した。得られたヘキサン溶液をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製し、目的物である無色油状物を 21.5 g、収率 63% で得た。ステップ 1 の 3-ブロモ-3', 5, 5'-トリ-tert-ブチルビフェニルの合成スキームを下式に示す。

40

【0434】

50

## 【化 1 2】



10

## 【0 4 3 5】

<ステップ2: N-(1,1'-ビフェニル-2-イル)-N-[(3,3',5'-トリ-t-ブチル)-1,1'-ビフェニル-5-イル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mmtBumBioFBi)の合成>

20

三口フラスコにステップ1で合成した3-プロモ-3',5,5'-トリtertブチルビフェニル3.0g(7.5mmol)、N-(1,1'-ビフェニル-2-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン2.7g(7.5mmol)、ナトリウム-tert-ブトキシド2.2g(23mmol)と40mLのキシレンを加え、減圧下にて脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物にビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0)86mg(0.15mmol)、2-ジシクロヘキシルホスフィノ-2',6'-ジメトキシビフェニル(略称: Sphos(登録商標))184mg(0.45mmol)を加え、窒素気流下、120℃で約7時間攪拌した。その後、フラスコの温度を約60℃に戻し、水約1mLを加え、析出した固体をろ別し、トルエンで洗浄した。ろ液を濃縮し、得られたトルエン溶液をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られたフラクションを濃縮し、濃厚なトルエン溶液を得た。このトルエン溶液にエタノールを添加し、減圧濃縮してエタノール懸濁液を得た。約20℃にて析出物をろ過し、得られた固体を約80℃で減圧乾燥させ、目的物である白色固体を4.0g、収率78%で得た。ステップ2の合成スキームを下式に示す。

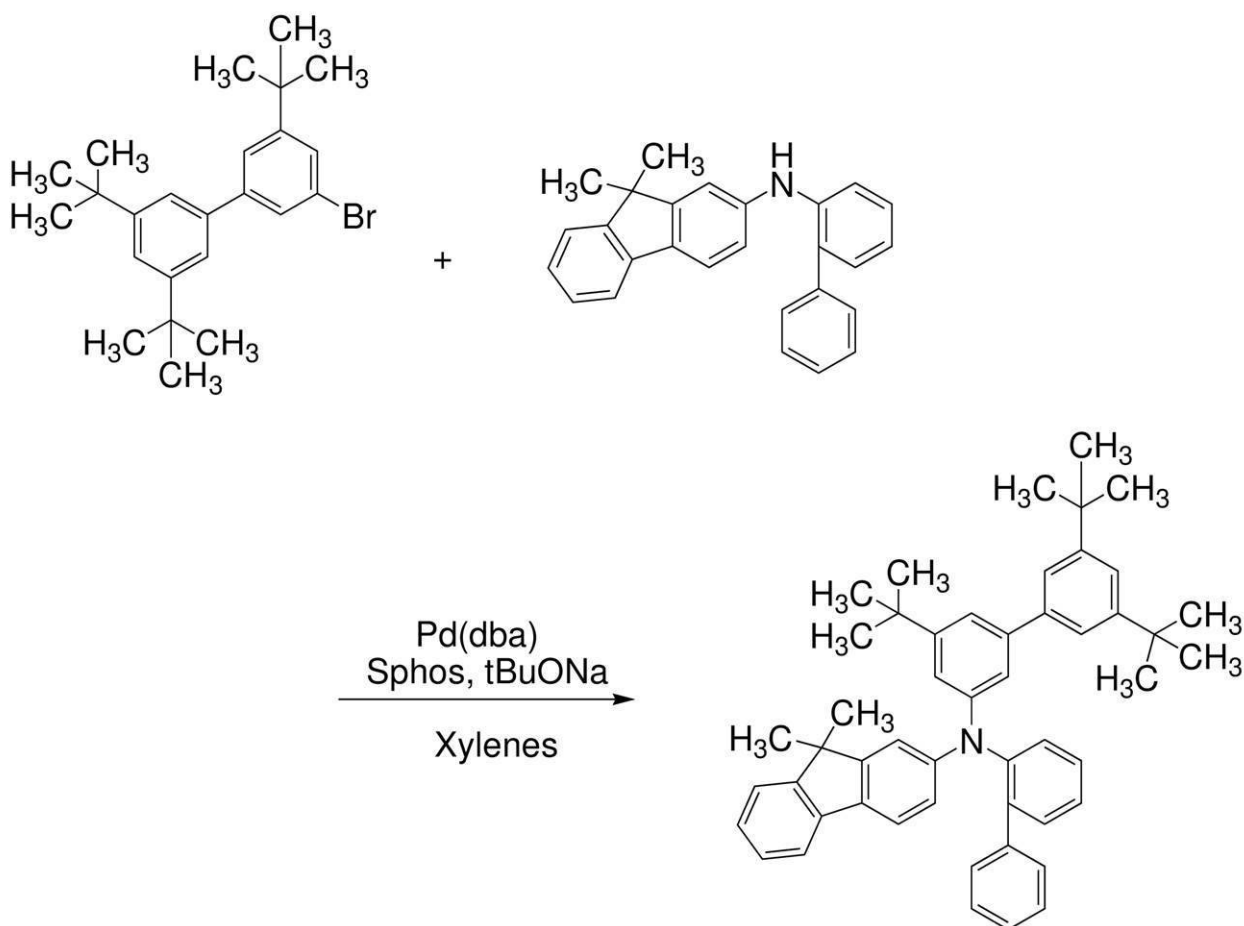
30

## 【0 4 3 6】

40

50

## 【化 1 3】



10

20

## 【0 4 3 7】

次に、得られた白色固体 4.0 g をトレインサブレーション法により、圧力 4.0 Pa、アルゴン流量 15 mL/min、245 の条件で昇華精製した。昇華精製後、白色固体 2.8 g、回収率 70 % で得た。

30

## 【0 4 3 8】

なお、上記ステップ 2 で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法 (<sup>1</sup>H-NMR) による分析結果を下記に示す。このことから、本合成例において、mmtBumBioFBi が合成できたことがわかった。

## 【0 4 3 9】

<sup>1</sup>H-NMR. (CDCl<sub>3</sub>): 7.57 (d, 1H, J = 7.5 Hz), 7.40 - 7.47 (m, 2H), 7.32 - 7.39 (m, 4H), 7.27 - 7.31 (m, 2H), 7.27 - 7.24 (m, 5H), 6.94 - 7.09 (m, 6H), 6.83 (brs, 2H), 1.33 (s, 18H), 1.32 (s, 6H), 1.20 (s, 9H).

40

## 【0 4 4 0】

(参考例 3)

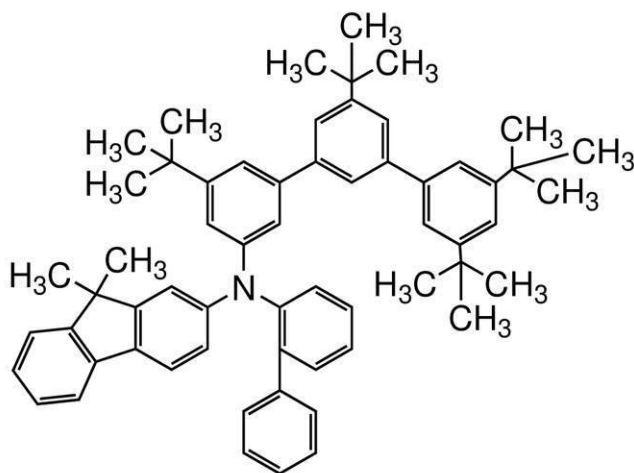
## 参考合成例 3

本参考例では、実施例で使用した有機化合物、N-(1,1'-ビフェニル-2-イル)-N-(3,3',5,5'-テトラ-tert-ブチル-1,1':3',1''-ターフェニル-5-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称:mmtBumTPoFBi-02)の合成方法について説明する。mmtBumTPoFBi-02の構造式を以下に示す。

## 【0 4 4 1】

50

## 【化 1 4】



10

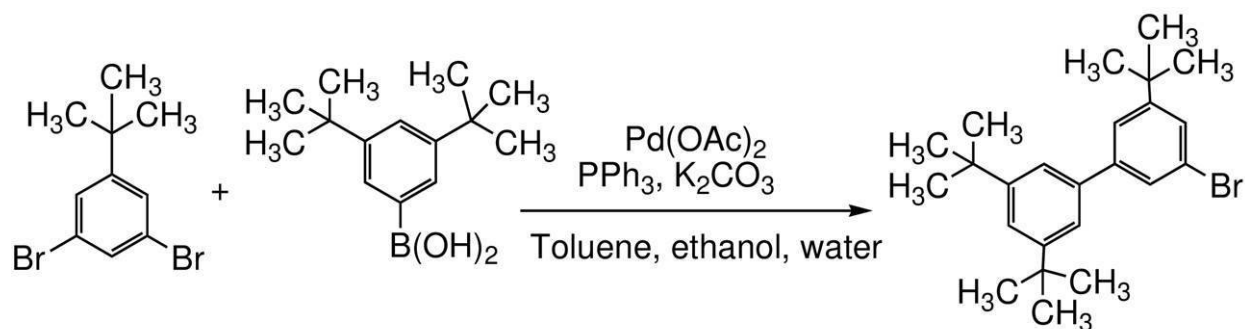
## 【0 4 4 2】

<ステップ1：3 - プロモ - 3', 5, 5' - トリ - tert - ブチルビフェニルの合成>  
三口フラスコに1, 3 - ジプロモ - 5 - tert - ブチルベンゼン 37.2 g (128 mmol)、3, 5 - ジ - tert - ブチルフェニルボロン酸 20.0 g (85 mmol)、炭酸カリウム 35.0 g (255 mmol)、トルエン 570 mL、エタノール 170 mL、水道水 130 mL を入れ、減圧下にて脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換し、酢酸パラジウム 382 mg (1.7 mmol)、トリフェニルホスフィン 901 mg (3.4 mmol) を加え、約 5 時間、40 にて加熱した。その後、室温に戻し有機層と水層を分液した。この有機層に硫酸マグネシウムを加えて水分を除去し濃縮した。得られた溶液をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製し、目的物である無色油状物を 21.5 g、収率 63 % で得た。ステップ1の合成スキームを下式に示す。

20

## 【0 4 4 3】

## 【化 1 5】



30

## 【0 4 4 4】

<ステップ2：2 - (3', 5, 5' - トリ - tert - ブチル [1, 1' - ビフェニル] - 3 - イル) - 4, 4, 5, 5 - テトラメチル - 1, 3, 2 - ジオキサボロランの合成>  
三口フラスコにステップ1で得られた3 - プロモ - 3', 5, 5' - トリ - tert - ブチルビフェニル 15.0 g (38 mmol)、4, 4, 4', 4', 5, 5, 5', 5 - オクタメチル - 2, 2' - ビ - 1, 3, 2 - ジオキサボロラン 10.5 g (41 mmol)、酢酸カリウム 11.0 g (113 mmol)、N, N - ジメチルホルムアミド 125 mL を入れ、減圧下で脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換し、[1, 1' - ビス(ジフェニルホスフィノ)フェロセン]ジクロロパラジウム (II) 1.5 g (1.9 mmol) を加え、約 3 時間、100 にて加熱した。その後、室温に戻し有機層と水層を分液し、酢酸エチルにより抽出した。この抽出溶液に硫酸マグネシウムを加えて水分を除去し濃縮した。得られた混合物のトルエン溶液をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製し

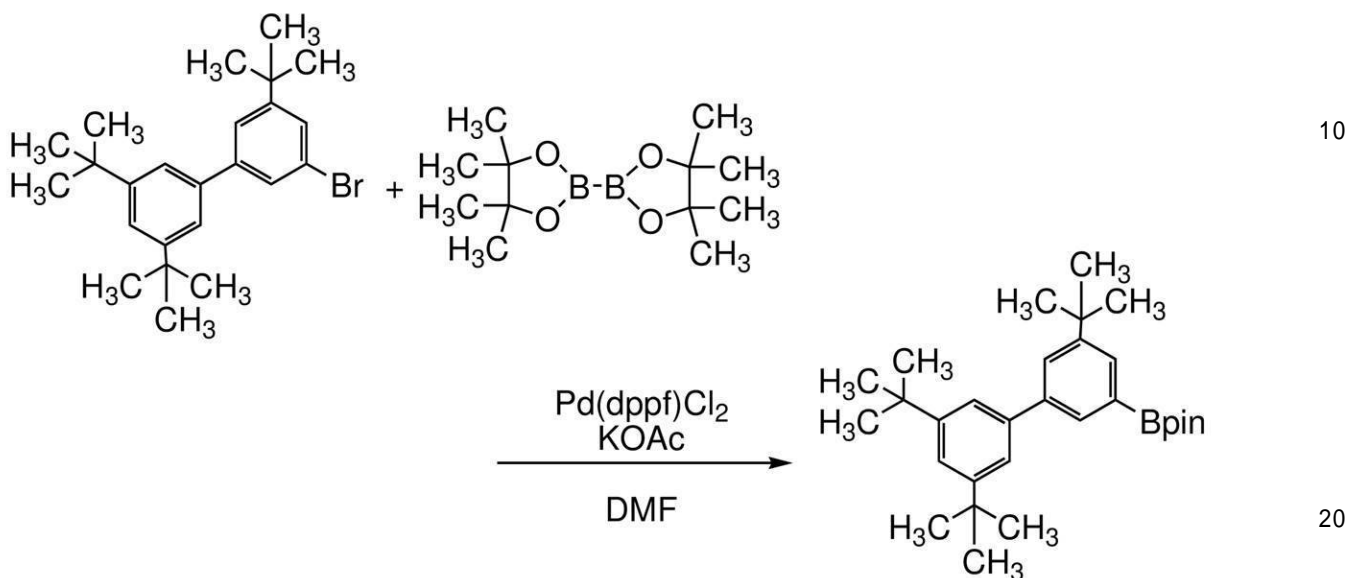
50



得られた溶液を濃縮し、濃厚なトルエン溶液を得た。このトルエン溶液にエタノールを添加し、減圧濃縮しエタノール懸濁液を得た。約 20℃にて析出物をろ過し、得られた固体を約 80℃で減圧乾燥させ、目的物である白色固体を 13.6 g、収率 81% で得た。ステップ 2 合成スキームを下式に示す。

【0445】

【化16】



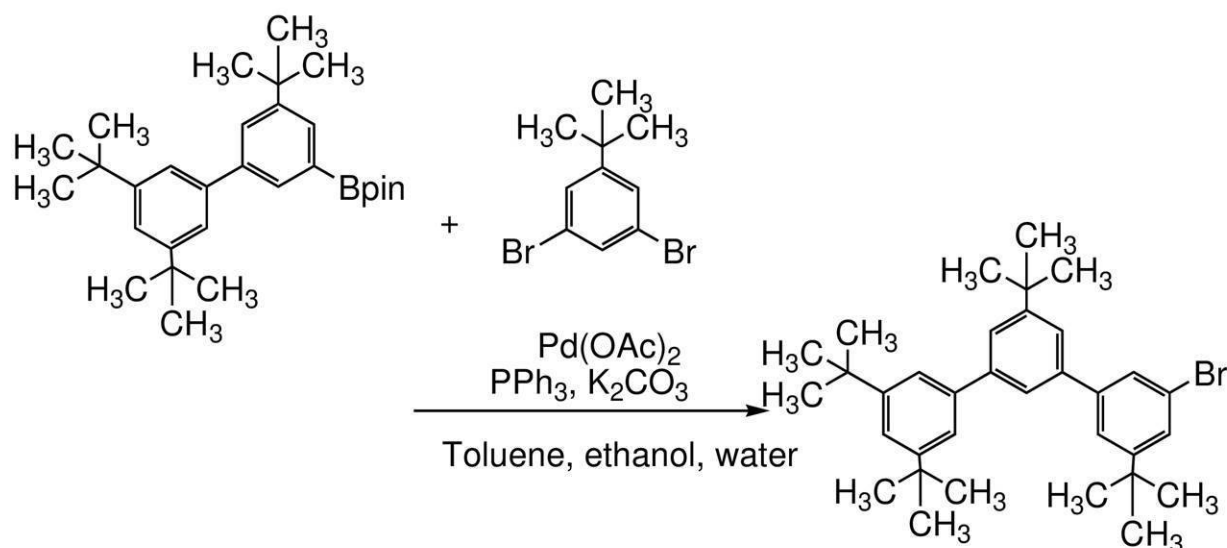
【0446】

<ステップ 3：3 - プロモ - 3' , 5 , 5' , 5' ' - テトラ - tert - ブチル - 1 , 1' : 3' , 1' ' - ターフェニルの合成>

三口フラスコに 2 - ( 3' , 5 , 5' - トリ - tert - ブチル [ 1 , 1' - ビフェニル ] - 3 - イル ) - 4 , 4 , 5 , 5 - テトラメチル - 1 , 3 , 2 - ジオキサボロラン 5.0 g ( 11.1 mmol )、1 , 3 - ジプロモ - 5 - tert - ブチルベンゼン 4.8 g ( 16.7 mmol )、炭酸カリウム 4.6 g ( 33.3 mmol )、トルエン 56 mL、エタノール 22 mL、水道水 17 mL を入れ、減圧下にて脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換し、酢酸パラジウム 50 mg ( 0.22 mmol )、トリフェニルホスフィン 116 mg ( 0.44 mmol ) を加え、約 10 時間、80℃にて加熱した。その後、室温に戻し有機層と水層を分液した。この溶液に硫酸マグネシウムを加えて水分を除去し濃縮した。得られたヘキサン溶液をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製し、目的物の白色固体を 3.0 g、収率 51.0% で得た。また、ステップ 3 の 3 - プロモ - 3' , 5 , 5' , 5' ' - テトラ tert ブチル - 1 , 1' : 3' , 1' ' - ターフェニルの合成スキームを下式に示す。

【0447】

## 【化 17】



10

## 【0448】

<ステップ4：mmtBumTPoFBi-02の合成>

三口フラスコにステップ3で得られた3-ブromo-3',5,5',5''-テトラ-tert-ブチル-1,1':3',1''-ターフェニル5.8g(10.9mmol)、N-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-N-フェニル-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン3.9g(10.9mmol)、ナトリウムtertブトキシド3.1g(32.7mmol)、トルエン55mLを入れ、減圧下で脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換し、ビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0)64mg(0.11mmol)、トリ-tert-ブチルホスフィン132mg(0.65mmol)を加え、約2時間、80℃にて加熱した。その後、フラスコの温度を約60℃に戻し、水約1mLを加え、析出した固体をろ別し、トルエンで洗浄した。ろ液を濃縮し、得られたトルエン溶液をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られた溶液を濃縮し、濃厚なトルエン溶液を得た。このトルエン溶液にエタノールを添加し、減圧濃縮しエタノール懸濁液を得た。約20℃にて析出物をろ過し、得られた固体を約80℃で減圧乾燥させ、目的物である白色固体を8.1g、収率91%で得た。mmtBumTPoFBi-02の合成スキームを下記式に示す。

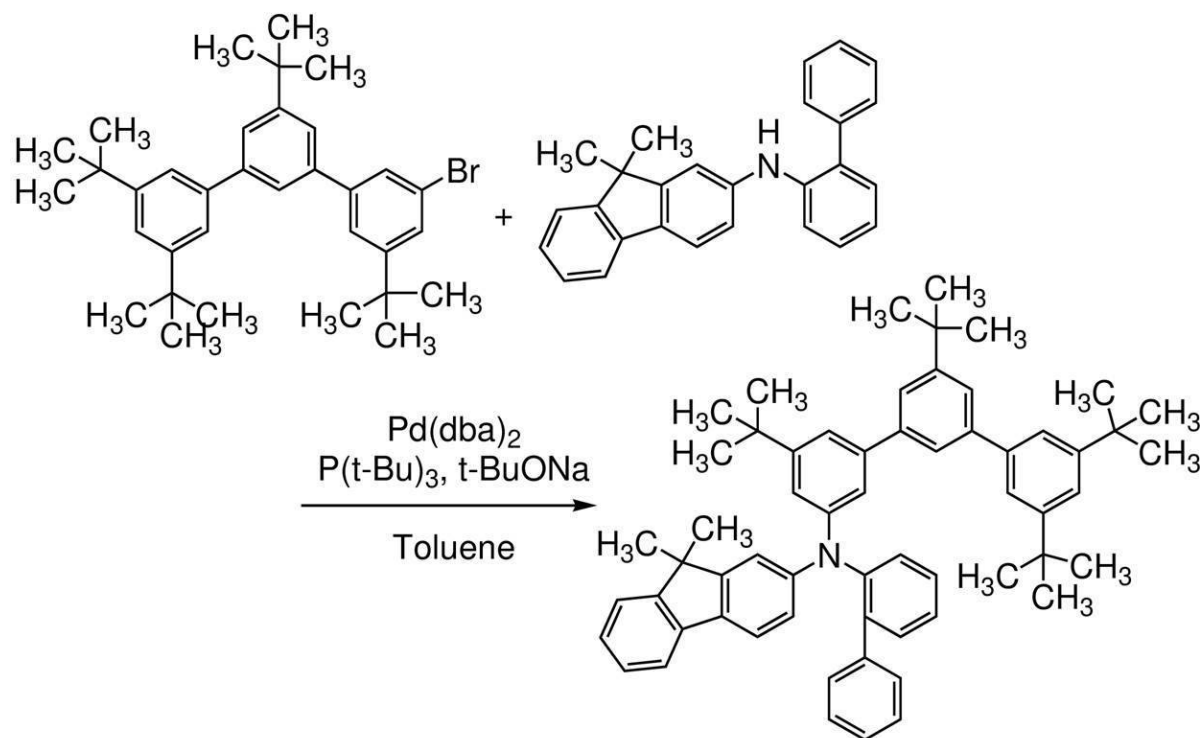
30

## 【0449】

40

50

## 【化 18】



10

20

## 【0450】

なお、上記より得られた白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に示す。このことから本合成例において  $\text{mmtBumTPoFBi-02}$  が合成できたことがわかった。

## 【0451】

$^1\text{H}$ -NMR. ( $\text{CDCl}_3$ ): 7.56 (d, 1H,  $J = 7.4\text{ Hz}$ ), 7.50 (dd, 1H,  $J = 1.7\text{ Hz}$ ), 7.33 - 7.46 (m, 11H), 7.27 - 7.29 (m, 2H), 7.22 (dd, 1H,  $J = 2.3\text{ Hz}$ ), 7.15 (d, 1H,  $J = 6.9\text{ Hz}$ ), 6.98 - 7.07 (m, 7H), 6.93 (s, 1H), 6.84 (d, 1H,  $J = 6.3\text{ Hz}$ ), 1.38 (s, 9H), 1.37 (s, 18H), 1.31 (s, 6H), 1.20 (s, 9H).

30

## 【0452】

(参考例4)

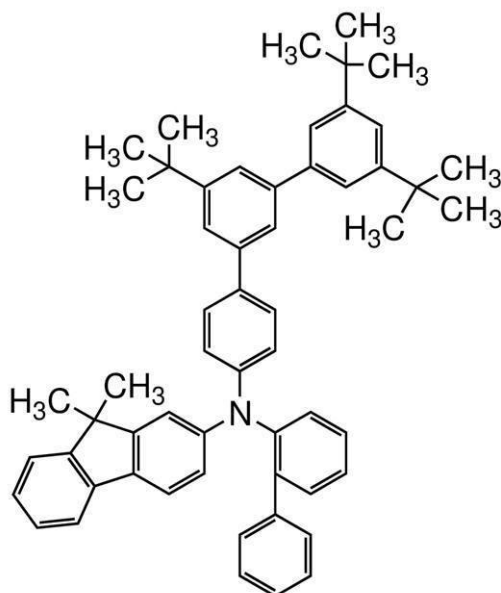
## 参考合成例4

本参考例では、実施例で使用した有機化合物、 $\text{N-(3'',5'',5''-トリ-t-ブチル-1,1':3',1''-ターフェニル-4-イル)-N-(1,1'-ピフェニル-2-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン}$  (略称:  $\text{mmtBumTPoFBi-04}$ ) の合成方法について説明する。なお、 $\text{mmtBumTPoFBi-04}$  の構造式を以下に示す。

40

## 【0453】

## 【化 19】



10

## 【0454】

<ステップ1：4 - プロモ - 3', 5', 5' - トリ - tert - ブチル - 1, 1' : 320', 1' - ターフェニルの合成>

三口フラスコに2 - (3', 5, 5' - トリ - tert - ブチル [1, 1' - ビフェニル] - 3 - イル) - 4, 4, 5, 5 - テトラメチル - 1, 3, 2 - ジオキサボロラン 9.0 g (20.1 mmol)、1 - プロモ - 4 - ヨードベンゼン 6.8 g (24.1 mmol)、炭酸カリウム 8.3 g (60.3 mmol)、トルエン 100 mL、エタノール 40 mL、水道水 30 mL を入れ、減圧下にて脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換し、酢酸パラジウム 91 mg (0.40 mmol)、トリフェニルホスフィン 211 mg (0.80 mmol) を加え、この混合物を約 4 時間 80 にて加熱した。その後、室温に戻し有機層と水層を分液した。この溶液に硫酸マグネシウムを加えて水分を乾燥させ濃縮した。

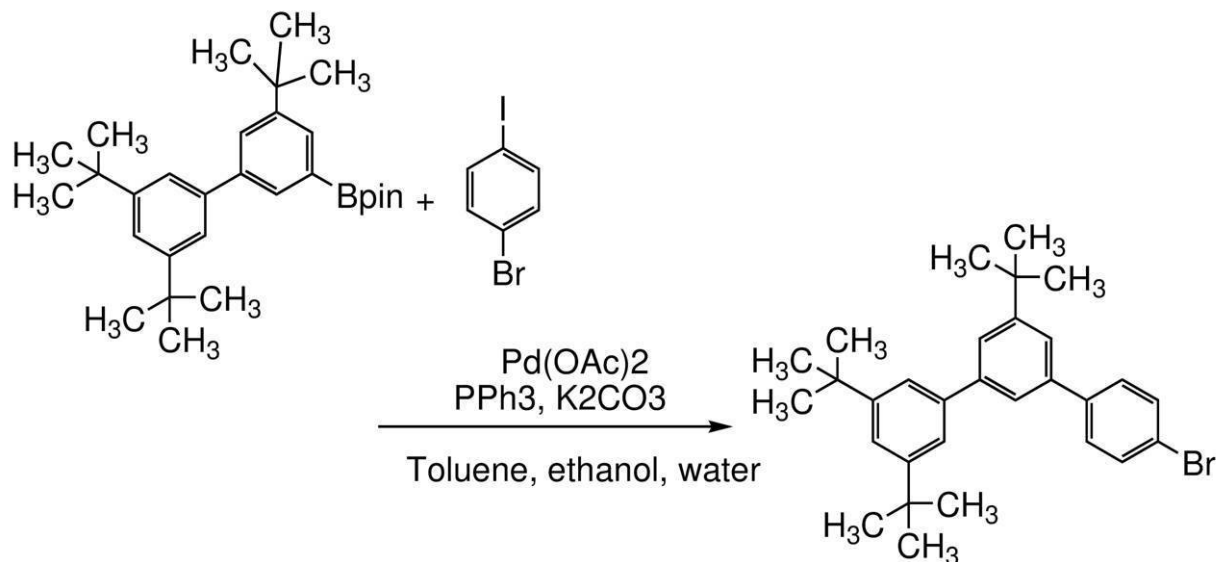
得られたヘキサン溶液をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製し、目的物である 30 白色固体を 6.0 g、収率 62.5 % で得た。また、ステップ1の4 - プロモ - 3', 5', 5' - トリ - tert - ブチル - 1, 1' : 3', 1' - ターフェニルの合成スキームを下式に示す。

## 【0455】

40

50

## 【化 2 0】



10

## 【0 4 5 6】

20

<ステップ 2 : m m t B u m T P o F B i - 0 4 の合成>

三口フラスコに 4 - ブロモ - 3', 5', 5' - トリ - tert - ブチル - 1, 1' : 3', 1' - ターフェニル 3.0 g (6.3 mmol)、N - (1, 1' - ビフェニル - 4 - イ  
ル) - N - フェニル - 9, 9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン 2.3 g (6.  
3 mmol)、ナトリウム - tert - ブトキシド 1.8 g (18.9 mmol)、トル  
エン 32 mL を入れ、減圧下にて脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換し、ビス(ジ  
ベンジリデンアセトン)パラジウム(0) 72 mg (0.13 mmol)、トリ - tert  
t - ブチルホスフィン 76 mg (0.38 mmol) を加え、この混合物を約 8 時間 12  
0 にて加熱した。その後、当該混合物の温度を約 60 まで下げ、水約 1 mL を加え、  
析出した固体をろ別し、トルエンで洗浄した。ろ液を濃縮し、得られたトルエン溶液をシリ  
カゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られた溶液を濃縮し、濃厚なトルエン  
溶液を得た。このトルエン溶液にエタノールを添加し、減圧濃縮しエタノール懸濁液を得  
た。約 20 にて析出物をろ過し、得られた固体を約 80 で減圧乾燥させ、目的物であ  
る白色固体を 3.6 g、収率 75 % で得た。また、ステップ 2 の m m t B u m T P o F B  
i - 0 4 の合成スキームを下式に示す。

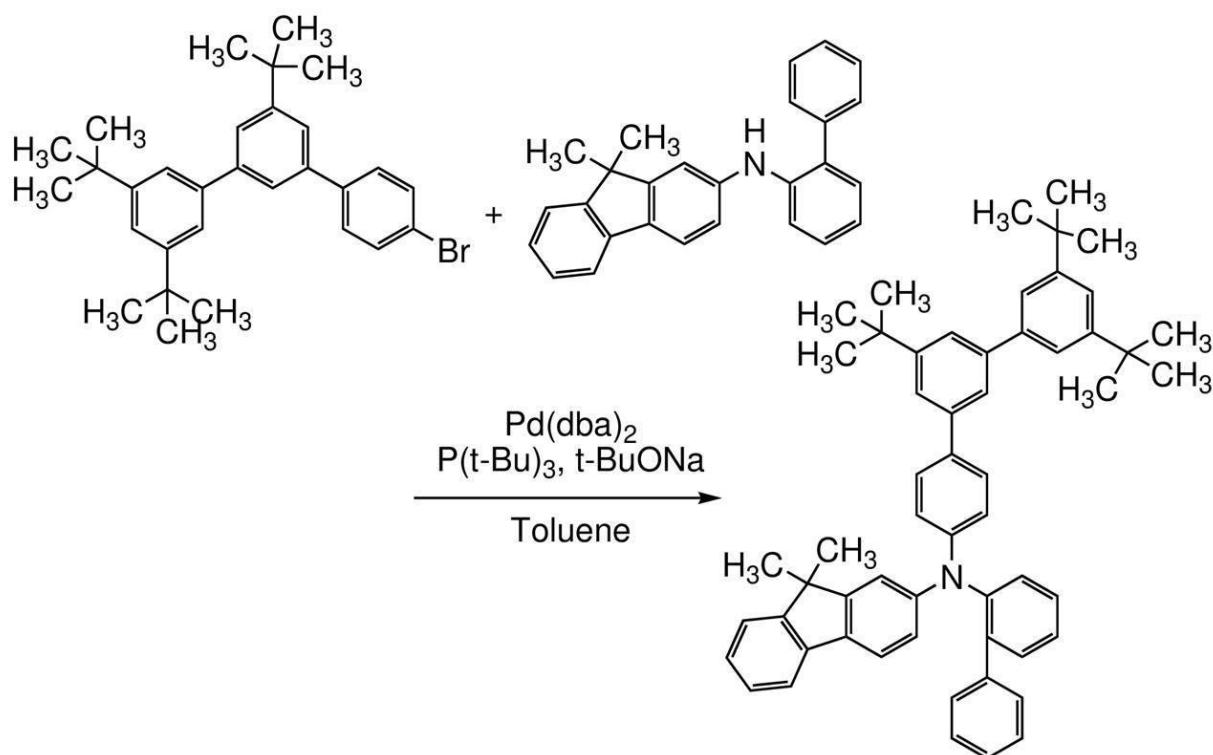
30

## 【0 4 5 7】

40

50

## 【化 2 1】



10

20

## 【0458】

なお、上記ステップ2で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法 (<sup>1</sup>H-NMR) による分析結果を下に示す。これにより、本合成例においてmmtBumTPoFBi-04が合成できたことがわかった。

## 【0459】

<sup>1</sup>H-NMR. (CDCl<sub>3</sub>): 7.54 - 7.56 (m, 1H), 7.53 (dd, 1H, J = 1.7 Hz), 7.50 (dd, 1H, J = 1.7 Hz), 7.27 - 7.47 (m, 13H), 7.23 (dd, 1H, J = 6.3 Hz, 1.2 Hz), 7.18 - 7.19 (m, 2H), 7.08 - 7.00 (m, 5H), 6.88 (d, 1H, J = 1.7 Hz), 6.77 (dd, 1H, J = 8.0 Hz, 2.3 Hz), 1.42 (s, 9H), 1.39 (s, 18H), 1.29 (s, 6H).

30

## 【0460】

(参考例5)

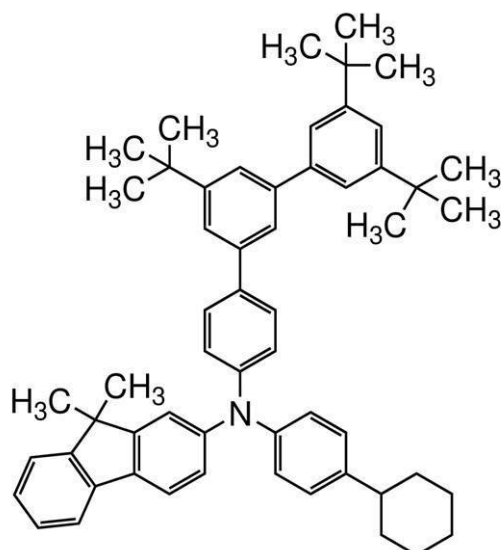
## 参考合成例5

本参考例では、実施例で使用した有機化合物、N-(3'',5'',5'''-トリ-tert-ブチル-1,1':3',1''-ターフェニル-4-イル)-N-(4-シクロヘキシルフェニル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称:mmtBumTPchPAF-04)の合成方法について説明する。なお、mmtBumTPchPAF-04の構造式を以下に示す。

40

## 【0461】

## 【化 2 2】



10

## 【0 4 6 2】

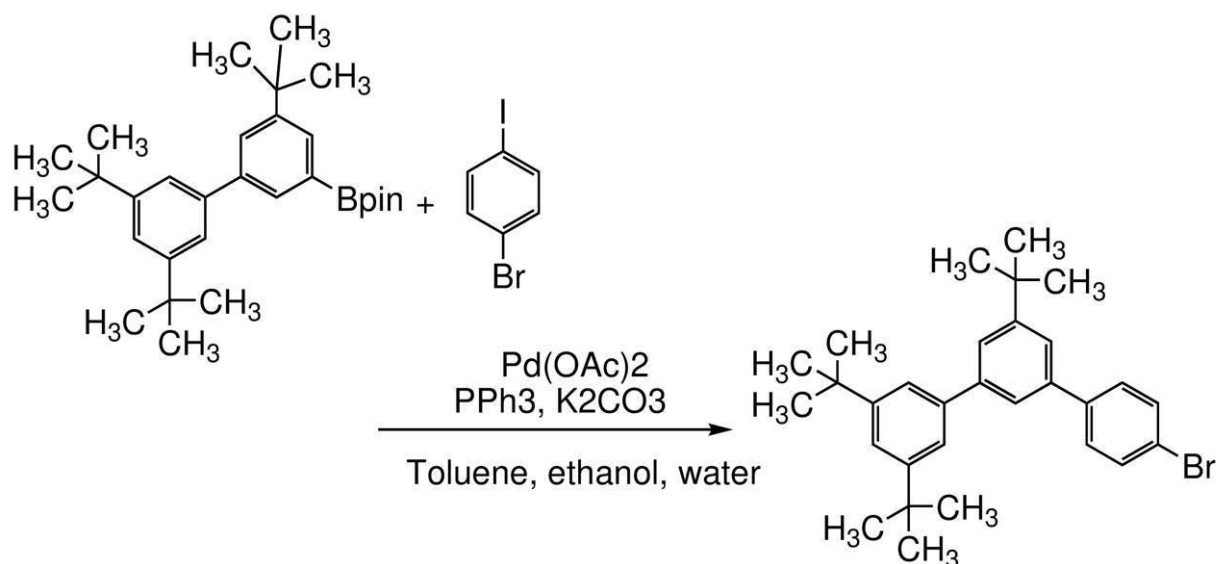
<ステップ1：4 - ブロモ - 3', 5', 5' - トリ - tert - ブチル - 1, 1' : 3', 1' - ターフェニルの合成>

20

三口フラスコに2 - (3', 5, 5' - トリ - tert - ブチル [1, 1' - ビフェニル] - 3 - イル) - 4, 4, 5, 5 - テトラメチル - 1, 3, 2 - ジオキサボロラン 9.0 g (20.1 mmol)、1 - ブロモ - 4 - ヨードベンゼン 6.8 g (24.1 mmol)、炭酸カリウム 8.3 g (60.3 mmol)、トルエン 100 mL、エタノール 40 mL、水道水 30 mL を入れ、減圧下にて脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換し、酢酸パラジウム 91 mg (0.40 mmol)、トリフェニルホスフィン 211 mg (0.80 mmol) を加え、この混合物を約 4 時間 80 °C にて加熱した。その後、室温に戻し有機層と水層を分液した。この溶液に硫酸マグネシウムを加えて水分を乾燥させ濃縮した。得られたヘキサン溶液をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製し、目的物である白色固体を 6.0 g、収率 62.5 % で得た。また、ステップ1の4 - ブロモ - 3', 5, 5' - トリ - tert - ブチル - 1, 1' : 3', 1' - ターフェニルの合成スキームを下式に示す。

## 【0 4 6 3】

## 【化 2 3】



40

50

## 【 0 4 6 4 】

<ステップ2：mmtBumTPchPAF-04の合成>

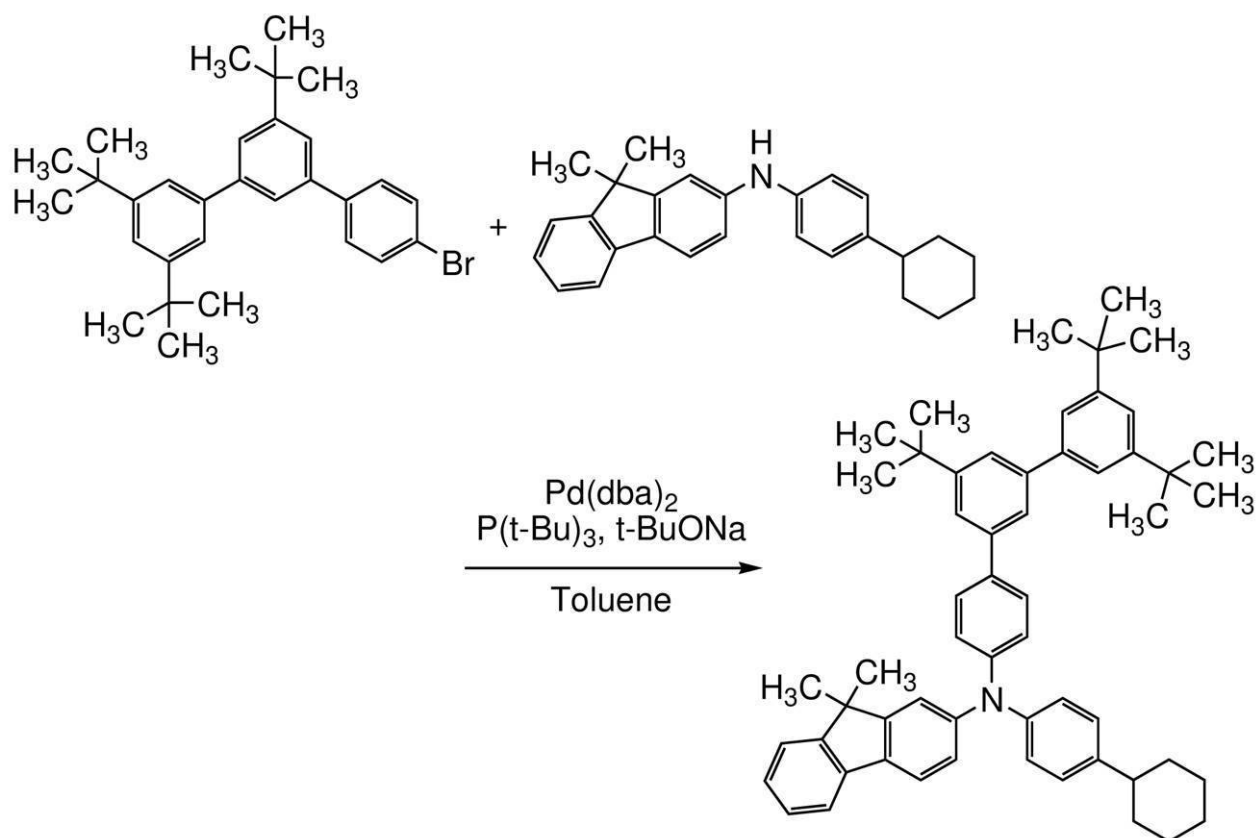
三口フラスコにステップ1で得られた4-ブromo-3',5',5''-トリ-tert-ブチル-1,1':3',1''-ターフェニル3.0g(6.3mmol)、N-(4-シクロヘキシルフェニル)-N-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2イル)アミン2.3g(6.3mmol)、ナトリウムtertブトキシド1.8g(18.9mmol)、トルエン32mLを入れ、減圧下にて脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換し、ビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0)72mg(0.13mmol)、トリ-tert-ブチルホスフィン76mg(0.38mmol)を加え、この混合物を約2時間80℃にて加熱した。その後、フラスコの温度を約60℃に戻し、水約1mLを加え、析出した固体をろ別し、トルエンで洗浄した。ろ液を濃縮し、得られたトルエン溶液をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られた溶液を濃縮し、濃厚なトルエン溶液を得た。このトルエン溶液にエタノールを添加し、減圧濃縮しエタノール懸濁液を得た。約20℃にてこのエタノール懸濁液に析出した固体をろ過し、得られた固体を約80℃で減圧乾燥し、目的物である白色固体を4.1g、収率85%で得た。mmtBumTPchPAF-04の合成スキームを下式に示す。

10

## 【 0 4 6 5 】

## 【化24】

20



30

40

## 【 0 4 6 6 】

なお、上記ステップ2で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法(<sup>1</sup>H-NMR)による分析結果を下に示す。これにより、本合成例において、mmtBumTPchPAF-04が合成できたことがわかった。

## 【 0 4 6 7 】

<sup>1</sup>H-NMR. (CDCl<sub>3</sub>): 7.63 (d, 1H, J = 7.5 Hz), 7.52 - 7.59 (m, 7H), 7.44 - 7.45 (m, 4H), 7.39 (d, 1H, J = 7.4 Hz), 7.31 (dd, 1H, J = 7.4 Hz), 7.19 (d, 2H, J = 6.6 Hz), 7.12 (m, 4H), 7.07 (d, 1H, J = 9.7 Hz), 2.48 (

50



brm, 1H), 1.84 - 1.93 (brm, 4H), 1.74 - 1.76 (brm, 1H), 1.43 (s, 18H), 1.39 (brm, 19H), 1.24 - 1.30 (brm, 1H)。

【0468】

(参考例6)

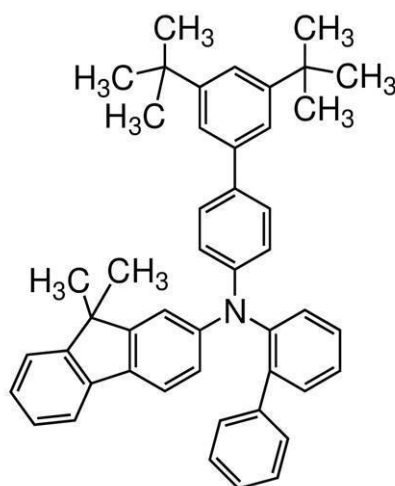
参考合成例6

本参考例では、実施例で使用した有機化合物、N-(3',5'-ジターシャリーブチル-1,1'-ビフェニル-4-イル)-N-(1,1'-ビフェニル-2-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mmtBuBioFBi)の合成方法について説明する。mmtBuBioFBiの構造式を以下に示す。

10

【0469】

【化25】



20

【0470】

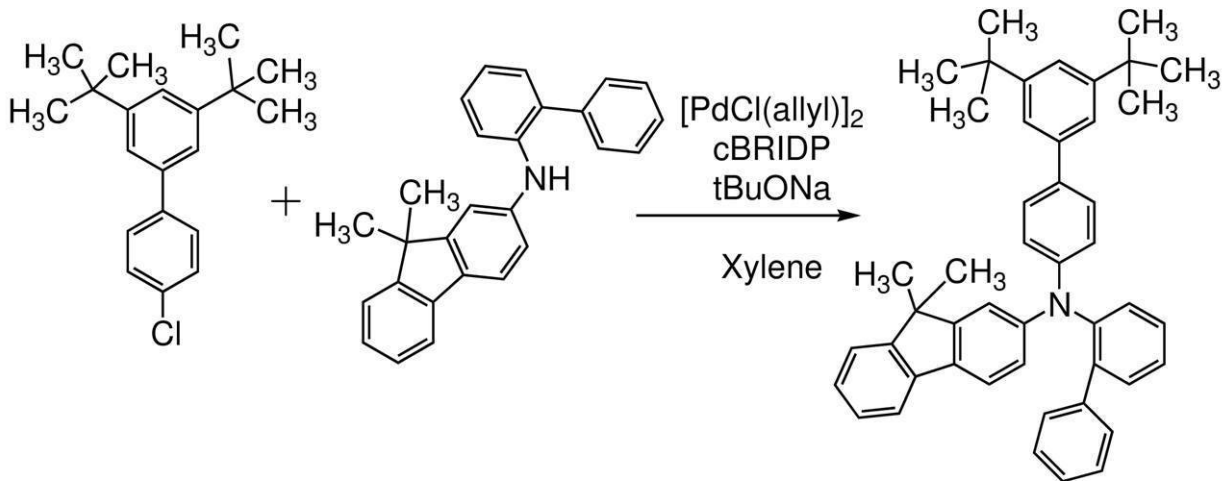
三口フラスコに4-クロロ-3',5'-ジ-tert-ブチル-1,1'-ビフェニル2.22g(7.4mmol)、2-(2-ビフェニル)アミノ-9,9-ジメチルフルオレン2.94g(8.1mmol)、ナトリウム-tert-ブトキシド2.34g(24.4mmol)、キシレン37mLを入れ、減圧下にて脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物にジ-t-ブチル(1-メチル-2,2-ジフェニルシクロプロピル)ホスフィン(略称: cBRIDP(登録商標))107.6mg(0.31mmol)、アリルパラジウムクロリドダイマー28.1mg(0.077mmol)を加えた。この混合物を、100℃にて約4時間加熱した。その後、フラスコの温度を約70℃に戻し、水約4mLを加え、固体を析出させた。析出した固体をろ別した。ろ液を濃縮し、得られた溶液をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られた溶液を濃縮し、エタノールを加え再度濃縮することを3回繰り返しエタノール懸濁液として再結晶を行った。約-10℃に冷却してから析出物をろ過し、得られた固体を約130℃で減圧乾燥させ、目的物である白色固体を2.07g、収率45%で得た。本合成例の合成スキームを以下に示す。

30

40

【0471】

## 【化 2 6】



10

## 【 0 4 7 2】

なお、本合成例で得られた白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に示す。このことから、本合成例において、 $\text{mmtBuBioFBi}$  が合成できたことがわかった。

20

## 【 0 4 7 3】

$^1\text{H}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 500 MHz):  $\delta$  = 1.29 (s, 6H), 1.38 (s, 18H), 6.76 (dd,  $J_1 = 8.0\text{ Hz}$ ,  $J_2 = 2.0\text{ Hz}$ , 1H), 6.87 (d,  $J = 2.5\text{ Hz}$ , 1H), 7.00 - 7.08 (m, 5H), 7.18 - 7.23 (m, 3H), 7.27 - 7.43 (m, 12H), 7.55 (d,  $J = 7.5\text{ Hz}$ , 1H).

## 【符号の説明】

## 【 0 4 7 4】

- 1 0 陽極
- 2 1 第 1 の正孔輸送層
- 2 2 第 2 の正孔輸送層
- 3 0 陰極
- 4 0 発光層
- 4 1 活性層
- 5 0 有機化合物を含む層
- 5 1 EL 層
- 5 2 光電変換層
- 1 0 1 陽極
- 1 0 2 陰極
- 1 0 3 EL 層
- 1 0 3 R EL 層
- 1 0 3 G EL 層
- 1 0 3 B EL 層
- 1 0 4 S 間隙
- 1 0 4 R 電荷発生層
- 1 0 4 G 電荷発生層
- 1 0 4 B 電荷発生層
- 1 0 5 S 間隙
- 1 1 1 正孔注入層
- 1 1 2 正孔輸送層

30

40

50

|           |                    |    |
|-----------|--------------------|----|
| 1 1 2 - 1 | 第 1 の正孔輸送層         |    |
| 1 1 2 - 2 | 第 2 の正孔輸送層         |    |
| 1 1 3     | 発光層                |    |
| 1 1 4     | 電子輸送層              |    |
| 1 1 5     | 電子注入層              |    |
| 1 1 6     | 電荷発生層              |    |
| 1 1 7     | P 型層               |    |
| 1 1 8     | 電子リレー層             |    |
| 1 1 9     | 電子注入バッファ層          |    |
| 4 0 0     | 基板                 | 10 |
| 4 0 1     | 第 1 の電極            |    |
| 4 0 3     | E L 層              |    |
| 4 0 4     | 第 2 の電極            |    |
| 4 0 5     | シール材               |    |
| 4 0 6     | シール材               |    |
| 4 0 7     | 封止基板               |    |
| 4 1 2     | パッド                |    |
| 4 2 0     | I C チップ            |    |
| 5 0 1     | 陽極                 |    |
| 5 0 2     | 陰極                 | 20 |
| 5 0 3     | E L 層              |    |
| 5 1 0     | 基材                 |    |
| 5 1 1     | 第 1 の発光ユニット        |    |
| 5 1 2     | 第 2 の発光ユニット        |    |
| 5 1 3     | 電荷発生層              |    |
| 5 2 0     | 機能層                |    |
| 5 2 8     | 隔壁                 |    |
| 5 2 8 R   | 開口部                |    |
| 5 2 8 B   | 開口部                |    |
| 5 2 8 G   | 開口部                | 30 |
| 5 5 0 B   | 発光デバイス             |    |
| 5 5 0 G   | 発光デバイス             |    |
| 5 5 0 R   | 発光デバイス             |    |
| 5 5 1 R   | 電極                 |    |
| 5 5 1 G   | 電極                 |    |
| 5 5 1 B   | 電極                 |    |
| 5 5 2     | 電極                 |    |
| 5 5 2 R   | 電極                 |    |
| 5 5 2 G   | 電極                 |    |
| 5 5 2 B   | 電極                 | 40 |
| 5 7 3     | 絶縁膜                |    |
| 5 7 3 A   | 絶縁膜                |    |
| 5 7 3 B   | 絶縁膜                |    |
| 5 7 4     | 短絡防止層              |    |
| 6 0 1     | 駆動回路部 ( ソース線駆動回路 ) |    |
| 6 0 2     | 画素部                |    |
| 6 0 3     | 駆動回路部 ( ゲート線駆動回路 ) |    |
| 6 0 4     | 封止基板               |    |
| 6 0 5     | シール材               |    |
| 6 0 7     | 空間                 | 50 |

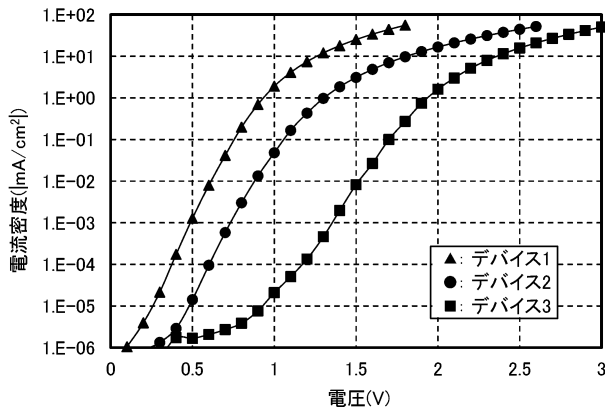
|           |                         |    |
|-----------|-------------------------|----|
| 6 0 8     | 配線                      |    |
| 6 0 9     | F P C (フレキシブルプリントサーキット) |    |
| 6 1 0     | 素子基板                    |    |
| 6 1 1     | スイッチング用 F E T           |    |
| 6 1 2     | 電流制御用 F E T             |    |
| 6 1 3     | 第 1 の電極                 |    |
| 6 1 4     | 絶縁物                     |    |
| 6 1 6     | E L 層                   |    |
| 6 1 7     | 第 2 の電極                 |    |
| 6 1 8     | 有機 E L デバイス             | 10 |
| 7 0 0     | 発光装置                    |    |
| 7 0 5     | 絶縁層                     |    |
| 7 7 0     | 基材                      |    |
| 9 5 1     | 基板                      |    |
| 9 5 2     | 電極                      |    |
| 9 5 3     | 絶縁層                     |    |
| 9 5 4     | 隔壁層                     |    |
| 9 5 5     | E L 層                   |    |
| 9 5 6     | 電極                      |    |
| 1 0 0 1   | 基板                      | 20 |
| 1 0 0 2   | 下地絶縁膜                   |    |
| 1 0 0 3   | ゲート絶縁膜                  |    |
| 1 0 0 6   | ゲート電極                   |    |
| 1 0 0 7   | ゲート電極                   |    |
| 1 0 0 8   | ゲート電極                   |    |
| 1 0 2 0   | 第 1 の層間絶縁膜              |    |
| 1 0 2 1   | 第 2 の層間絶縁膜              |    |
| 1 0 2 2   | 電極                      |    |
| 1 0 2 4 W | 第 1 の電極                 |    |
| 1 0 2 4 R | 第 1 の電極                 | 30 |
| 1 0 2 4 G | 第 1 の電極                 |    |
| 1 0 2 4 B | 第 1 の電極                 |    |
| 1 0 2 5   | 隔壁                      |    |
| 1 0 2 8   | E L 層                   |    |
| 1 0 2 9   | 第 2 の電極                 |    |
| 1 0 3 1   | 封止基板                    |    |
| 1 0 3 2   | シール材                    |    |
| 1 0 3 3   | 透明な基材                   |    |
| 1 0 3 4 R | 赤色の着色層                  |    |
| 1 0 3 4 G | 緑色の着色層                  | 40 |
| 1 0 3 4 B | 青色の着色層                  |    |
| 1 0 3 5   | ブラックマトリクス               |    |
| 1 0 3 6   | オーバーコート層                |    |
| 1 0 3 7   | 第 3 の層間絶縁膜              |    |
| 1 0 4 0   | 画素部                     |    |
| 1 0 4 1   | 駆動回路部                   |    |
| 1 0 4 2   | 周辺部                     |    |
| 2 0 0 1   | 筐体                      |    |
| 2 0 0 2   | 光源                      |    |
| 2 1 0 0   | ロボット                    | 50 |

|         |             |    |
|---------|-------------|----|
| 2 1 1 0 | 演算装置        |    |
| 2 1 0 1 | 照度センサ       |    |
| 2 1 0 2 | マイクロフォン     |    |
| 2 1 0 3 | 上部カメラ       |    |
| 2 1 0 4 | スピーカ        |    |
| 2 1 0 5 | ディスプレイ      |    |
| 2 1 0 6 | 下部カメラ       |    |
| 2 1 0 7 | 障害物センサ      |    |
| 2 1 0 8 | 移動機構        |    |
| 3 0 0 1 | 照明装置        | 10 |
| 5 0 0 0 | 筐体          |    |
| 5 0 0 1 | 表示部         |    |
| 5 0 0 2 | 表示部         |    |
| 5 0 0 3 | スピーカ        |    |
| 5 0 0 4 | L E D ランプ   |    |
| 5 0 0 6 | 接続端子        |    |
| 5 0 0 7 | センサ         |    |
| 5 0 0 8 | マイクロフォン     |    |
| 5 0 1 2 | 支持部         |    |
| 5 0 1 3 | イヤホン        | 20 |
| 5 1 0 0 | 掃除ロボット      |    |
| 5 1 0 1 | ディスプレイ      |    |
| 5 1 0 2 | カメラ         |    |
| 5 1 0 3 | ブラシ         |    |
| 5 1 0 4 | 操作ボタン       |    |
| 5 1 5 0 | 携帯情報端末      |    |
| 5 1 5 1 | 筐体          |    |
| 5 1 5 2 | 表示領域        |    |
| 5 1 5 3 | 屈曲部         |    |
| 5 1 2 0 | ゴミ          | 30 |
| 5 2 0 0 | 表示領域        |    |
| 5 2 0 1 | 表示領域        |    |
| 5 2 0 2 | 表示領域        |    |
| 5 2 0 3 | 表示領域        |    |
| 7 1 0 1 | 筐体          |    |
| 7 1 0 3 | 表示部         |    |
| 7 1 0 5 | スタンド        |    |
| 7 1 0 7 | 表示部         |    |
| 7 1 0 9 | 操作キー        |    |
| 7 1 1 0 | リモコン操作機     | 40 |
| 7 2 0 1 | 本体          |    |
| 7 2 0 2 | 筐体          |    |
| 7 2 0 3 | 表示部         |    |
| 7 2 0 4 | キーボード       |    |
| 7 2 0 5 | 外部接続ポート     |    |
| 7 2 0 6 | ポインティングデバイス |    |
| 7 2 1 0 | 第2の表示部      |    |
| 7 4 0 1 | 筐体          |    |
| 7 4 0 2 | 表示部         |    |
| 7 4 0 3 | 操作ボタン       | 50 |

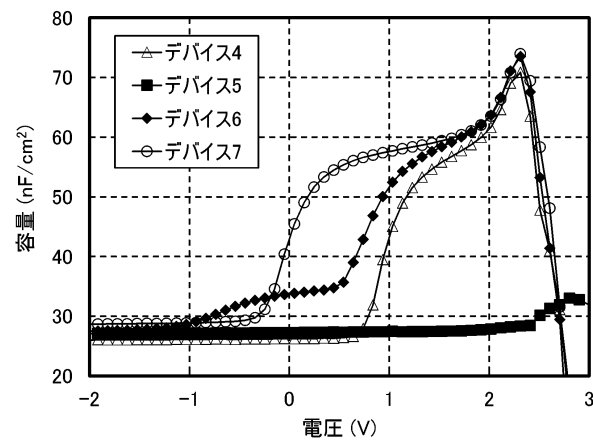
7 4 0 4 外部接続ポート  
 7 4 0 5 スピーカ  
 7 4 0 6 マイク  
 7 4 0 0 携帯電話機  
 9 3 1 0 携帯情報端末  
 9 3 1 1 表示パネル  
 9 3 1 3 ヒンジ  
 9 3 1 5 筐体

【図面】

【図 1】



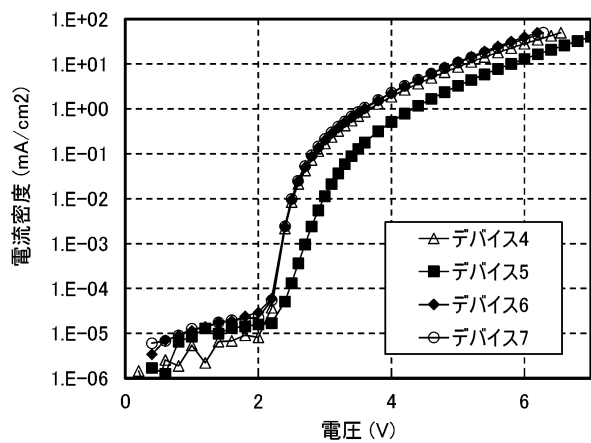
【図 2】



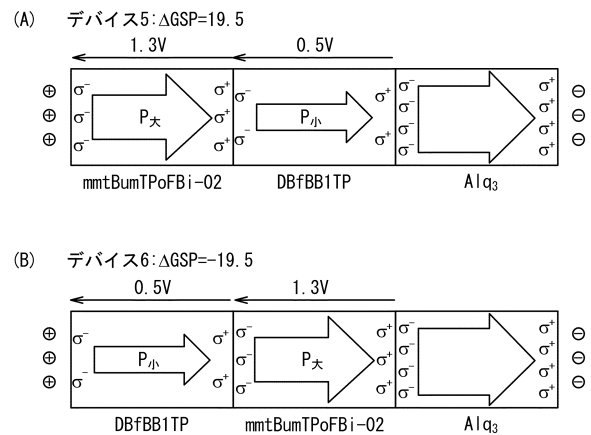
10

20

【図 3】



【図 4】



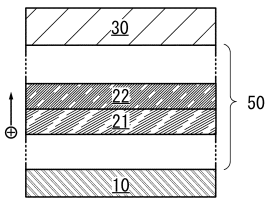
30

40

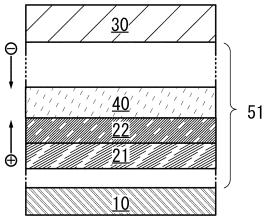
50

【図 5】

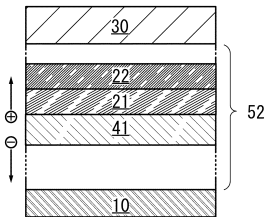
(A)



(B)

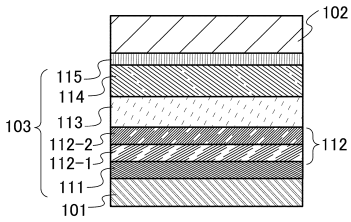


(C)

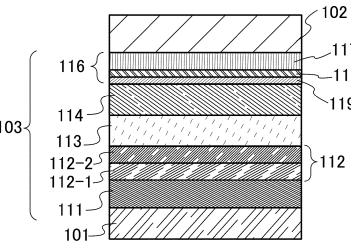


【図 7】

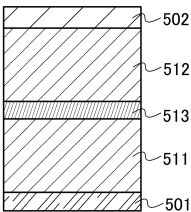
(A)



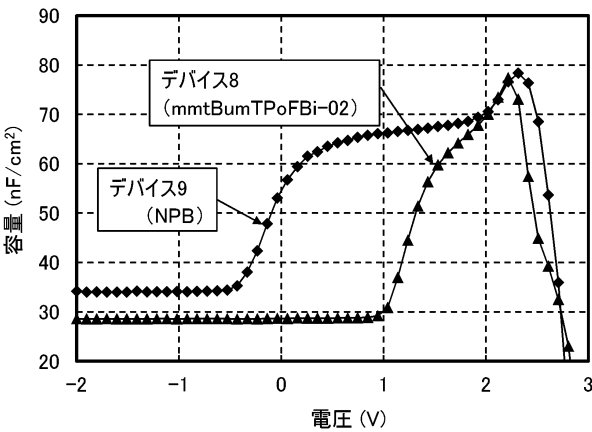
(B)



(C)



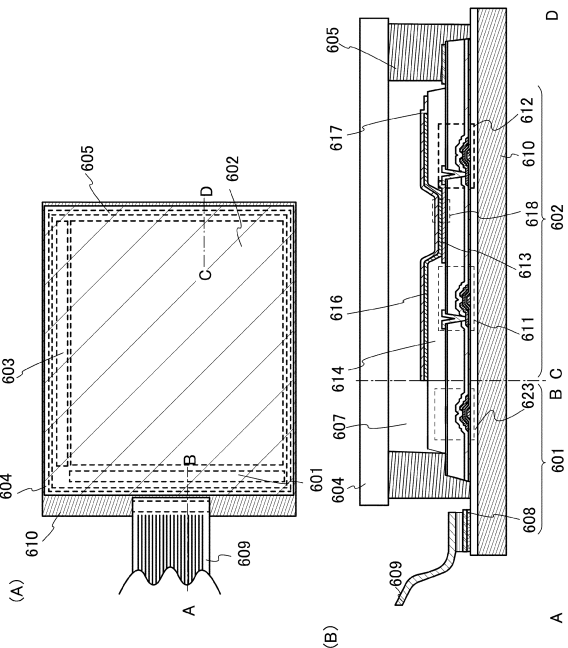
【図 6】



10

20

【図 8】

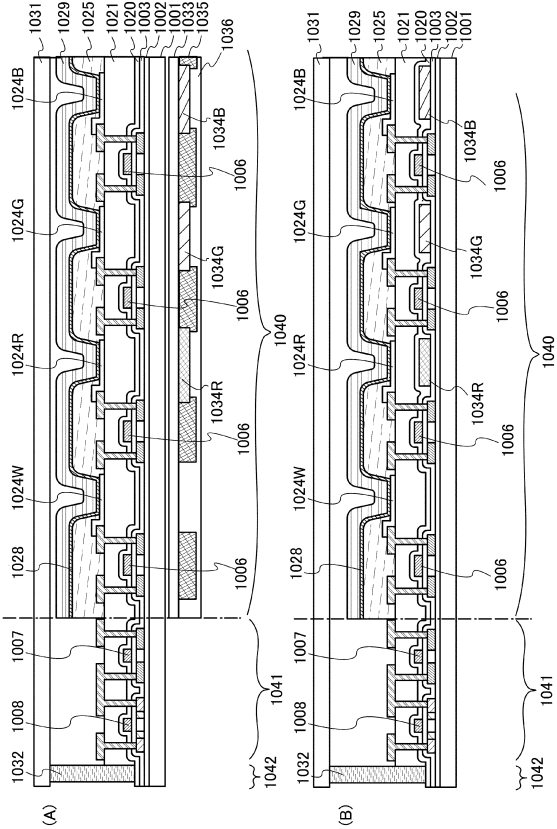


30

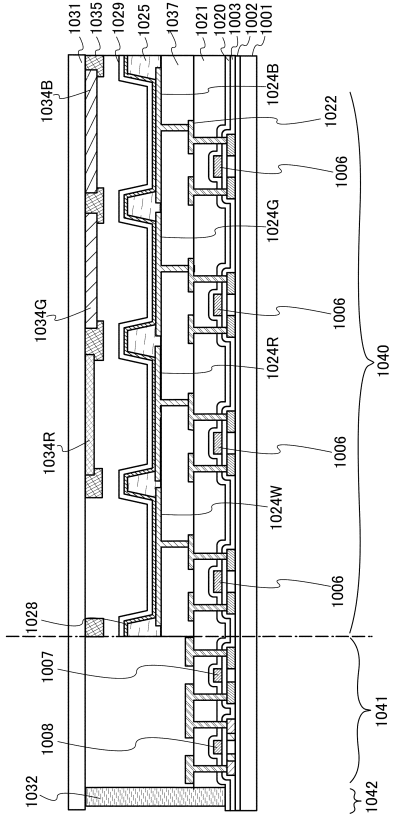
40

50

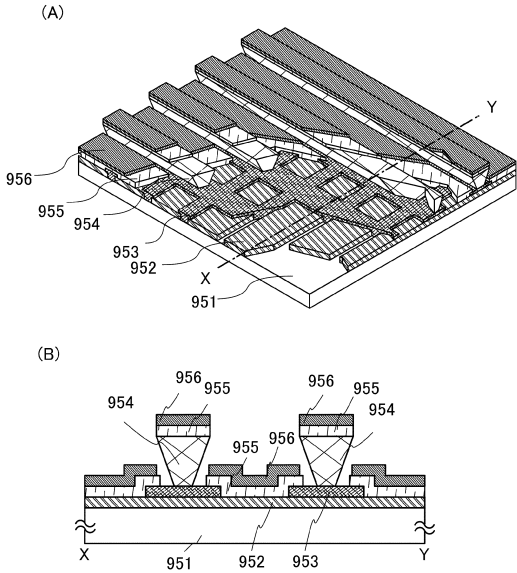
【図 9】



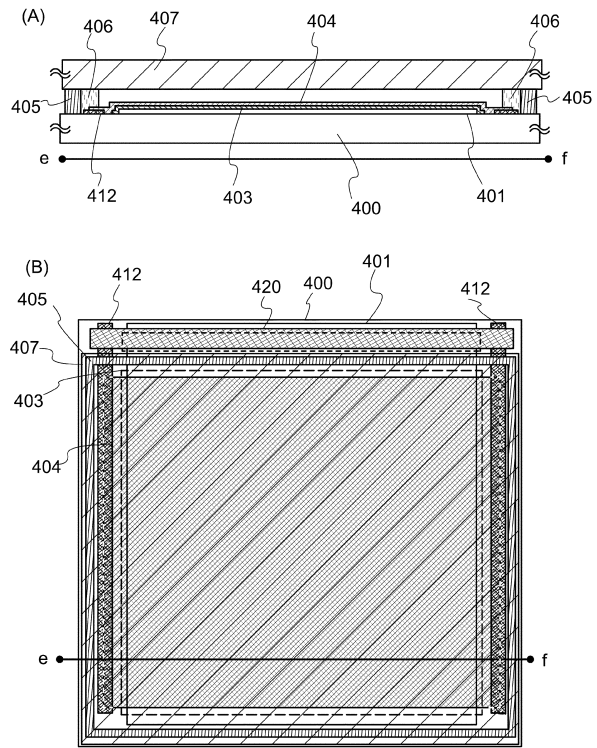
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

20

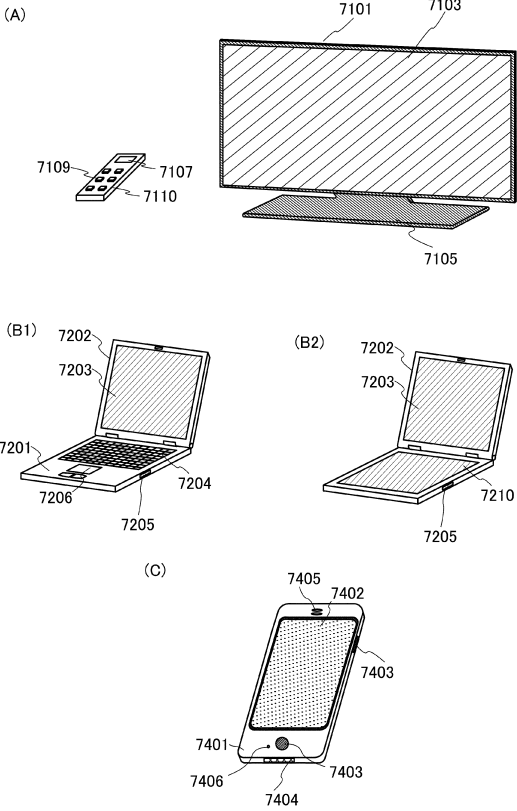
30

40

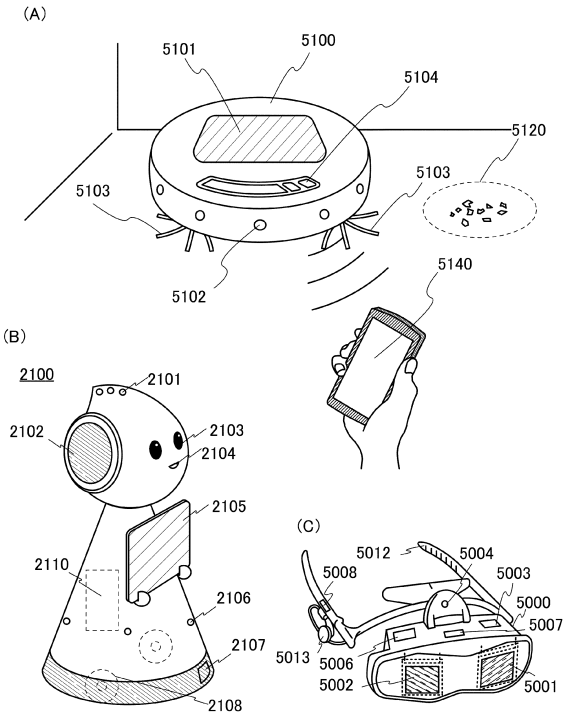
50



【 図 1 3 】



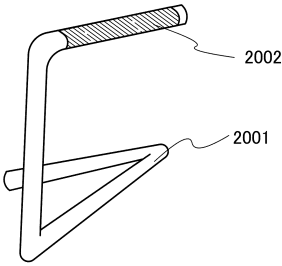
【 図 1 4 】



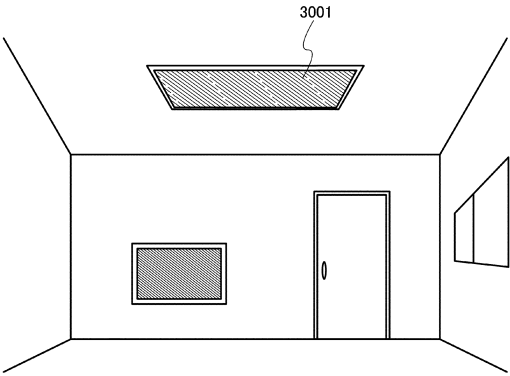
10

20

【 図 1 5 】



【 図 1 6 】

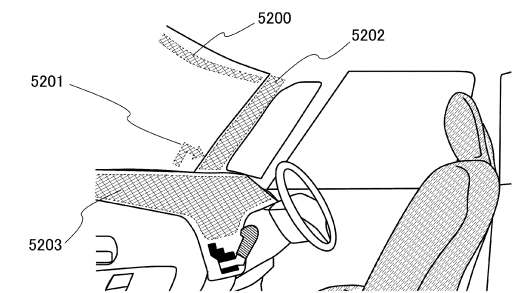


30

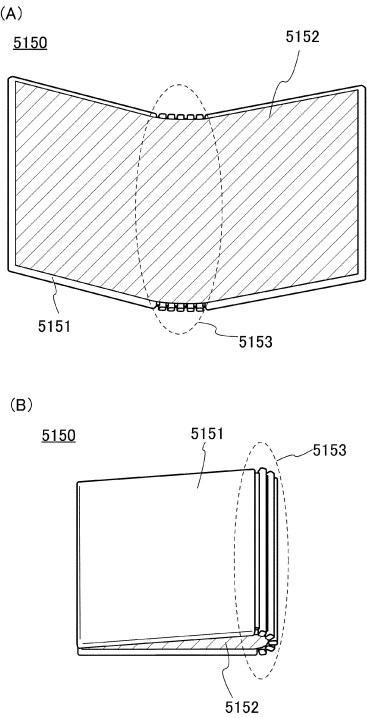
40

50

【 図 1 7 】



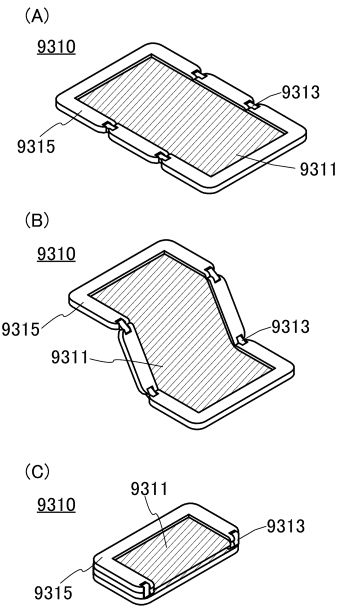
【 図 1 8 】



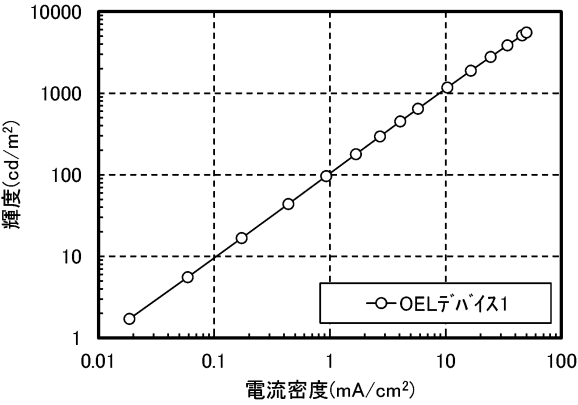
10

20

【 図 1 9 】



【 図 2 0 】

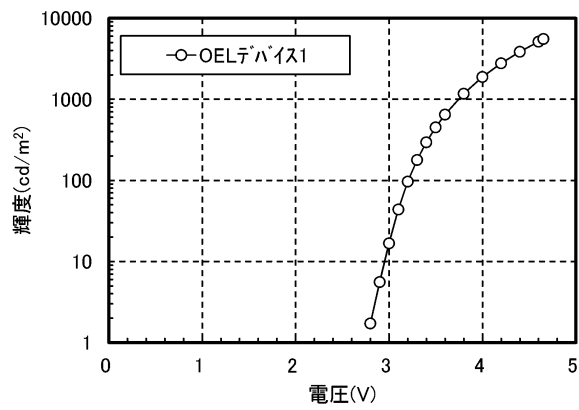


30

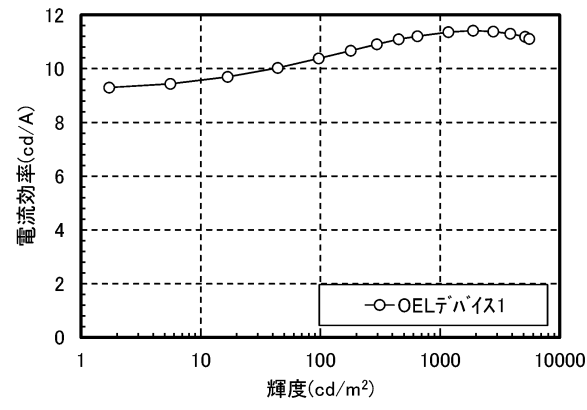
40

50

【 図 2 1 】

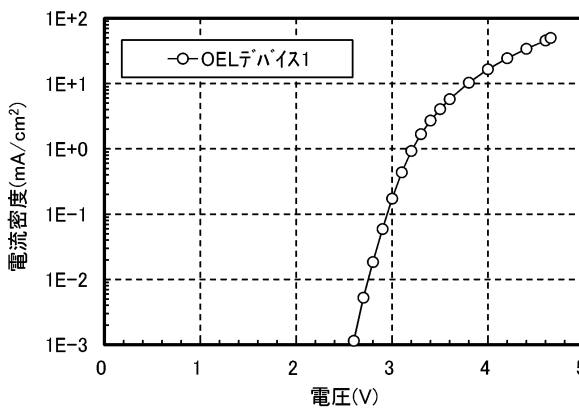


【 図 2 2 】

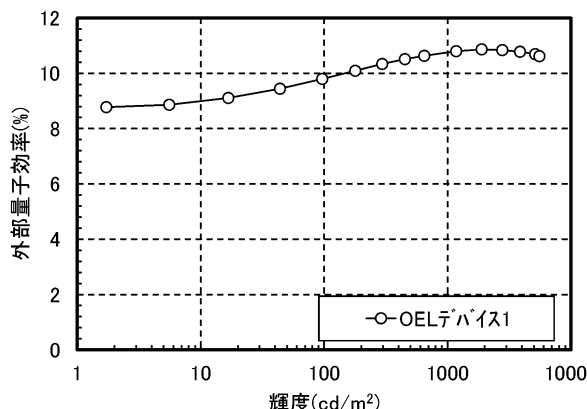


10

【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



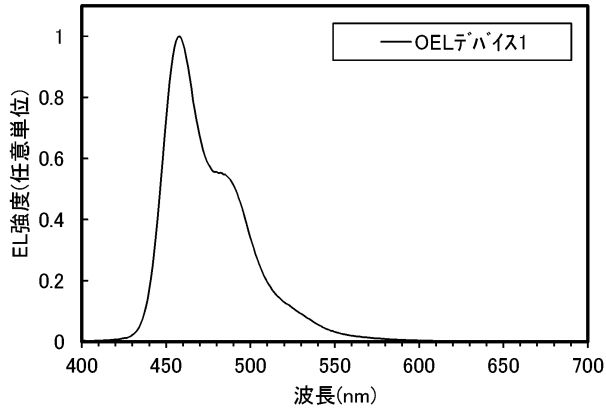
20

30

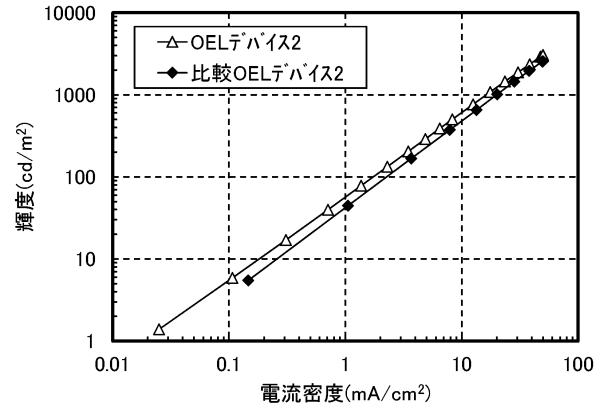
40

50

【図 2 5】

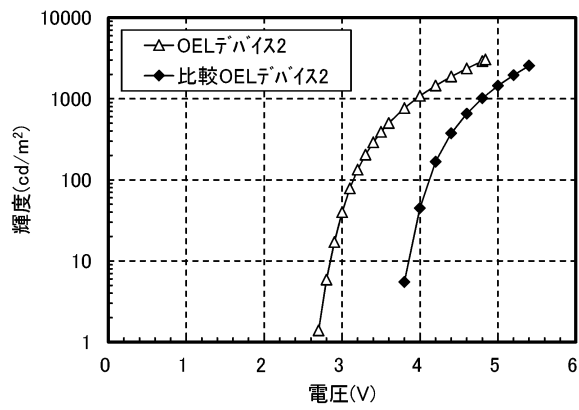


【図 2 6】

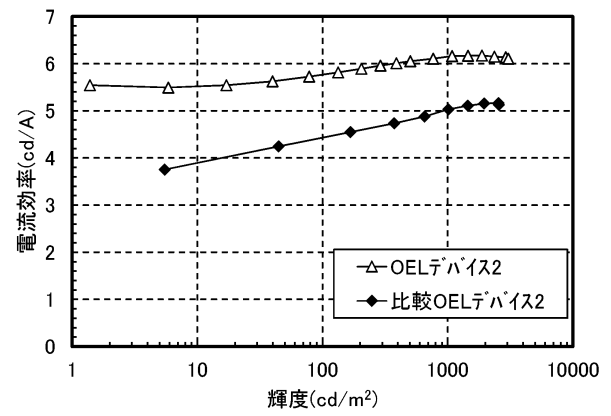


10

【図 2 7】



【図 2 8】



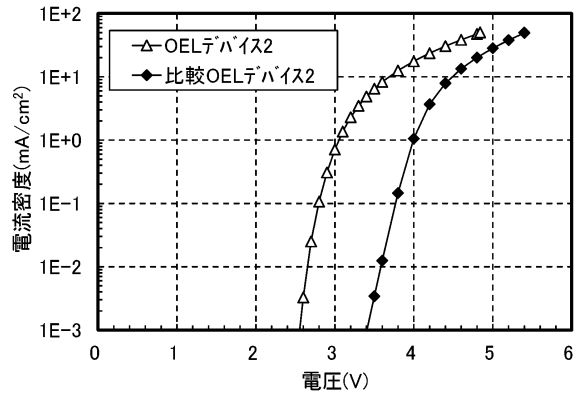
20

30

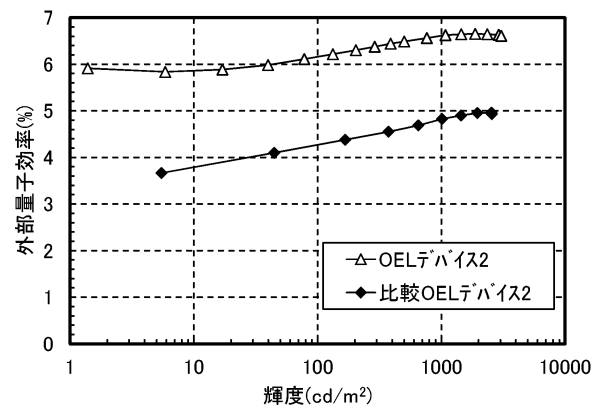
40

50

【図 29】

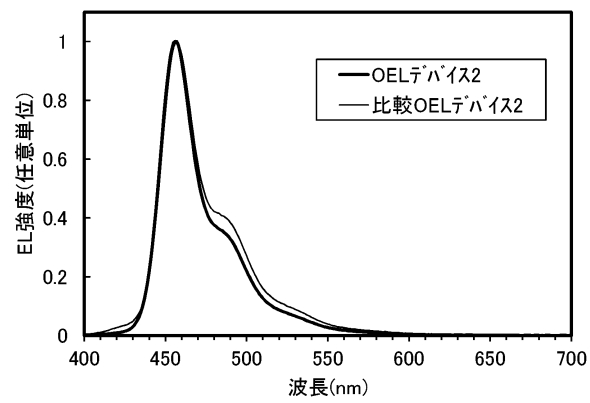


【図 30】

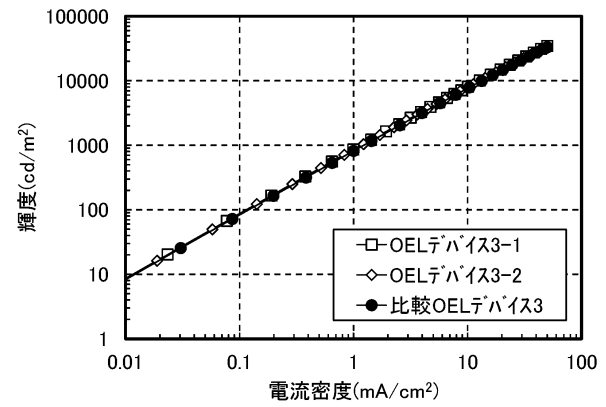


10

【図 31】



【図 32】



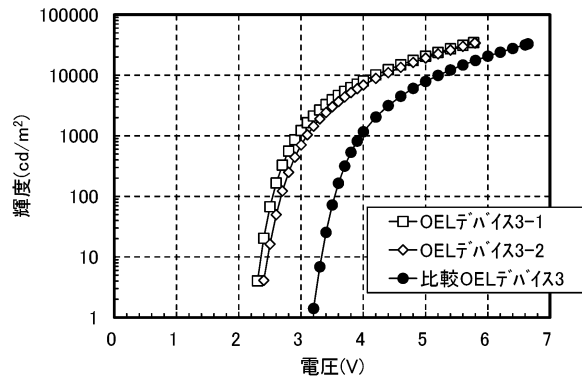
20

30

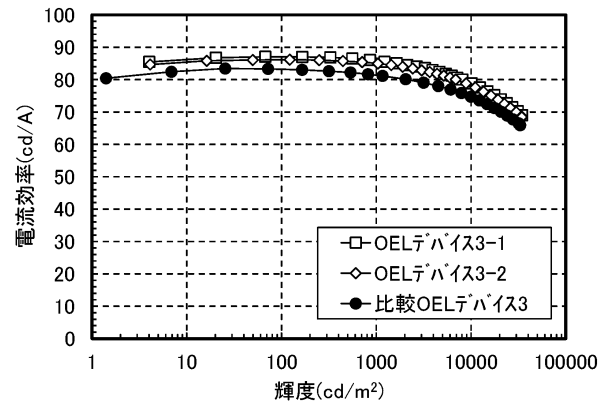
40

50

【図 3 3】

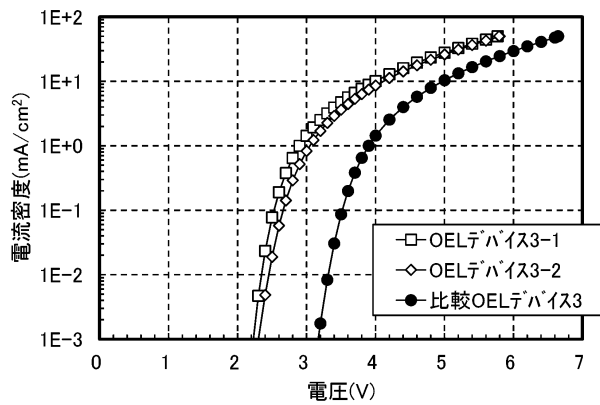


【図 3 4】

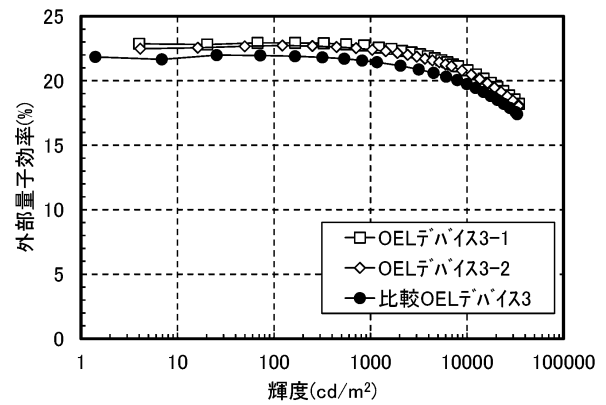


10

【図 3 5】



【図 3 6】



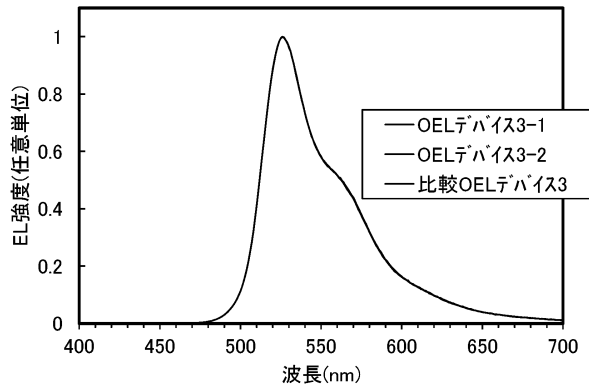
20

30

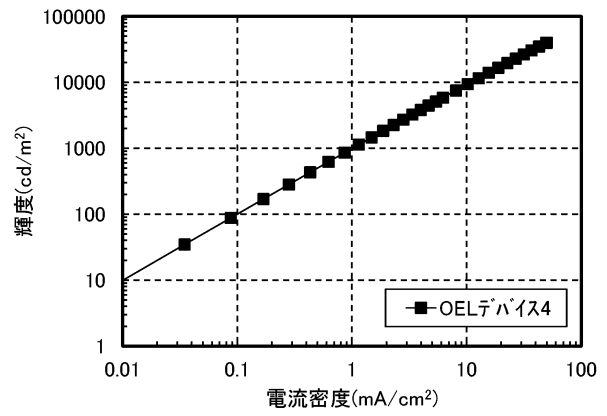
40

50

【図 37】

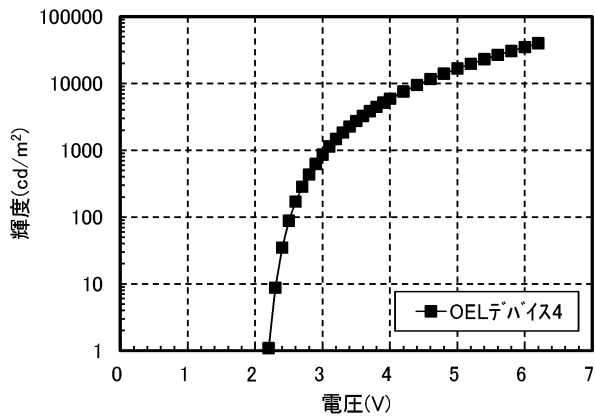


【図 38】

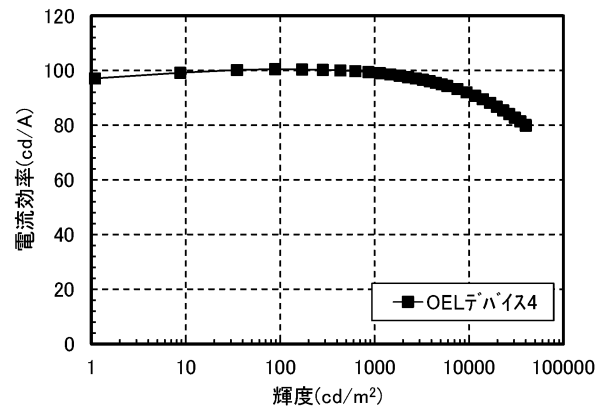


10

【図 39】



【図 40】



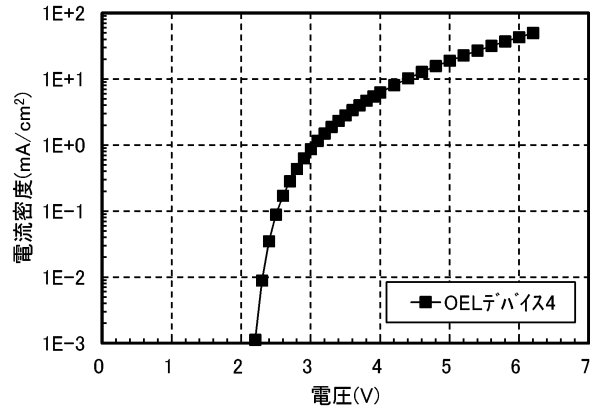
20

30

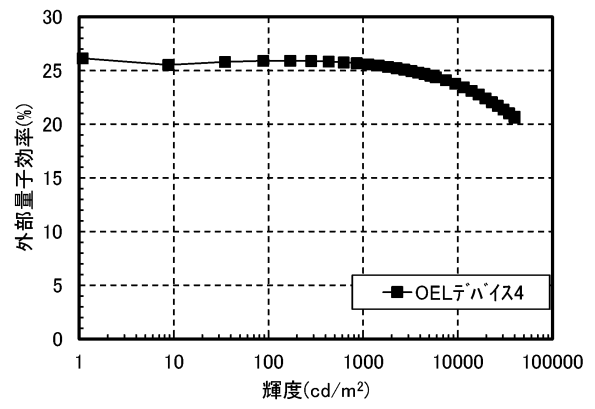
40

50

【図 4 1】

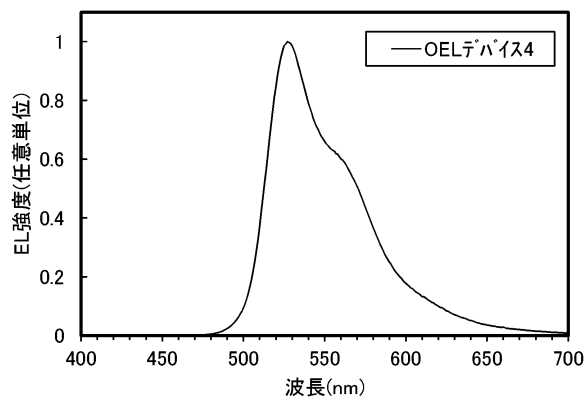


【図 4 2】

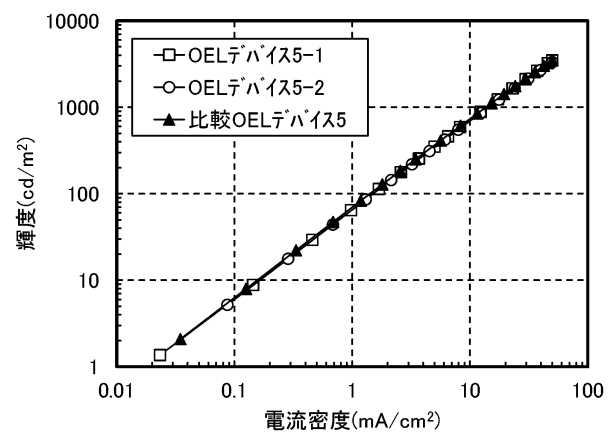


10

【図 4 3】



【図 4 4】



20

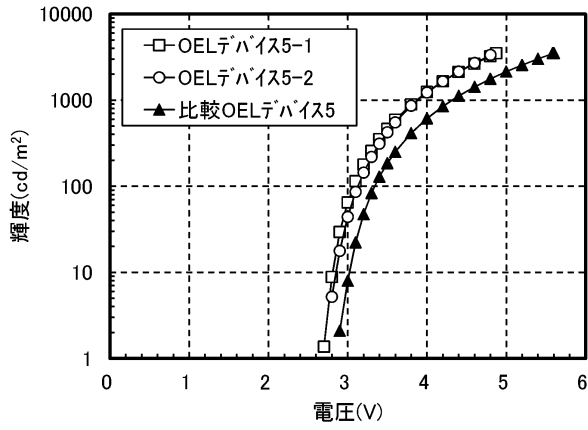
30

40

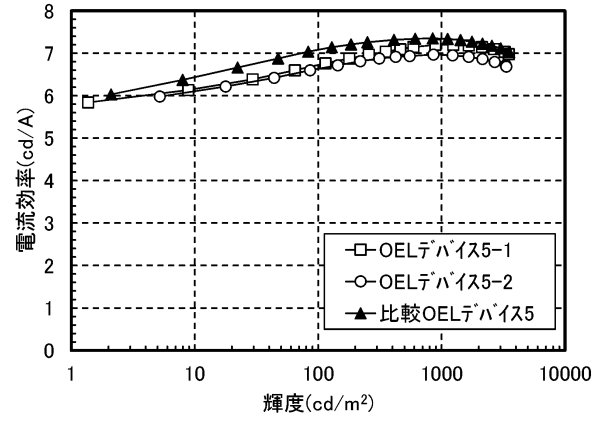
50



【図 4 5】

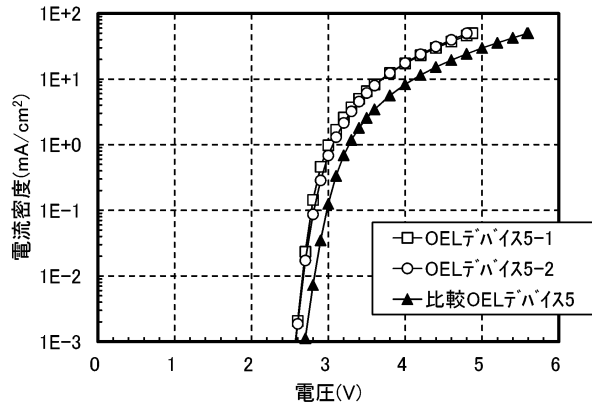


【図 4 6】

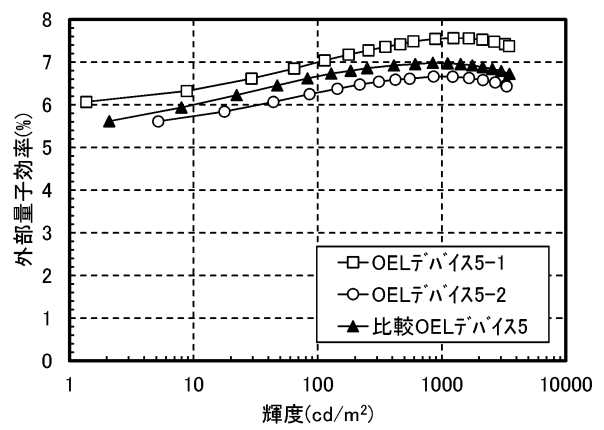


10

【図 4 7】



【図 4 8】



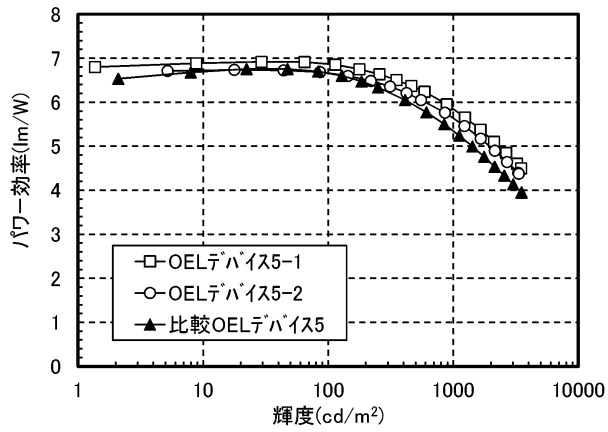
20

30

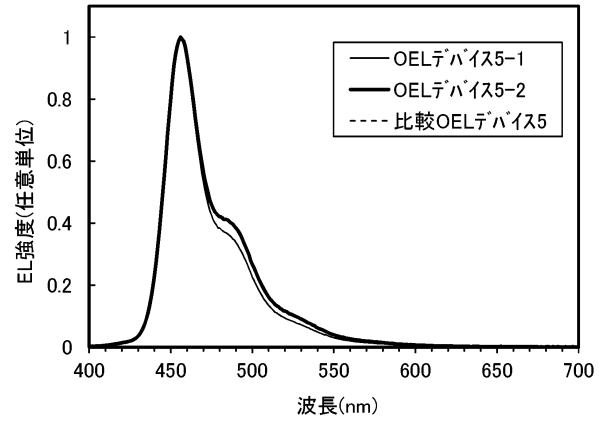
40

50

【図 49】

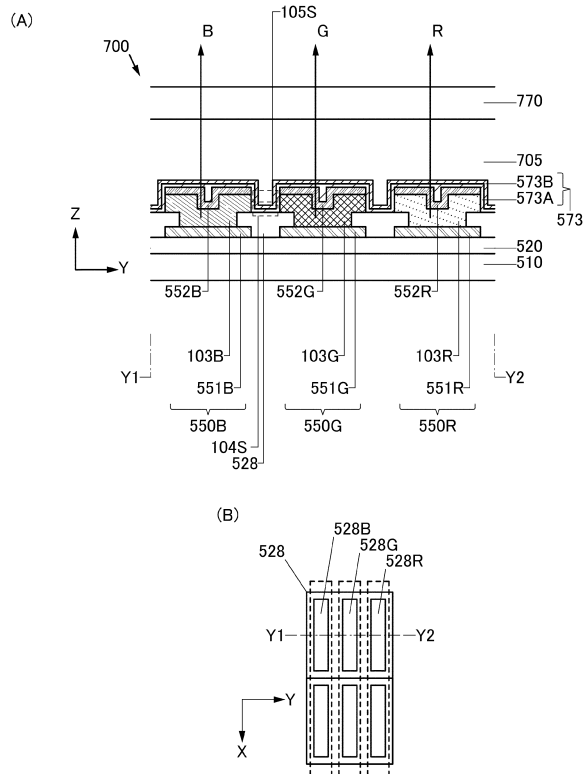


【図 50】

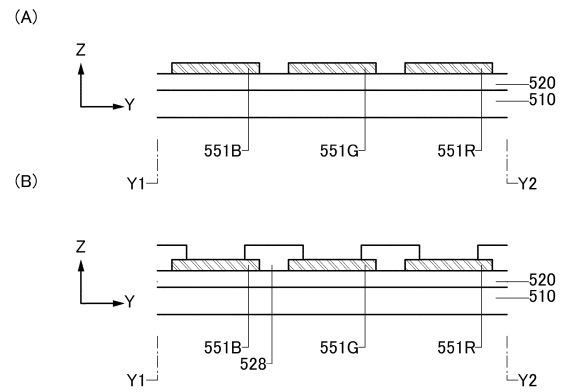


10

【図 51】



【図 52】



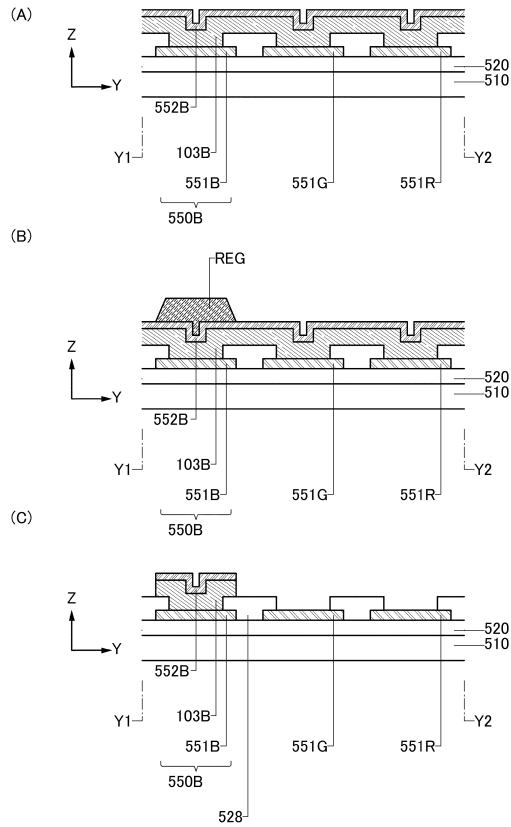
20

30

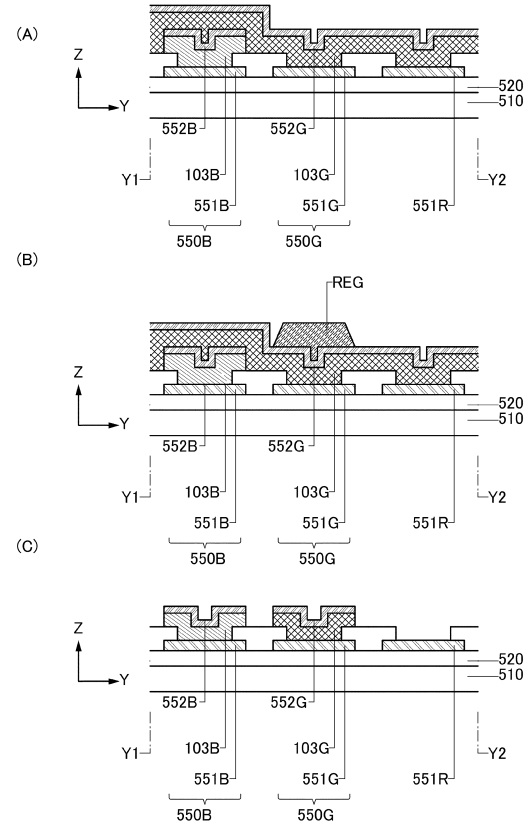
40

50

【図 5 3】



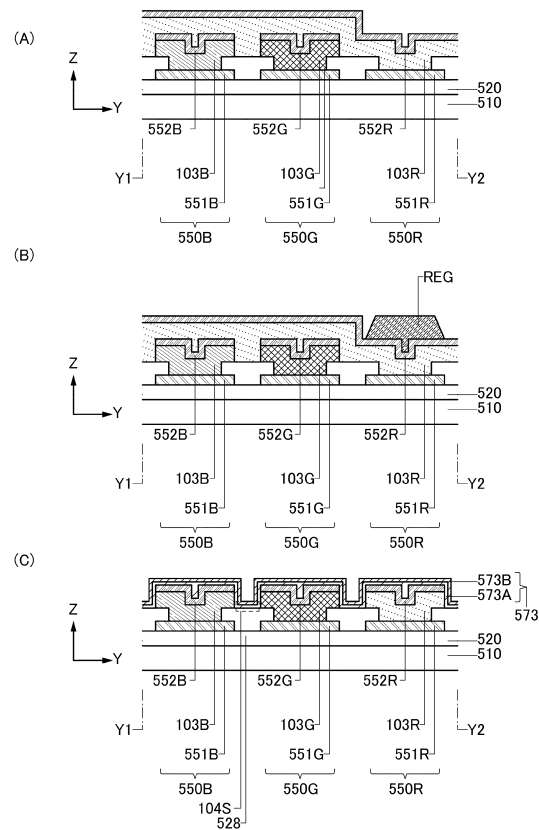
【図 5 4】



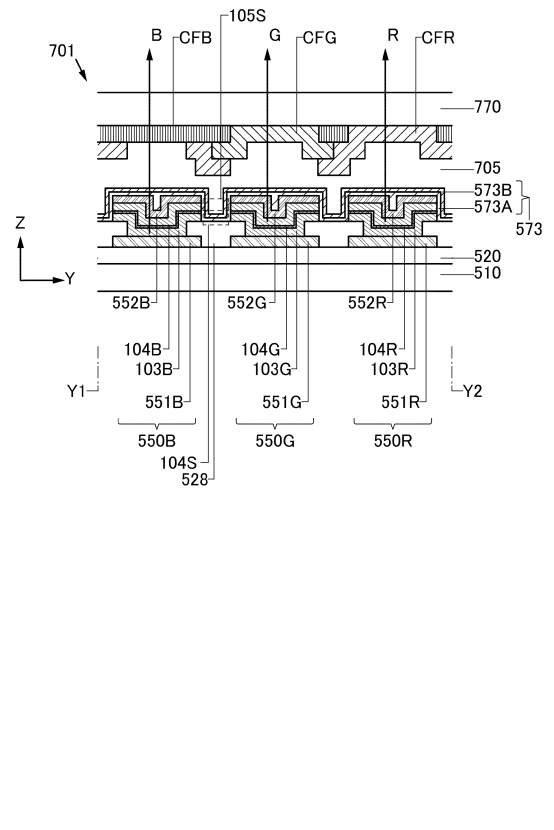
10

20

【図 5 5】



【図 5 6】

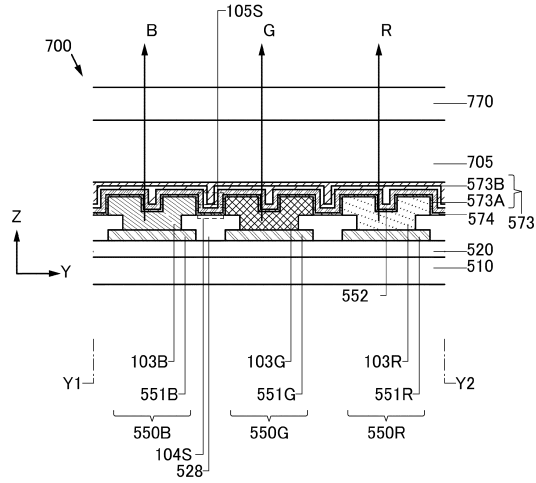


30

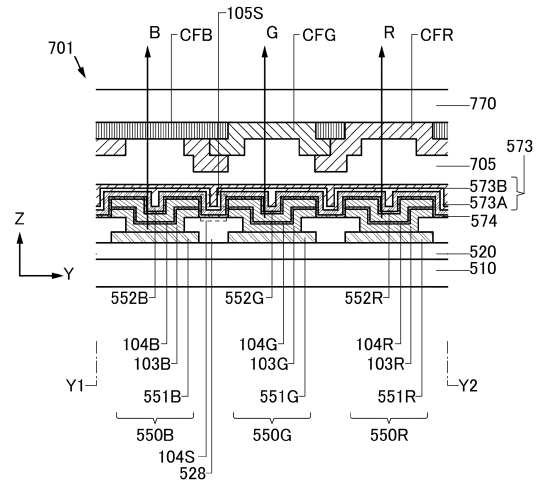
40

50

【図 57】

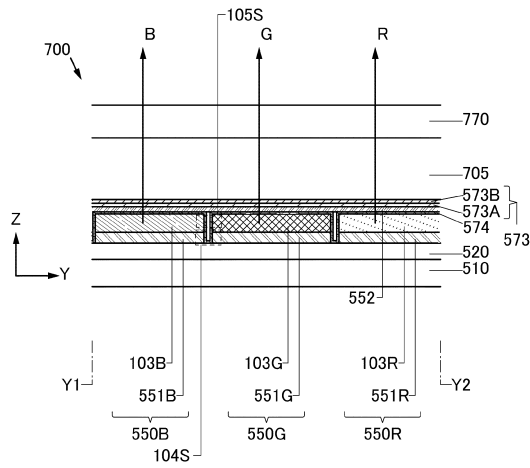


【図 58】

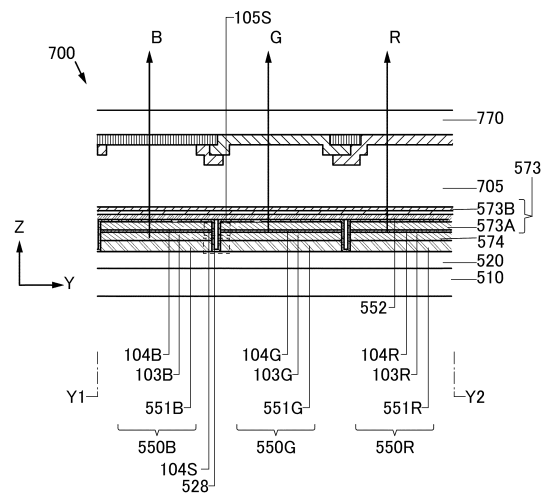


10

【図 59】



【図 60】



20

30

40

50

(51) 国際特許分類

FI

|         |       |       |   |
|---------|-------|-------|---|
| H 0 1 L | 31/08 |       | T |
| G 0 9 F | 9/30  | 3 6 5 |   |
| G 0 9 F | 9/30  | 3 3 8 |   |

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

|              |       |  |
|--------------|-------|--|
| F ターム ( 参考 ) | 3K107 | AA01 BB01 BB02 BB08 CC12 CC14 DD72 DD78 EE03 EE63<br>FF04 GG04 |
|              | 5C094 | AA22 AA24 BA03 BA27 CA19 DA13 FA01 FA02 FB01 FB14<br>HA08 JA02 |
|              | 5F849 | AA01 AB11 BA30 XA25  |