

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2022-176174
(P2022-176174A)

(43)公開日 令和4年11月25日(2022.11.25)

(51)国際特許分類
H 0 1 L 51/50 (2006.01)

F I
H 0 5 B 33/22
H 0 5 B 33/14
H 0 5 B 33/22

テーマコード(参考)
D 3 K 1 0 7
A
B

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全136頁)

(21)出願番号 特願2022-79496(P2022-79496)
(22)出願日 令和4年5月13日(2022.5.13)
(31)優先権主張番号 特願2021-81940(P2021-81940)
(32)優先日 令和3年5月13日(2021.5.13)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(71)出願人 000153878
株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷398番地
渡部 剛吉
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
瀬尾 広美
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
植田 藍莉
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
河野 優太
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会
社半導体エネルギー研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 正孔輸送層用材料、電子輸送層用材料、発光デバイス、および電子機器

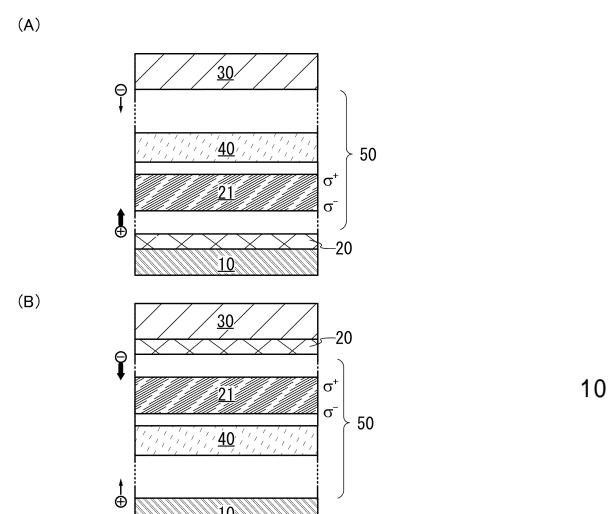
(57)【要約】

【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】陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極との間に位置するE-L層とを有し、前記E-L層は、正孔輸送層と、発光層とを有し、前記正孔輸送層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、前記正孔輸送層と前記陽極は接しておらず、前記正孔輸送層が、蒸着膜の表面電位の電位勾配GSP_slope(mV/nm)が20(mV/nm)以上である発光デバイスの輸送層用材料を含む発光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】**

蒸着膜の表面電位の電位勾配 G S P _ s l o p e が 2 0 (m V / n m) 以上である発光デバイスの正孔輸送層用材料。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記 G S P _ s l o p e が 1 0 0 (m V / n m) 以下である発光デバイスの正孔輸送層用材料。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 において、

前記材料の波長 4 5 0 n m の光に対する常光屈折率が 1 . 5 0 以上 1 . 7 5 以下である発光デバイスの正孔輸送層用材料。

【請求項 4】

請求項 1 または請求項 2 において、

前記材料の波長 6 3 3 n m の光に対する常光屈折率が 1 . 4 5 以上 1 . 7 0 以下である発光デバイスの正孔輸送層用材料。

【請求項 5】

蒸着膜の表面電位の電位勾配 G S P _ s l o p e が 2 0 (m V / n m) 以上であり、且つ波長 4 5 0 n m の光に対する常光屈折率が 1 . 5 0 以上 1 . 7 5 以下である発光デバイスの電子輸送層用材料。

【請求項 6】

蒸着膜の表面電位の電位勾配 G S P _ s l o p e が 2 0 (m V / n m) 以上であり、且つ波長 6 3 3 n m の光に対する常光屈折率が 1 . 4 5 以上 1 . 7 0 以下である発光デバイスの電子輸送層用材料。

【請求項 7】

陽極と、

陰極と、

前記陽極および前記陰極との間に位置する E L 層とを有し、

前記 E L 層は、正孔輸送層と、発光層とを有し、

前記正孔輸送層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、

前記正孔輸送層と前記陽極は接しておらず、

前記正孔輸送層が、請求項 1 に記載の正孔輸送層用材料を含む発光デバイス。

【請求項 8】

陽極と、

陰極と、

前記陽極および前記陰極との間に位置する E L 層とを有し、

前記 E L 層は、正孔注入層と、正孔輸送層と、発光層とを有し、

前記正孔注入層および前記正孔輸送層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、

前記正孔輸送層は、前記正孔注入層と、前記発光層との間に位置し、

前記正孔輸送層が、請求項 1 に記載の正孔輸送層用材料を含む発光デバイス。

【請求項 9】

陽極と、

陰極と、

前記陽極および前記陰極との間に位置する E L 層とを有し、

前記 E L 層は、電子輸送層と、発光層とを有し、

前記電子輸送層は、前記陰極と前記発光層との間に位置し、

前記電子輸送層と前記陰極は接しておらず、

前記電子輸送層が、請求項 5 に記載の電子輸送層用材料を含む発光デバイス。

【請求項 10】

陽極と、

10

20

30

40

50

陰極と、

前記陽極および前記陰極との間に位置するEL層とを有し、

前記EL層は、電子注入層と、電子輸送層と、発光層とを有し、

前記電子注入層および前記電子輸送層は、前記陰極と前記発光層との間に位置し、

前記電子輸送層は、前記電子注入層と、前記発光層との間に位置し、

前記電子輸送層が、請求項5に記載の電子輸送層用材料を含む発光デバイス。

【請求項11】

請求項7乃至請求項10のいずれか一項に記載の発光デバイスと、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。

10

【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EL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、マニュファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関するものである。そのため、より具体的に本明細書で開示する本発明の一態様の技術分野としては、半導体装置、表示装置、液晶表示装置、発光装置、照明装置、蓄電装置、記憶装置、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。

20

【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）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。これら発光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。

30

【0003】

このような発光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、このような発光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。

30

【0004】

また、これらの発光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。

40

【0005】

このように発光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発光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）。

【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、

50

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が可能な輸送層用材料、正孔輸送層材料、電子輸送層用材料、電子ブロック層用材料、正孔ブロック層用材料のいずれか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、駆動電圧の低い発光デバイスを提供することが可能な輸送層用材料、正孔輸送層材料、電子輸送層用材料、電子ブロック層用材料、正孔ブロック層用材料のいずれか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が可能な輸送層用材料、正孔輸送層材料、電子輸送層用材料、電子ブロック層用材料、正孔ブロック層用材料のいずれか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が可能な輸送層用材料、正孔輸送層材料、電子輸送層用材料、電子ブロック層用材料、正孔ブロック層用材料のいずれかを提供することを目的とする。

10

【0008】

また、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、駆動電圧の低い発光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。

20

【0009】

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】

【0010】

本発明の一態様は、蒸着膜の表面電位の電位勾配 G S P _ s l o p e (mV / nm) が 20 (mV / nm) 以上である発光デバイスの正孔輸送層用材料である。

【0011】

または、本発明の他の一態様は、前記 G S P _ s l o p e が 100 (mV / nm) 以下である発光デバイスの正孔輸送層用材料である。

30

【0012】

または、本発明の一態様は、上記構成において、前記材料の波長 450 nm の光に対する常光屈折率が 1.50 以上 1.75 以下である発光デバイスの正孔輸送層用材料である。

【0013】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記材料の波長 633 nm の光に対する常光屈折率が 1.45 以上 1.70 以下である発光デバイスの正孔輸送層用材料である。

【0014】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記材料のガラス転移温度 Tg () が 100 以上である発光デバイスの正孔輸送層用材料である。

40

【0015】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、炭素数 2 乃至炭素数 5 の鎖式アルキル基または炭素数 6 乃至 12 のシクロアルキル基から選ばれる基を少なくとも 3 つ有する発光デバイスの正孔輸送層用材料である。

【0016】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記アルキル基が炭素数 3 乃至炭素数 5 の分岐を有する鎖式アルキル基である発光デバイスの正孔輸送層用材料である。

【0017】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記アルキル基が t - ブチル基である発光デバイスの正孔輸送層用材料である。

50

【 0 0 1 8 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、分子内の総炭素数に対する s p 3 混成軌道で結合を作っている炭素の割合が 2 3 % 以上 5 5 % 以下である発光デバイスの正孔輸送層用材料である。

【 0 0 1 9 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、¹ H - N M R で材料の測定を行った結果における、4 p p m 未満のシグナルの積分値が、4 p p m 以上のシグナルの積分値を上回る発光デバイスの正孔輸送層用材料である。

【 0 0 2 0 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記材料が正孔輸送性を有する発光デバイスの正孔輸送層用材料である。 10

【 0 0 2 1 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記材料がアリールアミンである発光デバイスの正孔輸送層用材料である。

【 0 0 2 2 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記材料が縮合芳香族炭化水素環を有する場合、前記縮合芳香族炭化水素環は 3 環以下の縮合環であり、前記材料分子内における前記縮合芳香族炭化水素環の総数は 1 または 2 である、発光デバイスの正孔輸送層用材料である。

【 0 0 2 3 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記材料における分子内のフルオレン骨格が 2 個以下である発光デバイスの正孔輸送層用材料である。 20

【 0 0 2 4 】

または、本発明の他の一態様は、上記の正孔輸送層用材料を含む電子ブロック層用材料である。

【 0 0 2 5 】

または、本発明の他の一態様は、蒸着膜の表面電位の電位勾配 G S P _ s l o p e (m V / n m) が 2 0 (m V / n m) 以上であり、且つ波長 4 5 0 n m の光に対する常光屈折率が 1 . 5 0 以上 1 . 7 5 以下である発光デバイスの電子輸送層用材料である。

【 0 0 2 6 】

または、本発明の他の一態様は、蒸着膜の表面電位の電位勾配 G S P _ s l o p e (m V / n m) が 2 0 (m V / n m) 以上であり、且つ波長 6 3 3 n m の光に対する常光屈折率が 1 . 4 5 以上 1 . 7 0 以下である発光デバイスの電子輸送層用材料である。 30

【 0 0 2 7 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記 G S P _ s l o p e が 1 0 0 (m V / n m) 以下である発光デバイスの電子輸送層用材料である。

【 0 0 2 8 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記材料のガラス転移温度 T g () が 1 0 0 以上である発光デバイスの電子輸送層用材料である。

【 0 0 2 9 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、炭素数 2 乃至炭素数 5 の鎖式アルキル基または炭素数 6 乃至 1 2 のシクロアルキル基から選ばれる基を少なくとも 3 つ有する発光デバイスの電子輸送層用材料である。 40

【 0 0 3 0 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記アルキル基が炭素数 3 乃至炭素数 5 の分岐を有する鎖式アルキル基である発光デバイスの電子輸送層用材料である。

【 0 0 3 1 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記アルキル基が t - プチル基である発光デバイスの電子輸送層用材料である。

【 0 0 3 2 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、分子内の総炭素数に対する s p 3 混成軌道で結合を作っている炭素の割合が 2 3 % 以上 5 5 % 以下である発光デバイスの電子輸送層用材料である。

【 0 0 3 3 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、¹ H - N M R で材料の測定を行った結果における、4 p p m 未満のシグナルの積分値が、4 p p m 以上のシグナルの積分値を上回る発光デバイスの電子輸送層用材料である。

【 0 0 3 4 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記材料が電子輸送性を有する発光デバイスの電子輸送層用材料である。

10

【 0 0 3 5 】

または、本発明の他の一態様は、上記電子輸送層用材料を含むホールブロック層用材料である。

【 0 0 3 6 】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極との間に位置する E L 層とを有し、前記 E L 層は、正孔輸送層と、発光層とを有し、前記正孔輸送層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、前記正孔輸送層と前記陽極は接しておらず、前記正孔輸送層が、上記正孔輸送層用材料または上記電子輸送層用材料を含む発光デバイスである。

20

【 0 0 3 7 】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極との間に位置する E L 層とを有し、前記 E L 層は、正孔注入層と、正孔輸送層と、発光層とを有し、前記正孔注入層および前記正孔輸送層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、前記正孔輸送層は、前記正孔注入層と、前記発光層との間に位置し、前記正孔輸送層が、上記正孔輸送層用材料を含む発光デバイスである。

【 0 0 3 8 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記正孔輸送層と前記発光層が接している発光デバイスである。

【 0 0 3 9 】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極との間に位置する E L 層とを有し、前記 E L 層は、正孔注入層と、正孔輸送層と、電子ブロック層と、発光層とを有し、前記正孔注入層および、前記正孔輸送層、前記電子ブロック層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、前記電子ブロック層は、前記発光層に接しており、前記正孔注入層は、前記陽極と接しており、前記電子ブロック層が、前記電子ブロック層用材料を含む発光デバイスである。

30

【 0 0 4 0 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記正孔輸送層に含まれる有機化合物の蒸着膜の G S P _ s l o p e が、前記電子ブロック層用材料の蒸着膜の G S P _ s l o p e よりも小さい発光デバイスである。

40

【 0 0 4 1 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記正孔注入層に含まれる有機化合物の蒸着膜の G S P _ s l o p e が 2 0 (m V / n m) 未満である発光デバイスである。

【 0 0 4 2 】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極との間に位置する E L 層とを有し、前記 E L 層は、電子輸送層と、発光層とを有し、前記電子輸送層は、前記陰極と前記発光層との間に位置し、前記電子輸送層と前記陰極は接しておらず、前記電子輸送層が、上記電子輸送層用材料を含む発光デバイスである。

【 0 0 4 3 】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極との間に位置する E L 層とを有し、前記 E L 層は、電子注入層と、電子輸送層と、発光層とを有し、前

50

記電子注入層および前記電子輸送層は、前記陰極と前記発光層との間に位置し、前記電子輸送層は、前記電子注入層と、前記発光層との間に位置し、前記電子輸送層が、上記電子輸送層用材料を含む発光デバイスである。

【0044】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記電子輸送層と前記発光層が接している発光デバイスである。

【0045】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極との間に位置するEL層とを有し、前記EL層は、電子注入層と、電子輸送層と、正孔プロック層と、発光層とを有し、前記電子注入層および、前記電子輸送層、前記正孔プロック層は、前記陰極と前記発光層との間に位置し、前記正孔プロック層は、前記発光層に接しており、前記電子注入層は、前記陰極と接しており、前記正孔プロック層が、上記正孔プロック層用材料を含む発光デバイスである。

10

【0046】

または、本発明の他の一態様は、上記いずれかに記載の発光デバイスと、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。

【0047】

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

20

【0048】

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

【0049】

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ー、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。

30

【発明の効果】

【0050】

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可能な正孔輸送層材料、電子輸送層用材料、電子プロック層用材料、正孔プロック層用材料のいずれかを提供することができる。または本発明の一態様では、駆動電圧の低い発光デバイスを提供することが可能な輸送層用材料、正孔輸送層材料、電子輸送層用材料、電子プロック層用材料、正孔プロック層用材料、正孔プロック層用材料のいずれか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可能な輸送層用材料、正孔輸送層材料、電子輸送層用材料、電子プロック層用材料、正孔プロック層用材料のいずれか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可能な輸送層用材料、正孔輸送層材料、電子輸送層用材料、電子プロック層用材料、正孔プロック層用材料のいずれかを提供することができる。

40

【0051】

また、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、駆動電圧の低い発光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。

【0052】

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

50

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】

【0053】

【図1】図1(A)、図1(B)は本発明の一態様の発光デバイスを表す図である。

【図2】図2は、デバイス1およびデバイス2の容量-電圧特性を表す図である。

【図3】図3(A)、図3(B)、および図3(C)は本発明の一態様の発光デバイスの概略図である。

【図4】図4(A)乃至図4(D)は、表示装置の構成例を示す図である。

10

【図5】図5(A)乃至図5(F)は、表示装置の作製方法例を示す図である。

【図6】図6(A)乃至図6(F)は、表示装置の作製方法例を示す図である。

【図7】図7は、表示装置の一例を示す斜視図である。

【図8】図8(A)及び図8(B)は、表示装置の一例を示す断面図である。

【図9】図9(A)は、表示装置の一例を示す断面図である。図9(B)は、トランジスタの一例を示す断面図である。

【図10】図10(A)及び図10(B)は、表示モジュールの一例を示す斜視図である。

【図11】図11は、表示装置の一例を示す断面図である。

20

【図12】図12は、表示装置の一例を示す断面図である。

【図13】図13は、表示装置の一例を示す断面図である。

【図14】図14は、表示装置の構成例を示す図である。

【図15】図15(A)及び図15(B)は、電子機器の一例を示す図である。

【図16】図16(A)乃至図16(D)は、電子機器の一例を示す図である。

【図17】図17(A)乃至図17(F)は、電子機器の一例を示す図である。

【図18】図18(A)乃至図18(F)は、電子機器の一例を示す図である。

【図19】図19は発光デバイスD1乃至発光デバイスD5、発光デバイスCD1および発光デバイスCD2の輝度-電流密度特性を表す図である。

【図20】図20は発光デバイスD1乃至発光デバイスD5、発光デバイスCD1および発光デバイスCD2の電流効率-輝度特性を表す図である。

30

【図21】図21は発光デバイスD1乃至発光デバイスD5、発光デバイスCD1および発光デバイスCD2の輝度-電圧特性を表す図である。

【図22】図22は発光デバイスD1乃至発光デバイスD5、発光デバイスCD1および発光デバイスCD2の電流密度-電圧特性を表す図である。

【図23】図23は発光デバイスD1乃至発光デバイスD5、発光デバイスCD1および発光デバイスCD2の外部量子効率-輝度特性を表す図である。

【図24】図24は発光デバイスD1乃至発光デバイスD5、発光デバイスCD1および発光デバイスCD2のパワー効率-輝度特性を表す図である。

【図25】図25は発光デバイスD1乃至発光デバイスD5、発光デバイスCD1および発光デバイスCD2の発光スペクトルを表す図である。

40

【図26】図26は発光デバイスD11乃至発光デバイスD17、発光デバイスCD11および発光デバイスCD12の輝度-電流密度特性を表す図である。

【図27】図27は発光デバイスD11乃至発光デバイスD17、発光デバイスCD11および発光デバイスCD12の電流効率-輝度特性を表す図である。

【図28】図28は発光デバイスD11乃至発光デバイスD17、発光デバイスCD11および発光デバイスCD12の輝度-電圧特性を表す図である。

【図29】図29は発光デバイスD11乃至発光デバイスD17、発光デバイスCD11および発光デバイスCD12の電流密度-電圧特性を表す図である。

【図30】図30は発光デバイスD11乃至発光デバイスD17、発光デバイスCD11および発光デバイスCD12の外部量子効率-輝度特性を表す図である。

50

【図31】図31は発光デバイスD11乃至発光デバイスD17、発光デバイスCD11および発光デバイスCD12のパワー効率-輝度特性を表す図である。

【図32】図32は発光デバイスD11乃至発光デバイスD17、発光デバイスCD11および発光デバイスCD12の発光スペクトルを表す図である。

【図33】図33はch3BichPAFの¹H-NMRスペクトルを表す図である。

【図34】図34はch3BichPAFのトルエン溶液における紫外可視吸収スペクトルおよび発光スペクトルを表す図である。

【図35】図35はmmTBuBichobiFの¹H-NMRスペクトルを表す図である。

【図36】図36はmmTBuBichobiFのトルエン溶液における紫外可視吸収スペクトルおよび発光スペクトルを表す図である。 10

【図37】図37はmmTBuBichobiFのMSスペクトルを表す図である。

【図38】図38(A)および図38(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39】図39(A)および図39(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40】図40はアクティブマトリクス型発光装置を表す図である。

【発明を実施するための形態】

【0054】

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な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。 20

【0055】

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、高精細なメタルマスク)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。

【0056】

(実施の形態1)

発光デバイスは、有機薄膜を用いた有機半導体デバイスの一種である。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。

【0057】

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。

【0058】

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、デバイスの特性に影響を与えていたことが知られるようになった。例えば、発光デバイスにおいて、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。 40

【0059】

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、蒸着膜が完全な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、当該蒸着膜がなんらかの偏りを有する場合、その偏りに由来する自発分極により巨大表面電位 50

(Giant Surface Potential) が現れることがある。

【0060】

巨大表面電位 (Giant surface potential: GSP) 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_slope (mV / nm) と記載する。

【0061】

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、560 nm の膜厚での表面電位が約 28 V にも達する。この電界強度は 5×10^5 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。

【0062】

今回、本発明者らは、この GSP_slope が大きい (20 mV / nm 以上) 材料を、電極から離れたキャリア輸送層の材料として用いることで発光デバイスの駆動電圧を有意に低下させることができることを見出した。なお、本明細書において、GSP_slope の値は、80 nm 程度の、測定の対象となる有機化合物膜を測定して算出した値であるものとする。

【0063】

図 1 (A) に、本発明の一態様の発光デバイスの模式図を示した。本発明の一態様の発光デバイスは、第 1 の電極 10 および第 2 の電極 30 の間に、EL 層 50 が設けられており、EL 層 50 は少なくとも発光層 40 と、蒸着膜の GSP_slope が大きい (20 mV / nm 以上) キャリア輸送層用材料を含む層 21 とを有している。

【0064】

層 21 は、蒸着膜の GSP_slope が大きい (20 mV / nm 以上) キャリア輸送層用材料を含んでいることから、層内部に分極に由来する電位差が生じている。そして、層 21 の第 1 の電極側にはマイナスの分極が生じているため、界面にホールが引き寄せられることでホールの注入が促進され、駆動電圧の低下が実現する。

【0065】

なお、当該蒸着膜の GSP_slope が大きい (20 mV / nm 以上) キャリア輸送層用材料の GSP_slope は 100 mV / nm 以下であることが、駆動電圧の低下のために好ましい。

【0066】

なお、図 1 (A) では層 21 は、正孔輸送層として機能し、第 1 の電極 10 には接していない層である。このことから、第 1 の電極と層 21 との間には、電極に接する層であるキャリア注入層 20 (図 1 (A) では正孔注入層) が存在する。本発明の一態様では、キャリア注入層 20 を構成する材料の GSP_slope は小さい (20 mV / nm 未満である) ことが、好ましい構成である。

【0067】

また、層 21 は発光層 40 に接していることが発光層へのキャリアの注入性が良好となるため好ましく、この際、層 21 がキャリアプロック層 (図 1 (A) では電子プロック層) の機能を有していることがより好ましい。層 21 を電子プロック層として機能させる場合、含まれる材料の LUMO 準位が、発光層に含まれる材料の LUMO 準位のうち最も低い LUMO 準位よりも 0.5 eV 以上高いことが好ましい。

【0068】

なお、正孔輸送層は、複数の層からなる積層構造を有していてもよい。この際蒸着膜の GSP_slope が大きい (20 mV / nm 以上) キャリア輸送層用材料を含む層 (層 21) は当該積層構造のいずれか 1 であればよい。なお層 21 は、当該積層構造のうち、最も発光層に近い正孔輸送層であることがホールの注入性が良好となるため好ましい。この

10

20

30

40

50

際、層21は電子プロック層として機能することがより好ましい。また、他の正孔輸送層を構成する層のGSP_s1opeは、層21のGSP_s1opeよりも低いことがホールの注入性がより良好となるため好ましい。なお、層21以外の他の正孔輸送層を構成する層におけるGSP_s1opeは、20(mV/nm)未満であってもよい。

【0069】

図1(A)で示したように層21が陽極である第1の電極10と発光層40との間に設けられる正孔輸送層である場合、当該層に含まれる蒸着膜のGSP_s1opeが大きいキャリア輸送層用材料は正孔輸送性を有することが好ましく、アリールアミンであることが正孔輸送性が良好であるためにより好ましい。

【0070】

図1(B)は、本発明の他の一態様の発光デバイスの模式図である。図1(B)と図1(A)との違いは、層21が、発光層40と第2の電極30との間に設けられ、電子輸送層として機能している点である。なお、層21は、第2の電極30に接しておらず、層21と第2の電極30との間にはキャリア注入層20(図1(B)では電子注入層)が存在する。本発明の一態様では、キャリア注入層20を構成する材料のGSP_s1opeは小さい(20mV/nm未満である)ことが、駆動電圧の低下のために好ましい構成である。

【0071】

層21は、蒸着膜のGSP_s1opeが大きい(20mV/nm以上)キャリア輸送層用材料を含んでいることから、層内部に分極に由来する電位差が生じている。層21の第2の電極側にはプラスの分極が生じているため、界面に電子が引き寄せられることによって電子の注入が促進され、駆動電圧の低下が実現する。

【0072】

また、層21は発光層40に接していることが電子の注入性が良好となるため好ましく、この際、層21がキャリアプロック層(図1(B)では正孔プロック層)の機能を有していることがより好ましい。層21を正孔プロック層として機能させる場合、含まれる材料のHOMO準位が、発光層に含まれるホスト材料のHOMO準位よりも0.5eV以上深いことが好ましい。

【0073】

なお、電子輸送層は、複数の層からなる積層構造を有していてもよい。この際蒸着膜のGSP_s1opeが大きい(20mV/nm以上)キャリア輸送層用材料を含む層(層21)は当該積層構造のいずれか1であればよい。なお層21は、当該積層構造のうち、最も発光層に近い電子輸送層であることがホールの注入性が良好となるため好ましい。この際、層21は正孔プロック層として機能することがより好ましい。また、他の電子輸送層を構成する層のGSP_s1opeは、層21のGSP_s1opeよりも低いことが電子の注入性がより良好となるため好ましい。なお、他の電子輸送層を構成する層のGSP_s1opeは、20mV/nm未満であってもよい。

【0074】

以上のような構成を有する本発明の一態様の発光デバイスは、駆動電圧の低い良好な特性を有する発光デバイスとすることが可能となる。

【0075】

ところで、発光デバイスのEL層に、低屈折率層を設けることによって取り出し効率が向上し、高い効率を有する発光デバイスが得られることが知られている。当該低屈折率層は、発光層に近い層に設ける構成が、効果がより大きいことから好ましい。

【0076】

一方で、屈折率の低さと、キャリア輸送性はトレードオフの関係にある。これは、有機化合物におけるキャリア輸送性は不飽和結合の存在に由来するところが大きく、不飽和結合を多く有する有機化合物は、屈折率が高い傾向があるからである。そのため、屈折率の低いキャリア輸送材料を用いた発光デバイスは、電流効率が向上しても、駆動電圧が上昇してしまうことで、期待したほどの消費電力の削減効果が得られないことがあった。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 7 】

ここで、本発明者らは、屈折率が低く、且つ G S P _ s l o p e が大きい材料を発光層の近くに設けることによって、電流効率が高く、且つ駆動電圧の上昇を抑制した発光デバイスが実現できることを見出した。屈折率の低い層、G S P _ s l o p e の大きい層は共に発光層に近い場所に設けることによってより効果を発揮する。そのため、屈折率が低く、且つ G S P _ s l o p e が大きい材料を発光層の近くに設ける構成によって、消費電力の小さい発光デバイスを得ることが可能となり、非常に良好なパワー効率を呈する発光デバイスを得ることが可能となる。

【 0 0 7 8 】

そのため、上記蒸着膜の G S P _ s l o p e が大きいキャリア輸送層用材料の屈折率は低いことが好ましい。具体的には当該材料の波長 4 5 0 n m の光に対する常光屈折率が 1 . 5 0 以上 1 . 7 5 以下、または波長 6 3 3 n m の光に対する常光屈折率が 1 . 4 5 以上 1 . 7 0 以下であることが好ましい。

【 0 0 7 9 】

なお、屈折率を低く保つ観点から、当該材料が縮合芳香族炭化水素環を有する場合、前記縮合芳香族炭化水素環は 3 環以下の縮合芳香環（例えばアントラセン環、ナフタレン環、フルオレン環）であり、前記材料分子内に含まれる当該縮合芳香族炭化水素環の総数は 1 、または 2 であることが好ましい。また、正孔輸送性を高めるためには分子内にフルオレン骨格が存在することが好ましいが、屈折率を低く保つ観点から当該材料における分子内のフルオレン骨格が 2 個以下であることが好ましい。

【 0 0 8 0 】

また、屈折率が低い材料を得るために分子内に分子屈折が低い置換基を導入することが好ましい。当該置換基としては飽和炭化水素基、環式飽和炭化水素基等を挙げることができる。そこで、蒸着膜の G S P _ s l o p e が大きいキャリア輸送層用材料は、少なくとも 3 の炭素数 2 乃至炭素数 5 の鎖式アルキル基または炭素数 6 乃至 1 2 のシクロアルキル基、特に炭素数 3 乃至炭素数 5 の分岐を有する鎖式アルキル基を有することが好ましい。当該炭素数 2 乃至炭素数 5 の鎖式アルキル基または炭素数 6 乃至 1 2 のシクロアルキル基としては、t - プチル基、シクロヘキシル基が特に好ましい。

【 0 0 8 1 】

なお、t - プチル基、シクロヘキシル基を複数有することによって耐熱性も向上する。ガラス転移温度 (T g) が 1 0 0 以上、好ましくは 1 1 0 以上、より好ましくは 1 2 0 以上的上記蒸着膜の G S P _ s l o p e が大きいキャリア輸送層用材料を用いることが望ましい。

【 0 0 8 2 】

また、炭素数 2 乃至炭素数 5 の鎖式アルキル基または炭素数 6 乃至 1 2 のシクロアルキル基は s p 3 混成軌道で結合を作っている炭素で構成されている。s p 3 混成軌道で結合を作っている炭素は屈折率が低いため、分子内の総炭素数に対する s p 3 混成軌道で結合を作っている炭素の割合が大きいほど屈折率の低い材料とすることが可能であるが、キャリアの輸送性を考慮すると、分子内の総炭素数に対する s p 3 混成軌道で結合を作っている炭素の割合が 2 3 % 以上 5 5 % 以下であることが好ましい。

【 0 0 8 3 】

また、当該 s p 3 混成軌道で結合を作っている炭素のシグナルは ¹ H - N M R で材料の測定を行った結果において、4 p p m 未満となる。そのため、蒸着膜の G S P _ s l o p e が大きいキャリア輸送層用材料を ¹ H - N M R で測定した際、4 p p m 未満のシグナルの積分値が、4 p p m 以上のシグナルの積分値を上回ることが好ましい。

【 0 0 8 4 】

なお、このような蒸着膜の G S P _ s l o p e が大きいキャリア輸送層用材料は、フォトダイオード等のセンサにも好適に用いることが可能である。

【 0 0 8 5 】

ここで、有機化合物の G S P _ s l o p e を求める方法について説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 6 】

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 _ s l o p e (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 / m²) が G S P _ s l o p e と関連して変化することを利用して G S P _ s l o p e を見積もることができる。

【 0 0 8 7 】

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 8 8 】

【 数 1 】

$$\sigma_{if} = \frac{Q_{if}}{S} = (V_i - V_{bi}) \frac{\varepsilon_2}{d_2} \quad \dots (1)$$

【 0 0 8 9 】

【 数 2 】

$$\sigma_{if} = P_1 - P_2 = \frac{\varepsilon_1 V_1}{d_1} - \frac{\varepsilon_2 V_2}{d_2} \quad \dots (2)$$

【 0 0 9 0 】

式 (1) において σ_{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、 ε_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_0 (633 nm) 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 ε_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 σ_{if} を求めることができる。

【 0 0 9 1 】

続いて、式 (2) において、 σ_{if} は分極電荷密度、 P_n は薄膜 n の G S P _ s l o p e 、 ε_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 σ_{if} を求めることができるために、薄膜 2 として G S P _ s l o p e が既知の物質を用いることで、薄膜 1 の G S P _ s l o p e を見積もることができる。

【 0 0 9 2 】

そこで、薄膜 2 として G S P _ s l o p e が (48 mV / nm) と既知である A1q3 を用い、測定用のデバイスとしてデバイス 1 とデバイス 2 を作製し、デバイス 1 では m m t B u m T P o F B i - 02 、デバイス 2 では N P B の G S P _ s l o p e を求めた例を以下に示す。

【 0 0 9 3 】

デバイス 1 およびデバイス 2 のデバイス構造は下表のとおりである。なお、デバイス 1 およびデバイス 2 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 nm / sec から 0.4 nm / sec の条件で形成した。なお、一つ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 1 およびデバイス 2 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 4 】

また、デバイス 1 およびデバイス 2 の容量 - 電圧特性を図 2 に示す。

10

20

30

40

50

【0095】

【表1】

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

【0096】

表2に、図2および式(1)、式(2)を用いて求めた、デバイス1(mmtBumTPoFBi-02)およびデバイス2(NPB)のホール注入電圧 V_i 、閾値電圧 V_{bi} 、分極電荷密度 σ_{if} 、GSP_slopeと、計算に用いた各材料の屈折率 n_0 を示す。

【0097】

【表2】

	デバイス1 (mmtBumTPoFBi-02)	デバイス2 (NPB)
ホール注入電圧 V_i (V)	0.94	-0.53
閾値電圧 V_{bi} (V)	2.02	2.02
分極電荷密度 σ_{if} (mC/m ²)	-0.47	-1.1
常光屈折率 n_0 (@633nm)	1.64	1.77
GSP (mV/nm)	32.6	5.2

【0098】

なお、デバイス1、デバイス2とほぼ同じ構成を有し、Alq₃の膜厚のみ80nmであるデバイス3、デバイス4を作製し、各々ホール注入電圧がデバイス1、デバイス2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、Alq₃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3、デバイス4を用いて、デバイス1、デバイス2と同様にGSP_slopeの見積もりを行い、同じ結果になることを確認した。

【0099】

このように、GSP_slopeが既知であるAlq₃と、GSP_slopeを求める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_slopeを見積もることができる。

【0100】

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

10

20

30

40

50

ば最も多く含まれる)有機化合物のG S P _ s l o p eを「層を構成する材料のG S P _ s l o p e」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G S P _ s l o p eと含有率を算出し、その加重平均(G S P _ s l o p e _ a v e)を「層を構成する材料のG S P _ s l o p e」と定義しても良い。

【0101】

(実施の形態2)

本実施の形態では、本発明の一態様の発光デバイスについて詳しく説明する。図3(A)に、本発明の一態様の発光デバイスを表す図を示す。本発明の一態様の発光デバイスは、第1の電極101、第2の電極102の間にEL層103を有している。EL層103は、発光層113と、蒸着膜のG S P _ s l o p eの大きい材料を含む層(本実施の形態では電子ブロック層120)とを有している。

10

【0102】

発光層113と第1の電極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と第2の電極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。正孔輸送領域に蒸着膜のG S P _ s l o p eが大きい材料を含む層を有する場合、当該層は正孔輸送層、電子ブロック層として機能し、電子輸送領域に当該層を有する場合、それは電子輸送層、正孔ブロック層として機能する。

【0103】

なお、当該発光デバイスは、陽極として機能する第1の電極101側から順に形成されているものとする。

20

【0104】

正孔輸送層112と第1の電極101との間には第1の電極101に接して正孔注入層111が設けられ、本発明において正孔輸送層、電子ブロック層120は電極に接しない。蒸着膜のG S P _ s l o p eの大きい材料を含む層が電子輸送領域に形成されている場合、発光デバイスは陰極である第2の電極102に接する電子注入層115を有しており、電子輸送層、正孔ブロック層は第2の電極に接しない。

30

【0105】

なお、図3(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、発光デバイスの構成はこれらに限られることではなく、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。

30

【0106】

続いて、上述の発光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】

陽極として機能する第1の電極101は、仕事関数の大きい(具体的には4.0eV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、酸化タンゲ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1~20wt%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、酸化タンゲ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ゲステンを0.5~5wt%、酸化亜鉛を0.1~1wt%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。この他、金(Au)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、タンゲステン(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正孔注入層111に用いることで、仕事関数に関わらず、電極材料を選択

40

50

することができるようになる。

【 0 1 0 8 】

正孔注入層 1 1 1 は、アクセプタ性を有する物質を含み、第 1 の電極 1 0 1 に接する層である。アクセプタ性を有する物質としては、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。

〔 0 1 0 9 〕

(0 1 1 0)

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、第 1 の電極 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。

【 0 1 1 1 】

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。

【 0 1 1 2 】

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

：D P A B)、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 : D N T P D)、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 : D P A 3 B) 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 : P C z P C A 1)、3 , 6 - ビス [N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称 : P C z P C A 2)、3 - [N - (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 : P C z P C N 1)、4 , 4 ' - ジ (N - カルバゾリル) ビフェニル (略称 : C B P)、1 , 3 , 5 - トリス [4 - (N - カルバゾリル) フェニル] ベンゼン (略称 : T C P B)、9 - [4 - (10 - フェニルアントラセン - 9 - イル) フェニル] - 9 H - カルバゾール (略称 : C z P A)、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 - t e r t - ブチル - 9 , 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称 : t - B u D N A)、2 - t e r t - 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 : D P P A)、2 - t e r t - 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 - B u D B A)、9 , 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称 : D N A)、9 , 10 - ジフェニルアントラセン (略称 : D P A n t h)、2 - t e r t - ブチルアントラセン (略称 : t - B u A n t h)、9 , 10 - ビス (4 - メチル - 1 - ナフチル) アントラセン (略称 : D M N A)、2 - t e r t - 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 (t e r t - 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 : D P V B i)、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 : D P V P A) 等が挙げられる。

【 0 1 1 3 】

また、ポリ (N - ビニルカルバゾール) (略称 : P V K)、ポリ (4 - ビニルトリフェニルアミン) (略称 : P V T P A)、ポリ [N - (4 - { N ' - [4 - (4 - ジフェニルアミノ) フェニル] フェニル - N ' - フェニルアミノ } フェニル) メタクリルアミド] (略称 : P T P D M A)、ポリ [N , N ' - ビス (4 - ブチルフェニル) - N , N ' - ビス (フェニル) ベンジジン] (略称 : P o l y - T P D) 等の高分子化合物を用いることができる。

【 0 1 1 4 】

また、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、ジベンゾチオフェ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ェ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、寿命の良好な発光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 : B n 50

f A B P) 、 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 : B B A B n f) 、 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 : B n f B B 1 B P) 、 N , N - ビス (4 - ビフェニル) ベンゾ [b] ナフト [1 , 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 - (ジベンゾチオフェン - 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 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 - ビフェニリル) - 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 - ビフェニリル) - 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 - ビフェニリル) - 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 - ビフェニリル) カルバゾール } トリフェニルアミン (略称 : Y G T B i N 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 - ビフェニリル) - 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) 50

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) 、 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) 、 N - (1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル) - N - [4 - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) フェニル] - 9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - アミン (略称 : P C B B i F) 、 N , N - ビス (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、 N , N - ビス (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 - 3 - アミン、 N , N - ビス (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 - 2 - アミン、 N , N - ビス (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 - 1 - アミン等を挙げることができる。 10

【 0 1 1 5 】

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 e V 以上 - 5 . 4 e V 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、寿命の良好な発光デバイスを得ることが容易となる。 20

【 0 1 1 6 】

また、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、 E L 層 103 内部に屈折率の低い層を形成することができ、発光デバイスの外部量子効率を向上させることができる。 30

【 0 1 1 7 】

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、駆動電圧の小さい発光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、用いやすい材料である。 30

【 0 1 1 8 】

なお、正孔注入層 111 に用いられる材料は、その G S P _ s l o p e が 20 m V / nm 未満の材料であることがより駆動電圧の低い発光デバイスを得やすいことから好ましい構成である。そのため、正孔注入層 111 は上述の材料の中から G S P _ s l o p e が 20 m V / nm 未満の材料を用いて形成することが好ましい。 40

【 0 1 1 9 】

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、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{V s}$ 以上の正孔移動度を有していることが好ましい。 40

【 0 1 2 0 】

また、本発明の一態様の発光デバイスにおいて、正孔輸送層 112 には G S P _ s l o p e が 20 m V / nm 以上の材料を含むことが好ましい。正孔輸送層 112 は、複数の異なる材料よりなる層から構成されていてもよく、その際は、 G S P _ s l o p e が 20 m V / nm 以上の材料を含む層、好ましくは G S P _ s l o p e が 20 m V / nm 以上の材料で構成される層が少なくとも 1 層あれば良い。また、 G S P _ s l o p e が 20 m V / nm 以上の材料を含む層は、発光層に近い層であることが好ましく、発光層に接していることがより好ましい。また、この際、 G S P _ s l o p e が 20 m V / nm 以上の材料を含む層は、電子ブロック層の機能を有することがさらに好ましい。

【 0 1 2 1 】

このような構成を有する発光デバイスは、ホールの注入が容易であり、駆動電圧の低い有 50

機半導体デバイスとすることが可能となる。

【0122】

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-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-9H-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-9H-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-9H-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-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:P C B A F)、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: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-9H-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(ジベンゾチオフェン)(略称:D B T 3 P-I I)、2,8-ジフェニル-4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称:D B T F L P-I I I)、4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]-6-フェニルジベンゾチオフェン(略称:D B T F L P-I V)などのチオフェン骨格を有する化合物、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-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: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111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112を構成する材料として好適に用いることができる。G S P_s l o p eが大きい材料を含む層は、これらの中からG S P_s l o p eが20 mV/nm以上の材料を用いて形成すればよい。

【0123】

なお、正孔輸送層を形成する材料は、アルキル基、は少なくとも3の炭素数2乃至炭素数5の鎖式アルキル基または炭素数6乃至12のシクロアルキル基、特に炭素数3乃至炭素数5の分岐を有する鎖式アルキル基を有することが、正孔輸送層112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とため好ましい。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-9H-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-9H-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']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']フルオレン]-2'イル)アミン 50

(略称: chBichPASchF)、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'-[9H]フルオレン]-2'-イル)アミン(略称: S
chFB1chP)、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-9H-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: dmmmtBuBichAF)、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: mmmtBuB
i mmmtBuPAF)、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: mmchBichP
AF)、N-(3,3',5,5'-テトラ-t-ブチル-1,1':3',1')-ターフ
エニル-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: mmmtBumTPchPAF)、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')-ターフエニル-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: mmmtBumTPFA)、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')-ターフエニル-5'-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン
-2-アミン(略称: mmmtBumTPFBi)、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')-ターフエニ
ル-5'-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mmmtB
umTPoFBi)、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: mmmtBumBichPAF)、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: mmmtB
umTPFBi)、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')-ターフエニル-5'-イル)-9,9-ジメチル
-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mmmtBumTPtBuPAF)、N-(3,
3',5',5'-テトラ-tert-ブチル-1,1':3',1')-ターフエニル-5-イル
)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mmmtBumTPFBi
-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')-ターフエニル-5-イル)-9,9-ジメチル
-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mmmtBumTPoFBi-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')-ターフエニル-5-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオ
レン-2-アミン(略称: mmmtBumTPchPAF-02)、N-(1,1'-ビフ
エニル-2-イル)-N-(3',5',5'-トリ-tert-ブチル-1,1':3',
1')-ターフエニル-5-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略
称: mmmtBumTPoFBi-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')-ターフエニル-5-イル
)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mmmtBumTPc
hPAF-03)、N-(1,1'-ビフェニル-2-イル)-N-(3',5',5'-50-

トリ - tert - プチル - 1 , 1 ' : 3 ' , 1 '' - ターフェニル - 4 - 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 4) 、 N - (4 - シクロヘキシルフェニル) - N - (3 ' , 5 ' , 5 '' - トリ - tert - プチル - 1 , 1 ' : 3 ' , 1 '' - ターフェニル - 4 - 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 c h P A F - 0 4) 、 N - (1 , 1 ' - ビフェニル - 2 - イル) - N - (3 , 3 ' , 5 '' - トリ - tert - プチル - 1 , 1 ' : 4 ' , 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 5) 、 N - (4 - シクロヘキシルフェニル) - N - (3 , 3 ' , 5 '' - トリ - tert - プチル - 1 , 1 ' : 4 ' , 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 c h P A F - 0 5) 、 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 - 9 H - フルオレン - 2 - アミン (略称 : m m t B u B i o F B i) 、 N - 2 ' , 4 ' , 6 ' - トリシクロヘキシル - 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 3 B i c h P A F) 、 N - (3 ' , 5 ' - ジ - t - ブチルビフェニル - 4 - イル) - N - (4 - シクロヘキシル - ビフェニル - 2 - 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 B i c h o B i F) などが好ましい。 G S P _ s l o o p e が大きい材料を含む層は、これらの中から G S P _ s l o o p e が 2 0 m V / n m 以上の材料を用いて形成すればよい。

【 0 1 2 4 】

20

なお、これらの中でも、 c h 3 B i c h P A F 、 m m t B u B i c h o B i F 、 m m t B u B i F F - 0 2 、 m m t B u m T P o F B i - 0 2 、 m m t B u B i c h P A F 、 m m t B u B i o B i t B u 2 F L P (2) 、 m m t B u B i F F 、 m m t B u m T P c h P A F - 0 4 、 m m t B u B i o F B i は G S P _ s l o o p e が 2 0 m V / n m 以上であることから G S P _ s l o o p e が大きいキャリア輸送材料として用いることで、駆動電圧の低い発光デバイスを得ることが容易となる。また、これらの材料は、さらに屈折率が低いという特徴を有していることから正孔輸送層、電子ブロック層を構成する材料として用いることで、駆動電圧が低く、且つ電流効率の高い非常に良好な特性を有する発光デバイスを得ることができる。

【 0 1 2 5 】

30

発光層 1 1 3 は発光物質とホスト材料を有している。なお、発光層 1 1 3 は、その他の材料を同時に含んでいても構わない。また、組成の異なる 2 層の積層であっても良い。

【 0 1 2 6 】

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 (T A D F) 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。

【 0 1 2 7 】

発光層 1 1 3 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、例えば以下のようものが挙げられる。また、これら以外の蛍光発光物質も用いることができる。

【 0 1 2 8 】

5 , 6 - ビス [4 - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 2 , 2 ' - ビピリジン (略称 : P A P 2 B P y) 、 5 , 6 - ビス [4 ' - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) ビフェニル - 4 - イル] - 2 , 2 ' - ビピリジン (略称 : P A P P 2 B P y) 、 N , N ' - ジフェニル - N , N ' - ビス [4 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] ピレン - 1 , 6 - ジアミン (略称 : 1 , 6 F L P A P r n) 、 N , N ' - ビス (3 - メチルフェニル) - N , N ' - ビス [3 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] ピレン - 1 , 6 - ジアミン (略称 : 1 , 6 m M e m F L P A P r n) 、 N , N ' - ビス [4 - (9 H - 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 : Y G A 2 S) 、 4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 4 ' - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) トリフェニルアミン (略称 : Y G A P A) 、 4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 4 ' - (9 , 1 0 - ジフェニル

40

50

- 2 - アントリル) トリフェニルアミン(略称: 2 Y G A P P A)、N, 9 - ジフェニル
 - N - [4 - (1 0 - 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 - (1 0 - 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 - フエ
 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, 1 0 - 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, 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル) フェニル] - N, N', N' - トリフェニル 10
 - 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' - オクタフェニルジベンゾ[g, p]クリセン - 2, 7, 1 0, 1 5 - テ
 トラアミン(略称: D B C 1)、クマリン30、N - (9, 1 0 - 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, 1 0 - 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, 1 0 - 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, 1 0 - ビス(1, 1' - ビフェニ
 尔 - 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, 1 0 - 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545T、N, N' - ジフェニルキナ
 クリドン、(略称: D P Q d)、ルブレン、5, 1 2 - ビス(1, 1' - ビフェニル - 4
 - イル) - 6, 1 1 - ジフェニルテトラセン(略称: B P T)、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, 1 1 - ジアミン(略称: p - m P
 h T D)、7, 1 4 - 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, 1 0 - 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 - 0 3)、3, 1 0 - 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, 1 0 P C A 2 N b f (I V) - 0 2)、3, 1 0 - 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, 1 0 F r A 2 N b f (I V) - 0 2)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 50

f A P r n - 0 3 のようなビ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、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。

【 0 1 2 9 】

発光層 1 1 3 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。

【 0 1 3 0 】

トリス { 2 - [5 - (2 - メチルフェニル) - 4 - (2 , 6 - ジメチルフェニル) - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾール - 3 - イル - N 2] フェニル - C } イリジウム (I I I) (略称 : [I r (m p p t z - d m p) 3]) 、トリス (5 - メチル - 3 , 4 - ジフェニル - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (M p t z) 3]) 、トリス [4 - (3 - ビフェニル) - 5 - イソプロピル - 3 - フェニル - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト] イリジウム (I I I) (略称 : [I r (i P r p t z - 3 b) 3]) のような 4 H - 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 - 1 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト] イリジウム (I I I) (略称 : [I r (M p t z 1 - m p) 3]) 、トリス (1 - メチル - 5 - フェニル - 3 - プロピル - 1 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾラト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (P r p t z 1 - M e) 3]) のような 1 H - トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体、f a c - トリス [(1 - 2 , 6 - ジイソプロピルフェニル) - 2 - フェニル - 1 H - イミダゾール] イリジウム (I I I) (略称 : [I r (i P r p m i) 3]) 、トリス [3 - (2 , 6 - ジメチルフェニル) - 7 - メチルイミダゾ [1 , 2 - f] フェナントリジナト] イリジウム (I I I) (略称 : [I r (d m p i m p t - M e) 3]) のようなイミダゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体、ビス [2 - (4 ' , 6 ' - ジフルオロフェニル) ピリジナト - N , C 2 '] イリジウム (I I I) テトラキス (1 - ピラゾリル) ボラート (略称 : F I r 6) 、ビス [2 - (4 ' , 6 ' - ジフルオロフェニル) ピリジナト - N , C 2 '] イリジウム (I I I) ピコリナート (略称 : F I r p i c) 、ビス { 2 - [3 ' , 5 ' - ビス (トリフォルオロメチル) フェニル] ピリジナト - N , C 2 ' } イリジウム (I I I) ピコリナート (略称 : [I r (C F 3 p p y) 2 (p i c)]) 、ビス [2 - (4 ' , 6 ' - ジフルオロフェニル) ピリジナト - N , C 2 '] イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称 : F I r a c a c) 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、4 4 0 n m から 5 2 0 n m に発光のピークを有する化合物である。

【 0 1 3 1 】

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 (I I I) (略称 : [I r (m p p m) 3]) 、トリス (4 - t - ブチル - 6 - フェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (t B u p p m) 3]) 、(アセチルアセトナト) ビス (6 - メチル - 4 - フェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (m p p m) 2 (a c a c)]) 、(アセチルアセトナト) ビス (6 - t e r t - ブチル - 4 - フェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (t B u p p m) 2 (a c a c)]) 、(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 (I I I) (略称 : [I r (n b p p m) 2 (a c a c)]) 、(アセチルアセトナト) ビス [5 - メチル - 6 - (2 - メチルフェニル) - 4 - フェニルピリミジナト] イリジウム (I I I) (略称 : [I r (m p m p p m) 2 (a c a c)]) 、(アセチルアセトナト) ビス (4 , 6 - ジフェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (d p p m) 2 (a c a c)]) のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体、(アセチルアセトナト) ビス (3 , 5 - ジメチル - 2 - フェニルピラジナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (m p p r - M e) 2 (a c a c)]) 、(アセチルアセトナト) ビス (5 - イソプロピル - 3 - メチル - 2 - フェニルピラジナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (m p p r - i P r) 2 (a c a c)]) のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体、トリス (2 - フェニルピリジナト 50

- N , C² ') イリジウム (I I I) (略称 : [I r (p p y)₃]) 、 ビス (2 - フェニルピリジナト - N , C² ') 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)₂ (a c a c)]) 、 ビス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称 : [I r (b z q)₂ (a c a c)]) 、 トリス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (b z q)₃]) 、 トリス (2 - フェニルキノリナト - N , C² ') イリジウム (I I I) (略称 : [I r (p q)₃]) 、 ビス (2 - フェニルキノリナト - N , C² ') イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称 : [I r (p q)₂ (a c a c)]) のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、 トリス (アセチルアセトナト) (モノフェナントロリン) テルビウム (I I I) (略称 : [T b (a c a c)₃ (P h e n)]) のような希土類金属錯体が挙げられる。 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。

【 0 1 3 2 】

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)₂ (d i b m)]) 、 ビス [4 , 6 - ビス (3 - メチルフェニル) ピリミジナト] (ジピバロイルメタナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (5 m d p p m)₂ (d p m)]) 、 ビス [4 , 6 - ジ (ナフタレン - 1 - イル) ピリミジナト] (ジピバロイルメタナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (d 1 n p m)₂ (d p m)]) のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体、 (アセチルアセトナト) ビス (2 , 3 , 5 - トリフェニルピラジナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (t p p r)₂ (a c a c)]) 、 ビス (2 , 3 , 5 - トリフェニルピラジナト) (ジピバロイルメタナト) イリジウム (I I I) (略称 : [I r (t p p r)₂ (d p m)]) 、 (アセチルアセトナト) ビス [2 , 3 - ビス (4 - フルオロフェニル) キノキサリナト] イリジウム (I I I) (略称 : [I r (F d p q)₂ (a c a c)]) のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体、 トリス (1 - フェニルイソキノリナト - N , C² ') イリジウム (I I I) (略称 : [I r (p i q)₃]) 、 ビス (1 - フェニルイソキノリナト - N , C² ') 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)₂ (a c a c)]) のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、 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) ヨーロピウム (I I I) (略称 : [E u (D B M)₃ (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) ヨーロピウム (I I I) (略称 : [E u (T T A)₃ (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。

【 0 1 3 3 】

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。

【 0 1 3 4 】

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 F₂ (P r o t o I X)) 、 メソポルフィリン - フッ化スズ錯体 (S n F₂ (M e s o I X)) 、 ヘマトポルフィリン - フッ化スズ錯体 (S n F₂ (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 F₂ (C o p r o I I I - 4 M))

10

20

30

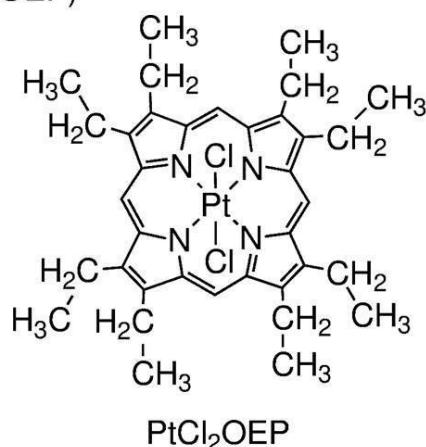
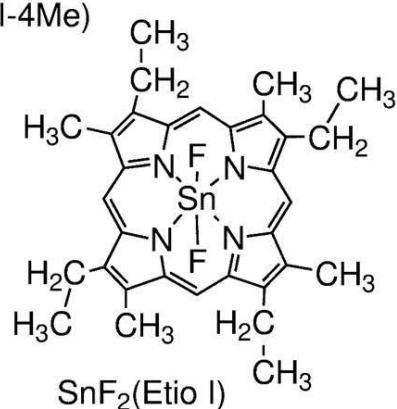
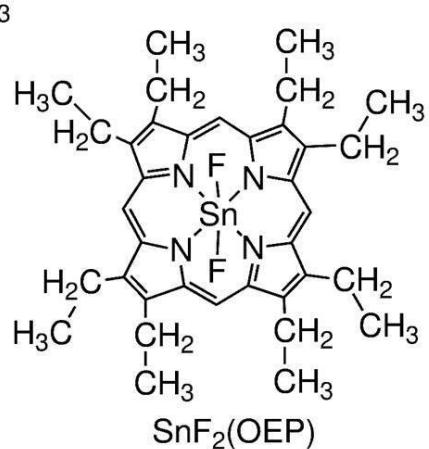
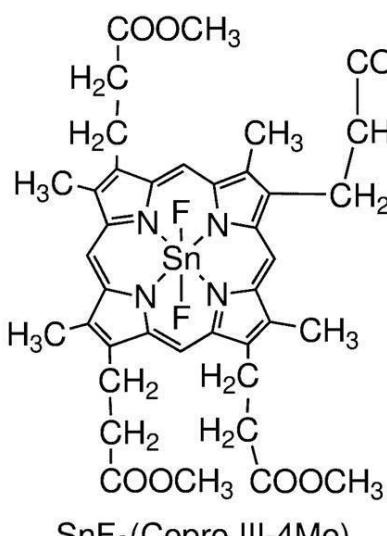
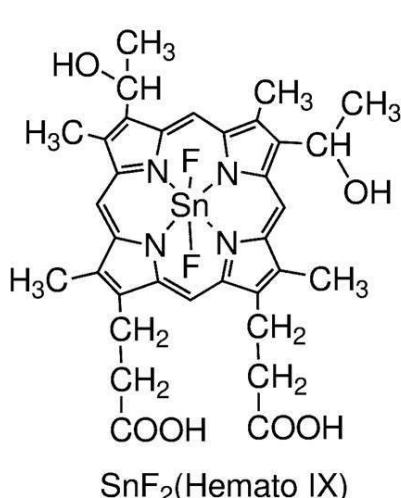
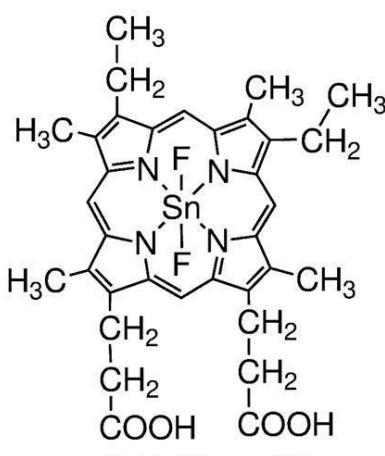
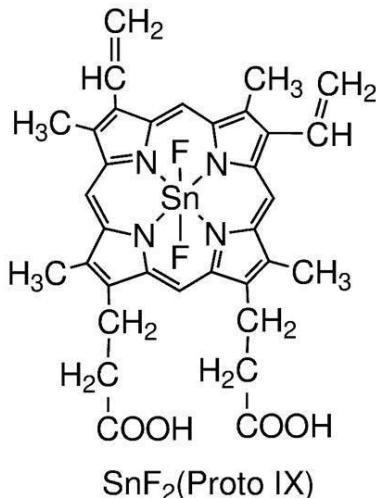
40

50

e)) 、オクタエチルポルフィリン - フッ化スズ錯体 ($\text{SnF}_2(\text{OEP})$) 、エチオポルフィリン - 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 (PtCl_2OEP) 等も挙げられる。

【0135】

【化1】



【0136】

また、以下の構造式に示される 2 - (ピフェニル - 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 : P I C - T R Z) 、 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 : P C C z T z n)

)、9-[4-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)フェニル]-9'-フェニル-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:ACRXTN)、ビス[4-(9,9-ジメチル-9,10-ジヒドロアクリジン)フェニル]スルホン(略称:DMAc-DPS)、10-フェニル-10H,10'H-スピロ[アクリジン-9,9'-アントラセン]-10'-オン(略称:ACRSA)、等の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、チオフェン骨格、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、チオフェン骨格としてはジベンゾチオフェン骨格が、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。

【0137】

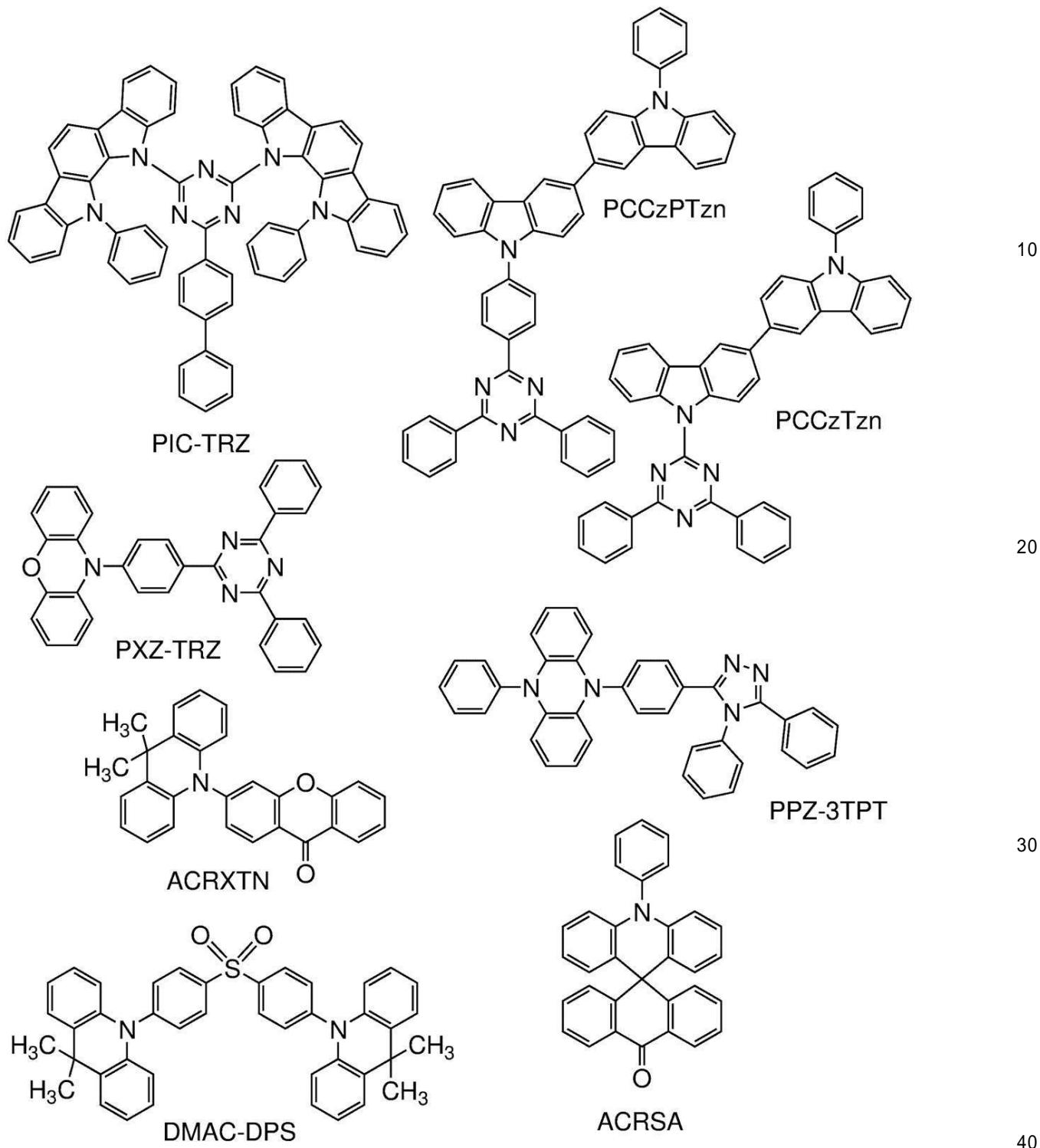
20

30

40

50

【化2】

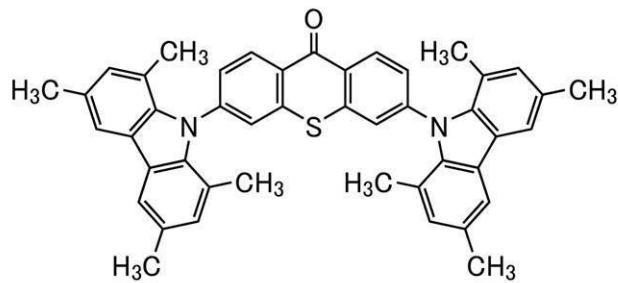


【0138】

また、TADF材料として、一重項励起状態と三重項励起状態間が熱平衡状態にあるTADF材料を用いてもよい。このようなTADF材料は発光寿命(励起寿命)が短くなるため、発光素子における高輝度領域での効率低下を抑制することができる。具体的には、下記に示す分子構造のような材料が挙げられる。

【0139】

【化3】



10

【0140】

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。

【0141】

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Exciplexともいう）は、S1準位とT1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できるTADF材料としての機能を有する。

【0142】

なお、T1準位の指標としては、低温（例えば77Kから10K）で観測される発光スペクトルを用いればよい。TADF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S1準位とし、発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T1準位とした際に、そのS1とT1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。

【0143】

また、TADF材料を発光物質として用いる場合、ホスト材料のS1準位はTADF材料のS1準位より高い方が好ましい。また、ホスト材料のT1準位はTADF材料のT1準位より高いことが好ましい。

【0144】

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TADF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。

【0145】

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：BPALP）、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：mBPALP）、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)

30

40

45

50

- 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 (ジベンゾチオフェン) (略称 : D B T 3 P - I I) 、 2 , 8 - ジフェニル - 4 - [4 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] ジベンゾチオフェン (略称 : D B T F L P - I I I) 、 4 - [4 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] - 6 - フェニルジベンゾチオフェン (略称 : D B T F L P - I V) などのチオフェン骨格を有する化合物、 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。また、上記第 1 の物質の例として挙げた有機化合物も用いることができる。 20

【 0 1 4 6 】

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 (I I) (略称 : B e B q 2) 、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 (I I I) (略称 : B A l q) 、ビス (8 - キノリノラト) 亜鉛 (I I) (略称 : Z n q) 、ビス [2 - (2 - ベンゾオキサゾリル) フェノラト] 亜鉛 (I I) (略称 : Z n P B O) 、ビス [2 - (2 - ベンゾチアゾリル) フェノラト] 亜鉛 (I I) (略称 : Z n B T Z) 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 - ビフェニリル) - 5 - (4 - t e r t - プチルフェニル) - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール (略称 : P B D) 、 3 - (4 - ビフェニリル) - 4 - フェニル - 5 - (4 - t e r t - プチルフェニル) - 1 , 2 , 4 - トリアゾール (略称 : T A Z) 、 1 , 3 - ビス [5 - (p - t e r t - プチルフェニル) - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール - 2 - イル] ベンゼン (略称 : O X D - 7) 、 9 - [4 - (5 - フェニル - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール - 2 - イル) フェニル] - 9 H - カルバゾール (略称 : C O 1 1) 、 2 , 2 ' , 2 ' ' - (1 , 3 , 5 - ベンゼントリイル) トリス (1 - フェニル - 1 H - ベンゾイミダゾール) (略称 : T P B I) 、 2 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) フェニル] - 1 - フェニル - 1 H - ベンゾイミダゾール (略称 : m D B T B I m - I I) などのポリアゾール骨格を有する複素環化合物、 2 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) フェニル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称 : 2 m D B T P D B q - I I) 、 2 - [3 ' - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) ビフェニル - 3 - イル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称 : 2 m D B T B P D B q - I I) 、 2 - [3 ' - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) ビフェニル - 3 - イル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称 : 2 m C z B P D B q) 、 4 , 6 - ビス [3 - (フェナントレン - 9 - イル) フェニル] ピリミジン (略称 : 4 , 6 m P n P 2 P m) 、 4 , 6 - ビス [3 - (4 - ジベンゾチエニル) フェニル] ピリミジン (略称 : 4 , 6 m D B T P 2 P m - I I) などのジアジン骨格を有する複素環化合物、 2 - [3 ' - (9 , 9 - ジメチル - 9 H - 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) 、 2 - [(1 , 1 ' - ビフェニル) - 4 - イル] - 4 - フエ 40

ニル - 6 - [9 , 9 ' - スピロビ (9 H - フルオレン) - 2 - イル] - 1 , 3 , 5 - トリアジン (略称 : B P - S F T z n) 、 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 : m B n f B P T z n) 、 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 : m B n f B P T z n - 0 2) 、 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 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] ピリジン (略称 : 3 5 D C z P P y) 、 1 , 3 , 5 - トリ [3 - (3 - ピリジル) フェニル] ベンゼン (略称 : T m P y P B) 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。

10

【 0 1 4 7 】

ホスト材料として用いることが可能な T A D F 材料としては、先に T A D F 材料として挙げたものを同様に用いることができる。 T A D F 材料をホスト材料として用いると、 T A 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、発光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 材料がエネルギーードナーとして機能し、発光物質がエネルギーーアクセプターとして機能する。

20

【 0 1 4 8 】

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。

【 0 1 4 9 】

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。

30

【 0 1 5 0 】

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。

40

【 0 1 5 1 】

50

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 HOMO が 0.1 eV 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 HOMO が 0.1 eV 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]-9H-カルバゾール（略称：PCzPA）、3-[4-(1-ナフチル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール（略称：PCPN）、9-[4-(10-フェニル-9-アントラセニル)フェニル]-9H-カルバゾール（略称：CzPA）、7-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-7H-ジベンゾ[c, g]カルバゾール（略称：c g D B C z P A）、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：2mBn f PPA）、9-フェニル-10-{4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)ビフェニル-4'-イル}アントラセン（略称：FLPPA）、9-(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-NPA nth）等が挙げられる。特に、CzPA、c g D B C z P A 2mBn f P P A、PCzPA は非常に良好な特性を示すため、好ましい選択である。

【0152】

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。

【0153】

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ードナーとして用いることができる。

【0154】

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。

【0155】

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。

【0156】

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

10

20

30

40

50

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。

【0157】

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、励起錯体の形成を確認することができる。

【0158】

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用いることができる。電子輸送層114にGSP_slopeの大きい材料を用いる場合は、それらの中からGSP_slopeが20(mV/nm)以上の材料を選択すればよい。

【0159】

なお、電子輸送層を形成する材料は、アルキル基、は少なくとも3の炭素数2乃至炭素数5の鎖式アルキル基または炭素数6乃至12のシクロアルキル基、特に炭素数3乃至炭素数5の分岐を有する鎖式アルキル基を有することが、正孔輸送層112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。このような材料としては、例えば、2-{(3',5'-ジ-tert-ブチル)-1,1'-ビフェニル-3-イル}-4,6-ビス(3,5-ジ-tert-ブチルフェニル)-1,3,5-トリアジン(略称:mmtBumBP-dmmtBuPTzn)、2-{(3',5'-ジ-tert-ブチル)-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:mmtBumBP-Tzn)、2-(3,3',5,5'-テトラ-tert-ブチル-1,1':3',1'-ターフェニル-5'-イル)-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称:mmtBumTP-Tzn)、2-(3',5'-ジ-tert-ブチルビフェニル-3-イル)-4,6-ビス(3,5-ジ-tert-ブチルフェニル)ビリミジン(略称:mmtBumBP-dmmtBuPPm)、2-(3,3',5',5'-テトラ-tert-ブチル-1,1':3',1'-ターフェニル-5-イル)-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称:mmtBu mTP-Tzn-02)、2-{3-(3,5-ジシクロヘキシルフェニル)フェニル}-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称:mmchmBPTzn)、2-(3',5',5'-トリ-tert-ブチル-1,1':3',1'-ターフェニル-4-イル)-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称:mmtBumTP-Tzn-04)、2-[3-(2,6-ジメチルピリジン-3-イル)-5-{(3,5-ジ-tert-ブチル)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:mmtBuPh-mDMePyPTzn)、2-(3',5',5'-トリ-tert-ブチル-1,1':3',1'-ターフェニル-5-イル)-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称:mmtBumTP-Tzn-03)、2,4-ビス[(3',5'-ジ-tert-ブチル)-1,1'-ビフェニル-3-イル]-6-フェニル-1,3,5-トリアジン(略称:mmtBumBP2Tzn)、2-{(1,1'-ビフ

エニル) - 2 - イル} - 4 - { (3', 5' - ジ - tert - プチル) - 1, 1' - ビフェニル - 3 - イル} - 6 - フェニル - 1, 3, 5 - トリアジン (略称: o B P - m m t B u m B P T z n)、2 - [(1, 1' - ビフェニル) - 2 - イル] - 4 - { (3', 5' - ジ - tert - プチル) - 1, 1' - ビフェニル - 4 - イル} - 6 - フェニル - 1, 3, 5 - トリアジン (略称: o B P - m m t B u B P T z n)、2 - [3 - { (3, 5 - ジ - tert - プチル) フェニル} - 5 - (3 - ピリジル) フェニル] - 4, 6 - ジフェニル - 1, 3, 5 - トリアジン (略称: m m t B u P h - m P y P T z n)、2 - [3 - (2, 6 - ジメチルピリジン - 3 - イル) - 5 - { 3', 5, 5' - トリ - tert - プチルビフェニル} フェニル] - 4, 6 - ジフェニル - 1, 3, 5 - トリアジン (略称: m m t B u B P - m D M e P y P T z n)、2 - [3 - (2, 6 - ジメチルピリジン - 3 - イル) - 5 - { (3', 5' - ジ - tert - プチル) フェニル] - 4, 6 - ジフェニル - 1, 3, 5 - トリアジン (略称: m m t B u B P - m D M e P y P T z n - 0 2)、2, 4 - [(1, 1' - ビフェニル) - 2 - イル] - 6 - [3 - (2, 6 - ジメチルピリジン - 3 - イル) - 5 - { (3, 5 - ジ - tert - プチル) フェニル}] フェニル - 1, 3, 5 - トリアジン (略称: o B P 2 - m m t B u P h - m D M e P y P T z n)、2 - [(1, 1' - ビフェニル) - 2 - イル] - 4 - [3 - (2, 6 - ジメチルピリジン - 3 - イル) - 5 - { (3, 5 - ジ - tert - プチル) フェニル}] フェニル - 6 - フェニル - 1, 3, 5 - トリアジン (略称: o B P - m m t B u P h - m D M e P y P T z n)、2, 4, 6 - トリス { 3' - (ピリジン - 3 - イル) - 5' - tert - プチル - 1, 1' - ビフェニル - 3 - イル} - 1, 3, 5 - トリアジン (略称: t B u - T m P P P y T z) および 2, 4, 6 - トリス { 3' - (ピリジン - 3 - イル) - 5' - tert - プチル - 1, 1' - ビフェニル - 4 - イル} - 1, 3, 5 - トリアジン (略称: t B u - T m P P P y T z - 0 2)などを挙げることができる。G S P _ s 1 o p e が大きい材料を含む層は、これらの中から G S P _ s 1 o p e が 2 0 (mV/nm) 以上の材料を用いて形成すればよい。

【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 $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上 $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 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: L i q)、8 - ヒドロキシキノリナト - ナトリウム (略称: N a 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、L i 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。

【 0 1 6 1 】

電子輸送層 114 と第 2 の電極 102 との間に、電子注入層 115 として、フッ化リチウム (LiF)、フッ化セシウム (CsF)、フッ化カルシウム (CaF₂)、8-ヒドロキシキノリナト-リチウム (略称: Liq) 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。

【 0 1 6 2 】

なお、電子注入層 115 として、電子輸送性を有する物質 (好ましくはビ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発光デバイスを提供することが可能となる。

【 0 1 6 3 】

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 3 (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 117 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、第 2 の電極 102 に正孔が注入され、発光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発光デバイスを得ることができる。

【 0 1 6 4 】

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。

【 0 1 6 5 】

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 eV 以上、好ましくは -5.0 eV 以上 -3.0 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。

【 0 1 6 6 】

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。

【 0 1 6 7 】

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)) 等の電子注入性の高い物質を用いることが可能である。

10

20

30

40

50

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】

第2の電極 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 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、第2の電極 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第2の電極 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、スピンドル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ドル法など用いても構わない。

【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、第1の電極 101 と第2の電極 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、第1の電極 101 および第2の電極 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発光デバイス(積層型素子、タンデム型素子ともいう)の態様について、図 3(C)を参照して説明する。この発光デバイスは、陽極と陰極との間に、複数の発光ユニットを有する発光デバイスである。一つの発光ユニットは、図 3(A)で示した EL 層 103 とほぼ同様な構成を有する。つまり、図 3(C)で示す発光デバイスは複数の発光ユニットを有する発光デバイスであり、図 3(A)又は図 3(B)で示した発光デバイスは、1つの発光ユニットを有する発光デバイスであるといふことができる。

【0174】

図 3(C)において、第1の電極 501 と第2の電極 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 との間には電荷発生層 513 が設けられている。第1の電極 501 と第2の電極 502 はそれぞれ図 3(A)における第1の電極 101 と第2の電極 102 に相当し、図 3(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

10

20

30

40

50

成であってもよい。なお、G S P _ s l o p e の大きい材料を含む層は、第1の発光ユニット511および第2の発光ユニット512の正孔輸送層、電子輸送層のいずれかまたは全てに設けることが好ましい。

【0175】

電荷発生層513は、第1の電極501と第2の電極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3(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3(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3(C)では、2つの発光ユニットを有する発光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発光デバイスについても、同様に適用することが可能である。本実施の形態に係る発光デバイスのように、一対の電極間に複数の発光ユニットを電荷発生層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、発光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発光デバイスにおいて、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、発光デバイス全体として白色発光する発光デバイスを得ることも可能である。

【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、デンドリマーを含む)、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に記載の発光デバイスを用いた発光装置について説明する。

【0182】

本実施の形態では、実施の形態1および実施の形態2に記載の発光デバイスを用いて作製された発光装置について図38用いて説明する。なお、図38(A)は、発光装置を示す上面図、図38(B)は図38(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、発光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

10

20

30

40

50

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。

【0184】

次に、断面構造について図 38 (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。

【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、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

10

20

30

40

50

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、FET 623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FET 611と、電流制御用FET 612とそのドレインに電気的に接続された第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。

【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とする。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 μm ~ 3 μm)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 ~ 20 wt %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、タンゲステン膜、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、スピンドル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。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、デンドリマーを含む)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

10

20

30

40

50

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により、発光デバイスが形成されている。当該発光デバイスは実施の形態1および実施の形態2に記載の発光デバイスである。なお、画素部は複数の発光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に記載の発光デバイスと、それ以外の構成を有する発光デバイスの両方が混在していても良い。

10

【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に発光デバイス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。

20

【0203】

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)、ポリエスチ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。

30

【0204】

図38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も良い。また、保護膜は、一対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。

30

【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。

40

【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

50

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。

【0208】

例えば A L D 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 に記載の発光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 に記載の発光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 に記載の発光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。

【0211】

図 39 には白色発光を呈する発光デバイスを形成し、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 39 (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、発光デバイスの第 1 の電極 1024W、1024R、1024G、1024B、隔壁 1025、EL 層 1028、発光デバイスの第 2 の電極 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 39 (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 39 (A) においては、光が着色層を透過せずに外部へと出る発光層と、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。

【0213】

図 39 (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 40 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 と発光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。

【0215】

発光デバイスの第 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 40 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

10

20

30

40

50

とし、且つ、白色の発光が得られるような素子構造とする。

【0216】

図40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ックス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）、ブラックマトリックスはオーバーコート層1036によって覆われても良い。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。

10

【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発光デバイスは、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・半反射電極との間に少なくとも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 1×10^{-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 1×10^{-2} cm以下の膜であるとする。

20

【0219】

EL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。

【0220】

当該発光デバイスは、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。

【0221】

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、n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。

30

【0222】

なお、上記構成においてEL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、上述のタンデム型発光デバイスの構成と組み合わせて、一つの発光デバイスに電荷発生層を挟んで複数のEL層を設け、それぞれのEL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。

40

【0223】

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できるとなるため、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ます。

【0224】

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に記載の発光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に記載の発光デバイスは駆動電圧が低いため、消費電力の

50

小さい発光装置とすることが可能である。

【0225】

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発光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。

【0226】

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。

【0227】

(実施の形態4)

【発光装置】

以下では、上記発光デバイスを用いた本発明の一態様の発光装置の一例について説明する。

【0228】

図4(A)に、本発明の一態様の発光装置400の上面概略図を示す。発光装置400は、赤色を呈する発光デバイス110R、緑色を呈する発光デバイス110G、及び青色を呈する発光デバイス110Bをそれぞれ複数有する。図4(A)では、各発光デバイスの区別を簡単にするために、各発光デバイスの発光領域内にR、G、Bの符号を付している。

【0229】

発光デバイス110R、発光デバイス110G、及び発光デバイス110Bは、それぞれマトリクス状に配列している。図4(A)は、一方向に同一の色の発光デバイスが配列する、いわゆるストライプ配列を示している。なお、発光デバイスの配列方法はこれに限られず、デルタ配列、ジグザグ配列などの配列方法を適用してもよいし、ペンタイル配列を用いることもできる。

【0230】

発光デバイス110R、発光デバイス110G、及び発光デバイス110Bは、X方向に配列している。また、X方向と交差するY方向には、同じ色の発光デバイスが配列している。

【0231】

発光デバイス110R、発光デバイス110G、及び発光デバイス110Bは上記構成を有する発光デバイスである。

【0232】

図4(B)は、図4(A)中の一点鎖線A1-A2に対応する断面概略図であり、図4(C)は、一点鎖線B1-B2に対応する断面概略図である。

【0233】

図4(B)には、発光デバイス110R、発光デバイス110G、及び発光デバイス110Bの断面を示している。発光デバイス110Rは、陽極として機能する第1の電極101R、EL層103R、EL層515、及び陰極として機能する第2の電極102を有する。発光デバイス110Gは、陽極として機能する第1の電極101G、EL層103G、EL層515、及び第2の電極102を有する。発光デバイス110Bは、陽極として機能する第1の電極101B、EL層103B、EL層515、及び第2の電極102を有する。EL層515と第2の電極102は、発光デバイス110R、発光デバイス110G、及び発光デバイス110Bに共通に設けられる。EL層515は、共通層ともいいうことができる。

【0234】

発光デバイス110Rが有するEL層103Rは、少なくとも赤色の波長域に強度を有する光を発する発光性の有機化合物を有する。発光デバイス110Gが有するEL層103Gは、少なくとも緑色の波長域に強度を有する光を発する発光性の有機化合物を有する。発光デバイス110Bが有するEL層103Bは、少なくとも青色の波長域に強度を有する光を発する発光性の有機化合物を有する。

【0235】

なお、隣り合う第1の発光デバイスおよび第2の発光デバイスとは、例えば図4(B)における発光デバイス110Rおよび発光デバイス110G、発光デバイス110Gおよび発光デバイス110Bなどに相当する。また、図4(A)における縦に並んだ同色の発光デバイスも隣り合う発光デバイスということができる。

【0236】

EL層103R、EL層103G、及びEL層103Bは、それぞれ発光性の有機化合物を含む層(発光層)の他に、正孔注入層、正孔輸送層、キャリアブロック層、励起子ブロック層などのうち、一または二以上を有していてもよい。EL層515は、発光層を有さない構成である。本発明の一態様の発光装置において、EL層515は電子輸送層および電子注入層であることが好ましい。

10

【0237】

第1の電極101R、第1の電極101G、及び第1の電極101Bは、それぞれ異なる発光デバイスに設けられている。また、第2の電極102及びEL層515は、各発光デバイスに共通な一続きの層として設けられている。各画素電極と第2の電極102のいずれか一方に可視光に対して透光性を有する導電膜を用い、他方に反射性を有する導電膜を用いる。各画素電極を透光性、第2の電極102を反射性とすることで、下面射出型(ボトムエミッション型)の表示装置とすることができる、反対に各画素電極を反射性、第2の電極102を透光性とすることで、上面射出型(トップエミッション型)の表示装置とすることができる。なお、各画素電極と第2の電極102の双方を透光性とすることで、両面射出型(デュアルエミッション型)の表示装置とすることもできる。

20

【0238】

第1の電極101R、第1の電極101G、及び第1の電極101Bの端部を覆って、絶縁層121が設けられている。絶縁層121の端部は、テーパー形状であることが好ましい。なお、絶縁層121は不要であれば設けなくてもよい。

【0239】

EL層103R、EL層103G、及びEL層103Bは、それぞれ画素電極の上面に接する領域と、絶縁層121の表面に接する領域と、を有する。また、EL層103R、EL層103G、及びEL層103Bの端部は、絶縁層121上に位置する。

30

【0240】

図4(B)に示すように、異なる色の発光デバイス間において、2つのEL層の間には隙間が設けられている。このように、EL層103R、EL層103G、及びEL層103Bが、互いに接しないように設けられていることが好ましい。これにより、隣接する2つのEL層を介して電流が流れ、意図しない発光が生じることを好適に防ぐことができる。そのため、コントラストを高めることができ、表示品位の高い表示装置を実現できる。

【0241】

図4(C)では、Y方向において、EL層103Rが一続きとなるように、EL層103Rが帯状に形成されている例を示した。EL層103Rなどを帯状に形成することで、これらを分断するためのスペースが不要となり、発光デバイス間の非発光領域の面積を縮小できるため、開口率を高めることができる。なお、図4(C)では一例として発光デバイス110Rの断面を示しているが、発光デバイス110G及び発光デバイス110Bについても同様の形状とすることができます。なお、EL層はY方向において発光デバイス毎に分離していてもよい。

40

【0242】

第2の電極102上には、発光デバイス110R、発光デバイス110G、及び発光デバイス110Bを覆って、保護層131が設けられている。保護層131は、上方から各発光デバイスに水などの不純物が拡散することを防ぐ機能を有する。

【0243】

保護層131としては、例えば、少なくとも無機絶縁膜を含む単層構造または積層構造とすることができます。無機絶縁膜としては、例えば、酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン

50

膜、窒化酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、酸化窒化アルミニウム膜、酸化ハフニウム膜などの酸化物膜または窒化物膜が挙げられる。または、保護層131としてインジウムガリウム酸化物、インジウムガリウム亜鉛酸化物などの半導体材料を用いてもよい。

【0244】

また、保護層131として、無機絶縁膜と、有機絶縁膜の積層膜を用いることもできる。例えば、一対の無機絶縁膜の間に、有機絶縁膜を挟んだ構成とすることが好ましい。さらに有機絶縁膜が平坦化膜として機能することができるため、その上の無機絶縁膜の被覆性が向上し、バリア性を高めることができる。また、保護層131の上面が平坦となるため、保護層131の上方に構造物（例えばカラーフィルタ、タッチセンサの電極、またはレンズアレイなど）を設ける場合に、下方の構造に起因する凹凸形状の影響を軽減できるため好ましい。

【0245】

また、図4(A)には、第2の電極102と電気的に接続する接続電極101Cを示している。接続電極101Cは、第2の電極102に供給するための電位（例えばアノード電位、またはカソード電位）が与えられる。接続電極101Cは、発光デバイス110Rなどが配列する表示領域の外に設けられる。また図4(A)には、第2の電極102を破線で示している。

【0246】

接続電極101Cは、表示領域の外周に沿って設けることができる。例えば、表示領域の外周の一辺に沿って設けられてもよいし、表示領域の外周の2辺以上にわたって設けられてもよい。すなわち、表示領域の上面形状が長方形である場合には、接続電極101Cの上面形状は、帯状、L字状、コの字状（角括弧状）、または四角形などとすることができる。

【0247】

図4(D)は、図4(A)中の一点鎖線C1-C2に対応する断面概略図である。図4(D)には、接続電極101Cと第2の電極102とが電気的に接続する接続部130を示している。接続部130では、接続電極101C上に第2の電極102が接して設かれ、第2の電極102を覆って保護層131が設けられている。また、接続電極101Cの端部を覆って絶縁層121が設けられている。

【0248】

[作製方法例1]

以下では、本発明の一態様の表示装置の作製方法の一例について、図面を参照して説明する。ここでは、上記構成例で示した発光装置400を例に挙げて説明する。図5(A)乃至図5(F)は、以下で例示する表示装置の作製方法の、各工程における断面概略図である。また図5(A)等では、右側に接続部130及びその近傍における断面概略図を合わせて示している。

【0249】

なお、表示装置を構成する薄膜（絶縁膜、半導体膜、導電膜等）は、スパッタリング法、化学気相堆積（CVD：Chemical Vapor Deposition）法、真空蒸着法、パルスレーザー堆積（PLD：Pulsed Laser Deposition）法、原子層堆積（ALD：Atomic Layer Deposition）法等を用いて形成することができる。CVD法としては、プラズマ化学気相堆積（PECVD：Plasma Enhanced CVD）法、または熱CVD法などがある。また、熱CVD法のひとつに、有機金属化学気相堆積（MOCVD：Metal Organic CVD）法がある。

【0250】

また、表示装置を構成する薄膜（絶縁膜、半導体膜、導電膜等）は、スピニコート、ディップ、スプレー塗布、インクジェット、ディスペ ns、スクリーン印刷、オフセット印刷、ドクターナイフ法、スリットコート、ロールコート、カーテンコート、ナイフコート

10

20

30

40

50

等の方法により形成することができる。

【0251】

また、表示装置を構成する薄膜を加工する際には、フォトリソグラフィ法等を用いることができる。それ以外に、ナノインプリント法、サンドブラスト法、リフトオフ法などにより薄膜を加工してもよい。また、メタルマスクなどの遮蔽マスクを用いた成膜方法により、島状の薄膜を直接形成してもよい。

【0252】

フォトリソグラフィ法としては、代表的には以下の2つの方法がある。一つは、加工したい薄膜上にレジストマスクを形成して、エッティング等により当該薄膜を加工し、レジストマスクを除去する方法である。もう一つは、感光性を有する薄膜を成膜した後に、露光、現像を行って、当該薄膜を所望の形状に加工する方法である。

【0253】

フォトリソグラフィ法において、露光に用いる光は、例えばi線（波長365nm）、g線（波長436nm）、h線（波長405nm）、またはこれらを混合させた光を用いることができる。そのほか、紫外線、KrFレーザ光、またはArFレーザ光等を用いることもできる。また、液浸露光技術により露光を行ってもよい。また、露光に用いる光として、極端紫外（EUV：Extreme Ultra-violet）光、X線などを用いてもよい。また、露光に用いる光に換えて、電子ビームを用いることもできる。極端紫外光、X線または電子ビームを用いると、極めて微細な加工が可能となるため好ましい。なお、電子ビームなどのビームを走査することにより露光を行う場合には、フォトマスクは不要である。

【0254】

薄膜のエッティングには、ドライエッティング法、ウェットエッティング法、サンドブラスト法などを用いることができる。

【0255】

〔基板100の準備〕

基板100としては、少なくとも後の熱処理に耐えうる程度の耐熱性を有する基板を用いることができる。基板100として、絶縁性基板を用いる場合には、ガラス基板、石英基板、サファイア基板、セラミック基板、有機樹脂基板などを用いることができる。また、シリコン、炭化シリコンなどを材料とした単結晶半導体基板、多結晶半導体基板、シリコンゲルマニウム等の化合物半導体基板、SOI基板などの半導体基板を用いることができる。

【0256】

特に、基板100として、上記半導体基板または絶縁性基板上に、トランジスタなどの半導体素子を含む半導体回路が形成された基板を用いることが好ましい。当該半導体回路は、例えば画素回路、ゲート線駆動回路（ゲートドライバ）、ソース線駆動回路（ソースドライバ）などを構成していることが好ましい。また、上記に加えて演算回路、記憶回路などが構成されていてもよい。

【0257】

〔第1の電極101R、101G、101B、接続電極101Cの形成〕

続いて、基板100上に第1の電極101R、第1の電極101G、第1の電極101B、及び接続電極101Cを形成する。まず陽極（画素電極）となる導電膜を成膜し、フォトリソグラフィ法によりレジストマスクを形成し、導電膜の不要な部分をエッティングにより除去する。その後、レジストマスクを除去することで、第1の電極101R、第1の電極101G、及び第1の電極101Bを形成することができる。

【0258】

各画素電極として可視光に対して反射性を有する導電膜を用いる場合、可視光の波長域全域で反射率ができるだけ高い材料（例えば銀またはアルミニウムなど）を適用することが好ましい。これにより、発光デバイスの光取り出し効率を高められるだけでなく、色再現性を高めることができる。各画素電極として可視光に対して反射性を有する導電膜を用

10

20

30

40

50

いた場合、基板と反対方向に発光を取りだす、いわゆるトップエミッションの発光装置とすることができる。各画素電極として透光性を有する導電膜を用いる場合、基板方向に発光を取り出しあわゆるボトムエミッションの発光装置とすることができる。

【0259】

〔絶縁層121の形成〕

続いて、第1の電極101R、第1の電極101G、及び第1の電極101Bの端部を覆って、絶縁層121を形成する(図5(A))。絶縁層121としては、有機絶縁膜または無機絶縁膜を用いることができる。絶縁層121は、後のEL膜の段差被覆性を向上させるために、端部をテーパー形状とすることが好ましい。特に、有機絶縁膜を用いる場合には、感光性の材料を用いると、露光及び現像の条件により端部の形状を制御しやすいため好ましい。なお、絶縁層121を設けない場合は、発光デバイス同士の距離をさらに近づけることが可能となり、より高精細発光装置を得ることが可能となる。

【0260】

〔EL膜103Rbの形成〕

続いて、第1の電極101R、第1の電極101G、第1の電極101B、及び絶縁層121上に、後にEL層103RとなるEL膜103Rbを成膜する。

【0261】

EL膜103Rbは、少なくとも発光性の化合物を含む膜を有する。このほかに、正孔輸送層、正孔注入層、電子プロック層、電子輸送層、電子注入層として機能する膜のうち、一以上が積層された構成としてもよい。EL膜103Rbは、例えば蒸着法、スパッタリング法、またはインクジェット法等により形成することができる。なおこれに限られず、上述した成膜方法を適宜用いることができる。

【0262】

一例としては、EL膜103Rbとして、正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層がこの順で積層された積層膜とすることが好ましい。このとき、後に形成するEL層としては、電子注入層115を有する膜を用いることができる。

【0263】

EL膜103Rbは、接続電極101C上に設けないように形成することが好ましい。例えば、EL膜103Rbを蒸着法(またはスパッタリング法)により形成する場合、接続電極101CにEL膜103Rbが成膜されないように、遮蔽マスクを用いて形成する、または後のエッティング工程で除去することが好ましい。

【0264】

〔犠牲膜144aの形成〕

続いて、EL膜103Rbを覆って犠牲膜144aを形成する。また、犠牲膜144aは、接続電極101Cの上面に接して設けられる。

【0265】

犠牲膜144aは、EL膜103Rbなどの各EL膜のエッティング処理に対する耐性の高い膜、すなわちエッティングの選択比の大きい膜を用いることができる。また、犠牲膜144aは、後述する保護膜146aなどの保護膜とのエッティングの選択比の大きい膜を用いることができる。さらに、犠牲膜144aは、各EL膜へのダメージの少ないウェットエッティング法により除去可能な膜を用いることができる。

【0266】

犠牲膜144aとしては、例えば、金属膜、合金膜、金属酸化物膜、半導体膜、無機絶縁膜などの無機膜を用いることができる。犠牲膜144aは、スパッタリング法、蒸着法、CVD法、ALD法などの各種成膜方法により形成することができる。

【0267】

犠牲膜144aとしては、例えば金、銀、白金、マグネシウム、ニッケル、タンクステン、クロム、モリブデン、鉄、コバルト、銅、パラジウム、チタン、アルミニウム、イットリウム、ジルコニウム、及びタンタルなどの金属材料、または該金属材料を含む合金材料を用いることができる。特に、アルミニウムまたは銀などの低融点材料を用いることが

10

20

30

40

50

好みしい。

【0268】

また、犠牲膜144aとしては、インジウムガリウム亜鉛酸化物($In - Ga - Zn$ 酸化物、 $IGZO$ とも表記する)などの金属酸化物を用いることができる。さらに、酸化インジウム、インジウム亜鉛酸化物($In - Zn$ 酸化物)、インジウムスズ酸化物($In - Sn$ 酸化物)、インジウムチタン酸化物($In - Ti$ 酸化物)、インジウムスズ亜鉛酸化物($In - Sn - Zn$ 酸化物)、インジウムチタン亜鉛酸化物($In - Ti - Zn$ 酸化物)、インジウムガリウムスズ亜鉛酸化物($In - Ga - Sn - Zn$ 酸化物)などを用いることができる。またはシリコンを含むインジウムスズ酸化物などを用いることもできる。

【0269】

なお、上記ガリウムに代えて元素M(Mは、アルミニウム、シリコン、ホウ素、イットリウム、銅、バナジウム、ベリリウム、チタン、鉄、ニッケル、ゲルマニウム、ジルコニウム、モリブデン、ランタン、セリウム、ネオジム、ハフニウム、タンタル、タングステン、またはマグネシウムから選ばれた一種または複数種)を用いた場合にも適用できる。特に、Mは、ガリウム、アルミニウム、またはイットリウムから選ばれた一種または複数種とすることが好みしい。

【0270】

また、犠牲膜144aとしては、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化シリコンなどの無機絶縁材料を用いることができる。

【0271】

また、犠牲膜144aとして、少なくともEL膜103Rbの最上部に位置する膜に対して、化学的に安定な溶媒に溶解しうる材料を用いることが好みしい。特に、水またはアルコールに溶解する材料を、犠牲膜144aに好適に用いることができる。犠牲膜144aを成膜する際には、水またはアルコールなどの溶媒に溶解させた状態で、湿式の成膜方法で塗布した後に、溶媒を蒸発させるための加熱処理を行うことが好みしい。このとき、減圧雰囲気下での加熱処理を行うことで、低温且つ短時間で溶媒を除去できるため、EL膜103Rbへの熱的なダメージを低減することができ、好みしい。

【0272】

犠牲膜144aの形成に用いることのできる湿式の成膜方法としては、スピントロート、ディップ、スプレー塗布、インクジェット、ディスペンス、スクリーン印刷、オフセット印刷、ドクターナイフ法、スリットコート、ロールコート、カーテンコート、ナイフコート等がある。

【0273】

犠牲膜144aとしては、ポリビニルアルコール(PVA)、ポリビニルブチラール、ポリビニルピロリドン、ポリエチレングリコール、ポリグリセリン、プルラン、水溶性のセルロース、またはアルコール可溶性のポリアミド樹脂などの有機材料を用いることができる。

【0274】

〔保護膜146aの形成〕

続いて、犠牲膜144a上に、保護膜146aを形成する(図5(B))。

【0275】

保護膜146aは、後に犠牲膜144aをエッティングする際のハードマスクとして用いる膜である。また、後の保護膜146aの加工時には、犠牲膜144aが露出する。したがって、犠牲膜144aと保護膜146aとは、互いにエッティングの選択比の大きい膜の組み合わせを選択する。そのため、犠牲膜144aのエッティング条件、及び保護膜146aのエッティング条件に応じて、保護膜146aに用いることのできる膜を選択することができる。

【0276】

例えば、保護膜146aのエッティングに、フッ素を含むガス(フッ素系ガスともいう)を用いたドライエッティングを用いる場合には、シリコン、窒化シリコン、酸化シリコン、

10

20

30

40

50

タングステン、チタン、モリブデン、タンタル、窒化タンタル、モリブデンとニオブを含む合金、またはモリブデンとタングステンを含む合金などを、保護膜 146a に用いることができる。ここで、上記フッ素系ガスを用いたドライエッチングに対して、エッチングの選択比を大きくとれる（すなわち、エッチング速度を遅くできる）膜としては、IGZO、ITOなどの金属酸化物膜などがあり、これを犠牲膜 144a に用いることができる。

【0277】

なお、これに限らず、保護膜 146a は、様々な材料の中から、犠牲膜 144a のエッチング条件、及び保護膜 146a のエッチング条件に応じて、選択することができる。例えば、上記犠牲膜 144a に用いることのできる膜の中から選択することもできる。

10

【0278】

また、保護膜 146a としては、例えば窒化物膜を用いることができる。具体的には、窒化シリコン、窒化アルミニウム、窒化ハフニウム、窒化チタン、窒化タンタル、窒化タングステン、窒化ガリウム、窒化ゲルマニウムなどの窒化物を用いることもできる。

【0279】

または、保護膜 146a として、酸化物膜を用いることができる。代表的には、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化窒化ハフニウムなどの酸化物膜または酸窒化物膜を用いることもできる。

【0280】

また、保護膜 146a として、EL膜 103Rb などに用いることのできる有機膜を用いてもよい。例えば、EL膜 103Rb、EL膜 103Gb、または EL膜 103Bb に用いる有機膜と同じ膜を、保護膜 146a に用いることができる。このような有機膜を用いることで、EL膜 103Rb などと成膜装置を共通に用いることができるため、好ましい。

20

【0281】

〔レジストマスク 143a の形成〕

続いて、保護膜 146a 上であって、第 1 の電極 101R と重なる位置、及び接続電極 101C と重なる位置に、それぞれレジストマスク 143a を形成する（図 5（C））。

【0282】

レジストマスク 143a は、ポジ型のレジスト材料、またはネガ型のレジスト材料など、感光性の樹脂を含むレジスト材料を用いることができる。

30

【0283】

ここで、保護膜 146a を有さずに、犠牲膜 144a 上にレジストマスク 143a を形成する場合、犠牲膜 144a にピンホールなどの欠陥が存在すると、レジスト材料の溶媒によって、EL膜 103Rb が溶解してしまう恐れがある。保護膜 146a を用いることで、このような不具合が生じることを防ぐことができる。

【0284】

なお、犠牲膜 144a にピンホールなどの欠陥が生じにくい膜を用いる場合には、保護膜 146a を用いずに、犠牲膜 144a 上に直接、レジストマスク 143a を形成してもよい。

40

【0285】

〔保護膜 146a のエッチング〕

続いて、保護膜 146a の、レジストマスク 143a に覆われない一部をエッチングにより除去し、帯状の保護層 147a を形成する。このとき同時に、接続電極 101C 上にも保護層 147a が形成される。

【0286】

保護膜 146a のエッチングの際、犠牲膜 144a が当該エッチングにより除去されないように、選択比の高いエッチング条件を用いることが好ましい。保護膜 146a のエッチングは、ウェットエッチングまたはドライエッチングにより行うことができるが、ドライエッチングを用いることで、保護膜 146a のパターンが縮小することを抑制できる。

50

【0287】

〔レジストマスク143aの除去〕

続いて、レジストマスク143aを除去する（図5（D））。

【0288】

レジストマスク143aの除去は、ウェットエッティングまたはドライエッティングにより行うことができる。特に、酸素ガスをエッティングガスに用いたドライエッティング（プラズマアッティングともいう）により、レジストマスク143aを除去することが好ましい。

【0289】

このとき、レジストマスク143aの除去は、EL膜103Rbが犠牲膜144aに覆われた状態で行われるため、EL膜103Rbへの影響が抑制されている。特に、EL膜103Rbが酸素に触れると、電気特性に悪影響を及ぼす場合があるため、プラズマアッティングなどの、酸素ガスを用いたエッティングを行う場合には好適である。

【0290】

〔犠牲膜144aのエッティング〕

続いて、保護層147aをマスクとして用いて、犠牲膜144aの保護層147aに覆われない一部をエッティングにより除去し、帯状の犠牲層145aを形成する（図5（E））。このとき同時に、接続電極101C上にも犠牲層145aが形成される。

【0291】

犠牲膜144aのエッティングは、ウェットエッティングまたはドライエッティングにより行うことができるが、ドライエッティング法を用いると、パターンの縮小を抑制できるため好ましい。

【0292】

〔EL膜103Rb、保護層147aのエッティング〕

続いて、保護層147aをエッティングすると同時に、犠牲層145aに覆われないEL膜103Rbの一部をエッティングにより除去し、帯状のEL層103Rを形成する（図5（F））。このとき同時に、接続電極101C上の保護層147aも除去される。

【0293】

EL膜103Rbと、保護層147aとを同一処理によりエッティングすることで、工程を簡略化することができ、表示装置の作製コストを削減することができるため好ましい。

【0294】

特にEL膜103Rbのエッティングには、酸素を主成分に含まないエッティングガスを用いたドライエッティングを用いることが好ましい。これにより、EL膜103Rbの変質を抑制し、信頼性の高い表示装置を実現できる。酸素を主成分に含まないエッティングガスとしては、例えばCF₄、C₄F₈、SF₆、CHF₃、Cl₂、H₂O、BCl₃、H₂またはHeなどの貴ガスが挙げられる。また、上記ガスと、酸素を含まない希釈ガスとの混合ガスをエッティングガスに用いることができる。

【0295】

なお、EL膜103Rbのエッティングと、保護層147aのエッティングを、別々に行つてもよい。このとき、EL膜103Rbを先にエッティングしてもよいし、保護層147aを先にエッティングしてもよい。

【0296】

この時点において、EL層103Rと、接続電極101Cが、犠牲層145aに覆われた状態となる。

【0297】

〔EL膜103Gbの形成〕

続いて、犠牲層145a、絶縁層121、第1の電極101G、第1の電極101B上に、後にEL層103GとなるEL膜103Gbを成膜する。このとき、上記EL膜103Rbと同様に、接続電極101C上にはEL膜103Gbを設けないことが好ましい。

【0298】

EL膜103Gbの形成方法については、上記EL膜103Rbの記載を援用できる。

10

20

30

40

50

【0299】

〔犠牲膜144bの形成〕

続いて、EL膜103Gb上に、犠牲膜144bを形成する。犠牲膜144bは、上記犠牲膜144aと同様の方法で形成することができる。特に、犠牲膜144bは、犠牲膜144aと同一材料を用いることが好ましい。

【0300】

このとき同時に、接続電極101C上において、犠牲層145aを覆って犠牲膜144aが形成される。

【0301】

〔保護膜146bの形成〕

続いて、犠牲膜144b上に、保護膜146bを形成する。保護膜146bは、上記保護膜146aと同様の方法で形成することができる。特に、保護膜146bは、上記保護膜146aと同一材料を用いることが好ましい。

【0302】

〔レジストマスク143bの形成〕

続いて、保護膜146b上であって、第1の電極101Gと重なる領域、及び接続電極101Cと重なる領域に、レジストマスク143bを形成する（図6（A））。

【0303】

レジストマスク143bは、上記レジストマスク143aと同様の方法で形成することができる。

【0304】

〔保護膜146bのエッティング〕

続いて、保護膜146bの、レジストマスク143bに覆われない一部をエッティングにより除去し、帯状の保護層147bを形成する（図6（B））。このとき同時に、接続電極101C上にも保護層147bが形成される。

【0305】

保護膜146bのエッティングについては、上記保護膜146aの記載を援用することができる。

【0306】

〔レジストマスク143bの除去〕

続いて、レジストマスク143bを除去する。レジストマスク143bの除去は、上記レジストマスク143aの記載を援用することができる。

【0307】

〔犠牲膜144bのエッティング〕

続いて、保護層147bをマスクとして用いて、犠牲膜144bの保護層147bに覆われない一部をエッティングにより除去し、帯状の犠牲層145bを形成する。このとき同時に、接続電極101C上にも犠牲層145bが形成される。接続電極101C上には、犠牲層145aと犠牲層145bとが積層される。

【0308】

犠牲膜144bのエッティングは、上記犠牲膜144aの記載を援用することができる。

【0309】

〔EL膜103Gb、保護層147bのエッティング〕

続いて、保護層147bをエッティングすると同時に、犠牲層145bに覆われないEL膜103Gbの一部をエッティングにより除去し、帯状のEL層103Gを形成する（図6（C））。このとき同時に、接続電極101C上の保護層147bも除去される。

【0310】

EL膜103Gb及び保護層147bのエッティングは、上記EL膜103Rb及び保護層147aの記載を援用することができる。

【0311】

このとき、EL層103Rは、犠牲層145aに保護されているため、EL膜103G

10

20

30

40

50

b のエッティング工程にダメージを受けることを防ぐことができる。

【 0 3 1 2 】

このようにして、帯状の E L 層 1 0 3 R と、帯状の E L 層 1 0 3 G とを、高い位置精度で作り分けることができる。

【 0 3 1 3 】

[E L 層 1 0 3 B の形成]

以上の工程を、 E L 膜 1 0 3 B b (図示しない) に対して行うことで、島状の E L 層 1 0 3 B と、島状の犠牲層 1 4 5 c とを形成することができる (図 6 (D)) 。

【 0 3 1 4 】

すなわち、 E L 層 1 0 3 G の形成後、 E L 膜 1 0 3 B b 、犠牲膜 1 4 4 c 、保護膜 1 4 6 c 、及びレジストマスク 1 4 3 c (いずれも図示しない) を順に形成する。続いて、保護膜 1 4 6 c をエッティングして保護層 1 4 7 c (図示しない) を形成した後に、レジストマスク 1 4 3 c を除去する。続いて、犠牲膜 1 4 4 c をエッティングして犠牲層 1 4 5 c を形成する。その後、保護層 1 4 7 c と、 E L 膜 1 0 3 B b をエッティングして、帯状の E L 層 1 0 3 B を形成する。

【 0 3 1 5 】

また、 E L 層 1 0 3 B の形成後、同時に接続電極 1 0 1 C 上にも、犠牲層 1 4 5 c が形成される。接続電極 1 0 1 C 上には、犠牲層 1 4 5 a 、犠牲層 1 4 5 b 、及び犠牲層 1 4 5 c が積層される。

【 0 3 1 6 】

[犠牲層の除去]

続いて、犠牲層 1 4 5 a 、犠牲層 1 4 5 b 、及び犠牲層 1 4 5 c を除去し、 E L 層 1 0 3 R 、 E L 層 1 0 3 G 、及び E L 層 1 0 3 B の上面を露出させる (図 6 (E)) 。このとき同時に、接続電極 1 0 1 C の上面も露出される。

【 0 3 1 7 】

なお、この際、 E L 層の表面がエッティングガスまたはエッティング液に曝されることによって、多少なりともダメージを受ける場合がある。例えば、電子輸送層を形成した後にパターニングを行うと、電子輸送層の表面がダメージを受け、電子の注入性が低下する場合がある。このような場合、電子輸送層または正孔ブロック層またはその両方に、 G S P _ s 1 0 p e が 2 0 以上の材料を用いることによって、電子の注入性を改善させることができる。このように、本発明の一態様の発光デバイスは、フォトエッティング法を用いて作製された発光装置、表示装置に好適に利用することができる。

【 0 3 1 8 】

犠牲層 1 4 5 a 、犠牲層 1 4 5 b 、及び犠牲層 1 4 5 c は、ウェットエッティングまたはドライエッティングにより除去することができる。このとき、 E L 層 1 0 3 R 、 E L 層 1 0 3 G 、及び E L 層 1 0 3 B にできるだけダメージを与えない方法を用いることが好ましい。特に、ウェットエッティング法を用いることが好ましい。例えば、水酸化テトラメチルアンモニウム水溶液 (T M A H) 、希フッ酸、シュウ酸、リン酸、酢酸、硝酸、またはこれらの混合液体を用いたウェットエッティングを用いることが好ましい。

【 0 3 1 9 】

または、犠牲層 1 4 5 a 、犠牲層 1 4 5 b 、及び犠牲層 1 4 5 c を、水またはアルコールなどの溶媒に溶解させることで除去することができる。ここで、犠牲層 1 4 5 a 、犠牲層 1 4 5 b 、及び犠牲層 1 4 5 c を溶解しうるアルコールとしては、エチルアルコール、メチルアルコール、イソプロピルアルコール (I P A) 、またはグリセリンなど、様々なアルコールを用いることができる。

【 0 3 2 0 】

犠牲層 1 4 5 a 、犠牲層 1 4 5 b 、及び犠牲層 1 4 5 c を除去した後に、 E L 層 1 0 3 R 、 E L 層 1 0 3 G 、及び E L 層 1 0 3 B の内部に含まれる水、及び表面に吸着する水を除去するため、乾燥処理を行うことが好ましい。例えば、不活性ガス雰囲気または減圧雰囲気下における加熱処理を行うことが好ましい。加熱処理は、基板温度として 5 0 以上

10

20

30

40

50

200 以下、好ましくは 60 以上 150 以下、より好ましくは 70 以上 120 以下の温度で行うことができる。減圧雰囲気とすることで、より低温で乾燥が可能であるため好ましい。

【0321】

このようにして、EL層103R、EL層103G、及びEL層103Bを作り分けることができる。

【0322】

〔EL層515の形成〕

続いて、EL層103R、EL層103G、及びEL層103Bを覆ってEL層515を成膜する。EL層515には、電子注入層など、電子を注入および輸送する機能を有する層が含まれる。

【0323】

EL層515は、EL膜103Rbなどと同様の方法で成膜することができる。蒸着法によりEL層515を成膜する場合には、EL層515が接続電極101C上に成膜されないように、遮蔽マスクを用いて成膜することが好ましい。

【0324】

〔第2の電極102の形成〕

続いて、電子注入層115及び接続電極101Cを覆って第2の電極102を形成する(図6(F))。

【0325】

第2の電極102は、蒸着法またはスパッタリング法などの成膜方法により形成することができる。または、蒸着法で形成した膜と、スパッタリング法で形成した膜を積層させてもよい。このとき、電子注入層115が成膜される領域を包含するように、第2の電極102を形成することが好ましい。すなわち、電子注入層115の端部が、第2の電極102と重畳する構成とすることができる。第2の電極102は、遮蔽マスクを用いて形成することが好ましい。

【0326】

第2の電極102は、表示領域外において、接続電極101Cと電気的に接続される。

【0327】

〔保護層の形成〕

続いて、第2の電極102上に、保護層を形成する。保護層に用いる無機絶縁膜の成膜には、スパッタリング法、PECVD法、またはALD法を用いることが好ましい。特にALD法は、段差被覆性に優れ、ピンホールなどの欠陥が生じにくいため、好ましい。また、有機絶縁膜の成膜には、インクジェット法を用いると、所望のエリアに均一な膜を形成できるため好ましい。

【0328】

以上により、本発明の一態様の発光装置を作製することができる。

【0329】

なお、上記では、第2の電極102と電子注入層115とを、異なる上面形状となるように形成した場合について示したが、これらを同じ領域に形成してもよい。

【0330】

(実施の形態5)

本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置の構成例について説明する。

【0331】

本実施の形態の表示装置は、高解像度の表示装置または大型な表示装置とすることができます。したがって、本実施の形態の表示装置は、例えば、テレビジョン装置、デスクトップ型もしくはノート型のパーソナルコンピュータ、コンピュータ用などのモニタ、デジタルサイネージ、パチンコ機などの大型ゲーム機などの比較的大きな画面を備える電子機器の他、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機、携帯型ゲーム機、スマートフォン、腕時計型端末、タブレット端末、携帯情報端末、音響

10

20

30

40

50

再生装置の表示部に用いることができる。

【0332】

【発光装置400A】

図7に、発光装置400Aの斜視図を示し、図8(A)に、発光装置400Aの断面図を示す。

【0333】

発光装置400Aは、基板452と基板451とが貼り合わされた構成を有する。図8では、基板452を破線で明示している。

【0334】

発光装置400Aは、表示部462、回路464、配線465等を有する。図8では発光装置400AにIC473及びFPC472が実装されている例を示している。そのため、図8に示す構成は、発光装置400A、IC(集積回路)、及びFPCを有する表示モジュールということもできる。

【0335】

回路464としては、例えば走査線駆動回路を用いることができる。

【0336】

配線465は、表示部462及び回路464に信号及び電力を供給する機能を有する。当該信号及び電力は、FPC472を介して外部から配線465に入力されるか、またはIC473から配線465に入力される。

【0337】

図8では、COG(Chip On Glass)方式またはCOF(Chip on Film)方式等により、基板451にIC473が設けられている例を示す。IC473は、例えば走査線駆動回路または信号線駆動回路などを有するICを適用できる。なお、発光装置400A及び表示モジュールは、ICを設けない構成としてもよい。また、ICを、COF方式等により、FPCに実装してもよい。

【0338】

図8(A)に、発光装置400Aの、FPC472を含む領域の一部、回路464の一部、表示部462の一部、及び、端部を含む領域の一部をそれぞれ切断したときの断面の一例を示す。

【0339】

図8(A)に示す発光装置400Aは、基板451と基板452の間に、トランジスタ201、トランジスタ205、赤色の光を発する発光デバイス430a、緑色の光を発する発光デバイス430b、及び、青色の光を発する発光デバイス430c等を有する。

【0340】

発光デバイス430a、発光デバイス430b、及び発光デバイス430cには、実施の形態1で例示した発光デバイスを適用することができる。

【0341】

ここで、表示装置の画素が、互いに異なる色を発する発光デバイスを有する副画素を3種類有する場合、当該3つの副画素としては、R、G、Bの3色の副画素、黄色(Y)、シアン(C)、及びマゼンタ(M)の3色の副画素などが挙げられる。当該副画素を4つ有する場合、当該4つの副画素としては、R、G、B、白色(W)の4色の副画素、R、G、B、Yの4色の副画素などが挙げられる。

【0342】

保護層416と基板452は接着層442を介して接着されている。発光デバイスの封止には、固体封止構造または中空封止構造などが適用できる。図8(A)では、基板452、接着層442、及び基板451に囲まれた空間443が、不活性ガス(窒素またはアルゴンなど)で充填されており、中空封止構造が適用されている。接着層442は、発光デバイスと重ねて設けられていてもよい。また、基板452、接着層442、及び基板451に囲まれた空間443を、接着層442とは異なる樹脂で充填してもよい。

【0343】

10

20

30

40

50

発光デバイス 430a、430b、430c は、画素電極と EL 層との間に光学調整層を有する。発光デバイス 430a は光学調整層 426a を有し、発光デバイス 430b は光学調整層 426b を有し、発光デバイス 430c は光学調整層 426c を有する。発光デバイスの詳細は実施の形態 1 を参照できる。

【0344】

画素電極 411a、411b、411c は、それぞれ、絶縁層 214 に設けられた開口を介して、トランジスタ 205 が有する導電層 222b と接続されている。

【0345】

画素電極及び光学調整層の端部は、絶縁層 421 によって覆われている。画素電極は可視光を反射する材料を含み、対向電極は可視光を透過する材料を含む。

10

【0346】

発光デバイスが発する光は、基板 452 側に射出される。基板 452 には、可視光に対する透過性が高い材料を用いることが好ましい。

【0347】

トランジスタ 201 及びトランジスタ 205 は、いずれも基板 451 上に形成されている。これらのトランジスタは、同一の材料及び同一の工程により作製することができる。

20

【0348】

基板 451 上には、絶縁層 211、絶縁層 213、絶縁層 215、及び絶縁層 214 がこの順で設けられている。絶縁層 211 は、その一部が各トランジスタのゲート絶縁層として機能する。絶縁層 213 は、その一部が各トランジスタのゲート絶縁層として機能する。絶縁層 215 は、トランジスタを覆って設けられる。絶縁層 214 は、トランジスタを覆って設けられ、平坦化層としての機能を有する。なお、ゲート絶縁層の数及びトランジスタを覆う絶縁層の数は限定されず、それぞれ単層であっても 2 層以上であってもよい。

【0349】

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

30

【0350】

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

【0351】

ここで、有機絶縁膜は、無機絶縁膜に比べてバリア性が低いことが多い。そのため、有機絶縁膜は、発光装置 400A の端部近傍に開口を有することが好ましい。これにより、発光装置 400A の端部から有機絶縁膜を介して不純物が入り込むことを抑制することができる。または、有機絶縁膜の端部が発光装置 400A の端部よりも内側にくるように有機絶縁膜を形成し、発光装置 400A の端部に有機絶縁膜が露出しないようにしてもよい。

40

【0352】

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

50

【0353】

図 8 (A) に示す領域 228 では、絶縁層 214 に開口が形成されている。これにより、絶縁層 214 に有機絶縁膜を用いる場合であっても、絶縁層 214 を介して外部から表示部 462 に不純物が入り込むことを抑制できる。従って、発光装置 400A の信頼性を高めることができる。

【 0354 】

トランジスタ 201 及びトランジスタ 205 は、ゲートとして機能する導電層 221 、ゲート絶縁層として機能する絶縁層 211 、ソース及びドレインとして機能する導電層 222a 及び導電層 222b 、半導体層 231 、ゲート絶縁層として機能する絶縁層 213 、並びに、ゲートとして機能する導電層 223 を有する。ここでは、同一の導電膜を加工して得られる複数の層に、同じハッチングパターンを付している。絶縁層 211 は、導電層 221 と半導体層 231 との間に位置する。絶縁層 213 は、導電層 223 と半導体層 231 との間に位置する。

【 0355 】

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

【 0356 】

トランジスタ 201 及びトランジスタ 205 には、チャネルが形成される半導体層を 2 つのゲートで挟持する構成が適用されている。2 つのゲートを接続し、これらに同一の信号を供給することによりトランジスタを駆動してもよい。または、2 つのゲートのうち、一方に閾値電圧を制御するための電位を与え、他方に駆動のための電位を与えることで、トランジスタの閾値電圧を制御してもよい。

【 0357 】

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、単結晶半導体、または単結晶以外の結晶性を有する半導体（微結晶半導体、多結晶半導体、または一部に結晶領域を有する半導体）のいずれを用いてもよい。単結晶半導体または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。

【 0358 】

トランジスタの半導体層は、金属酸化物（酸化物半導体ともいう）を有することが好ましい。つまり、本実施の形態の表示装置は、金属酸化物をチャネル形成領域に用いたトランジスタ（以下、OSトランジスタ）を用いることが好ましい。または、トランジスタの半導体層は、シリコンを有していてもよい。シリコンとしては、アモルファスシリコン、結晶性のシリコン（低温ポリシリコン、単結晶シリコンなど）などが挙げられる。

【 0359 】

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

【 0360 】

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

【 0361 】

半導体層が In - M - Zn 酸化物の場合、当該 In - M - Zn 酸化物における In の原子数比は M の原子数比以上であることが好ましい。このような In - M - Zn 酸化物の金属元素の原子数比として、In : M : Zn = 1 : 1 : 1 またはその近傍の組成、In : M : Zn = 1 : 1 : 1 . 2 またはその近傍の組成、In : M : Zn = 2 : 1 : 3 またはその

10

20

30

40

50

近傍の組成、 $I_n : M : Z_n = 3 : 1 : 2$ またはその近傍の組成、 $I_n : M : Z_n = 4 : 2 : 3$ またはその近傍の組成、 $I_n : M : Z_n = 4 : 2 : 4$ 、 1 またはその近傍の組成、 $I_n : M : Z_n = 5 : 1 : 3$ またはその近傍の組成、 $I_n : M : Z_n = 5 : 1 : 6$ またはその近傍の組成、 $I_n : M : Z_n = 5 : 1 : 7$ またはその近傍の組成、 $I_n : M : Z_n = 5 : 1 : 8$ またはその近傍の組成、 $I_n : M : Z_n = 6 : 1 : 6$ またはその近傍の組成、 $I_n : M : Z_n = 5 : 2 : 5$ またはその近傍の組成、等が挙げられる。なお、近傍の組成とは、所望の原子数比の $\pm 30\%$ の範囲を含む。

【0362】

例えは、原子数比が $I_n : Ga : Z_n = 4 : 2 : 3$ またはその近傍の組成と記載する場合、 I_n の原子数比を 4 としたとき、 Ga の原子数比が 1 以上 3 以下であり、 Z_n の原子数比が 2 以上 4 以下である場合を含む。また、原子数比が $I_n : Ga : Z_n = 5 : 1 : 6$ またはその近傍の組成と記載する場合、 I_n の原子数比を 5 としたときに、 Ga の原子数比が 0.1 より大きく 2 以下であり、 Z_n の原子数比が 5 以上 7 以下である場合を含む。また、原子数比が $I_n : Ga : Z_n = 1 : 1 : 1$ またはその近傍の組成と記載する場合、 I_n の原子数比を 1 としたときに、 Ga の原子数比が 0.1 より大きく 2 以下であり、 Z_n の原子数比が 0.1 より大きく 2 以下である場合を含む。

【0363】

回路 464 が有するトランジスタと、表示部 462 が有するトランジスタは、同じ構造であってもよく、異なる構造であってもよい。回路 464 が有する複数のトランジスタの構造は、全て同じであってもよく、2種類以上あってもよい。同様に、表示部 462 が有する複数のトランジスタの構造は、全て同じであってもよく、2種類以上あってもよい。

【0364】

基板 451 の、基板 452 が重ならない領域には、接続部 204 が設けられている。接続部 204 では、配線 465 が導電層 466 及び接続層 242 を介して FPC472 と電気的に接続されている。導電層 466 は、画素電極と同一の導電膜を加工して得られた導電膜と、光学調整層と同一の導電膜を加工して得られた導電膜と、の積層構造である例を示す。接続部 204 の上面では、導電層 466 が露出している。これにより、接続部 204 と FPC472 とを接続層 242 を介して電気的に接続することができる。

【0365】

基板 452 の基板 451 側の面には、遮光層 417 を設けることが好ましい。また、基板 452 の外側には各種光学部材を配置することができる。光学部材としては、偏光板、位相差板、光拡散層（拡散フィルムなど）、反射防止層、及び集光フィルム等が挙げられる。また、基板 452 の外側には、ゴミの付着を抑制する帯電防止膜、汚れを付着しにくくする撥水性の膜、使用に伴う傷の発生を抑制するハードコート膜、衝撃吸収層等を配置してもよい。

【0366】

発光デバイスを覆う保護層 416 を設けることで、発光デバイスに水などの不純物が入り込むことを抑制し、発光デバイスの信頼性を高めることができる。

【0367】

発光装置 400A の端部近傍の領域 228 において、絶縁層 214 の開口を介して、絶縁層 215 と保護層 416 とが互いに接することが好ましい。特に、絶縁層 215 が有する無機絶縁膜と保護層 416 が有する無機絶縁膜とが互いに接することが好ましい。これにより、有機絶縁膜を介して外部から表示部 462 に不純物が入り込むことを抑制することができる。従って、発光装置 400A の信頼性を高めることができる。

【0368】

図 8 (B) に、保護層 416 が 3 層構造である例を示す。図 8 (B) において、保護層 416 は、発光デバイス 430c 上の無機絶縁層 416a と、無機絶縁層 416a 上の有機絶縁層 416b と、有機絶縁層 416b 上の無機絶縁層 416c と、を有する。

【0369】

無機絶縁層 416a の端部と無機絶縁層 416c の端部は、有機絶縁層 416b の端部

10

20

30

40

50

よりも外側に延在し、互いに接している。そして、無機絶縁層 416a は、絶縁層 214 (有機絶縁層) の開口を介して、絶縁層 215 (無機絶縁層) と接する。これにより、絶縁層 215 と保護層 416 とで、発光デバイスを囲うことができるため、発光デバイスの信頼性を高めることができる。

【0370】

このように、保護層 416 は、有機絶縁膜と無機絶縁膜との積層構造であってもよい。このとき、有機絶縁膜の端部よりも無機絶縁膜の端部を外側に延在させることができるので。

【0371】

基板 451 及び基板 452 には、それぞれ、ガラス、石英、セラミック、サファイア、樹脂、金属、合金、半導体などを用いることができる。発光デバイスからの光を取り出す側の基板には、該光を透過する材料を用いる。基板 451 及び基板 452 に可撓性を有する材料を用いると、表示装置の可撓性を高めることができる。また、基板 451 または基板 452 として偏光板を用いてもよい。

【0372】

基板 451 及び基板 452 としては、それぞれ、ポリエチレンテレフタレート (P E T)、ポリエチレンナフタレート (P E N) 等のポリエステル樹脂、ポリアクリロニトリル樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、ポリメチルメタクリレート樹脂、ポリカーボネート (P C) 樹脂、ポリエーテルスルホン (P E S) 樹脂、ポリアミド樹脂 (ナイロン、アラミド等)、ポリシロキサン樹脂、シクロオレフィン樹脂、ポリスチレン樹脂、ポリアミドイミド樹脂、ポリウレタン樹脂、ポリ塩化ビニル樹脂、ポリ塩化ビニリデン樹脂、ポリプロピレン樹脂、ポリテトラフルオロエチレン (P T F E) 樹脂、A B S 樹脂、セルロースナノファイバー等を用いることができる。基板 451 及び基板 452 の一方または双方に、可撓性を有する程度の厚さのガラスを用いてもよい。

【0373】

なお、表示装置に円偏光板を重ねる場合、表示装置が有する基板には、光学等方性の高い基板を用いることが好ましい。光学等方性が高い基板は、複屈折が小さい (複屈折量が小さい、ともいえる)。

【0374】

光学等方性が高い基板のリタデーション (位相差) 値の絶対値は、30 nm 以下が好ましく、20 nm 以下がより好ましく、10 nm 以下がさらに好ましい。

【0375】

光学等方性が高いフィルムとしては、トリアセチルセルロース (T A C、セルローストリアセテートともいう) フィルム、シクロオレフィンポリマー (C O P) フィルム、シクロオレフィンコポリマー (C O C) フィルム、及びアクリルフィルム等が挙げられる。

【0376】

また、基板としてフィルムを用いる場合、フィルムが吸水することで、表示パネルにしわが発生するなどの形状変化が生じる恐れがある。そのため、基板には、吸水率の低いフィルムを用いることが好ましい。例えば、吸水率が 1 % 以下のフィルムを用いることが好ましく、0.1 % 以下のフィルムを用いることがより好ましく、0.01 % 以下のフィルムを用いることがさらに好ましい。

【0377】

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

【0378】

10

20

30

40

50

接続層 242 としては、異方性導電フィルム (A C F : Anisotropic Conductive Film) 、異方性導電ペースト (A C P : Anisotropic Conductive Paste) などを用いることができる。

【 0379 】

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

【 0380 】

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

【 0381 】

各絶縁層に用いることのできる絶縁材料としては、例えば、アクリル樹脂、エポキシ樹脂などの樹脂、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、酸化アルミニウムなどの無機絶縁材料が挙げられる。

【 0382 】

[発光装置 400B]

図 9 (A) に、発光装置 400B の断面図を示す。発光装置 400B の斜視図は発光装置 400A (図 7) と同様である。図 9 (A) には、発光装置 400B の、 FPC 472 を含む領域の一部、回路 464 の一部、及び、表示部 462 の一部をそれぞれ切断したときの断面の一例を示す。図 9 (A) では、表示部 462 のうち、特に、緑色の光を発する発光デバイス 430b と青色の光を発する発光デバイス 430c を含む領域を切断したときの断面の一例を示す。なお、発光装置 400A と同様の部分については説明を省略することがある。

【 0383 】

図 9 (A) に示す発光装置 400B は、基板 453 と基板 454 の間に、トランジスタ 202 、トランジスタ 210 、発光デバイス 430b 、及び発光デバイス 430c 等を有する。

【 0384 】

基板 454 と保護層 416 とは接着層 442 を介して接着されている。接着層 442 は、発光デバイス 430b 及び発光デバイス 430c それぞれと重ねて設けられており、発光装置 400B には、固体封止構造が適用されている。

【 0385 】

基板 453 と絶縁層 212 とは接着層 455 によって貼り合わされている。

【 0386 】

発光装置 400B の作製方法としては、まず、絶縁層 212 、各トランジスタ、各発光デバイス等が設けられた作製基板と、遮光層 417 が設けられた基板 454 と、を接着層 442 によって貼り合わせる。そして、作製基板を剥離し露出した面に基板 453 を貼ることで、作製基板上に形成した各構成要素を、基板 453 に転置する。基板 453 及び基

10

20

30

40

50

板 4 5 4 は、それぞれ、可撓性を有することが好ましい。これにより、発光装置 4 0 0 B の可撓性を高めることができる。

【 0 3 8 7 】

絶縁層 2 1 2 には、それぞれ、絶縁層 2 1 1、絶縁層 2 1 3、及び絶縁層 2 1 5 に用いることができる無機絶縁膜を用いることができる。

【 0 3 8 8 】

画素電極は、絶縁層 2 1 4 に設けられた開口を介して、トランジスタ 2 1 0 が有する導電層 2 2 2 b と接続されている。導電層 2 2 2 b は、絶縁層 2 1 5 及び絶縁層 2 2 5 に設けられた開口を介して、低抵抗領域 2 3 1 n と接続される。トランジスタ 2 1 0 は、発光デバイスの駆動を制御する機能を有する。

10

【 0 3 8 9 】

画素電極の端部は、絶縁層 4 2 1 によって覆われている。

【 0 3 9 0 】

発光デバイス 4 3 0 b、4 3 0 c が発する光は、基板 4 5 4 側に射出される。基板 4 5 4 には、可視光に対する透過性が高い材料を用いることが好ましい。

【 0 3 9 1 】

基板 4 5 3 の、基板 4 5 4 が重ならない領域には、接続部 2 0 4 が設けられている。接続部 2 0 4 では、配線 4 6 5 が導電層 4 6 6 及び接続層 2 4 2 を介して F P C 4 7 2 と電気的に接続されている。導電層 4 6 6 は、画素電極と同一の導電膜を加工して得ることができる。これにより、接続部 2 0 4 と F P C 4 7 2 とを接続層 2 4 2 を介して電気的に接続することができる。

20

【 0 3 9 2 】

トランジスタ 2 0 2 及びトランジスタ 2 1 0 は、ゲートとして機能する導電層 2 2 1、ゲート絶縁層として機能する絶縁層 2 1 1、チャネル形成領域 2 3 1 i 及び一対の低抵抗領域 2 3 1 n を有する半導体層、一対の低抵抗領域 2 3 1 n の一方と接続する導電層 2 2 2 a、一対の低抵抗領域 2 3 1 n の他方と接続する導電層 2 2 2 b、ゲート絶縁層として機能する絶縁層 2 2 5 、ゲートとして機能する導電層 2 2 3 、並びに、導電層 2 2 3 を覆う絶縁層 2 1 5 を有する。絶縁層 2 1 1 は、導電層 2 2 1 とチャネル形成領域 2 3 1 i との間に位置する。絶縁層 2 2 5 は、導電層 2 2 3 とチャネル形成領域 2 3 1 i との間に位置する。

30

【 0 3 9 3 】

導電層 2 2 2 a 及び導電層 2 2 2 b は、それぞれ、絶縁層 2 1 5 に設けられた開口を介して低抵抗領域 2 3 1 n と接続される。導電層 2 2 2 a 及び導電層 2 2 2 b のうち、一方はソースとして機能し、他方はドレインとして機能する。

【 0 3 9 4 】

図 9 (A) では、絶縁層 2 2 5 が半導体層の上面及び側面を覆う例を示す。導電層 2 2 2 a 及び導電層 2 2 2 b は、それぞれ、絶縁層 2 2 5 及び絶縁層 2 1 5 に設けられた開口を介して低抵抗領域 2 3 1 n と接続される。

【 0 3 9 5 】

一方、図 9 (B) に示すトランジスタ 2 0 9 では、絶縁層 2 2 5 は、半導体層 2 3 1 のチャネル形成領域 2 3 1 i と重なり、低抵抗領域 2 3 1 n とは重ならない。例えば、導電層 2 2 3 をマスクとして絶縁層 2 2 5 を加工することで、図 9 (B) に示す構造を作製できる。図 9 (B) では、絶縁層 2 2 5 及び導電層 2 2 3 を覆って絶縁層 2 1 5 が設けられ、絶縁層 2 1 5 の開口を介して、導電層 2 2 2 a 及び導電層 2 2 2 b がそれぞれ低抵抗領域 2 3 1 n と接続されている。さらに、トランジスタを覆う絶縁層 2 1 8 を設けてもよい。

40

【 0 3 9 6 】

本実施の形態で例示した構成例、及びそれらに対応する図面等は、少なくともその一部を他の構成例、または図面等と適宜組み合わせることができる。

【 0 3 9 7 】

50

本実施の形態は、少なくともその一部を本明細書中に記載する他の実施の形態と適宜組み合わせて実施することができる。

【0398】

(実施の形態6)

本実施の形態では、上記とは異なる表示装置の構成例について説明する。

【0399】

本実施の形態の表示装置は、高精細な表示装置とすることができます。したがって、本実施の形態の表示装置は、例えば、腕時計型、ブレスレット型などの情報端末機（ウェアラブル機器）、並びに、ヘッドマウントディスプレイなどのVR向け機器、メガネ型のAR向け機器など、頭部に装着可能なウェアラブル機器の表示部に用いることができる。

10

【0400】

[表示モジュール]

図10(A)に、表示モジュール280の斜視図を示す。表示モジュール280は、発光装置400Cと、FPC290と、を有する。なお、表示モジュール280が有する表示装置は発光装置400Cに限られず、後述する発光装置400Dまたは発光装置400Eであってもよい。

【0401】

表示モジュール280は、基板291及び基板292を有する。表示モジュール280は、表示部281を有する。表示部281は、表示モジュール280における画像を表示する領域であり、後述する画素部284に設けられる各画素からの光を視認できる領域である。

20

【0402】

図10(B)に、基板291側の構成を模式的に示した斜視図を示している。基板291上には、回路部282と、回路部282上の画素回路部283と、画素回路部283上の画素部284と、が積層されている。また、基板291上の画素部284と重ならない部分に、FPC290と接続するための端子部285が設けられている。端子部285と回路部282とは、複数の配線により構成される配線部286により電気的に接続されている。

【0403】

画素部284は、周期的に配列した複数の画素284aを有する。図10(B)の右側に、1つの画素284aの拡大図を示している。画素284aは、発光色が互いに異なる発光デバイス430a、430b、430cを有する。複数の発光デバイスは、図10(B)に示すようにストライプ配列で配置してもよい。ストライプ配列は、高密度に画素回路を配列することができるため、高精細な表示装置を提供できる。また、デルタ配列、ペンタイル配列など様々な配列方法を適用することができる。

30

【0404】

画素回路部283は、周期的に配列した複数の画素回路283aを有する。

【0405】

1つの画素回路283aは、1つの画素284aが有する3つの発光デバイスの発光を制御する回路である。1つの画素回路283aは、1つの発光デバイスの発光を制御する回路が3つ設けられる構成としてもよい。例えば、画素回路283aは、1つの発光デバイスにつき、1つの選択トランジスタと、1つの電流制御用トランジスタ（駆動トランジスタ）と、容量素子と、を少なくとも有する構成とすることができます。このとき、選択トランジスタのゲートにはゲート信号が、ソースまたはドレインの一方にはソース信号が、それぞれ入力される。これにより、アクティブマトリクス型の表示装置が実現されている。

40

【0406】

回路部282は、画素回路部283の各画素回路283aを駆動する回路を有する。例えば、ゲート線駆動回路、及び、ソース線駆動回路の一方または双方を有することが好ましい。このほか、演算回路、メモリ回路、及び電源回路等の少なくとも一つを有していて

50

もよい。

【0407】

FPC290は、外部から回路部282にビデオ信号または電源電位等を供給するための配線として機能する。また、FPC290上にICが実装されていてもよい。

【0408】

表示モジュール280は、画素部284の下側に画素回路部283及び回路部282の一方または双方が積層された構成とすることができます。表示部281の開口率(有効表示面積比)を極めて高くすることができます。例えば表示部281の開口率は、40%以上100%未満、好ましくは50%以上95%以下、より好ましくは60%以上95%以下とすることができます。また、画素284aを極めて高密度に配置することが可能で、表示部281の精細度を極めて高くすることができます。例えば、表示部281には、2000ppi以上、好ましくは3000ppi以上、より好ましくは5000ppi以上、さらに好ましくは6000ppi以上であって、20000ppi以下、または30000ppi以下の精細度で、画素284aが配置されることが好ましい。

【0409】

このような表示モジュール280は、極めて高精細であることから、ヘッドマウントディスプレイなどのVR向け機器、またはメガネ型のAR向け機器に好適に用いることができる。例えば、レンズを通して表示モジュール280の表示部を視認する構成の場合であっても、表示モジュール280は極めて高精細な表示部281を有するためにレンズで表示部を拡大しても画素が視認されず、没入感の高い表示を行うことができる。また、表示モジュール280はこれに限られず、比較的小型の表示部を有する電子機器に好適に用いることができる。例えば腕時計などの装着型の電子機器の表示部に好適に用いることができる。

【0410】

[発光装置400C]

図11に示す発光装置400Cは、基板301、発光デバイス430a、430b、430c、容量240、及び、トランジスタ310を有する。

【0411】

基板301は、図10(A)及び図10(B)における基板291に相当する。

【0412】

トランジスタ310は、基板301にチャネル形成領域を有するトランジスタである。基板301としては、例えば単結晶シリコン基板などの半導体基板を用いることができる。トランジスタ310は、基板301の一部、導電層311、低抵抗領域312、絶縁層313、及び、絶縁層314を有する。導電層311は、ゲート電極として機能する。絶縁層313は、基板301と導電層311の間に位置し、ゲート絶縁層として機能する。低抵抗領域312は、基板301に不純物がドープされた領域であり、ソースまたはドレインの一方として機能する。絶縁層314は、導電層311の側面を覆って設けられ、絶縁層として機能する。

【0413】

また、基板301に埋め込まれるように、隣接する2つのトランジスタ310の間に素子分離層315が設けられている。

【0414】

また、トランジスタ310を覆って絶縁層261が設けられ、絶縁層261上に容量240が設けられている。

【0415】

容量240は、導電層241と、導電層245と、これらの間に位置する絶縁層243を有する。導電層241は容量240の一方の電極として機能し、導電層245は容量240の他方の電極として機能し、絶縁層243は容量240の誘電体として機能する。

【0416】

導電層241は絶縁層261上に設けられ、絶縁層254に埋め込まれている。導電層

10

20

30

40

50

241は、絶縁層261に埋め込まれたプラグ271によってトランジスタ310のソースまたはドレインの一方と電気的に接続されている。絶縁層243は導電層241を覆つて設けられる。導電層245は、絶縁層243を介して導電層241と重なる領域に設けられている。

【0417】

容量240を覆つて、絶縁層255が設けられ、絶縁層255上に発光デバイス430a、430b、430c等が設けられている。発光デバイス430a、430b、430c上には保護層416が設けられており、保護層416の上面には、樹脂層419によって基板420が貼り合わされている。

【0418】

発光デバイスの画素電極は、絶縁層255に埋め込まれたプラグ256、絶縁層254に埋め込まれた導電層241、及び、絶縁層261に埋め込まれたプラグ271によってトランジスタ310のソースまたはドレインの一方と電気的に接続されている。

【0419】

【発光装置400D】

図12に示す発光装置400Dは、トランジスタの構成が異なる点で、発光装置400Cと主に相違する。なお、発光装置400Cと同様の部分については説明を省略することができる。

【0420】

トランジスタ320は、チャネルが形成される半導体層に、金属酸化物（酸化物半導体ともいう）が適用されたトランジスタである。

【0421】

トランジスタ320は、半導体層321、絶縁層323、導電層324、一対の導電層325、絶縁層326、及び、導電層327を有する。

【0422】

基板331は、図10(A)及び図10(B)における基板291に相当する。基板331から絶縁層255までの積層構造が、実施の形態1におけるトランジスタを含む層401に相当する。基板331としては、絶縁性基板または半導体基板を用いることができる。

【0423】

基板331上に、絶縁層332が設けられている。絶縁層332は、基板331から水または水素などの不純物がトランジスタ320に拡散すること、及び半導体層321から絶縁層332側に酸素が脱離することを防ぐバリア層として機能する。絶縁層332としては、例えば酸化アルミニウム膜、酸化ハフニウム膜、窒化シリコン膜などの、酸化シリコン膜よりも水素または酸素が拡散しにくい膜を用いることができる。

【0424】

絶縁層332上に導電層327が設けられ、導電層327を覆つて絶縁層326が設けられている。導電層327は、トランジスタ320の第1のゲート電極として機能し、絶縁層326の一部は、第1のゲート絶縁層として機能する。絶縁層326の少なくとも半導体層321と接する部分には、酸化シリコン膜等の酸化物絶縁膜を用いることが好ましい。絶縁層326の上面は、平坦化されていることが好ましい。

【0425】

半導体層321は、絶縁層326上に設けられる。半導体層321は、半導体特性を有する金属酸化物（酸化物半導体ともいう）膜を有することが好ましい。半導体層321に好適に用いることのできる材料の詳細については後述する。

【0426】

一対の導電層325は、半導体層321上に接して設けられ、ソース電極及びドレイン電極として機能する。

【0427】

また、一対の導電層325の上面及び側面、並びに半導体層321の側面等を覆つて絶

10

20

30

40

50

縁層 328 が設けられ、絶縁層 328 上に絶縁層 264 が設けられている。絶縁層 328 は、半導体層 321 に絶縁層 264 等から水または水素などの不純物が拡散すること、及び半導体層 321 から酸素が脱離することを防ぐバリア層として機能する。絶縁層 328 としては、上記絶縁層 332 と同様の絶縁膜を用いることができる。

【0428】

絶縁層 328 及び絶縁層 264 に、半導体層 321 に達する開口が設けられている。当該開口の内部において、絶縁層 264、絶縁層 328、及び導電層 325 の側面、並びに半導体層 321 の上面に接する絶縁層 323 と、導電層 324 とが埋め込まれている。導電層 324 は、第 2 のゲート電極として機能し、絶縁層 323 は第 2 のゲート絶縁層として機能する。

10

【0429】

導電層 324 の上面、絶縁層 323 の上面、及び絶縁層 264 の上面は、それぞれ高さが概略一致するように平坦化処理され、これらを覆って絶縁層 329 及び絶縁層 265 が設けられている。

【0430】

絶縁層 264 及び絶縁層 265 は、層間絶縁層として機能する。絶縁層 329 は、トランジスタ 320 に絶縁層 265 等から水または水素などの不純物が拡散することを防ぐバリア層として機能する。絶縁層 329 としては、上記絶縁層 328 及び絶縁層 332 と同様の絶縁膜を用いることができる。

20

【0431】

一対の導電層 325 の一方と電気的に接続するプラグ 274 は、絶縁層 265、絶縁層 329、及び絶縁層 264 に埋め込まれるように設けられている。ここで、プラグ 274 は、絶縁層 265、絶縁層 329、絶縁層 264、及び絶縁層 328 のそれぞれの開口の側面、及び導電層 325 の上面の一部を覆う導電層 274a と、導電層 274a の上面に接する導電層 274b とを有することが好ましい。このとき、導電層 274a として、水素及び酸素が拡散しにくい導電材料を用いることが好ましい。

【0432】

発光装置 400D における、絶縁層 254 から基板 420 までの構成は、発光装置 400C と同様である。

30

【0433】

[発光装置 400E]

図 13 に示す発光装置 400E は、基板 301 にチャネルが形成されるトランジスタ 310 と、チャネルが形成される半導体層に金属酸化物を含むトランジスタ 320 とが積層された構成を有する。なお、発光装置 400C、400D と同様の部分については説明を省略することがある。

【0434】

トランジスタ 310 を覆って絶縁層 261 が設けられ、絶縁層 261 上に導電層 251 が設けられている。また導電層 251 を覆って絶縁層 262 が設けられ、絶縁層 262 上に導電層 252 が設けられている。導電層 251 及び導電層 252 は、それぞれ配線として機能する。また、導電層 252 を覆って絶縁層 263 及び絶縁層 332 が設けられ、絶縁層 332 上にトランジスタ 320 が設けられている。また、トランジスタ 320 を覆って絶縁層 265 が設けられ、絶縁層 265 上に容量 240 が設けられている。容量 240 とトランジスタ 320 とは、プラグ 274 により電気的に接続されている。

40

【0435】

トランジスタ 320 は、画素回路を構成するトランジスタとして用いることができる。また、トランジスタ 310 は、画素回路を構成するトランジスタ、または当該画素回路を駆動するための駆動回路（ゲート線駆動回路、ソース線駆動回路）を構成するトランジスタとして用いることができる。また、トランジスタ 310 及びトランジスタ 320 は、演算回路または記憶回路などの各種回路を構成するトランジスタとして用いることができる。

50

【0436】

このような構成とすることで、発光デバイスの直下に画素回路だけでなく駆動回路等を形成することができるため、表示領域の周辺に駆動回路を設ける場合に比べて、表示装置を小型化することが可能となる。

【0437】

本実施の形態で例示した構成例、及びそれらに対応する図面等は、少なくともその一部を他の構成例、または図面等と適宜組み合わせることができる。

【0438】

本実施の形態は、少なくともその一部を本明細書中に記載する他の実施の形態と適宜組み合わせて実施することができる。

10

【0439】

(実施の形態7)

本実施の形態では、高精細な表示装置について説明する。

【0440】

[画素回路の構成例]

以下では、高精細な表示装置に適した画素、及びその配列方法の例について説明する。

【0441】

図14に、画素ユニット70の回路図の例を示す。画素ユニット70は、2つの画素(画素70a及び画素70b)で構成される。また画素ユニット70には、配線51a、配線51b、配線52a、配線52b、配線52c、配線52d、配線53a、配線53b、配線53c等が接続されている。

20

【0442】

画素70aは、副画素71a、副画素72a、及び副画素73aを有する。画素70bは、副画素71b、副画素72b、及び副画素73bを有する。副画素71a、副画素72a、及び副画素73aは、それぞれ画素回路41a、画素回路42a、及び画素回路43aを有する。また副画素71b、副画素72b、及び副画素73bは、それぞれ画素回路41b、画素回路42b、及び画素回路43bを有する。

20

【0443】

各々の副画素は、画素回路と表示素子60を有する。例えば副画素71aは、画素回路41aと表示素子60を有する。ここでは、表示素子60として、有機EL素子等の発光デバイスを用いた場合を示す。

30

【0444】

配線51a及び配線51bは、それぞれゲート線としての機能を有する。配線52a、配線52b、配線52c、及び配線52dは、それぞれ信号線(データ線ともいう)としての機能を有する。また配線53a、配線53b、及び配線53cは、表示素子60に電位を供給する機能を有する。

40

【0445】

画素回路41aは、配線51a、配線52a、及び配線53aと電気的に接続されている。画素回路42aは、配線51b、配線52d、及び配線53aと電気的に接続されている。画素回路43aは、配線51a、配線52b、及び配線53bと電気的に接続されている。画素回路41bは、配線51b、配線52a、及び配線53bと電気的に接続されている。画素回路42bは、配線51a、配線52c、及び配線53cと電気的に接続されている。画素回路43bは、配線51b、配線52b、及び配線53cと電気的に接続されている。

40

【0446】

図14に示すように、1つの画素に2本のゲート線が接続される構成とすることで、反対にソース線の本数を、ストライプ配置と比べて半分にすることができる。これにより、ソース駆動回路として用いるICの端子数を半分に減らすことが可能となり、部品点数を削減することができる。

50

【0447】

また、信号線として機能する1本の配線には、同じ色に対応した画素回路を接続する構成とすることが好ましい。例えば、画素間の輝度のばらつきを補正するために電位が調整された信号を当該配線に供給する場合、補正值は色ごとに大きく異なる場合がある。そのため、1本の信号線に接続される画素回路を、全て同じ色に対応した画素回路とすることで、補正を容易にすることができます。

【0448】

また各々の画素回路は、トランジスタ61と、トランジスタ62と、容量素子63と、を有している。例えば画素回路41aにおいて、トランジスタ61は、ゲートが配線51aと電気的に接続し、ソース又はドレインの一方が配線52aと電気的に接続し、ソース又はドレインの他方がトランジスタ62のゲート、及び容量素子63の一方の電極と電気的に接続している。トランジスタ62は、ソース又はドレインの一方が表示素子60の一方の電極と電気的に接続し、ソース又はドレインの他方が容量素子63の他方の電極、及び配線53aと電気的に接続している。表示素子60の他方の電極は、電位V1が与えられる配線と電気的に接続している。

10

【0449】

なお、他の画素回路については、図14に示すようにトランジスタ61のゲートが接続する配線、トランジスタ61のソース又はドレインの一方が接続する配線、及び容量素子63の他方の電極が接続する配線が異なる以外は、画素回路41aと同様の構成を有する。

20

【0450】

図14において、トランジスタ61は選択トランジスタとしての機能を有する。またトランジスタ62は、表示素子60と直列接続され、表示素子60に流れる電流を制御する機能を有する。容量素子63は、トランジスタ62のゲートが接続されるノードの電位を保持する機能を有する。なお、トランジスタ61のオフ状態におけるリーク電流および、トランジスタ62のゲートを介したリーク電流等が極めて小さい場合には、容量素子63を意図的に設けなくてもよい。

20

【0451】

ここで、図14に示すように、トランジスタ62はそれぞれ電気的に接続された第1のゲートと第2のゲートを有する構成とすることが好ましい。このように2つのゲートを有する構成とすることで、トランジスタ62の流すことのできる電流を増大させることができる。特に高精細の表示装置においては、トランジスタ62のサイズ、特にチャネル幅を大きくすることなく当該電流を増大させることができるために好ましい。

30

【0452】

なお、トランジスタ62が1つのゲートを有する構成としてもよい。このような構成とすることで、第2のゲートを形成する工程が不要となるため、上記に比べて工程を簡略化できる。また、トランジスタ61が2つのゲートを有する構成としてもよい。このような構成とすることで、いずれのトランジスタもサイズを小さくすることができる。また、各トランジスタの第1のゲートと第2のゲートがそれぞれ電気的に接続する構成とができる。または、一方のゲートが異なる配線と電気的に接続する構成としてもよい。その場合、当該配線に与える電位を異ならせることにより、トランジスタのしきい値電圧を制御することができる。

40

【0453】

また、表示素子60の一対の電極のうち、トランジスタ62と電気的に接続する電極が、画素電極に相当する。ここで、図14では、表示素子60のトランジスタ62と電気的に接続する電極を陰極、反対側の電極を陽極とした構成を示している。このような構成は、トランジスタ62がnチャネル型のトランジスタの場合に特に有効である。すなわち、トランジスタ62がオン状態のとき、配線53aにより与えられる電位がソース電位となるため、表示素子60の抵抗のばらつきまたは変動によらず、トランジスタ62に流れる電流を一定とすることができます。また、画素回路が有するトランジスタとして、pチャネル型のトランジスタを用いてもよい。

50

【0454】

(実施の形態8)

本実施の形態では、上記の実施の形態で説明したOSトランジスタに用いることができる金属酸化物(酸化物半導体ともいう)について説明する。

【0455】

金属酸化物は、少なくともインジウムまたは亜鉛を含むことが好ましい。特にインジウム及び亜鉛を含むことが好ましい。また、それらに加えて、アルミニウム、ガリウム、イットリウム、スズなどが含まれていることが好ましい。また、ホウ素、シリコン、チタン、鉄、ニッケル、ゲルマニウム、ジルコニウム、モリブデン、ランタン、セリウム、ネオジム、ハフニウム、タンタル、タンゲステン、マグネシウム、コバルトなどから選ばれた一種、または複数種が含まれていてもよい。

【0456】

また、金属酸化物は、スパッタリング法、有機金属化学気相成長(MOCVD: Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法などの化学気相成長(CVD: Chemical Vapor Deposition)法、または、原子層堆積(ALD: Atomic Layer Deposition)法などにより形成することができる。

【0457】

<結晶構造の分類>

酸化物半導体の結晶構造としては、アモルファス(completely amorphousを含む)、CAAC(c-axis-aligned crystalline)、nc(nanocrystalline)、CAC(cloud-aligned composite)、単結晶(single crystal)、及び多結晶(polygon crystal)等が挙げられる。

【0458】

なお、膜または基板の結晶構造は、X線回折(XRD:X-Ray Diffraction)スペクトルを用いて評価することができる。例えば、GIXD(Grazing-Incidence XRD)測定で得られるXRDスペクトルを用いて評価することができる。なお、GIXD法は、薄膜法またはSeemann-Bohlin法ともいう。

【0459】

例えば、石英ガラス基板では、XRDスペクトルのピークの形状がほぼ左右対称である。一方で、結晶構造を有するIGZO膜では、XRDスペクトルのピークの形状が左右非対称である。XRDスペクトルのピークの形状が左右非対称であることは、膜中または基板中の結晶の存在を明示している。別言すると、XRDスペクトルのピークの形状で左右対称でないと、膜または基板は非晶質状態であるとは言えない。

【0460】

また、膜または基板の結晶構造は、極微電子線回折法(NBED: Nano Beam Electron Diffraction)によって観察される回折パターン(極微電子線回折パターンともいう)にて評価することができる。例えば、石英ガラス基板の回折パターンでは、ハローが観察され、石英ガラスは、非晶質状態であることが確認できる。また、室温成膜したIGZO膜の回折パターンでは、ハローではなく、スポット状のパターンが観察される。このため、室温成膜したIGZO膜は、結晶状態でもなく、非晶質状態でもない、中間状態であり、非晶質状態であると結論することはできないと推定される。

【0461】

<<酸化物半導体の構造>>

なお、酸化物半導体は、構造に着目した場合、上記とは異なる分類となる場合がある。例えば、酸化物半導体は、単結晶酸化物半導体と、それ以外の非単結晶酸化物半導体と、に分けられる。非単結晶酸化物半導体としては、例えば、上述のCAAC-OS、及びn

10

20

30

40

50

c - O S がある。また、非単結晶酸化物半導体には、多結晶酸化物半導体、擬似非晶質酸化物半導体 (a - like O S : amorphous-like oxide semiconductor)、非晶質酸化物半導体、などが含まれる。

【0462】

ここで、上述の C AAC - O S、nc - O S、及び a - like O S の詳細について、説明を行う。

【0463】

[C AAC - O S]

C AAC - O S は、複数の結晶領域を有し、当該複数の結晶領域は c 軸が特定の方向に配向している酸化物半導体である。なお、特定の方向とは、C AAC - O S 膜の厚さ方向、C AAC - O S 膜の被形成面の法線方向、または C AAC - O S 膜の表面の法線方向である。また、結晶領域とは、原子配列に周期性を有する領域である。なお、原子配列を格子配列とみなすと、結晶領域とは、格子配列の揃った領域である。さらに、C AAC - O S は、a - b 面方向において複数の結晶領域が連結する領域を有し、当該領域は歪みを有する場合がある。なお、歪みとは、複数の結晶領域が連結する領域において、格子配列の揃った領域と、別の格子配列の揃った領域と、の間で格子配列の向きが変化している箇所を指す。つまり、C AAC - O S は、c 軸配向し、a - b 面方向には明らかな配向をしていない酸化物半導体である。

【0464】

なお、上記複数の結晶領域のそれぞれは、1つまたは複数の微小な結晶（最大径が 10 nm 未満である結晶）で構成される。結晶領域が1つの微小な結晶で構成されている場合、当該結晶領域の最大径は 10 nm 未満となる。また、結晶領域が多数の微小な結晶で構成されている場合、当該結晶領域の大きさは、数十 nm 程度となる場合がある。

【0465】

また、In - M - Zn 酸化物（元素 M は、アルミニウム、ガリウム、イットリウム、スズ、チタンなどから選ばれた一種、または複数種）において、C AAC - O S は、インジウム (In)、及び酸素を有する層（以下、In 層）と、元素 M、亜鉛 (Zn)、及び酸素を有する層（以下、(M, Zn) 層）とが積層した、層状の結晶構造（層状構造ともいう）を有する傾向がある。なお、インジウムと元素 M は、互いに置換可能である。よって、(M, Zn) 層にはインジウムが含まれる場合がある。また、In 層には元素 M が含まれる場合がある。なお、In 層には Zn が含まれる場合もある。当該層状構造は、例えば、高分解能 TEM (Transmission Electron Microscope) 像において、格子像として観察される。

【0466】

C AAC - O S 膜に対し、例えば、XRD 装置を用いて構造解析を行うと、/2 スキヤンを用いた Out - of - plane XRD 測定では、c 軸配向を示すピークが $2\theta = 31^\circ$ またはその近傍に検出される。なお、c 軸配向を示すピークの位置（ 2θ の値）は、C AAC - O S を構成する金属元素の種類、組成などにより変動する場合がある。

【0467】

また、例えば、C AAC - O S 膜の電子線回折パターンにおいて、複数の輝点（スポット）が観測される。なお、あるスポットと別のスポットとは、試料を透過した入射電子線のスポット（ダイレクトスポットともいう）を対称中心として、点対称の位置に観測される。

【0468】

上記特定の方向から結晶領域を観察した場合、当該結晶領域内の格子配列は、六方格子を基本とするが、単位格子は正六角形とは限らず、非正六角形である場合がある。また、上記歪みにおいて、五角形、七角形などの格子配列を有する場合がある。なお、C AAC - O S において、歪み近傍においても、明確な結晶粒界（グレインバウンダリー）を確認することはできない。即ち、格子配列の歪みによって、結晶粒界の形成が抑制されていることがわかる。これは、C AAC - O S が、a - b 面方向において酸素原子の配列が稠密

10

20

30

40

50

でないこと、金属原子が置換することで原子間の結合距離が変化すること、などによって、歪みを許容することができるためと考えられる。

【0469】

なお、明確な結晶粒界が確認される結晶構造は、いわゆる多結晶 (polycrystalline) と呼ばれる。結晶粒界は、再結合中心となり、キャリアが捕獲されトランジスタのオン電流の低下、電界効果移動度の低下などを引き起こす可能性が高い。よって、明確な結晶粒界が確認されない CAAc-OS は、トランジスタの半導体層に好適な結晶構造を有する結晶性の酸化物の一つである。なお、 CAAc-OS を構成するには、Zn を有する構成が好ましい。例えば、In-Zn 酸化物、及び In-Ga-Zn 酸化物は、In 酸化物よりも結晶粒界の発生を抑制できるため好適である。

10

【0470】

CAAc-OS は、結晶性が高く、明確な結晶粒界が確認されない酸化物半導体である。よって、CAAc-OS は、結晶粒界に起因する電子移動度の低下が起こりにくいといえる。また、酸化物半導体の結晶性は不純物の混入、欠陥の生成などによって低下する場合があるため、CAAc-OS は不純物及び欠陥（酸素欠損など）の少ない酸化物半導体ともいえる。従って、CAAc-OS を有する酸化物半導体は、物理的性質が安定する。そのため、CAAc-OS を有する酸化物半導体は熱に強く、信頼性が高い。また、CAAc-OS は、製造工程における高い温度（所謂サーマルバジエット）に対しても安定である。従って、OS トランジスタに CAAc-OS を用いると、製造工程の自由度を広げることが可能となる。

20

【0471】

[n c - OS]

n c - OS は、微小な領域（例えば、1 nm 以上 10 nm 以下の領域、特に 1 nm 以上 3 nm 以下の領域）において原子配列に周期性を有する。別言すると、n c - OS は、微小な結晶を有する。なお、当該微小な結晶の大きさは、例えば、1 nm 以上 10 nm 以下、特に 1 nm 以上 3 nm 以下であることから、当該微小な結晶をナノ結晶ともいう。また、n c - OS は、異なるナノ結晶間で結晶方位に規則性が見られない。そのため、膜全体で配向性が見られない。従って、n c - OS は、分析方法によっては、a - like OS、または非晶質酸化物半導体と区別が付かない場合がある。例えば、n c - OS 膜に対し、XRD 装置を用いて構造解析を行うと、/2 スキャンを用いた Out-of-plane XRD 測定では、結晶性を示すピークが検出されない。また、n c - OS 膜に対し、ナノ結晶よりも大きいプローブ径（例えば 50 nm 以上）の電子線を用いる電子線回折（制限視野電子線回折ともいう。）を行うと、ハローパターンのような回折パターンが観測される。一方、n c - OS 膜に対し、ナノ結晶の大きさと近いかナノ結晶より小さいプローブ径（例えば 1 nm 以上 30 nm 以下）の電子線を用いる電子線回折（ナノビーム電子線回折ともいう。）を行うと、ダイレクトスポットを中心とするリング状の領域内に複数のスポットが観測される電子線回折パターンが取得される場合がある。

30

【0472】

[a - like OS]

a - like OS は、n c - OS と非晶質酸化物半導体との間の構造を有する酸化物半導体である。a - like OS は、鬆または低密度領域を有する。即ち、a - like OS は、n c - OS 及び CAAc-OS と比べて、結晶性が低い。また、a - like OS は、n c - OS 及び CAAc-OS と比べて、膜中の水素濃度が高い。

40

【0473】

<<酸化物半導体の構成>>

次に、上述の CAAc-OS の詳細について、説明を行う。なお、 CAAc-OS は材料構成に関する。

【0474】

[CAAc-OS]

CAAc-OS とは、例えば、金属酸化物を構成する元素が、0.5 nm 以上 10 nm 以

50

下、好ましくは、1 nm 以上 3 nm 以下、またはその近傍のサイズで偏在した材料の一構成である。なお、以下では、金属酸化物において、一つまたは複数の金属元素が偏在し、該金属元素を有する領域が、0.5 nm 以上 10 nm 以下、好ましくは、1 nm 以上 3 nm 以下、またはその近傍のサイズで混合した状態をモザイク状、またはパッチ状ともいう。

【0475】

さらに、CAC-OS とは、第1の領域と、第2の領域と、に材料が分離することでモザイク状となり、当該第1の領域が、膜中に分布した構成（以下、クラウド状ともいう。）である。つまり、CAC-OS は、当該第1の領域と、当該第2の領域とが、混合している構成を有する複合金属酸化物である。

10

【0476】

ここで、In-Ga-Zn 酸化物におけるCAC-OS を構成する金属元素に対するIn、Ga、及びZn の原子数比のそれぞれを、[In]、[Ga]、及び[Zn]と表記する。例えば、In-Ga-Zn 酸化物におけるCAC-OS において、第1の領域は、[In] が、CAC-OS 膜の組成における [In] よりも大きい領域である。また、第2の領域は、[Ga] が、CAC-OS 膜の組成における [Ga] よりも大きい領域である。または、例えば、第1の領域は、[In] が、第2の領域における [In] よりも大きく、且つ、[Ga] が、第2の領域における [Ga] よりも小さい領域である。また、第2の領域は、[Ga] が、第1の領域における [Ga] よりも大きく、且つ、[In] が、第1の領域における [In] よりも小さい領域である。

20

【0477】

具体的には、上記第1の領域は、インジウム酸化物、インジウム亜鉛酸化物などが主成分である領域である。また、上記第2の領域は、ガリウム酸化物、ガリウム亜鉛酸化物などが主成分である領域である。つまり、上記第1の領域を、In を主成分とする領域と言い換えることができる。また、上記第2の領域を、Ga を主成分とする領域と言い換えることができる。

【0478】

なお、上記第1の領域と、上記第2の領域とは、明確な境界が観察できない場合がある。

30

【0479】

また、In-Ga-Zn 酸化物におけるCAC-OS とは、In、Ga、Zn、及びO を含む材料構成において、一部にGa を主成分とする領域と、一部にIn を主成分とする領域とが、それぞれモザイク状であり、これらの領域がランダムに存在している構成をいう。よって、CAC-OS は、金属元素が不均一に分布した構造を有していると推測される。

40

【0480】

CAC-OS は、例えば基板を加熱しない条件で、スパッタリング法により形成することができる。また、CAC-OS をスパッタリング法で形成する場合、成膜ガスとして、不活性ガス（代表的にはアルゴン）、酸素ガス、及び窒素ガスの中から選ばれたいずれか一つまたは複数を用いればよい。また、成膜時の成膜ガスの総流量に対する酸素ガスの流量比は低いほど好ましく、例えば、成膜時の成膜ガスの総流量に対する酸素ガスの流量比を0%以上30%未満、好ましくは0%以上10%以下とすることが好ましい。

40

【0481】

また、例えば、In-Ga-Zn 酸化物におけるCAC-OS では、エネルギー分散型X線分光法（EDX：Energy Dispersive X-ray spectrometerscopy）を用いて取得したEDXマッピングにより、In を主成分とする領域（第1の領域）と、Ga を主成分とする領域（第2の領域）とが、偏在し、混合している構造を有することが確認できる。

【0482】

ここで、第1の領域は、第2の領域と比較して、導電性が高い領域である。つまり、第

50

1の領域を、キャリアが流れることにより、金属酸化物としての導電性が発現する。従って、第1の領域が、金属酸化物中にクラウド状に分布することで、高い電界効果移動度(μ)が実現できる。

【0483】

一方、第2の領域は、第1の領域と比較して、絶縁性が高い領域である。つまり、第2の領域が、金属酸化物中に分布することで、リーク電流を抑制することができる。

【0484】

従って、CAC-OSをトランジスタに用いる場合、第1の領域に起因する導電性と、第2の領域に起因する絶縁性とが、相補的に作用することにより、スイッチングさせる機能(On/Offさせる機能)をCAC-OSに付与することができる。つまり、CAC-OSとは、材料の一部では導電性の機能と、材料の一部では絶縁性の機能とを有し、材料の全体では半導体としての機能を有する。導電性の機能と絶縁性の機能とを分離することで、双方の機能を最大限に高めることができる。よって、CAC-OSをトランジスタに用いることで、高いオン電流(I_{on})、高い電界効果移動度(μ)、及び良好なスイッチング動作を実現することができる。

【0485】

また、CAC-OSを用いたトランジスタは、信頼性が高い。従って、CAC-OSは、表示装置をはじめとするさまざまな半導体装置に最適である。

【0486】

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

【0487】

<酸化物半導体を有するトランジスタ>

続いて、上記酸化物半導体をトランジスタに用いる場合について説明する。

【0488】

上記酸化物半導体をトランジスタに用いることで、高い電界効果移動度のトランジスタを実現することができる。また、信頼性の高いトランジスタを実現することができる。

【0489】

トランジスタには、キャリア濃度の低い酸化物半導体を用いることが好ましい。例えば、酸化物半導体のキャリア濃度は $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以下、さらに好ましくは $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 以下、より好ましくは $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以下、さらに好ましくは $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 未満であり、 $1 \times 10^{-9} \text{ cm}^{-3}$ 以上である。なお、酸化物半導体膜のキャリア濃度を低くする場合においては、酸化物半導体膜中の不純物濃度を低くし、欠陥準位密度を低くすればよい。本明細書等において、不純物濃度が低く、欠陥準位密度の低いことを高純度真性または実質的に高純度真性と言う。なお、キャリア濃度の低い酸化物半導体を、高純度真性または実質的に高純度真性な酸化物半導体と呼ぶ場合がある。

【0490】

また、高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体膜は、欠陥準位密度が低いため、トラップ準位密度も低くなる場合がある。

【0491】

また、酸化物半導体のトラップ準位に捕獲された電荷は、消失するまでに要する時間が長く、あたかも固定電荷のように振る舞うことがある。そのため、トラップ準位密度の高い酸化物半導体にチャネル形成領域が形成されるトランジスタは、電気特性が不安定となる場合がある。

【0492】

従って、トランジスタの電気特性を安定にするためには、酸化物半導体中の不純物濃度を低減することが有効である。また、酸化物半導体中の不純物濃度を低減するためには、近接する膜中の不純物濃度も低減することが好ましい。不純物としては、水素、窒素、ア

10

20

30

40

50

ルカリ金属、アルカリ土類金属、鉄、ニッケル、シリコン等がある。

【0493】

<不純物>

ここで、酸化物半導体中における各不純物の影響について説明する。

【0494】

酸化物半導体において、第14族元素の一つであるシリコンまたは炭素が含まれると、酸化物半導体において欠陥準位が形成される。このため、酸化物半導体におけるシリコンまたは炭素の濃度と、酸化物半導体との界面近傍のシリコンまたは炭素の濃度（二次イオン質量分析法（S I M S : Secondary Ion Mass Spectrometry）により得られる濃度）を、 2×10^{18} atoms/cm³以下、好ましくは 2×10^{17} atoms/cm³以下とする。10

【0495】

また、酸化物半導体にアルカリ金属またはアルカリ土類金属が含まれると、欠陥準位を形成し、キャリアを生成する場合がある。従って、アルカリ金属またはアルカリ土類金属が含まれている酸化物半導体を用いたトランジスタはノーマリーオン特性となりやすい。このため、S I M S により得られる酸化物半導体中のアルカリ金属またはアルカリ土類金属の濃度を、 1×10^{18} atoms/cm³以下、好ましくは 2×10^{16} atoms/cm³以下にする。

【0496】

また、酸化物半導体において、窒素が含まれると、キャリアである電子が生じ、キャリア濃度が増加し、n型化しやすい。この結果、窒素が含まれている酸化物半導体を半導体に用いたトランジスタはノーマリーオン特性となりやすい。または、酸化物半導体において、窒素が含まれると、トラップ準位が形成される場合がある。この結果、トランジスタの電気特性が不安定となる場合がある。このため、S I M S により得られる酸化物半導体中の窒素濃度を、 5×10^{19} atoms/cm³未満、好ましくは 5×10^{18} atoms/cm³以下、より好ましくは 1×10^{18} atoms/cm³以下、さらに好ましくは 5×10^{17} atoms/cm³以下にする。20

【0497】

また、酸化物半導体に含まれる水素は、金属原子と結合する酸素と反応して水になるため、酸素欠損を形成する場合がある。該酸素欠損に水素が入ることで、キャリアである電子が生成される場合がある。また、水素の一部が金属原子と結合する酸素と結合して、キャリアである電子を生成することがある。従って、水素が含まれている酸化物半導体を用いたトランジスタはノーマリーオン特性となりやすい。このため、酸化物半導体中の水素はできる限り低減されていることが好ましい。具体的には、酸化物半導体において、S I M S により得られる水素濃度を、 1×10^{20} atoms/cm³未満、好ましくは 1×10^{19} atoms/cm³未満、より好ましくは 5×10^{18} atoms/cm³未満、さらに好ましくは 1×10^{18} atoms/cm³未満にする。30

【0498】

不純物が十分に低減された酸化物半導体をトランジスタのチャネル形成領域に用いることで、安定した電気特性を付与することができる。

【0499】

本実施の形態は、少なくともその一部を本明細書中に記載する他の実施の形態と適宜組み合わせて実施することができる。

【0500】

（実施の形態9）

本実施の形態では、本発明の一態様の電子機器について図15乃至図18を用いて説明する。

【0501】

本実施の形態の電子機器は、本発明の一態様の表示装置を有する。本発明の一態様の表示装置は、高精細化、高解像度化、大型化のそれぞれが容易である。したがって、本発明

の一態様の表示装置は、様々な電子機器の表示部に用いることができる。

【0502】

また、本発明の一態様の表示装置は、低いコストで作製できるため、電子機器の製造コストを低減することができる。

【0503】

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

10

【0504】

特に、本発明の一態様の表示装置は、精細度を高めることができが可能なため、比較的小さな表示部を有する電子機器に好適に用いることができる。このような電子機器としては、例えば腕時計型、ブレスレット型などの情報端末機（ウェアラブル機器）、並びに、ヘッドマウントディスプレイなどのVR向け機器、メガネ型のAR向け機器など、頭部に装着可能なウェアラブル機器等が挙げられる。また、ウェアラブル機器としては、SR向け機器、及び、MR向け機器も挙げられる。

【0505】

本発明の一態様の表示装置は、HD（画素数 1280×720 ）、FHD（画素数 1920×1080 ）、WQHD（画素数 2560×1440 ）、WQXGA（画素数 2560×1600 ）、4K2K（画素数 3840×2160 ）、8K4K（画素数 7680×4320 ）といった極めて高い解像度を有していることが好ましい。特に4K2K、8K4K、又はそれ以上の解像度とすることが好ましい。また、本発明の一態様の表示装置における画素密度（精細度）は、300ppi以上が好ましく、500ppi以上がより好ましく、1000ppi以上がより好ましく、2000ppi以上がより好ましく、3000ppi以上がより好ましく、5000ppi以上がより好ましく、7000ppi以上がさらに好ましい。このように高い解像度または高い精細度を有する表示装置を用いることで、携帯型または家庭用途などのパーソナルユースの電子機器において、臨場感及び奥行き感などをより高めることが可能となる。

20

【0506】

本実施の形態の電子機器は、家屋もしくはビルの内壁もしくは外壁、または、自動車の内装もしくは外装の曲面に沿って組み込むことができる。

30

【0507】

本実施の形態の電子機器は、アンテナを有していてもよい。アンテナで信号を受信することで、表示部で映像及び情報等の表示を行うことができる。また、電子機器がアンテナ及び二次電池を有する場合、アンテナを、非接触電力伝送に用いてもよい。

40

【0508】

本実施の形態の電子機器は、センサ（力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、においてまたは赤外線を検知、検出、または測定する機能を含むもの）を有していてもよい。

【0509】

本実施の形態の電子機器は、様々な機能を有することができる。例えば、様々な情報（静止画、動画、テキスト画像など）を表示部に表示する機能、タッチパネル機能、カレンダー、日付または時刻などを表示する機能、様々なソフトウェア（プログラム）を実行する機能、無線通信機能、記録媒体に記録されているプログラムまたはデータを読み出す機能等を有することができる。

【0510】

図15（A）に示す電子機器6500は、スマートフォンとして用いることのできる携帯情報端末機である。

50

【0511】

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

【0512】

表示部 6502 に、本発明の一態様の表示装置を適用することができる。

【0513】

図 15 (B) は、筐体 6501 のマイク 6506 側の端部を含む断面概略図である。

【0514】

筐体 6501 の表示面側には透光性を有する保護部材 6510 が設けられ、筐体 6501 と保護部材 6510 に囲まれた空間内に、表示パネル 6511、光学部材 6512、タッチセンサパネル 6513、プリント基板 6517、バッテリ 6518 等が配置されている。10

【0515】

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

【0516】

表示部 6502 よりも外側の領域において、表示パネル 6511 の一部が折り返されており、当該折り返された部分に FPC 6515 が接続されている。FPC 6515 には、IC 6516 が実装されている。FPC 6515 は、プリント基板 6517 に設けられた端子に接続されている。20

【0517】

表示パネル 6511 には本発明の一態様のフレキシブルディスプレイ (可撓性を有する表示装置) を適用することができる。そのため、極めて軽量な電子機器を実現できる。また、表示パネル 6511 が極めて薄いため、電子機器の厚さを抑えつつ、大容量のバッテリ 6518 を搭載することもできる。また、表示パネル 6511 の一部を折り返して、画素部の裏側に FPC 6515 との接続部を配置することにより、狭額縁の電子機器を実現できる。

【0518】

図 16 (A) にテレビジョン装置の一例を示す。テレビジョン装置 7100 は、筐体 7101 に表示部 7000 が組み込まれている。ここでは、スタンド 7103 により筐体 7101 を支持した構成を示している。30

【0519】

表示部 7000 に、本発明の一態様の表示装置を適用することができる。

【0520】

図 16 (A) に示すテレビジョン装置 7100 の操作は、筐体 7101 が備える操作スイッチ、及び、別体のリモコン操作機 7111 により行うことができる。または、表示部 7000 にタッチセンサを備えていてもよく、指等で表示部 7000 に触れることでテレビジョン装置 7100 を操作してもよい。リモコン操作機 7111 は、当該リモコン操作機 7111 から出力する情報を表示する表示部を有していてもよい。リモコン操作機 7111 が備える操作キーまたはタッチパネルにより、チャンネル及び音量の操作を行うことができ、表示部 7000 に表示される映像を操作することができる。40

【0521】

なお、テレビジョン装置 7100 は、受信機及びモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般的なテレビ放送の受信を行うことができる。また、モデムを介して有線または無線による通信ネットワークに接続することにより、一方向 (送信者から受信者) または双向 (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。

【0522】

図 16 (B) に、ノート型パーソナルコンピュータの一例を示す。ノート型パーソナルコンピュータは、筐体 7101 に表示部 7000 が組み込まれている。ここでは、スタンド 7103 により筐体 7101 を支持した構成を示している。50

コンピュータ 7200 は、筐体 7211、キーボード 7212、ポインティングデバイス 7213、外部接続ポート 7214 等を有する。筐体 7211 に、表示部 7000 が組み込まれている。

【0523】

表示部 7000 に、本発明の一態様の表示装置を適用することができる。

【0524】

図 16 (C) 及び図 16 (D) に、デジタルサイネージの一例を示す。

【0525】

図 16 (C) に示すデジタルサイネージ 7300 は、筐体 7301、表示部 7000、及びスピーカ 7303 等を有する。さらに、LED ランプ、操作キー（電源スイッチ、または操作スイッチを含む）、接続端子、各種センサ、マイクロフォン等を有することができる。

10

【0526】

図 16 (D) は円柱状の柱 7401 に取り付けられたデジタルサイネージ 7400 である。デジタルサイネージ 7400 は、柱 7401 の曲面に沿って設けられた表示部 7000 を有する。

【0527】

図 16 (C) 及び図 16 (D) において、表示部 7000 に、本発明の一態様の表示装置を適用することができる。

20

【0528】

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

【0529】

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

【0530】

また、図 16 (C) 及び図 16 (D) に示すように、デジタルサイネージ 7300 またはデジタルサイネージ 7400 は、ユーザが所持するスマートフォン等の情報端末機 7311 または情報端末機 7411 と無線通信により連携可能であることが好ましい。例えば、表示部 7000 に表示される広告の情報を、情報端末機 7311 または情報端末機 7411 の画面に表示させることができる。また、情報端末機 7311 または情報端末機 7411 を操作することで、表示部 7000 の表示を切り替えることができる。

30

【0531】

また、デジタルサイネージ 7300 またはデジタルサイネージ 7400 に、情報端末機 7311 または情報端末機 7411 の画面を操作手段（コントローラ）としたゲームを実行させることもできる。これにより、不特定多数のユーザが同時にゲームに参加し、楽しむことができる。

40

【0532】

図 17 (A) は、ファインダー 8100 を取り付けた状態のカメラ 8000 の外観を示す図である。

【0533】

カメラ 8000 は、筐体 8001、表示部 8002、操作ボタン 8003、シャッターボタン 8004 等を有する。またカメラ 8000 には、着脱可能なレンズ 8006 が取り付けられている。なお、カメラ 8000 は、レンズ 8006 と筐体とが一体となっていてもよい。

【0534】

カメラ 8000 は、シャッターボタン 8004 を押す、またはタッチパネルとして機能

50

する表示部 8002 をタッチすることにより撮像することができる。

【0535】

筐体 8001 は、電極を有するマウントを有し、ファインダー 8100 のほか、ストロボ装置等を接続することができる。

【0536】

ファインダー 8100 は、筐体 8101、表示部 8102、ボタン 8103 等を有する。

【0537】

筐体 8101 は、カメラ 8000 のマウントと係合するマウントにより、カメラ 8000 に取り付けられている。ファインダー 8100 はカメラ 8000 から受信した映像等を表示部 8102 に表示させることができる。 10

【0538】

ボタン 8103 は、電源ボタン等としての機能を有する。

【0539】

カメラ 8000 の表示部 8002、及びファインダー 8100 の表示部 8102 に、本発明の一態様の表示装置を適用することができる。なお、ファインダーが内蔵されたカメラ 8000 であってもよい。

【0540】

図 17 (B) は、ヘッドマウントディスプレイ 8200 の外観を示す図である。

【0541】

ヘッドマウントディスプレイ 8200 は、装着部 8201、レンズ 8202、本体 8203、表示部 8204、ケーブル 8205 等を有している。また装着部 8201 には、バッテリ 8206 が内蔵されている。 20

【0542】

ケーブル 8205 は、バッテリ 8206 から本体 8203 に電力を供給する。本体 8203 は無線受信機等を備え、受信した映像情報を表示部 8204 に表示させることができる。また、本体 8203 はカメラを備え、使用者の眼球またはまぶたの動きの情報を入力手段として用いることができる。

【0543】

また、装着部 8201 には、使用者に触れる位置に、使用者の眼球の動きに伴って流れ電流を検知可能な複数の電極が設けられ、視線を認識する機能を有していてもよい。また、当該電極に流れ電流により、使用者の脈拍をモニタする機能を有していてもよい。また、装着部 8201 には、温度センサ、圧力センサ、加速度センサ等の各種センサを有していてもよく、使用者の生体情報を表示部 8204 に表示する機能、使用者の頭部の動きに合わせて表示部 8204 に表示する映像を変化させる機能などを有していてもよい。 30

【0544】

表示部 8204 に、本発明の一態様の表示装置を適用することができる。

【0545】

図 17 (C) 乃至図 17 (E) は、ヘッドマウントディスプレイ 8300 の外観を示す図である。ヘッドマウントディスプレイ 8300 は、筐体 8301 と、表示部 8302 と、バンド状の固定具 8304 と、一対のレンズ 8305 と、を有する。 40

【0546】

使用者は、レンズ 8305 を通して、表示部 8302 の表示を視認することができる。なお、表示部 8302 を湾曲して配置させると、使用者が高い臨場感を感じることができるために好ましい。また、表示部 8302 の異なる領域に表示された別の画像を、レンズ 8305 を通して視認することで、視差を用いた 3 次元表示等を行うこともできる。なお、表示部 8302 を 1 つ設ける構成に限らず、表示部 8302 を 2 つ設け、使用者の片方の目につき 1 つの表示部を配置してもよい。

【0547】

表示部 8302 に、本発明の一態様の表示装置を適用することができる。本発明の一態 50

様の表示装置は、極めて高い精細度を実現することも可能である。例えば、図17(E)のようにレンズ8305を用いて表示を拡大して視認される場合でも、使用者に画素が視認されにくい。つまり、表示部8302を用いて、使用者に現実感の高い映像を視認させることができる。

【0548】

図17(F)は、ゴーグル型のヘッドマウントディスプレイ8400の外観を示す図である。ヘッドマウントディスプレイ8400は、一対の筐体8401と、装着部8402と、緩衝部材8403と、を有する。一対の筐体8401内には、それぞれ、表示部8404及びレンズ8405が設けられる。一対の表示部8404に互いに異なる画像を表示させることで、視差を用いた3次元表示を行うことができる。

10

【0549】

使用者は、レンズ8405を通して表示部8404を視認することができる。レンズ8405はピント調整機構を有し、使用者の視力に応じて位置を調整することができる。表示部8404は、正方形または横長の長方形であることが好ましい。これにより、臨場感を高めることができる。

【0550】

装着部8402は、使用者の顔のサイズに応じて調整でき、かつ、ずれ落ちることのないよう、可塑性及び弾性を有することが好ましい。また、装着部8402の一部は、骨伝導イヤフォンとして機能する振動機構を有していることが好ましい。これにより、別途イヤフォン、スピーカなどの音響機器を必要とせず、装着しただけで映像と音声を楽しむことができる。なお、筐体8401内に、無線通信により音声データを出力する機能を有していてもよい。

20

【0551】

装着部8402と緩衝部材8403は、使用者の顔(額、頬など)に接触する部分である。緩衝部材8403が使用者の顔と密着することにより、光漏れを防ぐことができ、より没入感を高めることができる。緩衝部材8403は、使用者がヘッドマウントディスプレイ8400を装着した際に使用者の顔に密着するよう、柔らかな素材を用いることが好ましい。例えばゴム、シリコーンゴム、ウレタン、スポンジなどの素材を用いることができる。また、スポンジ等の表面を布、革(天然皮革または合成皮革)、などで覆ったものを用いると、使用者の顔と緩衝部材8403との間に隙間が生じにくく光漏れを好適に防ぐことができる。また、このような素材を用いると、肌触りが良いことに加え、寒い季節などに装着した際に、使用者に冷たさを感じさせないため好ましい。緩衝部材8403または装着部8402などの、使用者の肌に触れる部材は、取り外し可能な構成とすると、クリーニングまたは交換が容易となるため好ましい。

30

【0552】

図18(A)乃至図18(F)に示す電子機器は、筐体9000、表示部9001、スピーカ9003、操作キー9005(電源スイッチ、または操作スイッチを含む)、接続端子9006、センサ9007(力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、においまたは赤外線を検知、検出、または測定する機能を含むもの)、マイクロフォン9008、等を有する。

40

【0553】

図18(A)乃至図18(F)に示す電子機器は、様々な機能を有する。例えば、様々な情報(静止画、動画、テキスト画像など)を表示部に表示する機能、タッチパネル機能、カレンダー、日付または時刻などを表示する機能、様々なソフトウェア(プログラム)によって処理を制御する機能、無線通信機能、記録媒体に記録されているプログラムまたはデータを読み出して処理する機能、等を有することができる。なお、電子機器の機能はこれらに限られず、様々な機能を有することができる。電子機器は、複数の表示部を有していてもよい。また、電子機器にカメラ等を設け、静止画または動画を撮影し、記録媒体(外部またはカメラに内蔵)に保存する機能、撮影した画像を表示部に表示する機能、等

50

を有していてもよい。

【0554】

表示部9001に、本発明の一態様の表示装置を適用することができる。

【0555】

図18(A)乃至図18(F)に示す電子機器の詳細について、以下説明を行う。

【0556】

図18(A)は、携帯情報端末9101を示す斜視図である。携帯情報端末9101は、例えばスマートフォンとして用いることができる。なお、携帯情報端末9101は、スピーカ9003、接続端子9006、センサ9007等を設けてもよい。また、携帯情報端末9101は、文字及び画像情報をその複数の面に表示することができる。図18(A)では3つのアイコン9050を表示した例を示している。また、破線の矩形で示す情報9051を表示部9001の他の面に表示することもできる。情報9051の一例としては、電子メール、SNS、電話などの着信の通知、電子メール、SNSなどの題名、送信者名、日時、時刻、バッテリの残量、アンテナ受信の強度などがある。または、情報9051が表示されている位置にはアイコン9050などを表示してもよい。

10

【0557】

図18(B)は、携帯情報端末9102を示す斜視図である。携帯情報端末9102は、表示部9001の3面以上に情報を表示する機能を有する。ここでは、情報9052、情報9053、情報9054がそれぞれ異なる面に表示されている例を示す。例えば使用者は、洋服の胸ポケットに携帯情報端末9102を収納した状態で、携帯情報端末9102の上方から観察できる位置に表示された情報9053を確認することもできる。使用者は、携帯情報端末9102をポケットから取り出すことなく表示を確認し、例えば電話を受けるか否かを判断できる。

20

【0558】

図18(C)は、腕時計型の携帯情報端末9200を示す斜視図である。携帯情報端末9200は、例えばスマートウォッチ(登録商標)として用いることができる。また、表示部9001はその表示面が湾曲して設けられ、湾曲した表示面に沿って表示を行うことができる。また、携帯情報端末9200を、例えば無線通信可能なヘッドセットと相互通信させることによって、ハンズフリーで通話することもできる。また、携帯情報端末9200は、接続端子9006により、他の情報端末と相互にデータ伝送を行うこと、及び、充電を行うことができる。なお、充電動作は無線給電により行ってもよい。

30

【0559】

図18(D)乃至図18(F)は、折り畳み可能な携帯情報端末9201を示す斜視図である。また、図18(D)は携帯情報端末9201を展開した状態、図18(F)は折り畳んだ状態、図18(E)は図18(D)と図18(F)の一方から他方に変化する途中の状態の斜視図である。携帯情報端末9201は、折り畳んだ状態では可搬性に優れ、展開した状態では継ぎ目のない広い表示領域により表示の一覧性に優れる。携帯情報端末9201が有する表示部9001は、ヒンジ9055によって連結された3つの筐体9000に支持されている。例えば、表示部9001は、曲率半径0.1mm以上150mm以下で曲げることができる。

40

【0560】

本実施の形態で例示した構成例、及びそれらに対応する図面等は、少なくともその一部を他の構成例、または図面等と適宜組み合わせることができる。

【0561】

本実施の形態は、少なくともその一部を本明細書中に記載する他の実施の形態と適宜組み合わせて実施することができる。

【実施例1】

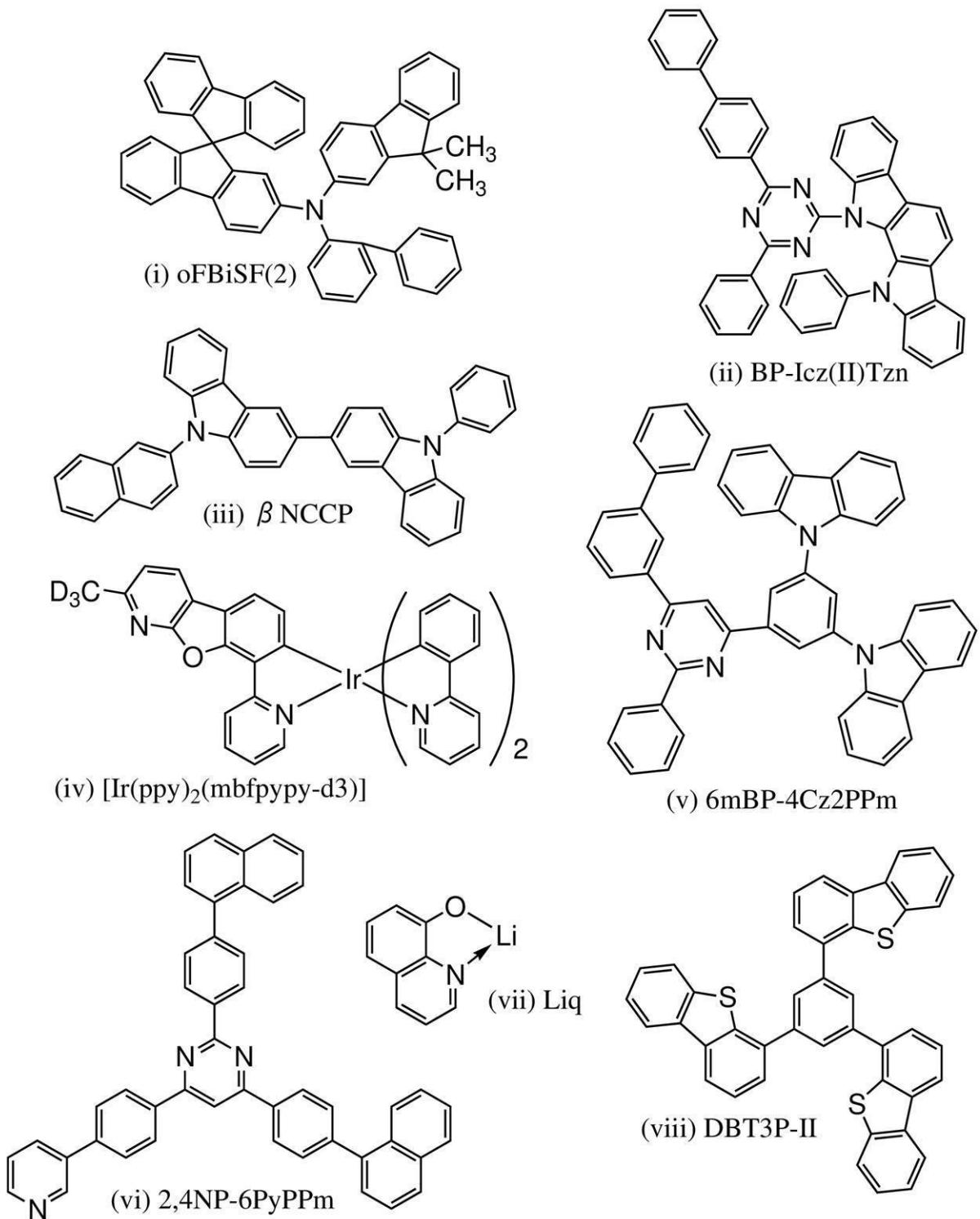
【0562】

本実施例では、本発明の一態様の発光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。

50

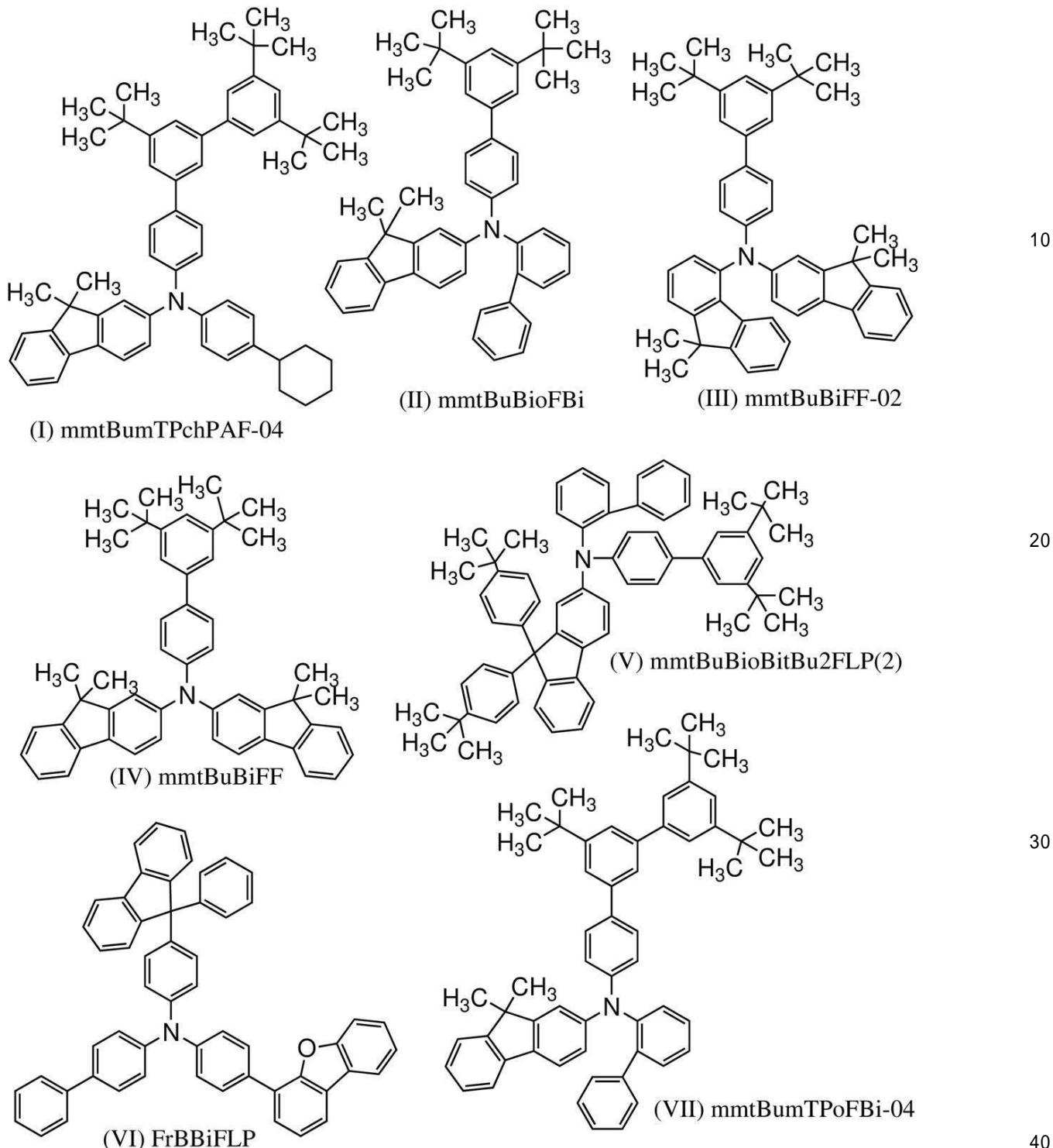
【 0 5 6 3 】

【 化 4 】



【 0 5 6 4 】

【化5】



【0565】

(発光デバイスD1の作製方法)

反射電極として、銀 (A g) をスパッタリング法により、100 nm の膜厚で成膜した後、透明電極として酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法により、10 nm の膜厚で成膜して第1の電極101を形成した。なお、その電極面積は4 mm² (2 mm × 2 mm)とした。なお、ITOは透明電極であり、陽極として機能する。また、上記反射電極と合わせて第1の電極101とみなすことができる。

【0566】

次に、基板上に発光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

00 で 1 時間焼成した後、UVオゾン処理を 370 秒行った。

【0567】

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 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。

【0568】

次に、第 1 の電極 101 が形成された面が下方となるように、第 1 の電極 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、第 1 の電極 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-(1,1'-ビフェニル-2-イル)-N-(9,9'-ジメチルフルオレン-2-イル)-9,9'-スピロビ[9H-フルオレン]-2-アミン (略称: oFBiSF(2)) 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 1:0.04 (=oFBiSF(2):OCHD-003) となるように 10 nm 共蒸着して正孔注入層 111 を形成した。

【0569】

次に、正孔注入層 111 上に、oFBiSF(2) を膜厚 120 nm となるように蒸着し第 1 の正孔輸送層を形成し、その後、上記構造式 (I) で表される N-(3',5',5',5'-トリ-tert-ブチル-1,1':3',1',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: mmTBu₃T₂PC₆PAF-04) を膜厚 40 nm となるように成膜して第 2 の正孔輸送層を作製した。なお、第 2 の正孔輸送層は電子プロック層としても機能する。

【0570】

また、第 2 の正孔輸送層上に、上記構造式 (ii) 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: BPIcz(II)Tzn) と上記構造式 (iii) で表される 9-(2-ナフチル)-9'-フェニル-9H,9'H-3,3'-ビカルバゾール (略称: NCCP) と、上記構造式 (iv) 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)₂(mbfppyd3)) を重量比で 0.5:0.5:0.1 (=BPIcz(II)Tzn:NCCP:Ir(ppy)₂(mbfppyd3))、膜厚 40 nm となるように共蒸着して発光層 113 を形成した。

【0571】

続いて、発光層 113 上に、上記構造式 (v) で表される 6-(1,1'-ビフェニル-3-イル)-4-[3,5-ビス(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-2-フェニルピリミジン (略称: 6mBPI4Cz2PPm) を膜厚 10 nm となるように成膜して正孔プロック層を形成した。

【0572】

その後、上記構造式 (vi) で表される 2,4-ビス[4-(1-ナフチル)フェニル]-6-[4-(ピリジン-3-イル)フェニル]ピリミジン (略称: 2,4NP-6PyPPm2) 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 0.5:0.5 (=2,4NP-6PyPPm2:Liq)、膜厚 25 nm となるように共蒸着して電子輸送層 114 を形成した。

【0573】

電子輸送層 114 を形成した後、フッ化リチウム (LiF) を、1 nm 蒸着して電子注入層 115 を形成し、最後に、銀 (Ag) とマグネシウム (Mg) とを体積比 10:1、膜厚 15 nm となるように共蒸着することで第 2 の電極 102 を形成して発光デバイス D1 を作製した。なお、第 2 の電極 102 は光を反射する機能と光を透過する機能とを有する半透過・半反射電極であり、本実施例の発光デバイスは第 2 の電極 102 から光を取り出

すトップエミッション型の素子である。また、第2の電極102上には上記構造式(vi)で表される4,4',4''-(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリ(ジベンゾチオフェン)(略称:DBT3P-II)を70nm蒸着してキャップ層を形成し、取り出しあり率を向上させている。

【0574】

(発光デバイスD2の作製方法)

発光デバイスD2は、発光デバイスD1における第1の正孔輸送層の膜厚を125nmとし、第2の正孔輸送層(電子ブロック層)を上記構造式(II)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:mmtBuBiol0FBi)で構成した他は、発光デバイスD1と同様に作製した。

【0575】

(発光デバイスD3の作製方法)

発光デバイスD3は、発光デバイスD1における第1の正孔輸送層の膜厚を125nmとし、第2の正孔輸送層(電子ブロック層)を上記構造式(III)で表されるN-(3',5',-ジ-tert-ブチル-1,1'-ビフェニル-4-イル)-N-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-4-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称:mmtBuBiolFF-02)で構成した他は発光デバイスD1と同様に作製した。

【0576】

(発光デバイスD4の作製方法)

発光デバイスD4は、発光デバイスD1における第1の正孔輸送層の膜厚を125nmとし、第2の正孔輸送層(電子ブロック層)を上記構造式(IV)で表されるN-(3',5',-ジ-tert-ブチル-1,1'-ビフェニル-4-イル)-ビス(9,9-ジメチル-9H-フルオレン)-2,2'-アミン(略称:mmtBuBiolFF)で構成した他は発光デバイスD1と同様に作製した。

【0577】

(発光デバイスD5の作製方法)

発光デバイスD5は、発光デバイスD1における第1の正孔輸送層の膜厚を125nmとし、第2の正孔輸送層(電子ブロック層)を上記構造式(V)で表されるN-(1,1'-ビフェニル-2-イル)-N-[(3',5'-ジ-tert-ブチル)-1,1'-ビフェニル-4-イル]-9,9-ビス(4-tert-ブチルフェニル)-9H-フルオレン-2-アミン(略称:mmtBuBiolBitBu2FLP(2))で構成した他は発光デバイスD1と同様に作製した。

【0578】

(発光デバイスCD1の作製方法)

発光デバイスCD1は、発光デバイスD1における第2の正孔輸送層(電子ブロック層)を上記構造式(VI)で表されるN-[4-(4-ジベンゾフラニル)フェニル]-N-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]-[1,1'-ビフェニル]-4-アミン(略称:FrBBiFLP)で構成した他は、発光デバイスD1と同様に作製した。

【0579】

(発光デバイスCD2の作製方法)

発光デバイスCD2は、発光デバイスD1における第1の正孔輸送層の膜厚を125nmとし、第2の正孔輸送層(電子ブロック層)を上記構造式(VII)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-(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:mmtBuumTPOFBi-04)で構成した他は、発光デバイスD1と同様に作製した。

【0580】

上記発光デバイスの素子構造および電子プロック層に用いた材料の G S P _ s l o p e を以下の表にまとめる。

【 0 5 8 1 】

【 表 3 】

膜厚 (nm)		構成
キャップ層	70	DBT3P-II
第2の電極	15	Ag:Mg (10:1)
電子注入層	1	LiF
電子輸送層	25	2,4NP-6PyPPm:Liq (0.5:0.5)
正孔プロック層	10	6mBP-4Cz2PPm
発光層	40	BP-Icz(II)Tzn: β NCCP:Ir(ppy) ₂ (mbfpypy-d3) (0.5:0.5:0.10)
電子プロック層	40	*2
正孔輸送層	*1	oFBiSF(2)
正孔注入層	10	oFBiSF(2):OCHD-003 (1:0.04)
第1の電極	10	ITSO
反射電極	100	Ag

10

20

30

【 0 5 8 2 】

【 表 4 】

発光 デバイス	*1	*2	GSP (mV/nm)	屈折率		LUMO (eV)
				530nm	633nm	
D1	120	mmtBumTPchPAF-04	33.9	1.68	1.65	-2.00
D2	125	mmtBuBioFBi	25.5	1.69	1.66	-2.10
D3	125	mmtBuBiFF-02	27.2	1.68	1.65	-2.01
D4	125	mmtBuBiFF	39.7	1.73	1.70	-2.20
D5	125	mmtBuBioBitBu2FLP(2)	37.3	1.67	1.65	-1.90
CD1	120	FrBBiFLP	12.8	1.82	1.78	-2.24
CD2	125	mmtBumTPoFBi-04	16.7	1.69	1.66	-2.00

40

【 0 5 8 3 】

表 4 より、発光デバイス D 1 乃至発光デバイス D 5 は、 G S P _ s l o p e が 2 0 以上である輸送材料を電子プロック層に用いた発光デバイス、発光デバイス C D 1 、発光デバイス C D 2 は、 G S P _ s l o p e が 2 0 以下の輸送材料を用いた発光デバイスであることがわかる。なお、電子プロック層は、正孔輸送層の一部であるとみなすことも可能である。

【 0 5 8 4 】

また、発光層を構成する材料の中で B P - I c z (I I) T z n は L U M O 準位が最も低く、 - 2 . 9 9 e V を示していた。発光デバイス D 1 乃至発光デバイス D 5 の電子プロック材料の L U M O 準位は - 2 . 9 9 e V よりもいずれも 0 . 5 e V 以上高い値を示しており、発光デバイス D 1 乃至発光デバイス D 5 は十分な電子プロック性能を有する構成となっている。

50

【0585】

上記発光デバイスを、窒素雰囲気の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、発光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。

【0586】

上記各発光デバイスの輝度・電流密度特性を図19に、電流効率・輝度特性を図20に、輝度・電圧特性を図21に、電流密度・電圧特性を図22に、外部量子効率・輝度特性を図23に、パワー効率・輝度特性を図24に、発光スペクトルを図25に示す。また、各発光デバイスの1000cd/m²付近における主要な特性を表5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、SR-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参考値である。

【0587】

【表5】

発光デバイス	電圧(V)	電流(mA)	電流密度(mA/cm ²)	色度x	色度y	電流効率(cd/A)	パワー効率(lm/W)	外部量子効率(%)
D1	2.6	0.02	0.6	0.24	0.72	176.3	213	42
D2	2.6	0.03	0.7	0.25	0.71	175.5	212	42
D3	2.6	0.02	0.6	0.25	0.72	175.8	212	42
D4	2.6	0.03	0.6	0.24	0.72	173.4	210	41
D5	2.6	0.02	0.6	0.25	0.71	178.2	215	42
CD1	2.9	0.02	0.5	0.25	0.71	165.6	179	39
CD2	2.8	0.03	0.7	0.26	0.70	172.7	194	41

【0588】

図19乃至図25および表5より、GSP_s1opeが20以上である輸送材料を電子ブロック層に用いた発光デバイスD1乃至D5は、20以下の輸送材料を用いた発光デバイスCD1、発光デバイスCD2と比較して駆動電圧が低く、発光効率の高い、良好な特性を備えた発光デバイスであることがわかった。

【実施例2】

【0589】

本実施例では、本発明の一態様の発光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。

【0590】

10

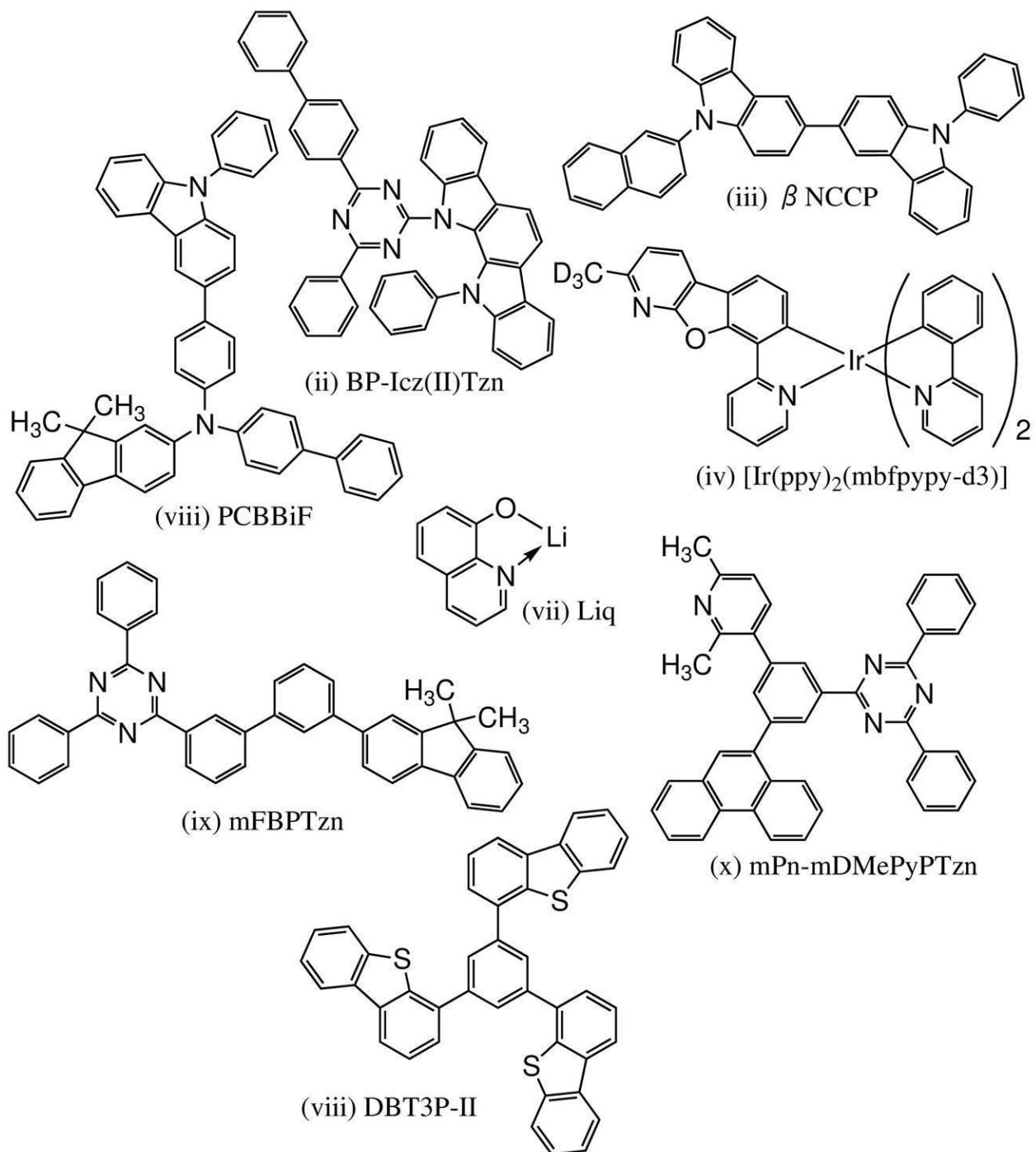
20

30

40

50

【化6】



【0 5 9 1】

10

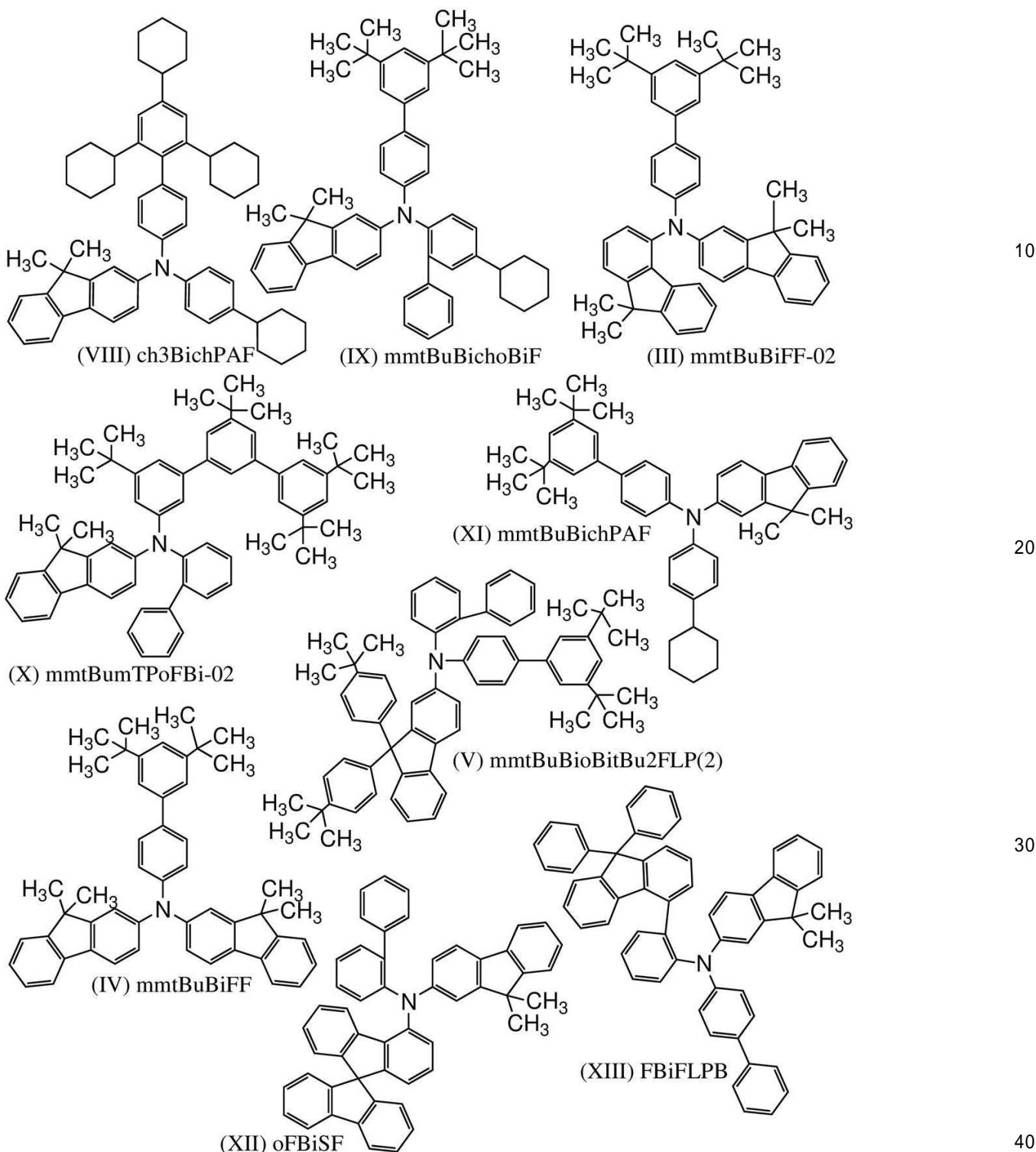
20

30

40

50

【化7】



【0592】

(発光デバイスD11の作製方法)

反射電極として、銀 (A g) をスパッタリング法により、100 nm の膜厚で成膜した後、透明電極として酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法により、10 nm の膜厚で成膜して第1の電極101を形成した。なお、その電極面積は4 mm² (2 mm × 2 mm)とした。なお、ITOは透明電極であり、上記反射電極と合わせて第1の電極101とみなすことができる。

【0593】

次に、基板上に発光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

00 で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。

【0594】

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。

【0595】

次に、第1の電極101が形成された面が下方となるように、第1の電極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、第1の電極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-(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:PCBBI F)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1:0.04(=PCBBI F: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。

【0596】

次に、正孔注入層111上に、PCBBI Fを膜厚115nmとなるように蒸着して第1の正孔輸送層112を成膜し、その後、上記構造式(VIII)で表されるN-2',4',6'-トリ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-9H-フルオレン-2-アミン(略称:ch3BicchPAF)を膜厚40nmとなるように成膜し、第2の正孔輸送層を形成した。なお第2の正孔輸送層は、電子プロック層としても機能する。

【0597】

また、第2の正孔輸送層上に、上記構造式(ix)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:BPIcz(II)Tzn)と上記構造式(viii)で表される9-(2-ナフチル)-9'-フェニル-9H,9'H-3,3'-ビカルバゾール(略称:NCCP)と、上記構造式(iv)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)2(mbfpypy-d3))を重量比で0.5:0.5:0.1(=BPIcz(II)Tzn:NCCP:Ir(ppy)2(mbfpypy-d3))、膜厚40nmとなるように共蒸着して発光層113を形成した。

【0598】

続いて、発光層113上に、上記構造式(ix)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プロック層を形成した。

【0599】

その後、上記構造式(x)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(viii)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0.5:0.5(=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。

【0600】

電子輸送層114を形成した後、フッ化リチウム(LiF)を、1nm蒸着して電子注入層115を形成し、最後に、銀(Ag)とマグネシウム(Mg)とを体積比10:1、膜厚15nmとなるように共蒸着することで第2の電極102を形成して発光デバイスD1を作製した。なお、第2の電極102は光を反射する機能と光を透過する機能とを有す

る半透過・半反射電極であり、本実施例の発光デバイスは第2の電極102から光を取り出すトップエミッション型の素子である。また、第2の電極102上には上記構造式(Ⅴii)で表される4,4',4'',- (ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリ(ジベンゾチオフェン) (略称: DBT3P-II)を70nm蒸着してキャップ層を形成し、取出し効率を向上させている。

【0601】

(発光デバイスD12の作製方法)

発光デバイスD12は、発光デバイスD11における第1の正孔輸送層の膜厚を110nmとし、第2の正孔輸送層(電子ブロック層)を上記構造式(IX)で表されるN-(3',5'-ジ-tert-ブチル-1,1'-ビフェニル-4-イル)-N-(5-シクロヘキシル-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_tBuBichOBiF)で構成した他は、発光デバイスD11と同様に作製した。

【0602】

(発光デバイスD13の作製方法)

発光デバイスD13は、発光デバイスD11における第1の正孔輸送層の膜厚を110nmとし、第2の正孔輸送層(電子ブロック層)を上記構造式(II)で表されるN-(3',5',-ジ-tert-ブチル-1,1'-ビフェニル-4-イル)-N-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-4-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mm_tBuBichOBiF-02)で構成した他は発光デバイスD11と同様に作製した。

【0603】

(発光デバイスD14の作製方法)

発光デバイスD14は、発光デバイスD11における第1の正孔輸送層の膜厚を110nmとし、第2の正孔輸送層(電子ブロック層)を上記構造式(X)で表される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: mm_tBumTPoFBi-02)で構成した他は発光デバイスD11と同様に作製した。

【0604】

(発光デバイスD15の作製方法)

発光デバイスD15は、発光デバイスD11における第1の正孔輸送層の膜厚を110nmとし、第2の正孔輸送層(電子ブロック層)を上記構造式(XI)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-(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_tBuBichPAF)で構成した他は発光デバイスD11と同様に作製した。

【0605】

(発光デバイスD16の作製方法)

発光デバイスD16は、発光デバイスD11における第1の正孔輸送層の膜厚を120nmとし、第2の正孔輸送層(電子ブロック層)を上記構造式(V)で表されるN-(1,1'-ビフェニル-2-イル)-N-[(3',5'-ジ-tert-ブチル)-1,1'-ビフェニル-4-イル]-9,9-ビス(4-tert-ブチルフェニル)-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mm_tBuBichOBi_tBu₂FLP(2))で構成した他は発光デバイスD11と同様に作製した。

【0606】

(発光デバイスD17の作製方法)

発光デバイスD17は、第2の正孔輸送層(電子ブロック層)を上記構造式(IV)で表されるN-(3',5',-ジ-tert-ブチル-1,1'-ビフェニル-4-イル)-ビス(9,9-ジメチル-9H-フルオレン)-2,2'-アミン(略称: mm_tBuBichOBi_tF)で構成した他は発光デバイスD11と同様に作製した。

【0607】

(発光デバイスCD11の作製方法)

発光デバイスCD11は、発光デバイスD11における第1の正孔輸送層の膜厚を110nmとし、第2の正孔輸送層(電子プロック層)を上記構造式(XII)で表されるN-(1,1'-ビフェニル-2-イル)-N-(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(略称:OFBISF)で構成した他は、発光デバイスD11と同様に作製した。

【0608】

(発光デバイスCD12の作製方法)

発光デバイスCD12は、発光デバイスD11における第2の正孔輸送層(電子プロック層)を上記構造式(XIII)で表されるN-[2-(9,9-ジフェニル-9H-フルオレン-4-イル)フェニル]-N-(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:FBIFLPB)で構成した他は、発光デバイスD11と同様に作製した。

【0609】

上記発光デバイスの素子構造および電子プロック層に用いた材料のGSP_sloppeを以下の表にまとめる。

【0610】

【表6】

	膜厚 (nm)	構成
キャップ層	70	DBT3P-II
第2の電極	15	Ag:Mg (10:1)
電子注入層	1	LiF
電子輸送層	25	mPn-mDMePyPTzn:Liq (0.5:0.5)
正孔プロック層	10	mFBPTzn
発光層	40	BP-Icz(II)Tzn:βNCCP:Ir(ppy) ₂ (mbfpypy-d3) (0.5:0.5:0.10)
電子プロック層	40	*4
正孔輸送層	*3	PCBBiF
正孔注入層	10	PCBBiF:OCHD-003 (1:0.04)
第1の電極	10	ITSO
反射電極	100	Ag

【0611】

20

30

40

50

【表7】

発光デバイス	*3	*4	GSP (mV/nm)	屈折率		LUMO (eV)
				530nm	633nm	
D11	115	ch3BichPAF	22.0	1.66	1.64	-2.00
D12	110	mmtBuBichoBiF	25.3	1.69	1.66	-2.11
D13	110	mmtBuBiFF-02	27.0	1.68	1.65	-2.01
D14	110	mmtBumTPoFBi-02	31.9	1.66	1.64	-2.02
D15	110	mmtBuBichPAF	31.6	1.68	1.65	-1.98
D16	120	mmtBuBioBitBu2FLP(2)	37.3	1.66	1.64	-1.90
D17	115	mmtBuBiFF	39.7	1.68	1.65	-2.20
CD11	110	oFBiSF	11.3	1.67	1.65	-2.05
CD12	115	FBiFLPB	18.6	1.73	1.70	-2.11

【0612】

表7より、発光デバイスD11乃至発光デバイスD17は、GSP_slopeが20以上である輸送材料を電子プロック層に用い発光デバイス、発光デバイスCD11、発光デバイスCD12は、GSP_slopeが20以下の輸送材料を用いた発光デバイスであることがわかる。なお、電子プロック層は、正孔輸送層の一部であるとみなすことも可能である。

【0613】

また、発光層を構成する材料においてBP-Icz(II)TznはLUMO準位が最も低く、-2.99eVを示していた。発光デバイスD11乃至発光デバイスD17の電子プロック材料のLUMO準位は-2.99eVよりもいずれも0.5eV以上高い値を示しており、発光デバイスD11乃至発光デバイスD17は十分な電子プロック性能を有する構成となっている。

【0614】

また、第1の正孔輸送層に使用したPCBBiFのGSP_slopeは17.3mV/nmであり、第2の正孔輸送層(電子プロック層)よりも低く、20mV/nmよりも低い値を示している。

【0615】

上記発光デバイスを、窒素雰囲気の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、発光デバイスを作製したガラス基板に、取り出し効率向上のための特別な措置は行っていない。

【0616】

上記各発光デバイスの輝度-電流密度特性を図26に、電流効率-輝度特性を図27に、輝度-電圧特性を図28に、電流密度-電圧特性を図29に、外部量子効率-輝度特性を図30に、パワー効率-輝度特性を図31に、発光スペクトルを図32に示す。また、各発光デバイスの1000cd/m²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、SR-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参考値である。

【0617】

【表8】

発光デバイス	電圧(V)	電流(mA)	電流密度(mA/cm ²)	色度x	色度y	電流効率(cd/A)	パワー効率(lm/W)	外部量子効率(%)
D11	2.9	0.02	0.5	0.24	0.72	199.8	216	46
D12	2.6	0.02	0.4	0.21	0.74	186.3	225	44
D13	2.7	0.02	0.5	0.24	0.73	196.4	229	46
D14	2.8	0.02	0.6	0.21	0.74	195.4	219	47
D15	2.6	0.03	0.7	0.23	0.73	196.8	238	46
D16	2.6	0.02	0.4	0.24	0.73	203.9	246	47
D17	2.5	0.01	0.3	0.21	0.75	196.9	247	47
CD11	3.4	0.02	0.5	0.21	0.75	182.1	168	44
CD12	3.6	0.02	0.6	0.23	0.73	188.4	164	44

【0618】

図26乃至図32および表8より、GSP_slopeが20以上である輸送材料を電子プロック層に用いた発光デバイスD11乃至D17は、20以下の輸送材料を用いた発光デバイスCD11、発光デバイスCD12と比較して駆動電圧が低く、発光効率の高い、良好な特性を備えた発光デバイスであることがわかった。

10

20

【実施例3】

【0619】

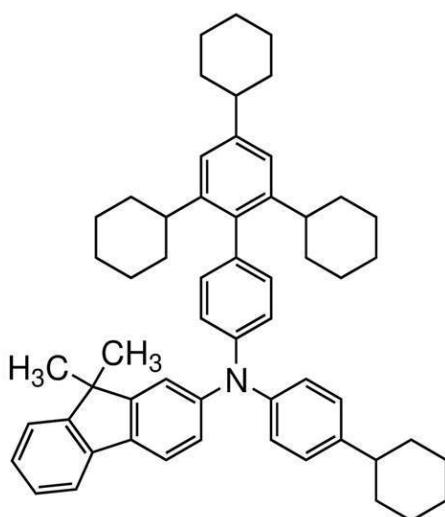
合成例1

本実施例では、本発明の一態様である有機化合物、N-2',4',6'-トリシクロヘキシル-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:ch3BichPAAF)の合成方法について説明する。なお、ch3BichPAAFの構造を以下に示す。

30

【0620】

【化8】



40

【0621】

<ステップ1: 4'-クロロ-2,4,6-トリシクロヘキシル-1,1'-ビフェニルの合成>

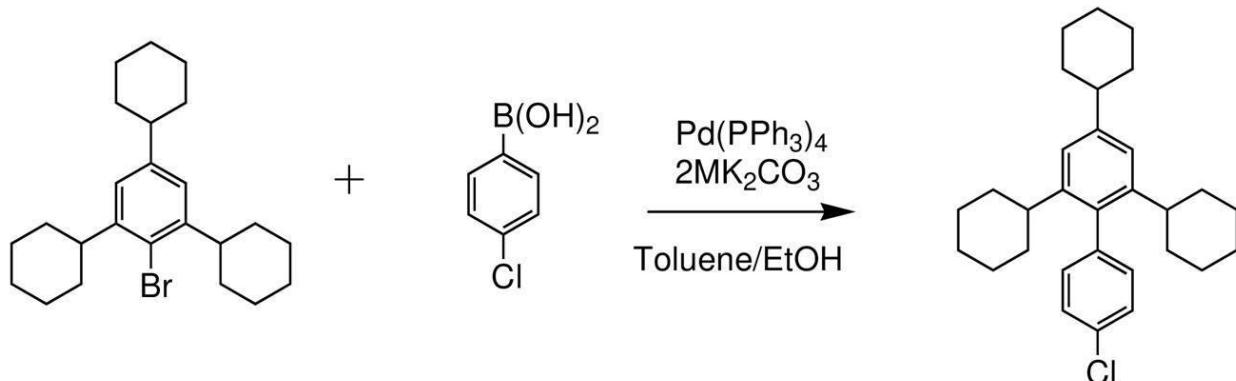
三口フラスコに1-ブロモ-2,4,6-トリシクロヘキシルベンゼン5.0g(12mmol)、4-クロロフェニルボロン酸2.0g(13mmol)、炭酸カリウム5.1g(37mmol)、トルエン62mL、エタノール16mL、水道水20mLを入れ、

50

減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換し、テトラキス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(0) 0.30 mg (0.25 mmol)を加え、この混合物を約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3.2 g、収率60%で得た。

【0622】

【化9】



【0623】

<ステップ2: ch3BicchPAFの合成>

三口フラスコにステップ1で得られた4'-クロロ-2,4,6-トリシクロヘキシリル-1,1'-ビフェニル1.7 g (3.9 mmol)、N-(4-シクロヘキシリルフェニル)-N-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2イル)アミン1.4 g (3.9 mmol)、ナトリウムtertブトキシド1.1 g (12 mmol)、トルエン15 mLを入れ、減圧下に脱気処理をした後、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) 4.5 mg (0.11 mmol)、トリ-tert-ブチルホスフィン4.7 mg (0.23 mmol)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2.4 g、収率80%で得た。

【0624】

10

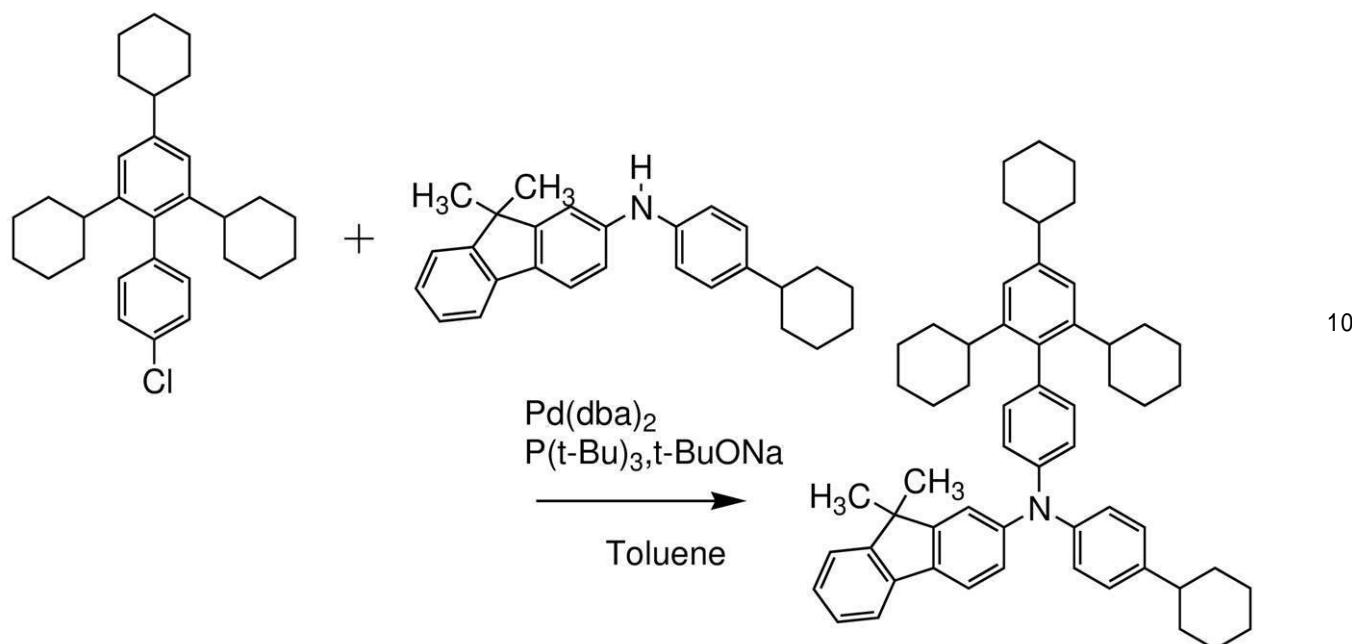
20

30

40

50

【化10】



【0625】

なお、上記ステップ3で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法(¹H-NMR)による分析結果を図33および数値データを下に示す。このことから、N-2',4',6'-トリシクロヘキシル-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-アミンが合成できたことがわかった。

【0626】

¹H-NMR. (CDCl₃): 7.63 (d, 1H, J = 7.4 Hz), 7.58 (d, 1H, J = 8.0 Hz), 7.38 (d, 1H, J = 7.5 Hz), 7.30 (d, 1H, J = 1.6 Hz), 7.18 (d, 1H, J = 1.8 Hz), 7.13 - 7.17 (m, 3H), 7.08 - 7.12 (m, 5H), 7.03 (d, 2H, J = 8.0 Hz), 7.00 (s, 2H), 2.48 - 2.54 (m, 2H), 2.31 - 2.36 (m, 2H), 1.92 - 1.96 (m, 4H), 1.85 - 1.87 (m, 4H), 1.66 - 1.74 (m, 13H), 1.44 - 1.55 (m, 5H), 1.35 - 1.41 (m, 12H), 1.21 - 1.32 (m, 4H), 1.07 - 1.18 (m, 4H).

【0627】

次に、得られた白色固体2.4gをトレインサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製としては、圧力2.9Pa、アルゴン流量10mL/minの条件で、265で加熱して行った。昇華精製後、微黄白色固体2.1g、回収率88%で得た。

【0628】

次に、ch3BichPAFのトルエン溶液の紫外可視吸収スペクトル(以下、単に「吸収スペクトル」という)及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計((株)日本分光製V550型)を用い、トルエン溶液を石英セルに入れ、室温で測定を行った。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計((株)日本分光製FP-8600型)を用い、トルエン溶液を石英セルに入れ、室温で測定を行った。得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図34に示す。横軸は波長、縦軸は吸光度および発光強度を表す。また、図34において2本の実線が示されているが、細い実線は吸光スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図34に示す吸光度は、トルエン溶液を石英セルに入れて測定した吸収スペクトルから、トルエンのみを石英セルに入れて測定した吸収スペクトルを差し引いた結果を示している。

【0629】

図34に示す通り、有機化合物、ch3BichPAFは、388nmに発光ピークを有

していた。

【0630】

次に、ch3BichhPAFのガラス転移温度（以下、「 T_g 」という）を測定した。 T_g は、示差走査熱量測定装置（（株）パーキンエルマージャパン製、PYRIS1DSC）を用い、アルミセルに粉末を乗せ、測定したところ、 T_g は124であった。

【実施例4】

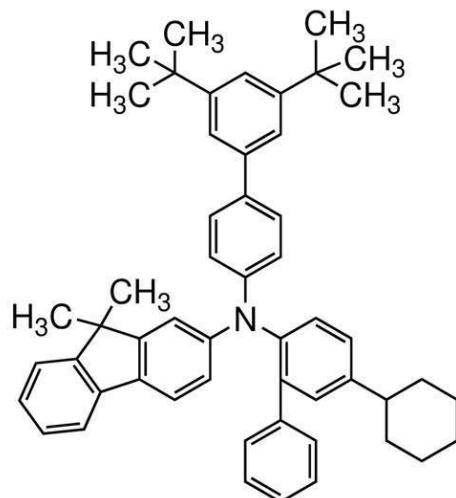
【0631】

合成例2

本実施例では、本発明の一態様である有機化合物、N-(3',5'-ジ-tert-ブチルビフェニル-4-イル)-N-(4-シクロヘキシル-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：mmtBuBichobif）の合成方法について説明する。なお、mmtBuBichobifの構造を以下に示す。

【0632】

【化11】



20

【0633】

＜ステップ1：5-ブロモ-2-クロロビフェニルの合成＞

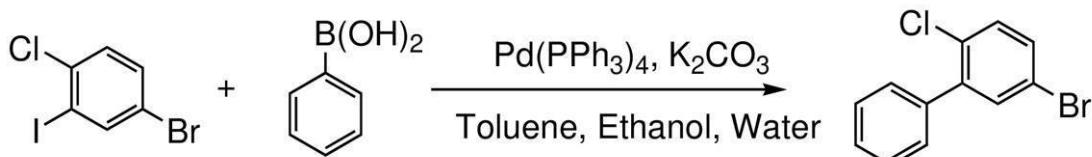
30

三口フラスコに5-ブロモ-2-クロロヨードベンゼン15.0 g (50 mmol)、フェニルボロン酸6.7 g (55 mmol)、炭酸カリウム20.7 g (150 mmol)、トルエン125 mL、エタノール32 mLと水50 mLを加え、減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物にテトラキス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(0)580 mg (0.50 mmol)を加え、窒素気流下、約80で約8時間攪拌した。その後、フラスコの温度を室温に戻し、有機層と水層に分液した。得られた有機層を水で洗浄し、分液した。この有機層に硫酸マグネシウム6 gを加え、ろ別し、トルエンで洗浄した。このトルエン溶液を濃縮し、得られた油状物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、減圧下に乾燥させて目的物である無色の油状物12.8 g、収率95%で得た。また、ステップ1の5-ブロモ-2-クロロビフェニルの合成スキームを下記式に示す。

40

【0634】

【化12】



【0635】

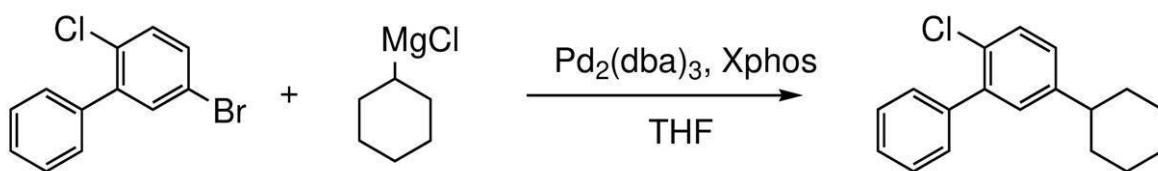
50

<ステップ2：2-クロロ-5-シクロヘキシリビフェニルの合成>

三口フラスコに合成例のステップ1で合成した5-ブロモ-2-クロロビフェニル5.4g(20mmol)を入れ、フラスコ内を真空にした後窒素で置換した。このフラスコに脱水THF100mLを加え、窒素気流下に約50℃にて加熱攪拌した。このフラスコに、トリス(ジベンジリデンアセトン)ジパラジウム183mg(0.20mmol)と2-ジシクロヘキシリホスフィノ-2'-4'-6'-トリイソプロピルビフェニル(商標登録：Xphos)167mg(0.40mmol)を加えて、フラスコの温度を約65℃に加熱した。この混合物に、シクロヘキシリマグネシウムの1.0mol/LTHF溶液22mL(22mmol)をゆっくり滴下した。この反応溶液を約1時間65℃で加熱還流させた。その後、フラスコの温度を室温に戻し、水約50mLを加え、有機層と水層に分液した。この水層を酢酸エチル約50mLで抽出し、これを2回繰り返し、有機層を得た。得られた有機層をすべて混合し、飽和食塩水で洗浄した。この溶液に硫酸マグネシウムを加え、水分を乾燥し、ろ別した。得られたろ液を濃縮し、得られた油状物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た。得られた粘稠性油状物を減圧下に乾燥させ、目的物である無色粘稠性油状物を3.6g、収率66%で得た。また、ステップ2の2-クロロ-5-シクロヘキシリビフェニルの合成スキームを下記式に示す。

【0636】

【化13】



【0637】

<ステップ3：3',5'-ジ-*t*-ブチル-4-ブロモビフェニルの合成>

三口フラスコに3',5'-ジ-*t*-ブチルフェニルボロン酸35.1g(150mmol)、4-ブロモヨードベンゼン50.9g(180mmol)、炭酸カリウム62.2g(450mmol)、トルエン500mL、エタノール125mLと水225mLを加え、減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物にテトラキストリフェニルホスフィンパラジウム(0)3.47g(3.0mmol)を加え、窒素気流下、80℃で約5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。得られた溶液を濃縮し、濃厚なヘキサン溶液を得た。このヘキサ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-10℃にて析出物をろ過し、得られた固体を約70℃で減圧乾燥させ、目的物である白色固体を44.3g、収率86%で得た。また、ステップ3の3',5'-ジ-*t*-ブチル-4-ブロモビフェニルの合成スキームを下記式に示す。

【0638】

10

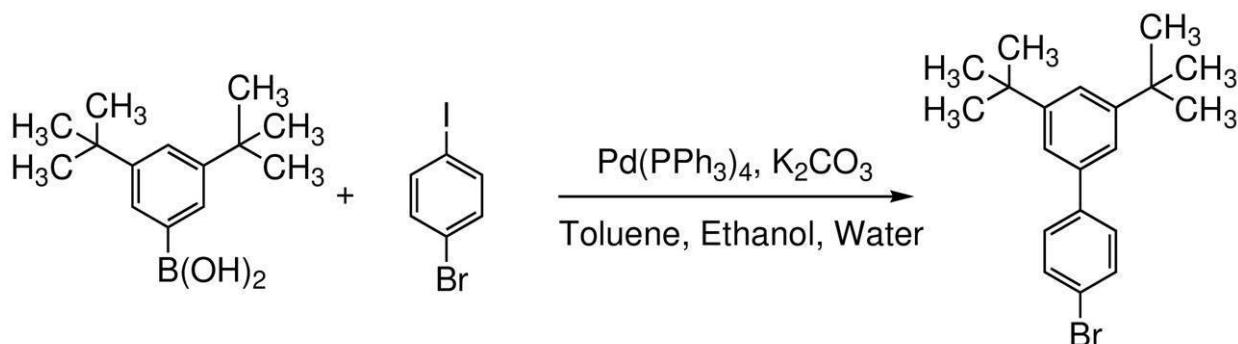
20

30

40

50

【化14】



10

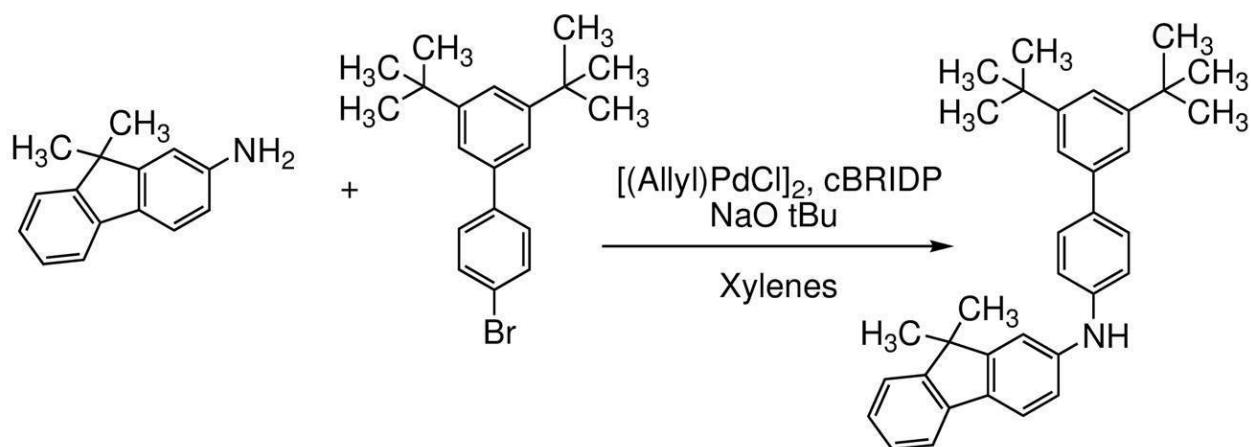
【0639】

<ステップ4: N-(3',5'-ジ-*t*-ブチルビフェニル-4イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミンの合成>

三口フラスコに上記合成例のステップ3で合成した3',5'-ジ-*t*-ブチル-4-ブロモビフェニル5.2 g (15 mmol)、9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン3.1 g (15 mmol)、ナトリウム-*tert*-ブトキシド4.3 g (45 mmol)と75 mLのキシレンを加え、減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物にアリル塩化パラジウム二量体(I1) (略称: [(Allyl)PdCl]2) 55 mg (0.15 mmol)、ジ-*tert*-ブチル(1-メチル-2,2-ジフェニルシクロプロピル)ホスфин (略称: cBRIDP (登録商標)) 212 mg (0.60 mmol)を加え、窒素気流下、120°Cで約5時間攪拌した。その後、フラスコの温度を約60°Cに戻し、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、得られた油状物を減圧乾燥させ、目的物である褐色粘稠性オイルを6.2 g、収率88%で得た。また、ステップ4のN-(3',5'-ジ-*t*-ブチルビフェニル-4イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミンの合成スキームを下記式に示す。

【0640】

【化15】



30

40

【0641】

<ステップ5: mm-tBuBi-chOBiFの合成>

三口フラスコに上記合成例のステップ4で合成したN-(3',5'-ジ-*t*-ブチルビフェニル-4イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン4.7 g (10 mmol)、上記ステップ2で合成した2-クロロ-5-シクロヘキシリルビフェニル2.7 g (10 mmol)、ナトリウム-*tert*-ブトキシド2.9 g (30 mmol)と50 mLのキシレンを加え、減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。この

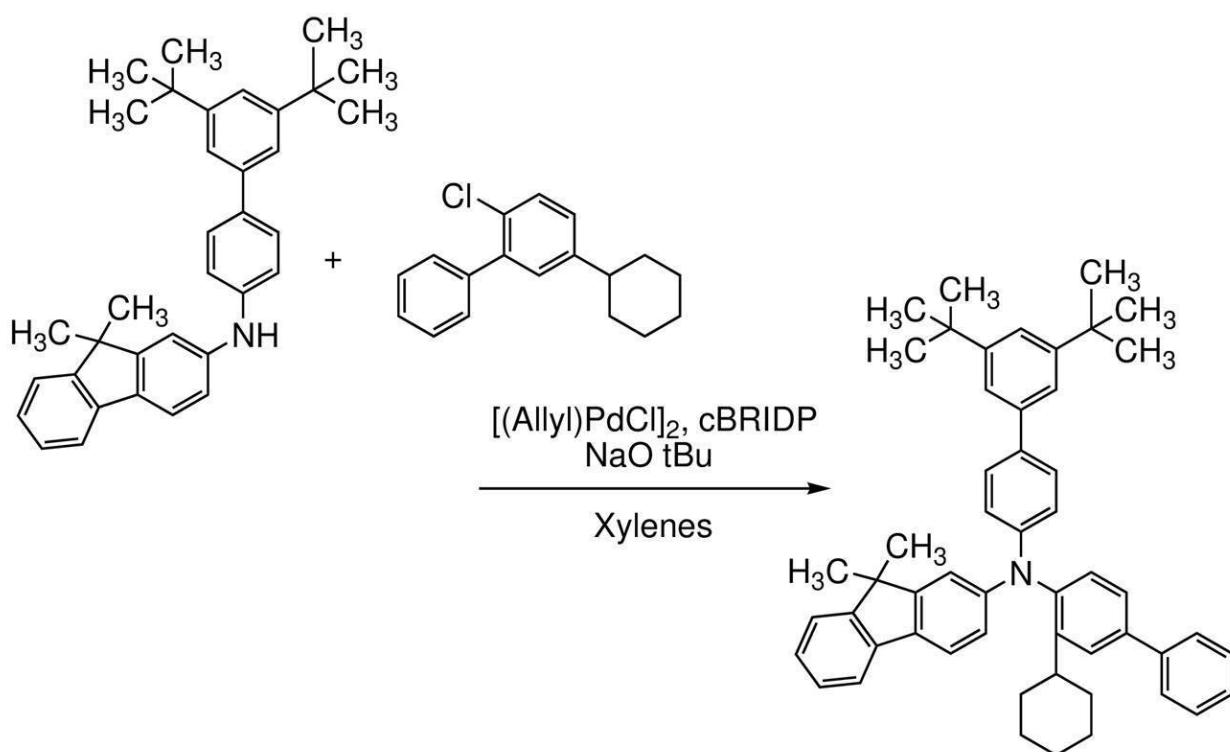
50

混合物にアリル塩化パラジウム二量体（II）（略称：[（Allyl）PdCl]₂）5.6 mg（0.15 mmol）、ジ-tert-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））212 mg（0.60 mmol）を加え、窒素気流下、120°で約15時間攪拌した。その後、フラスコの温度を約60°に戻し、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、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-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、目的物である微黄白色固体を4.2 g、収率60%で得た。また、ステップ5の合成スキームを下記式に示す。

10

【0642】

【化16】



20

30

【0643】

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（¹H-NMR）による分析結果を図35に、数値データを下に示す。このことから、ステップ5において、mmt BuBicchoBiFが合成できたことがわかった。

【0644】

¹H-NMR. (CDC13): 7.55 (d, 1H, J = 7.5 Hz), 7.35 - 7.39 (m, 6H), 7.33 (t, 2H, J = 7.5 Hz), 7.27 (td, 2H, J = 1.5 Hz, 7 Hz), 7.20 - 7.24 (m, 2H), 7.16 - 7.20 (m, 3H), 6.98 - 7.08 (m, 5H), 6.88 (d, 1H, J = 1.5 Hz), 6.76 (dd, 1H, J = 2.0 Hz, 8.5 Hz), 2.52 - 2.60 (m, 1H), 1.98 (d, 2H, 12 Hz), 1.87 (d, 2H, J = 13 Hz), 1.76 (d, 1H, J = 12.5 Hz), 1.39 - 1.53 (br m, 4H), 1.37 (s, 18H), 1.29 (s, 6H), 1.20 - 1.27 (m, 1H).

40

【0645】

次に、得られた白色固体4.0 gをトレインサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製としては、圧力3.0 Pa、アルゴン流量15.9 mL/minの条件で、258°で加熱して行った。昇華精製後、微黄白色固体3.8 g、回収率94%で得た。

50

【0646】

次に、mmtBuBichobifのトルエン溶液の紫外可視吸収スペクトル（以下、単に「吸収スペクトル」という）及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V 550 型）を用い、トルエン溶液を石英セルに入れ、室温で測定を行った。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（（株）日本分光製 FP-8600 型）を用い、トルエン溶液を石英セルに入れ、室温で測定を行った。得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図 36 に示す。横軸は波長、縦軸は吸光度および発光強度を表す。また、図 36 には 2 本の実線が示されているが、細い実線は吸光スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図 36 に示す吸光度は、トルエン溶液を石英セルに入れて測定した吸収スペクトルから、トルエンのみを石英セルに入れて測定した吸収スペクトルを差し引いた結果を示している。
10

【0647】

図 36 に示す通り、有機化合物、mmtBuBichobifは、344 nm および 364 nm に発光ピークを有していた。

【0648】

次に、本実施例で得られたmmtBuBichobifを液体クロマトグラフ質量分析（Liquid Chromatography Mass Spectrometry, 略称：LC/MS 分析）によって分析した。

【0649】

LC/MS 分析は、サーモフィッシュ・サイエンティフィック社製 Ultimate 3000 により LC（液体クロマトグラフィー）分離を行い、サーモフィッシュ・サイエンティフィック社製 Q Exactive により MS 分析（質量分析）を行った。
20

【0650】

LC 分離は、任意のカラムを用いてカラム温度は 40 とし、送液条件は溶媒を適宜選択し、サンプルは任意の濃度のmmtBuBichobifを有機溶媒に溶かして調製し、注入量は 5.0 μ L とした。

【0651】

PRM 法により、mmtBuBichobifの Exact Mass である m/z 707.45 の MS^2 測定を行なった。PRM の設定は、ターゲットイオンの質量範囲を m/z 707.45 \pm 2.0 (isolation window = 4) とし、検出はポジティブモードで行った。コリジョンセル内でターゲットイオンを加速するエネルギー NCE (Normalized Collision Energy) を 60 として測定した。得られた MS スペクトルを図 37 に示す。
30

【0652】

図 37 の結果から、mmtBuBichobifは、主として m/z = 707 付近にプロダクトイオンが検出されることがわかった。なお、図 37 に示す結果は、mmtBumBif に由来する特徴的な結果を示すものであることから、混合物中に含まれるmmtBumBifを同定する上で重要なデータであるといえる。

【0653】

図 37 の結果から、mmtBuBichobifは、主として m/z = 473 付近にフラグメントイオンが検出されることがわかった。なお、図 37 に示す結果は、mmtBubBif に由来する特徴的な結果を示すものであることから、混合物中に含まれるmmtBubBifを同定する上で重要なデータであるといえる。
40

【0654】

次に、mmtBuBichobifのガラス転移温度（以下、「Tg」という）を測定した。Tg は、示差走査熱量測定装置（（株）パーキンエルマージャパン製、PYRIS 1 DSC）を用い、アルミセルに粉末を乗せ、測定したところ、Tg は 115 であった。

【0655】

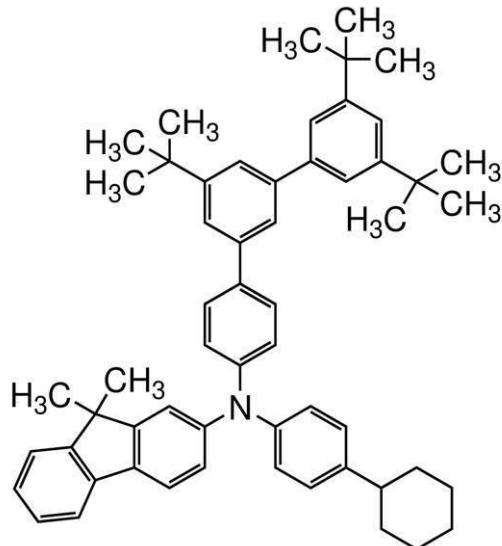
（参考例 1）

参考合成例 1

本参考例では、実施例で使用した有機化合物、N - (4 - シクロヘキシリルフェニル) - N - (3 ' , 5 ' , 5 ' ' - トリ - tert - ブチル - 1 , 1 ' : 3 ' , 1 ' ' - ターフェニル - 4 - 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 c h P A F - 0 4) の合成方法について説明する。なお、m m t B u m T P c h P A F - 0 4 の構造式を以下に示す。

【 0 6 5 6 】

【 化 1 7 】



10

20

【 0 6 5 7 】

<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>

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 (2 0 . 1 m m o l) 、 1 - ブロモ - 4 - ヨードベンゼン 6 . 8 g (2 4 . 1 m m o l) 、 炭酸カリウム 8 . 3 g (6 0 . 3 m m o l) 、 トルエン 1 0 0 m L 、 エタノール 4 0 m L 、 水道水 3 0 m L を入れ、減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換し、酢酸パラジウム 9 1 m g (0 . 4 0 m m o l) 、 トリフェニルホスフィン 2 1 1 m g (0 . 8 0 m m o l) を加え、この混合物を約 4 時間 8 0 °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 6 2 . 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。

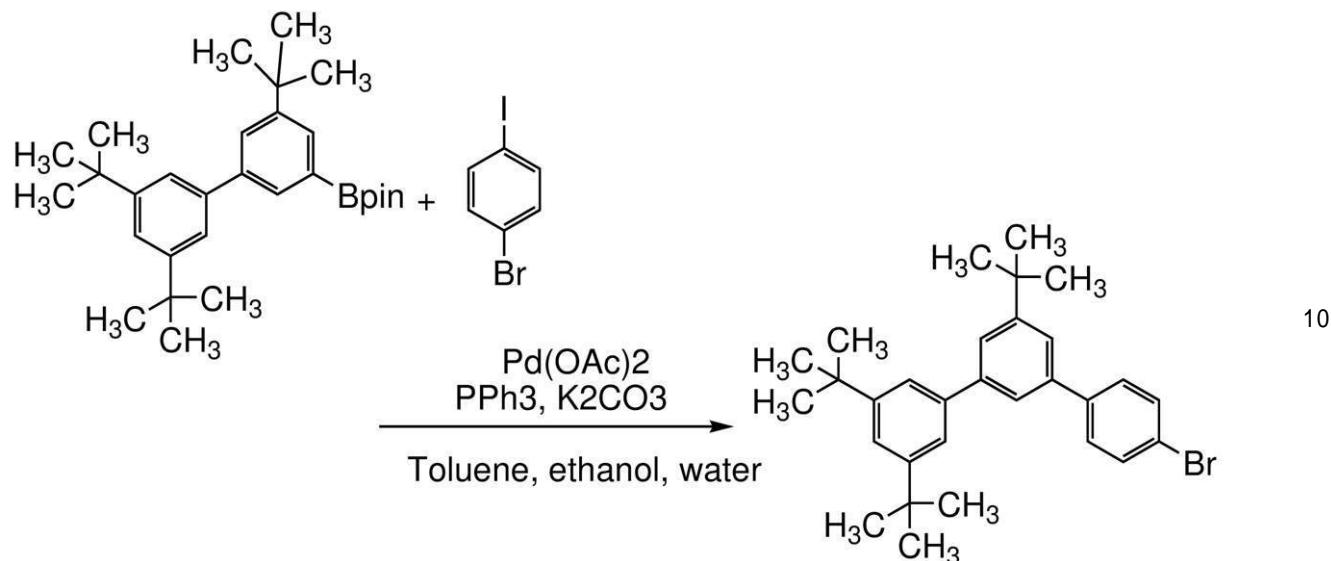
【 0 6 5 8 】

30

40

50

【化18】



【0659】

<ステップ2: mm t B um T P ch P A F - 0 4 の合成>

三口フラスコにステップ1で得られた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-(4-シクロヘキシリルフェニル)-N-(9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2イル)アミン 2.3 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-ブチルホスフィン 76 mg (0.38 mmol)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4.1 g、収率85%で得た。mm t B um T P ch P A F - 0 4 の合成スキームを下式に示す。

【0660】

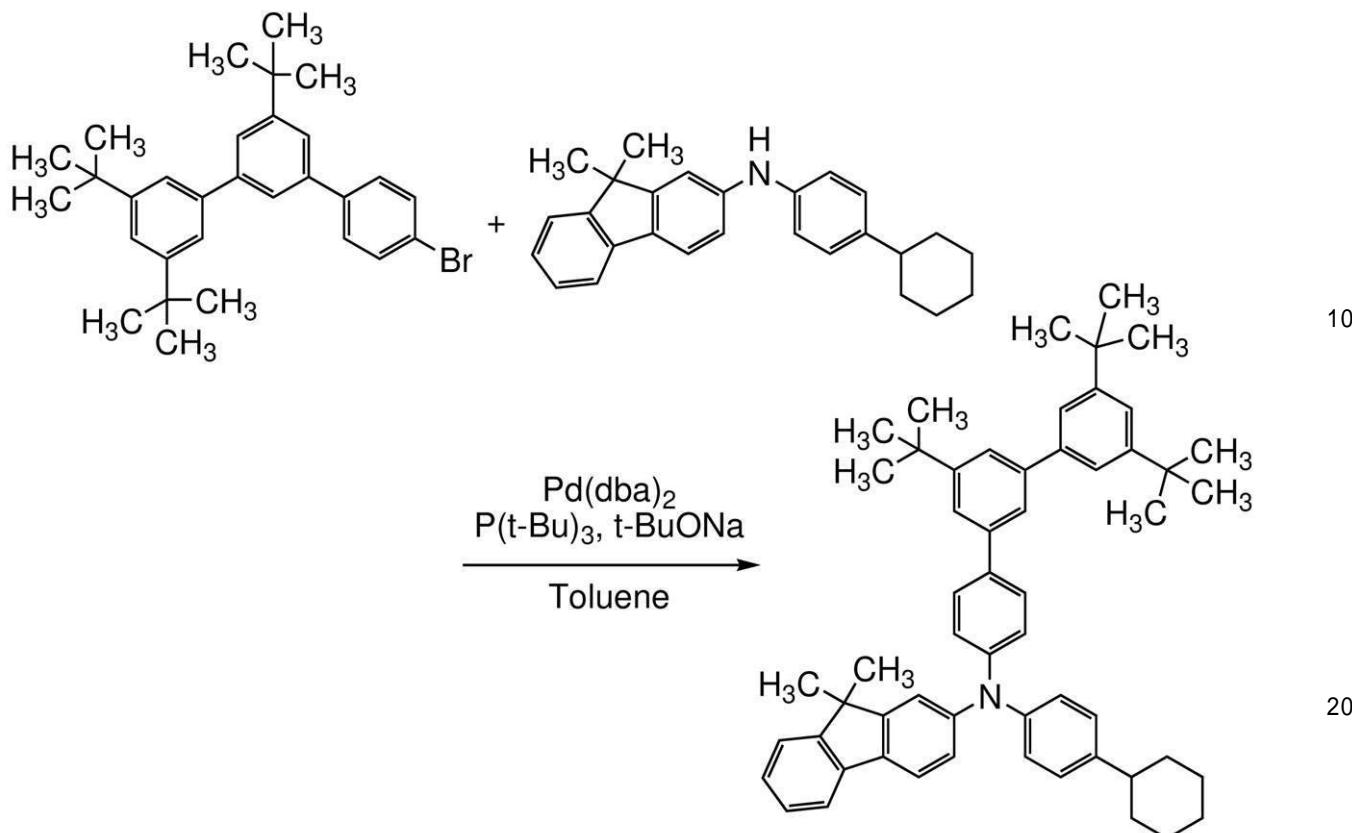
20

30

40

50

【化19】



【0661】

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(¹H-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、mmtBuumbTpcchPAF-04が合成できたことがわかった。

【0662】

¹H-NMR. (CDCl₃): 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 (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)。

30

【0663】

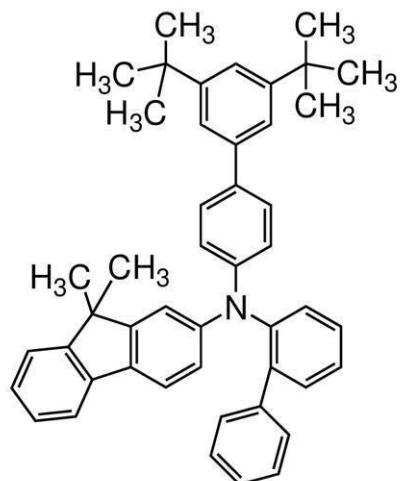
(参考例2)

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-(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:mmtBuBiolFBI)の合成方法について説明する。mmtBuBiolFBIの構造式を以下に示す。

【0664】

【化20】



10

【0665】

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2.22 g (7.4 mmol)、2-(2-ビフェニリル)アミノ-9,9-ジメチルフルオレン2.94 g (8.1 mmol)、ナトリウム-tert-ブトキシド2.34 g (24.4 mmol)、キシレン37 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。この混合物にジ-tert-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))107.6 mg (0.31 mmol)、アリルパラジウムクロリドダイマー28.1 mg (0.077 mmol)を加えた。この混合物を、100°Cにて約4時間加熱した。その後、フラスコの温度を約70°C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、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°Cに冷却してから析出物をろ過し、得られた固体を約130°Cで減圧乾燥させ、目的物である白色固体を2.07 g、収率45%で得た。本合成例の合成スキームを以下に示す。

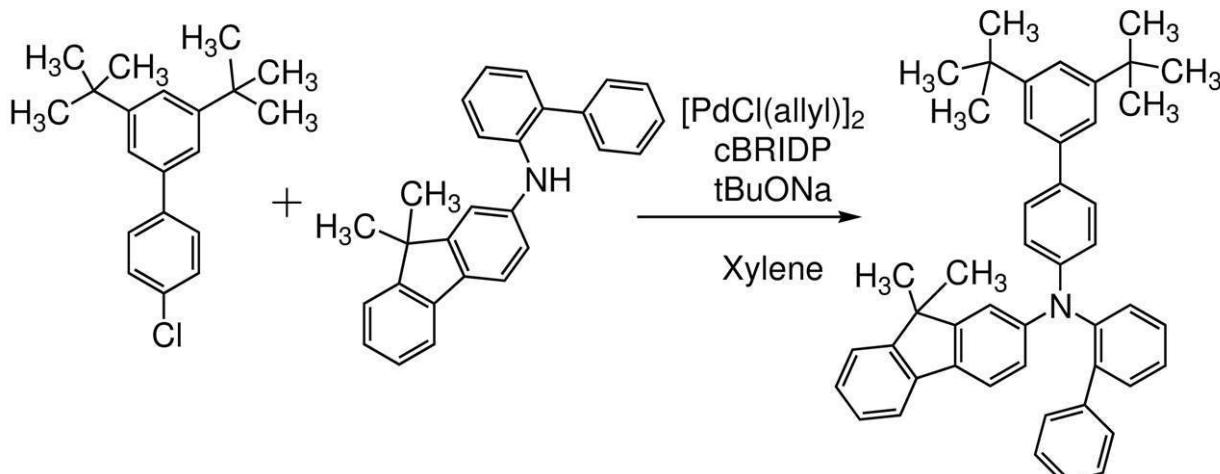
20

30

30

【0666】

【化21】



40

【0667】

なお、本合成例で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法(¹H-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、mmtBuBioFbiが合成できたこ

50

とがわかった。

【0668】

¹H NMR (CDCl₃, 500 MHz): δ = 1.29 (s, 6 H), 1.38 (s, 18 H), 6.76 (dd, J₁ = 8.0 Hz, J₂ = 2.0 Hz, 1 H), 6.87 (d, J = 2.5 Hz, 1 H), 7.00 - 7.08 (m, 5 H), 7.18 - 7.23 (m, 3 H), 7.27 - 7.43 (m, 12 H), 7.55 (d, J = 7.5 Hz, 1 H).

【0669】

(参考例3)

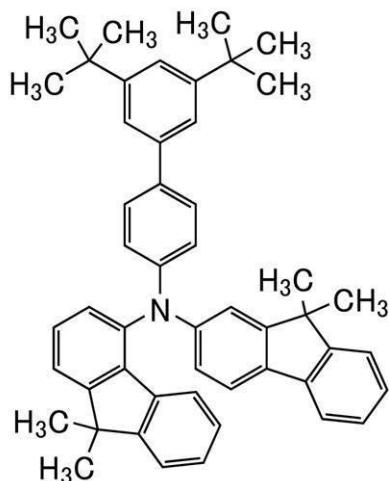
参考合成例3

10

本参考例では、実施例で用いた有機化合物、N-(3',5'-ジ-tert-ブチル-1,1'-ビフェニル-4-イル)-N-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-4-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 F F - 02)の合成方法について説明する。mm t B u B i F F - 02の構造を以下に示す。

【0670】

【化22】



20

30

【0671】

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

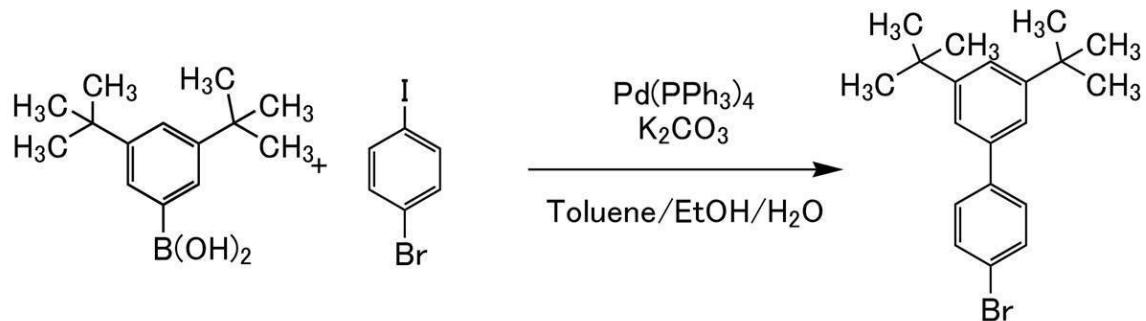
三口フラスコに3,5-ジ-tert-ブチル-ベンゼンボロン酸30.0 g (150 mmol)、4-ブロモードベンゼン50.9 g (180 mmol)、炭酸カリウム62.2 g (450 mmol)、トルエン500 mL、エタノール125 mL、水225 mLを入れ、減圧下にて脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物に、テトラキストリフェニルホスフィンパラジウム3.5 g (3.0 mmol)を加え、約80にて約5時間加熱還流させた。その後、室温に戻し有機層と水層を分液した。この有機層に硫酸マグネシウムを加えて水分を乾燥させ、ろ別後に濃縮し、褐色固体を得た。得られた固体をシリカ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乾固させた。その後、ヘキサンを加え再結晶した。白色固体の析出した混合溶液を氷冷した後、ろ過した。得られた固体を約100で真空乾燥させ、目的物である白色固体を44.3 g、収率86%で得た。ステップ1の合成スキームを下に示す。

40

【0672】

50

【化 2 3】



10

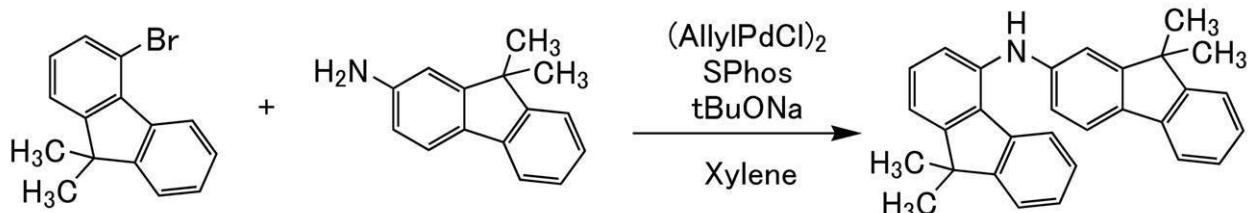
[0 6 7 3]

＜ステップ2：N-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-4-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミンの合成＞

三口フラスコに 2 - アミノ - 9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン 4 . 22 g (20 . 2 mmol) 、 4 - プロモ - 9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン 5 . 08 g (18 . 6 mmol) 、 ナトリウム - tert - プトキシド 6 . 60 g (68 . 7 mmol) 、 キシレン 90 . 0 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 40 ℃ まで加熱攪拌した。 ここで、 アリル塩化パラジウム二量体 (II) (略称 : (Allyl PdCl)₂) 78 . 5 mg (0 . 215 mmol) 、 2 - ジシクロヘキシリホスフィノ - 2 ' , 6 ' - ジメトキシビフェニル (略称 : SPHOS) 307 mg (0 . 748 mmol) を加え、 この混合物を、 100 ℃ にて約 6 時間加熱した。 その後、 フラスコの温度を約 60 ℃ に戻し、 水約 1 mL を加え、 固体を析出させた。 析出した固体をろ別した。 このろ液を濃縮し、 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、 目的物である赤褐色油状物を 7 . 50 g 、 収率 100 % で得た。 ステップ 2 の合成スキームを下に示す。

[0 6 7 4]

【化 2 4】



〔 0 6 7 5 〕

＜ステップ3：mmtBuBiFF-02の合成＞

三口フラスコに N - (9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 4 - イル) - 9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - アミン 2 . 7 3 g (0 . 6 8 0 m m o l) 、 3 ' , 5 ' - ジ - t e r t - ブチル - 4 - プロモ - 1 , 1 ' - ビフェニル 2 . 3 6 g (0 . 6 8 3 m m o l) 、 ナトリウム - t e r t - プトキシド 1 . 9 4 g (2 . 0 2 m m o l) 、 キシレン 3 7 . 0 m L 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。ここで、 アリル塩化パラジウム二量体 (I I) (略称 : (A 1 1 y 1 P d C 1) 2) 2 9 . 0 m g (0 . 0 7 9 m m o l) 、 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)) 8 8 . 2 m g (0 . 2 5 0 m m o l) を加え、 この混合物を、 1 0 0 ° にて約 6 時間加熱した。その後、 この混合物の温度を約 6 0 ° に戻し、 水約 1 m L 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、 得られた濃厚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 1 0 ° にて析出物をろ過し、 得られた固体を約 1 0 0 ° で減圧乾燥した。

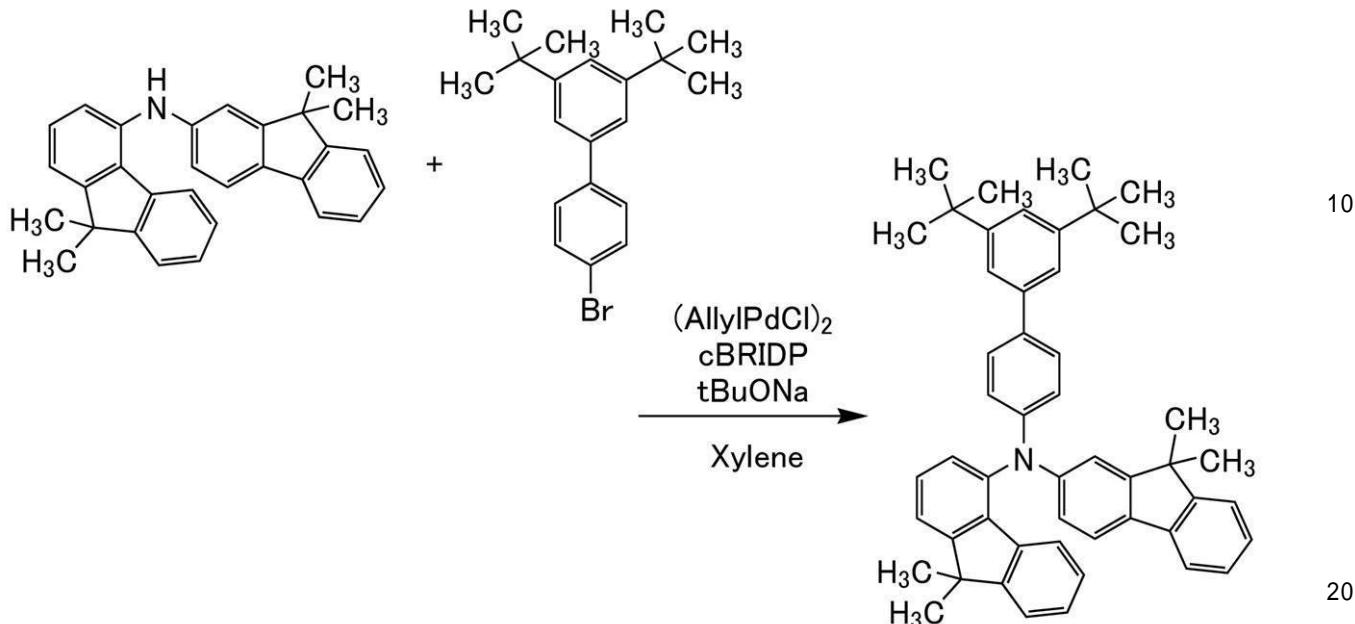
30

50

燥させ、目的物である白色固体を 3.21 g、収率 71 % で得た。ステップ 3 の合成スキームを下に示す。

【0676】

【化25】



【0677】

上記ステップ 3 で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法 (¹H - NMR) による分析結果を下に示す。この結果より、本合成例において、N - (3', 5', -ジ - tert - ブチル - 1, 1' - ビフェニル - 4 - イル) - N - (9, 9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 4 - イル) - 9, 9 - ジメチル - 9H - フルオレン - 2 - アミン (略称 : mm t Bu Bi FF - 02) が合成できたことがわかった。

【0678】

¹H - NMR (500 MHz DMSO - d6) : δ = 7.66 - 7.62 (m, 3H) 30
 , 7.58 - 7.52 (m, 4H), 7.47 - 7.43 (m, 2H), 7.37 (s, 2H), 7.33 (br, 2H), 7.28 (t, 1H, J = 7.0 Hz), 7.22 (dt, 2H, J = 7.3 Hz, 3.5 Hz), 7.13 (d, 1H, J = 7.0 Hz), 6.89 (dd, 1H, J = 8.0 Hz, 1.5 Hz), 1.50 (br, 6H), 1.36 (br, 6H), 1.31 (s, 18H), 1.28 (br, 6H).

【0679】

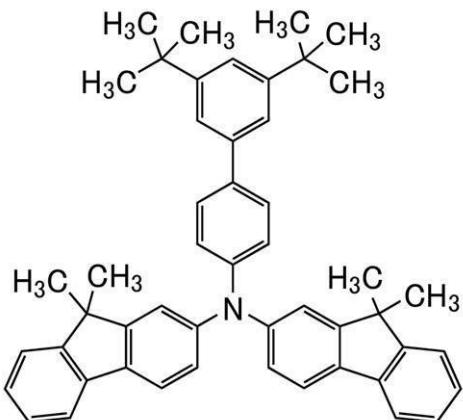
(参考例 4)

参考合成例 4

本合成例では、実施例で用いた有機化合物、N - (3', 5', -ジ - tert - ブチル - 1, 1' - ビフェニル - 4 - イル) - ビス (9, 9 - ジメチル - 9H - フルオレン) - 2, 2' - アミン (略称 : mm t Bu Bi FF) の合成方法について説明する。mm t Bu Bi FF の構造を以下に示す。

【0680】

【化26】



10

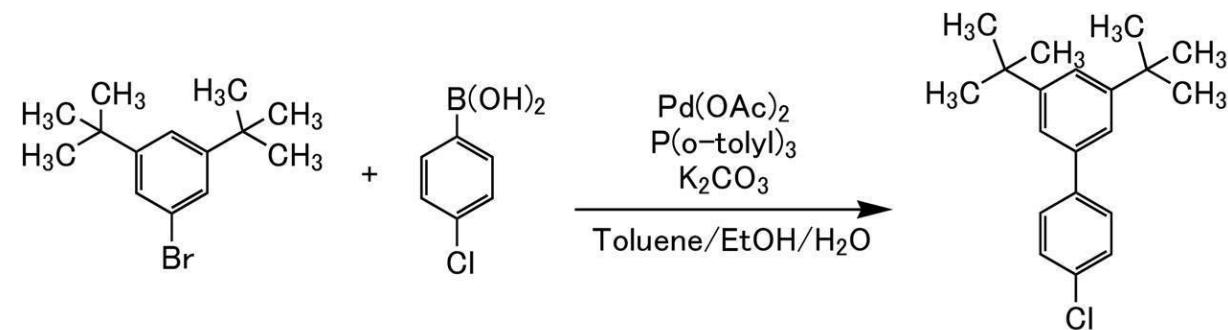
【0681】

<ステップ1: 3', 5'-ジ-tert-ブチル-4-クロロ-1,1'-ビフェニルの合成>

三口フラスコに3,5-ジ-tert-ブチル-1-ブロモベンゼン30.0 g (114 mmol)、4-クロロフェニルボロン酸19.2 g (123 mmol)、炭酸カリウム46.1 g (334 mmol)、トルエン550 mL、エタノール140 mL、水160 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。この混合物に、酢酸パラジウム251 mg (1.12 mmol)、トリス(2-メチルフェニル)ホスフィン695 mg (2.28 mmol)を加え、90 °Cにて約5時間加熱還流させた。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乾燥させた後、ろ別した溶液を濃縮して褐色の濃厚溶液を得た。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た。得られた溶液を濃縮し乾固させた。その後、ヘキサンを加え再結晶した。白色固体の析出した混合溶液を氷冷した後、ろ過した。得られた固体を約100 °Cで真空乾燥させ、目的物である白色固体を29.6 g、収率88%で得た。ステップ1の合成スキームを下式に示す。

【0682】

【化27】



30

40

【0683】

<ステップ2: mm-tBuBuBiFFの合成>

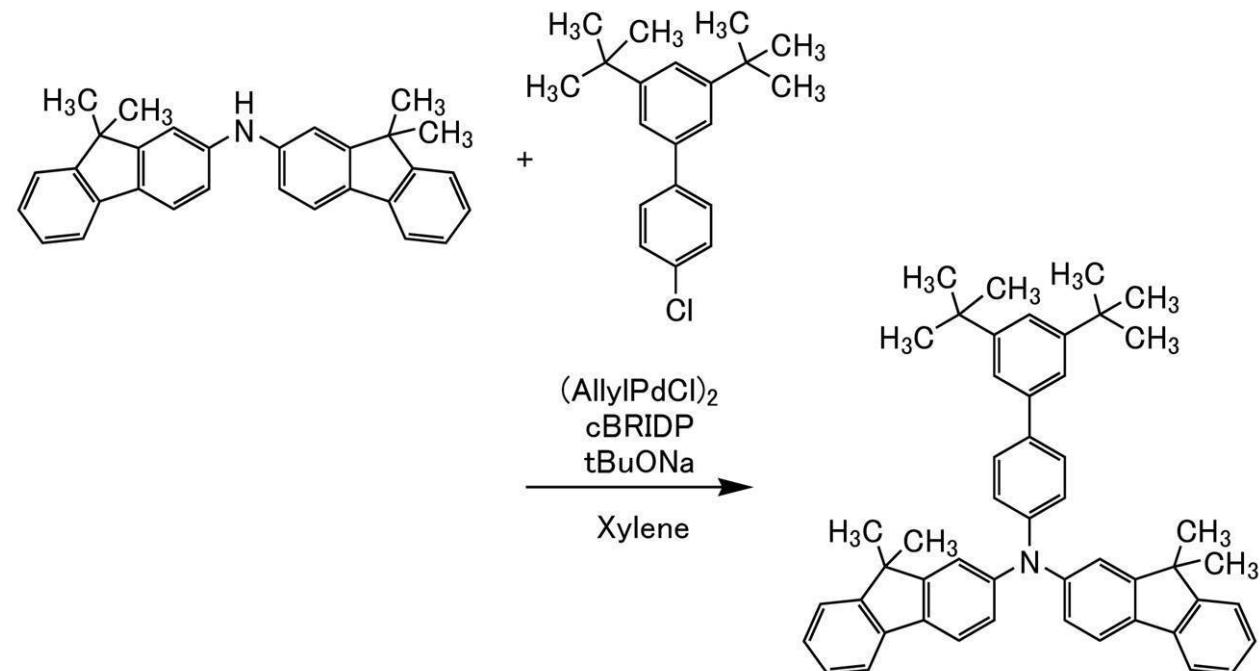
三口フラスコにビス(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)アミン30.4 g (75.7 mmol)、3',5'-ジ-tert-ブチル-4-クロロ-1,1'-ビフェニル22.8 g (75.8 mmol)、ナトリウム-tert-ブトキシド21.9 g (228 mmol)、キシレン380 mLを入れ、減圧下にて脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物を約60 °Cまで加熱攪拌した。ここで、アリル塩化パラジウム二量体(I) (略称: (AllylPdCl)2) 283 mg (0.773 mmol)、ジ-tert-ブチル(1-メチル-2,2-ジフェニルシクロプロビル)ホ

50

スフィン（略称：c B R I D P（登録商標））1.05 g（2.98 mmol）を加え、この混合物を、100にて約5時間加熱した。その後、この混合物の温度を約60に戻し、水約2mLを加え、固体を析出させた。析出した固体をろ別して溶液を得た。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100で減圧乾燥させ、目的物である白色固体を44.2 g、収率88%で得た。ステップ2の合成スキームを下に示す。

【0684】

【化28】



【0685】

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（¹H-NMR）による分析結果を下に示す。この結果より、本合成例において、N-（3',5'-ジ-tert-ブチル-1,1'-ビフェニル-4-イル）-ビス（9,9-ジメチル-9H-フルオレン）-2,2'-アミン（略称：mmtBuBuBiFFF）が合成できたことがわかった。

【0686】

¹H-NMR (500 MHz DMSO-d₆) : δ = 7.75 (t, 4H, J = 7.8 Hz), 7.62 (d, 2H, J = 9.0 Hz), 7.51 (d, 2H, J = 5.0 Hz), 7.42 (s, 2H), 7.38 (s, 1H), 7.34-7.25 (m, 6H), 7.18 (d, 2H, J = 8.0 Hz, 2.0 Hz), 7.03 (dd, 2H, J = 8.0 Hz, 2.0 Hz), 1.37 (s, 12H), 1.34 (s, 18H).

【0687】

(参考例5)

参考合成例5

本合成例では、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',5'-ジ-tert-ブチル)-1,1'-ビフェニル-4-イル]-9,9-ビス(4-tert-ブチルフェニル)-9H-フルオレン-2-アミン（略称：mmtBuBuBiOBiTBu2FLP(2)）の合成方法について説明する。mmtBuBuBiOBiTBu2FLP(2)の構造を以下に示す。

【0688】

10

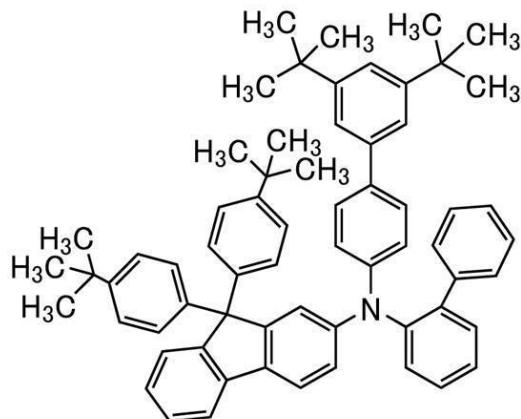
20

30

40

50

【化29】



10

【0689】

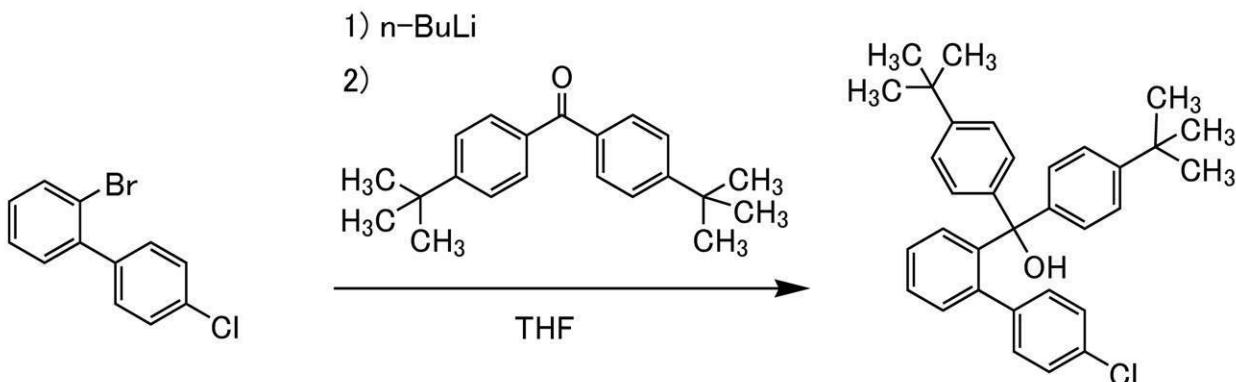
<ステップ1：ビス(4-tert-ブチルフェニル)- (3-クロロ-6-フェニルフェニル)メタノールの合成>

三口フラスコに4,4'-ジ-tert-ブチルベンゾフェノン9.98g(33.9mmol)を入れ窒素置換した。このフラスコに、テトラヒドロフラン(THF)34.0mLを加え攪拌し、4,4'-ジ-tert-ブチルベンゾフェノンTHF溶液を得た。別の三口フラスコに2-ブロモ-4'-クロロ-1,1'-ビフェニル8.26g(30.9mmol)を入れ窒素置換した。このフラスコに、THF152mLを加え、約-80℃に冷却攪拌し、n-ブチルリチウム(1.6mol/Lヘキサン溶液)23.5mL(37.6mmol)を、シリングにより滴下して加えた。滴下終了後、1時間攪拌した。攪拌後、この溶液へ先に調整した4,4'-ジ-tert-ブチルベンゾフェノンTHF溶液34.0mLを、シリングにより滴下して加えた。滴下終了後、室温に戻し1時間攪拌した。攪拌後、この溶液に約25mLの希塩酸(2.0mol/L)を加えて、1時間攪拌した。攪拌後、この混合物の水層を酢酸エチルで抽出し、抽出溶液と有機層を合わせて、飽和炭酸水素ナトリウム水溶液および飽和食塩水で洗浄した。有機層を硫酸マグネシウムにより乾燥し、乾燥後、この混合物を自然ろ過した。得られた溶液を濃縮し乾固させた。その後、トルエンを加え、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40℃で減圧乾燥させ、目的物である淡褐色固体を12.2g、収率82%で得た。合成スキームを下記式に示す。

30

【0690】

【化30】



40

【0691】

<ステップ2：2-クロロ-9,9-ビス(4-tert-ブチルフェニル)-9H-フルオレンの合成>

三口フラスコにビス(4-tert-ブチルフェニル)- (3-クロロ-6-フェニルフェニル)メタノール12.2g(20.7mmol)を入れ、シリングにより滴下して加えた。

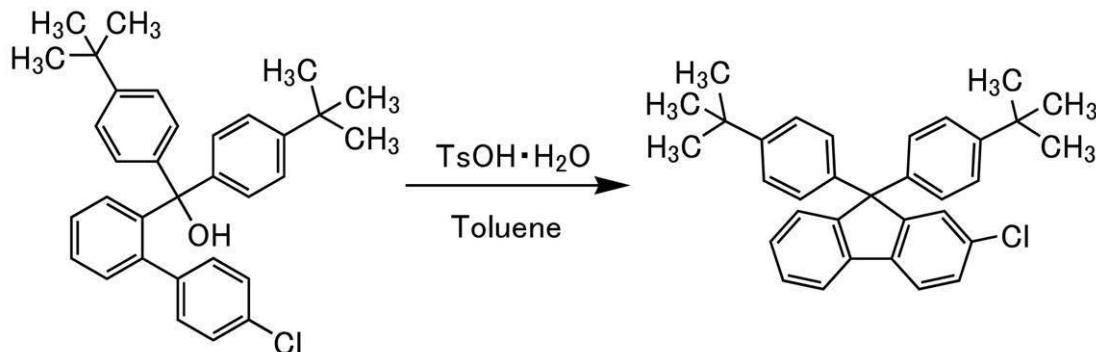
50

エニル)メタノール 12.2 g (25.3 mmol)、パラトルエンスルホン酸一水和物 211 mg (1.23 mmol)、およびトルエン 126 mL を加えた。この混合物を約 120 にて約 5 時間加熱攪拌した。その後、室温に戻しこの混合物に飽和炭酸水素ナトリウム水溶液 21.5 mL を加え、約 1 時間攪拌した。攪拌後、有機層と水層を分液し、有機層を飽和食塩水で洗浄した。有機層を濃縮し、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 100 で減圧乾燥させ、目的物である白色固体を 11.3 g、収率 97 % で得た。合成スキームを下記式に示す。

【0692】

10

【化31】



20

【0693】

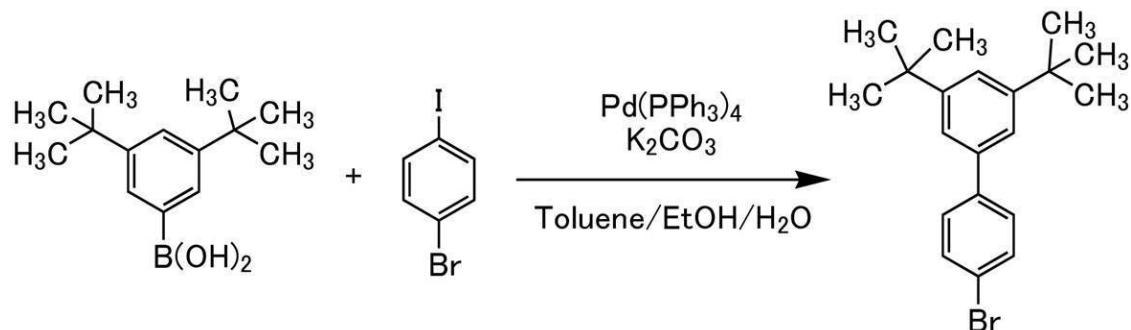
<ステップ3：3'，5' -ジ-tert-ブチル-4-ブロモ-1，1' -ビフェニルの合成>

三口フラスコに 3,5 -ジ-tert-ブチル-ベンゼンボロン酸 30.0 g (150 mmol)、4 -ブロモードベンゼン 50.9 g (180 mmol)、炭酸カリウム 62.2 g (450 mmol)、トルエン 500 mL、エタノール 125 mL、および水 225 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。この混合物に、テトラキストリフェニルホスフィンパラジウム 3.5 g (3.0 mmol) を加え、約 80 にて約 5 時間加熱還流させた。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乾燥させ、ろ別後に濃縮し、褐色固体を得た。得られた固体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乾固させた。その後、ヘキサンを加え再結晶した。白色固体の析出した混合溶液を氷冷した後、ろ過した。得られた固体を約 100 で真空乾燥させ、目的物である白色固体を 44.3 g、収率 86 % で得た。合成スキームを下記式に示す。

【0694】

30

【化32】



40

【0695】

<ステップ4：3'，5' -ジ-tert-ブチル-1，1' -ビフェニル-4 -アミンの

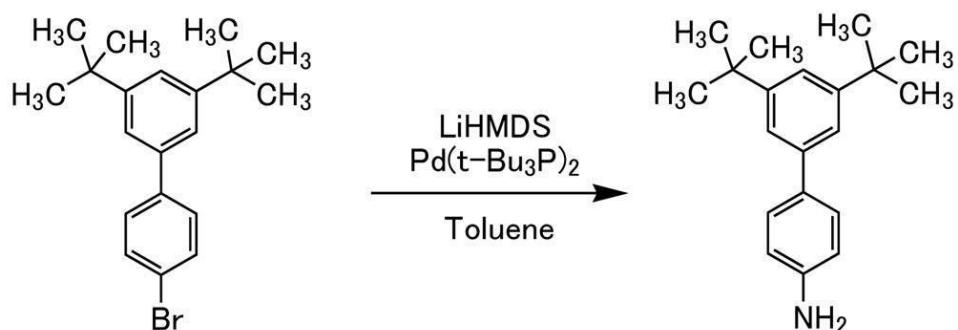
50

合成 >

三口フラスコに 3', 5'-ジ-tert-ブチル-4-ブロモ-1,1'-ビフェニル 36.9 g (107 mmol)、トルエン 530 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。この混合物にビス(トリ-tert-ブチルホスフィン)パラジウム 2.76 g (5.40 mmol) を加え約-15 まで冷却攪拌した。ここで、ビス(トリメチルシリル)アミドリチウム(略称: LiHMDS) (1.0 mol/L トルエン溶液) 120 mL (120 mmol) をシリングにより滴下して加えた。その後、120 にて約3時間加熱攪拌した。その後、室温に戻しこの混合物に水 100 mL を加え、約1時間攪拌した。攪拌後、有機層と水層を分液し、有機層を飽和炭酸水素ナトリウム水溶液と飽和食塩水で洗浄した。有機層を濃縮し、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、目的物である淡褐色固体を 29.0 g、収率 99% で得た。合成スキームを下記式に示す。

【0696】

【化33】



10

20

【0697】

<ステップ5: N-[3', 5'-ジ-tert-ブチル-1,1'-ビフェニル-3-イ
ル]-9,9-ビス(4-tert-ブチルフェニル)-9H-フルオレン-2-アミン
の合成>

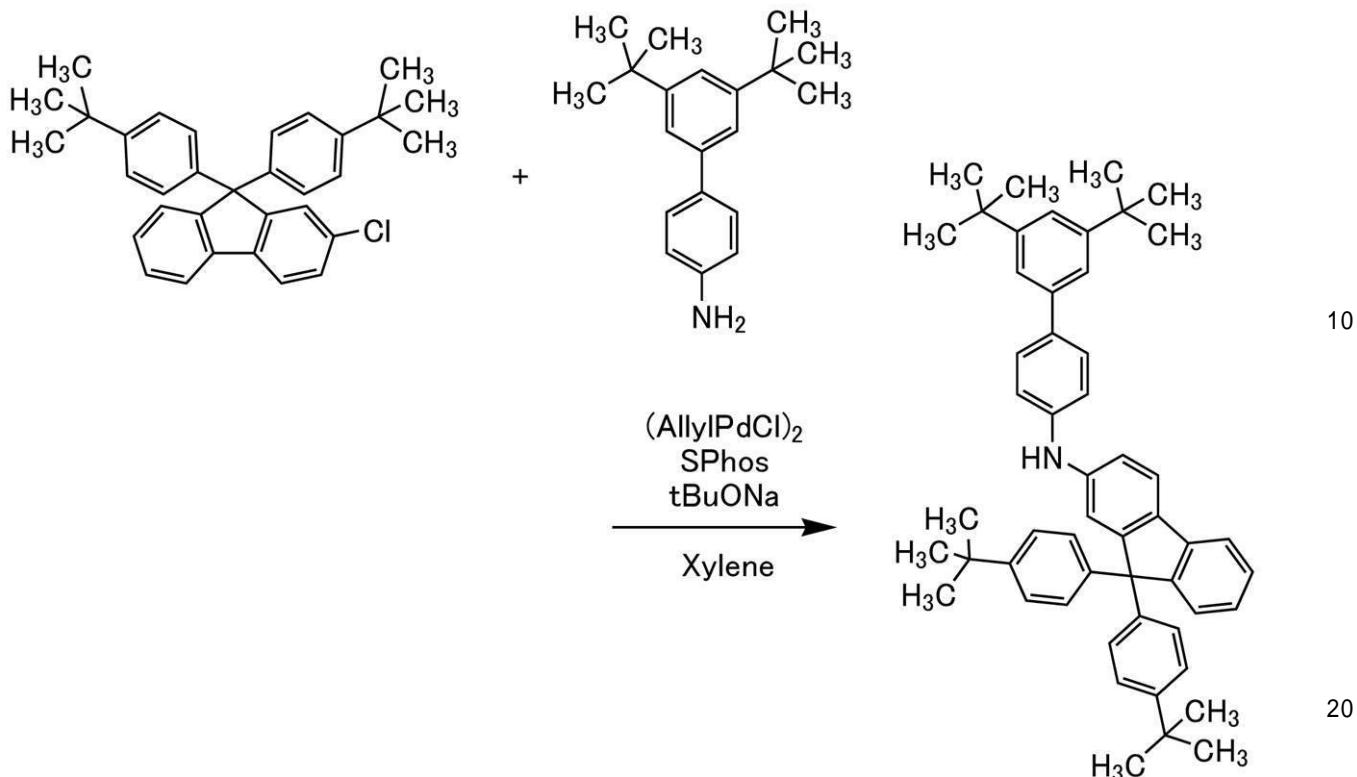
三口フラスコに 3', 5'-ジ-tert-ブチル-1,1'-ビフェニル-4-アミン 3.64 g (12.9 mmol)、2-クロロ-9,9-ビス(4-tert-ブチルフェニル)-9H-フルオレン 5.95 g (12.8 mmol)、ナトリウム-tert-ブトキシド 3.62 g (37.7 mmol)、キシレン 64.0 mL を入れ、減圧下にて脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物を約 60 まで加熱攪拌した。ここで、アリル塩化パラジウム二量体(II)(略称: (AllylPdCl)2) 56.2 mg (0.154 mmol)、2-ジシクロヘキシルホスフィノ-2',6'-ジメトキシビフェニル(略称: SPHos) 216 mg (0.526 mmol) を加え、この混合物を、90 にて約6時間加熱攪拌した。その後、フラスコの温度を約 60 に戻し、水約 1 mL を加え、固体を析出させた。析出した固体をろ別して溶液を得た。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、目的物である淡褐色固体を 7.75 g、収率 85% で得た。合成スキームを下記式に示す。

30

40

【0698】

【化34】



【0699】

<ステップ6：mmtBuBiotBu2FLP(2)の合成>

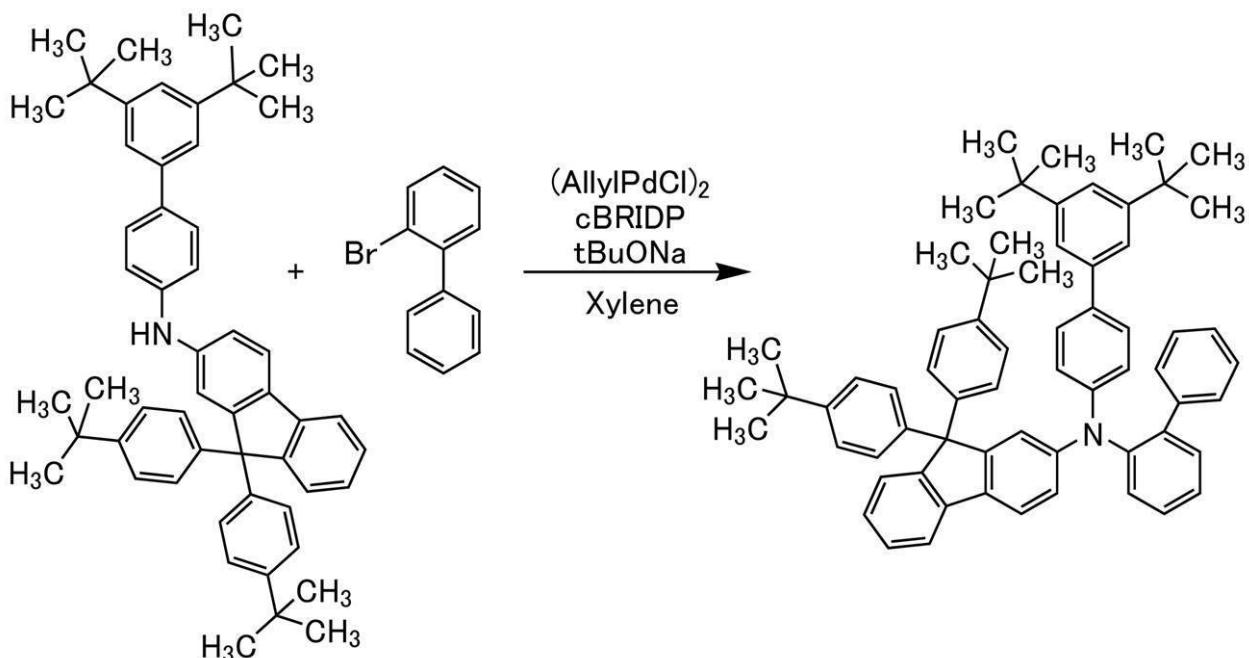
三口フラスコにN-[3',5'-ジ-tert-ブチル-1,1'-ビフェニル-3-イ
ル]-9,9-ビス(4-tert-ブチルフェニル)-9H-フルオレン-2-アミン
3.50 g (15.0 mmol)、2-ブロモ-1,1'-ビフェニル 1.17 g (1.80
mmol)、ナトリウム-tert-ブトキシド 1.41 g (37.7 mmol)、メシ
チレン 24.5 mLを入れ、減圧下にて脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。
この混合物を約60まで加熱攪拌した。ここで、アリル塩化パラジウム二量体 (II)
(略称：(AllylPdCl)2) 20.1 mg (0.154 mmol)、ジ-tert-ブチル(1-メチル-2,2-ジフェニルシクロプロピル)ホスфин(略称：cB
R1DP(登録商標)) 64.7 mg (0.204 mmol)を加え、この混合物を、1
40にて約6時間加熱攪拌した。その後、フラスコの温度を約60に戻し、水約1m
Lを加え、固体を析出させた。析出した固体をろ別して溶液を得た。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、目的
物である淡褐色固体を2.91 g、収率69%で得た。合成スキームを下記式に示す。

【0700】

40

50

【化35】



20

【0701】

上記ステップ6で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法(¹H-NMR)による分析結果を下に示す。この結果より、本合成例において、N-(1,1'-ビフェニル-2-イル)-N-[(3',5'-ジ-tert-ブチル)-1,1'-ビフェニル-4-イル]-9,9-ビス(4-tert-ブチルフェニル)-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mmtBuBiobitBu2FLP(2))が合成できたことがわかった。

【0702】

¹H-NMR (500MHz DMSO-d₆): δ = 7.68 (d, 1H, J = 7.5Hz), 7.49 (d, 1H, J = 8.0Hz), 7.45 (dt, 1H, J = 7.5Hz, 1.0Hz), 7.40-7.34 (m, 7H), 7.32-7.25 (m, 7H), 7.19 (t, 1H, J = 7.5Hz), 7.10-7.03 (m, 3H), 6.95 (d, 2H, J = 7.5Hz), 6.90 (d, 2H, J = 8.5Hz), 6.82 (d, 4H, J = 8.0Hz), 6.70 (d, 1H, J = 2.0Hz), 6.54 (dd, 1H, J = 8.5Hz, 1.5Hz), 1.33 (s, 18H), 1.26 (s, 18H).

30

【0703】

(参考例6)

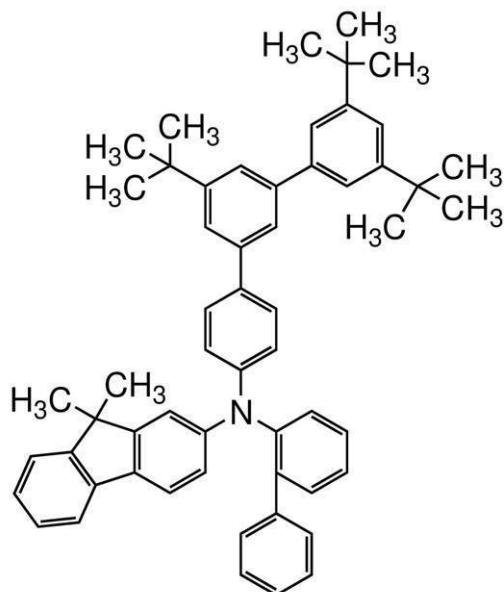
参考合成例6

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

【0704】

50

【化36】



10

【0705】

<ステップ1：4-ブロモ-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9.0g(20.1mmol)、1-ブロモ-4-ヨードベンゼン6.8g(24.1mmol)、炭酸カリウム8.3g(60.3mmol)、トルエン100mL、エタノール40mL、水道水30mLを入れ、減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換し、酢酸パラジウム9.1mg(0.40mmol)、トリフェニルホスフィン211mg(0.80mmol)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、目的物である白色固体を6.0g、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。

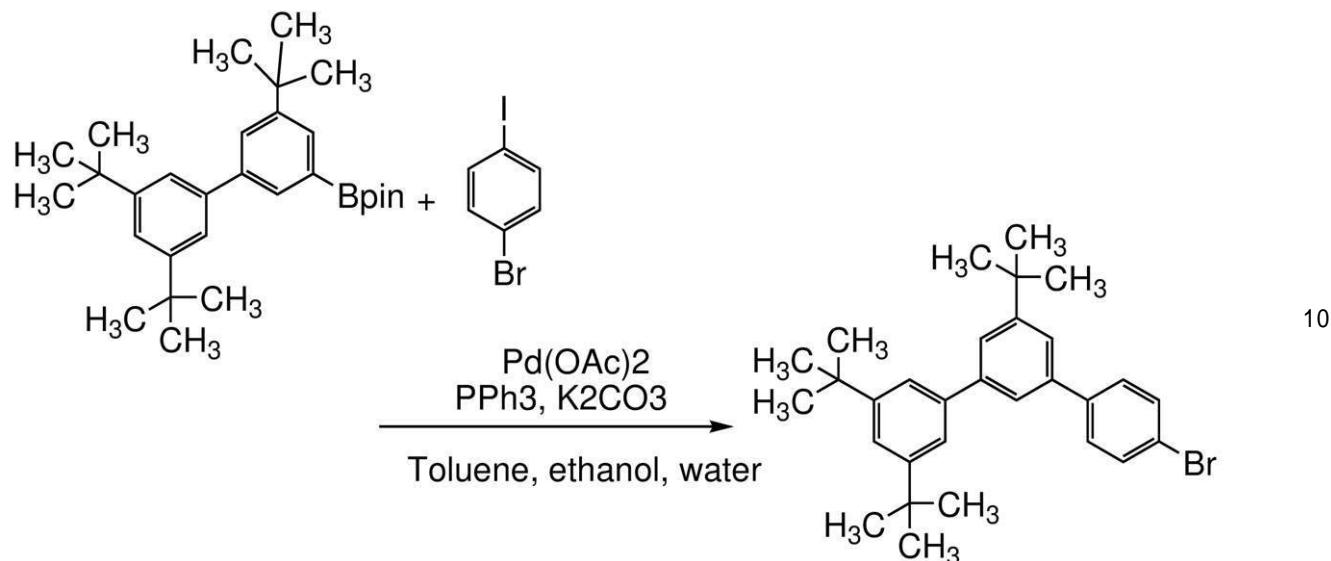
【0706】

30

40

50

【化37】

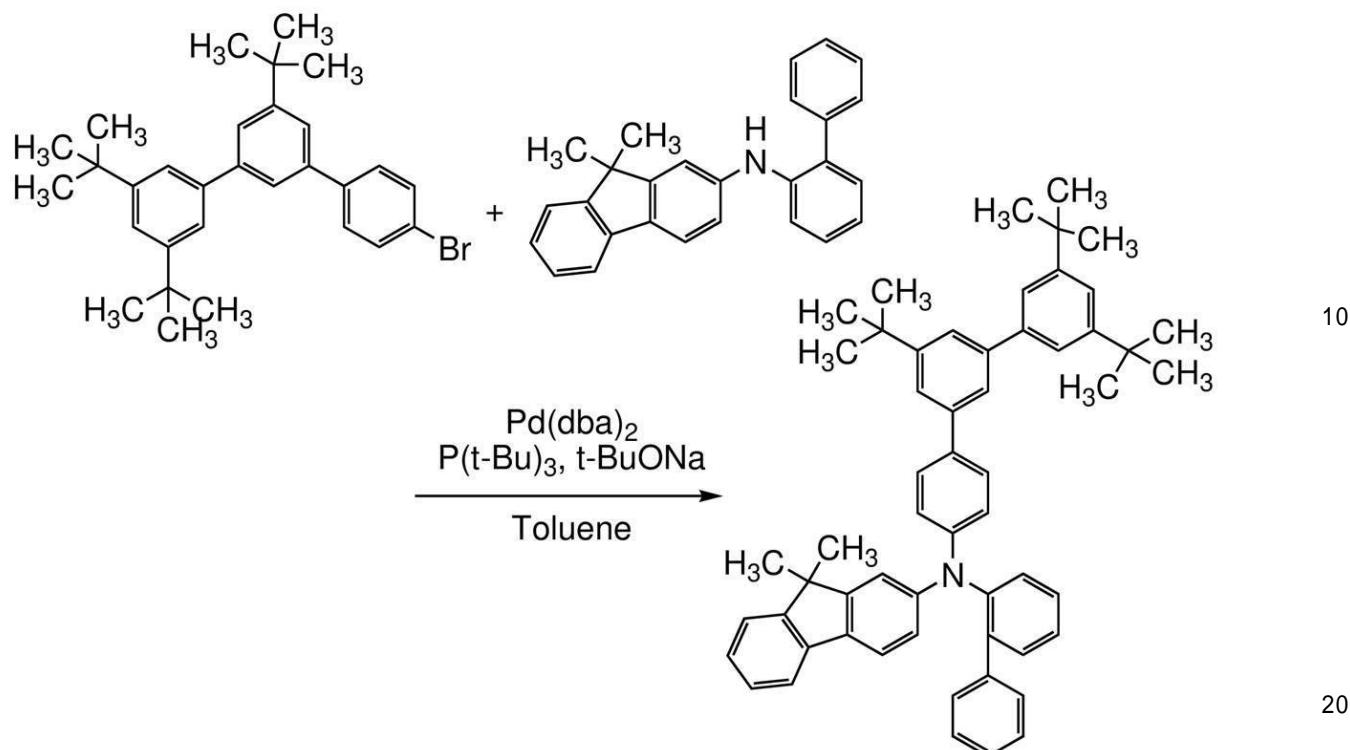


【0707】

<ステップ2：m m t B u m T P o F B i - 0 4 の合成> 20
 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 20
 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 30
 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4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

【0708】

【化38】



【0709】

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(¹H-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mmmtBuumTPoFBI-04が合成できたことがわかった。

【0710】

¹H-NMR. (CDC13): 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

【0711】

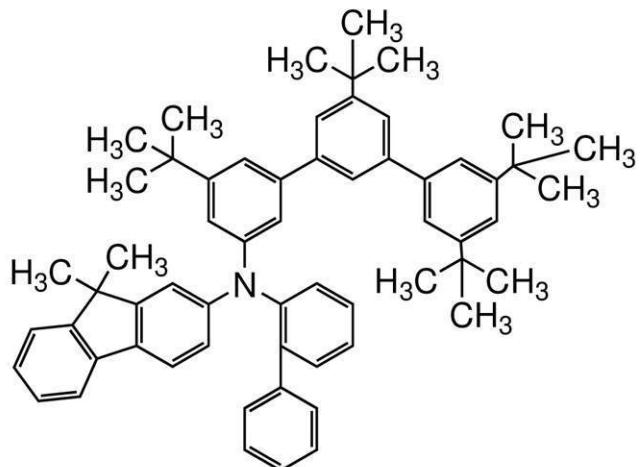
(参考例7)

参考合成例7

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'-ターフエニル-5-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mmmtBuumTPoFBI-02)の合成方法について説明する。mmmtBuumTPoFBI-02の構造式を以下に示す。 40

【0712】

【化39】



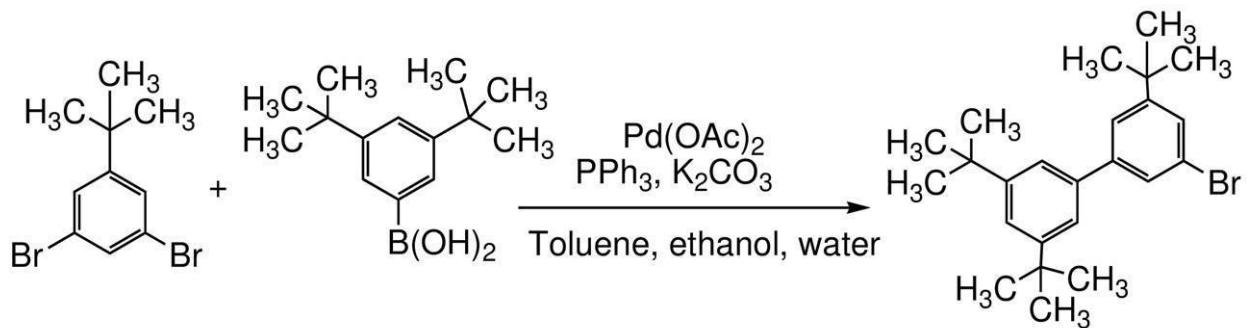
10

【0713】

＜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38.2 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 °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。

【0714】

【化40】



30

【0715】

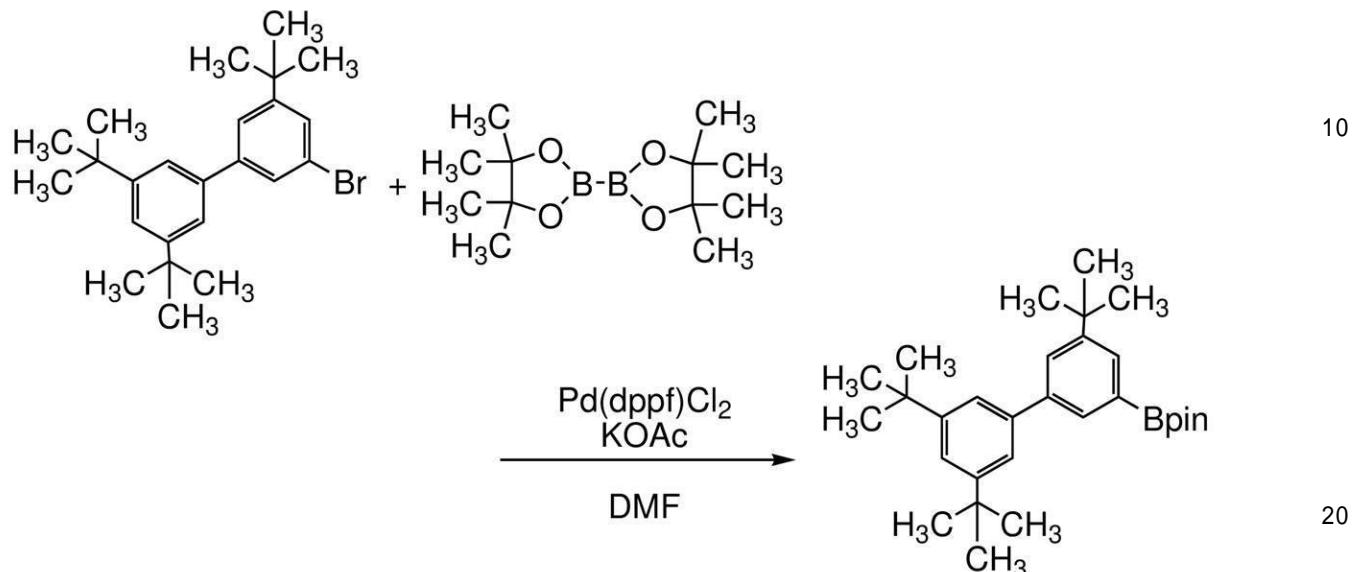
＜ステップ2：2-(3',5,5'-トリ-tert-ブチル[1,1'-ビフェニル]-3-イル)-4,4,5,5-テトラメチル-1,3,2-ジオキサボロランの合成＞
 三口フラスコにステップ1で得られた3-ブロモ-3',5,5'-トリ-tert-ブチルビフェニル15.0 g (38 mmol)、4,4,4',4',5,5,5',5'-オクタメチル-2,2'-ビ-1,3,2-ジオキサボロラン10.5 g (41 mmol)、酢酸カリウム11.0 g (113 mmol)、N,N-ジメチルホルムアミド125 mLを入れ、減圧下で脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換し、[1,1'-ビス(ジフェニルホスフィノ)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 °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、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。

【0716】

【化41】



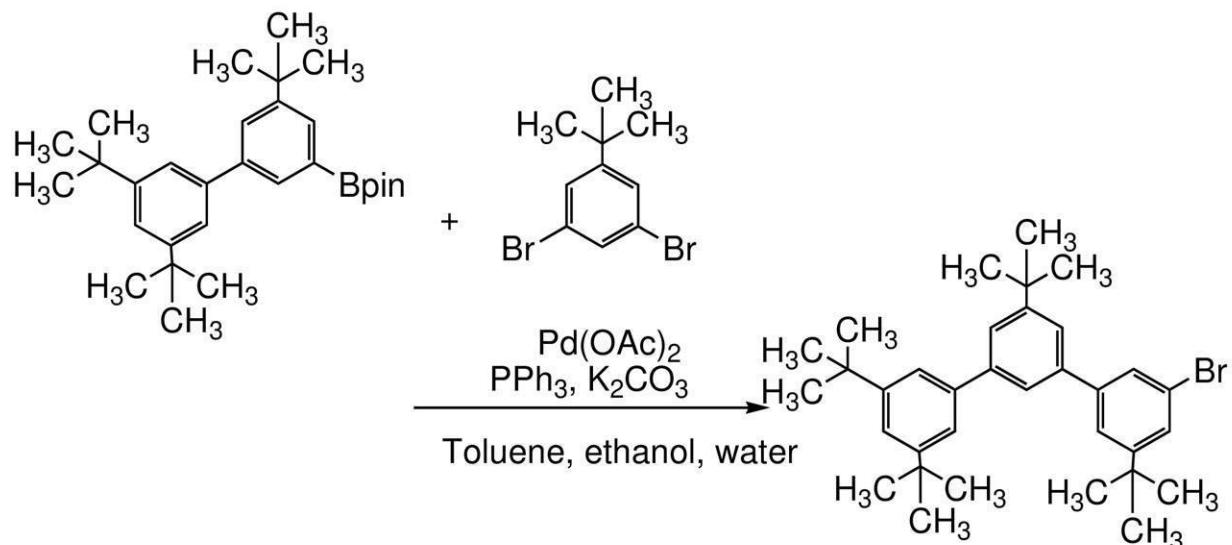
【0717】

<ステップ 3 : 3 - ブロモ - 3' , 5 , 5' , 5' - テトラ - t e r t - プチル - 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 - t e r t - プチル [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 - ジブロモ - 5 - t e r t - プチルベンゼン 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 5.0 mg (0.22 mmol)、トリフェニルホスフィン 1.16 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 - ブロモ - 3' , 5 , 5' , 5' - テトラ t e r t プチル - 1 , 1' : 3' , 1' - ターフェニルの合成スキームを下式に示す。

【0718】

【化42】



【0719】

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

三口フラスコにステップ3で得られた3-ブロモ-3', 5, 5', 5' - テトラ-^tブチル-1, 1' : 3', 1' - ターフェニル 5.8 g (10.9 mmol)、N-(1, 1' - ピフェニル-4-イル)-N-フェニル-9, 9 - ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン 3.9 g (10.9 mmol)、ナトリウム^ter tブトキシド 3.1 g (32.7 mmol)、トルエン 55 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、ビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0) 64 mg (0.11 mmol)、トリ-^ter t-ブチルホスフィン 132 mg (0.65 mmol)を加え、約2時間、80 °Cにて加熱した。その後、フラスコの温度を約60 °Cに戻し、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 °Cにて析出物をろ過し、得られた固体を約80 °Cで減圧乾燥させ、目的物である白色固体を 8.1 g、収率 91 %で得た。m m t B u m T P o F B i - 0 2 の合成スキームを下記式に示す。

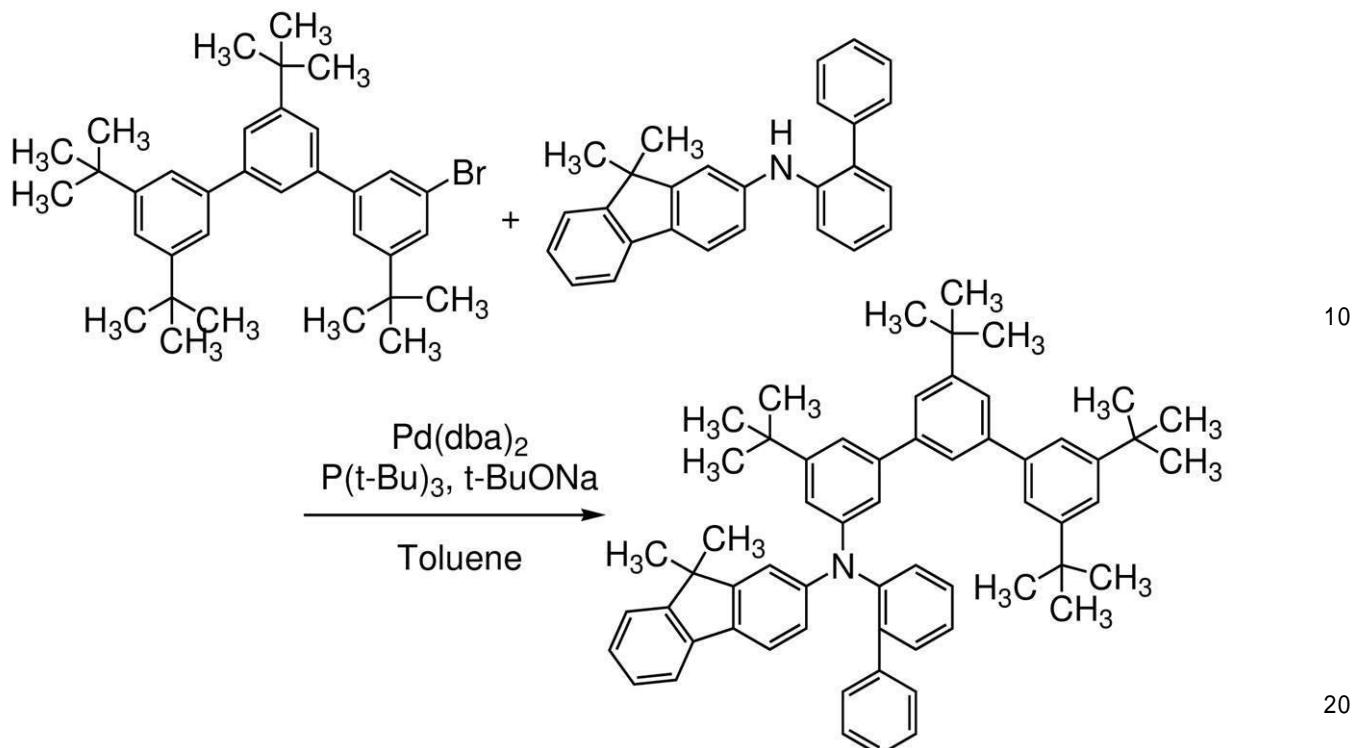
【0720】

30

40

50

【化 4 3】



〔 0 7 2 1 〕

なお、上記より得られた白色粉末の核磁気共鳴分光法 (¹H-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 *m m t B u m T P o F B i - 0 2* が合成できたことがわかった。

[0 7 2 2]

¹ H - N M R . (C D C 1 3) : 7 . 5 6 (d , 1 H , J = 7 . 4 H z) , 7 . 5 0 (d d , 1 H , J = 1 . 7 H z) , 7 . 3 3 - 7 . 4 6 (m , 1 1 H) , 7 . 2 7 - 7 . 2 9 (m , 2 H) , 7 . 2 2 (d d , 1 H , J = 2 . 3 H z) , 7 . 1 5 (d , 1 H , J = 6 . 9 H z) , 6 . 9 8 - 7 . 0 7 (m , 7 H) , 6 . 9 3 (s , 1 H) , 6 . 8 4 (d , 1 H , J = 6 . 3 H z) , 1 . 3 8 (s , 9 H) , 1 . 3 7 (s , 1 8 H) , 1 . 3 1 (s , 6 H) , 1 . 2 0 (s , 9 H) .

【符号の説明】

〔 0 7 2 3 〕

1 0	第 1 の 電 極
2 0	キ ャ リ ア 注 入 層
2 1	層
3 0	第 2 の 電 極
4 0	発 光 層
4 1 a	画 素 回 路
4 1 b	画 素 回 路
4 2 a	画 素 回 路
4 2 b	画 素 回 路
4 3 a	画 素 回 路
4 3 b	画 素 回 路
5 0	E L 層
5 1 a	配 線
5 1 b	配 線
5 2 a	配 線

10

20

30

40

50

5 2 b	配線	
5 2 c	配線	
5 2 d	配線	
5 3 a	配線	
5 3 b	配線	
5 3 c	配線	
6 0	表示素子	
6 1	トランジスタ	
6 2	トランジスタ	
6 3	容量素子	10
7 0	画素ユニット	
7 0 a	画素	
7 0 b	画素	
7 1 a	副画素	
7 1 b	副画素	
7 2 a	副画素	
7 2 b	副画素	
7 3 a	副画素	
7 3 b	副画素	
1 0 0	基板	20
1 0 1	第1の電極	
1 0 1 B	第1の電極	
1 0 1 C	接続電極	
1 0 1 G	第1の電極	
1 0 1 R	第1の電極	
1 0 2	第2の電極	
1 0 3	EL層	
1 0 3 B	EL層	
1 0 3 B b	EL膜	
1 0 3 G	EL層	30
1 0 3 G b	EL膜	
1 0 3 R	EL層	
1 0 3 R b	EL膜	
1 1 0 B	発光デバイス	
1 1 0 G	発光デバイス	
1 1 0 R	発光デバイス	
1 1 1	正孔注入層	
1 1 2	正孔輸送層	
1 1 3	発光層	
1 1 4	電子輸送層	40
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	
1 2 0	電子ブロック層	
1 2 1	絶縁層	
1 3 0	接続部	
1 3 1	保護層	
1 4 3 a	レジストマスク	50

1 4 3 b	レジストマスク	
1 4 3 c	レジストマスク	
1 4 4 a	犠牲膜	
1 4 4 b	犠牲膜	
1 4 4 c	犠牲膜	
1 4 5 a	犠牲層	
1 4 5 b	犠牲層	
1 4 5 c	犠牲層	
1 4 6 a	保護膜	
1 4 6 b	保護膜	10
1 4 6 c	保護膜	
1 4 7 a	保護層	
1 4 7 b	保護層	
1 4 7 c	保護層	
2 0 1	トランジスタ	
2 0 2	トランジスタ	
2 0 4	接続部	
2 0 5	トランジスタ	
2 0 9	トランジスタ	
2 1 0	トランジスタ	20
2 1 1	絶縁層	
2 1 2	絶縁層	
2 1 3	絶縁層	
2 1 4	絶縁層	
2 1 5	絶縁層	
2 1 8	絶縁層	
2 2 1	導電層	
2 2 2 a	導電層	
2 2 2 b	導電層	
2 2 3	導電層	30
2 2 5	絶縁層	
2 2 8	領域	
2 3 1	半導体層	
2 3 1 i	チャネル形成領域	
2 3 1 n	低抵抗領域	
2 4 0	容量	
2 4 1	導電層	
2 4 2	接続層	
2 4 3	絶縁層	
2 4 5	導電層	40
2 5 1	導電層	
2 5 2	導電層	
2 5 4	絶縁層	
2 5 5	絶縁層	
2 5 6	プラグ	
2 6 1	絶縁層	
2 6 2	絶縁層	
2 6 3	絶縁層	
2 6 4	絶縁層	
2 6 5	絶縁層	50

2 7 1	プラグ	
2 7 4	プラグ	
2 7 4 a	導電層	
2 7 4 b	導電層	
2 8 0	表示モジュール	
2 8 1	表示部	
2 8 2	回路部	
2 8 3	画素回路部	
2 8 3 a	画素回路	10
2 8 4	画素部	
2 8 4 a	画素	
2 8 5	端子部	
2 8 6	配線部	
2 9 0	F P C	
2 9 1	基板	
2 9 2	基板	
3 0 1	基板	
3 1 0	トランジスタ	
3 1 1	導電層	
3 1 2	低抵抗領域	20
3 1 3	絶縁層	
3 1 4	絶縁層	
3 1 5	素子分離層	
3 2 0	トランジスタ	
3 2 1	半導体層	
3 2 3	絶縁層	
3 2 4	導電層	
3 2 5	導電層	
3 2 6	絶縁層	
3 2 7	導電層	30
3 2 8	絶縁層	
3 2 9	絶縁層	
3 3 1	基板	
3 3 2	絶縁層	
4 0 0	発光装置	
4 0 0 A	発光装置	
4 0 0 B	発光装置	
4 0 0 C	発光装置	
4 0 0 D	発光装置	
4 0 0 E	発光装置	40
4 0 1	層	
4 1 1 a	画素電極	
4 1 1 b	画素電極	
4 1 1 c	画素電極	
4 1 6	保護層	
4 1 6 a	無機絶縁層	
4 1 6 b	有機絶縁層	
4 1 6 c	無機絶縁層	
4 1 7	遮光層	
4 1 9	樹脂層	50

4 2 0	基板	
4 2 1	絶縁層	
4 2 6 a	光学調整層	
4 2 6 b	光学調整層	
4 2 6 c	光学調整層	
4 3 0 a	発光デバイス	
4 3 0 b	発光デバイス	
4 3 0 c	発光デバイス	
4 4 2	接着層	
4 4 3	空間	10
4 5 1	基板	
4 5 2	基板	
4 5 3	基板	
4 5 4	基板	
4 5 5	接着層	
4 6 2	表示部	
4 6 4	回路	
4 6 5	配線	
4 6 6	導電層	
4 7 2	F P C	20
4 7 3	I C	
5 0 1	第1の電極	
5 0 2	第2の電極	
5 1 1	発光ユニット	
5 1 2	発光ユニット	
5 1 3	電荷発生層	
5 1 5	E L層	
6 0 1	ソース線駆動回路	
6 0 1	駆動回路部	
6 0 2	画素部	30
6 0 3	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	
6 0 8	配線	
6 1 0	素子基板	
6 1 1	スイッチング用FET	
6 1 2	電流制御用FET	
6 1 3	第1の電極	
6 1 4	絶縁物	40
6 1 6	E L層	
6 1 7	第2の電極	
6 1 8	発光デバイス	
6 2 3	FET	
1 0 0 1	基板	
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	50

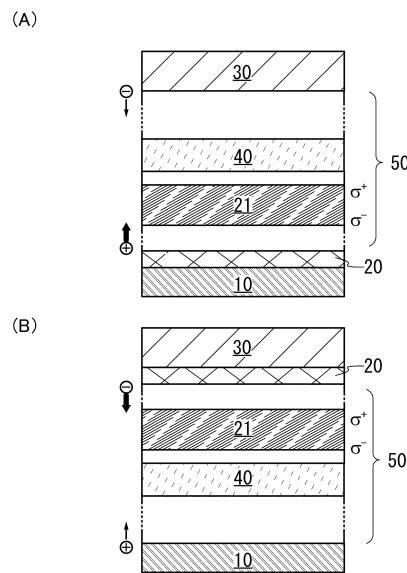
1 0 2 0	層間絶縁膜	
1 0 2 1	層間絶縁膜	
1 0 2 2	電極	
1 0 2 4 B	第1の電極	
1 0 2 4 G	第1の電極	
1 0 2 4 R	第1の電極	
1 0 2 4 W	第1の電極	
1 0 2 5	隔壁	
1 0 2 8	E L層	10
1 0 2 9	第2の電極	
1 0 3 1	封止基板	
1 0 3 2	シール材	
1 0 3 3	基材	
1 0 3 4 B	着色層	
1 0 3 4 G	着色層	
1 0 3 4 R	着色層	
1 0 3 5	ブラックマトリクス	
1 0 3 6	オーバーコート層	
1 0 3 7	層間絶縁膜	
1 0 4 0	画素部	20
1 0 4 1	駆動回路部	
1 0 4 2	周辺部	
6 5 0 0	電子機器	
6 5 0 1	筐体	
6 5 0 2	表示部	
6 5 0 3	電源ボタン	
6 5 0 4	ボタン	
6 5 0 5	スピーカ	
6 5 0 6	マイク	
6 5 0 7	カメラ	30
6 5 0 8	光源	
6 5 1 0	保護部材	
6 5 1 1	表示パネル	
6 5 1 2	光学部材	
6 5 1 3	タッチセンサパネル	
6 5 1 5	F P C	
6 5 1 6	I C	
6 5 1 7	プリント基板	
6 5 1 8	バッテリ	
7 0 0 0	表示部	40
7 1 0 0	テレビジョン装置	
7 1 0 1	筐体	
7 1 0 3	スタンド	
7 1 1 1	リモコン操作機	
7 2 0 0	ノート型パーソナルコンピュータ	
7 2 1 1	筐体	
7 2 1 2	キーボード	
7 2 1 3	ポインティングデバイス	
7 2 1 4	外部接続ポート	
7 3 0 0	デジタルサイネージ	50

7 3 0 1	筐体	
7 3 0 3	スピーカ	
7 3 1 1	情報端末機	
7 4 0 0	デジタルサイネージ	
7 4 0 1	柱	
7 4 1 1	情報端末機	
8 0 0 0	カメラ	
8 0 0 1	筐体	
8 0 0 2	表示部	
8 0 0 3	操作ボタン	10
8 0 0 4	シャッター ボタン	
8 0 0 6	レンズ	
8 1 0 0	ファインダー	
8 1 0 1	筐体	
8 1 0 2	表示部	
8 1 0 3	ボタン	
8 2 0 0	ヘッドマウントディスプレイ	
8 2 0 1	装着部	
8 2 0 2	レンズ	
8 2 0 3	本体	20
8 2 0 4	表示部	
8 2 0 5	ケーブル	
8 2 0 6	バッテリ	
8 3 0 0	ヘッドマウントディスプレイ	
8 3 0 1	筐体	
8 3 0 2	表示部	
8 3 0 4	固定具	
8 3 0 5	レンズ	
8 4 0 0	ヘッドマウントディスプレイ	
8 4 0 1	筐体	30
8 4 0 2	装着部	
8 4 0 3	緩衝部材	
8 4 0 4	表示部	
8 4 0 5	レンズ	
9 0 0 0	筐体	
9 0 0 1	表示部	
9 0 0 3	スピーカ	
9 0 0 5	操作キー	
9 0 0 6	接続端子	
9 0 0 7	センサ	40
9 0 0 8	マイクロフォン	
9 0 5 0	アイコン	
9 0 5 1	情報	
9 0 5 2	情報	
9 0 5 3	情報	
9 0 5 4	情報	
9 0 5 5	ヒンジ	
9 1 0 1	携帯情報端末	
9 1 0 2	携帯情報端末	
9 2 0 0	携帯情報端末	50

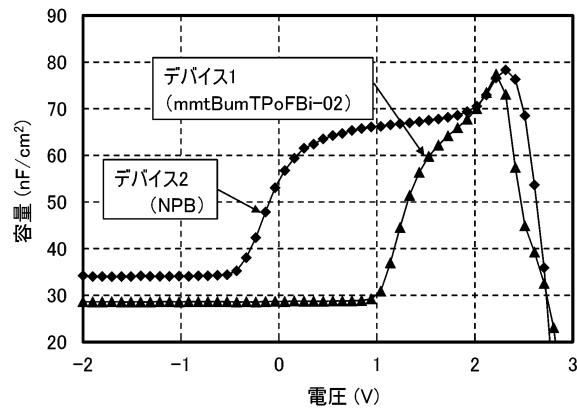
9 2 0 1 携帯情報端末

【図面】

【図1】



【図2】



10

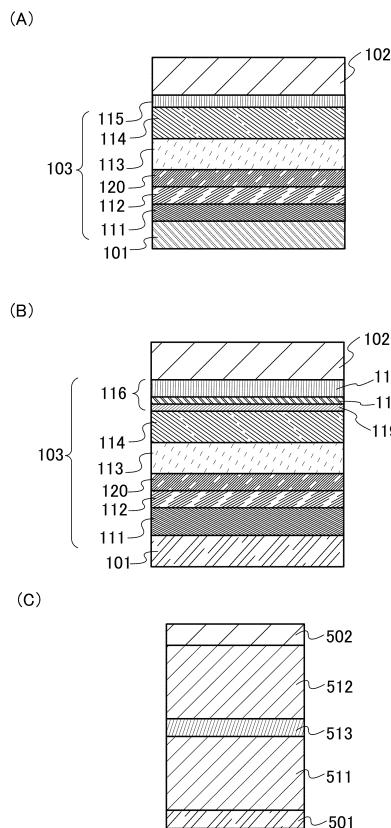
20

30

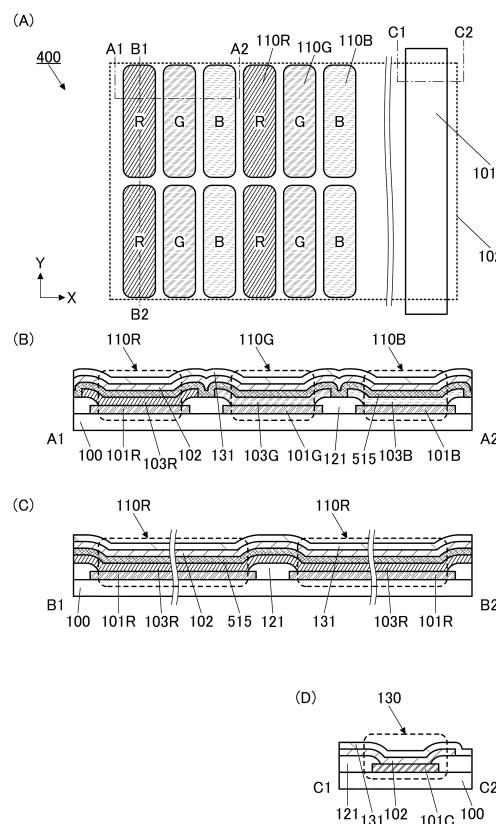
40

50

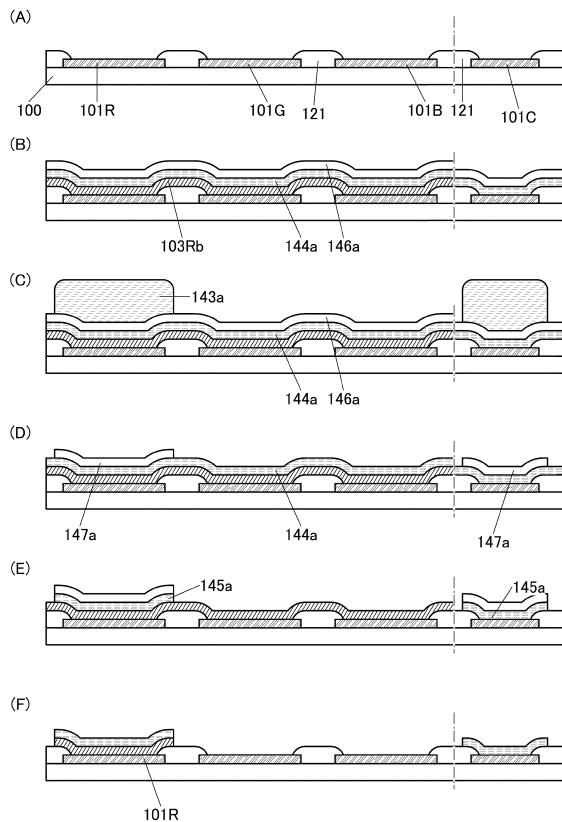
【図3】



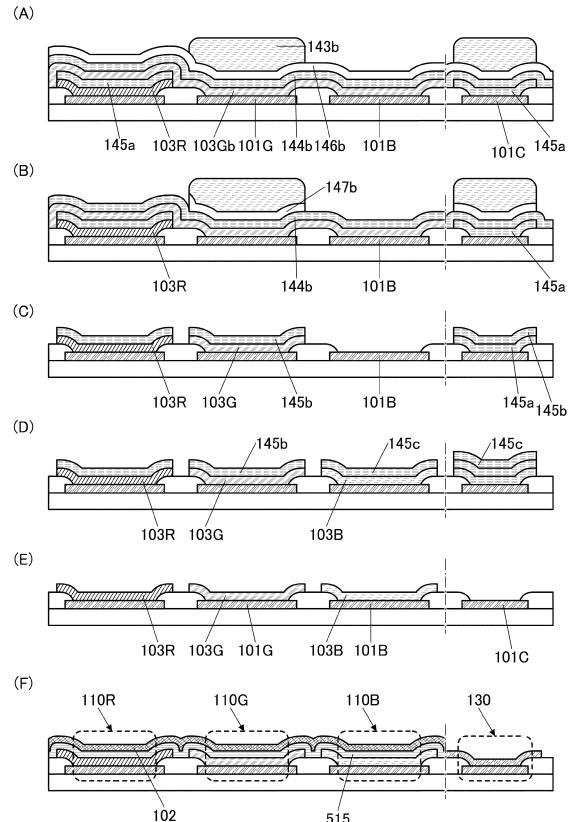
【図4】



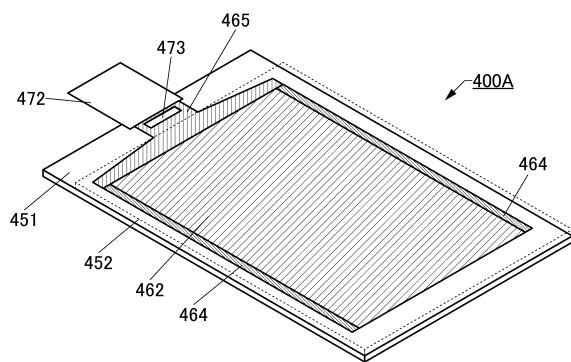
【 図 5 】



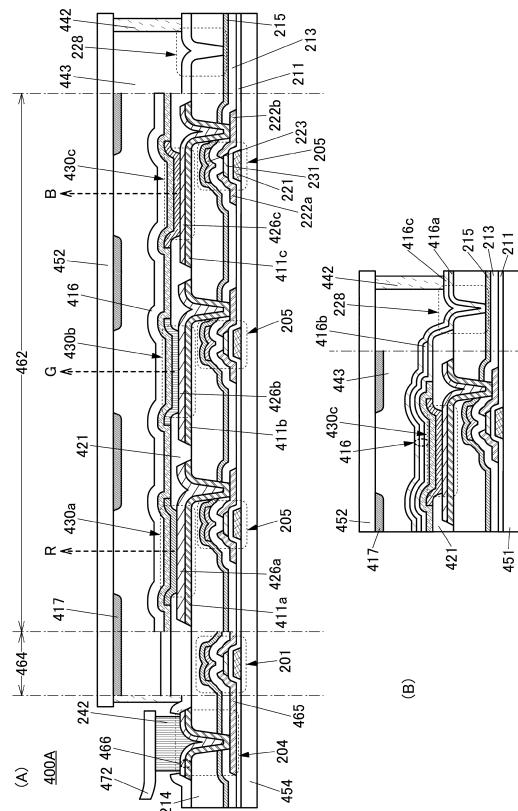
〔 四 6 〕



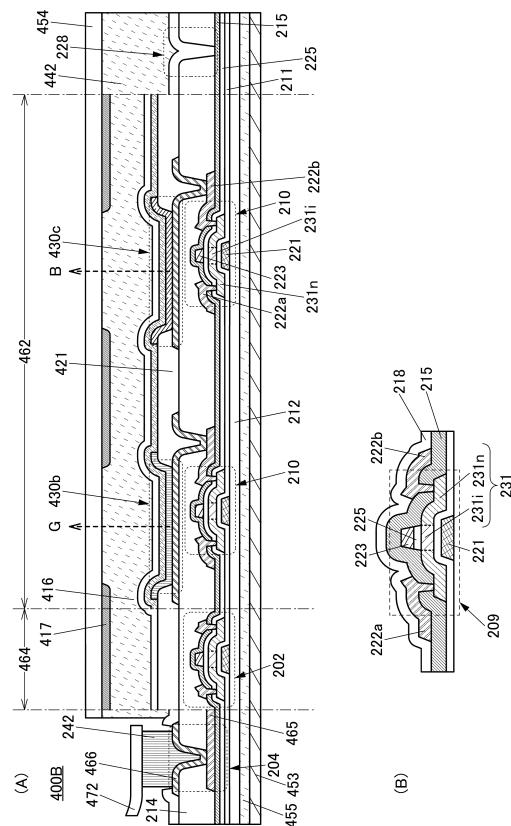
【 四 7 】



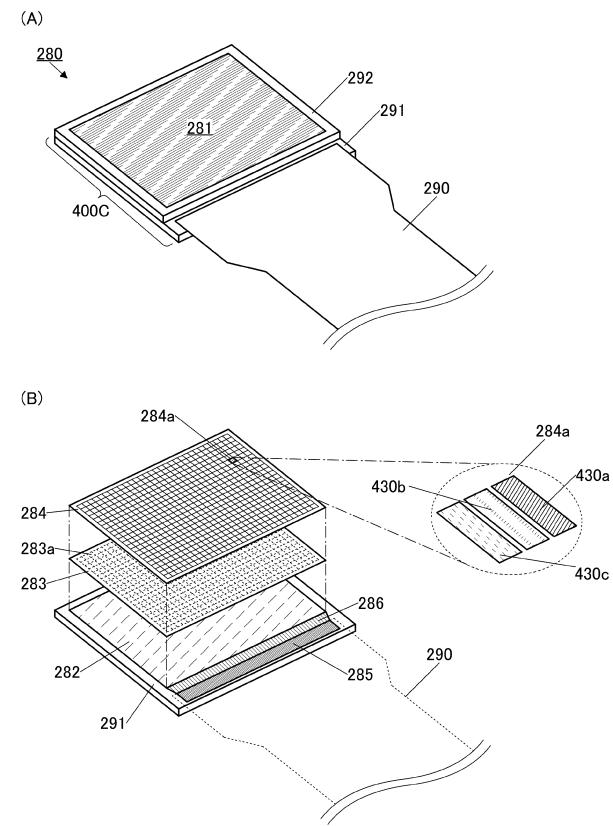
【 8 】



【図9】



【図10】



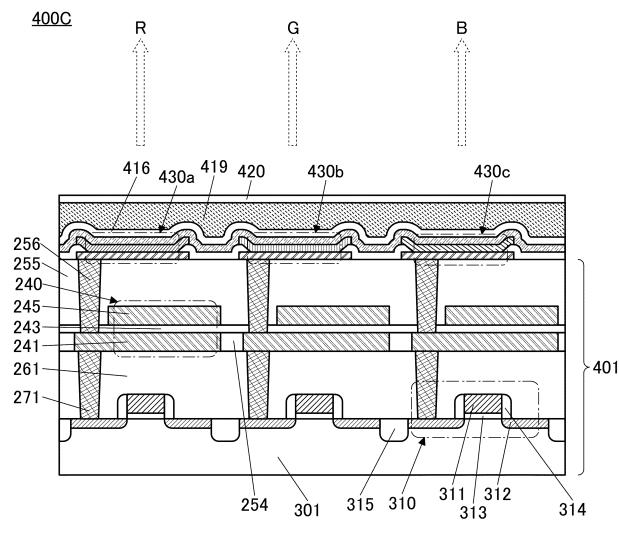
10

20

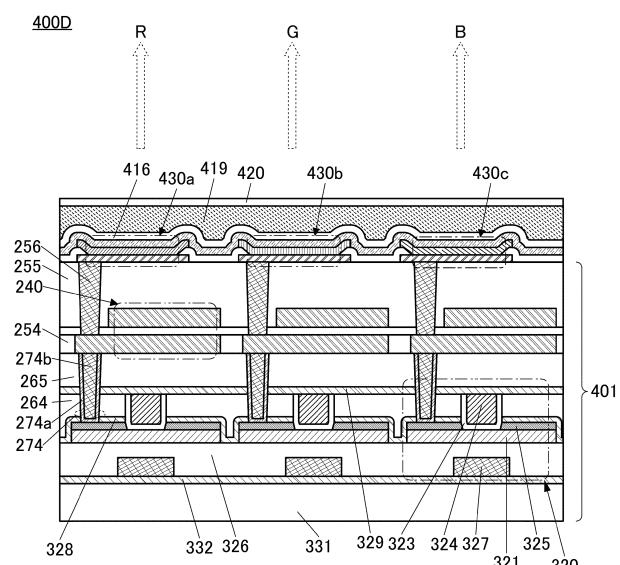
30

40

【図11】

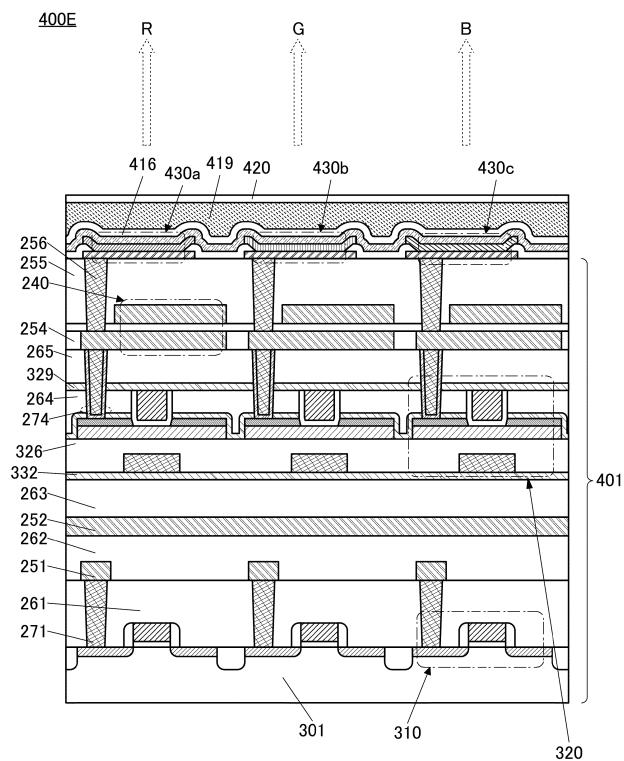


【図12】

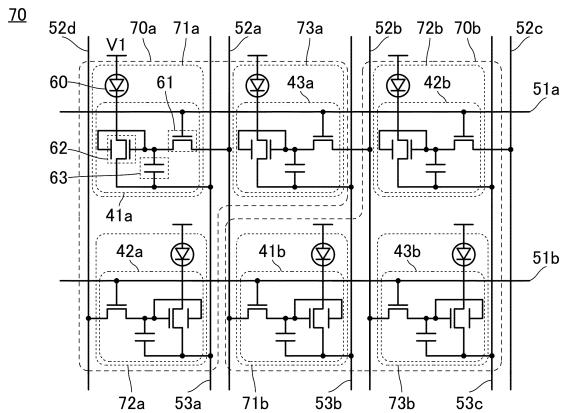


50

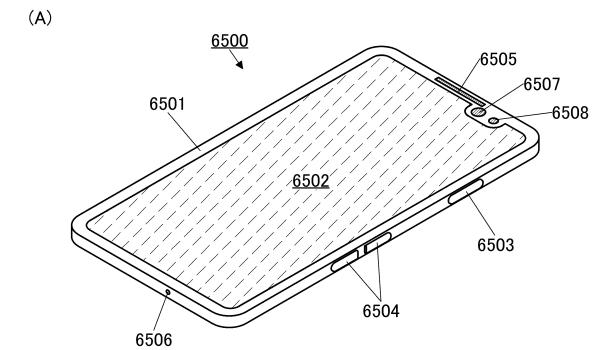
【 図 1 3 】



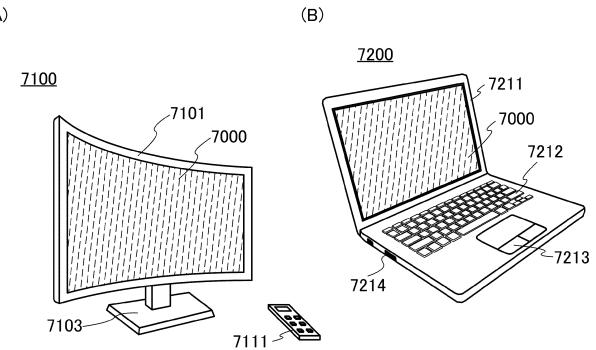
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】

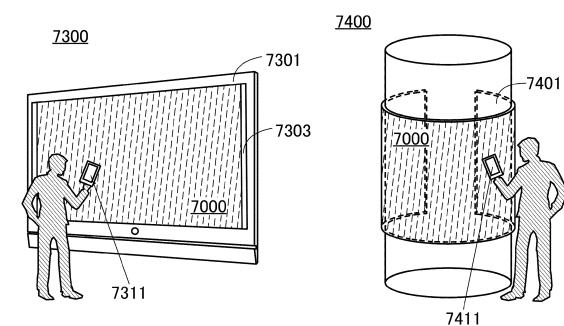


【図16】

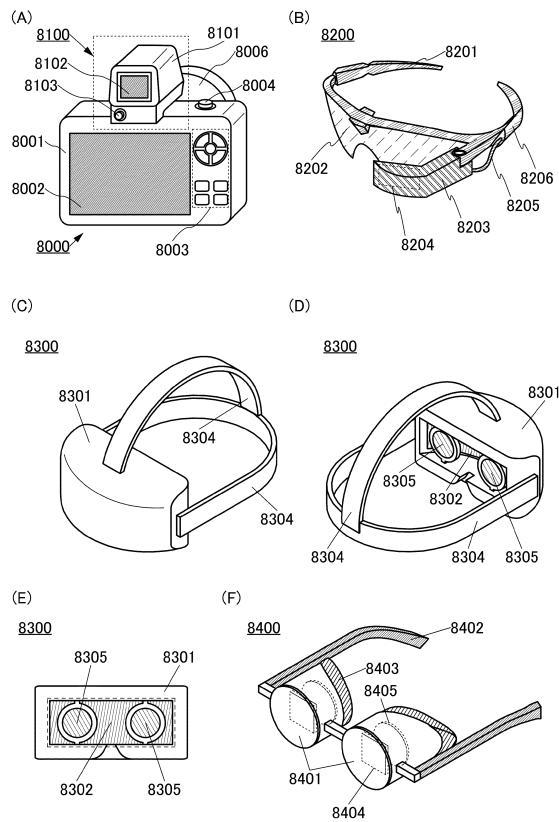


(B) Cross-sectional view of the sensor assembly showing the internal structure of the sensor element 6502 and its connection to the lead frame 6510, 6511, 6512, 6513, 6515, 6516, 6517, 6518, and 6501.

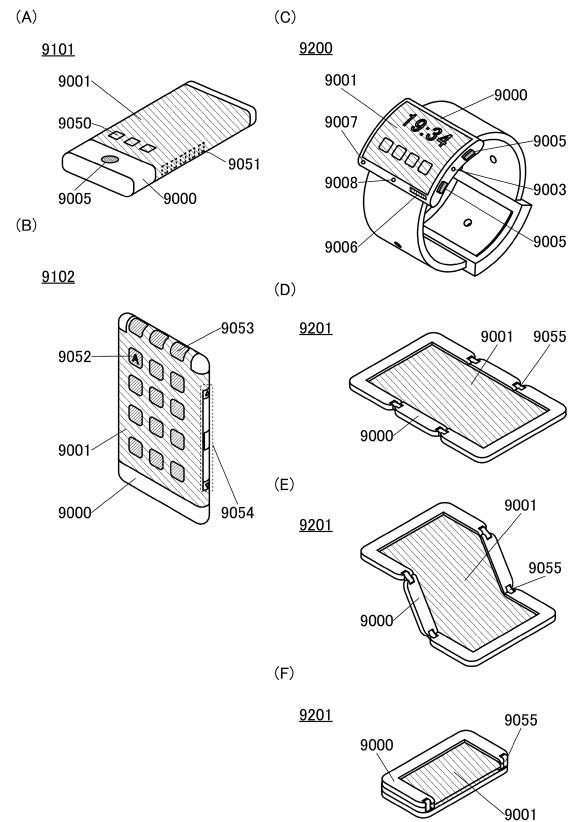
(C) (D)



【図17】



【図18】



10

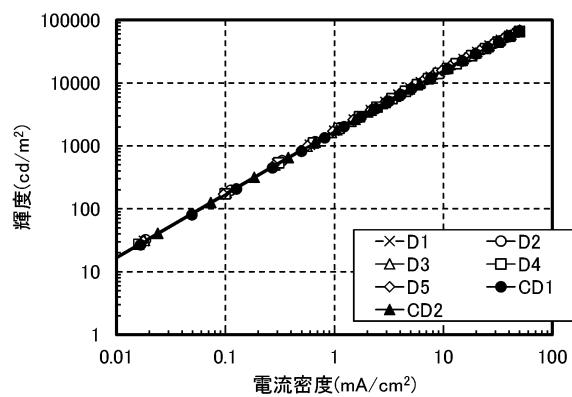
20

30

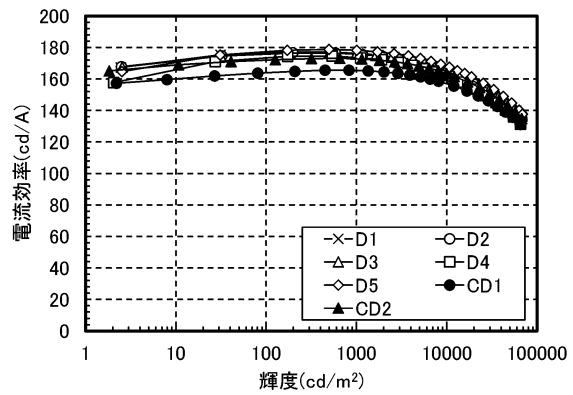
40

50

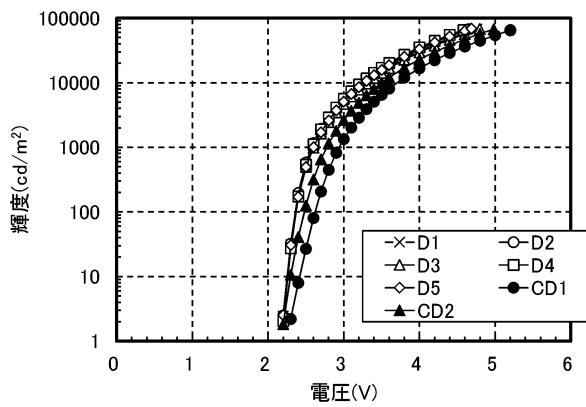
【図19】



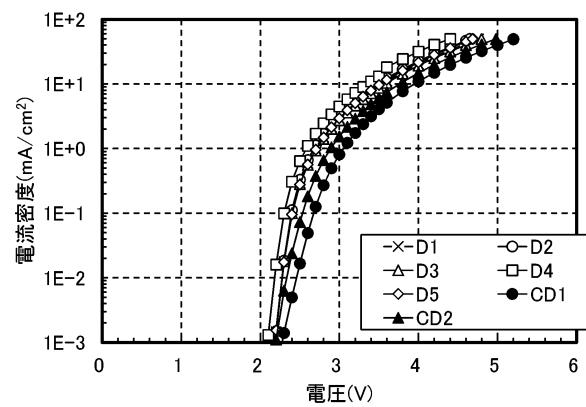
【図20】



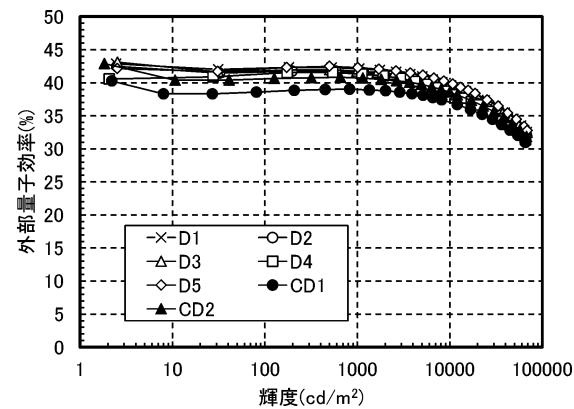
【図2-1】



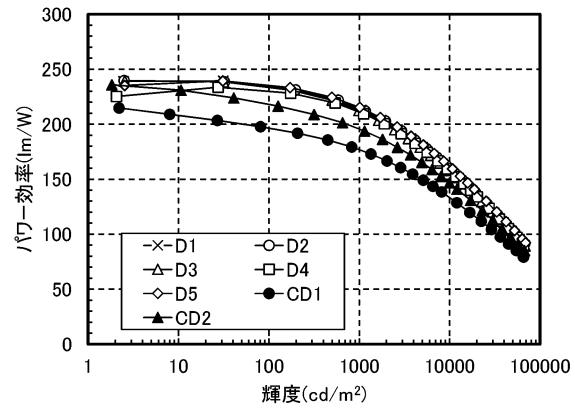
【図2-2】



【図2-3】



【図2-4】



10

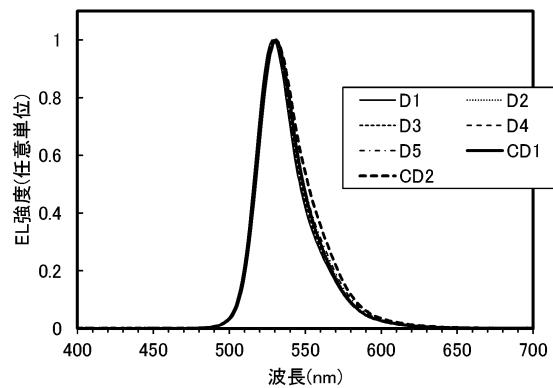
20

30

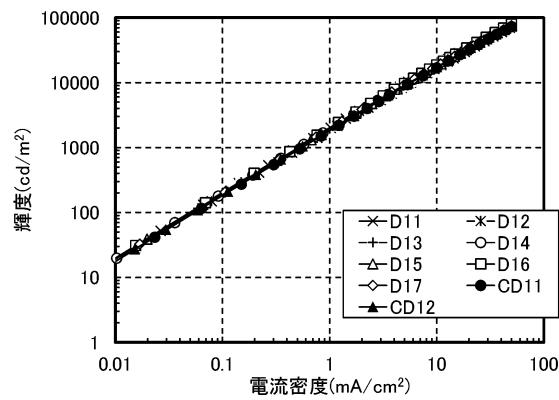
40

50

【図25】



【図26】



10

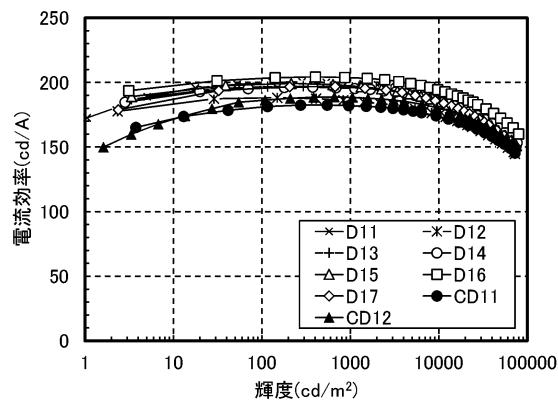
20

30

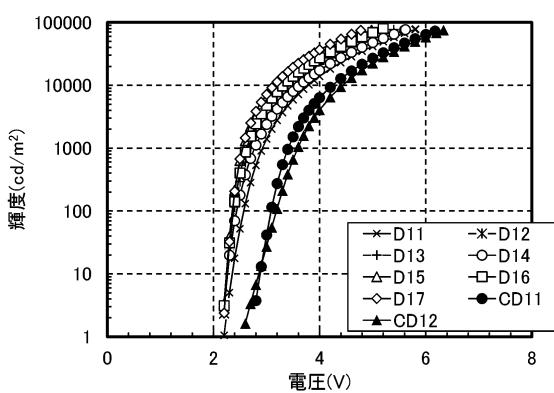
40

50

【図27】

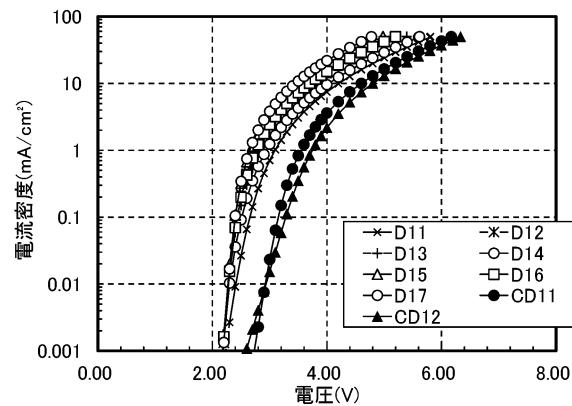


【図28】

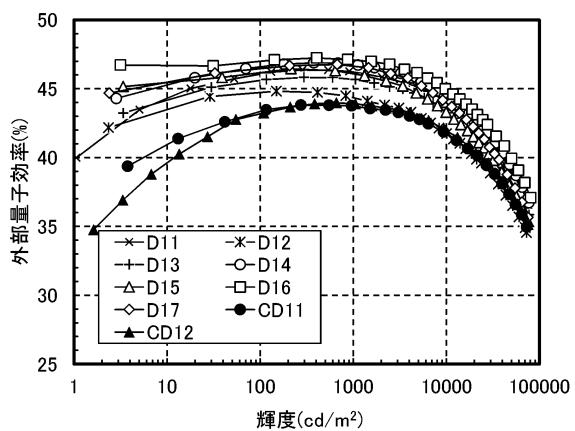


50

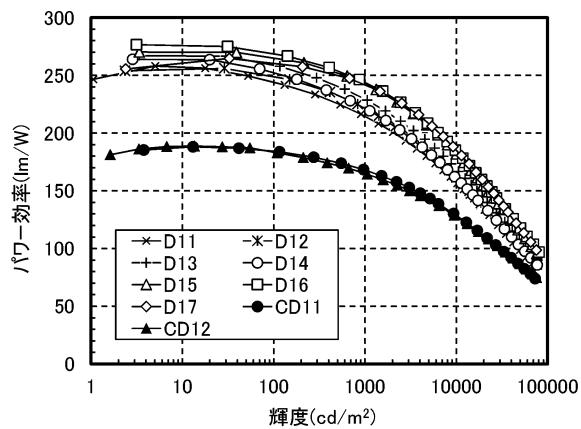
【図29】



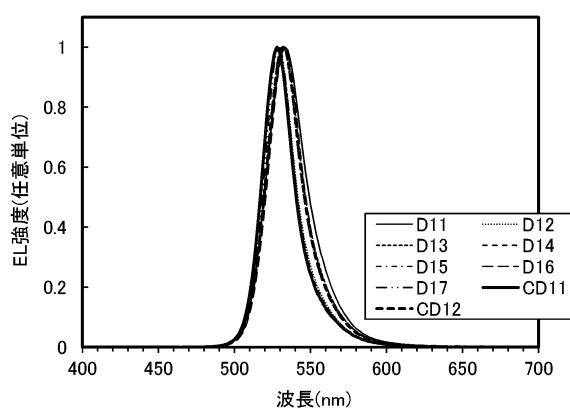
【図30】



【図31】



【図32】



10

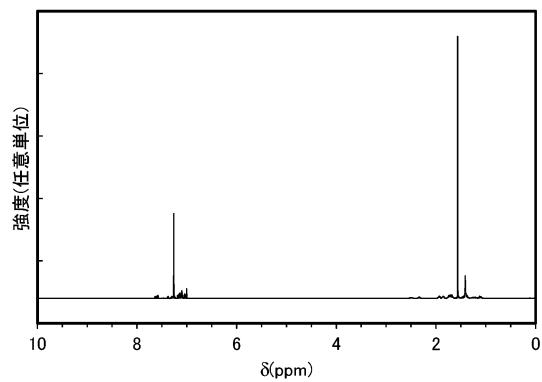
20

30

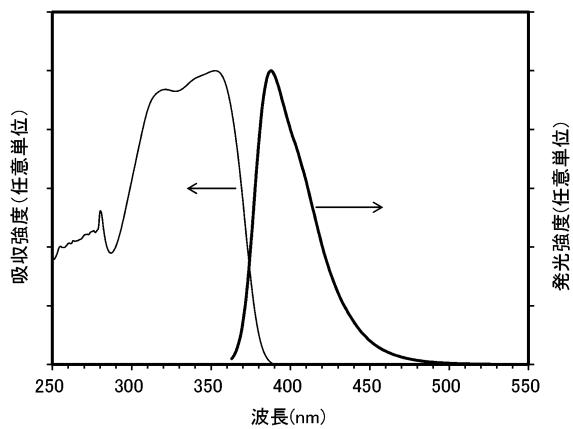
40

50

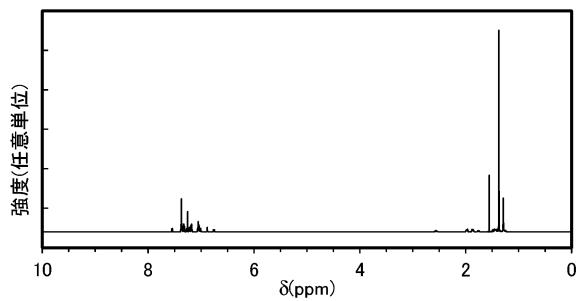
【図3-3】



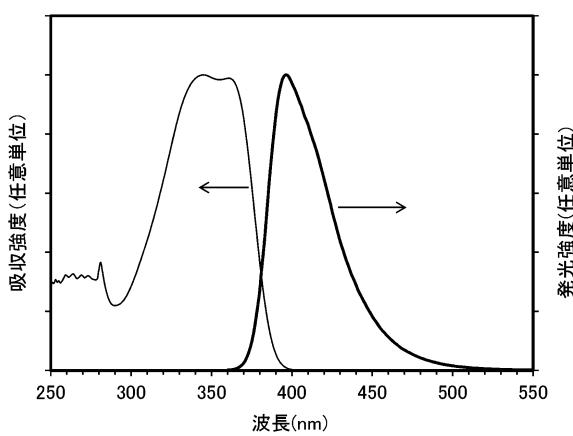
【図3-4】



【図3-5】



【図3-6】



10

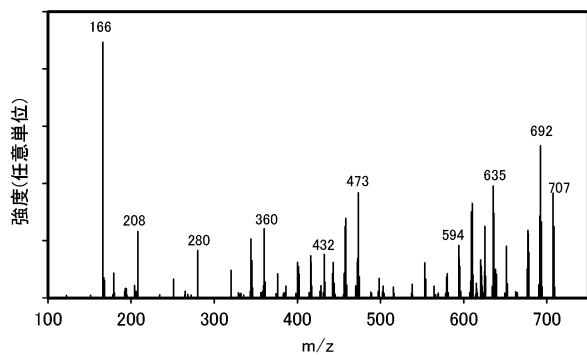
20

30

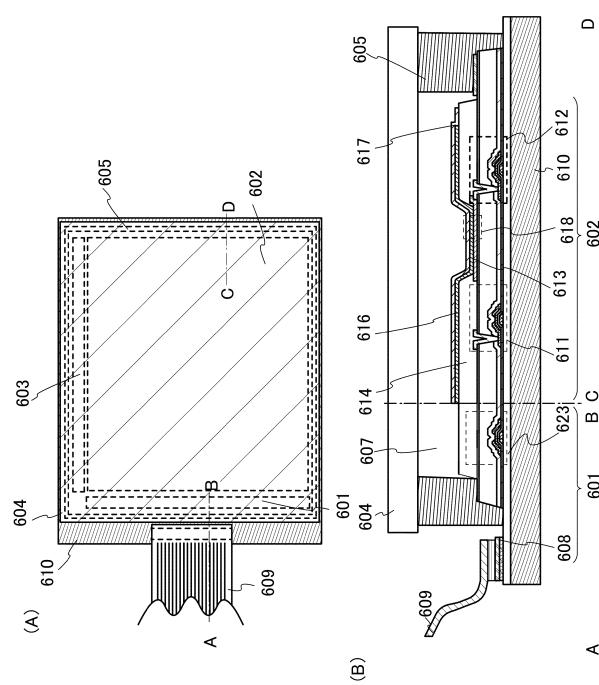
40

50

【図37】



【図38】



10

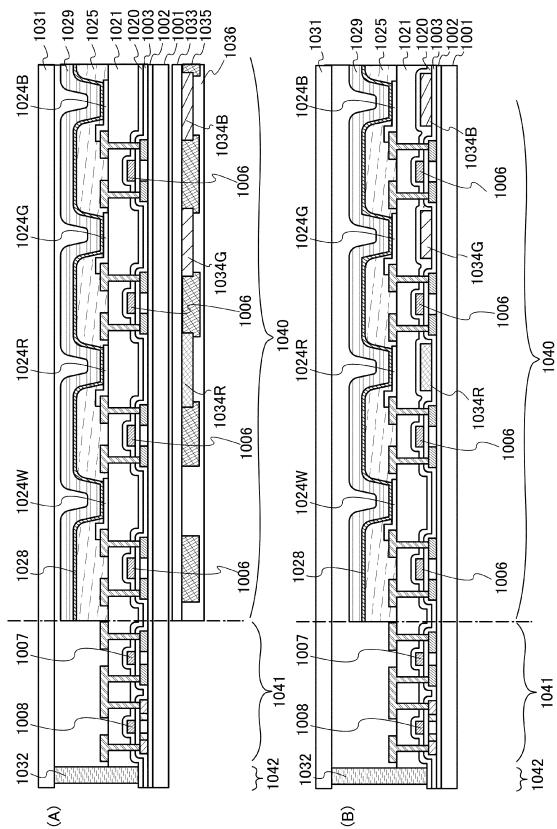
20

30

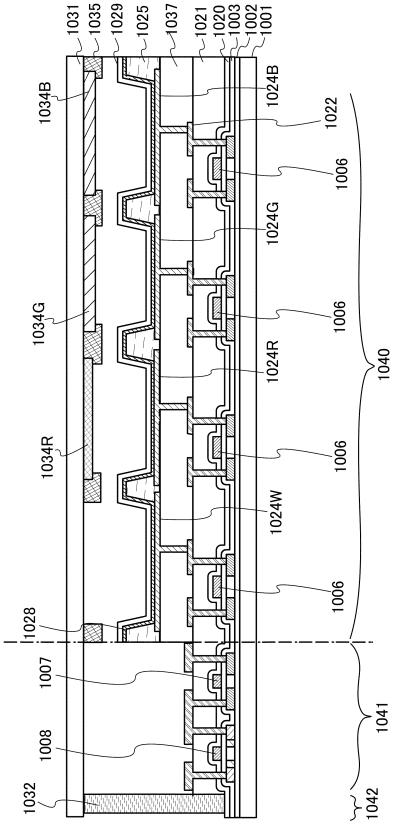
40

50

【図39】



【図40】



フロントページの続き

(72)発明者 久保田 朋広
神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

(72)発明者 北野 靖
神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

(72)発明者 鳥巣 崇生
神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

(72)発明者 大澤 信晴
神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

(72)発明者 瀬尾 哲史
神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

F ターム（参考） 3K107 AA01 BB01 BB02 CC12 DD72 DD75 DD78 EE65 EE66 FF00
FF06