

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-155040

(P2017-155040A)

(43) 公開日 平成29年9月7日(2017.9.7)

(51) Int.Cl.

**C07D 209/86** (2006.01)  
**H01L 51/50** (2006.01)  
**C09K 11/06** (2006.01)

F 1

C07D 209/86  
H05B 33/14  
C09K 11/06

C S P  
B  
6 4 5

テーマコード (参考)

3 K 1 O 7  
4 C 2 O 4

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 123 頁)

(21) 出願番号 特願2017-32185 (P2017-32185)  
(22) 出願日 平成29年2月23日 (2017. 2. 23)  
(31) 優先権主張番号 特願2016-35629 (P2016-35629)  
(32) 優先日 平成28年2月26日 (2016. 2. 26)  
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000153878  
株式会社半導体エネルギー研究所  
神奈川県厚木市長谷398番地  
(72) 発明者 濑尾 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  
(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 久保田 朋広  
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) 【要約】

【課題】発光成分のうちのTTAに基づく遅延蛍光成分の割合が高い新規の化合物を提供する

【解決手段】アントラセン骨格と、アリーレン基と、カルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基を有し、アントラセン骨格とカルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基は、アリーレン基を介して結合し、アントラセン骨格の2位または3位にアリール基を有する有機化合物である。

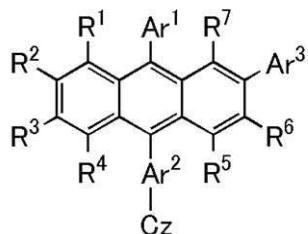
【選択図】なし

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

一般式 (G1) で表される有機化合物。

## 【化 1】



10

(G1)

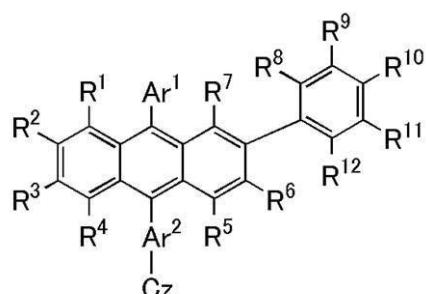
(一般式 (G1) 中、Ar<sup>1</sup> および Ar<sup>3</sup> は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 30 のアリール基を表す。また、Ar<sup>2</sup> は独立に置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 14 のアリーレン基を示す。また、Cz は、カルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基を表し、前記カルバゾール骨格は、前記 Ar<sup>2</sup> に直接結合する。R<sup>1</sup> ~ R<sup>7</sup> は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 14 のアリール基、または置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 12 のヘテロアリール基のいずれかを表す。)

20

## 【請求項 2】

一般式 (G2) で表される有機化合物。

## 【化 2】



30

(G2)

(一般式 (G2) 中、Ar<sup>1</sup> は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 30 のアリール基を表す。また、Ar<sup>2</sup> は、独立に置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 14 のアリーレン基を示す。また、Cz は、カルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基を表し、前記カルバゾール骨格は、前記 Ar<sup>2</sup> に直接結合する。R<sup>1</sup> ~ R<sup>7</sup> は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 14 のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 12 のヘテロアリール基のいずれかを表す。また、R<sup>8</sup> ~ R<sup>12</sup> は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 13 のアリール基、または置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 12 のヘテロアリール基のいずれかを表す。なお、R<sup>8</sup> ~ R<sup>12</sup> は、いずれか隣り合う置換基同士が互いに結合して環を形成しても良い。)

40

## 【請求項 3】

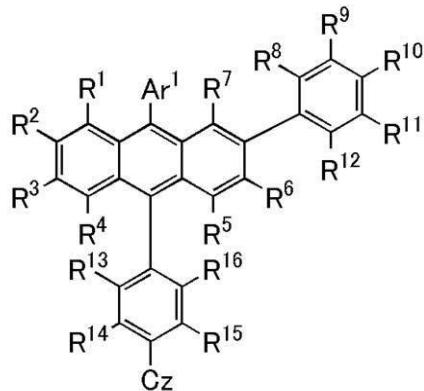
50

請求項 1 または 2 において、前記 Ar<sup>2</sup> が置換または無置換のフェニレン基であることを特徴とする有機化合物。

## 【請求項 4】

一般式 (G3) で表される有機化合物。

## 【化 3】



(G3)

10

20

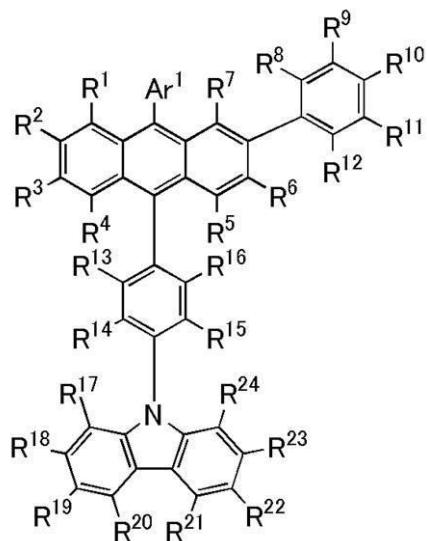
(一般式 (G3) 中、Ar<sup>1</sup> は、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 30 のアリール基を表す。また、Cz は、カルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基を表す。R<sup>1</sup> ~ R<sup>7</sup> は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 14 のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 12 のヘテロアリール基のいずれかを表す。R<sup>8</sup> ~ R<sup>16</sup> は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 3 ~ 12 のヘテロアリール基のいずれかを表す。なお、R<sup>8</sup> ~ R<sup>16</sup> は、いずれか隣り合う置換基同士が互いに結合して環を形成しても良い。

30

## 【請求項 5】

一般式 (G4) で表される有機化合物。

## 【化 4】



(G4)

40

50

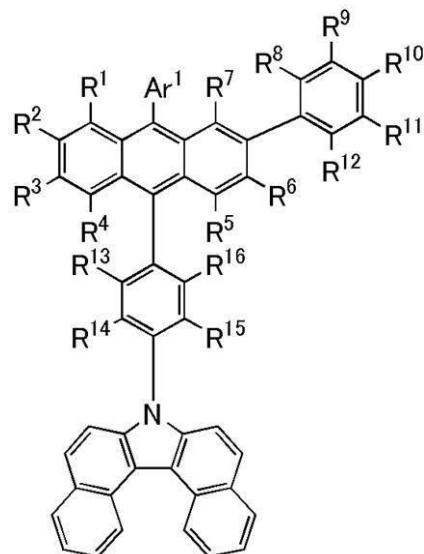
(一般式 (G4) 中、Ar<sup>1</sup>は、置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリール基を表す。また、R<sup>1</sup>～R<sup>7</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれかを表す。また、R<sup>8</sup>～R<sup>24</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、炭素数1～6のアルコキシ基、ヒドロキシル基、スルファニル基、置換もしくは無置換の炭素数6～12のアリールアミノ基、ビニル基、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリール基、または置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれか一を表す。また、R<sup>8</sup>～R<sup>24</sup>のいずれか隣り合う置換基同士が互いに結合して環を形成しても良い。)

10

## 【請求項6】

一般式 (G5) で表される有機化合物。

## 【化5】



20

(G5)

30

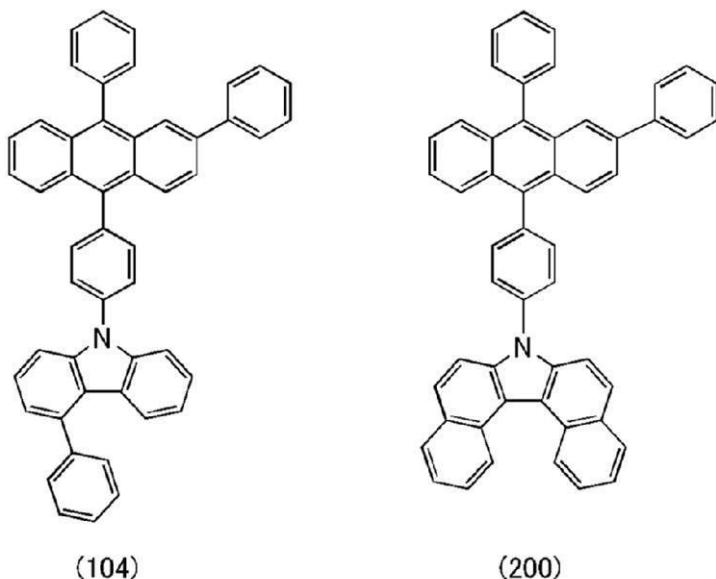
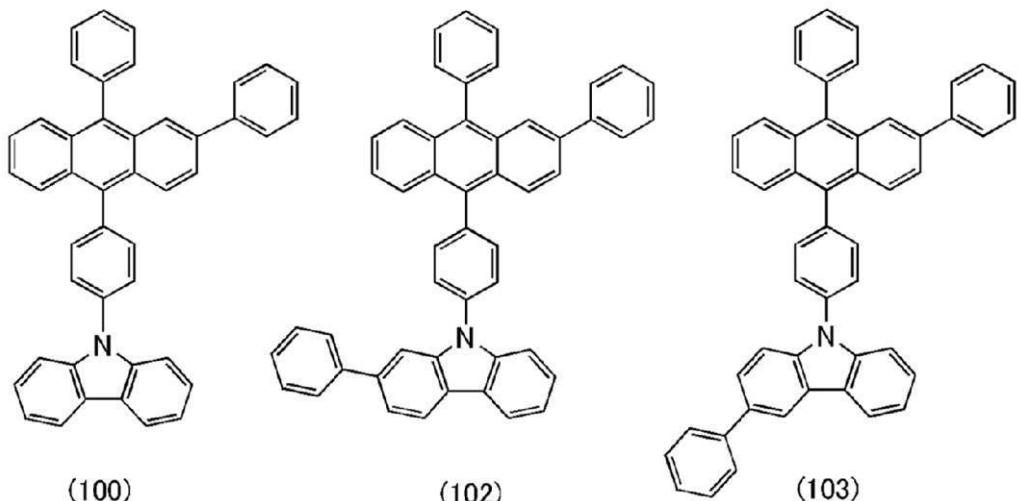
(一般式 (G5) 中、Ar<sup>1</sup>は、置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリール基を表す。また、R<sup>1</sup>～R<sup>7</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれかを表す。また、R<sup>8</sup>～R<sup>16</sup>は、それぞれ独立に、水素、炭素数1～6のアルキル基、炭素数1～6のアルコキシ基、ヒドロキシル基、スルファニル基、置換もしくは無置換の炭素数6～12のアリールアミノ基、ビニル基、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリール基、または置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれか一を表す。また、R<sup>8</sup>～R<sup>16</sup>のいずれか隣り合う置換基同士が互いに結合して環を形成しても良い。)

40

## 【請求項7】

構造式(100)、構造式(102)、構造式(103)、構造式(104)、および構造式(200)のいずれか一で表される有機化合物。

【化 6】



## 【請求項 8】

請求項1乃至請求項7のいずれか一に記載の有機化合物を用いた発光素子。

## 【請求項9】

一対の電極間に E L 層を有し、

前記 E L 層は、請求項 1 乃至 請求項 7 のいずれか一に記載の有機化合物を有する発光素子

8

### 【請求項 10】

一对の電極間にEL層を有し、

前記 E L 層は、発光層を有し、

前記発光層は、請求項1乃至請求項7のいずれか一に記載の有機化合物を有する発光素子

3

### 【請求項 11】

請求項 8 乃至 請求項 10 のいずれか一に記載の発光素子と、

トランジスタおよび基板のいずれか一と、

を有する発光装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載の発光装置と、  
マイク、カメラ、操作用ボタン、外部接続部、およびスピーカのいずれか一と、  
を有する電子機器。

【請求項 1 3】

請求項 1 1 に記載の発光装置と、  
筐体、カバー、および支持台のいずれか一と、  
を有する照明装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明の一態様は、有機化合物に関する。また、発光層を挟んでなる一対の電極間に電界を加えることにより発光が得られる発光素子、または発光素子を有する発光装置、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様の技術分野は、物、方法、または、製造方法に関するものである。または、本発明の一態様は、プロセス、マシン、マニュファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関するものである。そのため、より具体的に本明細書で開示する本発明の一態様の技術分野としては、半導体装置、表示装置、液晶表示装置、発光装置、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。

10

【背景技術】

20

【0 0 0 2】

近年、エレクトロルミネッセンス（Electroluminescence：EL）を利用した発光素子の研究開発が盛んに行われている。これら発光素子の基本的な構成は、一対の電極間に発光物質を含む層（EL層）を挟んだものである。この素子の電極間に電圧を印加することにより、発光物質からの発光が得られる。

【0 0 0 3】

上述の発光素子は自発光型であるため、これを用いた表示装置は、視認性に優れ、バックライトが不要であり、消費電力が少ない等の利点を有する。さらに、薄型軽量に作製でき、応答速度が高いなどの利点を有する。

【0 0 0 4】

30

発光素子の発光機構は、一対の電極間に発光物質を含むEL層を挟んで電圧を印加することにより、陰極から注入された電子および陽極から注入された正孔がEL層の発光中心で再結合して分子励起子を形成し、その分子励起子が基底状態に緩和する際にエネルギーを放出して発光するといわれている。

【0 0 0 5】

分子励起子を形成する有機化合物の励起状態には、一重項励起状態（S<sup>\*</sup>）と三重項励起状態（T<sup>\*</sup>）があり、一重項励起状態からの発光が蛍光、三重項励起状態からの発光が燐光と呼ばれている。また、発光素子におけるそれらの統計的な生成比率は、S<sup>\*</sup> : T<sup>\*</sup> = 1 : 3 であると考えられている。そのため、蛍光を発する化合物を用いた発光素子より、燐光を発する化合物を用いた発光素子の方が、高い発光効率を得ることが可能となる。したがって、三重項励起状態を発光に変換することが可能な燐光性化合物を用いた発光素子の開発が近年盛んに行われている。

40

【0 0 0 6】

燐光性化合物を用いた発光素子のうち、特に青色の発光を呈する発光素子においては、高い三重項励起エネルギー準位を有する安定な化合物の開発が困難であるため、未だ実用化に至っていない。そのため、青色の発光を呈する発光素子においては、より安定な蛍光性化合物を用いた発光素子の開発が行われており、蛍光性化合物を用いた発光素子（蛍光発光素子）の高効率化が求められている。

【0 0 0 7】

蛍光性化合物を用いた発光素子において、三重項励起状態の一部を発光に変換することが

50

可能な発光機構として、三重項 - 三重項消滅 ( T T A : t r i p l e t - t r i p l e t annihilation ) が知られている。 T T A とは、 2 つの三重項励起子が近接することによって、 励起エネルギーおよびスピン角運動量の交換、 および受け渡しが行われるものであり、 結果として、 一重項励起子が生成されるとされている。

#### 【 0 0 0 8 】

なお、 T T A を発生させる化合物として、 アントラセン骨格を有する化合物が知られている。 非特許文献 1 では、 アントラセン骨格を有する化合物を発光素子のホスト材料に用いることで、 青色の発光を呈する発光素子において高い外部量子効率を示すことが報告されている。 また、 アントラセン骨格を有する化合物を用いた発光素子の発光全体に対する T T A による遅延蛍光成分の割合は、 10 % 程度であることが報告されている。

10

#### 【 先行技術文献 】

#### 【 非特許文献 】

#### 【 0 0 0 9 】

【 非特許文献 1 】 ツネノリ スズキ、 他 6 名、 ジャパニーズ ジャーナル オブ アプライド フィジックス、 v o l . 5 3 、 0 5 2 1 0 2 ( 2 0 1 4 )

#### 【 発明の概要 】

#### 【 発明が解決しようとする課題 】

#### 【 0 0 1 0 】

従って、 蛍光性化合物を用いた発光素子における発光効率を高めるためには、 T T A により、 発光に寄与しない三重項励起子のエネルギーが発光に寄与する一重項励起子のエネルギーに変換されることが重要である。 また、 このようなエネルギー変換が効率良く行われる発光素子は、 発光成分のうちの T T A に基づく遅延蛍光成分の割合が高くなる。 そこで、 本発明の一態様では、 発光成分のうちの T T A に基づく遅延蛍光成分の割合が高い新規の化合物を提供することを課題の一とする。 また、 本発明の一態様では、 発光成分のうち T T A による遅延蛍光成分の割合が高い発光素子を提供することを課題の一とする。

20

#### 【 0 0 1 1 】

また、 蛍光性化合物を用いた発光素子は、 燐光性化合物を用いた発光素子に比べ、 同じ輝度を得るのに多くの電流が必要となってしまう。 したがって、 駆動電圧の低減は消費電力を削減する上で重要である。 そこで、 本発明の一態様では、 駆動電圧の低い発光素子を提供することを課題の一とする。 また、 発光素子は多くの電流を流すと劣化しやすくなることから、 長寿命化も課題の一とする。

30

#### 【 0 0 1 2 】

また、 本発明の一態様では、 新規な化合物を提供することを課題の一とする。 また、 本発明の一態様では、 新規な化合物を有する発光素子を提供することを課題の一とする。 また、 本発明の一態様では、 発光効率が高く、 消費電力が低減された、 長寿命な発光装置を提供することを課題の一とする。

#### 【 0 0 1 3 】

なお、 このような課題の記載は、 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解決する必要はない。 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。

40

#### 【 課題を解決するための手段 】

#### 【 0 0 1 4 】

本発明の一態様は、 アントラセン骨格と、 アリーレン基と、 カルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基を有し、 アントラセン骨格とカルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基は、 アリーレン基を介して結合し、 アントラセン骨格の 2 位または 3 位にアリール基を有することを特徴とする有機化合物である。

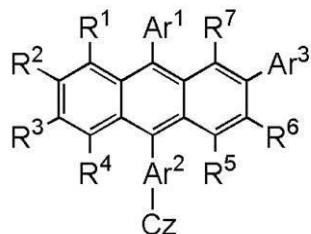
#### 【 0 0 1 5 】

また、 本発明の別の態様は、 下記一般式 ( G 1 ) で表される有機化合物である。

#### 【 0 0 1 6 】

50

## 【化1】



(G1)

10

## 【0017】

但し、一般式(G1)中、Ar<sup>1</sup>およびAr<sup>3</sup>は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリール基を表す。また、Ar<sup>2</sup>は独立に置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリーレン基を示す。また、CZは、カルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基を表し、前記カルバゾール骨格は、前記Ar<sup>2</sup>に直接結合する。R<sup>1</sup>～R<sup>7</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリール基、または置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれかを表す。

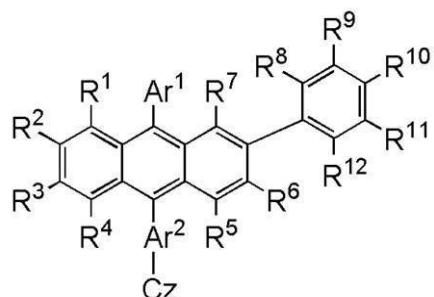
## 【0018】

20

また、本発明の別の一態様は、下記一般式(G2)で表される有機化合物である。

## 【0019】

## 【化2】



(G2)

30

## 【0020】

但し、一般式(G2)中、Ar<sup>1</sup>は、置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリール基を表す。また、Ar<sup>2</sup>は、独立に置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリーレン基を示す。また、CZは、カルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基を表し、前記カルバゾール骨格は、前記Ar<sup>2</sup>に直接結合する。R<sup>1</sup>～R<sup>7</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれかを表す。また、R<sup>8</sup>～R<sup>12</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリール基、または置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれかを表す。なお、R<sup>8</sup>～R<sup>12</sup>は、いずれか隣り合う置換基同士が互いに結合して環を形成しても良い。

40

## 【0021】

上記各構成において、Ar<sup>2</sup>が置換または無置換のフェニレン基であることを特徴とする。

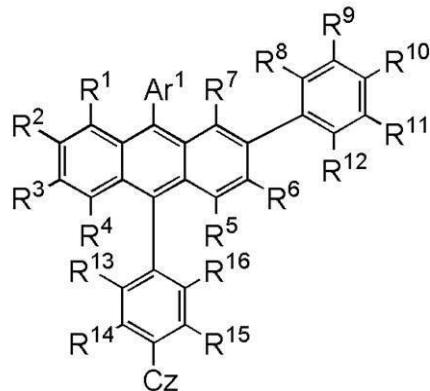
## 【0022】

50

また、本発明の別の一態様は、下記一般式（G3）で表される有機化合物である。

【0023】

【化3】



10

(G3)

【0024】

但し、一般式（G3）中、Ar<sup>1</sup>は、置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリール基を表す。また、Czは、カルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基を表す。  
R<sup>1</sup>～R<sup>7</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれかを表す。R<sup>8</sup>～R<sup>16</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリール基、または置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれかを表す。なお、R<sup>8</sup>～R<sup>16</sup>は、いずれか隣り合う置換基同士が互いに結合して環を形成しても良い。

20

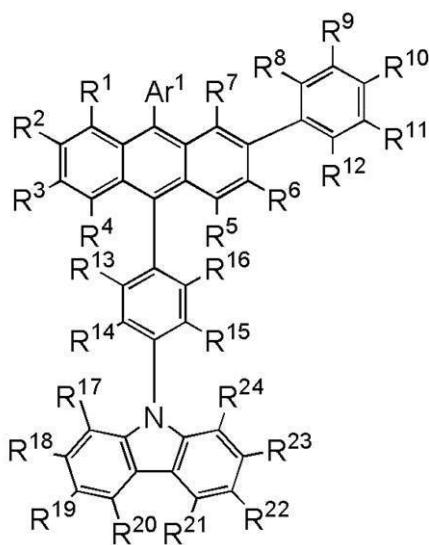
【0025】

また、本発明の別の一態様は、下記一般式（G4）で表される有機化合物である。

【0026】

30

【化4】



40

(G4)

【0027】

但し、一般式（G4）中、Ar<sup>1</sup>は、置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリール基

50

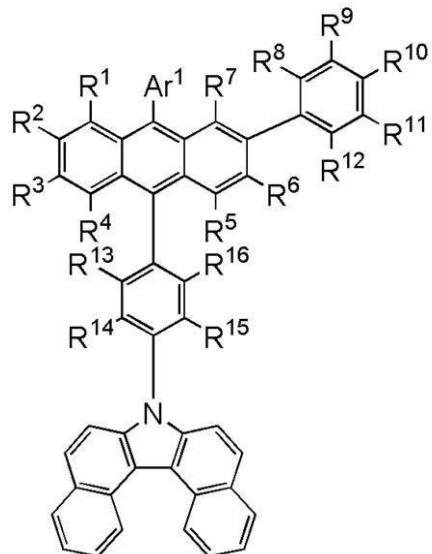
を表す。また、R<sup>1</sup>～R<sup>7</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれかを表す。また、R<sup>8</sup>～R<sup>24</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、炭素数1～6のアルコキシ基、ヒドロキシリル基、スルファニル基、置換もしくは無置換の炭素数6～12のアリールアミノ基、ビニル基、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリール基、または置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれか一を表す。また、R<sup>8</sup>～R<sup>24</sup>のいずれか隣り合う置換基同士が互いに結合して環を形成しても良い。

## 【0028】

また、本発明の別の一態様は、下記一般式(G5)で表される有機化合物である。

## 【0029】

## 【化5】



10

20

30

(G5)

## 【0030】

但し、一般式(G5)中、Ar<sup>1</sup>は、置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリール基を表す。また、R<sup>1</sup>～R<sup>7</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれかを表す。また、R<sup>8</sup>～R<sup>16</sup>は、それぞれ独立に、水素、炭素数1～6のアルキル基、炭素数1～6のアルコキシ基、ヒドロキシリル基、スルファニル基、置換もしくは無置換の炭素数6～12のアリールアミノ基、ビニル基、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリール基、または置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれか一を表す。また、R<sup>8</sup>～R<sup>16</sup>のいずれか隣り合う置換基同士が互いに結合して環を形成しても良い。

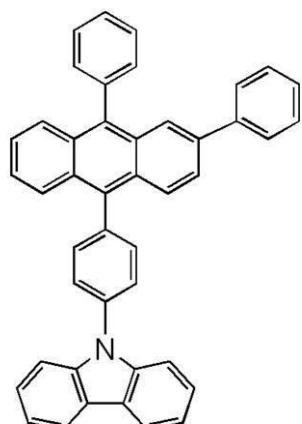
40

## 【0031】

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

## 【0032】

【化6】



(100)

10

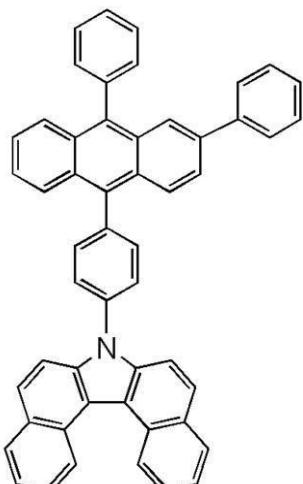
【0033】

また、本発明の別の一態様は、下記構造式(200)で表される有機化合物である。

【0034】

【化7】

20



(200)

30

【0035】

上述した本発明の一態様である有機化合物は、アントラセン骨格と、アリーレン基と、カルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基を有し、アントラセン骨格とカルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基は、アリーレン基を介して結合し、アントラセン骨格の2位または3位にアリール基を有する構造を有する。このように、アントラセン骨格の9位または10位にカルバゾール骨格を含む複素環基がアリーレン基を介して結合した構造と、アントラセン骨格の2位または3位にアリール基を有する構造とが共存する化合物は、発光素子の駆動電圧を低減し、信頼性を向上させることができる。このような効果は、該複素環基と該アリール基が一体となって初めて得ることができる。また、このような化合物により、TTAに基づく遅延蛍光成分の割合が大きく、発光効率の高い発光素子を得ることもできる。

40

【0036】

なお、該複素環基がアリーレン基を介して結合するアントラセン骨格の部位は、化合物が

50

有する置換基の種類に応じて 9 位または 10 位のいずれかとなる。また、該複素環基がアリーレン基を介して結合するアントラセン骨格の部位が 9 位の場合、該アリール基が結合するアントラセン骨格の部位は 3 位となり、該複素環基がアリーレン基を介して結合するアントラセン骨格の部位が 10 位の場合、該アリール基が結合するアントラセン骨格の部位は 2 位となる。

#### 【0037】

また、本発明の別の一態様は、一対の電極間に E L 層を有し、E L 層は、発光層を有し、発光層は、上記に記載の有機化合物のいずれか一を少なくとも有する発光素子である。

#### 【0038】

なお、本発明の一態様は、発光素子を有する発光装置だけでなく、発光装置を有する照明装置も範疇に含めるものである。従って、本明細書中における発光装置とは、画像表示デバイス、または光源（照明装置含む）を指す。また、発光装置に対しコネクター、例えば F P C (Flexible printed circuit) もしくは T C P (Tap e Carrier Package) が取り付けられたモジュール、T C P の先にプリント配線板が設けられたモジュール、または発光素子に C O G (Chip On Glass) 方式により I C (集積回路) が直接実装されたモジュールも全て発光装置に含むものとする。

10

#### 【発明の効果】

#### 【0039】

本発明の一態様により、発光成分のうちの T T A に基づく遅延蛍光成分の割合が高い新規の化合物を提供することができる。また、本発明の一態様では、発光成分のうち T T A による遅延蛍光成分の割合が高い発光素子を提供することができる。また、本発明の一態様では、新規な化合物を提供することができる。また、本発明の一態様では、新規な化合物を有する発光素子を提供することができる。また、本発明の一態様では、発光効率が高く、消費電力が低減された、新規な発光装置を提供することができる。

20

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0040】

【図 1】発光素子の構造について説明する図。

【図 2】発光素子の構造について説明する図。

30

【図 3】発光装置について説明する図。

【図 4】発光装置について説明する図。

【図 5】電子機器について説明する図。

【図 6】電子機器について説明する図。

【図 7】自動車について説明する図。

【図 8】照明装置について説明する図。

【図 9】照明装置について説明する図。

【図 10】タッチパネルの一例を示す図。

40

【図 11】タッチパネルの一例を示す図。

【図 12】タッチパネルの一例を示す図。

【図 13】タッチセンサのプロック図及びタイミングチャート。

【図 14】タッチセンサの回路図。

【図 15】表示装置のプロック図。

【図 16】表示装置の回路構成。

【図 17】表示装置の断面構造。

【図 18】発光素子について説明する図。

【図 19】構造式（100）に示す有機化合物の<sup>1</sup>H - N M R チャート。

【図 20】構造式（100）に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図 21】構造式（100）に示す有機化合物の L C - M S 測定結果を示す図。

【図 22】構造式（200）に示す有機化合物の<sup>1</sup>H - N M R チャート。

50

【図23】構造式(200)に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図24】構造式(200)に示す有機化合物のLC-MS測定結果を示す図。

【図25】発光素子の構造について説明する図。

【図26】発光素子1-1、比較発光素子1-2および比較発光素子1-3の電流密度-輝度特性を示す図。

【図27】発光素子1-1、比較発光素子1-2および比較発光素子1-3の電圧-輝度特性を示す図。

【図28】発光素子1-1、比較発光素子1-2および比較発光素子1-3の輝度-電流効率特性を示す図。 10

【図29】発光素子1-1、比較発光素子1-2および比較発光素子1-3の電圧-電流特性を示す図。

【図30】発光素子1-1、比較発光素子1-2および比較発光素子1-3の発光スペクトルを示す図。

【図31】発光素子1-1、比較発光素子1-2および比較発光素子1-3の信頼性を示す図。

【図32】発光素子2-1、比較発光素子2-2および比較発光素子2-3の電流密度-輝度特性を示す図。

【図33】発光素子2-1、比較発光素子2-2および比較発光素子2-3の電圧-輝度特性を示す図。 20

【図34】発光素子2-1、比較発光素子2-2および比較発光素子2-3の輝度-電流効率特性を示す図。

【図35】発光素子2-1、比較発光素子2-2および比較発光素子2-3の電圧-電流特性を示す図。

【図36】発光素子2-1、比較発光素子2-2および比較発光素子2-3の発光スペクトルを示す図。

【図37】発光素子2-1、比較発光素子2-2および比較発光素子2-3の信頼性を示す図。

【図38】発光素子5、発光素子6、比較発光素子7、および比較発光素子8の電流密度-輝度特性を示す図。 30

【図39】発光素子5、発光素子6、比較発光素子7、および比較発光素子8の電圧-輝度特性を示す図。

【図40】発光素子5、発光素子6、比較発光素子7、および比較発光素子8の輝度-電流効率特性を示す図。

【図41】発光素子5、発光素子6、比較発光素子7、および比較発光素子8の電圧-電流特性を示す図。

【図42】発光素子5および発光素子6の発光スペクトルを示す図。

【図43】発光素子5、発光素子6、比較発光素子7、および比較発光素子8の信頼性を示す図。

【図44】発光素子9、発光素子10、比較発光素子11、および比較発光素子12の電流密度-輝度特性を示す図。 40

【図45】発光素子9、発光素子10、比較発光素子11、および比較発光素子12の電圧-輝度特性を示す図。

【図46】発光素子9、発光素子10、比較発光素子11、および比較発光素子12の輝度-電流効率特性を示す図。

【図47】発光素子9、発光素子10、比較発光素子11、および比較発光素子12の電圧-電流特性を示す図。

【図48】発光素子9および発光素子10の発光スペクトルを示す図。

【図49】発光素子9、発光素子10、比較発光素子11、および比較発光素子12の信頼性を示す図。 50

【図 5 0】発光素子 1 3 および発光素子 1 4 の電流密度 - 輝度特性を示す図。

【図 5 1】発光素子 1 3 および発光素子 1 4 の電圧 - 輝度特性を示す図。

【図 5 2】発光素子 1 3 および発光素子 1 4 の輝度 - 電流効率特性を示す図。

【図 5 3】発光素子 1 3 および発光素子 1 4 の電圧 - 電流特性を示す図。

【図 5 4】発光素子 1 3 および発光素子 1 4 の発光スペクトルを示す図。

【図 5 5】発光素子 1 3 および発光素子 1 4 の減衰曲線を示す図。

【図 5 6】構造式 (103) に示す有機化合物の  $^1\text{H}$  - NMR チャート。

【図 5 7】構造式 (103) に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図 5 8】構造式 (102) に示す有機化合物の  $^1\text{H}$  - NMR チャート。 10

【図 5 9】構造式 (102) に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図 6 0】構造式 (104) に示す有機化合物の  $^1\text{H}$  - NMR チャート。

【図 6 1】構造式 (104) に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図 6 2】発光素子 1 5、比較発光素子 1 6 および比較発光素子 1 7 の電流密度 - 輝度特性を示す図。

【図 6 3】発光素子 1 5、比較発光素子 1 6 および比較発光素子 1 7 の電圧 - 輝度特性を示す図。

【図 6 4】発光素子 1 5、比較発光素子 1 6 および比較発光素子 1 7 の輝度 - 電流効率特性を示す図。 20

【図 6 5】発光素子 1 5、比較発光素子 1 6 および比較発光素子 1 7 の電圧 - 電流特性を示す図。

【図 6 6】発光素子 1 5、比較発光素子 1 6 および比較発光素子 1 7 の発光スペクトルを示す図。

【図 6 7】発光素子 1 5、比較発光素子 1 6、および比較発光素子 1 7 の信頼性を示す図。 30

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0041】

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が可能である。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。

##### 【0042】

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

##### 【0043】

(実施の形態 1)

本実施の形態では、本発明の一態様である有機化合物について説明する。 40

##### 【0044】

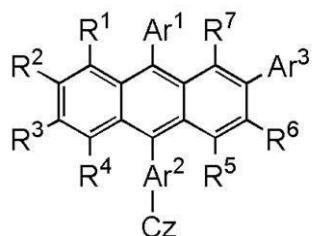
本実施の形態で示す有機化合物は、アントラセン骨格と、アリーレン基と、カルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基を有し、アントラセン骨格とカルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基は、アリーレン基を介して結合し、アントラセン骨格の 2 位または 3 位にアリール基を有することを特徴とする有機化合物である。

##### 【0045】

本実施の形態で示す有機化合物は、下記一般式 (G1) で表される有機化合物である。

##### 【0046】

【化8】



(G1)

10

【0047】

なお、一般式(G1)において、Ar<sup>1</sup>およびAr<sup>3</sup>は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリール基を表す。また、Ar<sup>2</sup>は独立に置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリーレン基を示す。また、Czは、カルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基を表し、前記カルバゾール骨格は、前記Ar<sup>2</sup>に直接結合する。R<sup>1</sup>～R<sup>7</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリール基、または置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれかを表す。

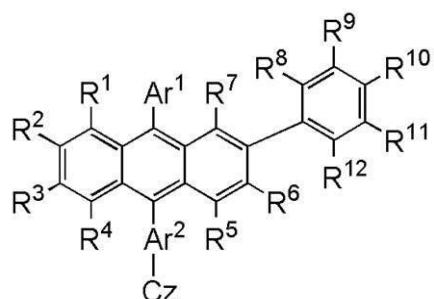
20

【0048】

また、本実施の形態で示す有機化合物は、下記一般式(G2)で表される有機化合物である。

【0049】

【化9】



(G2)

30

【0050】

なお、一般式(G2)において、Ar<sup>1</sup>は、置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリール基を表す。また、Ar<sup>2</sup>は、独立に置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリーレン基を示す。また、Czは、カルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基を表し、前記カルバゾール骨格は、前記Ar<sup>2</sup>に直接結合する。R<sup>1</sup>～R<sup>7</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれかを表す。また、R<sup>8</sup>～R<sup>12</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリール基、または置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれかを表す。なお、R<sup>8</sup>～R<sup>12</sup>は、いずれか隣り合う置換基同士が互いに結合して環を形成しても良い。

40

【0051】

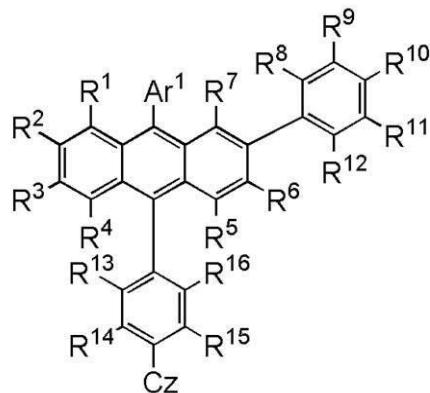
また、本実施の形態で示す有機化合物は、下記一般式(G3)で表される有機化合物であ

50

る。

【0052】

【化10】



10

(G3)

【0053】

なお、一般式(G3)において、Ar<sup>1</sup>は、置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリール基を表す。また、Czは、カルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基を表す。R<sup>1</sup>～R<sup>7</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれかを表す。R<sup>8</sup>～R<sup>16</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリール基、または置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれかを表す。なお、R<sup>8</sup>～R<sup>16</sup>は、いずれか隣り合う置換基同士が互いに結合して環を形成しても良い。

20

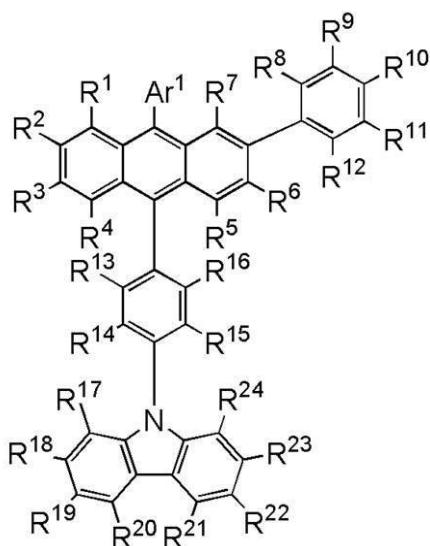
【0054】

また、本実施の形態で示す有機化合物は、下記一般式(G4)で表される有機化合物である。

30

【0055】

【化11】



40

(G4)

【0056】

50

なお、一般式 (G4)において、Ar<sup>1</sup>は、置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリール基を表す。また、R<sup>1</sup>～R<sup>7</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれかを表す。また、R<sup>8</sup>～R<sup>24</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、炭素数1～6のアルコキシ基、ヒドロキシリル基、スルファニル基、置換もしくは無置換の炭素数6～12のアリールアミノ基、ビニル基、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリール基、または置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれか一を表す。また、R<sup>8</sup>～R<sup>24</sup>のいずれか隣り合う置換基同士が互いに結合して環を形成しても良い。

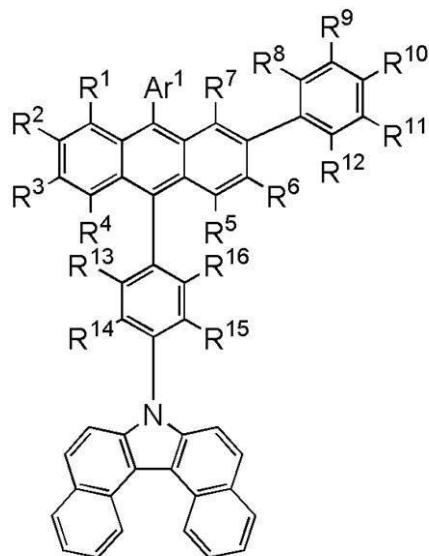
10

## 【0057】

また、本実施の形態で示す有機化合物は、下記一般式 (G5)で表される有機化合物である。

## 【0058】

## 【化12】



20

30

(G5)

## 【0059】

なお、一般式 (G5)において、Ar<sup>1</sup>は、置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリール基を表す。また、R<sup>1</sup>～R<sup>7</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれかを表す。また、R<sup>8</sup>～R<sup>16</sup>は、それぞれ独立に、水素、炭素数1～6のアルキル基、炭素数1～6のアルコキシ基、ヒドロキシリル基、スルファニル基、置換もしくは無置換の炭素数6～12のアリールアミノ基、ビニル基、置換もしくは無置換の炭素数6～13のアリール基、または置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれか一を表す。また、R<sup>8</sup>～R<sup>16</sup>のいずれか隣り合う置換基同士が互いに結合して環を形成しても良い。

40

## 【0060】

なお、上記一般式 (G1)～上記一般式 (G5)のいずれかにおいて、置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリーレン基、置換もしくは無置換の複素環基、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～13または6～14のアリール基、置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれか、が置換基を有する場合、該置換基として

50

はメチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、イソブチル基、sec-ブチル基、tert-ブチル基、ペンチル基、ヘキシル基のような炭素数1～6のアルキル基や、シクロペンチル基、シクロヘキシル基、シクロヘプチル基、1-ノルボルニル基、2-ノルボルニル基のような炭素数5～7のシクロアルキル基や、フェニル基、ビフェニル基のような炭素数6～12のアリール基が挙げられる。

#### 【0061】

また、上記一般式(G1)～上記一般式(G5)のいずれかにおいて、置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリール基を有する場合の具体例としては、フェニル基、ナフチル基(1-ナフチル基、2-ナフチル基)、トリル基(o-トリル基、m-トリル基、p-トリル基)、ビフェニル基(ビフェニル-2-イル基、ビフェニル-3-イル基、ビフェニル-4-イル基)、キシリル基、ペンタレニル基、インデニル基、フルオレニル基、アントラニル基、ターフェニル基、フェナントリル基、クアテルフェニル基、スピロフルオレニル基、フェニルアントラニル基、ジフェニルアントラニル基等が挙げられる。  
10

#### 【0062】

また、上記一般式(G1)～上記一般式(G5)のいずれかにおいて、置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリーレン基を有する場合の具体例としては、フェニレン基、トルエンジイル基、ナフチレン基、ビフェニルジイル基、キシレンジイル基、ペンタレンジイル基、インデンジイル基、フルオレンジイル基、アントラセンジイル基等が挙げられる。

#### 【0063】

また、上記一般式(G1)～上記一般式(G5)のいずれかにおいて、置換もしくは無置換の複素環基を有する場合の具体例としては、カルバゾリル基、フェニルカルバゾリル基(1-フェニルカルバゾリル基、2-フェニルカルバゾリル基、3-フェニルカルバゾリル基、4-フェニルカルバゾリル基)、ジフェニルカルバゾリル基(1,8-ジフェニルカルバゾリル基、2,7-ジフェニルカルバゾリル基、3,6-ジフェニルカルバゾリル基、4,5-ジフェニルカルバゾリル基)、ベンゾカルバゾリル基([a]ベンゾカルバゾリル基、[b]ベンゾカルバゾリル基、[c]ベンゾカルバゾリル基、[d]ベンゾカルバゾリル基)、ジベンゾカルバゾリル基([a,c]ジベンゾカルバゾリル基、[a,g]ジベンゾカルバゾリル基、[a,h]ジベンゾカルバゾリル基、[a,i]ジベンゾカルバゾリル基、[b,g]ジベンゾカルバゾリル基、[b,h]ジベンゾカルバゾリル基、[b,i]ベンゾカルバゾリル基)、トリベンゾカルバゾール基等が挙げられる。  
20

#### 【0064】

また、上記一般式(G1)～上記一般式(G5)のいずれかにおいて、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基を有する場合の具体例としては、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、sec-ブチル基、イソブチル基、tert-ブチル基、ペンチル基、イソペンチル基、sec-ペンチル基、tert-ペンチル基、ネオペンチル基、ヘキシル基、イソヘキシル基、sec-ヘキシル基、tert-ヘキシル基、ネオヘキシル基、3-メチルペンチル基、2-メチルペンチル基、2-エチルブチル基、1,2-ジメチルブチル基、2,3-ジメチルブチル基、トリフルオロメチル基等が挙げられる。  
30

#### 【0065】

また、上記一般式(G1)～上記一般式(G5)のいずれかにおいて、置換もしくは無置換の炭素数6～13または6～14のアリール基を有する場合の具体例としては、フェニル基、トリル基(o-トリル基、m-トリル基、p-トリル基)、ナフチル基(1-ナフチル基、2-ナフチル基)、ビフェニル基(ビフェニル-2-イル基、ビフェニル-3-イル基、ビフェニル-4-イル基)、キシリル基、ペンタレニル基、インデニル基、フルオレニル基、フェナントリル基等が挙げられる。なお、上述の置換基同士が結合して環を形成していくても良く、このような例としては、例えば、フルオレニル基の9位の炭素が置換基としてフェニル基を2つ有し、当該フェニル基同士が結合することによって、スピロフルオレン骨格が形成される場合等が挙げられる。  
40

#### 【0066】

10

20

30

40

50

また、上記一般式( G 1 )～上記一般式( G 5 )のいずれかにおいて、置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基を有する場合の具体例としては、イミダゾリル基、ピラゾリル基、ピリジル基、ピリダジニル基、ピリミジル基、インドリル基、トリアジニル基、ベンゾイミダゾリル基、キノリル基等が挙げられる。

#### 【 0 0 6 7 】

上記一般式( G 1 )～上記一般式( G 5 )のいずれかに示す本発明の一態様である有機化合物は、アントラセン骨格と、アリーレン基と、カルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基を有し、アントラセン骨格とカルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基は、アリーレン基を介して結合し、アントラセン骨格の2位または3位にアリール基を有することを特徴とする有機化合物である。このように、アントラセン骨格の9位または10位にカルバゾール骨格を含む複素環基がアリーレン基を介して結合した構造と、アントラセン骨格の2位または3位にアリール基を有する構造とが共存する化合物は、発光素子の駆動電圧を低減し、信頼性を向上させることができる。このような効果は、該複素環基と該アリール基が一体となって初めて得ることができる。また、このような化合物により、TTAに基づく遅延蛍光成分の割合が大きく、発光効率の高い発光素子を得ることもできる。

#### 【 0 0 6 8 】

従来、アントラセン骨格の9位または10位にカルバゾール骨格を含む複素環基がアリーレン基を介して結合した構造を有し、アントラセン骨格の2位または3位にはアリール基を有さない化合物として、例えば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)が知られている。CzPAは、9,10-ジフェニルアントラセン(略称:DPA nth)に対してカルバゾールを導入することにより、膜質が安定になると同時にキャリアが入りやすくなる。実際、DPA nthのHOMOが-5.84eV、LUMOが-2.70eVであるのに対し、CzPAのHOMOは-5.79eV、LUMOは-2.73eVであり、正孔、電子のいずれもCzPAの方が少し入りやすくなっている。したがって、CzPAをホストとして用いた発光素子は、比較的低電圧での駆動が達成できる。ただし、寿命がまだ不十分であるという問題があった。

#### 【 0 0 6 9 】

一方、アントラセン骨格の2位または3位にアリール基を有するが、カルバゾール骨格を含む複素環基を有さない化合物として、例えば2,9,10-トリフェニルアントラセン(略称:2PPA)が知られている。2PPAのHOMOは-5.81eV、LUMOは-2.77eVであり、CzPAより正孔は若干入りにくいか、電子はむしろ入りやすい。HOMO-LUMO間のエネルギーギャップは同等であるため、2PPAをホストとして用いた発光素子はCzPAと同等の電圧で動作すると予想されるが、実際の動作電圧はCzPAよりもかなり高くなってしまう。電流-電圧特性の結果から、HOMO-LUMO準位の問題ではなく、モルフォロジー等の影響でキャリア(特に正孔)が入りにくくなっていることが示唆されている。また、2PPAを用いた発光素子の寿命も非常に悪い。つまり、モルフォロジー等の問題によるキャリア注入性の悪化や、寿命の短さから、アントラセン骨格の2位または3位にアリール基を導入する利点は一見ないように思える。

#### 【 0 0 7 0 】

ところが、驚くべきことに、アントラセン骨格の9位または10位にカルバゾール骨格を含む複素環基がアリーレン基を介して結合した構造と、アントラセン骨格の2位または3位にアリール基を有する構造とが共存することで、駆動電圧が低減されるのみならず、大きく長寿命化することが本発明者らにより見出された。例えば、CzPAのアントラセン骨格の3位にフェニル基を導入した9-[4-(3,10-ジフェニルアントラセン-9-イル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称:2Ph-CzPA)は、CzPAよりも低い電圧で動作可能である。2Ph-CzPAのHOMOは-5.77eV、LUMOは-2.80eVであり、HOMO-LUMOギャップが少し小さくなっていることが低電圧化の要因の一つである。このことは、アントラセン骨格の9位または10位にカルバ

10

20

30

40

50

ゾール骨格を含む複素環基がアリーレン基を介して結合した構造と、アントラセン骨格の2位または3位にアリール基を有する構造の双方が揃って初めて得られる物性である。当然、モルフォロジーの問題は存在しない。さらに特筆すべき点は、2Ph-CzPAがCzPAや2PPAに比べて大きく長寿命化する点である。つまり、アントラセン骨格の9位または10位にカルバゾール骨格を含む複素環基がアリーレン基を介して結合した構造と、アントラセン骨格の2位または3位にアリール基を有する構造とは、長寿命化の観点で一体不可分の構成である。

【0071】

さらに、2Ph-CzPAはCzPAと同等の高い発光効率を得ることができる。高い発光効率は、TTAに基づく遅延蛍光成分の割合が大きいことに由来する。すなわち、アントラセン骨格の2位または3位に導入したアリール基は、本発明の一態様の化合物においては少なくともTTAを阻害しない。むしろ、該アリール基はT<sub>1</sub>からT<sub>n</sub>への遷移確率の上昇に寄与するため、TTAには有利となる可能性がある（実施例にて後述）。

10

【0072】

また、上記の効果は、カルバゾール骨格が縮合環を有する場合などにも同様にみられる。したがって、上記効果を得るにはカルバゾール骨格が存在することが重要なのであり、必ずしもカルバゾール単環である必要はない。

【0073】

なお、上述したHOMOおよびLUMOの測定値は、サイクリックボルタンメトリ測定により見積もったものである。

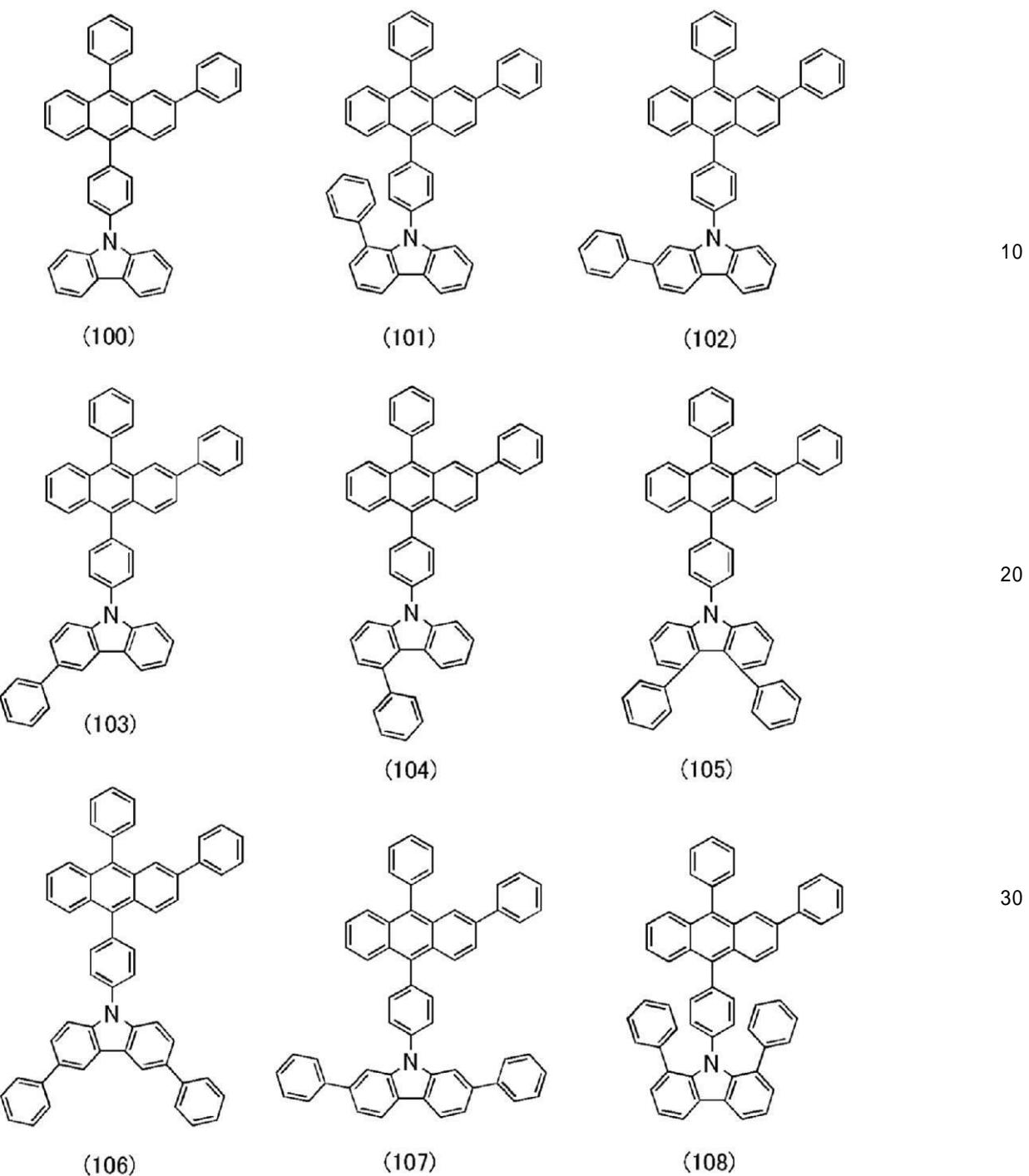
20

【0074】

次に、上述した本発明の一態様である有機化合物の具体的な構造式を下記に示す。ただし、本発明はこれらに限定されることはない。

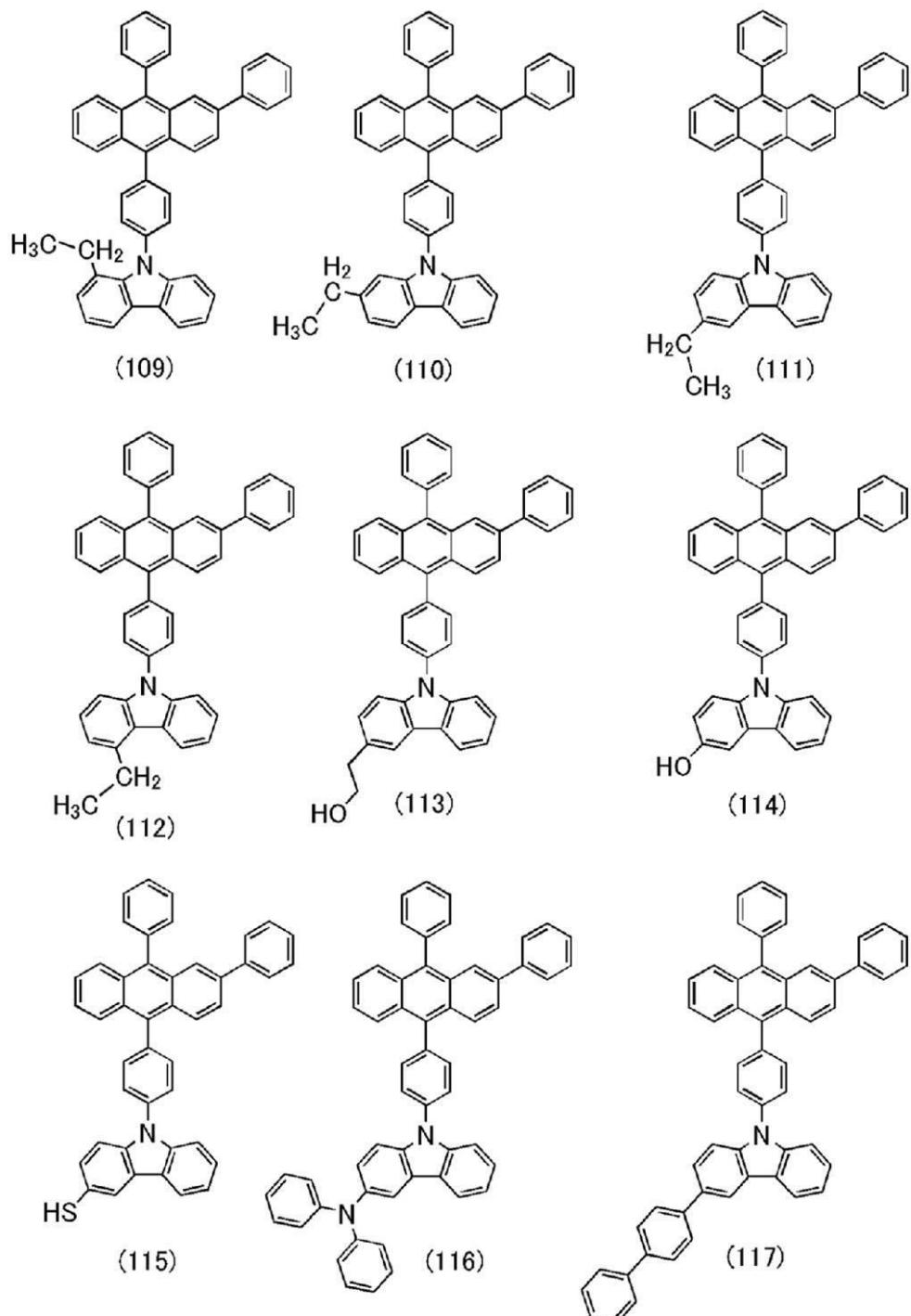
【0075】

【化13】



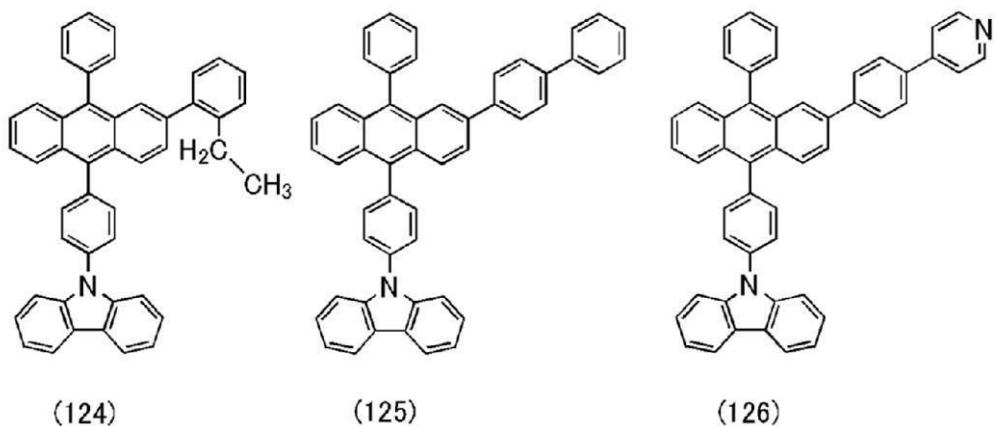
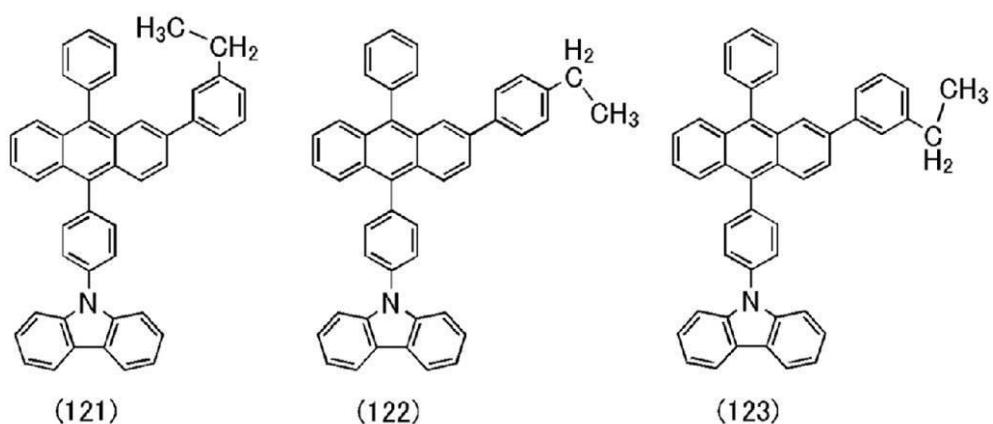
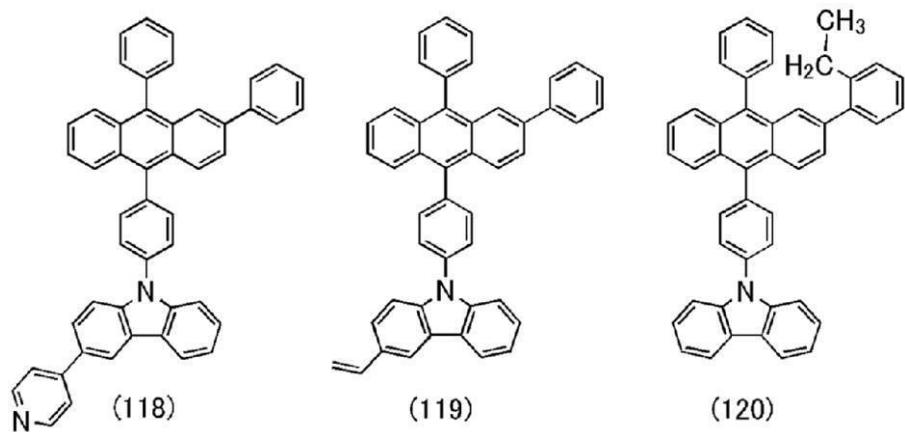
【0076】

【化14】



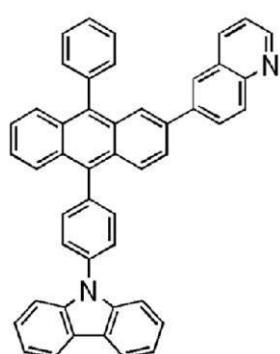
【0077】

【化15】

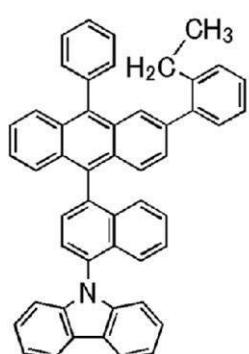


【0078】

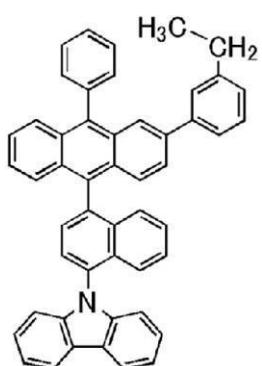
【化16】



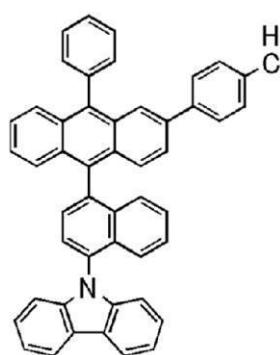
(127)



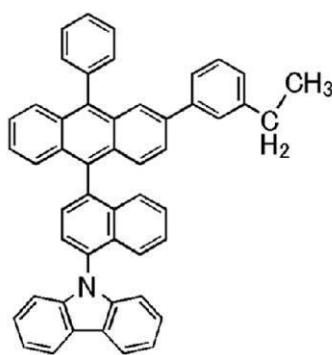
(128)



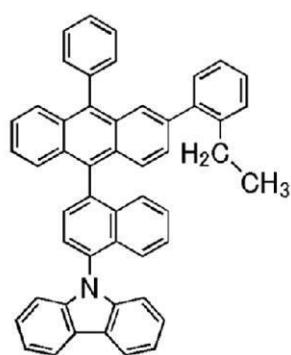
(129)



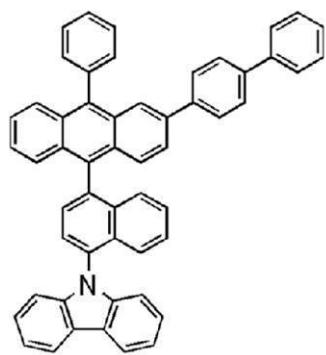
(130)



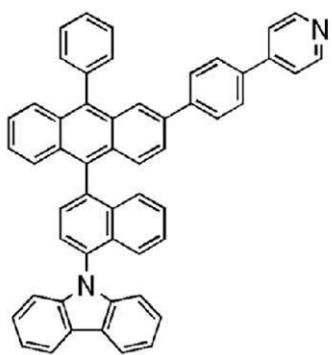
(131)



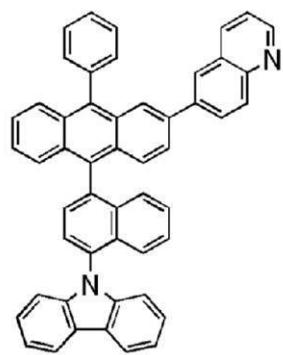
(132)



(133)



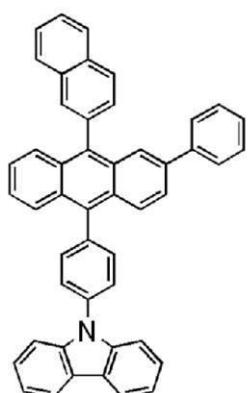
(134)



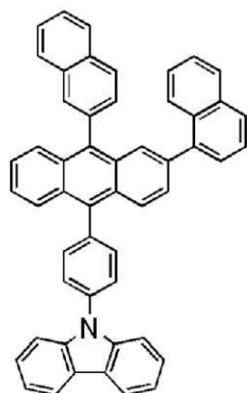
(135)

【0079】

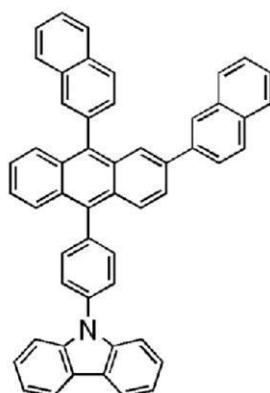
【化17】



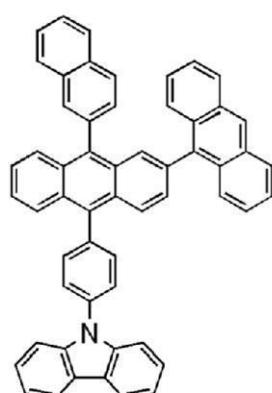
(136)



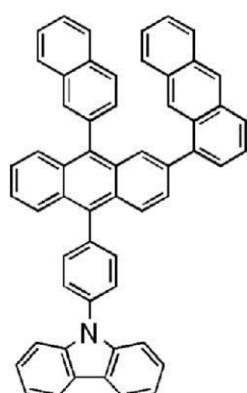
(137)



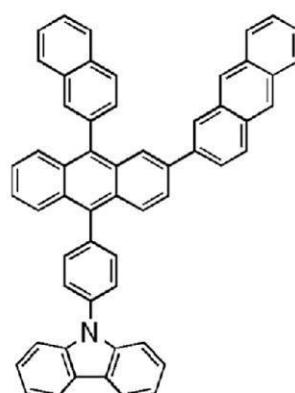
(138)



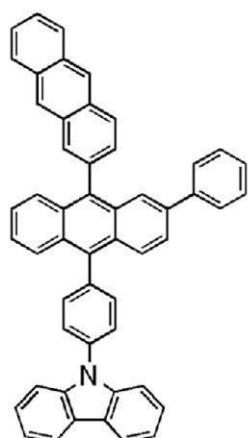
(139)



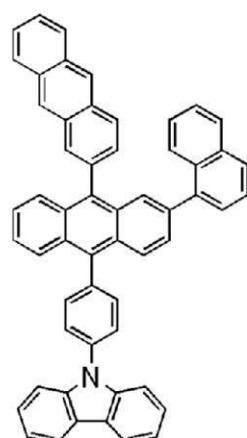
(140)



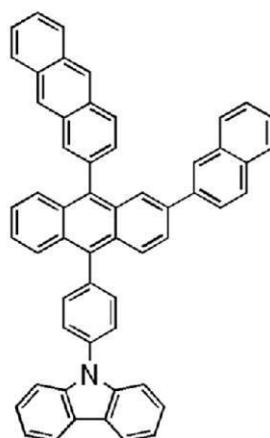
(141)



(142)



(143)



(144)

10

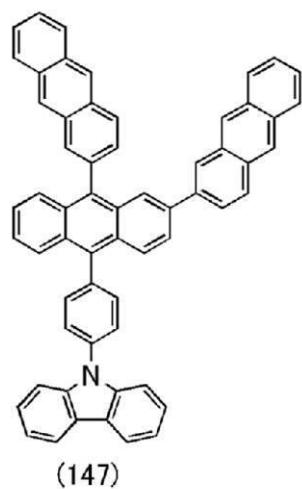
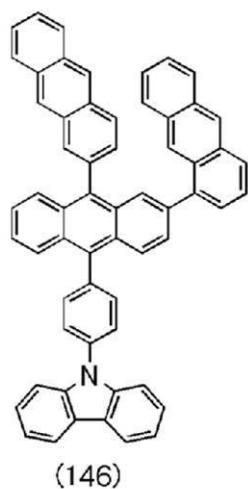
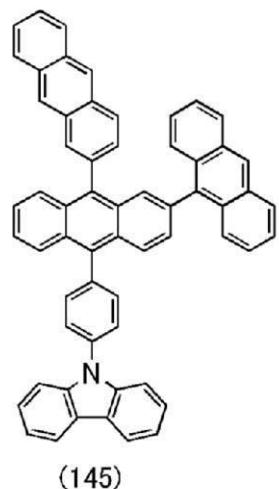
20

30

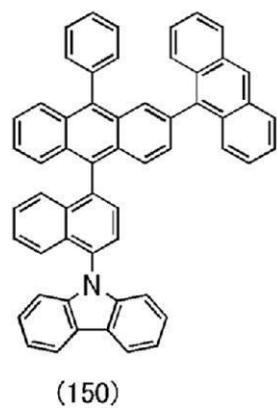
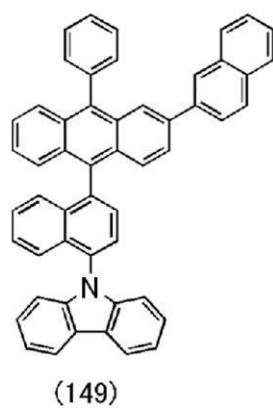
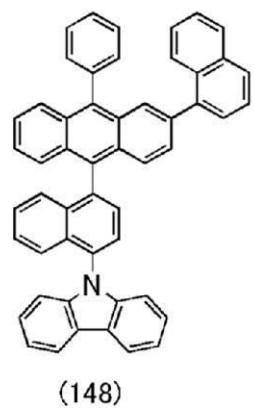
40

【0080】

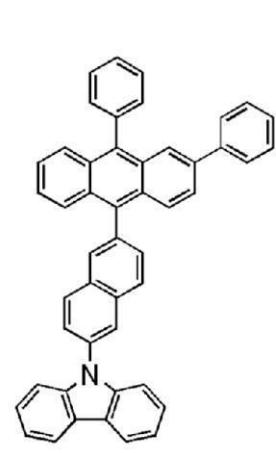
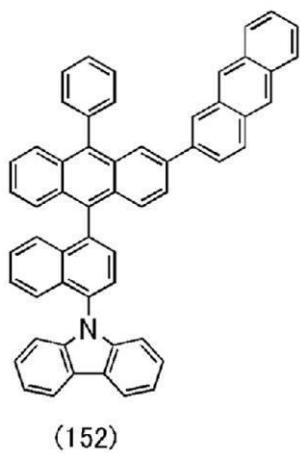
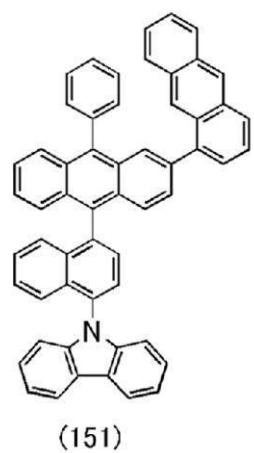
【化18】



10



20

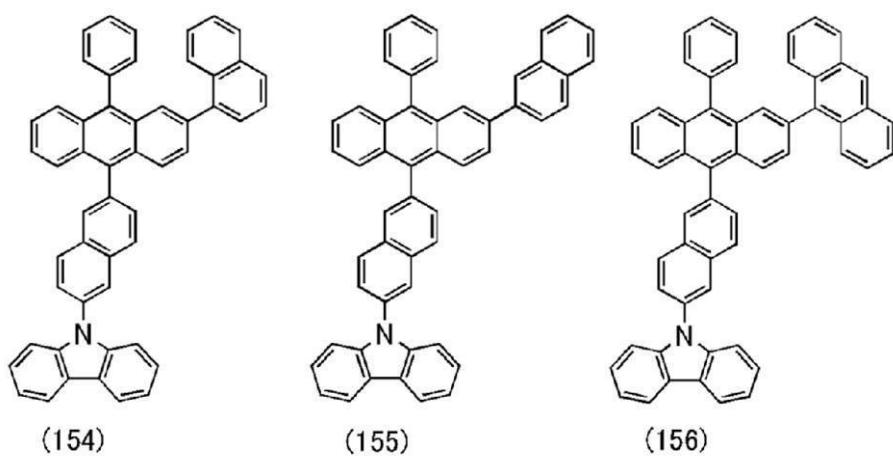


30

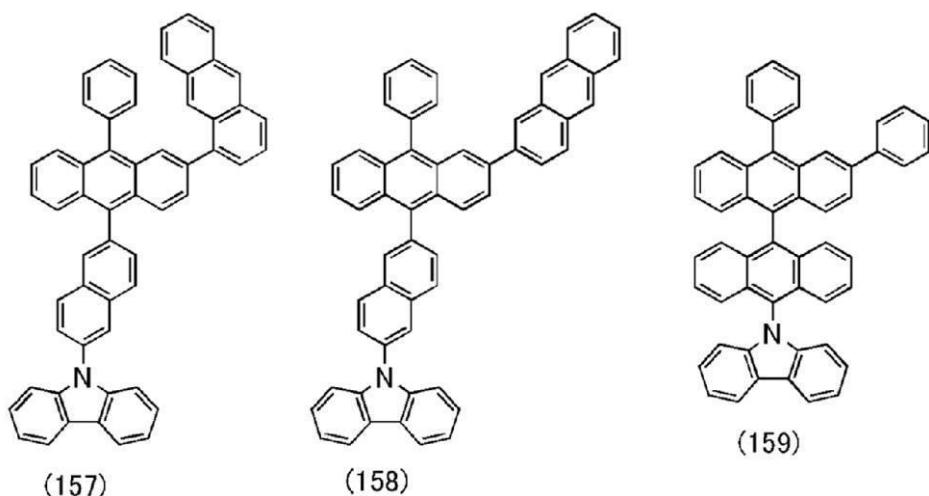
40

【0081】

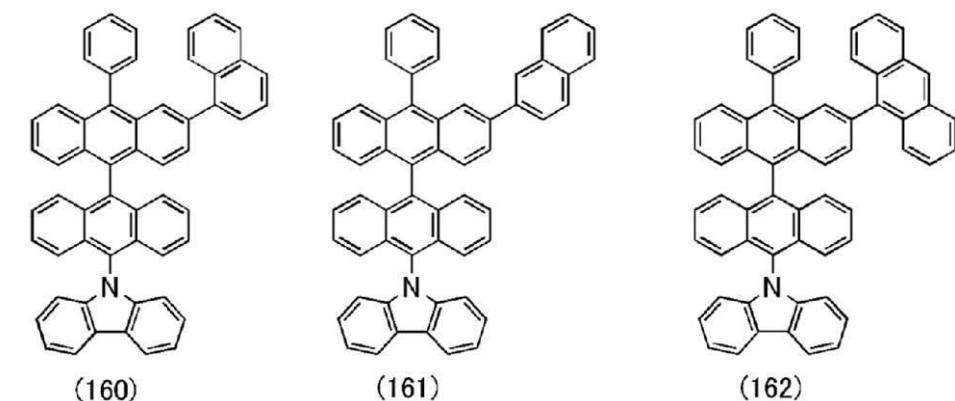
【化19】



10



20

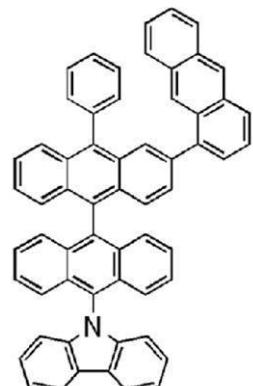


30

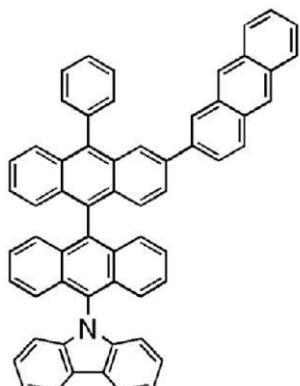
【0082】

40

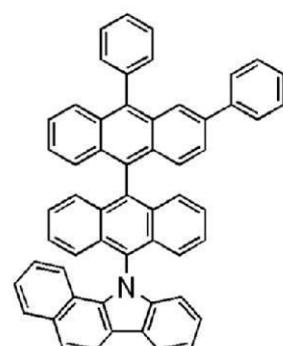
【化 2 0】



(163)

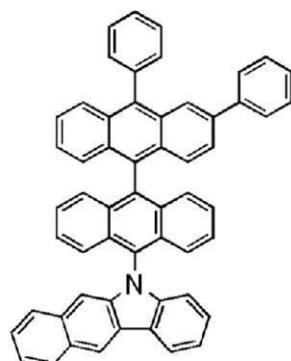


(164)

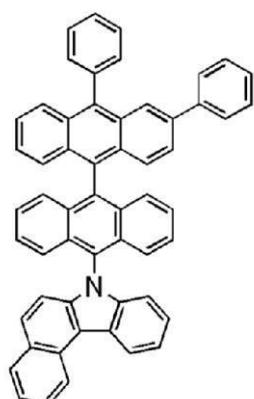


(165)

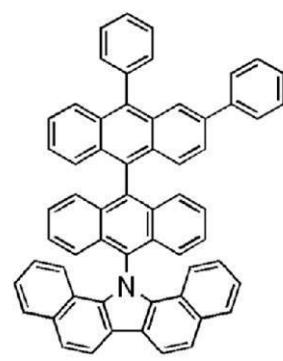
10



(166)

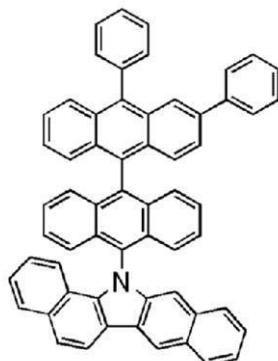


(167)

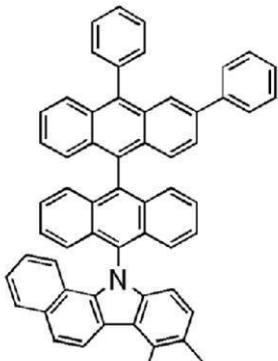


(168)

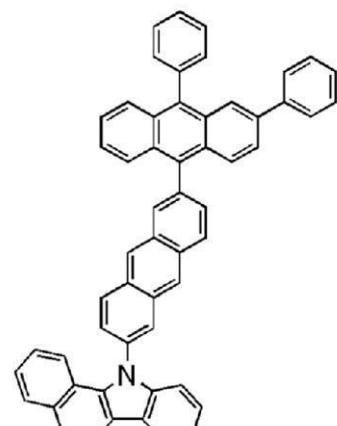
20



(169)



(170)



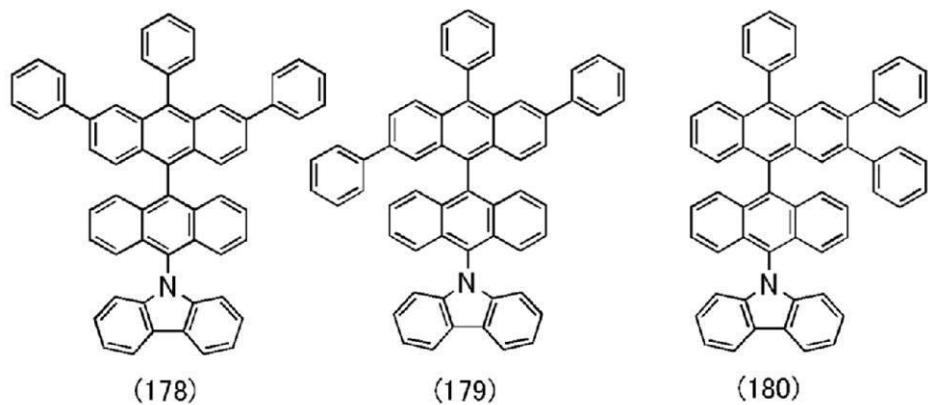
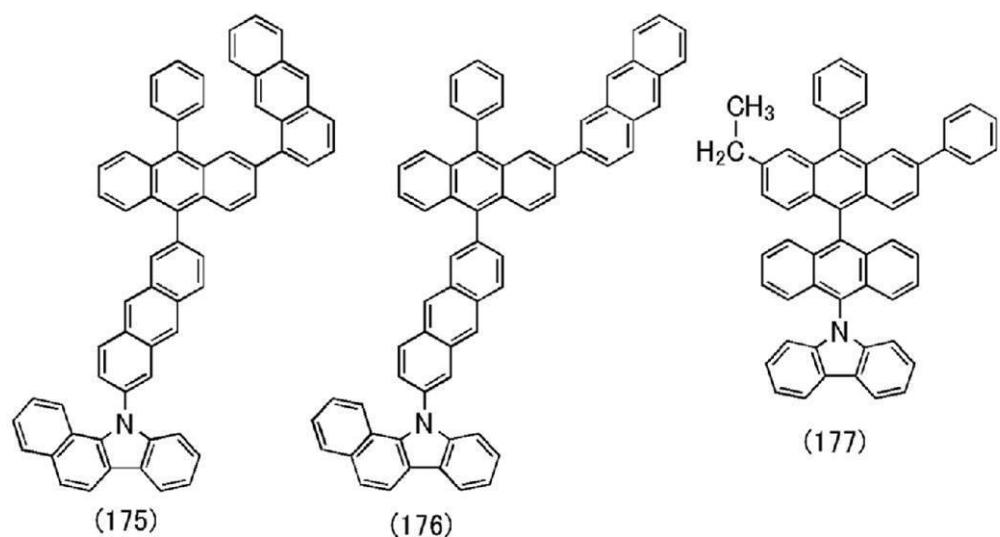
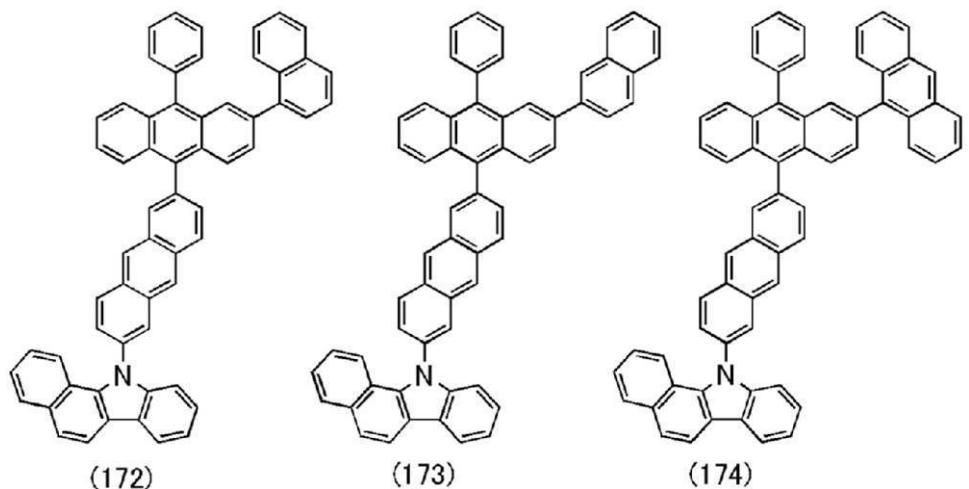
(171)

30

40

【 0 0 8 3 】

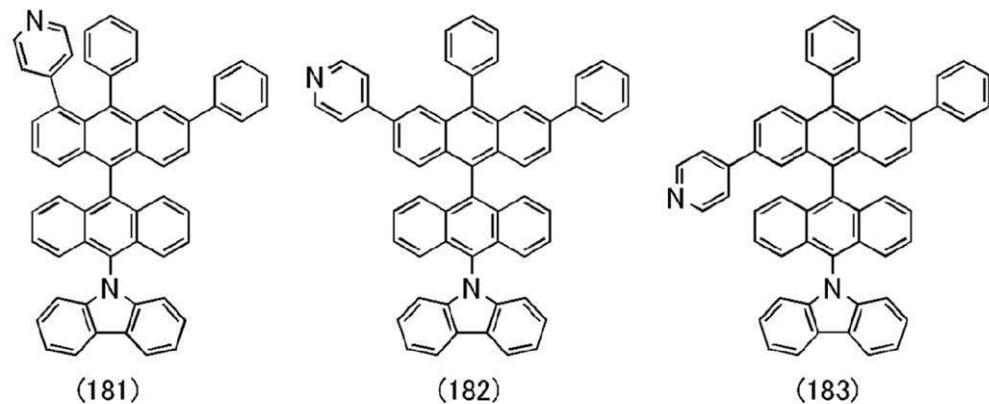
【化 2 1】



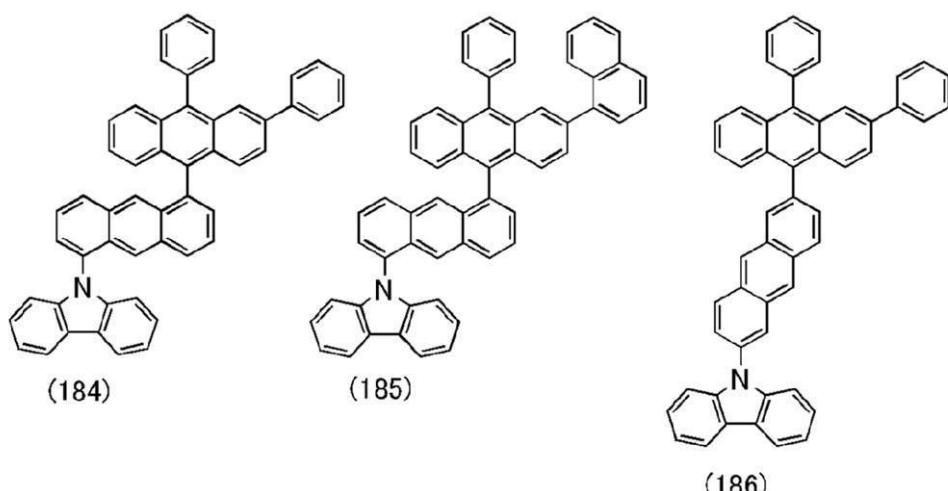
40

【 0 0 8 4 】

【化 2 2】



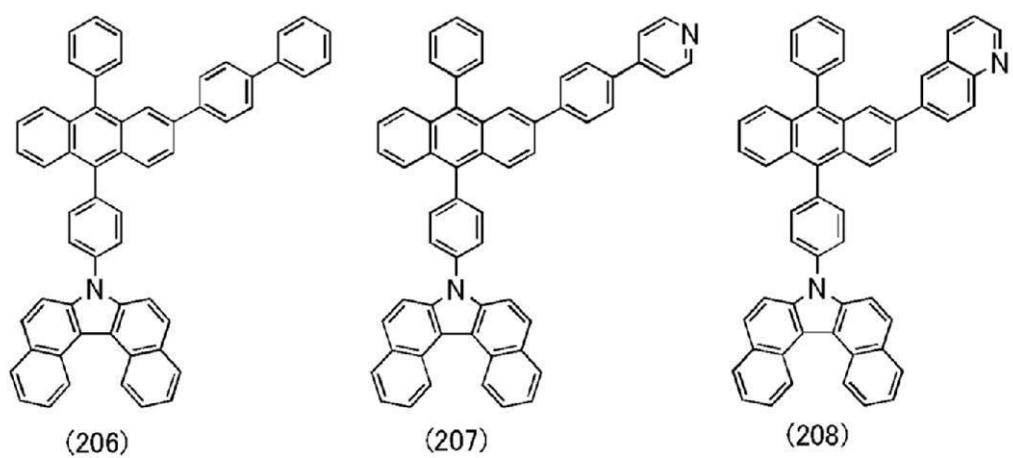
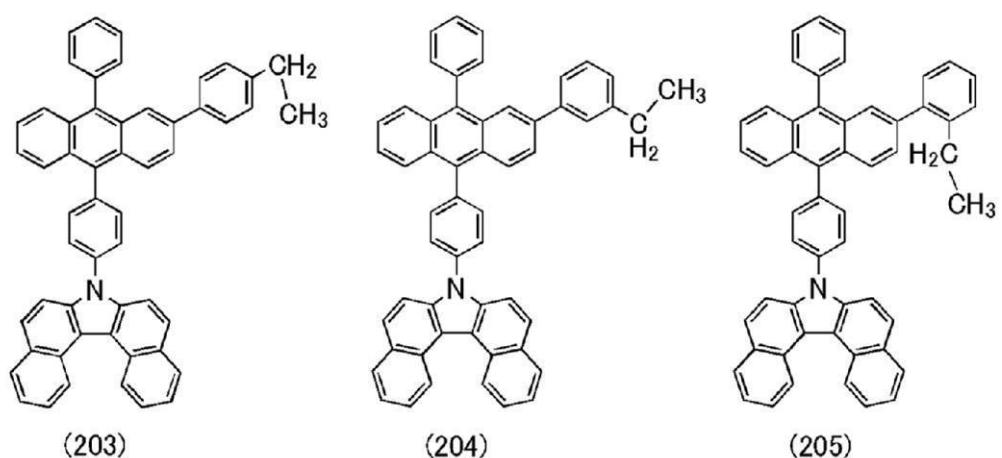
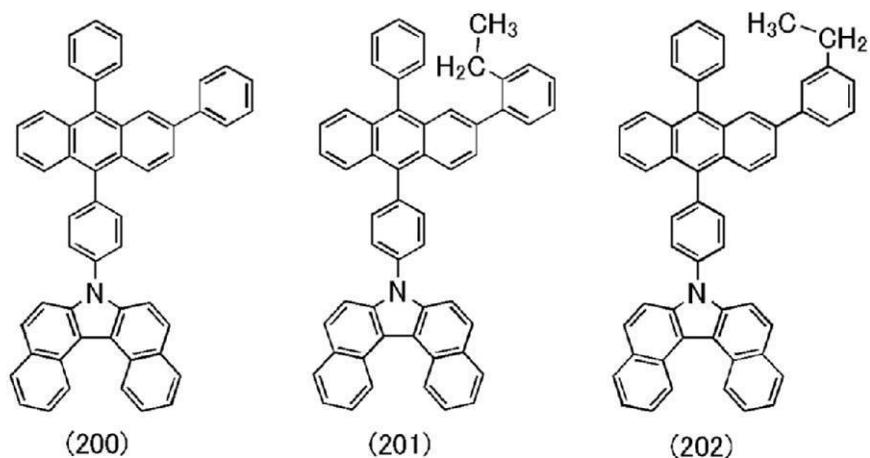
10



20

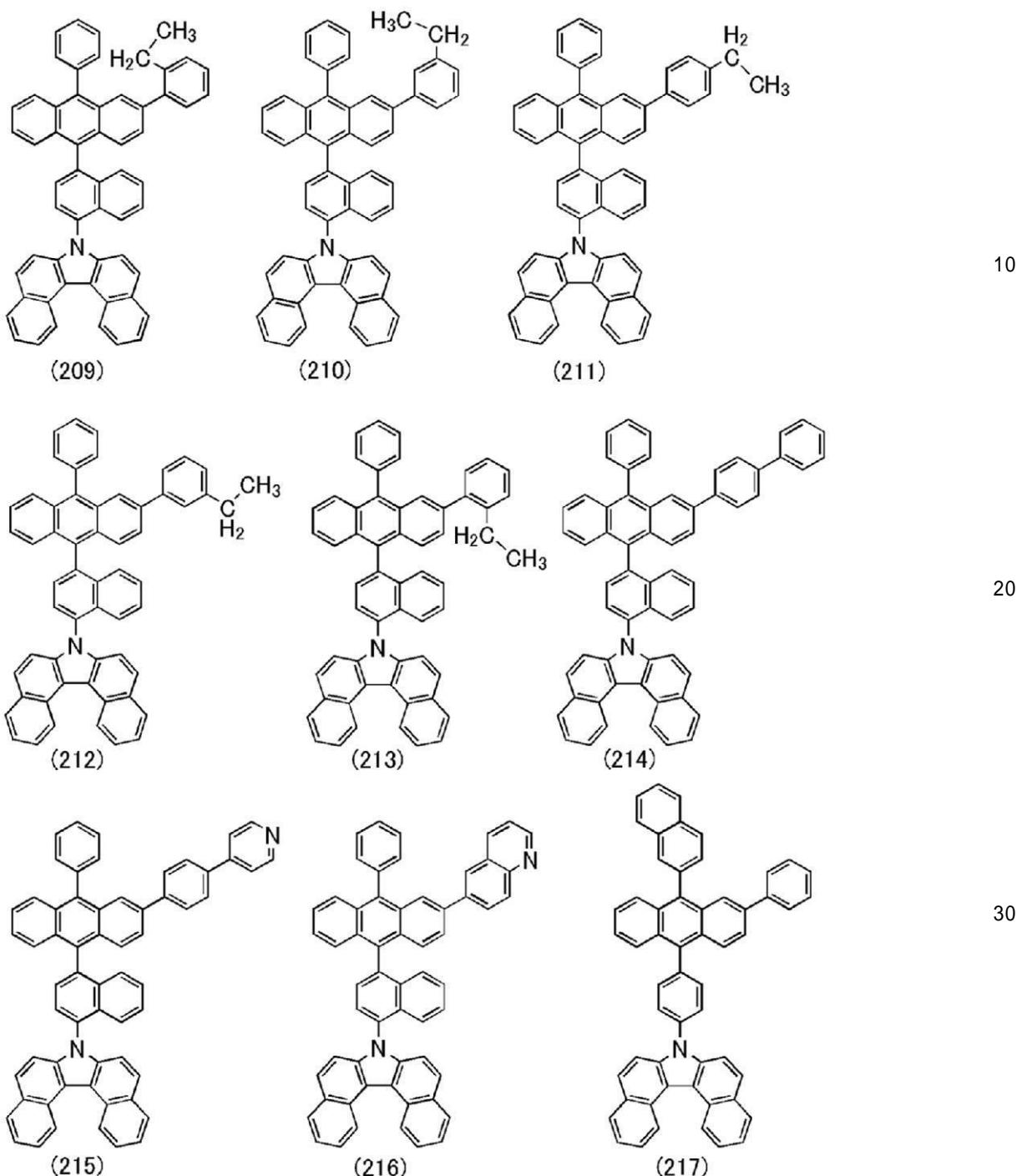
【 0 0 8 5 】

【化 2 3】



【 0 0 8 6 】

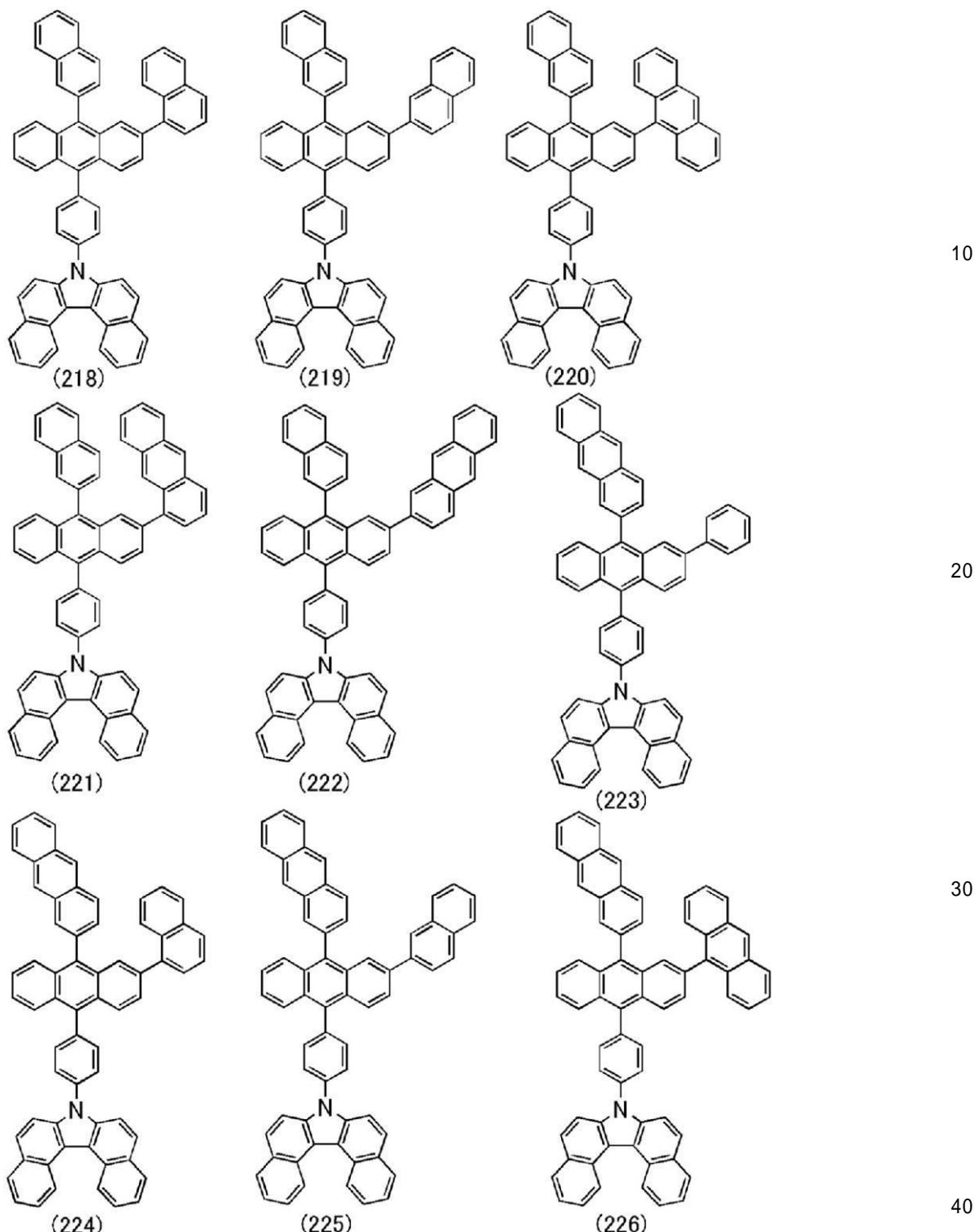
【化24】



【0087】

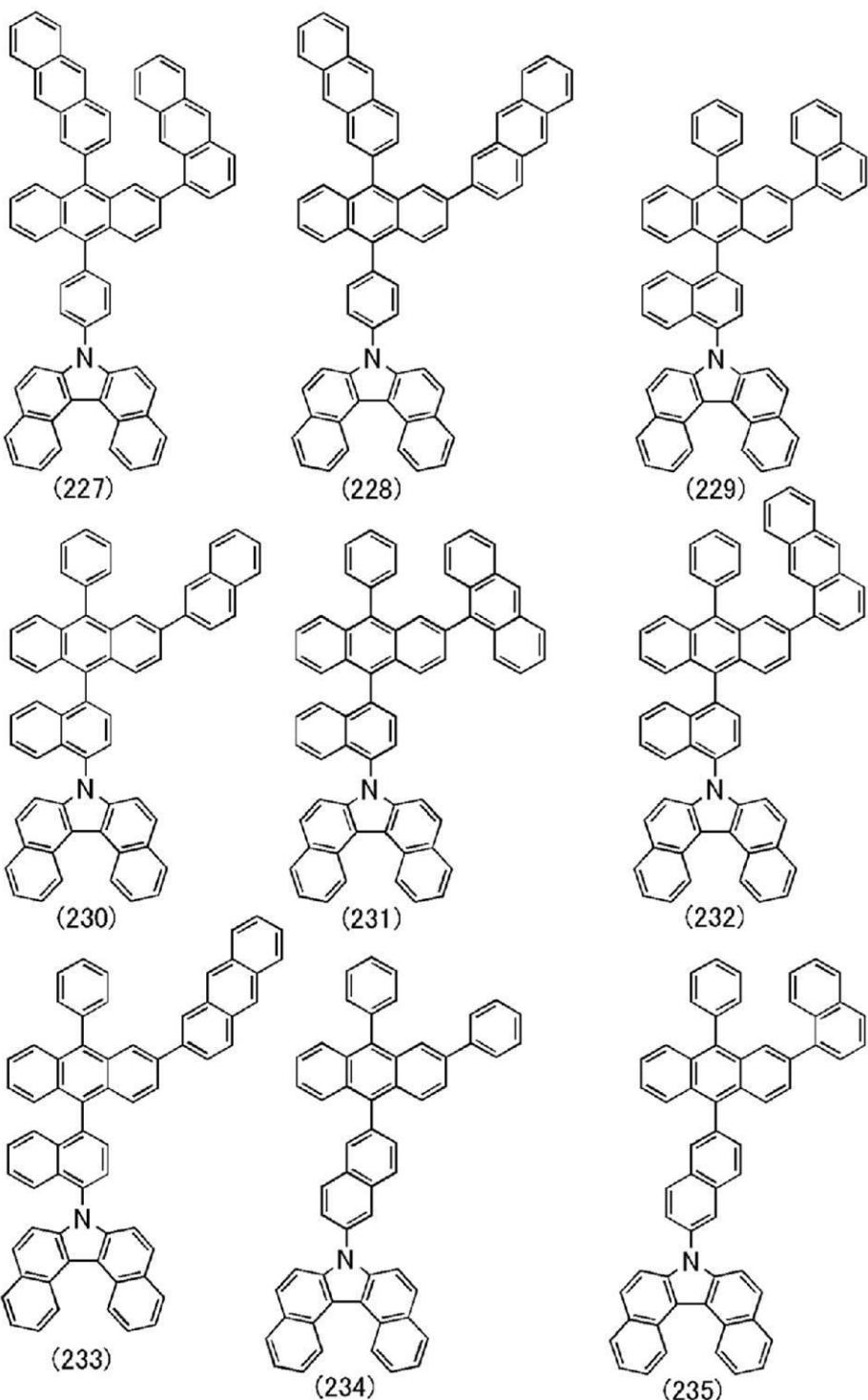
40

【化 25】



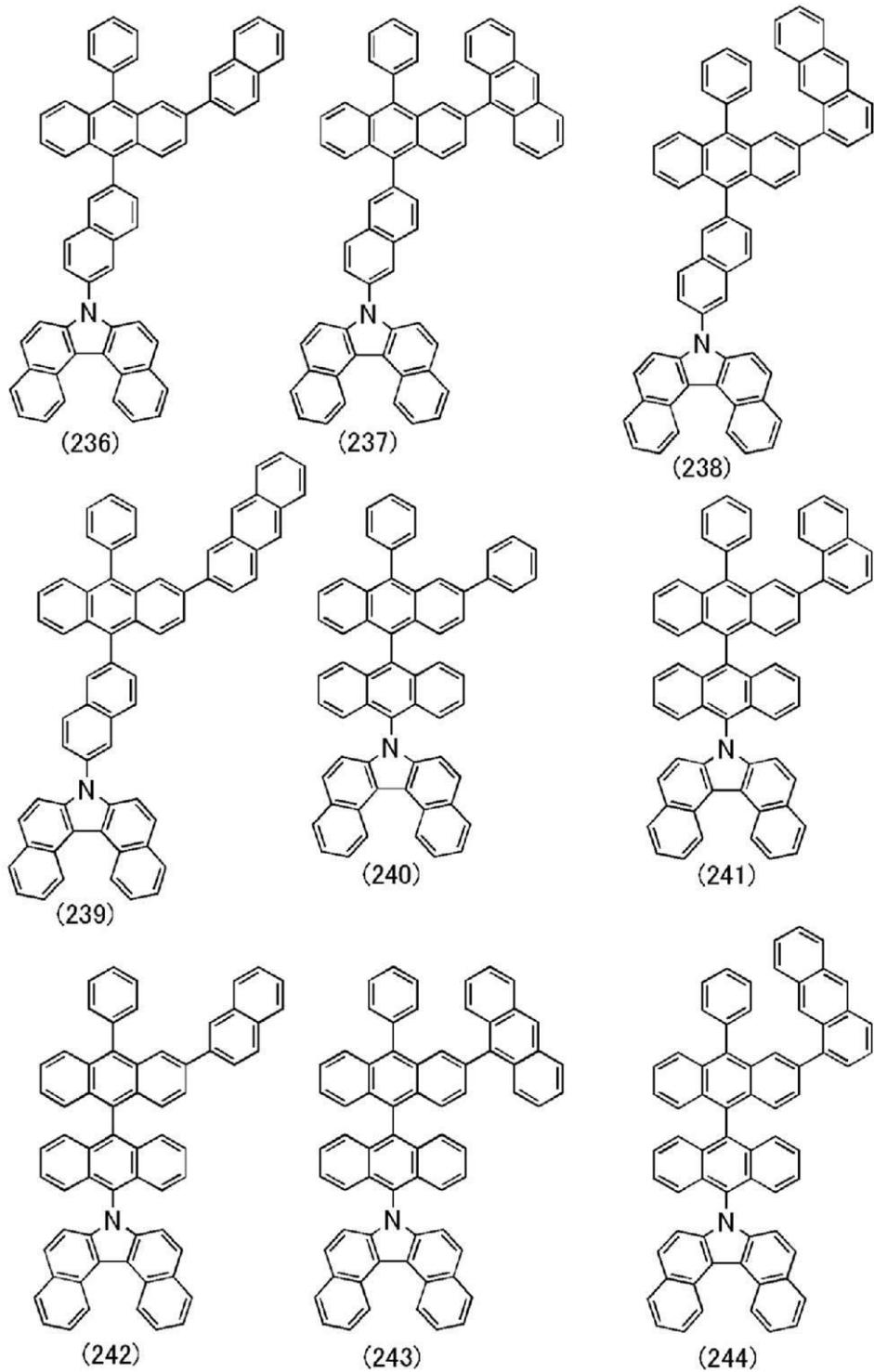
【0088】

【化26】



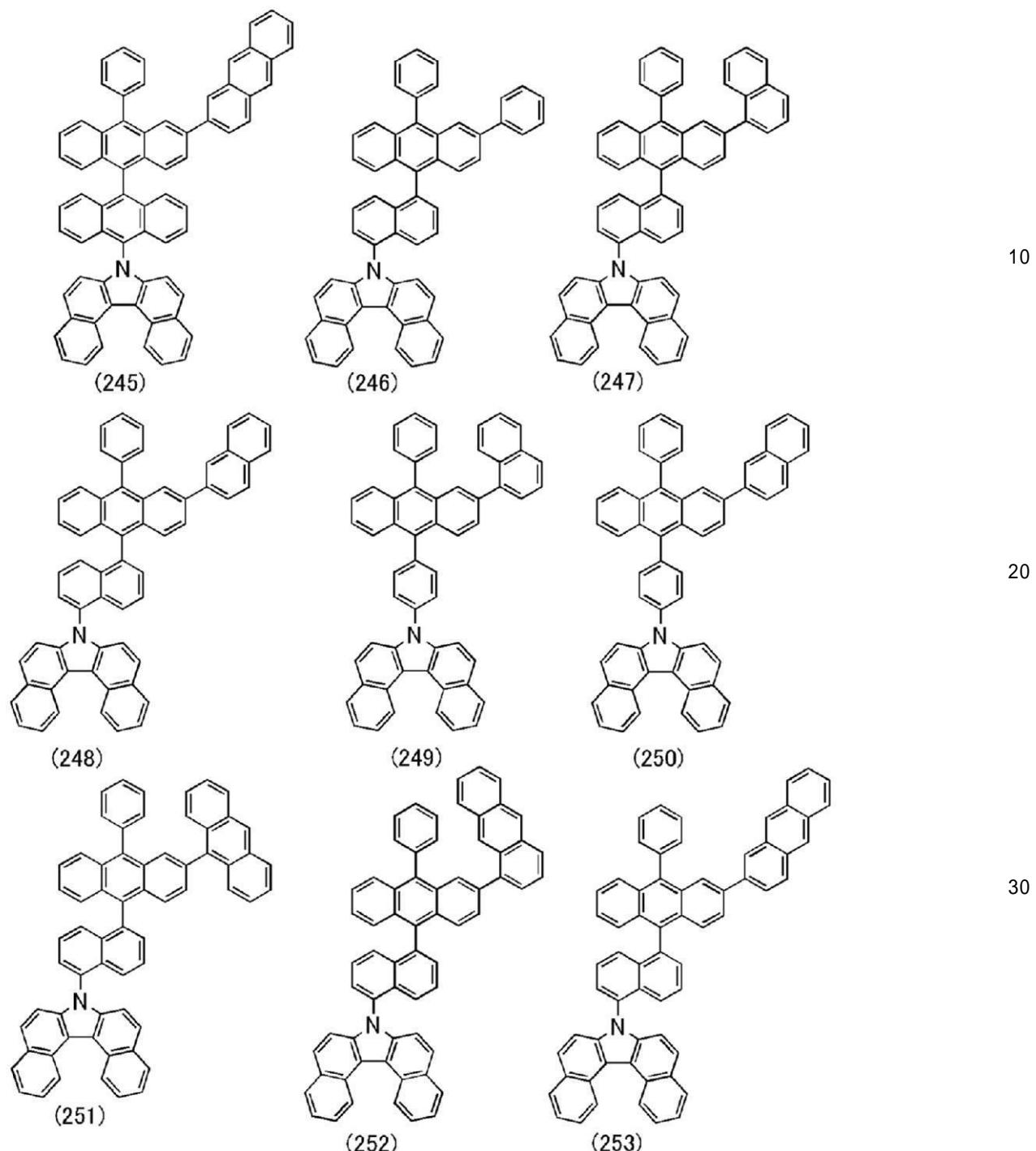
【0089】

【化 2 7】



【 0 0 9 0 】

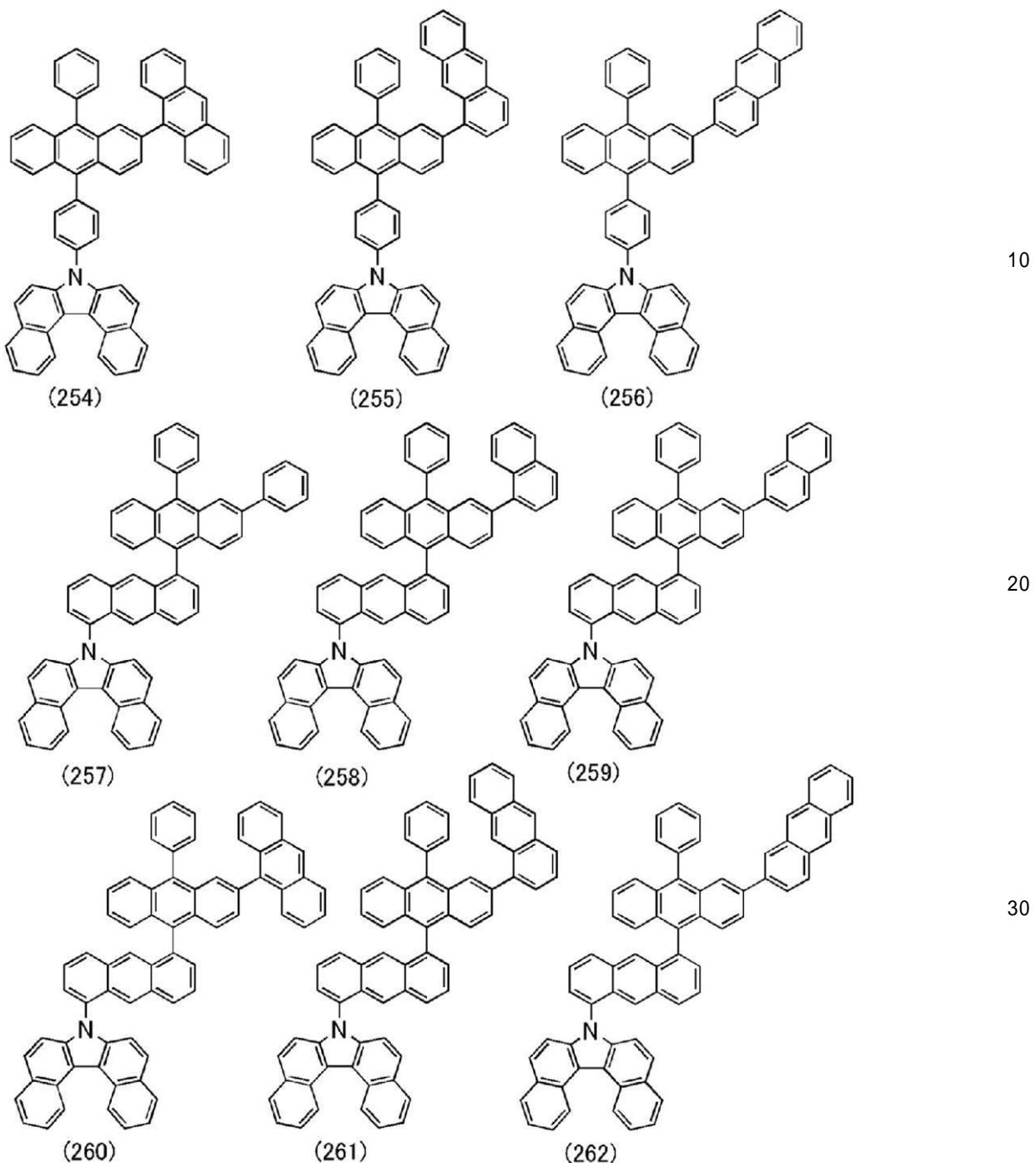
【化 2 8】



【0 0 9 1】

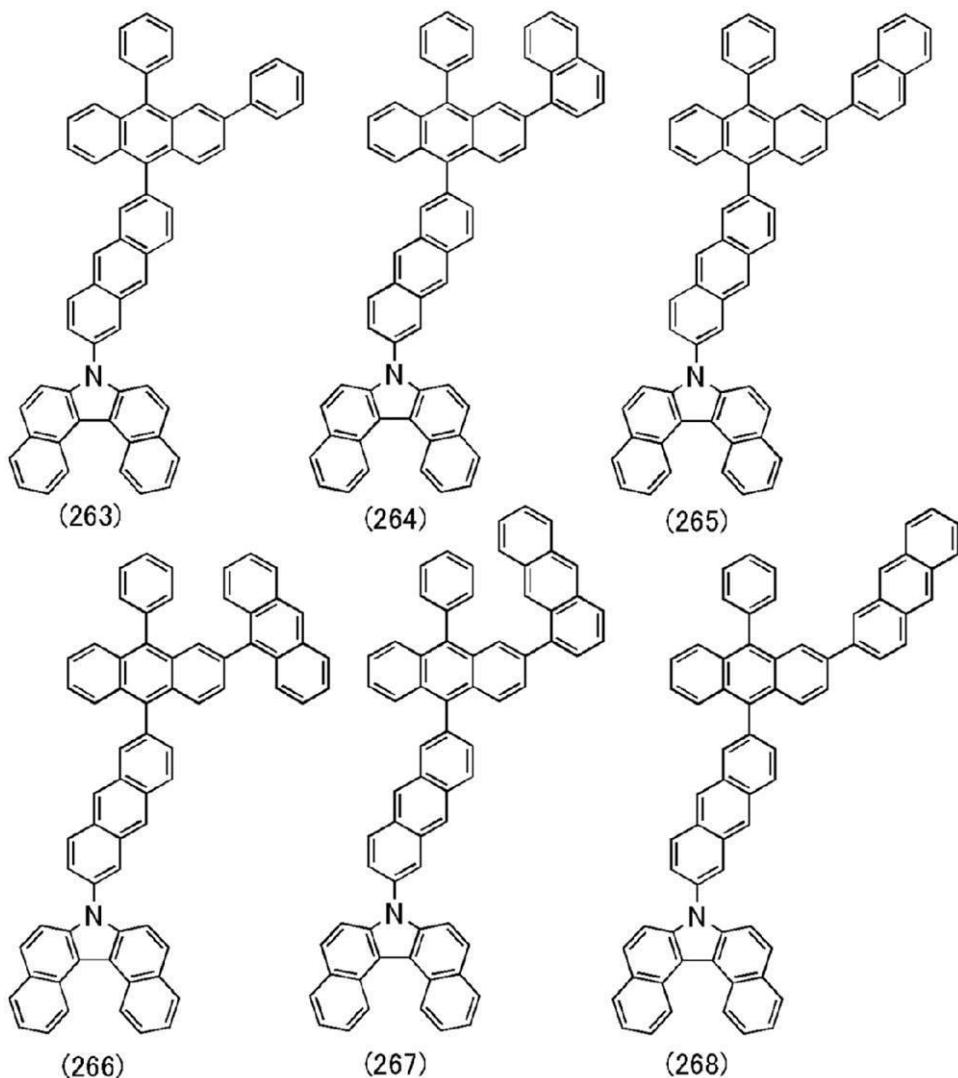
40

【化29】



【0092】

## 【化30】



## 【0093】

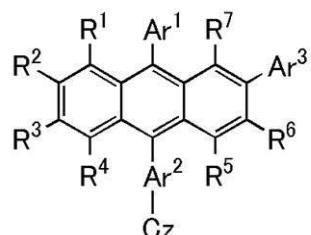
次に、本発明の一態様である有機化合物の合成方法の一例について説明する。

## 【0094】

ここでは、本発明の一態様であり、下記一般式（G1）で表されるジベンゾ有機化合物の合成方法の一例について説明する。

## 【0095】

## 【化31】



(G1)

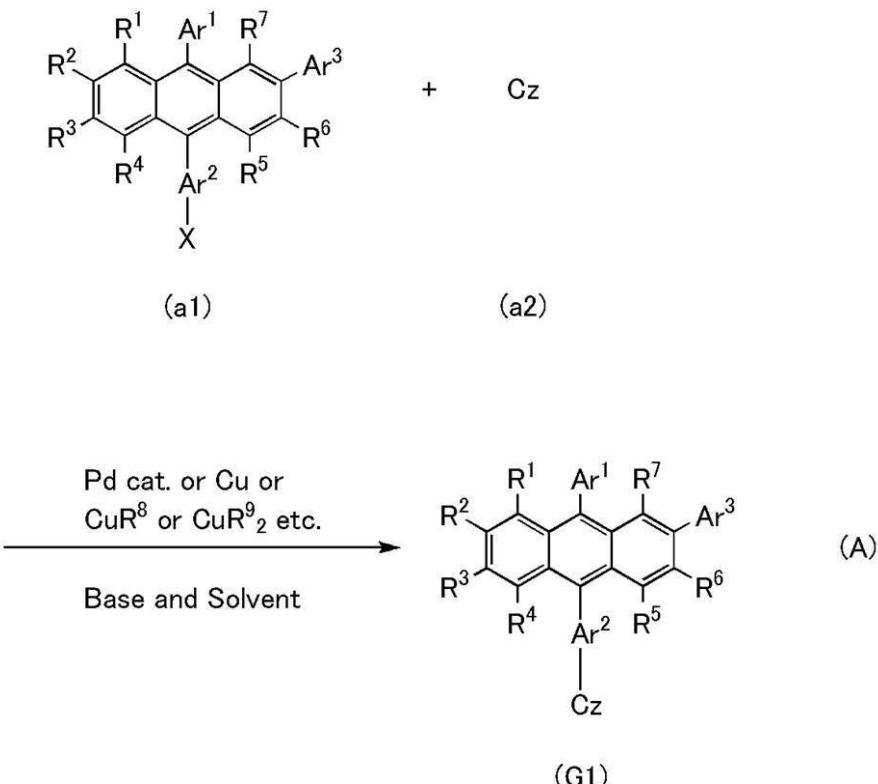
## 【0096】

下記合成スキーム（A）に示すように、アントラセン誘導体のハロゲン化物（a1）と、

カルバゾール骨格を含む複素環化合物(a2)とを、塩基存在下で金属触媒、金属、または金属化合物によりカップリングさせることにより、本発明の一態様であり、一般式(G1)で表される有機化合物を得ることができる。

【0097】

【化32】



【0098】

上記合成スキーム(A)において、Ar<sup>1</sup>およびAr<sup>3</sup>は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6～30のアリール基を表す。また、Ar<sup>2</sup>は独立に置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリーレン基を示す。また、Czは、カルバゾール骨格を含む置換もしくは無置換の複素環基を表し、前記カルバゾール骨格は、前記Ar<sup>2</sup>に直接結合する。R<sup>1</sup>～R<sup>7</sup>は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換の炭素数1～6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6～14のアリール基、または置換もしくは無置換の炭素数3～12のヘテロアリール基のいずれかを表す。

【0099】

合成スキーム(A)において、バックワルド・ハートウィグ反応を行う場合、Xはハロゲン又はトリフラーート基を表す。ハロゲンとしては、ヨウ素、臭素、または塩素が好ましい。当該反応では、ビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0)、アリル塩化パラジウム(II)等のパラジウム錯体または化合物と、それに配位するトリ(tert-ブチル)ホスフィンや、ジ-tert-ブチル(1-メチル-2,2-ジフェニルシクロプロピル)ホスフィンや、トリシクロヘキシリホスフィン等の配位子を用いるパラジウム触媒を利用する。塩基としては、ナトリウムtert-ブトキシド等の有機塩基や、炭酸カリウム等の無機塩基等が挙げられる。また、溶媒を使用する場合、トルエン、キシレン、1,3,5-トリメチルベンゼン(メチレン)、ベンゼン、テトラヒドロフラン等を用いることができる。

【0100】

また、合成スキーム(A)において、ウルマン反応を行う場合、Xはハロゲンを表す。ハロゲンとしては、ヨウ素、臭素、または塩素が好ましい。触媒としては、銅または銅化合物を用いる。銅化合物を触媒として用いる場合、合成スキーム(A)中における、R<sup>8</sup>、

R<sup>9</sup>は、それぞれ、ハロゲンやアセチル基等を表し、ハロゲンとしては塩素、臭素、ヨウ素が挙げられる。なお、R<sup>8</sup>がヨウ素であるヨウ化銅(I)、またはR<sup>9</sup>がアセチル基である酢酸銅(II)を用いることが好ましい。用いる塩基としては、炭酸カリウム等の無機塩基が挙げられる。また、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、1,3,5-トリメチルベンゼン(メシチレン)、ベンゼン等を用いる。ただし、上記溶媒はこれらに限られるものでは無い。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、1,3,5-トリメチルベンゼンを用いることが好ましい。また、反応温度は150以上より高い温度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。

10

## 【0101】

以上のように、一般式(G1)の有機化合物を合成することができる。

## 【0102】

なお、本実施の形態に示す有機化合物は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

## 【0103】

## (実施の形態2)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光素子について図1を用いて説明する。

## 【0104】

本実施の形態に示す発光素子は、図1(A)に示すように一対の電極(第1の電極(陽極)101と第2の電極(陰極)103)間に発光層113を含むEL層102が挟まれた構造を有する。なお、発光層113には、ホスト材料121とゲスト材料122が含まれる。また、EL層102は、図1(B)に示すように発光層113の他に、正孔輸送層112、正孔(または、ホール)注入層111、電子輸送層114、および電子注入層115などを含んで形成される。

20

## 【0105】

このような発光素子に対して電圧を印加することにより、第1の電極101側から注入された正孔と第2の電極103側から注入された電子とが、発光層113において再結合し、励起子を形成する。そして、TTAによる三重項励起子から一重項励起子への変換、や励起子からのエネルギー移動を経て、発光層113中に含まれるゲスト材料122が発光する。

30

## 【0106】

なお、EL層102における正孔注入層111は、正孔輸送性の高い物質とアクセプター性物質を含む層であり、アクセプター性物質によって正孔輸送性の高い物質から電子が引き抜かれることにより正孔(ホール)が発生する。従って、正孔注入層111から正孔輸送層112を介して発光層113に正孔が注入される。

30

## 【0107】

なお、正孔輸送性の高い物質とアクセプター性物質を含む層は、層内において、アクセプター性物質によって正孔輸送性の高い物質から電子が引き抜かれるため、引き抜かれた電子が発生する層であると見ることができる。すなわち、陰極側に設けることにより、電子輸送層114を介して発光層113に電子を注入することができる。このように、正孔や電子等の電荷を発生させることができると機能を有するいわゆる電荷発生層は、発光素子の機能層として、本発明の一態様である発光素子内に適宜設けることとする。

40

## 【0108】

以下に本実施の形態に示す発光素子を作製するまでの具体例について説明する。

## 【0109】

第1の電極(陽極)101および第2の電極(陰極)103には、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。具体的には、酸化インジウム-酸化スズ(Indium Tin Oxide)、珪素若しくは酸化珪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(Indium Zinc Oxide)

50

i d e ) 、酸化タンゲステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム、金 (Au) 、白金 (Pt) 、ニッケル (Ni) 、タンゲステン (W) 、クロム (Cr) 、モリブデン (Mo) 、鉄 (Fe) 、コバルト (Co) 、銅 (Cu) 、パラジウム (Pd) 、チタン (Ti) の他、元素周期表の第1族または第2族に属する元素、すなわちリチウム (Li) やセシウム (Cs) 等のアルカリ金属、およびカルシウム (Ca) 、ストロンチウム (Sr) 等のアルカリ土類金属、マグネシウム (Mg) 、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、その他グラフェン等を用いることができる。なお、第1の電極 (陽極) 101 および第2の電極 (陰極) 103 は、例えばスパッタリング法や蒸着法 (真空蒸着法を含む) 等により形成することができる。

10

## 【0110】

正孔注入層111、および正孔輸送層112 (上述した電荷発生層も含む) に用いる正孔輸送性の高い物質としては、例えば、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) 、3-[4-(9-フェナントリル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール (略称: PCPPn) 、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(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: PCBNNB) 、4-フェニルジフェニル-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)アミン (略称: PCA1BP) 、3,3'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール) (略称: PCCP) 、N-[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N-(4-フェニル)フェニルアニリン (略称: YGA1BP) 、1,3,5-トリ(ジベンゾチオフェン-4-イル)-ベンゼン (略称: DBT3P-II) 、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-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: BPAFLP) 、4-[3-(トリフェニレン-2-イル)フェニル]ジベンゾチオフェン (略称: mDBTPTp-II) 、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル (略称: NPB または -NPD) 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: TPD) 、4,4',4''-トリス(カルバゾール-9-イル)トリフェニルアミン (略称: TCTA) 、4,4',4'''-トリス(N,N-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン (略称: TDATA) 、4,4',4'''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン (略称: MTDATA) 、4,4'-ビス[N-(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) 、3-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール (略称: PCzPCA1) 、3,6-ビス[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール (略称: PCzPCN1) 等が挙げられる。その他、4,4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル (略称: CBP) 、1,3,5-トリス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]ベンゼン (略称: TCPB) 等のカルバゾール化合物やアミン化合物、ジベンゾチオフェン化合物、ジベンゾフラン化合物、フルオレン化合物、トリフェニレン化合物、フェナントレン化合物等を用いることができる。ここに述べた物質は、主に $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$  以上の正孔移動度を有する物質である。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてよい。なお、本発明の一態様である発光素子の正孔輸送層には、これらの材料のうち、正孔輸送層112 及び発光層113 におけるホスト材料およびゲスト材料との間に、上述したT1準位のエネルギーについての関係を満たす組み合わせになるように選択することが好ましい。

10

## 【0111】

20

30

30

40

40

50

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

#### 【 0112 】

また、正孔注入層 111 ( 上述した電荷発生層も含む ) に用いるアクセプター性物質としては、遷移金属酸化物や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、酸化モリブデンが特に好ましい。

10

#### 【 0113 】

発光層 113 は、ホスト材料 121 とゲスト材料 122 を含み、ホスト材料 121 の T1 準位は、ゲスト材料 122 の T1 準位よりも低い関係にあるのが好ましい。

#### 【 0114 】

ホスト材料 121 としては、実施の形態 1 で示した本発明の一態様である有機化合物を用いるのが特に好ましい。その他、ホスト材料 121 として用いることができる好ましい例としては、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 ) や、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 ) 、9 - [ 4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントラセニル) フェニル ] - 9H - カルバゾール ( 略称: CzPA ) 、7 - [ 4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル ] - 7H - ジベンゾ [ c , g ] カルバゾール ( 略称: c g DBCzPA ) 、6 - [ 3 - ( 9 , 10 - ジフェニル - 2 - アントリル) フェニル ] - ベンゾ [ b ] ナフト [ 1 , 2 - d ] フラン ( 略称: 2mBnfPPA ) 、9 - フェニル - 10 - { 4 - ( 9 - フェニル - 9H - フルオレン - 9 - イル) ピフェニル - 4 ' - イル } アントラセン ( 略称: FLPPA ) 等のアントラセン化合物が挙げられる。アントラセン化合物は、S1 準位が高く、T1 準位が低いため、好ましい。

20

#### 【 0115 】

また、ゲスト材料の好ましい例としては、N , N ' - ビス( 3 - メチルフェニル ) - N , N ' - ビス[ 3 - ( 9 - フェニル - 9H - フルオレン - 9 - イル) フェニル ] - ピレン - 1 , 6 - ジアミン ( 略称: 1 , 6 mMemFLPAPrn ) 、N , N ' - ジフェニル - N , N ' - ビス[ 4 - ( 9 - フェニル - 9H - フルオレン - 9 - イル) フェニル ] ピレン - 1 , 6 - ジアミン ( 略称: 1 , 6 FL PAPrn ) 、N , N ' - ビス( ジベンゾフラン - 2 - イル ) - N , N ' - ジフェニルピレン - 1 , 6 - ジアミン ( 略称: 1 , 6 FrAPrn ) 、N , N ' - ビス( ジベンゾチオフェン - 2 - イル ) - N , N ' - ジフェニルピレン - 1 , 6 - ジアミン ( 略称: 1 , 6 ThAPrn ) 等のピレン化合物、アントラセン化合物、トリフェニレン化合物、フルオレン化合物、カルバゾール化合物、ジベンゾチオフェン化合物、ジベンゾフラン化合物、ジベンゾキノキサリン化合物、キノキサリン化合物、ピリジン化合物、ピリミジン化合物、フェナントレン化合物、ナフタレン化合物等が挙げられる。特に、ピレン化合物は、発光量子収率が高く、好ましい。

30

#### 【 0116 】

電子輸送層 114 は、電子輸送性の高い物質を含む層である。電子輸送層 114 には、トリス( 8 - キノリノラト ) アルミニウム( III ) ( 略称: Alq<sub>3</sub> ) 、トリス( 4 - メチル - 8 - キノリノラト ) アルミニウム( III ) ( 略称: Almq<sub>3</sub> ) 、ビス( 10 - ヒドロキシベンゾ [ h ] キノリナト ) ベリリウム( II ) ( 略称: BeBq<sub>2</sub> ) 、BA1q 、Zn( BOX )<sub>2</sub> 、ビス[ 2 - ( 2 - ヒドロキシフェニル ) ベンゾチアゾラト ] 亜鉛( II ) ( 略称: Zn( BTZ )<sub>2</sub> ) などの金属錯体を用いることができる。また、2 - ( 4 - ビフェニリル ) - 5 - ( 4 - tert - プチルフェニル ) - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール ( 略称: PBD ) 、1 , 3 - ビス[ 5 - ( p - tert - プチルフェニル ) - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール - 2 - イル ] ベンゼン ( 略称: OXD - 7 ) 、3 - ( 4 ' - tert - プチルフェニル ) - 4 - フェニル - 5 - ( 4 ' ' - ビフェニル ) - 1 , 2 , 4

40

50

- トリアゾール（略称：T A Z）、3 - (4 - t e r t - プチルフェニル) - 4 - (4 - エチルフェニル) - 5 - (4 - ビフェニリル) - 1 , 2 , 4 - トリアゾール（略称：p - E t T A Z）、パソフェナントロリン（略称：B p h e n）、パソキュプロイン（略称：B C P）、4 , 4' - ビス(5 - メチルベンゾオキサゾール - 2 - イル)スチルベン（略称：B z O s）などの複素芳香族化合物も用いることができる。また、ポリ(2 , 5 - ピリジンジイル)（略称：P P y）、ポリ[ (9 , 9 - ジヘキシルフルオレン - 2 , 7 - ジイル) - c o - (ピリジン - 3 , 5 - ジイル)]（略称：P F - P y）、ポリ[ (9 , 9 - ジオクチルフルオレン - 2 , 7 - ジイル) - c o - (2 , 2' - ピピリジン - 6 , 6' - ジイル)]（略称：P F - B P y）のような高分子化合物を用いることもできる。ここに述べた物質は、主に  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$  以上の電子移動度を有する物質である。  
なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、上記以外の物質を電子輸送層 114 として用いてもよい。

10

## 【0117】

また、電子輸送層 114 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。

## 【0118】

電子注入層 115 は、電子注入性の高い物質を含む層である。電子注入層 115 は、フッ化リチウム(L i F)、フッ化セシウム(C s F)、フッ化カルシウム(C a F<sub>2</sub>)、リチウム酸化物(L i O x)等のようなアルカリ金属、アルカリ土類金属、マグネシウム(M g)、またはそれらの化合物を用いることができる。また、フッ化エルビウム(E r F<sub>3</sub>)のような希土類金属化合物を用いることができる。また、上述した電子輸送層 114 を構成する物質を用いることもできる。

20

## 【0119】

また、電子注入層 115 に、有機化合物と電子供与体(ドナー)とを混合してなる複合材料を用いてもよい。このような複合材料は、電子供与体によって有機化合物に電子が発生するため、電子注入性および電子輸送性に優れている。この場合、有機化合物としては、発生した電子の輸送に優れた材料であることが好ましく、具体的には、上述した電子輸送層 114 を構成する物質(金属錯体や複素芳香族化合物等)等を用いることができる。電子供与体としては、有機化合物に対し電子供与性を示す物質であればよい。例えば、アルカリ金属やアルカリ土類金属や希土類金属等が好ましい。具体的には、リチウム、セシウム、カルシウム、エルビウム、イッテルビウムの他、マグネシウム等が挙げられる。また、アルカリ金属酸化物やアルカリ土類金属酸化物が好ましく、リチウム酸化物、カルシウム酸化物、バリウム酸化物等が挙げられる。また、酸化マグネシウムのようなルイス塩基を用いることもできる。また、テトラチアフルバレン(略称：T T F)等の有機化合物を用いることもできる。

30

## 【0120】

なお、上述した正孔注入層 111、正孔輸送層 112、発光層 113、電子輸送層 114、電子注入層 115(上述した電荷発生層も含む)は、それぞれ、蒸着法(真空蒸着法を含む)、インクジェット法、塗布法等の方法で形成することができる。

40

## 【0121】

また、上述した発光素子において、発光層 113 で得られた発光は、第 1 の電極 101 および第 2 の電極 103 のいずれか一方または両方を通じて外部に取り出される。従って、第 1 の電極 101 および第 2 の電極 103 のいずれか一方、または両方が透光性を有する電極となる。

## 【0122】

以上により説明した発光素子は、発光層 113 からの蛍光発光を利用した蛍光発光素子である。なお、このような蛍光発光素子において、三重項 - 三重項消滅(T T A)により、通常は発光に寄与しない三重項励起子から生成された一重項励起子を発光に利用することができる場合には、通常の蛍光発光素子に比べて、高効率な発光素子を実現することができる。

50

## 【0123】

なお、上記発光素子を備えた発光装置の構成としては、パッシブマトリクス型の発光装置やアクティブマトリクス型の発光装置の他、上記とは別の構造を有する発光素子を備えたマイクロキャビティー構造の発光装置などを作製することができ、これらは、いずれも本発明に含まれるものとする。

## 【0124】

なお、アクティブマトリクス型の発光装置の場合において、TFTの構造は、特に限定されない。例えば、スタガ型や逆スタガ型のTFTを適宜用いることができる。また、TFT基板に形成される駆動用回路についても、N型およびP型のTFTからなるものでもよいし、N型のTFTまたはP型のTFTのいずれか一方のみからなるものであってもよい。また、TFTに用いられる半導体膜の結晶性についても特に限定されない。例えば、非晶質半導体膜、結晶性半導体膜を用いることができる。また、半導体材料としては、14族（ケイ素、ゲルマニウム等）半導体、化合物半導体（酸化物半導体を含む）の他、有機半導体等を用いることができる。

10

## 【0125】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせて用いることができるものとする。

## 【0126】

## (実施の形態3)

本実施の形態では、本発明の一態様であり、EL層を複数有する構造の発光素子（以下、タンデム型発光素子という）について説明する。

20

## 【0127】

本実施の形態に示す発光素子は、図2(A)に示すように一対の電極（第1の電極201および第2の電極204）間に、電荷発生層205を介して複数のEL層（第1のEL層202(1)、第2のEL層202(2)）を有するタンデム型発光素子である。

## 【0128】

本実施の形態において、第1の電極201は、陽極として機能する電極であり、第2の電極204は陰極として機能する電極である。なお、第1の電極201および第2の電極204は、実施の形態2と同様な構成を用いることができる。また、複数のEL層（第1のEL層202(1)、第2のEL層202(2)）は、実施の形態2で示したEL層と両方とも同様な構成であっても良いが、いずれか一方が同様の構成であっても良い。すなわち、第1のEL層202(1)と第2のEL層202(2)は、同じ構成であっても異なる構成であってもよく、同じ構成である場合は、実施の形態2を適用することができる。

30

## 【0129】

また、複数のEL層（第1のEL層202(1)、第2のEL層202(2)）の間に設けられている電荷発生層205は、第1の電極201と第2の電極204に電圧を印加したときに、一方のEL層に電子を注入し、他方のEL層に正孔を注入する機能を有する。本実施の形態の場合には、第1の電極201に第2の電極204よりも電位が高くなるように電圧を印加すると、電荷発生層205から第1のEL層202(1)に電子が注入され、第2のEL層202(2)に正孔が注入される。

40

## 【0130】

なお、電荷発生層205は、光の取り出し効率の点から、可視光に対して透光性を有する（具体的には、電荷発生層205の可視光の透過率が、40%以上）ことが好ましい。また、電荷発生層205は、第1の電極201や第2の電極204よりも低い導電率であっても機能する。

## 【0131】

電荷発生層205は、正孔輸送性の高い有機化合物に電子受容体（アクセプター）が添加された構成であっても、電子輸送性の高い有機化合物に電子供与体（ドナー）が添加された構成であってもよい。また、これらの両方の構成が積層されていても良い。

## 【0132】

50

正孔輸送性の高い有機化合物に電子受容体が添加された構成とする場合において、正孔輸送性の高い有機化合物としては、実施の形態2で正孔注入層111、および正孔輸送層112に用いる正孔輸送性の高い物質として示した物質を用いることができる。例えば、N P BやT P D、T D A T A、M T D A T A、B S P B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、主に $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質である。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い有機化合物であれば、上記以外の物質を用いても構わない。

#### 【0133】

また、電子受容体としては、7, 7, 8, 8-テトラシアノ-2, 3, 5, 6-テトラフルオロキノジメタン(略称:F<sub>4</sub>-TCNQ)、クロラニル等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、酸化タンゲステン、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。

10

#### 【0134】

一方、電子輸送性の高い有機化合物に電子供与体が添加された構成とする場合において、電子輸送性の高い有機化合物としては、実施の形態2で電子輸送層114に用いる電子輸送性の高い物質として示した物質を用いることができる。例えば、Alq、Almq<sub>3</sub>、BeBq<sub>2</sub>、BA1qなど、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等を用いることができる。また、この他、Zn(BOX)<sub>2</sub>、Zn(BTZ)<sub>2</sub>などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、PBDやOXD-7、TAZ、BPhe n、BCPなども用いることができる。ここに述べた物質は、主に $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質である。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い有機化合物であれば、上記以外の物質を用いても構わない。

20

#### 【0135】

また、電子供与体としては、アルカリ金属またはアルカリ土類金属または希土類金属または元素周期表における第2、第13族に属する金属およびその酸化物、炭酸塩を用いることができる。具体的には、リチウム(Li)、セシウム(Cs)、マグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)、イッテルビウム(Yb)、インジウム(In)、酸化リチウム、炭酸セシウムなどを用いることが好ましい。また、テトラチアナフタセンのような有機化合物を電子供与体として用いてもよい。

30

#### 【0136】

なお、上述した材料を用いて電荷発生層205を形成することにより、EL層が積層された場合における駆動電圧の上昇を抑制することができる。また、電荷発生層205の形成方法としては、蒸着法(真空蒸着法を含む)、印刷法(例えば、凸版印刷法、凹版印刷法、グラビア印刷法、平版印刷法、孔版印刷法等)、インクジェット法、塗布法等の方法を単独または組み合わせて用いて形成することができる。

40

#### 【0137】

本実施の形態では、EL層を2層有する発光素子について説明したが、図2(B)に示すように、n層(ただし、nは、3以上)のEL層(202(1)~202(n))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EL層を有する場合、EL層とEL層との間にそれぞれ電荷発生層(205(1)~205(n-1))を配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度領域での発光が可能である。電流密度を低く保てるため、長寿命素子を実現できる。

#### 【0138】

また、それぞれのEL層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EL層を有する発光素子において、第1

50

の E L 層の発光色と第 2 の E L 層の発光色を補色の関係になるようにすることで、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可能である。なお、補色とは、混合すると無彩色になる色同士の関係をいう。つまり、補色の関係にある色の光を互いに混合すると、白色発光を得ることができる。具体的には、第 1 の E L 層から青色発光が得られ、第 2 の E L 層から黄色発光または橙色発光が得られる組み合わせが挙げられる。この場合、青色発光と黄色発光（または橙色発光）が両方とも同じ蛍光発光、または燐光発光である必要はなく、青色発光が蛍光発光であり、黄色発光（または橙色発光）が燐光発光である組み合わせや、その逆の組み合わせとしてもよい。

## 【0139】

また、3つのE L 層を有する発光素子の場合でも同様であり、例えば、第 1 の E L 層の発光色が赤色であり、第 2 の E L 層の発光色が緑色であり、第 3 の E L 層の発光色が青色である場合、発光素子全体としては、白色発光を得ることができる。

10

## 【0140】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

## 【0141】

## （実施の形態 4）

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置について説明する。

## 【0142】

なお、上記発光装置は、パッシブマトリクス型の発光装置でもアクティブマトリクス型の発光装置でもよい。また、本実施の形態に示す発光装置には、他の実施形態で説明した発光素子を適用することが可能である。

20

## 【0143】

本実施の形態では、まずアクティブマトリクス型の発光装置について図 3 を用いて説明する。

## 【0144】

なお、図 3 (A) は発光装置を示す上面図であり、図 3 (B) は図 3 (A) を鎖線 A - A' で切断した断面図である。本実施の形態に係る発光装置は、素子基板 301 上に設けられた画素部 302 と、駆動回路部（ソース線駆動回路）303 と、駆動回路部（ゲート線駆動回路）(304a、304b) と、を有する。画素部 302、駆動回路部 303、及び駆動回路部 (304a、304b) は、シール材 305 によって、素子基板 301 と封止基板 306 との間に封止されている。

30

## 【0145】

また、素子基板 301 上には、駆動回路部 303、及び駆動回路部 (304a、304b) に外部からの信号（例えば、ビデオ信号、クロック信号、スタート信号、又はリセット信号等）や電位を伝達する外部入力端子を接続するための引き回し配線 307 が設けられる。ここでは、外部入力端子として FPC（フレキシブルプリントサーキット）308 を設ける例を示している。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。

40

## 【0146】

次に、断面構造について図 3 (B) を用いて説明する。素子基板 301 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、ソース線駆動回路である駆動回路部 303 と、画素部 302 が示されている。

## 【0147】

駆動回路部 303 は FET 309 と FET 310 とを組み合わせた構成について例示している。なお、駆動回路部 303 は、单極性（n チャネル型または p チャネル型のいずれか一方のみ）のトランジスタを含む回路で形成されても良いし、n チャネル型のトランジスタと p チャネル型のトランジスタを含む CMOS 回路で形成されても良い。また、本実施

50

の形態では、基板上に駆動回路を形成したドライバー一体型を示すが、必ずしもその必要はなく、基板上ではなく外部に駆動回路を形成することもできる。

#### 【0148】

また、画素部302はスイッチング用FET(図示せず)と、電流制御用FET312とを有し、電流制御用FET312の配線(ソース電極又はドレイン電極)は、発光素子317aおよび発光素子317bの第1の電極(陽極)(313a、313b)と電気的に接続されている。また、本実施の形態においては、画素部302に2つのFET(スイッチング用FET、電流制御用FET312)を用いて構成する例について示したが、これに限定されない。例えば、3つ以上のFETと、容量素子とを組み合わせる構成としてもよい。

10

#### 【0149】

FET309、310、312としては、例えば、スタガ型や逆スタガ型のトランジスタを適用することができる。FET309、310、312に用いることのできる半導体材料としては、例えば、第13族半導体、第14族(シリコン等)半導体、化合物半導体、酸化物半導体、有機半導体を用いることができる。また、該半導体材料の結晶性については、特に限定されず、例えば、非晶質半導体、または結晶性半導体を用いることができる。特に、FET309、310、312としては、酸化物半導体を用いると好ましい。なお、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、HfまたはNd)等が挙げられる。FET309、310、312として、例えば、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を用いることで、トランジスタのオフ電流を低減することができる。

20

#### 【0150】

また、第1の電極(313a、313b)には、光学調整のための導電膜(320a、320b)を積層した構造を含む。例えば、図3(B)に示すように発光素子317aと発光素子317bとで取り出す光の波長が異なる場合には、導電膜320aと導電膜320bとの膜厚は異なる。また、第1の電極(313a、313b)の端部を覆って絶縁物314が形成されている。ここでは、絶縁物314として、ポジ型の感光性アクリル樹脂を用いることにより形成する。また、本実施の形態においては、第1の電極(313a、313b)を陽極として用いる。

30

#### 【0151】

また、絶縁物314の上端部または下端部に曲率を有する面を形成するのが好ましい。絶縁物314の形状を上記のように形成することで、絶縁物314の上層に形成される膜の被覆性を良好なものとすることができます。例えば、絶縁物314の材料として、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かを使用することができ、有機化合物に限らず無機化合物、例えば、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化シリコン等を使用することができる。

#### 【0152】

第1の電極(313a、313b)上には、EL層315及び第2の電極316が積層形成される。EL層315は、少なくとも発光層が設けられており、第1の電極(313a、313b)、EL層315及び第2の電極316からなる発光素子(317a、317b)は、EL層315の端部が、第2の電極316で覆われた構造を有する。また、EL層315の構成について、実施の形態2や実施の形態3に示す単層構造または積層構造と同様であっても異なっていてもよい。さらに、発光素子ごとに異なっていてもよい。

40

#### 【0153】

なお、第1の電極(313a、313b)、EL層315及び第2の電極316に用いる材料としては、実施の形態2に示す材料を用いることができる。また、発光素子(317a、317b)の第1の電極(313a、313b)は、領域321において、引き回し配線307と電気的に接続されFPC308を介して外部信号が入力される。さらに、発光素子(317a、317b)の第2の電極316は、領域322において、引き回し配

50

線 3 2 3 と電気的に接続され、ここでは図示しないが、F P C 3 0 8 を介して外部信号が入力される。

#### 【 0 1 5 4 】

また、図 3 ( B ) に示す断面図では発光素子 ( 3 1 7 a 、 3 1 7 b ) を 2 つのみ図示しているが、画素部 3 0 2 において、複数の発光素子がマトリクス状に配置されているものとする。すなわち、画素部 3 0 2 には、2 種類 ( 例えは ( B 、 Y ) ) の発光が得られる発光素子だけでなく、3 種類 ( 例えは ( R 、 G 、 B ) ) の発光が得られる発光素子や、4 種類 ( 例えは ( R 、 G 、 B 、 Y ) または ( R 、 G 、 B 、 W ) 等 ) の発光が得られる発光素子等をそれぞれ形成し、フルカラー表示可能な発光装置を形成することができる。なお、この時の発光層の形成には、発光素子の発光色などに応じて異なる材料を用いた発光層を形成 ( いわゆる塗り分け形成 ) してもよいし、複数の発光素子が同じ材料を用いて形成された共通の発光層を有し、カラーフィルタと組み合わせることによってフルカラー化を実現させてもよい。このように数種類の発光が得られる発光素子を組み合わせることにより、色純度の向上、消費電力の低減等の効果が得ることができる。さらに、量子ドットとの組み合わせにより発光効率を向上させ、消費電力を低減させた発光装置としてもよい。

10

#### 【 0 1 5 5 】

さらに、シール材 3 0 5 で封止基板 3 0 6 を素子基板 3 0 1 と貼り合わせることにより、素子基板 3 0 1 、封止基板 3 0 6 、およびシール材 3 0 5 で囲まれた空間 3 1 8 に発光素子 ( 3 1 7 a 、 3 1 7 b ) が備えられた構造になっている。

20

#### 【 0 1 5 6 】

また、封止基板 3 0 6 には、有色層 ( カラーフィルタ ) 3 2 4 が設けられており、隣り合う有色層の間には、黒色層 ( ブラックマトリクス ) 3 2 5 が設けられている。なお、黒色層 ( ブラックマトリクス ) 3 2 5 と一部重なるように隣り合う有色層 ( カラーフィルタ ) 3 2 4 の一方または両方が設けられていてもよい。なお、発光素子 3 1 7 a 、 3 1 7 b で得られた発光は、有色層 ( カラーフィルタ ) 3 2 4 を介して外部に取り出される。

#### 【 0 1 5 7 】

なお、空間 3 1 8 には、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 3 0 5 で充填される構成も含むものとする。また、シール材を塗布して貼り合わせる場合には、UV 处理や熱処理等のいずれか、またはこれらを組み合わせて行うのが好ましい。

30

#### 【 0 1 5 8 】

また、シール材 3 0 5 にはエポキシ系樹脂やガラスフリットを用いるのが好ましい。また、これらの材料はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。また、封止基板 3 0 6 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 ) 、ポリエチレンまたはアクリル樹脂等からなるプラスチック基板を用いることができる。シール材としてガラスフリットを用いる場合には、接着性の観点から素子基板 3 0 1 及び封止基板 3 0 6 はガラス基板であることが好ましい。

#### 【 0 1 5 9 】

なお、発光素子と電気的に接続される FET の構造は、図 3 ( B ) とはゲート電極の位置が異なる構造、すなわち図 3 ( C ) に示す FET 3 2 6 、 FET 3 2 7 、 FET 3 2 8 に示す構造としてもよい。また、封止基板 3 0 6 に設けられる有色層 ( カラーフィルタ ) 3 2 4 は、図 3 ( C ) に示すように黒色層 ( ブラックマトリクス ) 3 2 5 と重なる位置さらに隣り合う有色層 ( カラーフィルタ ) 3 2 4 とも重なるように設けられていてもよい。

40

#### 【 0 1 6 0 】

以上のようにして、アクティブマトリクス型の発光装置を得ることができる。

#### 【 0 1 6 1 】

また、本発明の一態様である発光装置としては、上述したアクティブマトリクス型の発光装置のみならずパッシブマトリクス型の発光装置とすることもできる。

#### 【 0 1 6 2 】

50

図4(A)(B)にパッシブマトリクス型の発光装置を示す。図4(A)には、パッシブマトリクス型の発光装置の上面図、図4(B)には、画素部400の断面図をそれぞれ示す。

#### 【0163】

図4に示すように、基板401上には、第1の電極402と、EL層(403a、403b、403c)と、第2の電極404とを有する発光素子405が形成される。なお、第1の電極402は、島状であり、一方(図4(A)では、横方向)にストライプ状に複数形成されている。また、第1の電極402上的一部分には、絶縁膜406が形成されている。絶縁膜406上には絶縁材料を用いてなる隔壁407が設けられる。隔壁407の側壁は、図4(B)に示すように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るような傾斜を有する。

10

#### 【0164】

なお、絶縁膜406は、第1の電極402上的一部分に開口部を有するため、EL層(403a、403b、403c)および第2の電極404を第1の電極402上に所望の形状に分離形成することができる。図4(A)および図4(B)には、メタルマスク等のマスクと絶縁膜406上の隔壁407とを組み合わせてEL層(403a、403b、403c)および第2の電極404を形成する例を示す。また、EL層403a、EL層403b、EL層403cは、それぞれ異なる発光色(例えば、赤、緑、青、黄、橙、白等)を呈する場合の例を示す。

20

#### 【0165】

また、EL層(403a、403b、403c)を形成した後、第2の電極404が形成される。従って、第2の電極404は、EL層(403a、403b、403c)上に第1の電極402と接することなく形成される。

#### 【0166】

なお、封止の方法については、アクティブマトリクス型の発光装置の場合と同様に行うことができるので、説明は省略する。

#### 【0167】

以上のようにして、パッシブマトリクス型の発光装置を得ることができる。

#### 【0168】

例えば、本明細書等において、様々な基板を用いて、トランジスタまたは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・スチール基板、ステンレス・スチール・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、アルミニオホウケイ酸ガラス、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ート(PET)、ポリエチレンナフタート(PEN)、ポリエーテルサルファン(PES)、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)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、ポリプロピレン、ポリエチル、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、電流供給能力が高く、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。

30

#### 【0169】

また、基板として、可撓性基板を用い、可撓性基板上に直接、トランジスタまたは発光素子を形成してもよい。または、基板とトランジスタまたは発光素子との間に剥離層を設け

40

50

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、トランジスタまたは発光素子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。

#### 【0170】

つまり、ある基板を用いてトランジスタまたは発光素子を形成し、その後、別の基板にトランジスタまたは発光素子を転置し、別の基板上にトランジスタまたは発光素子を配置してもよい。トランジスタまたは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または発光素子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、ポリエスチル）若しくは再生繊維（アセテート、キュプラ、レーヨン、再生ポリエスチル）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。10

#### 【0171】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成を適宜組み合わせて用いることができる。

#### 【0172】

##### （実施の形態5）

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置を適用して完成させた様々な電子機器や自動車の一例について、説明する。

#### 【0173】

発光装置を適用した電子機器として、例えば、テレビジョン装置（テレビ、又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図5、図6に示す。

#### 【0174】

図5（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7100は、筐体7101に表示部7103が組み込まれている。表示部7103により、映像を表示することができる。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。なお、本発明の一態様である発光装置を表示部7103に用いることができる。また、ここでは、スタンド7105により筐体7101を支持した構成を示している。30

#### 【0175】

テレビジョン装置7100の操作は、筐体7101が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機7110により行うことができる。リモコン操作機7110が備える操作キー7109により、チャンネルや音量の操作を行うことができ、表示部7103に表示される映像を操作することができる。また、リモコン操作機7110に、当該リモコン操作機7110から出力する情報を表示する表示部7107を設ける構成としてもよい。40

#### 【0176】

なお、テレビジョン装置7100は、受信機やモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般的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又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）又は双方向（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。

#### 【0177】

図5（B）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。50

なお、コンピュータは、本発明の一態様である発光装置をその表示部 7203 に用いることにより作製することができる。また、表示部 7203 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。

#### 【0178】

図 5 (C) は、スマートウォッチであり、筐体 7302、表示部 7304、操作ボタン 7311、7312、接続端子 7313、バンド 7321、留め金 7322、等を有する。

#### 【0179】

ベゼル部分を兼ねる筐体 7302 に搭載された表示部 7304 は、非矩形状の表示領域を有している。表示部 7304 は、時刻を表すアイコン 7305、その他のアイコン 7306 等を表示することができる。また、表示部 7304 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。

10

#### 【0180】

なお、図 5 (C) に示すスマートウォッチは、様々な機能を有することができる。例えば、様々な情報（静止画、動画、テキスト画像など）を表示部に表示する機能、タッチパネル機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示する機能、様々なソフトウェア（プログラム）によって処理を制御する機能、無線通信機能、無線通信機能を用いて様々なコンピュータネットワークに接続する機能、無線通信機能を用いて様々なデータの送信又は受信を行う機能、記録媒体に記録されているプログラム又はデータを読み出して表示部に表示する機能、等を有することができる。

20

#### 【0181】

また、筐体 7302 の内部に、スピーカ、センサ（力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい又は赤外線を測定する機能を含むもの）、マイクロフォン等を有することができる。なお、スマートウォッチは、発光装置をその表示部 7304 に用いることにより作製することができる。

30

#### 【0182】

図 5 (D)、図 5 (D' - 1)、及び図 5 (D' - 2) は、携帯電話機（スマートフォンを含む）の一例を示している。携帯電話機 7400 は、筐体 7401 に、表示部 7402、マイク 7406、スピーカ 7405、カメラ 7407、外部接続部 7404、操作用ボタン 7403 などを備えている。また、本発明の一態様に係る発光素子を、可撓性を有する基板に形成して発光装置を作製した場合、図 5 (D) に示すような曲面を有する表示部 7402 に適用することが可能である。

30

#### 【0183】

図 5 (D) に示す携帯電話機 7400 は、表示部 7402 を指などで触ることで、情報を入力することができる。また、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。

40

#### 【0184】

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。

#### 【0185】

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

#### 【0186】

また、携帯電話機 7400 内部に、ジャイロセンサや加速度センサ等の検出装置を設けることで、携帯電話機 7400 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。

#### 【0187】

50

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 の操作用ボタン 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。

#### 【0188】

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。

#### 【0189】

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又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。

10

#### 【0190】

さらに、携帯電話機（スマートフォンを含む）の別の構成として、図 5 (D' - 1) や図 5 (D' - 2) のような構造を有する携帯電話機に適用することもできる。

#### 【0191】

なお、図 5 (D' - 1) や図 5 (D' - 2) のような構造を有する場合には、文字情報や画像情報を筐体 7500 (1)、7500 (2) の第 1 面 7501 (1)、7501 (2) だけでなく、第 2 面 7502 (1)、7502 (2) に表示させることができる。このような構造を有することにより、携帯電話機を胸ポケットに収納したままの状態で、第 2 面 7502 (1)、7502 (2) などに表示された文字情報や画像情報を使用者が容易に確認することができる。

20

#### 【0192】

また、発光装置を適用した電子機器として、図 6 (A) ~ (C) に示すような折りたたみ可能な携帯情報端末が挙げられる。図 6 (A) には、展開した状態の携帯情報端末 9310 を示す。また、図 6 (B) には、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。さらに、図 6 (C) には、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。

30

#### 【0193】

表示部 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、表示部 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、表示部 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部 9311 に用いることができる。表示部 9311 における表示領域 9312 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。

40

#### 【0194】

また、発光装置を適用した自動車を図 7 (A) (B) に示す。すなわち、発光装置を、自動車と一体にして設けることができる。具体的には、図 7 (A) に示す自動車の外側のライト 5101（車体後部も含む）、タイヤのホイール 5102、ドア 5103 の一部または全体などに適用することができる。また、図 7 (B) に示す自動車の内側の表示部 5104、ハンドル 5105、シフトレバー 5106、座席シート 5107、インナーリアビューミラー 5108 等に適用することができる。その他、ガラス窓の一部に適用してもよい。

#### 【0195】

50

以上のようにして、本発明の一態様である発光装置を適用して電子機器や自動車を得ることができる。なお、適用できる電子機器や自動車は、本実施の形態に示したものに限らず、あらゆる分野において適用することが可能である。

#### 【0196】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

#### 【0197】

##### (実施の形態6)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光素子を適用して作製される照明装置の構成について図8を用いて説明する。

10

#### 【0198】

図8(A)、(B)、(C)、(D)には、照明装置の断面図の一例を示す。なお、図8(A)、(B)は基板側に光を取り出すボトムエミッション型の照明装置であり、図8(C)、(D)は、封止基板側に光を取り出すトップエミッション型の照明装置である。

#### 【0199】

図8(A)に示す照明装置4000は、基板4001上に発光素子4002を有する。また、基板4001の外側に凹凸を有する基板4003を有する。発光素子4002は、第1の電極4004と、EL層4005と、第2の電極4006を有する。

20

#### 【0200】

第1の電極4004は、電極4007と電気的に接続され、第2の電極4006は電極4008と電気的に接続される。また、第1の電極4004と電気的に接続される補助配線4009を設けてもよい。なお、補助配線4009上には、絶縁層4010が形成されている。

#### 【0201】

また、基板4001と封止基板4011は、シール材4012で接着されている。また、封止基板4011と発光素子4002の間には、乾燥剤4013が設けられていることが好ましい。なお、基板4003は、図8(A)のような凹凸を有するため、発光素子4002で生じた光の取り出し効率を向上させることができる。

#### 【0202】

また、基板4003に代えて、図8(B)の照明装置4100のように、基板4001の外側に拡散板4015を設けてもよい。

30

#### 【0203】

図8(C)の照明装置4200は、基板4201上に発光素子4202を有する。発光素子4202は第1の電極4204と、EL層4205と、第2の電極4206とを有する。

#### 【0204】

第1の電極4204は、電極4207と電気的に接続され、第2の電極4206は電極4208と電気的に接続される。また第2の電極4206と電気的に接続される補助配線4209を設けてもよい。また、補助配線4209の下部に、絶縁層4210を設けてよい。

40

#### 【0205】

基板4201と凹凸のある封止基板4211は、シール材4212で接着されている。また、封止基板4211と発光素子4202の間にバリア膜4213および平坦化膜4214を設けてもよい。なお、封止基板4211は、図8(C)のような凹凸を有するため、発光素子4202で生じた光の取り出し効率を向上させることができる。

#### 【0206】

また、封止基板4211に代えて、図8(D)の照明装置4300のように、発光素子4202の上に拡散板4215を設けてもよい。

#### 【0207】

なお、本実施の形態で示すEL層4005、4205に、本発明の一態様である有機金属

50

錯体を適用することができる。この場合、消費電力の低い照明装置を提供することができる。

【0208】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【0209】

(実施の形態7)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置を適用した応用品である照明装置の一例について、図9を用いて説明する。

【0210】

図9は、発光装置を室内の照明装置8001として用いた例である。なお、発光装置は大面積化も可能であるため、大面積の照明装置を形成することもできる。その他、曲面を有する筐体を用いることで、発光領域が曲面を有する照明装置8002を形成することもできる。本実施の形態で示す発光装置に含まれる発光素子は薄膜状であり、筐体のデザインの自由度が高い。したがって、様々な意匠を凝らした照明装置を形成することができる。さらに、室内の壁面に照明装置8003を備えても良い。

【0211】

なお、上記以外にも室内に備えられた家具の一部に発光装置を適用することにより、家具としての機能を備えた照明装置とすることができる。

【0212】

以上のように、発光装置を適用した様々な照明装置が得られる。なお、これらの照明装置は本発明の一態様に含まれるものとする。

【0213】

また、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【0214】

(実施の形態8)

本実施の形態においては、本発明の一態様の発光素子または本発明の一態様の発光装置を有するタッチパネルについて、図10～図14を用いて説明を行う。

【0215】

図10(A)(B)は、タッチパネル2000の斜視図である。なお、図10(A)(B)において、明瞭化のため、タッチパネル2000の代表的な構成要素を示す。

【0216】

タッチパネル2000は、表示パネル2501とタッチセンサ2595とを有する(図10(B)参照)。また、タッチパネル2000は、基板2510、基板2570、及び基板2590を有する。

【0217】

表示パネル2501は、基板2510上に複数の画素及び該画素に信号を供給することができる複数の配線2511を有する。複数の配線2511は、基板2510の外周部にまで引き回され、その一部が端子2519を構成している。端子2519はFPC2509(1)と電気的に接続する。

【0218】

基板2590には、タッチセンサ2595と、タッチセンサ2595と電気的に接続する複数の配線2598とを有する。複数の配線2598は、基板2590の外周部に引き回され、その一部は端子2599を構成する。そして、端子2599はFPC2509(2)と電気的に接続される。なお、図10(B)では明瞭化のため、基板2590の裏面側(基板2510と対向する面側)に設けられるタッチセンサ2595の電極や配線等を実線で示している。

【0219】

タッチセンサ2595として、例えば静電容量方式のタッチセンサを適用できる。静電容

10

20

30

40

50

量方式としては、表面型静電容量方式、投影型静電容量方式等がある。

【0220】

投影型静電容量方式としては、主に駆動方式の違いから自己容量方式、相互容量方式などがある。相互容量方式を用いると同時多点検出が可能となるため好ましい。

【0221】

まず、投影型静電容量方式のタッチセンサを適用する場合について、図10(B)を用いて説明する。なお、投影型静電容量方式の場合には、指等の検知対象の近接または接触を検知することができる、様々なセンサを適用することができる。

【0222】

投影型静電容量方式のタッチセンサ2595は、電極2591と電極2592とを有する。電極2591と電極2592は、複数の配線2598のうちのそれぞれ異なる配線と電気的に接続する。また、電極2592は、図10(A)(B)に示すように、一方向に繰り返し配置された複数の四辺形が角部で配線2594により、一方向に接続される形状を有する。電極2591も同様に複数の四辺形が角部で接続される形状を有するが、接続される方向は、電極2592が接続される方向と交差する方向となる。なお、電極2591が接続される方向と、電極2592が接続される方向とは、必ずしも直交する関係にある必要はなく、0度を超えて90度未満の角度をなすように配置されてもよい。

【0223】

なお、配線2594の電極2592との交差部の面積は、できるだけ小さくなる形状が好ましい。これにより、電極が設けられていない領域の面積を低減でき、透過率のバラツキを低減できる。その結果、タッチセンサ2595を透過する光の輝度のバラツキを低減することができる。

【0224】

なお、電極2591及び電極2592の形状はこれに限定されず、様々な形状を取りうる。例えば、複数の電極2591をできるだけ隙間が生じないように配置し、絶縁層を介して電極2592を複数設ける構成としてもよい。このとき、隣接する2つの電極2592の間に、これらとは電気的に絶縁されたダミー電極を設けると、透過率の異なる領域の面積を低減できるため好ましい。

【0225】

次に、図11を用いて、タッチパネル2000の詳細について説明する。図11は、図10(A)に示す一点鎖線X1-X2間の断面図に相当する。

【0226】

タッチパネル2000は、タッチセンサ2595と表示パネル2501とを有する。

【0227】

タッチセンサ2595は、基板2590に接して千鳥格子状に配置された電極2591及び電極2592と、電極2591及び電極2592を覆う絶縁層2593と、隣り合う電極2591を電気的に接続する配線2594とを有する。なお、隣り合う電極2591の間には、電極2592が設けられている。

【0228】

電極2591及び電極2592は、透光性を有する導電材料を用いて形成することができる。透光性を有する導電性材料としては、酸化インジウム、インジウム錫酸化物、インジウム亜鉛酸化物、酸化亜鉛、ガリウムを添加した酸化亜鉛などの導電性酸化物を用いることができる。また、グラフェン化合物を用いることもできる。なお、グラフェン化合物を用いる場合は、例えば膜状に形成された酸化グラフェンを還元して形成することができる。還元する方法としては、熱を加える方法やレーザを照射する方法等を挙げることができる。

【0229】

電極2591及び電極2592の形成方法としては、例えば、透光性を有する導電性材料を基板2590上にスパッタリング法により成膜した後、フォトリソグラフィ法等の様々なパターニング技術により、不要な部分を除去することで形成することができる。

10

20

30

40

50

## 【0230】

絶縁層2593に用いる材料としては、例えば、アクリル樹脂、エポキシ樹脂などの樹脂、シロキサン結合を有する樹脂の他、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウムなどの無機絶縁材料を用いることができる。

## 【0231】

また、絶縁層2593の一部に形成された配線2594により、隣接する電極2591が電気的に接続される。なお、配線2594に用いる材料は、電極2591及び電極2592に用いる材料よりも導電性の高い材料を用いることにより電気抵抗を低減することができるため好ましい。

## 【0232】

また、配線2598は、電極2591または電極2592と電気的に接続される。なお、配線2598の一部は、端子として機能する。配線2598には、例えば、アルミニウム、金、白金、銀、ニッケル、チタン、タンゲステン、クロム、モリブデン、鉄、コバルト、銅、またはパラジウム等の金属材料や、該金属材料を含む合金材料を用いることができる。

10

## 【0233】

また、端子2599により、配線2598とFPC2509(2)とが電気的に接続される。なお、端子2599には、様々な異方性導電フィルム(ACF: Anisotropic Conductive Film)や、異方性導電ペースト(ACP: Anisotropic Conductive Paste)などを用いることができる。

20

## 【0234】

また、配線2594に接して接着層2597が設けられる。すなわち、タッチセンサ2595は、接着層2597を介して、表示パネル2501に重なるように貼り合わされる。なお、接着層2597と接する表示パネル2501の表面は、図11(A)に示すように基板2570を有していてもよいが、必ずしも必要ではない。

## 【0235】

接着層2597は、透光性を有する。例えば、熱硬化性樹脂や紫外線硬化樹脂を用いることができ、具体的には、アクリル系樹脂、ウレタン系樹脂、エポキシ系樹脂、またはシロキサン系樹脂を用いることができる。

30

## 【0236】

図11(A)に示す表示パネル2501は、基板2510と基板2570との間にマトリクス状に配置された複数の画素と駆動回路とを有する。また、各画素は発光素子と、発光素子を駆動する画素回路とを有する。

## 【0237】

図11(A)には、表示パネル2501の画素の一例として、画素2502Rを示し、駆動回路の一例として走査線駆動回路2503gを示す。

## 【0238】

画素2502Rは、発光素子2550Rと、発光素子2550Rに電力を供給することができるトランジスタ2502tとを有する。

## 【0239】

トランジスタ2502tは、絶縁層2521で覆われている。なお、絶縁層2521は、先に形成されたトランジスタ等に起因する凹凸を平坦化するための機能を有する。また、絶縁層2521に不純物の拡散を抑制できる機能を付与してもよい。この場合、不純物の拡散によるトランジスタ等の信頼性の低下を抑制できるので好ましい。

40

## 【0240】

発光素子2550Rは、トランジスタ2502tと配線を介して電気的に接続される。なお、配線と直接接続されるのは、発光素子2550Rの一方の電極である。なお、発光素子2550Rの一方の電極端部は、絶縁体2528で覆われている。

## 【0241】

発光素子2550Rは、一対の電極間にEL層を有してなる。また、発光素子2550R

50

と重なる位置に着色層 2567R が設けられており、発光素子 2550R が発する光の一部は、着色層 2567R を透過して、図中に示す矢印の方向に射出される。また、着色層の端部に遮光層 2567BM が設けられており、発光素子 2550R と着色層 2567R との間には、封止層 2560 を有する。

#### 【0242】

なお、発光素子 2550R からの光を取り出す方向に封止層 2560 が設けられている場合には、封止層 2560 は、透光性を有するのが好ましい。また、封止層 2560 は、空気より大きい屈折率を有すると好ましい。

#### 【0243】

走査線駆動回路 2503g は、トランジスタ 2503t と、容量素子 2503c とを有する。なお、駆動回路を画素回路と同一の工程で同一基板上に形成することができる。従って、画素回路のトランジスタ 2502t と同様に、駆動回路（走査線駆動回路 2503g）のトランジスタ 2503t も絶縁層 2521 で覆われている。10

#### 【0244】

また、トランジスタ 2503t に信号を供給することができる配線 2511 が設けられている。なお、配線 2511 と接して端子 2519 が設けられる。また、端子 2519 は、FPC 2509(1) と電気的に接続されており、FPC 2509(1) は、画像信号及び同期信号等の信号を供給する機能を有する。なお、FPC 2509(1) にはプリント配線基板（PWB）が取り付けられていても良い。20

#### 【0245】

図 11(A)において示す表示パネル 2501 には、ボトムゲート型のトランジスタを適用する場合について示したが、トランジスタの構造はこれに限られることはなく様々な構造のトランジスタを適用することができる。また、図 11(A)に示す、トランジスタ 2502t 及びトランジスタ 2503t には、酸化物半導体を含む半導体層をチャネル領域として用いることができる。その他、アモルファスシリコンを含む半導体層や、レーザーアニールなどの処理により結晶化させた多結晶シリコンを含む半導体層をチャネル領域として用いることができる。

#### 【0246】

また、図 11(A)に示すボトムゲート型のトランジスタとは異なるトップゲート型のトランジスタを表示パネル 2501 に適用する場合の構成について、図 11(B)に示す。なお、トランジスタの構造が変わった場合でも、チャネル領域に用いることができるバリエーションについては同様とする。30

#### 【0247】

図 11(A)で示したタッチパネル 2000 は、図 11(A)に示すように画素からの光が外部に射出される側の表面に、少なくとも画素と重なるように反射防止層 2567p を有するのが好ましい。なお、反射防止層 2567p として、円偏光板等を用いることができる。

#### 【0248】

図 11(A)で示した基板 2510、基板 2570、基板 2590 としては、例えば、水蒸気の透過率が  $1 \times 10^{-5} \text{ g} / (\text{m}^2 \cdot \text{day})$  以下、好ましくは  $1 \times 10^{-6} \text{ g} / (\text{m}^2 \cdot \text{day})$  以下である可撓性を有する材料を好適に用いることができる。または、これらの基板の熱膨張率が、およそ等しい材料を用いることが好ましい。例えば、線膨張率が  $1 \times 10^{-3} / \text{K}$  以下、好ましくは  $5 \times 10^{-5} / \text{K}$  以下、より好ましくは  $1 \times 10^{-5} / \text{K}$  以下である材料が挙げられる。40

#### 【0249】

次に、図 11 に示すタッチパネル 2000 と構成の異なるタッチパネル 2000' について、図 12 を用いて説明する。但し、タッチパネル 2000 と同様にタッチパネルとして適用することができる。

#### 【0250】

図 12 には、タッチパネル 2000' の断面図を示す。図 12 に示すタッチパネル 200050

0'は、図11に示すタッチパネル2000と、表示パネル2501に対するタッチセンサ2595の位置が異なる。ここでは異なる構成についてのみ説明し、同様の構成を用いることができる部分は、タッチパネル2000の説明を援用することとする。

#### 【0251】

着色層2567Rは、発光素子2550Rと重なる位置にある。また、図12(A)に示す発光素子2550Rからの光は、トランジスタ2502tが設けられている方向に射出される。すなわち、発光素子2550Rからの光(一部)は、着色層2567Rを透過して、図中に示す矢印の方向に射出される。なお、着色層2567Rの端部には遮光層2567BMが設けられている。

#### 【0252】

また、タッチセンサ2595は、表示パネル2501の発光素子2550Rから見てトランジスタ2502tが設けられている側に設けられている(図12(A)参照)。

#### 【0253】

また、接着層2597は、表示パネル2501が有する基板2510と接しており、図12(A)に示す構造の場合には、表示パネル2501とタッチセンサ2595とを貼り合わせている。但し、接着層2597により貼り合わされる表示パネル2501とタッチセンサ2595との間に基板2510を設けない構成としてもよい。

#### 【0254】

また、タッチパネル2000の場合と同様にタッチパネル2000'の場合も表示パネル2501には、様々な構造のトランジスタを適用することができる。なお、図12(A)においては、ボトムゲート型のトランジスタを適用する場合について示したが、図12(B)に示すようにトップゲート型のトランジスタを適用してもよい。

#### 【0255】

次に、タッチパネルの駆動方法の一例について、図13を用いて説明を行う。

#### 【0256】

図13(A)は、相互容量方式のタッチセンサの構成を示すブロック図である。図13(A)では、パルス電圧出力回路2601、電流検出回路2602を示している。なお、図13(A)では、パルス電圧が与えられる電極2621をX1-X6として、電流の変化を検知する電極2622をY1-Y6として、それぞれ6本の配線で例示している。また、図13(A)は、電極2621と、電極2622とが重畠することで形成される容量2603を示している。なお、電極2621と電極2622とはその機能を互いに置き換えるてもよい。

#### 【0257】

パルス電圧出力回路2601は、X1-X6の配線に順にパルス電圧を印加するための回路である。X1-X6の配線にパルス電圧が印加されることで、容量2603を形成する電極2621と電極2622との間に電界が生じる。この電極間に生じる電界が遮蔽等により容量2603の相互容量に変化を生じさせることを利用して、被検知体の近接、または接触を検出することができる。

#### 【0258】

電流検出回路2602は、容量2603での相互容量の変化による、Y1-Y6の配線での電流の変化を検出するための回路である。Y1-Y6の配線では、被検知体の近接、または接触がないと検出される電流値に変化はないが、検出する被検知体の近接、または接触により相互容量が減少する場合には電流値が減少する変化を検出する。なお電流の検出は、積分回路等を用いて行えばよい。

#### 【0259】

次に、図13(B)には、図13(A)で示す相互容量方式のタッチセンサにおける入出力波形のタイミングチャートを示す。図13(B)では、1フレーム期間で各行列での被検知体の検出を行うものとする。また図13(B)では、被検知体を検出しない場合(非タッチ)と被検知体を検出する場合(タッチ)との2つの場合について示している。なおY1-Y6の配線については、検出される電流値に対応する電圧値とした波形を示してい

10

20

30

40

50

る。

【0260】

X1-X6の配線には、順にパルス電圧が与えられ、該パルス電圧にしたがってY1-Y6の配線での波形が変化する。被検知体の近接または接触がない場合には、X1-X6の配線の電圧の変化に応じてY1-Y6の波形が一様に変化する。一方、被検知体が近接または接触する箇所では、電流値が減少するため、これに対応する電圧値の波形も変化する。このように、相互容量の変化を検出することにより、被検知体の近接または接触を検知することができる。

【0261】

また、図13(A)ではタッチセンサとして配線の交差部に容量2603のみを設けるパッシブ型のタッチセンサの構成を示したが、トランジスタと容量とを備えたアクティブ型のタッチセンサとしてもよい。図14にアクティブ型のタッチセンサに含まれる一つのセンサ回路の例を示している。

10

【0262】

図14に示すセンサ回路は、容量2603と、トランジスタ2611と、トランジスタ2612と、トランジスタ2613とを有する。

【0263】

トランジスタ2613はゲートに信号G2が与えられ、ソースまたはドレインの一方に電圧VRESが与えられ、他方が容量2603の一方の電極およびトランジスタ2611のゲートと電気的に接続する。トランジスタ2611は、ソースまたはドレインの一方がトランジスタ2612のソースまたはドレインの一方と電気的に接続し、他方に電圧VSSが与えられる。トランジスタ2612は、ゲートに信号G1が与えられ、ソースまたはドレインの他方が配線MLと電気的に接続する。容量2603の他方の電極には電圧VSSが与えられる。

20

【0264】

次に、図14に示すセンサ回路の動作について説明する。まず信号G2としてトランジスタ2613をオン状態とする電位が与えられることで、トランジスタ2611のゲートが接続されるノードnに電圧VRESに対応した電位が与えられる。次に、信号G2としてトランジスタ2613をオフ状態とする電位が与えられることで、ノードnの電位が保持される。続いて、指等の被検知体の近接または接触により、容量2603の相互容量が変化することに伴い、ノードnの電位がVRESから変化する。

30

【0265】

読み出し動作は、信号G1にトランジスタ2612をオン状態とする電位を与える。ノードnの電位に応じてトランジスタ2611に流れる電流、すなわち配線MLに流れる電流が変化する。この電流を検出することにより、被検知体の近接または接触を検出することができる。

30

【0266】

トランジスタ2611、トランジスタ2612、及びトランジスタ2613としては、酸化物半導体層をチャネル領域が形成される半導体層に用いることが好ましい。とくにトランジスタ2613にこのようなトランジスタを適用することにより、ノードnの電位を長期間に亘って保持することが可能となり、ノードnにVRESを供給しなおす動作(リフレッシュ動作)の頻度を減らすことができる。

40

【0267】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【0268】

(実施の形態9)

本実施の形態においては、本発明の一態様の発光素子を有する表示装置として、反射型の液晶素子と、発光素子と、を有し、透過モードと反射モードの両方の表示を行うことできる表示装置について、図15～図17を用いて説明する。なお、このような表示装置は

50

、 E R - h y b r i d d i s p l a y ( E m i s s i v e O L E D a n d R e f l e c t i v e L C H y b r i d d i s p l a y ) とも呼ぶことができる。

#### 【 0 2 6 9 】

なお、本実施の形態で示す表示装置は、屋外など外光の明るい場所において、反射モードを用いた表示により、極めて電力消費が低い駆動を行うことができる。一方、夜間や室内など外光が暗い場所では、透過モードを用いた表示により、最適な輝度で画像を表示することができるという特徴を有する。従って、これらを組み合わせて表示させることにより、従来の表示パネルに比べて、低い消費電力で、且つコントラストの高い表示を行うことができる。

#### 【 0 2 7 0 】

本実施の形態で示す表示装置の一例としては、反射電極を備えた液晶素子と、発光素子とが積層され、発光素子と重なる位置に反射電極の開口部が設けられ、反射モードの際には可視光を反射電極によって反射させ、透過モードの場合には、反射電極の開口部から発光素子の光が射出される構成を有する表示装置について示す。なお、これらの素子（液晶素子および発光素子）の駆動に用いるトランジスタは、同一平面上に配置されていることが好ましい。また、積層される液晶素子と、発光素子とは、絶縁層を介して形成されることが好ましい。

10

#### 【 0 2 7 1 】

図 15 ( A ) には、本実施の形態で説明する表示装置のブロック図を示す。表示装置 500 は、回路 ( G ) 501 、回路 ( S ) 502 、および表示部 503 を有する。なお、表示部 503 には、画素 504 が、方向 R 及び方向 C にマトリクス状に複数配置されている。また、回路 ( G ) 501 は、配線 G1 、配線 G2 、配線 A N O 、及び配線 C S C O M が、それぞれ複数電気的に接続されており、さらにこれらの配線は、方向 R に複数配列された画素 504 とも電気的に接続されている。回路 ( S ) 502 は、配線 S1 及び配線 S2 が、それぞれ複数電気的に接続されており、さらにこれらの配線は、方向 C に複数配列された画素 504 とも電気的に接続されている。

20

#### 【 0 2 7 2 】

また、画素 504 は、液晶素子と発光素子を有し、これらは、互いに重なる部分を有する。

30

#### 【 0 2 7 3 】

図 15 ( B 1 ) には、画素 504 が有する液晶素子の反射電極として機能する導電膜 505 の形状について示す。なお、導電膜 505 の一部で発光素子と重なる位置 506 に開口部 507 が設けられている。すなわち、発光素子からの光は、この開口部 507 を介して射出される。

30

#### 【 0 2 7 4 】

図 15 ( B 1 ) に示す画素 504 は、方向 R に隣接する画素 504 が異なる色を呈するように配列されている。さらに、開口部 507 は、方向 R に一列に配列されることのないように設けられている。このような配列にすることは、隣接する画素 504 が有する発光素子間ににおけるクロストークを抑制する効果を有する。さらに、素子形成が容易になるといったメリットも有する。

40

#### 【 0 2 7 5 】

開口部 507 の形状としては、例えば多角形、四角形、橢円形、円形または十字等の形状とすることができます。また、細長い筋状、スリット状等の形状としてもよい。

#### 【 0 2 7 6 】

なお、導電膜 505 の配列のバリエーションとしては、図 15 ( B 2 ) に示す配列としてもよい。

#### 【 0 2 7 7 】

導電膜 505 の総面積（開口部 507 を除く）に対する開口部 507 の割合は、表示装置の表示に影響を与える。すなわち、開口部 507 の面積が大きいと液晶素子による表示が暗くなり、開口部 507 の面積が小さいと発光素子による表示が暗くなるという問題が生

50

じる。また、上記の比率だけでなく、開口部 507 の面積そのものが小さい場合にも、発光素子から射出される光の取り出し効率が低下するという問題が生じる。なお、上記導電膜 505 の総面積（開口部 507 を除く）に対する開口部 507 の面積の割合としては、5%以上 60%以下とするのが液晶素子および発光素子を組み合わせた際の表示品位を保つ上で好ましい。

#### 【0278】

次に、画素 504 の回路構成の一例について図 16 を用いて説明する。図 16 では、隣接する 2 つの画素 504 を示す。

#### 【0279】

画素 504 は、トランジスタ SW1、容量素子 C1、液晶素子 510、トランジスタ SW2、トランジスタ M、容量素子 C2、及び発光素子 511 等を有する。なお、これらは、配線 G1、配線 G2、配線 ANO、配線 CSCOM、配線 S1、及び配線 S2 のいずれかと画素 504 において、電気的に接続されている。また、液晶素子 510 は配線 VCOM1 と、発光素子 511 は配線 VCOM2 と、それぞれ電気的に接続されている。

#### 【0280】

また、トランジスタ SW1 のゲートは、配線 G1 と接続され、トランジスタ SW1 のソース又はドレインの一方は、配線 S1 と接続され、ソース又はドレインの他方は、容量素子 C1 の一方の電極、及び液晶素子 510 の一方の電極と接続されている。なお、容量素子 C1 の他方の電極は、配線 CSCOM と接続されている。また、液晶素子 510 の他方の電極は、配線 VCOM1 と接続されている。

#### 【0281】

また、トランジスタ SW2 のゲートは、配線 G2 と接続され、トランジスタ SW2 のソース又はドレインの一方は、配線 S2 と接続され、ソース又はドレインの他方は、容量素子 C2 の一方の電極、及びトランジスタ M のゲートと接続されている。なお、容量素子 C2 の他方の電極は、トランジスタ M のソース又はドレインの一方、及び配線 ANO と接続されている。また、トランジスタ M のソース又はドレインの他方は、発光素子 511 の一方の電極と接続されている。また、発光素子 511 の他方の電極は、配線 VCOM2 と接続されている。

#### 【0282】

なお、トランジスタ M は、半導体を挟む 2 つのゲートを有し、これら 2 つのゲートは、電気的に接続されている。このような構造とすることにより、トランジスタ M が流す電流量を増大させることができる。

#### 【0283】

配線 G1 から与えられる信号によって、トランジスタ SW1 の導通状態または非導通状態が制御される。また、配線 VCOM1 からは、所定の電位が与えられる。また、配線 S1 から与えられる信号によって、液晶素子 510 の液晶の配向状態を制御することができる。また、配線 CSCOM からは、所定の電位が与えられる。

#### 【0284】

配線 G2 から与えられる信号によって、トランジスタ SW2 の導通状態または非導通状態が制御される。また、配線 VCOM2 及び配線 ANO からそれぞれ与えられる電位の電位差によって、発光素子 511 を発光させることができる。また、配線 S2 から与えられる信号によって、トランジスタ M の導通状態を制御することができる。

#### 【0285】

したがって、本実施の形態で示す構成において、例えば反射モードの場合には、配線 G1 及び配線 S1 から与えられる信号により液晶素子 510 を制御し、光学変調を利用して表示させることができる。また、透過モードの場合には、配線 G2 及び配線 S2 から与えられる信号により発光素子 511 を発光させることができる。さらに両方のモードを同時に用いる場合には、配線 G1、配線 G2、配線 S1 及び配線 S2 のそれぞれから与えられる信号に基づき所望の駆動を行うことができる。

#### 【0286】

10

20

30

40

50

次に、本実施の形態で説明する表示装置 500 の断面概略図を図 17 に示し、詳細を説明する。

【0287】

表示装置 500 は、基板 521 と基板 522との間に、発光素子 523 および液晶素子 524 を有する。なお、発光素子 523 および液晶素子 524 は、絶縁層 525 を介してそれぞれ形成される。すなわち、基板 521 と絶縁層 525 との間に発光素子 523 を有し、基板 522 と絶縁層 525 との間に液晶素子 524 を有する。

【0288】

絶縁層 525 と発光素子 523との間には、トランジスタ 515、トランジスタ 516、トランジスタ 517、および着色層 528 等を有する。

10

【0289】

基板 521 と発光素子 523との間には、接着層 529 を有する。また、発光素子 523 は、絶縁層 525 側から一方の電極となる導電層 530、EL 層 531、他方の電極となる導電層 532 の順に積層された積層構造を有する。なお、発光素子 523 は、ボトムエミッション型の発光素子であるため、導電層 532 は可視光を反射する材料を含み、導電層 530 は可視光を透過する材料を含む。発光素子 523 が発する光は、着色層 528、絶縁層 525 を透過し、さらに開口部 533 を通って液晶素子 524 を透過した後、基板 522 から外部に射出される。

【0290】

絶縁層 525 と基板 522との間には、液晶素子 524 の他、着色層 534、遮光層 535、絶縁層 546 および構造体 536 等を有する。また、液晶素子 524 は、一方の電極となる導電層 537、液晶 538、他方の電極となる導電層 539、および配向膜 540、541 等を有する。なお、液晶素子 524 は、反射型の液晶素子であり、導電層 539 は、反射電極として機能するため反射率の高い材料を用いる。また、導電層 537 は、透明電極として機能するため可視光を透過する材料を含む。さらに、導電層 537 および導電層 539 の液晶 538 側には、それぞれ配向膜 540、541 を有する。また、絶縁層 546 は、着色層 534 及び遮光層 535 を覆うように設けられており、オーバーコートとしての機能を有する。なお、配向膜 540、541 は不要であれば設けなくてもよい。

20

【0291】

導電層 539 の一部には、開口部 533 が設けられている。なお、導電層 539 に接して導電層 543 を有しており、導電層 543 は、透光性を有するため、導電層 543 には可視光を透過する材料を用いる。

30

【0292】

構造体 536 は、絶縁層 525 と基板 522 とが必要以上に接近することを抑制するスペーサとしての機能を有する。なお、構造体 536 は不要であれば設けなくてもよい。

【0293】

トランジスタ 515 のソース又はドレインのいずれか一方は、発光素子 523 の導電層 530 と電気的に接続されている。例えばトランジスタ 515 は、図 16 に示すトランジスタ M に対応する。

40

【0294】

トランジスタ 516 のソース又はドレインのいずれか一方は、端子部 518 を介して液晶素子 524 の導電層 539 及び導電層 543 と電気的に接続されている。すなわち、端子部 518 は、絶縁層 525 の両面に設けられる導電層同士を電気的に接続する機能を有する。なお、トランジスタ 516 は、図 16 に示すトランジスタ SW1 に対応する。

【0295】

基板 521 と基板 522 とが重ならない領域には、端子部 519 が設けられている。端子部 519 は端子部 518 と同様に、絶縁層 525 の両面に設けられる導電層同士を電気的に接続する。端子部 519 は、導電層 543 と同一の導電膜を加工して得られた導電層と電気的に接続されている。これにより、端子部 519 と FPC 544 とを接続層 545 を介して電気的に接続することができる。

50

## 【0296】

また、接着層542が設けられる一部の領域には、接続部547が設けられている。接続部547において、導電層543と同一の導電膜を加工して得られた導電層と、導電層537の一部が、接続体548によって電気的に接続されている。したがって、導電層537に、FPC544から入力される信号または電位を、接続体548を介して供給することができる。

## 【0297】

導電層537と導電層543の間に、構造体536が設けられている。構造体536は、液晶素子524のセルギャップを保持する機能を有する。

## 【0298】

導電層543としては、金属酸化物、金属窒化物、または低抵抗化された酸化物半導体等の酸化物を用いることが好ましい。酸化物半導体を用いる場合には、水素、ボロン、リン、窒素、及びその他の不純物の濃度、並びに酸素欠損量の少なくとも一が、トランジスタに用いる半導体層に比べて高められた材料を、導電層543に用いればよい。

10

## 【0299】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

## 【0300】

## (実施の形態10)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光素子について説明する。なお、本実施の形態で説明する発光素子は、実施の形態2で説明した発光素子と異なる構成を有する。従って、発光素子の素子構造およびその作製方法について図18(A)(B)を用いて説明する。但し、実施の形態2で説明した発光素子と共通する部分については、実施の形態2の説明を参照することとして、説明を省略する。

20

## 【0301】

本実施の形態で説明する発光素子は、基板3200上に形成された一対の電極(陰極3201と陽極3203)間に発光層3213を含むEL層3202が挟まれた構造を有する。なお、EL層3202は、実施の形態2におけるEL層と同様に発光層、正孔注入層、正孔輸送層、電子注入層、電子輸送層等を積層して形成することができる。

30

## 【0302】

本実施の形態では、図18(A)に示すように、基板3200上に形成された陰極3201上に、電子注入層3214、発光層3213、正孔輸送層3215、および正孔注入層3216を順次積層してなるEL層3202を有し、正孔注入層3216上に陽極3203が形成された構造を有する発光素子について説明する。なお、ここでは、電子輸送層を設けていないが、電子注入層3214に電子輸送性の高い材料を含めることにより、電子輸送層の機能を兼ねるように形成することもできる。

## 【0303】

上述した発光素子は、陰極3201および陽極3203の間に与えられる電位差により電流が流れ、EL層3202において正孔と電子とが再結合することにより発光する。そして、この発光は、陰極3201および陽極3203のいずれか一方または両方を通って外部に取り出される。従って、陰極3201および陽極3203のいずれか一方、または両方が透光性を有する電極であり、透光性を有する電極側から光を取り出すことができる。

40

## 【0304】

本実施の形態で示す発光素子は、図18(A)に示すように陰極3201の端部が、絶縁物3217で覆われている。なお、絶縁物3217は、図18(B)に示すように隣り合う陰極3201同士(例えば、3201aと3201b)の間を埋めるように形成される。

## 【0305】

また、絶縁物3217は、絶縁性の有機化合物や無機化合物を用いることができる。有機化合物としては、感光性の樹脂(レジスト材料など)を用いることができ、例えばアクリ

50

ル系樹脂、ポリイミド系樹脂、フッ素系樹脂等を用いることができる。また、無機化合物としては、例えば、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化シリコン等を用いることができる。なお、絶縁物3217の表面は、撥水性を有することが好ましく、その処理方法としては、プラズマ処理の他、薬液（アルカリ性溶液、有機溶媒）処理などが挙げられる。

#### 【0306】

本実施の形態において、陰極3201上に形成される電子注入層3214は、高分子化合物を用いて形成する。但し、非水溶媒に溶解しにくく、電子輸送性の高い高分子化合物を用いるのが好ましい。具体的には、実施の形態2において、電子注入層115および電子輸送層114に用いることができる材料として挙げたもの（高分子化合物だけでなくアルカリ金属やアルカリ土類金属、またはそれらの化合物を含む）を適宜組み合わせて用い、これらを極性溶媒に溶解させ、塗布法により形成する。

10

#### 【0307】

なお、ここで用いる極性溶媒としては、メタノール、エタノール、プロパノール、イソプロパノール、ブチルアルコール、エチレングリコール、グリセリンなどが挙げられる。

#### 【0308】

電子注入層3214上には、発光層3213が形成される。発光層3213は、実施の形態2において、発光層3213に用いることができる材料（発光物質）として挙げたものを適宜組み合わせて非極性溶媒に溶解（または、分散）させたインクを湿式法（インクジェット法または印刷法）により成膜（または塗布）し、形成する。なお、電子注入層3214は、発光色の異なる発光素子に対して共通であるが、発光層3213には、発光色に応じた材料を選択する。また、非極性溶媒としては、トルエンやキシレン等の芳香族系の溶媒やピリジンなどの複素芳香族系の溶媒を用いることができる。その他にもヘキサン、2-メチルヘキサン、シクロヘキサン、クロロホルムなどの溶媒を用いることができる。

20

#### 【0309】

図18（B）に示すように、溶液を塗布するための装置（以下、溶液塗布装置という。）のヘッド部3300から発光層3213を形成するためのインクが塗布される。なお、ヘッド部3300は、インクを噴射する機能を持つ複数の噴射部3301a～3301cを有しており、それぞれに圧電素子（ピエゾ素子）3302a～3302cが設けられる。また、噴射部3301a～3301cのそれぞれには異なる発光色を示す発光物質を含むインク3303a～3303cが充填されている。

30

#### 【0310】

噴射部3301a～3301cからインク3303a～3303cがそれぞれ噴射されることにより、発光色の異なる発光層（3213a、3213b、3213c）がそれぞれ形成される。

#### 【0311】

発光層3213上には、正孔輸送層3215が形成される。正孔輸送層3215は、実施の形態2において、正孔輸送層3215に用いることができる材料として挙げたものを適宜組み合わせて用いることができる。なお、正孔輸送層3215の形成方法として、真空蒸着法や塗布方法を用いることができる。なお、塗布法を用いる場合には、溶媒に溶解させたものを発光層3213および絶縁物3217上に塗布する。なお、塗布方法としては、インクジェット法、スピンドル法、印刷法等を用いることができる。

40

#### 【0312】

また、正孔輸送層3215上には、正孔注入層3216が形成され、正孔注入層3216上には、陽極3203が形成される。なお、これらの形成は、実施の形態2に示した材料を適宜組み合わせて用い、真空蒸着法により形成することができる。

#### 【0313】

以上により発光素子を形成することができる。なお、発光層において、本発明の一態様である有機金属錯体を用いる場合には、有機金属錯体に基づく熒光発光が得られるため、蛍光性化合物のみを用いた発光素子に比べて、高効率な発光素子を実現することができる。

#### 【0314】

50

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせて用いることができるものとする。

【実施例 1】

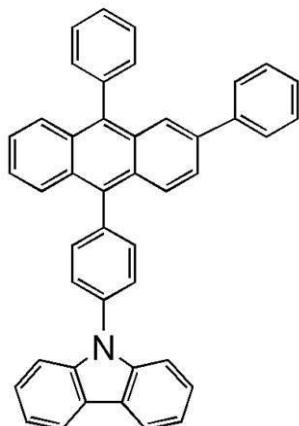
【0 3 1 5】

合成例 1

本実施例では、実施の形態 1 の構造式 (100) で表される本発明の一態様である有機化合物、9-[4-(3,10-ジフェニルアントラセン-9-イル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称：2Ph-CzPA)の合成方法について説明する。なお、2Ph-CzPAの構造を以下に示す。

【0 3 1 6】

【化 3 3】



2Ph-CzPA

(100)

10

20

【0 3 1 7】

<ステップ1：2-フェニルアントラセンの合成>

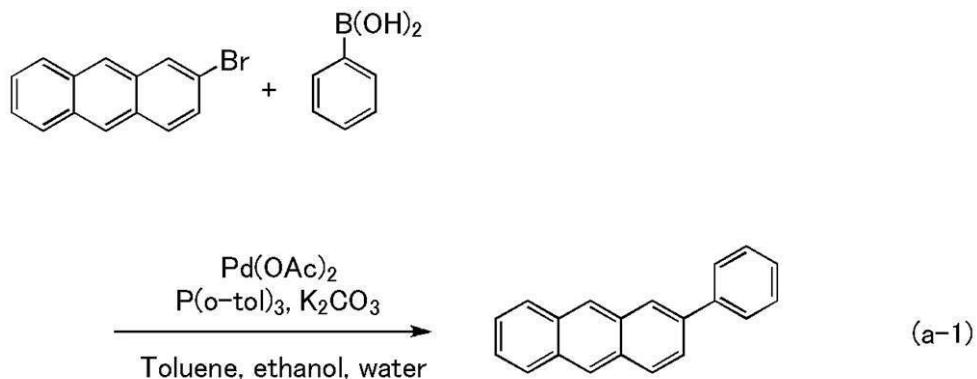
三口フラスコに2-ブロモアントラセン10.67g(41.5mmol)、フェニルボロン酸6.07g(49.8mmol)、炭酸カリウム20.6g(149mmol)、トルエン210mL、エタノール50mLと水75mLを入れ、減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。ここで、酢酸パラジウム(II)(略称：Pd(OAc)<sub>2</sub>)93mg(0.42mmol)、トリス(2-メチルフェニル)ホスフィン253mg(0.83mmol)を加え、この混合物を、3時間加熱還流させた。その後、フラスコの温度を室温に戻し、析出した固体をろ別した。ろ液は有機層と水層に分液し、有機層を取得した。この有機層にろ別した固体を加え、加熱溶解し、セライト、アルミナ、フロリジールにてろ過した。このろ液を濃縮し、析出した固体をエタノールにて再結晶した。冷却後、室温にて析出物をろ過し、得られた固体を75で減圧乾燥させ、目的物である白色固体を10.1g、収率95%で得た。また、ステップ1の合成スキームを下記式(a-1)に示す。

30

40

【0 3 1 8】

## 【化34】



## 【0319】

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

## 【0320】

<sup>1</sup>H-NMR. (CDCl<sub>3</sub>): 7.37 (td, J = 7.0 Hz, 1.5 Hz, 1H), 7.41 - 7.51 (m, 4H), 7.70 - 7.78 (m, 3H), 7.95 - 8.01 (br m, 2H), 8.03 (d, J = 8.5 Hz, 1H), 8.18 (s, 1H), 8.41 (s, 1H), 8.44 (s, 1H).

20

## 【0321】

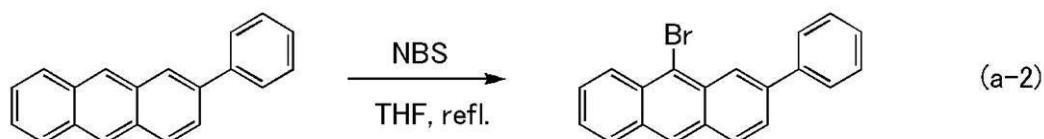
<ステップ2: 2-フェニル-9-ブロモアントラセンの合成>

次に、2-フェニルアントラセン10.0g(39mmol)を500mLの3つ口フラスコに入れ、テトラヒドロフラン400mLを加え加熱して溶解させた。この混合溶液に、N-ブロモスクシンイミド7.35gを加えた。この溶液を約20時間加熱還流させた。還流後、室温まで冷却し濃縮した。析出した固体をメタノールに懸濁させ、スラリー洗浄した後にろ取した。得られた固体を減圧下に乾燥すると、目的物である黄色の固体を12.2g、収率93%で得た。また、ステップ2の合成スキームを下記式(a-2)に示す。

30

## 【0322】

## 【化35】



40

## 【0323】

なお、上記ステップ2で得られた黄色固体の核磁気共鳴分光法(<sup>1</sup>H-NMR)による分析結果を下記に示す。このことから、ステップ2において、2-フェニル-9-ブロモアントラセンが合成できたことがわかった。

## 【0324】

<sup>1</sup>H-NMR. (CDCl<sub>3</sub>): 7.42 (t, J = 7.5 Hz, 1H), 7.46 - 7.54 (m, 3H), 7.59 (m, 1H), 7.77 (dd, J = 9 Hz, 1.5 Hz, 1H), 7.81 (dd, J = 8 Hz, 1.5 Hz, 2H), 7.98 (d, J = 9 Hz, 1H), 8.05 (d, J = 9 Hz, 1H), 8.42 (s, 1H), 8.51 (d, J = 9.5 Hz, 1H), 8.70 (s, 1H).

50

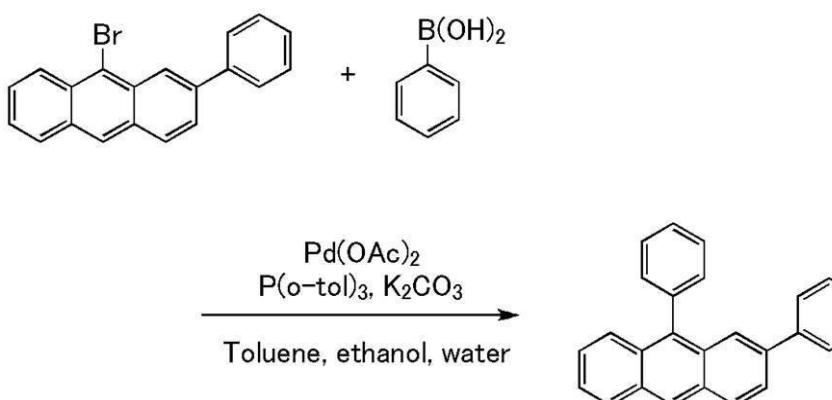
## 【0325】

<ステップ3：2,9-ジフェニルアントラセンの合成>

次に、2-フェニル-9-ブロモアントラセン12.1g(36mmol)、フェニルボロン酸5.3g(44mmol)、炭酸カリウム18.1g(131mmol)、トルエン180mL、エタノール45mL、水65mLを500mLの3つ口フラスコに入れ、減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。ここで、酢酸パラジウム(II)(略称:Pd(OAc)<sub>2</sub>)82mg(0.36mmol)、トリス(2-メチルフェニル)ホスフィン221mg(0.73mmol)を加え、5時間加熱還流した。得られた混合物に水およびトルエンを加え、分液した。この水層をトルエンにて抽出した。得られた有機層と抽出液を混合し水で洗浄した後、硫酸マグネシウムを加えて水分を乾燥させた。この溶液をろ過し、溶媒を留去した。得られた残渣をトルエンとエタノールから再結晶することにより、目的物である黄色固体の2,9-ジフェニルアントラセンを9.6g、収率80%で得た。また、ステップ3の合成スキームを下記式(a-3)に示す。

## 【0326】

## 【化36】



## 【0327】

なお、上記ステップ3で得られた黄色固体の核磁気共鳴分光法(<sup>1</sup>H-NMR)による分析結果を下記に示す。このことから、ステップ3において、有機化合物、2,9-ジフェニルアントラセンが合成できたことがわかった。

## 【0328】

<sup>1</sup>H-NMR.(CDCl<sub>3</sub>): 7.30-7.37(m, 2H), 7.39-7.48(m, 5H), 7.50-7.55(m, 1H), 7.56-7.61(m, 4H), 7.66(d, J=8.5Hz, 1H), 7.75(dd, J=8.5Hz, 1.5Hz, 1H), 7.86(s, 1H), 8.05(d, J=8.5Hz, 1H), 8.13(d, J=8.5Hz, 1H), 8.51(s, 1H).

## 【0329】

<ステップ4：2,9-ジフェニル-10-ブロモアントラセンの合成>

次に、2,9-ジフェニルアントラセン9.6g(29mmol)を500mLの3つ口フラスコに入れ、酢酸エチル145mLを加え、加熱して溶解させた。この混合溶液に、N-ブロモスクシンイミド5.42g(30mmol)を加えた。この溶液を約20時間加熱還流させた。還流後、室温まで冷却し濃縮した。析出した固体をメタノールに懸濁させ、スラリー洗浄した後にろ取した。得られた固体を減圧下に乾燥すると、目的物である黄色の固体を10.4g、収率87%で得た。また、ステップ4の合成スキームを下記式(a-4)に示す。

## 【0330】

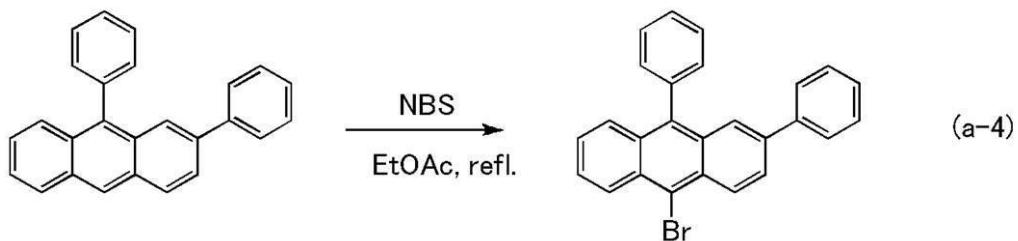
10

20

30

40

## 【化37】



## 【0331】

10

なお、上記ステップ4で得られた黄色固体の核磁気共鳴分光法(<sup>1</sup>H-NMR)による分析結果を下記に示す。このことから、ステップ4において、有機化合物、2,9-ジフェニル-10-ブロモアントラセンが合成できたことがわかった。

## 【0332】

<sup>1</sup>H-NMR. (CDCl<sub>3</sub>): 7.31-7.45 (m, 6H), 7.53-7.61 (m, 6H), 7.64 (d, J = 8.5 Hz, 1H), 7.84 (s, 1H), 7.86 (dd, J = 9 Hz, 1.5 Hz, 1H), 8.60 (d, J = 9 Hz, 1H), 8.68 (d, J = 9 Hz, 1H).

## 【0333】

20

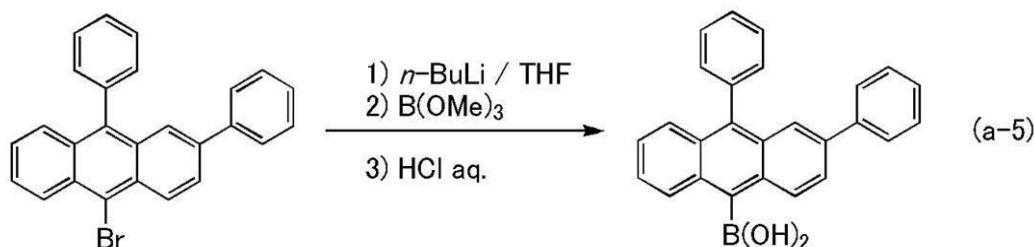
<ステップ5: 3,10-ジフェニルアントラセン-9-イルボロン酸の合成>

上記ステップ4で合成した2,9-ジフェニル-10-ブロモアントラセン10.2 g (25 mmol)を、500 mLのフラスコに入れ、フラスコ内を減圧にした後、フラスコ内を窒素置換した。これに、テトラヒドロフラン120 mLを加え、攪拌して溶解し、-80に冷却した。冷却後、この溶液にn-ブチルリチウムヘキサン溶液19 mL (1.55 M, 30 mmol)を滴下し2時間反応させた。この反応液にトリメチルボロン酸3.5 mL (31 mmol)を滴下し、30分反応させた。この反応溶液を、室温に昇温し、さらに一晩反応させた。得られた反応溶液に1 mol/Lの塩酸50 mLを加えた。この混合液を有機層と水層に分液し、水層を酢酸エチルで抽出した。得られた抽出液と有機層を混合し、この溶液を飽和炭酸水素ナトリウム水溶液で中和した後、飽和食塩水で洗浄した。得られた溶液に、硫酸マグネシウムを加えて水分を乾燥し、ろ過した。得られた溶液を濃縮し、析出した固体をヘキサンでスラリー洗浄しろ過した。得られた固体を減圧下に乾燥すると、目的物である黄色の固体を8.1 g、収率87%で得た。また、ステップ5の合成スキームを下記式(a-5)に示す。

30

## 【0334】

## 【化38】



40

## 【0335】

なお、上記ステップ5で得られた黄色固体の核磁気共鳴分光法(<sup>1</sup>H-NMR)による分析結果を下記に示す。このことから、ステップ5において、有機化合物、3,10-ジフェニルアントラセン-9-イルボロン酸が合成できたことがわかった。

## 【0336】

<sup>1</sup>H-NMR. (CDCl<sub>3</sub>): 5.25 (s, 2H), 7.30-7.38 (m, 2

50

H) , 7.39 - 7.44 (m, 4H), 7.47 - 7.51 (m, 1H), 7.52 - 7.61 (m, 5H), 6.67 (d, J = 8.5 Hz, 1H), 7.78 (dd, J = 9 Hz, 1.5 Hz, 1H), 7.87 (d, J = 1 Hz, 1H), 8.15 (d, J = 8.5 Hz, 1H), 8.22 (d, J = 8.5 Hz, 1H).

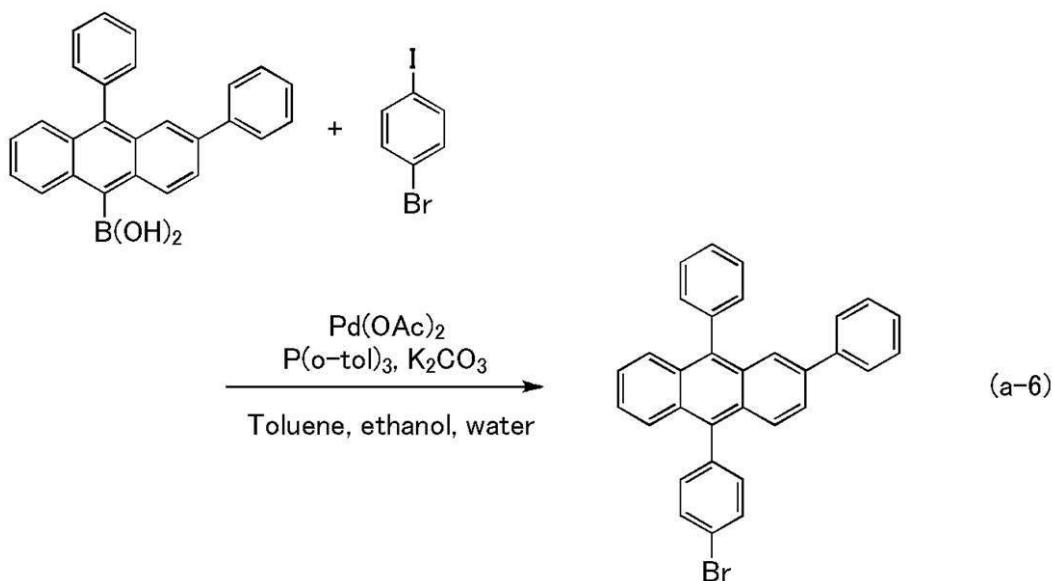
## 【0337】

<ステップ6：9-(4-ブロモフェニル)-3,10-ジフェニルアントラセンの合成>

上記ステップ5で合成した3,10-ジフェニルアントラセン-9-イルボロン酸8.1g (22 mmol)、1-ブロモ-4-ヨードベンゼン7.3g (26 mmol)、炭酸カリウム8.9g (65 mmol)、トルエン110mL、エタノール28mL、水33mLを丸底フラスコに入れ、減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。ここで、酢酸パラジウム(II)(略称:Pd(OAc)<sub>2</sub>)97mg (0.43 mmol)、トリフェニルホスフィン226mg (0.86 mmol)を加え、5時間加熱還流した。その後、フラスコの温度を室温に戻し、得られた混合溶液を有機層と水層に分液した。得られた有機層を飽和食塩水で洗浄し、ろ過した。この有機層を濃縮し、得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られた溶液を濃縮し、析出した固体をエタノールにて再結晶した。室温にて析出した固体をろ過し、得られたろ物を減圧下に乾燥すると、目的物である黄色固体を8.9g、収率85%で得た。また、ステップ6の合成スキームを下記式(a-6)に示す。

## 【0338】

## 【化39】



## 【0339】

なお、上記ステップ6で得られた黄色固体の核磁気共鳴分光法(<sup>1</sup>H-NMR)による分析結果を下記に示す。このことから、ステップ6において、有機化合物、9-(4-ブロモフェニル)-3,10-ジフェニルアントラセンが合成できたことがわかった。

## 【0340】

<sup>1</sup>H-NMR. (CDCl<sub>3</sub>) : 7.30 - 7.43 (m, 7H), 7.50 (d, J = 7 Hz, 2H), 7.53 - 7.57 (m, 3H), 7.59 - 7.72 (m, 5H), 7.73 - 7.78 (m, 3H), 7.90 (s, 1H).

## 【0341】

<ステップ7：9-[4-(3,10-ジフェニルアントラセン-9-イル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称:2Ph-CzPA)の合成>

9-(4-ブロモフェニル)-3,10-ジフェニルアントラセン4.3g (8.9 mm

10

20

30

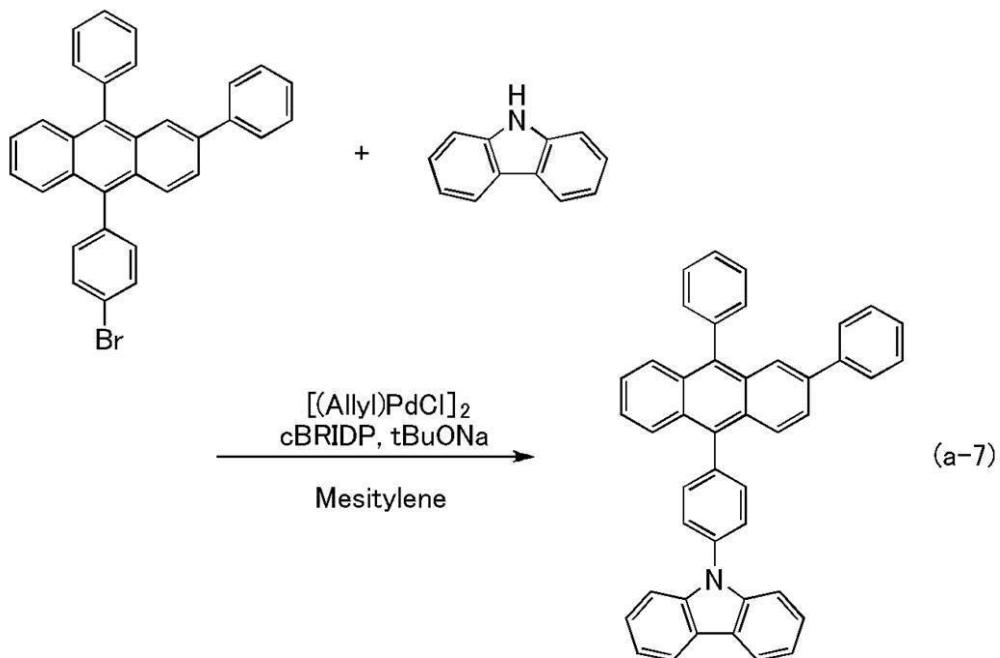
40

50

0.1)、9 H - カルバゾール 1.6 g (9.3 mmol)、tert - プトキシナトリウム 2.6 g (27 mmol)、メチチレン 45 mL を 200 mL のフラスコに入れ、減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。ここで、アリル塩化パラジウムダイマー (II) (略称 : [(Allyl)PdCl]<sub>2</sub>) 32 mg (0.089 mmol)、ジ - tert - ブチル (1 - メチル - 2,2 - ジフェニルシクロプロピル) ホスフィン (略称 : cBRIDP) 125 mg (0.35 mmol) を加え、3 時間加熱還流した。この反応溶液を、セライト、アルミナ、フロリジールにてろ過した。この溶液に水を加え、得られた混合溶液を有機層と水層に分液した。得られた有機層を飽和食塩水で洗浄し、硫酸マグネシウムで水分を乾燥させた後ろ過した。この有機層を濃縮し、得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られた溶液を濃縮し、析出した固体をエタノールにて再結晶した。室温にて析出した固体をろ過し、得られたろ物を減圧下に乾燥すると、目的物である黄色固体を 4.9 g、収率 96 % で得た。また、ステップ 7 の合成スキームを下記式 (a-7) に示す。

【0342】

【化40】



【0343】

なお、上記ステップ 7 で得られた黄色固体の核磁気共鳴分光法 (<sup>1</sup>H - NMR) による分析結果を下記に示す。また、<sup>1</sup>H - NMR チャートを図 19 に示す。このことから、本実施例において、有機化合物、2Ph-CzPA が合成できたことがわかった。

【0344】

<sup>1</sup>H - NMR. (CDCl<sub>3</sub>) : 7.31 - 7.47 (m, 7H), 7.49 - 7.60 (m, 7H), 7.61 - 7.66 (m, 2H), 7.67 - 7.77 (m, 64H), 7.82 - 7.87 (m, 3H), 7.91 - 7.97 (m, 2H), 8.22 (d, J = 7.5 Hz, 2H).

【0345】

次に、得られた固体 4.8 g をトレインサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製としては、圧力 3.0 Pa、アルゴン流量 15 mL / min の条件で、285 °C で加熱して行った。昇華精製後、黄色固体 4.1 g、回収率 86 % で得た。

【0346】

次に、2Ph-CzPA のトルエン溶液の紫外可視吸収スペクトル (以下、単に「吸収スペクトル」という) 及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可

10

20

30

40

50

視分光光度計（（株）日本分光製 V 550型）を用い、トルエン溶液（0.03 mmol/L）を石英セルに入れ、室温で測定を行った。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（（株）浜松ホトニクス製 FS920）を用い、トルエン溶液（0.01 mmol/L）を石英セルに入れ、室温で測定を行った。得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図20に示す。横軸は波長、縦軸は吸光度および発光強度を表す。また、図20において2本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図20に示す吸光度は、トルエン溶液（0.03 mmol/L）を石英セルに入れて測定した吸光度から、トルエンのみを石英セルに入れて測定した吸光度を差し引いた結果を示している。

## 【0347】

10

図20に示す通り、有機化合物、2Ph-CzPAは、427 nm、447 nmに発光ピークを有しており、トルエン溶液からは青紫色の発光が観測された。

## 【0348】

次に、有機化合物、2Ph-CzPAを液体クロマトグラフ質量分析（Liquid Chromatography Mass Spectrometry（略称：LC/MS分析））によって質量（MS）分析した。

## 【0349】

LC/MS分析は、LC（液体クロマトグラフィー）分離をウォーターズ社製 Acuity UPLC（登録商標）により、MS分析（質量分析）をウォーターズ社製 Xevo G2 ToF MSにより行った。LC分離で用いたカラムはAcuity UPLC BEH C8（2.1×100 mm 1.7 μm）、カラム温度は40とした。移動相は移動相Aをアセトニトリル、移動相Bを0.1%ギ酸水溶液とした。また、サンプルは任意の濃度の2Ph-CzPAをトルエンに溶解し、アセトニトリルで希釈して調整し、注入量は5.0 μLとした。

20

## 【0350】

LC分離は、測定開始後0分から10分における移動相Aと移動相Bとの比が移動相A：移動相B = 95 : 5となるようにした。

## 【0351】

30

MS分析では、エレクトロスプレーイオン化法（Electrospray Ionization（略称：ESI））によるイオン化を行った。この時のキャピラリー電圧は3.0 kV、サンプルコーン電圧は30 Vとし、検出はポジティブモードで行った。以上の条件でイオン化されたm/z = 572の成分を衝突室（コリジョンセル）内でアルゴンガスに衝突させてプロダクトイオンに解離させた。アルゴンに衝突させる際のエネルギー（コリジョンエネルギー）は70 eVとした。なお、測定する質量範囲はm/z（質量電荷の比）= 100 ~ 1200とした。図21に解離させたプロダクトイオンを飛行時間（TOF）型MSで検出した結果を示す。

## 【0352】

40

図21の結果から、2Ph-CzPAは、主としてm/z = 572付近にプロダクトイオンが検出されることがわかった。なお、図21に示す結果は、2Ph-CzPAに由来する特徴的な結果を示すものであることから、混合物中に含まれる2Ph-CzPAを同定する上で重要なデータであるといえる。

## 【0353】

なお、コリジョンエネルギー70 eVで測定した際に観測されたm/z = 406のフラグメントイオンは、2Ph-CzPAのC-N結合が切断されて生成した、2,9,10-トリフェニルアントラセンに由来すると推定され、2Ph-CzPAの特徴の1つである。

## 【実施例2】

## 【0354】

## 合成例2

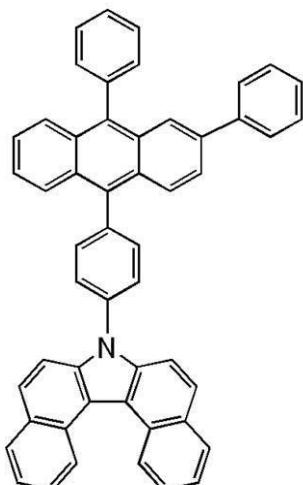
本実施例では、実施の形態1の構造式（200）で表される本発明の一態様である有機化

50

合物、7-[4-(3,10-ジフェニルアントラセン-9-イル)フェニル]ジベンゾ[c,g]-7H-カルバゾール(略称：2Ph-cgDBCzPA)の合成方法について説明する。なお、2Ph-cgDBCzPAの構造を以下に示す。

【0355】

【化41】



2Ph-cgDBCzPA

(200)

10

20

30

40

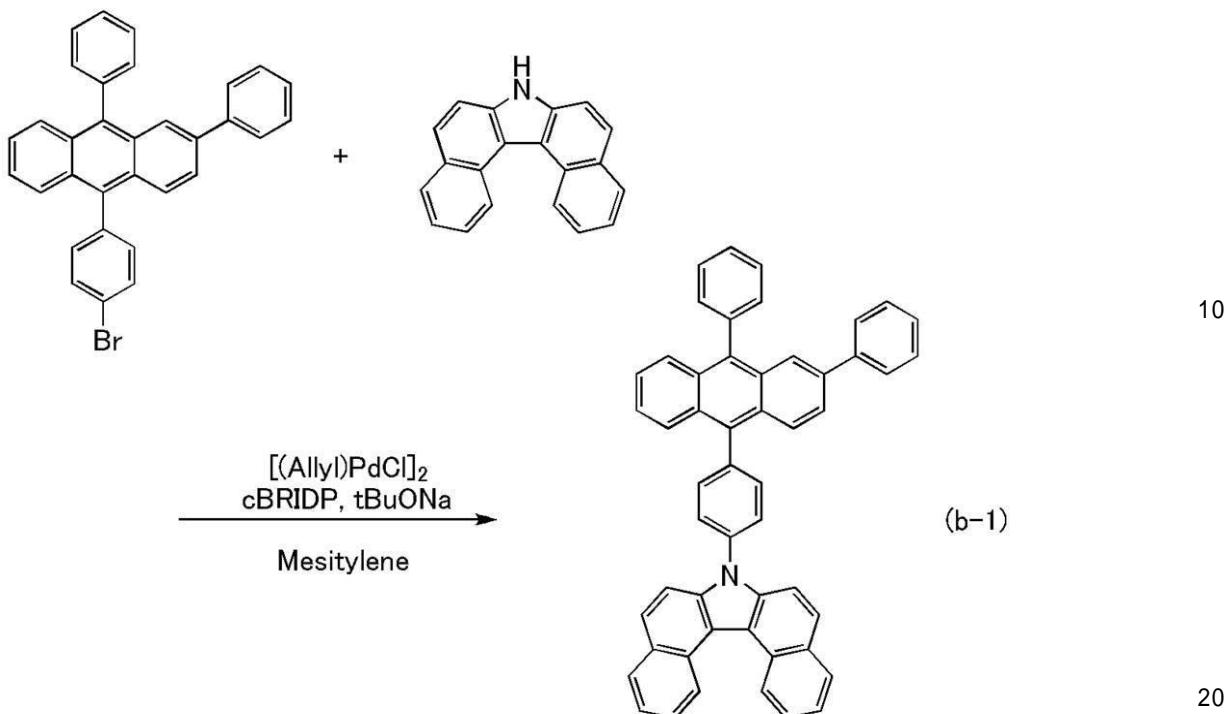
【0356】

<ステップ1：2Ph-cgDBCzPAの合成>

9-(4-プロモフェニル)-3,10-ジフェニルアントラセン4.3g(8.9mmol)(実施例1のステップ6参照)、ジベンゾ[c,g]-7H-カルバゾール2.5g(9.3mmol)、tert-ブトキシナトリウム2.6g(27mmol)、メチレン45mLを200mLのフラスコに入れ、減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。ここで、アリル塩化パラジウムダイマー(II)(略称：[(A11y1)PdCl]2)32mg(0.089mmol)、ジ-tert-ブチル(1-メチル-2,2-ジフェニルシクロプロピル)ホスфин(略称：CBRIDP)125mg(0.35mmol)を加え、6時間加熱還流した。この反応溶液を、セライト、アルミナ、フロリジールにてろ過した。この溶液に水を加え、得られた混合溶液を有機層と水層に分液した。得られた有機層を飽和食塩水で洗浄し、硫酸マグネシウムで水分を乾燥させた後ろ過した。この有機層を濃縮し、得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られた溶液を濃縮し、析出した固体をエタノールにて再結晶した。室温にて析出した固体をろ過し、得られたろ物を減圧下に乾燥すると、目的物である黄色固体を4.8g、収率81%で得た。また、ステップ1の合成スキームを下記式(b-1)に示す。

【0357】

## 【化42】



## 【0358】

なお、上記ステップ1で得られた黄色固体の核磁気共鳴分光法( $^1\text{H-NMR}$ )による分析結果を下記に示す。また、 $^1\text{H-NMR}$ チャートを図22に示す。このことから、ステップ1において、有機化合物、2Ph-cgDBCzPAが合成できたことがわかった。

## 【0359】

$^1\text{H-NMR}$ .(CDCl<sub>3</sub>): 7.34(t, J=7Hz, 1H), 7.39-7.51(m, 4H), 7.53-7.61(m, 7H), 7.62-7.67(m, 2H), 7.72-7.79(m, 4H), 7.80-7.90(m, 7H), 7.93-7.98(m, 4H), 8.10(d, J=8Hz, 2H), 9.32(d, J=8.5Hz, 2H).

## 【0360】

次に、得られた固体4.7gをトラインサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製としては、圧力3.0Pa、アルゴン流量15mL/minの条件で、355で加熱して行った。昇華精製後、黄色固体4.1g、回収率87%で得た。

## 【0361】

次に、2Ph-cgDBCzPAのトルエン溶液の紫外可視吸収スペクトル(以下、単に「吸収スペクトル」という)及び発光スペクトルを測定した。吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計((株)日本分光製V550型)を用い、トルエン溶液(0.02mmol/L)を石英セルに入れ、室温で測定を行った。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計((株)浜松ホトニクス製FS920)を用い、トルエン溶液(0.01mmol/L)を石英セルに入れ、室温で測定を行った。得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図23に示す。横軸は波長、縦軸は吸光度および発光強度を表す。また、図23において2本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図23に示す吸光度は、トルエン溶液(0.02mmol/L)を石英セルに入れて測定した吸光度から、トルエンのみを石英セルに入れて測定した吸光度を差し引いた結果を示している。

## 【0362】

図23に示す通り、有機化合物、2Ph-cgDBCzPAは、425nm、447nmに発光ピークを有しており、トルエン溶液からは、青紫色の発光が観測された。

10

20

30

40

50

## 【0363】

次に、有機化合物、 $2\text{Ph}-\text{c}_g\text{DBCzPA}$ を液体クロマトグラフ質量分析（Liquid Chromatography Mass Spectrometry（略称：LC/MS分析））によって質量（MS）分析した。

## 【0364】

LC/MS分析は、LC（液体クロマトグラフィー）分離をウォーターズ社製 Acuity UPLC（登録商標）により、MS分析（質量分析）をウォーターズ社製 Xevo G2 Tof MSにより行った。LC分離で用いたカラムはAcuity UPLC BEH C8 ( $2.1 \times 100\text{ mm } 1.7\text{ }\mu\text{m}$ )、カラム温度は40とした。移動相は移動相Aをアセトニトリル、移動相Bを0.1%ギ酸水溶液とした。また、サンプルは任意の濃度の $2\text{Ph}-\text{c}_g\text{DBCzPA}$ をトルエンに溶解し、アセトニトリルで希釈して調整し、注入量は $5.0\text{ }\mu\text{L}$ とした。  
10

## 【0365】

LC分離は、測定開始後0分から10分における移動相Aと移動相Bとの比が移動相A：移動相B = 95 : 5となるようにした。

## 【0366】

MS分析では、エレクトロスプレーイオン化法（Electrospray Ionization（略称：ESI））によるイオン化を行った。この時のキャピラリー電圧は3.0kV、サンプルコーン電圧は30Vとし、検出はポジティブモードで行った。以上の条件でイオン化された $m/z = 672$ の成分を衝突室（コリジョンセル）内でアルゴンガスに衝突させてプロダクトイオンに解離させた。アルゴンに衝突させる際のエネルギー（コリジョンエネルギー）は70eVとした。なお、測定する質量範囲は $m/z$ （質量電荷の比）=100~1200とした。図24に解離させたプロダクトイオンを飛行時間（TOF）型MSで検出した結果を示す。  
20

## 【0367】

図24の結果から、 $2\text{Ph}-\text{c}_g\text{DBCzPA}$ は、主として $m/z = 672$ 付近にプロダクトイオンが検出されることがわかった。なお、図24に示す結果は、 $2\text{Ph}-\text{c}_g\text{DBCzPA}$ に由来する特徴的な結果を示すものであることから、混合物中に含まれる $2\text{Ph}-\text{c}_g\text{DBCzPA}$ を同定する上で重要なデータであるといえる。

## 【0368】

なお、コリジョンエネルギー70eVで測定した際に観測された $m/z = 406$ のフラグメントイオンは、 $2\text{Ph-CzPA}$ のC-N結合が切断されて生成した、2,9,10-トリフェニルアントラセンに由来するものと推定され、また、 $m/z = 266$ のフラグメントイオンは、7H-ジベンゾ[ $c,g$ ]カルバゾールに由来するものと推定され、 $2\text{Ph}-\text{c}_g\text{DBCzPA}$ に含まれる各骨格を示すデータであるといえる。  
30

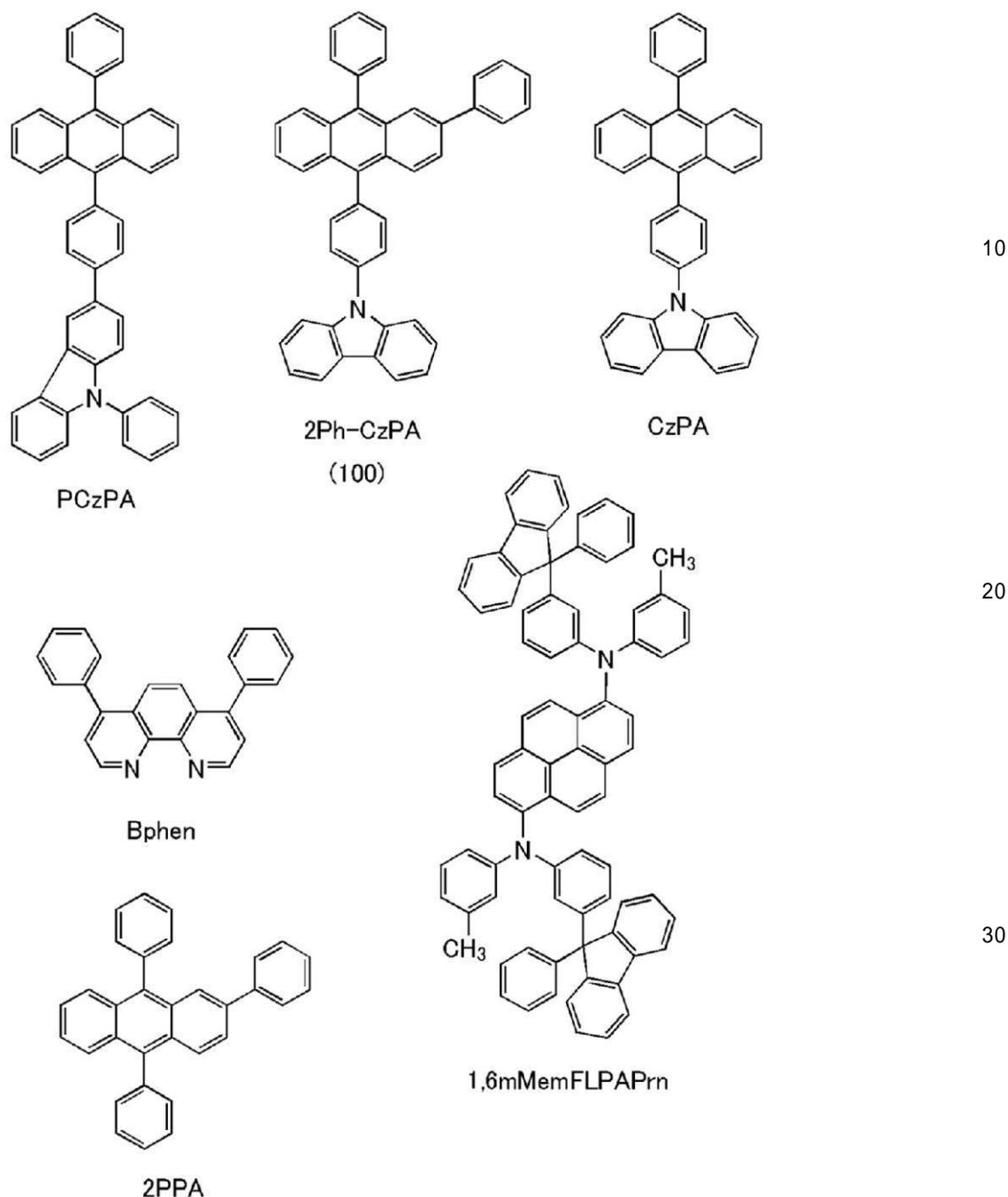
## 【実施例3】

## 【0369】

本実施例では、本発明の一態様である発光素子として、実施例1で合成方法の一例を示した $2\text{Ph-CzPA}$ を発光層のホスト材料に用いた発光素子1-1を作製し、また、比較発光素子として、 $\text{CzPA}$ を発光層のホスト材料に用いた比較発光素子1-2、および $2\text{PPA}$ を発光層のホスト材料に用いた比較発光素子1-3を作製し、それぞれの発光素子の特性について測定した結果を示す。なお、本実施例における発光素子1-1、比較発光素子1-2および比較発光素子1-3の説明には、図25を用いることとする。なお、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。  
40

## 【0370】

## 【化43】



## 【0371】

発光素子1-1、比較発光素子1-2および比較発光素子1-3の作製

40

まず、ガラス製の基板900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より成膜し、陽極として機能する第1の電極901を形成した。なお、その膜厚は70nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。

## 【0372】

次に、基板900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。

## 【0373】

その後、 $10^{-4}$ Pa程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170℃で30分間の真空焼成を行った後、基板900を30分程度放冷した。

50

## 【0374】

次に、第1の電極901が形成された面が下方となるように、基板900を真空蒸着装置内に設けられたホルダーに固定した。本実施例では、真空蒸着法により、EL層902を構成する正孔注入層911、正孔輸送層912、発光層913、電子輸送層914、電子注入層915が順次形成される場合について説明する。

## 【0375】

真空装置内を $10^{-4}$ Paに減圧した後、9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称:PCzPA)と酸化モリブデンとを、PCzPA:酸化モリブデン=4:2(質量比)となるように共蒸着することにより、第1の電極901上に正孔注入層911を形成した。膜厚は10nmとした。なお、共蒸着とは、異なる複数の物質をそれぞれ異なる蒸発源から同時に蒸発させる蒸着法である。

10

## 【0376】

次に、発光素子1-1および比較発光素子1-2の場合はPCzPAを30nm、比較発光素子1-3の場合はPCzPAを20nm蒸着することにより、正孔輸送層912を形成した。

## 【0377】

次に、正孔輸送層912上に発光層913を形成した。発光素子1-1の場合は、9-[4-(3,10-ジフェニルアントラセン-9-イル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称:2Ph-CzPA)、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)を、2Ph-CzPA:1,6mMemFLPAPrn=1:0.03(重量比)となるように共蒸着した。なお、膜厚は、25nmとした。また、比較発光素子1-2の場合は、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)、1,6mMemFLPAPrnを、CzPA:1,6mMemFLPAPrn=1:0.03(重量比)となるように共蒸着した。なお、膜厚は、25nmとした。また、比較発光素子1-3の場合は、2,9,10-トリフェニルアントラセン(略称:2PPA)、1,6mMemFLPAPrnを、2PPA:1,6mMemFLPAPrn=1:0.03(重量比)となるように共蒸着した。なお、膜厚は、25nmとした。以上により、発光層913を形成した。

20

## 【0378】

次に、発光層913上に電子輸送層914を形成した。発光素子1-1の場合は、2Ph-CzPAを10nm蒸着した後、パソフェナントロリン(略称:Bphen)を15nm蒸着した。比較発光素子1-2の場合は、CzPAを10nm蒸着した後、Bphenを15nm蒸着した。比較発光素子1-3の場合は、2PPAを10nm蒸着した後、Bphenを15nm蒸着した。

30

## 【0379】

次に、電子輸送層914上にフッ化リチウムを1nm蒸着することにより、電子注入層915を形成した。

40

## 【0380】

最後に、電子注入層915上にアルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着し、陰極となる第2の電極903を形成し、発光素子1-1、比較発光素子1-2および比較発光素子1-3を得た。なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

## 【0381】

以上により得られた各発光素子の素子構造を表1に示す。

## 【0382】

【表1】

	第1の電極	正孔注入層	正孔輸送層	発光層	電子輸送層	電子注入層	第2の電極	
発光素子1-1	ITO (70nm)	PCzPA:MoOx (4:2 10nm)	PCzPA (30nm)	*	2Ph-CzPA (10nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比較発光素子1-2	ITO (70nm)	PCzPA:MoOx (4:2 10nm)	PCzPA (30nm)	**	CzPA (10nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比較発光素子1-3	ITO (70nm)	PCzPA:MoOx (4:2 10nm)	PCzPA (20nm)	***	2PPA (10nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

\*2Ph-CzPA:1,6mMemFLPAPrn (1:0.03 25nm)

\*\*CzPA:1,6mMemFLPAPrn (1:0.03 25nm)

\*\*\*2PPA:1,6mMemFLPAPrn (1:0.03 25nm)

## 【0383】

また、作製した各発光素子は、大気に曝されないように窒素雰囲気のグローブボックス内において封止した（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時にUV処理、及び80℃にて1時間熱処理）。

## 【0384】

発光素子1-1、比較発光素子1-2および比較発光素子1-3の動作特性次に、作製した各発光素子の動作特性について測定した。なお、測定は室温（25℃に保たれた雰囲気）で行った。

## 【0385】

発光素子1-1、比較発光素子1-2および比較発光素子1-3の電流密度-輝度特性を図26、電圧-輝度特性を図27、輝度-電流効率特性を図28、電圧-電流特性を図29にそれぞれ示す。

## 【0386】

また、1000cd/m<sup>2</sup>付近における各発光素子の主な初期特性値を以下の表2に示す。

## 【0387】

【表2】

	電圧(V)	電流(mA)	電流密度(mA/cm <sup>2</sup> )	色度(x,y)	輝度(cd/m <sup>2</sup> )	電流効率(cd/A)	パワー効率(lm/W)	外部量子効率(%)
発光素子1-1	3.0	0.55	14	(0.14,0.17)	1500	11	12	9.9
比較発光素子1-2	3.1	0.52	13	(0.14,0.16)	1500	11	11	10
比較発光素子1-3	3.4	2.3	58	(0.14,0.11)	1100	1.8	1.7	2.1

## 【0388】

10

20

30

40

50

また、各発光素子に  $12.5 \text{ mA/cm}^2$  の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図30に示す。図30において、発光素子1-1の発光スペクトルは  $467 \text{ nm}$  付近にピークを有しており、発光素子1-1のEL層に用いた有機化合物、 $1,6\text{-mMmFLPAPrn}$  の青色発光に由来していることが示唆される。比較発光素子1-2も同様のスペクトルであるが、比較発光素子1-3は短波長側に裾を引くスペクトルとなった。この短波長側の裾は正孔輸送層であるPCzPAに由来すると考えられる。このことは、PCzPAから2PPAにホールが入りにくいことを示唆している。その影響で、比較発光素子1-3は、駆動電圧（電流・電圧特性）や発光効率も非常に悪くなっている。

#### 【0389】

本発明の一態様である発光素子1-1（2Ph-CzPA）は、比較発光素子1-2（CzPA）と同等の高い効率が得られた。これは後述する通り、2Ph-CzPAで効率的なTTAが生じている結果と考えられる。10

#### 【0390】

一方、発光素子1-1（2Ph-CzPA）と比較発光素子1-2（CzPA）の駆動電圧を比較すると、駆動電圧は発光素子1-1の方が低減されている結果となった。2Ph-CzPAは、骨格だけ見ればCzPAと2PPAを合わせたような分子骨格であるが、駆動電圧はCzPAと2PPAの平均値になるのではなく、駆動電圧が比較的低いCzPAよりもさらに低減されている。このことは、予想しえない驚くべき効果であると言える。CV測定の結果から、CzPAのHOMOが-5.79eV、LUMOが-2.73eVであるのに対し、2Ph-CzPAのHOMOは-5.77eV、LUMOは-2.80eVであった。すなわち、カルバゾール骨格と、アントラセンの3位に結合したフェニル基の双方を有することによってはじめて、HOMO-LUMOギャップがわずかに小さくなり、駆動電圧が低減したと考えられる。20

#### 【0391】

次に、各発光素子に対する信頼性試験を行った。信頼性試験の結果を図31に示す。図31において、縦軸は初期輝度を100%とした時の規格化輝度（%）を示し、横軸は素子の駆動時間（h）を示す。なお、信頼性試験は、初期輝度を  $5000 \text{ cd/m}^2$  に設定し、電流密度一定の条件で発光素子を駆動させた。

#### 【0392】

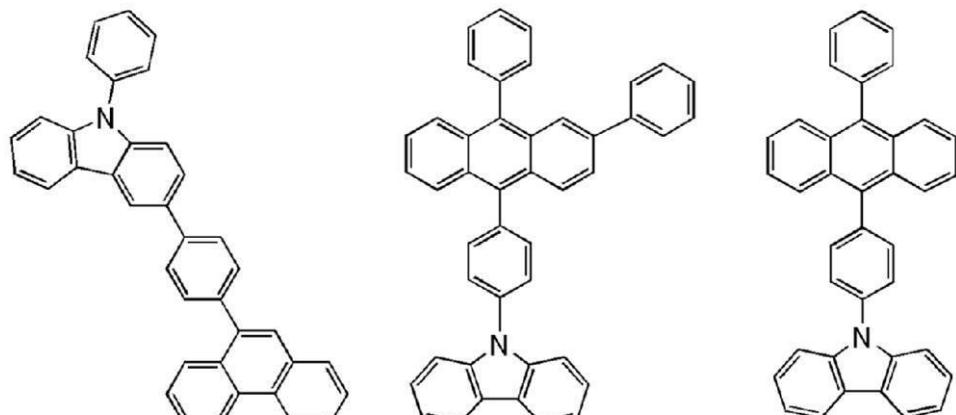
図31に示す結果より、比較発光素子1-3は著しく劣化することが分かる。一方、比較発光素子1-2は比較的良好な信頼性を示すが、発光素子1-1はそれよりもさらに高い信頼性を示すことがわかった。2Ph-CzPAは、骨格だけ見ればCzPAと2PPAを合わせたような分子骨格であるが、駆動寿命はCzPAと2PPAの平均値になるのではなく、駆動寿命が比較的長いCzPAよりもさらに長寿命化されている。このことは、予想しえない驚くべき効果であると言える。フェニル基の導入によりLUMO準位が低下し、かつカルバゾール骨格がホールを受容すると同時に膜のモルフォロジーを安定化させ、長寿命化につながったものと考えられる。すなわち、寿命に関しても、カルバゾール骨格とアントラセンの3位に結合したフェニル基の一體不可分の効果である。30

#### 【実施例4】

#### 【0393】

本実施例では、本発明の一態様である発光素子として、実施例1で合成方法の一例を示した2Ph-CzPAを発光層のホスト材料に用いた発光素子2-1を作製し、また、比較発光素子として、CzPAを発光層のホスト材料に用いた比較発光素子2-2、および2PPAを発光層のホスト材料に用いた比較発光素子2-3を作製し、それぞれの発光素子の特性について測定した結果を示す。なお、本実施例における発光素子2-1および比較発光素子2-2および比較発光素子2-3の作製方法については、正孔注入層911、および、正孔輸送層912にPCzPAに代わり、3-[4-(9-フェナントリル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール（略称：PCPPn）を使用した以外は実施例3と同様であるので説明を省略する。また、本実施例で用いた材料の化学式を以下に示す。40

【0394】  
【化44】



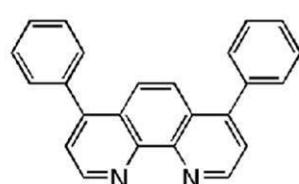
10

PCPPN

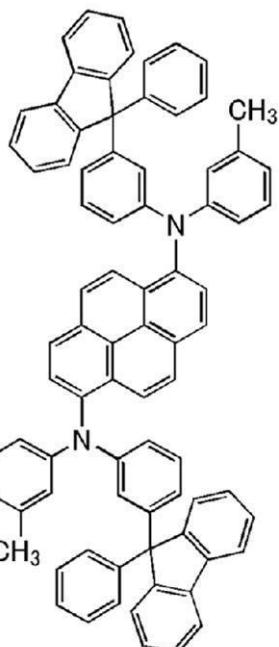
2Ph-CzPA

CzPA

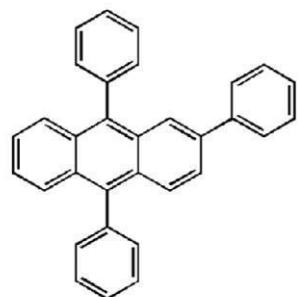
(100)



Bphen



20



1,6mMemFLPAPrn

30

2PPA

【0395】

発光素子2-1、比較発光素子2-2および比較発光素子2-3の作製  
本実施例で作製した発光素子2-1、比較発光素子2-2および比較発光素子2-3の素  
子構造を表3に示す。

【0396】

40

【表3】

	第1の電極	正孔注入層	正孔輸送層	発光層	電子輸送層		電子注入層	第2の電極
発光素子2-1	ITO (70nm)	PCPPn:MoOx (4:2 10nm)	PCPPn (30nm)	*	2Ph-CzPA (10nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比較発光素子2-2	ITO (70nm)	PCPPn:MoOx (4:2 10nm)	PCPPn (30nm)	**	CzPA (10nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比較発光素子2-3	ITO (70nm)	PCPPn:MoOx (4:2 10nm)	PCPPn (20nm)	***	2PPA (10nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

\*2Ph-CzPA:1,6mMemFLPAPrn (1:0.03 25nm)

\*\*CzPA:1,6mMemFLPAPrn (1:0.03 25nm)

\*\*\*2PPA:1,6mMemFLPAPrn (1:0.03 25nm)

10

20

30

40

## 【0397】

発光素子2-1、比較発光素子2-2および比較発光素子2-3の動作特性

次に、作製した各発光素子の動作特性について測定した。なお、測定は室温(25℃)に保たれた雰囲気)で行った。

## 【0398】

発光素子2-1、比較発光素子2-2および比較発光素子2-3の電流密度-輝度特性を図32、電圧-輝度特性を図33、輝度-電流効率特性を図34、電圧-電流特性を図35にそれぞれ示す。

## 【0399】

また、1000cd/m<sup>2</sup>付近における各発光素子の主な初期特性値を以下の表4に示す。

## 【0400】

## 【表4】

	電圧(V)	電流(mA)	電流密度(mA/cm <sup>2</sup> )	色度(x,y)	輝度(cd/m <sup>2</sup> )	電流効率(cd/A)	パワー効率(lm/W)	外部量子効率(%)
発光素子2-1	3.0	0.25	6.2	(0.14,0.17)	870	14	15	12
比較発光素子2-2	3.1	0.23	5.7	(0.14,0.17)	780	14	14	12
比較発光素子2-3	3.4	0.91	23	(0.14,0.14)	1200	5.2	4.8	5.0

## 【0401】

また、各発光素子に12.5mA/cm<sup>2</sup>の電流密度で電流を流した際の発光スペクトル

50

を図36に示す。図36において、発光素子2-1の発光スペクトルは466nm付近にピークを有しており、発光素子2-1のEL層に用いた有機化合物、1,6mMemFLPAPrnの青色発光由来していることが示唆される。

#### 【0402】

次に、各発光素子に対する信頼性試験を行った。信頼性試験の結果を図37に示す。図37において、縦軸は初期輝度を100%とした時の規格化輝度(%)を示し、横軸は素子の駆動時間(h)を示す。なお、信頼性試験は、初期輝度を5000cd/m<sup>2</sup>に設定し、電流密度一定の条件で発光素子を駆動させた。

#### 【0403】

発光素子2-1と、各比較発光素子とを比較すると、発光効率、駆動電圧、信頼性のいずれにおいても傾向は実施例3と全く同様である。すなわち、正孔輸送層を他の化合物に換えて、2Ph-CzPAをホストとして用いることで、実施例3で述べたのと同じ効果が得られていることが分かった。結果として、発光素子2-1は、比較発光素子2-2と同等の高い効率を達成しつつ、予想しえない駆動電圧の低減および長寿命化を実現することができている。

#### 【0404】

なお、発光素子2-1、比較発光素子2-2および比較発光素子2-3では、HTLにLUMO準位の高い材料であるPCPPnを用いて素子を作成した。このPCPPnという材料は、そのLUMO準位の高さから、電子ブロック性を有しているため、発光素子1-1で使用していたPCzPAと比較して電子キャリアのHTLへの抜けを抑制し、発光層内での再結合率を高め、ひいては発光素子2-1の効率の向上に寄与していると考えることができる。

#### 【実施例5】

#### 【0405】

本実施例では、本発明の一態様である発光素子として、実施例1で合成方法の一例を示した2Ph-CzPAを発光層のホスト材料に用いた発光素子5、実施例2で合成方法の一例を示した2Ph-cgDBCzPAを発光層のホスト材料に用いた発光素子6をそれぞれ作製し、また比較発光素子として、CzPAを発光層のホスト材料に用いた比較発光素子7、cgDBCzPAを発光層のホスト材料に用いた比較発光素子8をそれぞれ作製し、これらの発光素子の特性について測定した結果を示す。なお、本実施例における発光素子5、発光素子6、比較発光素子7、および比較発光素子8の作製方法については、発光層のゲスト材料に、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]-アントラセン-9,10-ジアミン(略称:9,10mMemFLPAA2A)を使用した以外は実施例3と同様であるので説明を省略する。また、本実施例で用いた材料の化学式を以下に示す。

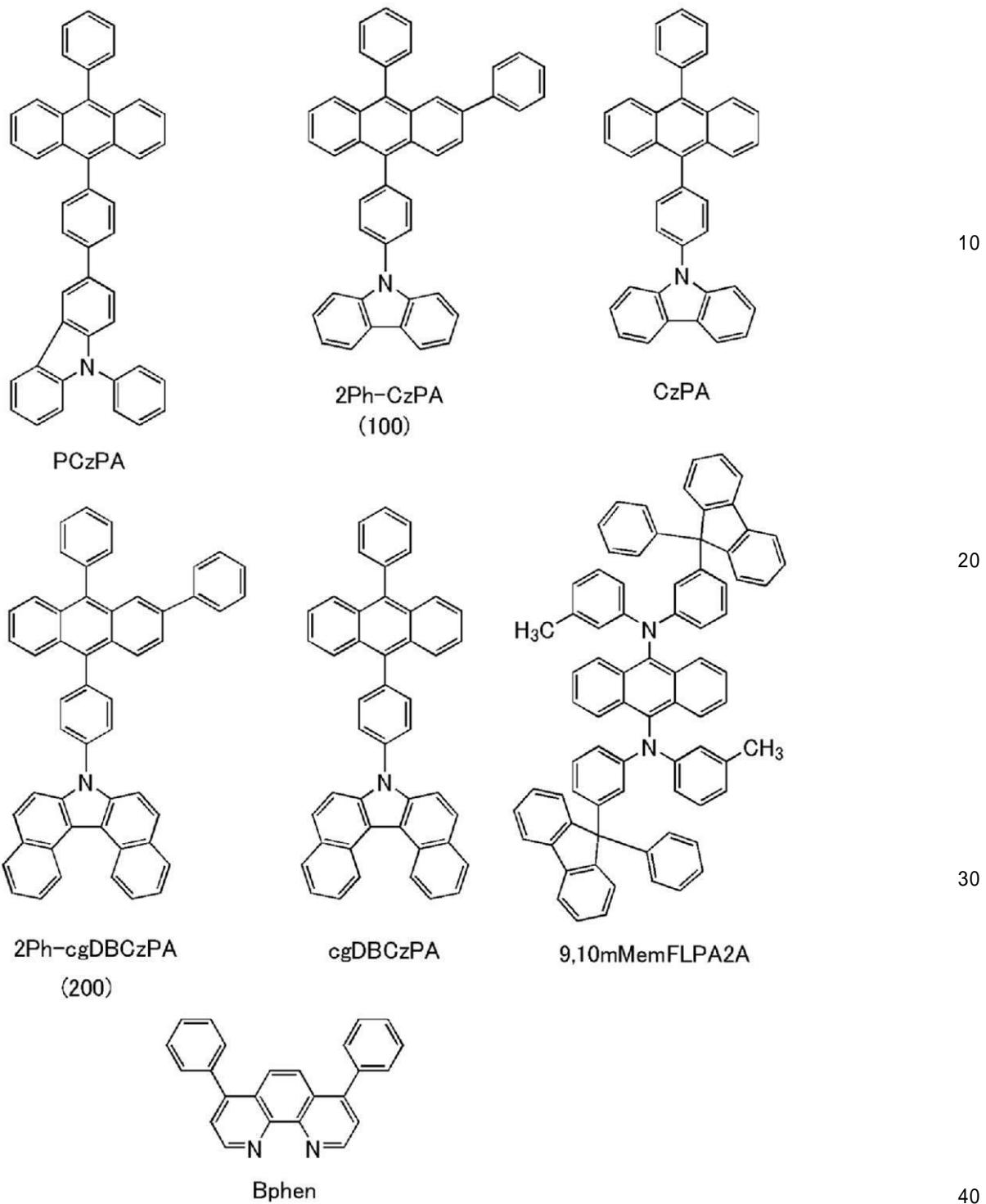
#### 【0406】

10

20

30

## 【化45】



## 【0407】

発光素子5、発光素子6、比較発光素子7、および比較発光素子8の作製  
本実施例で作製した発光素子5、発光素子6、比較発光素子7、および比較発光素子8の  
素子構造を表5に示す。

## 【0408】

【表5】

	第1 の電極	正孔 注入層	正孔 輸送層	発光層	電子 輸送層		電子 注入層	第2 の電極
発光素子 5	ITO (70nm)	PCzPA:MoOx (4:2 10nm)	PCzPA (30nm)	*	2Ph-CzPA (10nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
発光素子 6	ITO (70nm)	PCzPA:MoOx (4:2 10nm)	PCzPA (30nm)	**	2Ph- cgDBCzPA (10nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比較 発光素子 7	ITO (70nm)	PCzPA:MoOx (4:2 10nm)	PCzPA (30nm)	***	CzPA (10nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比較 発光素子 8	ITO (70nm)	PCzPA:MoOx (4:2 10nm)	PCzPA (30nm)	****	cgDBCzPA (10nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

\* 2Ph-CzPA:9,10mMemFLPA2A (1:0.1 25nm)

\*\* 2Ph-cgDBCzPA:9,10mMemFLPA2A (1:0.1 25nm)

\*\*\* CzPA:9,10mMemFLPA2A (1:0.1 25nm)

\*\*\*\* cgDBCzPA:9,10mMemFLPA2A (1:0.1 25nm)

## 【0409】

発光素子5、発光素子6、比較発光素子7、および比較発光素子8の動作特性  
次に、作製した発光素子5、発光素子6、比較発光素子7、および比較発光素子8の動作  
特性について測定した。なお、測定は室温(25℃)に保たれた雰囲気)で行った。

## 【0410】

発光素子5、発光素子6、比較発光素子7、および比較発光素子8の電流密度-輝度特性  
を図38、電圧-輝度特性を図39、輝度-電流効率特性を図40、電圧-電流特性を図  
41にそれぞれ示す。

## 【0411】

また、1000cd/m<sup>2</sup>付近における各発光素子の主な初期特性値を以下の表6に示す。  
。

## 【0412】

10

20

30

【表6】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度(x,y)	輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	電流効率 (cd/A)	パワー効率 (lm/W)	外部量子効率 (%)
発光素子 5	2.9	0.140	3.6	(0.27,0.67)	1200	33	36	9.1
発光素子 6	2.8	0.110	2.8	(0.27,0.67)	870	31	34	8.3
比較 発光素子 7	3.0	0.19	4.8	(0.26,0.66)	1400	29	31	8.2
比較 発光素子 8	2.9	0.20	5.0	(0.27,0.67)	1600	32	34	8.5

## 【0413】

また、発光素子5および発光素子6に12.5mA/cm<sup>2</sup>の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図42に示す。図42において、発光素子5および発光素子6の発光スペクトルは522nm付近にピークを有しており、各発光素子のEL層に用いた有機化合物、9, 10mmemFLPA2Aの緑色発光に由来していることが示唆される。なお、図42には図示しないが、比較発光素子7および8も同様に9, 10mmemFLPA2Aに由来した発光スペクトルが得られた。

## 【0414】

重要なことは、発光素子5(2Ph-CzPA)は比較発光素子7(CzPA)に比べて駆動電圧が低減している点である。実施例3で述べた2Ph-CzPAの駆動電圧に関する予想しえない効果は、発光ドーパントが変わっても発揮されることがわかる。なお、発光素子5(2Ph-CzPA)は比較発光素子7(CzPA)よりも発光効率が高い。これは、緑色発光ドーパントに対するエネルギー移動効率が改善されたためと考えられる。

## 【0415】

また、発光素子6(2Ph-cgDBCzPA)は比較発光素子8(cgDBCzPA)に比べて、やはり駆動電圧が低減している点も注目すべきである。2Ph-cgDBCzPAは、骨格だけ見ればcgDBCzPAと2PPAを合わせたような分子骨格である。しかしその駆動電圧は、駆動電圧の高い2PPAとcgDBCzPAとの平均値になるのではなく、駆動電圧が比較的低いcgDBCzPAよりもさらに低減されている。このことは、予想しえない驚くべき効果であると言える。CV測定の結果から、cgDBCzPAのHOMOが-5.69eV、LUMOが-2.74eVであるのに対し、2Ph-cgDBCzPAのHOMOは-5.70eV、LUMOは-2.81eVであった。すなわち、カルバゾール骨格と、アントラセンの3位に結合したフェニル基の双方を有することによってはじめて、HOMO-LUMOギャップがわずかに小さくなり、駆動電圧が低減したと考えられる。特にこの場合、LUMOへの影響が大きいと言える。なお、この結果から、カルバゾール骨格がカルバゾール単環ではなく縮合環を有していても、本発明の一態様の効果は得られることが実証できている。すなわち、カルバゾール骨格を有することが本発明にとって重要である。

## 【0416】

次に、各発光素子に対する信頼性試験を行った。信頼性試験の結果を図43に示す。図43において、縦軸は初期輝度を100%とした時の規格化輝度(%)を示し、横軸は素子の駆動時間(h)を示す。なお、信頼性試験は、初期輝度を5000cd/m<sup>2</sup>に設定し、電流密度一定の条件で発光素子を駆動させた。

**【 0 4 1 7 】**

図43に示す結果より、発光素子5は、比較発光素子7に比べて高い信頼性を示すことがわかった。実施例3で述べた2Ph-CzPAの駆動寿命に関する予想しえない効果は、発光ドーパントが変わっても発揮されることがわかる。

**【 0 4 1 8 】**

また、発光素子6は、比較発光素子8に比べて高い信頼性を示すことがわかった。2Ph-cgDBCzPAは、骨格だけ見ればcgDBCzPAと2PPAを合わせたような分子骨格である。しかしその駆動寿命は、寿命が著しく悪い2PPAとcgDBCzPAとの平均値になるのではなく、駆動寿命が比較的長いcgDBCzPAよりもさらに長寿命化されている。このことは、予想しえない驚くべき効果であると言える。フェニル基の導入によりLUMO準位が低下し、かつカルバゾール骨格がホールを受容すると同時に膜のモルフォロジーを安定化させ、長寿命化につながったものと考えられる。すなわち、寿命に関しても、カルバゾール骨格とアントラセンの3位に結合したフェニル基の一体不可分の効果である。またこの結果から、カルバゾール骨格がカルバゾール単環ではなく縮合環を有していても、本発明の一態様の効果は得られることが実証できている。すなわち、カルバゾール骨格を有することが本発明にとって重要である。

10

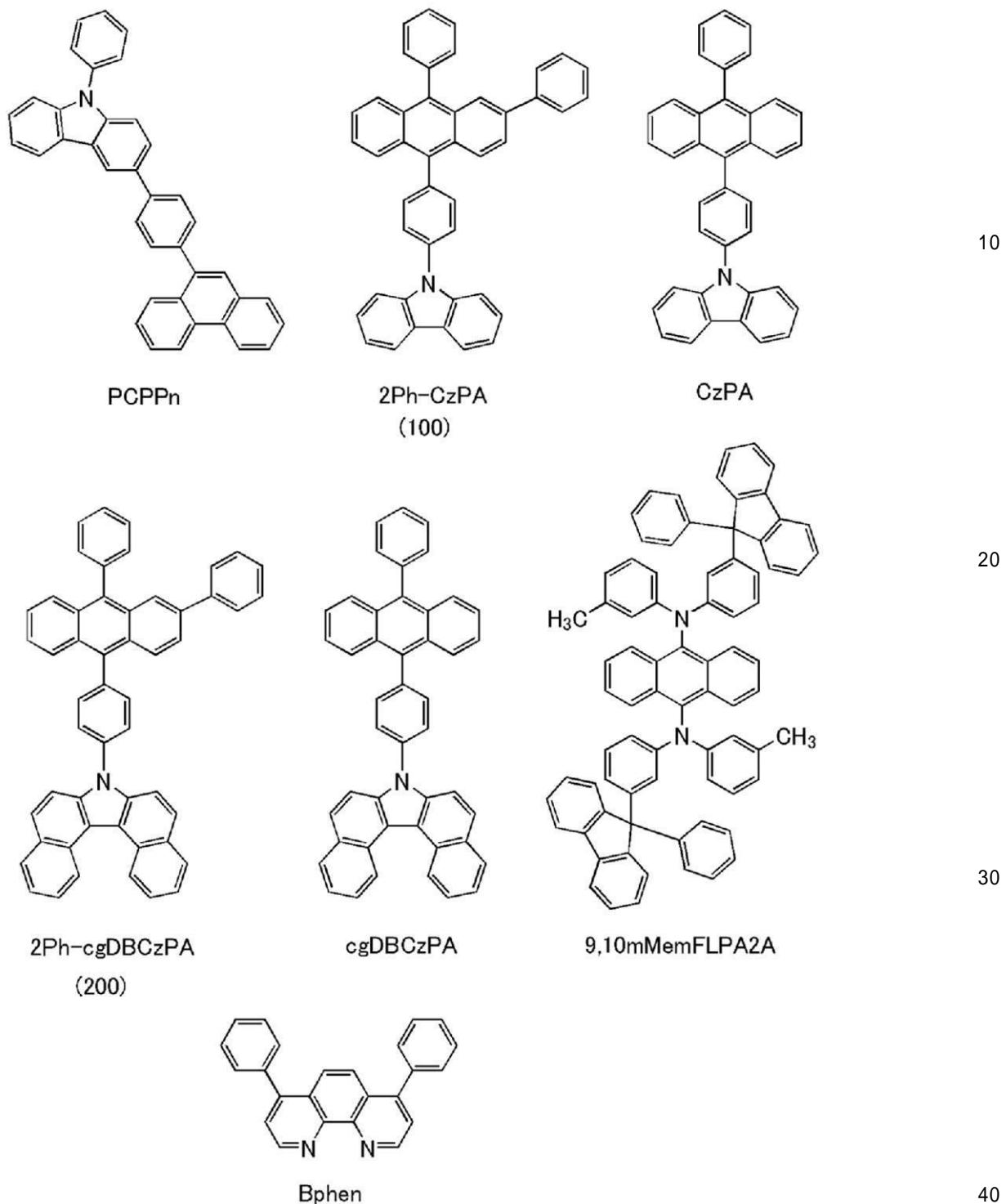
**【 実施例 6 】****【 0 4 1 9 】**

本実施例では、本発明の一態様である発光素子として、実施例1で合成方法の一例を示した2Ph-CzPAを発光層のホスト材料に用いた発光素子9、実施例2で合成方法の一例を示した2Ph-cgDBCzPAを発光層のホスト材料に用いた発光素子10をそれぞれ作製し、また比較発光素子として、CzPAを発光層のホスト材料に用いた比較発光素子11、cgDBCzPAを発光層のホスト材料に用いた比較発光素子12をそれぞれ作製し、これらの発光素子の特性について測定した結果を示す。なお、本実施例における発光素子9、発光素子10、比較発光素子11、および比較発光素子12の作製方法については、正孔注入層および正孔輸送層に用いる材料をPCzPAからPCPPnに変更した以外は実施例5と同様であるので説明を省略する。また、本実施例で用いた材料の化学式を以下に示す。

20

**【 0 4 2 0 】**

## 【化46】



## 【0421】

発光素子9、発光素子10、比較発光素子11、および比較発光素子12の作製  
本実施例で作製した発光素子9、発光素子10、比較発光素子11、および比較発光素子  
12の素子構造を表7に示す。

## 【0422】

【表7】

	第1 の電極	正孔 注入層	正孔 輸送層	発光層	電子 輸送層		電子 注入層	第2 の電極
発光素子 9	ITO (70nm)	PCPPn:MoOx (4:2 10nm)	PCPPn (30nm)	*	2Ph-CzPA (10nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
発光素子 10	ITO (70nm)	PCPPn:MoOx (4:2 10nm)	PCPPn (30nm)	**	2Ph-cgDBCzPA (10nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比較 発光素子 11	ITO (70nm)	PCPPn:MoOx (4:2 10nm)	PCPPn (30nm)	***	CzPA (10nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比較 発光素子 12	ITO (70nm)	PCPPn:MoOx (4:2 10nm)	PCPPn (30nm)	****	cgDBCzPA (10nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

\* 2Ph-CzPA:9,10mMemFLPA2A (1:0.1 25nm)

\*\* 2Ph-cgDBCzPA:9,10mMemFLPA2A (1:0.1 25nm)

\*\*\* CzPA:9,10mMemFLPA2A (1:0.1 25nm)

\*\*\*\* cgDBCzPA:9,10mMemFLPA2A (1:0.1 25nm)

## 【0423】

発光素子9、発光素子10、比較発光素子11、および比較発光素子12の動作特性次に、作製した発光素子9、発光素子10、比較発光素子11、および比較発光素子12の動作特性について測定した。なお、測定は室温(25℃に保たれた雰囲気)で行った。

## 【0424】

発光素子9、発光素子10、比較発光素子11、および比較発光素子12の電流密度-輝度特性を図44、電圧-輝度特性を図45、輝度-電流効率特性を図46、電圧-電流特性を図47にそれぞれ示す。

## 【0425】

また、1000cd/m<sup>2</sup>付近における各発光素子の主な初期特性値を以下の表8に示す。

## 【0426】

10

20

30

【表8】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度(x,y)	輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	電流効率 (cd/A)	パワー効率 (lm/W)	外部量子効率 (%)
発光素子 9	2.9	0.056	1.4	(0.27,0.66)	560	40	43	11
発光素子 10	2.9	0.160	3.9	(0.27,0.67)	1400	35	38	9.6
比較 発光素子 11	3.0	0.079	2.0	(0.26,0.66)	680	35	36	9.7
比較 発光素子 12	2.9	0.083	2.1	(0.27,0.66)	740	35	38	9.5

## 【0427】

また、発光素子9および発光素子10に12.5mA/cm<sup>2</sup>の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図48に示す。図48において、発光素子9および発光素子10の発光スペクトルは519nm付近にピークを有しており、各発光素子のEL層に用いた有機化合物、9, 10mmemFLLPA2Aの緑色発光に由来していることが示唆される。

10

20

## 【0428】

次に、各発光素子に対する信頼性試験を行った。信頼性試験の結果を図49に示す。図49において、縦軸は初期輝度を100%とした時の規格化輝度(%)を示し、横軸は素子の駆動時間(h)を示す。なお、信頼性試験は、初期輝度を5000cd/m<sup>2</sup>に設定し、電流密度一定の条件で発光素子を駆動させた。

30

## 【0429】

発光素子9と比較発光素子11とを比較すると、効率、駆動電圧、信頼性のいずれにおいても傾向は実施例5と全く同様である。すなわち、正孔輸送層を他の化合物に換えて、2Ph-CzPAをホストとして用いることで、実施例5で述べたのと同じ効果が得られていることが分かった。結果として、発光素子9は、比較発光素子11よりも高い効率を達成しつつ、予想しえない駆動電圧の低減および長寿命化を実現している。

40

## 【0430】

また、発光素子10と比較発光素子12とを比較すると、駆動電圧、信頼性のいずれにおいても傾向は実施例5と全く同様である。すなわち、正孔輸送層を他の化合物に換えて、2Ph-cgDBCzPAをホストとして用いることで、実施例5で述べたのと同じ効果が得られていることが分かった。結果として、発光素子10は、比較発光素子12と同等の高い効率を達成しつつ、予想しえない駆動電圧の低減および長寿命化を実現することができている。

## 【実施例7】

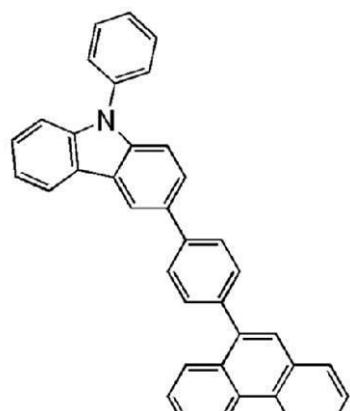
## 【0431】

本実施例では、本発明の一態様である発光素子として、実施例1で合成方法の一例を示した2Ph-CzPAを発光層に用いた発光素子13を作製し、実施例2で合成方法の一例を示した2Ph-cgDBCzPAを発光層に用いた発光素子14を作製した。また、各発光素子の特性について測定した結果を示す。なお、本実施例における発光素子13および発光素子14の作製方法については、発光層からゲスト材料を省き、電子輸送層に2, 2'-(ピリジン-2, 6-ジイル)ビス(4-フェニルベンゾ[h]キナゾリン)(略称: 2, 6(P-Bq n)2Py)を用いた以外は実施例4と同様であるので説明を省略する。また、本実施例で用いた材料の化学式を以下に示す。

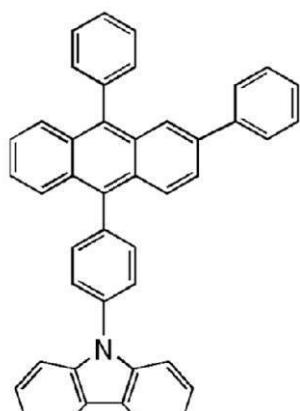
50

【 0 4 3 2 】

【化 4 7 】



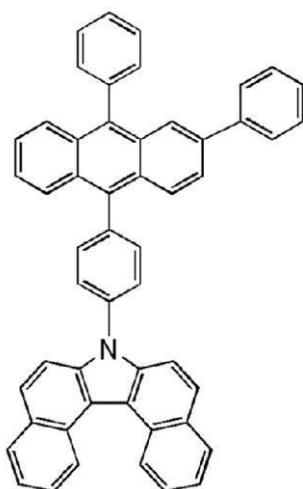
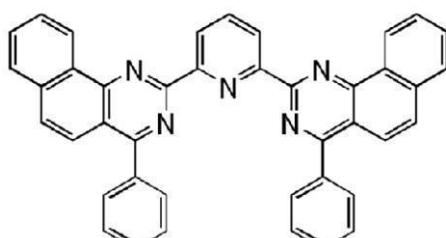
PCPPn



2Ph-CzPA

(100)

10

2Ph-cgDBCzPA  
(200)

2,6(P-Bqn)2Py

20

30

【 0 4 3 3 】

発光素子 1 3 および発光素子 1 4 の作製

本実施例で作製した発光素子 1 3 および発光素子 1 4 の素子構造を表 9 に示す。

【 0 4 3 4 】

【表9】

	第1 の電極	正孔 注入層	正孔 輸送層	発光層	電子 輸送層	電子 注入層	第2 の電極
発光素子 13	ITO (70nm)	PCPPn:MoOx (4:2 10nm)	PCPPn (30nm)	2Ph-CzPA (25nm)	2,6(P-Bqn)2Py (25nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
発光素子 14	ITO (70nm)	PCPPn:MoOx (4:2 10nm)	PCPPn (30nm)	2Ph-cgDBCzPA (25nm)	2,6(P-Bqn)2Py (25nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

10

20

30

40

50

## 【0435】

## 発光素子13および発光素子14の動作特性

次に、作製した発光素子13および発光素子14の動作特性について測定した。なお、測定は室温(25℃に保たれた雰囲気)で行った。

## 【0436】

発光素子13および発光素子14の電流密度-輝度特性を図50、電圧-輝度特性を図51、輝度-電流効率特性を図52、電圧-電流特性を図53にそれぞれ示す。

## 【0437】

また、1000cd/m<sup>2</sup>付近における各発光素子の主な初期特性値を以下の表10に示す。

## 【0438】

## 【表10】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度(x,y)	輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	電流効率 (cd/A)	パワー効率 (lm/W)	外部量子効率 (%)
発光素子 13	3.4	0.75	19	(0.14,0.09)	780	4.2	3.9	5.8
発光素子 14	3.2	0.680	17	(0.15,0.11)	960	5.6	5.5	6.3

## 【0439】

また、発光素子13および発光素子14に12.5mA/cm<sup>2</sup>の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図54に示す。図54において、発光素子13および発光素子14の発光スペクトルは458nm付近にピークを有しており、各発光素子のEL層に用いた有機化合物、2Ph-CzPAまたは2Ph-cgDBCzPAの発光に由来していることが示唆される。

## 【0440】

## &lt;発光素子の遅延蛍光測定&gt;

次に、発光素子13および発光素子14について、遅延蛍光測定を行った。測定にはピコ秒蛍光寿命測定システム(浜松ホトニクス社製)を用いた。本測定では、発光素子における蛍光発光の寿命を測定するため、発光素子に矩形パルス電圧を印加し、その電圧の立ち下りから減衰していく発光をストリーカカメラにより時間分解測定した。パルス電圧は10Hzの周期で印加し、繰り返し測定したデータを積算することにより、S/N比の高いデータを得た。また、測定は室温(25℃に保たれた雰囲気)で行った。

## 【0441】

測定により得られた減衰曲線を図55に示す。なお、図55において、横軸は、パルス電圧の立下りからの経過時間(μs)を示し、縦軸は、相対発光強度(任意単位)を示す。さらに、図55に示す減衰曲線について、下記式(1)を用いてフィッティングを行った。

## 【0442】

## 【数1】

$$L = \sum_{n=1} A_n \exp\left(-\frac{t}{a_n}\right) \cdots (1)$$

10

## 【0443】

但し、数式(1)において、Lは規格化した発光強度を表し、tは経過時間を表す。

## 【0444】

図55に示す減衰曲線のフィッティングを行った結果、nを1及び2としてフィッティングを行うことができた。なお、減衰曲線のフィッティングを求め、そのフィッティング曲線をt=0に外挿することにより発光素子から得られる全発光に占める遅延蛍光成分の割合を求めた。その結果、発光素子13から得られる遅延蛍光成分は27.5%、発光素子14から得られる遅延蛍光成分は17.4%と算出された。すなわち、どちらの発光素子からも15%以上の遅延蛍光成分が観測された。

20

## 【0445】

以上の結果から、2Ph-CzPA、および2Ph-cgDBCzPAのいずれの化合物も、効率よくTTAを生成できることがわかる。この一因としては、アントラセンの2位にフェニル基を有することで、当該分子のT1からTnへの遷移の振動子強度が増加した事が考えられる。蛍光発光素子において、その効率の向上にはホスト材料でTTAの発生割合を向上させ、TTAによって生成した多くの一重項エネルギーをドーパントに移動させることが有用な方法の一つであると考えられている。ホスト材料のTTAの発生割合を増加させるためには、ホスト分子のT1からTnへの遷移確率の上昇による寄与が大きい。この遷移確率の上昇には分子内のT1からTnへの遷移の振動子強度の増加による寄与が大きいとされており、アントラセンの2位にフェニル基を置換することでT1からTnへの遷移の振動子強度が増加する結果が計算によって得られている。

30

## 【0446】

このように、本発明の一態様の化合物は効率よくTTAを引き起こせるため、実施例3~6で示した通り、蛍光ドーパントのホストとして用いることで、高効率な蛍光素子を実現できる。

## 【実施例8】

## 【0447】

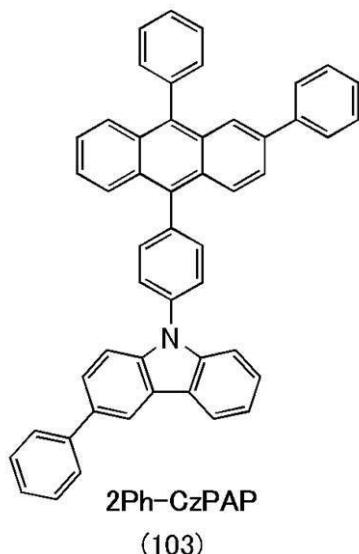
## 合成例3

本実施例では、実施の形態1の構造式(103)で表される本発明の一態様である有機化合物、9-[4-(3,10-ジフェニルアントラセン-9-イル)フェニル]-3-フェニル-9H-カルバゾール(略称:2Ph-CzPAP)の合成方法について説明する。なお、2Ph-CzPAPの構造を以下に示す。

40

## 【0448】

## 【化48】



10

## 【0449】

&lt;ステップ1：3-フェニル-9H-カルバゾールの合成&gt;

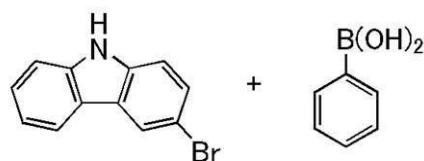
3-ブロモ-9H-カルバゾール 12.3 g (50 mmol)、フェニルボロン酸 6.7 20  
1 g (55 mmol)、炭酸カリウム 22.8 g (165 mmol)、トルエン 100 mL、エタノール 25 mL、水道水 82 mL を 300 mL のフラスコに入れ、減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物に酢酸パラジウム 112 mg (0.50 mmol)、トリス(オルトトリル)ホスフィン 304 mg (1.0 mmol) を加え約4時間加熱還流し、反応させた。

## 【0450】

室温まで冷却後、この反応液を有機層と水層に分液した。得られた有機層を飽和食塩水で洗浄した。この溶液に硫酸マグネシウムを加えて水分を乾燥させた後、ろ別した。この溶液を濃縮し、得られた混合物をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られた溶液を濃縮し、得られた混合物をエタノールで再結晶した。析出した固体を室温にてろ過し、得られたろ物を減圧下に乾燥させると目的物である白色固体を 11.1 g、収率 9 30  
1 % で得た。また、ステップ1の合成スキームを下記式(c-1)に示す。

## 【0451】

## 【化49】

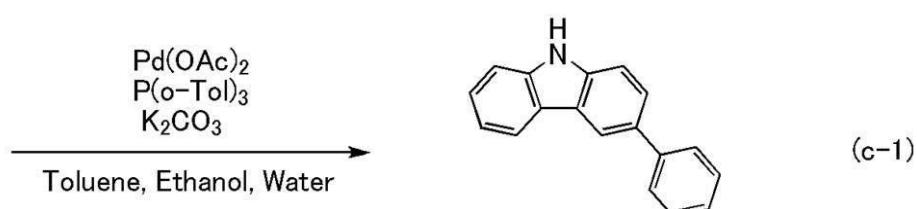


30

30

30

40



## 【0452】

なお、上記ステップ1で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法(<sup>1</sup>H-NMR)による分析結果を下記に示す。このことから、本実施例において、有機化合物、3-フェニル-9

50

H - カルバゾールが合成できたことがわかった。

【0453】

<sup>1</sup> H - NMR . ( C D C l <sub>3</sub> ) : 8 . 2 9 ( d , J = 1 . 5 Hz , 1 H ) , 8 . 1 3 ( d , J = 7 . 5 Hz , 1 H ) , 8 . 0 7 - 8 . 1 0 ( b r s , 1 H ) , 7 . 7 1 ( d d , J = 1 . 0 Hz , 8 . 5 Hz , 2 H ) , 7 . 6 7 ( d d , J = 1 . 5 Hz , 8 . 0 Hz , 1 H ) , 7 . 4 1 - 7 . 5 1 ( m , 5 H ) , 7 . 3 4 ( t d , J = 8 . 0 Hz , 1 . 0 Hz , 1 H ) 7 . 2 6 ( t d , J = 7 . 0 Hz , 1 . 5 Hz , 1 H ) .

【0454】

<ステップ2：2Ph-CzPAPの合成>

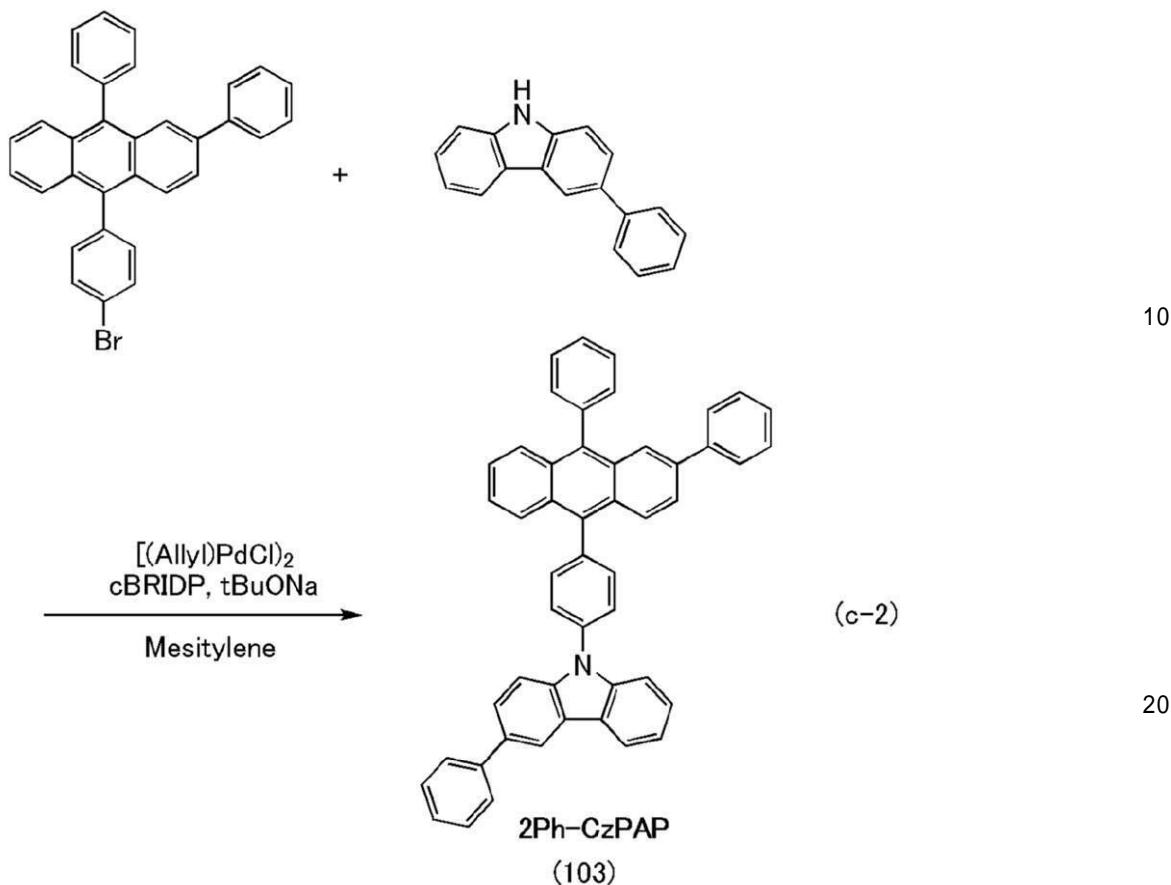
9 - ( 4 - ブロモフェニル ) - 3 , 1 0 - ジフェニルアントラセン 4 . 8 5 g ( 1 0 . 0 mmol ) ( 実施例1のステップ6参照 ) 、 3 - フェニル - 9H - カルバゾール 2 . 5 5 g ( 1 0 . 5 mmol ) 、 t e r t - プトキシナトリウム 2 . 8 8 g ( 3 0 . 0 mmol ) 、 メシチレン 5 0 mL を 2 0 0 mL のフラスコに入れ、減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。ここで、アリル塩化パラジウムダイマー ( II ) ( 略称 : [ ( A l l y l ) P d C l ] <sub>2</sub> ) 3 7 mg ( 0 . 1 0 mmol ) 、ジ - t e r t - ブチル ( 1 - メチル - 2 , 2 - ジフェニルシクロプロピル ) ホスフィン ( 略称 : c B R I D P ) 1 4 1 mg ( 0 . 4 0 mmol ) を加え、 1 1 時間加熱還流した。  
10

【0455】

この反応溶液を、セライト、アルミナ、フロリジールにてろ過し、熱したトルエンで洗浄した。この溶液を濃縮し、得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られた溶液を濃縮し、この混合物をトルエンとエタノールにて再結晶した。室温にて析出した固体をろ過し、得られたろ物を減圧下に乾燥すると、目的物である黄色固体を 5 . 9 g 、収率 9 1 % で得た。また、ステップ2の合成スキームを下記式 ( c - 2 ) に示す。  
20

【0456】

## 【化 5 0】



## 【0457】

なお、上記ステップ2で得られた黄色固体の核磁気共鳴分光法(<sup>1</sup>H-NMR)による分析結果を下記に示す。また、<sup>1</sup>H-NMRチャートを図56に示す。このことから、本実施例において、上述の構造式で表される本発明の一態様である有機化合物、2Ph-CzPAPが合成できたことがわかった。

## 【0458】

<sup>1</sup>H-NMR. (CDC1<sub>3</sub>): 8.42(s, 1H), 8.26(d, J = 7.5 Hz, 1H), 7.95(s, 1H), 7.94(d, J = 9.0 Hz, 1H), 7.85-7.89(m, 3H), 7.70-7.79(m, 9H), 7.62-7.66(m, 2H), 7.49-7.60(m, 8H), 7.31-7.47(m, 7H).

## 【0459】

次に、得られた固体3.0gをトラインサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製としては、圧力3.2Pa、アルゴン流量12mL/minの条件で、315で加熱して行った。昇華精製後、黄色固体2.4g、回収率78%で得た。

## 【0460】

次に、2Ph-CzPAPのトルエン溶液の紫外可視吸収スペクトル(以下、単に「吸収スペクトル」という)及び発光スペクトルを測定した。なお、測定方法は、実施例1と同様なので説明は省略する。得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図57に示す。横軸は波長、縦軸は吸光度および発光強度を表す。また、図57において2本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図57に示す吸光度は、トルエン溶液(0.02mmol/L)を石英セルに入れて測定した吸光度から、トルエンのみを石英セルに入れて測定した吸光度を差し引いた結果を示している。

## 【実施例9】

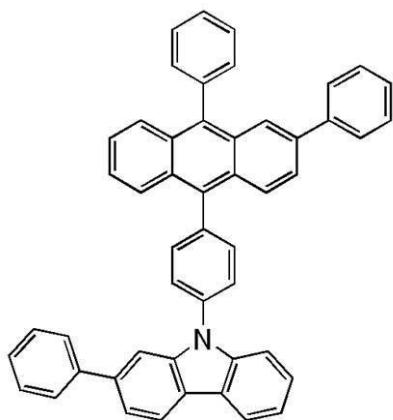
## 【0461】

## 合成例4

本実施例では、実施の形態1の構造式(102)で表される本発明の一態様である有機化合物、9-[4-(3,10-ジフェニルアントラセン-9-イル)フェニル]-2-フェニル-9H-カルバゾール(略称：2Ph-CzPAP-02)の合成方法について説明する。なお、2Ph-CzPAP-02の構造を以下に示す。

## 【0462】

## 【化51】



10

20

2Ph-CzPAP-02  
(102)

30

## 【0463】

## &lt;ステップ1：2-フェニル-9H-カルバゾールの合成&gt;

2-ブロモ-9H-カルバゾール12.1g(50mmol)、フェニルボロン酸6.71g(55mmol)、炭酸カリウム22.8g(165mmol)、トルエン100mL、エタノール25mL、水道水82mLを300mLのフラスコに入れ、減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物に酢酸パラジウム112mg(0.50mmol)、トリス(オルトトリル)ホスфин304mg(1.0mmol)を加え約6時間加熱還流し、反応させた。

30

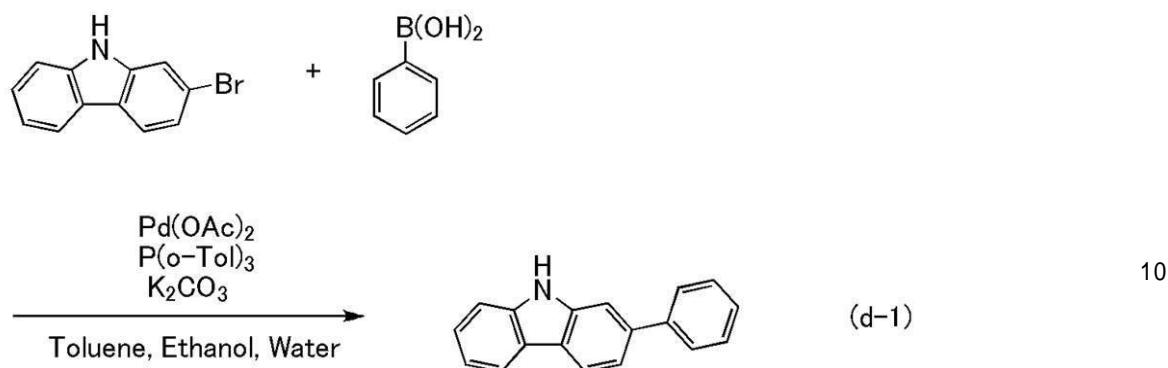
## 【0464】

室温まで冷却後、この反応液を有機層と水層に分液した。得られた有機層を飽和食塩水で洗浄した。この溶液に硫酸マグネシウムを加えて水分を乾燥させた後、ろ別した。この溶液を濃縮し、得られた混合物をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られた溶液を濃縮し、得られた混合物をエタノールで再結晶した。析出した固体を室温にてろ過し、得られたろ物を減圧下に乾燥させると目的物である白色固体を8.6g、収率71%で得た。また、ステップ1の合成スキームを下記式(d-1)に示す。

## 【0465】

40

## 【化52】



## 【0466】

なお、上記ステップ1で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法(<sup>1</sup>H-NMR)による分析結果を下記に示す。このことから、ステップ1において、有機化合物、2-フェニル-9H-カルバゾールが合成できたことがわかった。

## 【0467】

<sup>1</sup>H-NMR. (CDCl<sub>3</sub>) : 8.11(d, J = 8 Hz, 1H), 8.08(d, J = 8 Hz, 1H), 8.03(br s, 1H), 7.66-7.70(m, 2H), 7.61-7.63(m, 1H), 7.39-7.50(m, 5H), 7.32-7.37(m, 1H) 7.24(td, J = 5.5 Hz, 2.5 Hz, 1H). 20

## 【0468】

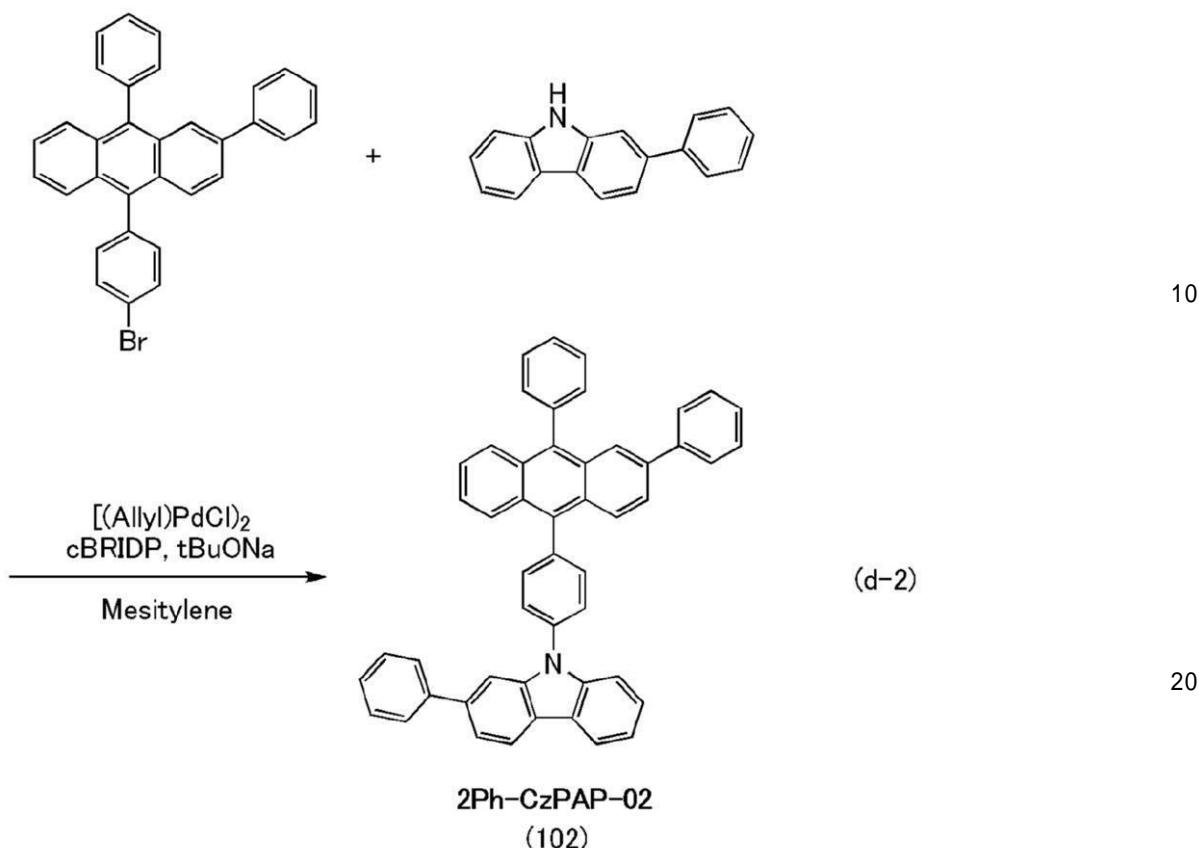
<ステップ2: 2Ph-CzPAP-02の合成>  
9-(4-ブロモフェニル)-3,10-ジフェニルアントラセン4.4g(9.0mmol)（実施例1のステップ6参照）、2-フェニル-9H-カルバゾール2.3g(9.45mmol)、tert-ブトキシナトリウム2.6g(2.7mmol)、メチレン4.5mLを200mLのフラスコに入れ、減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。ここで、アリル塩化パラジウムダイマー(I I)（略称：[(Allyl)PdCl]<sub>2</sub>）33mg(0.09mmol)、ジ-tert-ブチル(1-メチル-2,2-ジフェニルシクロプロピル)ホスフィン（略称：cBRIDP）127mg(0.36mmol)を加え、約9時間加熱還流した。 30

## 【0469】

この反応溶液を、セライト、アルミナ、フロリジールにてろ過した。このろ液を濃縮し、トルエン溶液を加えて溶解させ、この溶液をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られた溶液を濃縮し、析出した固体をトルエンとエタノールにて再結晶した。室温にて析出した固体をろ過し、得られたろ物を減圧下に乾燥すると、目的物である黄色固体を5.3g、収率91%で得た。また、ステップ2の合成スキームを下記式(d-2)に示す。

## 【0470】

## 【化53】



## 【0471】

なお、上記ステップ2で得られた黄色固体の核磁気共鳴分光法(<sup>1</sup>H-NMR)による分析結果を下記に示す。また、<sup>1</sup>H-NMRチャートを図58に示す。このことから、本実施例において、上述の構造式で表される本発明の一態様である有機化合物、2Ph-CzPAP-02が合成できたことがわかった。

30

## 【0472】

<sup>1</sup>H-NMR.(CDCl<sub>3</sub>): 8.26(d, J=8Hz, 1H), 8.22(d, J=7.5Hz, 1H), 7.95(s, 1H), 7.94(d, J=7.5Hz, 1H), 7.84-7.89(m, 4H), 7.71-7.78(m, 6H), 7.68(d, J=9Hz, 1H), 7.31-7.66(m, 18H).

## 【0473】

次に、得られた固体2.8gをトラインサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製としては、圧力3.0Pa、アルゴン流量13mL/minの条件で、315で加熱して行った。昇華精製後、黄色固体2.4g、回収率84%で得た。

30

## 【0474】

次に、2Ph-CzPAP-02のトルエン溶液の紫外可視吸収スペクトル(以下、単に「吸収スペクトル」という)及び発光スペクトルを測定した。なお、測定方法は、実施例1と同様なので説明は省略する。得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図59に示す。横軸は波長、縦軸は吸光度および発光強度を表す。また、図59において2本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図59に示す吸光度は、トルエン溶液(0.02mmol/L)を石英セルに入れて測定した吸光度から、トルエンのみを石英セルに入れて測定した吸光度を差し引いた結果を示している。

40

## 【実施例10】

## 【0475】

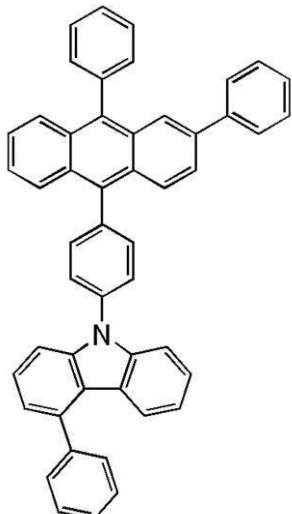
50

## 合成例 5

本実施例では、実施の形態 1 の構造式(104)で表される本発明の一態様である有機化合物、9-[4-(3,10-ジフェニルアントラセン-9-イル)フェニル]-4-フェニル-9H-カルバゾール(略称:2Ph-CzPAP-03)の合成方法について説明する。なお、2Ph-CzPAP-03の構造を以下に示す。

【0476】

【化54】



2Ph-CzPAP-03

(104)

10

20

30

40

【0477】

&lt;ステップ1：4-フェニル-9H-カルバゾールの合成&gt;

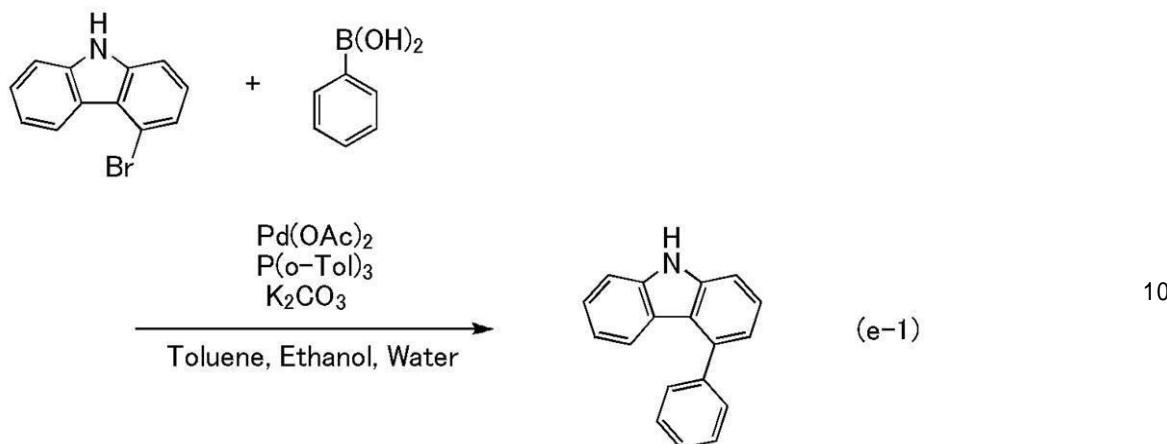
4-ブロモ-9H-カルバゾール12.3g(50mmol)、フェニルボロン酸6.71g(55mmol)、炭酸カリウム22.8g(165mmol)、トルエン100mL、エタノール25mL、水道水82mLを300mLのフラスコに入れ、減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物に酢酸パラジウム112mg(0.50mmol)、トリス(オルトトリル)ホスフィン304mg(1.0mmol)を加え約8時間加熱還流し、反応させた。

【0478】

室温まで冷却後、この反応液を有機層と水層に分液した。得られた有機層を飽和食塩水で洗浄した。この溶液に硫酸マグネシウムを加えて水分を乾燥させた後、ろ別した。この溶液を濃縮し、得られた混合物をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られた溶液を濃縮し、得られた混合物をエタノールで再結晶した。析出した固体を室温にてろ過し、得られたろ物を減圧下に乾燥させると目的物である白色固体を7.7g、収率63%で得た。また、ステップ1の合成スキームを下記式(e-1)に示す。

【0479】

## 【化55】



## 【0480】

なお、上記ステップ1で得られた白色固体の核磁気共鳴分光法(<sup>1</sup>H-NMR)による分析結果を下記に示す。このことから、ステップ1において、有機化合物、4-フェニル-9H-カルバゾールが合成できたことがわかった。

## 【0481】

<sup>1</sup>H-NMR. (CDCl<sub>3</sub>) : 8.14 (br s, 1H), 7.61-7.65 (m, 2H), 7.50-7.55 (m, 2H), 7.38-7.49 (m, 5H), 7.32-7.38 (m, 1H), 7.11 (dd, J = 1 Hz, 6.5 Hz, 1H), 6.95-7.00 (m, 1H).

20

## 【0482】

<ステップ2: 2Ph-CzPAP-03の合成>  
9-(4-ブロモフェニル)-3,10-ジフェニルアントラセン4.4g(9.0mmol)（実施例1のステップ6参照）、4-フェニル-9H-カルバゾール2.3g(9.45mmol)、tert-ブトキシナトリウム2.6g(27mmol)、メシチレン45mLを200mLのフラスコに入れ、減圧下に脱気処理をした後、フラスコ内を窒素置換した。ここで、アリル塩化パラジウムダイマー(I I)（略称：[(Allyl)PdCl]<sub>2</sub>）33mg(0.09mmol)、ジ-tert-ブチル(1-メチル-2,2-ジフェニルシクロプロピル)ホスフィン（略称：CBRIDP）127mg(0.36mmol)を加え、約11時間加熱還流した。

30

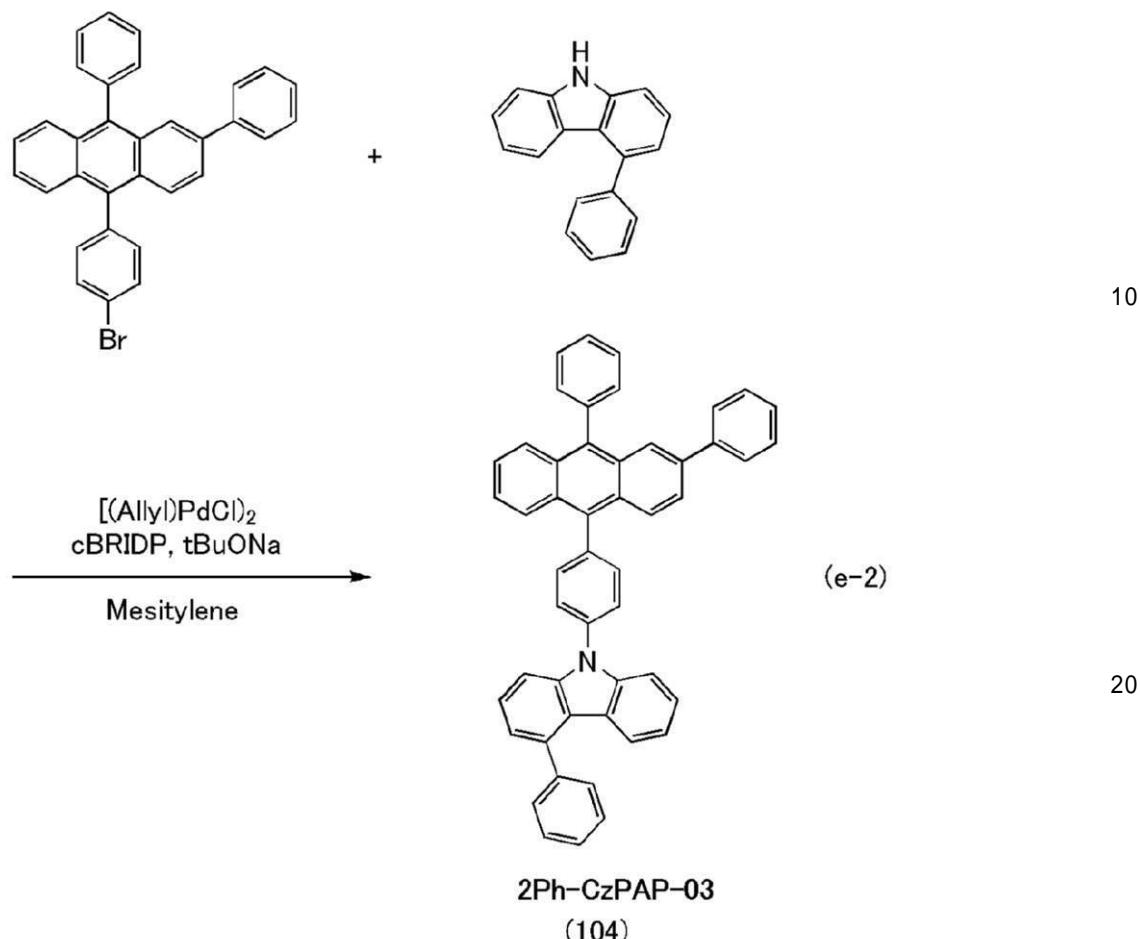
## 【0483】

この反応溶液を、セライト、アルミナ、フロリジールにてろ過した。この有機層を濃縮し、得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製した。得られた溶液を濃縮し、析出した固体をトルエンとエタノールにて再結晶した。室温にて析出した固体をろ過し、得られたろ物を減圧下に乾燥すると、目的物である黄色固体を3.0g、収率51%で得た。また、ステップ2の合成スキームを下記式(e-2)に示す。

40

## 【0484】

## 【化56】



## 【0485】

なお、上記ステップ2で得られた黄色固体の核磁気共鳴分光法(<sup>1</sup>H-NMR)による分析結果を下記に示す。また、<sup>1</sup>H-NMRチャートを図60に示す。このことから、本実施例において、上述の構造式で表される本発明の一態様である有機化合物、2Ph-CzPAP-03が合成できたことがわかった。

30

## 【0486】

<sup>1</sup>H-NMR. (CDCl<sub>3</sub>): 7.95(s, 1H), 7.95(d, J = 11.5 Hz, 1H), 7.83 - 7.88(m, 3H), 7.70 - 7.79(m, 6H), 7.61 - 7.68(m, 4H), 7.50 - 7.60(m, 10H), 7.37 - 7.47(m, 5H), 7.31 - 7.36(m, 1H), 7.22(d, J = 6 Hz, 1H), 7.09(t, J = 7 Hz, 1H).

30

## 【0487】

次に、得られた固体5.0gをトレインサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製としては、圧力3.0Pa、アルゴン流量13mL/minの条件で、320で加熱して行った。昇華精製後、黄色固体4.5g、回収率91%で得た。

40

## 【0488】

次に、2Ph-CzPAP-03のトルエン溶液の紫外可視吸収スペクトル(以下、単に「吸収スペクトル」という)及び発光スペクトルを測定した。なお、測定方法は、実施例1と同様なので説明は省略する。得られた吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図61に示す。横軸は波長、縦軸は吸光度および発光強度を表す。また、図61において2本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図61に示す吸光度は、トルエン溶液(0.02mmol/L)を石英セルに入れて測定した吸光度から、トルエンのみを石英セルに入れて測定した吸光度

40

50

を差し引いた結果を示している。

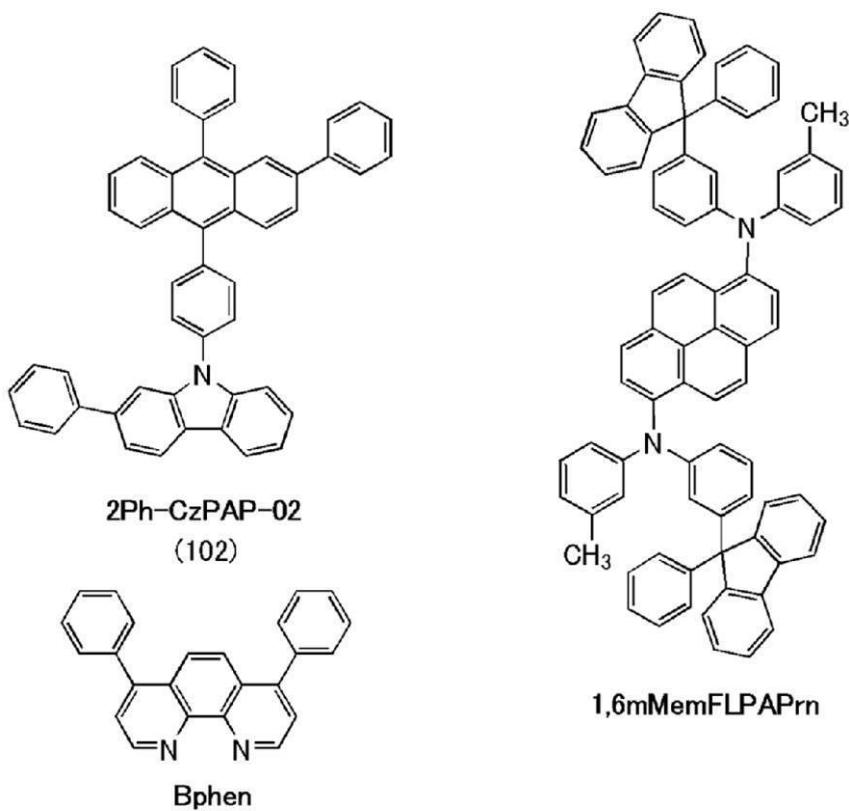
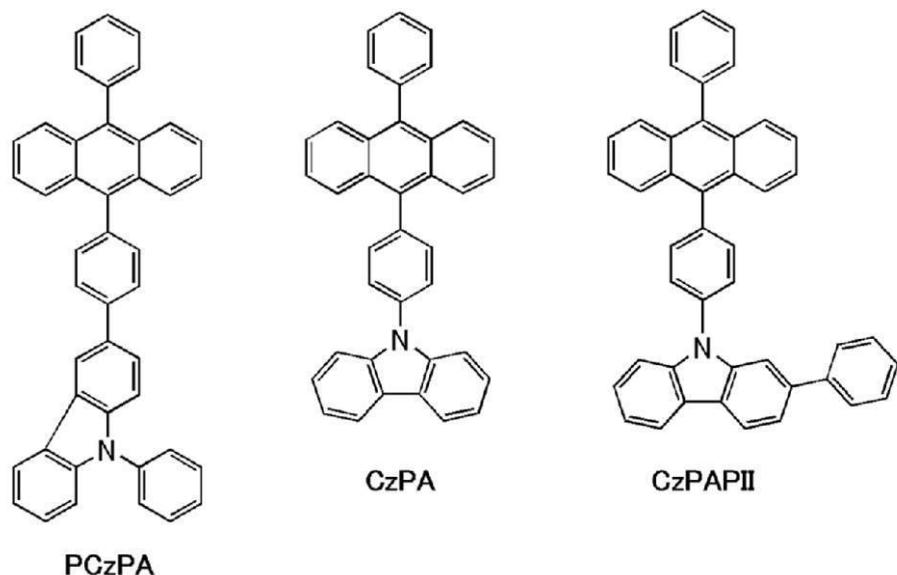
【実施例 11】

【0489】

本実施例では、本発明の一態様である発光素子として、実施例 9 で合成方法の一例を示した 2 Ph-CzPAP-02 を発光層のホスト材料に用いた発光素子 15、比較発光素子として、CzPA を発光層のホスト材料に用いた比較発光素子 16、また、2-フェニル-9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称: CzPAPII)を発光層のホスト材料に用いた比較発光素子 17 をそれぞれ作製し、これらの発光素子の特性について測定した結果を示す。なお、本実施例における発光素子 15、比較発光素子 16、および比較発光素子 17 の作製方法については、他の実施例を参照することとし、説明を省略する。また、本実施例で用いた材料の化学式を以下に示す。

【0490】

【化 5 7】



30

40

【0 4 9 1】

発光素子 15、比較発光素子 16、および比較発光素子 17 の作製

本実施例で作製した発光素子 15、比較発光素子 16、および比較発光素子 17 の素子構造を表 1 1 に示す。

【0 4 9 2】

【表11】

	第1 の電極	正孔 注入層	正孔 輸送層	発光層	電子輸送層		電子 注入層	第2 の電極
発光素子 15	ITO (70nm)	PCzPA:MoOx (4:2 10nm)	PCzPA (30nm)	*	2Ph-CzPAP-02 (10nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比較 発光素子 16	ITO (70nm)	PCzPA:MoOx (4:2 10nm)	PCzPA (30nm)	**	CzPA (10nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)
比較 発光素子 17	ITO (70nm)	PCzPA:MoOx (4:2 10nm)	PCzPA (30nm)	***	CzPAPII (10nm)	Bphen (15nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

\* 2Ph-CzPAP-02:1,6mMemFLPAPrn (1:0.03 25nm)

\*\* CzPA:1,6mMemFLPAPrn (1:0.03 25nm)

\*\*\* CzPAPII:1,6mMemFLPAPrn (1:0.03 25nm)

10

20

30

40

## 【0493】

発光素子15、比較発光素子16、および比較発光素子17の動作特性

次に、作製した発光素子15、比較発光素子16、および比較発光素子17の動作特性について測定した。なお、測定は室温(25に保たれた雰囲気)で行った。

## 【0494】

発光素子15、比較発光素子16、および比較発光素子17の電流密度-輝度特性を図62、電圧-輝度特性を図63、輝度-電流効率特性を図64、電圧-電流特性を図65にそれぞれ示す。

## 【0495】

また、1000cd/m<sup>2</sup>付近における各発光素子の主な初期特性値を以下の表12に示す。

## 【0496】

## 【表12】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度(x,y)	輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	電流効率 (cd/A)	パワー効率 (lm/W)	外部量子効率 (%)
発光素子 15	2.9	0.17	4.3	(0.14,0.20)	530	12	13	9.2
比較 発光素子 16	3.1	0.51	13	(0.14,0.15)	1300	10	10	9.2
比較 発光素子 17	3.1	0.40	10	(0.14,0.15)	1000	10	10	9

## 【0497】

また、発光素子15、比較発光素子16、および比較発光素子17に12.5mA/cm<sup>2</sup>の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図66に示す。図66において、発光

50

素子 15、比較発光素子 16、および比較発光素子 17 の発光スペクトルは、いずれも 466 nm 付近にピークを有しており、各発光素子の EL 層に用いた有機化合物、1,6-m-Me m F L P A P r n の青色発光に由来していることが示唆される。

#### 【0498】

次に、各発光素子に対する信頼性試験を行った。信頼性試験の結果を図 67 に示す。図 67において、縦軸は初期輝度を 100 % とした時の規格化輝度 (%) を示し、横軸は素子の駆動時間 (h) を示す。なお、信頼性試験は、各発光素子の電流密度の初期値を 50 mA / cm<sup>2</sup> に設定し、電流密度一定の条件で発光素子を駆動させた。

#### 【0499】

発光素子 15 と比較発光素子 16 とを比較すると、効率、駆動電圧、信頼性のいずれにおいても発光素子 15 の方が良好な特性を示している。発光素子 15 で用いた 2Ph-CzPAP-02 は、比較発光素子 16 で用いた CzPA の構造に対して、アントリル基にフェニル基が導入されている点が異なる。なお、アントリル基は、これらの分子の HOMO 準位および LUMO 準位を決定する骨格であるため、ここにフェニル基を導入することで、2Ph-CzPAP-02 の HOMO 準位を高くすることができる。アントリル基にフェニル基を導入した 2Ph-CzPAP-02 は、CzPA や CzPAPII と比較して HOMO 準位が高くなる。従って、2Ph-CzPAP-02 を発光層に用いると、発光層へのキャリア注入障壁を小さくすることができるので、発光素子 15 の駆動電圧は低下する。

#### 【0500】

また、発光素子 15 と比較発光素子 17 とを比較すると、効率、駆動電圧、信頼性のいずれにおいても発光素子 15 の方が良好な特性を示している。発光素子 15 で用いた 2Ph-CzPAP-02 および比較発光素子 17 で用いた CzPAPII は、いずれもカルバゾリル基にフェニル基を導入した構造を有するが、カルバゾリル基は、これらの分子の HOMO 準位および LUMO 準位の決定には支配的には作用しないため、フェニル基が導入されても HOMO 準位および LUMO 準位は影響を受けず、発光素子の駆動電圧に変化は見られなかった。

#### 【0501】

従って、分子の HOMO 準位および LUMO 準位を決定する基にフェニル基のような、HOMO 準位を高くし、LUMO 準位を低くする置換基を導入した有機化合物を発光層に用いることで、発光素子の駆動電圧を低減させることができる。

#### 【0502】

また、比較発光素子 16 と比較発光素子 17 とを比較すると、CzPA のカルバゾリル基にフェニル基を導入しても効率の向上や駆動電圧の低減は実現できず、これらの特性は CzPA と CzPAPII で同等の結果を与えている。さらに、信頼性については、比較発光素子 16 よりも比較発光素子 17 の方が低下しており、このことは CzPA のカルバゾリル基にフェニル基を導入した CzPAPII の構造に起因するものと考えられる。しかし、発光素子 15 は、2Ph-CzPAP-02 が、カルバゾリル基にフェニル基を導入した構造を有するにもかかわらず信頼性が向上する結果が得られた。このことは、2Ph-CzPAP-02 が、アントリル基にフェニル基を導入した構造を有すことに起因する結果であると言える。このように共通の構造を有していても分子の修飾により特性の向上が得られることは、想像に難しい結果であると言える。

#### 【0503】

##### (参考合成例)

以下に、本明細書中の実施例で用いた、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]-アントラセン-9,10-ジアミン(略称: 9,10-mMe m F L P A 2A)の合成方法について説明する。なお、9,10-mMe m F L P A 2A の構造を以下に示す。

#### 【0504】

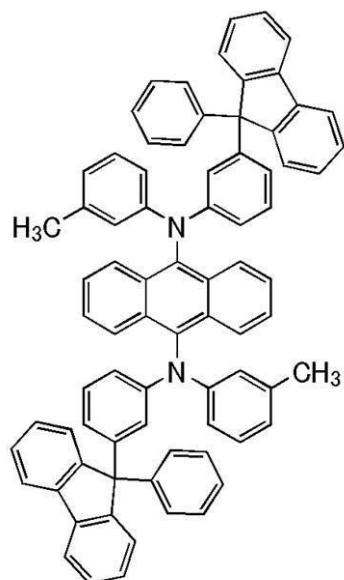
10

20

30

40

## 【化58】



9,10mMemFLPA2A

10

20

## 【0505】

9,10 - ジブロモアントラセン 0.5 g (1.4 mmol)、3 - メチルフェニル - 3 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニルアミン 1.3 g (3.0 mmol)、ナトリウム *t* *e* *r* *t* - プトキシド 0.4 g (4.4 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。

## 【0506】

この混合物にトルエン 14.7 mL、トリ(*t* *e* *r* *t* - ブチル)ホスフィンの 10% ヘキサン溶液 0.2 mL を加えた。この混合物を 80° にした後、ビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム (0) 62.9 mg (0.1 mmol) とトリ(*t* *e* *r* *t* - ブチル)ホスフィンの 10% ヘキサン溶液 0.2 mL を加え 11.8 時間攪拌した。攪拌後、トルエンを加えて加熱し、熱いまま、フロリジール、セライト、アルミナを通して吸引ろ過し、ろ液を得た。

## 【0507】

得られた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(展開溶媒はヘキサン : トルエン = 3 : 2)により精製し、黄色固体を得た。得られた黄色固体をトルエンで再結晶を行い目的の黄色固体を 1.0 g 66% の収率で得た。

## 【0508】

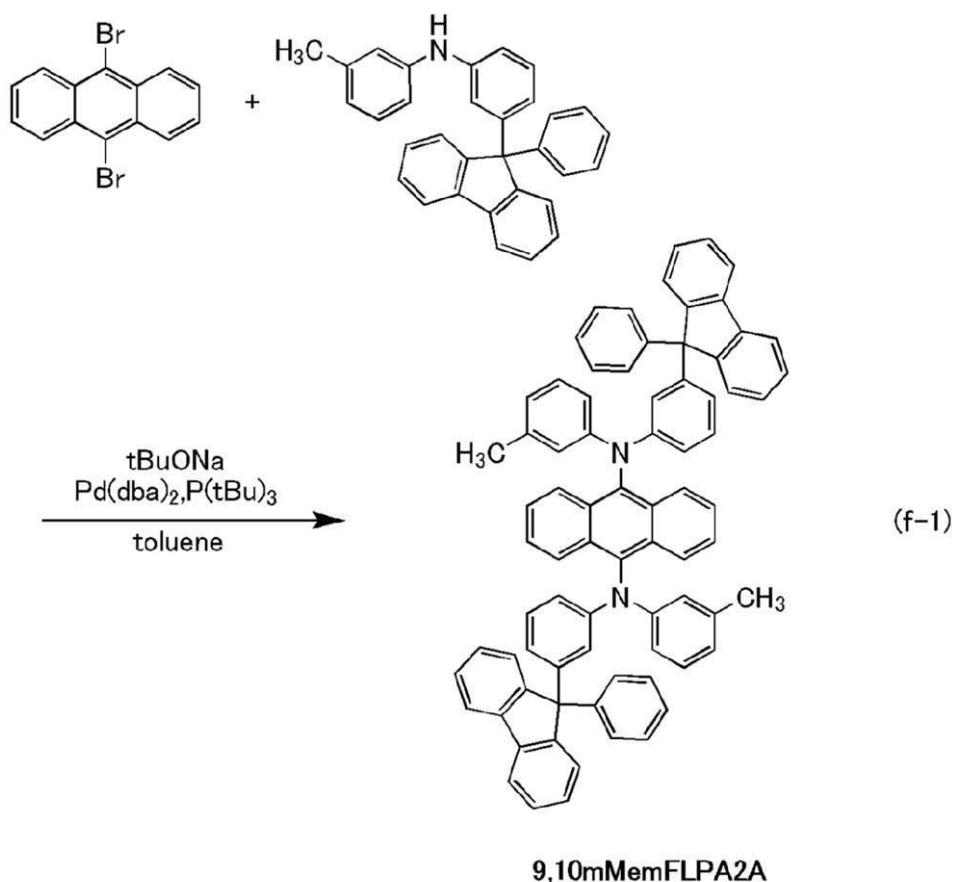
得られた黄色固体 1.0 g を、トラインサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製条件は、圧力  $2.5 \times 10^{-2}$  Pa、アルゴンガスを流さないで、315° で固体を加熱した。昇華精製後、目的の黄色固体を 0.8 g、回収率 82% で得た。また、上記合成方法の合成スキームを下記式(f-1)に示す。

## 【0509】

30

40

## 【化59】



## 【0510】

なお、上記合成方法で得られた黄色固体の核磁気共鳴分光法 (<sup>1</sup>H-NMR) による分析結果を下記に示す。このことから、有機化合物、9,10mMemFLPA2Aが合成できたことがわかった。

30

## 【0511】

<sup>1</sup>H-NMR. (CDCl<sub>3</sub>, 300MHz) : δ = 2.22 (s, 3H), 2.24 (s, 3H), 6.41-6.67 (m, 7H), 6.80-7.35 (m, 33H), 7.49 (t, J = 1.8Hz, 1H), 7.53 (t, J = 1.8Hz, 1H), 7.73 (d, J = 7.2Hz, 4H), 8.08-8.12 (m, 4H).

30

## 【符号の説明】

## 【0512】

- 101 第1の電極
- 102 E L層
- 103 第2の電極
- 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
- 121 ホスト材料
- 122 ゲスト材料
- 201 第1の電極
- 202 (1) 第1のE L層
- 202 (2) 第2のE L層

40

50

2 0 2 ( n - 1 )	第 ( n - 1 ) の E L 層	
2 0 2 ( n )	第 ( n ) の E L 層	
2 0 4	第 2 の電極	
2 0 5 ( 1 ) ~ 2 0 5 ( n - 1 )	電荷発生層	
3 0 1	素子基板	
3 0 2	画素部	
3 0 3	駆動回路部 ( ソース線駆動回路 )	
3 0 4 a 、 3 0 4 b	駆動回路部 ( ゲート線駆動回路 )	
3 0 5	シール材	10
3 0 6	封止基板	
3 0 7	配線	
3 0 8	F P C ( フレキシブルプリントサーキット )	
3 0 9	F E T	
3 1 0	F E T	
3 1 2	電流制御用 F E T	
3 1 3 a 、 3 1 3 b	第 1 の電極 ( 陽極 )	
3 1 4	絶縁物	
3 1 5	E L 層	
3 1 6	第 2 の電極 ( 陰極 )	
3 1 7 a 、 3 1 7 b	発光素子	20
3 1 8	空間	
3 2 0 a 、 3 2 0 b	導電膜	
3 2 1 、 3 2 2	領域	
3 2 3	引き回し配線	
3 2 4	有色層 ( カラーフィルタ )	
3 2 5	黒色層 ( ブラックマトリクス )	
3 2 6 、 3 2 7 、 3 2 8	F E T	
4 0 0	画素部	
4 0 1	基板	
4 0 2	第 1 の電極	30
4 0 4	第 2 の電極	
4 0 3 a 、 4 0 3 b 、 4 0 3 c	E L 層	
4 0 5	発光素子	
4 0 6	絶縁膜	
4 0 7	隔壁	
5 0 0	表示装置	
5 0 3	表示部	
5 0 4	画素	
5 0 5	導電膜	
5 0 6	位置	40
5 0 7	開口部	
5 1 0	液晶素子	
5 1 1	発光素子	
5 1 5	トランジスタ	
5 1 6	トランジスタ	
5 1 7	トランジスタ	
5 1 8	端子部	
5 1 9	端子部	
5 2 1	基板	
5 2 2	基板	50

5 2 3	発光素子	
5 2 4	液晶素子	
5 2 5	絶縁層	
5 2 8	着色層	
5 2 9	接着層	
5 3 0	導電層	
5 3 1	E L 層	10
5 3 2	導電層	
5 3 3	開口部	
5 3 4	着色層	
5 3 5	遮光層	
5 3 6	構造体	
5 3 7	導電層	
5 3 8	液晶	
5 3 9	導電層	
5 4 0	配向膜	
5 4 1	配向膜	
5 4 2	接着層	
5 4 3	導電層	
5 4 4	F P C	20
5 4 5	接続層	
5 4 6	絶縁層	
5 4 7	接続部	
5 4 8	接続体	
9 0 0	基板	
9 0 1	第 1 の電極	
9 0 2	E L 層	
9 0 3	第 2 の電極	
9 1 1	正孔注入層	
9 1 2	正孔輸送層	30
9 1 3	発光層	
9 1 4	電子輸送層	
9 1 5	電子注入層	
2 0 0 0	タッチパネル	
2 0 0 0 ,	タッチパネル	
2 5 0 1	表示パネル	
2 5 0 2 R	画素	
2 5 0 2 t	トランジスタ	
2 5 0 3 c	容量素子	
2 5 0 3 g	走査線駆動回路	40
2 5 0 3 t	トランジスタ	
2 5 0 9	F P C	
2 5 1 0	基板	
2 5 1 1	配線	
2 5 1 9	端子	
2 5 2 1	絶縁層	
2 5 2 8	絶縁体	
2 5 5 0 R	発光素子	
2 5 6 0	封止層	
2 5 6 7 B M	遮光層	50

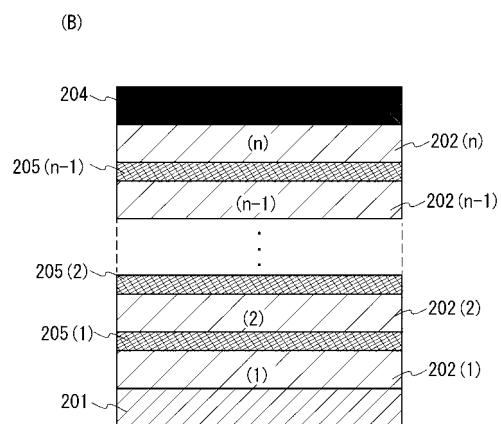
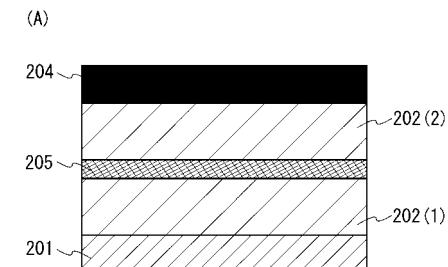
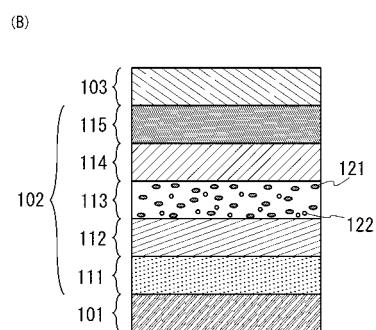
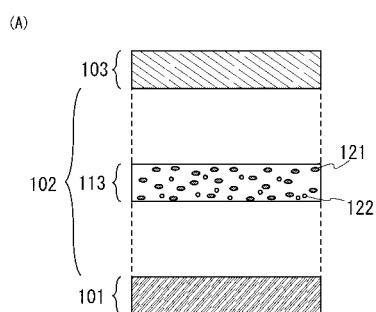
2 5 6 7 p	反射防止層	
2 5 6 7 R	着色層	
2 5 7 0	基板	
2 5 9 0	基板	
2 5 9 1	電極	
2 5 9 2	電極	
2 5 9 3	絶縁層	
2 5 9 4	配線	
2 5 9 5	タッチセンサ	
2 5 9 7	接着層	10
2 5 9 8	配線	
2 5 9 9	端子	
2 6 0 1	パルス電圧出力回路	
2 6 0 2	電流検出回路	
2 6 0 3	容量	
2 6 1 1	トランジスタ	
2 6 1 2	トランジスタ	
2 6 1 3	トランジスタ	
2 6 2 1	電極	
2 6 2 2	電極	20
3 2 0 0	基板	
3 2 0 1	陰極	
3 2 0 2	E L 層	
3 2 0 3	陽極	
3 2 1 3	発光層	
3 2 1 4	電子注入層	
3 2 1 5	正孔輸送層	
3 2 1 6	正孔注入層	
3 2 1 7	絶縁物	
3 3 0 0	ヘッド部	30
3 3 0 1 a	噴射部	
3 3 0 1 c	噴射部	
3 3 0 2 a	圧電素子	
3 3 0 2 c	圧電素子	
3 3 0 3 a	インク	
3 3 0 3 c	インク	
4 0 0 0	照明装置	
4 0 0 1	基板	
4 0 0 2	発光素子	
4 0 0 3	基板	40
4 0 0 4	電極	
4 0 0 5	E L 層	
4 0 0 6	電極	
4 0 0 7	電極	
4 0 0 8	電極	
4 0 0 9	補助配線	
4 0 1 0	絶縁層	
4 0 1 1	封止基板	
4 0 1 2	シール材	
4 0 1 3	乾燥剤	50

4 0 1 5	拡散板	
4 1 0 0	照明装置	
4 2 0 0	照明装置	
4 2 0 1	基板	
4 2 0 2	発光素子	
4 2 0 4	電極	
4 2 0 5	E L 層	10
4 2 0 6	電極	
4 2 0 7	電極	
4 2 0 8	電極	
4 2 0 9	補助配線	
4 2 1 0	絶縁層	
4 2 1 1	封止基板	
4 2 1 2	シール材	
4 2 1 3	バリア膜	
4 2 1 4	平坦化膜	
4 2 1 5	拡散板	
4 3 0 0	照明装置	
5 1 0 1	ライト	
5 1 0 2	ホイール	20
5 1 0 3	ドア	
5 1 0 4	表示部	
5 1 0 5	ハンドル	
5 1 0 6	シフトレバー	
5 1 0 7	座席シート	
5 1 0 8	インナーリアビューミラー	
7 1 0 0	テレビジョン装置	
7 1 0 1	筐体	
7 1 0 3	表示部	
7 1 0 5	スタンド	30
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	
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 3 0 2	筐体	40
7 3 0 4	表示部	
7 3 0 5	時刻を表すアイコン	
7 3 0 6	その他のアイコン	
7 3 1 1	操作ボタン	
7 3 1 2	操作ボタン	
7 3 1 3	接続端子	
7 3 2 1	バンド	
7 3 2 2	留め金	
7 4 0 0	携帯電話機	
7 4 0 1	筐体	50

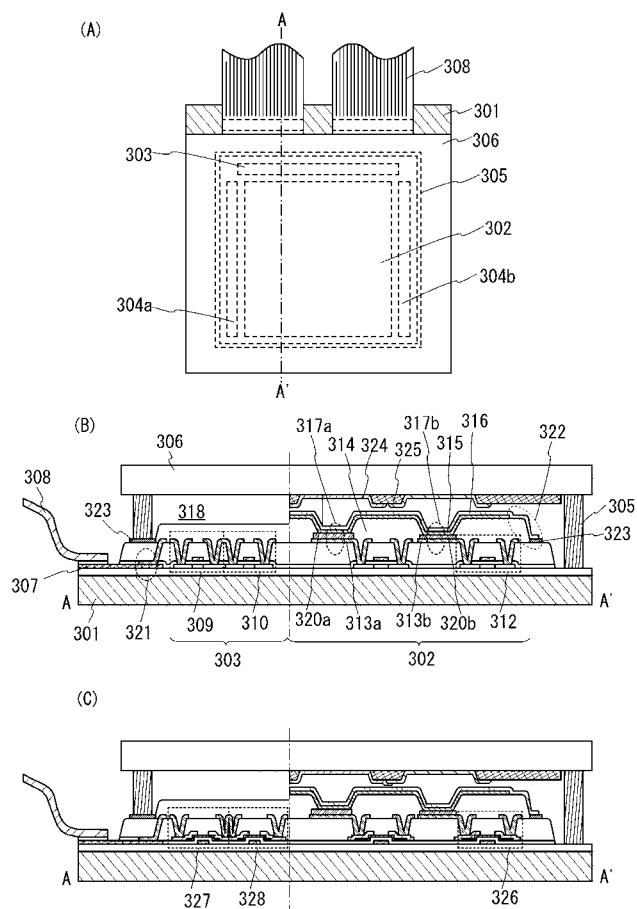
7 4 0 2	表示部
7 4 0 3	操作用ボタン
7 4 0 4	外部接続部
7 4 0 5	スピーカ
7 4 0 6	マイク
7 4 0 7	カメラ
7 5 0 0 ( 1 ) 、 7 5 0 0 ( 2 )	筐体
7 5 0 1 ( 1 ) 、 7 5 0 1 ( 2 )	第 1 面
7 5 0 2 ( 1 ) 、 7 5 0 2 ( 2 )	第 2 面
8 0 0 1	照明装置
8 0 0 2	照明装置
8 0 0 3	照明装置
9 3 1 0	携帯情報端末
9 3 1 1	表示部
9 3 1 2	表示領域
9 3 1 3	ヒンジ
9 3 1 5	筐体

10

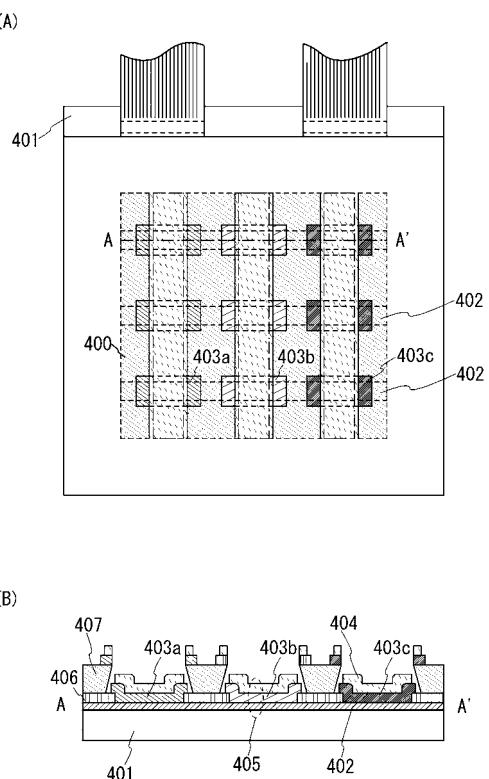
【図 1】



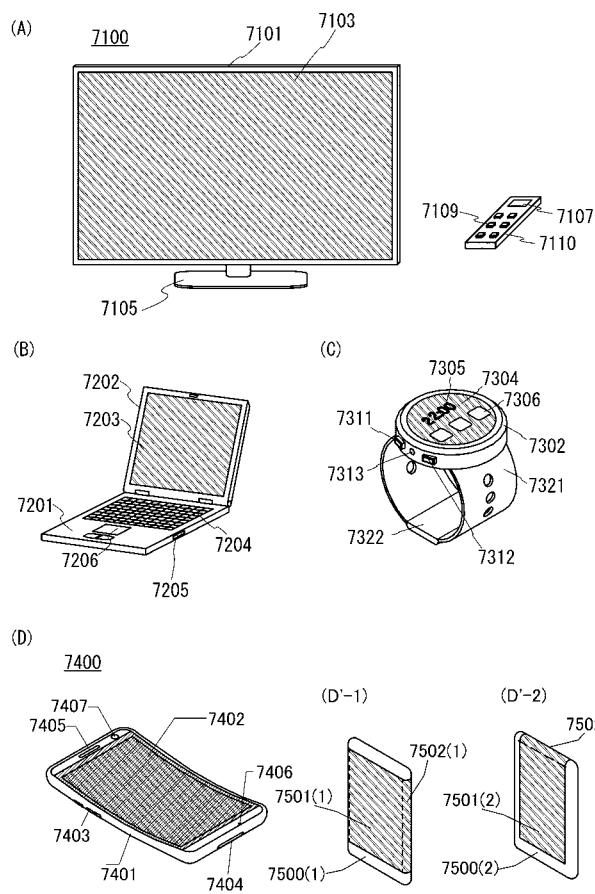
【図3】



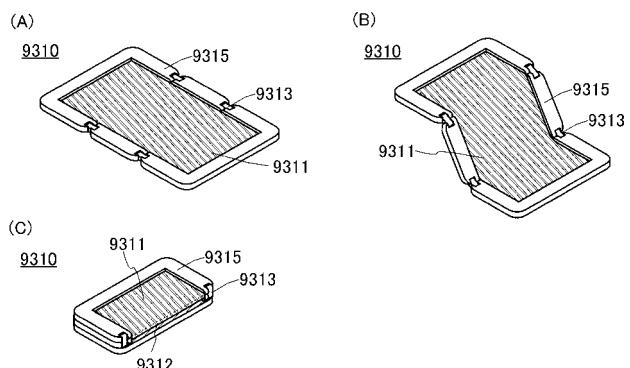
【図4】



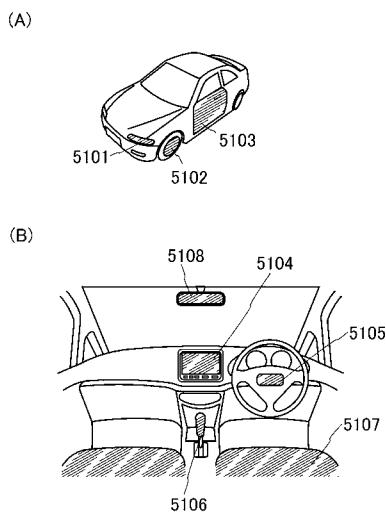
【図5】



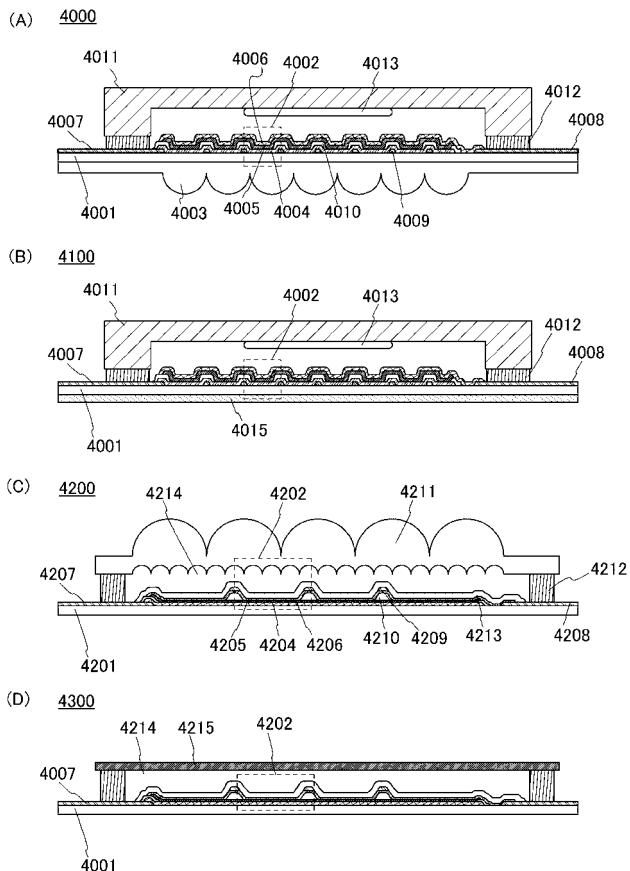
【図6】



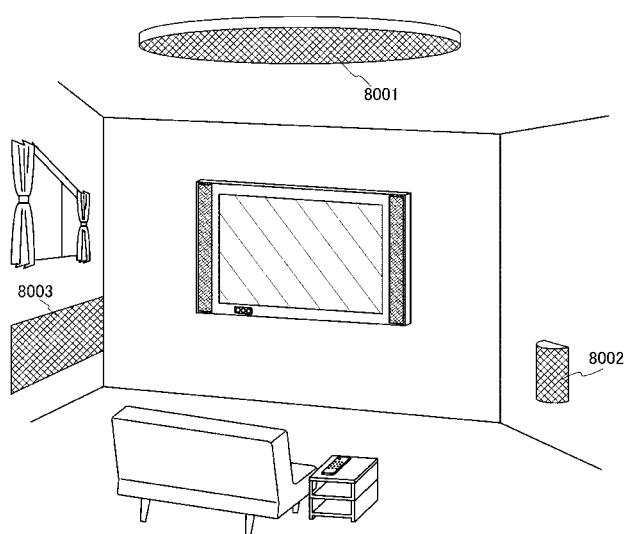
【図 7】



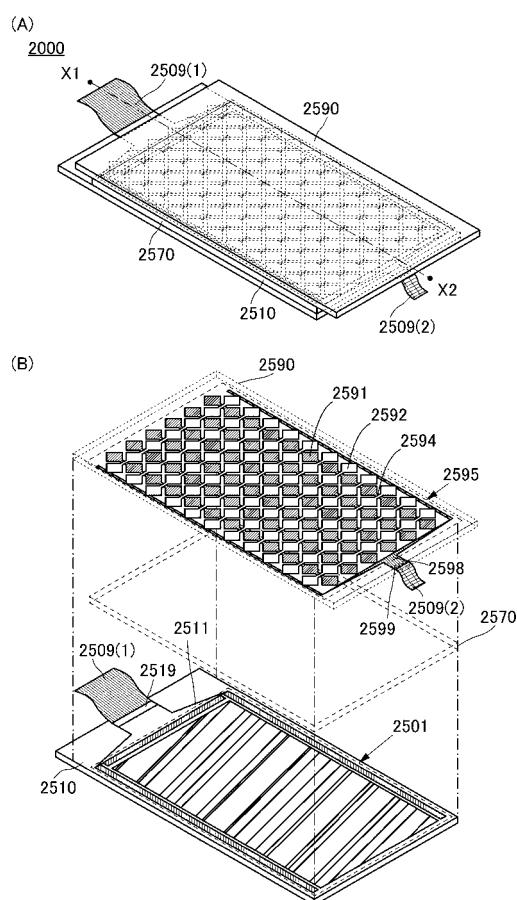
【図 8】



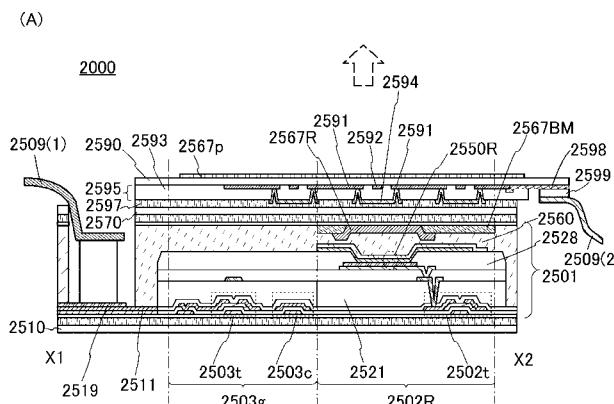
【図 9】



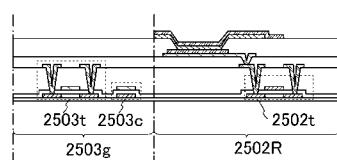
【図 10】



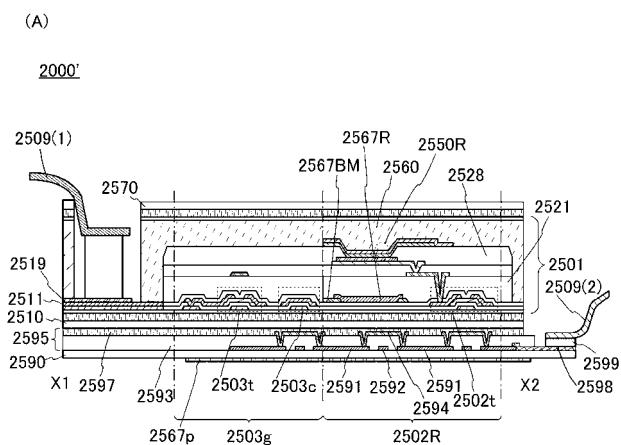
【図11】



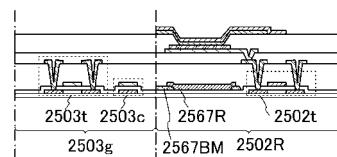
(B)



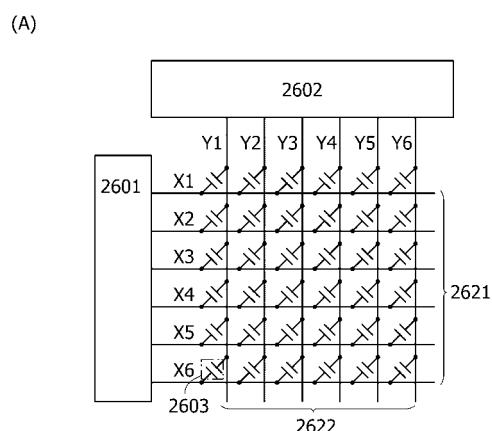
【図12】



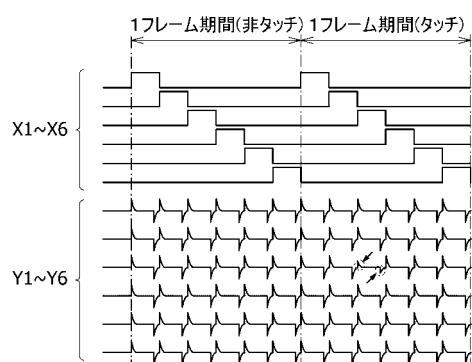
(B)



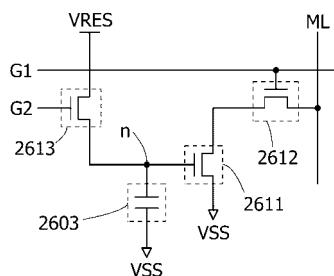
【図13】



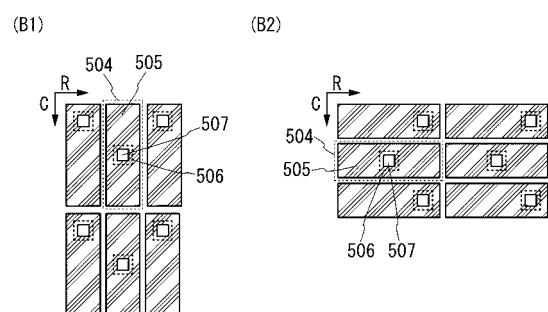
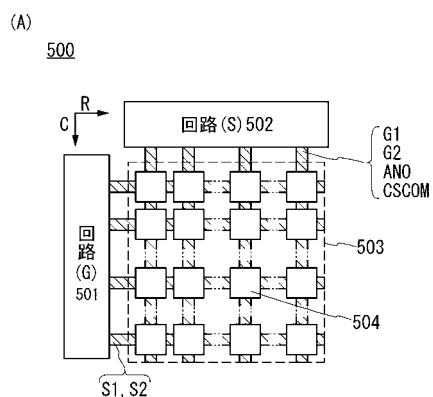
(B)



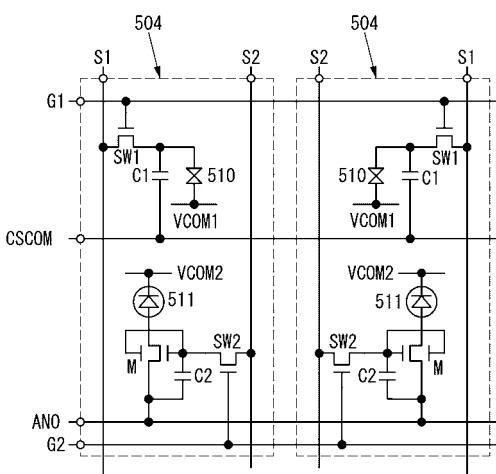
【図14】



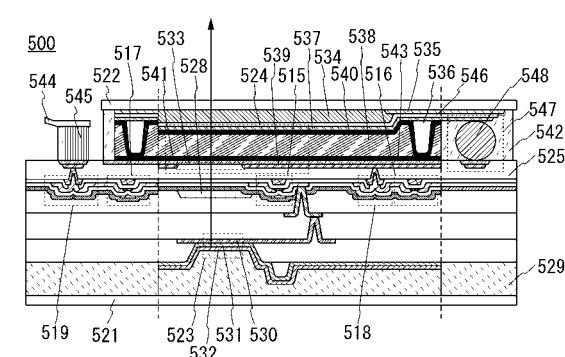
【図15】



【図16】

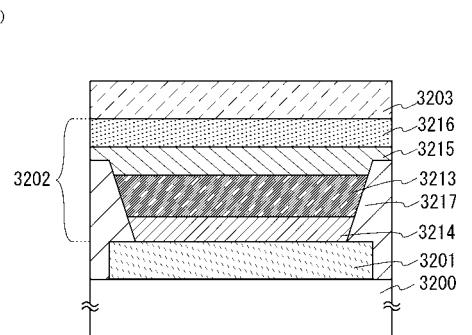


【図17】

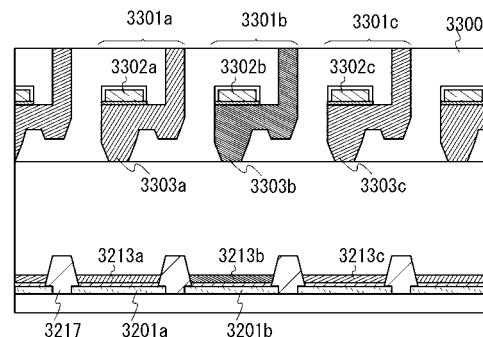


A A'

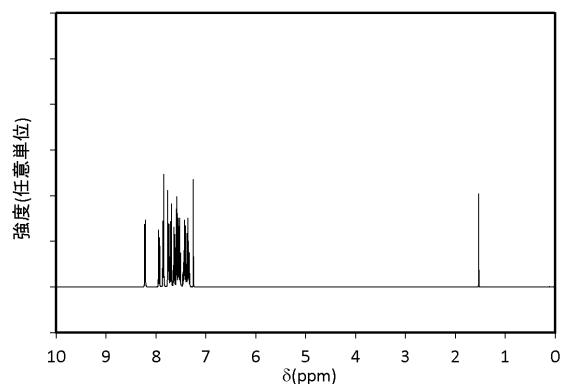
【図18】



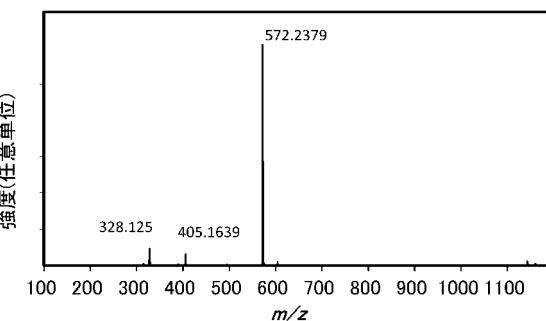
(B)



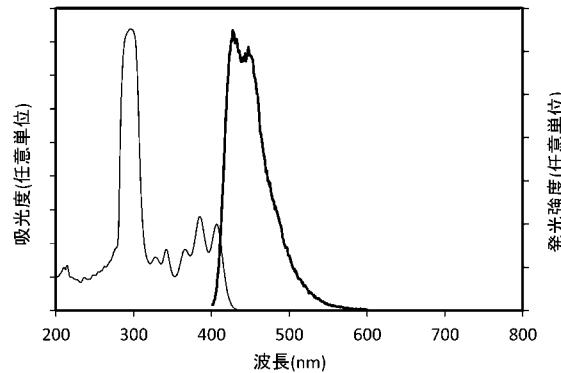
【図 19】



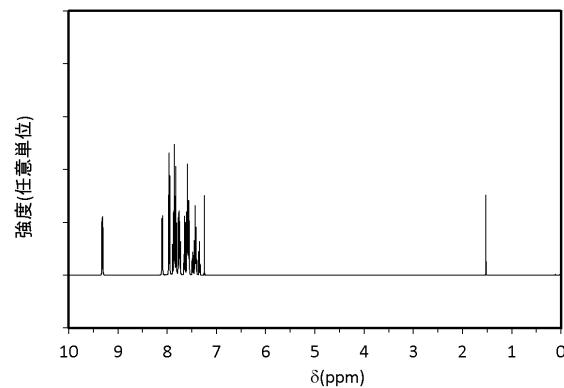
【図 21】



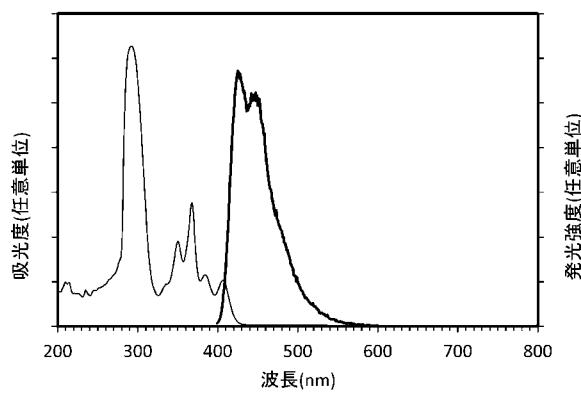
【図 20】



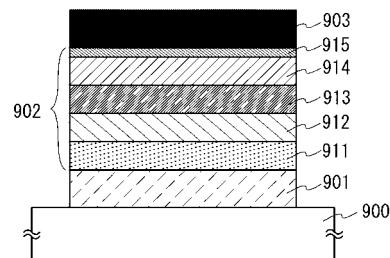
【図 22】



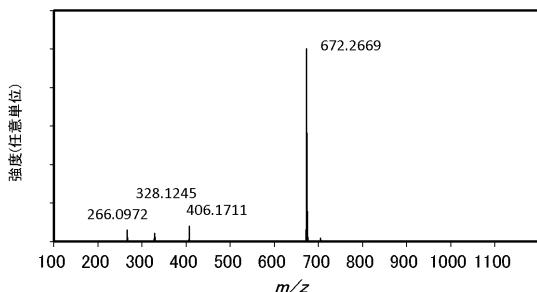
【図 23】



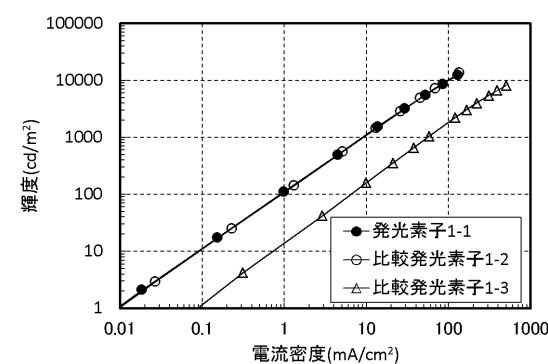
【図 25】



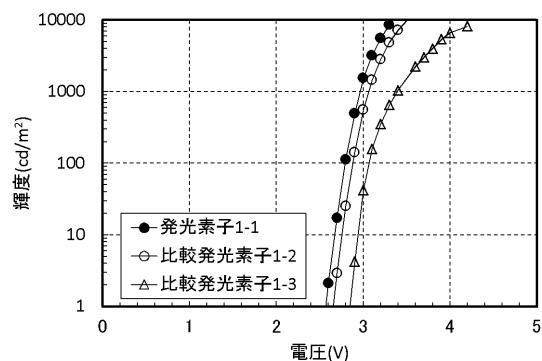
【図 24】



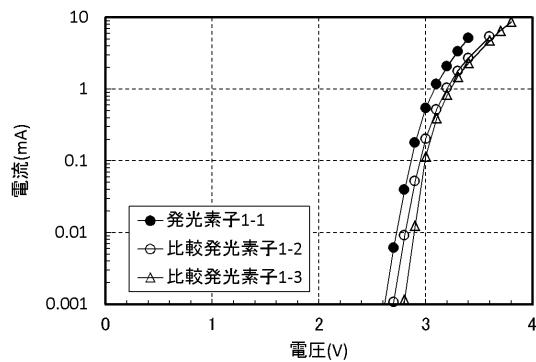
【図 26】



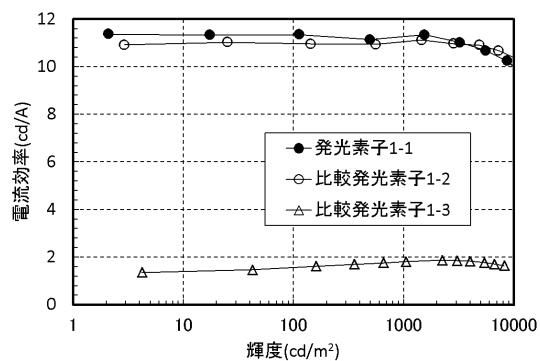
【図 2 7】



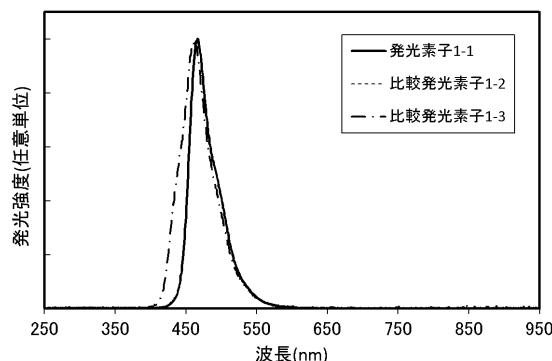
【図 2 9】



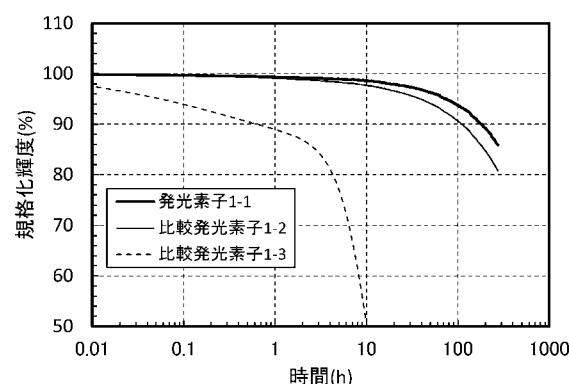
【図 2 8】



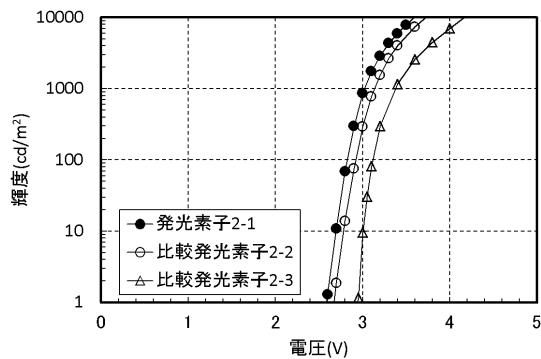
【図 3 0】



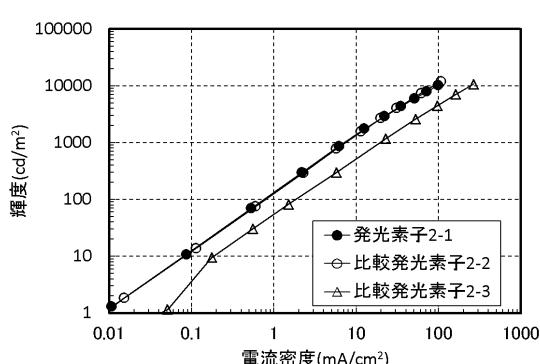
【図 3 1】



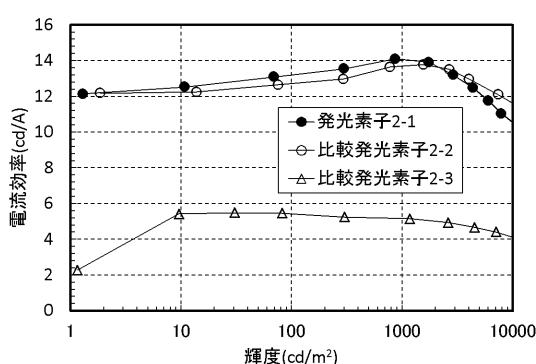
【図 3 3】



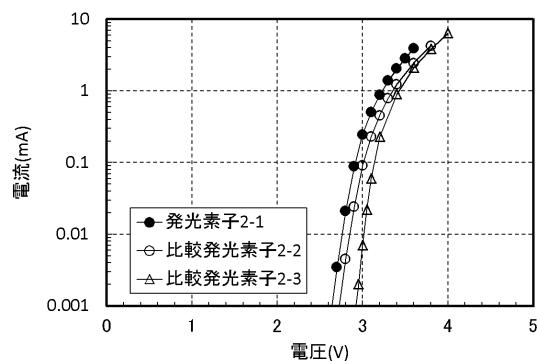
【図 3 2】



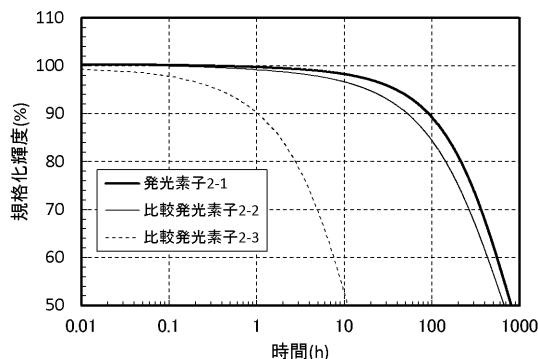
【図 3 4】



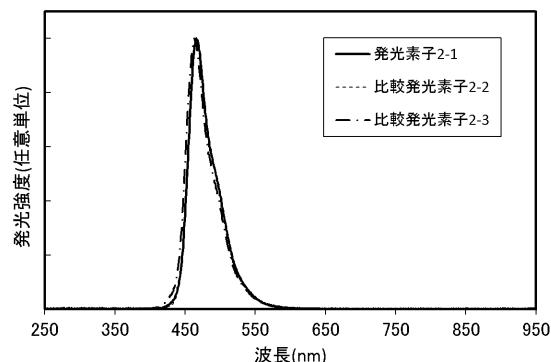
【図 3 5】



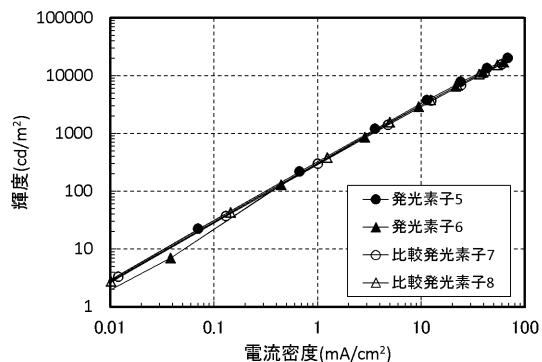
【図 3 7】



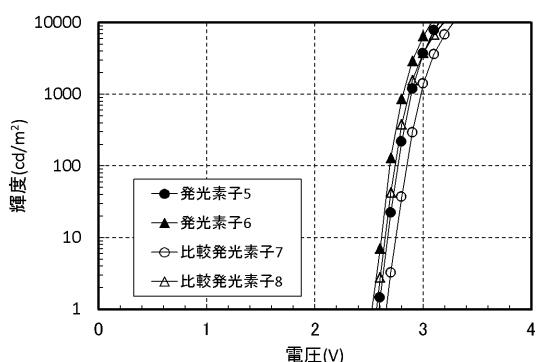
【図 3 6】



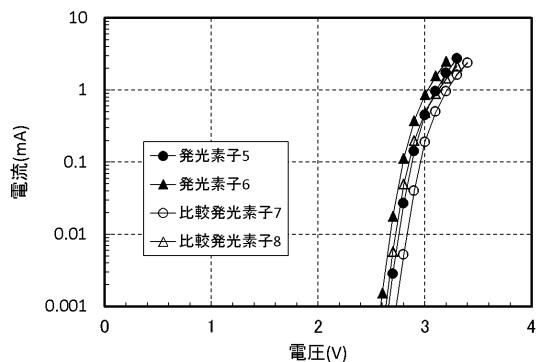
【図 3 8】



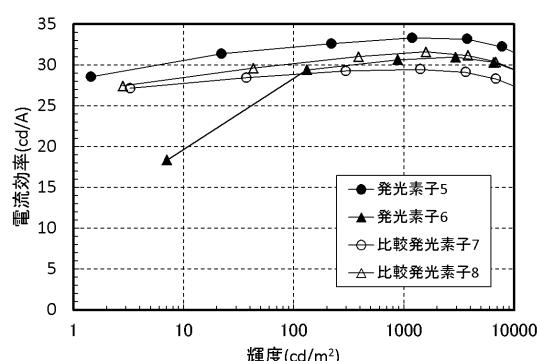
【図 3 9】



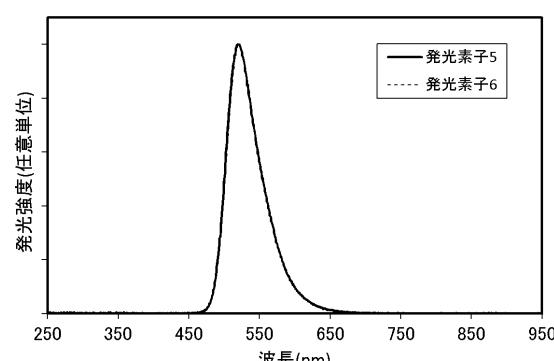
【図 4 1】



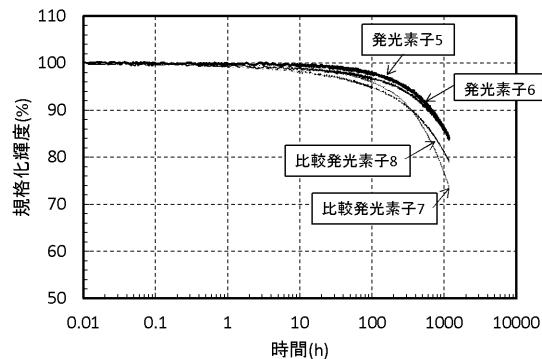
【図 4 0】



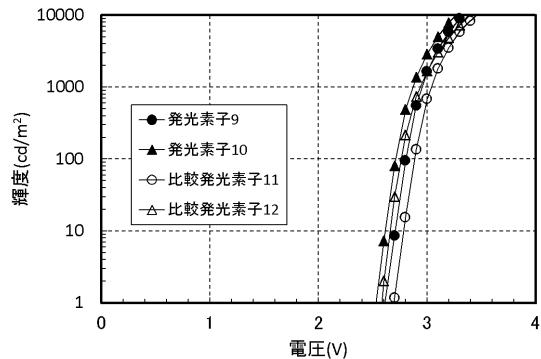
【図 4 2】



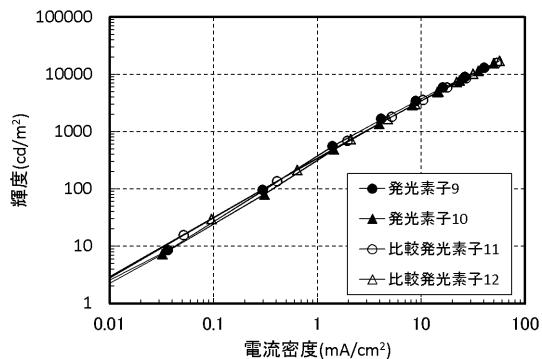
【図43】



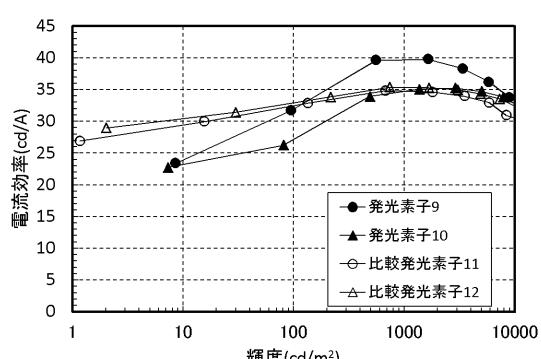
【図45】



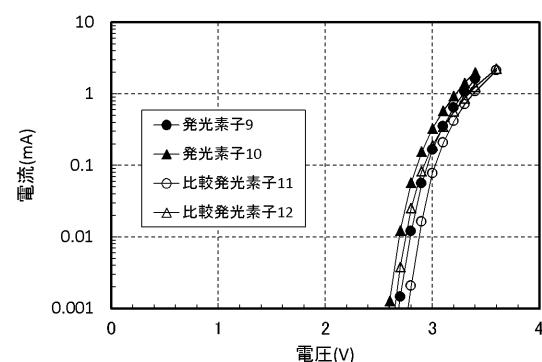
【図44】



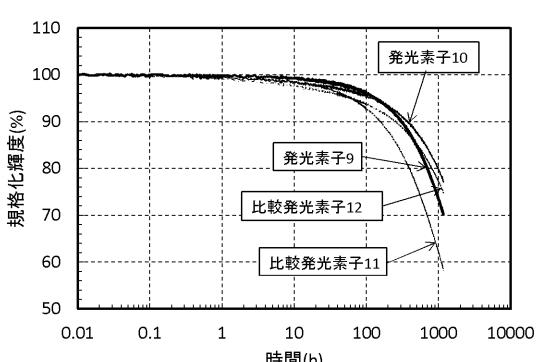
【図46】



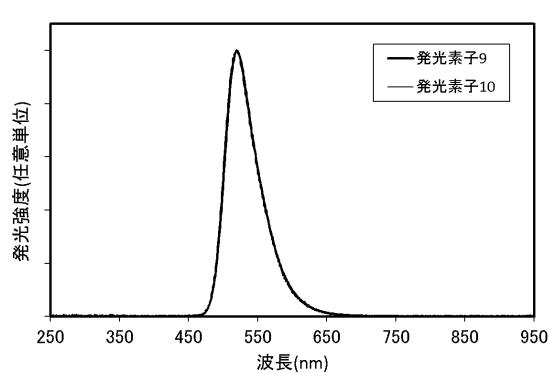
【図47】



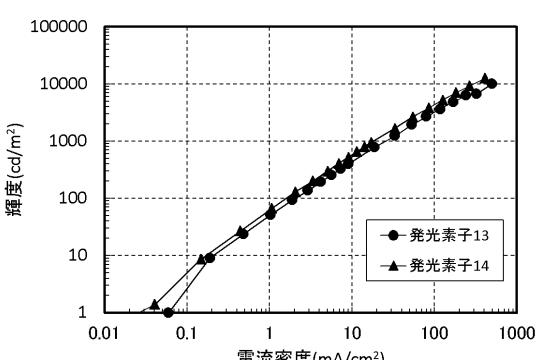
【図49】



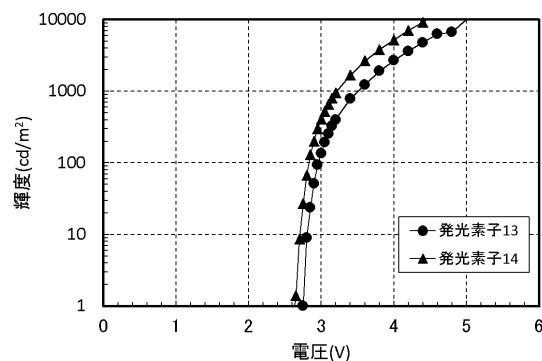
【図48】



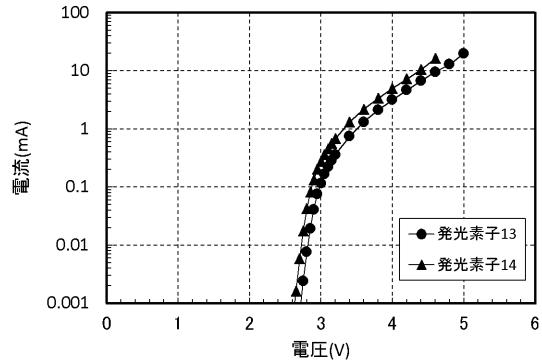
【図50】



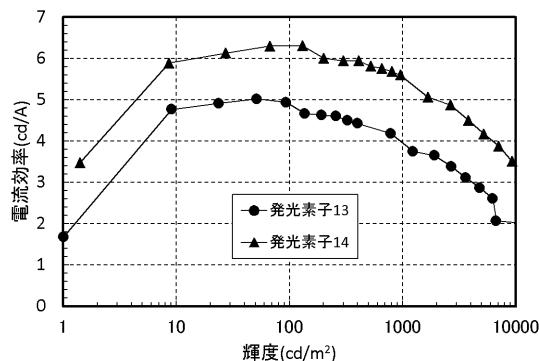
【図 5 1】



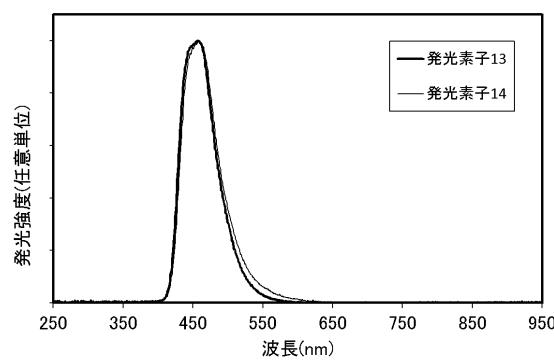
【図 5 3】



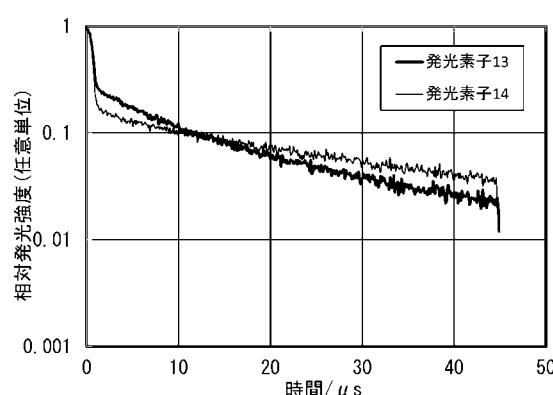
【図 5 2】



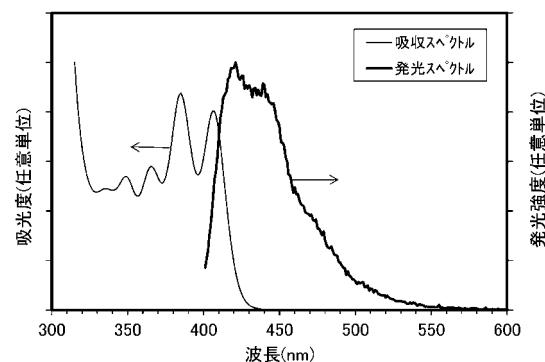
【図 5 4】



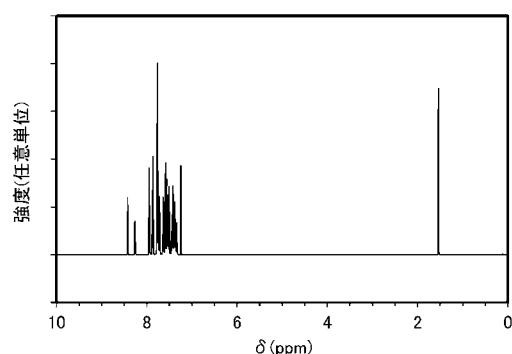
【図 5 5】



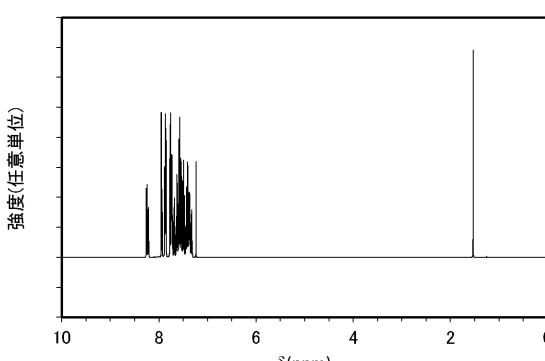
【図 5 7】



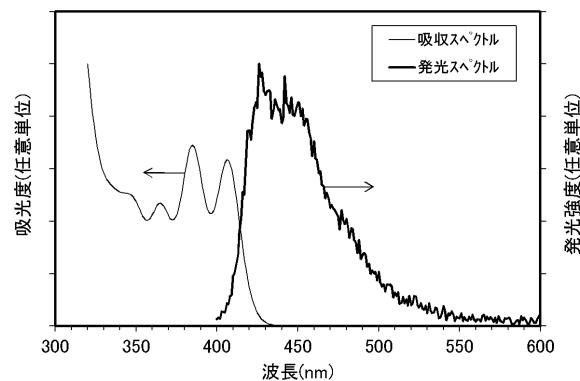
【図 5 6】



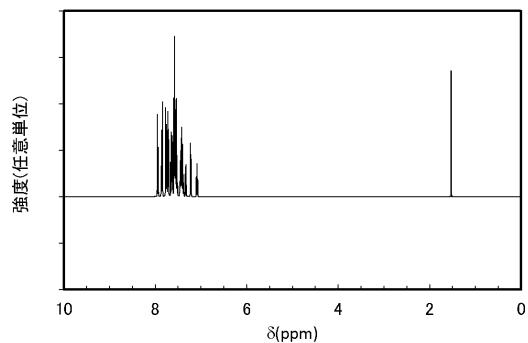
【図 5 8】



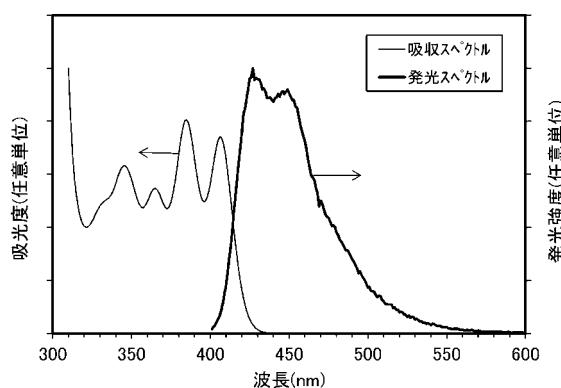
【図 5 9】



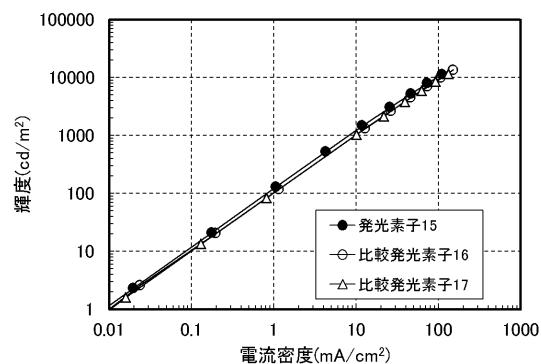
【図 6 0】



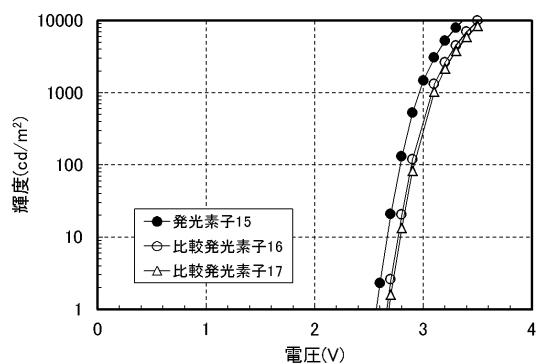
【図 6 1】



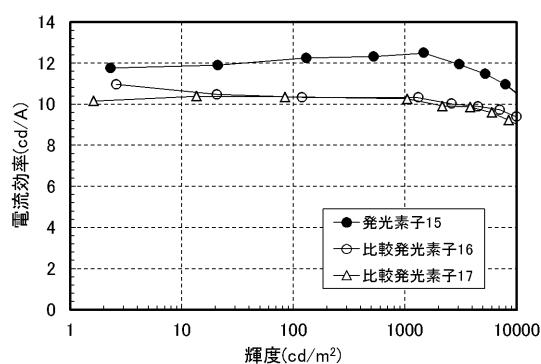
【図 6 2】



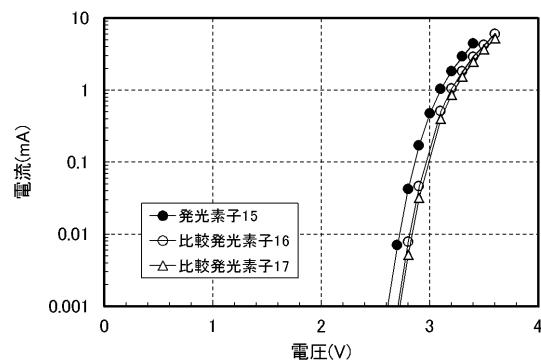
【図 6 3】



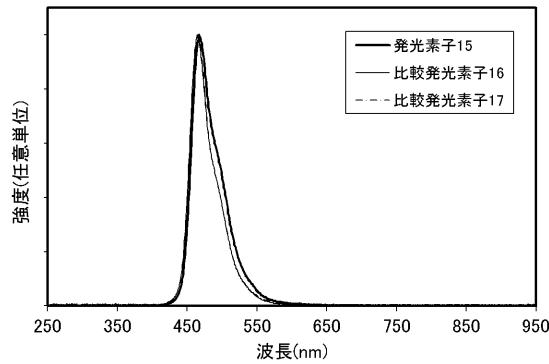
【図 6 4】



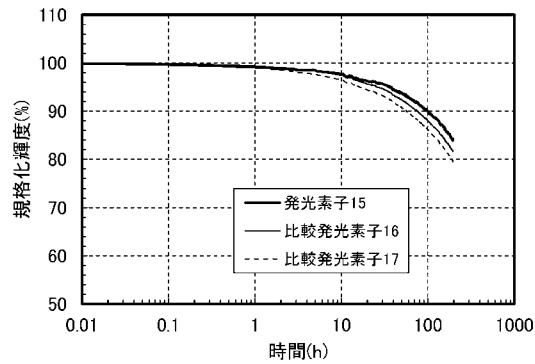
【図 6 5】



【図 6 6】



【図 6.7】



---

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

F ター&ム(参考) 3K107 AA01 BB01 BB02 CC04 CC12 CC14 CC22 DD59 DD66 DD68

EE03 EE63

4C204 BB05 CB24 CB25 EB01 FB08 GB01