

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7689961号
(P7689961)

(45)発行日 令和7年6月9日(2025.6.9)

(24)登録日 令和7年5月30日(2025.5.30)

(51)国際特許分類		F I	
H 1 0 K	50/15 (2023.01)	H 1 0 K	50/15
H 1 0 K	50/14 (2023.01)	H 1 0 K	50/14
H 1 0 K	50/17 (2023.01)	H 1 0 K	50/17
H 1 0 K	50/18 (2023.01)	H 1 0 K	50/18
C 0 7 D	405/12 (2006.01)	C 0 7 D	405/12
請求項の数 16 (全125頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2022-533252(P2022-533252)	(73)特許権者	000153878 株式会社半導体エネルギー研究所 神奈川県厚木市長谷398番地
(86)(22)出願日	令和3年6月23日(2021.6.23)	(72)発明者	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
(86)国際出願番号	PCT/IB2021/055520	(72)発明者	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
(87)国際公開番号	WO2022/003491	(72)発明者	竹田 恭子 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
(87)国際公開日	令和4年1月6日(2022.1.6)	(72)発明者	大澤 信晴 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会 社半導体エネルギー研究所内
審査請求日	令和6年6月14日(2024.6.14)	最終頁に続く	
(31)優先権主張番号	特願2020-115943(P2020-115943)		
(32)優先日	令和2年7月3日(2020.7.3)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

(54)【発明の名称】 発光デバイス

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】
陽極と、
陰極と、
前記陽極と前記陰極との間に位置する、発光層と第1の層と第2の層とを有し、
前記第1の層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、
前記第1の層と前記第2の層は接しており、
前記第2の層は、アリアルアミン構造を有する第1の有機化合物を含み、
前記第1の有機化合物は、当該アミンを構成する窒素原子に第1の基と、第2の基と、
第3の基が結合しており、
前記第1の基は、カルバゾール構造を含む基であり、
前記第2の基は、ジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフエン構造を含む基であり、
前記第3の基は、炭素数6乃至炭素数18の芳香族炭化水素構造または炭素数4乃至炭
素数26の複素芳香族炭化水素構造を含み、
前記第1の層の屈折率が、前記発光層の屈折率よりも低い発光デバイス。

【請求項2】
陽極と、
陰極と、
前記陽極と前記陰極との間に位置する、発光層と第1の層と第2の層とを有し、
前記第1の層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、

前記第 1 の層と前記第 2 の層は接しており、
前記第 2 の層は、アリアルアミン構造を有する第 1 の有機化合物を含み、
前記第 1 の有機化合物は、当該アミンを構成する窒素原子に第 1 の基と、第 2 の基と、
第 3 の基が結合しており、
前記第 1 の基は、カルバゾール構造を含む基であり、
前記第 2 の基は、ジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフェン構造を含む基であり、
前記第 3 の基は、炭素数 6 乃至炭素数 18 の芳香族炭化水素構造または炭素数 4 乃至炭素数 26 の複素芳香族炭化水素構造を含み、
前記第 1 の層の波長 455 nm 以上 465 nm 以下の光における常光屈折率が、1.5 以上 1.75 以下である発光デバイス。

10

【請求項 3】

陽極と、
陰極と、
前記陽極と前記陰極との間に位置する、発光層と第 1 の層と第 2 の層とを有し、
前記第 1 の層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、
前記第 1 の層と前記第 2 の層は接しており、
前記第 2 の層は、アリアルアミン構造を有する第 1 の有機化合物を含み、
前記第 1 の有機化合物は、当該アミンを構成する窒素原子に第 1 の基と、第 2 の基と、
第 3 の基が結合しており、
前記第 1 の基は、カルバゾール構造を含む基であり、
前記第 2 の基は、ジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフェン構造を含む基であり、
前記第 3 の基は、炭素数 6 乃至炭素数 18 の芳香族炭化水素構造または炭素数 4 乃至炭素数 26 の複素芳香族炭化水素構造を含み、
前記第 1 の層の波長 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。

20

【請求項 4】

陽極と、
陰極と、
前記陽極と前記陰極との間に位置する、発光層と第 1 の層と第 2 の層とを有し、
前記第 1 の層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、
前記第 1 の層と前記第 2 の層は接しており、
前記第 2 の層は、アリアルアミン構造を有する第 1 の有機化合物を含み、
前記第 1 の有機化合物は、当該アミンを構成する窒素原子に第 1 の基と、第 2 の基と、
第 3 の基が結合しており、
前記第 1 の基は、カルバゾール構造を含む基であり、
前記第 2 の基は、ジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフェン構造を含む基であり、
前記第 3 の基は、炭素数 6 乃至炭素数 18 の芳香族炭化水素構造または炭素数 4 乃至炭素数 26 の複素芳香族炭化水素構造を含み、
前記第 1 の層は正孔輸送性を有する有機化合物を含み、
前記正孔輸送性を有する有機化合物の波長 455 nm 以上 465 nm 以下の光における常光屈折率が、1.5 以上 1.75 以下である発光デバイス。

30

40

【請求項 5】

陽極と、
陰極と、
前記陽極と前記陰極との間に位置する、発光層と第 1 の層と第 2 の層とを有し、
前記第 1 の層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、
前記第 1 の層と前記第 2 の層は接しており、
前記第 2 の層は、アリアルアミン構造を有する第 1 の有機化合物を含み、
前記第 1 の有機化合物は、当該アミンを構成する窒素原子に第 1 の基と、第 2 の基と、
第 3 の基が結合しており、

50

前記第 1 の基は、カルバゾール構造を含む基であり、
前記第 2 の基は、ジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフエン構造を含む基であり、
前記第 3 の基は、炭素数 6 乃至炭素数 18 の芳香族炭化水素構造または炭素数 4 乃至炭素数 26 の複素芳香族炭化水素構造を含み、
前記第 1 の層は正孔輸送性を有する有機化合物を含み、
前記正孔輸送性を有する有機化合物の波長 633 nm の光に対する蛍光屈折率が、1.45 以上 1.70 以下である発光デバイス。

【請求項 6】

請求項 4 または請求項 5 において、
前記正孔輸送性を有する有機化合物が複数のアルキル基を有する発光デバイス。

10

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項において、
前記第 1 の基におけるカルバゾール構造は、2 位、3 位および 9 位のいずれかに結合手を有し、
前記カルバゾール構造は当該結合手、または当該結合手および 2 価の芳香族炭化水素基を介して前記窒素原子と結合している発光デバイス。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項において、
前記第 1 の基におけるカルバゾール構造が、2 位または 3 位に結合手を有し、
前記カルバゾール構造は当該結合手、または当該結合手および 2 価の芳香族炭化水素基を介して前記窒素原子と結合している発光デバイス。

20

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項において、
前記第 1 の基におけるカルバゾール構造が、2 位に結合手を有し、
前記カルバゾール構造は当該結合手、または当該結合手および 2 価の芳香族炭化水素基を介して前記窒素原子と結合している発光デバイス。

【請求項 10】

請求項 7 乃至請求項 9 のいずれか一項において、
前記 2 価の芳香族炭化水素基がフェニレン基である発光デバイス。

【請求項 11】

請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか一項において、
前記第 2 の基におけるジベンゾフラン構造およびジベンゾチオフエン構造が、2 価の芳香族炭化水素基を介して前記窒素原子と結合している発光デバイス。

30

【請求項 12】

請求項 11 において、
前記第 2 の基に含まれる 2 価の芳香族炭化水素基がフェニレン基またはビフェニルジイル基である発光デバイス。

【請求項 13】

請求項 12 において、
前記フェニレン基の結合手、または前記ビフェニルジイル基における少なくとも一つのベンゼン構造における結合手の位置関係がメタ位である発光デバイス。

40

【請求項 14】

請求項 1 乃至請求項 13 のいずれか一項において、
前記第 3 の基が、ビフェニル基またはターフェニル基である発光デバイス。

【請求項 15】

請求項 1 乃至請求項 13 のいずれか一項において、
前記第 3 の基が、ジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフエン構造を含む基である発光デバイス。

【請求項 16】

請求項 1 乃至請求項 15 のいずれか一項において、

50

前記第２の層が前記第１の層と前記発光層との間に位置する発光デバイス。

【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、発光素子、発光デバイス、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。

10

【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、一对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。

20

【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。

【０００４】

また、これらの発光デバイスは発光層を二次元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、白熱電球や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。

30

【０００５】

このように発光デバイスを用いたディスプレイや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。

【０００６】

有機ELデバイスが語られる際にしばしば問題として挙げられるものの一つに、光取出し効率の低さがある。これを向上させるために、EL層内部に低屈折率材料からなる層を形成する構成が提案されている（例えば、非特許文献１参照）。

【先行技術文献】

【非特許文献】

40

【０００７】

【文献】 Jaeho Lee、他12名、「Synergetic electrode architecture for efficient graphene-based flexible organic light-emitting diodes」, nature COMMUNICATIONS, 平成28年6月2日, DOI: 10.1038/ncomms11791

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

本発明の一態様では、発光効率の高い発光デバイスを提供することを目的とする。または

50

、本発明の他の一態様では、駆動電圧の小さい発光デバイスを提供することを目的とする。または、本発明の他の一態様では、寿命の良好な発光デバイスを提供することを目的とする。また、本発明の他の一態様では消費電力の小さい発光デバイス、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。また、本発明の他の一態様では信頼性の良好な発光デバイス、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。

【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、陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極との間に位置するEL層とを有し、前記EL層は、発光層と第1の層と第2の層とを有し、前記第1の層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、前記第1の層と前記第2の層は接しており、前記第2の層は、アリールアミン構造を有する第1の有機化合物を含み、前記第1の有機化合物は、当該アミンを構成する窒素原子に第1の基と、第2の基と、第3の基が結合しており、前記第1の基は、カルバゾール構造を含む基であり、前記第2の基は、ジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフェン構造を含む基であり、前記第3の基は、炭素数6乃至炭素数18の芳香族炭化水素構造または炭素数4乃至炭素数26の複素芳香族炭化水素構造を含み、前記第1の層の屈折率が、前記発光層の屈折率よりも低い発光デバイスである。

【0011】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極との間に位置するEL層とを有し、前記EL層は、発光層と第1の層と第2の層とを有し、前記第1の層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、前記第1の層と前記第2の層は接しており、前記第2の層は、アリールアミン構造を有する第1の有機化合物を含み、前記第1の有機化合物は、当該アミンを構成する窒素原子に第1の基と、第2の基と、第3の基が結合しており、前記第1の基は、カルバゾール構造を含む基であり、前記第2の基は、ジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフェン構造を含む基であり、前記第3の基は、炭素数6乃至炭素数18の芳香族炭化水素構造または炭素数4乃至炭素数26の複素芳香族炭化水素構造を含み、前記第1の層の波長455nm以上465nm以下の光における常光屈折率が、1.5以上1.75以下である発光デバイスである。

【0012】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極との間に位置するEL層とを有し、前記EL層は、発光層と第1の層と第2の層とを有し、前記第1の層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、前記第1の層と前記第2の層は接しており、前記第2の層は、アリールアミン構造を有する第1の有機化合物を含み、前記第1の有機化合物は、当該アミンを構成する窒素原子に第1の基と、第2の基と、第3の基が結合しており、前記第1の基は、カルバゾール構造を含む基であり、前記第2の基は、ジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフェン構造を含む基であり、前記第3の基は、炭素数6乃至炭素数18の芳香族炭化水素構造または炭素数4乃至炭素数26の複素芳香族炭化水素構造を含み、前記第1の層の波長633nmの光に対する屈折率が、1.45以上1.70以下である発光デバイスである。

【0013】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極との間に位置するEL層とを有し、前記EL層は、発光層と第1の層と第2の層とを有し、前記第1の層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、前記第1の層と前記第2の層は接しており、前記第2の層は、トリアリールアミン構造を有する第1の有機化合物を含み、前記第1の有機化合物は、当該アミンを構成する窒素原子に第1の基と、第2の基と、第3の基が結合しており、前記第1の基は、カルバゾール構造を含む基であり、前記第2の基は、ジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフェン構造を含む基であり、前記第3の基は、炭素数6乃至炭素数18の芳香族炭化水素構造または炭素数4乃至炭素数26の複素芳香族炭化水

10

20

30

40

50

素構造を含み、前記第1の層は正孔輸送性を有する有機化合物を含み、前記正孔輸送性を有する有機化合物の波長455nm以上465nm以下の光における常光屈折率が、1.5以上1.75以下の発光デバイスである。

【0014】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極との間に位置するEL層とを有し、前記EL層は、発光層と第1の層と第2の層とを有し、前記第1の層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、前記第1の層と前記第2の層は接しており、前記第2の層は、トリアリールアミン構造を有する第1の有機化合物を含み、前記第1の有機化合物は、当該アミンを構成する窒素原子に第1の基と、第2の基と、第3の基が結合しており、前記第1の基は、カルバゾール構造を含む基であり、前記第2の基は、ジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフェン構造を含む基であり、前記第3の基は、炭素数6乃至炭素数18の芳香族炭化水素構造または炭素数4乃至炭素数26の複素芳香族炭化水素構造を含み、前記第1の層は正孔輸送性を有する有機化合物を含み、前記正孔輸送性を有する有機化合物の波長633nmの光に対する屈折率が、1.45以上1.70以下の発光デバイスである。

10

【0015】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記正孔輸送性を有する有機化合物が複数のアルキル基を有する発光デバイスである。

【0016】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第1の基におけるカルバゾール構造は、2位、3位および9位のいずれかに結合手を有し、前記カルバゾール構造は当該結合手、または当該結合手および2価の芳香族炭化水素基を介して前記窒素原子と結合している発光デバイスである。

20

【0017】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第1の基におけるカルバゾール構造が、2位または3位に結合手を有し、前記カルバゾール構造は当該結合手、または当該結合手および2価の芳香族炭化水素基を介して前記窒素原子と結合している発光デバイスである。

【0018】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第1の基におけるカルバゾール構造が、2位に結合手を有し、前記カルバゾール構造は当該結合手、または当該結合手および2価の芳香族炭化水素基を介して前記窒素原子と結合している発光デバイスである。

30

【0019】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記2価の芳香族炭化水素基がフェニレン基である発光デバイスである。

【0020】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第2の基におけるジベンゾフラン構造およびジベンゾチオフェン構造が、2価の芳香族炭化水素基を介して前記窒素原子と結合している発光デバイスである。

【0021】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第2の基に含まれる2価の芳香族炭化水素基がフェニレン基またはビフェニルジイル基である発光デバイスである。

40

【0022】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記フェニレン基の結合手、または前記ビフェニルジイル基における少なくとも一つのベンゼン構造における結合手の位置関係がメタ位である発光デバイスである。

【0023】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第3の基が、ビフェニル基またはターフェニル基である発光デバイスである。

【0024】

50

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第3の基が、ジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフェン構造を含む基である発光デバイスである。

【0025】

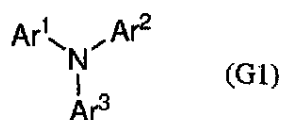
または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第2の層が前記第1の層と前記発光層との間に位置する発光デバイスである。

【0026】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極との間に位置するEL層とを有し、前記EL層は、発光層と第1の層と第2の層とを有し、前記第1の層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、前記第1の層と前記第2の層は接しており、前記第1の層の屈折率は、前記発光層の屈折率よりも低く、前記第2の層が下記一般式(G1)で表される有機化合物を含む発光デバイスである。

【0027】

【化1】

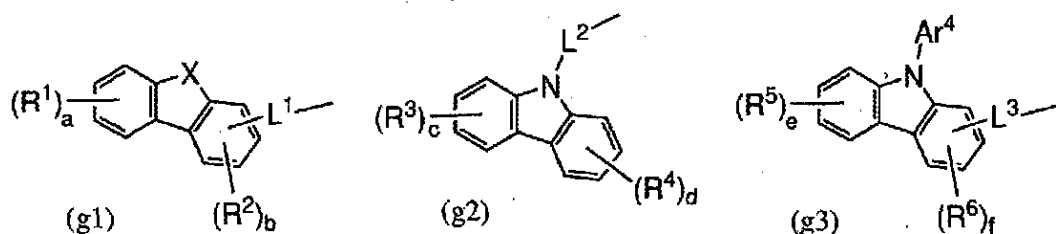


【0028】

ただし、上記一般式(G1)において、 Ar^1 は下記一般式(g1)で表される基であり、 Ar^2 は下記一般式(g2)または(g3)で表される基であり、 Ar^3 は下記一般式(g1)で表される基及び炭素数6乃至18の芳香族炭化水素基のいずれかである。

【0029】

【化2】



【0030】

ただし、上記一般式(g1)乃至(g3)において、 R^1 乃至 R^6 は各々独立に、炭素数1乃至6の炭化水素基、炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基のいずれかであり、 Ar^4 は置換または無置換のフェニル基である。また、a、c、dおよびeは各々独立に0乃至4の整数を表し、bおよびfは各々独立に0乃至3の整数を表す。また、 L^1 乃至 L^3 は各々独立に炭素数6乃至12の2価の芳香族炭化水素基を表し、Xは酸素原子または硫黄原子である。

【0031】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極との間に位置するEL層とを有し、前記EL層は、発光層と第1の層と第2の層とを有し、前記第1の層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、前記第1の層と前記第2の層は接しており、前記第1の層の波長455nm以上465nm以下の光における常光屈折率が、1.5以上1.75以下であり、前記第2の層が下記一般式(G1)で表される有機化合物を含む発光デバイスである。

【0032】

10

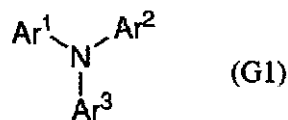
20

30

40

50

【化 3】

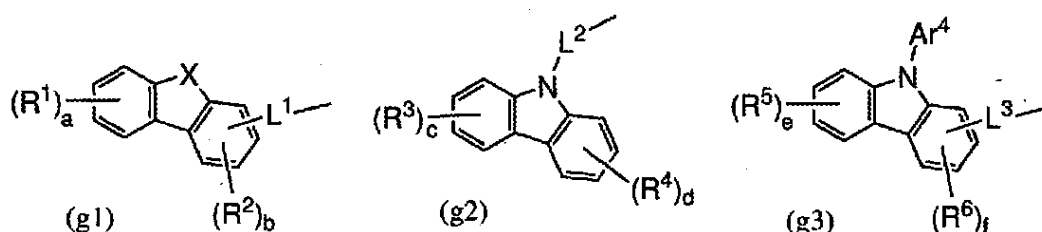


【0033】

ただし、上記一般式（G1）において、 Ar^1 は下記一般式（g1）で表される基であり、 Ar^2 は下記一般式（g2）または（g3）で表される基であり、 Ar^3 は下記一般式（g1）で表される基及び炭素数6乃至18の芳香族炭化水素基のいずれかである。

【0034】

【化 4】



【0035】

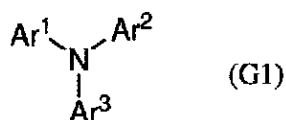
ただし、上記一般式（g1）乃至（g3）において、 R^1 乃至 R^6 は各々独立に、炭素数1乃至6の炭化水素基、炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基のいずれかであり、 Ar^4 は置換または無置換のフェニル基である。また、 a 、 c 、 d および e は各々独立に0乃至4の整数を表し、 b および f は各々独立に0乃至3の整数を表す。また、 L^1 乃至 L^3 は各々独立に炭素数6乃至12の2価の芳香族炭化水素基を表し、 X は酸素原子または硫黄原子である。

【0036】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極との間に位置するEL層とを有し、前記EL層は、発光層と第1の層と第2の層とを有し、前記第1の層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、前記第1の層と前記第2の層は接しており、前記第1の層の波長633nmの光に対する屈折率が、1.45以上1.70以下であり、前記第2の層が下記一般式（G1）で表される有機化合物を含む発光デバイスである。

【0037】

【化 5】



【0038】

ただし、上記一般式（G1）において、 Ar^1 は下記一般式（g1）で表される基であり、 Ar^2 は下記一般式（g2）または（g3）で表される基であり、 Ar^3 は下記一般式（g1）で表される基及び炭素数6乃至18の芳香族炭化水素基のいずれかである。

【0039】

10

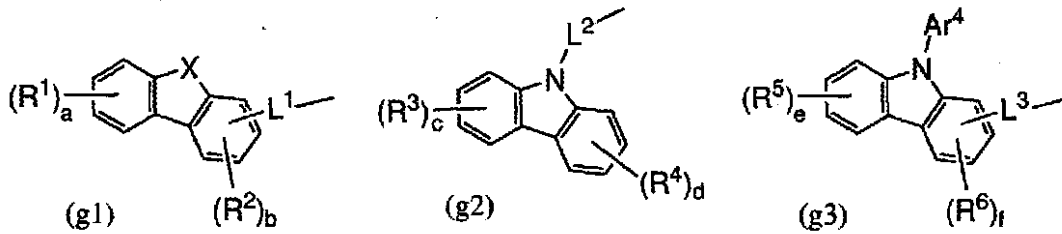
20

30

40

50

【化6】



【0040】

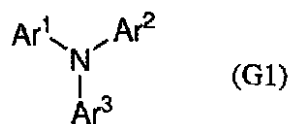
ただし、上記一般式 (g1) 乃至 (g3) において、 R^1 乃至 R^6 は各々独立に、炭素数 1 乃至 6 の炭化水素基、炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基のいずれかであり、 Ar^4 は置換または無置換のフェニル基である。また、 a 、 c 、 d および e は各々独立に 0 乃至 4 の整数を表し、 b および f は各々独立に 0 乃至 3 の整数を表す。また、 L^1 乃至 L^3 は各々独立に炭素数 6 乃至 12 の 2 価の芳香族炭化水素基を表し、 X は酸素原子または硫黄原子である。

【0041】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極との間に位置する EL 層とを有し、前記 EL 層は、発光層と第 1 の層と第 2 の層とを有し、前記第 1 の層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、前記第 1 の層と前記第 2 の層は接しており、前記第 1 の層は正孔輸送性を有する有機化合物を含み、前記正孔輸送性を有する有機化合物の波長 455 nm 以上 465 nm 以下の光における常光屈折率が、1.5 以上 1.75 以下であり、前記第 2 の層が下記一般式 (G1) で表される有機化合物を含む発光デバイスである。

【0042】

【化7】

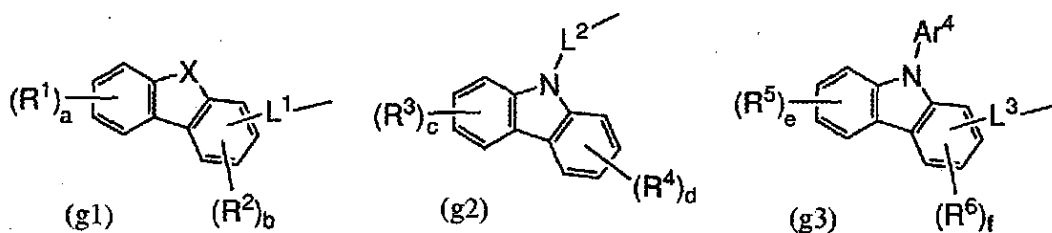


【0043】

ただし、上記一般式 (G1) において、 Ar^1 は下記一般式 (g1) で表される基であり、 Ar^2 は下記一般式 (g2) または (g3) で表される基であり、 Ar^3 は下記一般式 (g1) で表される基及び炭素数 6 乃至 18 の芳香族炭化水素基のいずれかである。

【0044】

【化8】



【0045】

ただし、上記一般式 (g1) 乃至 (g3) において、 R^1 乃至 R^6 は各々独立に、炭素数 1 乃至 6 の炭化水素基、炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基のいずれかであり、 Ar^4 は置換または無置換のフェニル基である。また、 a 、 c 、 d および e は各々独立に 0 乃至 4 の整数を表し、 b および f は各々独立に 0 乃至 3 の整数を表す。また、 L^1 乃至 L^3 は

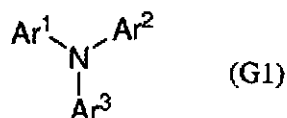
各々独立に炭素数 6 乃至 12 の 2 価の芳香族炭化水素基を表し、X は酸素原子または硫黄原子である。

【0046】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、前記陽極と前記陰極との間に位置する EL 層とを有し、前記 EL 層は、発光層と第 1 の層と第 2 の層とを有し、前記第 1 の層は、前記陽極と前記発光層との間に位置し、前記第 1 の層と前記第 2 の層は接しており、前記第 1 の層は正孔輸送性を有する有機化合物を含み、前記正孔輸送性を有する有機化合物の波長 633 nm の光に対する屈折率が、1.45 以上 1.70 以下であり、前記第 2 の層が下記一般式 (G1) で表される有機化合物を含む発光デバイスである。

【0047】

【化 9】

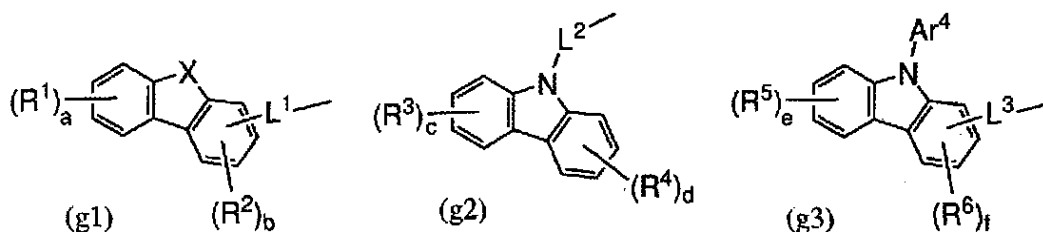


【0048】

ただし、上記一般式 (G1) において、Ar¹ は下記一般式 (g1) で表される基であり、Ar² は下記一般式 (g2) または (g3) で表される基であり、Ar³ は下記一般式 (g1) で表される基及び炭素数 6 乃至 18 の芳香族炭化水素基のいずれかである。

【0049】

【化 10】



【0050】

ただし、上記一般式 (g1) 乃至 (g3) において、R¹ 乃至 R⁶ は各々独立に、炭素数 1 乃至 6 の炭化水素基、炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基のいずれかであり、Ar⁴ は置換または無置換のフェニル基である。また、a、c、d および e は各々独立に 0 乃至 4 の整数を表し、b および f は各々独立に 0 乃至 3 の整数を表す。また、L¹ 乃至 L³ は各々独立に炭素数 6 乃至 12 の 2 価の芳香族炭化水素基を表し、X は酸素原子または硫黄原子である。

【0051】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記正孔輸送性を有する有機化合物が複数のアルキル基を有する発光デバイスである。

【0052】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、X が硫黄原子である発光デバイスである。

【0053】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、L¹ が下記構造式 (L-1) 乃至 (L-7) で表される基のいずれかである発光デバイスである。

【0054】

10

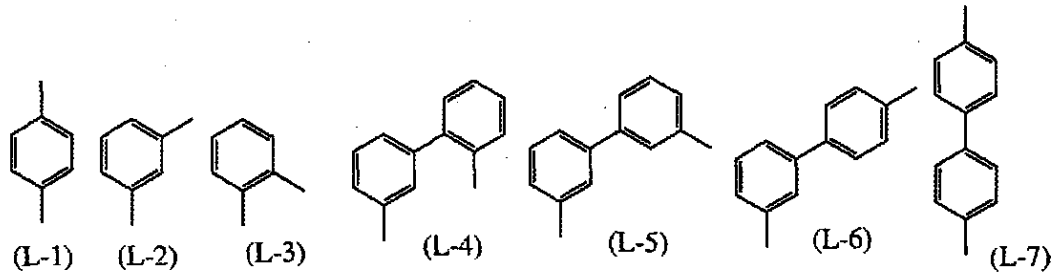
20

30

40

50

【化 1 1】



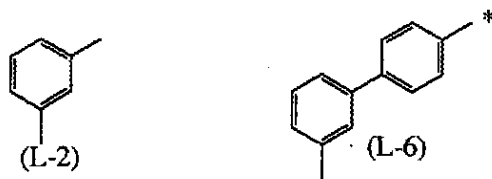
10

【0055】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、 L^1 が下記構造式(L-2)または(L-6)で表される基である発光デバイスである。

【0056】

【化 1 2】



20

【0057】

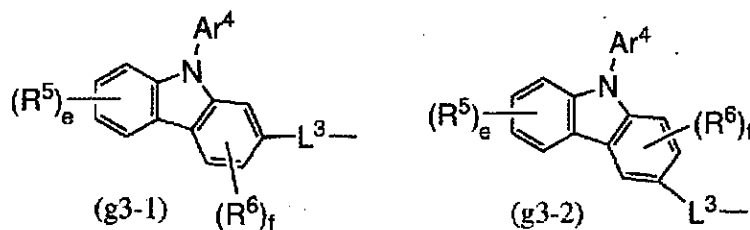
ただし、(L-6)はアスタリスクの位置で窒素原子に結合しているものとする。

【0058】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記 Ar^2 が下記一般式(g3-1)または(g3-2)で表される基である発光デバイスである。

【0059】

【化 1 3】



30

【0060】

ただし、上記一般式(g3-1)または(g3-2)において、 R^5 および R^6 は各々独立に、炭素数1乃至6の炭化水素基、炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基のいずれかであり、 Ar^4 は置換または無置換のフェニル基である。また、 e は0乃至4の整数を表し、 f は0乃至3の整数を表す。また、 L^3 は炭素数6乃至18の2価の芳香族炭化水素基を表す。

40

【0061】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記 Ar^2 が(g3-1)で表される基である発光デバイスである。

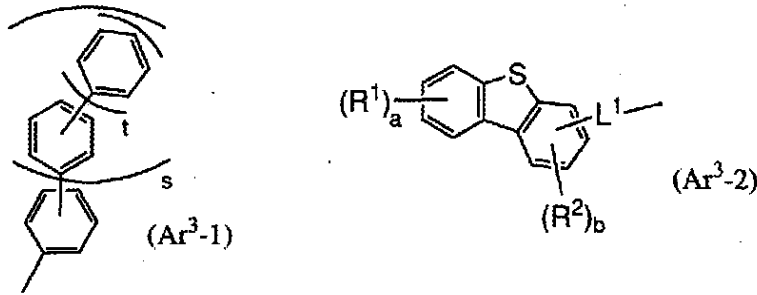
【0062】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記 Ar^3 が下記一般式(Ar^3-1)または(Ar^3-2)で表される基である発光デバイスである。

【0063】

50

【化14】



【0064】

ただし、 (Ar^3-1) において、 s および t は各々独立に0または1である。また、 (Ar^3-2) において、 R^1 および R^2 は各々独立に、炭素数1乃至6の炭化水素基、炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基のいずれかであり、また、 a は0乃至4の整数を表し、 b は0乃至3の整数を表す。また、 L^1 は炭素数6乃至12の2価の芳香族炭化水素基を表す。

【0065】

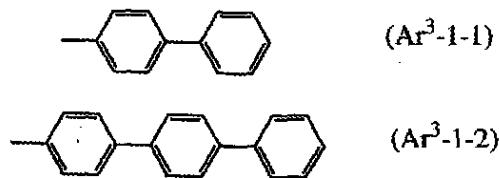
または、本発明の他の一態様は、上記構成において、 Ar^3 が上記一般式 (Ar^3-2) で表される基である発光デバイスである。

【0066】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記 Ar^3 が下記構造式 (Ar^3-1-1) または (Ar^3-1-2) で表される基である発光デバイスである。

【0067】

【化15】



【0068】

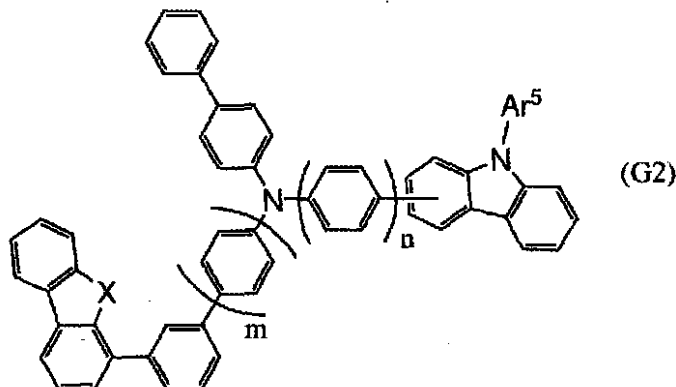
または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記 Ar^3 が下記構造式 (Ar^3-1-1) で表される基である発光デバイスである。

【0069】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記一般式 $(G1)$ で表される有機化合物が、下記一般式 $(G2)$ で表される有機化合物である発光デバイスである。

【0070】

【化16】



10

20

30

40

50

【0071】

ただし、上記一般式（G2）において、Xは酸素原子または硫黄原子であり、Ar⁵は置換または無置換のフェニル基である。また、mは0または1であり、nは0乃至2の整数を表す。

【0072】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第2の層が前記第1の層と前記発光層との間に位置する発光デバイスである。

【0073】

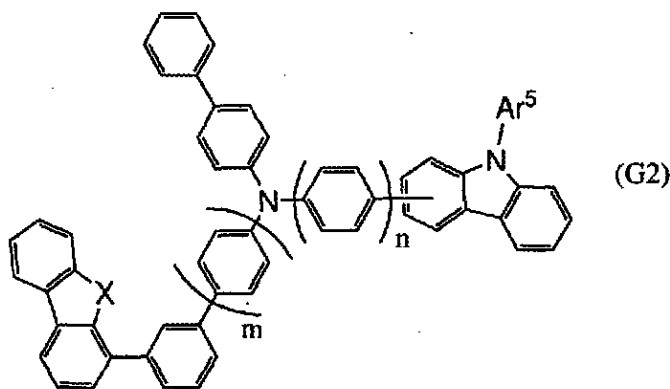
または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第2の層に用いられるための前記一般式（G1）または前記一般式（G2）で表される発光デバイス用材料である。

【0074】

または、本発明の他の一態様は、下記一般式（G2）で表される有機化合物である。

【0075】

【化17】



【0076】

ただし、上記一般式（G2）において、Xは酸素原子または硫黄原子であり、Ar⁵は置換または無置換のフェニル基である。また、mは0または1であり、nは0乃至2の整数を表す。

【0077】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記Xが硫黄原子の有機化合物である。

【0078】

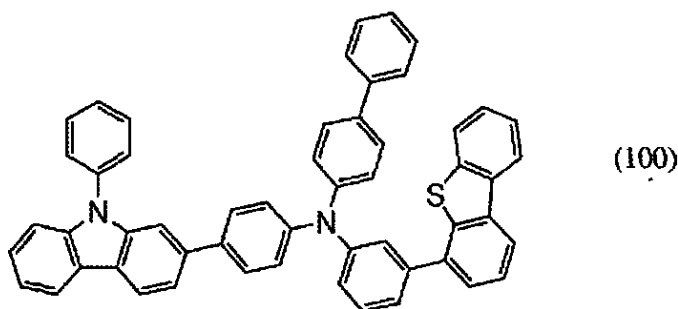
または、本発明の他の一態様は、上記構成において、nが1の有機化合物である。

【0079】

または、本発明の他の一態様は、下記構造式（100）で表される有機化合物である。

【0080】

【化18】

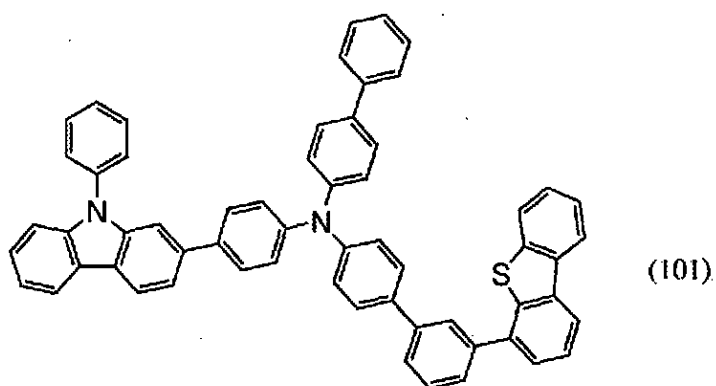


【0081】

または、本発明の他の一態様は、下記構造式（１０１）で表される有機化合物である。

【００８２】

【化１９】



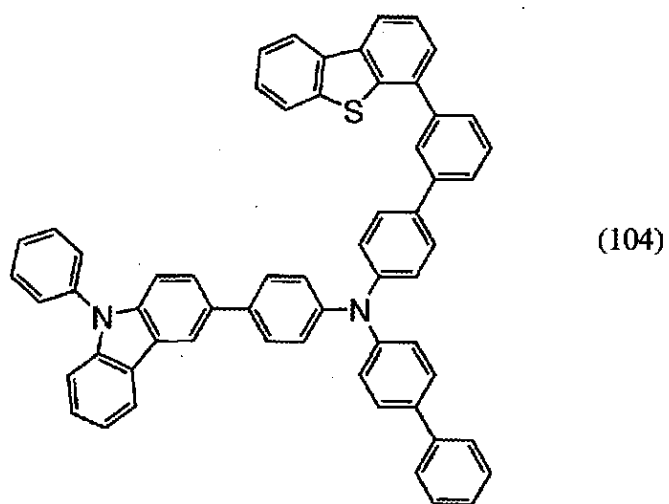
10

【００８３】

または、本発明の他の一態様は、下記構造式（１０４）で表される有機化合物である。

【００８４】

【化２０】



20

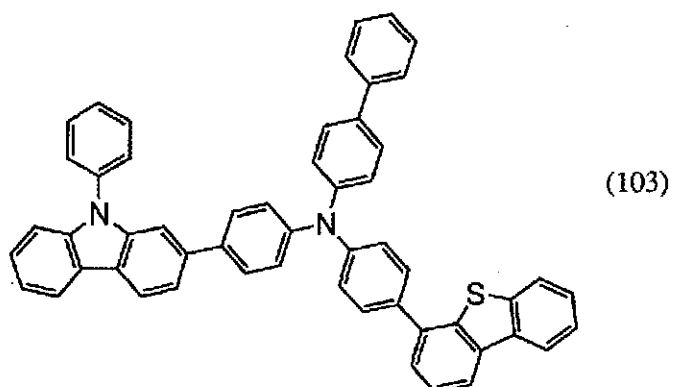
30

【００８５】

または、本発明の他の一態様は、下記構造式（１０３）で表される有機化合物である。

【００８６】

【化２１】



40

50

【0087】

または、本発明の他の一態様は、上記電子デバイスまたは発光デバイスと、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。

【0088】

または、本発明の他の一態様は、上記発光デバイスと、トランジスタまたは基板と、を有する発光装置である。

【0089】

または、本発明の他の一態様は、上記発光デバイスと、筐体と、を有する照明装置である。

【0090】

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

【発明の効果】

【0091】

本発明の一態様では、発光効率の高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、駆動電圧の小さい発光デバイスを提供することができる。または、本発明の他の一態様は、寿命の長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、消費電力の小さい発光デバイス、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。または、本発明の一態様では、信頼性の良好な発光デバイス、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。

【0092】

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

【図面の簡単な説明】

【0093】

図1A、図1B、図1Cおよび図1Dは発光デバイスの概略図である。

図2Aおよび図2Bはアクティブマトリクス型発光装置を表す図である。

図3Aおよび図3Bはアクティブマトリクス型発光装置を表す図である。

図4はアクティブマトリクス型発光装置を表す図である。

図5Aおよび図5Bはパッシブマトリクス型発光装置を表す図である。

図6Aおよび図6Bは照明装置を表す図である。

図7A、図7B1、図7B2および図7Cは電子機器を表す図である。

図8A、図8Bおよび図8Cは電子機器を表す図である。

図9は照明装置を表す図である。

図10は照明装置を表す図である。

図11は車載表示装置及び照明装置を表す図である。

図12Aおよび図12Bは電子機器を表す図である。

図13A、図13Bおよび図13Cは電子機器を表す図である。

図14は、発光デバイス1、発光デバイス2および比較発光デバイス1乃至比較発光デバイス3の輝度－電流密度特性である。

図15は、発光デバイス1、発光デバイス2および比較発光デバイス1乃至比較発光デバイス3の輝度－電圧特性である。

図16は、発光デバイス1、発光デバイス2および比較発光デバイス1乃至比較発光デバイス3の電流効率－輝度特性である。

10

20

30

40

50

図 1 7 は、発光デバイス 1、発光デバイス 2 および比較発光デバイス 1 乃至比較発光デバイス 3 の電流－電圧特性である。

図 1 8 は、発光デバイス 1、発光デバイス 2 および比較発光デバイス 1 乃至比較発光デバイス 3 の外部量子効率－輝度特性である。

図 1 9 は、発光デバイス 1、発光デバイス 2 および比較発光デバイス 1 乃至比較発光デバイス 3 のパワー効率－輝度特性である。

図 2 0 は、発光デバイス 1、発光デバイス 2 および比較発光デバイス 1 乃至比較発光デバイス 3 の発光スペクトルである。

図 2 1 は、発光デバイス 1、発光デバイス 2 および比較発光デバイス 1 乃至比較発光デバイス 3 の規格化輝度－時間変化特性である。

図 2 2 は、デバイス 3、デバイス 4 及び比較デバイス 4 乃至比較デバイス 7 の電流密度－電圧特性である。

図 2 3 は、発光デバイス 5、発光デバイス 6 および比較発光デバイス 8 乃至比較発光デバイス 1 1 の輝度－電流密度特性である。

図 2 4 は、発光デバイス 5、発光デバイス 6 および比較発光デバイス 8 乃至比較発光デバイス 1 1 の輝度－電圧特性である。

図 2 5 は、発光デバイス 5、発光デバイス 6 および比較発光デバイス 8 乃至比較発光デバイス 1 1 の電流効率－輝度特性である。

図 2 6 は、発光デバイス 5、発光デバイス 6 および比較発光デバイス 8 乃至比較発光デバイス 1 1 の電流－電圧特性である。

図 2 7 は、発光デバイス 5、発光デバイス 6 および比較発光デバイス 8 乃至比較発光デバイス 1 1 の外部量子効率－輝度特性である。

図 2 8 は、発光デバイス 5、発光デバイス 6 および比較発光デバイス 8 乃至比較発光デバイス 1 1 のパワー効率－輝度特性である。

図 2 9 は、発光デバイス 5、発光デバイス 6 および比較発光デバイス 8 乃至比較発光デバイス 1 1 の発光スペクトルである。

図 3 0 は、発光デバイス 7 の輝度－電流密度特性である。

図 3 1 は、発光デバイス 7 の輝度－電圧特性である。

図 3 2 は、発光デバイス 7 の電流効率－輝度特性である。

図 3 3 は、発光デバイス 7 の電流－電圧特性である。

図 3 4 は、発光デバイス 7 の外部量子効率－輝度特性である。

図 3 5 は、発光デバイス 7 のパワー効率－輝度特性である。

図 3 6 は、発光デバイス 7 の発光スペクトルである。

図 3 7 は、発光デバイス 8 および比較発光デバイス 1 2 の輝度－電流密度特性である。

図 3 8 は、発光デバイス 8 および比較発光デバイス 1 2 の輝度－電圧特性である。

図 3 9 は、発光デバイス 8 および比較発光デバイス 1 2 の電流効率－輝度特性である。

図 4 0 は、発光デバイス 8 および比較発光デバイス 1 2 の電流－電圧特性である。

図 4 1 は、発光デバイス 8 および比較発光デバイス 1 2 の B I－輝度特性である。

図 4 2 は、発光デバイス 8 および比較発光デバイス 1 2 の発光スペクトルである。

図 4 3 は、発光デバイス 8 および比較発光デバイス 1 2 の規格化輝度－時間変化特性である。

図 4 4 A および図 4 4 B は、P C B B i P D B t－0 2 の ^1H －NMR チャートである。

図 4 5 は、P C B B i P D B t－0 2 の溶液状態における吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

図 4 6 は、P C B B i P D B t－0 2 の薄膜状態における吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

図 4 7 は、P C B B i P D B t－0 2 の MS スペクトルである。

図 4 8 A および図 4 8 B は、m P C B B i P D B t－0 2 の ^1H －NMR チャートである。

図 4 9 は、m P C B B i P D B t－0 2 の溶液状態における吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

10

20

30

40

50

図50は、mPCBBiPDBt-02の薄膜状態における吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

図51は、mPCBBiPDBt-02のMSスペクトルである。

図52Aおよび図52Bは、pmPCBBiBPDBt-02の¹H-NMRチャートである。

図53は、pmPCBBiBPDBt-02の溶液状態における吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

図54は、pmPCBBiBPDBt-02の薄膜状態における吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

図55は、pmPCBBiBPDBt-02のMSスペクトルである。

図56Aおよび図56Bは、pmPCBBiPDBtの¹H-NMRチャートである。

図57は、pmPCBBiPDBtの溶液状態における吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

図58は、pmPCBBiPDBtの薄膜状態における吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

図59Aおよび図59Bは、pmPCBBiBPDBf-02の¹H-NMRチャートである。

図60は、pmPCBBiBPDBf-02の溶液状態における吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

図61は、pmPCBBiBPDBf-02の薄膜状態における吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

図62Aおよび図62Bは、pmPCBiBPDBt-02の¹H-NMRチャートである。

図63は、pmPCBiBPDBt-02の溶液状態における吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

図64は、pmPCBiBPDBt-02の薄膜状態における吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

図65Aおよび図65Bは、mmtBuBidFBiの¹H-NMRチャートである。

図66は、mmtBuBidFBiの溶液状態における吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

【発明を実施するための形態】

【0094】

以下、本発明の実施の態様について図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0095】

(実施の形態1)

図1Aに、本発明の一態様の発光デバイスを表す図を示す。図1には、陽極101と、陰極102、EL層103を有し、当該EL層は、正孔輸送領域120、発光層113、電子輸送層114および電子注入層115を有する構造を示した。発光層113は少なくとも発光材料を有する層であり、正孔輸送領域120には、正孔輸送層112、正孔注入層111、電子ブロック層125などを含んでいる。なお、EL層103の構成はこれに限られることはなく、上述の層の一部が形成されていない態様や、正孔ブロック層や励起子ブロック層、中間層などその他の機能層が形成される態様であってもよい。

【0096】

本発明の一態様では、EL層103における発光層113と陽極101との間の領域（正孔輸送領域120）に低屈折率層を設ける構成となっている。

【0097】

低屈折率層は、陽極101または陰極102に概略並行な層状の領域であり、少なくとも

10

20

30

40

50

発光層 1 1 3 よりも低い屈折率を示す領域である。通常、発光デバイスを構成する有機化合物の屈折率は、1.8 から 1.9 程度であることから、低屈折率層の屈折率は 1.75 以下、詳細には、青色発光領域（455 nm 以上 465 nm 以下）における常光屈折率が 1.50 以上 1.75 以下、または屈折率の測定に通常用いられる 633 nm の光における常光屈折率が、1.45 以上 1.70 以下であることが好ましい。このような低屈折率層を形成するには、成膜した膜が上述のような屈折率の値を示す材料および作製方法を用いて当該低屈折率層を形成すればよい。

【0098】

なお、光学的異方性を有する材料に光を入射する場合、光軸に平行な振動面の光を異常光（線）、垂直な振動面の光を常光（線）と呼ぶが、当該材料の常光に対する屈折率と異常光に対する屈折率が異なることがある。このような場合、異方性解析を実施することで、常光屈折率と異常光屈折率を分離して各々の屈折率を算出することができる。なお、本明細書においては、測定した材料に常光屈折率と異常光屈折率の双方が存在した場合、常光屈折率を指標として用いるものとする。なお、単に屈折率と述べられている場合、常光屈折率と異常光屈折率の平均を述べていることが通常である。

【0099】

また、正孔輸送領域 1 2 0 は、その全てが低屈折率層である必要はなく、正孔輸送領域 1 2 0 の厚み方向においてその少なくとも一部が低屈折率層として設けられていればよい。例えば、正孔注入層 1 1 1、正孔輸送層 1 1 2、電子ブロック層などの、正孔輸送領域 1 2 0 に設けられる機能層の少なくとも一が低屈折率層であればよい。また、低屈折率層は、これら機能層の一部であっても良い。すなわち、正孔輸送層 1 1 2 が複数層で形成され、そのうちの一層の屈折率が低い構成であっても良い。

【0100】

低屈折率層は、上述のように屈折率の小さい物質を用いて各機能層を形成することにより形成することができる。しかし、通常、高いキャリア輸送性と低い屈折率とはトレードオフの関係にある。それは、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。屈折率が低い材料であってもキャリア輸送性が低ければ、駆動電圧の上昇、キャリアバランスの崩れによる発光効率、信頼性の低下などの問題が発生してしまい、良好な特性を有する発光デバイスを得ることができなくなってしまう。また、十分なキャリア輸送性を有し、屈折率が低い材料であっても、不安定な構造を有することでガラス転移点（Tg）、耐久性に問題があると信頼性の良好な発光デバイスを得ることができなくなってしまう。

【0101】

また、低屈折率層とその他の層との界面、または低屈折率層同士の界面におけるキャリアの注入性も重要である。低屈折率の正孔輸送性を有する有機化合物は、十分な正孔移動度を有していてもホールの注入障壁が比較的大きく、当該有機化合物を用いたことで駆動電圧が上昇してしまう場合があった。低屈折率層を導入することで取り出し効率が向上し、外部量子効率が高い発光デバイスを得られても、駆動電圧が高いとエネルギー効率およびパワー効率的に不利であり、期待されたほどの消費電力の低減効果を得られないことがある。

【0102】

そこで、本発明の一態様では、特定の構造を有する有機化合物を含む層を当該低屈折率層に接して設けることによって、低屈折率の正孔輸送性を有する有機化合物のキャリア注入障壁を低減し、低屈折率層を用いたことによる駆動電圧の上昇を抑制することが可能な構成を開示する。なお、当該有機化合物を含む層は、低屈折率層と発光層との間に設けることが好ましい。

【0103】

駆動電圧の上昇を抑制することが可能な上記特定の構造を有する有機化合物とは、第 1 の基、第 2 の基、第 3 の基が窒素原子に結合したアリールアミン構造を有する第 1 の有機化

10

20

30

40

50

合物である。ここで、上記第1の基はカルバゾール構造を含む基であり、第2の基はジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフェン構造を含む基であり、第3の基は炭素数6乃至18の芳香族炭化水素構造または炭素数4乃至炭素数26の複素芳香族炭化水素構造を含む基であるものとする。

【0104】

このような構成を有する第1の有機化合物を含む層は、低屈折率の正孔輸送性を有する有機化合物を含む層に接して設けることで、特異的に駆動電圧を改善することが可能である。正孔輸送領域120にこのような積層構造を設けることによって、駆動電圧の上昇を抑制し、外部量子効率、パワー効率およびエネルギー効率の非常に良好な発光デバイスを得ることが可能となる。

【0105】

なお、上記第1の有機化合物における第1の基に含まれるカルバゾール構造は、2位、3位および9位のいずれかに結合手を有し、当該結合手によって上記アミンの窒素に直接または2価の芳香族炭化水素基を介して結合していることが好ましい。中でも2位または3位に結合手を有し、2位または3位で結合していることがより好ましく、2位に結合手を有し、2位で結合していることがさらに好ましい。また、上記2価の芳香族炭化水素基としては、置換または無置換のフェニレン基、置換または無置換のビフェニルジイル基が好ましく、それぞれ無置換であることがより好ましく、無置換のp-フェニレン基であることがさらに好ましい。

【0106】

また、上記第1の有機化合物における第2の基に含まれるジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフェン構造は、2価の芳香族炭化水素基を介して上記アミンの窒素に結合していることが好ましい。当該2価の芳香族炭化水素基としては、置換または無置換のフェニレン基、置換または無置換のビフェニルジイル基が好ましく、それぞれ無置換であることがより好ましい。なお、第2の基に含まれる上記フェニレン基またはビフェニルジイル基が有するベンゼン環のいずれか一方は結合位置がメタ位であることがより好ましい。

【0107】

また、上記第1の有機化合物における第3の基が炭素数6乃至18の芳香族炭化水素構造である場合、当該芳香族炭化水素基としては、置換または無置換のフェニル基、置換または無置換のビフェニル基、置換または無置換のターフェニル基であることが好ましく、これらは無置換であることがより好ましい。また、第3の基がビフェニル基またはターフェニル基である場合、これらに含まれるいずれのベンゼン環もパラ位で結合していることが好ましい。

【0108】

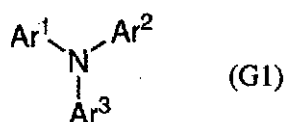
上記第1の有機化合物における第3の基が炭素数4乃至炭素数26の複素芳香族炭化水素構造を含む基である場合、当該複素芳香族炭化水素構造は置換または無置換のジベンゾフラン構造または置換または無置換のジベンゾチオフェン構造であることが好ましく、特にジベンゾチオフェン構造であることが好ましい。

【0109】

このような第1の有機化合物の好ましい例は、下記一般式(G1)として表すことが可能である。

【0110】

【化22】



【0111】

ただし、上記一般式(G1)において、Ar¹は下記一般式(g1)で表される基であり

10

20

30

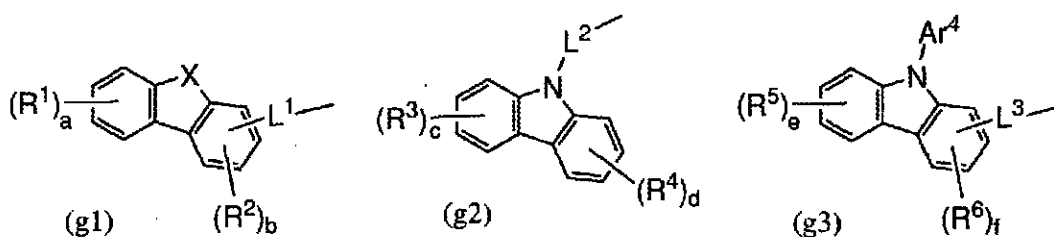
40

50

、 Ar^2 は下記一般式 (g2) または (g3) で表される基であり、 Ar^3 は下記一般式 (g1) で表される基及び炭素数6乃至18の芳香族炭化水素基のいずれかである。

【0112】

【化23】



10

【0113】

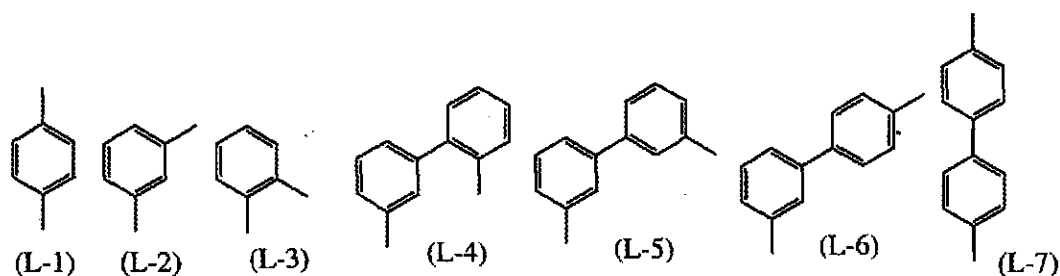
ただし、上記一般式 (g1) 乃至 (g3) において、 R^1 乃至 R^6 は各々独立に、炭素数1乃至6の炭化水素基、炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基のいずれかであり、 Ar^4 は置換または無置換のフェニル基である。また、 a 、 c 、 d および e は各々独立に0乃至4の整数を表し、 b および f は各々独立に0乃至3の整数を表す。 L^1 乃至 L^3 は各々独立に置換または無置換の炭素数6乃至12の2価の芳香族炭化水素基を表し、 X は酸素原子または硫黄原子である。

【0114】

なお、上記一般式 (g1) で表される基において、 L^1 は特に下記構造式 (L-1) 乃至構造式 (L-7) で表される基であることが好ましい。

【0115】

【化24】



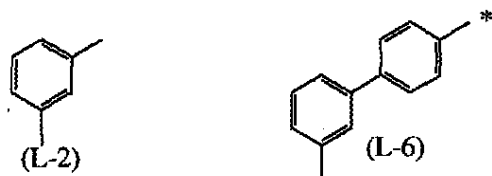
30

【0116】

また、 L^1 は下記構造式 (L-1) または (L-6) で表される基であるとより好ましい。なお、下記構造式 (L-6) で表される基は、アスタリスクの位置で窒素原子に結合していることがさらに好ましい。

【0117】

【化25】



40

【0118】

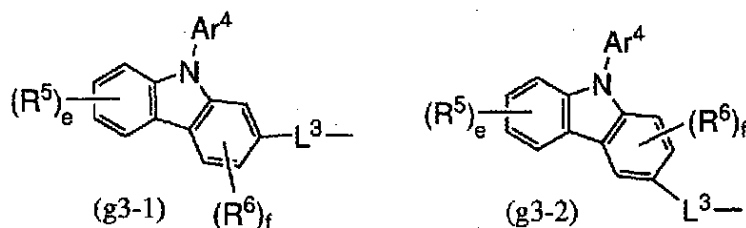
また、上記一般式 (G1) において、 Ar^2 は、上記一般式 (g3) で表される基であることが好ましく、特に下記一般式 (g3-1) または一般式 (g3-2) で表される基であることがより好ましく、下記一般式 (g3-1) で表される基であることがさらに好ま

50

しい。

【0119】

【化26】



10

【0120】

ただし、上記一般式 (g3-1) または (g3-2) において、 R^5 および R^6 は各々独立に、炭素数1乃至6の炭化水素基、炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基のいずれかであり、 Ar^4 は置換または無置換のフェニル基である。また、 e は0乃至4の整数を表し、 f は0乃至3の整数を表す。また、 L^3 は炭素数6乃至18の2価の芳香族炭化水素基を表す。

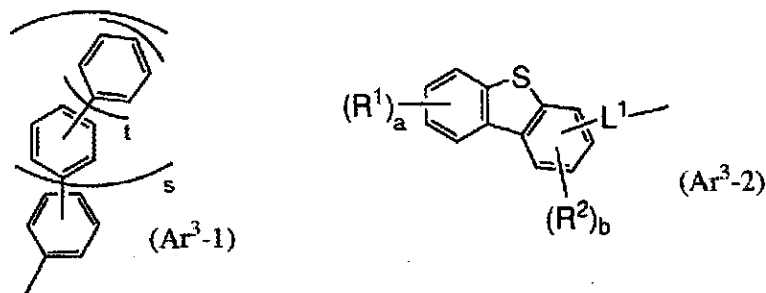
【0121】

また、上記一般式 (G1) で表される有機化合物において、 Ar^3 は、下記一般式 (Ar^3-1) で表される基であることが好ましく、または (Ar^3-2) で表される基であることが好ましい。

20

【0122】

【化27】



30

【0123】

ただし、(Ar^3-1) において、 s および t は各々独立に0または1である。また、(Ar^3-2) において、 R^1 および R^2 は各々独立に、炭素数1乃至6の炭化水素基、炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基のいずれかであり、また、 a は0乃至4の整数を表し、 b は0乃至3の整数を表す。また、 L^1 は炭素数6乃至12の2価の芳香族炭化水素基を表す。

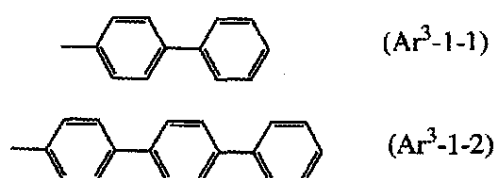
【0124】

また、(Ar^3-1) は、下記構造式 (Ar^3-1-1) または構造式 (Ar^3-1-2) で表される基であることが好ましく、特に (Ar^3-1-1) が好ましい。

40

【0125】

【化28】



50

【 0 1 2 7 】

10

また、上記一般式（G1）で表される有機化合物は、特に下記一般式（G2）で表される有機化合物であることが、より駆動電圧が良好な発光デバイスを提供できるため好ましい。

【化 2 9】



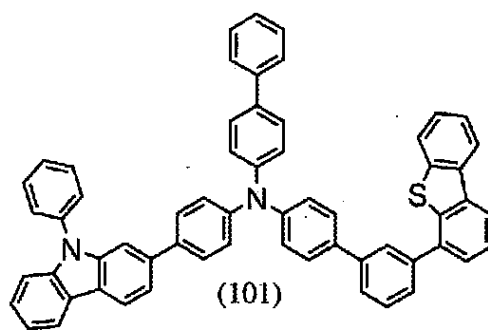
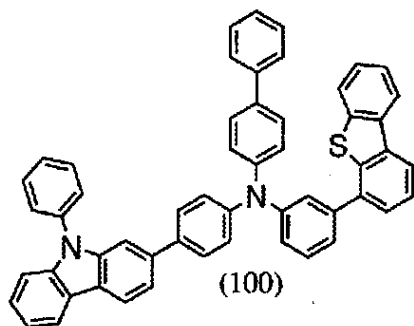
30

また、以上の記載において、「置換または無置換の」と述べた場合、置換基としては炭素数1乃至4のアルキル基、具体的にはメチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、tert-ブチル基などを指すものとする。

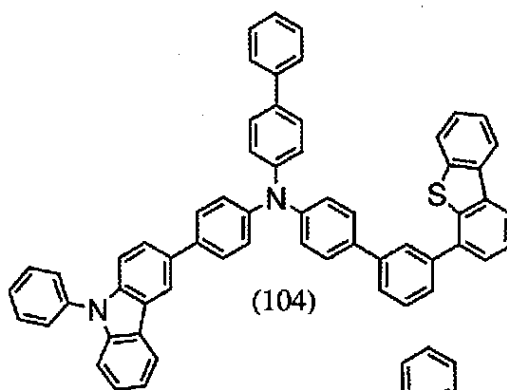
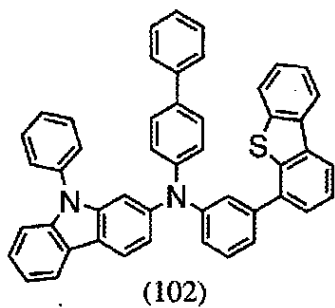
上記一般式（G2）で表される有機化合物の、具体的な例を以下に示す。なお、これらはあくまで例示である。

40

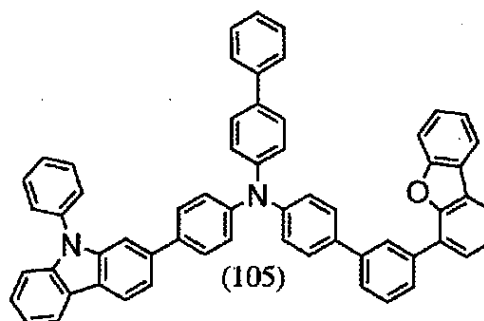
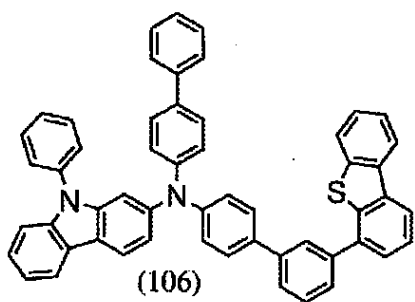
【化 3 0】



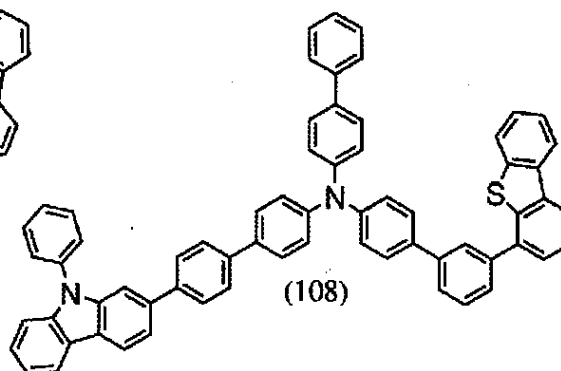
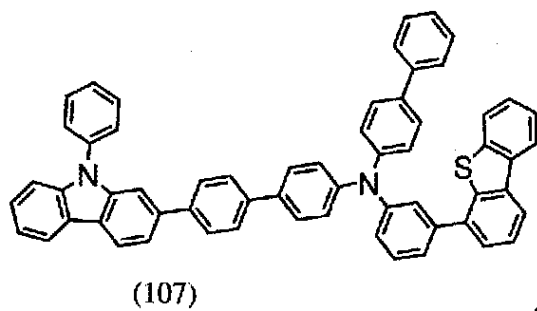
10



20



30

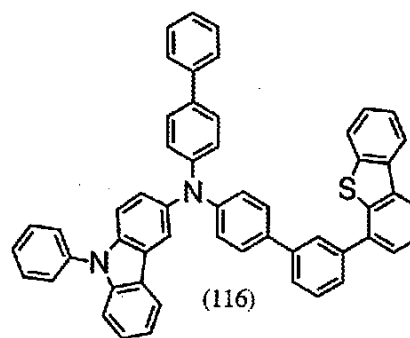
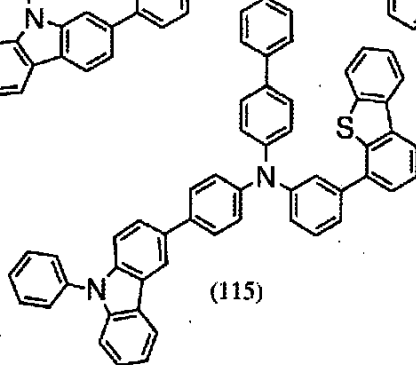
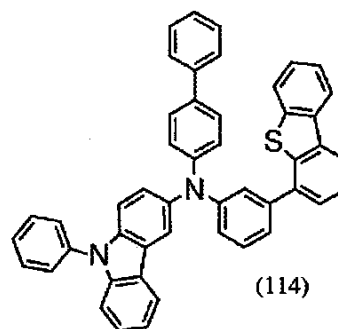
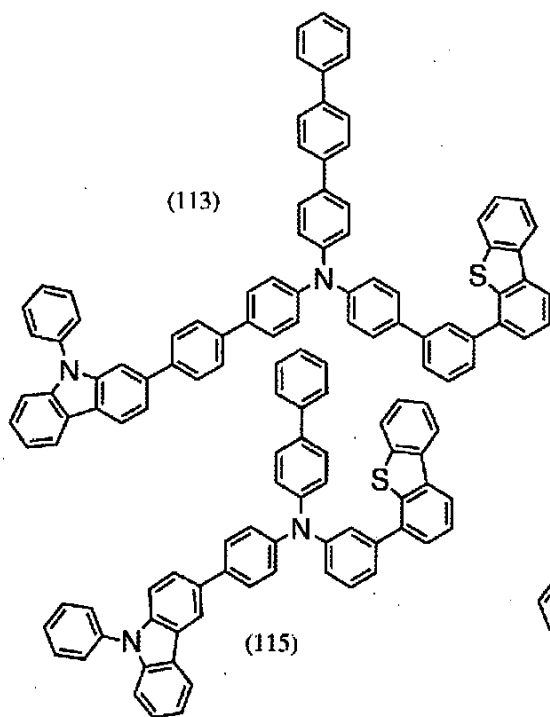
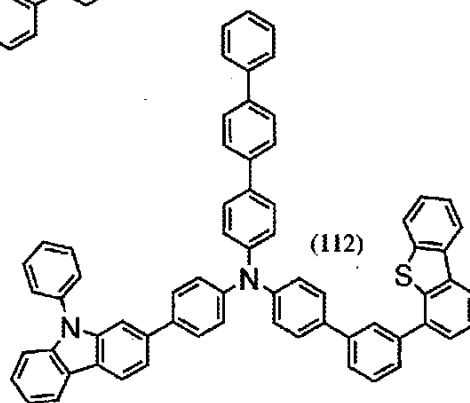
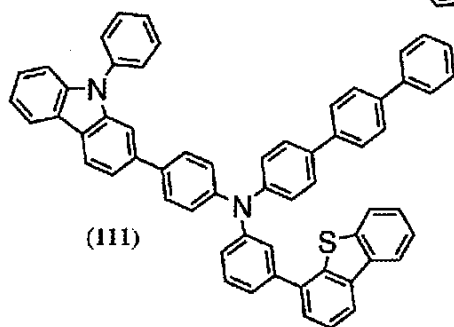
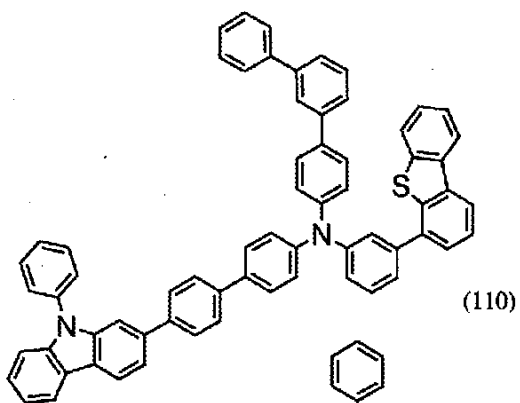
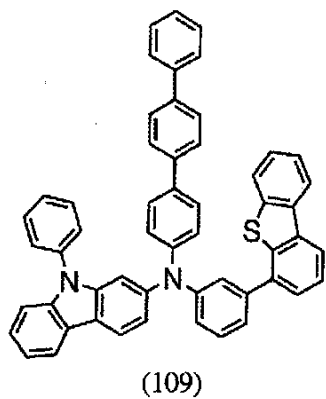


40

【 0 1 3 4】

50

【化 3 1】



【 0 1 3 5 】

10

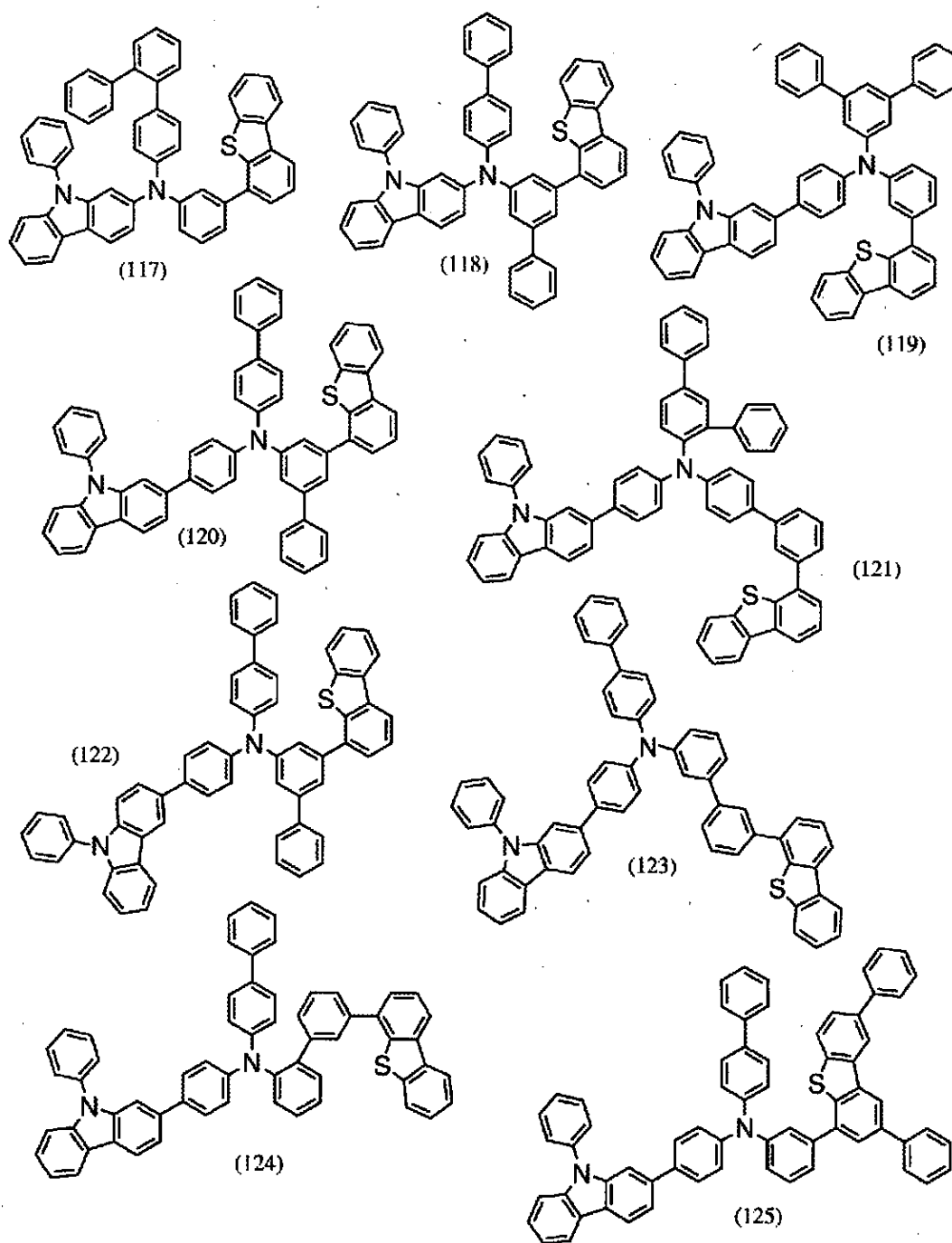
20

30

40

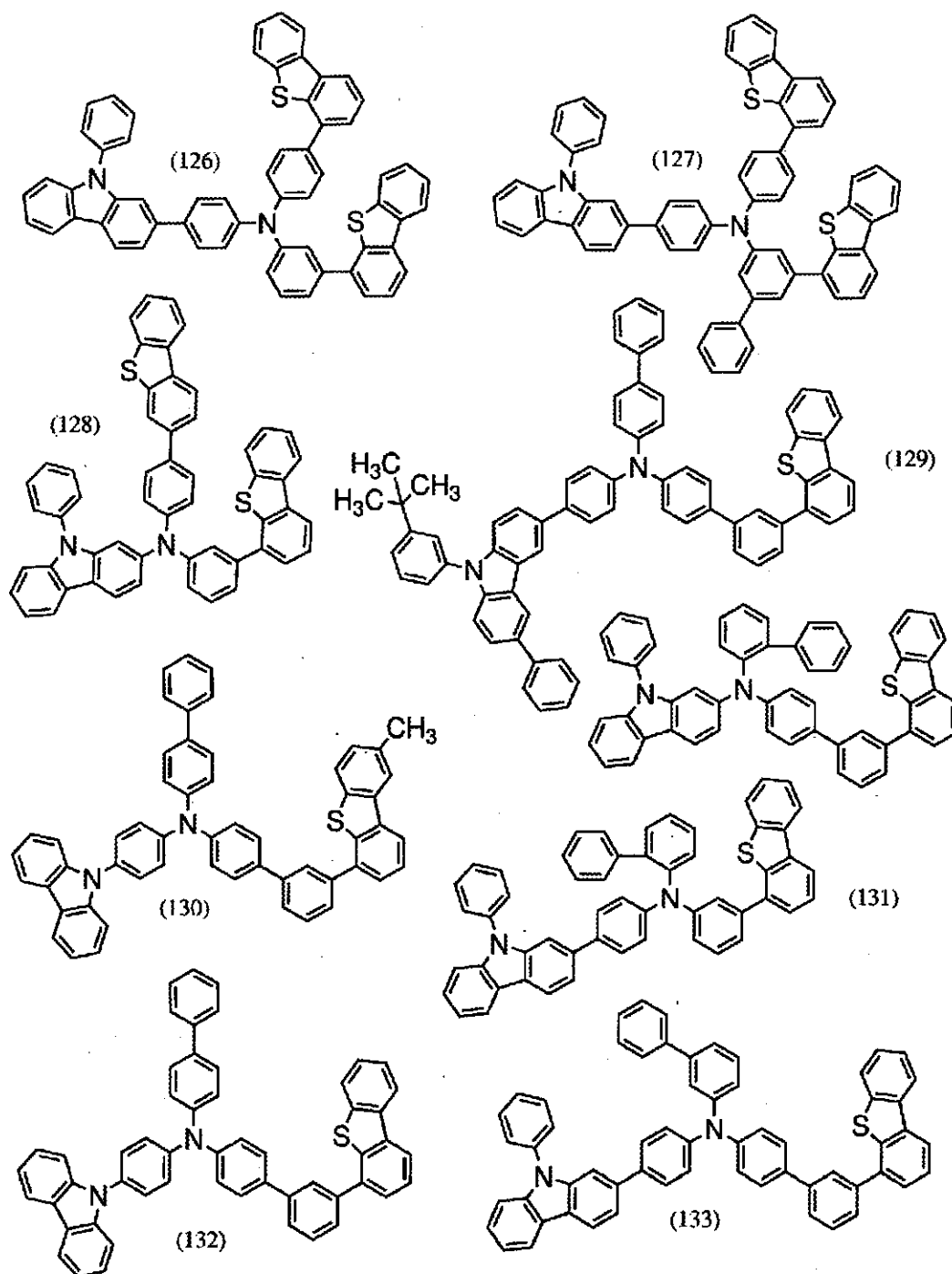
50

【化 3 2】



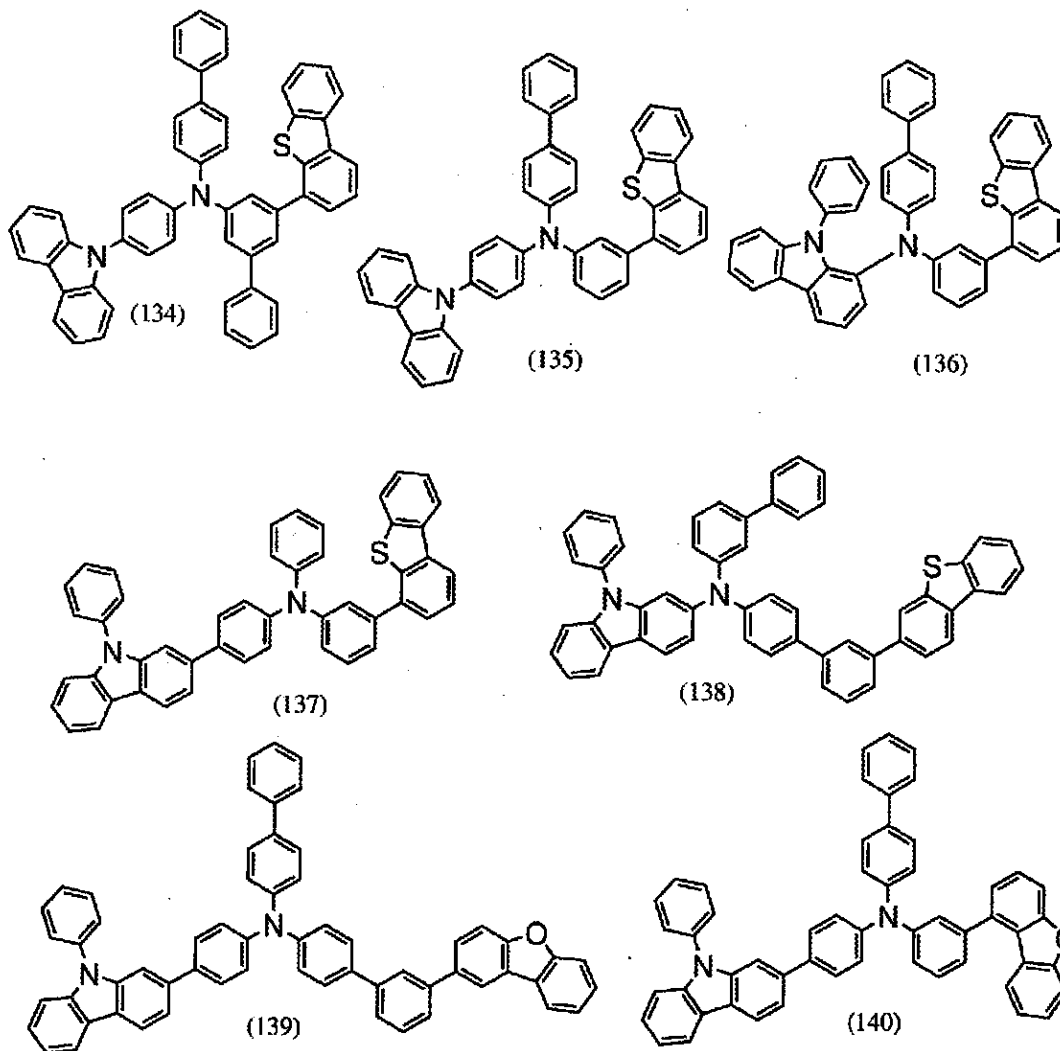
【 0 1 3 6 】

【化 3 3】



【 0 1 3 7】

【化 3 4】



【 0 1 3 8 】

10

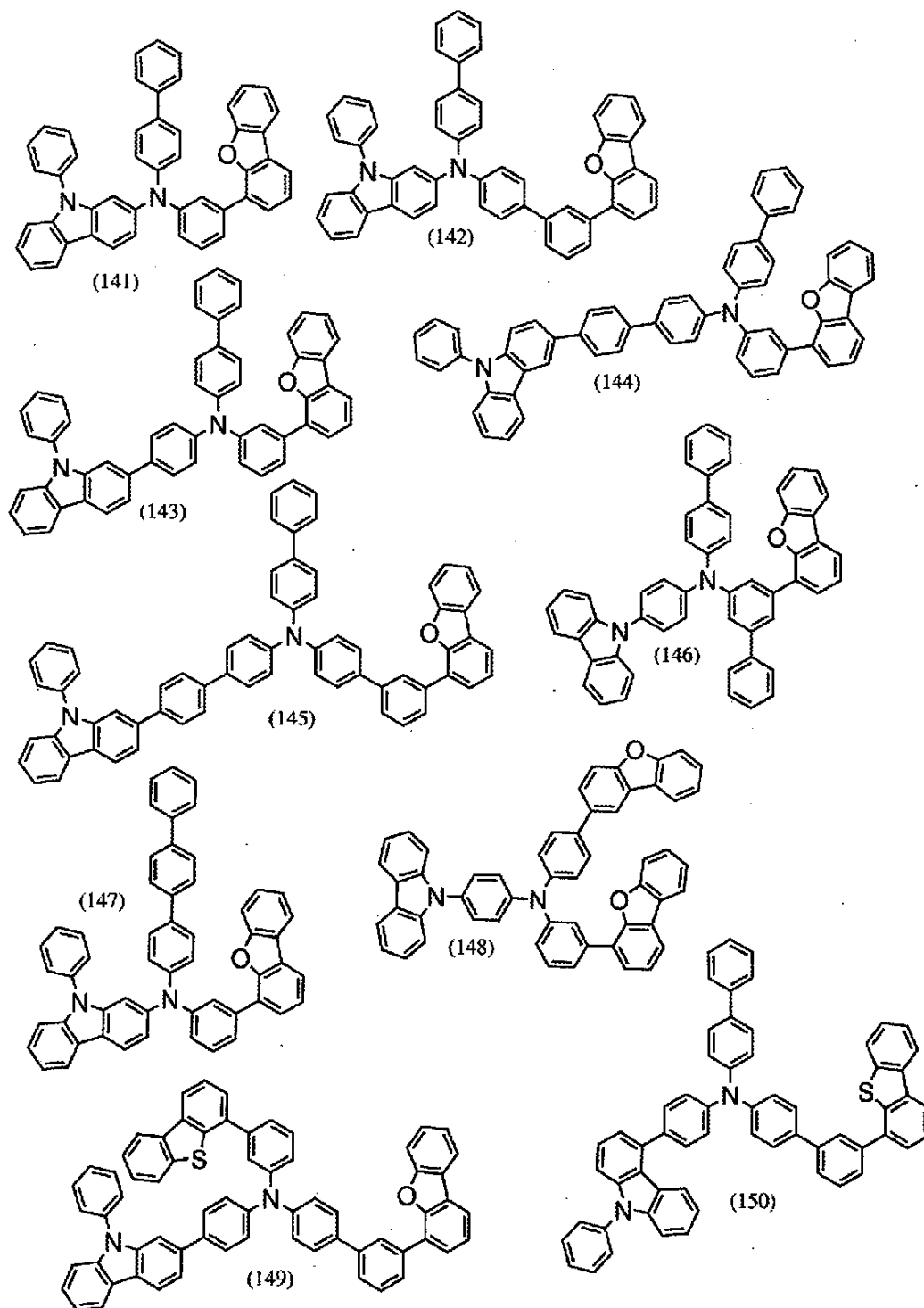
20

30

40

50

【化 3 5】



【 0 1 3 9 】

10

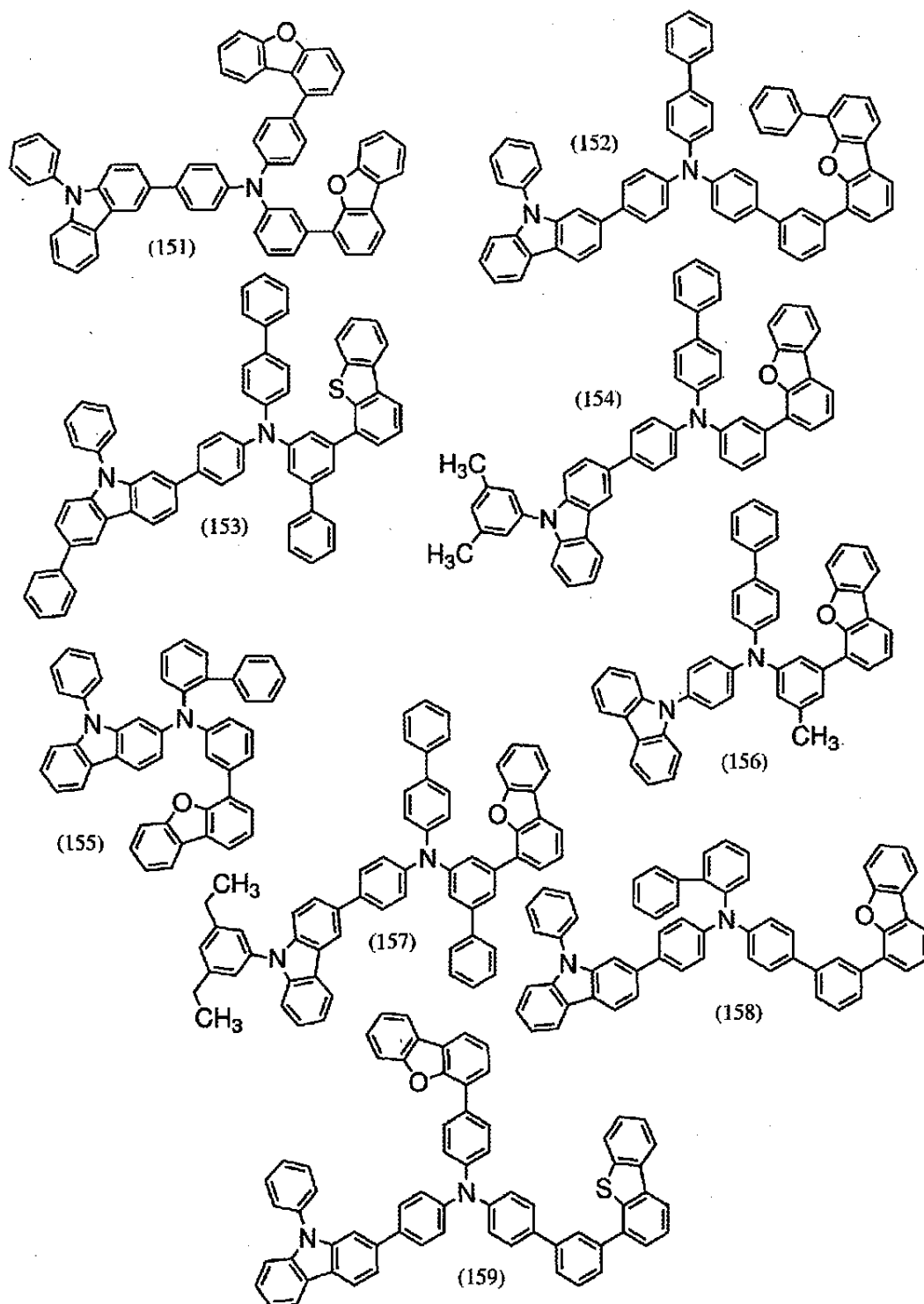
20

30

40

50

【化 3 6】



【0140】

なお、第1の有機化合物を含む層は正孔輸送領域120に含まれるいずれかの機能層として設けられれば良い。当該第1の有機化合物は、電子ブロック層として用いることが効果的なLUMO準位を有することから、正孔輸送層112と発光層113の間に電子ブロック層として設けることが好ましい。また、各機能層を複数層で構成し、その中の一層として第1の有機化合物を含む層を設けても良い。例えば、正孔輸送層を複数層で構成し、その一層を第1の有機化合物を含む層で構成することができる。

【0141】

ここで、低屈折率層を構成する上記低屈折率の正孔輸送性を有する有機化合物は、上述の

ように、高いキャリア輸送性と低い屈折率、さらに良好な耐久性を併せ持つことが非常に困難である。そこで、本発明の一態様の発光デバイスにおいては、上記低屈折率層を構成する材料として、下記構成を有する第2の有機化合物が好ましい。

【0142】

当該正孔輸送性を有する第2の有機化合物としては、第1の芳香族基、第2の芳香族基および第3の芳香族基を有し、それら第1の芳香族基、第2の芳香族基および第3の芳香族基が同一の窒素原子に結合している有機化合物を用いることが好ましい。

【0143】

当該第2の有機化合物は、分子内の総炭素数に対するsp³混成軌道で結合を作っている炭素の割合が23%以上55%以下であることが好ましく、また、¹H-NMRで当該モノアミン化合物の測定を行った結果における、4ppm未満のシグナルの積分値が、4ppm以上のシグナルの積分値を上回るような化合物であることが好ましい。

【0144】

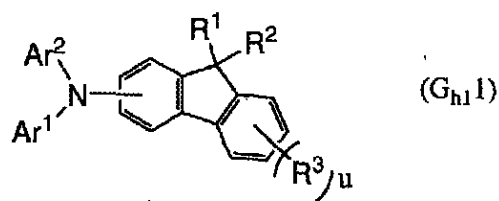
また、当該第2の有機化合物は、少なくとも一のフルオレン骨格を有し、前記第1の芳香族基、前記第2の芳香族基および前記第3の芳香族基のいずれか一または複数がフルオレン骨格であることが好ましい。

【0145】

以上のような正孔輸送性を有する第2の有機化合物の例としては以下一般式(G_{h11})乃至(G_{h14})のような構造を有する有機化合物を挙げることができる。

【0146】

【化37】



【0147】

上記一般式(G_{h11})において、Ar¹、Ar²はそれぞれ独立に、ベンゼン環または2個または3個のベンゼン環が互いに結合した置換基を表す。ただし、Ar¹、Ar²の一方または両方は、炭素がsp³混成軌道のみで結合を作っている炭素数1乃至12の炭化水素基を一つまたは複数有し、Ar¹およびAr²に結合した全ての前記炭化水素基に含まれる炭素の合計が8以上であり、且つ、Ar¹およびAr²のどちらか一方に結合した全ての前記炭化水素基に含まれる炭素の合計が6以上である。なお、Ar¹またはAr²に前記炭化水素基として炭素数1乃至2の直鎖アルキル基が複数結合している場合、当該直鎖アルキル基同士が結合して環を形成していても良い。

【0148】

10

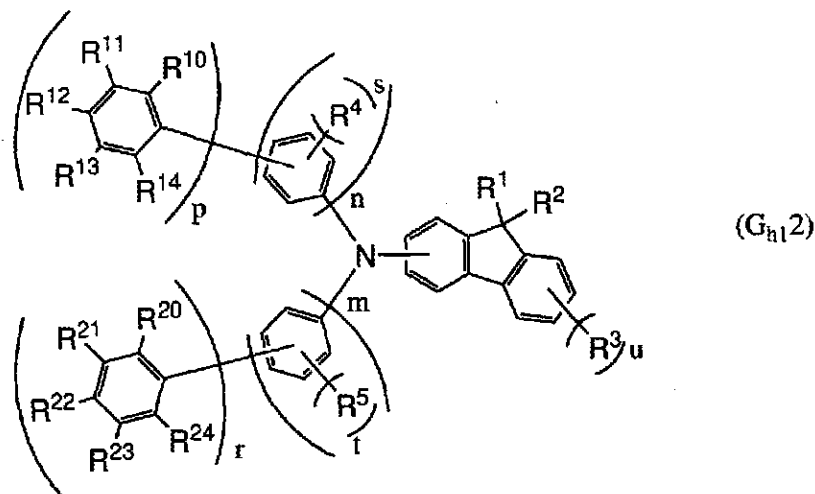
20

30

40

50

【化38】



10

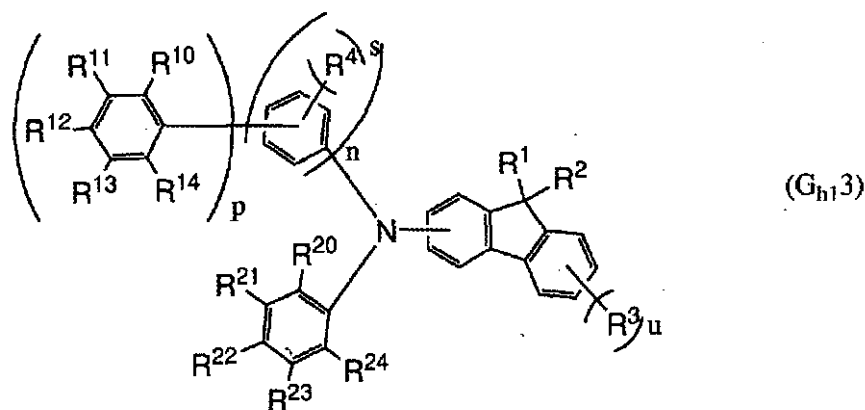
【0149】

上記一般式 (G_{h12}) において、m および r は各々独立に 1 または 2 を表し、m + r は 2 または 3 である。また、t は 0 乃至 4 の整数を表し、0 であることが好ましい。また、R⁵ は水素または炭素数 1 乃至 3 の炭化水素基のいずれかを表す。なお、m が 2 である場合二つのフェニレン基の有する置換基の種類、置換基の数および結合手の位置は同じであっても異なってもよく、r が 2 である場合二つのフェニル基の有する置換基の種類、置換基の数および結合手の位置は同じであっても異なっても良い。また、t が 2 乃至 4 の整数である場合、複数の R⁵ は各々同じであっても異なっても良く、R⁵ は、隣り合う基が互いに結合して環を形成していても良い。

20

【0150】

【化39】



30

【0151】

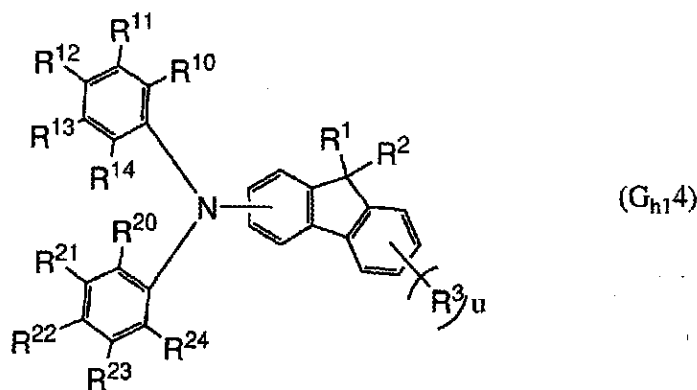
上記一般式 (G_{h12}) および (G_{h13}) において、n および p は各々独立に 1 または 2 を表し、n + p は 2 または 3 である。s は 0 乃至 4 の整数を表し、0 であることが好ましい。また、R⁴ は水素または炭素数 1 乃至 3 の炭化水素基のいずれかを表し、なお、n が 2 である場合二つのフェニレン基の有する置換基の種類、置換基の数および結合手の位置は同じであっても異なっても良く、p が 2 である場合二つのフェニル基の有する置換基の種類、置換基の数および結合手の位置は同じであっても異なっても良い。また、s が 2 乃至 4 の整数である場合、複数の R⁴ は各々同じであっても異なっても良い。

40

【0152】

50

【化 4 0】



【0153】

上記一般式 (G_{h12}) 乃至 (G_{h14}) において、R¹⁰ 乃至 R¹⁴ および R²⁰ 乃至 R²⁴ は各々独立に、水素、または炭素が sp³ 混成軌道のみで結合を作っている炭素数 1 乃至 12 の炭化水素基を表す。なお、R¹⁰ 乃至 R¹⁴ の少なくとも 3、および R²⁰ 乃至 R²⁴ の少なくとも 3 が水素であることが好ましい。炭素が sp³ 混成軌道のみで結合を作っている炭素数 1 乃至 12 の炭化水素基としては、tert-ブチル基およびシクロヘキシル基が好ましい。ただし、R¹⁰ 乃至 R¹⁴ および R²⁰ 乃至 R²⁴ に含まれる炭素の合計は 8 以上であり、且つ、R¹⁰ 乃至 R¹⁴ または R²⁰ 乃至 R²⁴ のどちらか一方に含まれる炭素の合計が 6 以上であるものとする。R⁴、R¹⁰ 乃至 R¹⁴ および R²⁰ 乃至 R²⁴ は、隣り合う基が互いに結合して環を形成していても良い。

【0154】

また、上記一般式 (G_{h11}) 乃至 (G_{h14}) において、u は 0 乃至 4 の整数を表し、0 であることが好ましい。u が 2 乃至 4 の整数である場合複数の R³ は各々同じであっても異なっても良い。また、R¹、R² および R³ は各々独立に炭素数 1 乃至 4 のアルキル基を表し、R¹ および R² は互いに結合して環を形成していてもよい。

【0155】

また、正孔輸送領域 120 に用いることが可能な正孔輸送性を有する第 2 の有機化合物としては、少なくとも 1 の芳香族基を有し、当該芳香族基は第 1 乃至第 3 のベンゼン環と、少なくとも 3 つのアルキル基とを有しているアリアルアミン構造を有する有機化合物もまた好ましい。なお、第 1 乃至第 3 のベンゼン環はこの順に結合しており、第 1 のベンゼン環がアミンの窒素に直接結合しているものとする。

【0156】

また、第 1 のベンゼン環はさらに置換または無置換のフェニル基を有していてもよく、無置換のフェニル基を有していることが好ましい。また、前記第 2 のベンゼン環または前記第 3 のベンゼン環が、アルキル基で置換されたフェニル基を有していてもよい。

【0157】

なお、当該第 1 乃至前記第 3 のベンゼン環のうち、2 以上のベンゼン環、好ましくはすべてのベンゼン環の 1 位および 3 位の炭素には直接水素は結合しておらず、上述の第 1 乃至第 3 のベンゼン環、上述のアルキル基で置換されたフェニル基、上述の少なくとも 3 つのアルキル基、および上述のアミンの窒素のいずれかと結合しているものとする。

【0158】

また、上記有機化合物は、さらに第 2 の芳香族基を有することが好ましい。第 2 の芳香族基としては、無置換の単環、または置換もしくは無置換の 3 環以下の縮合環を有する基であることが好ましく、中でも置換もしくは無置換の 3 環以下の縮合環であり、前記縮合環が、環を形成する炭素の数が 6 乃至 13 の縮合環を有する基であることがより好ましく、フルオレン環を有する基であることがさらに好ましい。なお、第 2 の芳香族基としてはジメチルフルオレニル基が好ましい。

【0159】

また、上記有機化合物は、さらに第3の芳香族基を有することが好ましい。第3の芳香族基は、置換または無置換のベンゼン環を1乃至3有する基である。

【0160】

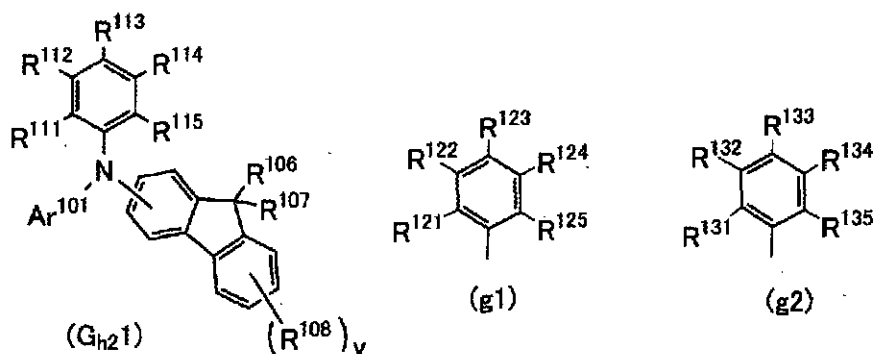
上述の少なくとも3つのアルキル基、フェニル基に置換するアルキル基は、炭素数2乃至炭素数5の鎖式アルキル基であることが好ましい。特に当該アルキル基としては、炭素数3乃至炭素数5の分岐を有する鎖式アルキル基が好ましく、 α -ブチル基がさらに好ましい。

【0161】

以上のような正孔輸送性を有する第2の有機化合物の例としては下記 (G_{h21}) 乃至 (G_{h23}) のような構造を有する有機化合物を挙げることができる。

【0162】

【化41】

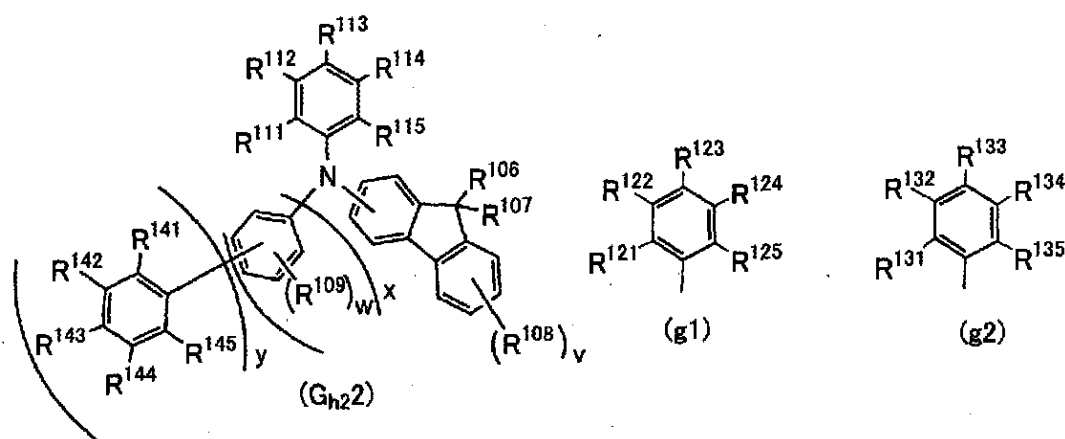


【0163】

なお、上記一般式 (G_{h21}) において、 Ar^{101} は置換または無置換のベンゼン環、または2個もしくは3個の置換または無置換のベンゼン環が互いに結合した置換基を表す。

【0164】

【化42】



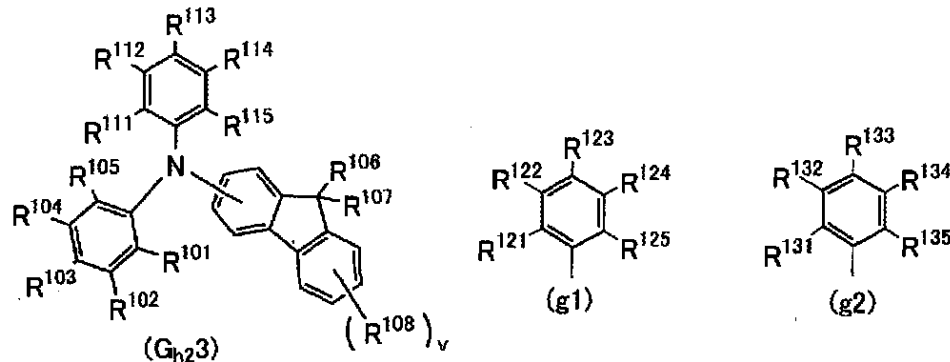
【0165】

なお、上記一般式 (G_{h22}) において、 x および y は各々独立に1または2を表し、 $x + y$ は2または3である。また、 R^{109} は炭素数1乃至4のアルキル基を表し、 w は0乃至4の整数を表す。また、 R^{141} 乃至 R^{145} は各々独立に、水素、炭素数1乃至炭素数6のアルキル基、炭素数5乃至炭素数12のシクロアルキル基のいずれか一を表す。 w が2以上である場合、複数の R^{109} は各々同じであっても異なっても良い。また x が2である場合、二つのフェニレン基が有する置換基の種類、置換基の数および結合手の位置は同じであっても異なっても良い。また、 y が2である場合、二つの R^{141} 乃至 R^{145}

4⁵を有するフェニル基が有する置換基の種類、および置換基の数は同じであっても異なっているもよい。

【0166】

【化43】



【0167】

なお、上記一般式 (G_{h23}) において、R¹⁰¹乃至R¹⁰⁵は各々独立に、水素、炭素数1乃至炭素数6のアルキル基、炭素数6乃至炭素数12のシクロアルキル基および置換または無置換のフェニル基のいずれかーを表す。

【0168】

また、上記一般式 (G_{h21}) 乃至 (G_{h23}) において、また、R¹⁰⁶、R¹⁰⁷およびR¹⁰⁸は各々独立に炭素数1乃至4のアルキル基を表し、vは0乃至4の整数を表す。なお、vが2以上である場合、複数のR¹⁰⁸は各々同じであっても異なっているもよい。また、R¹¹¹乃至R¹¹⁵は一つが上記一般式 (g1) で表される置換基であり、残りが各々独立に、水素、炭素数1乃至炭素数6のアルキル基、および置換または無置換のフェニル基のいずれかーを表す。また、上記一般式 (g1) において、R¹²¹乃至R¹²⁵は一つが上記一般式 (g2) で表される置換基であり、残りが各々独立に、水素、炭素数1乃至炭素数6のアルキル基、および炭素数1乃至炭素数6のアルキル基で置換されたフェニル基のいずれかーを表す。また、上記一般式 (g2) において、R¹³¹乃至R¹³⁵は各々独立に、水素、炭素数1乃至炭素数6のアルキル基、および炭素数1乃至炭素数6のアルキル基で置換されたフェニル基のいずれかーを表す。なお、R¹¹¹乃至R¹¹⁵、R¹²¹乃至R¹²⁵およびR¹³¹乃至R¹³⁵のうち、少なくとも3以上が炭素数1乃至炭素数6のアルキル基であり、R¹¹¹乃至R¹¹⁵における置換または無置換のフェニル基は1以下であり、R¹²¹乃至R¹²⁵およびR¹³¹乃至R¹³⁵における炭素数1乃至炭素数6のアルキル基で置換されたフェニル基は1以下であるものとする。また、R¹¹²およびR¹¹⁴、R¹²²およびR¹²⁴、並びにR¹³²およびR¹³⁴の3つの組み合わせのうち少なくとも2つの組み合わせにおいて、少なくとも一方のRが水素以外であるものとする。

【0169】

上述したような正孔輸送性を有する第2の有機化合物は、青色発光領域 (455 nm以上465 nm以下) における常光屈折率が1.50以上1.75以下、または屈折率の測定に通常用いられる633 nmの光における常光屈折率が、1.45以上1.70以下であり、且つ正孔輸送性の良好な有機化合物である。また、同時にT_gが高く、信頼性の良好な有機化合物を得ることも可能である。このような正孔輸送性を有する有機化合物は、十分な正孔輸送性も備えるため正孔輸送層112の材料として好適に用いることができる。

【0170】

なお、上記正孔輸送性を有する第2の有機化合物を正孔注入層111に用いる場合、当該正孔輸送性を有する有機化合物にアクセプタ性を有する物質を混合して用いることが好ましい。当該アクセプタ性を有する物質としては、電子吸引基 (ハロゲン基やシアノ基) を

有する化合物を用いることができ、7, 7, 8, 8-テトラシアノ-2, 3, 5, 6-テトラフルオロキノジメタン（略称：F₄-TCNQ）、クロラニル、2, 3, 6, 7, 10, 11-ヘキサシアノ-1, 4, 5, 8, 9, 12-ヘキサアザトリフェニレン（略称：HAT-CN）、1, 3, 4, 5, 7, 8-ヘキサフルオロテトラシアノ-ナフトキノジメタン（略称：F₆-TCNNQ）、2-（7-ジシアノメチレン-1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10-オクタフルオロ-7H-ピレン-2-イリデン）マロノニトリル等を挙げることができる。特に、HAT-CNのように複素原子を複数有する縮合芳香環に電子吸引基が結合している化合物が、熱的に安定であり好ましい。また、電子吸引基（特にフルオロ基のようなハロゲン基やシアノ基）を有する〔3〕ラジアレン誘導体は、電子受容性が非常に高いため好ましく、具体的には α , α' , α'' -1, 2, 3-シクロプロパントリイリデントリス〔4-シアノ-2, 3, 5, 6-テトラフルオロベンゼンアセトニトリル〕、 α , α' , α'' -1, 2, 3-シクロプロパントリイリデントリス〔2, 6-ジクロロ-3, 5-ジフルオロ-4-（トリフルオロメチル）ベンゼンアセトニトリル〕、 α , α' , α'' -1, 2, 3-シクロプロパントリイリデントリス〔2, 3, 4, 5, 6-ペンタフルオロベンゼンアセトニトリル〕などが挙げられる。

【0171】

アクセプタ性を有する物質としては以上で述べた有機化合物以外にも、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等を用いることができる。この他、フタロシアニン（略称：H₂Pc）や銅フタロシアニン（CuPc）等のフタロシアニン系の錯体化合物、4, 4'-ビス〔N-（4-ジフェニルアミノフェニル）-N-フェニルアミノ〕ビフェニル（略称：DPAB）、4, 4'-ビス〔N-〔4-〔N'-（3-メチルフェニル）-N'-フェニルアミノ〕フェニル〕-N-フェニルアミノ〕ビフェニル（略称：DNTPD）等の芳香族アミン化合物、或いはポリ（3, 4-エチレンジオキシチオフェン）／ポリ（スチレンスルホン酸）（PEDOT／PSS）等の高分子等によっても正孔注入層111を形成することができる。アクセプタ性を有する物質は、隣接する正孔輸送層（あるいは正孔輸送材料）から、電界の印加により電子を引き抜くことができる。

【0172】

なお、正孔輸送性を有する材料に上記アクセプタ性を有する材料を混合して正孔注入層111を形成した場合、仕事関数に依らず電極を形成する材料を選ぶことができる。つまり、陽極101として仕事関数の大きい材料だけでなく、仕事関数の小さい材料も用いることができるようになる。

【0173】

続いて、本発明の一態様の発光デバイスの他の構造や材料の例について説明する。本発明の一態様の発光デバイスは、上述のように陽極101と陰極102の一对の電極間に複数の層からなるEL層103を有しており、当該EL層103は、発光材料を有する発光層113と、正孔輸送領域120を有している。なお、正孔輸送領域120は低屈折率層と、上記構成を有するモノアミン化合物を含む層との積層構造を有している。

【0174】

陽極101は、仕事関数の大きい（具体的には4.0 eV以上）金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物などを用いて形成することが好ましい。具体的には、例えば、酸化インジウム-酸化スズ（ITO：Indium Tin Oxide）、ケイ素若しくは酸化ケイ素を含有した酸化インジウム-酸化スズ、酸化インジウム-酸化亜鉛、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム（IWZO）等が挙げられる。これらの導電性金属酸化物膜は、通常スパッタリング法により成膜されるが、ゾル-ゲル法などを応用して作製しても構わない。作製方法の例としては、酸化インジウム-酸化亜鉛は、酸化インジウムに対し1～20 wt %の酸化亜鉛を加えたターゲットを用いてスパッタリング法により形成する方法などがある。また、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム（IWZO）は、酸化インジウムに対し酸化タングステンを0.5～5 wt %、酸化亜鉛を0.1～1 wt %含有したターゲットを用いてスパッタリング法により

形成することもできる。この他に、陽極 101 に用いられる材料は、例えば、金 (Au)、白金 (Pt)、ニッケル (Ni)、タングステン (W)、クロム (Cr)、モリブデン (Mo)、鉄 (Fe)、コバルト (Co)、銅 (Cu)、パラジウム (Pd)、または金属材料の窒化物 (例えば、窒化チタン) 等が挙げられる。又は、陽極 101 に用いられる材料として、グラフェンも用いることができる。なお、後述する複合材料を EL 層 103 における陽極 101 と接する層に用いることで、仕事関数に関わらず、電極材料を選択することができるようになる。

【0175】

なお、陽極 101 を可視光に対し透過性を有する材料で形成した場合、図 1C にしめしたように陰極側から光を発する発光デバイスとすることができる。本発光デバイスは、陽極 101 を基板側に作製した場合、いわゆるボトムエミッション型の発光デバイスとすることができる。

10

【0176】

EL 層 103 は積層構造を有していることが好ましいが、当該積層構造については特に限定はなく、正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層、電子注入層、キャリアブロック層 (正孔ブロック層、電子ブロック層)、励起子ブロック層、中間層、電荷発生層など、様々な機能層を用いることができる。なお、いずれかの層が設けられていなくてもよい。本実施の形態では、図 1A に示すように、発光層 113 に加えて、正孔注入層 111、正孔輸送層 112、電子輸送層 114 ならびに電子注入層 115 を有する構成、および図 1B に示すように、電子輸送層 114、発光層 113、正孔注入層 111、正孔輸送層 112 に加えて、電荷発生層 116 を有する構成の 2 種類の構成について説明する。なお、以下は各機能層を低屈折率層としない場合にそれら機能層を構成することができる材料について具体的に示している。

20

【0177】

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

【0178】

アクセプタ性を有する物質としては、電子吸引基 (ハロゲン基やシアノ基) を有する化合物を用いることができ、7, 7, 8, 8-テトラシアノ-2, 3, 5, 6-テトラフルオロキノジメタン (略称: F₄-TCNQ)、クロラニル、2, 3, 6, 7, 10, 11-ヘキサシアノ-1, 4, 5, 8, 9, 12-ヘキサアザトリフェニレン (略称: HAT-CN)、1, 3, 4, 5, 7, 8-ヘキサフルオロテトラシアノ-ナフトキノジメタン (略称: F₆-TCNNQ)、2-(7-ジシアノメチレン-1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10-オクタフルオロ-7H-ピレン-2-イリデン) マロノニトリル等を挙げることができる。特に、HAT-CN のように複素原子を複数有する縮合芳香環に電子吸引基が結合している化合物が、熱的に安定であり好ましい。また、電子吸引基 (特にフルオロ基のようなハロゲン基やシアノ基) を有する [3] ラジアレン誘導体は、電子受容性が非常に高いため好ましく、具体的には α , α' , α'' -1, 2, 3-シクロプロパントリイリデントリス [4-シアノ-2, 3, 5, 6-テトラフルオロベンゼンアセトニトリル]、 α , α' , α'' -1, 2, 3-シクロプロパントリイリデントリス [2, 6-ジクロロ-3, 5-ジフルオロ-4-(トリフルオロメチル)ベンゼンアセトニトリル]、 α , α' , α'' -1, 2, 3-シクロプロパントリイリデントリス [2, 3, 4, 5, 6-ペンタフルオロベンゼンアセトニトリル] などが挙げられる。アクセプタ性を有する物質としては以上で述べた有機化合物以外にも、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等を用いることができる。この他、フタロシアニン (略称: H₂Pc) や銅フタロシアニン (CuPc) 等のフタロシアニン系の錯体化合物、4, 4'-ビス [N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ] ビフェニル (略称: DPAB)、N, N'-ビス {4-[ビス (3-メチルフェニル) アミノ] フェニル} -N, N'-ジフェニル (1, 1'-ビフェニル)-4, 4'-ジアミン (略称: DNTPD) 等の芳香族アミン化合物、或いはポリ (3, 4-エチレンジオキシチオフ

30

40

50

エン)／ポリ(スチレンスルホン酸)(PEDOT／PSS)等の高分子等によっても正孔注入層111を形成することができる。アクセプタ性を有する物質は、隣接する正孔輸送層(あるいは正孔輸送材料)から、電界の印加により電子を引き抜くことができる。

【0179】

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

【0180】

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。

【0181】

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-フェレンジアミン(略称：DTDPPA)、4，4'-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称：DPAB)、N，N'-ビス{4-[ビス(3-メチルフェニル)アミノ]フェニル}-N，N'-ジフェニル-(1，1'-ビフェニル)-4，4'-ジアミン(略称：DNTPD)、1，3，5-トリス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ベンゼン(略称：DPA3B)等を挙げることができる。カルバゾール誘導体としては、具体的には、3-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称：PCzPCA1)、3，6-ビス[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称：PCzPCA2)、3-[N-(1-ナフチル)-N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称：PCzPCN1)、4，4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル(略称：CBP)、1，3，5-トリス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]ベンゼン(略称：TCPB)、9-[4-(N-カルバゾリル)]フェニル-10-フェニルアントラセン(略称：CzPA)、1，4-ビス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]-2，3，5，6-テトラフェニルベンゼン等を用いることができる。芳香族炭化水素としては、例えば、2-tert-ブチル-9，10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称：t-BuDNA)、2-tert-ブチル-9，10-ジ(1-ナフチル)アントラセン、9，10-ビス(3，5-ジフェニルフェニル)アントラセン(略称：DPPA)、2-tert-ブチル-9，10-ビス(4-フェニルフェニル)アントラセン(略称：t-BuDBA)、9，10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称：DNA)、9，10-ジフェニルアントラセン(略称：DPAnth)、2-tert-ブチルアントラセン(略称：t-BuAnth)、9，10-ビス(4-メチル-1-ナフチル)アントラセン(略称：DMNA)、2-tert-ブチル-9，10-ビス[2-(1-ナフチル)フェニル]アントラセン、9，10-ビス[2-(1-ナフチル)フェニル]アントラセン、2，3，6，7-テトラメチル-9，10-ジ(1-ナフチル)アントラセン、2，3，6，7-テトラメチル-9，10-ジ(2-ナフチル)アントラセン、9，9'-ビアントリル、10，10'-ジフェニル-9，9'-ビアントリル、10，10'-ビス(2-フェニルフェニル)-9，9'-ビアントリル、10，10'-ビス[(2，3，4，5，6-ペンタフェニル)フェニル]-9，9'-ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、2，5，8，11-テトラ(tert-ブチル)ペリレン等が挙げられる。また、この他、ペンタセン、コロネン等も用いることができる。また、ビニル骨格を有していてもよい。ビニル骨格を有して

10

20

30

40

50

いる芳香族炭化水素としては、例えば、4, 4'-ビス(2, 2-ジフェニルビニル)ビフェニル(略称: DPVBi)、9, 10-ビス[4-(2, 2-ジフェニルビニル)フェニル]アントラセン(略称: DPVPA)等が挙げられる。

【0182】

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

【0183】

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、これら有機化合物が、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。以上のような有機化合物としては、具体的には、N-(4-ビフェニル)-6, N-ジフェニルベンゾ[b]ナフト[1, 2-d]フラン-8-アミン(略称: BnfABP)、N, N'-ビス(4-ビフェニル)-6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1, 2-d]フラン-8-アミン(略称: BBABnf)、4, 4'-ビス(6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1, 2-d]フラン-8-イル-4''-フェニルトリフェニルアミン(略称: BnfBB1BP)、N, N'-ビス(4-ビフェニル)ベンゾ[b]ナフト[1, 2-d]フラン-6-アミン(略称: BBABnf(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: BBABnf(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: BBABnf(II)(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: DBfBB1TP)、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: ThBA1BP)、4-(2-ナフチル)-4', 4''-ジフェニルトリフェニルアミン(略称: BBAβNB)、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: BBAβNBi)、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: BBAαNβNB)、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: BBAαNβNB-03)、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: BBAPβNB-03)、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: BBA(βN2)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: BBA(βN2)B-03)、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: BBAβNαNB)、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: BBAβNαNB-02)、4-(4-ビフェニル)-4'--(2-ナフチル)-4''-フェニルトリフェニルアミン(略称: TPBiAβNB)、4-(3-ビフェニル)-4'--[4-(2-ナフチル)フェニル]-4''-フェニルトリフェニルアミン(略称: mTPBiAβNBi)、4-(4-ビフェニル)-4'--[4-(2-ナフチル)フェニル]-4''-フェニルトリフェニルアミン(略称: TPBiAβNBi)、4-フェニル-4'--(1-ナフチル)トリフェニルアミン(略称: αNBA1BP)、4, 4'-ビス(1-ナフチル)トリフェニルアミン(略称: αNBB1BP)、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: YGTBi1BP)、4'-[4-(3-フェニル-9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]トリス(1, 1'-ビフェニル-4-

10

20

30

40

50

イル) アミン (略称: YGTBi1BP-02)、4-[4'-(カルバゾール-9-イル) ビフェニル-4-イル]-4'-(2-ナフチル)-4''-フェニルトリフェニルアミン (略称: YGTBiβNB)、N-[4-(9-フェニル-9H-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(9H-フルオレン)-2-アミン (略称: PCBNBSF)、N,N-ビス([1,1'-ビフェニル]-4-イル)-9,9'-スピロビ[9H-フルオレン]-2-アミン (略称: BBASF)、N,N-ビス([1,1'-ビフェニル]-4-イル)-9,9'-スピロビ[9H-フルオレン]-4-アミン (略称: BBASF(4))、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)、N-(4-ビフェニル)-N-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル) ジベンゾフラン-4-アミン (略称: FrBiF)、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: mPDBfBNBN)、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: BP AFLP)、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: mBP AFLP)、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: BP AFLBi)、4-フェニル-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) トリフェニルアミン (略称: PCBA1BP)、4,4'-ジフェニル-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) トリフェニルアミン (略称: PCBBi1BP)、4-(1-ナフチル)-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) トリフェニルアミン (略称: PCBANB)、4,4'-ジ(1-ナフチル)-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) トリフェニルアミン (略称: PCBNBB)、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]-9,9'-スピロビ[9H-フルオレン]-2-アミン (略称: PCBASF)、N-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-9,9-ジメチル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル) フェニル]-9H-フルオレン-2-アミン (略称: PCBBiF)、N,N-ビス(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9,9'-スピロビ-9H-フルオレン-4-アミン、N,N-ビス(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9,9'-スピロビ-9H-フルオレン-3-アミン、N,N-ビス(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9,9'-スピロビ-9H-フルオレン-2-アミン、N,N-ビス(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9,9'-スピロビ-9H-フルオレン-1-アミン等を挙げることができる。

【0184】

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 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。また、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準位を有する物質であることによって、正孔の誘起が適度に抑制されさらに寿命の良好な発光デバイスとすることができる。

【0185】

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

【0186】

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。

【0187】

10

20

30

40

50

なお、アクセプタ性を有する物質の中でも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。

【0188】

正孔輸送層112は、正孔輸送性を有する材料を含んで形成される。正孔輸送性を有する材料としては、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有していることが好ましい。

【0189】

上記正孔輸送性を有する材料としては、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: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:BSPPB)、4-フェニル-4'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称:BPAPLP)、4-フェニル-3'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称:mBPAPLP)、4-フェニル-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBA1BP)、4,4'-ジフェニル-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBBi1BP)、4-(1-ナフチル)-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBANB)、4,4'-ジ(1-ナフチル)-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBNBB)、9,9-ジメチル-N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]フルオレン-2-アミン(略称:PCBAF)、N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9,9'-スピロビ[9H-フルオレン]-2-アミン(略称:PCBASF)などの芳香族アミン骨格を有する化合物や、1,3-ビス(N-カルバゾリル)ベンゼン(略称:mCP)、4,4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル(略称:CBP)、3,6-ビス(3,5-ジフェニルフェニル)-9-フェニルカルバゾール(略称:CzTP)、3,3'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)(略称:PCCP)などのカルバゾール骨格を有する化合物や、4,4',4''-(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリ(ジベンゾチオフエン)(略称:DBT3P-II)、2,8-ジフェニル-4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ジベンゾチオフエン(略称:DBTFLP-II)、4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]-6-フェニルジベンゾチオフエン(略称:DBTFLP-IV)などのチオフエン骨格を有する化合物や、4,4',4''-(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリ(ジベンゾフラン)(略称:DBF3P-II)、4-{3-[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]フェニル}ジベンゾフラン(略称:mmDBFFLBi-II)などのフラン骨格を有する化合物が挙げられる。上述した中でも、芳香族アミン骨格を有する化合物やカルバゾール骨格を有する化合物は、信頼性が良好であり、また、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与するため好ましい。なお、正孔注入層111の複合材料に用いられる正孔輸送性を有する材料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。

【0190】

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

【0191】

発光物質は蛍光発光物質であっても、りん光発光物質であっても、熱活性化遅延蛍光(TADF)を示す物質であっても、その他の発光物質であっても構わない。なお、本発明の一態様は、発光層113が蛍光発光を呈する層、特に、青色の蛍光発光を呈する層である場合により好適に適用することができる。

【0192】

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

【0193】

5, 6-ビス [4- (10-フェニル-9-アントリル) フェニル] -2, 2'-ビピリジン (略称: PAP2BPY)、5, 6-ビス [4'- (10-フェニル-9-アントリル) ビフェニル-4-イル] -2, 2'-ビピリジン (略称: PAPP2BPY)、N, N'-ジフェニル-N, N'-ビス [4- (9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル) フェニル] ピレン-1, 6-ジアミン (略称: 1, 6FLPAPrn)、N, N'-ビス (3-メチルフェニル) -N, N'-ビス [3- (9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル) フェニル] ピレン-1, 6-ジアミン (略称: 1, 6mMemFLPAPrn)、N, N'-ビス [4- (9H-カルバゾール-9-イル) フェニル] -N, N'-ジフェニルスチルベン-4, 4'-ジアミン (略称: YGA2S)、4- (9H-カルバゾール-9-イル) -4'- (10-フェニル-9-アントリル) トリフェニルアミン (略称: YGAPA)、4- (9H-カルバゾール-9-イル) -4'- (9, 10-ジフェニル-2-アントリル) トリフェニルアミン (略称: 2YGAPPA)、N, 9-ジフェニル-N- [4- (10-フェニル-9-アントリル) フェニル] -9H-カルバゾール-3-アミン (略称: PCAPA)、ペリレン、2, 5, 8, 11-テトラ-tert-ブチルペリレン (略称: TBP)、4- (10-フェニル-9-アントリル) -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: PCBAPA)、N, N', N'- (2-tert-ブチルアントラセン-9, 10-ジイルジ-4, 1-フェニレン) ビス [N, N', N'-トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン] (略称: DPABPA)、N, 9-ジフェニル-N- [4- (9, 10-ジフェニル-2-アントリル) フェニル] -9H-カルバゾール-3-アミン (略称: 2PCAPPA)、N- [4- (9, 10-ジフェニル-2-アントリル) フェニル] -N, N', N'-トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン (略称: 2DPAPPA)、N, N, N', N', N', N', N', N', N'-オクタエニルジベンゾ [g, p] クリセン-2, 7, 10, 15-テトラアミン (略称: DBC1)、クマリン30、N- (9, 10-ジフェニル-2-アントリル) -N, 9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン (略称: 2PCAPA)、N- [9, 10-ビス (1, 1'-ビフェニル-2-イル) -2-アントリル] -N, 9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン (略称: 2PCABPhA)、N- (9, 10-ジフェニル-2-アントリル) -N, N', N'-トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン (略称: 2DPAPA)、N- [9, 10-ビス (1, 1'-ビフェニル-2-イル) -2-アントリル] -N, N', N'-トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン (略称: 2DPABPhA)、9, 10-ビス (1, 1'-ビフェニル-2-イル) -N- [4- (9H-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: 2YGABPhA)、N, N, 9-トリフェニルアントラセン-9-アミン (略称: DPhAPhA)、クマリン545T、N, N'-ジフェニルキナクリドン、(略称: DPQd)、ルブレン、5, 12-ビス (1, 1'-ビフェニル-4-イル) -6, 11-ジフェニルテトラセン (略称: BPT)、2- (2- {2- [4- (ジメチルアミノ) フェニル] エテニル} -6-メチル-4H-ピラン-4-イリデン) プロパンジニトリル (略称: DCM1)、2- {2-メチル-6- [2- (2, 3, 6, 7-テトラヒドロ-1H, 5H-ベンゾ [i, j] キノリジン-9-イル) エテニル] -4H-ピラン-4-イリデン} プロパンジニトリル (略称: DCM2)、N, N, N', N'-テトラキス (4-メチルフェニル) テトラセン-5, 11-ジアミン (略称: p-mPhTD)、7, 14-ジフェニル-N, N, N', N'-テトラキス (4-メチルフェニル) アセナフト [1, 2-a] フルオランテン-3, 10-ジアミン (略称: p-mPhAFD)、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-1H, 5H-ベンゾ [i, j] キノリジン-9-イル) エテニル] -4H-ピラン-4-イリデン} プロパンジニトリル (略称: DCJTI)、2- {2-tert-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-1H, 5H-ベンゾ [i, j] キノリジン-9-イル) エテニル] -4H-ピラン-4-イリデン} プロパンジニトリル (略称: DCJTB)、2- (2, 6-ビス {2- [4- (ジメチルアミノ) フェニル]

ル] エテニル} - 4 H - ピラン - 4 - イリデン) プロパンジニトリル (略称: B i s D C M)、2 - {2, 6 - ビス [2 - (8 - メトキシ - 1, 1, 7, 7 - テトラメチル - 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1 H, 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン} プロパンジニトリル (略称: B i s D C J T M)、N, N' - ジフェニル - N, N' - (1, 6 - ピレン - ジイル) ビス [(6 - フェニルベンゾ [b] ナフト [1, 2 - d] フラン) - 8 - アミン] (略称: 1, 6 B n f A P r n - 03)、3, 10 - ビス [N - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 2 - イル) - N - フェニルアミノ] ナフト [2, 3 - b; 6, 7 - b'] ビスベンゾフラン (略称: 3, 10 P C A 2 N b f (I V) - 02)、3, 10 - ビス [N - (ジベンゾフラン - 3 - イル) - N - フェニルアミノ] ナフト [2, 3 - b; 6, 7 - b'] ビスベンゾフラン (略称: 3, 10 F r A 2 N b f (I V) - 02) などが挙げられる。特に、1, 6 F L P A P r n や 1, 6 m M e m F L P A P r n、1, 6 B n f A P r n - 03 のようなピレンジアミン化合物に代表される縮合芳香族ジアミン化合物は、ホールトラップ性が高く、発光効率や信頼性に優れているため好ましい。

【0194】

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

【0195】

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 - κ N 2] フェニル - κ 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や、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や、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や、ビス [2 - (4', 6' - ジフルオロフェニル) ピリジナト - N, ²C] イリジウム (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, C²] 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 (トリフルオロメチル) フェニル] ピリジナト - N, C²} 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, ²C'] 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、440 nm から 520 nm までの波長域において発光のピークを有する化合物である。

【0196】

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 -

10

20

30

40

50

フェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$)、(アセチルアセトナト) ビス [6-(2-ノルボルニル)-4-フェニルピリミジナト] イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{nbppm})_2(\text{acac})]$)、(アセチルアセトナト) ビス [5-メチル-6-(2-メチルフェニル)-4-フェニルピリミジナト] イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{mpmppm})_2(\text{acac})]$)、(アセチルアセトナト) ビス (4, 6-ジフェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})]$) のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、(アセチルアセトナト) ビス (3, 5-ジメチル-2-フェニルピラジナト) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{mppr-Me})_2(\text{acac})]$)、(アセチルアセトナト) ビス (5-イソプロピル-3-メチル-2-フェニルピラジナト) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{mppr-iPr})_2(\text{acac})]$) のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス (2-フェニルピリジナト-N, C^2) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{ppy})_3]$)、ビス (2-フェニルピリジナト-N, C^2) イリジウム (III) アセチルアセトナト (略称: $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})]$)、ビス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (III) アセチルアセトナト (略称: $[\text{Ir}(\text{bzq})_2(\text{acac})]$)、トリス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{bzq})_3]$)、トリス (2-フェニルキノリナト-N, C^2) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{pq})_3]$)、ビス (2-フェニルキノリナト-N, C^2) イリジウム (III) アセチルアセトナト (略称: $[\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})]$) のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、トリス (アセチルアセトナト) (モノフェナントロリン) テルビウム (III) (略称: $[\text{Tb}(\text{acac})_3(\text{Phen})]$) 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 までの波長域において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、信頼性や発光効率にも際だって優れるため、特に好ましい。

【0197】

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 (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dibm})]$)、ビス [4, 6-ビス (3-メチルフェニル) ピリミジナト] (ジピバロイルメタナト) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dpm})]$)、ビス [4, 6-ジ (ナフタレン-1-イル) ピリミジナト] (ジピバロイルメタナト) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{d1npm})_2(\text{dpm})]$) のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、(アセチルアセトナト) ビス (2, 3, 5-トリフェニルピラジナト) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})]$)、ビス (2, 3, 5-トリフェニルピラジナト) (ジピバロイルメタナト) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})]$)、(アセチルアセトナト) ビス [2, 3-ビス (4-フルオロフェニル) キノキサリナト] イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{Fd pq})_2(\text{acac})]$) のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス (1-フェニルイソキノリナト-N, C^2) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{piq})_3]$)、ビス (1-フェニルイソキノリナト-N, C^2) イリジウム (III) アセチルアセトナト (略称: $[\text{Ir}(\text{piq})_2(\text{acac})]$) のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、2, 3, 7, 8, 12, 13, 17, 18-オクタエチル-21H, 23H-ポルフィリン白金 (II) (略称: PtOEP) のような白金錯体や、トリス (1, 3-ジフェニル-1, 3-プロパンジオナト) (モノフェナントロリン) ユーロピウム (III) (略称: $[\text{Eu}(\text{DBM})_3(\text{Phen})]$)、トリス [1-(2-テノイル)-3, 3, 3-トリフルオロアセトナト] (モノフェナントロリン) ユーロピウム (III) (略称: $[\text{Eu}(\text{T TA})_3(\text{Phen})]$) 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 までの波長域において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。

【0198】

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

【0199】

TADF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(Mg)、亜鉛(Zn)、カドミウム(Cd)、スズ(Sn)、白金(Pt)、インジウム(In)、もしくはパラジウム(Pd)等を含む金属含有ポルフィリンが挙げられる。該金属含有ポルフィリンとしては、例えば、以下の構造式に示されるプロトポルフィリンーフッ化スズ錯体($\text{SnF}_2(\text{Proto IX})$)、メソポルフィリンーフッ化スズ錯体($\text{SnF}_2(\text{Meso IX})$)、ヘマトポルフィリンーフッ化スズ錯体($\text{SnF}_2(\text{Hemato IX})$)、コプロポルフィリンテトラメチルエステルーフッ化スズ錯体($\text{SnF}_2(\text{Copro III-4Me})$)、オクタエチルポルフィリンーフッ化スズ錯体($\text{SnF}_2(\text{OEP})$)、エチオポルフィリンーフッ化スズ錯体($\text{SnF}_2(\text{Etio I})$)、オクタエチルポルフィリンー塩化白金錯体(PtCl_2OEP)等も挙げられる。

【0200】

10

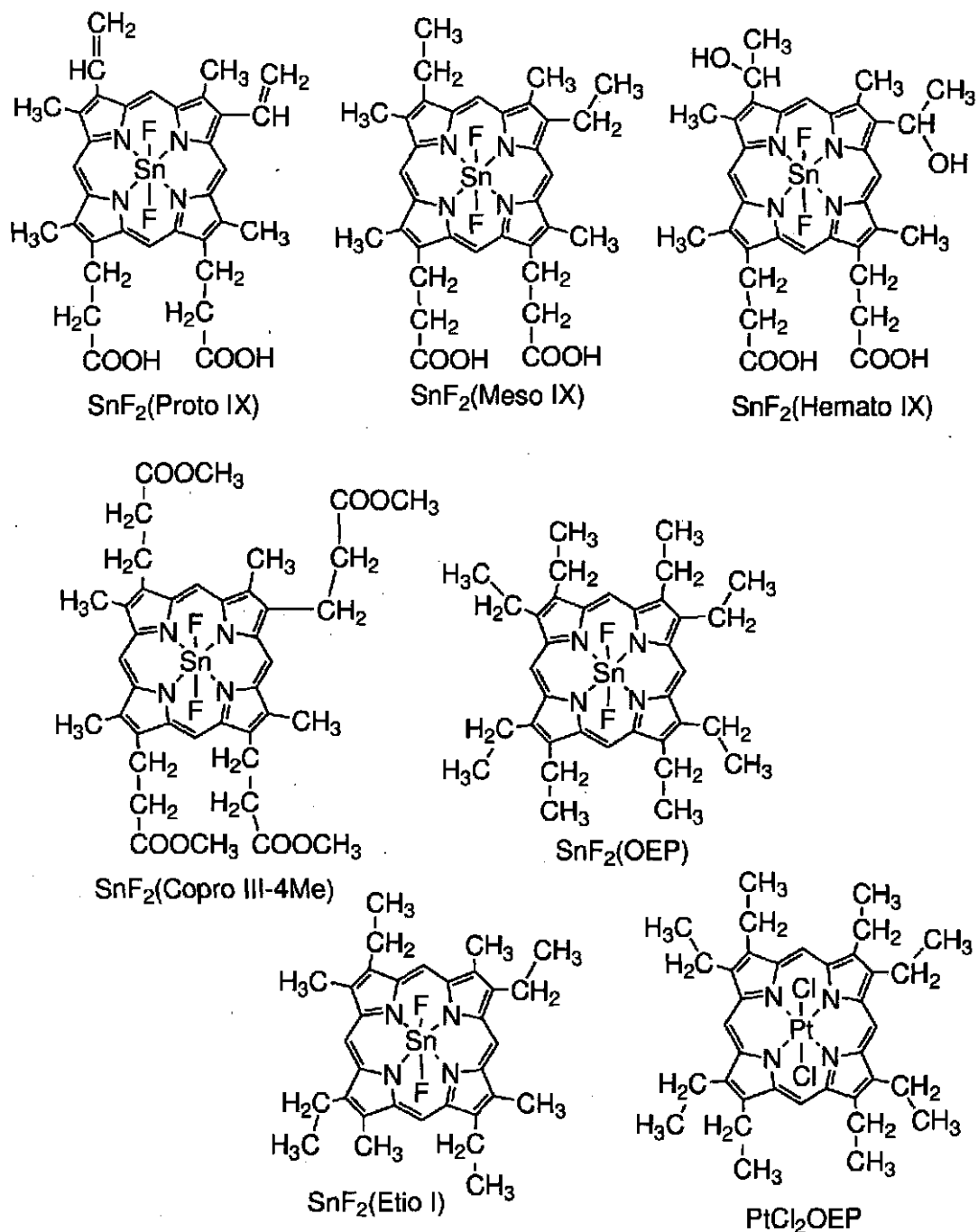
20

30

40

50

【化 4 4】



【0201】

また、以下の構造式に示される 2-(ビフェニル-4-イル)-4,6-ビス(12-フェニルインドロ[2,3-a]カルバゾール-11-イル)-1,3,5-トリアジン(略称: PIC-TRZ)や、9-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)-9'-フェニル-9H,9'H-3,3'-ビカルバゾール(略称: PCCzTzn)、9-[4-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)フェニル]-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 π 電子過剰型複素芳香環と π 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、 π 電子過剰型複素芳香環及び π 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、 π 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性が高く、信頼性が良好なため好ましい。また、 π 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、 π 電子過剰型複素芳香環と π 電子不足型複素芳香環とが直接結合した物質は、 π 電子過剰型複素芳香環の電子供与性と π 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、 π 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、 π 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、 π 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、フェニルボランや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や複素芳香環、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、 π 電子不足型複素芳香環および π 電子過剰型複素芳香環の少なくとも一方の代わりに π 電子不足型骨格および π 電子過剰型骨格を用いることができる。

【0202】

10

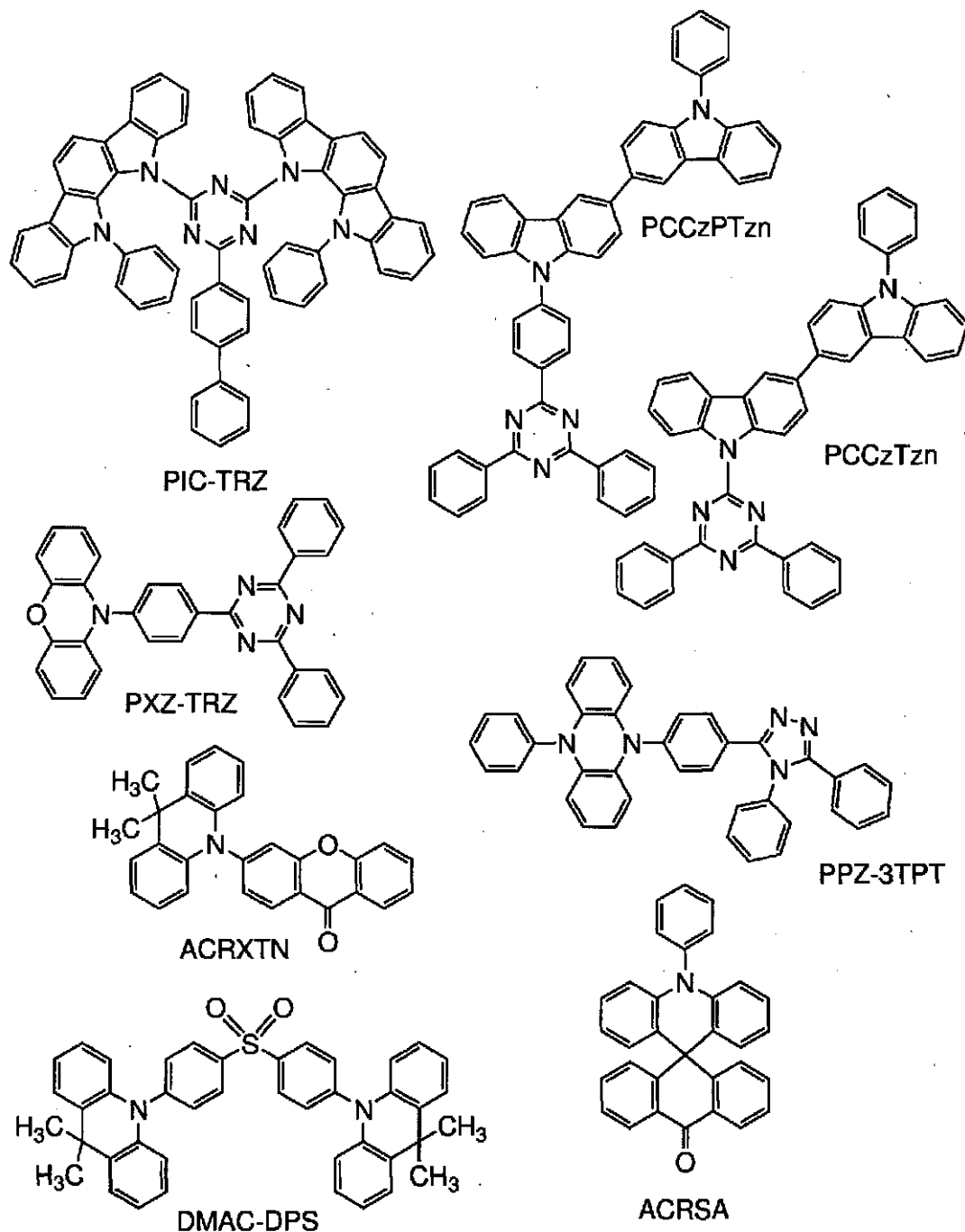
20

30

40

50

【化 4 5】



【0203】

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。

【0204】

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可能なTADF材料としての機能を有する。

【0205】

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

【0206】

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

【0207】

発光層のホスト材料としては、電子輸送性を有する材料や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。

【0208】

正孔輸送性を有する材料としては、アミン骨格や π 電子過剰型複素芳香環骨格を有する有機化合物が好ましい。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：BPAPLP）、4-フェニル-3'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン（略称：mBPAPLP）、4-フェニル-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン（略称：PCBA1BP）、4, 4'-ジフェニル-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン（略称：PCBBi1BP）、4-(1-ナフチル)-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン（略称：PCBANB）、4, 4'-ジ(1-ナフチル)-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン（略称：PCBNBB）、9, 9'-ジメチル-N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]フルオレン-2-アミン（略称：PCBAF）、N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9, 9'-スピロビ[9H-フルオレン]-2-アミン（略称：PCBASF）などの芳香族アミン骨格を有する化合物や、1, 3-ビス(N-カルバゾリル)ベンゼン（略称：mCP）、4, 4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル（略称：CBP）、3, 6-ビス(3, 5-ジフェニルフェニル)-9-フェニルカルバゾール（略称：CzTP）、3, 3'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)（略称：PCCP）などのカルバゾール骨格を有する化合物や、4, 4', 4''-(ベンゼン-1, 3, 5-トリイル)トリ(ジベンゾチオフェン)（略称：DBT3P-II）、2, 8-ジフェニル-4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ジベンゾチオフェン（略称：DBTFLP-II）、4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]-6-フェニルジベンゾチオフェン（略称：DBTFLP-IV）などのチオフェン骨格を有する化合物や、4, 4', 4''-(ベンゼン-1, 3, 5-トリイル)トリ(ジベンゾフラン)（略称：DBF3P-II）、4-{3-[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]フェニル}ジベンゾフラン（略称：mmDBFFLBi-II）などのフラン骨格を有する化合物が挙げられる。上述した中でも、芳香族アミン骨格を有する化合物やカルバゾール骨格を有する化合物は、信頼性が良好であり、また、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与するため好ましい。また、正孔輸送層 112 における、正孔輸送性を有する材料の例として挙げた有機化合物も用いることができる。

【0209】

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

10

20

30

40

50

ナト)ベリリウム(II)(略称:BeBq₂)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)(4-フェニルフェノラト)アルミニウム(III)(略称:BAIq)、ビス(8-キノリノラト)亜鉛(II)(略称:Znq)、ビス[2-(2-ベンゾオキサゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称:ZnPBO)、ビス[2-(2-ベンゾチアゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称:ZnBTZ)などの金属錯体や、 π 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。 π 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-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称:PBD)、3-(4-ビフェニル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称:TAZ)、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称:OXD-7)、9-[4-(5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称:CO11)、2,2',2''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリス(1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール)(略称:TPBI)、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール(略称:mDBTBIm-II)などのポリアゾール骨格を有する複素環化合物や、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(9H-カルバゾール-9-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mCzBPDBq)、4,6-ビス[3-(フェナントレン-9-イル)フェニル]ピリミジン(略称:4,6mPnP2Pm)、4,6-ビス[3-(4-ジベンゾチエニル)フェニル]ピリミジン(略称:4,6mDBTP2Pm-II)などのジアジン骨格を有する複素環化合物や、3,5-ビス[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ピリジン(略称:35DCzPPy)、1,3,5-トリ[3-(3-ピリジル)フェニル]ベンゼン(略称:TmPyPB)などのピリジン骨格を有する複素環化合物、2-[3'-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-1,1'-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)、2-[(1,1'-ビフェニル)-4-イル]-4-フェニル-6-[9,9'-スビロビ(9H-フルオレン)-2-イル]-1,3,5-トリアジン(略称:BP-SFTzn)、2-{3-[3-(ベンゾ「b」ナフト[1,2-d]フラン-8-イル)フェニル]フェニル}-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称:mBnfBPTzn)、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:mBnfBPTzn-02)などのトリア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やピリ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(ピリミジンやピラジン)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は、電子輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与する。

【0210】

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

【0211】

これは、上記発光物質が蛍光発光物質である場合に、非常に有効である。また、このとき、高い発光効率を得るためには、TADF材料のS1準位は、蛍光発光物質のS1準位より高いことが好ましい。また、TADF材料のT1準位は、蛍光発光物質のS1準位より

高いことが好ましい。したがって、TADF材料のT1準位は、蛍光発光物質のT1準位より高いことが好ましい。

【0212】

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TADF材料を用いることが好ましい。そうすることで、TADF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。

【0213】

また、効率良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、TADF材料でキャリア再結合が生じることが好ましい。また、TADF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、 π 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。 π 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、キャリア輸送やキャリア再結合に影響をほとんど与えずに、TADF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、 π 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。

【0214】

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0.1eV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0.1eV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や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や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-(N-カルバゾリル)]フェニル-10-フェニルアントラセン（略称：CzPA）、7-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-7H-ジベンゾ[c,g]カルバゾール（略称：cgDBCzPA）、6-[3-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]-ベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン（略称：2mBnfPPA）、9-フェニル-10-{4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)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

10

20

30

40

50

ラセン（略称： $\alpha N-\beta NPAnth$ ）等が挙げられる。特に、 $CzPA$ 、 $cgDBCzPA2mBnfPPA$ 、 $PCzPA$ は非常に良好な特性を示すため、好ましい選択である。

【0215】

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。

【0216】

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

【0217】

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。

【0218】

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。

【0219】

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

【0220】

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

【0221】

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を用いることができる。

【0222】

また、電子輸送層114は電界強度 $[V/cm]$ の平方根が600における電子移動度が $1 \times 10^{-7} cm^2/Vs$ 以上 $5 \times 10^{-5} cm^2/Vs$ 以下であることが好ましい。電子輸送層114における電子の輸送性を落とすことにより発光層への電子の注入量を制御す

10

20

30

40

50

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。

【0223】

また、電子輸送層114中においてアルカリ金属またはアルカリ金属の金属錯体は、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。

【0224】

電子輸送層114と陰極102との間に、電子注入層115として、フッ化リチウム（LiF）、フッ化セシウム（CsF）、フッ化カルシウム（ CaF_2 ）、8-キノリノラトリーチウム（略称：Li q）等のようなアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物もしくは錯体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や、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。

【0225】

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（50wt%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。

【0226】

また、図1Aの電子注入層115の代わりに電荷発生層116を設けても良い（図1B）。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、陰極102に正孔が注入され、発光デバイスが動作する

【0227】

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。

【0228】

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。

【0229】

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、炭酸リチウムや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。

【0230】

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、炭酸リチウムや炭酸セシウム等の炭酸塩を含む）、アルカリ土類金属化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む）、または希土類金属の化合物（酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む））の他、テトラチアナフタセン（略称：TTN）、ニッケロセン、デカメチルニッケロセン等の有機化合物を用いることもできる。

【0231】

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。当該材料は屈折率が低い有機化合物であることから、電子注入バッファ層119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。

【0232】

陰極102を形成する物質としては、仕事関数の小さい（具体的には3.8 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）やセシウム（Cs）等のアルカリ金属、およびマグネシウム（Mg）、カルシウム（Ca）、ストロンチウム（Sr）等の元素周期表の第1族または第2族に属する元素、およびこれらを含む合金（MgAg、AlLi）、ユウロピウム（Eu）、イッテルビウム（Yb）等の希土類金属およびこれらを含む合金等が挙げられる。しかしながら、陰極102と電子輸送層との間に、電子注入層を設けることにより、仕事関数の大小に関わらず、Al、Ag、ITO、ケイ素若しくは酸化ケイ素を含有した酸化インジウム－酸化スズ等様々な導電性材料を陰極102として用いることができる。

【0233】

なお、陰極102を可視光に対し透過性を有する材料で形成した場合、図1Dに示したように陰極側から光を発する発光デバイスとすることができる。本発光デバイスは陽極101を基板側に作製した場合、いわゆるトップエミッション型の発光デバイスとすることができる。

【0234】

これら導電性材料は、真空蒸着法やスパッタリング法などの乾式法、インクジェット法、スピコート法等を用いて成膜することが可能である。また、ゾルゲル法を用いて湿式法で形成しても良いし、金属材料のペーストを用いて湿式法で形成してもよい。

【0235】

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コート法など用いても構わない。

【0236】

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。

【0237】

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

【0238】

また、発光層113に接する正孔輸送層や電子輸送層、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。

10

20

30

40

50

【0239】

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1Aで示したEL層103とほぼ同様な構成を有する。つまり、タンデム型素子は複数の発光ユニットを有する発光デバイスであり、図1A又は図1B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えることができる。

【0240】

タンデム型素子において、陽極と陰極との間には、第1の発光ユニットと第2の発光ユニットが積層されており、第1の発光ユニットと第2の発光ユニットとの間には電荷発生層が設けられている。陽極と陰極はそれぞれ図1Aにおける陽極101と陰極102に相当し、図1A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の発光ユニットと第2の発光ユニットは互いに同じ構成であっても異なる構成であってもよい。

10

【0241】

タンデム型素子における電荷発生層は、陽極と陰極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、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、電荷発生層は、第1の発光ユニットに電子を注入し、第2の発光ユニットに正孔を注入するものであればよい。

【0242】

電荷発生層は、図1B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に接している場合は、電荷発生層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。

20

【0243】

また、タンデム型素子の電荷発生層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。

【0244】

以上、2つの発光ユニットを有するタンデム型素子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タンデム型素子についても、同様に適用することが可能である。一対の電極間に複数の発光ユニットを電荷発生層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。

30

【0245】

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。

40

【0246】

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

【0247】

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。

【0248】

50

(実施の形態 2)

本実施の形態では、実施の形態 1 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。

【0249】

本実施の形態では、実施の形態 1 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 2 A、及び図 2 B を用いて説明する。なお、図 2 A は、発光装置を示す上面図、図 2 B は図 2 A に示す一点鎖線 A-B および一点鎖線 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 で囲まれた内側は、空間 607 になっている。

10

【0250】

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。

【0251】

次に、断面構造について図 2 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。

20

【0252】

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。

【0253】

画素や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。

30

【0254】

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。

40

【0255】

ここで、上記画素や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。

【0256】

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

50

り好ましい。

【0257】

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。

【0258】

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。

【0259】

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

【0260】

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。

【0261】

なお、FET623は駆動回路部601に形成されるトランジスタの一つを示すものである。また、駆動回路は、種々のCMOS回路、PMOS回路もしくはNMOS回路で形成すれば良い。また、本実施の形態では、基板上に駆動回路を形成したドライバー体型を示すが、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。

【0262】

また、画素部602はスイッチング用FET611と、電流制御用FET612とそのドレインに電氣的に接続された陽極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。

【0263】

なお、陽極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。

【0264】

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

【0265】

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

【0266】

また、EL層616は、蒸着マスクを用いた蒸着法、インクジェット法、スピンコート法等の種々の方法によって形成される。EL層616は、実施の形態1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、 dendrimerを含む）であっても良い。

【0267】

さらに、EL層616上に形成され、陰極617に用いる材料としては、仕事関数の小さい材料（Al、Mg、Li、Ca、またはこれらの合金や化合物（MgAg、MgIn、AlLi等）等）を用いることが好ましい。なお、EL層616で生じた光が陰極617を透過する場合には、陰極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。

10

【0268】

なお、陽極613、EL層616、陰極617でもって、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。

【0269】

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で、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（窒素やアルゴン等）が充填される場合のほか、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

【0270】

なお、シール材605にはエポキシ系樹脂やガラスフリットを用いるのが好ましい。また、これらの材料はできるだけ水分や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や石英基板のほか、FRP（Fiber Reinforced Plastics）、PVF（ポリビニルフロライド）、ポリエステルまたはアクリル樹脂等からなるプラスチック基板を用いることができる。

30

【0271】

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

【0272】

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。

【0273】

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や、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

50

【0274】

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

【0275】

例えばALD法を用いて保護膜を形成することで、複雑な凹凸形状を有する表面や、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。

10

【0276】

以上のようにして、実施の形態1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。

【0277】

本実施の形態における発光装置は、実施の形態1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に記載の発光デバイスは発光効率が良好なため、消費電力の小さい発光装置とすることが可能である。

【0278】

図3A、及び図3B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3A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、発光デバイスの陽極1024W、1024R、1024G、1024B、隔壁1025、EL層1028、発光デバイスの陰極1029、封止基板1031、シール材1032などが図示されている。

20

【0279】

また、図3A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3A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。

30

【0280】

図3Bでは着色層（赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B）をゲート絶縁膜1003と第1の層間絶縁膜1020との間に形成する例を示した。このように、着色層は基板1001と封止基板1031の間に設けられていても良い。

40

【0281】

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4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。

50

【0282】

発光デバイスの陽極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4のようなトップエミッション型の発光装置である場合、陽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においてEL層103として説明したような構成とし、且つ、白色の発光が得られるような素子構造とする。

【0283】

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

【0284】

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、陽極を反射電極、陰極を半透過・半反射電極とすることにより得られる。反射電極と半透過・半反射電極の間には少なくともEL層を有し、少なくとも発光領域となる発光層を有している。

【0285】

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

【0286】

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。

【0287】

当該発光デバイスは、透明導電膜や上述の複合材料、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。

【0288】

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 $(2n-1)\lambda/4$ （ただし、 n は1以上の自然数、 λ 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。

【0289】

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、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。

【0290】

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

10

20

30

40

50

置とすることができる。

【0291】

本実施の形態における発光装置は、実施の形態1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に記載の発光デバイスは発光効率が良好なため、消費電力の小さい発光装置とすることが可能である。

【0292】

ここまでは、アクティブマトリクス型の発光装置について説明したが、以下からはパッシブマトリクス型の発光装置について説明する。図5A、及び図5Bには本発明を適用して作製したパッシブマトリクス型の発光装置を示す。なお、図5Aは、発光装置を示す斜視図、図5Bは図5Aを一点鎖線X-Yで切断した断面図である。図5において、基板951上には、電極952と電極956との間にはEL層955が設けられている。電極952の端部は絶縁層953で覆われている。そして、絶縁層953上には隔壁層954が設けられている。隔壁層954の側壁は、基板面に近くなるに伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなっていくような傾斜を有する。つまり、隔壁層954の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺（絶縁層953の面方向と同様の方向を向き、絶縁層953と接する辺）の方が上辺（絶縁層953の面方向と同様の方向を向き、絶縁層953と接しない辺）よりも短い。このように、隔壁層954を設けることで、静電気等に起因した発光デバイスの不良を防ぐことが出来る。また、パッシブマトリクス型の発光装置においても、実施の形態1に記載の発光デバイスを用いており、信頼性の良好な発光装置、又は消費電力の小さい発光装置とすることができる。

【0293】

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。

【0294】

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。

【0295】

（実施の形態3）

本実施の形態では、実施の形態1に記載の発光デバイスを照明装置として用いる例を、図6を参照しながら、説明する。図6Bは照明装置の上面図、図6Aは図6Bに示す線分e-fにおける断面図である。

【0296】

本実施の形態における照明装置は、支持体である透光性を有する基板400上に、陽極401が形成されている。陽極401は実施の形態1における陽極101に相当する。陽極401側から発光を取り出す場合、陽極401は透光性を有する材料により形成する。

【0297】

陰極404に電圧を供給するためのパッド412が基板400上に形成される。

【0298】

陽極401上にはEL層403が形成されている。EL層403は実施の形態1におけるEL層103の構成、又は発光ユニット511、512及び電荷発生層513を合わせた構成などに相当する。なお、これらの構成については当該記載を参照されたい。

【0299】

EL層403を覆って陰極404を形成する。陰極404は実施の形態1における陰極102に相当する。発光を陽極401側から取り出す場合、陰極404は反射率の高い材料によって形成される。陰極404はパッド412と接続することによって、電圧が供給される。

【0300】

以上、陽極401、EL層403、及び陰極404を有する発光デバイスを本実施の形態で示す照明装置は有している。当該発光デバイスは発光効率の高い発光デバイスであるた

め、本実施の形態における照明装置は消費電力の小さい照明装置とすることができる。

【0301】

以上の構成を有する発光デバイスが形成された基板400と、封止基板407とをシール材405、406を用いて固着し、封止することによって照明装置が完成する。シール材405、406はどちらか一方でもかまわない。また、内側のシール材406（図6Bでは図示せず）には乾燥剤を混ぜることもでき、これにより、水分を吸着することができ、信頼性の向上につながる。

【0302】

また、パッド412と陽極401の一部をシール材405、406の外に伸張して設けることによって、外部入力端子とすることができる。また、その上にコンバーターなどを搭載したICチップ420などを設けても良い。

【0303】

以上、本実施の形態に記載の照明装置は、EL素子に実施の形態1に記載の発光デバイスを用いており、消費電力の小さい照明装置とすることができる。

【0304】

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。

【0305】

（実施の形態4）

本実施の形態では、実施の形態1に記載の発光デバイスをその一部に含む電子機器の例について説明する。実施の形態1に記載の発光デバイスは発光効率が良好であり、消費電力の小さい発光デバイスである。その結果、本実施の形態に記載の電子機器は、消費電力が小さい発光部を有する電子機器とすることが可能である。

【0306】

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

【0307】

図7Aは、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置は、筐体7101に表示部7103が組み込まれている。また、ここでは、スタンド7105により筐体7101を支持した構成を示している。表示部7103により、映像を表示することが可能であり、表示部7103は、実施の形態1に記載の発光デバイスをマトリクス状に配列して構成されている。

【0308】

テレビジョン装置の操作は、筐体7101が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機7110により行うことができる。リモコン操作機7110が備える操作キー7109により、チャンネルや音量の操作を行うことができ、表示部7103に表示される映像を操作することができる。また、リモコン操作機7110に、当該リモコン操作機7110から出力する情報を表示する表示部7107を設ける構成としてもよい。なお、表示部7107にも、マトリクス状に配列した、実施の形態1に記載の発光デバイスを適用することができる。

【0309】

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

【0310】

図7B1はコンピュータであり、本体7201、筐体7202、表示部7203、キーボード7204、外部接続ポート7205、ポインティングデバイス7206等を含む。な

10

20

30

40

50

お、このコンピュータは、実施の形態 1 に記載の発光デバイスをマトリクス状に配列して表示部 7203 に用いることにより作製される。図 7B1 のコンピュータは、図 7B2 のような形態であってもよい。図 7B2 のコンピュータは、キーボード 7204、ポインティングデバイス 7206 の代わりに表示部 7210 が設けられている。表示部 7210 はタッチパネル式となっており、表示部 7210 に表示された入力用の表示を指や専用のペンで操作することによって入力を行うことができる。また、表示部 7210 は入力用表示だけでなく、その他の画像を表示することも可能である。また表示部 7203 もタッチパネルであっても良い。二つの画面がヒンジで接続されていることによって、収納や運搬をする際に画面を傷つける、破損するなどのトラブルの発生も防止することができる。

【0311】

図 7C は、携帯端末の一例を示している。携帯電話機は、筐体 7401 に組み込まれた表示部 7402 の他、操作ボタン 7403、外部接続ポート 7404、スピーカ 7405、マイク 7406などを備えている。なお、携帯電話機は、実施の形態 1 に記載の発光デバイスをマトリクス状に配列して作製された表示部 7402 を有している。

【0312】

図 7C に示す携帯端末は、表示部 7402 を指などで触れることで、情報を入力することができる構成とすることもできる。この場合、電話を掛ける、或いはメールを作成するなどの操作は、表示部 7402 を指などで触れることにより行うことができる。

【0313】

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

【0314】

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

【0315】

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

【0316】

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

【0317】

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

【0318】

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

【0319】

なお、本実施の形態に示す構成は、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した構成を適宜組み合わせ用いることができる。

【0320】

以上の様に実施の形態 1 に記載の発光デバイスを備えた発光装置の適用範囲は極めて広く

10

20

30

40

50

、この発光装置をあらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。実施の形態 1 に記載の発光デバイスを用いることにより消費電力の小さい電子機器を得ることができる。

【0321】

図 8 A は、掃除ロボットの一例を示す模式図である。

【0322】

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

10

【0323】

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

【0324】

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

【0325】

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

20

【0326】

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

30

【0327】

本発明の一態様の発光装置はディスプレイ 5101 に用いることができる。

【0328】

図 8 B に示すロボット 2100 は、演算装置 2110、照度センサ 2101、マイクロフォン 2102、上部カメラ 2103、スピーカ 2104、ディスプレイ 2105、下部カメラ 2106 および障害物センサ 2107、移動機構 2108 を備える。

【0329】

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

40

【0330】

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

【0331】

上部カメラ 2103 および下部カメラ 2106 は、ロボット 2100 の周囲を撮像する機能を有する。また、障害物センサ 2107 は、移動機構 2108 を用いてロボット 2100

50

0が前進する際の進行方向における障害物の有無を察知することができる。ロボット2100は、上部カメラ2103、下部カメラ2106および障害物センサ2107を用いて、周囲の環境を認識し、安全に移動することが可能である。本発明の一態様の発光装置はディスプレイ2105に用いることができる。

【0332】

図8Cはゴーグル型ディスプレイの一例を表す図である。ゴーグル型ディスプレイは、例えば、筐体5000、表示部5001、スピーカ5003、LEDランプ5004、接続端子5006、センサ5007（力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい、又は赤外線を測定する機能を含むもの）、マイクロフォン5008、表示部5002、支持部5012、イヤホン5013等を有する。

【0333】

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

【0334】

図9は、実施の形態1に記載の発光デバイスを、照明装置である電気スタンドに用いた例である。図9に示す電気スタンドは、筐体2001と、光源2002を有し、光源2002としては、実施の形態3に記載の照明装置を用いてもよい。

【0335】

図10は、実施の形態1に記載の発光デバイスを、室内の照明装置3001として用いた例である。実施の形態1に記載の発光デバイスは発光効率の高い発光デバイスであるため、消費電力の小さい照明装置とすることができる。また、実施の形態1に記載の発光デバイスは大面積化が可能であるため、大面積の照明装置として用いることができる。また、実施の形態1に記載の発光デバイスは、薄型であるため、薄型化した照明装置として用いることが可能となる。

【0336】

実施の形態1に記載の発光デバイスは、自動車のフロントガラスやダッシュボードにも搭載することができる。図11に実施の形態1に記載の発光デバイスを自動車のフロントガラスやダッシュボードに用いる一態様を示す。表示領域5200乃至表示領域5203は実施の形態1に記載の発光デバイスを用いて設けられた表示である。

【0337】

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

【0338】

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

【0339】

表示領域5203はまたナビゲーション情報、速度計や回転計、エアコンの設定など、その他様々な情報を提供することができる。表示は使用者の好みに合わせて適宜その表示項目やレイアウトを変更することができる。なお、これら情報は表示領域5200乃至表示

領域 5 2 0 2 にも設けることができる。また、表示領域 5 2 0 0 乃至表示領域 5 2 0 3 は照明装置として用いることも可能である。

【0 3 4 0】

また、図 1 2 A、及び図 1 2 B に、折りたたみ可能な携帯情報端末 5 1 5 0 を示す。折りたたみ可能な携帯情報端末 5 1 5 0 は筐体 5 1 5 1、表示領域 5 1 5 2 および屈曲部 5 1 5 3 を有している。図 1 2 A に展開した状態の携帯情報端末 5 1 5 0 を示す。図 1 2 B に折りたたんだ状態の携帯情報端末を示す。携帯情報端末 5 1 5 0 は、大きな表示領域 5 1 5 2 を有するにも関わらず、折りたためばコンパクトで可搬性に優れる。

【0 3 4 1】

表示領域 5 1 5 2 は屈曲部 5 1 5 3 により半分に折りたたむことができる。屈曲部 5 1 5 3 は伸縮可能な部材と複数の支持部材とで構成されており、折りたたむ場合は、伸縮可能な部材が伸び。屈曲部 5 1 5 3 は 2 mm 以上、好ましくは 3 mm 以上の曲率半径を有して折りたたまれる。

10

【0 3 4 2】

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

【0 3 4 3】

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

20

【0 3 4 4】

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

30

【実施例 1】

【0 3 4 5】

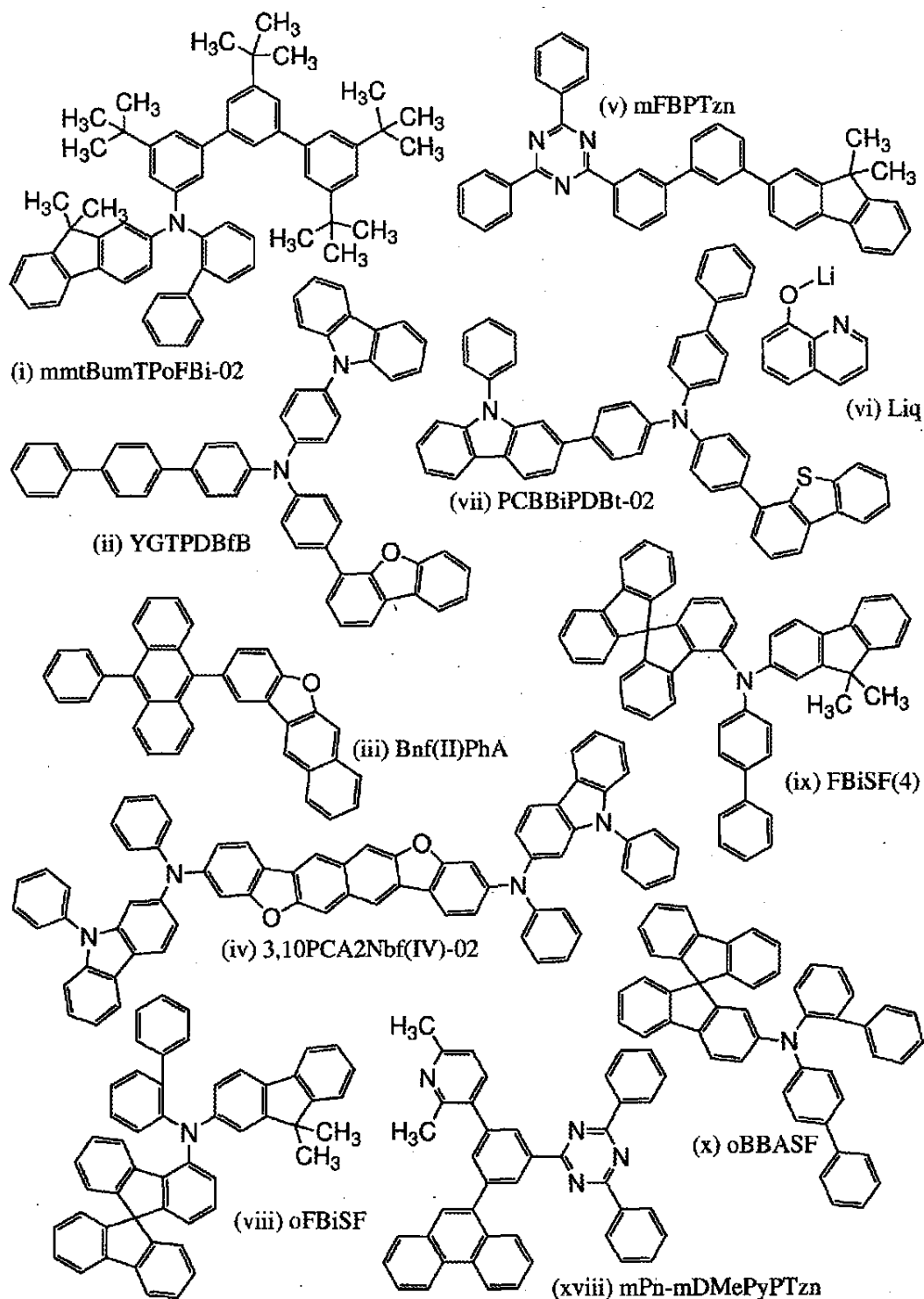
本実施例では、実施の形態で説明した本発明の一態様の発光デバイス 1、発光デバイス 2 および比較発光デバイス 1 乃至比較発光デバイス 3 について説明する。本実施例で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

【0 3 4 6】

40

50

【化 4 6】



【0347】

(発光デバイス1の作製方法)

まず、ガラス基板上に、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、55 nmの膜厚で成膜して陽極101を形成した。なお、その電極面積は4 mm² (2 mm×2 mm) とした。

【0348】

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、200℃で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。

【0349】

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°C で30分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷した。

【0350】

次に、陽極101が形成された面が下方となるように、陽極101が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、陽極101上に、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-(3,3'',5',5''-テトラ-tert-ブチル-1,1':3',1''-ターフェニル-5-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mmtBumTPoFBi-02)と電子アクセプタ材料(ОСНD-001)とを、重量比で1:0.1(=mmtBumTPoFBi-02:ОСНD-001)となるように10nm共蒸着して正孔注入層111を形成した。

10

【0351】

正孔注入層111上に、mmtBumTPoFBi-02を140nm蒸着して正孔輸送層112を形成した。

【0352】

続いて、正孔輸送層112上に、上記構造式(ii)で表されるN-[4-(9Hカルバゾール-9-イル)フェニル]-N-[4-(4-ジベンゾフラニル)フェニル]-[1,1':4',1''-ターフェニル]-4-アミン(略称: YGTPDBfB)を10nmとなるように蒸着して電子ブロック層を形成した。

20

【0353】

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

【0354】

こののち、上記構造式(v)で表される2-[3'-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-1,1'-ビフェニル-3-イル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称: mFBPTzn)を10nmとなるように蒸着して正孔ブロック層を形成し、上記構造式(xviii)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(vi)で表される8-キノリノラトリチウム(略称: Liq)とを、重量比で1:1(=mPn-mDMePyPTzn:Liq)となるように20nm共蒸着して電子輸送層114を形成した。

30

【0355】

電子輸送層114の形成後、Liqを1nmとなるように成膜して電子注入層115を形成し、最後に、アルミニウムを膜厚200nmとなるように蒸着することで陰極102を形成して発光デバイス1を作製した。

40

【0356】

(発光デバイス2の作製方法)

発光デバイス2は、発光デバイス1の電子ブロック層におけるYGTPDBfBを上記構造式(viii)で表される4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)-4'-フェニル-4',9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)トリフェニルアミン(略称: PCB BiPDBt-02)に変えた他は発光デバイス1と同様に作製した。

【0357】

(比較発光デバイス1の作製方法)

50

比較発光デバイス1は、発光デバイス1の電子ブロック層におけるYGTDPDBfBを上記構造式(v i i i)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)に変えた他は、発光デバイス1と同様に作製した。

【0358】

(比較発光デバイス2の作製方法)

比較発光デバイス2は、発光デバイス1の電子ブロック層におけるYGTDPDBfBを上記構造式(i x)で表されるN-[1, 1'-ビフェニル]-4-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: FBiSF(4))に変えた他は、発光デバイス1と同様に作製した。

【0359】

(比較発光デバイス3の作成方法)

比較発光デバイス3は、発光デバイス1の電子ブロック層におけるYGTDPDBfBを上記構造式(x)で表されるN-(1, 1'-ビフェニル-4-イル)-N-(1, 1'-ビフェニル-2-イル)-9, 9'-スピロビ(9H-フルオレン)-2-アミン(略称: oBBASF)に変えた他は、発光デバイス1と同様に作製した。

【0360】

発光デバイス1、発光デバイス2および比較発光デバイス1乃至比較発光デバイス3の素子構造を以下の表にまとめた。

【0361】

【表1】

	発光 デバイス1	発光 デバイス2	比較発光 デバイス1	比較発光 デバイス2	比較発光 デバイス3
電子注入層	1nm	Liq'			
電子輸送層	20nm	mPn-mDMePyPTzn:Liq (1:1)			
正孔ブロック層	10nm	mFBPTzn			
発光層	25nm	Bnf(II)PhA:3,10PCA2Nbf(IV)-02 (1:0.015)			
電子ブロック層	10nm	YGTPDBfB	PCBBiPDBt-02	oFBiSF	FBiSF(4)
正孔輸送層	140nm	mmtBumTPoFBi-02			
正孔注入層	10nm	mmtBumTPoFBi-02:OCHD-001 (1:0.1)			

【0362】

なお、mmtBumTPoFBi-02は青色発光領域(455nm以上465nm以下)全域で常光屈折率が1.69以上1.70以下であり、1.50以上1.75以下の範囲にあり、また、633nmにおける常光屈折率も1.64で、1.45以上1.70以下の範囲にある屈折率の低い正孔輸送材料である。また、Bnf(II)PhAは青色発光領域(455nm以上465nm以下)全域で常光屈折率が1.89以上1.91以下であり、また、633nmにおける常光屈折率は1.79である。発光層113において、3,10PCA2Nbf(IV)-02の濃度が低いため、発光層113の屈折率はBnf(II)PhAと同等である。したがって、本発明の一態様の発光デバイスは、正孔輸送層112の屈折率が発光層113よりも低い発光デバイスである。

【0363】

また、発光デバイス1および発光デバイス2の電子ブロック層に用いたYGTPDBfBとPCBBiPDBt-02は、カルバゾール構造を含む基と、ジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフェン構造を含む基と、炭素数6乃至炭素数18の芳香族炭化水素構造を含む基を有するトリアリールアミン構造を備えたモノアミン化合物である。なお、比較発光デバイス1乃至3の電子ブロック層に用いた3材料は、上記構成を備えていない有機化

合物である。

【0364】

上記発光デバイスおよび比較発光デバイスを、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光デバイスが大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（UV硬化性のシール材を素子の周囲への塗布、発光デバイスには照射しないようにシール材のみにUVを照射する処理、大気圧下で80℃にて1時間熱処理）を行った後、これら発光デバイスの初期特性について測定を行った。

【0365】

発光デバイス1、発光デバイス2および比較発光デバイス1乃至比較発光デバイス3の輝度－電流密度特性を図14に、輝度－電圧特性を図15に、電流効率－輝度特性を図16に、電流－電圧特性を図17に、外部量子効率－輝度特性を図18に、パワー効率－輝度特性を図19に、発光スペクトルを図20に示す。また、発光デバイス1、発光デバイス2および比較発光デバイス1乃至比較発光デバイス3の1000cd/m²付近における主な特性を表2に示す。なお、輝度、CIE色度、及び発光スペクトルの測定には分光放射計（トプコン社製、SR-UL1R）を用い、常温で測定した。

【0366】

【表2】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 (x,y)	電流効率 (cd/A)	外部量子 効率(%)
発光デバイス1	4.1	0.40	10.1	(0.140,0.083)	10.2	13.0
発光デバイス2	3.9	0.41	10.2	(0.140,0.083)	10.1	13.0
比較発光デバイス1	4.1	0.38	9.4	(0.141,0.081)	10.2	13.3
比較発光デバイス2	4.3	0.44	10.9	(0.141,0.085)	7.9	9.9
比較発光デバイス3	4.1	0.37	9.2	(0.141,0.082)	9.7	12.5

【0367】

図14乃至図20及び表2より、本発明の一態様の発光デバイス1、発光デバイス2および比較発光デバイス1は、外部量子効率の良好な発光デバイスであることがわかった。特に発光デバイス2は、駆動電圧が低く、結果としてパワー効率の非常に良好な発光デバイスであった。

【0368】

また、電流密度50mA/cm²における駆動時間に対する輝度の変化を表すグラフを図21に示す。図21で示すように、発光デバイス1および発光デバイス2は共に寿命の良好な発光デバイスであることがわかった。一方で、比較発光デバイス1乃至3は、発光デバイス1および2と比較して劣化の速い発光デバイスであることがわかった。

【0369】

このように、低屈折率層に接して、特定の構造を有するモノアミン化合物を含む層を形成した発光デバイスは、特性の良好な発光デバイスとすることが可能である。具体的には、寿命の良好な発光デバイスとすることができる。または、発光効率の良好な発光デバイスとすることができる。または、駆動電圧の低い発光デバイスとすることができる。

【実施例2】

【0370】

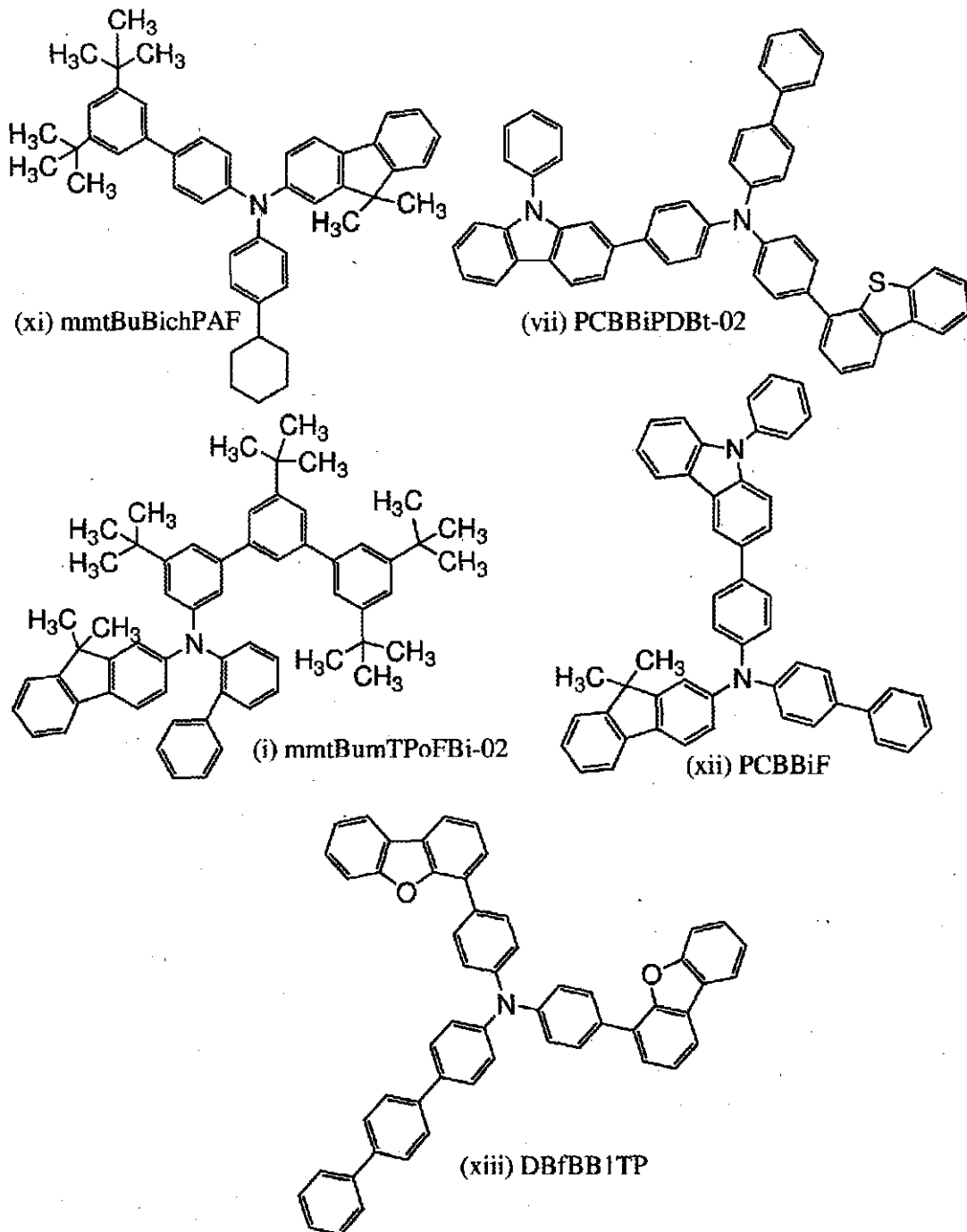
本実施例では、実施の形態で説明した本発明の一態様の発光デバイスの、陽極と発光層との間に形成される積層構造におけるキャリア（この場合はホール）の流れやすさについて調査した結果を示す。測定は、ホールのみが流れる測定用デバイス（ホールオンリー素子）を作製しておこなった。デバイス3およびデバイス4は、本発明の一態様の積層構造の一部を有する測定用デバイス、比較デバイス4乃至7は本発明の一態様の積層構造の一部を有さない測定用デバイスである。

【0371】

デバイス 3、デバイス 4 および 比較デバイス 4 乃至 7 に用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

【0372】

【化47】



【0373】

(デバイス 3 の作製方法)

まず、ガラス基板上に、銀-パラジウム-銅合金（APCとも記す）膜を100 nm形成し、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、45 nmの膜厚で成膜して陽極を形成した。なお、その電極面積は4 mm²（2 mm×2 mm）とした。

【0374】

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。

【0375】

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。

【0376】

次に、陽極101が形成された面が下方となるように、陽極101が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、陽極101上に、蒸着法により上記構造式(x i)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: mmtBuBichPAF)と電子アクセプタ材料(OCHD-001)とを、重量比で1:0.1(=mmtBuBichPAF:OCHD-001)となるように10nm共蒸着した。

10

【0377】

続いて、mmtBuBichPAFを50nm蒸着し、(v i i)で表される4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)-4'-フェニル-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)トリフェニルアミン(略称: PCBBiPDBt-02)を50nm蒸着した。

【0378】

この後、PCBBiPDBt-02とOCHD-001とを重量比で1:0.1(=PCBBiPDBt-02:OCHD-001)となるように10nm共蒸着した。

20

【0379】

最後にアルミニウムを100nm蒸着して測定用のデバイスであるデバイス3を作製した。

【0380】

(デバイス4の作製方法)

デバイス4は、デバイス3におけるmmtBuBichPAFを上記構造式(i)で表されるN-(1, 1'-ビフェニル-2-イル)-N-(3, 3'', 5', 5''-テトラ-ターブチル-1, 1':3', 1''-ターフェニル-5-イル)-9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mmtBumTPoFbi-02)に変えた他はデバイス3と同様に作製した。

30

【0381】

(比較デバイス4の作製方法)

比較デバイス4はデバイス3におけるmmtBuBichPAFを上記構造式(x i i)で表されるN-(1, 1'-ビフェニル-4-イル)-9, 9-ジメチル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9H-フルオレン-2-アミン(略称: PCBBiF)に変えた他はデバイス3と同様に作製した。

【0382】

(比較デバイス5の作製方法)

比較デバイス5は比較デバイス4におけるPCBBiPDBt-02を上記構造式(x i i i)で表される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: DBfBB1TP)に変えた他は比較デバイス4と同様に作製した。

40

【0383】

(比較デバイス6の作製方法)

比較デバイス6は、デバイス3におけるPCBBiPDBt-02をDBfBB1TPに変えた他はデバイス3と同様に作製した。

【0384】

(比較デバイス7の作製方法)

比較デバイス7は、デバイス4におけるPCBBiPDBt-02をDBfBB1TPに変えた他はデバイス4と同様に作製した。

50

【0385】

デバイス3、デバイス4および比較デバイス4乃至比較デバイス7の素子構造を以下の表にまとめた。

【0386】

【表3】

膜厚	デバイス		比較デバイス			
	3	4	4	5	6	7
10nm	PCBBiPDBt-02: OCHD-001 (1:0.1)			DBfBB1TP: OCHD-001 (1:0.1)		
50nm	PCBBiPDBt-02			DBfBB1TP		
50nm	*1					
10nm	*1: OCHD-001 (1:0.1)					

*1 デバイス3, 比較デバイス6 : mmtBuBichPAF
 デバイス4, 比較デバイス7 : mmtBumTPoFBi-02
 比較デバイス4, 5 : PCBBiF

【0387】

なお、上記デバイスに用いた有機化合物のうち、mmtBuBichPAFが青色発光領域（455nm以上465nm以下）全域で常光屈折率が1.72以上1.73以下であり、1.50以上1.75以下の範囲にあり、また、633nmにおける常光屈折率も1.65で、1.45以上1.70以下の範囲にある屈折率の低い正孔輸送性を有する有機化合物であり、mmtBumTPoFBi-02が青色発光領域（455nm以上465nm以下）全域で常光屈折率が1.69以上1.70以下であり、1.50以上1.75以下の範囲にあり、また、633nmにおける常光屈折率も1.64で、1.45以上1.70以下の範囲にある屈折率の低い正孔輸送性を有する有機化合物である。

【0388】

また、上記デバイスに用いた有機化合物のうちPCBBiPDBt-02がカルバゾール構造を含む基と、ジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフェン構造を含む基と、炭素数6乃至炭素数18の芳香族炭化水素構造を含む基を有するトリアリールアミン構造を備えたモノアミン化合物である。なお、DBfBB1TPは、カルバゾール構造を含まないため、上記構成を備えていない有機化合物である。

【0389】

上記発光デバイスおよび比較発光デバイスを、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光デバイスが大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（UV硬化性のシール材を素子の周囲への塗布、発光デバイスには照射しないようにシール材のみにUVを照射する処理、大気圧下で80℃にて1時間熱処理）を行った後、これら発光デバイスの初期特性について測定を行った。

【0390】

なお、これらデバイスは、発光デバイスにおける陽極と発光層の間の積層構造を模した、ホールのみが流れるデバイスである。このようなデバイスを測定することによって電子の注入輸送および発光層での再結合などの影響を受けずに、ホールの注入輸送性を観測することができる。

【0391】

デバイス3、デバイス4および比較デバイス4乃至比較デバイス4の電流密度－電圧特性を図22に示す。

【0392】

図22より、低屈折率材料であるmmtBuBichPAFおよびmmtBumTPoFBi-02を用いた比較デバイス6および比較デバイス7と、用いない比較デバイス5を

比較すると、比較デバイス6および7の特性が低いことがわかる。これは、mmtBuBichPAFおよびmmtBuMTPOFBi-02のホール注入性や輸送性が、PCBBiPDBt-02をmmtBuBichPAFおよびmmtBuMTPOFBi-02に接して形成したデバイス3およびデバイス4は、低屈折率材料を用いているにも関わらず、用いていない比較デバイス4と同等の特性を示した。このように、PCBBiPDBt-02のようなカルバゾール構造を含む基と、ジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフェン構造を含む基と、炭素数6乃至炭素数18の芳香族炭化水素構造を含む基を有するトリアリールアミン構造を備えたモノアミン化合物を低屈折率材料に接して設けることで、電流密度－電圧特性が劇的に改善することがわかった。

10

【実施例3】

【0393】

本実施例では、実施の形態で説明した本発明の一態様の発光デバイス5発光デバイス6および比較発光デバイス8乃至比較発光デバイス11について説明する。本実施例で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

【0394】

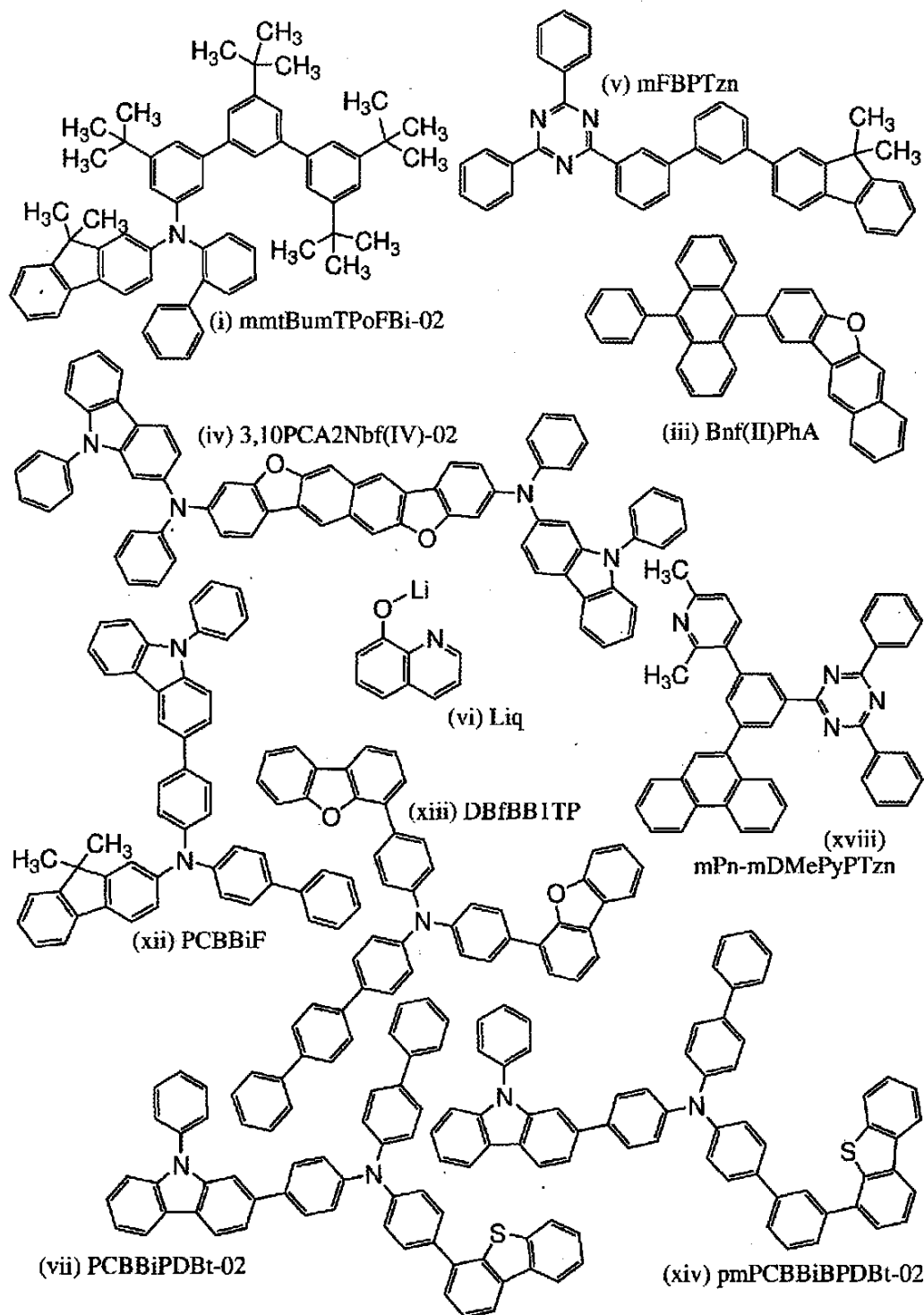
20

30

40

50

【化 4 8】



【0395】

(発光デバイス5の作製方法)

まず、ガラス基板上に、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、55 nmの膜厚で成膜して陽極101を形成した。なお、その電極面積は4 mm² (2 mm×2 mm) とした。

【0396】

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、200℃で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。

【0397】

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°C で30分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷した。

【0398】

次に、陽極101が形成された面が下方となるように、陽極101が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、陽極101上に、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-(3,3'',5',5''-テトラ-tert-ブチル-1,1':3',1''-ターフェニル-5-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mmtBumTPoFBi-02)と電子アクセプタ材料(ochd-001)とを、重量比で1:0.1(=mmtBumTPoFBi-02:ochd-001)となるように10nm共蒸着して正孔注入層111を形成した。

10

【0399】

正孔注入層111上に、mmtBumTPoFBi-02を100nm蒸着して正孔輸送層112を形成した。

【0400】

続いて、正孔輸送層112上に、上記構造式(vii)で表される4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)-4'-フェニル-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)トリフェニルアミン(略称: PCBBiPDBt-02)を10nmとなるように蒸着して電子ブロック層を形成した。

20

【0401】

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

【0402】

こののち、上記構造式(v)で表される2-[3'-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-1,1'-ビフェニル-3-イル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称: mFBPTzn)を10nmとなるように蒸着して正孔ブロック層を形成し、上記構造式(xviii)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(vi)で表される8-キノリノラトリチウム(略称: Liq)とを、重量比で1:1(=mPn-mDMePyPTzn:Liq)となるように15nm共蒸着して電子輸送層114を形成した。

30

【0403】

電子輸送層114の形成後、Liqを1nmとなるように成膜して電子注入層115を形成し、最後に、アルミニウムを膜厚200nmとなるように蒸着することで陰極102を形成して発光デバイス5を作製した。

40

【0404】

(発光デバイス6の作製方法)

発光デバイス6は、発光デバイス5の電子ブロック層におけるPCBBiPDBt-02を上記構造式(vii)で表される4-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-4'-フェニル-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)トリフェニルアミン(略称: pmPCBBiBPDDBt-02)に変えた他は発光デバイス5と同様に作製した。

【0405】

50

(比較発光デバイス8の作製方法)

比較発光デバイス8は、発光デバイス5の電子ブロック層におけるPCBBiPDBt-02を上記構造式(xiii)で表される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:DBfBB1TP)に変えた他は、発光デバイス5と同様に作製した。

【0406】

(比較発光デバイス9の作製方法)

比較発光デバイス9は、発光デバイス5の正孔注入層および正孔輸送層におけるmmtBumTPoFbi-02を上記構造式(xii)で表されるN-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-9,9-ジメチル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9H-フルオレン-2-アミン(略称:PCBBiF)に変えた他は発光デバイス5と同様に作製した。

【0407】

(比較発光デバイス10の作製方法)

比較発光デバイス10は、発光デバイス6の正孔注入層および正孔輸送層におけるmmtBumTPoFbi-02をPCBBiFに変えた他は発光デバイス6と同様に作製した。

【0408】

(比較発光デバイス11の作製方法)

比較発光デバイス11は、比較発光デバイス8の正孔注入層および正孔輸送層におけるmmtBumTPoFbi-02をPCBBiFに変えた他は発光デバイス6と同様に作製した。

【0409】

発光デバイス5、発光デバイス6および比較発光デバイス8乃至比較発光デバイス11の素子構造を以下の表にまとめた。

【0410】

【表4】

		発光 デバイス5	発光 デバイス6	比較発光 デバイス8
電子注入層	1nm	Liq		
電子輸送層	15nm	mPn-mDMePyPTzn:Liq (1:1)		
正孔ブロック層	10nm	mFBPTzn		
発光層	25nm	Bnf(II)PhA:3,10PCA2Nbf(IV)-02 (1:0.015)		
電子ブロック層	10nm	PCBBiPDBt-02	pmPCBBiBPDBt-02	DBfBB1TP
正孔輸送層	100nm	mmtBumTPoFbi-02		
正孔注入層	10nm	mmtBumTPoFbi-02:OCHD-001 (1:0.1)		

【0411】

10

20

30

40

50

【表 5】

		比較発光 デバイス9	比較発光 デバイス10	比較発光 デバイス11
電子注入層	1nm	Liq		
電子輸送層	15nm	mPn-mDMePyPTzn:Liq (1:1)		
正孔ブロック層	10nm	mFBPTzn		
発光層	25nm	Bnf(II)PhA:3,10PCA2Nbf(IV)-02 (1:0.015)		
電子ブロック層	10nm	PCBBiPDBt-02	pmPCBBiBPDBt-02	DBfBB1TP
正孔輸送層	100nm	PCBBiF		
正孔注入層	10nm	PCBBiF:OCHD-001 (1:0.1)		

【0412】

なお、mmtBumTPoFbi-02は青色発光領域（455nm以上465nm以下）全域で常光屈折率が1.69以上1.70以下であり、1.50以上1.75以下の範囲にあり、また、633nmにおける常光屈折率も1.64で、1.45以上1.70以下の範囲にある屈折率の低い正孔輸送材料である。また、Bnf(II)PhAは青色発光領域（455nm以上465nm以下）全域で常光屈折率が1.89以上1.91以下であり、また、633nmにおける常光屈折率は1.79である。発光層113において、3,10PCA2Nbf(IV)-02の濃度が低いため、発光層113の屈折率はBnf(II)PhAと同等である。したがって、本発明の一態様の発光デバイスは、正孔輸送層112の屈折率が発光層113よりも低い発光デバイスである。

【0413】

また、発光デバイス5および発光デバイス6の電子ブロック層に用いたPCBBiPDBt-02とpmPCBBiBPDBt-02は、カルバゾール構造を含む基と、ジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフェン構造を含む基と、炭素数6乃至炭素数18の芳香族炭化水素構造を含む基を有するトリアリールアミン構造を備えたモノアミン化合物である。

【0414】

上記発光デバイスおよび比較発光デバイスを、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光デバイスが大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（UV硬化性のシール材を素子の周囲への塗布、発光デバイスには照射しないようにシール材のみにUVを照射する処理、大気圧下で80℃にて1時間熱処理）を行った後、これら発光デバイスの初期特性について測定を行った。

【0415】

発光デバイス5、発光デバイス6および比較発光デバイス8乃至比較発光デバイス11の輝度-電流密度特性を図23に、輝度-電圧特性を図24に、電流効率-輝度特性を図25に、電流-電圧特性を図26に、外部量子効率-輝度特性を図27に、パワー効率-輝度特性を図28に、発光スペクトルを図29に示す。また、発光デバイス5、発光デバイス6および比較発光デバイス8乃至比較発光デバイス11の1000cd/m²付近における主な特性を表6に示す。なお、輝度、CIE色度、及び発光スペクトルの測定には分光放射計（トプコン社製、SR-UL1R）を用い、常温で測定した。

【0416】

10

20

30

40

50

【表 6】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 (x,y)	電流効率 (cd/A)	外部量子 効率(%)
発光デバイス5	3.4	0.37	9.1	(0.141,0.166)	9.8	7.5
発光デバイス6	3.4	0.39	9.7	(0.140,0.166)	10.1	7.7
比較発光デバイス8	3.6	0.42	10.4	(0.139,0.168)	9.5	7.2
比較発光デバイス9	3.3	0.53	13.2	(0.143,0.126)	7.8	7.2
比較発光デバイス10	3.3	0.57	14.2	(0.143,0.129)	7.7	7.0
比較発光デバイス11	3.3	0.40	10.1	(0.142,0.133)	7.3	6.4

10

【0417】

図23乃至図29及び表6より、本発明の一態様の発光デバイス5、発光デバイス6は、低屈折率材料であるmm t B u m T P o F B i - 02に接してP C B B i P D B t - 02とp m P C B B i B P D B t - 02が設けられていることによって、外部量子効率が良く、且つ駆動電圧の低下も抑制されていることから、パワー効率の良好な発光素子であることがわかった。なお、ジベンゾチオフェニル基がメタ置換のフェニレン基を介してアミンの窒素に結合するp m P C B B i B P D B t - 02の方が効率向上効果が大きいため好ましい。

【0418】

20

このように、低屈折率層に接して、特定の構造を有するモノアミン化合物を含む層を形成した発光デバイスは、特性の良好な発光デバイスとすることが可能である。具体的には、寿命の良好な発光デバイスとすることができる。または、発光効率の良好な発光デバイスとすることができる。または、駆動電圧の低い発光デバイスとすることができる。

【実施例4】

【0419】

本実施例では、実施の形態で説明した本発明の一態様の発光デバイス7について説明する。本実施例で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

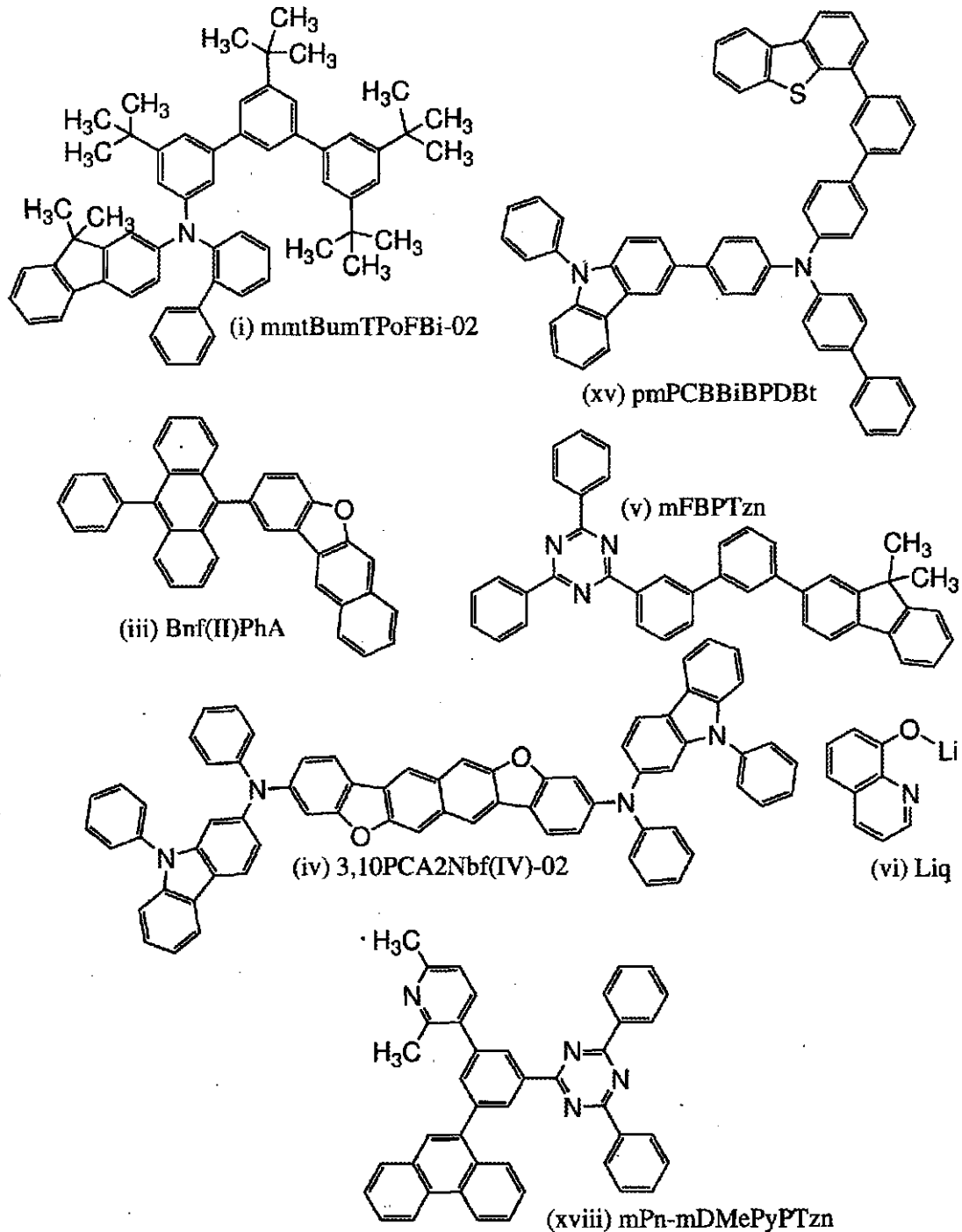
【0420】

30

40

50

【化 4 9】



【0421】

(発光デバイス7の作製方法)

まず、ガラス基板上に、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、55 nmの膜厚で成膜して陽極101を形成した。なお、その電極面積は4 mm² (2 mm×2 mm) とした。

【0422】

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、200℃で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。

【0423】

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。

【0424】

次に、陽極101が形成された面が下方となるように、陽極101が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、陽極101上に、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-(3,3'',5',5''-テトラ-tert-ブチル-1,1':3',1''-ターフェニル-5-イル)-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mmtBumTPoFBi-02)と電子アクセプタ材料(ochd-001)とを、重量比で1:0.1(= mmtBumTPoFBi-02: ochd-001)となるように10nm共蒸着して正孔注入層111を形成した。

10

【0425】

正孔注入層111上に、mmtBumTPoFBi-02を100nm蒸着して正孔輸送層112を形成した。

【0426】

続いて、正孔輸送層112上に、上記構造式(xv)で表される4-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-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: pmPCBBiBPDBt)を膜厚10nmとなるように蒸着して電子ブロック層を形成した。

【0427】

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

20

【0428】

こののち、上記構造式(v)で表される2-[3'-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-1,1'-ビフェニル-3-イル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称: mFBPTzn)を10nmとなるように蒸着して正孔ブロック層を形成し、上記構造式(xviii)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(vi)で表される8-キノリノラトリチウム(略称: Liq)とを、重量比で1:1(= mPn-mDMePyPTzn: Liq)となるように15nm共蒸着して電子輸送層114を形成した。

30

【0429】

電子輸送層114の形成後、Liqを1nmとなるように成膜して電子注入層115を形成し、最後に、アルミニウムを膜厚200nmとなるように蒸着することで陰極102を形成して発光デバイス7を作製した。

40

【0430】

発光デバイス7の素子構造を以下の表にまとめた。

【0431】

【表 7】

		発光 デバイス7
電子注入層	1nm	Liq
電子輸送層	15nm	mPn-mDMePyPTzn:Liq (1:1)
正孔ブロック層	10nm	mFBPTzn
発光層	25nm	Bnf(Ⅱ)PhA:3,10PCA2Nbf(Ⅳ)-02 (1:0.015)
電子ブロック層	10nm	pmPCBBiBPDBt
正孔輸送層	100nm	mmtBumTPoFBi-02
正孔注入層	10nm	mmtBumTPoFBi-02:OCHD-001 (1:0.1)

【0432】

なお、mmtBumTPoFBi-02は青色発光領域（455nm以上465nm以下）全域で常光屈折率が1.69以上1.70以下であり、1.50以上1.75以下の範囲にあり、また、633nmにおける常光屈折率も1.64で、1.45以上1.70以下の範囲にある屈折率の低い正孔輸送材料である。また、Bnf(Ⅱ)PhAは青色発光領域（455nm以上465nm以下）全域で常光屈折率が1.89以上1.91以下であり、また、633nmにおける常光屈折率は1.79である。発光層113において、3,10PCA2Nbf(Ⅳ)-02の濃度が低いいため、発光層113の屈折率はBnf(Ⅱ)PhAと同等である。したがって、本発明の一態様の発光デバイスは、正孔輸送層112の屈折率が発光層113よりも低い発光デバイスである。

【0433】

また、発光デバイス7の電子ブロック層に用いたpmPCBBiBPDBtは、カルバゾール構造を含む基と、ジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフェン構造を含む基と、炭素数6乃至炭素数18の芳香族炭化水素構造を含む基を有するトリアリールアミン構造を備えたモノアミン化合物である。

【0434】

上記発光デバイスを、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光デバイスが大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（UV硬化性のシール材を素子の周囲への塗布、発光デバイスには照射しないようにシール材のみにUVを照射する処理、大気圧下で80℃にて1時間熱処理）を行った後、これら発光デバイスの初期特性について測定を行った。

【0435】

発光デバイス7の輝度－電流密度特性を図30に、輝度－電圧特性を図31に、電流効率－輝度特性を図32に、電流－電圧特性を図33に、外部量子効率－輝度特性を図34に、パワー効率－輝度特性を図35に、発光スペクトルを図36に示す。また、発光デバイス7の1000cd/m²付近における主な特性を表3に示す。なお、輝度、CIE色度、及び発光スペクトルの測定には分光放射計（トプコン社製、SR-UL1R）を用い、常温で測定した。

【0436】

【表 8】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 (x,y)	電流効率 (cd/A)	外部量子 効率(%)
発光デバイス7	3.6	0.45	11.2	(0.140,0.166)	9.7	7.4

【0437】

図30乃至図36及び表8より、本発明の一態様の発光デバイス7は、低屈折率材料であるmmtBumTPoFBi-02に接してpmPCBBiBPDBtが設けられていることによって、外部量子効率が高く、且つ駆動電圧の低下も抑制されていることから、パワー効率の良好な発光素子であることがわかった。

【0438】

このように、低屈折率層に接して、特定の構造を有するモノアミン化合物を含む層を形成した発光デバイスは、特性の良好な発光デバイスとすることが可能である。具体的には、寿命の良好な発光デバイスとすることができる。または、発光効率の良好な発光デバイスとすることができる。または、駆動電圧の低い発光デバイスとすることができる。

10

【実施例5】

【0439】

本実施例では、実施の形態で説明した本発明の一態様の発光デバイス8および比較発光デバイス12について説明する。本実施例で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

【0440】

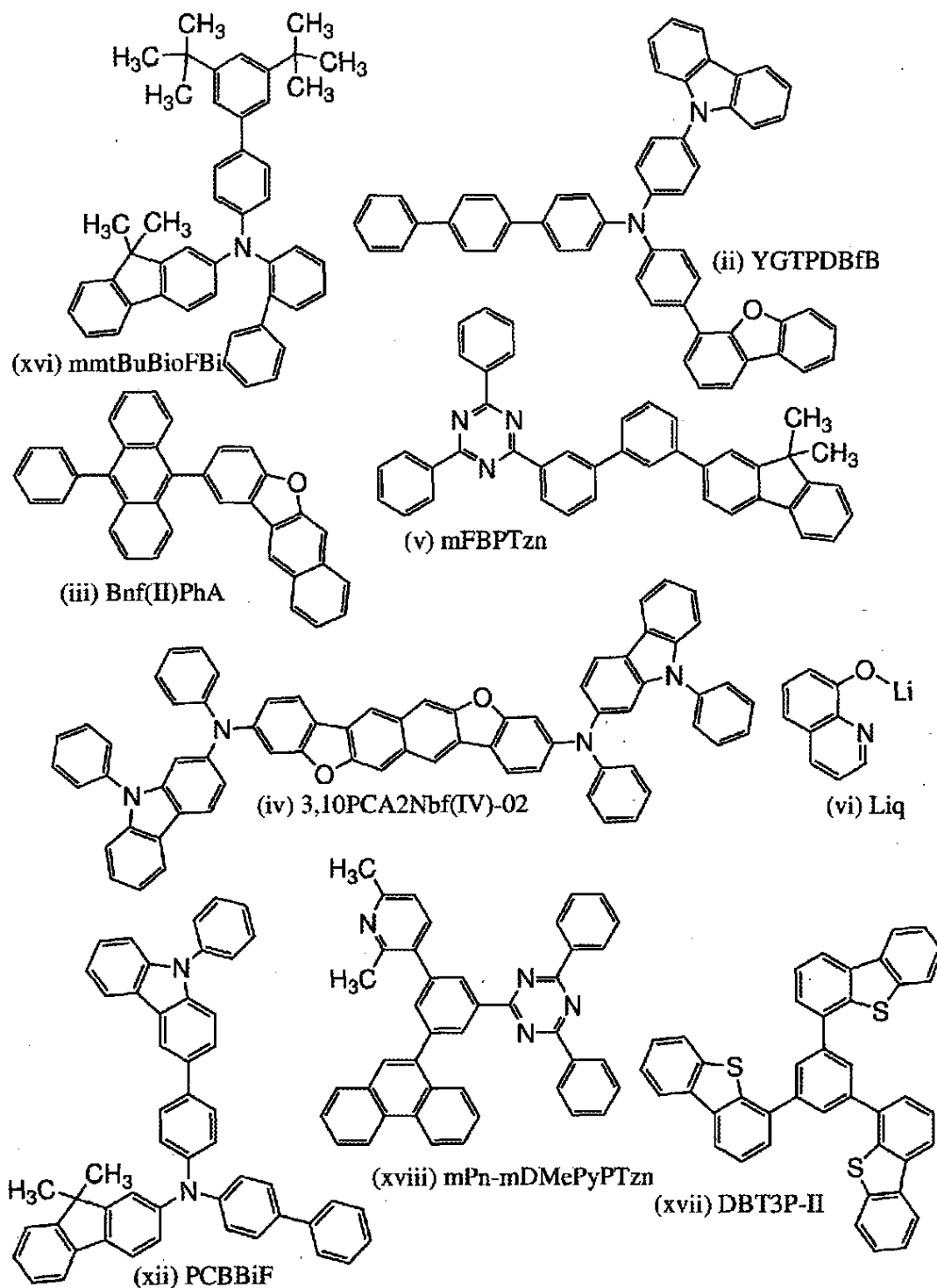
20

30

40

50

【化 5 0】



【0441】

(発光デバイス 8 の作製方法)

まず、ガラス基板上に、反射電極として銀 (Ag) をスパッタリング法により 100 nm の膜厚で製膜し、続いて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 の膜厚で成膜して陽極 101 を形成した。なお、その電極面積は 4 mm² (2 mm × 2 mm) とした。

【0442】

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、200℃で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。

【0443】

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°C で30分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷した。

【0444】

次に、陽極101が形成された面が下方となるように、陽極101が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、陽極101上に、蒸着法により上記構造式(xvii)で表されるN-3', 5'-ジターシャリーブチル-1, 1'-ビフェニル-4-イル-N-1, 1'-ビフェニル-2-イル-9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称: mmtBuBioFBi)と電子アクセプタ材料(ochd-001)とを、重量比で1:0.1(=mmtBumTPoFBi-02:ochd-001)となるように10nm共蒸着して正孔注入層111を形成した。

10

【0445】

正孔注入層111上に、mmtBuBioFBiを120nm蒸着して正孔輸送層112を形成した。

【0446】

続いて、正孔輸送層112上に、上記構造式(iii)で表されるN-[4-(9Hカルバゾール-9-イル)フェニル]-N-[4-(4-ジベンゾフラニル)フェニル]-[1, 1':4', 1''-ターフェニル]-4-アミン(略称: YGTPDBfB)を膜厚10nmとなるように蒸着して電子ブロック層を形成した。

20

【0447】

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

【0448】

こののち、上記構造式(v)で表される2-[3'-(9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-1, 1'-ビフェニル-3-イル]-4, 6-ジフェニル-1, 3, 5-トリアジン(略称: mFBPTzn)を10nmとなるように蒸着して正孔ブロック層を形成し、上記構造式(xviii)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(vi)で表される8-キノリノラトリチウム(略称: Liq)とを、重量比で1:1(=mPn-mDMePyPTzn:Liq)となるように20nm共蒸着して電子輸送層114を形成した。

30

【0449】

電子輸送層114の形成後、フッ化リチウム(LiF)を1nmとなるように成膜して電子注入層115を形成し、最後に、銀(Ag)とマグネシウム(Mg)とを体積比1:0.1、膜厚15nmとなるように共蒸着することで陰極102を形成して発光デバイス8を作製した。なお、陰極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陰極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、陰極102上には上記構造式(xviii)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、取出し効率を向上させている。

40

【0450】

(比較発光デバイス12の作製方法)

比較発光デバイス12は、発光デバイス8の正孔注入層および正孔輸送層におけるmmt

50

BuBioFBiを上記構造式(xii)で表されるN-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-9,9-ジメチル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9H-フルオレン-2-アミン(略称:PCBBiF)に変え、正孔輸送層の膜厚を100nmとした他は、発光デバイス8と同様に作製した。

【0451】

発光デバイス8および比較発光デバイス12の素子構造を以下の表にまとめた。

【0452】

【表9】

		発光デバイス8	比較発光デバイス12
電子注入層	1nm	LiF	
電子輸送層	20nm	mPn-mDMePyPTzn:Liq (1:1)	
正孔ブロック層	10nm	mFBPTzn	
発光層	25nm	Bnf(II)PhA:3,10PCA2Nbf(IV)-02 (1:0.015)	
電子ブロック層	10nm	YGTPDBfB	
正孔輸送層	*2	mmtBuBioFBi	PCBBiF
正孔注入層	10nm	mmtBuBioFBi:OCHD-001 (1:0.1)	PCBBiF:OCHD-001 (1:0.1)

*2 発光デバイス8:120nm, 比較発光デバイス12:100nm

【0453】

なお、mmtBuBioFBiは青色発光領域(455nm以上465nm以下)全域で常光屈折率が1.73以上1.74以下であり、1.50以上1.75以下の範囲にあり、また、633nmにおける常光屈折率も1.66で、1.45以上1.70以下の範囲にある屈折率の低い正孔輸送材料である。また、Bnf(II)PhAは青色発光領域(455nm以上465nm以下)全域で常光屈折率が1.89以上1.91以下であり、また、633nmにおける常光屈折率は1.79である。発光層113において、3,10PCA2Nbf(IV)-02の濃度が低いため、発光層113の屈折率はBnf(II)PhAと同等である。したがって、本発明の一態様の発光デバイスは、正孔輸送層112の屈折率が発光層113よりも低い発光デバイスである。

【0454】

また、発光デバイス8の電子ブロック層に用いたYGTPDBfBは、カルバゾール構造を含む基と、ジベンゾフラン構造またはジベンゾチオフェン構造を含む基と、炭素数6乃至炭素数18の芳香族炭化水素構造を含む基を有するトリアリールアミン構造を備えたモノアミン化合物である。

【0455】

上記発光デバイスを、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光デバイスが大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業(UV硬化性のシール材を素子の周囲への塗布、発光デバイスには照射しないようにシール材のみにUVを照射する処理、大気圧下で80℃にて1時間熱処理)を行った後、これら発光デバイスの初期特性について測定を行った。

【0456】

発光デバイス8および比較発光デバイス12の輝度-電流密度特性を図37に、輝度-電圧特性を図38に、電流効率-輝度特性を図39に、電流-電圧特性を図40に、ブルーインデックス-輝度特性を図41に、発光スペクトルを図42に示す。また、発光デバイス8および比較発光デバイス12の1000cd/m²付近における主な特性を表10に示す。なお、輝度、CIE色度、及び発光スペクトルの測定には分光放射計(トプコン社製、SR-UL1R)を用い、常温で測定した。

【0457】

【表 10】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 (x,y)	電流効率 (cd/A)	BI (cd/A/y)
発光 デバイス8	3.6	0.56	14.1	(0.141,0.049)	7.8	162
比較発光 デバイス12	3.6	0.54	13.6	(0.140,0.049)	7.0	145

【0458】

図37乃至図42及び表10より、本発明の一態様の発光デバイス7は、低屈折率材料であるmmtBuBioFBiに接してYGTPDBfBが設けられていることによって、発光効率の良好な発光素子となったことがわかった。

【0459】

また、電流密度50mA/cm²における駆動時間に対する輝度の変化を表すグラフを図43に示す。図43で示すように、発光デバイス8は寿命の良好な発光デバイスであることがわかった。

【0460】

このように、低屈折率層に接して、特定の構造を有するモノアミン化合物を含む層を形成した発光デバイスは、特性の良好な発光デバイスとすることが可能である。具体的には、発光効率の良好な発光デバイスとすることができる。または、駆動電圧の低い発光デバイスとすることができる。または、寿命の良好な発光デバイスとすることができる。

【実施例6】

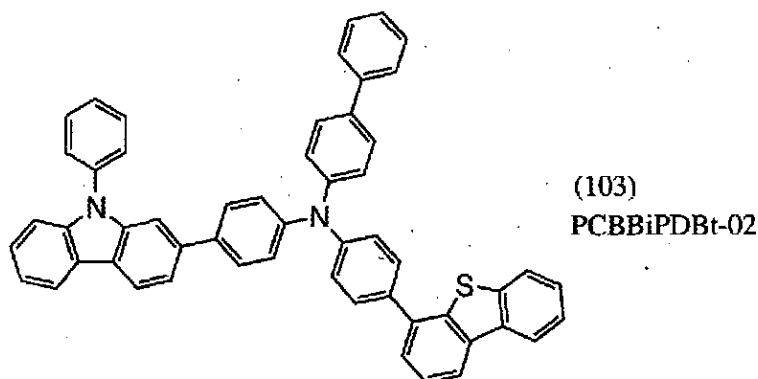
【0461】

《合成例1》

本実施例では、実施の形態1で示した一般式(G1)で表される本発明の一態様のモノアミン化合物である、4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)-4'-フェニル-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBBiPDBt-02)の合成方法について説明する。PCBBiPDBt-02の構造を以下に示す。

【0462】

【化51】



【0463】

200mL三口フラスコにN-(4-ビフェニル)-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)フェニル]アミンを1.8g(3.7mmol)、4-(4-ブロモフェニル)ジベンゾチオフェンを1.1g(3.4mmol)、ナトリウムtert-ブトキシドを0.97g(10mmol)入れた。この混合物へ、トルエン20mLとトリ(tert-ブチル)ホスフィンの10%ヘキサン溶液0.2mLを加え、この

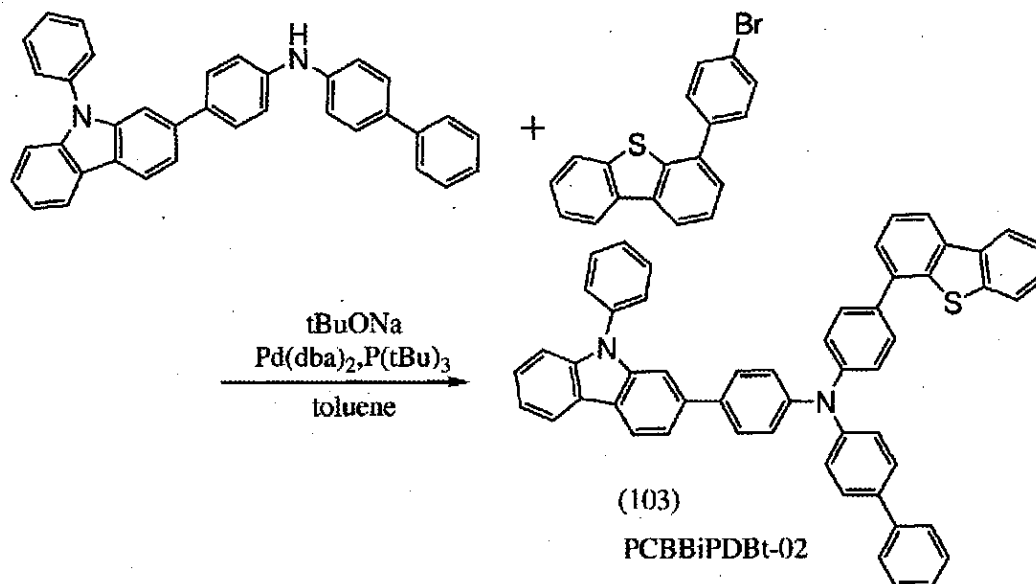
混合物を減圧しながら攪拌することで脱気した。この混合物にビス（ジベンジリデンアセトン）パラジウム（0）を19mg（34 μ mol）加え、窒素気流下にて110℃で9時間加熱攪拌した。

【0464】

攪拌後、この混合物にトルエンを加え、フロリジール、セライト、アルミナを通して吸引ろ過した。得られた濾液を濃縮して固体を得た。本合成例の合成スキームを以下に示す。

【0465】

【化52】



【0466】

この固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（展開溶媒：ヘキサン：トルエン＝2：1）で精製し、固体を得た。得られた固体を酢酸エチルで再結晶し、白色固体を2.6g、収率94%で得た。

【0467】

得られた固体2.1gをトレインサブレーション法により圧力3.1Pa、アルゴン流量15mL/min、345℃の条件で昇華精製した。昇華精製後、白色固体を1.8g、回収率86%で得た。

【0468】

なお、合成例で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法（ $^1\text{H-NMR}$ ）による分析結果を図44A、図44Bに示す。なお、図44Bは図44Aにおける7ppmから8.5ppmの範囲を拡大して示したグラフである。また、数値データを下に示す。このことから、本合成例において、PCBBiPDBt-02が合成できたことがわかった。

【0469】

$^1\text{H-NMR}$ (DMSO- d_6 , 300MHz) : δ = 7.22–7.39 (m, 9H), 7.42–7.49 (m, 3H), 7.51–7.75 (m, 19H), 8.03 (dd, J_1 = 6.0Hz, J_2 = 3.3Hz, 1H), 8.28 (d, J_1 = 7.5Hz, 1H), 8.33 (d, J_1 = 8.1Hz, 1H), 8.37 (dd, J_1 = 7.5Hz, J_2 = 1.2Hz, 1H), 8.41 (dd, J_1 = 6.0Hz, J_2 = 3.0Hz, 1H) .

【0470】

次に、PCBBiPDBt-02のトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した結果を図45に、薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを図46に示す。図中、横軸は波長、縦軸は吸光度および発光強度を表し、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。また、図45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。

【0471】

固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作製した。トルエン溶液の吸収スペクトルは、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V550型）を用いて測定し、トルエンのみを石英セルに入れて測定したスペクトルを差し引いて示した。また、薄膜の吸収スペクトルは、分光光度計（（株）日立ハイテクノロジーズ製 分光光度計U4100）を用いた。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（（株）浜松ホトニクス製 FS920）を用いた。

【0472】

図45より、PCBBiPDBt-02のトルエン溶液は355nmおよび282nmに吸収ピークが見られ、発光波長のピークは406nm、426nm（励起波長357nm）であった。また、図46より、PCBBiPDBt-02の薄膜は、359nmおよび290nmに吸収ピークが見られ、発光波長のピークは427nm（励起波長360nm）に見られた。

【0473】

次に、本実施例で得られたPCBBiPDBt-02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。

【0474】

LC/MS分析は、サーモフィッシャーサイエンティフィック社製Ultimate3000によりLC（液体クロマトグラフィー）分離を行い、サーモフィッシャー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。

【0475】

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PCBBiPDBt-02を有機溶媒に溶かして調整し、注入量は5.0μLとした。

【0476】

Targeted-MS²法により、PCBBiPDBt-02由来のイオンであるm/z=744.26のMS²測定を行なった。Targeted-MS²の設定は、ターゲットイオンの質量範囲をm/z=744.26±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50として測定した。得られたMSスペクトルを図47に示す。

【0477】

図47の結果から、コリジョンエネルギーが50eVの場合、PCBBiPDBt-02は、水素イオンの有無や同位体の存在に起因し、主として744付近にプレカーサーイオンを検出し、m/z=592付近、486付近、427付近、333付近、274付近、242付近、168付近にプロダクトイオンが検出されることがわかった。図47に示す結果は、PCBBiPDBt-02を同定する上での重要なデータであるといえる。

【0478】

なお、m/z=592付近のプロダクトイオンは、PCBBiPDBt-02におけるビフェニル基が1つ脱離した状態のカチオンと推定され、PCBBiPDBt-02が、ビフェニル基を含んでいることを示唆するものである。

【0479】

なお、m/z=486付近のプロダクトイオンは、PCBBiPDBt-02における4-（ジベンゾチオフェン-4-イル）フェニル基が1つ脱離した状態のカチオンと推定され、PCBBiPDBt-02が、4-（ジベンゾチオフェン-4-イル）フェニル基を含んでいることを示唆するものである。

【0480】

10

20

30

40

50

なお、 $m/z = 427$ 付近のプロダクトイオンは、PCBBiPDBt-02における4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)フェニル基が1つ脱離した状態のカチオンと推定され、PCBBiPDBt-02が、4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)フェニル基を含んでいることを示唆するものである。

【実施例7】

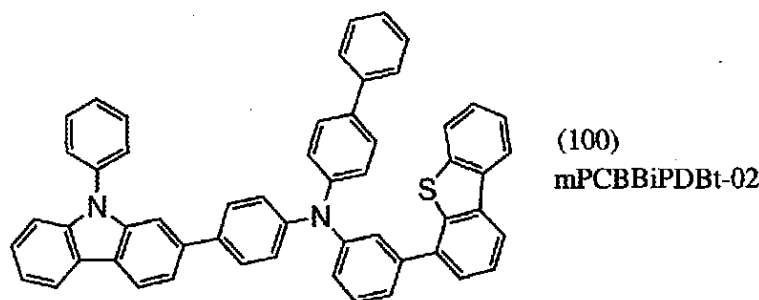
【0481】

《合成例2》

本実施例では、実施の形態1で示した本発明の一態様のモノアミン化合物である、3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)-4'-フェニル-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)トリフェニルアミン(略称:mPCBBiPDBt-02)の合成方法について説明する。mPCBBiPDBt-02の構造を以下に示す。

【0482】

【化53】



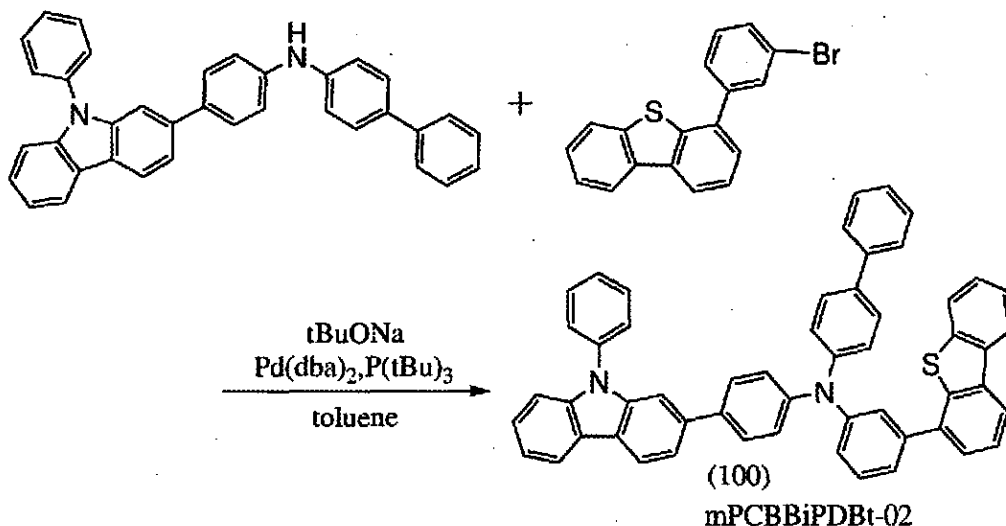
【0483】

200 mL三口フラスコにN-(4-ビフェニル)-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)フェニル]アミンを1.8 g (3.7 mmol)、4-(3-ブロモフェニル)ジベンゾチオフェンを1.1 g (3.4 mmol)、ナトリウム *tert*-ブトキシドを0.97 g (10 mmol)入れた。この混合物へ、トルエン20 mLとトリ(*tert*-ブチル)ホスフィンの10%ヘキサン溶液0.2 mLを加え、この混合物を減圧しながら攪拌することで脱気した。この混合物にビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0)を19 mg (34 μ mol)加え、窒素気流下にて110°Cで8時間加熱攪拌した。

攪拌後、この混合物にトルエンを加え、フロリジール、セライト、アルミナを通して吸引ろ過し、濾液を得た。得られた濾液を濃縮して固体を得た。

【0484】

【化54】



【0485】

この固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（展開溶媒：ヘキサン：トルエン＝2：1）で精製し、固体を得た。

【0486】

得られた固体をトルエン／酢酸エチルで再結晶し、白色固体を2.3 g、収率91%で得た。

得られた固体2.3 gをトレインサブリメーション法により昇華精製した。圧力3.0 Pa、アルゴン流量15 mL/minの条件で、335℃で加熱して行った。

昇華精製後、白色固体を1.6 g、回収率69%で得た。

【0487】

なお、合成例で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法（ $^1\text{H-NMR}$ ）による分析結果を図48A、図48Bに示す。なお、図48Bは図48Aにおける7 ppmから8.5 ppmの範囲を拡大して示したグラフである。また、数値データを下に示す。このことから、本合成例において、mPCBBiPDBt-02が合成できたことがわかった。

【0488】

$^1\text{H NMR}$ (DMSO- d_6 , 300 MHz) : δ = 7.17–7.72 (m, 31H), 7.91–7.97 (m, 1H), 8.27 (d, J 1 = 7.5 Hz, 1H), 8.31 (d, J 1 = 8.1 Hz, 1H), 8.35–8.41 (m, 2H) .

【0489】

次に、mPCBBiPDBt-02のトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した結果を図49に示す。また、薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを図50に示す。図中、横軸は波長、縦軸は吸光度および発光強度を表し、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。また、図49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。

【0490】

固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作製した。トルエン溶液の吸収スペクトルは、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V550型）を用いて測定し、トルエンのみを石英セルに入れて測定したスペクトルを差し引いて示した。また、薄膜の吸収スペクトルは、分光光度計（（株）日立ハイテクノロジーズ製 分光光度計U4100）を用いた。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（（株）浜松ホトニクス製 FS920）を用いた。

【0491】

図49より、mPCBBiPDBt-02のトルエン溶液は339 nmおよび282 nmに吸収ピークが見られ、発光波長のピークは401 nm、420 nm（励起波長348 nm）であった。また、図50より、mPCBBiPDBt-02の薄膜は、344 nmおよび288 nmに吸収ピークが見られ、発光波長のピークは420 nm（励起波長360 nm）に見られた。

【0492】

次に、本実施例で得られたmPCBBiPDBt-02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。

【0493】

LC/MS分析は、サーモフィッシャー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、サーモフィッシャー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。

【0494】

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mPCBBiPDBt-02を有機溶媒に溶かして調整し、注入量は5.0 μL とした。

10

20

30

40

50

【0495】

Targeted-MS²法により、mPCBBiPDBt-02由来のイオンであるm/z=744.26のMS²測定を行なった。Targeted-MS²の設定は、ターゲットイオンの質量範囲をm/z=744.26±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50として測定した。得られたMSスペクトルを図51に示す。

【0496】

図51の結果から、コリジョンエネルギーが50 eVの場合、mPCBBiPDBt-02は、水素イオンの有無や同位体の存在に起因し、主として744付近にプレカーサーイオンを検出し、m/z=592付近、486付近、427付近、333付近、319付近、242付近、168付近にプロダクトイオンが検出されることがわかった。図51に示す結果は、mPCBBiPDBt-02を同定する上での重要なデータであるといえる。

【0497】

なお、m/z=592付近のプロダクトイオンは、mPCBBiPDBt-02におけるビフェニル基が1つ脱離した状態のカチオンと推定され、mPCBBiPDBt-02が、ビフェニル基を含んでいることを示唆するものである。

【0498】

なお、m/z=486付近のプロダクトイオンは、mPCBBiPDBt-02における3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル基が1つ脱離した状態のカチオンと推定され、mPCBBiPDBt-02が、3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル基を含んでいることを示唆するものである。

【0499】

なお、m/z=427付近のプロダクトイオンは、mPCBBiPDBt-02における4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)フェニル基が1つ脱離した状態のカチオンと推定され、mPCBBiPDBt-02が、4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)フェニル基を含んでいることを示唆するものである。

【実施例8】

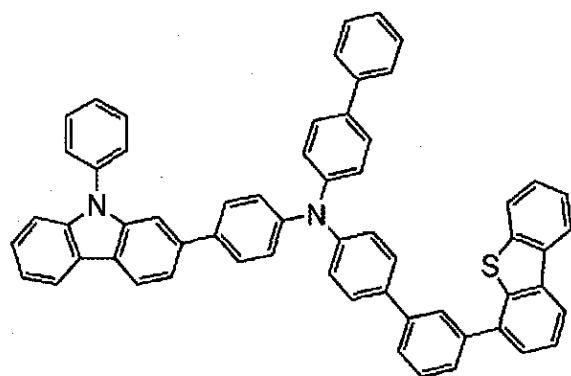
【0500】

《合成例3》

本実施例では、実施の形態1で示した本発明の一態様のモノアミン化合物である、4-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-4'-フェニル-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)トリフェニルアミン(略称：pmPCBBiBPDBt-02)の合成方法について説明する。pmPCBBiBPDBt-02の構造を以下に示す。

【0501】

【化55】



(101)
pmPCBBiBPDBt-02

【0502】

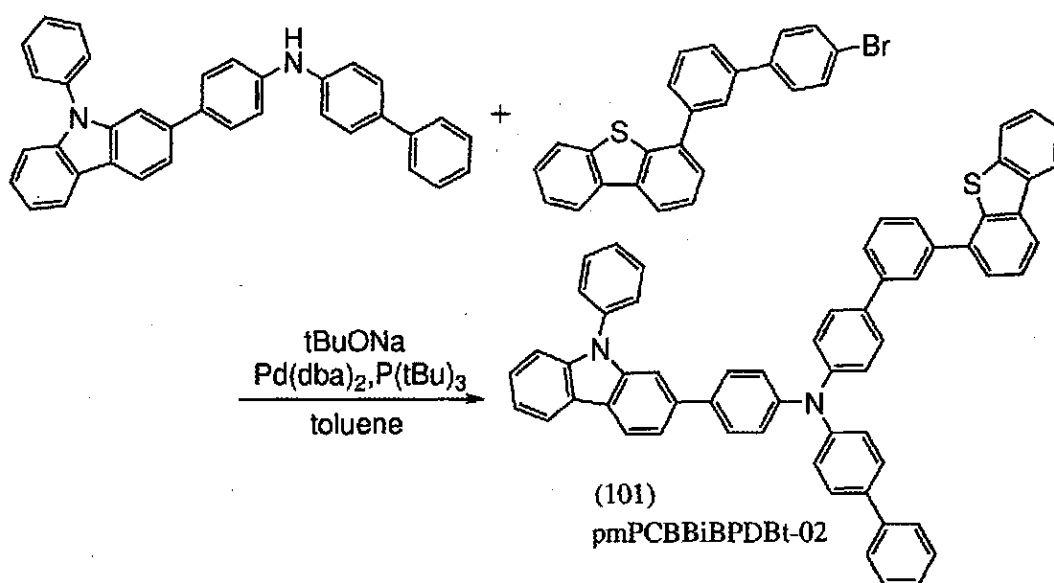
200 mL三口フラスコにN-(4-ビフェニル)-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)フェニル]アミンを1.6 g (3.4 mmol)、4-(4'-ブromo[1,1'-ビフェニル]-3-イル)ジベンゾチオフェンを1.3 g (3.0 mmol)、ナトリウム tert-ブトキシドを0.88 g (9.1 mmol)入れた。この混合物へ、トルエン20 mLとトリ(tert-ブチル)ホスフィンの10%ヘキサン溶液0.2 mLを加え、この混合物を減圧しながら攪拌することで脱気した。この混合物にビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0)を17 mg (30 μmol)加え、窒素気流下にて110℃で12時間加熱攪拌した。

【0503】

攪拌後、この混合物にトルエンを加え、フロリジール、セライト、アルミナを通して吸引ろ過し、濾液を得た。得られた濾液を濃縮して固体を得た。本合成例の合成スキームを以下に示す。

【0504】

【化56】



【0505】

この固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（展開溶媒：ヘキサン：トルエン＝2：1）で精製し、固体を得た。得られた固体をトルエン／エタノールで再沈殿し、固体を2.3 g、収率91%で得た。

【0506】

得られた固体2.3 gをトレインサブレーション法により昇華精製した。圧力3.0 Pa、アルゴン流量15 mL/minの条件で、385℃で加熱して行った。

昇華精製後、白色固体を2.0 g、回収率85%で得た。

【0507】

なお、本合成例で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法（ $^1\text{H-NMR}$ ）による分析結果を図52A、図52Bに示す。なお、図52Bは図52Aにおける7 ppmから8.5 ppmの範囲を拡大して示したグラフである。また、数値データを下に示す。このことから、本合成例において、pmPCBBiBPDBt-02が合成できたことがわかった。

【0508】

$^1\text{H-NMR}$ (DMSO- d_6 , 300 MHz) : δ = 7.17–7.20 (m, 6H), 7.28–7.47 (m, 6H), 7.51–7.80 (m, 22H), 7.99–8.05 (m, 2H), 8.27 (d, J 1 = 7.5 Hz, 1H), 8.32 (d, J 1 = 8.4 Hz, 1H), 8.39–8.46 (m, 2H).

【0509】

次に、pmPCBBiBPDBt-02のトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した結果を図53に、薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを図54に示す。図中、横軸は波長、縦軸は吸光度および発光強度を表し、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。また、図53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。

【0510】

固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作製した。トルエン溶液の吸収スペクトルは、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V550型）を用いて測定し、トルエンのみを石英セルに入れて測定したスペクトルを差し引いて示した。また、薄膜の吸収スペクトルは、分光光度計（（株）日立ハイテクノロジーズ製 分光光度計U4100）を用いた。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（（株）浜松ホトニクス製 FS920）を用いた。

【0511】

図53に示す通り、pmPCBBiBPDBt-02のトルエン溶液は355nm、298nmおよび282nmに吸収ピークが見られ、発光波長のピークは407nm（励起波長356nm）であった。また、図54より、pmPCBBiBPDBt-02の薄膜は、358nmおよび289nmに吸収ピークが見られ、発光波長のピークは425nm（励起波長360nm）に見られた。

【0512】

次に、本実施例で得られたpmPCBBiBPDBt-02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。

【0513】

LC/MS分析は、サーモフィッシャーサイエンティフィック社製Ultimate3000によりLC（液体クロマトグラフィー）分離を行い、サーモフィッシャー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。

【0514】

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pmPCBBiBPDBt-02を有機溶媒に溶かして調整し、注入量は5.0μLとした。

【0515】

Targeted-MS²法により、pmPCBBiBPDBt-02由来のイオンであるm/z=820.29のMS²測定を行なった。Targeted-MS²の設定は、ターゲットイオンの質量範囲をm/z=820.29±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50として測定した。得られたMSスペクトルを図55に示す。

【0516】

図55の結果から、コリジョンエネルギーが50eVの場合、pmPCBBiBPDBt-02は、水素イオンの有無や同位体の存在に起因し、主として820付近にプレカーサーイオンを検出し、m/z=668付近、503付近、486付近、408付近、333付近、243付近、168付近にプロダクトイオンが検出されることがわかった。図55に示す結果は、pmPCBBiBPDBt-02を同定する上での重要なデータであるといえる。

【0517】

なお、m/z=668付近のプロダクトイオンは、pmPCBBiBPDBt-02におけるビフェニル基が1つ脱離した状態のカチオンと推定され、pmPCBBiBPDBt-02が、ビフェニル基を含んでいることを示唆するものである。

【0518】

なお、 $m/z = 503$ 付近のプロダクトイオンは、 pmPCBBiBPDBt-02 における 4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)フェニル基が1つ脱離した状態のカチオンと推定され、 pmPCBBiBPDBt-02 が、4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)フェニル基を含んでいることを示唆するものである。

【0519】

なお、 $m/z = 486$ 付近のプロダクトイオンは、 pmPCBBiBPDBt-02 における 4-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]フェニル基が1つ脱離した状態のカチオンと推定され、 pmPCBBiBPDBt-02 が、4-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]フェニル基を含んでいることを示唆するものである。

10

【実施例9】

【0520】

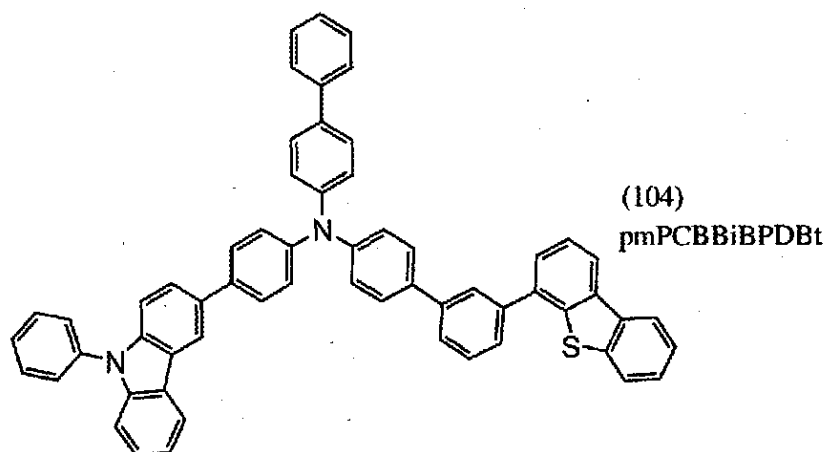
《合成例4》

本実施例では、実施の形態1で示した本発明の一態様のモノアミン化合物である、4-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-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： pmPCBBiBPDBt)の合成方法について説明する。 pmPCBBiBPDBt の構造を以下に示す。

【0521】

【化57】

20



30

【0522】

200 mL三口フラスコにN-ビフェニル-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]アミンを1.6 g (3.4 mmol)、4-[3-(4-ブロモフェニル)フェニル]ジベンゾチオフェンを1.3 g (3.0 mmol)、ナトリウムtert-ブトキシドを0.88 g (9.1 mmol)入れた。この混合物へ、トルエン20 mLとトリ(tert-ブチル)ホスフィンの10%ヘキサン溶液0.2 mLを加え、この混合物を減圧しながら攪拌することで脱気した。この混合物にビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0)を17 mg (30 μmol)加え、窒素気流下にて120℃で7.5時間加熱攪拌した。

40

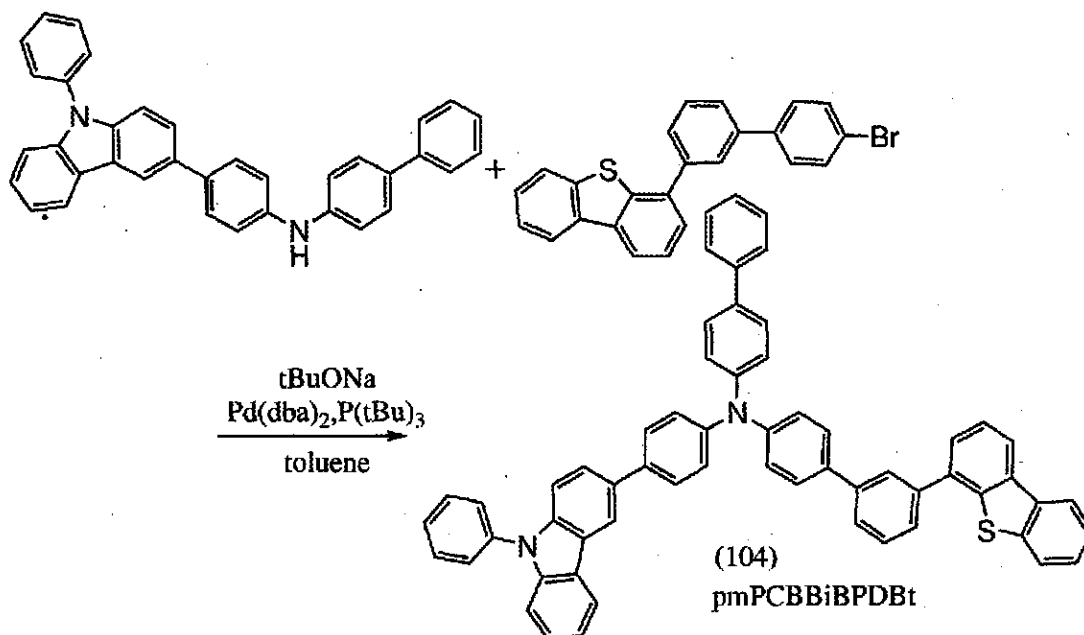
【0523】

攪拌後、この混合物にトルエンを加え、フロリジール、セライト、アルミナを通して吸着ろ過し、濾液を得た。得られた濾液を濃縮して固体を得た。本合成例の合成スキームを以下に示す。

【0524】

50

【化 58】



【0525】

この固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（展開溶媒：ヘキサン：トルエン＝2：1、次いでヘキサン：トルエン＝3：2）で精製し、固体を得た。得られた固体をトルエン／酢酸エチルで再結晶し、白色固体を2.2 g、収率86%で得た。

【0526】

得られた固体2.0 gをトレインサブレーション法により昇華精製した。圧力3.2 Pa、アルゴン流量15 mL/minの条件で、380℃で加熱して行った。

昇華精製後、淡黄色固体を1.7 g、回収率85%で得た。

【0527】

なお、本合成例で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法（ $^1\text{H-NMR}$ ）による分析結果を図56A、図56Bに示す。なお、図56Bは図56Aにおける7 ppmから9 ppmの範囲を拡大して示したグラフである。また、数値データを下に示す。このことから、本合成例において、pmPCBBiBPDBtが合成できたことがわかった。

【0528】

$^1\text{H NMR}$ (DMSO- d_6 , 300 MHz) : δ = 7.20–7.48 (m, 13H), 7.51–7.59 (m, 3H), 7.63–7.81 (m, 18H), 8.00–8.05 (m, 2H), 8.35 (d, J = 7.5 Hz, 1H), 8.40–8.46 (m, 2H), 8.59 (d, J = 1.5 Hz, 1H) .

【0529】

次に、pmPCBBiBPDBtのトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した結果を図57に示す。また、薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを図58に示す。図中、横軸は波長、縦軸は吸光度および発光強度を表し、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。また、図57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。

【0530】

固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作製した。トルエン溶液の吸収スペクトルは、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V550型）を用いて測定し、トルエンのみを石英セルに入れて測定したスペクトルを差し引いて示した。また、薄膜の吸収スペクトルは、分光光度計（（株）日立ハイテクノロジーズ製 分光光度計U4100）を用いた。ま

た、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（（株）浜松ホトニクス製 F S 9 2 0）を用いた。

【0531】

図57に示す通り、pmPCBBiBPDBtのトルエン溶液は349nmおよび282nmに吸収ピークが見られ、発光波長のピークは404nm（励起波長354nm）であった。また、図58より、pmPCBBiBPDBtの薄膜は、351nmおよび285nmに吸収ピークが見られ、発光波長のピークは425nm（励起波長370nm）に見られた。

【実施例10】

【0532】

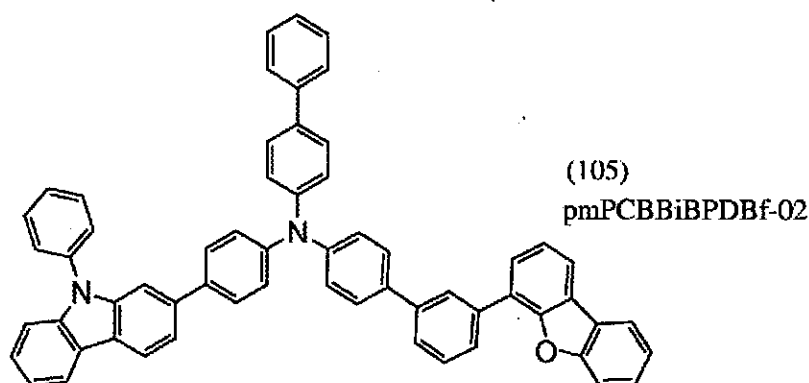
10

＜合成例5＞

本実施例では、実施の形態1で示した本発明の一態様のモノアミン化合物である、4-[3-(ジベンゾフラン-4-イル)フェニル]-4'-フェニル-4''-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)トリフェニルアミン（略称：pmPCBBiBPDBf-02）の合成方法について説明する。pmPCBBiBPDBf-02の構造を以下に示す。

【0533】

【化59】



20

【0534】

200mL三口フラスコにN-ビフェニル-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-2-イル)フェニル]アミンを1.7g(3.4mmol)、4-[3-(4-ブロモフェニル)フェニル]ジベンゾフランを1.2g(3.1mmol)、ナトリウムtert-ブトキシドを0.90g(9.3mmol)入れた。この混合物へ、トルエン20mLとトリ(tert-ブチル)ホスフィンの10%ヘキサン溶液0.2mLを加え、この混合物を減圧しながら攪拌することで脱気した。この混合物にビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0)を18mg(31μmol)加え、窒素気流下にて120℃で7時間加熱攪拌した。

30

【0535】

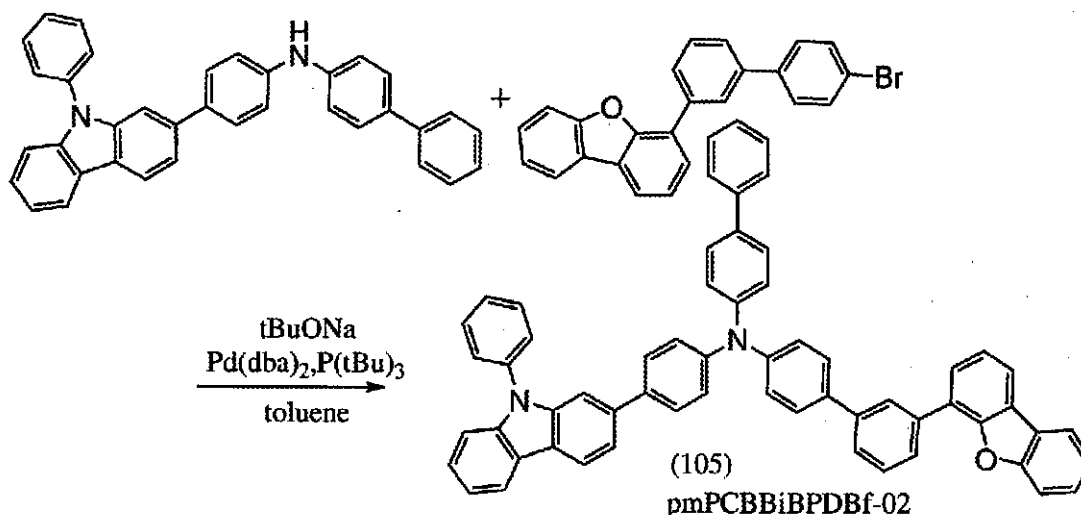
40

攪拌後、この混合物にトルエンを加え、フロリジール、セライト、アルミナを通して吸引ろ過し、濾液を得た。得られた濾液を濃縮して固体を得た。本合成例の合成スキームを以下に示す。

【0536】

50

【化 60】



【0537】

この固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（展開溶媒：ヘキサン：トルエン＝2：1）で精製し、固体を得た。得られた固体を酢酸エチル／エタノールで再沈殿し、白色固体を2.2 g、収率87%で得た。

【0538】

得られた固体2.1 gをトレインサブレーション法により昇華精製した。圧力3.3 Pa、アルゴン流量15 mL/minの条件で、370℃で加熱して行った。昇華精製後、白色固体を1.9 g、回収率87%で得た。

【0539】

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）による分析結果を図59A、図59Bに示す。なお、図59Bは図59Aにおける7 ppmから8.5 ppmの範囲を拡大して示したグラフである。また、数値データを下に示す。このことから、本合成例において、pmPCBBiBPDBf-02が合成できたことがわかった。

【0540】

^1H NMR (DMSO- d_6 , 300 MHz) : δ = 7.18–7.22 (m, 6 H), 7.28–7.82 (m, 28 H), 7.88 (d, J 1 = 7.5 Hz, 1 H), 8.14–8.28 (m, 4 H), 8.32 (d, J 1 = 8.4 Hz, 1 H) .

【0541】

次に、pmPCBBiBPDBf-02のトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した結果を図60に示す。また、薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを図61に示す。図中、横軸は波長、縦軸は吸光度および発光強度を表し、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。また、図60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。

【0542】

固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作製した。トルエン溶液の吸収スペクトルは、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V550型）を用いて測定し、トルエンのみを石英セルに入れて測定したスペクトルを差し引いて示した。また、薄膜の吸収スペクトルは、分光光度計（（株）日立ハイテクノロジーズ製 分光光度計U4100）を用いた。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（（株）浜松ホトニクス製 FS920）を用いた。

【0543】

図60に示す通り、pmPCBBiBPDBf-02のトルエン溶液は354 nmおよび282 nmに吸収ピークが見られ、発光波長のピークは407 nmおよび423 nm（励

起波長 360 nm) であった。また、図 61 より、pmPCBiBPDBt-02 の薄膜は、358 nm、293 nm および 255 nm に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは 424 nm および 440 nm (励起波長 370 nm) に見られた。

【実施例 11】

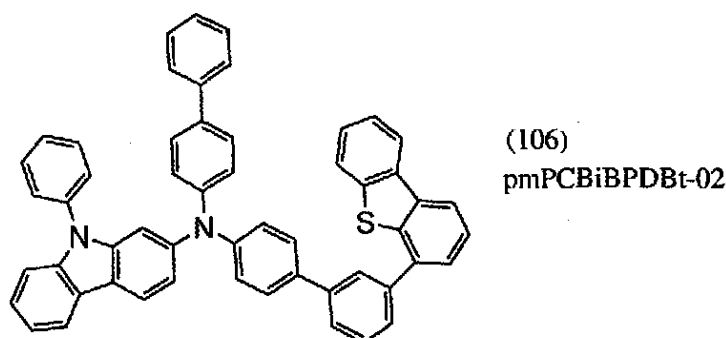
【0544】

《合成例 6》

本実施例では、実施の形態 1 で示した本発明の一態様のモノアミン化合物である、N-ビフェニル-4-イル-N-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-4-イル]-9-フェニル-9H-カルバゾール-2-アミン (略称: pmPCBiBPDBt-02) の合成方法について説明する。pmPCBiBPDBt-02 の構造を以下に示す。

【0545】

【化 61】

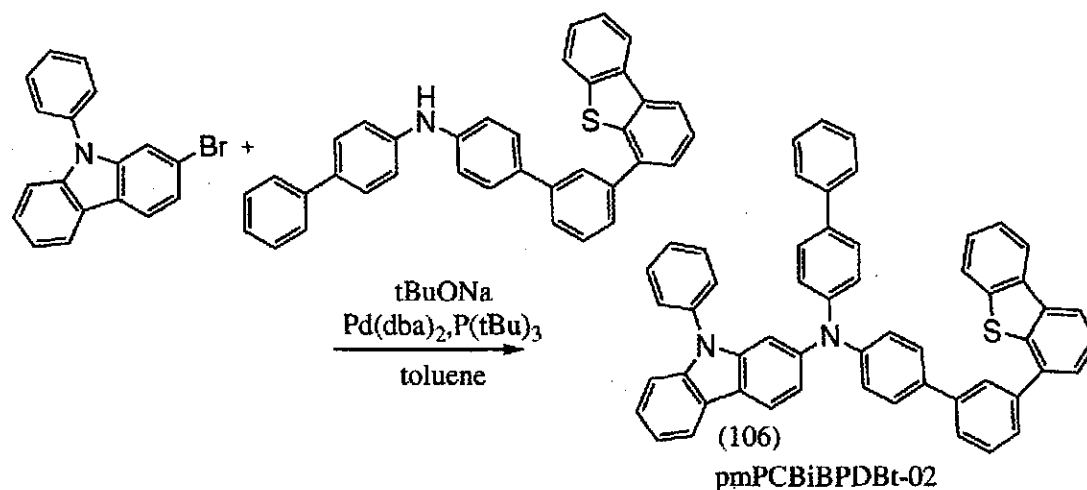


【0546】

200 mL 三口フラスコに、4-フェニル-4'-[3-(ジベンゾチオフェン-2-イル)フェニル]ジフェニルアミンを 1.9 g (3.7 mmol)、2-ブロモ-9-フェニル-9H-カルバゾールを 1.1 g (3.4 mmol)、ナトリウム tert-ブトキシドを 1.1 g (11 mmol) を入れた。この混合物へ、トルエン 20 mL とトリ (tert-ブチル) ホスフィン の 10% ヘキサン 溶液 0.2 mL を加え、この混合物を減圧しながら攪拌することで脱気した。この混合物にビス (ジベンジリデンアセトン) パラジウム (0) を 19 mg (34 μmol) 加え、窒素気流下にて 120 °C で 7 時間加熱攪拌した。攪拌後、この混合物にトルエンを加え、フロリジール、セライト、アルミナを通して吸引ろ過し、濾液を得た。濾液を濃縮して固体を得た。本合成例の合成スキームを以下に示す。

【0547】

【化 62】



【0548】

この固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（展開溶媒：ヘキサン：トルエン＝2：1）で精製し、固体を得た。得られた固体を酢酸エチル／エタノールで再沈殿し、白色固体を2.1 g、収率85%で得た。

【0549】

得られた固体2.1 gをトレインサブレーション法により昇華精製した。圧力3.4 Pa、アルゴン流量15 mL/minの条件で、345℃で加熱して行った。昇華精製後、淡黄色固体を1.9 g、回収率88%で得た。

【0550】

なお、本合成例で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法（ $^1\text{H-NMR}$ ）による分析結果を図62A、図62Bに示す。なお、図62Bは図62Aにおける7 ppmから8.5 ppmの範囲を拡大して示したグラフである。また、数値データを下に示す。このことから、本合成例において、pmPCBiBPDBt-02が合成できたことがわかった。

10

【0551】

$^1\text{H-NMR}$ (DMSO- d_6 , 300 MHz) : δ = 7.05–7.10 (m, 2H), 7.17 (d, J 1 = 8.1 Hz, 4H), 7.26–7.46 (m, 7H), 7.51–7.78 (m, 17H), 7.99–8.04 (m, 2H), 8.18–8.24 (m, 2H), 8.39–8.45 (m, 2H) .

【0552】

次に、pmPCBiBPDBt-02のトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した結果を図63に示す。また、薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを図64に示す。図中、横軸は波長、縦軸は吸光度および発光強度を表し、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。また、図63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。

20

【0553】

固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作製した。トルエン溶液の吸収スペクトルは、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V550型）を用いて測定し、トルエンのみを石英セルに入れて測定したスペクトルを差し引いて示した。また、薄膜の吸収スペクトルは、分光光度計（（株）日立ハイテクノロジーズ製 分光光度計U4100）を用いた。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（（株）浜松ホトニクス製 FS920）を用いた。

30

【0554】

図63に示す通り、pmPCBiBPDBt-02のトルエン溶液は357 nmおよび283 nmに吸収ピークが見られ、発光波長のピークは405 nm（励起波長363 nm）であった。また、図64より、pmPCBiBPDBt-02の薄膜は、362 nm、292 nmおよび270 nmに吸収ピークが見られ、発光波長のピークは423 nm（励起波長363 nm）に見られた。

【実施例12】

【0555】

40

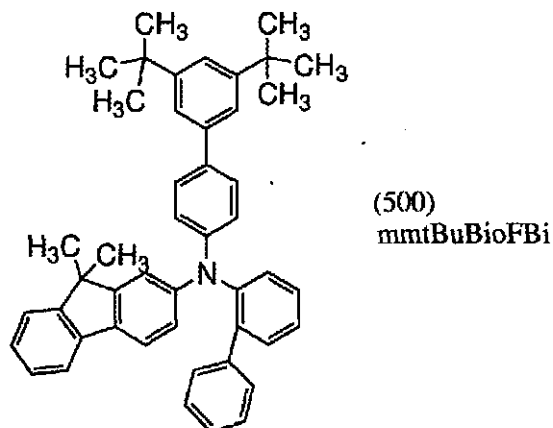
＜合成例7＞

本実施例では、実施の形態1で示した本発明の一態様の有機化合物である、N-(3', 5'-ジターシャリーブチル-1, 1'-ビフェニル-4-イル)-N-(1, 1'-ビフェニル-2-イル)-9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン（略称：mmtBuBioFBi）の合成方法について説明する。mmtBuBioFBiの構造を以下に示す。

【0556】

50

【化 6 3】



10

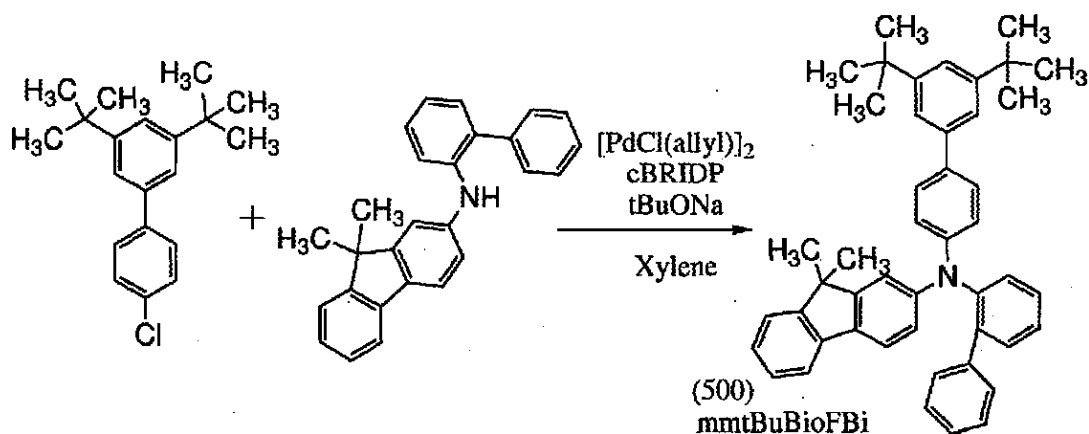
【0557】

三口フラスコに4-クロロ-3',5'-ジ-tert-ブチル-1,1'-ビフェニル2.22g(7.4mmol)、2-(2-ビフェニル)アミノ-9,9-ジメチルフルオレン2.94g(8.1mmol)、ナトリウム-tert-ブトキシド2.34g(24.4mmol)、キシレン37mLを入れ、減圧下にて脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物にジ-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))107.6mg(0.31mmol)、アリルパラジウムクロリドダイマー28.1mg(0.077mmol)を加えた。この混合物を、100℃にて約4時間加熱した。その後、フラスコの温度を約70℃に戻し、水約4mLを加え、固体を析出させた。析出した固体をろ別した。ろ液を濃縮し、得られた溶液をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られた溶液を濃縮し、エタノールを加え再度濃縮することを3回繰り返しエタノール懸濁液として再結晶を行った。約-10℃に冷却してから析出物をろ過し、得られた固体を約130℃で減圧乾燥させ、目的物である白色固体を2.07g、収率45%で得た。本合成例の合成スキームを以下に示す。

20

【0558】

【化 6 4】



40

【0559】

なお、本合成例で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法($^1\text{H-NMR}$)による分析結果を図65A、図65Bに示す。なお、図65Bは図65Aにおける6.5ppmから8ppmの範囲を拡大して示したグラフである。また、数値データを下に示す。このことから、本合成例において、mmtBuBioFbiが合成できたことがわかった。

【0560】

50

^1H NMR (CDCl_3 , 500 MHz) : $\delta = 1.29$ (s, 6H), 1.38 (s, 18H), 6.76 (dd, $J_1 = 8.0$ Hz, $J_2 = 2.0$ Hz, 1H), 6.87 (d, $J = 2.5$ Hz, 1H), 7.00–7.08 (m, 5H), 7.18–7.23 (m, 3H), 7.27–7.43 (m, 12H), 7.55 (d, $J = 7.5$ Hz, 1H) .

【0561】

次に、得られた固体 2.0 g をトレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製は、圧力 3.77 Pa、アルゴン流量 15.0 mL/min の条件で、225℃で加熱して行った。昇華精製後、白色固体 1.9 g、回収率 95% で得た。

【0562】

次に、mmtBuBioFBi のトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した結果を図 66 に示す。図中、横軸は波長、縦軸は吸光度および発光強度を表し、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。また、図 66 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。

【0563】

トルエン溶液の吸収スペクトルは、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V550 型）を用いて測定し、トルエンのみを石英セルに入れて測定したスペクトルを差し引いて示した。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）を用いた。

【0564】

図 66 に示す通り、mmtBuBioFBi のトルエン溶液は 344 nm に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは 397 nm（励起波長 344 nm）であった。

【0565】

また、mmtBuBioFBi の屈折率を分光エリプソメーター（ジェー・エー・ウーラム・ジャパン社製 M-2000U）を用いて測定した。測定には、石英基板上に各層の材料を真空蒸着法により約 50 nm 成膜した膜を使用した。

【0566】

その結果、mmtBuBioFBi は青色発光領域（455 nm 以上 465 nm 以下）全域で常光屈折率が 1.50 以上 1.75 以下の範囲にあり、また、633 nm における常光屈折率も 1.45 以上 1.70 以下の範囲にあり、屈折率の低い材料であることがわかった。

【0567】

次に、mmtBuBioFBi の Tg 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、PYRIS1 DSC）を用い、アルミセルに粉末を乗せ、測定した。この結果、mmtBuBioFBi の Tg は 100℃ であった。

【符号の説明】

【0568】

101：陽極、102：陰極、103：EL層、111：正孔注入層、112：正孔輸送層、113：発光層、114：電子輸送層、115：電子注入層、116：電荷発生層、117：P型層、118：電子リレー層、119：電子注入バッファ層、120：正孔輸送領域、400：基板、401：陽極、403：EL層、404：陰極、405：シール材、406：シール材、407：封止基板、412：パッド、420：ICチップ、601：駆動回路部（ソース線駆動回路）、602：画素部、603：駆動回路部（ゲート線駆動回路）、604：封止基板、605：シール材、607：空間、608：配線、609：FPC（フレキシブルプリントサーキット）、610：素子基板、611：スイッチング用 FET、612：電流制御用 FET、613：陽極、614：絶縁物、616：EL層、617：陰極、618：発光デバイス、951：基板、952：電極、953：絶縁層、954：隔壁層、955：EL層、956：電極、1001：基板、1002：下地絶縁膜、1003：ゲート絶縁膜、1006：ゲート電極、1007：ゲート電極、1

10

20

30

40

50

008：ゲート電極、1020：第1の層間絶縁膜、1021：第2の層間絶縁膜、1022：電極、1024W：陽極、1024R：陽極、1024G：陽極、1024B：陽極、1025：隔壁、1028：EL層、1029：陰極、1031：封止基板、1032：シール材、1033：透明な基材、1034R：赤色の着色層、1034G：緑色の着色層、1034B：青色の着色層、1035：ブラックマトリクス、1036：オーバーコート層、1037：第3の層間絶縁膜、1040：画素部、1041：駆動回路部、1042：周辺部、2001：筐体、2002：光源、2100：ロボット、2110：演算装置、2101：照度センサ、2102：マイクロフォン、2103：上部カメラ、2104：スピーカ、2105：ディスプレイ、2106：下部カメラ、2107：障害物センサ、2108：移動機構、3001：照明装置、5000：筐体、5001：表示部、5002：表示部、5003：スピーカ、5004：LEDランプ、5006：接続端子、5007：センサ、5008：マイクロフォン、5012：支持部、5013：イヤホン、5100：掃除ロボット、5101：ディスプレイ、5102：カメラ、5103：ブラシ、5104：操作ボタン、5150：携帯情報端末、5151：筐体、5152：表示領域、5153：屈曲部、5120：ゴミ、5200：表示領域、5201：表示領域、5202：表示領域、5203：表示領域、7101：筐体、7103：表示部、7105：スタンド、7107：表示部、7109：操作キー、7110：リモコン操作機、7201：本体、7202：筐体、7203：表示部、7204：キーボード、7205：外部接続ポート、7206：ポインティングデバイス、7210：表示部、7401：筐体、7402：表示部、7403：操作ボタン、7404：外部接続ポート、7405：スピーカ、7406：マイク、9310：携帯情報端末、9311：表示パネル、9313：ヒンジ、9315：筐体

【図面】

【図1A】

【図1B】

図1A

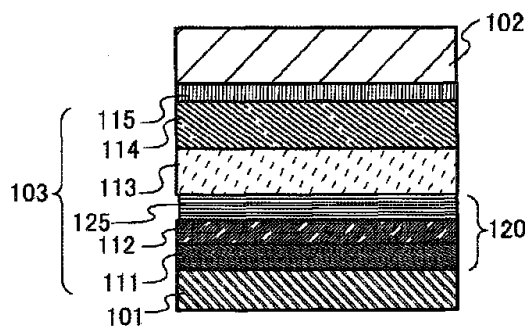
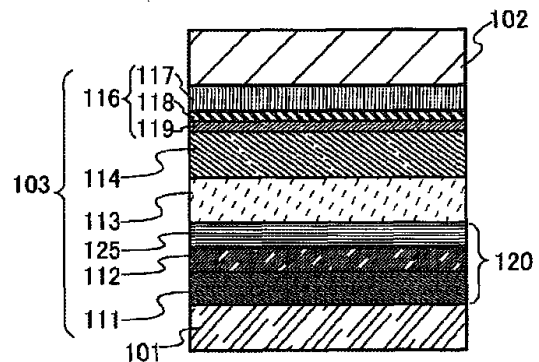


図1B



10

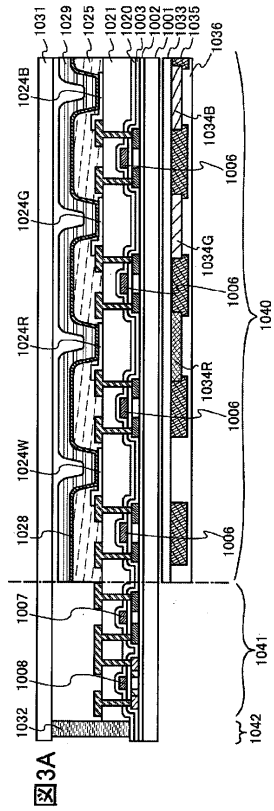
20

30

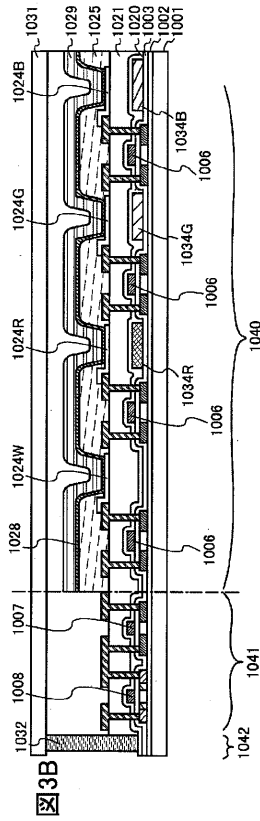
40

50

【図 3 A】



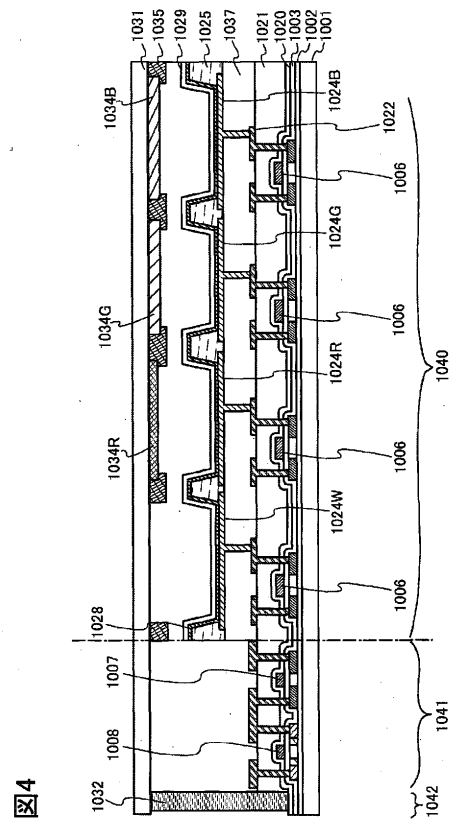
【図 3 B】



10

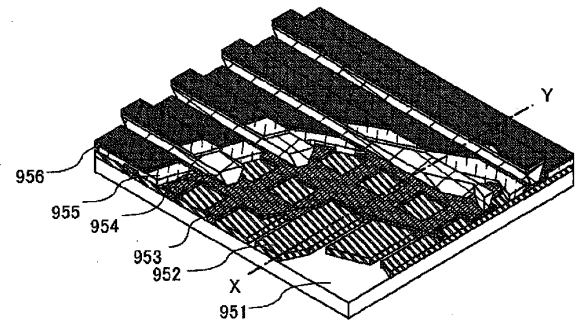
20

【図 4】



【図 5 A】

図5A



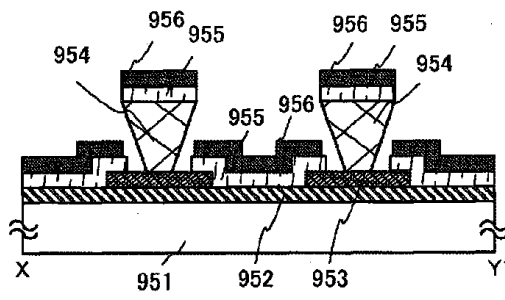
30

40

50

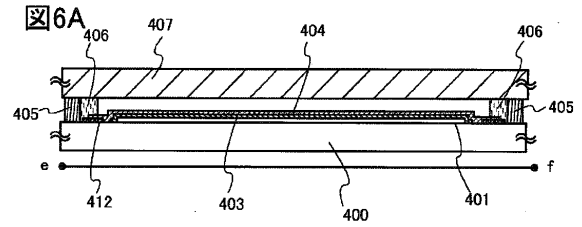
【図 5 B】

図5B



【図 6 A】

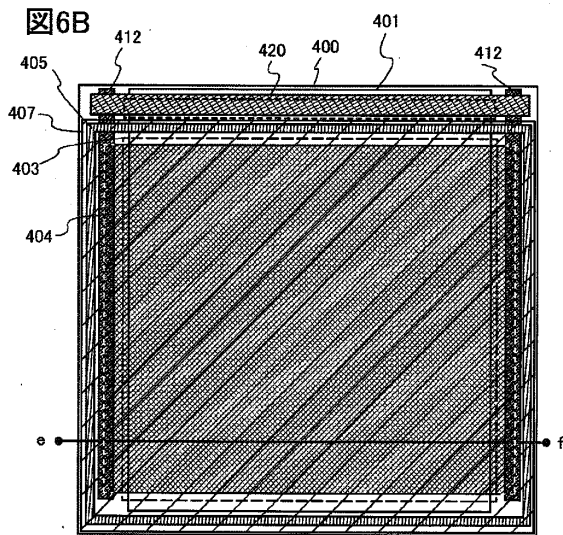
図6A



10

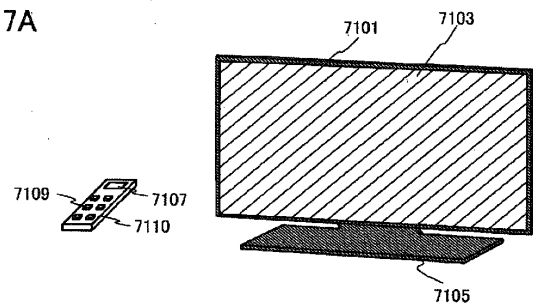
【図 6 B】

図6B



【図 7 A】

図7A



20

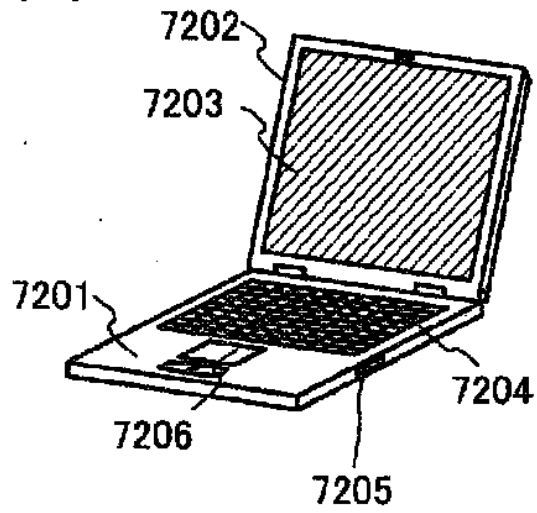
30

40

50

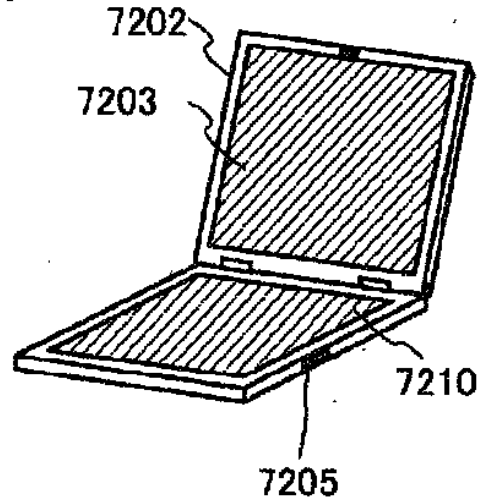
【図 7 B 1】

図 7B1



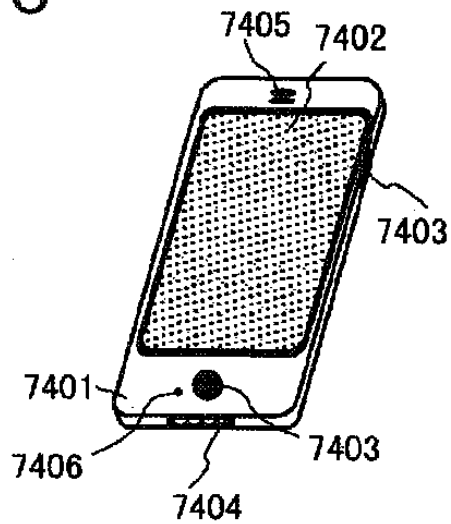
【図 7 B 2】

図 7B2



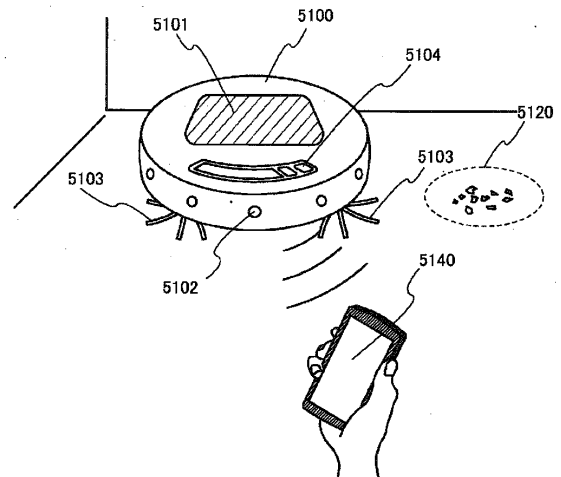
【図 7 C】

図 7C



【図 8 A】

図 8A



10

20

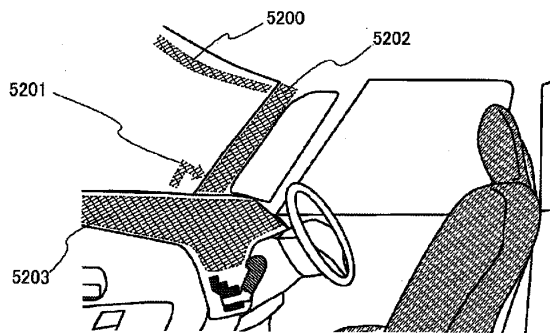
30

40

50

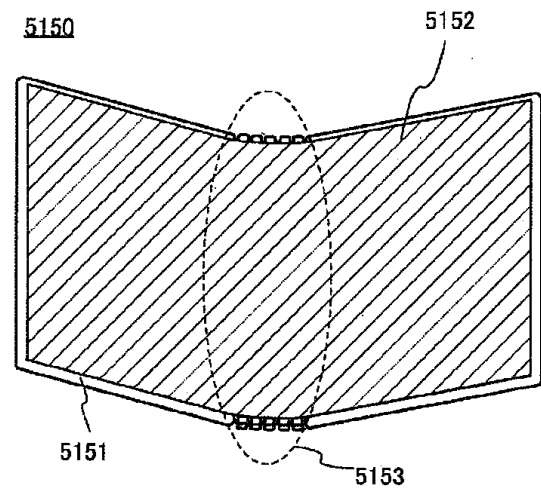
【図 1 1】

図11



【図 1 2 A】

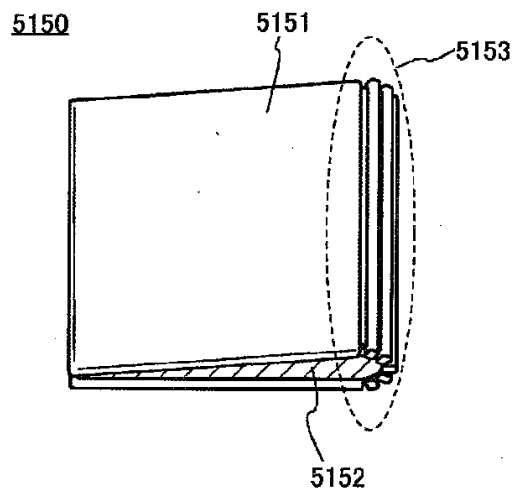
図12A



10

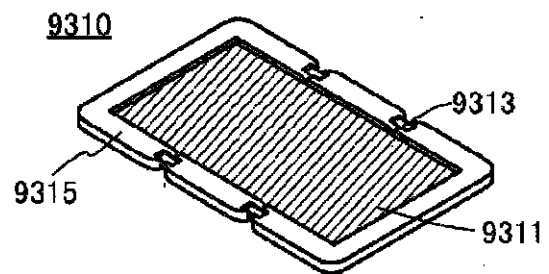
【図 1 2 B】

図12B



【図 1 3 A】

図13A



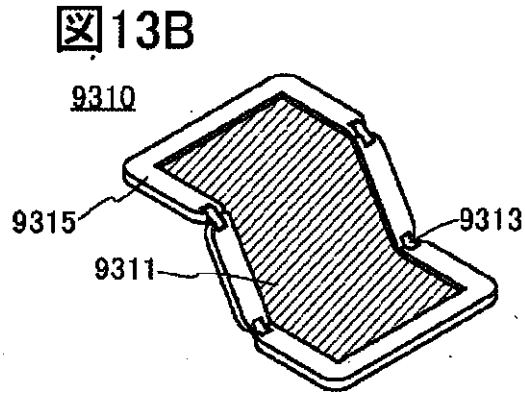
20

30

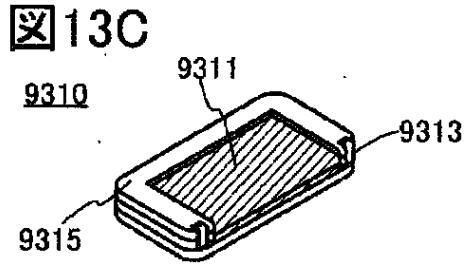
40

50

【図13B】



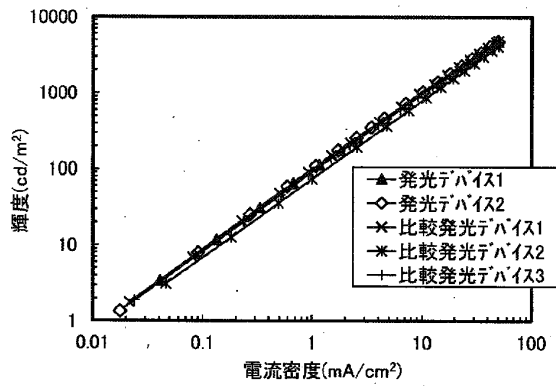
【図13C】



10

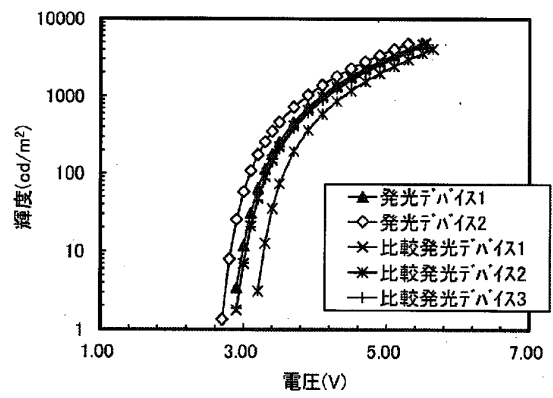
【図14】

図14



【図15】

図15



20

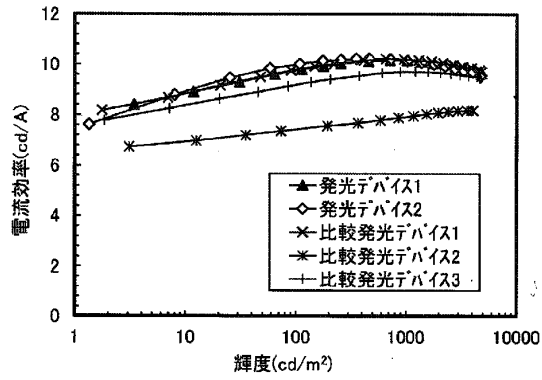
30

40

50

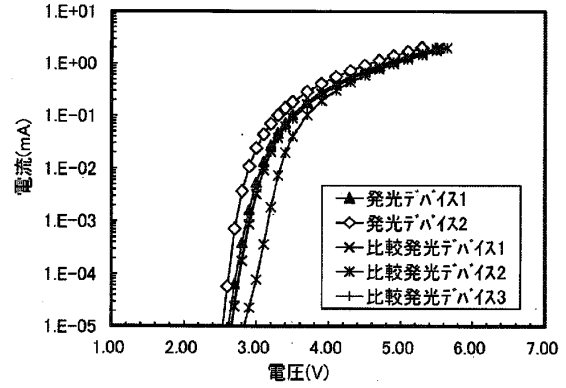
【図 16】

図16



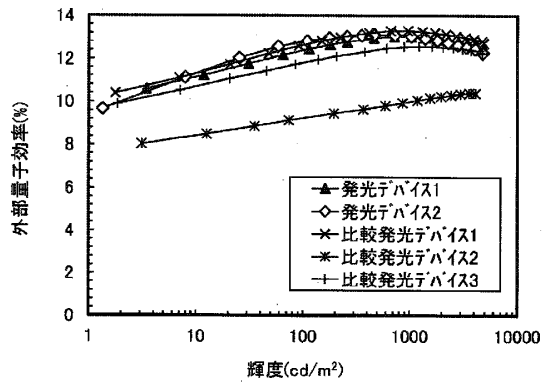
【図 17】

図17



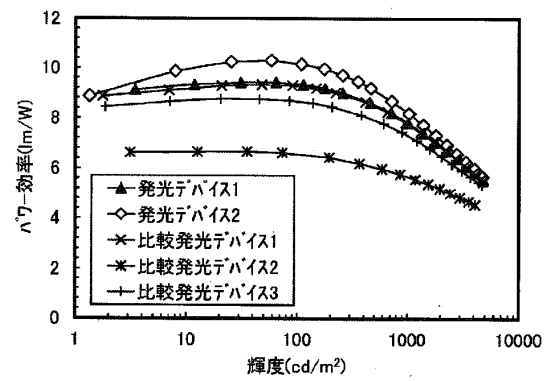
【図 18】

図18



【図 19】

図19



10

20

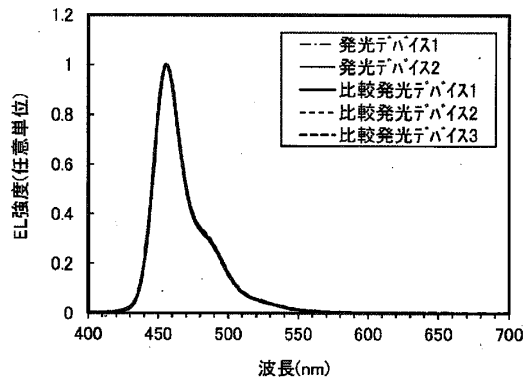
30

40

50

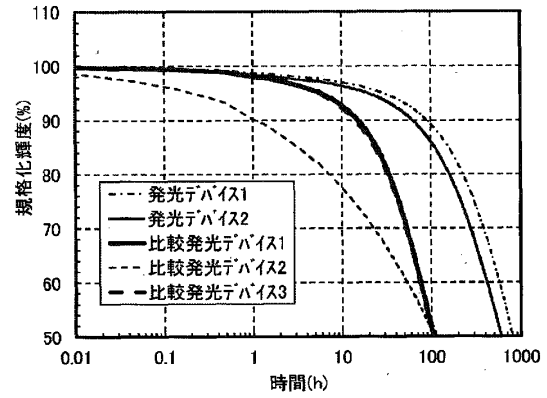
【図 20】

図20



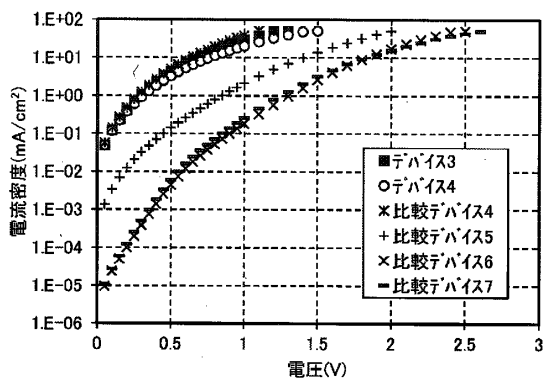
【図 21】

図21



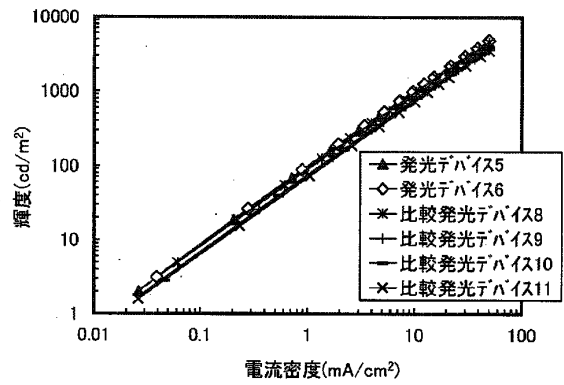
【図 22】

図22



【図 23】

図23



10

20

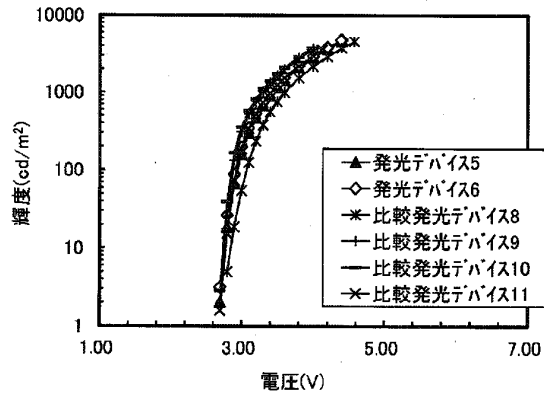
30

40

50

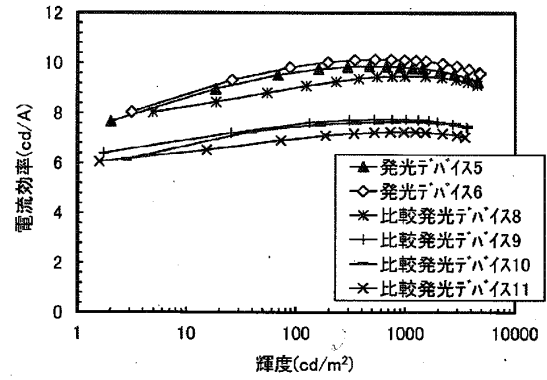
【図 2 4】

図24



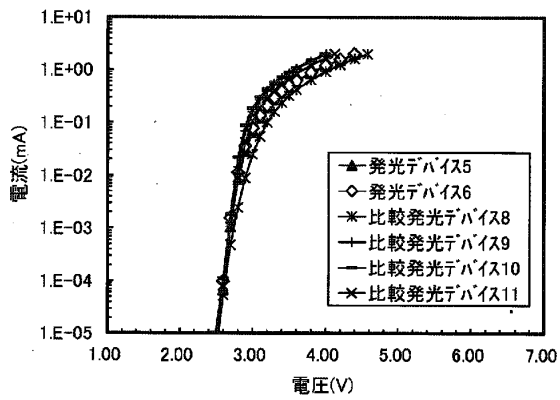
【図 2 5】

図25



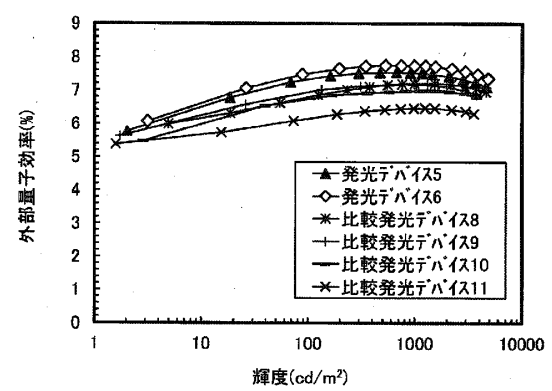
【図 2 6】

図26



【図 2 7】

図27



10

20

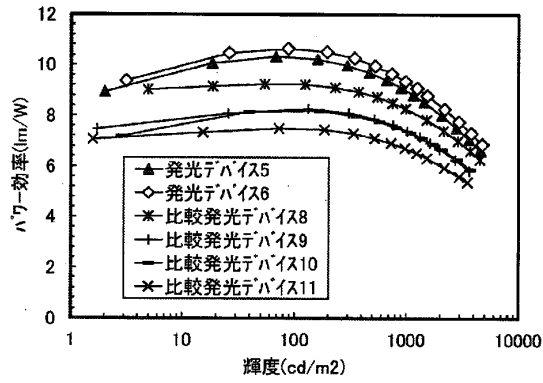
30

40

50

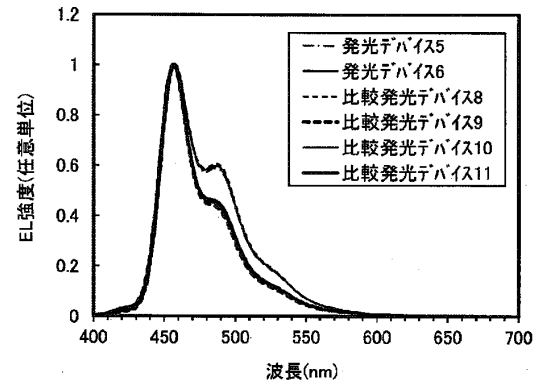
【図 28】

図28



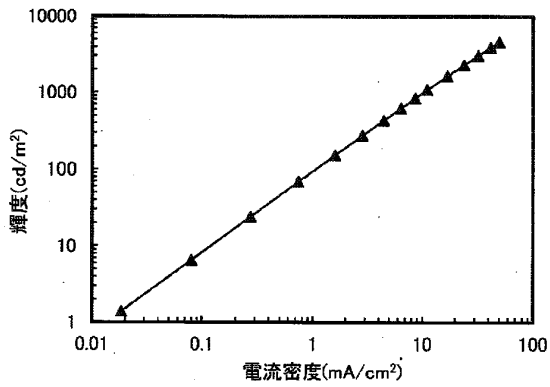
【図 29】

図29



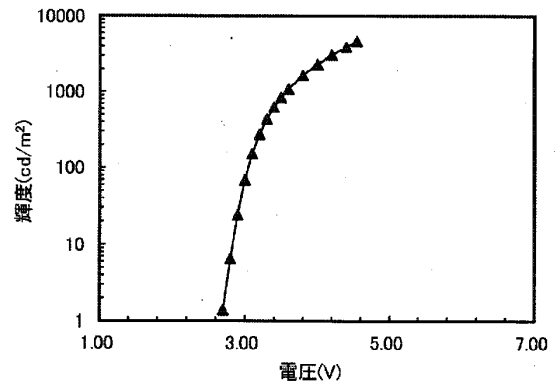
【図 30】

図30



【図 31】

図31



10

20

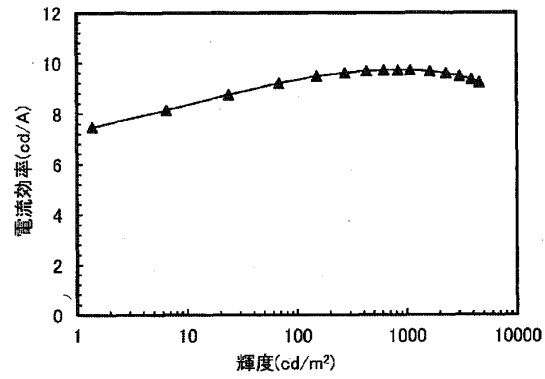
30

40

50

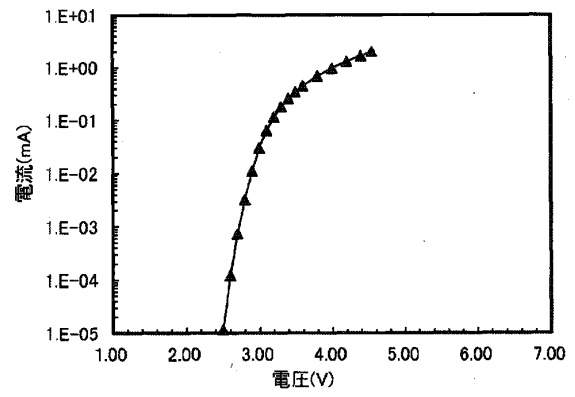
【図 3 2】

図32



【図 3 3】

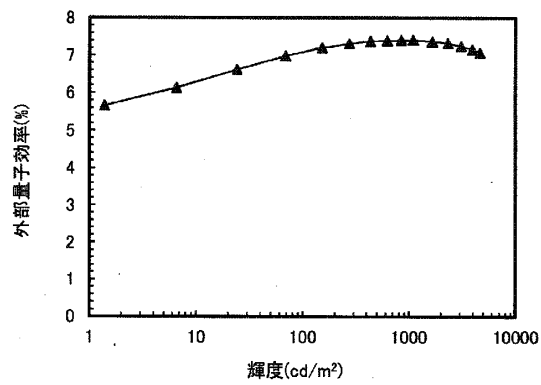
図33



10

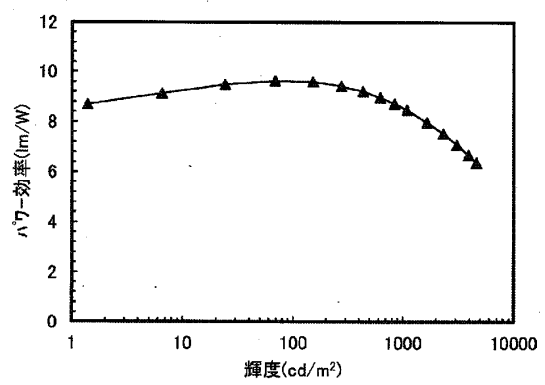
【図 3 4】

図34



【図 3 5】

図35



20

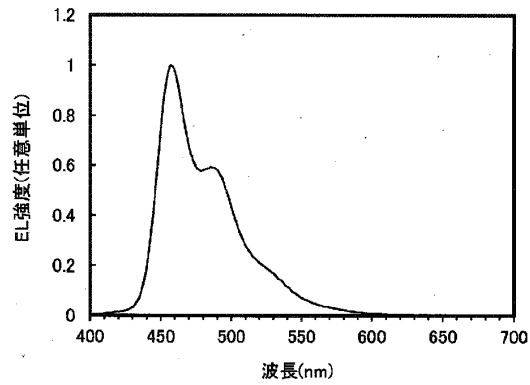
30

40

50

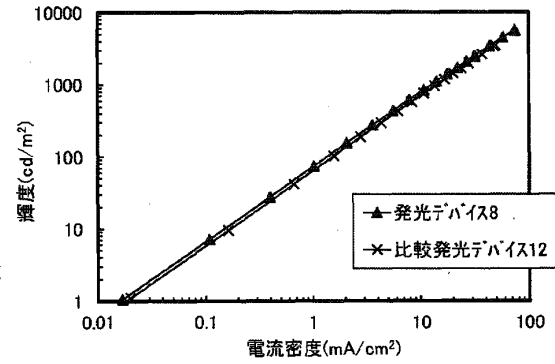
【図 3 6】

図36



【図 3 7】

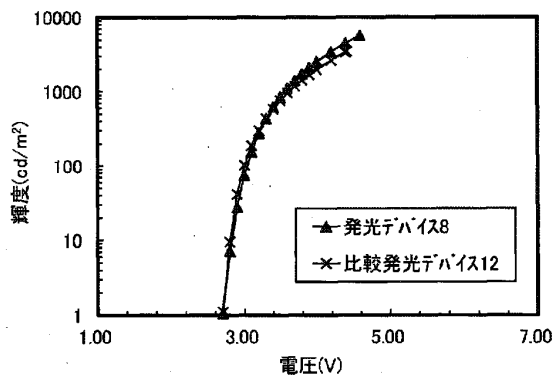
図37



10

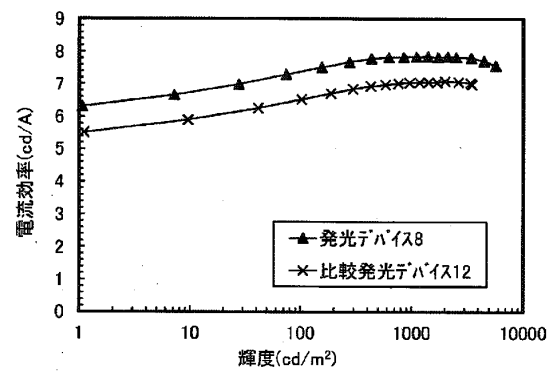
【図 3 8】

図38



【図 3 9】

図39



20

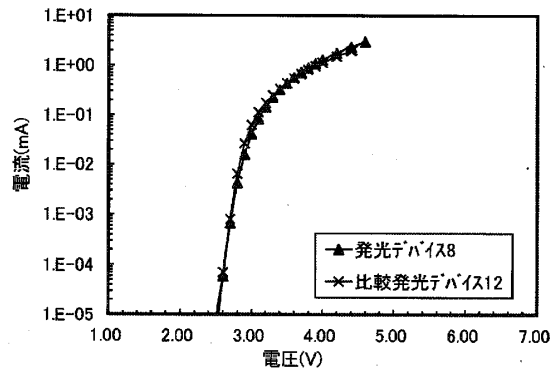
30

40

50

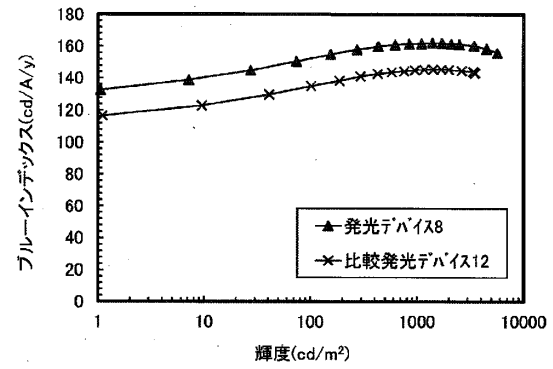
【図 40】

図40



【図 41】

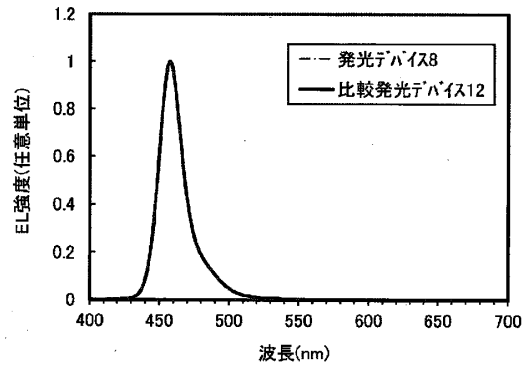
図41



10

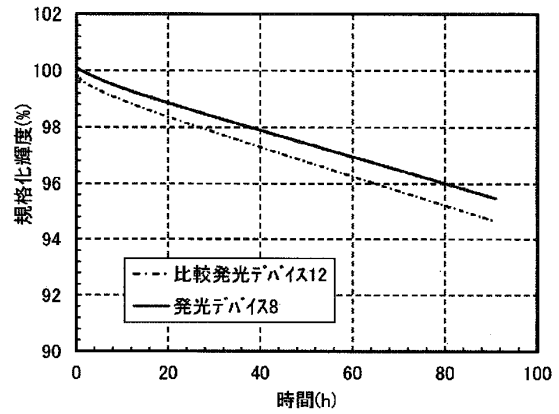
【図 42】

図42



【図 43】

図43



20

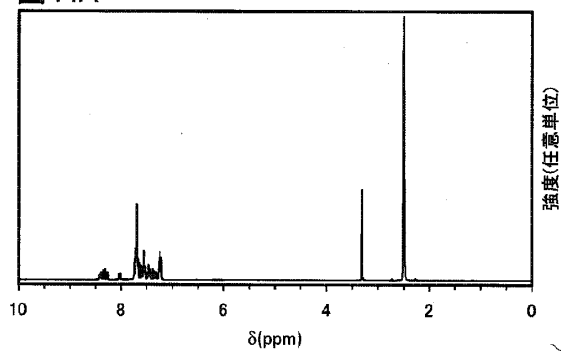
30

40

50

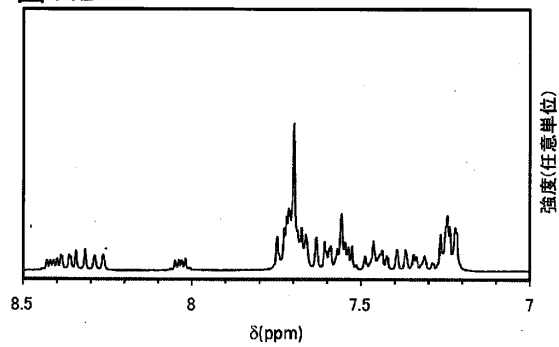
【図 4 4 A】

図44A



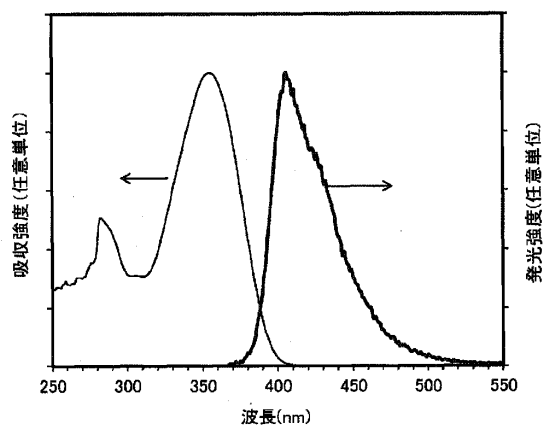
【図 4 4 B】

図44B



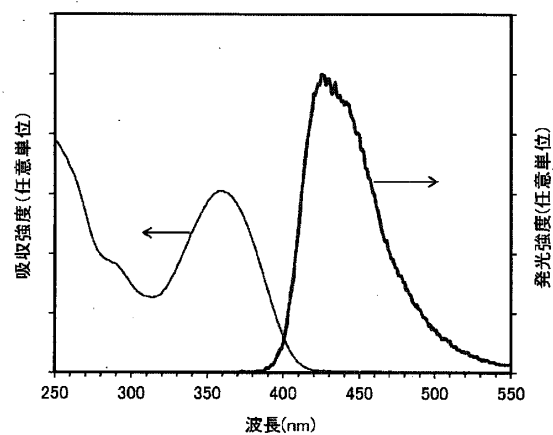
【図 4 5】

図45



【図 4 6】

図46



10

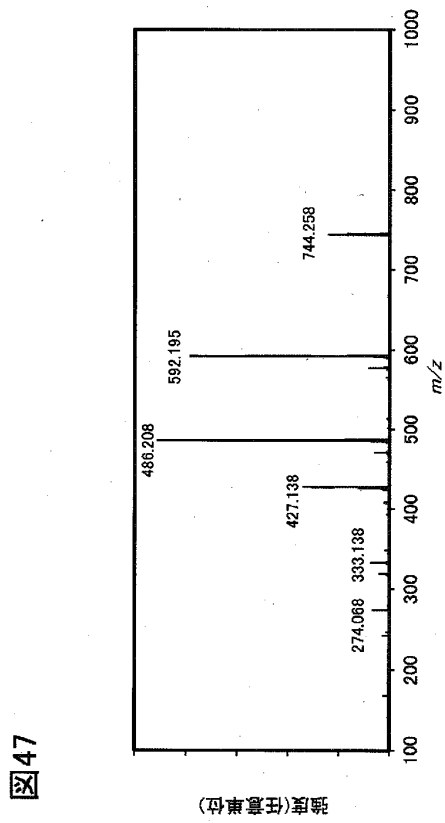
20

30

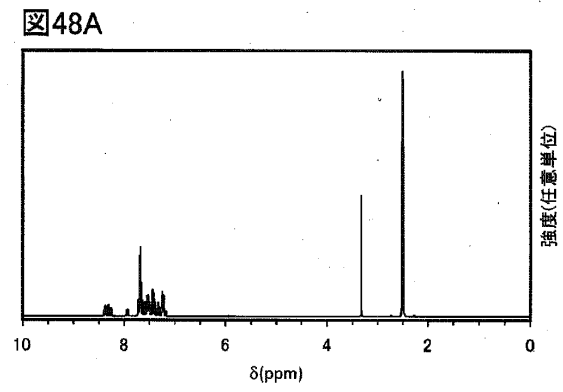
40

50

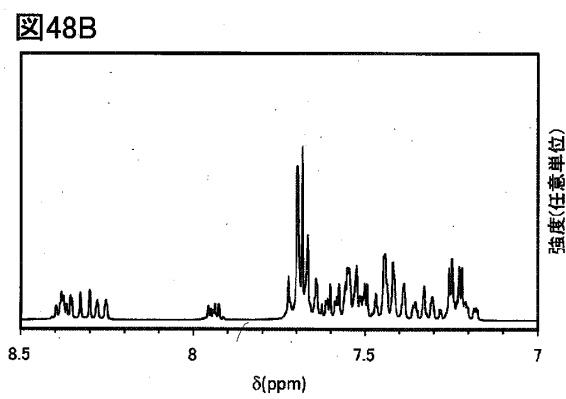
【図 4 7】



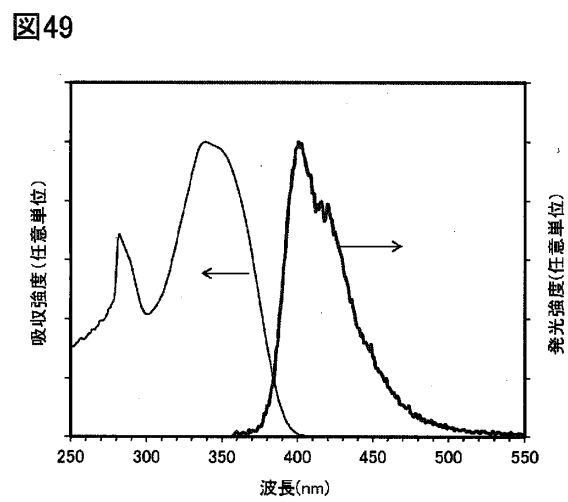
【図 4 8 A】



【図 4 8 B】



【図 4 9】



10

20

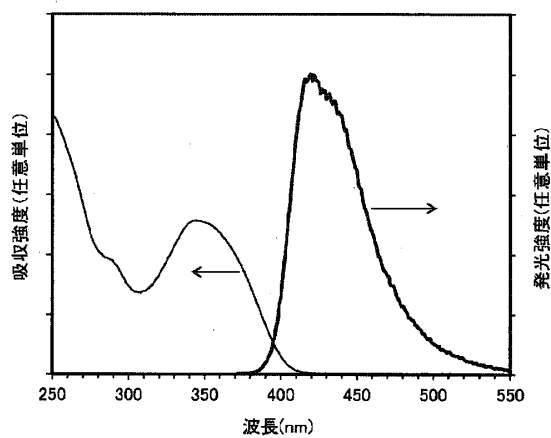
30

40

50

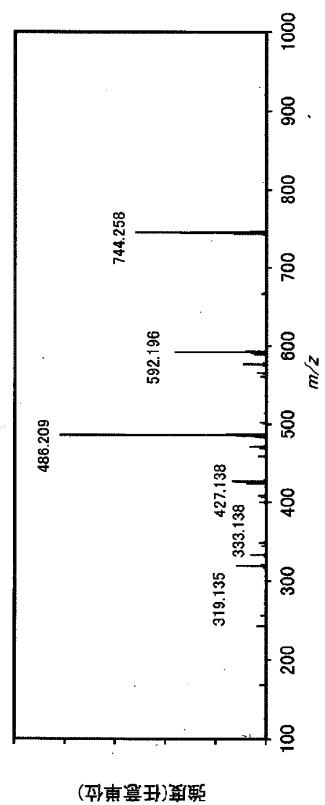
【図 5 0】

図50



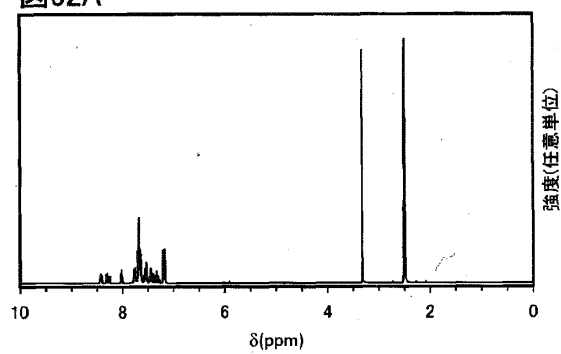
【図 5 1】

図51



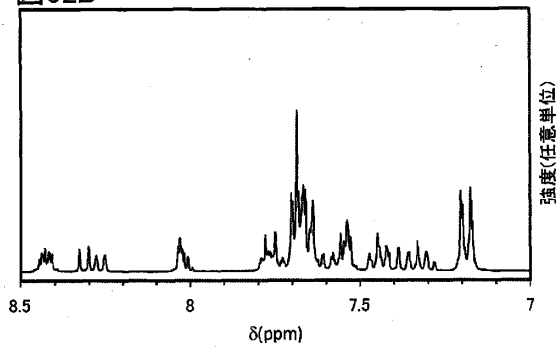
【図 5 2 A】

図52A



【図 5 2 B】

図52B



10

20

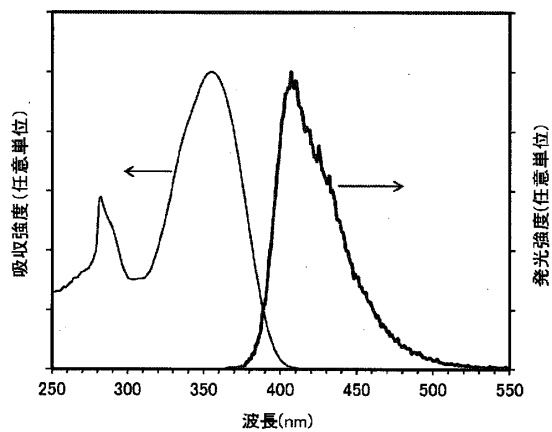
30

40

50

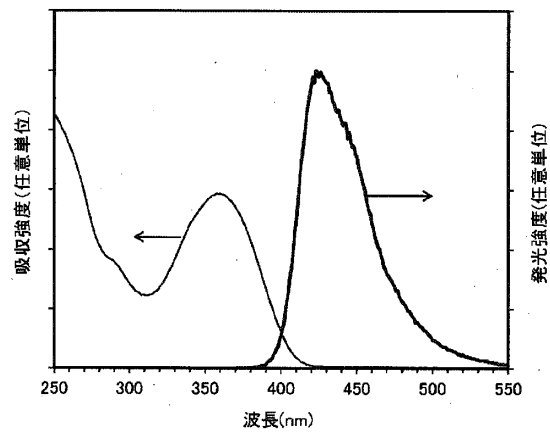
【図 5 3】

図53



【図 5 4】

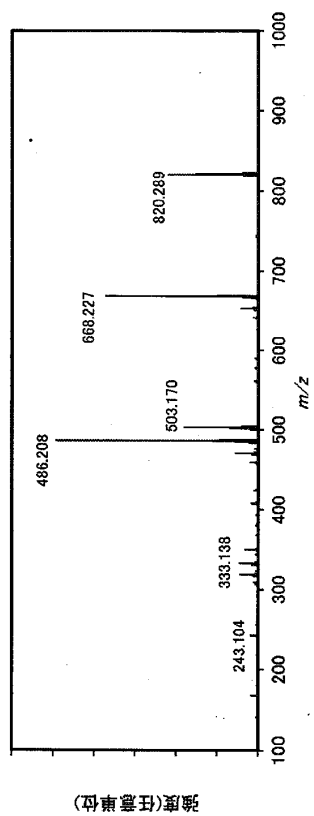
図54



10

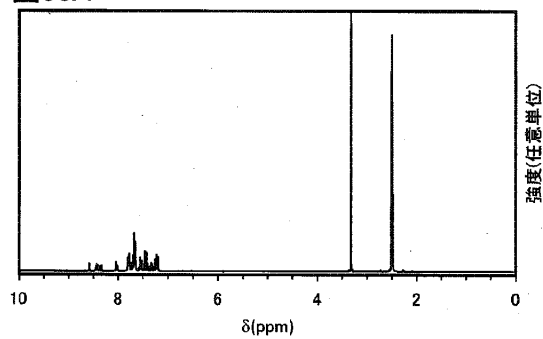
【図 5 5】

図55



【図 5 6 A】

図56A



20

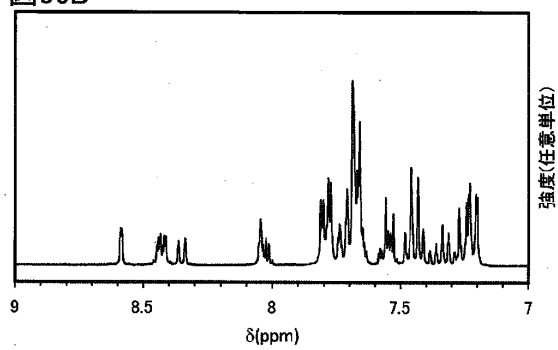
30

40

50

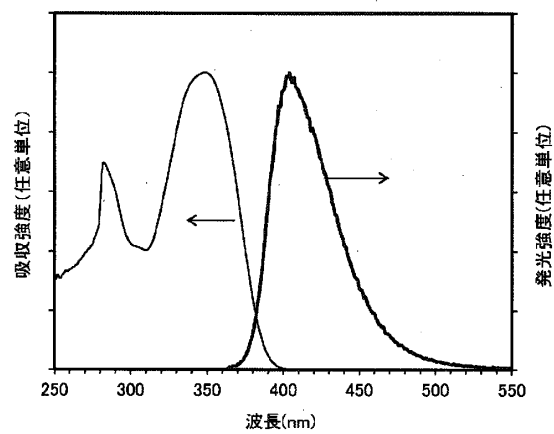
【図 5 6 B】

図56B



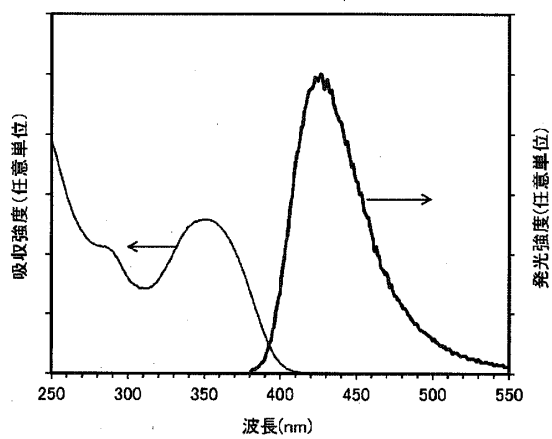
【図 5 7】

図57



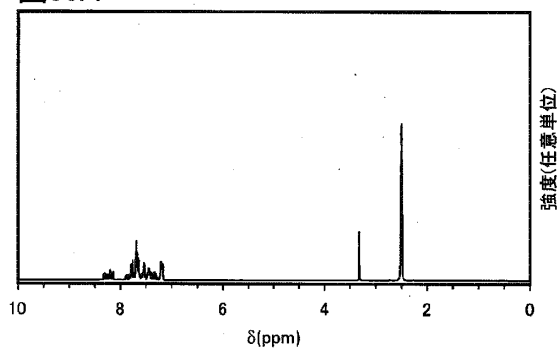
【図 5 8】

図58



【図 5 9 A】

図59A



10

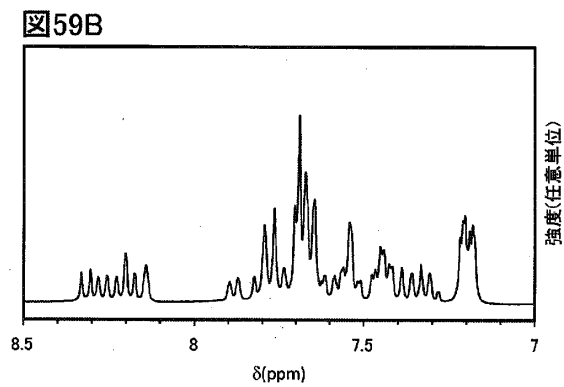
20

30

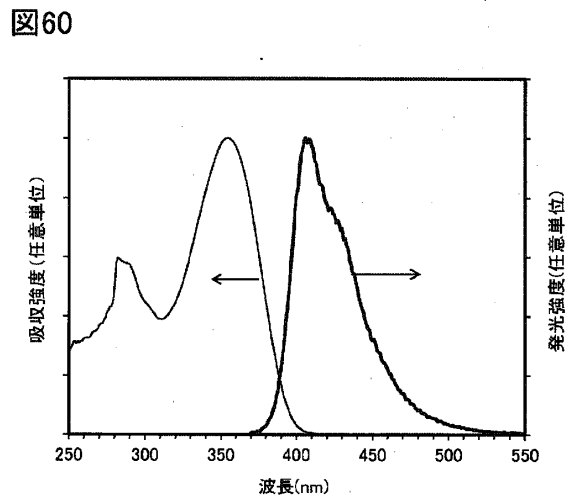
40

50

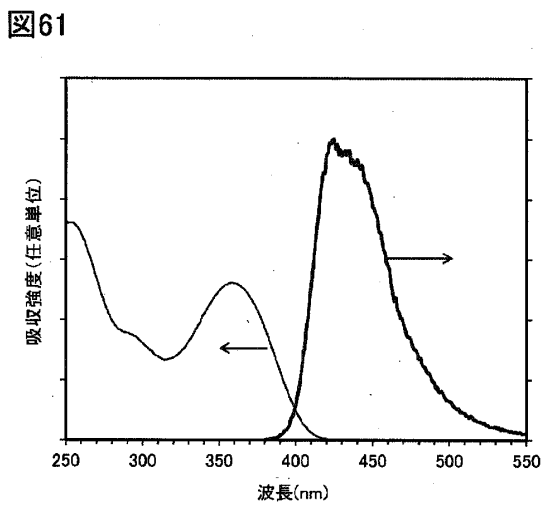
【図 59 B】



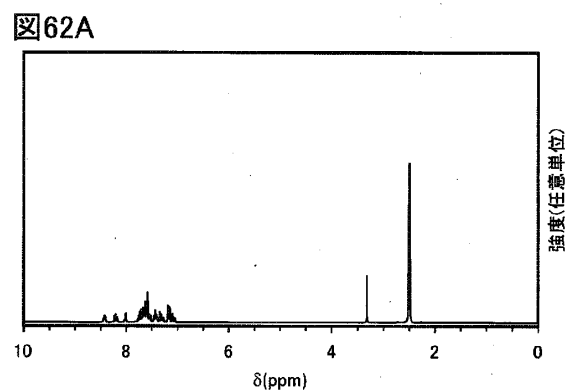
【図 60】



【図 61】



【図 62 A】



10

20

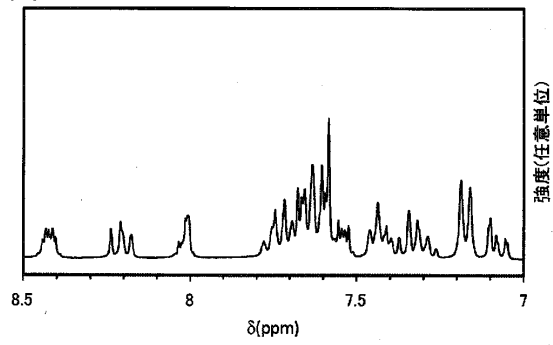
30

40

50

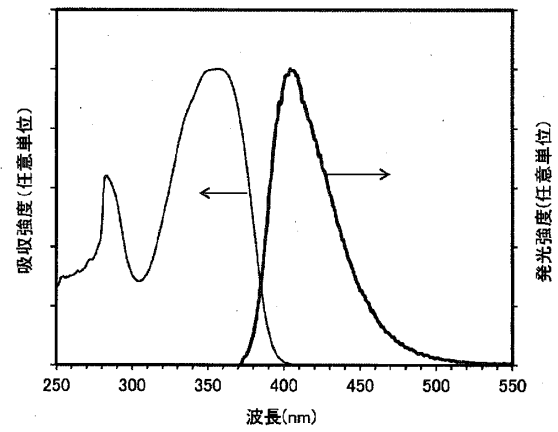
【図 6 2 B】

図62B



【図 6 3】

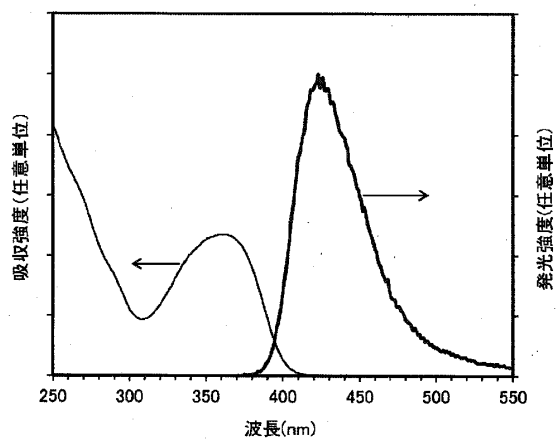
図63



10

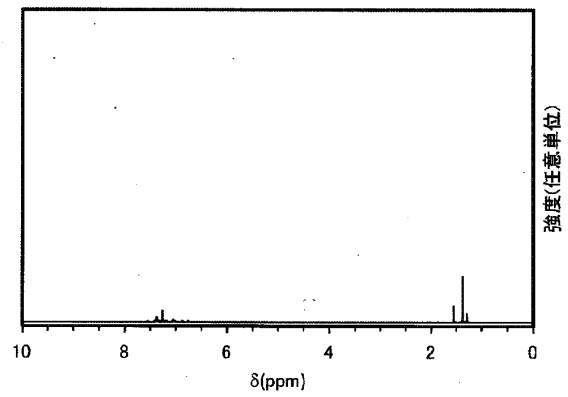
【図 6 4】

図64



【図 6 5 A】

図65A



20

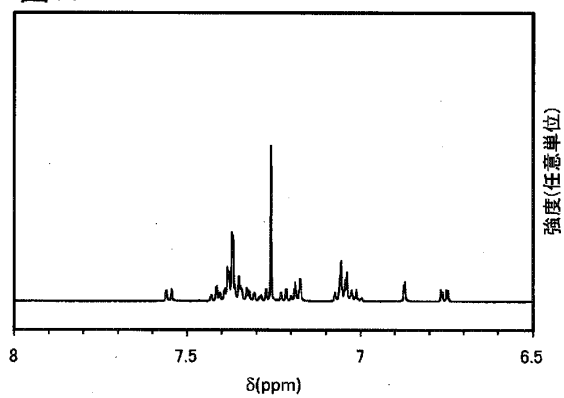
30

40

50

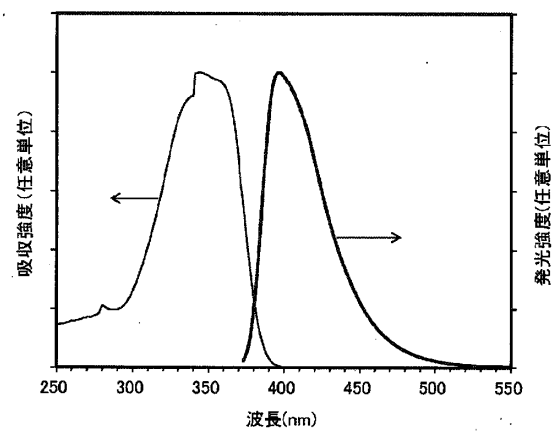
【図 6 5 B】

図65B



【図 6 6】

図66



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

C 0 7 D	307/91	(2006.01)	C 0 7 D	307/91	
C 0 7 D	493/04	(2006.01)	C 0 7 D	493/04	1 0 1 A
C 0 7 D	251/24	(2006.01)	C 0 7 D	251/24	
C 0 7 D	401/10	(2006.01)	C 0 7 D	401/10	
C 0 7 D	409/12	(2006.01)	C 0 7 D	409/12	
C 0 9 K	11/06	(2006.01)	C 0 9 K	11/06	6 9 0
H 1 0 K	85/60	(2023.01)	H 1 0 K	85/60	

(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

(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 平原 誉士

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

審査官 渡邊 吉喜

(56)参考文献

国際公開第 2 0 1 8 / 2 1 1 3 7 7 (WO, A 1)
 特表 2 0 1 3 - 5 2 5 3 4 6 (JP, A)
 韓国公開特許第 1 0 - 2 0 1 8 - 0 0 9 6 4 5 8 (KR, A)
 中国特許出願公開第 1 1 0 6 9 8 5 0 4 (CN, A)
 特開 2 0 1 3 - 2 3 4 1 6 9 (JP, A)
 特許第 6 0 4 7 7 6 1 (JP, B 2)
 韓国公開特許第 1 0 - 2 0 1 9 - 0 1 0 3 7 9 0 (KR, A)
 国際公開第 2 0 1 9 / 2 0 6 2 9 2 (WO, A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H 1 0 K 5 0 / 1 5
 H 1 0 K 5 0 / 1 4
 H 1 0 K 5 0 / 1 7
 H 1 0 K 5 0 / 1 8
 C 0 7 D 4 0 5 / 1 2
 C 0 7 D 3 0 7 / 9 1
 C 0 7 D 4 9 3 / 0 4
 C 0 7 D 2 5 1 / 2 4
 C 0 7 D 4 0 1 / 1 0
 C 0 7 D 4 0 9 / 1 2
 C 0 9 K 1 1 / 0 6
 H 1 0 K 8 5 / 6 0