

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6846886号
(P6846886)

(45) 発行日 令和3年3月24日 (2021.3.24)

(24) 登録日 令和3年3月4日 (2021.3.4)

(51) Int. Cl.

F I

C O 7 D 307/77 (2006.01)

C O 7 D 307/77

C S P

H O 1 L 51/50 (2006.01)

H O 5 B 33/14

B

C O 9 K 11/06 (2006.01)

H O 5 B 33/22

C

C O 9 K 11/06

6 9 0

請求項の数 9 (全 112 頁)

(21) 出願番号 特願2016-153137 (P2016-153137)
 (22) 出願日 平成28年8月3日 (2016.8.3)
 (65) 公開番号 特開2017-36267 (P2017-36267A)
 (43) 公開日 平成29年2月16日 (2017.2.16)
 審査請求日 令和1年7月31日 (2019.7.31)
 (31) 優先権主張番号 特願2015-157575 (P2015-157575)
 (32) 優先日 平成27年8月7日 (2015.8.7)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000153878
 株式会社半導体エネルギー研究所
 神奈川県厚木市長谷398番地
 (72) 発明者 荻田 香
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 川上 祥子
 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
 (72) 発明者 鈴木 恒徳
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 橋本 直明
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内

最終頁に続く

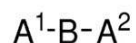
(54) 【発明の名称】 有機化合物、発光素子、発光装置、電子機器及び照明装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

式 (G1) で表される有機化合物。

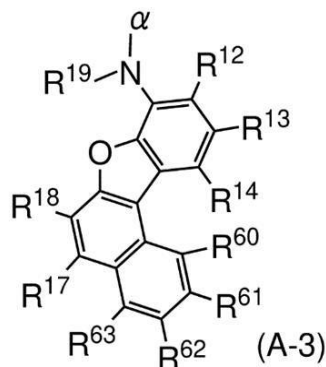
【化1】



(G1)

(式 (G1) において、 A^1 及び A^2 はそれぞれ独立に、式 (A-3) で表される基であり、 B は式 (B-1) で表される基である。)

【化2】

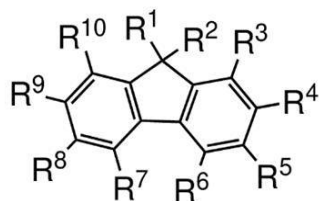


10

20

(式(A-3)において、 R^{12} 乃至 R^{14} 、 R^{17} 、 R^{18} 、 R^{60} 乃至 R^{63} はそれぞれ独立に、水素、置換又は無置換の炭素数1乃至6のアルキル基、置換又は無置換の炭素数3乃至6のシクロアルキル基、置換又は無置換の炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基、置換又は無置換の炭素数1乃至6のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン及び置換又は無置換の炭素数1乃至6のハロアルキル基のいずれかを表す。 R^{19} は置換又は無置換の炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基を表す。また、 の位置で式(G1)中のBに結合する。)

【化3】



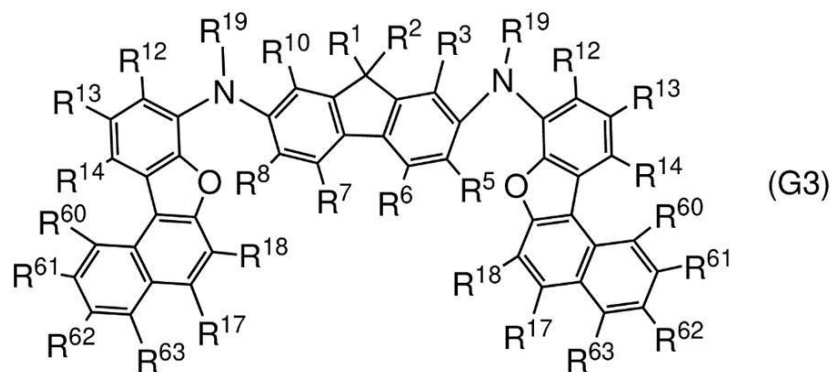
(B-1)

(式(B-1)において、 R^4 及び R^9 のうち一方が A^1 であり、他方が A^2 であり、 R^1 乃至 R^3 、 R^5 乃至 R^8 、 R^{10} はそれぞれ独立に、水素、置換又は無置換の炭素数1乃至6のアルキル基、置換又は無置換の炭素数3乃至6のシクロアルキル基、置換又は無置換の炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基、置換又は無置換の炭素数1乃至6のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン及び置換又は無置換の炭素数1乃至6のハロアルキル基のいずれかを表す。)

【請求項2】

式(G3)で表される有機化合物。

【化4】

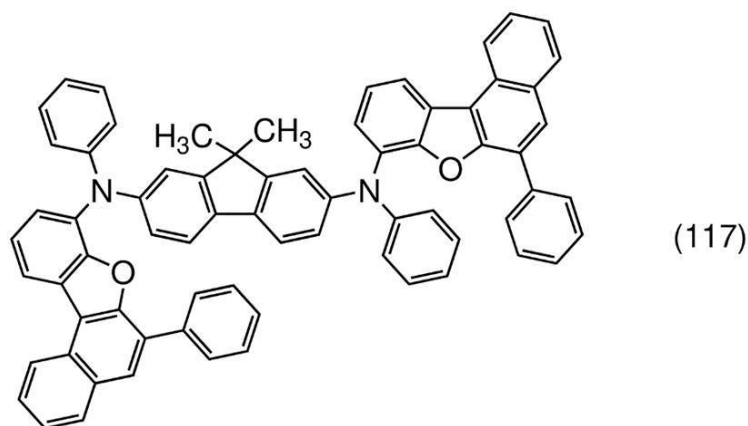


(式(G3)において、 R^1 及び R^2 はそれぞれ独立に、置換又は無置換の炭素数1乃至6のアルキル基を表し、 R^{18} 及び R^{19} はそれぞれ独立に、置換又は無置換の炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基を表し、 R^3 、 R^5 乃至 R^8 、 R^{10} 、 R^{12} 乃至 R^{14} 、 R^{17} 及び R^{60} 乃至 R^{63} は水素を表す。)

【請求項3】

式(117)で表される有機化合物。

【化 5】



10

【請求項 4】

第 1 の電極と、
 第 2 の電極と、
 前記第 1 の電極と前記第 2 の電極の間に位置する有機化合物層と、を有し、
 前記有機化合物層が請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項に記載の有機化合物を含む発
 光素子。

【請求項 5】

20

第 1 の電極と、
 第 2 の電極と、
 前記第 1 の電極と前記第 2 の電極の間に位置する有機化合物層と、を有し、
 前記有機化合物層は発光層を有し、
 前記発光層が請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項に記載の有機化合物を含む発光素子
 。

【請求項 6】

第 1 の電極と、
 第 2 の電極と、
 前記第 1 の電極と前記第 2 の電極の間に位置する有機化合物層と、を有し、
 前記有機化合物層は正孔輸送層を有し、
 前記正孔輸送層が請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項に記載の有機化合物を含む発光
 素子。

30

【請求項 7】

請求項 4 乃至請求項 6 のいずれか一項に記載の発光素子と、
 トランジスタ、または、基板と、を有する発光装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の発光装置と、
 センサ、操作ボタン、スピーカ、または、マイクと、を有する電子機器。

【請求項 9】

40

請求項 7 に記載の発光装置と、
 筐体と、を有する照明装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の一態様は、有機化合物及び当該有機化合物を用いた発光素子、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、電子機器及び照明装置に関する。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

50

様の技術分野は、物、方法、または、製造方法に関するものである。または、本発明の一態様は、プロセス、マシン、マニファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関するものである。そのため、より具体的に本明細書で開示する本発明の一態様の技術分野としては、半導体装置、表示装置、液晶表示装置、発光装置、照明装置、蓄電装置、記憶装置、それらの駆動方法、または、それらの製造方法、を一例として挙げることができる。

【背景技術】

【0002】

薄型軽量、入力信号に対する高速な応答性、低消費電力などのポテンシャルから、次世代の照明装置や表示装置として有機化合物又は有機金属錯体を発光物質とする発光素子（有機EL素子）を用いた表示装置が開発、発表されている。

10

【0003】

有機EL素子は電極間に発光層を挟んで電圧を印加することにより、電極から注入された電子およびホールが再結合して発光物質が励起状態となり、その励起状態が基底状態に戻る際に発光する。発光物質が発する光のスペクトルはその発光物質特有のものであり、異なる種類の発光物質を用いることによって、様々な色の発光を呈する発光素子を得ることができる。

【0004】

このように有機EL素子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適用好適であるが、用途別にまたは求められる特性別に発光機構や素子構造などが選択される。例えば、高い効率で発光を得たい場合はりん光を用いた素子を、信頼性を重視する場合には蛍光発光を用いる場合がある。発光機構が異なると素子構造や用いられる材料も変わり、軌道の準位や、励起準位の位置関係で性能が左右されることもある。そのため、有機化合物のバリエーションは多ければ多いほど望ましい。

20

【0005】

特に、りん光発光素子のホスト材料や輸送材料とし用いることができる三重項励起準位の高いキャリア輸送材料や、青色の蛍光材料は需要が高い。

【0006】

特許文献1では、良好な青色蛍光を発する有機化合物が開示されている。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2005-42636号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の一態様では、新規有機化合物を提供することを目的とする。または、蛍光を呈することが可能な有機化合物を提供することを目的とする。または、青色の蛍光を呈することが可能な有機化合物を提供することを目的とする。または、色度の良い青色の蛍光を呈することが可能な有機化合物を提供することを目的とする。または、正孔輸送性の高い有機化合物を提供することを目的とする。または、三重項励起準位の高い有機化合物を提供することを目的とする。または、三重項励起準位が高く、正孔輸送性の高い有機化合物を提供することを目的とする。

40

【0009】

または、本発明の他の一態様では、青色蛍光を呈することが可能な安価な有機化合物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、安価な正孔輸送性材料を提供することを目的とする。また、本発明の一態様では、三重項励起準位が高く、且つ安価な正孔輸送性材料を提供することを目的とする。

【0010】

または、本発明の他の一態様は、新しい発光素子を提供することを課題とする。または

50

、発光効率の高い発光素子を提供することを目的とする。または、消費電力の小さいディスプレイモジュール、照明モジュール、発光装置、表示装置、電子機器、及び照明装置を各々提供することを目的とする。

【 0 0 1 1 】

本発明の一態様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。なお、これらの課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの課題の全てを有する必要はない。なお、これら以外の課題は、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、これら以外の課題を抽出することが可能である。

【課題を解決するための手段】

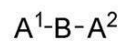
10

【 0 0 1 2 】

本発明の一態様は、下記一般式（G 1）で表される有機化合物である。

【 0 0 1 3 】

【化 1】



(G1)

【 0 0 1 4 】

但し、一般式（G 1）中 A^1 及び A^2 はそれぞれ独立にベンゾナフトフラニルアミン骨格を有する基を表し、B はフルオレン骨格を有する基を表す。

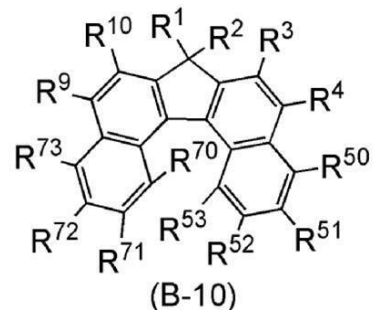
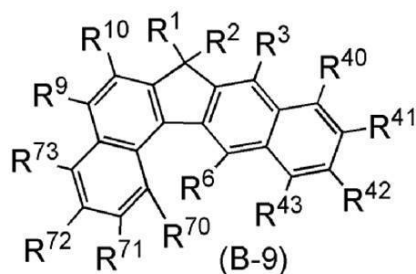
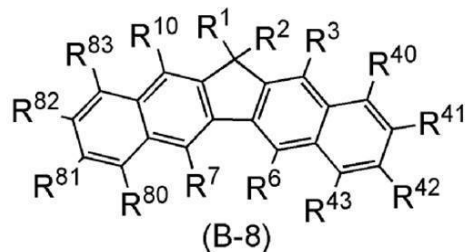
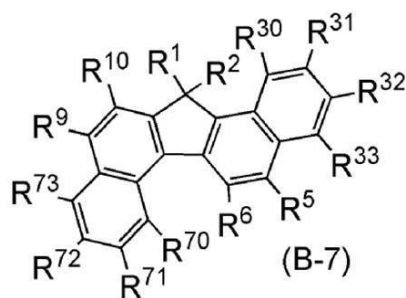
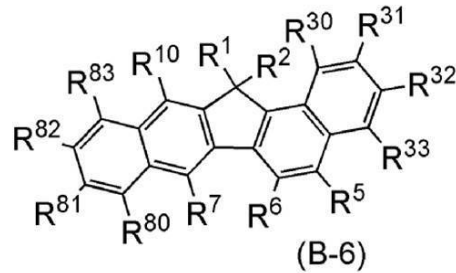
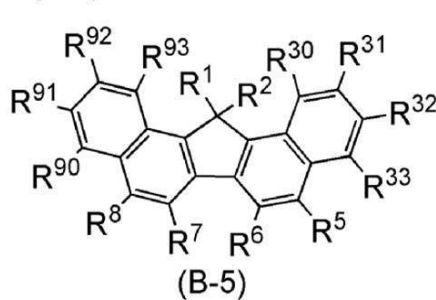
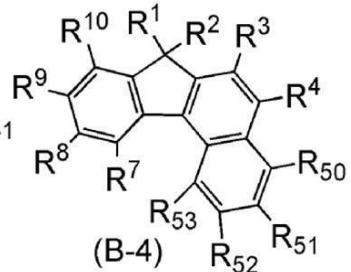
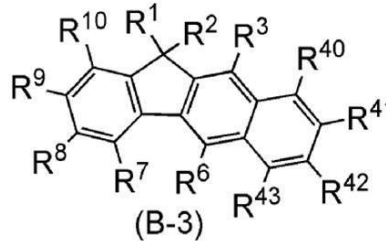
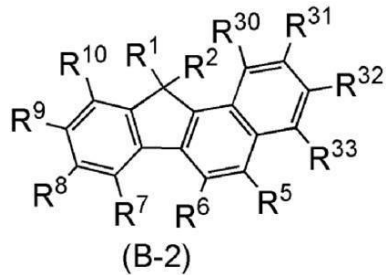
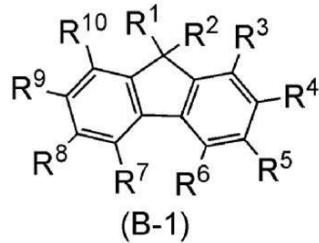
20

【 0 0 1 5 】

または、本発明の他の一態様は、下記一般式（B - 1）乃至（B - 1 0）のいずれかで表される有機化合物である。

【 0 0 1 6 】

【化 2】



【0017】

但し、一般式 (B-1) 乃至 (B-10) において、 R^1 乃至 R^{10} 、 R^{30} 乃至 R^{33} 、 R^{40} 乃至 R^{43} 、 R^{50} 乃至 R^{53} 、 R^{70} 乃至 R^{73} 、 R^{80} 乃至 R^{83} 及び R^{90} 乃至 R^{93} はそれぞれ独立に、水素、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換又は無置換の炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン及び置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基のいずれかを表す。

【0018】

また、一般式 (B-1) 乃至 (B-10) 中 R^3 乃至 R^{10} 、 R^{30} 乃至 R^{33} 、 R^{40} 乃至 R^{43} 、 R^{50} 乃至 R^{53} 、 R^{70} 乃至 R^{73} 、 R^{80} 乃至 R^{83} 及び R^{90} 乃至 R^{93}

10

20

30

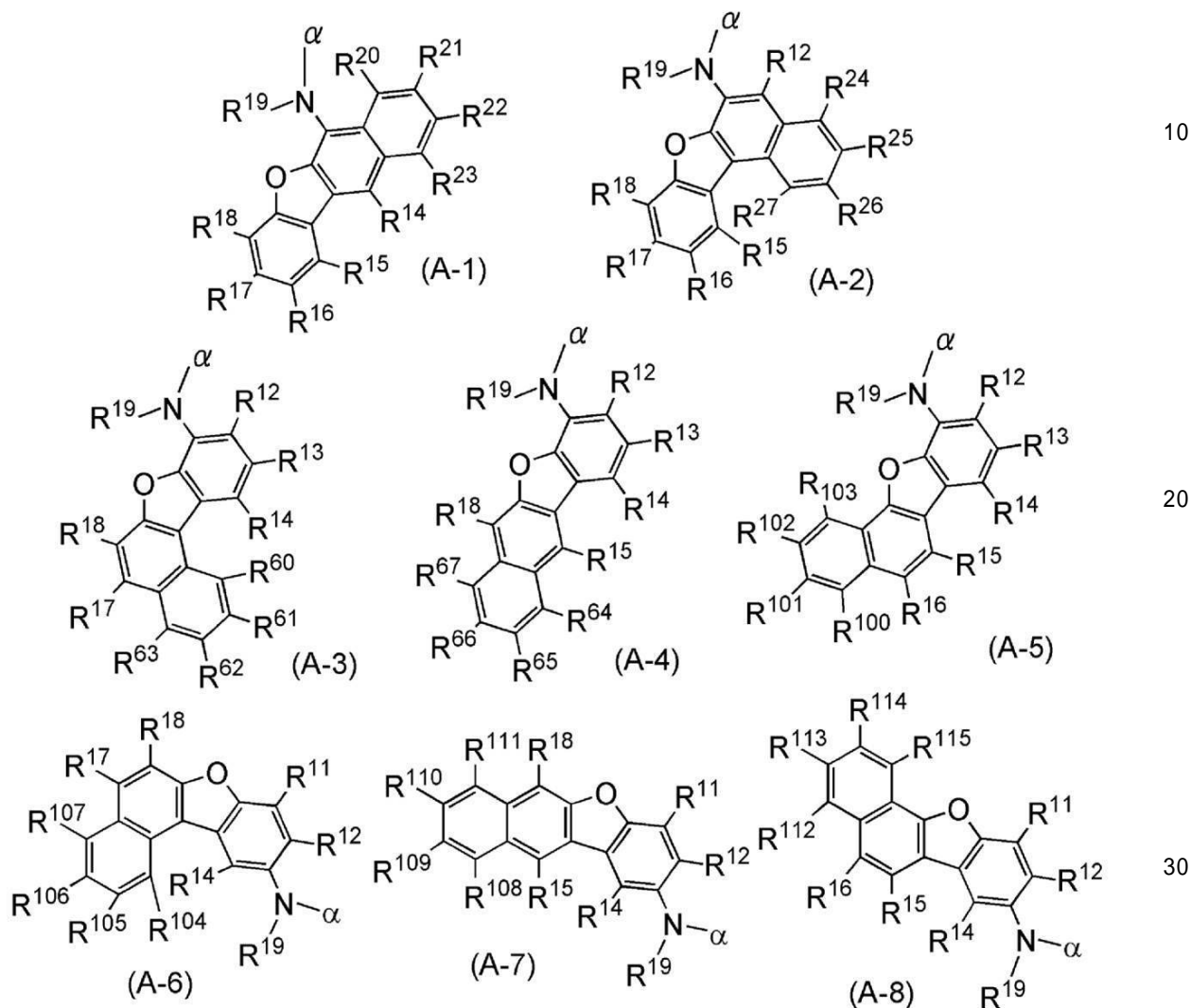
40

50

^{9 3} は、一般式 (B - 1) 乃至 (B - 10) それぞれにおいて、少なくとも 2 つが下記一般式 (A - 1) 乃至 (A - 8) から選ばれる基であるものとする。なお、一般式 (A - 1) 乃至 (A - 8) で表される基の一般式 (B - 1) 乃至 (B - 10) で表される有機化合物への結合位置は、 α の位置であるものとする。

【0019】

【化3】



【0020】

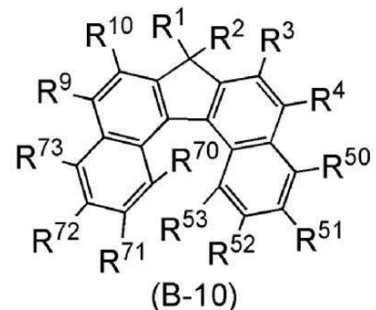
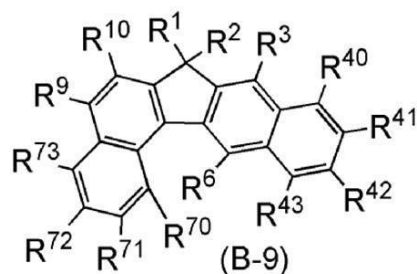
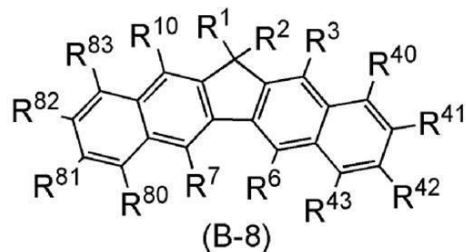
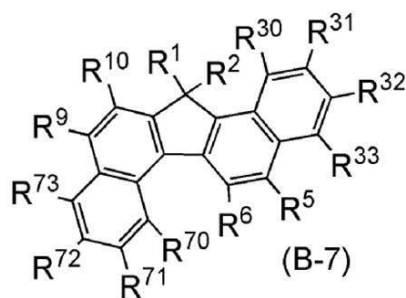
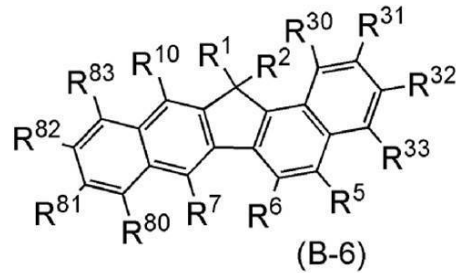
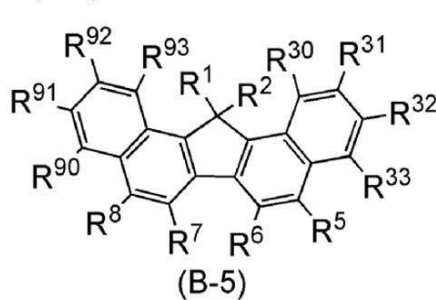
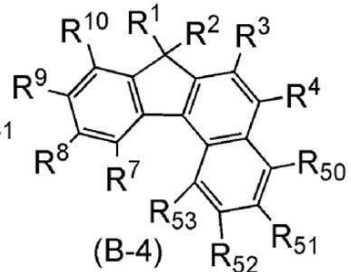
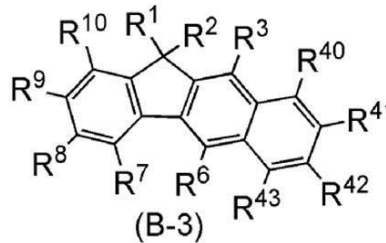
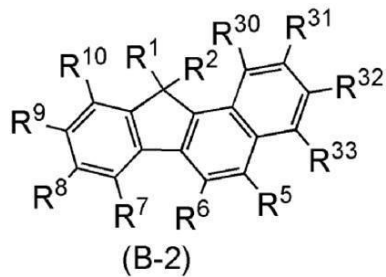
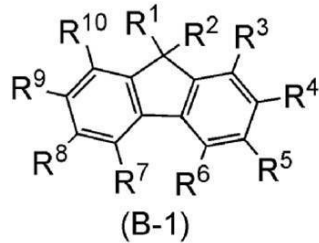
一般式 (A - 1) 乃至 (A - 8) において、 R^{11} 乃至 R^{18} 、 R^{20} 乃至 R^{27} 、 R^{60} 乃至 R^{67} 及び R^{100} 乃至 R^{115} はそれぞれ独立に、水素、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換又は無置換の炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン及び置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基のいずれかを表す。また、 R^{19} は置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基を表す。

【0021】

又は、本発明の他の一態様は、下記一般式 (B - 1) 乃至 (B - 10) のいずれか一で表される有機化合物である。

【0022】

【化4】



【0023】

但し、一般式 (B-1) 乃至 (B-10) において、 R^1 乃至 R^{10} 、 R^{30} 乃至 R^{33} 、 R^{40} 乃至 R^{43} 、 R^{50} 乃至 R^{53} 、 R^{70} 乃至 R^{73} 、 R^{80} 乃至 R^{83} 及び R^{90} 乃至 R^{93} はそれぞれ独立に、水素、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換又は無置換の炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン及び置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基のいずれかを表す。

【0024】

また、一般式 (B-1) 乃至 (B-10) に結合する置換基 R^3 乃至 R^{10} 、 R^{30} 乃至 R^{33} 、 R^{40} 乃至 R^{43} 、 R^{50} 乃至 R^{53} 、 R^{70} 乃至 R^{73} 、 R^{80} 乃至 R^{83} 及

10

20

30

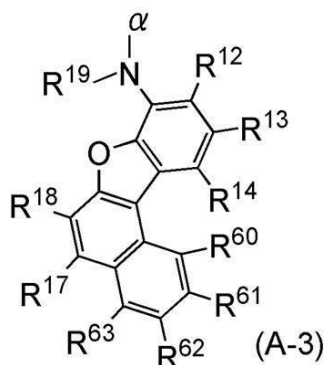
40

50

び R^{90} 乃至 R^{93} は、一般式 (B - 1) 乃至 (B - 10) それぞれにおいて、少なくとも2つが下記一般式 (A - 3) で表される基であるものとする。なお、一般式 (A - 3) は の位置で一般式 (B - 1) 乃至 (B - 10) に結合する。

【0025】

【化5】



10

【0026】

一般式 (A - 3) において、 R^{12} 乃至 R^{14} 、 R^{17} 、 R^{18} 、 R^{60} 乃至 R^{63} はそれぞれ独立に、水素、置換又は無置換の炭素数1乃至6のアルキル基、置換又は無置換の炭素数3乃至6のシクロアルキル基、置換又は無置換の炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基、置換又は無置換の炭素数1乃至6のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン及び置換又は無置換の炭素数1乃至6のハロアルキル基のいずれかを表す。また、 R^{19} は置換又は無置換の炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基を表す。

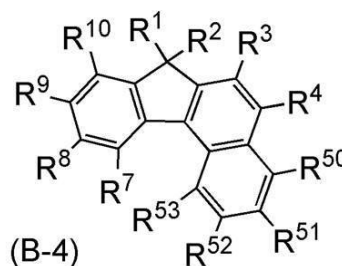
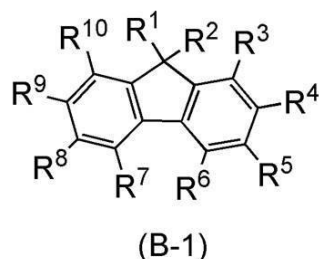
20

【0027】

または、本発明の他の一態様は、下記一般式 (B - 1) 又は (B - 4) で表される有機化合物である。

【0028】

【化6】



30

【0029】

但し、一般式 (B - 1) 又は (B - 4) において、 R^1 乃至 R^{10} 及び R^{50} 乃至 R^{53} はそれぞれ独立に、水素、置換又は無置換の炭素数1乃至6のアルキル基、置換又は無置換の炭素数3乃至6のシクロアルキル基、置換又は無置換の炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基、置換又は無置換の炭素数1乃至6のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン及び置換又は無置換の炭素数1乃至6のハロアルキル基のいずれかを表す。

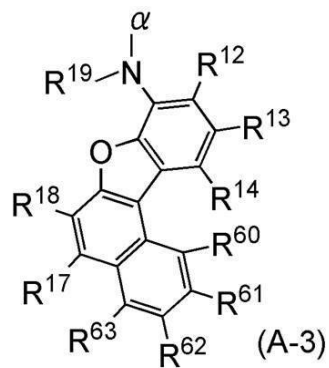
40

【0030】

また、一般式 (B - 1) 又は (B - 4) において、 R^1 乃至 R^{10} 及び R^{50} 乃至 R^{53} は、一般式 (B - 1) 又は (B - 4) それぞれにおいて、少なくとも2つが下記一般式 (A - 3) で表される基であるものとする。なお、一般式 (A - 3) は の位置で一般式 (B - 1) 又は (B - 4) に結合する。

【0031】

【化 7】



10

【 0 0 3 2 】

一般式 (A - 3) において、 R^{12} 乃至 R^{14} 、 R^{17} 、 R^{18} 、 R^{60} 乃至 R^{63} はそれぞれ独立に、水素、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換又は無置換の炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン及び置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基のいずれかを表す。また、 R^{19} は置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基を表す。

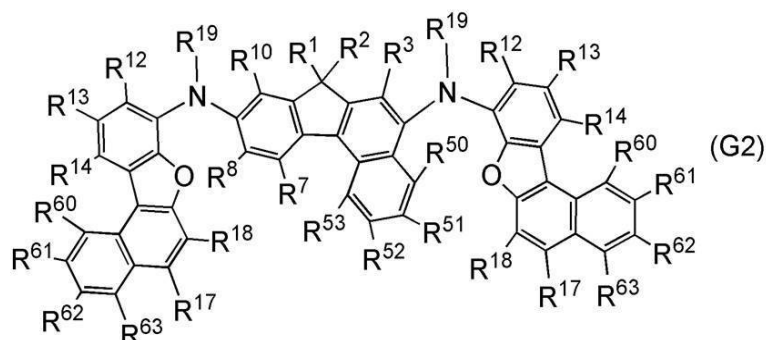
【 0 0 3 3 】

または、本発明の他の一態様は下記一般式 (G 2) で表される有機化合物である。

20

【 0 0 3 4 】

【化 8】



30

【 0 0 3 5 】

但し、一般式 (G 2) において、 R^1 乃至 R^3 、 R^7 、 R^8 、 R^{10} 、 R^{12} 乃至 R^{14} 、 R^{17} 、 R^{18} 、 R^{50} 乃至 R^{53} 及び R^{60} 乃至 R^{63} はそれぞれ独立に、水素、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換又は無置換の炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン及び置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基のいずれかを表す。また、 R^{19} は置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基を表す。

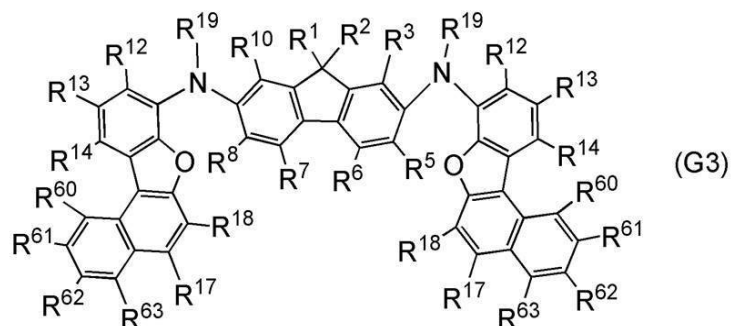
40

【 0 0 3 6 】

または、本発明の他の一態様は、下記一般式 (G 3) で表される有機化合物である。

【 0 0 3 7 】

【化 9】



10

【 0 0 3 8 】

但し、一般式 (G 3) において、R¹ 乃至 R³、R⁵ 乃至 R⁸、R¹⁰、R¹² 乃至 R¹⁴、R¹⁷、R¹⁸ 及び R⁶⁰ 乃至 R⁶³ はそれぞれ独立に、水素、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換又は無置換の炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン及び置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基のいずれかを表す。また、R¹⁹ は置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基を表す。

【 0 0 3 9 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成を有する有機化合物において、前記 R¹⁹ がフェニル基である有機化合物である。

20

【 0 0 4 0 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成を有する有機化合物において、前記 R¹ 及び前記 R² がフェニル基である有機化合物である。

【 0 0 4 1 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成を有する有機化合物において、R¹ 及び R² がメチル基である有機化合物である。

【 0 0 4 2 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成を有する有機化合物において、R¹⁸ がフェニル基である有機化合物である。

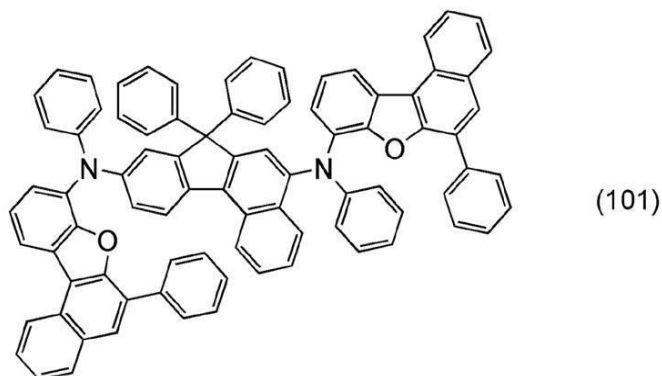
30

【 0 0 4 3 】

または、本発明の一態様は、下記構造式 (1 0 1) で表される有機化合物である。

【 0 0 4 4 】

【化 1 0】



(101)

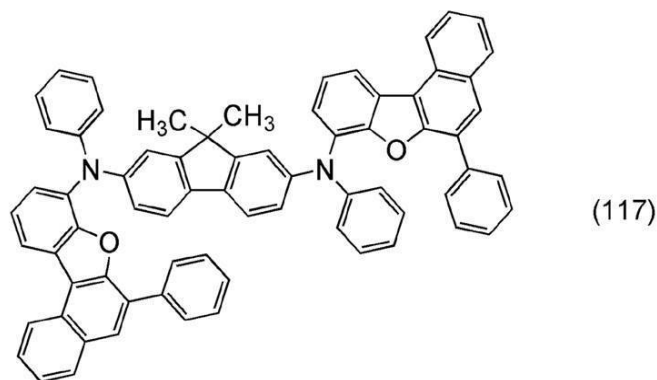
40

【 0 0 4 5 】

または、本発明の他の一態様は、下記構造式 (1 1 7) で表される有機化合物である。

【 0 0 4 6 】

【化 1 1】



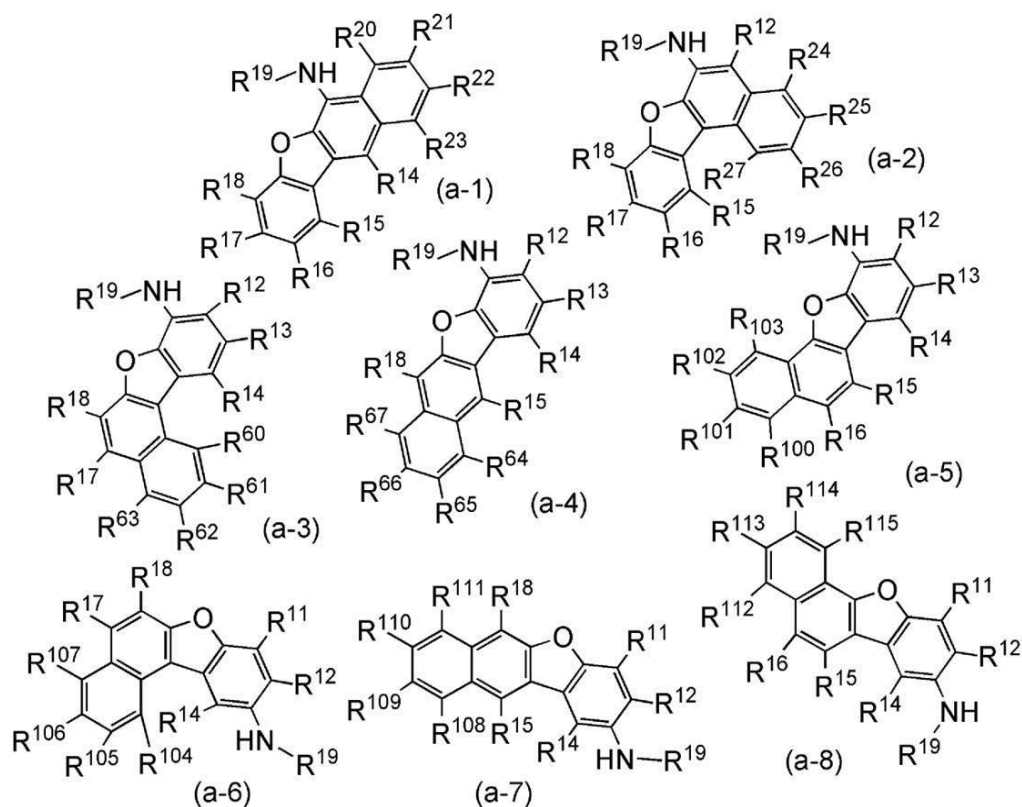
10

【 0 0 4 7 】

または、本発明の一態様は、下記一般式 (a - 1) 乃至 (a - 8) で表される有機化合物である。

【 0 0 4 8 】

【化 1 2】



20

30

【 0 0 4 9 】

但し、上記一般式 (a - 1) 乃至 (a - 8) において、 R^{11} 乃至 R^{18} 、 R^{20} 乃至 R^{27} 、 R^{60} 乃至 R^{67} 及び R^{100} 乃至 R^{115} はそれぞれ独立に、水素、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換又は無置換の炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン及び置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基のいずれかを表す。また、 R^{19} は置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基を表す。

40

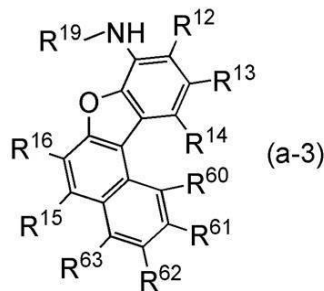
【 0 0 5 0 】

または、本発明の他の一態様は、下記一般式 (a - 3) で表される有機化合物である。

【 0 0 5 1 】

50

【化 1 3】



【 0 0 5 2 】

但し、上記一般式 (a - 3) において、 R^{12} 乃至 R^{14} 、 R^{16} 、 R^{17} 及び R^{60} 乃至 R^{67} はそれぞれ独立に、水素、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換又は無置換の炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン及び置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基のいずれかを表す。また、 R^{19} は置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基を表す。

【 0 0 5 3 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成を有する有機化合物において、前記 R^{19} がフェニル基である有機化合物である。

【 0 0 5 4 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成を有する有機化合物において、前記 R^{18} がフェニル基である有機化合物である。

【 0 0 5 5 】

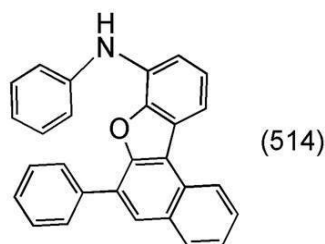
または、本発明の他の一態様は、上記構成を有する有機化合物において、 R^{12} 乃至 R^{17} 、 R^{20} 乃至 R^{27} 、 R^{60} 乃至 R^{67} 及び R^{100} 乃至 R^{115} が水素である有機化合物である。

【 0 0 5 6 】

または、本発明の他の一態様は、下記構造式 (5 1 4) で表される有機化合物である。

【 0 0 5 7 】

【化 1 4】



【 0 0 5 8 】

または、本発明の他の一態様は、第 1 の電極と、第 2 の電極と、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極の間に位置する有機化合物層を有し、前記有機化合物層が上記有機化合物を含む発光素子である。

【 0 0 5 9 】

または、本発明の他の一態様は、第 1 の電極と、第 2 の電極と、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極の間に位置する有機化合物層を有し、前記有機化合物層は発光層を有し、前記発光層が上記の有機化合物を含む発光素子である。

【 0 0 6 0 】

または、本発明の他の一態様は、第 1 の電極と、第 2 の電極と、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極の間に位置する有機化合物層を有し、前記有機化合物層は正孔輸送層を有し、前記正孔輸送層が上記の有機化合物を含む発光素子である。

【 0 0 6 1 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成を有する発光素子と、トランジスタ、または、基板とを有する発光装置である。

【0062】

または、本発明の他の一態様は、上記構成を有する発光装置と、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。

【0063】

または、本発明の他の一態様は、上記構成を有する発光装置と、筐体と、を有する照明装置である。

【0064】

なお、本明細書中における発光装置とは、発光素子を用いた画像表示デバイスを含む。また、発光素子にコネクター、例えば異方導電性フィルム又はTCP (Tape Carrier Package) が取り付けられたモジュール、TCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、又は発光素子に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は、発光装置を有する場合がある。さらに、照明器具は、発光装置を有する場合がある。

10

【発明の効果】

【0065】

本発明の一態様では、新規有機化合物を提供することができる。または、青色の蛍光を呈することが可能な有機化合物を提供することができる。または、良好な青色の蛍光を呈することが可能な有機化合物を提供することができる。または、正孔輸送性の高い有機化合物を提供することができる。または、三重項励起準位の高い有機化合物を提供することができる。または、三重項励起準位が高く、正孔輸送性の高い有機化合物を提供することができる。

20

【0066】

または、本発明の他の一態様では、青色蛍光を呈することが可能な安価な有機化合物を提供することができる。また、本発明の他の一態様では、安価な正孔輸送性材料を提供することができる。また、本発明の一態様では、三重項励起準位が高く、且つ安価な正孔輸送性材料を提供することができる。

【0067】

または、本発明の他の一態様は、新しい発光素子を提供することができる。または、消費電力の小さいディスプレイモジュール、照明モジュール、発光装置、表示装置、電子機器、及び照明装置を各々提供することができる。

30

【0068】

本発明の一態様は上述の効果のうちいずれか一を奏すればよいものとする。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】

【0069】

40

【図1】発光素子の概念図。

【図2】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図3】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図4】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図5】パッシブマトリクス型発光装置の概念図。

【図6】照明装置を表す図。

【図7】電子機器を表す図。

【図8】光源装置を表す図。

【図9】照明装置を表す図。

【図10】照明装置を表す図。

50

【図 1 1】車載表示装置及び照明装置を表す図。

【図 1 2】電子機器を表す図。

【図 1 3】電子機器を表す図

【図 1 4】(6 - フェニルベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フラン - 8 - イル) フェニルアミンの ^1H NMR スペクトル。

【図 1 5】(9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 , 7 - ジイル) ビス (N , 6 - ジフェニルベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フラン - 8 - アミン) (略称 : B n f A 2 F) の ^1H NMR スペクトル。

【図 1 6】N , N' - (7 , 7 - ジフェニル - 7 H - ベンゾ [c] フルオレン - 5 , 9 - ジイル) ビス [(N , 6 - ジフェニルベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フラン) - 8 - アミン] (略称 : 5 , 9 B n f A 2 B z F L) の ^1H NMR スペクトル。

【図 1 7】5 , 9 B n f A 2 B z F L のトルエン溶液及び固体薄膜の吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図 1 8】発光素子 1 の輝度 - 電流密度特性。

【図 1 9】発光素子 1 の電流効率 - 輝度特性。

【図 2 0】発光素子 1 の輝度 - 電圧特性。

【図 2 1】発光素子 1 の電流 - 電圧特性。

【図 2 2】発光素子 1 の色度座標図。

【図 2 3】発光素子 1 の外部量子効率 - 輝度特性。

【図 2 4】発光素子 1 の発光スペクトル。

【図 2 5】発光素子 2 の輝度 - 電流密度特性。

【図 2 6】発光素子 2 の電流効率 - 輝度特性。

【図 2 7】発光素子 2 の輝度 - 電圧特性。

【図 2 8】発光素子 2 の電流 - 電圧特性。

【図 2 9】発光素子 2 の色度座標図。

【図 3 0】発光素子 2 の外部量子効率 - 輝度特性。

【図 3 1】発光素子 2 の発光スペクトル。

【図 3 2】発光素子 3 及び発光素子 4 の輝度 - 電流密度特性。

【図 3 3】発光素子 3 及び発光素子 4 の電流効率 - 輝度特性。

【図 3 4】発光素子 3 及び発光素子 4 の輝度 - 電圧特性。

【図 3 5】発光素子 3 及び発光素子 4 の電流 - 電圧特性。

【図 3 6】発光素子 3 及び発光素子 4 の外部量子効率 - 輝度特性。

【図 3 7】発光素子 3 及び発光素子 4 の色度座標図。

【図 3 8】発光素子 3 及び発光素子 4 の発光スペクトル。

【図 3 9】発光素子 3 及び発光素子 4 の規格化輝度 - 時間変化特性。

【図 4 0】4 - ナフチル - 4' , 4'' - ジフェニルトリフェニルアミン (略称 : B B A N B) の ^1H NMR スペクトル。

【図 4 1】3 , 6 - ビス [4 - (2 - ナフチル) フェニル] - 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール (略称 : N P 2 P C) の ^1H NMR スペクトル。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 7 0 】

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。

【 0 0 7 1 】

本発明の一態様の有機化合物は、フルオレン骨格を有する中心骨格に、ベンゾナフトフラニルアミン骨格を有する基を 2 つ有する有機化合物である。当該有機化合物は、発光スペクトルのピーク位置が 450 nm 付近の良好な青色発光を呈する。また、当該有機化合物の発光スペクトルのピークは半値幅が狭く、色純度の良好な青色発光を得ることができ

10

20

30

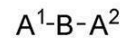
40

50

る。また、当該有機化合物は正孔輸送性が高く、正孔輸送材料として好適に用いることができる。当該有機化合物は、三重項励起準位が高く、りん光発光素子におけるホール輸送層として特に好適である。このような特徴を有する本発明の一態様の有機化合物は、下記一般式 (G1) のように表すこともできる。

【0072】

【化15】



(G1)

【0073】

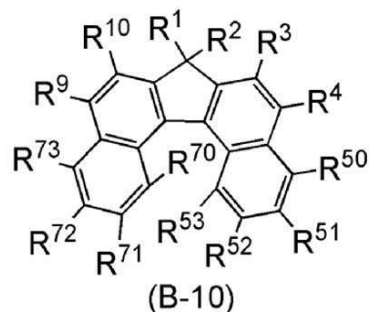
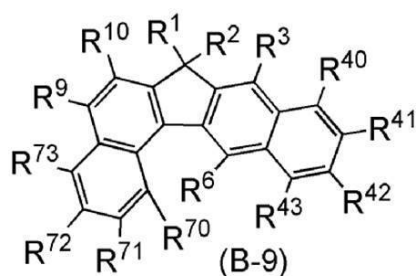
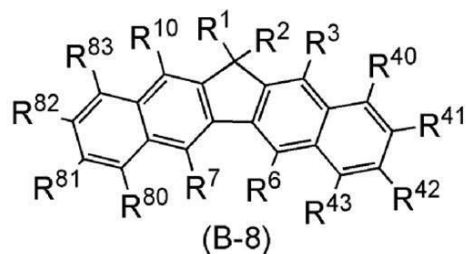
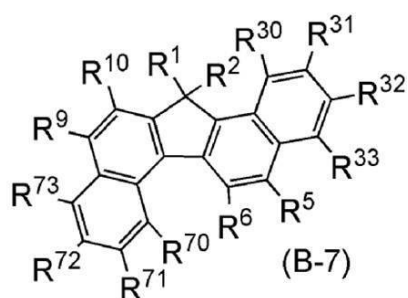
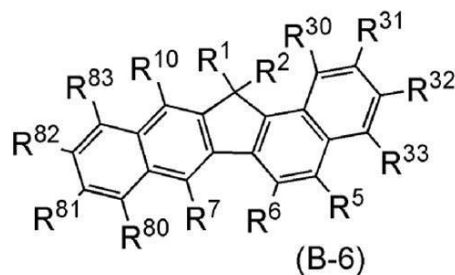
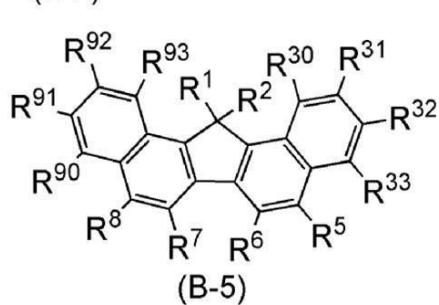
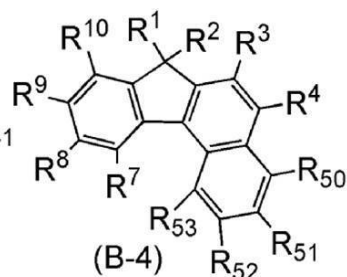
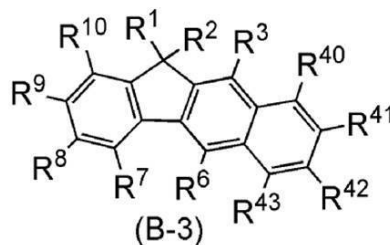
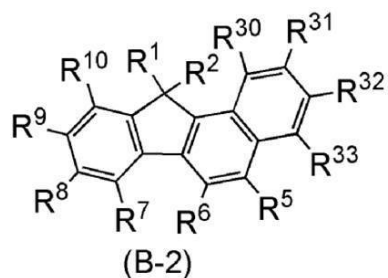
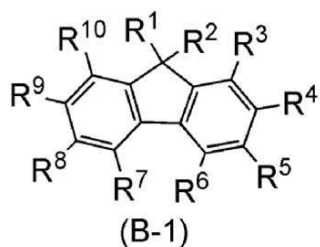
一般式 (G1) 中 A^1 及び A^2 はそれぞれ独立にベンゾナフトフラニルアミン骨格を有する基を表し、Bはフルオレン骨格を有する基を表す。

【0074】

また、上記特徴を有する本発明の一態様の有機化合物は、下記B群の一般式 (B-1) 乃至 (B-10) のように表すこともできる。

【0075】

【化 1 6】



【 0 0 7 6 】

なお、B群の一般式(B-1)乃至(B-10)中に、 R^3 乃至 R^{10} 、 R^{30} 乃至 R^{33} 、 R^{40} 乃至 R^{43} 、 R^{50} 乃至 R^{53} 、 R^{70} 乃至 R^{73} 、 R^{80} 乃至 R^{83} 及び R^{90} 乃至 R^{93} は、一般式(B-1)乃至(B-10)それぞれにおいて、少なくとも2つが下記A群の一般式(A-1)乃至(A-8)から選ばれる基であるものとする。なお、一般式(A-1)乃至(A-8)で表される基の一般式(B-1)乃至(B-10)で表される有機化合物への結合位置は、 R^1 の位置であるものとする。

【 0 0 7 7 】

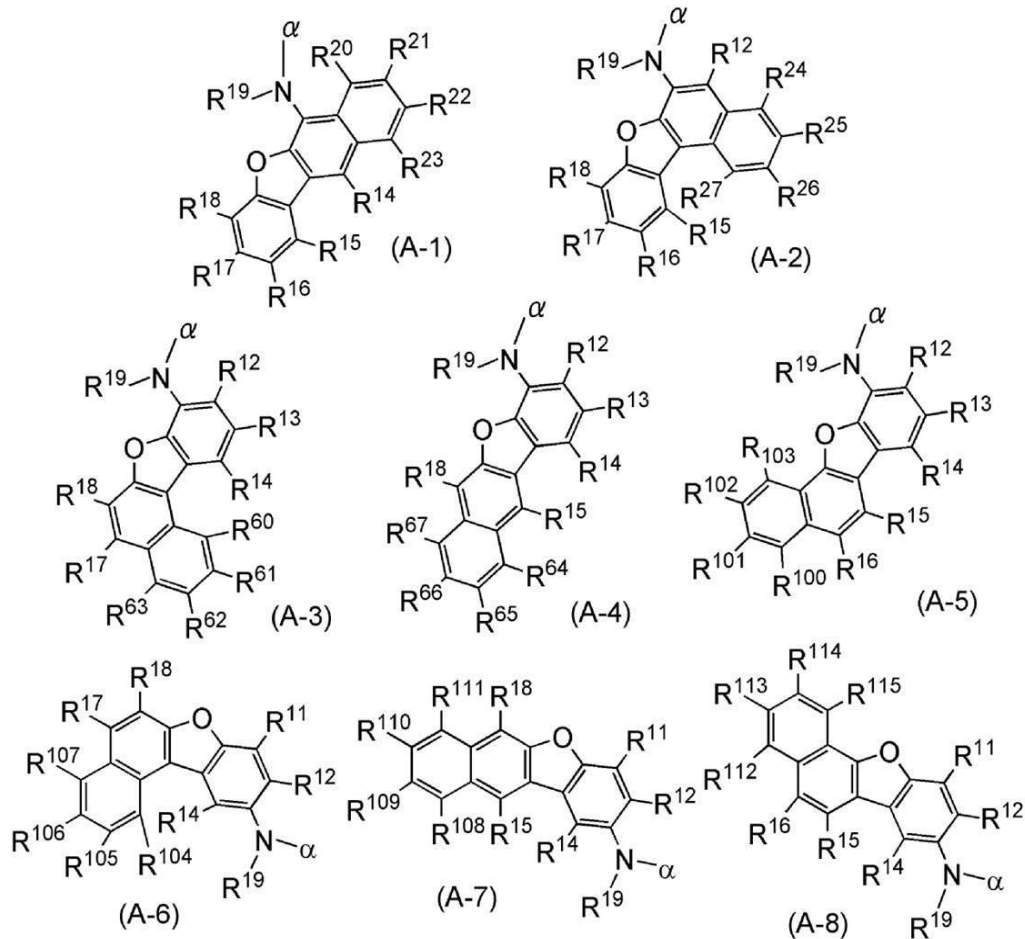
10

20

30

40

【化 1 7】

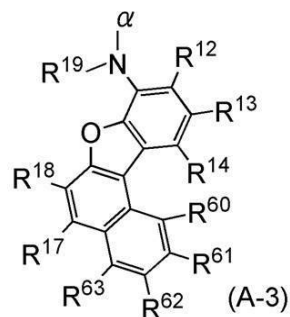


【 0 0 7 8 】

なお、A群の一般式(A-1)乃至(A-8)で表される基は下記一般式(A-3)で表されるベンゾナフトフラニルアミン骨格を有する基であることが、高いリン光準位を実現できるため好ましい。

【 0 0 7 9 】

【化 1 8】

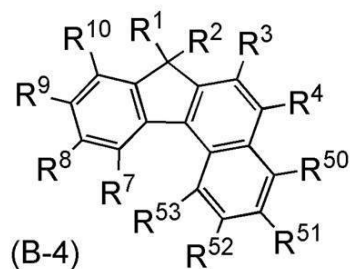


【 0 0 8 0 】

また、B群の一般式(B-1)乃至(B-10)で表される基は、下記一般式(B-4)で表されるような骨格を有する基であると、色純度の良い青色発光を得ることができるため、蛍光発光材料として好適に用いることができる。

【 0 0 8 1 】

【化 19】



10

【0082】

このような構造を有する有機化合物において、上記 A 群の一般式で表されるベンゾナフトフラニルアミン骨格を有する基は、上記 B 群の一般式で表されるフルオレン骨格を有する基に、二つ結合していることが好ましい。

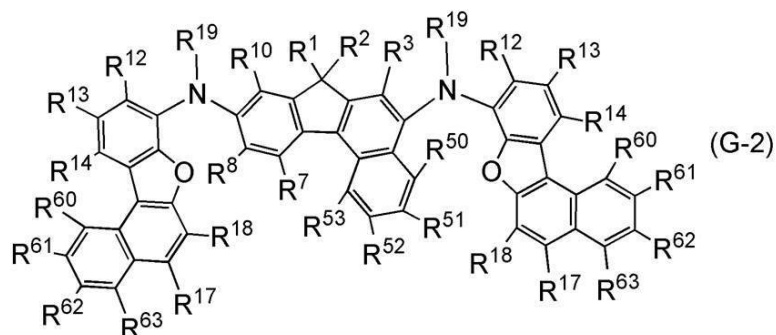
【0083】

また、このような構造を有する有機化合物において、上記 A 群の一般式で表されるベンゾナフトフラニルアミン骨格を有する基は、上記 B 群の一般式で表されるフルオレン骨格を有する基の 5 位と 9 位に結合していることが合成のしやすさの観点から好ましい。これにより、安価に本発明の一態様の化合物を得ることができる。すなわち、下記一般式 (G-2) で表される有機化合物が好ましい。

20

【0084】

【化 20】



30

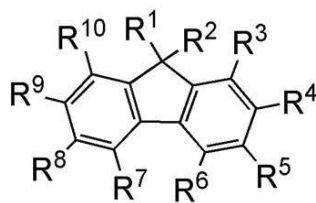
【0085】

また、上記一般式 (G1) で表される有機化合物において、B は下記一般式 (B-1) で表されるようなフルオレン骨格を有する基であると T₁ 準位が高く、他の三重項励起子を消光する可能性が小さいため、りん光発光素子を構成する材料として好適に用いることができる。本発明の一態様の有機化合物は正孔輸送性が良好であるため、正孔輸送層を構成する材料や、発光層のホスト材料として好適に用いることができる。また、上述のように、一般式 (G1) において B が下記一般式 (B-1) で表されるようなフルオレン骨格を有する基である有機化合物は T₁ 準位が高いことから、りん光発光素子における正孔輸送層を構成する材料やホスト材料として、特に好適に用いることができる。

40

【0086】

【化 2 1】



(B-1)

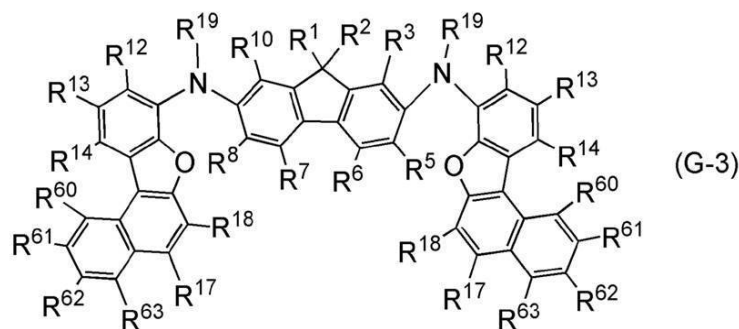
【0087】

10

このような構造を有する有機化合物において、上記 A 群の一般式で表されるベンゾナフトフラニルアミン骨格を有する基は、上記 B 群の一般式で表されるフルオレン骨格を有する基の 2 位と 7 位に結合していることが合成のしやすさの観点から好ましい。これにより、安価に本発明の一態様の化合物を得ることができる。すなわち、下記一般式 (G-3) で表される有機化合物が好ましい。

【0088】

【化 2 2】



(G-3)

20

【0089】

また、本発明の一態様の有機化合物は、上記一般式における R¹⁹ がフェニル基であると好ましい。

30

【0090】

また、本発明の一態様の有機化合物は、上記一般式における R¹ 及び R² がフェニル基であると好ましい。

【0091】

また、本発明の一態様の有機化合物は、上記一般式における R¹ 及び R² がメチル基であると好ましい。

【0092】

また、本発明の一態様の有機化合物は、上記一般式における R¹⁸ がフェニル基であると好ましい。

【0093】

40

なお、上記一般式 (A-1) 乃至 (A-8) において、R¹¹ 乃至 R¹⁸、R²⁰ 乃至 R²⁷、R⁶⁰ 乃至 R⁶⁷ 及び R¹⁰⁰ 乃至 R¹¹⁵ はそれぞれ独立に、水素、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換又は無置換の炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン及び置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基のいずれかを表す。また、R¹⁹ は置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基を表す。また、一般式 (B-1) 乃至 (B-10) において、上記 A 群の一般式であらわされる基を除く、R¹ 乃至 R¹⁰、R³⁰ 乃至 R³³、R⁴⁰ 乃至 R⁴³、R⁵⁰ 乃至 R⁵³、R⁷⁰ 乃至 R⁷³、R⁸⁰ 乃至 R⁸³ 及び R⁹⁰ 乃至 R⁹³ はそれぞれ独立に、水素、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換又は無置換の炭

50

素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン及び置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基のいずれかを表す。

【0094】

炭素数 1 乃至 6 のアルキル基とは具体的には、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、*n* ブチル基、*sec* ブチル基、イソブチル基、*tert* ブチル基、*n* ペンチル基、1-メチルブチル基、2-メチルブチル基、3-メチルブチル基、1-エチルプロピル基、1,1-ジメチルプロピル基、1,2-ジメチルプロピル基、2,2-ジメチルプロピル基、分枝を有するまたは有さないヘキシル基等があげられる。また、ハロゲンとしては、フッ素、塩素、臭素及びヨウ素等が挙げられる。

10

【0095】

また、炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基としては、シクロプロピル基、シクロブチル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基などを挙げるができる。

【0096】

また、炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基としては、フェニル基、ビフェニル基及びフルオレニル基などをあげることができる。

【0097】

また、炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基としては、メトキシ基、エトキシ基、プロポキシ基、イソプロポキシ基、ブトキシ基、イソブトキシ基、*tert*-ブトキシ基、ベンチルオキシ基およびヘキシルオキシ基などの直鎖状または分岐鎖状アルキルオキシ基や、ビニルオキシ基、プロペニルオキシ基、ブテニルオキシ基、ペンテニルオキシ基、ヘキセニルオキシ等のアルケニルオキシ基が挙げられる。

20

【0098】

また、炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基としては、少なくとも一つの水素が第 17 族元素（フッ素、塩素、臭素、ヨウ素、アスタチン）によって置換されたアルキル基であって、フッ化アルキル基、塩化アルキル基、臭化アルキル基、ヨウ化アルキル基などが挙げられ、具体的には、フッ化メチル基、塩化メチル基、フッ化エチル基、塩化エチル基などを挙げることができるが、含まれるハロゲン元素の数または種類は、それぞれ一であっても複数であってもよい。

【0099】

30

なお、本明細書中においてある基や骨格に対して、さらに置換基の有りに無しに言及している場合、アルキル基とその他の基及び骨格に関しての取り扱いが異なる。すなわち、アルキル基に対して置換基を有してもよいという意の記載がある場合は、当該置換基としてはハロゲン及び炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基等が相当するが、アルキル基以外の基または骨格に対して置換基を有していてもよいという意の記載がある場合は、当該置換基としては、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、炭素数 6 乃至 10 の芳香族炭化水素基、ハロゲン及び炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基等が相当する。

【0100】

以上のような構造を有する、本発明の一態様の有機化合物は、良好な青色発光を呈する有機化合物であり、また、色純度の良好な青色発光を得ることができる有機化合物である。また、当該有機化合物は正孔輸送性が高く、正孔輸送材料、発光層のホスト材料として好適に用いることができる。また、本発明の一態様の有機化合物は、三重項励起準位が高く、りん光発光素子におけるホール輸送層、ホスト材料として特に好適である。

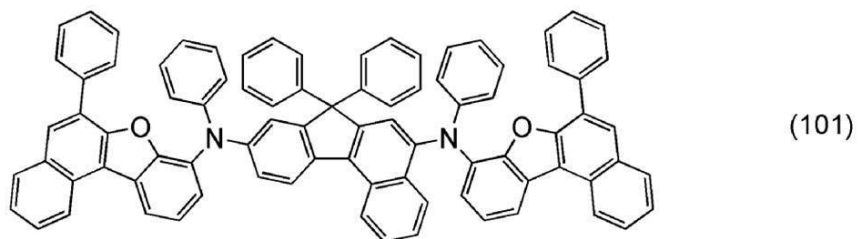
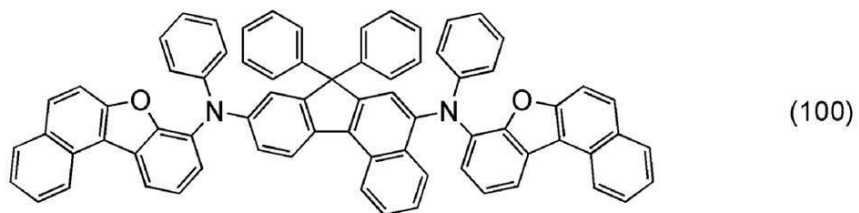
40

【0101】

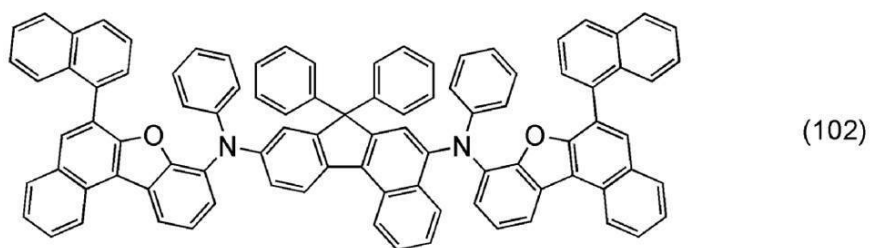
以上のような構成を有する本発明の一態様の有機化合物の具体例の一部を以下に示す。

【0102】

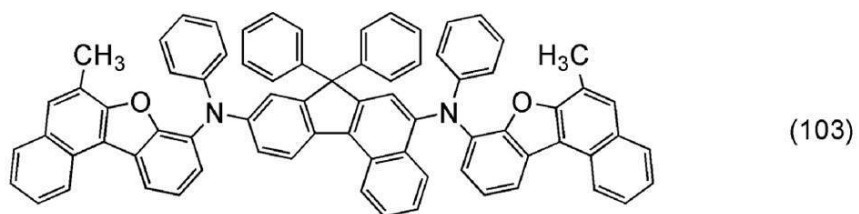
【化 2 3】



10



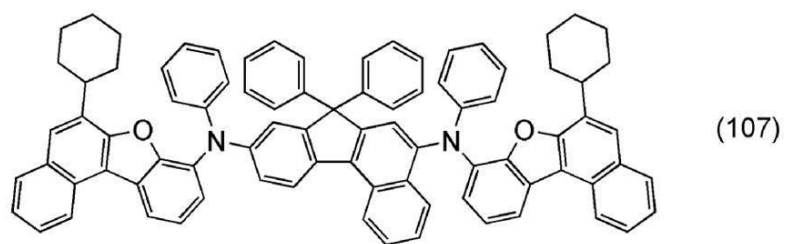
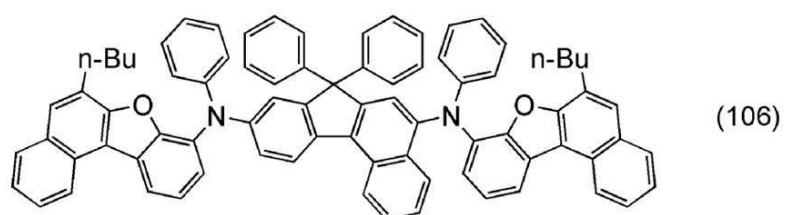
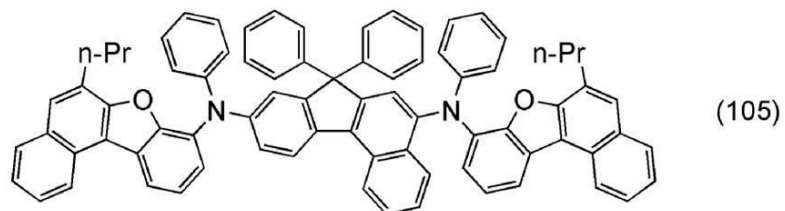
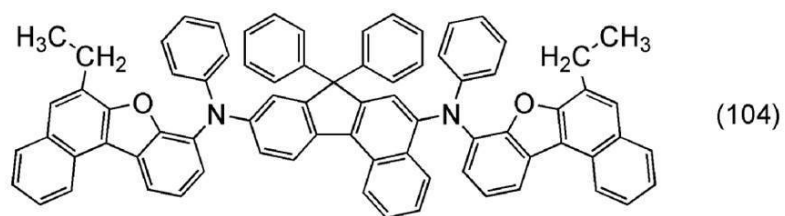
20



30

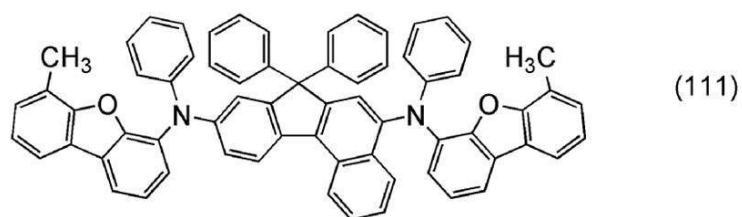
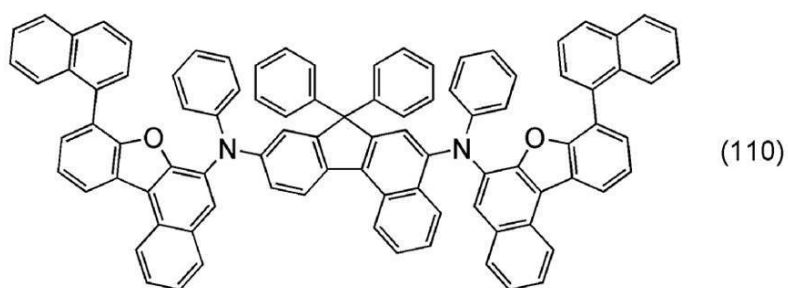
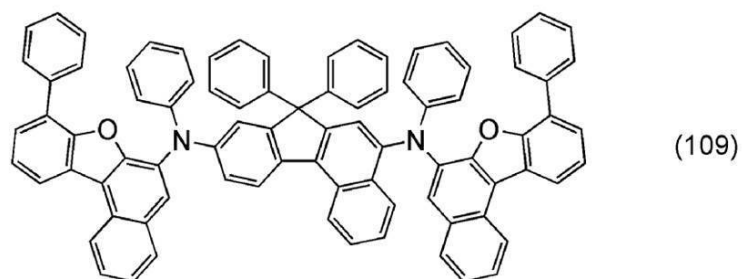
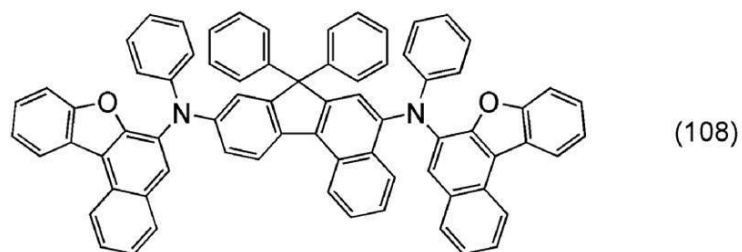
【 0 1 0 3 】

【化 2 4】



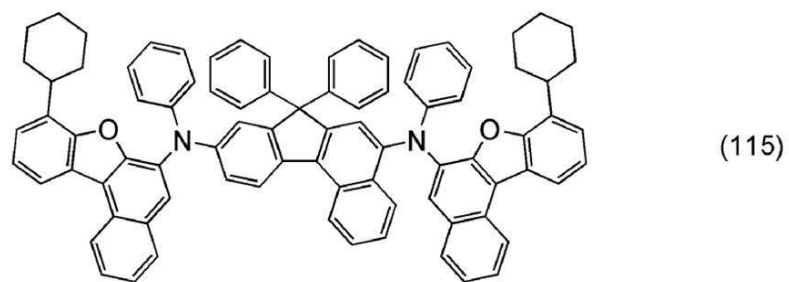
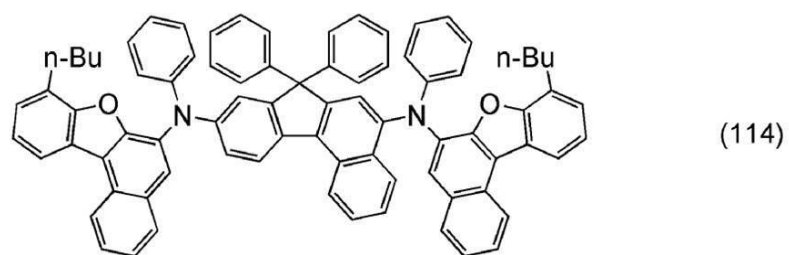
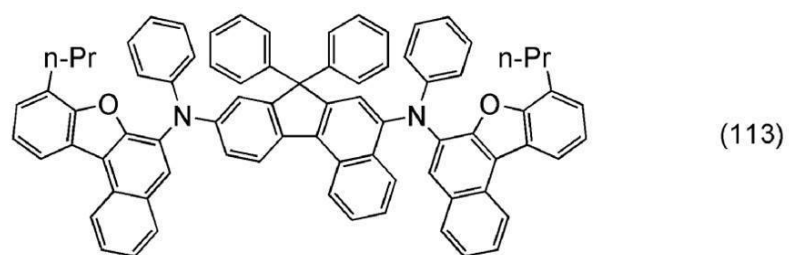
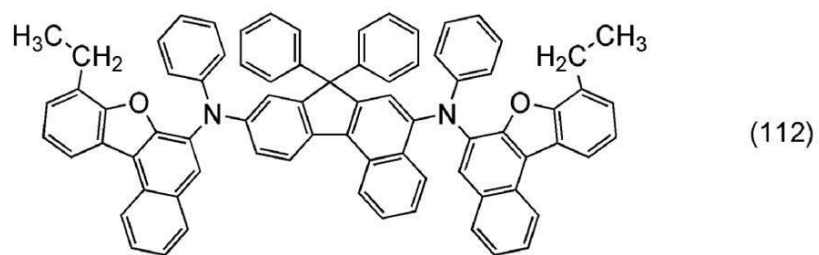
【 0 1 0 4 】

【化 2 5】



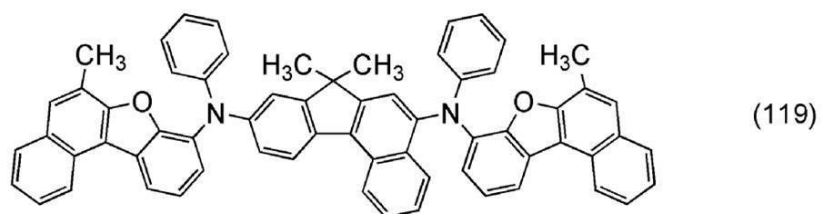
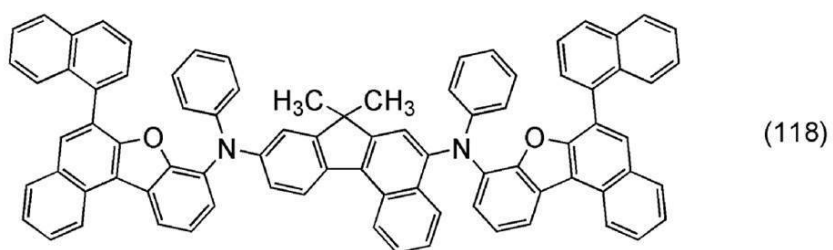
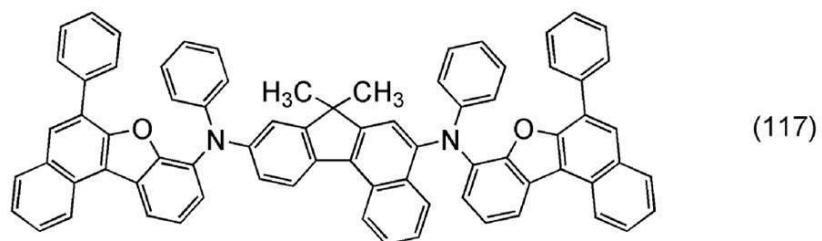
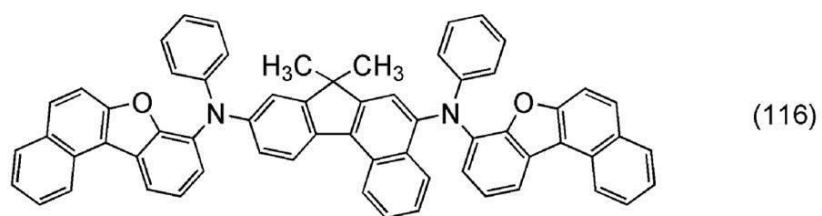
【 0 1 0 5 】

【化 2 6】



【 0 1 0 6 】

【化 2 7】



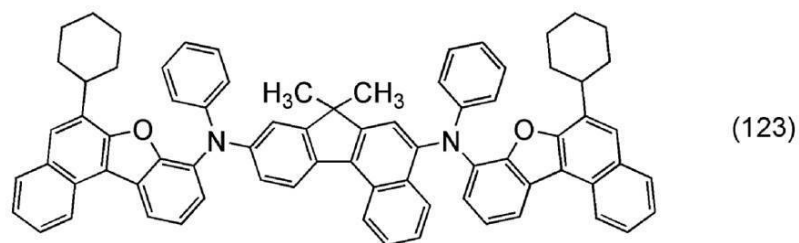
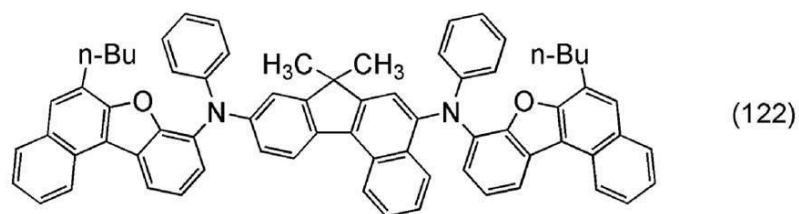
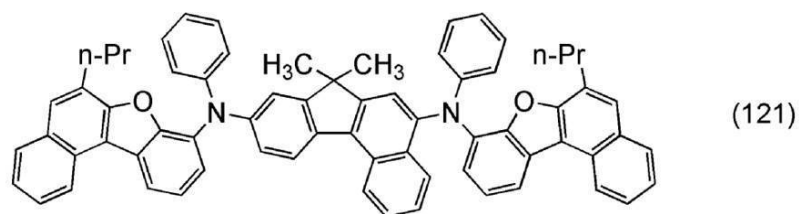
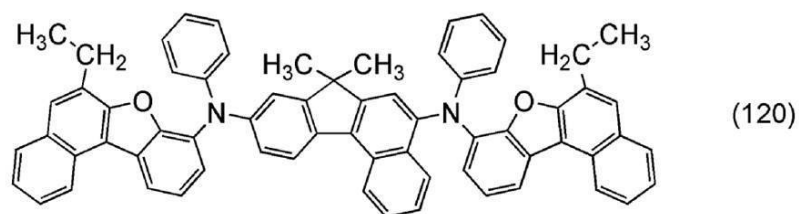
【 0 1 0 7 】

10

20

30

【化 2 8】



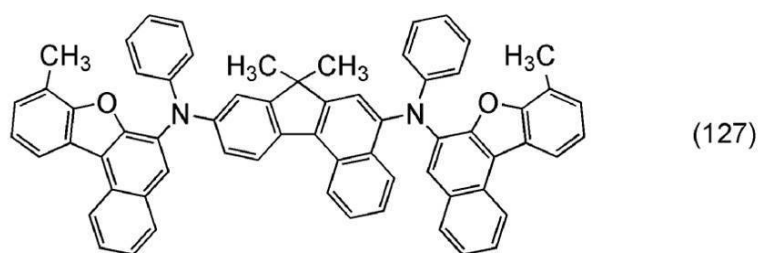
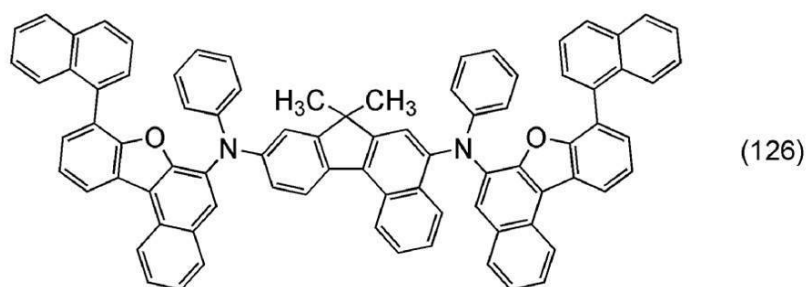
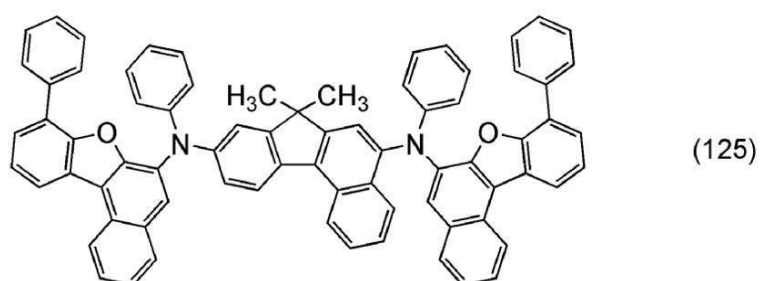
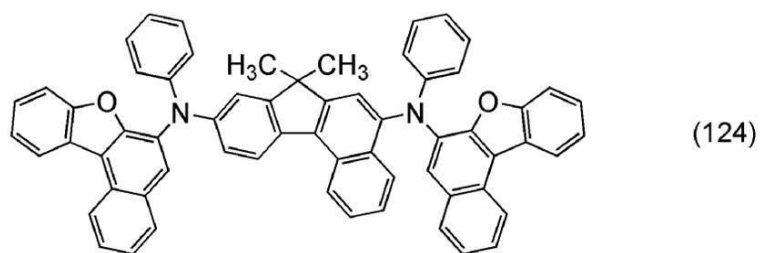
【 0 1 0 8】

10

20

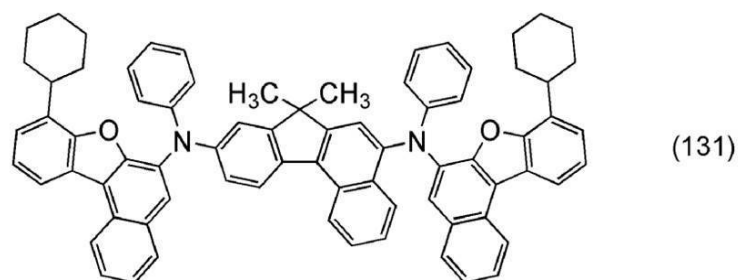
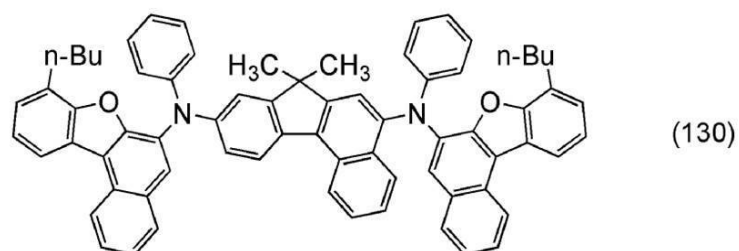
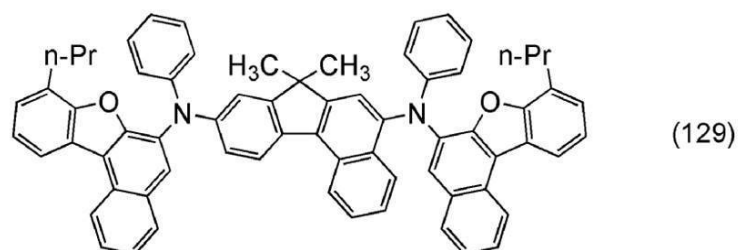
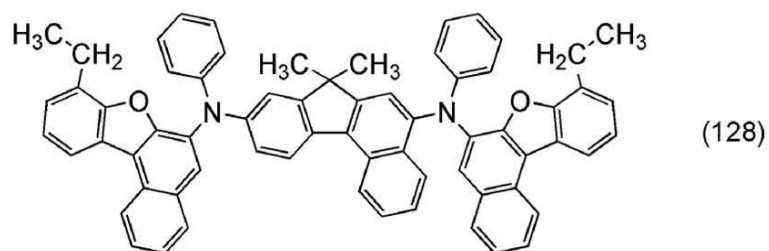
30

【化 2 9】



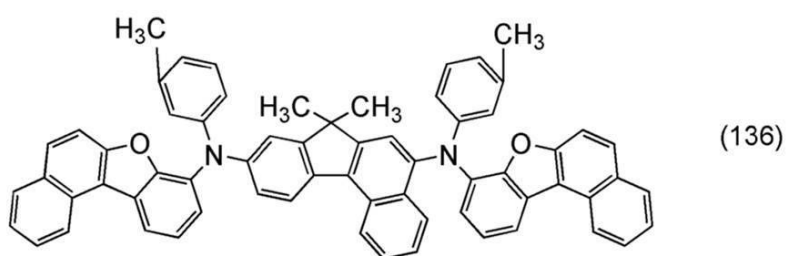
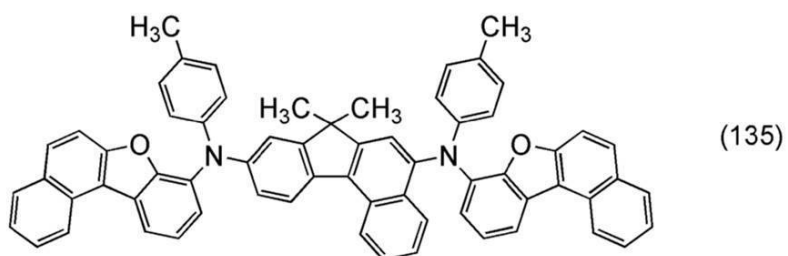
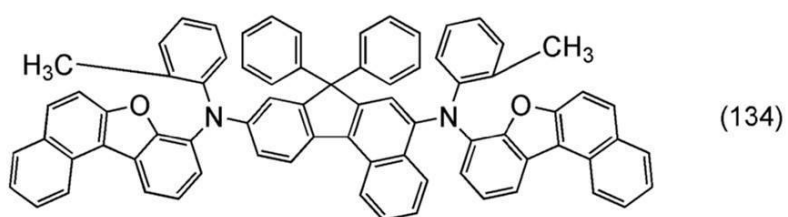
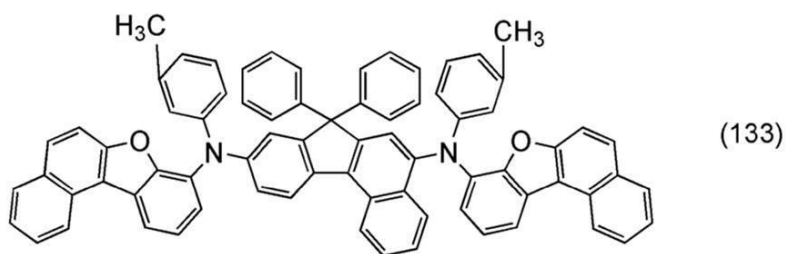
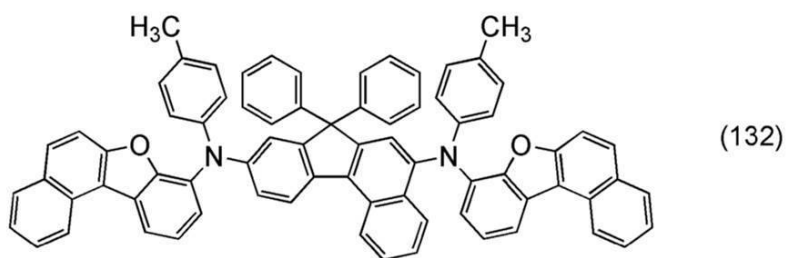
【 0 1 0 9 】

【化 3 0】



【 0 1 1 0】

【化 3 1】



【 0 1 1 1】

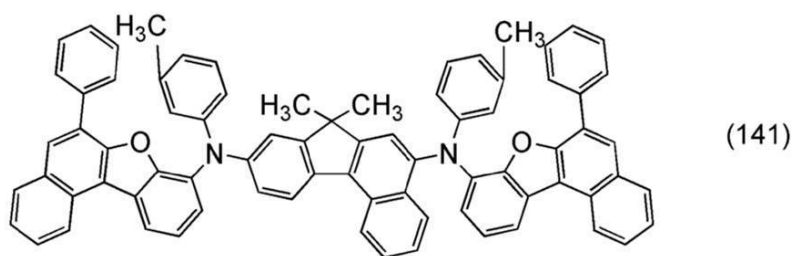
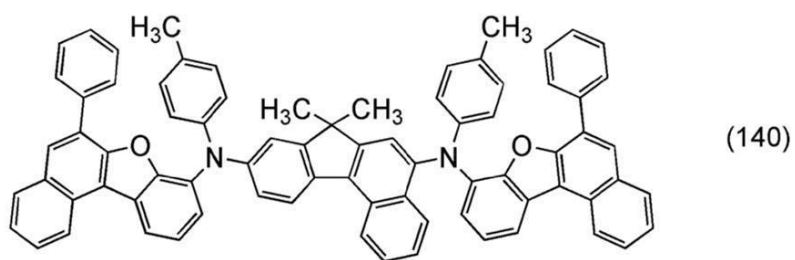
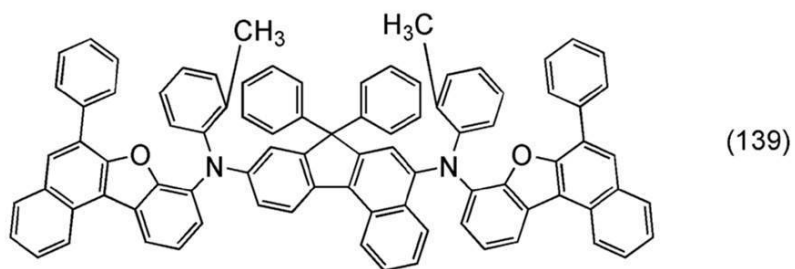
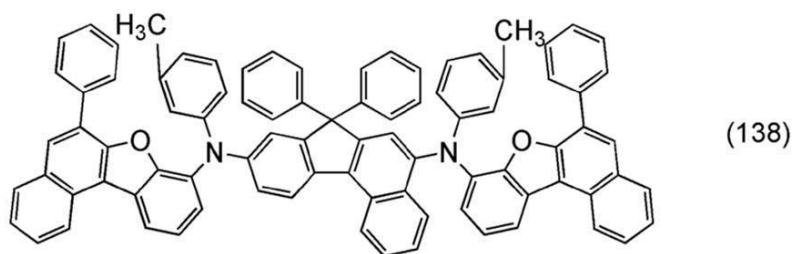
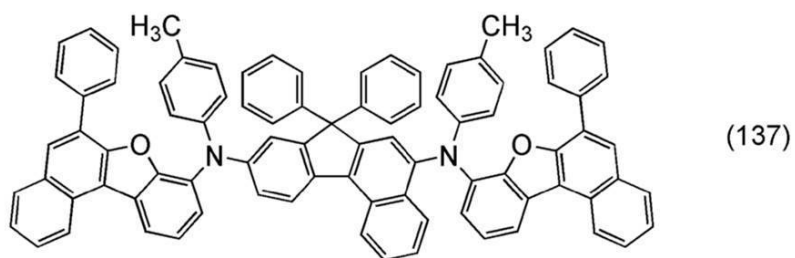
10

20

30

40

【化 3 2】



【 0 1 1 2 】

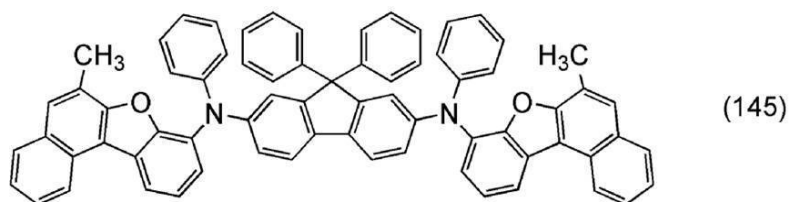
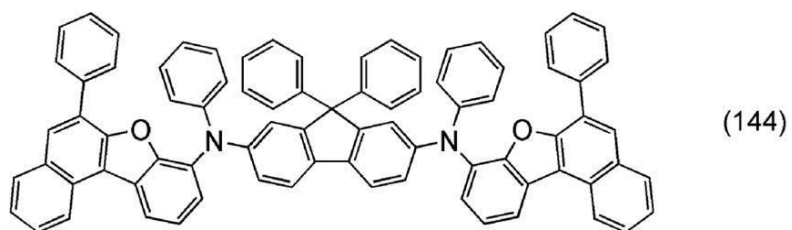
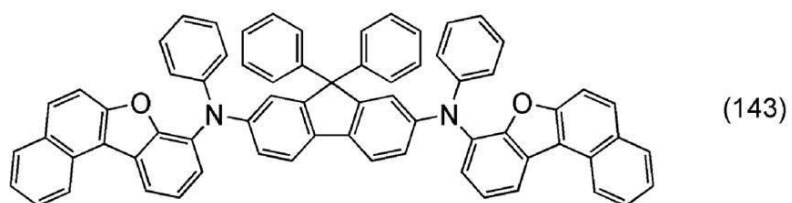
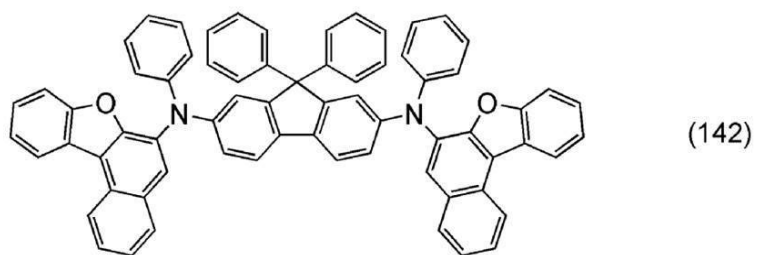
10

20

30

40

【化 3 3】



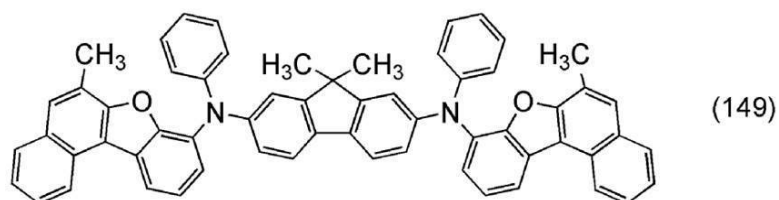
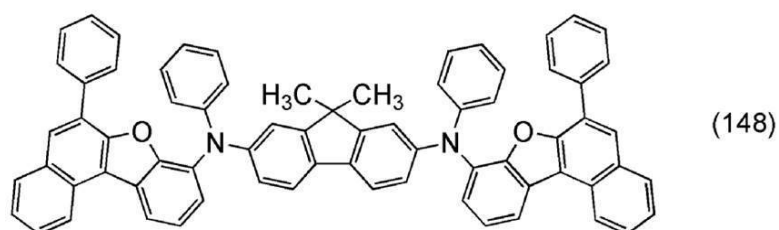
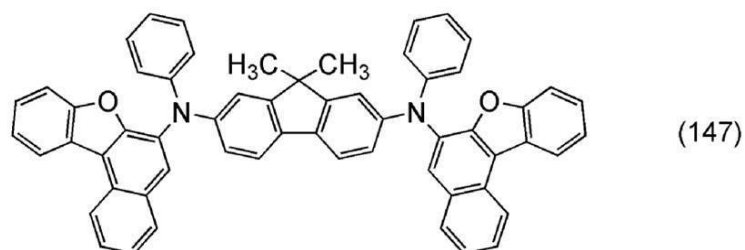
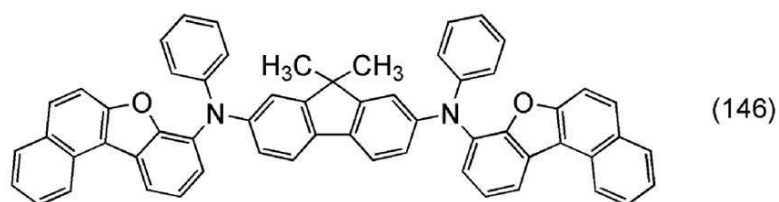
【 0 1 1 3 】

10

20

30

【化 3 4】



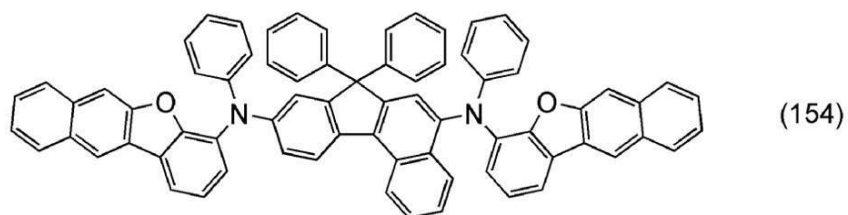
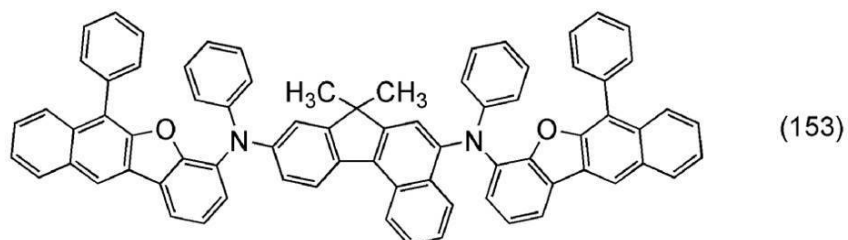
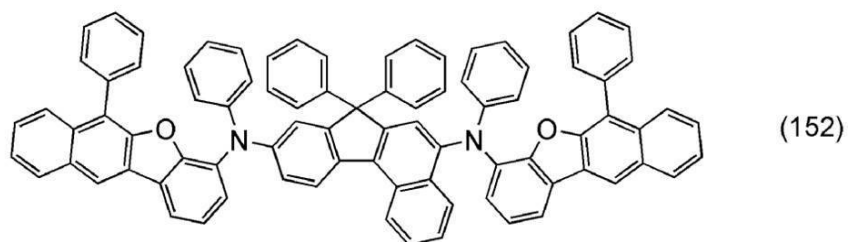
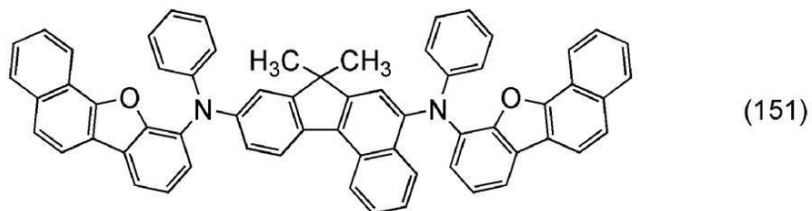
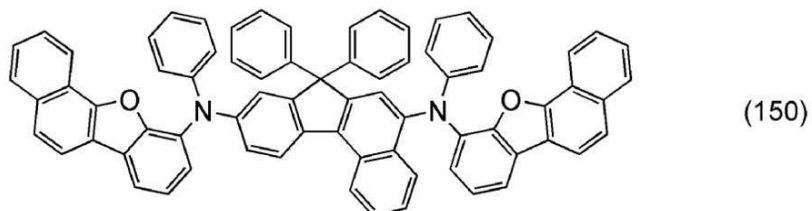
【 0 1 1 4 】

10

20

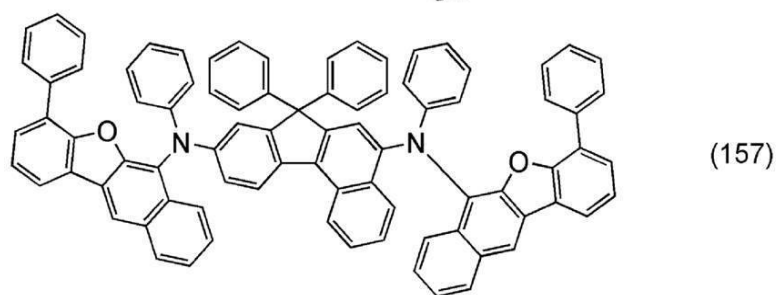
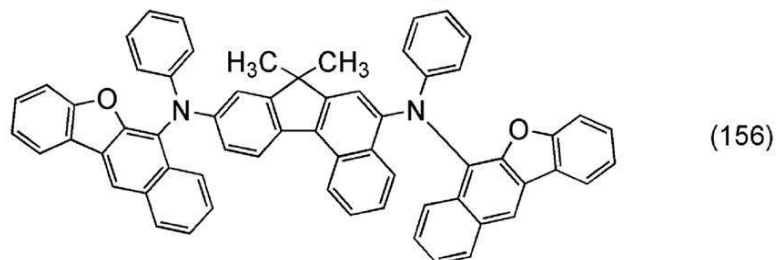
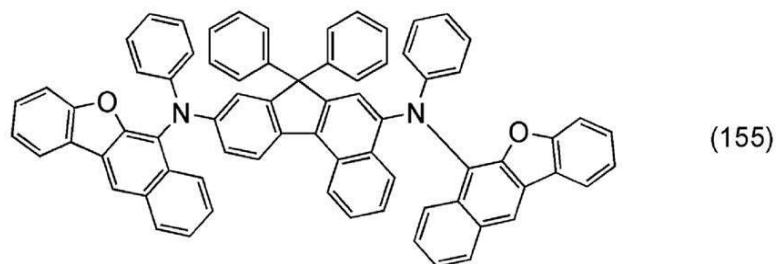
30

【化 3 5】



【 0 1 1 5 】

【化 3 6】

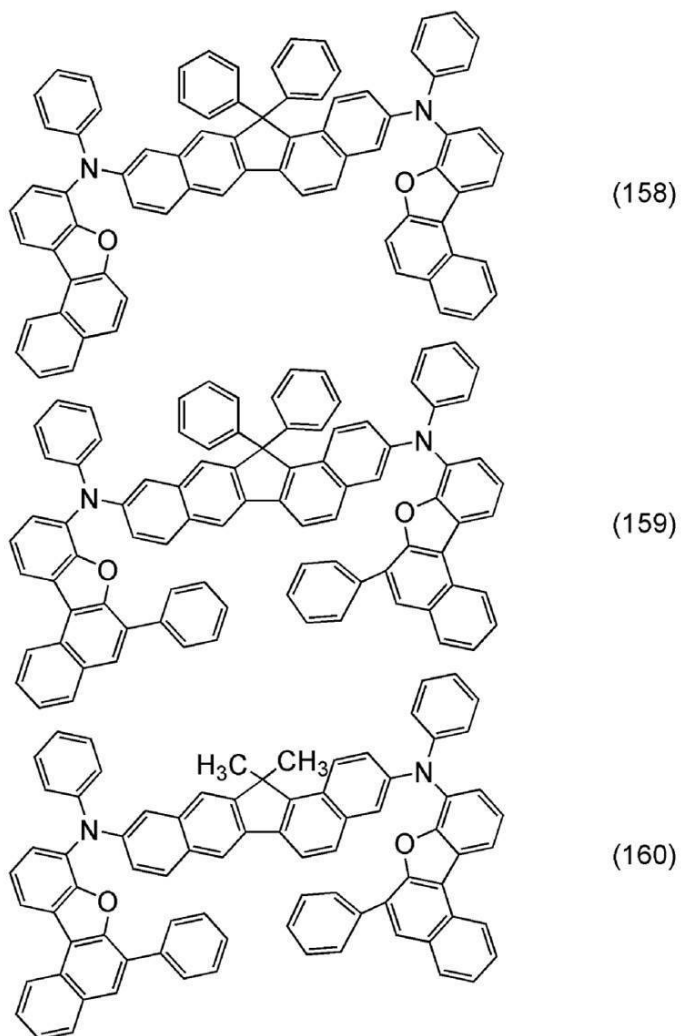


10

20

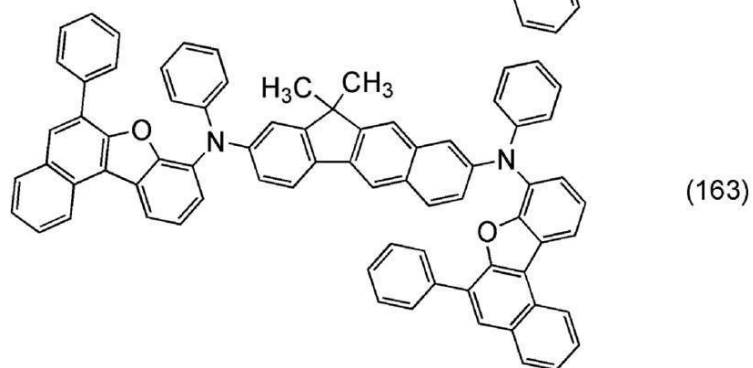
【 0 1 1 6 】

【化 3 7】



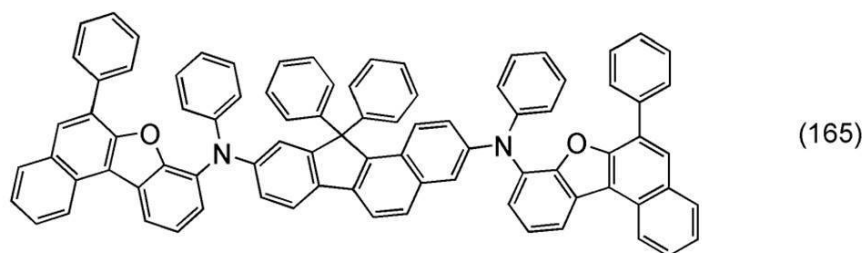
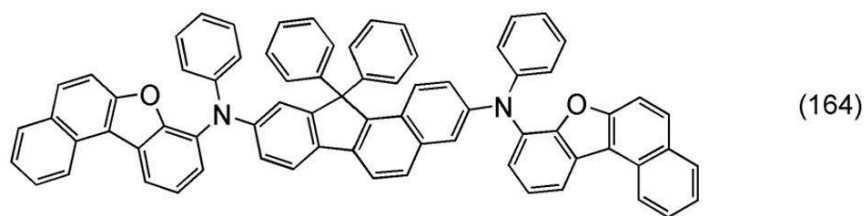
【 0 1 1 7 】

10

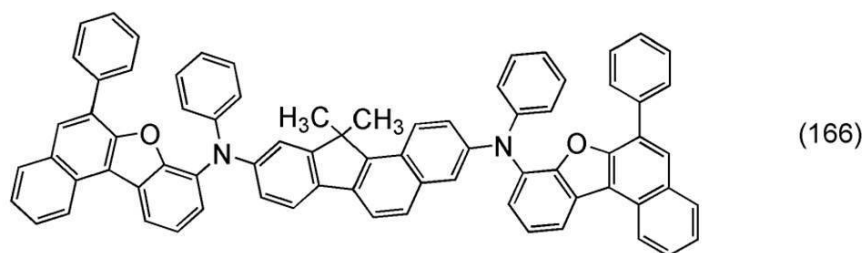


30

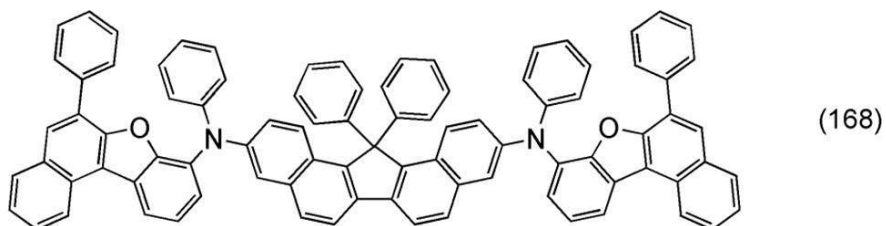
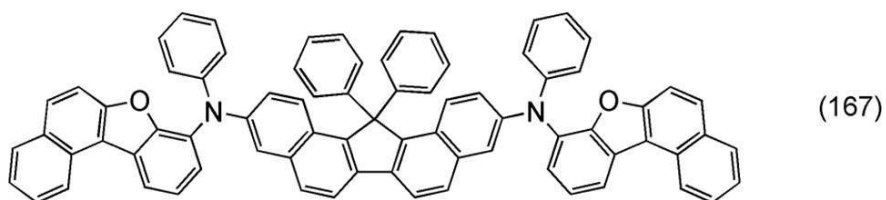
【化 3 9】



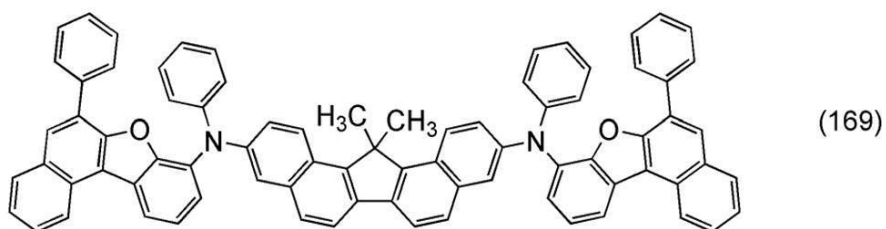
10



20

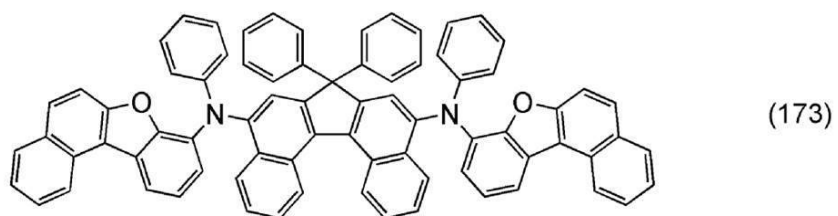
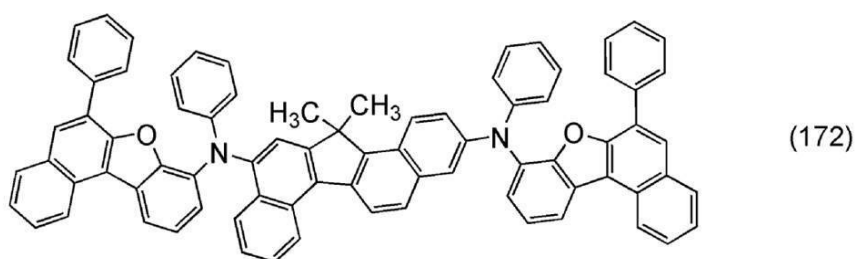
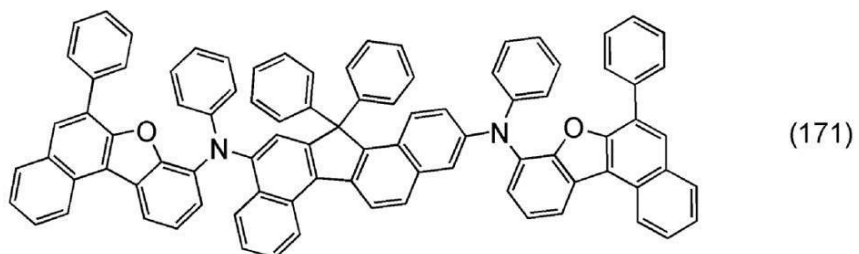
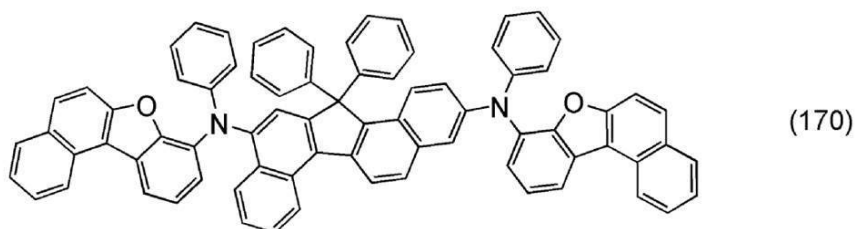


30



【 0 1 1 9 】

【化 4 0】



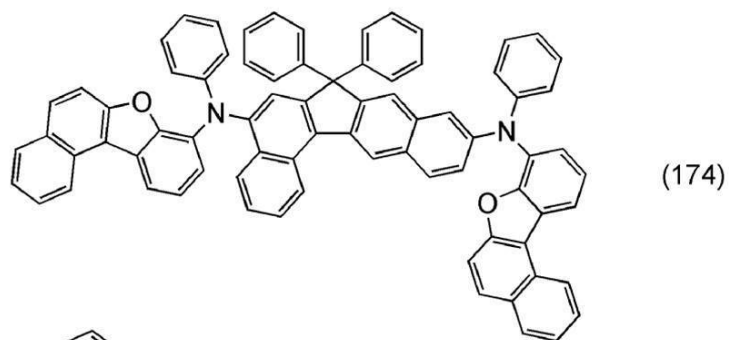
【 0 1 2 0】

10

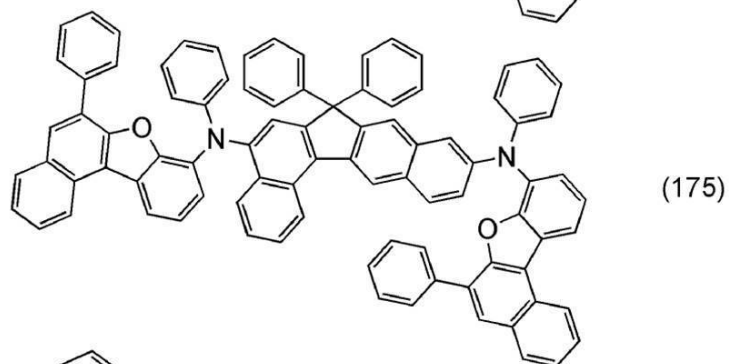
20

30

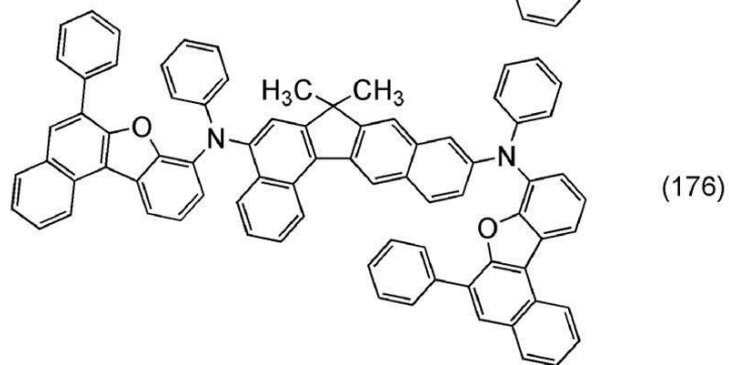
【化 4 1】



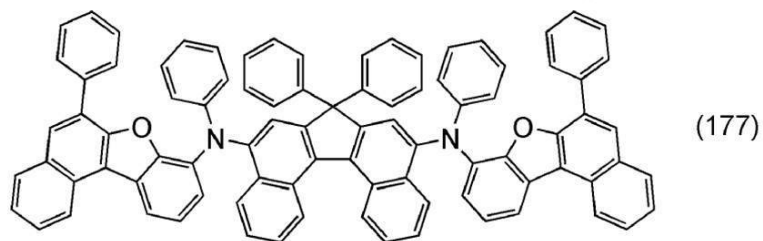
10



20

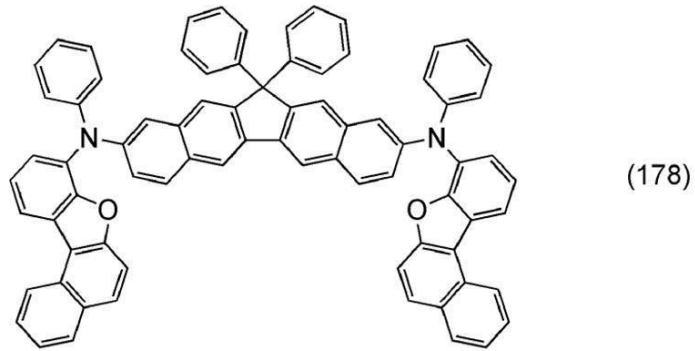


30

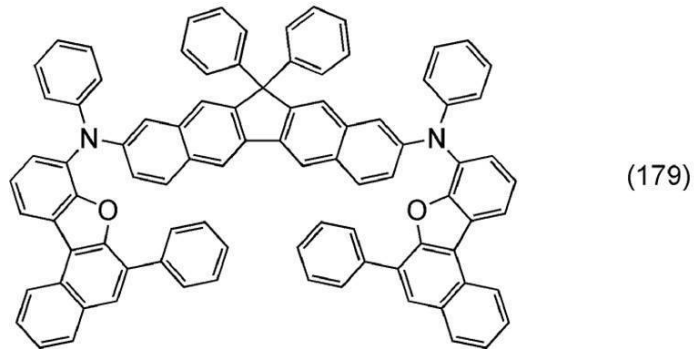


【 0 1 2 1 】

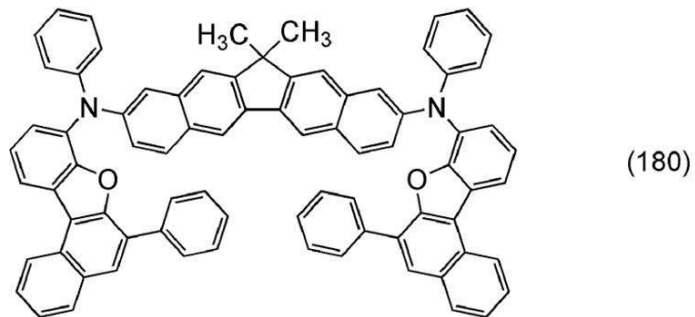
【化 4 2】



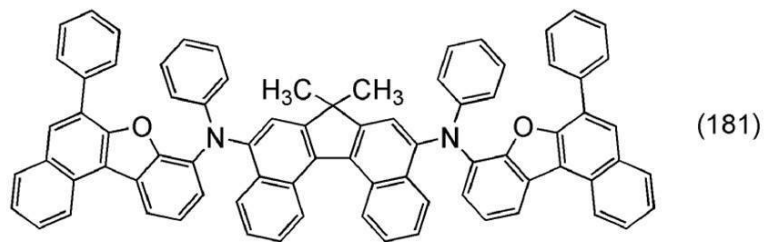
10



20



30



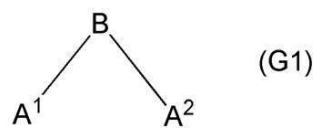
【 0 1 2 2 】

上に示したような、本発明の一態様である、下記一般式（G 1）で表される有機化合物の合成法について説明する。

【 0 1 2 3 】

40

【化 4 3】



【 0 1 2 4 】

一般式（G 1）で表される有機化合物の合成方法としては種々の反応を適用することができる。例えば、以下に示す合成反応を行うことによって、一般式（G 1）で表される有機化合物を合成することができる。なお、本発明の一態様である一般式（G 1）で表される

50

有機化合物の合成方法は、以下の合成方法に限定されない。

【 0 1 2 5 】

< 一般式 (G 1) で表される有機化合物の合成方法 >

本発明の一般式 (G 1) で表される有機化合物は、下記合成スキーム (a - 1) または (a - 2) のように合成することができる。すなわち、ベンゾナフトフラニルアミノ化合物 (化合物 1) とフルオレン骨格を有する化合物 (化合物 2) と、をカップリングすることにより、ベンゾナフトフラニルアミノ化合物 (化合物 3) を得ることが出来る。さらに化合物 3 と、ベンゾナフトフラニルアミノ化合物 (化合物 4) と、をカップリングすることにより目的物 (G 1) を得ることが出来る。以下に、合成スキーム (a - 1) および (a - 2) を示す。

10

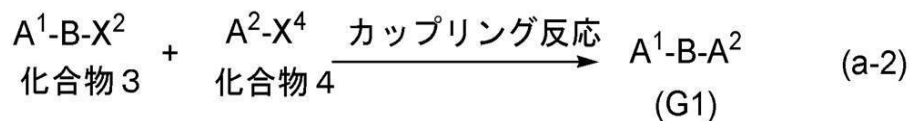
【 0 1 2 6 】

【 化 4 4 】



【 0 1 2 7 】

【 化 4 5 】



20

【 0 1 2 8 】

また、本発明の有機化合物 (G 1) の合成において、 A^1 と A^2 が同じ場合、下記合成スキーム (b - 1) のようにフルオレン骨格を有する化合物に対してベンゾナフトフラニルアミノ化合物 (化合物 1) を 2 当量カップリングさせることにより、1 段階にて目的物 (G 1 ') を得ることができる。当該合成スキーム (b - 1) を示す。

【 0 1 2 9 】

【 化 4 6 】



30

【 0 1 3 0 】

合成スキーム (a - 1) 、 (a - 2) または (b - 1) において、 A^1 及び A^2 はそれぞれ独立にベンゾナフトフラニルアミノ基を表し、B はフルオレン骨格を有する 2 価の基を表し、 X^1 および X^2 はそれぞれ独立に塩素、臭素、ヨウ素、トリフラート基を表し、 X^3 、 X^4 は水素、有機錫基等を表す。

【 0 1 3 1 】

合成スキーム (a - 1) または (a - 2) において、パラジウム触媒を用いたブッフバルト・ハートウィッグ反応を行う場合、ビス (ジベンジリデンアセトン) パラジウム (0) 、酢酸パラジウム (II) 、 [1 , 1 - ビス (ジフェニルホスフィン) フェロセン] パラジウム (II) ジクロリド、テトラキス (トリフェニルホスフィン) パラジウム (0) 、アリルパラジウム (II) クロリドダイマー等のパラジウム化合物と、トリ (tert - ブチル) ホスフィン、トリ (n - ヘキシル) ホスフィン、トリシクロヘキシルホスフィン、ジ (1 - アダマンチル) - n - ブチルホスフィン、2 - ジシクロヘキシルホスフィン - 2 ' , 6 ' - ジメトキシビフェニル、トリ (オルトトリル) ホスフィン、(S) - (6 , 6 ' - ジメトキシビフェニル - 2 , 2 ' - ジイル) ビス (ジイソプロピルホスフィン) 等の配位子を用いる事ができる。当該反応では、ナトリウム tert - ブトキシド等の有機塩基や、炭酸カリウム、炭酸セシウム、炭酸ナトリウム等の無機塩基等を用いることができる。当該反応では、溶媒として、トルエン、キシレン、ベンゼン、テトラヒドロフ

40

50

ラン、ジオキサン等を用いることができる。当該反応で用いることができる試薬類は、前記試薬類に限られるものではない。またこの反応は窒素やアルゴンなど不活性雰囲気下で行うことが好ましい。

【0132】

また、合成スキーム (a - 1)、(a - 2) または (b - 1) において、銅、又は銅化合物を用いたウルマン反応を行う場合、 X^1 及び X^2 はそれぞれ独立に塩素、臭素、ヨウ素を表し、 X^3 は水素を表す。当該反応では、銅もしくは銅化合物を用いる事ができる。また、当該反応に用いることができる塩基としては、炭酸カリウム等の無機塩基が挙げられる。また、当該反応において、用いることができる溶媒は、1, 3 - ジメチル - 3, 4, 5, 6 - テトラヒドロ - 2 (1H) ピリミジノン (DMPU)、トルエン、キシレン、ベンゼン等が挙げられる。ウルマン反応では、反応温度が 100 以上の方がより短時間かつ高収率で目的物が得られるため、沸点の高い DMPU、キシレンを用いることが好ましい。また、反応温度は 150 以上のより高温が更に好ましいため、より好ましくは DMPU を用いることとする。当該反応において、用いることができる試薬類は、前記試薬類に限られるものではない。またこの反応は窒素やアルゴンなど不活性雰囲気下で行うことが好ましい。

10

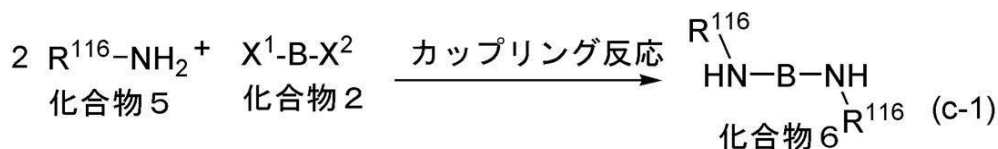
【0133】

本発明の一般式 (G1) で表される有機化合物は、下記合成スキーム (c - 1) または (c - 2) のように合成することもできる。すなわち、フルオレン骨格を有する化合物 (化合物 2) とアリールアミン (化合物 5) と、をカップリングし、ついで、ベンゾナフトフラン化合物 (化合物 7) をカップリングすることにより目的物 (G1') を得ることが出来る。以下に、合成スキーム (c - 1) または (c - 2) を示す。

20

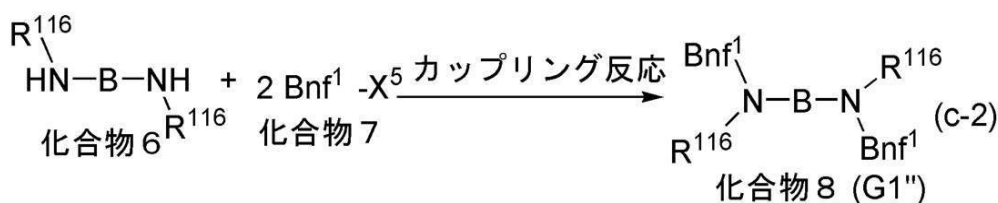
【0134】

【化47】



【0135】

【化48】



30

【0136】

合成スキーム (c - 1) または (c - 2) において、 R^{116} は炭素数 6 乃至 13 のアリール基を表し、 Bnf^1 はベンゾナフトフラニル基を表し、B はフルオレン骨格を有する 2 価の基を表し、 X^1 、 X^2 及び X^5 はそれぞれ独立に塩素、臭素、ヨウ素、トリフラート基を表す。

40

【0137】

合成スキーム (c - 1) または (c - 2) においては、パラジウム触媒を用いたブッフバルト・ハートウィッグ反応を行うことが出来る。なお、該反応を行う場合、使用する試薬は、合成スキーム (a - 1)、(a - 2) または (b - 1) と同様である。

【0138】

また、合成スキーム (c - 1) または (c - 2) において、銅、又は銅化合物を用いたウルマン反応を行う場合、 R^{116} は炭素数 6 乃至 13 のアリール基を表し、 Bnf^1 はベンゾナフトフラニル基を表し、B はフルオレン骨格を有する 2 価の基を表し、 X^1 乃至 X

50

² はそれぞれ独立に塩素、臭素、ヨウ素を表す。合成スキーム (c - 1) または (c - 2) において、銅、又は銅化合物を用いたウルマン反応を行う場合、用いることができる試薬は、合成スキーム (a - 1) または (a - 2)、及び (b - 1) と同様である。

【0139】

合成スキーム (c - 1) または (c - 2) に示す方法では、スキーム (c - 1) の生成物 (化合物 6) がフルオレンジアミンであり、該アミンは 2 級アミンである。2 級アミン構造を 1 分子内に 2 箇所所有する場合、化合物が酸化され易い、極性が非常に高い等の理由により、精製が非常に困難となる、収率が低くなる等の問題が挙げられる。一方、スキーム (a - 1) または (a - 2)、またはスキーム (b - 1) に示す方法は、中間体として 2 級アミンを 2 箇所所有する物質 (化合物 6) を経由しないため、該問題点が低減できる。従って、スキーム (c - 1) または (c - 2) に示す合成法よりも、スキーム (a - 1)、(a - 2) または (b - 1) に示す方法の方が好ましい。

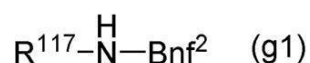
10

【0140】

本発明の一般式 (G 1) で表される有機化合物の前駆体であるベンゾナフトフラニルアミン化合物の合成について説明する。ベンゾナフトフラニルアミン化合物の構造を下記一般式 (g 1) に示す。

【0141】

【化 4 9】



20

【0142】

本発明の一般式 (G 1) における、A 1 および A 2 の構造は、同一でも異なってもよく、一般式 (g 1) で表すことができる。本発明の一般式 (g 1) で表される有機化合物は、下記合成スキーム (d - 1) のように合成することができる。すなわち、ベンゾナフトフラニル化合物 (化合物 10) とアリールアミン (化合物 9) と、をカップリングすることにより、ベンゾナフトフラニルアミノ化合物 (g 1) を得ることができる。以下に、合成スキーム (d - 1) を示す。

【0143】

【化 5 0】

30



【0144】

合成スキーム (d - 1) において、パラジウム触媒を用いたブッフバルト・ハートウィッグ反応を行う場合、R¹¹⁷ は炭素数 6 乃至 13 のアリール基を表し、Bnf² はベンゾナフトフラニル基を表し、X⁶ は塩素、臭素、ヨウ素、トリフラート基を表す。合成スキーム (d - 1) において、パラジウム触媒を用いたブッフバルト・ハートウィッグ反応を行う場合、用いることができる試薬は、合成スキーム (a - 1)、(a - 2) または (b - 1) と同様である。

40

【0145】

また、合成スキーム (d - 1) において、銅、又は銅化合物を用いたウルマン反応を行う場合、R¹¹⁷ は炭素数 6 乃至 13 のアリール基を表し、Bnf² はベンゾナフトフラニル基を表し、X⁶ は塩素、臭素、ヨウ素を表す。合成スキーム (d - 1) において、銅、又は銅化合物を用いたウルマン反応を行う場合、用いることができる試薬は、合成スキーム (a - 1)、(a - 2) または (b - 1) と同様である。

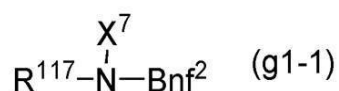
【0146】

化合物 (g 1) は、下記一般式 (g 1 - 1) に示す有機錫試薬としてから、合成スキーム (a - 1)、(a - 2) および (b - 1) に示す反応に用いることができる。

50

【 0 1 4 7 】

【 化 5 1 】



【 0 1 4 8 】

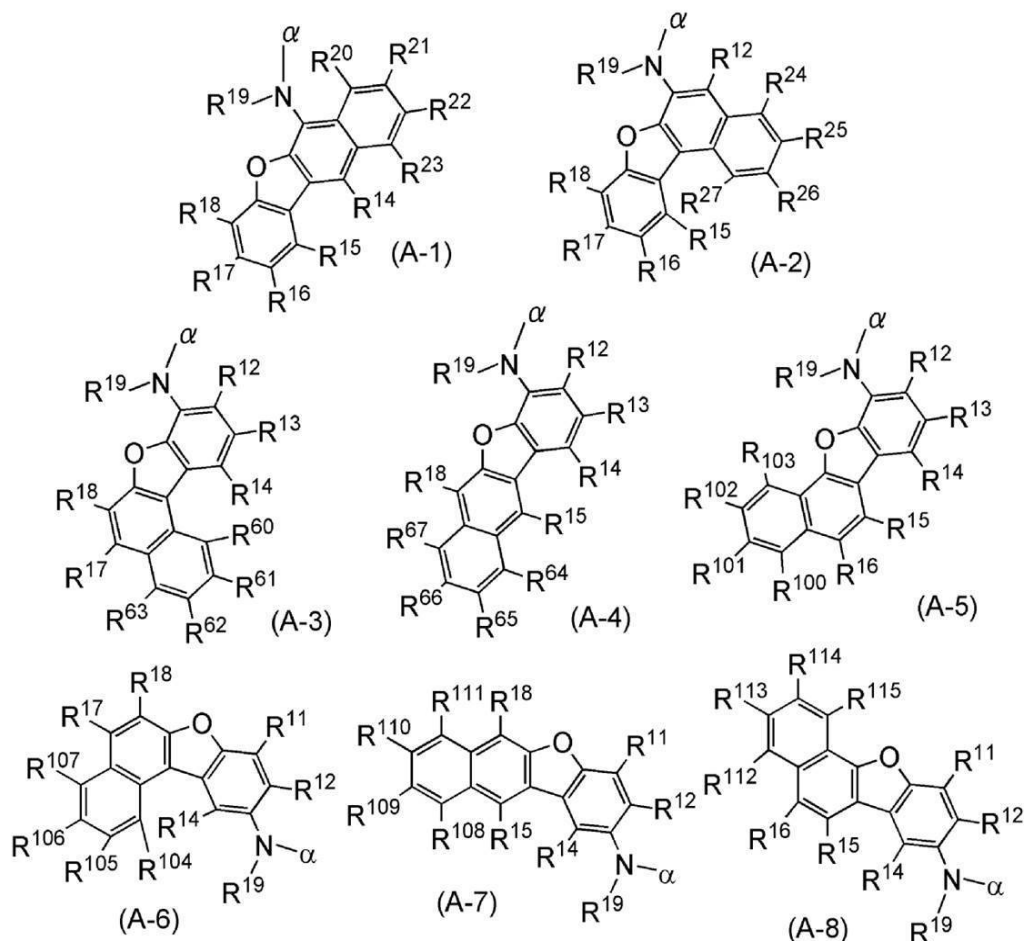
一般式 (g 1 - 1) において、 R^{117} は炭素数 6 乃至 13 のアリール基を表し、 Bnf^2 はベンゾナフトフラニル基を表し、 X^7 は有機錫基を表す。

【 0 1 4 9 】

なお、上記式 (G 1)、(a - 1)、(a - 2)、(b - 1)、(c - 1) 及び (c - 2) において、B は下記一般式 (B - 1) 乃至 (B - 10) のいずれか 1 を表す。また、上記式 (G 1)、(a - 1)、(a - 2) 及び (b - 1) において、 A^1 及び A^2 はそれぞれ独立に下記一般式 (A - 1) 乃至 (A - 8) のいずれか 1 を表し、(A - 1) 乃至 (A - 8) は の位置で B の母骨格及び X^3 、 X^4 に結合している。

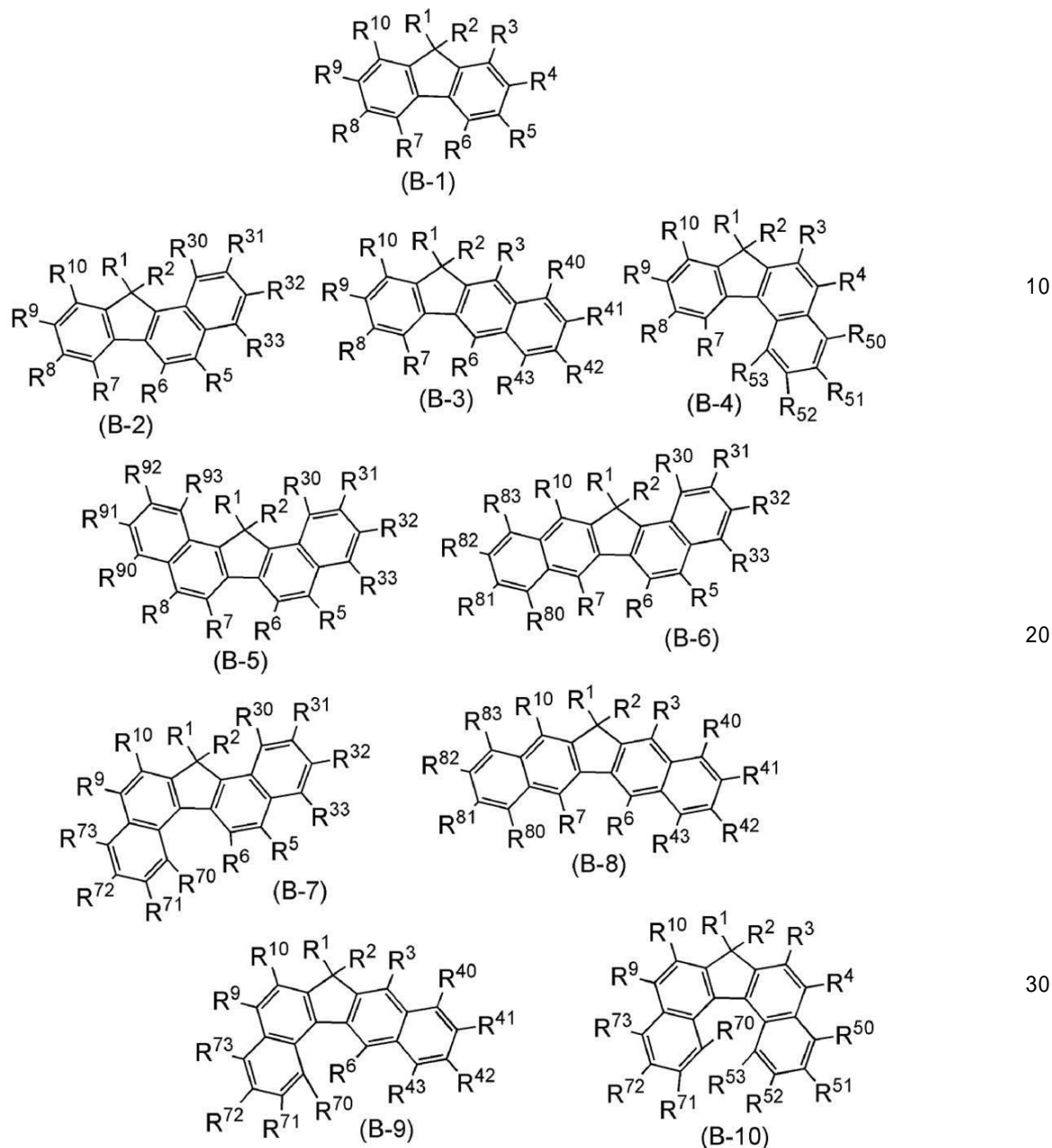
【 0 1 5 0 】

【 化 5 2 】



【 0 1 5 1 】

【化 5 3】



【0152】

但し、一般式 (B-1) 乃至 (B-10) において、 R^1 乃至 R^{10} 、 R^{30} 乃至 R^{33} 、 R^{40} 乃至 R^{43} 、 R^{50} 乃至 R^{53} 、 R^{70} 乃至 R^{73} 、 R^{80} 乃至 R^{83} 及び R^{90} 乃至 R^{93} はそれぞれ独立に、水素、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換又は無置換の炭素数 3 乃至 6 のシクロアルキル基、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン及び置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基のいずれかを表す。

【0153】

また、一般式 (B-1) 乃至 (B-10) に結合する置換基 R^3 乃至 R^{10} 、 R^{30} 乃至 R^{33} 、 R^{40} 乃至 R^{43} 、 R^{50} 乃至 R^{53} 、 R^{70} 乃至 R^{73} 、 R^{80} 乃至 R^{83} 及び R^{90} 乃至 R^{93} は、一般式 (B-1) 乃至 (B-10) それぞれにおいて、少なくとも 2 つが下記一般式 (A-1) 乃至 (A-8) から選ばれる基であるものとする。

【0154】

また、一般式 (A-1) 乃至 (A-8) において、 R^{11} 乃至 R^{18} 、 R^{20} 乃至 R^{27} 、 R^{60} 乃至 R^{67} 及び R^{100} 乃至 R^{115} はそれぞれ独立に、水素、置換又は無置換

40

50

の炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基、置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン及び置換又は無置換の炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基のいずれかを表す。また、 R^{1-9} は置換又は無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基を表す。

【0155】

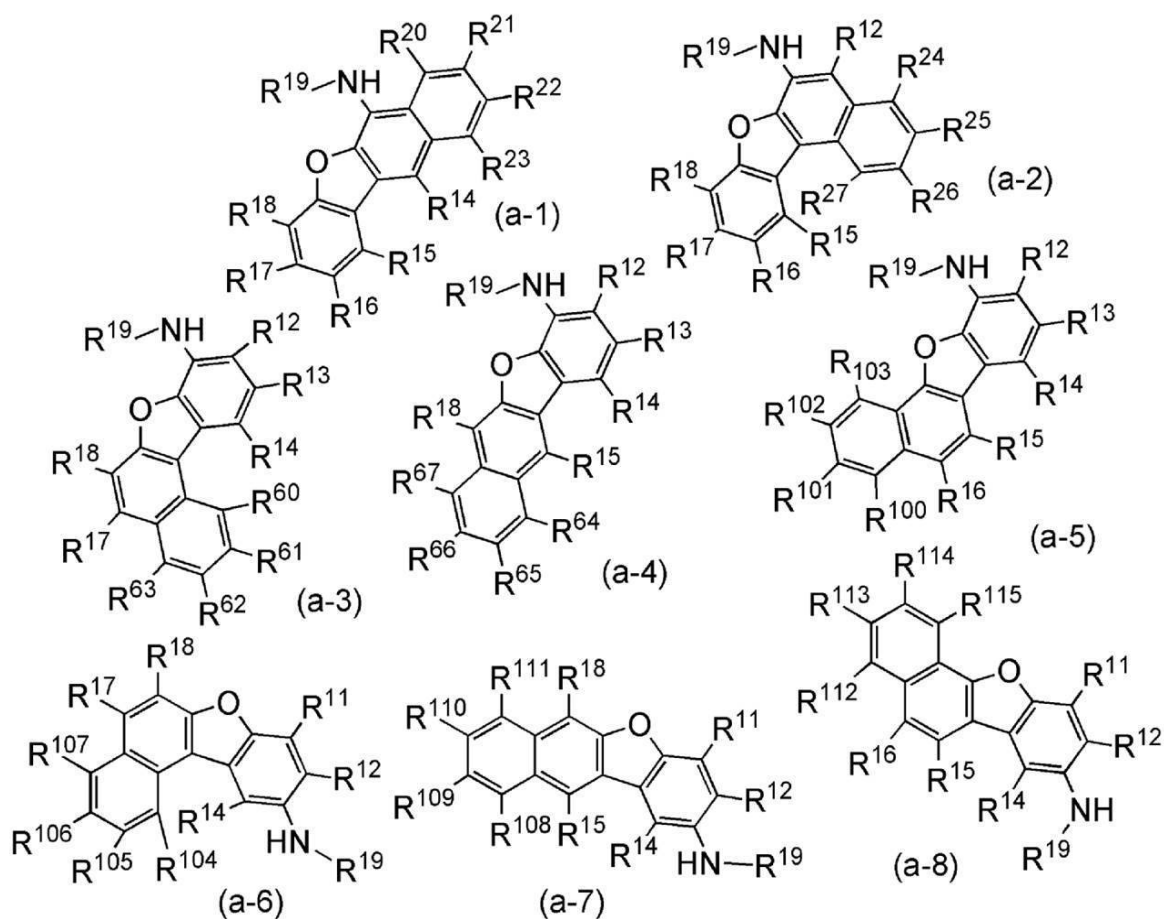
以上のようにして、本実施の形態の有機化合物を合成することができる。

【0156】

上記式 (a-1)、(a-2) 及び (b-1) の反応による合成の際に用いられる、化合物 1 及び化合物 4 としては、例えば下記一般式 (a-1) 乃至 (a-8) で表される有機化合物を用いることができる。

【0157】

【化 5 4】

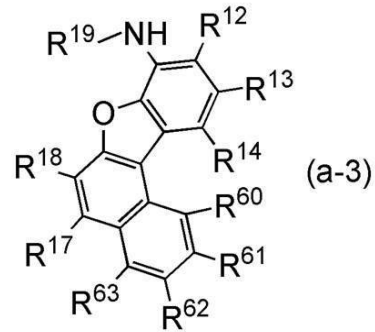


【0158】

なお、上記式 (a-1) 乃至 (a-8) で示した化合物の中でも、下記一般式 (a-3) 表される有機化合物を用いて合成した有機化合物が色純度の良い青色発光を得ることができるため、蛍光発光材料として好適に用いることができる。

【0159】

【化 5 5】



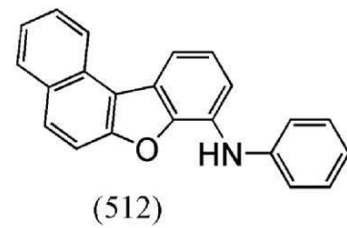
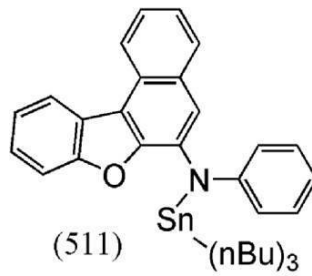
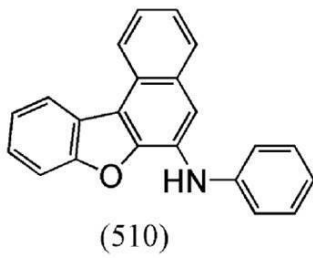
10

【 0 1 6 0】

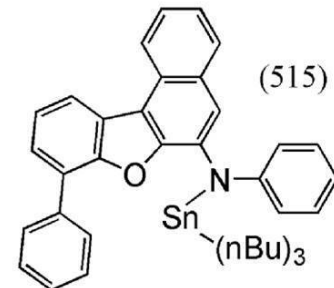
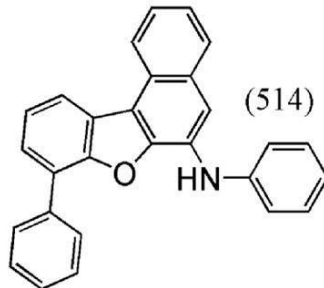
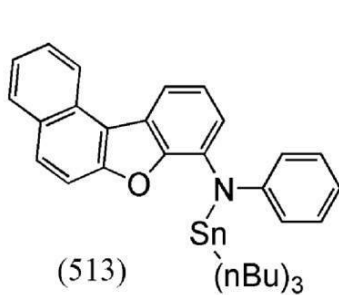
また、上記合成の際に用いられる、化合物 1 及び化合物 4 の具体例としては、以下のよう
なものが挙げられる。

【 0 1 6 1】

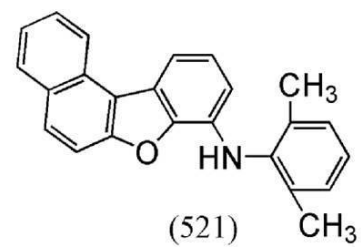
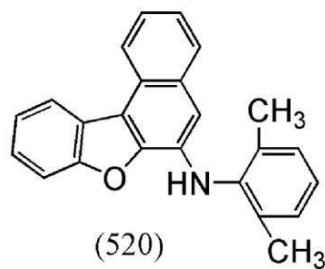
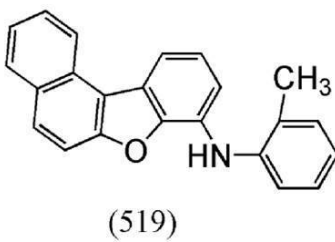
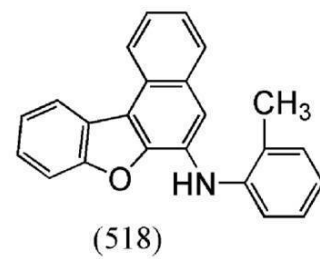
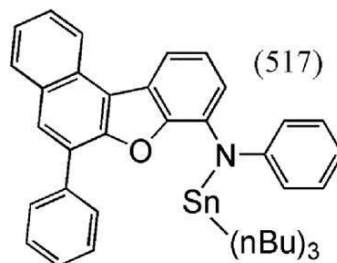
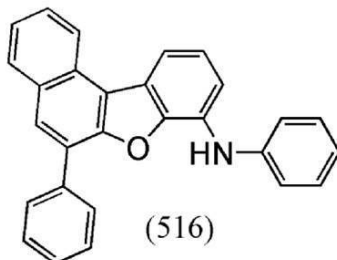
【化 5 6】



20



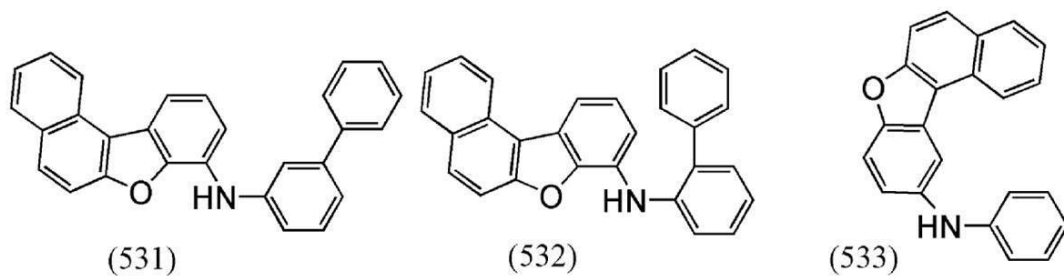
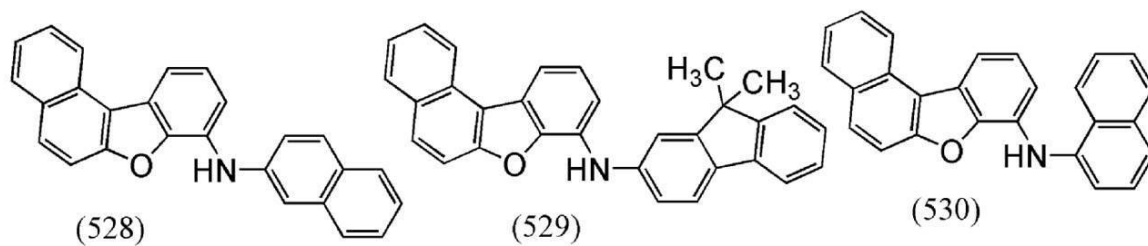
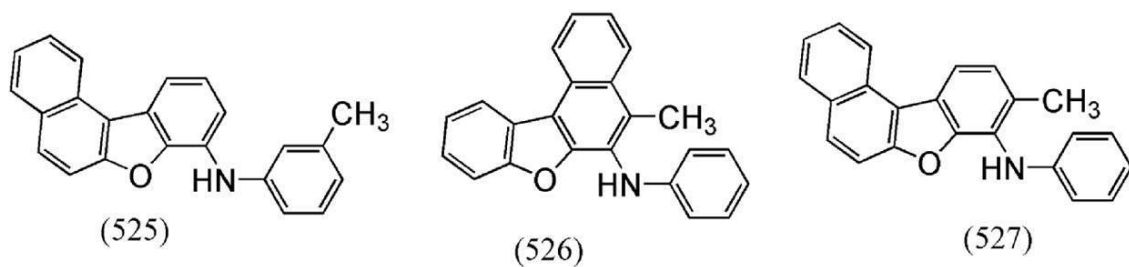
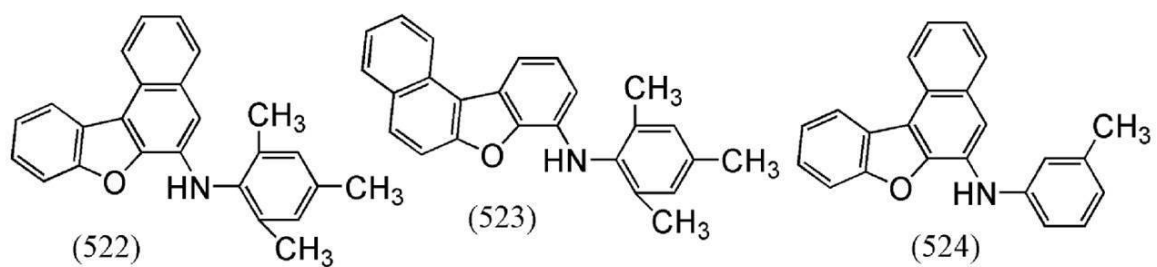
30



40

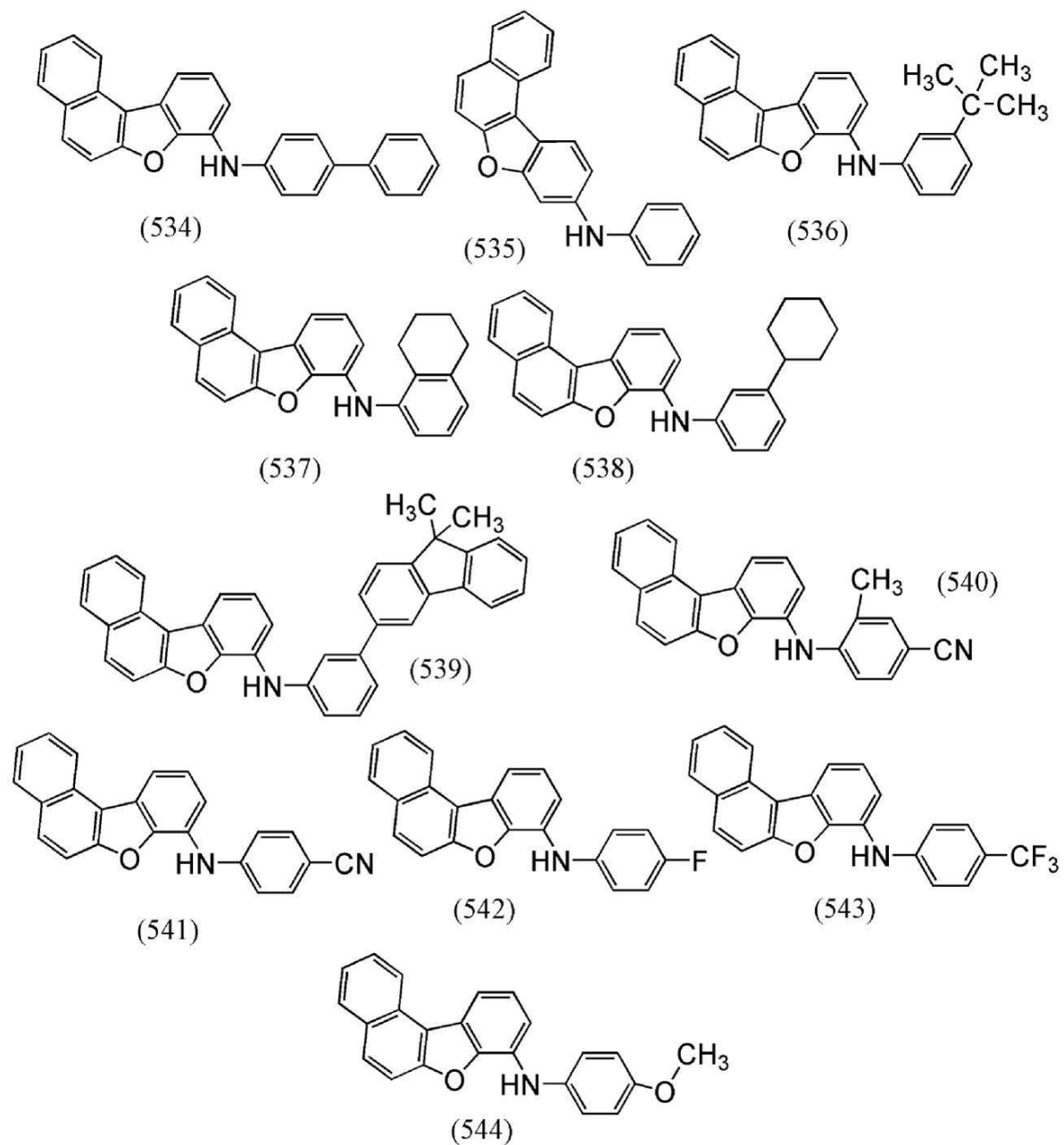
【 0 1 6 2】

【化 5 7】



【 0 1 6 3 】

【化 5 8】



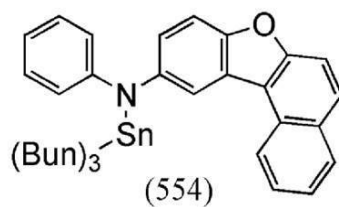
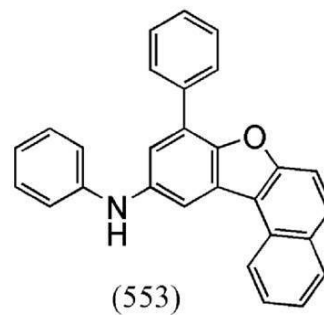
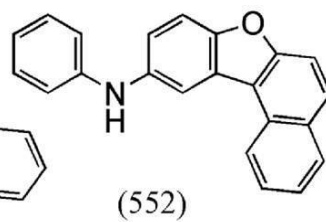
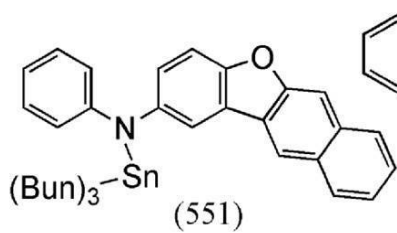
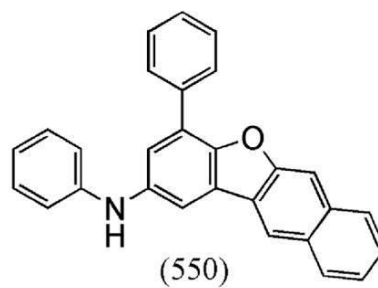
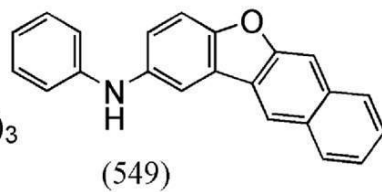
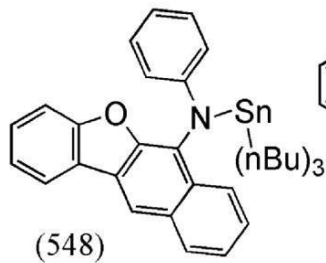
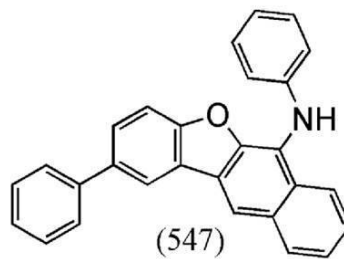
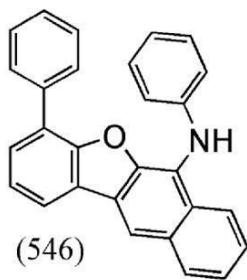
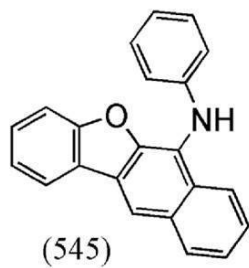
10

20

30

【 0 1 6 4 】

【化 5 9】



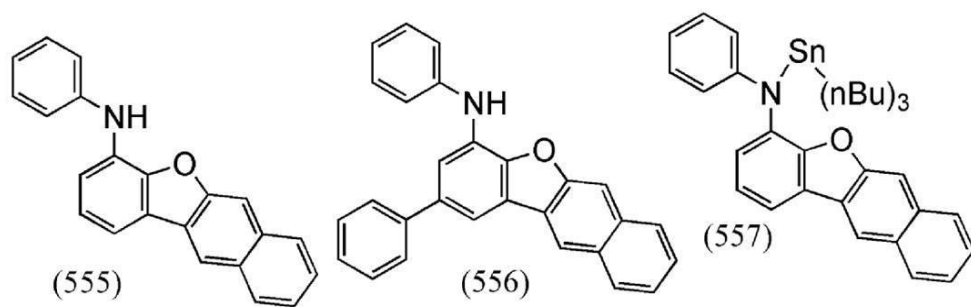
【 0 1 6 5 】

10

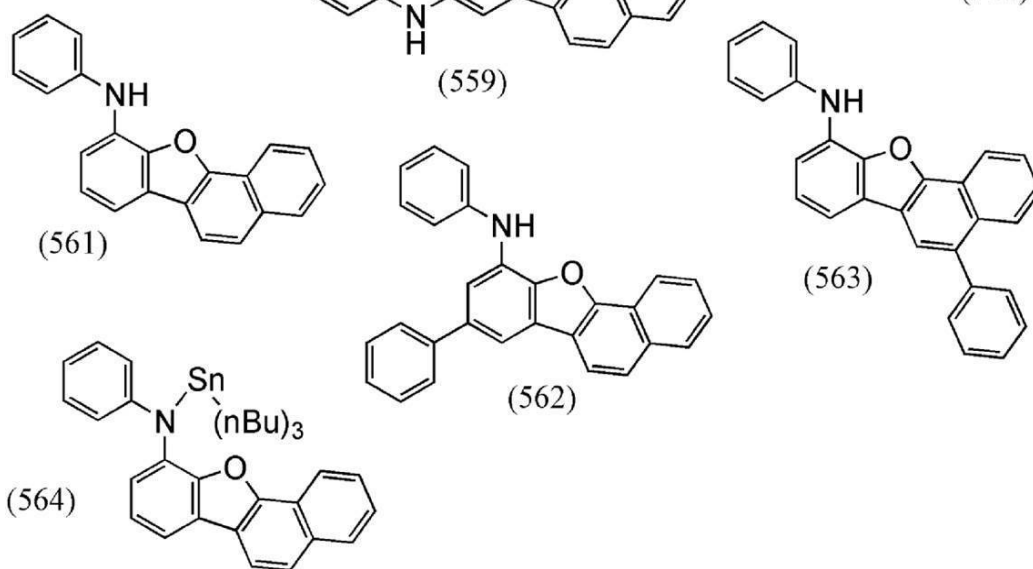
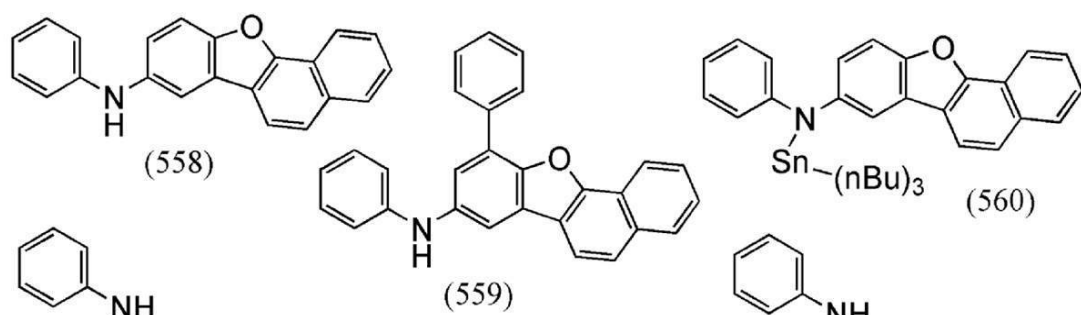
20

30

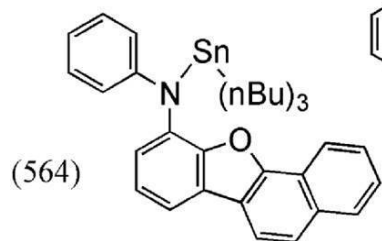
【化 6 0】



10



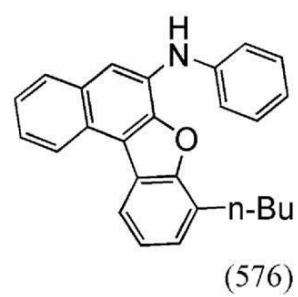
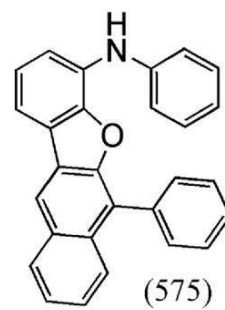
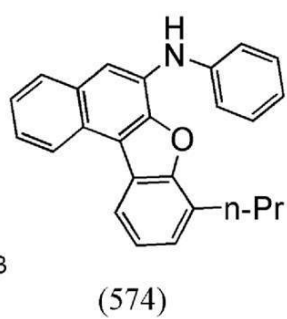
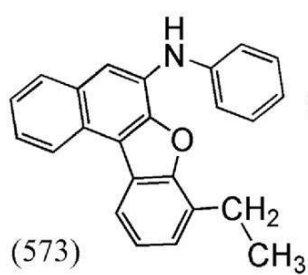
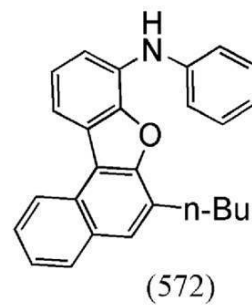
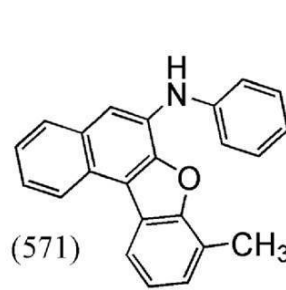
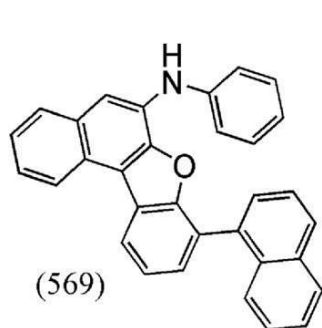
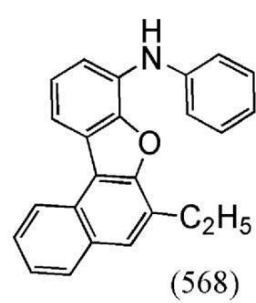
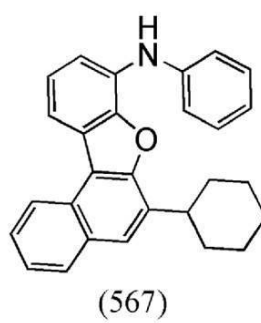
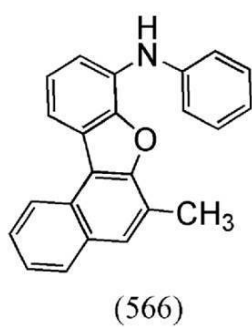
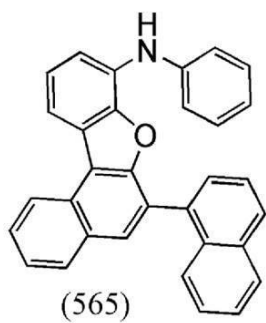
20



30

【 0 1 6 6】

【化 6 1】



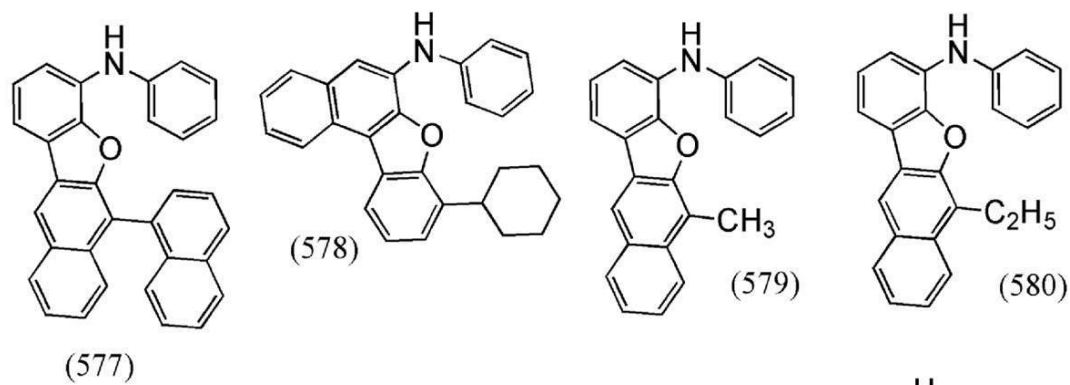
【 0 1 6 7 】

10

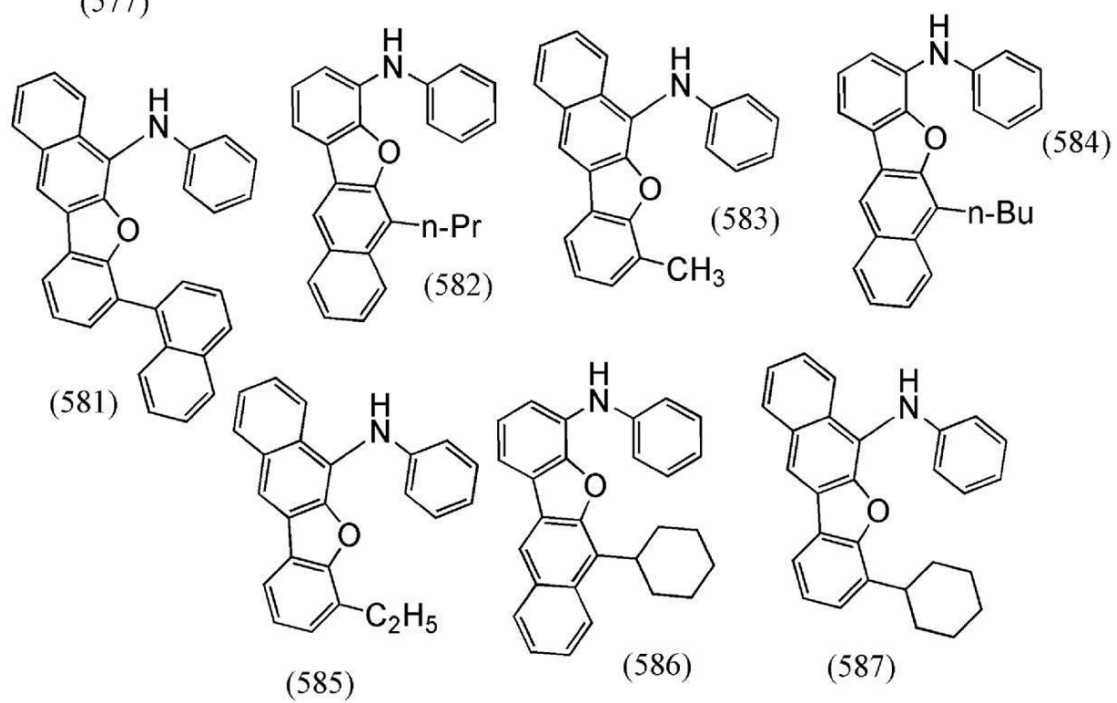
20

30

【化 6 2】



10

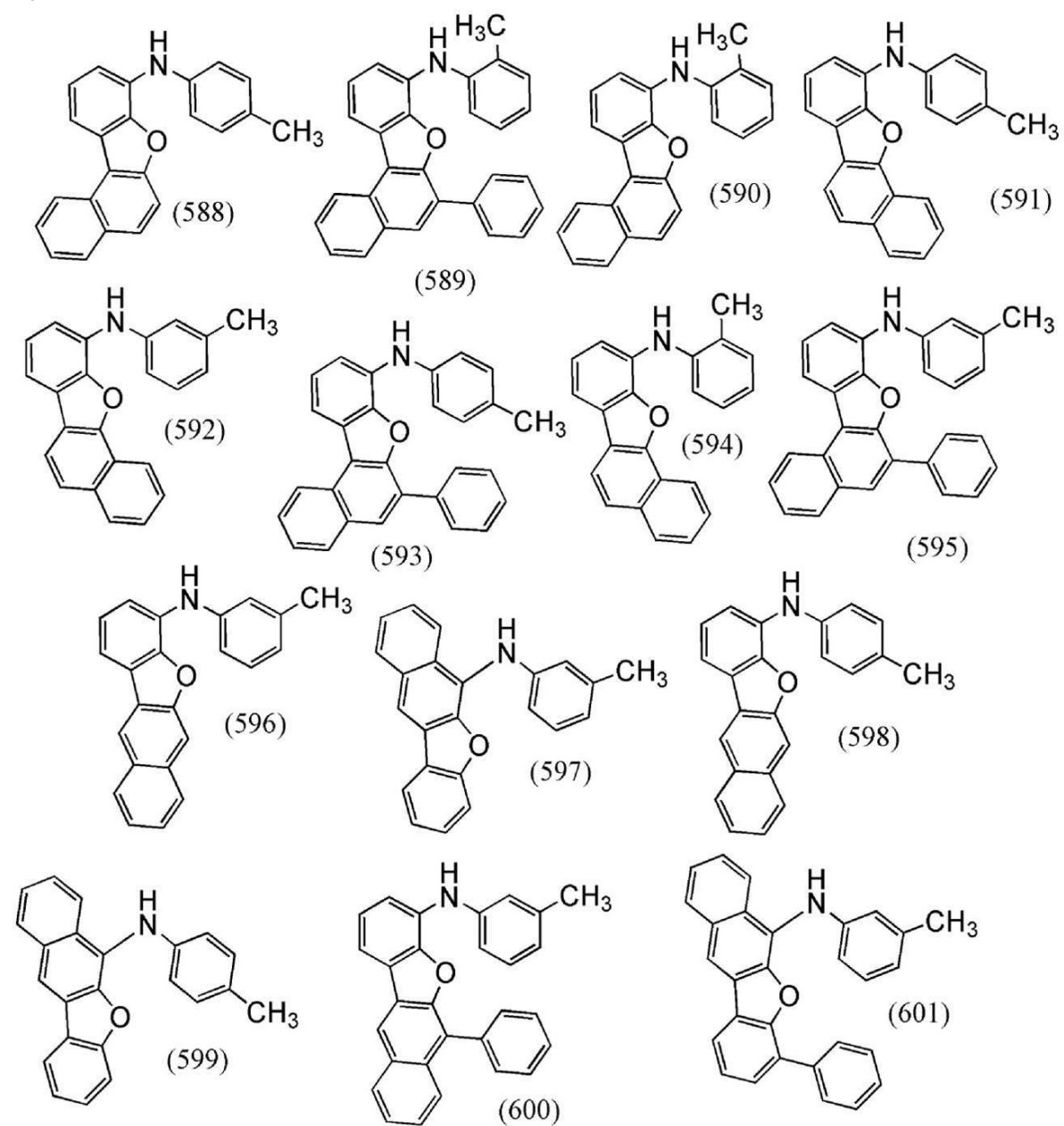


20

【 0 1 6 8 】

30

【化 6 3】



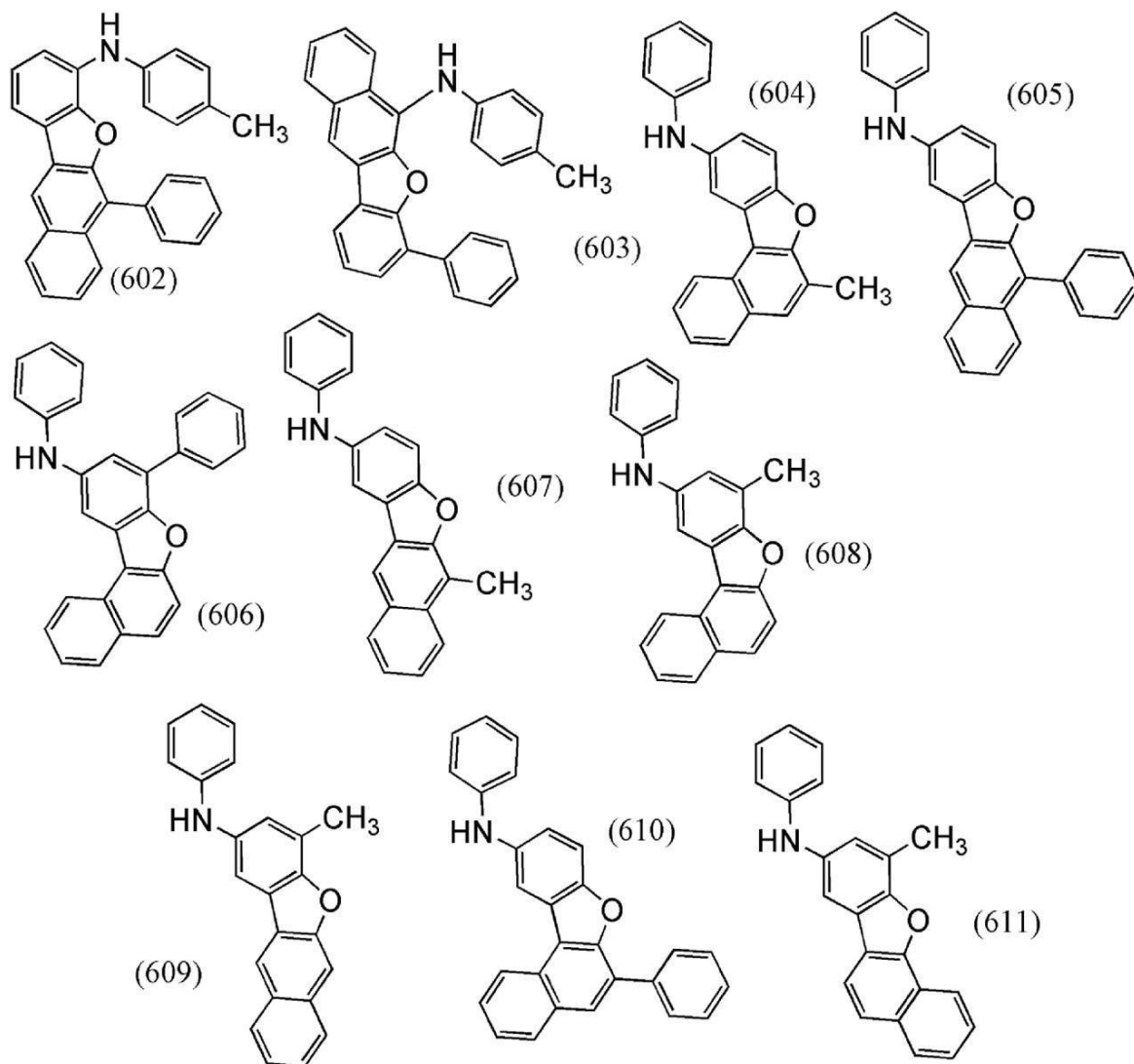
10

20

30

【 0 1 6 9 】

【化 6 4】



【 0 1 7 0 】

発光素子

続いて、本発明の一態様である発光素子の例について図 1 (A) を用いて以下、詳細に説明する。

【 0 1 7 1 】

本実施の形態における発光素子は、第 1 の電極 1 0 1 と、第 2 の電極 1 0 2 とからなる一対の電極と、第 1 の電極 1 0 1 と第 2 の電極 1 0 2 との間に設けられた E L 層 1 0 3 とから構成されている。なお、第 1 の電極 1 0 1 は陽極として機能し、第 2 の電極 1 0 2 は陰極として機能するものとして、以下説明をする。

【 0 1 7 2 】

第 1 の電極 1 0 1 を陽極として機能させるためには、仕事関数の大きい (具体的には 4 . 0 e V 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 (I T O : I n d i u m T i n O x i d e)、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 (I W Z O) 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 乃至 2 0 w t % 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 (I W Z O) は、酸化インジウム

に対し酸化タングステンを 0.5 乃至 5 wt %、酸化亜鉛を 0.1 乃至 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、金 (Au)、白金 (Pt)、ニッケル (Ni)、タングステン (W)、クロム (Cr)、モリブデン (Mo)、鉄 (Fe)、コバルト (Co)、銅 (Cu)、パラジウム (Pd)、または金属材料の窒化物 (例えば、窒化チタン) 等が挙げられる。グラフェンも用いることができる。なお、後述する複合材料を、EL 層 103 における第 1 の電極 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。

【0173】

EL 層 103 は積層構造を有し、当該積層構造のいずれかの層に上記一般式 (G1) 乃至 (G6) のいずれかで表される有機化合物が含まれることが好ましい。

10

【0174】

EL 層 103 の積層構造は、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、中間層等を適宜組み合わせる構成することができる。ここでは、EL 層 103 は、第 1 の電極 101 の上に正孔注入層 111、正孔輸送層 112、発光層 113、電子輸送層 114、電子注入層 115 の順で積層構造を有する構成について説明する。各層を構成する材料の例について以下に具体的に示す。

【0175】

正孔注入層 111 は、正孔注入性の高い物質を含む層である。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: H_2Pc) や銅フタロシアニン ($CuPC$) 等のフタロシアニン系の化合物、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。

20

【0176】

また、正孔注入層 111 として、正孔輸送性の物質にアクセプター性物質を含有させた複合材料を用いることができる。なお、正孔輸送性の物質にアクセプター性物質を含有させたものを用いることにより、電極の仕事関数に依らず電極を形成する材料を選ぶことができる。つまり、第 1 の電極 101 として仕事関数の大きい材料だけでなく、仕事関数の小さい材料も用いることができるようになる。アクセプター性物質としては、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: F_4-TCNQ)、3,6-ジフルオロ-2,5,7,7,8,8-ヘキサシアノキノジメタン、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) 等を用いることができる。アクセプター性を有する有機化合物としては、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、遷移金属酸化物を挙げることができる。また元素周期表における第 4 族乃至第 8 族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムは電子受容性が高いため好ましい。中でも特に、酸化モリブデンは大気中でも安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。アクセプター性を有する有機化合物は、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。

30

40

【0177】

複合材料に用いる正孔輸送性の物質としては、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、 dendrimer、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の物質としては、 $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。以下で

50

は、複合材料における正孔輸送性の物質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。

【0178】

複合材料に用いることのできる芳香族アミン化合物としては、N, N' - ジ (p - トリル) - N, N' - ジフェニル - p - フェニレンジアミン (略称 : D T D P P A)、4, 4' - ビス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称 : D P A B)、N, N' - ビス { 4 - [ビス (3 - メチルフェニル) アミノ] フェニル } - N, N' - ジフェニル - (1, 1' - ビフェニル) - 4, 4' - ジアミン (略称 : D N T P D)、1, 3, 5 - トリス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] ベンゼン (略称 : D P A 3 B) 等を挙げることができる。カルバゾール誘導体としては、具体的には、3 - [N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称 : P C z P C A 1)、3, 6 - ビス [N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称 : P C z P C A 2)、3 - [N - (1 - ナフチル) - N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) アミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称 : P C z P C N 1)、4, 4' - ジ (N - カルバゾリル) ビフェニル (略称 : C B P)、1, 3, 5 - トリス [4 - (N - カルバゾリル) フェニル] ベンゼン (略称 : T C P B)、9 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 9 H - カルバゾール (略称 : C z P A)、1, 4 - ビス [4 - (N - カルバゾリル) フェニル] - 2, 3, 5, 6 - テトラフェニルベンゼン等を用いることができる。芳香族炭化水素としては、例えば、2 - t e r t - ブチル - 9, 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称 : t - B u D N A)、2 - t e r t - ブチル - 9, 10 - ジ (1 - ナフチル) アントラセン、9, 10 - ビス (3, 5 - ジフェニルフェニル) アントラセン (略称 : D P P A)、2 - t e r t - ブチル - 9, 10 - ビス (4 - フェニルフェニル) アントラセン (略称 : t - B u D B A)、9, 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称 : D N A)、9, 10 - ジフェニルアントラセン (略称 : D P A n t h)、2 - t e r t - ブチルアントラセン (略称 : t - B u A n t h)、9, 10 - ビス (4 - メチル - 1 - ナフチル) アントラセン (略称 : D M N A)、2 - t e r t - ブチル - 9, 10 - ビス [2 - (1 - ナフチル) フェニル] アントラセン、9, 10 - ビス [2 - (1 - ナフチル) フェニル] アントラセン、2, 3, 6, 7 - テトラメチル - 9, 10 - ジ (1 - ナフチル) アントラセン、2, 3, 6, 7 - テトラメチル - 9, 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン、9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ジフェニル - 9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ビス (2 - フェニルフェニル) - 9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ビス [(2, 3, 4, 5, 6 - ペンタフェニル) フェニル] - 9, 9' - ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、2, 5, 8, 11 - テトラ (t e r t - ブチル) ペリレン等が挙げられる。また、この他、ペンタセン、コロネン等も用いることができる。ビニル骨格を有していてもよい。ビニル骨格を有している芳香族炭化水素としては、例えば、4, 4' - ビス (2, 2 - ジフェニルビニル) ビフェニル (略称 : D P V B i)、9, 10 - ビス [4 - (2, 2 - ジフェニルビニル) フェニル] アントラセン (略称 : D P V P A) 等が挙げられる。なお、本発明の一態様の有機化合物も用いることができる。

【0179】

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

【0180】

正孔注入層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素子を得ることが可能となる。

【 0 1 8 1 】

なお、正孔注入層は、上述したアクセプター材料を単独または他の材料と混合して形成しても良い。この場合、アクセプター材料が正孔輸送層から電子を引き抜き、正孔輸送層に正孔注入することができる。アクセプター材料は引き抜いた電子を陽極へ輸送する。

【 0 1 8 2 】

正孔輸送層 1 1 2 は、正孔輸送性の物質を含む層である。正孔輸送性の物質としては、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 : N P B) や N, N' - ビス (3 - メチルフェニル) - N, N' - ジフェニル - [1, 1' - ビフェニル] - 4, 4' - ジアミン (略称 : T P D)、4, 4', 4'' - トリス (N, N - ジフェニルアミノ) トリフェニルアミン (略称 : T D A T A)、4, 4', 4'' - トリス [N - (3 - メチルフェニル) - N - フェニルアミノ] トリフェニルアミン (略称 : M T D A T A)、4, 4' - ビス [N - (スピロ - 9, 9' - ビフルオレン - 2 - イル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称 : B S P B)、4 - フェニル - 4' - (9 - フェニルフルオレン - 9 - イル) トリフェニルアミン (略称 : B P A F L P) などの芳香族アミン化合物等を用いることができる。ここに述べた物質は、正孔輸送性が高く、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質である。また、上述の複合材料における正孔輸送性の物質として挙げた有機化合物も正孔輸送層 1 1 2 に用いることができる。また、ポリ (N - ビニルカルバゾール) (略称 : P V K) やポリ (4 - ビニルトリフェニルアミン) (略称 : P V T P A) 等の高分子化合物を用いることもできる。また、本発明の一態様の有機化合物も好適に用いることができる。特に、上記一般式 (G 1) において、Bで表される基がフルオレンジイル基、ジメチルフルオレンジイル基及びジフェニルフルオレンジイル基など、ベンゼン環が縮合していないフルオレンジイル基である場合、一重項励起準位及び三重項励起準位が高く、りん光発光物質を用いた発光素子に好適である。なお、正孔輸送性の物質を含む層は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層したものとしてもよい。

【 0 1 8 3 】

発光層 1 1 3 は、蛍光発光を呈する層であっても、りん光発光を呈する層や熱活性化遅延蛍光 (T A D F) を呈する層であっても構わない。また、単層であっても、異なる発光物質が含まれる複数の層からなっても良い。複数の層からなる発光層を形成する場合、りん光発光物質が含まれる層と蛍光発光物質が含まれる層が積層されていても良い。この際、りん光発光物質が含まれる層では、後述の励起錯体を利用することが好ましい。

【 0 1 8 4 】

蛍光発光物質としては、例えば以下のような物質を用いることができる。また、これ以外の蛍光発光物質も用いることができる。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 : P A P 2 B P y)、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 : P A P P 2 B P y)、N, N' - ビス [4 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] - N, N' - ジフェニル - ピレン - 1, 6 - ジアミン (略称 : 1, 6 F L P A P r n)、N, N' - ビス (3 - メチルフェニル) - N, N' - ビス [3 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] - ピレン - 1, 6 - ジアミン (略称 : 1, 6 m M e m F L P A P r n)、N, N' - ビス [4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] - N, N' - ジフェニルスチルベン - 4, 4' - ジアミン (略称 : Y G A 2 S)、4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 4' - (10 - フェニル - 9 - アントリル) トリフェニルアミン (略称 : Y G A P A)、4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 4' - (9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル) トリフェニルアミン (略称 : 2 Y G A P P A)、N, 9 - ジフェニル - N - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称 : P C A P A)、ペリレン、2, 5, 8, 11 - テトラ - t e r t - ブチルペリレン (略称 : T B P)、4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) - 4' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称 : P C B A P A)、N, N' - (2 - t e r t - ブチル

アントラセン - 9 , 10 - ジイルジ - 4 , 1 - フェニレン) ビス [N , N ' , N ' - トリフェニル - 1 , 4 - フェニレンジアミン] (略称 : 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] - 9 H - 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 ' ' ' ' - オクタフェニルジベンゾ [g , p] クリセン - 2 , 7 , 10 , 15 - テトラアミン (略称 : 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 - 9 H - 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 - 9 H - 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 : 2DPAPPA)、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 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] - N - フェニルアントラセン - 2 - アミン (略称 : 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 545 T、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 - [4 - (ジメチルアミノ) フェニル] エテニル } - 6 - メチル - 4 H - ピラン - 4 - イリデン) プロパンジニトリル (略称 : DCM1)、2 - { 2 - メチル - 6 - [2 - (2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル (略称 : 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 - 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 : 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 - 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 : DCJTB)、2 - (2 , 6 - ビス { 2 - [4 - (ジメチルアミノ) フェニル] エテニル } - 4 H - ピラン - 4 - イリデン) プロパンジニトリル (略称 : BisDCM)、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 : BisDCJTM) などが挙げられる。特に、1 , 6 FLPA Pr n や 1 , 6 mMe m FLPA Pr n 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。なお、本発明の一態様の有機化合物を蛍光発光物質として用いることが好ましい。本発明の一態様の有機化合物を用いた発光素子は、色度の良好な青色発光素子とすることができる。また、外部量子効率の良好な発光素子とすることができる。

【 0185 】

発光層 113 において、りん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。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 - N2] フェニル - C } イリジウム (III) (略称 : [Ir (mpp tz - dmp)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 (III) (略称 : [Ir (Mptz)₃])、トリス [4 - (3 - ビフェニル) - 5 - イ

10

20

30

40

50

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 (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{iPrptz} - 3\text{b})_3]$) 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 (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{Mptz}1 - \text{mp})_3]$)、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 (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{Prptz}1 - \text{Me})_3]$) 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、fac - 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 (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{iPrpmi})_3]$)、トリス[3 - (2, 6 - ジメチルフェニル) - 7 - メチルイミダゾ[1, 2 - f] フェナントリジナト] イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{dmpimp}t - \text{Me})_3]$) のようなイミダゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、ビス[2 - (4', 6' - ジフルオロフェニル) ピリジナト - N, C^{2'}] イリジウム (III) テトラキス(1 - ピラゾリル) ボラート (略称: $\text{FIr}6$)、ビス[2 - (4', 6' - ジフルオロフェニル) ピリジナト - N, C^{2'}] イリジウム (III) ピコリナート (略称: FIrpic)、ビス{2 - [3', 5' - ビス(トリフルオロメチル) フェニル] ピリジナト - N, C^{2'}} イリジウム (III) ピコリナート (略称: $[\text{Ir}(\text{CF}_3\text{ppy})_2(\text{pic})]$)、ビス[2 - (4', 6' - ジフルオロフェニル) ピリジナト - N, C^{2'}] イリジウム (III) アセチルアセトナート (略称: FIracac) のような電子吸引基を有するフェニルピリジン誘導体を配位子とする有機金属イリジウム錯体が挙げられる。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 に発光のピークを有する化合物である。

【0186】

また、トリス(4 - メチル - 6 - フェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{mppm})_3]$)、トリス(4 - t - ブチル - 6 - フェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_3]$)、(アセチルアセトナト) ビス(6 - メチル - 4 - フェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{mppm})_2(\text{acac})]$)、(アセチルアセトナト) ビス(6 - tert - ブチル - 4 - フェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称: $[\text{Ir}(\text{tBuppm})_2(\text{acac})]$)、(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: $[\text{Ir}(\text{mppr} - \text{Me})_2(\text{acac})]$)、(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: $[\text{Ir}(\text{mppr} - \text{iPr})_2(\text{acac})]$) 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) アセチルアセトナート (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) アセチルアセトナート (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) アセチルアセトナート (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 乃至

10

20

30

40

50

600 nmに発光のピークを有する。なお、ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性や発光効率にも際だって優れるため、特に好ましい。

【0187】

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:[Ir(5mdppm)₂(di bm)])、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:[Ir(5mdppm)₂(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:[Ir(d1nppm)₂(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:[Ir(tppr)₂(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:[Ir(tppr)₂(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:[Ir(Fdpq)₂(acac)]のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス(1-フェニルイソキノリナト-N, C²)イリジウム(III)(略称:[Ir(piq)₃])、ビス(1-フェニルイソキノリナト-N, C²)イリジウム(III)アセチルアセトナト(略称:[Ir(piq)₂(acac)]のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、2,3,7,8,12,13,17,18-オクタエチル-21H,23H-ポルフィリン白金(II)(略称:PtOEP)のような白金錯体や、トリス(1,3-ジフェニル-1,3-プロパンジオナト)(モノフェナントロリン)ユーロピウム(III)(略称:[Eu(DBM)₃(Phen)])、トリス[1-(2-テノイル)-3,3,3-トリフルオロアセトナト](モノフェナントロリン)ユーロピウム(III)(略称:[Eu(TTA)₃(Phen)])のような希土類金属錯体が挙げられる。これらは、赤色のりん光発光を示す化合物であり、600 nmから700 nmに発光のピークを有する。また、ピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、色度の良い赤色発光が得られる。

【0188】

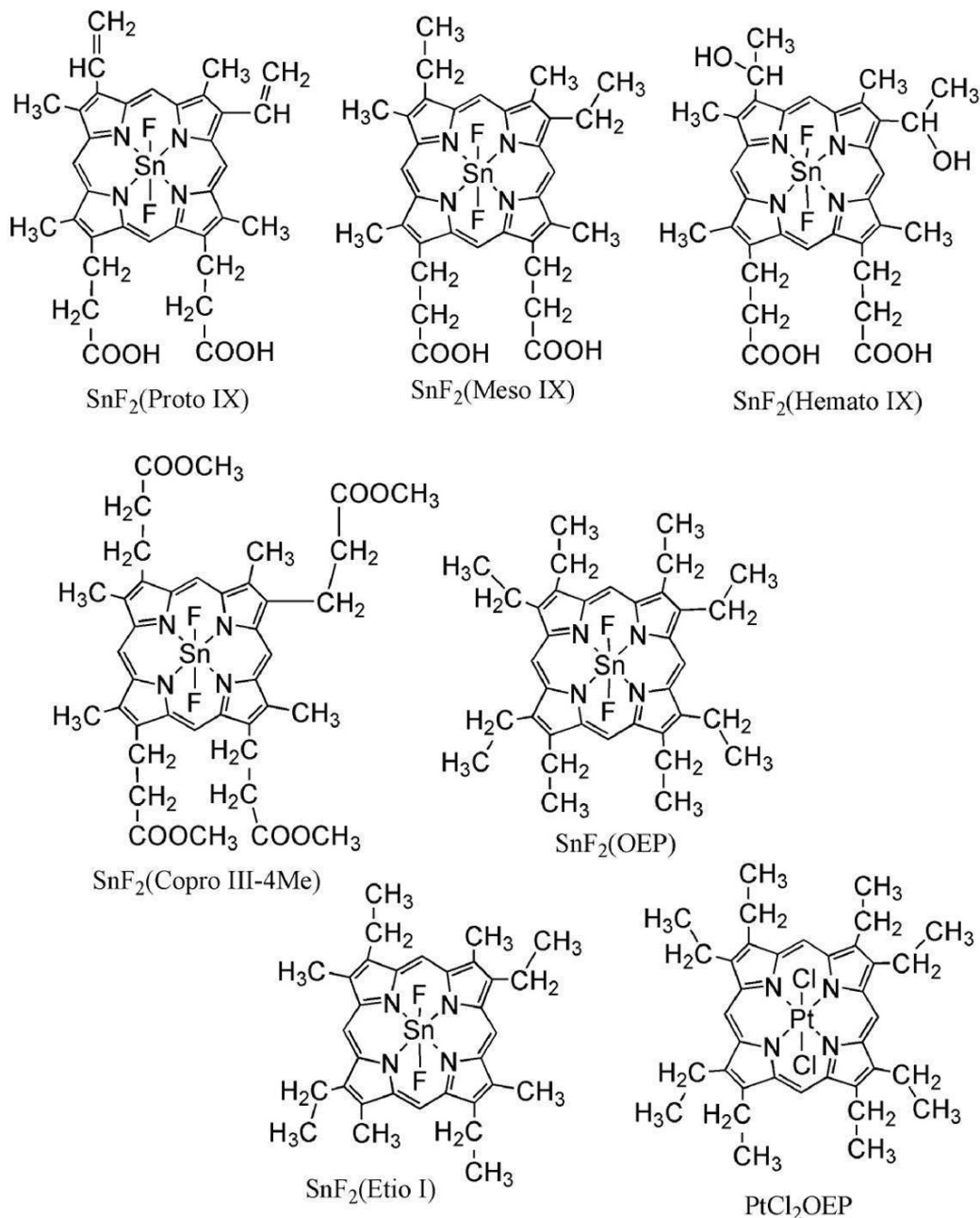
また、以上で述べたりん光性化合物の他、様々なりん光性発光材料を選択し、用いてもよい。

【0189】

TADF材料としてはフラーレン及びその誘導体、プロフラビン等のアクリジン誘導体、エオシン等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を用いることができる。該金属含有ポルフィリンとしては、例えば、以下の構造式に示されるプロトポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF₂(Proto IX))、メソポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF₂(Meso IX))、ヘマトポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF₂(Hemato IX))、コプロポルフィリントトラメチルエステル-フッ化スズ錯体(SnF₂(Copro III-4Me))、オクタエチルポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF₂(OEP))、エチオポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF₂(Etio I))、オクタエチルポルフィリン-塩化白金錯体(PtCl₂OEP)等も挙げられる。

【0190】

【化 6 5】



10

20

30

【 0 1 9 1】

また、以下の構造式に示される 2 - (ピフェニル - 4 - イル) - 4, 6 - ビス(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

40

(略称: PCCzTzn)、2 - {4 - [3 - (N - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル) - 9H - カルバゾール - 9 - イル]フェニル} - 4, 6 - ジフェニル - 1, 3, 5 - トリアジン

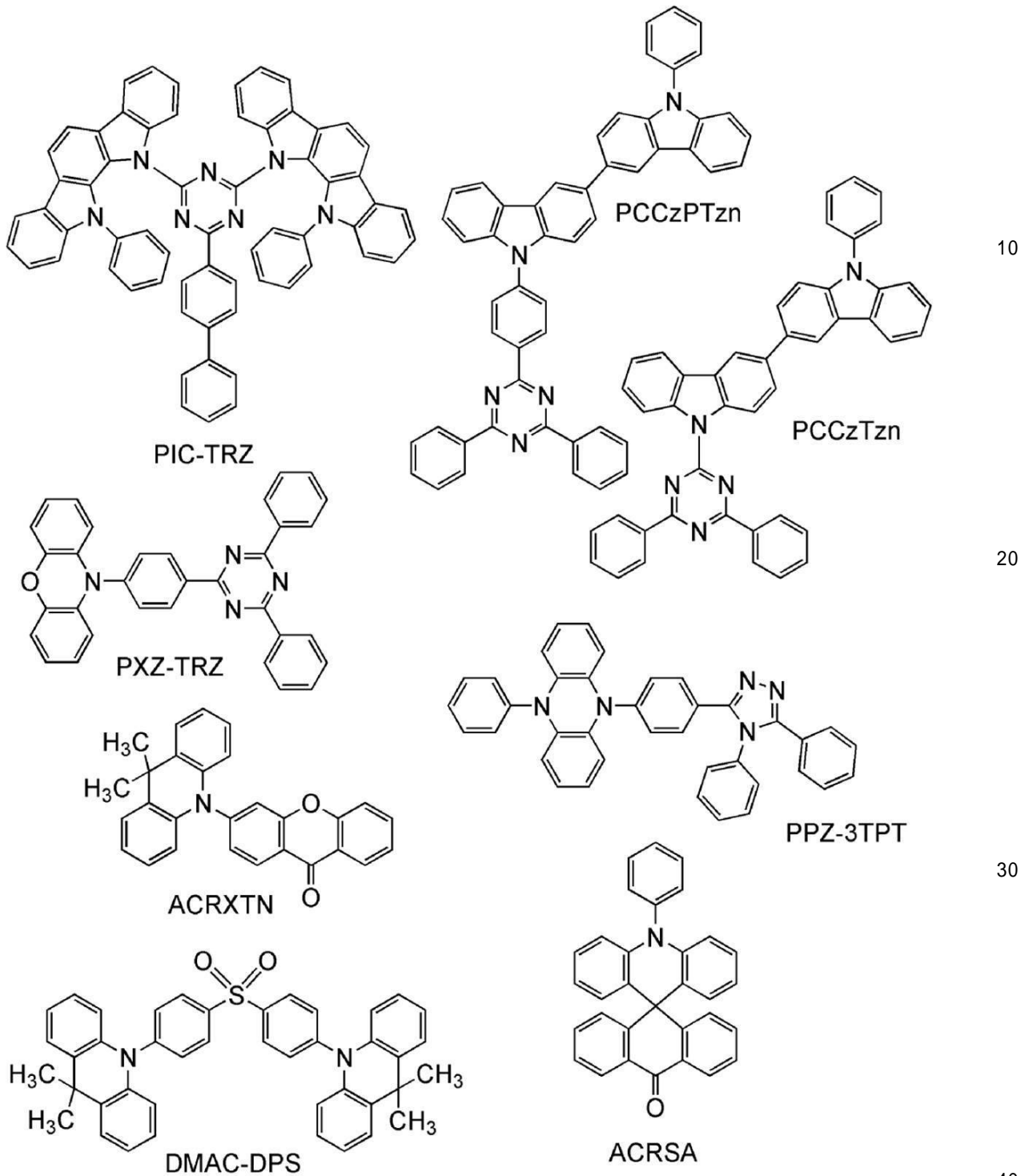
(略称: PCCzPTzn)、2 - [4 - (10H - フェノキサジン - 10 - イル)フェニル] - 4, 6 - ジフェニル - 1, 3, 5 - トリアジン(略称: PXZ - TRZ)、3 - [4 - (5 - フェニル - 5, 10 - ジヒドロフェナジン - 10 - イル)フェニル] - 4, 5 - ジフェニル - 1, 2, 4 - トリアゾール(略称: PPZ - 3TPT)、3 - (9, 9 - ジメチル - 9H - アクリジン - 10 - イル) - 9H - キサンテン - 9 - オン(略称: ACRTN)、ビス[4 - (9, 9 - ジメチル - 9, 10 - ジヒドロアクリジン)フェニル]

50

ル]スルホン(略称:DMAC-DPS)、10-フェニル-10H,10'-H-スピロ[アクリジン-9,9'-アントラセン]-10'-オン(略称:ACRSA)、等の電子過剰型複素芳香環と電子不足型複素芳香環の両方を有する複素環化合物も用いることができる。該複素環化合物は、電子過剰型複素芳香環及び電子不足型複素芳香環を有するため、電子輸送性及び正孔輸送性が共に高く、好ましい。なお、電子過剰型複素芳香環と電子不足型複素芳香環とが直接結合した物質は、電子過剰型複素芳香環のドナー性と電子不足型複素芳香環のアクセプタ性が共に強くなり、 S_1 準位と T_1 準位のエネルギー差が小さくなるため、熱活性化遅延蛍光を効率よく得られることから特に好ましい。なお、電子不足型複素芳香環の代わりに、シアノ基のような電子吸引基が結合した芳香環を用いても良い。

【0192】

【化 6 6】



【0193】

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など様々なキャリア輸送材料を用いることができる。

【0194】

電子輸送性を有する材料としては、例えば、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(II)(略称: 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: BA1q)、ビス(8-キノリノラト)亜鉛(II)(略称: Znq)、ビス[2-(2-ベンゾオキサゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称: ZnPBO)、ビス[2-(2-ベンゾチアゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称: ZnBTZ)などの金属錯体や、2-(4-ピフェニ

リル) - 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 - (ジベンゾチオフエン - 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) などのトリアゾール骨格を有する複素環化合物や、2 - [3 - (ジベンゾチオフエン - 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' - (ジベンゾチオフエン - 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は、電子輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与する。

【0195】

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: 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 - 9 - H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称: PCBBi1BP)、4 - (1 - ナフチル) - 4' - (9 - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル) - トリフェニルアミン (略称: PCBANB)、4, 4' - ジ (1 - ナフチル) - 4'' - (9 - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称: PCBNBB)、9, 9 - ジメチル - N - フェニル - N - [4 - (9 - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル) フェニル] - フルオレン - 2 - アミン (略称: PCBAF)、N - フェニル - N - [4 - (9 - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル) フェニル] - スピロ - 9, 9' - ビフルオレン - 2 - アミン (略称: PCBA SF) 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 - III)、4 - [4 - (9 - フェニル - 9H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] - 6 - フェニルジベンゾチオフエン (略称: DBTFLP - IV) などのチオフエン骨格を有する化合物や、

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、以上で述べた正孔輸送材料の他、様々な物質の中から正孔輸送材料を用いても良い。なお、本発明の一態様の有機化合物を正孔輸送性を有する材料として用いることが好ましい。特に、上記一般式(G1)において、Bで表される基がフルオレンジイル基、ジメチルフルオレンジイル基及びジフェニルフルオレンジイル基など、ベンゼン環が縮合していないフルオレンジイル基である場合、一重項励起準位及び三重項励起準位が高く、りん光発光物質を用いた発光素子のホスト材料又はアシスト材料として好適である。

10

【0196】

発光物質として蛍光発光物質を用いる場合は、ホスト材料としては、9 - フェニル - 3 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル)フェニル] - 9H - カルバゾール(略称: PCzPA)、3 - [4 - (1 - ナフチル) - フェニル] - 9 - フェニル - 9H - カルバゾール(略称: PCPN)、9 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントラセニル)フェニル] - 9H - カルバゾール(略称: CzPA)、7 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル)フェニル] - 7H - ジベンゾ[c, g]カルバゾール(略称: 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)等の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。特に、CzPA、cgDBCzPA、2mBnfPPA、PCzPAは非常に良好な特性を示すため、好ましい選択である。

20

【0197】

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 = 1：9乃至9：1とすればよい。

30

【0198】

また、これら混合されたホスト材料同士で励起錯体を形成しても良い。当該励起錯体は、蛍光発光物質、りん光発光物質及びTADF材料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ようになる。また、当該構成は駆動電圧も低下するため好ましい構成である。

【0199】

以上のような構成を有する発光層113は、真空蒸着法での共蒸着や、混合溶液として、グラビア印刷法、オフセット印刷法、インクジェット法、スピンコート法やディップコート法などを用いて作製することができる。

40

【0200】

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材料として挙げた材料や、アントラセン骨格を有する材料を用いることができる。

【0201】

また、電子輸送層と発光層との間に電子キャリアの移動を制御する層を設けても良い。これは上述したような電子輸送性の高い材料に、電子トラップ性の高い物質を少量添加し

50

た層であって、電子キャリアの移動を抑制することによって、キャリアバランスを調節することが可能となる。このような構成は、発光層を電子が突き抜けてしまうことにより発生する問題（例えば素子寿命の低下）の抑制に大きな効果を発揮する。

【0202】

また、電子輸送層114と第2の電極102との間に、第2の電極102に接して電子注入層115を設けてもよい。電子注入層115としては、フッ化リチウム（LiF）、フッ化セシウム（CsF）、フッ化カルシウム（CaF₂）等のようなアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を用いることができる。例えば、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を用いることができる。また、電子注入層115にエレクトライドを用いてもよい。エレクトライドとしては、例えば、カルシウムとアルミニウムの混合酸化物に電子を高濃度添加した物質等が挙げられる。なお、電子注入層115として、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を含有させたものを用いることにより、第2の電極102からの電子注入が効率良く行われるためより好ましい。

【0203】

また、電子注入層115の代わりに電荷発生層116を設けても良い（図1（B））。電荷発生層116は、電位をかけることによって当該層の陰極側に接する層に正孔を、陽極側に接する層に電子を注入することができる層のことである。電荷発生層116には、少なくともP型層117が含まれる。P型層117は、上述の正孔注入層111を構成することができる材料として挙げた複合材料を用いて形成することが好ましい。またP型層117は、複合材料を構成する材料として上述したアクセプター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、陰極である第2の電極102に正孔が注入され、発光素子が動作する。この際、電子輸送層114の電荷発生層116に接する位置に、本発明の一態様の有機化合物を含む層が存在することによって、発光素子の駆動時間の蓄積に伴う輝度低下が抑制され、寿命の長い発光素子を得ることができる。

【0204】

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。

【0205】

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ー性物質の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-5.0eV以上、好ましくは-5.0eV以上-3.0eV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。

【0206】

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。

【0207】

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、テトラシアナフタセン(略称:TTN)、ニッケロセン、デカメチルニッケロセン等の有機化合物を用いることもできる。なお、電子輸送性を有する物質としては、先に説明した電子輸送層114を構成する材料と同様の材料を用いて形成することができる。また、本発明の有機化合物を用いることもできる。

【0208】

第2の電極102を形成する物質としては、仕事関数の小さい(具体的には3.8eV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、第2の電極102と電子輸送層との間に、電子注入層を設けることにより、仕事関数の大小に関わらず、Al、Ag、ITO、ケイ素若しくは酸化ケイ素を含有した酸化インジウム-酸化スズ等様々な導電性材料を第2の電極102として用いることができる。これら導電性材料は、真空蒸着法やスパッタリング法などの乾式法、インクジェット法、スピンコート法等を用いて成膜することが可能である。また、ゾル-ゲル法を用いて湿式法で形成しても良いし、金属材料のペーストを用いて湿式法で形成してもよい。

【0209】

また、EL層103の形成方法としては、乾式法、湿式法を問わず、種々の方法を用いることができる。例えば、真空蒸着法、グラビア印刷法、オフセット印刷法、スクリーン印刷法、インクジェット法またはスピンコート法など用いても構わない。

【0210】

電極についても、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。また、スパッタリング法や真空蒸着法などの乾式法を用いて形成しても良い。

【0211】

当該発光素子の発光は、第1の電極101または第2の電極102のいずれか一方または両方を通して外部に取り出される。従って、第1の電極101または第2の電極102のいずれか一方または両方が透光性を有する導電材料を用いて形成される。

【0212】

なお、第1の電極101と第2の電極102との間に設けられる層の構成は、上記のものには限定されない。しかし、発光領域と電極やキャリア注入層に用いられる金属とが近接することによって生じる消光が抑制されるように、第1の電極101および第2の電極102から離れた部位に正孔と電子とが再結合する発光領域を設けた構成が好ましい。

【0213】

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方に接するキャリア輸送層は、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物質もしくは、発光層に含まれる発光中心物質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。

【0214】

続いて、複数の発光ユニットを積層した構成の発光素子(積層型素子ともいう)の態様について、図1(C)を参照して説明する。この発光素子は、陽極と陰極との間に、複数の発光ユニットを有する発光素子である。一つの発光ユニットは、図1(A)で示したEL層103と同様な構成を有する。つまり、図1(A)又は図1(B)で示した発光素子は、1つの発光ユニットを有する発光素子であり、図1(C)で示した発光素子は複数の発光ユニットを有する発光素子であるということができる。

【0215】

図 1 (C) において、第 1 の電極 5 0 1 と第 2 の電極 5 0 2 との間には、第 1 の発光ユニット 5 1 1 と第 2 の発光ユニット 5 1 2 が積層されており、第 1 の発光ユニット 5 1 1 と第 2 の発光ユニット 5 1 2 との間には電荷発生層 5 1 3 が設けられている。第 1 の電極 5 0 1 と第 2 の電極 5 0 2 はそれぞれ図 1 (A) における第 1 の電極 1 0 1 と第 2 の電極 1 0 2 に相当し、図 1 (A) の説明で述べたものと同じものを適用することができる。また、第 1 の発光ユニット 5 1 1 と第 2 の発光ユニット 5 1 2 は同じ構成であっても異なる構成であってもよい。

【 0 2 1 6 】

電荷発生層 5 1 3 は、第 1 の電極 5 0 1 と第 2 の電極 5 0 2 に電圧を印加したときに、一方の発光ユニットに電子を注入し、他方の発光ユニットに正孔を注入する機能を有する。すなわち、図 1 (C) において、第 1 の電極の電位の方が第 2 の電極の電位より高くなるように電圧を印加した場合、電荷発生層 5 1 3 は、第 1 の発光ユニット 5 1 1 に電子を注入し、第 2 の発光ユニット 5 1 2 に正孔を注入するものであればよい。

【 0 2 1 7 】

電荷発生層 5 1 3 は、図 1 (B) にて説明した電荷発生層 1 1 6 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 5 1 3 に接している場合は、電荷発生層 5 1 3 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。

【 0 2 1 8 】

また、電子注入バッファ層 1 1 9 を設ける場合、当該層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、当該発光ユニットには必ずしも重ねて電子注入層を形成する必要はない。

【 0 2 1 9 】

なお、発光ユニット中、電荷発生層 5 1 3 における陽極側の面に接する層（代表的には陽極側の発光ユニットにおける電子輸送層）に本発明の一態様の有機化合物が含まれることによって、駆動時間の蓄積に伴う輝度劣化を抑制することが可能となり、信頼性の良好な発光素子を得ることができる。

【 0 2 2 0 】

図 1 (C) では、2 つの発光ユニットを有する発光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発光素子についても、同様に適用することが可能である。本実施の形態に係る発光素子のように、一対の電極間に複数の発光ユニットを電荷発生層 5 1 3 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。

【 0 2 2 1 】

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、発光素子全体として、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素子において、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、発光素子全体として白色発光する発光素子を得ることも容易である。

【 0 2 2 2 】

微小光共振器（マイクロキャビティ）構造

マイクロキャビティ構造を有する発光素子は、上記一対の電極を、反射電極と半透過・半反射電極とから構成することにより得られる。反射電極と半透過・半反射電極は上述の第 1 の電極と第 2 の電極に相当する。反射電極と半透過・半反射電極の間には少なくとも E L 層を有し、E L 層は少なくとも発光領域となる発光層を有している。

【 0 2 2 3 】

E L 層に含まれる発光層から射出される発光は、反射電極と半透過・半反射電極とによって反射され、共振する。なお、反射電極は、可視光の反射率が 4 0 % 乃至 1 0 0 % 、好ま

10

20

30

40

50

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

【0224】

また、当該発光素子は、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。

【0225】

なお、発光層から発する光のうち、反射電極によって反射されて戻ってきた光（第1の反射光）は、発光層から半透過・半反射電極に直接入射する光（第1の入射光）と大きな干渉を起こすため、反射電極と発光層の光学的距離を $(2n - 1) / 4$ （ただし、 n は1以上の自然数、 λ は増幅したい色の波長）に調節することが好ましい。これにより、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。

【0226】

なお、上記構成においては、EL層に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素子の構成と組み合わせ、一つの発光素子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。

【0227】

発光装置

本発明の一態様の発光装置について図2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)をA-BおよびC-Dで切断した断面図である。この発光装置は、発光素子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。

【0228】

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。

【0229】

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。

【0230】

なお、ソース線駆動回路601はnチャネル型FET623とpチャネル型FET624とを組み合わせたCMOS回路が形成される。また、駆動回路は、種々のCMOS回路、PMOS回路もしくはNMOS回路で形成しても良い。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。

【0231】

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気的に接続された第1の電極613とを含む複数の画素により形成されているが、これに限定されず、3つ以上のFETと、容量素子とを組み合わせた画素部として

10

20

30

40

50

もよい。

【0232】

FETに用いる半導体の種類及び結晶性については特に限定されず、非晶質半導体を用いてもよいし、結晶性半導体を用いてもよい。FETに用いる半導体の例としては、第13族半導体、第14族半導体、化合物半導体、酸化物半導体、有機半導体材料を用いることができるが、特に、酸化物半導体を用いると好ましい。該酸化物半導体としては、例えば、In-Ga酸化物、In-M-Zn酸化物(Mは、Al、Ga、Y、Zr、La、Ce、またはNd)等が挙げられる。なお、エネルギーギャップが2eV以上、好ましくは2.5eV以上、さらに好ましくは3eV以上の酸化物半導体材料を用いることで、トランジスタのオフ電流を低減することができるため、好ましい構成である。

10

【0233】

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

【0234】

また、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を用いた場合、絶縁物614の上端部のみに曲率半径(0.2μm乃至3μm)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。

【0235】

20

第1の電極613上には、EL層616及び第2の電極617がそれぞれ形成されている。これらはそれぞれ図1(A)または図1(B)で説明した第1の電極101、EL層103及び第2の電極102又は図1(C)で説明した第1の電極501、EL層503及び第2の電極502に相当する。

【0236】

EL層616には本発明の一態様の有機化合物が含まれることが好ましい。当該有機化合物は、発光層における発光物質、正孔輸送材料、ホスト材料又はアシスト材料として用いられることが好ましい。

【0237】

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に発光素子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他、シール材605で充填される場合もある。封止基板604には凹部を形成し、そこに乾燥材を設けると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。

30

【0238】

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、素子基板610及び封止基板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等からなるプラスチック基板を用いることができる。

40

【0239】

例えば、本明細書等において、様々な基板を用いて、トランジスタや発光素子を形成することが出来る。基板の種類は、特定のものに限定されることはない。その基板の一例としては、半導体基板(例えば単結晶基板又はシリコン基板)、SOI基板、ガラス基板、石英基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス・スチル基板、ステンレス・スチル・ホイルを有する基板、タングステン基板、タングステン・ホイルを有する基板、可撓性基板、貼り合わせフィルム、繊維状の材料を含む紙、又は基材フィルムなどがある。ガラス基板の一例としては、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス、又はソーダライムガラスなどがある。可撓性基板、貼り合わせフィルム、基材フィルムなどの一

50

例としては、以下のものがあげられる。例えば、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエチレンナフタレート（PEN）、ポリエーテルサルホン（PES）に代表されるプラスチックがある。または、一例としては、アクリル等の合成樹脂などがある。または、一例としては、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリフッ化ビニル、又はポリ塩化ビニルなどがある。または、一例としては、ポリアミド、ポリイミド、アラミド、エポキシ、無機蒸着フィルム、又は紙類などがある。特に、半導体基板、単結晶基板、又はSOI基板などを用いてトランジスタを製造することによって、特性、サイズ、又は形状などのばらつきが少なく、電流能力が高く、サイズの小さいトランジスタを製造することができる。このようなトランジスタによって回路を構成すると、回路の低消費電力化、又は回路の高集積化を図ることができる。

10

【0240】

また、基板として、可撓性基板を用い、可撓性基板上に直接、トランジスタや発光素子を形成してもよい。または、基板とトランジスタの間や、基板と発光素子の間に剥離層を設けてもよい。剥離層は、その上に半導体装置を一部あるいは全部完成させた後、基板より分離し、他の基板に転載するために用いることができる。その際、トランジスタは耐熱性の劣る基板や可撓性の基板にも転載できる。なお、上述の剥離層には、例えば、タンゲステン膜と酸化シリコン膜との無機膜の積層構造の構成や、基板上にポリイミド等の有機樹脂膜が形成された構成等を用いることができる。

【0241】

つまり、ある基板を用いてトランジスタや発光素子を形成し、その後、別の基板にトランジスタや発光素子を転置し、別の基板上にトランジスタや発光素子を配置してもよい。トランジスタや発光素子が転置される基板の一例としては、上述したトランジスタを形成することが可能な基板に加え、紙基板、セロファン基板、アラミドフィルム基板、ポリイミドフィルム基板、石材基板、木材基板、布基板（天然繊維（絹、綿、麻）、合成繊維（ナイロン、ポリウレタン、ポリエステル）若しくは再生繊維（アセテート、キュプラ、レーヨン、再生ポリエステル）などを含む）、皮革基板、又はゴム基板などがある。これらの基板を用いることにより、特性のよいトランジスタの形成、消費電力の小さいトランジスタの形成、壊れにくい装置の製造、耐熱性の付与、軽量化、又は薄型化を図ることができる。

20

【0242】

図3には白色発光を呈する発光素子を形成し、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3（A）には基板1001、下地絶縁膜1002、ゲート絶縁膜1003、ゲート電極1006、1007、1008、第1の層間絶縁膜1020、第2の層間絶縁膜1021、周辺部1042、画素部1040、駆動回路部1041、発光素子の第1の電極1024W、1024R、1024G、1024B、隔壁1025、EL層1028、発光素子の第2の電極1029、封止基板1031、シール材1032などが図示されている。

30

【0243】

また、図3（A）では着色層（赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B）は透明な基材1033に設けている。また、黒色層（ブラックマトリックス）1035をさらに設けても良い。着色層及び黒色層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、及び黒色層は、オーバーコート層1036で覆われている。また、図3（A）においては、光が着色層を透過せずに外部へと出る発光層と、各色の着色層を透過して外部に光が出る発光層とがあり、着色層を透過しない光は白、着色層を透過する光は赤、青、緑となることから、4色の画素で映像を表現することができる。

40

【0244】

なお、本発明の一態様の有機化合物を発光物質の一つとして用いた発光素子は、発光効率の高い発光素子、または、消費電力の小さな発光素子とすることもできる。

【0245】

50

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

【0246】

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と発光素子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、様々な材料を用いて形成することができる。

10

【0247】

発光素子の第1の電極1024W、1024R、1024G、1024Bはここでは陽極とするが、陰極であっても構わない。また、図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、第1の電極を反射電極とすることが好ましい。EL層1028の構成は、図1(A)または図1(B)のEL層103または図1(C)のEL層503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。

20

【0248】

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黒色層(ブラックマトリックス)1035を設けても良い。着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)や黒色層はオーバーコート層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。

【0249】

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、緑、青の3色や赤、緑、青、黄の4色でフルカラー表示を行ってもよい。

30

【0250】

図5には本発明の一態様であるパッシブマトリクス型の発光装置を示す。なお、図5(A)は、発光装置を示す斜視図、図5(B)は図5(A)を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素子の不良を防ぐことができる。

40

【0251】

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素子を、画素部に形成されたFETで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。

【0252】

照明装置

本発明の一態様である照明装置を図6を参照しながら説明する。図6(B)は照明装置の上面図、図6(A)は図6(B)におけるe-f断面図である。

【0253】

50

当該照明装置は、支持体である透光性を有する基板 400 上に、第 1 の電極 401 が形成されている。第 1 の電極 401 は図 1 (A)、(B) の第 1 の電極 101 に相当する。第 1 の電極 401 側から発光を取り出す場合、第 1 の電極 401 は透光性を有する材料により形成する。

【0254】

第 2 の電極 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。

【0255】

第 1 の電極 401 上には E L 層 403 が形成されている。E L 層 403 は図 1 (A)、(B) の E L 層 103 又は図 1 (C) の E L 層 503 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。

10

【0256】

E L 層 403 を覆って第 2 の電極 404 を形成する。第 2 の電極 404 は図 1 (A) の第 2 の電極 102 に相当する。発光を第 1 の電極 401 側から取り出す場合、第 2 の電極 404 は反射率の高い材料を含んで形成される。第 2 の電極 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。

【0257】

第 1 の電極 401、E L 層 403 及び第 2 の電極 404 によって発光素子が形成される。当該発光素子を、シール材 405、406 を用いて封止基板 407 を固着し、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 6 (B) では図示せず) には乾燥剤を混ぜることもでき、これにより、水分を吸着することができ、信頼性の向上につながる。

20

【0258】

また、パッド 412 と第 1 の電極 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などを搭載した IC チップ 420 などを設けても良い。

【0259】

電子機器

本発明の一態様である電子機器の例について説明する。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。

30

【0260】

図 7 (A) は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置は、筐体 710 1 に表示部 710 3 が組み込まれている。また、ここでは、スタンド 710 5 により筐体 710 1 を支持した構成を示している。表示部 710 3 により、映像を表示することが可能であり、表示部 710 3 は、発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。

【0261】

テレビジョン装置の操作は、筐体 710 1 が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機 711 0 により行うことができる。リモコン操作機 711 0 が備える操作キー 710 9 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 710 3 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 711 0 に、当該リモコン操作機 711 0 から出力する情報を表示する表示部 710 7 を設ける構成としてもよい。

40

【0262】

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。

【0263】

50

図7(B1)はコンピュータであり、本体7201、筐体7202、表示部7203、キーボード7204、外部接続ポート7205、ポインティングデバイス7206等を含む。なお、このコンピュータは、発光素子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7(B1)のコンピュータは、図7(B2)のような形態であっても良い。図7(B2)のコンピュータは、キーボード7204、ポインティングデバイス7206の代わりに第2の表示部7210が設けられている。第2の表示部7210はタッチパネル式となっており、第2の表示部7210に表示された入力用の表示を指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、第2の表示部7210は入力用表示だけでなく、その他の画像を表示することも可能である。また表示部7203もタッチパネルであっても良い。二つの画面がヒンジで接続されていることによ

10

【0264】

図7(C)(D)は、携帯情報端末の一例を示している。携帯情報端末は、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、携帯情報端末は、発光素子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。

【0265】

図7(C)及び(D)に示す携帯情報端末は、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。

20

【0266】

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。

【0267】

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の画面のほとんども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。

30

【0268】

また、携帯電話機内部に、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、携帯電話機の向き(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。

【0269】

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。

40

【0270】

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。

【0271】

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。

【0272】

50

なお、上記電子機器は、本明細書中に示した構成を適宜組み合わせて用いることができる。

【0273】

また、表示部に本発明の一態様の有機化合物を含む発光素子を用いることが好ましい。当該発光素子は発光効率が良好な発光素子とすることが可能である。また、駆動電圧の小さい発光素子とすることが可能である。このため、本発明の一態様の有機化合物を含む電子機器は消費電力の小さい電子機器とすることができ。

【0274】

図8は、発光素子をバックライトに適用した液晶表示装置の一例である。図8に示した液晶表示装置は、筐体901、液晶層902、バックライトユニット903、筐体904を有し、液晶層902は、ドライバIC905と接続されている。バックライトユニット903には、発光素子が用いられおり、端子906により、電流が供給されている。

10

【0275】

発光素子には本発明の一態様の有機化合物を含む発光素子を用いることが好ましく、当該発光素子を液晶表示装置のバックライトに適用することにより、消費電力の低減されたバックライトが得られる。

【0276】

図9は、本発明の一態様である電気スタンドの例である。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として発光素子を用いた照明装置が用いられている。

20

【0277】

図10は、室内の照明装置3001の例である。当該照明装置3001には本発明の一態様の有機化合物を含む発光素子を用いることが好ましい。

【0278】

本発明の一態様である自動車を図11に示す。当該自動車はフロントガラスやダッシュボードに発光素子が搭載されている。表示領域5000乃至表示領域5005は発光素子を用いて設けられた表示領域である。本発明の一態様の有機化合物を用いることが好ましく、当該有機化合物を用いることによって消費電力の小さい発光素子とすることができ。また、これにより表示領域5000乃至表示領域5005は消費電力を抑えられるため、車載に好適である。

30

【0279】

表示領域5000と表示領域5001は、自動車のフロントガラスに設けられた、発光素子を用いる表示装置である。この発光素子を、第1の電極と第2の電極を透光性を有する電極で作製することによって、反対側が透けて見える、いわゆるシースルー状態の表示装置とすることができ。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。

【0280】

表示領域5002はピラー部分に設けられた発光素子を用いる表示装置である。表示領域5002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5003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。

40

【0281】

表示領域5004や表示領域5005はナビゲーション情報、速度計や回転数、走行距離、給油量、ギア状態、空調の設定など、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

50

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

【0282】

図 1 2 (A) 及び図 1 2 (B) は 2 つ折り可能なタブレット型端末の一例である。図 1 2 (A) は、開いた状態であり、タブレット型端末は、筐体 9 6 3 0、表示部 9 6 3 1 a、表示部 9 6 3 1 b、表示モード切り替えスイッチ 9 0 3 4、電源スイッチ 9 0 3 5、省電力モード切り替えスイッチ 9 0 3 6、留め具 9 0 3 3 を有する。なお、当該タブレット端末は、本発明の一態様の有機化合物を含む発光素子を備えた発光装置を表示部 9 6 3 1 a、表示部 9 6 3 1 b の一方又は両方に用いることにより作製される。

【0283】

表示部 9 6 3 1 a は、一部をタッチパネル領域 9 6 3 2 a とすることができ、表示された操作キー 9 6 3 7 にふれることでデータ入力を行うことができる。なお、表示部 9 6 3 1 a においては、一例として半分の領域が表示のみの機能を有する構成、もう半分の領域がタッチパネルの機能を有する構成を示しているが該構成に限定されない。表示部 9 6 3 1 a の全ての領域がタッチパネルの機能を有する構成としても良い。例えば、表示部 9 6 3 1 a の全面をキーボードボタン表示させてタッチパネルとし、表示部 9 6 3 1 b を表示画面として用いることができる。

【0284】

また、表示部 9 6 3 1 b においても表示部 9 6 3 1 a と同様に、表示部 9 6 3 1 b の一部をタッチパネル領域 9 6 3 2 b とすることができ、また、タッチパネルのキーボード表示切り替えボタン 9 6 3 9 が表示されている位置に指やスタイラスなどでふれることで表示部 9 6 3 1 b にキーボードボタンを表示することができる。

【0285】

また、タッチパネル領域 9 6 3 2 a とタッチパネル領域 9 6 3 2 b に対して同時にタッチ入力することもできる。

【0286】

また、表示モード切り替えスイッチ 9 0 3 4 は、縦表示または横表示などの表示の向きを切り替え、白黒表示やカラー表示の切り替えなどを選択できる。省電力モード切り替えスイッチ 9 0 3 6 は、タブレット型端末に内蔵している光センサで検出される使用時の外光の光量に応じて表示の輝度を最適なものとすることができる。タブレット型端末は光センサだけでなく、ジャイロ、加速度センサ等の傾きを検出するセンサなどの他の検出装置を内蔵させてもよい。

【0287】

また、図 1 2 (A) では表示部 9 6 3 1 b と表示部 9 6 3 1 a の表示面積が同じ例を示しているが特に限定されず、一方のサイズともう一方のサイズが異なってもよく、表示の品質も異なってもよい。例えば一方が他方よりも高精細な表示を行える表示パネルとしてもよい。

【0288】

図 1 2 (B) は、閉じた状態であり、本実施の形態におけるタブレット型端末では、筐体 9 6 3 0、太陽電池 9 6 3 3、充放電制御回路 9 6 3 4、バッテリー 9 6 3 5、DCDC コンバータ 9 6 3 6 を備える例を示す。なお、図 1 2 (B) では充放電制御回路 9 6 3 4 の一例としてバッテリー 9 6 3 5、DCDC コンバータ 9 6 3 6 を有する構成について示している。

【0289】

なお、タブレット型端末は 2 つ折り可能なため、未使用時に筐体 9 6 3 0 を閉じた状態にすることができる。従って、表示部 9 6 3 1 a、表示部 9 6 3 1 b を保護できるため、耐久性に優れ、長期使用の観点からも信頼性の優れたタブレット型端末を提供できる。

【0290】

また、この他にも図 1 2 (A) 及び図 1 2 (B) に示したタブレット型端末は、様々な情報（静止画、動画、テキスト画像など）を表示する機能、カレンダー、日付又は時刻な

10

20

30

40

50

どを表示部に表示する機能、表示部に表示した情報をタッチ入力操作又は編集するタッチ入力機能、様々なソフトウェア（プログラム）によって処理を制御する機能、等を有することができる。

【0291】

タブレット型端末の表面に装着された太陽電池9633によって、電力をタッチパネル、表示部、または映像信号処理部等に供給することができる。なお、太陽電池9633は、筐体9630の一面または二面に設けられていると効率的なバッテリー9635の充電を行う構成とすることができるため好適である。

【0292】

また、図12(B)に示す充放電制御回路9634の構成、及び動作について図12(C)にブロック図を示し説明する。図12(C)には、太陽電池9633、バッテリー9635、DCDCコンバータ9636、コンバータ9638、スイッチSW1乃至SW3、表示部9631について示しており、バッテリー9635、DCDCコンバータ9636、コンバータ9638、スイッチSW1乃至SW3が、図12(B)に示す充放電制御回路9634に対応する箇所となる。

10

【0293】

まず外光により太陽電池9633により発電がされる場合の動作の例について説明する。太陽電池で発電した電力は、バッテリー9635を充電するための電圧となるようDCDCコンバータ9636で昇圧または降圧がなされる。そして、表示部9631の動作に太陽電池9633で充電された電力が用いられる際にはスイッチSW1をオンにし、コンバータ9638で表示部9631に必要な電圧に昇圧または降圧をすることとなる。また、表示部9631での表示を行わない際には、SW1をオフにし、SW2をオンにしてバッテリー9635の充電を行う構成とすればよい。

20

【0294】

なお、太陽電池9633については、発電手段の一例として示したが、発電手段は特に限定されず、圧電素子（ピエゾ素子）や熱電変換素子（ペルティエ素子）などの他の発電手段によってバッテリー9635の充電を行う構成であってもよい。無線（非接触）で電力を送受信して充電する無接点電力伝送モジュールや、また他の充電手段を組み合わせで行う構成としてもよく、発電手段を有さなくとも良い。

【0295】

なお、本発明の一態様の有機化合物は有機薄膜太陽電池に用いることができる。より具体的には、キャリア輸送性があるため、キャリア輸送層に用いることができる。また、光励起するため、発電層として用いることができる。

30

【0296】

また、上記表示部9631を具備していれば、図12に示した形状のタブレット型端末に限定されない。

【0297】

また、図13(A)～(C)に、折りたたみ可能な携帯情報端末9310を示す。図13(A)に展開した状態の携帯情報端末9310を示す。図13(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9310を示す。図13(C)に折りたたんだ状態の携帯情報端末9310を示す。携帯情報端末9310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。

40

【0298】

表示パネル9311はヒンジ9313によって連結された3つの筐体9315に支持されている。なお、表示パネル9311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9311は、ヒンジ9313を介して2つの筐体9315間を屈曲させることにより、携帯情報端末9310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9311に用いることができる。表示パネル9311における表示領域931

50

2は折りたたんだ状態の携帯情報端末9310の側面に位置する表示領域である。表示領域9312には、情報アイコンや使用頻度の高いアプリやプログラムのショートカットなどを表示させることができ、情報の確認やアプリなどの起動をスムーズに行うことができる。

【実施例1】

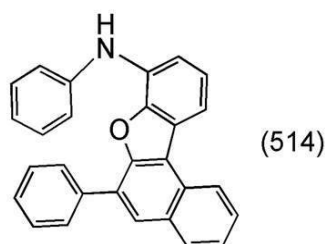
【0299】

合成例1

本合成例では、本発明の一態様の有機化合物を合成する為の中間体として用いられる(6-フェニルベンゾ[*b*]ナフト[1,2-*d*]フラン-8-イル)フェニルアミンの合成について詳細に説明する。(6-フェニルベンゾ[*b*]ナフト[1,2-*d*]フラン-8-イル)フェニルアミンの構造式を以下に示す。

【0300】

【化67】



【0301】

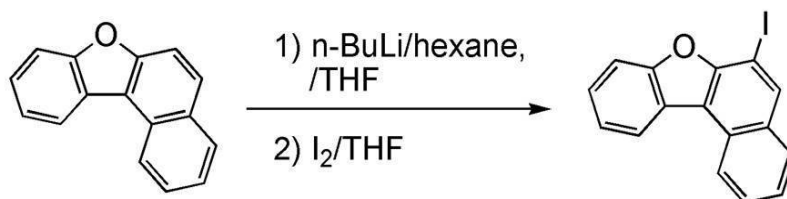
<ステップ1：6-ヨードベンゾ[*b*]ナフト[1,2-*d*]フランの合成>

【0302】

500 mL三口フラスコに、8.5 g (39 mmol)のベンゾ[*b*]ナフト[1,2-*d*]フランを加え、フラスコ内を窒素置換した後、195 mLのテトラヒドロフラン(THF)を加えた。この溶液を-75℃に冷却してから、25 mL (40 mmol)の*n*-ブチルリチウム(1.59 mol/L *n*-ヘキサン溶液)を滴下して加えた。滴下後、得られた溶液を室温で1時間攪拌した。その後、この溶液を-75℃に冷却してから、ヨウ素10 g (40 mmol)をTHF 40 mLに溶かした溶液を滴下して加えた。滴下後、得られた溶液を室温に戻しながら17時間攪拌した。攪拌後、この混合物にチオ硫酸ナトリウム水溶液を加え、1時間攪拌した後、この混合物の有機層を水で洗浄し、当該有機層を硫酸マグネシウムにより乾燥した。乾燥後、この混合物を自然濾過し、得られた溶液をフロリジル(和光純薬工業株式会社、カタログ番号：066-05265)、セライト(和光純薬工業株式会社、カタログ番号：537-02305)を通して吸引濾過した。得られた濾液を濃縮して得た固体を、トルエンにて再結晶したところ、目的の白色粉末を収量6.0 g (18 mmol)、収率45%で得た。ステップ1の合成スキームを以下に示す。

【0303】

【化68】



【0304】

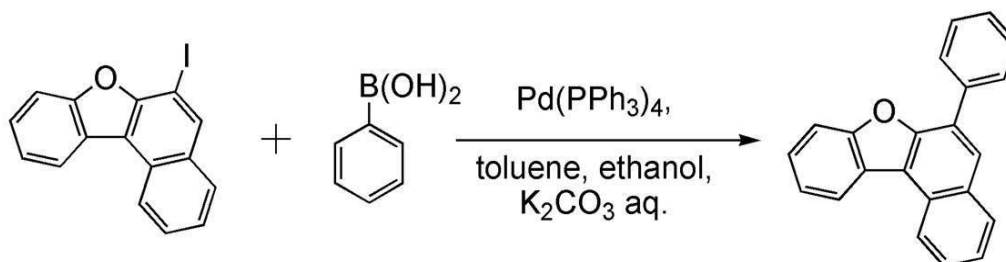
<ステップ2：6-フェニルベンゾ[*b*]ナフト[1,2-*d*]フランの合成>

200 mL三口フラスコに、6.0 g (18 mmol)の6-ヨードベンゾ[*b*]ナフト[1,2-*d*]フランと、2.4 g (19 mmol)のフェニルボロン酸と、70 mLのトルエンと、20 mLのエタノールと、22 mLの炭酸カリウム水溶液(2.0 mol/L

L)を入れた。この混合物を減圧しながら攪拌することで脱気をした。脱気後フラスコ内を窒素置換してから、480mg(0.42mmol)のテトラキス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(0)を加えた。この混合物を窒素気流下、90℃で12時間攪拌した。所定時間経過後、この混合物に水を加え、有機層と水層を分離し、水層をトルエンにより抽出した。得られた抽出液と有機層を合わせて、水で洗浄後、硫酸マグネシウムにより乾燥した。この混合物を自然濾過し、得られた濾液を濃縮して得た固体を、トルエンに溶かした。得られた溶液をセライト(和光純薬工業株式会社、カタログ番号:531-16855)、フロリジル(和光純薬工業株式会社、カタログ番号:540-00135)、アルミナを通して吸引濾過した。得られたろ液を濃縮して得た固体を、トルエンにより再結晶したところ、目的の白色固体を収量4.9g(17mmol)、収率93%で得た。ステップ2の合成スキームを以下に示す。

【0305】

【化69】



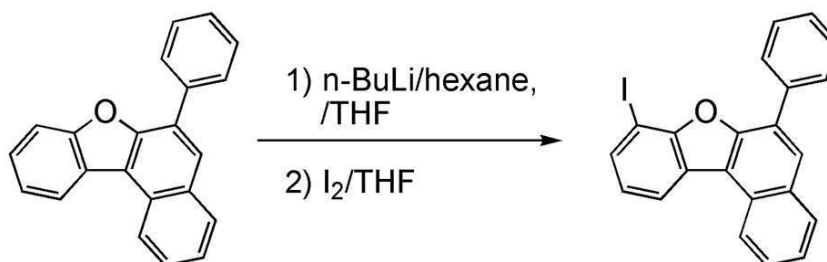
【0306】

<ステップ3: 8-ヨード-6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フランの合成>

300mL三口フラスコに、4.9g(17mmol)の6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フランを加え、フラスコ内を窒素置換した後、87mLのテトラヒドロフラン(THF)を加えた。この溶液を-75℃に冷却してから、この溶液に11mL(18mmol)のn-ブチルリチウム(1.59mol/L n-ヘキサン溶液)を滴下して加えた。滴下後、得られた溶液を室温で1時間攪拌した。その後、この溶液を-75℃に冷却してから、ヨウ素4.6g(18mmol)をTHF 18mLに溶かした溶液を滴下して加えた。得られた溶液を室温に戻しながら17時間攪拌した。攪拌後、この混合物にチオ硫酸ナトリウム水溶液を加え、1時間攪拌した後、この混合物の有機層を水で洗浄し、有機層を硫酸マグネシウムにより乾燥した。この混合物を自然濾過して得られたろ液をセライト(和光純薬工業株式会社、カタログ番号:531-16855)、フロリジル(和光純薬工業株式会社、カタログ番号:540-00135)、アルミナを通して吸引濾過した。得られたろ液を濃縮して得た固体を、トルエンにより再結晶を行ったところ、目的の白色固体を収量3.7g(8.8mmol)、収率53%で得た。ステップ3の合成スキームを以下に示す。

【0307】

【化70】



【0308】

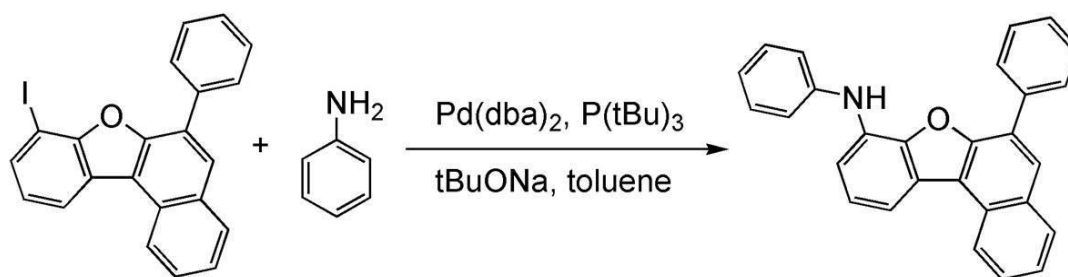
<ステップ4: (6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン-8-イル)フ

フェニルアミンの合成

200 mL三口フラスコに、5.0 g (12 mmol) の 8 - ヨード - 6 - フェニルベンゾ[b]ナフト[1 , 2 - d]フランと、2.9 g (30 mmol) のナトリウム tブトキシドを加え、フラスコ内を窒素置換した後、60 mL のトルエンと、1.4 g (13 mmol) のアニリンと、0.4 mL のトリ(t - ブチル)ホスフィンの 10 wt % ヘキサン溶液を加えた。この混合物を減圧脱気した後、窒素気流下で 60 にしてから、60 mg (0.1 mmol) のビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0)を加えて、この混合物を 60 で 40 分撹拌した。撹拌後、得られた混合物を水、飽和食塩水で洗浄し、有機層を硫酸マグネシウムで乾燥した。自然ろ過により硫酸マグネシウムを除去した後、得られたろ液を濃縮し、白色固体を得た。この固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー(展開溶媒は、トルエン : ヘキサン = 1 : 2)により精製したところ、目的物の白色固体を 3.5 g、収率 77 % で得た。ステップ 4 の合成スキームを以下に示す。

【 0309 】

【 化 71 】



【 0310 】

得られた白色個体の ^1H - NMR データを以下に示す。また、 ^1H - NMR チャートを図 14 に示す。これにより、本発明の一態様の有機化合物である(6 - フェニルベンゾ[b]ナフト[1 , 2 - d]フラン - 8 - イル) フェニルアミンが得られたことがわかった。

【 0311 】

^1H - NMR (クロロホルム - d , 500 MHz) : δ = 6.23 (s , 1 H) , 7.04 (t , J = 7.5 Hz , 1 H) , 7.24 - 7.26 (m , 2 H) , 7.34 - 7.41 (m , 4 H) , 7.47 (t , J = 8.0 Hz , 1 H) , 7.54 - 7.60 (m , 3 H) , 7.74 (t , J = 7.5 Hz , 1 H) , 7.95 (d , J = 6.5 Hz , 2 H) , 7.99 (dd , J1 = 1.5 Hz , J2 = 7.0 Hz , 1 H) , 8.03 (s , 1 H) , 8.08 (d , J = 8.0 Hz , 1 H) , 8.66 (d , J = 9.0 Hz , 1 H)

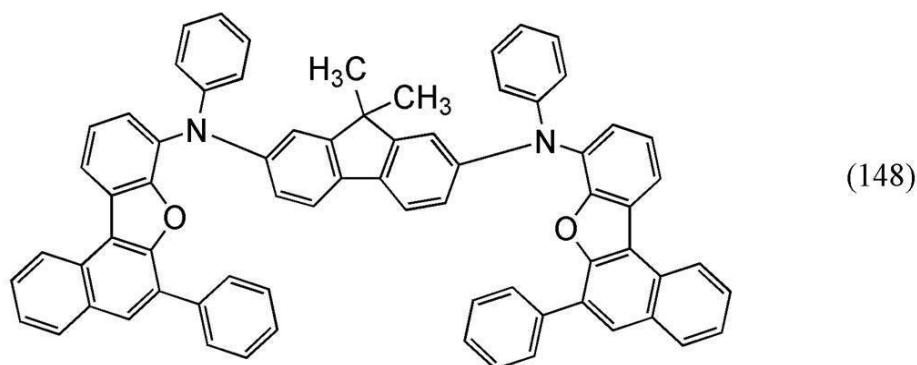
【 実施例 2 】

【 0312 】

本実施例では、本発明の一態様の有機化合物であり、実施の形態において構造式 (148) として示した (9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 , 7 - ジイル) ビス(N , 6 - ジフェニルベンゾ[b]ナフト[1 , 2 - d]フラン - 8 - アミン) (略称 : BnfA2F) の合成方法について説明する。BnfA2F の構造式を以下に示す。

【 0313 】

【化 7 2】



10

【 0 3 1 4】

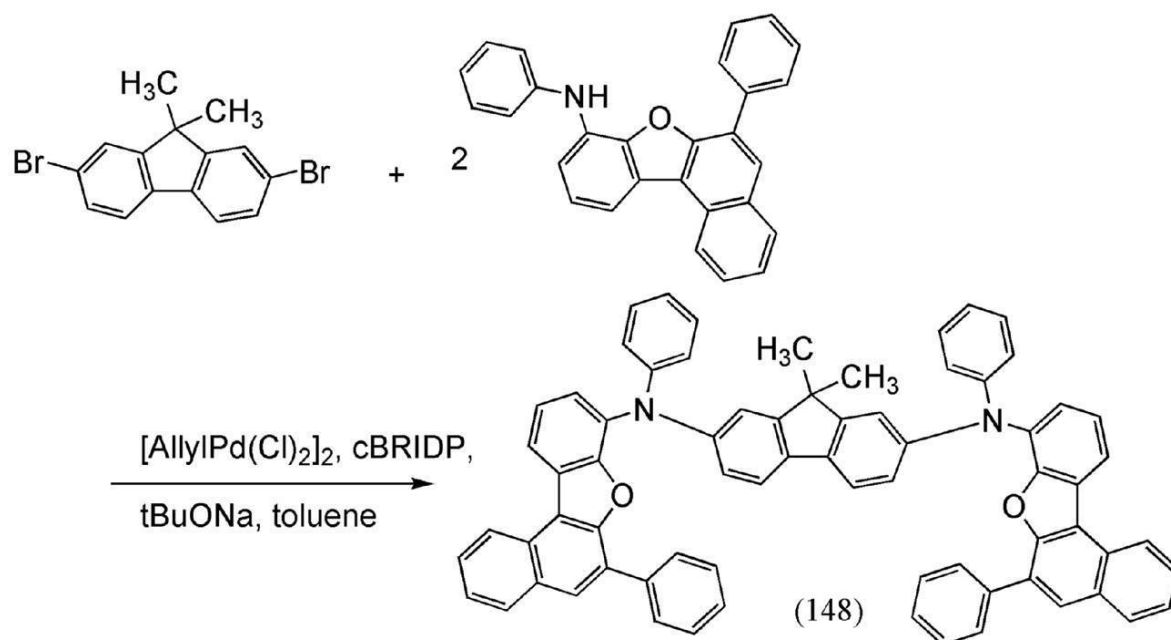
<ステップ1：(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2,7-ジイル)ビス(N,6-ジフェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン-8-アミン)(略称：BnfA2F)の合成>

200 mL三口フラスコに、0.89 g (2.5 mmol)の2,7-ジブromo-9,9-ジメチル-9H-フルオレンと、1.9 g (5.0 mmol)の(6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン-8-イル)フェニルアミンと、0.34 g (0.80 mmol)の(S)-(6,6'-ジメトキシビフェニル-2,2'-ジイル)ビス(ジイソプロピルホスフィン)(cBRIDP(登録商標))と、1.7 g (18 mmol)のナトリウム tブトキシドを加え、フラスコ内を窒素置換した後、15 mLのトルエンを加えた。この混合物を減圧脱気した後、窒素気流下で80℃にしてから、72 mg (0.20 mmol)のアリルパラジウム(II)クロリドダイマーを加え、この混合物を80℃で2時間40分撹拌した。撹拌後、得られた混合物を水、飽和食塩水で洗浄し、有機層を硫酸マグネシウムで乾燥した。自然ろ過により硫酸マグネシウムを除去した後、得られたろ液を濃縮し、褐色固体を得た。この固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー(展開溶媒は、トルエン：ヘキサン=1：1)により精製したところ、目的物の黄色固体を1.4 g、収率60%で得た。ステップ1の合成スキームを以下に示す。

20

【 0 3 1 5】

【化 7 3】



40

【 0 3 1 6】

得られた黄色個体の¹H-NMRデータを以下に示す。また、¹H-NMRチャートを図15に示す。これにより、本発明の一態様の有機化合物であるBnfA2Fが得られたこ

50

とがわかった。

【0317】

^1H NMR (ジクロロメタン- d_2 , 500 MHz): δ = 1.14 (s, 6H), 7.08 - 7.14 (m, 10H), 7.18 - 7.25 (m, 8H), 7.28 - 7.31 (m, 4H), 7.39 (dd, J_1 = 2.5 Hz, J_2 = 7.8 Hz, 4H), 7.42 (t, J = 8.0 Hz, 2H), 8.0 (t, J = 8.0 Hz, 2H), 7.60 (d, J = 8.0 Hz, 2H), 7.72 (dt, J_1 = 1.0 Hz, J_2 = 8.0 Hz, 2H), 8.00 (s, 2H), 8.05 (d, J = 8.0 Hz, 2H), 8.20 (dd, J_1 = 1.0 Hz, J_2 = 8.0 Hz, 2H), 8.65 (d, J = 8.0 Hz, 2H)

10

【0318】

得られた1.4 gのBnfA2Fの固体を、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3.6 Pa、アルゴンを流速15 mL/minで流しながら、固体を380 から390 で16時間加熱して行った。昇華精製後、BnfA2Fの黄色固体を1.3 g、回収率90%で得た。

【実施例3】

【0319】

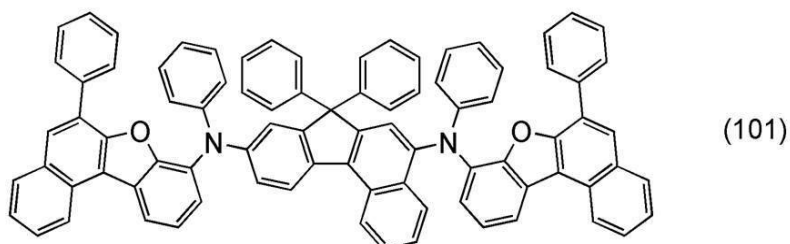
合成例3

本合成例では、実施の形態において、構造式(101)として表した本発明の一態様の有機化合物であるN, N' - (7, 7 - ジフェニル - 7H - ベンゾ[c]フルオレン - 5, 9 - ジイル)ビス[(N, 6 - ジフェニルベンゾ[b]ナフト[1, 2 - d]フラン) - 8 - アミン] (略称: 5, 9 BnfA2BzFL)の合成方法について具体的に例示する。以下に5, 9 BnfA2BzFLの構造式を示す。

20

【0320】

【化74】



(101)

30

【0321】

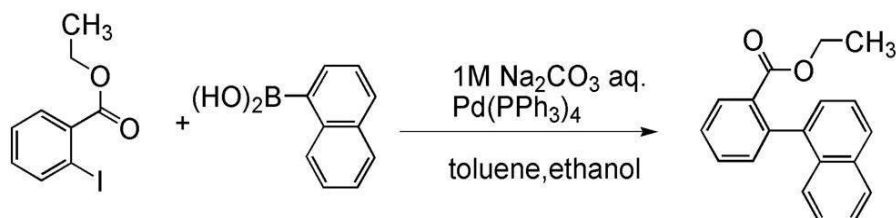
<ステップ1: 2 - (1 - ナフタレン)フェニル - 安息香酸エチルの合成>

2 - ブロモ安息香酸エチル15.9 g (57.6 mmol)を1000 mL三口フラスコに入れ、フラスコ内を窒素置換した。このフラスコにトルエン200.0 mL、エタノール70.0 mL、1 - ナフタレンボロン酸11.2 g (65.1 mmol)、炭酸ナトリウム6.8 g (64.4 mmol)及び水63.0 mLを加えた。この混合物に、テトラキストリフェニルホスフィンパラジウム(0)0.3 mg (0.3 mmol)を加え、80 にして9.4時間攪拌した。攪拌後、この混合物に水を加え、有機層と水層を分離し、水層をトルエンで1回、酢酸エチルで2回抽出した。この抽出溶液と有機層を合わせて硫酸マグネシウムで乾燥した。得られた混合物を自然ろ過して硫酸マグネシウムを除去し、ろ液を濃縮し固体を得た。得られた固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー(展開溶媒はトルエン)により精製し、得られたフラクションを濃縮し、目的物を14.1 g 収率88%で得た。ステップ1の合成スキームを以下に示す。

40

【0322】

【化 7 5】



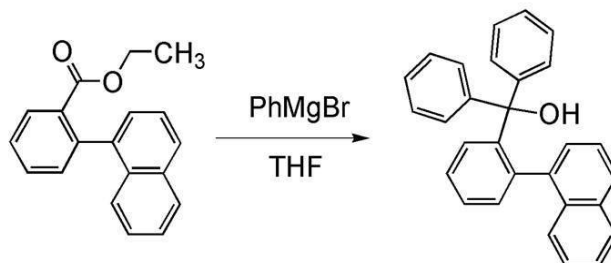
【 0 3 2 3 】

<ステップ 2：{ 2 - (1 - ナフタレン) フェニル } - ジフェニル - メタノールの合成 > 10

2 - (1 - ナフタレン) フェニル - 安息香酸エチル 5 . 0 g (1 8 . 1 m m o l) を 5 0 0 m L 三口フラスコへ入れ、窒素置換をした。このフラスコにテトラヒドロフラン 1 3 0 . 0 m L を入れ、氷水でフラスコを冷やした後、フェニルマグネシウムブロミドのテトラヒドロフラン溶液 4 8 . 0 m L (4 8 . 0 m m o l) を入れ、徐々に室温に戻した後、7 0 で 2 時間撹拌をした。撹拌後、1 . 0 M 塩酸を入れて 3 0 分撹拌した。撹拌後、水と酢酸エチルを加えて、有機層と水層を分離し、水層を酢酸エチルで 2 回抽出した。この抽出溶液と有機層を合わせて飽和食塩水で洗浄し、有機層と水層を分離した後、有機層を硫酸マグネシウムで乾燥した。得られた混合物を自然ろ過して硫酸マグネシウムを除去し、ろ液を濃縮し油状物を得た。得られた油状物をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（展開溶媒はヘキサン：トルエン = 1 : 1）により精製し、得られたフラクションを濃縮し、目的物を 3 . 9 g 収率 5 6 % で得た。ステップ 2 の合成スキームを以下に示す。 20

【 0 3 2 4 】

【化 7 6】



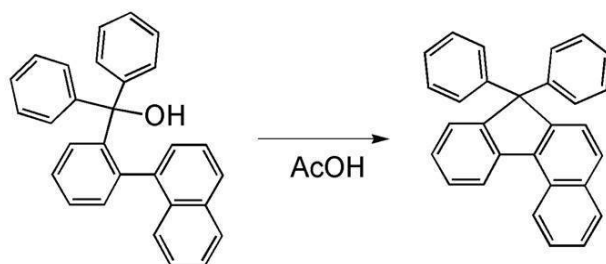
【 0 3 2 5 】

<ステップ 3：7 , 7 - ジフェニル - 7 H - ベンゾ [C] フルオレンの合成 >

{ 2 - (1 - ナフタレン) フェニル } - ジフェニル - メタノール 3 . 9 g (1 0 . 0 m m o l) を 5 0 0 m L 三口フラスコに入れた後、酢酸を 2 3 . 0 m L 加え、1 1 0 で 7 . 0 時間撹拌した。撹拌後、この混合物へ水とトルエンを加え、水層をトルエンで抽出した。抽出溶液と有機層を合わせて 5 0 0 m L マイヤーフラスコに入れ、この混合物に炭酸水素ナトリウム水溶液を入れ、3 0 分撹拌した。撹拌後、水層と有機層を分け、有機層に硫酸マグネシウム入れ乾燥した。この混合物を自然ろ過し、得られたろ液を濃縮したところ、固体を得た。得られた固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（展開溶媒はヘキサン：トルエン = 3 : 1）により精製し、得られたフラクションを濃縮し、固体を得た。得られた固体をヘキサンで洗浄し、目的の化合物を 2 . 7 g 収率 7 2 % で得た。ステップ 3 の合成スキームを以下に示す。 40

【 0 3 2 6 】

【化 77】



【0327】

10

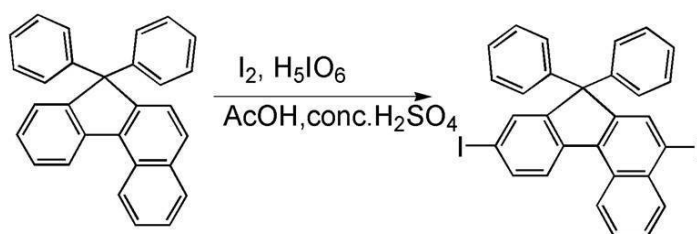
<ステップ4：5,9-ジヨード-7,7-ジフェニル-7H-ベンゾ[C]フルオレンの合成>

7,7-ジフェニル-7H-ベンゾ[C]フルオレン 1.7 g (4.7 mmol)、よう素 2.4 g (9.4 mmol)、オルト過よう素酸 2.2 g (9.6 mmol)、酢酸 7.0 mL、水 1.4 mL と濃硫酸 1 滴を 100 mL 三口フラスコに入れ、60 で 4.5 時間撹拌をした。撹拌後、0 にして、チオ硫酸ナトリウム水溶液を加えた後、この混合物へ水とトルエンを加え、有機層と水層を分離し、水層をトルエンで 2 回抽出した。この抽出溶液と有機層を合わせて硫酸マグネシウムで乾燥した。得られた混合物を自然ろ過して硫酸マグネシウムを除去し、ろ液を濃縮し油状物を得た。得られた固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（展開溶媒はヘキサン：トルエン = 5 : 1）により精製し、得られたフラクションを濃縮し、固体を得た。得られた固体をトルエンにより再結晶し、目的の化合物を 0.9 g 収率 30 % で得た。ステップ4の合成スキームを以下に示す。

20

【0328】

【化 78】



30

【0329】

<ステップ5：N,N'-(7,7-ジフェニル-7H-ベンゾ[c]フルオレン-5,9-ジイル)ビス[(N,6-ジフェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン)-8-アミン]（略称：5,9BnfA2BzFL）の合成>

(6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン-8-イル)フェニルアミン 1.1 g (2.8 mmol)、5,9-ジヨード-7,7-ジフェニル-7H-ベンゾ[C]フルオレン 0.8 g (1.3 mmol)、ナトリウム tert-ブトキシド 0.4 g (3.9 mmol) を 100 mL 三口フラスコに入れ、フラスコ内を窒素置換した。この混合物にキシレン 13.0 mL、トリ(tert-ブチル)ホスフィンの 10 % ヘキサン溶液 0.5 mL を加えた。この混合物を 80 にし、ビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0) 39.2 mg (0.1 mmol) を加え 3.0 時間撹拌した。撹拌後、ビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0) 21.0 mg (0.1 mmol) を加え 110 にして 1.0 時間撹拌した。撹拌後、トルエンを加えて加熱した後、フロリジル（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：066-05265）、セライト（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：537-02305）、アルミナを通して吸引ろ過し、ろ液を得た。得られたろ液を濃縮し得た油状物を得た。得られた油状物をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（展開溶媒はヘキサン：トルエン = 3 : 2）により精製し、得られたフラクションを濃縮し、固体を得た。得られた固体をトルエンにより再結晶し、目的の黄色固体を 1.1 g 収率 76 % で得た。

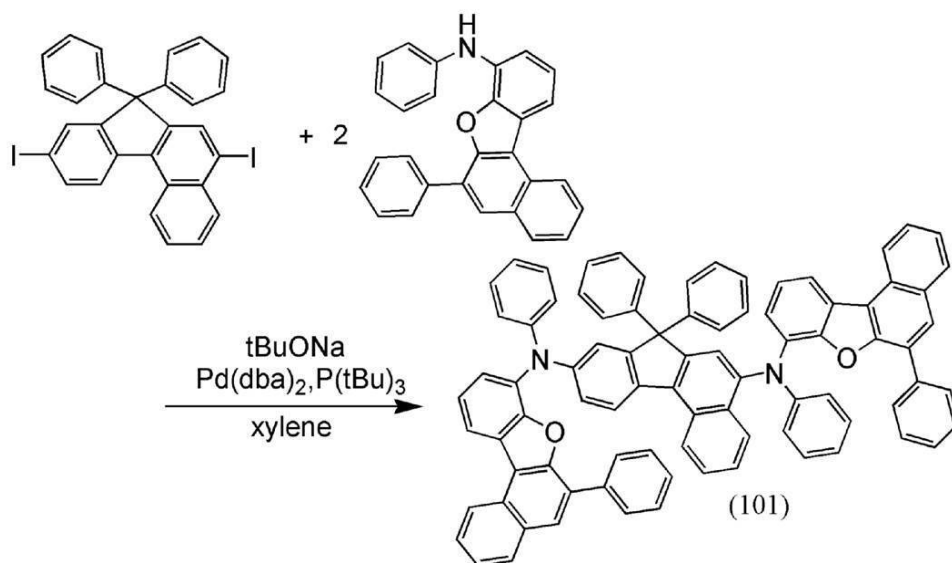
40

50

得られた黄色固体 1.1 g を、トレインサブリメーション法により 4.4×10^{-2} Pa、温度 330 で昇華精製した。昇華精製後、目的物の黄色固体を 0.6 g 回収率 53% で得た。ステップ 5 の合成スキームを以下に示す。

【0330】

【化79】



【0331】

得られた黄色固体の核磁気共鳴分光法 (^1H -NMR) による分析結果を下に示す。また、 ^1H -NMR チャートを図 16 に示す。これにより、本合成例により本発明の一態様の有機化合物である 5,9-BnfA2BzFL が得られたことがわかった。

【0332】

^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz): δ = 6.29 (dd, J = 7.2 Hz, 2H), 6.49 (dd, J = 7.2 Hz, 4H), 6.76 (d, J = 7.2 Hz, 4H), 6.89 - 7.35 (m, 28H), 7.53 - 7.74 (m, 5H), 7.91 (d, J = 4.5 Hz, 2H), 8.01 - 8.06 (m, 4H), 8.12 (d, J = 7.5 Hz, 1H), 8.32 (d, J = 8.4 Hz, 1H), 8.60 (dd, J = 3.6 Hz, 8.3 Hz, 2H), 8.90 (d, J = 11.7 Hz, 1H)

【0333】

得られた 5,9-BnfA2BzFL の熱重量測定 - 示差熱分析 (TG-DTA: Thermogravimetry-Differential Thermal Analysis) を行った。測定には高真空差動型示差熱天秤 (ブルカー・エイエックスエス株式会社製、TG-DTA2410SA) を用いた。常圧、昇温速度 10 /min、窒素気流下 (流速 200 mL/min) の条件で測定したところ、重量と温度の関係 (熱重量測定) から、5% 重量減少温度は 458 であり、良好な耐熱性を示した。

【0334】

次に、5,9-BnfA2BzFL のトルエン溶液および固体薄膜の紫外可視吸収スペクトル (以下、単に「吸収スペクトル」という) 及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計 ((株) 日本分光製 V550 型) を用いた。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。得られたトルエン溶液及び固体薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを図 17 示す。なお、図 17 (A) がトルエン溶液の、図 17 (B) が固体薄膜の結果である。

【0335】

図 17 に示す通り、本発明の一態様の有機化合物 5,9-BnfA2BzFL のトルエン溶液は、450 nm に、固体薄膜は 467 nm に発光ピークを有しており、青色の発光が観測された。

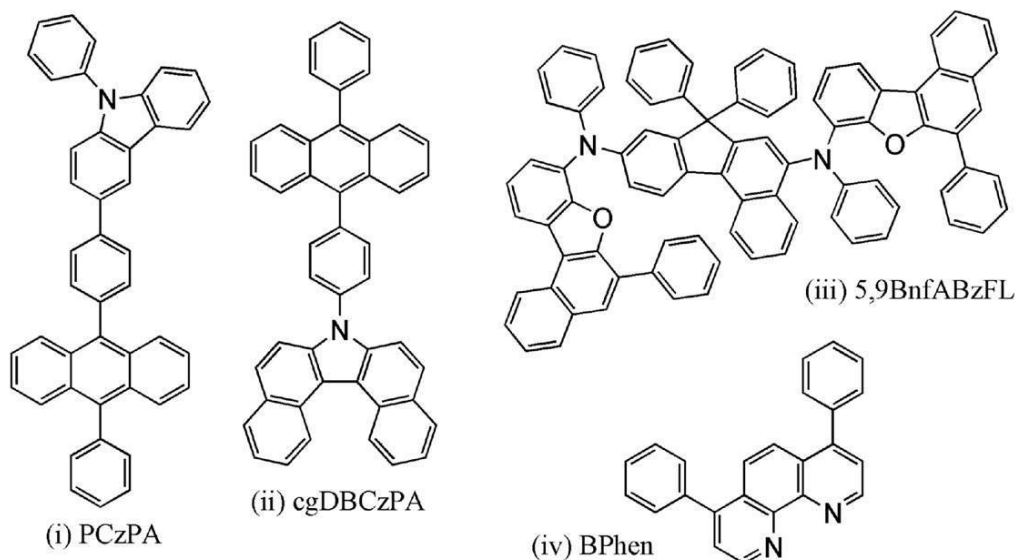
【実施例 4】

【 0 3 3 6 】

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素子である発光素子 1 について詳細に説明する。発光素子 1 で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

【 0 3 3 7 】

【 化 8 0 】



10

20

【 0 3 3 8 】

(発光素子 1 の作製方法)

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (I T S O) をスパッタリング法にて成膜し、第 1 の電極 1 0 1 を形成した。なお、その膜厚は 7 0 n m とし、電極面積は 2 m m × 2 m m とした。

【 0 3 3 9 】

次に、基板上に発光素子を形成するための前処理として、基板表面を水で洗浄し、200 で 1 時間焼成した後、UV オゾン処理を 3 7 0 秒行った。

【 0 3 4 0 】

その後、 1.0×10^{-4} P a 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170 で 3 0 分間の真空焼成を行った後、基板を 3 0 分程度放冷した。

30

【 0 3 4 1 】

次に、第 1 の電極 1 0 1 が形成された面が下方となるように、第 1 の電極 1 0 1 が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、第 1 の電極 1 0 1 上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式 (i) で表される 9 - フェニル - 3 - [4 - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 9 H - カルバゾール (略称 : P C z P A) と酸化モリブデン (V I) とを共蒸着して正孔注入層 1 1 1 を形成した。正孔注入層 1 1 1 は、膜厚が 1 0 n m 、P C z P A と酸化モリブデンの割合が重量比で P C z P A : 酸化モリブデン = 4 : 2 となるように形成した。

40

【 0 3 4 2 】

次に、正孔注入層 1 1 1 上に、上記構造式 P C z P A を膜厚 2 0 n m となるように成膜し、正孔輸送層 1 1 2 を形成した。

【 0 3 4 3 】

さらに、正孔輸送層 1 1 2 上に、上記構造式 (i i) で表される 7 - [4 - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 7 H - ジベンゾ [c , g] カルバゾール (略称 : c g D B C z P A) と上記構造式 (i i i) で表される N , N ' - (7 , 7 - ジフェニル - 7 H - ベンゾ [c] フルオレン - 5 , 9 - ジイル) ビス [(N , 6 - ジフェニルベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フラン) - 8 - アミン] (略称 : 5 , 9 B n f A 2 B z F L) とを共蒸着して発光層 1 1 3 を形成した。発光層 1 1 3 は膜厚が 2 5 n m 、c g D B C z

50

PCzPAと5,9BnfA2BzFLの割合が重量比でcgDBCzPA:5,9BnfA2BzFL=1:0.03となるように形成した。

【0344】

その後、発光層113上にcgDBCzPAを10nm、上記構造式(i v)で表されるバソフェナントロリン(略称:BPhen)を15nm成膜して電子輸送層114を形成した。

【0345】

電子輸送層114を形成した後、電子注入層115としてフッ化リチウム(LiF)を1nmの膜厚となるように蒸着し、第2の電極102としてアルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着することで本実施例の発光素子1を作製した。発光素子1の素子構造を以下の表にまとめる。

【0346】

【表1】

正孔 注入層	正孔 輸送層	発光層	電子 輸送層		電子 注入層
PCzPA :MoOx 2:1	PCzPA	cgDBCzPA: 5,9BnfA2BzFL 1:0.03	2mDBTBPDBq- II	BPhen	LiF
10nm	20nm	25nm	10nm	15nm	1nm

【0347】

発光素子1を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業(シール材を素子の周囲に塗布し、封止時にUV処理、80℃にて1時間熱処理)を行った後、これら発光素子の初期特性及び信頼性について測定を行った。なお、測定は室温(25℃)に保たれた雰囲気で行った。

【0348】

発光素子1の輝度-電流密度特性を図18に、発光素子1の電流効率-輝度特性を図19に、輝度-電圧特性を図20に、電流-電圧特性を図21に、色度座標図を図22に、外部量子効率-輝度特性を図23に、発光スペクトルを図24に示す。また、1000cd/m²付近における主要な特性を表2に示す。

【0349】

【表2】

電圧 (V)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 x	色度 y	電流効率 (cd/A)	外部量子効率 (%)
3.0	12	0.14	0.13	8.2	8.1

【0350】

図18乃至図24及び表2より、本発明の一態様の発光素子は、色度の良い青色発光を効率良く呈する良好な特性の青色発光素子であることがわかった。

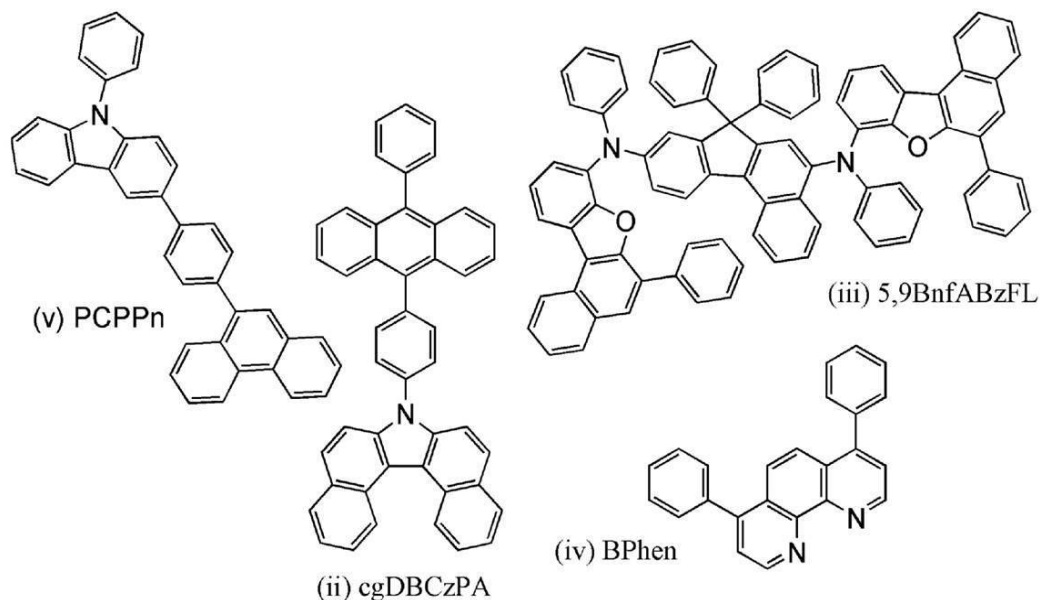
【実施例5】

【0351】

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素子である発光素子2について詳細に説明する。発光素子2で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

【0352】

【化 8 1】



10

【 0 3 5 3 】

(発光素子 2 の作製方法)

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法にて成膜し、第 1 の電極 101 を形成した。なお、その膜厚は 70 nm とし、電極面積は 2 mm × 2 mm とした。

20

【 0 3 5 4 】

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

【 0 3 5 5 】

その後、 1.0×10^{-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。

【 0 3 5 6 】

次に、第 1 の電極 101 が形成された面が下方となるように、第 1 の電極 101 が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、第 1 の電極 101 上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式 (v) で表される 3 - [4 - (9 - フェントリル) - フェニル] - 9 - フェニル - 9H - カルバゾール (略称: PCPPn) と酸化モリブデン (VI) とを共蒸着して正孔注入層 111 を形成した。正孔注入層 111 は、膜厚が 10 nm、PCPPn と酸化モリブデンの割合が重量比で PCPPn : 酸化モリブデン = 4 : 2 となるように形成した。

30

【 0 3 5 7 】

次に、正孔注入層 111 上に、上記構造式 PCzPA を膜厚 20 nm となるように成膜し、正孔輸送層 112 を形成した。

40

【 0 3 5 8 】

さらに、正孔輸送層 112 上に、上記構造式 (ii) で表される 7 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 7H - ジベンゾ [c, g] カルバゾール (略称: cgDBCzPA) と上記構造式 (iii) で表される N, N' - (7, 7 - ジフェニル - 7H - ベンゾ [c] フルオレン - 5, 9 - ジイル) ビス [(N, 6 - ジフェニルベンゾ [b] ナフト [1, 2 - d] フラン) - 8 - アミン] (略称: 5, 9BnfA2BzFL) とを共蒸着して発光層 113 を形成した。発光層 113 は膜厚が 25 nm、cgDBCzPA と 5, 9BnfA2BzFL の割合が重量比で cgDBCzPA : 5, 9BnfA2BzFL = 1 : 0.03 となるように形成した。

【 0 3 5 9 】

50

その後、発光層 113 上に cgDBCzPA を 10 nm、上記構造式 (iv) で表されるバソフェナントロリン (略称: BPhen) を 15 nm 成膜して電子輸送層 114 を形成した。

【0360】

電子輸送層 114 を形成した後、電子注入層 115 としてフッ化リチウム (LiF) を 1 nm の膜厚となるように蒸着し、第 2 の電極 102 としてアルミニウムを 200 nm の膜厚となるように蒸着することで本実施例の発光素子 2 を作製した。発光素子 2 の素子構造を以下の表にまとめる。

【0361】

【表 3】

正孔 注入層	正孔 輸送層	発光層	電子 輸送層		電子 注入層
PCPPn :MoOx 2:1	PCPPn	cgDBCzPA: 5,9BnfA2BzFL 1:0.03	2mDBTBPDq- II	BPhen	LiF
10nm	20nm	25nm	10nm	15nm	1nm

【0362】

発光素子 2 を、窒素雰囲気中のグローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業 (シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に UV 処理、80℃にて 1 時間熱処理) を行った後、これら発光素子の初期特性及び信頼性について測定を行った。なお、測定は室温 (25℃) に保たれた雰囲気で行った。

【0363】

発光素子 2 の輝度 - 電流密度特性を図 25 に、電流効率 - 輝度特性を図 26 に、輝度 - 電圧特性を図 27 に、電流 - 電圧特性を図 28 に、色度座標図を図 29 に、外部量子効率 - 輝度特性を図 30 に、発光スペクトルを図 31 に示す。また、1000 cd/m² 付近における主要な特性を表 4 に示す。

【0364】

【表 4】

電圧 (V)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 x	色度 y	電流効率 (cd/A)	外部量子効率 (%)
3.0	5.7	0.14	0.12	10	11

【0365】

図 25 乃至図 31 及び表 4 より、本発明の一態様の発光素子は、色度の良い青色発光を効率良く呈する良好な特性の青色発光素子であることがわかった。

【実施例 6】

【0366】

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素子である発光素子 3 及び発光素子 4 について詳細に説明する。発光素子 3 及び発光素子 4 で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。なお、発光素子 3 及び発光素子 4 は本発明の一態様の有機化合物である N, N' - (7, 7 - ジフェニル - 7H - ベンゾ [c] フルオレン - 5, 9 - ジイル) ビス [(N, 6 - ジフェニルベンゾ [b] ナフト [1, 2 - d] フラン) - 8 - アミン] (略称: 5, 9 BnfA2BzFL) を正孔輸送層の一部として用いた発光素子である。

【0367】

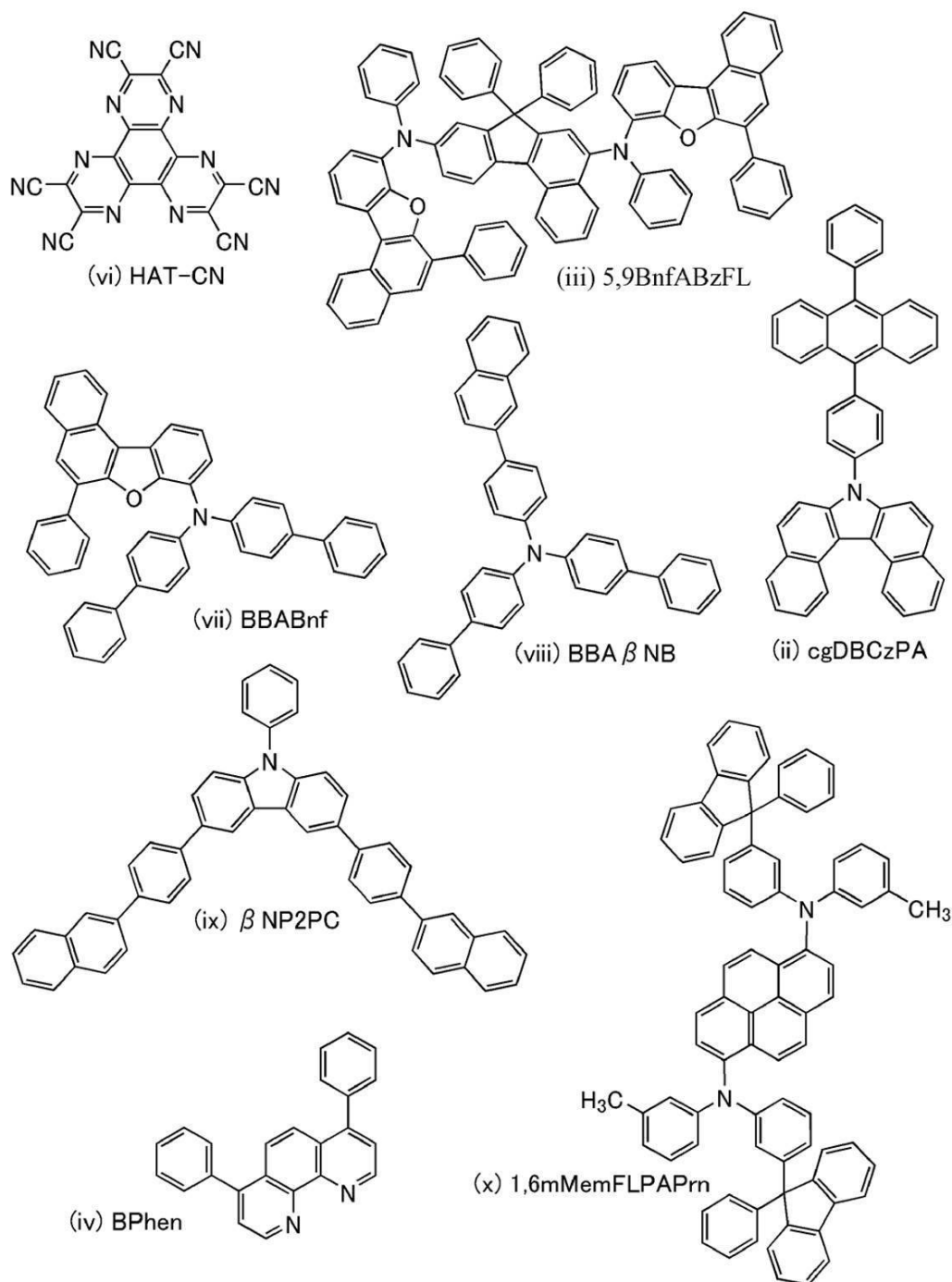
10

20

30

40

【化 8 2】



【 0 3 6 8 】

(発光素子 3 及び発光素子 4 の作製方法)

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法にて成膜し、第 1 の電極 101 を形成した。なお、その膜厚は 70 nm とし、電極面積は 2 mm \times 2 mm とした。

【 0 3 6 9 】

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

【 0 3 7 0 】

その後、 1.0×10^{-4} Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170 $^{\circ}$ 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。

【 0 3 7 1 】

次に、第１の電極１０１が形成された面が下方となるように、第１の電極１０１が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、第１の電極１０１上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式（ｖｉ）で表される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（ＨＡＴ－ＣＮ）を膜厚５ｎｍとなるように成膜し、正孔注入層１１１を形成した。

【０３７２】

次に、正孔注入層１１１上に、上記構造式（ｉｉｉ）で表されるＮ，Ｎ’－（７，７－ジフェニル－７Ｈ－ベンゾ〔ｃ〕フルオレン－５，９－ジイル）ビス〔（Ｎ，６－ジフェニルベンゾ〔ｂ〕ナフト〔１，２－ｄ〕フラン）－８－アミン〕（略称：５，９ＢｎｆＡ２ＢｚＦＬ）を１０ｎｍ、上記構造式（ｖｉｉ）で表されるＮ，Ｎ－ビス（４－ピフェニル）－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）を１０ｎｍ、上記構造式（ｉｘ）で表される３，６－ビス〔４－（２－ナフチル）フェニル〕－９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＮＰ２ＰＣ）を１０ｎｍ順に成膜して正孔輸送層１１２を形成した。

【０３７３】

さらに、正孔輸送層１１２上に、上記構造式（ｉｉ）で表される７－〔４－（１０－フェニル－９－アントリル）フェニル〕－７Ｈ－ジベンゾ〔ｃ，ｇ〕カルバゾール（略称：ｃｇＤＢＣｚＰＡ）と上記構造式（ｘ）で表される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）とを共蒸着して発光層１１３を形成した。発光層１１３は膜厚が２５ｎｍ、ｃｇＤＢＣｚＰＡと１，６ｍＭｅｍＦＬＰＡＰｒｎの割合が重量比でｃｇＤＢＣｚＰＡ：１，６ｍＭｅｍＦＬＰＡＰｒｎ＝１：０．０３となるように形成した。

【０３７４】

その後、発光層１１３上にｃｇＤＢＣｚＰＡを１０ｎｍ、上記構造式（ｖ）で表されるバソフェナントロリン（略称：ＢＰｈｅｎ）を１５ｎｍ成膜して電子輸送層１１４を形成した。

【０３７５】

電子輸送層１１４を形成した後、電子注入層１１５としてフッ化リチウム（ＬｉＦ）を１ｎｍの膜厚となるように蒸着し、第２の電極１０２としてアルミニウムを２００ｎｍの膜厚となるように蒸着することで本実施例の発光素子３を作製した。

【０３７６】

発光素子４は発光素子３の正孔輸送層におけるＢＢＡＢｎｆを上記構造式（ｖｉｉｉ）で表される４－ナフチル－４’，４’’－ジフェニルトリフェニルアミン（略称：ＢＢＡ－ＮＢ）に変えて作製した。

【０３７７】

発光素子３及び発光素子４の素子構造を以下の表にまとめる。

【０３７８】

【表５】

	正孔注入層	正孔輸送層			発光層	電子輸送層	
	5nm	10nm	10nm	10nm	25nm	10nm	15nm
発光素子３	HAT-CN	5,9BnfA2BzFL	BBABnf	βNP2PC	cgDBCzPA: 1:0.03 1,6mMemFLPAPrn	cgDBCzPA	BPhen
発光素子４			BBAβNB				

【０３７９】

発光素子３及び発光素子４を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時にＵＶ処理、８０℃にて１時間熱処理）を行った後、これら発光素子の初期特性及

び信頼性について測定を行った。なお、測定は室温（25℃）に保たれた雰囲気で行った。

【0380】

発光素子3及び発光素子4の輝度-電流密度特性を図32に、電流効率-輝度特性を図33に、輝度-電圧特性を図34に、電流-電圧特性を図35に、外部量子効率-輝度特性を図36に、色度座標図を図37に、発光スペクトルを図38に示す。また、1000 cd/m²付近における主要な特性を表6に示す。

【0381】

【表6】

	電圧 (V)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 x	色度 y	電流効率 (cd/A)	外部量子効率 (%)
発光素子3	3.8	10	0.14	0.15	12	10
発光素子4	3.4	6.6	0.14	0.15	12	11

10

【0382】

また、電流値を2mAとし、電流密度一定の条件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39に示す。図39で示すように、本発明一態様の発光素子である発光素子3及び発光素子4は駆動時間の蓄積に伴う輝度低下が小さく、寿命の良好な発光素子であることがわかった。

【0383】

図32乃至図39及び表6より、本発明の一態様の発光素子は、良好な特性の発光素子であることがわかった。

20

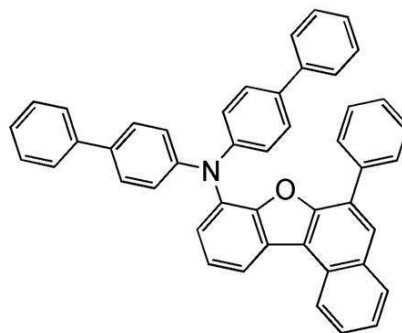
【0384】

（参考例1）

本参考例では、上記発光素子3に用いた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）の合成方法について説明する。BBABnfの構造式を以下に示す。

【0385】

【化83】



30

【0386】

<ステップ1：6-ヨードベンゾ[*b*]ナフト[1,2-*d*]フランの合成>
500mL三口フラスコに、8.5g（39mmol）のベンゾ[*b*]ナフト[1,2-*d*]フランを加え、フラスコ内を窒素置換した後、195mLのテトラヒドロフラン（THF）を加えた。この溶液を-75℃に冷却してから、この溶液に25mL（40mmol）の*n*-ブチルリチウム（1.59mol/L *n*-ヘキサン溶液）を滴下して加えた。滴下後、得られた溶液を室温で1時間攪拌した。所定時間経過後、この溶液を-75℃に冷却してから、ヨウ素10g（40mmol）をTHF40mLに溶かした溶液を滴下して加えた。滴下後、得られた溶液を室温に戻しながら17時間攪拌した。その後、この混合物にチオ硫酸ナトリウム水溶液を加え、1時間攪拌した後、この混合物の有機層を水で洗浄し、有機層を硫酸マグネシウムにより乾燥した。乾燥後、この混合物を自然濾過し

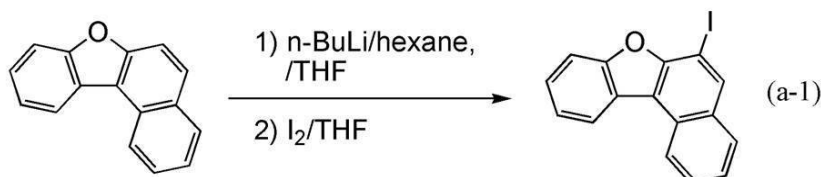
40

50

、得られた溶液をフロリジール（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：066-05265）、セライト（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：537-02305）を通して吸引濾過した。得られた濾液を濃縮して得た固体を、トルエンにて再結晶を行ったところ、目的の白色粉末を収量6.0g（18mmol）、収率45%で得た。ステップ1の合成スキームを以下に示す。

【0387】

【化84】



10

【0388】

<ステップ2：6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フランの合成>

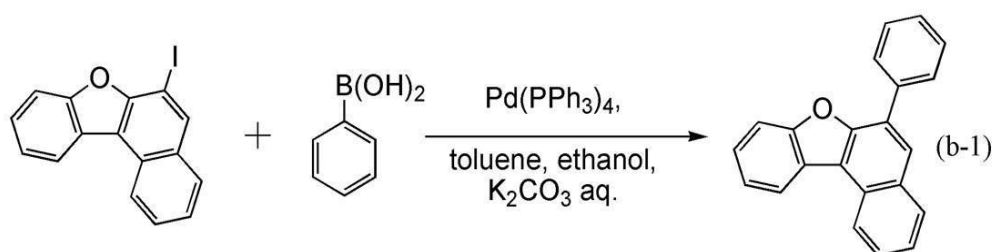
200mL三口フラスコに、ステップ1合成した6-ヨードベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フランを6.0g（18mmol）と、2.4g（19mmol）のフェニルボロン酸と、70mLのトルエンと、20mLのエタノールと、22mLの炭酸カリウム水溶液（2.0mol/L）を入れた。この混合物を減圧しながら攪拌することで脱気をした。脱気後フラスコ内を窒素下としてから、480mg（0.42mmol）のテトラキス（トリフェニルホスフィン）パラジウム（0）を加えた。この混合物を窒素気流下、90

20

で12時間攪拌した。所定時間経過後、この混合物に水を加え、水層をトルエンにより抽出した。得られた抽出液と有機層を合わせて、水で洗浄後、硫酸マグネシウムにより乾燥した。この混合物を自然濾過し、得られた濾液を濃縮して得た固体を、トルエンに溶かした。得られた溶液をセライト（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：531-16855）、フロリジール（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：540-00135）、アルミナを通して吸引濾過した。得られたろ液を濃縮して得た固体を、トルエンにより再結晶を行ったところ、目的の白色固体を収量4.9g（17mmol）、収率93%で得た。ステップ2の合成スキームを下記式（b-1）に示す。

【0389】

【化85】



30

【0390】

<ステップ3：8-ヨード-6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フランの合成>

40

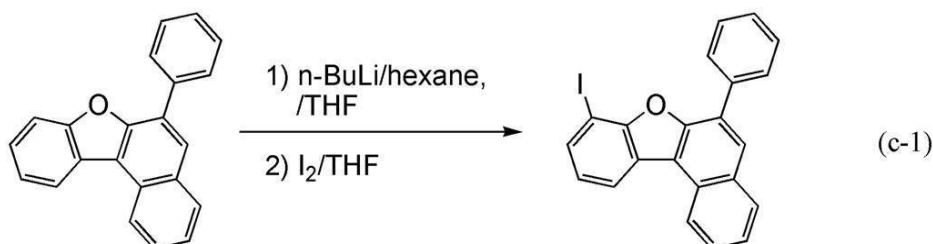
300mL三口フラスコに、ステップ2で合成した6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フランを4.9g（17mmol）入れ、フラスコ内を窒素置換した後、87mLのテトラヒドロフラン（THF）を加えた。この溶液を-75℃に冷却してから、この溶液に11mL（18mmol）のn-ブチルリチウム（1.59mol/L n-ヘキサン溶液）を滴下して加えた。滴下後、得られた溶液を室温で1時間攪拌した。所定時間経過後、この溶液を-75℃に冷却してから、ヨウ素4.6g（18mmol）をTHF18mLに溶かした溶液を滴下して加えた。得られた溶液を室温に戻しながら17時間攪拌した。その後、この混合物にチオ硫酸ナトリウム水溶液を加え、1時間攪拌した後、この混合物の有機層を水で洗浄し、有機層を硫酸マグネシウムにより乾燥した。この混合

50

物を自然濾過して得られたる液をセライト（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：531-16855）、フロリジル（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：540-00135）、アルミナを通して吸引濾過した。得られたる液を濃縮して得た固体を、トルエンにより再結晶を行ったところ、目的の白色固体を収量3.7g（8.8mmol）、収率53%で得た。ステップ3の合成スキームを下記式（c-1）に示す。

【0391】

【化86】



【0392】

<ステップ4：BBABnfの合成>

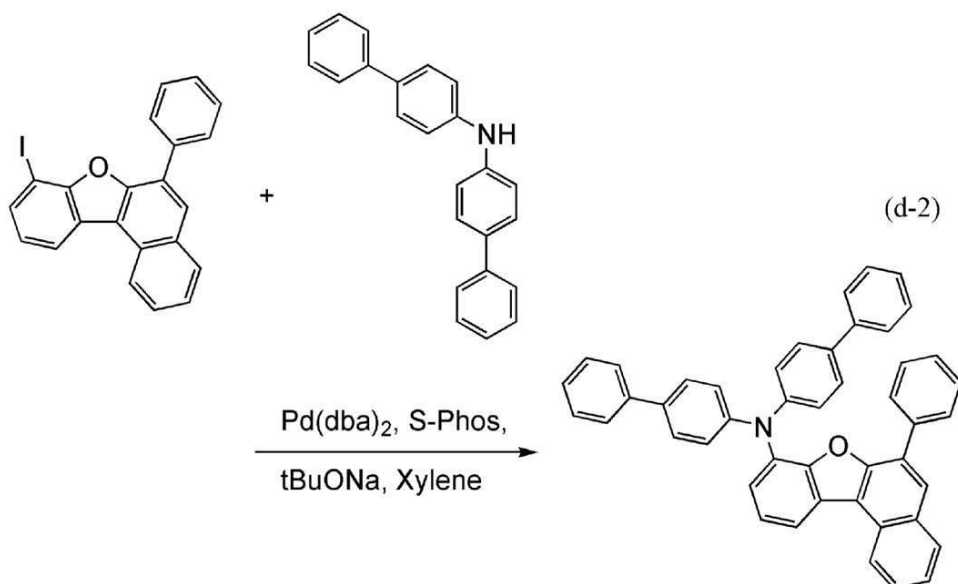
200mL三口フラスコに、実施例1のステップ3で得られた8-ヨード-6-フェニルベンゾ[*b*]ナフト[1,2-*d*]フランを2.1g（5.0mmol）と、1.6g（5.0mmol）のビス（1,1'-ピフェニル-4-イル）アミンと、0.17g（0.40mmol）の2-ジシクロヘキシルホスフィノ-2',6'-ジメトキシビフェニル（略称：S-Phos）と、0.97g（10mmol）のナトリウム *t*-ブトキシドを加え、フラスコ内を窒素置換した後、25mLのキシレンを加えた。この混合物を減圧脱気した後、窒素気流下で80℃にしてから、0.12g（0.20mmol）のビス（ジベンジリデンアセトン）パラジウム（0）を加え、この混合物を80℃で5.5時間攪拌し、更に100℃で5時間攪拌した。攪拌後、得られた混合物を水、飽和食塩水で洗浄し、有機層を硫酸マグネシウムで乾燥した。自然ろ過により硫酸マグネシウムを除去した後、得られたる液を濃縮し、褐色固体を得た。得られた個体をトルエンに溶かし、セライト（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：537-02305）とアルミナを通しろ過した。得られたる液を濃縮し、BBABnfの黄色固体を2.0g、収率67%で得た。ステップ4の合成スキームを下記式（d-2）に示す。

20

30

【0393】

【化87】



【0394】

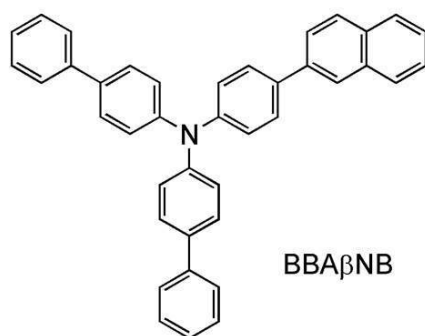
（参考例2）

50

本参考例では、上記発光素子 4 に用いた 4 - ナフチル - 4' , 4' ' - ジフェニルトリフェニルアミン (略称 : BBA NB) の合成方法について説明する。BBA NB の構造式を以下に示す。

【 0 3 9 5 】

【 化 8 8 】



10

【 0 3 9 6 】

< ステップ 1 : 4 - ナフチル - 4' , 4' ' - ジフェニルトリフェニルアミン (略称 : BBA NB) の合成 >

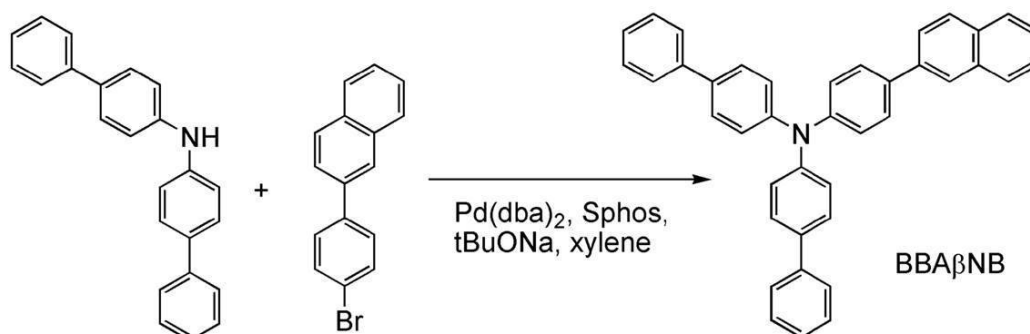
200 mL 三口フラスコに、2.3 g (7.1 mmol) のビス (1 , 1' - ビフェニル - 4 - イル) アミンと、2.0 g (7.1 mmol) の 2 - (4 - プロモフェニル) ナフタレンと、1.5 g (15 mmol) のナトリウム - tert - ブトキシド (略称 : tert - BuONa) と、0.16 g (0.40 mmol) 2 - ジシクロヘキシルホスフィノ - 2' , 6' - ジメトキシ - 1 , 1' - ビフェニル (略称 : SPhos) を加え、フラスコ内を窒素置換した後、35 mL のキシレンを加えた。この混合物を減圧脱気した後、窒素気流下としてから 60 ° で攪拌し、0.12 g (0.20 mmol) のビス (ジベンジリデンアセトン) パラジウム (0) を加えて、この混合物を 120 ° で 7 時間攪拌した。攪拌後、得られた混合物を水、飽和食塩水で洗浄し、有機層を硫酸マグネシウムで乾燥した。自然ろ過により硫酸マグネシウムを除去した後、得られたる液を濃縮して得た、褐色固体を高速液体クロマトグラフィー (移動相クロロホルム) にて精製したところ、目的物の淡黄色固体を 3.5 g、収率 93 % で得た。本反応の合成スキームを以下に示す。

20

30

【 0 3 9 7 】

【 化 8 9 】



40

【 0 3 9 8 】

得られた淡黄色個体の ¹H NMR データを以下に示す。

¹H NMR (ジクロロメタン - d₂ , 500 MHz) : δ = 7.24 (d、J = 9.0 Hz、4 H)、7.26 (d、J = 8.5 Hz、2 H)、7.31 (d、J = 7.5 Hz、2 H)、7.42 (d、J = 7.5 Hz、4 H)、7.45 - 7.50 (m、2 H)、7.55 (d、J = 8.5 Hz、4 H)、7.60 (d、J = 7.5 Hz、4 H)、7.68 (d、J = 8.5 Hz、2 H)、7.76 (dd、J₁ = 2.0 Hz、J₂ = 8.5 Hz、1 H)、7.85 (d、J = 8.0 Hz、1 H)、7.90 (t、J = 8.05 H

50

z、2 H)、8.05 (s、1 H)

【0399】

また、 ^1H -NMRチャートを図40に示す。なお、図40(B)は、図40(A)における7.00 ppm~8.20 ppmの範囲を拡大して表したチャートである。

【0400】

得られた3.5 gの淡黄色固体を、トレインサブレーション法により昇華精製を行った。昇華精製条件は、圧力3.4 Pa、アルゴン流速15 mL/min、加熱265、16時間とした。昇華精製後、目的物の淡黄色ガラス状固体を2.8 g、回収率81%で得た。

【0401】

4-ナフチル-4',4''-ジフェニルトリフェニルアミン(略称:BBANB)のHOMO準位およびLUMO準位をサイクリックボルタンメトリ(CV)測定を元に算出した。算出方法を以下に示す。

【0402】

測定装置としては電気化学アナライザー(ビー・エー・エス(株)製、型番:ALSモデル600Aまたは600C)を用いた。CV測定にを行う溶液は、溶媒として脱水ジメチルホルムアミド(DMF)((株)アルドリッチ製、99.8%、カタログ番号;22705-6)を用い、支持電解質である過塩素酸テトラ-n-ブチルアンモニウム($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$)((株)東京化成製、カタログ番号;T0836)を100 mmol/Lの濃度となるように溶解させ、さらに測定対象を2 mmol/Lの濃度となるように溶解させて調製した。また、作用電極としては白金電極(ビー・エー・エス(株)製、PTE白金電極)を、補助電極としては白金電極(ビー・エー・エス(株)製、VC-3用Ptカウンター電極(5 cm))を、参照電極としてはAg/Ag⁺電極(ビー・エー・エス(株)製、RE7非水溶媒系参照電極)をそれぞれ用いた。なお、測定は室温(20~25)で行った。また、CV測定時のスキャン速度は、0.1 V/secに統一し、参照電極に対する酸化電位 E_a [V]および還元電位 E_c [V]を測定した。 E_a は酸化-還元波の中間電位とし、 E_c は還元-酸化波の中間電位とした。ここで、本実施例で用いる参照電極の真空準位に対するポテンシャルエネルギーは、-4.94 [eV]であることが分かっているため、HOMO準位 [eV] = -4.94 - E_a 、LUMO準位 [eV] = -4.94 - E_c という式から、HOMO準位およびLUMO準位をそれぞれ求めることができる。また、測定を100回繰り返し行い、100サイクル目の測定での酸化-還元波と、1サイクル目の酸化-還元波を比較して、化合物の電氣的安定性を調べた。

【0403】

この結果、BBANBのHOMO準位は-5.47 eVであることがわかった。一方LUMO準位は-2.28 eVであることがわかった。また、酸化-還元波の繰り返し測定において1サイクル目と100サイクル後の波形と比較したところ、 E_a 測定においては83%、 E_c 測定においては92%のピーク強度を保っていたことから、BBANBは酸化、及び還元に対する耐性が非常に良好であることが確認された。

【0404】

また、BBANBの示差走査熱量測定(DSC測定)を、パーキンエルマー社製、Pyris 1 DSCを用いて測定した。示差走査熱量測定は、昇温速度40 /minにて、-10 から300 まで昇温した後、同温度で1分間保持してか降温速度40 /minにて-10 まで冷却する操作を2回連続で行った。2サイクル目のDSC測定結果から、BBANBのガラス転移点は81 であることが明らかとなった。また、1サイクル目の結果から融点が241 であることがわかった。

【0405】

また、BBANBの熱重量測定-示差熱分析(TG-DTA:Thermogravimetry-Differential Thermal Analysis)を行った。測定には高真空差動型示差熱天秤(ブルカー・エイエックスエス株式会社製、TG-DTA2410SA)を用いた。測定は、大気圧において、昇温速度10 /min、窒素

10

20

30

40

50

気流下（流速 200 mL/min ）の条件で行った。熱重量測定 - 示差熱分析において、熱重量測定から求めた重量が測定開始時の -5% となる温度（分解温度）は 412 であることがわかり、高い耐熱性を有する物質であることが示された。

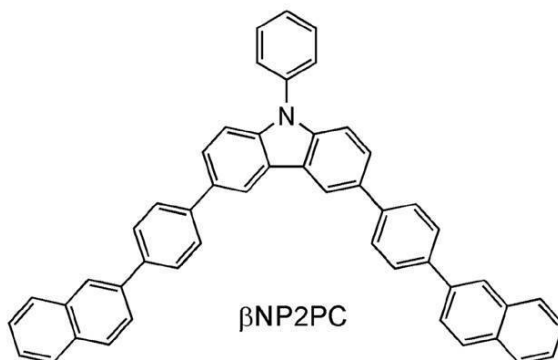
【0406】

（参考例3）

本参考例では上記発光素子3及び発光素子4に用いた3,6-ビス[4-(2-ナフチル)フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール（略称：NP2PC）の合成方法について説明する。NP2PCの構造式を以下に示す。

【0407】

【化90】



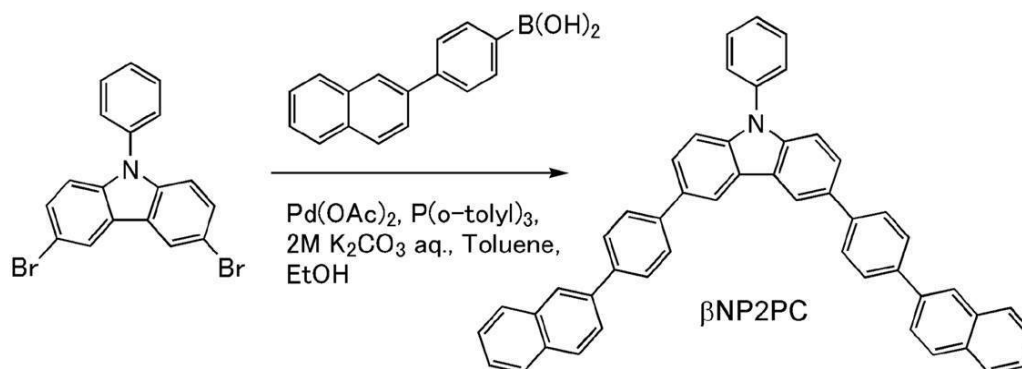
【0408】

<3,6-ビス[4-(2-ナフチル)フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール（略称：NP2PC）の合成>

200 mL 三口フラスコに、 1.9 g (4.8 mmol)の3,6-ジブromo-9-フェニル-9H-カルバゾールと、 2.4 g (9.7 mmol)の4-(2-ナフチル)フェニルボロン酸と、 0.12 g (0.40 mmol)のトリ(o-トリル)ホスフィンと、 2.7 g (19 mmol)の炭酸カリウムを入れた。フラスコ内を窒素置換してから、この混合物へ 40 mL のトルエンと、 10 mL のエタノールと、 10 mL の水を加えた。この混合物を減圧しながら攪拌することで脱気をした。脱気後、この混合物へ 22 mg (0.10 mmol)の酢酸パラジウム(II)を加えた。この混合物を窒素気流下、 80 で4時間攪拌したところ、固体が析出した。析出した固体を吸引ろ過により回収した。回収した固体を約 750 mL の熱したトルエンに溶解し、この溶液をセライト、アルミナ、フロリジルを通して吸引ろ過した。得られたろ液を濃縮して得た固体をトルエンで洗浄し、目的物の白色粉末を 2.6 g 、収率 99% で得た。本反応の合成スキームを以下に示す。

【0409】

【化91】



【0410】

得られた白色粉末 2.6 g をトレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製条件は、圧力 3.0 Pa 、アルゴンガスを流量 5.0 mL/min で流しながら、 350

で白色粉末を加熱した。昇華精製後、白色固体を2.0 g、回収率77%で得た。

【0411】

得られた物質の¹H NMRを測定した。以下に測定データを示す。

¹H NMR (CDCl₃, 300 MHz): = 7.47 - 7.55 (m, 7H), 7.65 (s, 2H), 7.67 (d, J = 2.4 Hz, 2H), 7.76 (dd, J₁ = 8.4 Hz, J₂ = 1.8 Hz, 2H), 7.75 - 7.97 (m, 16H), 8.14 (d, J = 1.8 Hz, 2H), 8.51 (d, J = 1.5 Hz, 2H)

【0412】

また、¹H - NMRチャートを図41に示す。なお、図41(B)は、図41(A)における7.20 ppm ~ 8.60 ppmの範囲を拡大して表したチャートである。

10

【0413】

また、NP2PCの熱重量測定 - 示差熱分析 (TG - DTA: Thermogravimetry - Differential Thermal Analysis)を行った。測定には高真空差動型示差熱天秤 (ブルカー・エイエックスエス株式会社製、TG - DTA 2410 SA)を用いた。常圧、昇温速度10 /min、窒素気流下 (流速: 200 mL/min) 条件で測定したところ、重量と温度の関係 (熱重量測定) から、NP2PCの5%重量減少温度は500 以上であった。このことから、NP2PCの耐熱性が良好であることが示された。

【符号の説明】

【0414】

20

- 101 第1の電極
- 102 第2の電極
- 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
- 400 基板
- 401 第1の電極
- 403 EL層
- 404 第2の電極
- 405 シール材
- 406 シール材
- 407 封止基板
- 412 パッド
- 420 ICチップ
- 501 第1の電極
- 502 第2の電極
- 503 EL層
- 511 第1の発光ユニット
- 512 第2の発光ユニット
- 513 電荷発生層
- 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)

30

40

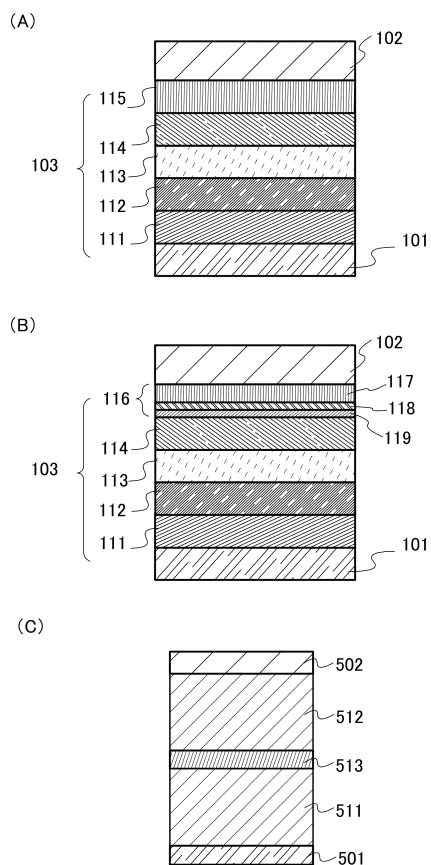
50

6 0 4	封止基板	
6 0 5	シール材	
6 0 7	空間	
6 0 8	配線	
6 0 9	F P C (フレキシブルプリントサーキット)	
6 1 0	素子基板	
6 1 1	スイッチング用 F E T	
6 1 2	電流制御用 F E T	
6 1 3	第 1 の電極	
6 1 4	絶縁物	10
6 1 6	E L 層	
6 1 7	第 2 の電極	
6 1 8	発光素子	
6 2 3	n チャネル型 F E T	
6 2 4	p チャネル型 F E T	
9 0 1	筐体	
9 0 2	液晶層	
9 0 3	バックライトユニット	
9 0 4	筐体	
9 0 5	ドライバ I C	20
9 0 6	端子	
9 5 1	基板	
9 5 2	電極	
9 5 3	絶縁層	
9 5 4	隔壁層	
9 5 5	E L 層	
9 5 6	電極	
1 0 0 1	基板	
1 0 0 2	下地絶縁膜	
1 0 0 3	ゲート絶縁膜	30
1 0 0 6	ゲート電極	
1 0 0 7	ゲート電極	
1 0 0 8	ゲート電極	
1 0 2 0	第 1 の層間絶縁膜	
1 0 2 1	第 2 の層間絶縁膜	
1 0 2 2	電極	
1 0 2 4 W	発光素子の第 1 の電極	
1 0 2 4 R	発光素子の第 1 の電極	
1 0 2 4 G	発光素子の第 1 の電極	
1 0 2 4 B	発光素子の第 1 の電極	40
1 0 2 5	隔壁	
1 0 2 8	E L 層	
1 0 2 9	発光素子の第 2 の電極	
1 0 3 1	封止基板	
1 0 3 2	シール材	
1 0 3 3	透明な基材	
1 0 3 4 R	赤色の着色層	
1 0 3 4 G	緑色の着色層	
1 0 3 4 B	青色の着色層	
1 0 3 5	黒色層 (ブラックマトリックス)	50

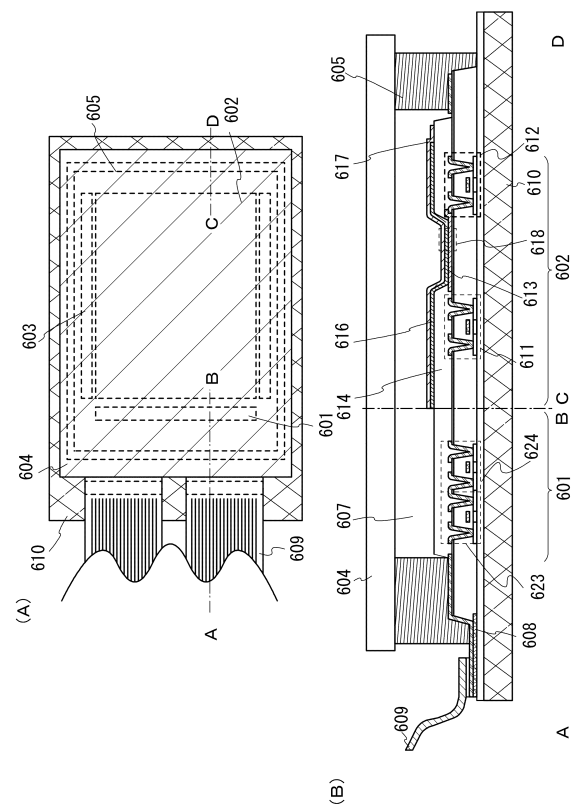
1 0 3 7	第 3 の層間絶縁膜	
1 0 4 0	画素部	
1 0 4 1	駆動回路部	
1 0 4 2	周辺部	
2 0 0 1	筐体	
2 0 0 2	光源	
3 0 0 1	照明装置	
5 0 0 0	表示領域	
5 0 0 1	表示領域	
5 0 0 2	表示領域	10
5 0 0 3	表示領域	
5 0 0 4	表示領域	
5 0 0 5	表示領域	
7 1 0 1	筐体	
7 1 0 3	表示部	
7 1 0 5	スタンド	
7 1 0 7	表示部	
7 1 0 9	操作キー	
7 1 1 0	リモコン操作機	
7 2 0 1	本体	20
7 2 0 2	筐体	
7 2 0 3	表示部	
7 2 0 4	キーボード	
7 2 0 5	外部接続ポート	
7 2 0 6	ポインティングデバイス	
7 2 1 0	第 2 の表示部	
7 4 0 1	筐体	
7 4 0 2	表示部	
7 4 0 3	操作ボタン	
7 4 0 4	外部接続ポート	30
7 4 0 5	スピーカ	
7 4 0 6	マイク	
9 0 3 3	留め具	
9 0 3 4	スイッチ	
9 0 3 5	電源スイッチ	
9 0 3 6	スイッチ	
9 3 1 0	携帯情報端末	
9 3 1 1	表示パネル	
9 3 1 2	表示領域	
9 3 1 3	ヒンジ	40
9 3 1 5	筐体	
9 6 3 0	筐体	
9 6 3 1	表示部	
9 6 3 1 a	表示部	
9 6 3 1 b	表示部	
9 6 3 2 a	タッチパネル領域	
9 6 3 2 b	タッチパネル領域	
9 6 3 3	太陽電池	
9 6 3 4	充放電制御回路	
9 6 3 5	バッテリー	50

9 6 3 6 D C D C コンバータ
 9 6 3 7 操作キー
 9 6 3 8 コンバータ
 9 6 3 9 ボタン

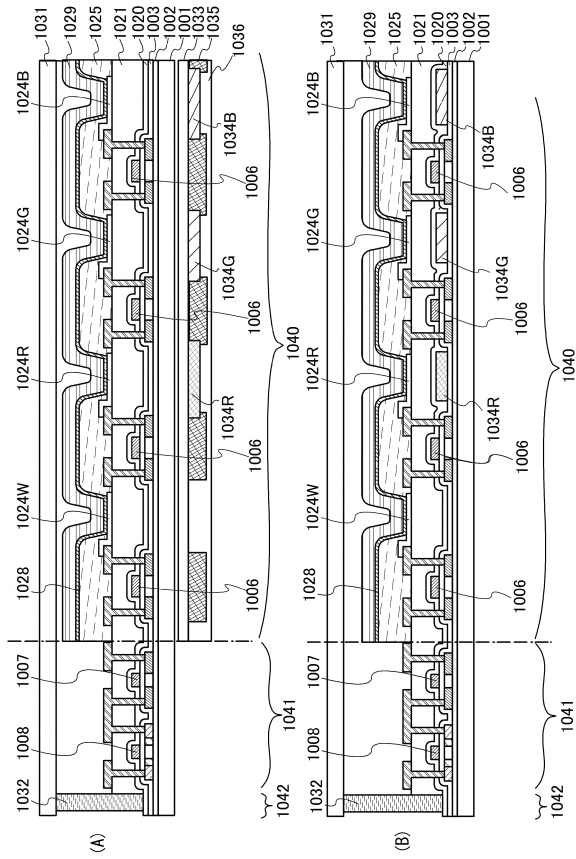
【図 1】



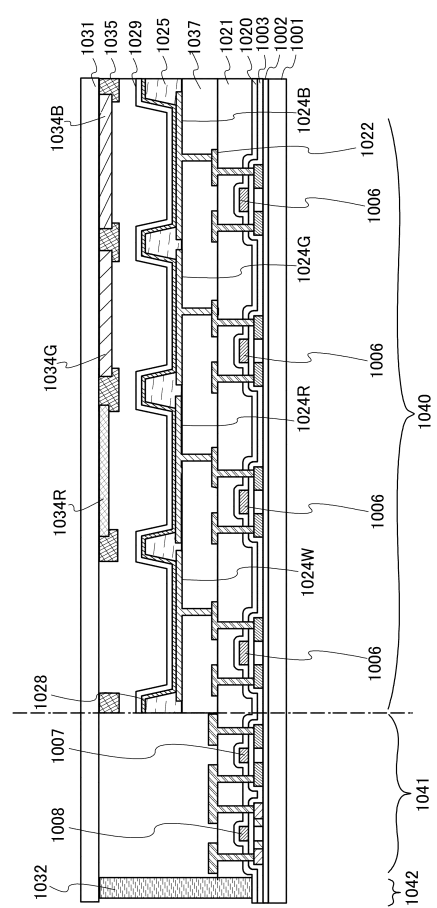
【図 2】



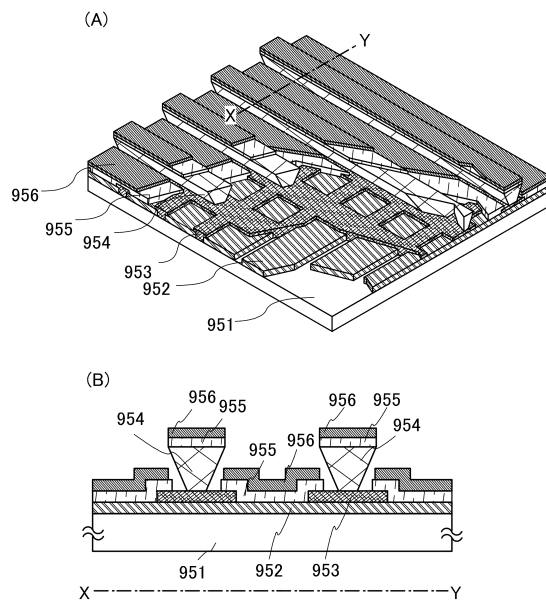
【図 3】



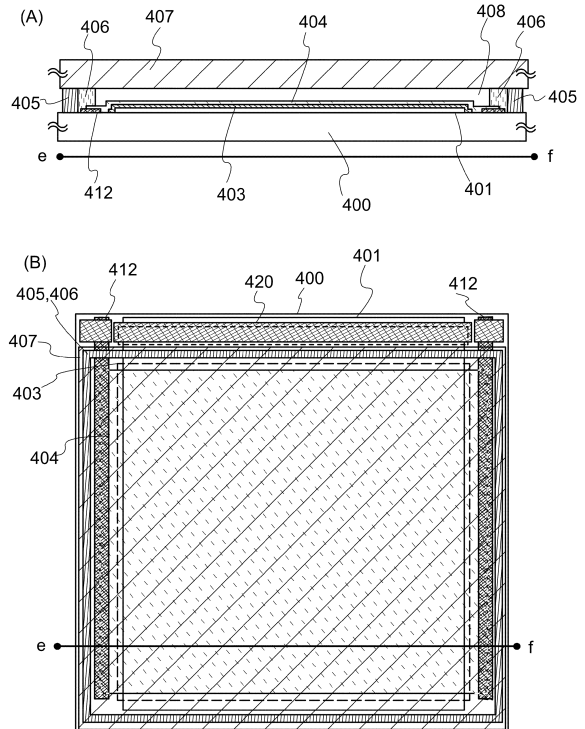
【図 4】



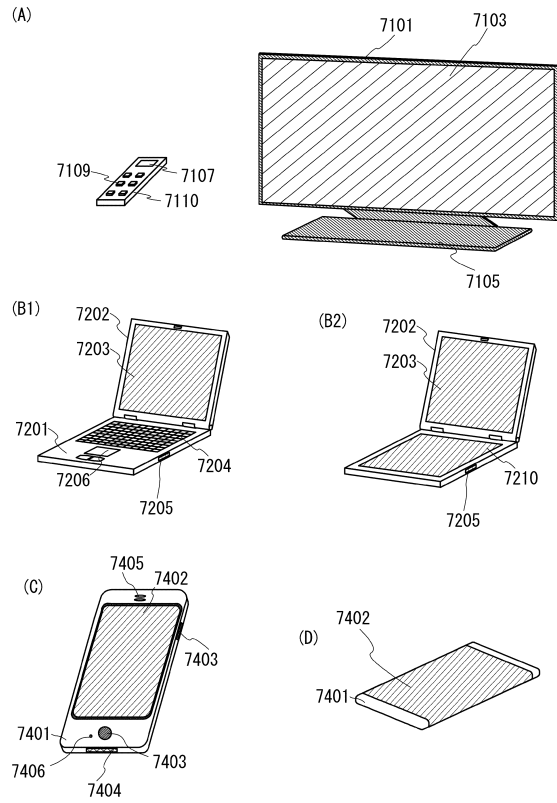
【図 5】



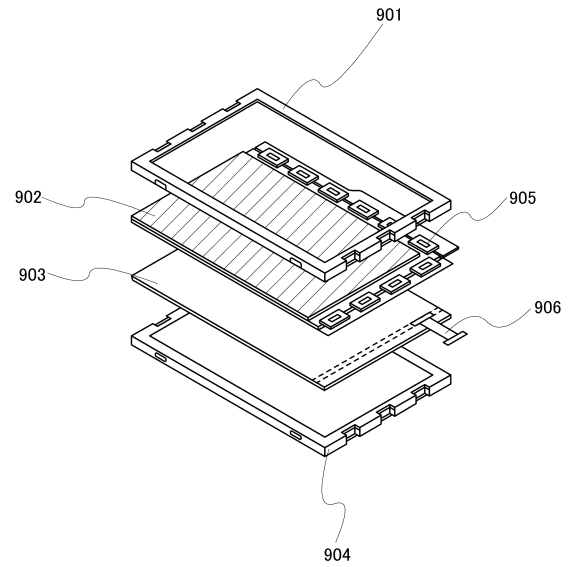
【図 6】



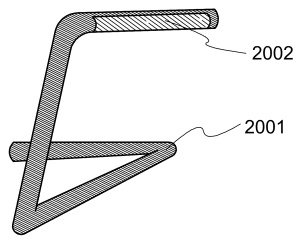
【図 7】



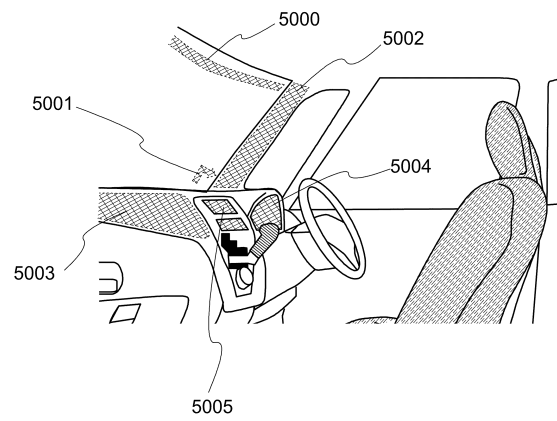
【図 8】



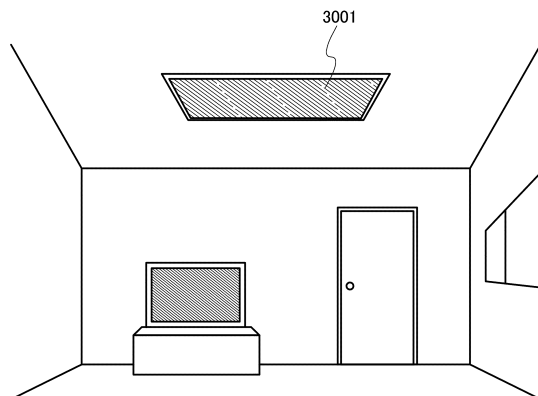
【図 9】



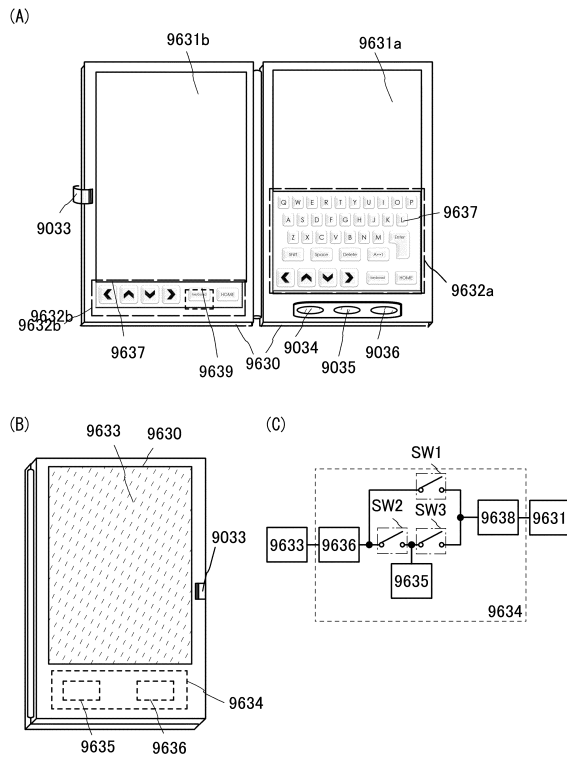
【図 11】



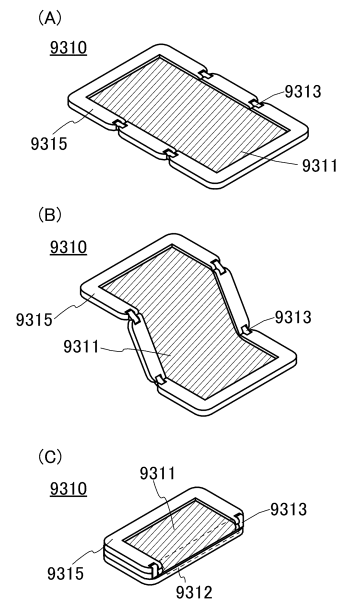
【図 10】



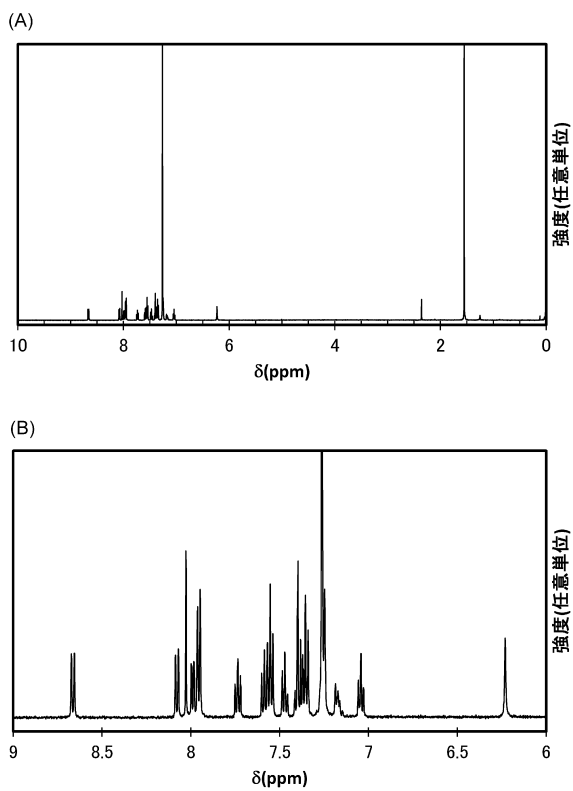
【図 1 2】



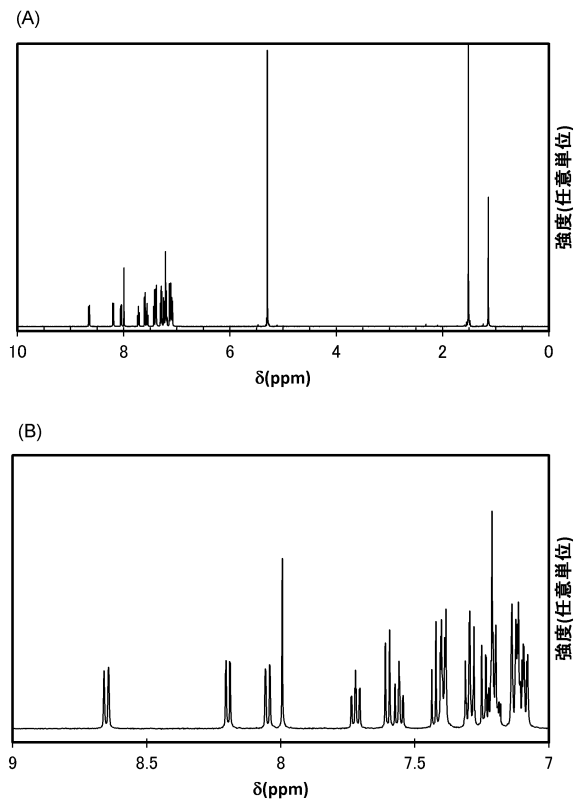
【図 1 3】



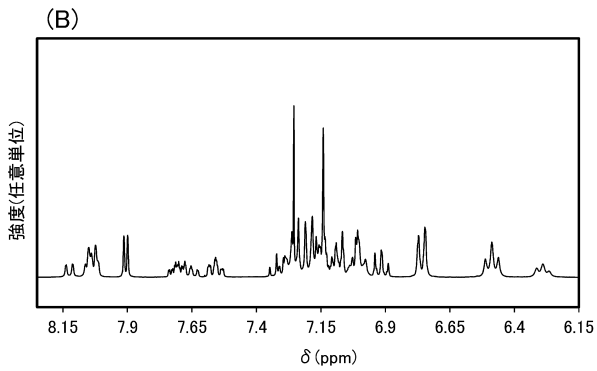
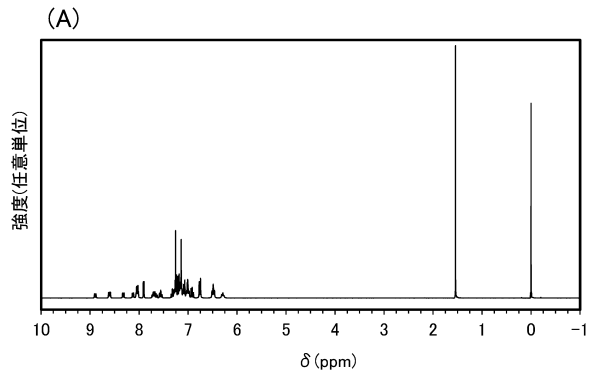
【図 1 4】



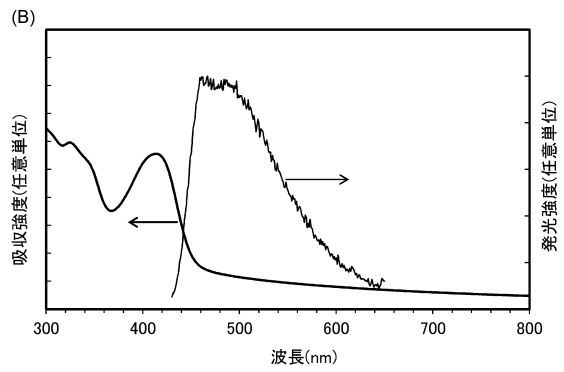
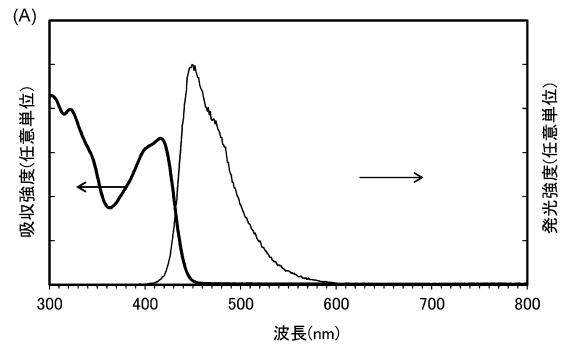
【図 1 5】



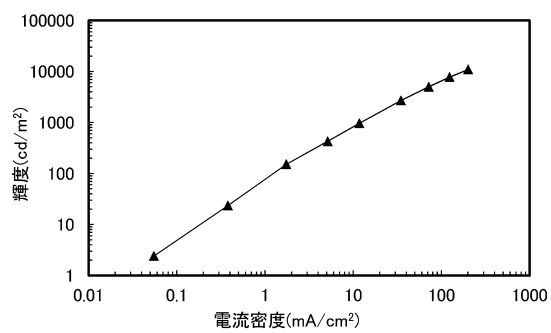
【図 16】



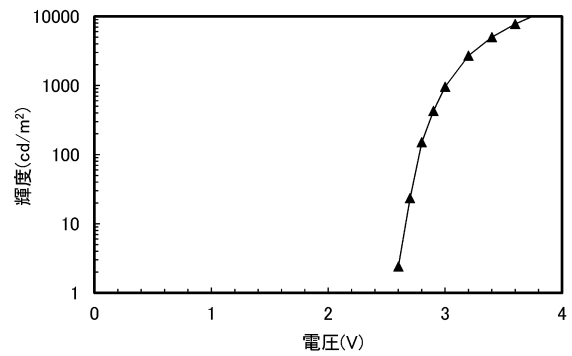
【図 17】



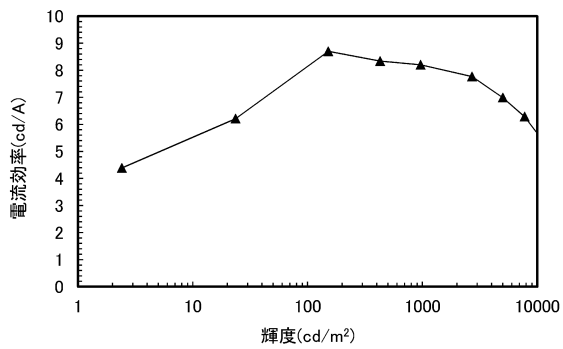
【図 18】



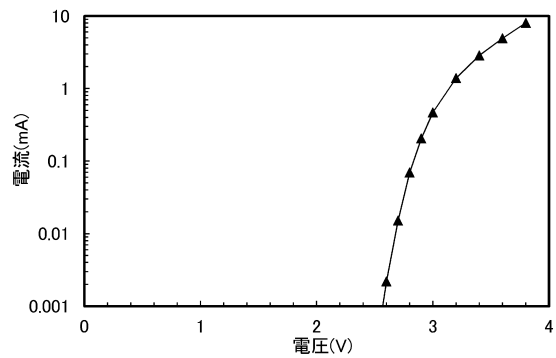
【図 20】



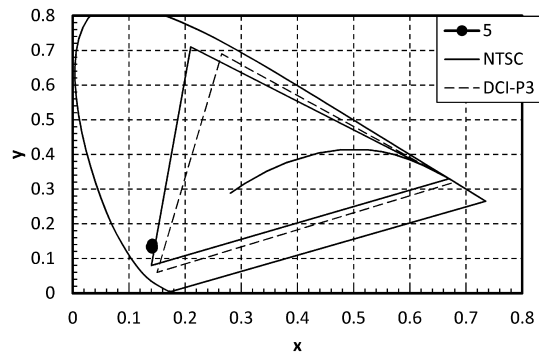
【図 19】



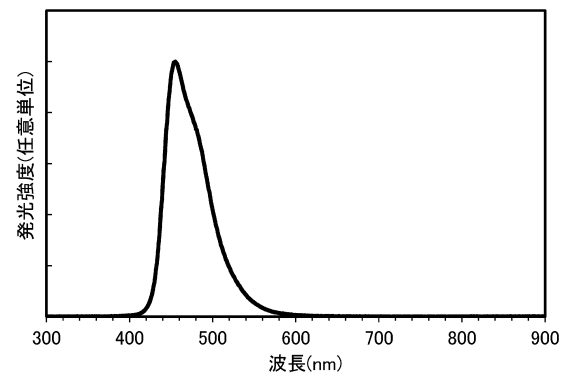
【図 21】



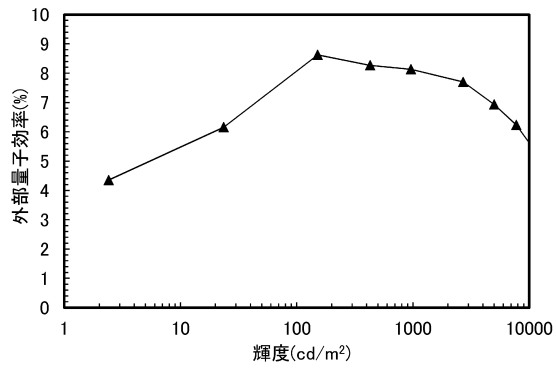
【図 2 2】



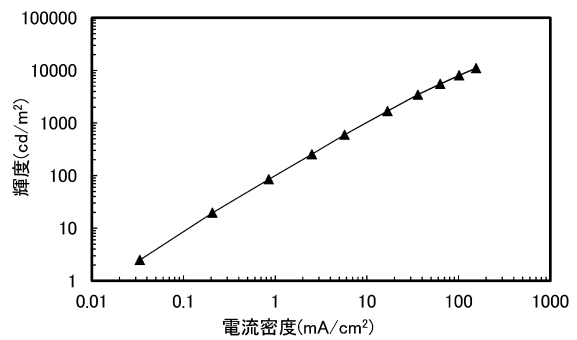
【図 2 4】



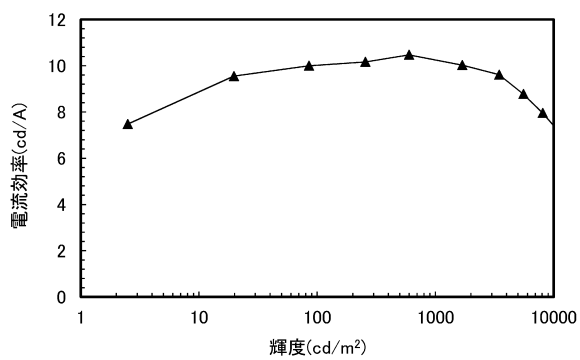
【図 2 3】



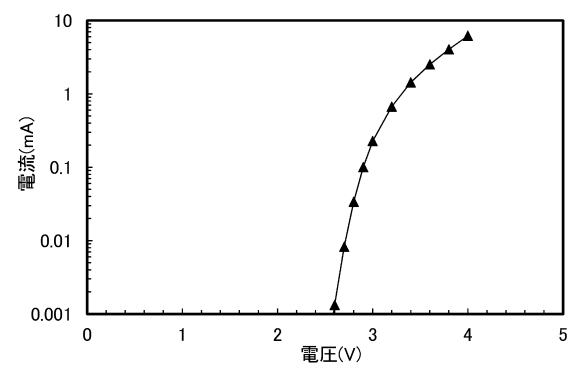
【図 2 5】



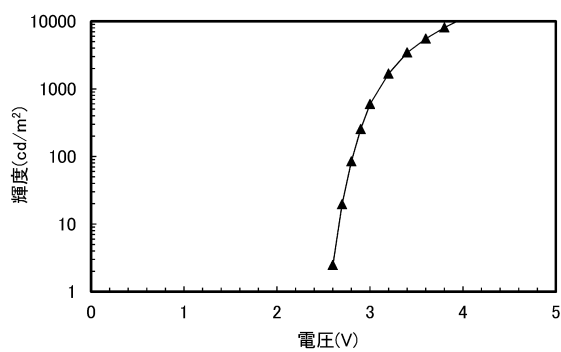
【図 2 6】



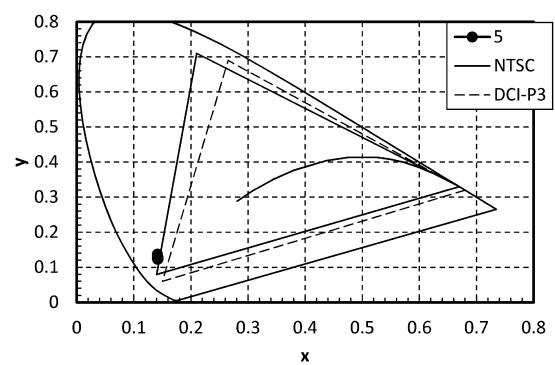
【図 2 8】



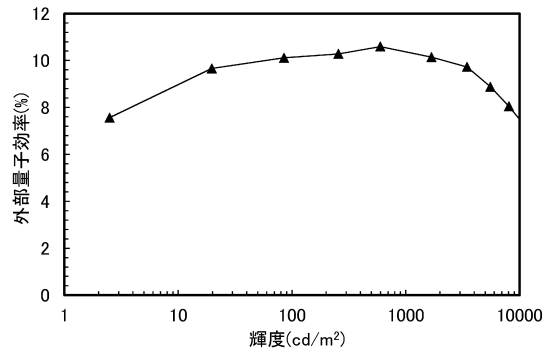
【図 2 7】



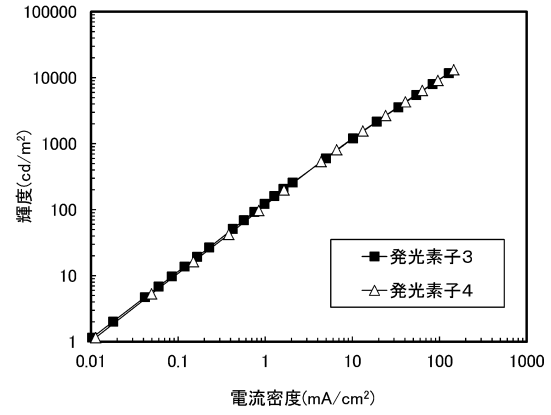
【図 2 9】



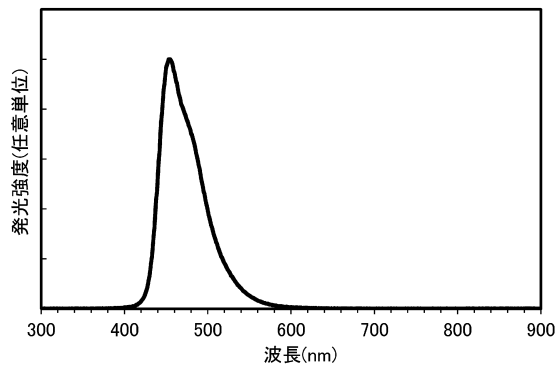
【図 3 0】



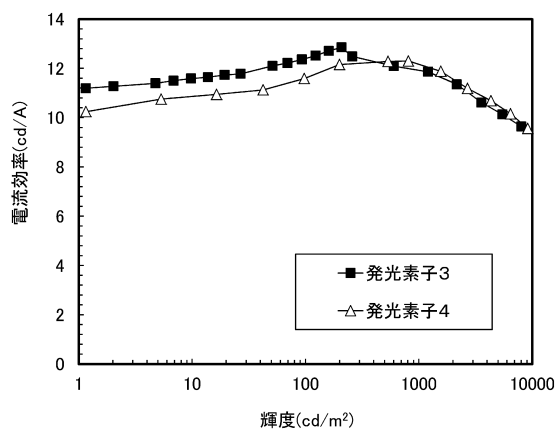
【図 3 2】



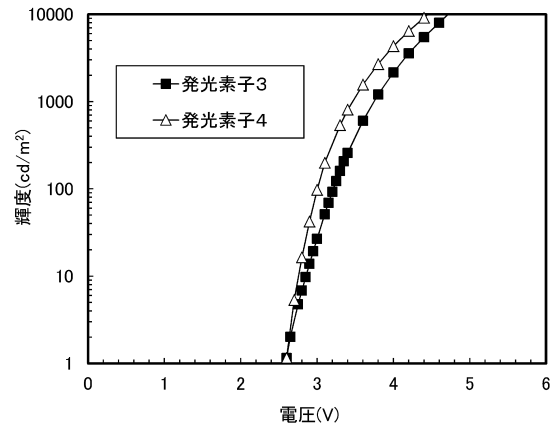
【図 3 1】



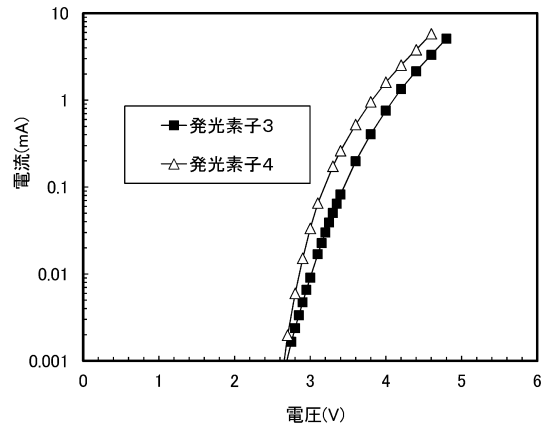
【図 3 3】



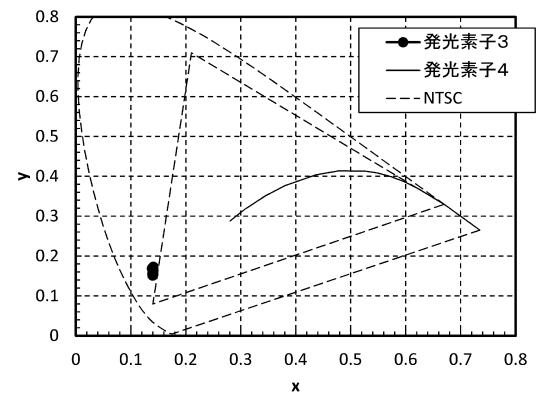
【図 3 4】



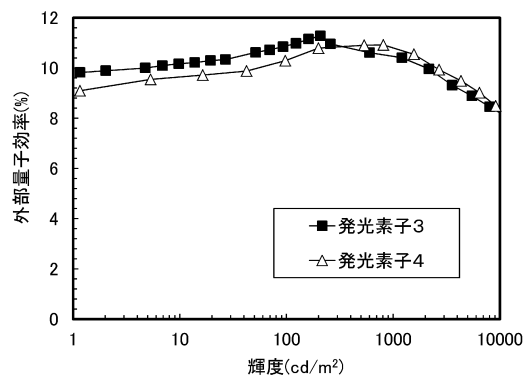
【図 3 5】



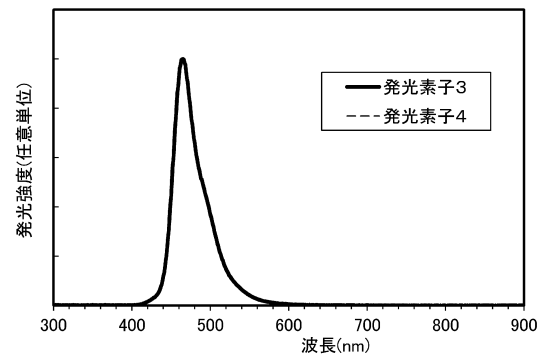
【図 3 7】



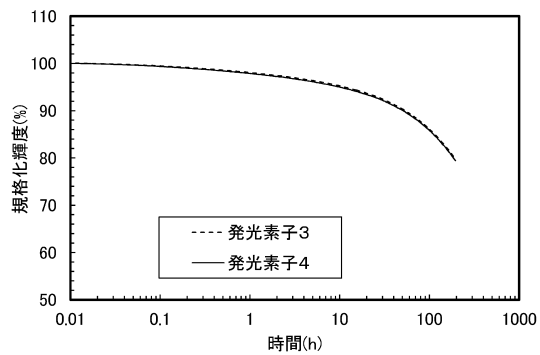
【図 3 6】



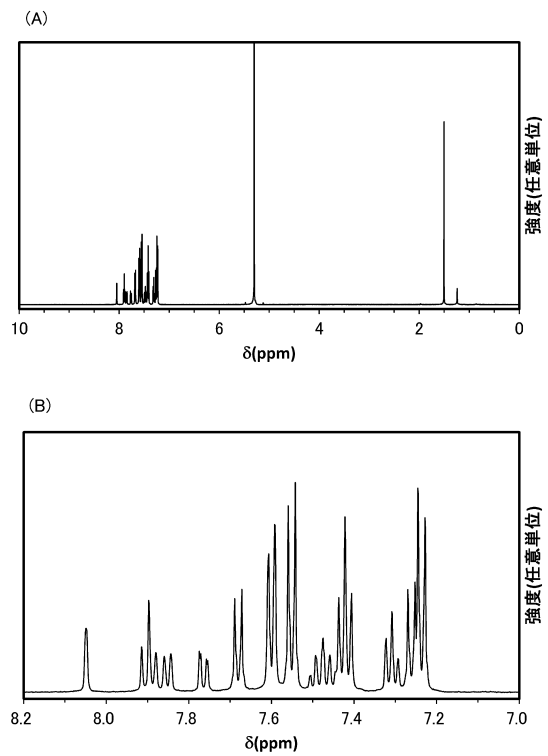
【図 3 8】



【図 3 9】

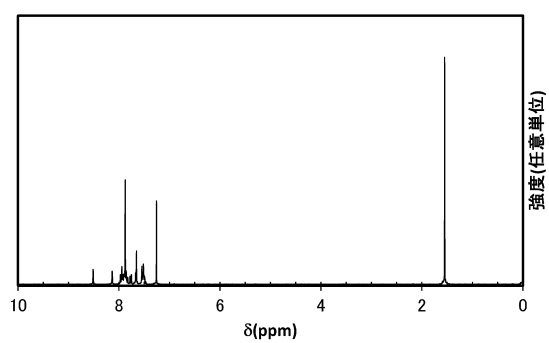


【図 4 0】

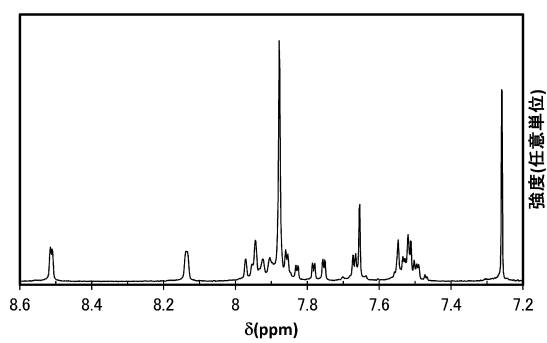


【図 4 1】

(A)



(B)



フロントページの続き

- (72)発明者 滝田 悠介
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
- (72)発明者 瀬尾 哲史
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

審査官 進士 千尋

- (56)参考文献 国際公開第2014/069602(WO,A1)
国際公開第2015/011614(WO,A1)
国際公開第2009/084512(WO,A1)
国際公開第2010/122810(WO,A1)
特開2011-225546(JP,A)
韓国登録特許第10-1512058(KR,B1)

- (58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
C07D 307/77
CAplus/REGISTRY(STN)