

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7450539号
(P7450539)

(45)発行日 令和6年3月15日(2024.3.15)

(24)登録日 令和6年3月7日(2024.3.7)

(51)国際特許分類	F I	
C 0 7 D 405/12 (2006.01)	C 0 7 D 405/12	C S P
C 0 9 K 11/06 (2006.01)	C 0 9 K 11/06	6 9 0
H 1 0 K 50/10 (2023.01)	H 0 5 B 33/14	A
H 1 0 K 50/15 (2023.01)	H 0 5 B 33/22	D
請求項の数 12 (全127頁)		

(21)出願番号	特願2020-533883(P2020-533883)	(73)特許権者	000153878
(86)(22)出願日	令和1年7月24日(2019.7.24)		株式会社半導体エネルギー研究所
(86)国際出願番号	PCT/IB2019/056303		神奈川県厚木市長谷398番地
(87)国際公開番号	WO2020/026077	(72)発明者	川上 祥子
(87)国際公開日	令和2年2月6日(2020.2.6)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会
審査請求日	令和4年7月20日(2022.7.20)		社半導体エネルギー研究所内
(31)優先権主張番号	特願2018-144189(P2018-144189)	(72)発明者	島崎 里奈
(32)優先日	平成30年7月31日(2018.7.31)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		社半導体エネルギー研究所内
前置審査		(72)発明者	奥山 拓夢
			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
			最終頁に続く

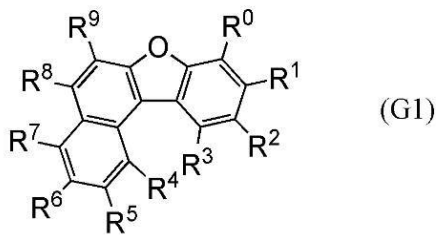
(54)【発明の名称】 有機化合物および発光素子

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

下記一般式（G1）で表される有機化合物。

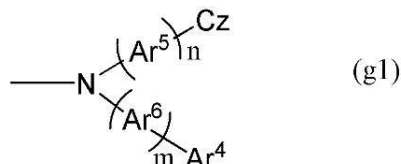
【化1】



10

（但し、一般式（G1）において、R⁰が一般式（g1）で表される基であり、R⁹が置換もしくは無置換のフェニル基であり、R¹乃至R⁸がそれぞれ独立に、水素、炭素数1乃至6の炭化水素基、炭素数3乃至6の環式炭化水素基、炭素数1乃至6のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン、炭素数1乃至6のハロアルキル基、および置換もしくは無置換の炭素数6乃至60の芳香族炭化水素基のいずれかーを表す。）

【化 2】



(一般式 (g 1) において、C z は置換もしくは無置換のカルバゾリル基を表す。また、A r ⁴ は、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 6 0 の芳香族炭化水素基、および置換もしくは無置換のカルバゾリル基のいずれかーを表す。また、A r ⁵、A r ⁶ はそれぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 5 4 の 2 価の芳香族炭化水素基を表す。また、n は 1 乃至 3 の整数のいずれかーを表し、m は 0 乃至 3 の整数のいずれかーを表すが、A r ⁴ がカルバゾリル基である場合、m は 1 乃至 3 の整数のいずれかーである。なお、A r ⁵ または A r ⁶ は、n または m の数値によって複数の場合があるが、当該複数の A r ⁵ または複数の A r ⁶ は各々独立して置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 5 4 の 2 価の芳香族炭化水素基を表すものとする。また、C z と A r ⁵ の炭素数を足した数と、A r ⁴ と A r ⁶ の炭素数を足した数は各々 6 0 以下であるものとする。)

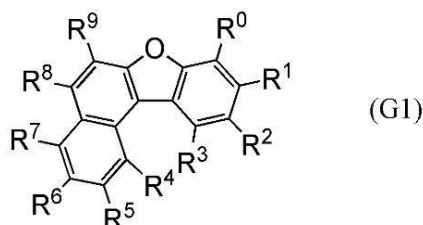
10

【請求項 2】

下記一般式 (G 1) で表される有機化合物。

【化 3】

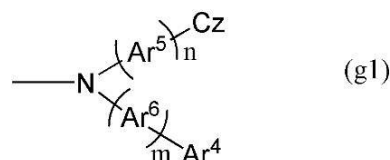
20



(但し、一般式 (G 1) において、R ⁰ が一般式 (g 1) で表される基であり、R ⁹ が置換もしくは無置換のフェニル基であり、R ¹ 乃至 R ⁸ がそれぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 の炭化水素基、炭素数 3 乃至 6 の環式炭化水素基、炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン、炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基、および置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 6 0 の芳香族炭化水素基のいずれかーを表す。)

30

【化 4】

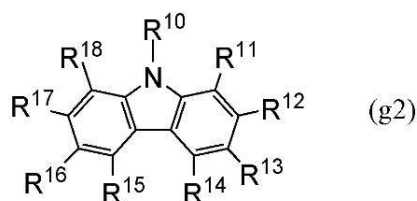


(一般式 (g 1) において、C z は下記一般式 (g 2) で表される基を表す。また、A r ⁴ は、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 6 0 の芳香族炭化水素基、および下記一般式 (g 3) で表される基のいずれかーを表す。また、A r ⁵、A r ⁶ はそれぞれ独立に、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 5 4 の 2 価の芳香族炭化水素基を表す。また、n は 1 乃至 3 の整数のいずれかーを表し、m は 0 乃至 3 の整数のいずれかーを表すが、A r ⁴ がカルバゾリル基である場合、m は 1 乃至 3 の整数のいずれかーである。なお、A r ⁵ または A r ⁶ は、n または m の数値によって複数の場合があるが、当該複数の A r ⁵ または複数の A r ⁶ は各々独立して置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 5 4 の 2 価の芳香族炭化水素基を表すものとする。また C z と A r ⁵ の炭素数を足した数と、A r ⁴ と A r ⁶ の炭素数を足した数は各々 6 0 以下であるものとする。)

40

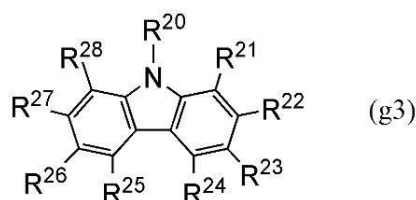
50

【化 5】



(一般式 (g 2) において、 R^{10} 乃至 R^{18} のうち一が Ar^5 と結合する結合手を表し、残りがそれぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 の炭化水素基、炭素数 3 乃至 6 の環式炭化水素基、炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン、炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基、および置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。)

【化 6】



(一般式 (g 3) において、 R^{20} 乃至 R^{28} のうち一が Ar^6 と結合する結合手を表し、残りがそれぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 の炭化水素基、炭素数 3 乃至 6 の環式炭化水素基、炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン、炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基、および置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。)

【請求項 3】

請求項 2 において、

一般式 (g 2) における R^{10} が結合手である有機化合物。

【請求項 4】

請求項 2 において、

一般式 (g 2) における R^{16} が結合手である有機化合物。

【請求項 5】

請求項 4 において、

R^{10} が置換もしくは無置換のフェニル基である有機化合物。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項において、

n が 1 乃至 3 の整数のいずれか一である有機化合物。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項において、

Ar^4 が置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基である有機化合物。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項において、

Ar^4 が置換もしくは無置換のフェニル基である有機化合物。

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか一項において、

Ar^5 が置換もしくは無置換のフェニレン基である有機化合物。

【請求項 10】

請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか一項において、

Ar^6 が置換もしくは無置換のフェニレン基である有機化合物。

【請求項 1 1】

請求項 1 乃至請求項 1 0 のいずれか一項において、
R¹ 乃至 R⁸ がそれぞれ独立に、水素である有機化合物。

【請求項 1 2】

一対の電極間に、請求項 1 乃至請求項 1 1 のいずれか一項に記載の有機化合物を含む発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の一態様は、発光素子、ディスプレイモジュール、照明モジュール、表示装置、発光装置、電子機器及び照明装置に関する。なお、本発明の一態様は、上記の技術分野に限定されない。本明細書等で開示する発明の一態様の技術分野は、物、方法、または、製造方法に関するものである。または、本発明の一態様は、プロセス、マシン、マニュファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関するものである。そのため、より具体的に本明細書で開示する本発明の一態様の技術分野としては、半導体装置、表示装置、液晶表示装置、発光装置、照明装置、蓄電装置、記憶装置、撮像装置、それらの駆動方法、または、それらの製造方法を一例として挙げることができる。

10

【背景技術】

【0002】

有機化合物を用いたエレクトロルミネッセンス（EL：Electroluminescence）を利用する発光素子（有機EL素子）の実用化が進んでいる。これら発光素子の基本的な構成は、一対の電極間に発光材料を含む有機化合物層（EL層）を挟んだものである。この素子に電圧を印加して、キャリアを注入し、当該キャリアの再結合エネルギーを利用することにより、発光材料からの発光を得ることができる。

20

【0003】

このような発光素子は自発光型であるため、液晶ディスプレイに比べ視認性が高くディスプレイの画素として好適である。また、このような発光素子を用いたディスプレイは、バックライトが不要であり薄型軽量に作製できることも大きな利点である。さらに非常に応答速度が速いことも特徴の一つである。

【0004】

また、これらの発光素子は発光層を二次元に連続して形成することが可能であるため、面状に発光を得ることができる。これは、白熱電球やLEDに代表される点光源、あるいは蛍光灯に代表される線光源では得難い特色であるため、照明等に応用できる面光源としての利用価値も高い。

30

【0005】

このように発光素子を用いたディスプレイや照明装置はさまざまな電子機器に適用好適であるが、より良好な効率、寿命を有する発光素子を求めて研究開発が進められている。

【0006】

発光素子の特性は、目覚ましく向上してきたが効率や耐久性をはじめ、あらゆる特性に対する高度な要求に対応するには未だ不十分と言わざるを得ない。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【文献】国際公開第2010/036027号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

そこで、本発明の一態様では、新規有機化合物を提供することを目的とする。または、本発明の一態様では、正孔輸送性を有する新規有機化合物を提供することを目的とする。または、本発明の一態様は、新規正孔輸送材料を提供することを目的とする。または、新規

50

発光素子を提供することを課題とする。または、寿命の良好な発光素子を提供することを目的とする。または、発光効率の良好な発光素子を提供することを目的とする。または、駆動時間の蓄積に伴う電圧変化が小さい素子を提供することを目的とする。

【 0 0 0 9 】

または、本発明の他の一態様では、信頼性の高い発光装置、電子機器及び表示装置を各々提供することを目的とする。または、本発明の他の一態様では、消費電力の小さい発光装置、電子機器及び表示装置を各々提供することを目的とする。

【 0 0 1 0 】

本発明は上述の課題のうちいずれか一を解決すればよいものとする。

【課題を解決するための手段】

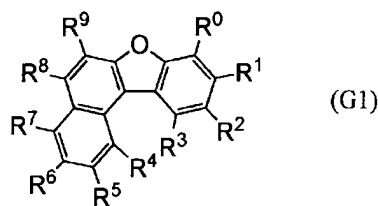
10

【 0 0 1 1 】

本発明の一態様は下記一般式 (G 1) で表される有機化合物である。

【 0 0 1 2 】

【化 1】



20

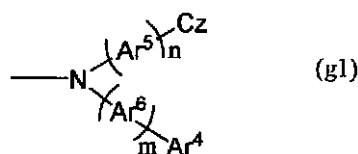
【 0 0 1 3 】

但し、一般式 (G 1) において、 R^0 乃至 R^9 のうち一が下記一般式 (g 1) で表される基であり、残りがそれぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 の炭化水素基、炭素数 3 乃至 6 の環式炭化水素基、炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン、炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基および置換または無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。

【 0 0 1 4 】

30

【化 2】



【 0 0 1 5 】

一般式 (g 1) において、 Cz は置換または無置換のカルバゾリル基を表す。また、 Ar^4 は置換または無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基、置換又は無置換のカルバゾリル基のいずれか一を表す。また、 Ar^5 、 Ar^6 はそれぞれ独立に置換または無置換の炭素数 6 乃至 54 の 2 価の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。また、 n は 1 乃至 3 の整数のいずれか一を表し、 m は 0 乃至 3 の整数のいずれか一を表すが、 Ar^4 がカルバゾリル基である場合、 m は 1 乃至 3 の整数のいずれか一である。なお、 Ar^5 または Ar^6 は、 n または m の数値によって複数の場合があるが、当該複数の Ar^5 または複数の Ar^6 は各々独立して置換または無置換の炭素数 6 乃至 54 の 2 価の芳香族炭化水素基のいずれか一を表すものとする。また、 Cz と Ar^5 の炭素数を足した数と、 Ar^4 と Ar^6 の炭素数を足した数は各々 60 以下であるものとする。

40

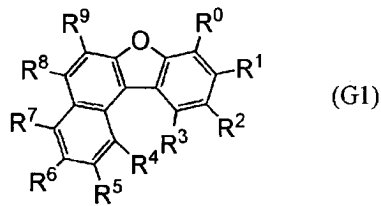
【 0 0 1 6 】

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

50

【 0 0 1 7 】

【 化 3 】



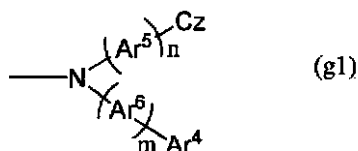
10

【 0 0 1 8 】

但し、一般式 (G 1) において、 R^0 乃至 R^9 のうち一が下記一般式 (g 1) で表される基であり、残りがそれぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 の炭化水素基、炭素数 3 乃至 6 の環式炭化水素基、炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン、炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基および置換または無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。

【 0 0 1 9 】

【 化 4 】



20

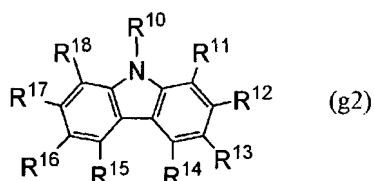
【 0 0 2 0 】

一般式 (g 1) において、 Cz は下記一般式 (g 2) で表される基を表す。また、 Ar^4 は置換または無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基、または下記一般式 (g 3) で表される基のいずれか一を表す。また、 Ar^5 、 Ar^6 はそれぞれ独立に置換または無置換の炭素数 6 乃至 54 の 2 価の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。また、 n は 1 乃至 3 の整数のいずれか一を表し、 m は 0 乃至 3 の整数のいずれか一を表すが、 Ar^4 がカルバゾリル基である場合、 m は 1 乃至 3 の整数のいずれか一である。なお、 Ar^5 または Ar^6 は、 n または m の数値によって複数の場合があるが、当該複数の Ar^5 または複数の Ar^6 は各々独立して置換または無置換の炭素数 6 乃至 54 の 2 価の芳香族炭化水素基のいずれか一を表すものとする。また Cz と Ar^5 の炭素数を足した数と、 Ar^4 と Ar^6 の炭素数を足した数は各々 60 以下であるものとする。

30

【 0 0 2 1 】

【 化 5 】



40

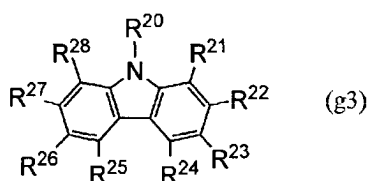
【 0 0 2 2 】

一般式 (g 2) において、 R^{10} 乃至 R^{18} のうち一が Ar^5 と結合する結合手を表し、残りがそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 の炭化水素基、炭素数 3 乃至 6 の環式炭化水素基、炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン、炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基および置換または無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。

50

【 0 0 2 3 】

【 化 6 】



10

【 0 0 2 4 】

一般式 (g 3) において、 R^{20} 乃至 R^{28} のうち一が Ar^6 と結合する結合手を表し、残りがそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 の炭化水素基、炭素数 3 乃至 6 の環式炭化水素基、炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン、炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基および置換または無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。

【 0 0 2 5 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、 R^0 または R^9 が前記一般式 (g 1) で表される基である有機化合物である。

【 0 0 2 6 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記 n が 1 乃至 3 の整数のいずれか一である有機化合物である。

20

【 0 0 2 7 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、 Ar^4 が置換または無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基のいずれか一である有機化合物である。

【 0 0 2 8 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、 Ar^4 が置換または無置換のフェニル基である有機化合物である。

【 0 0 2 9 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、 Ar^5 および Ar^6 が置換または無置換のフェニレン基である有機化合物である。

30

【 0 0 3 0 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、一般式 (G 1) における R^0 が一般式 (g 1) で表される基である有機化合物である。

【 0 0 3 1 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、一般式 (G 1) における R^9 が一般式 (g 1) で表される基である有機化合物である。

【 0 0 3 2 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、一般式 (G 1) における R^9 が置換または無置換のフェニル基である有機化合物である。

【 0 0 3 3 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、一般式 (g 2) における R^{10} が結合手である有機化合物である。

40

【 0 0 3 4 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において一般式 (g 2) における R^{16} が結合手である有機化合物である。

【 0 0 3 5 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記 R^{10} が置換または無置換のフェニル基である有機化合物である。

【 0 0 3 6 】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、EL層とを有し、前記EL層は前記陽

50

極と前記陰極との間に位置し、前記 E L 層が上記記載の有機化合物を含む発光素子である。

【 0 0 3 7 】

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

【 0 0 3 8 】

または、本発明の他の一態様は、上記発光装置と、センサ、操作ボタン、スピーカ、および、マイクの少なくとも一と、を有する電子機器である。

【 0 0 3 9 】

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

【 0 0 4 0 】

なお、本明細書中における発光装置とは、発光素子を用いた画像表示デバイスを含む。また、発光素子にコネクタ、例えば異方導電性フィルム又は T C P (T a p e C a r r i e r P a c k a g e) 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、又は発光素子に C O G (C h i p O n G l a s s) 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、発光装置に含む場合がある。さらに、照明器具等は、発光装置を有する場合がある。

【発明の効果】

【 0 0 4 1 】

本発明の一態様では、新規有機化合物を提供することができる。または、正孔輸送性を有する新規有機化合物を提供することができる。または、新規正孔輸送材料を提供することができる。または、新規発光素子を提供することができる。または、寿命の良好な発光素子を提供することができる。または、発光効率の良好な発光素子を提供することができる。または、駆動電圧の低い発光素子を提供することができる。または、駆動時間の蓄積に伴う電圧変化が小さい素子を提供することができる。

【 0 0 4 2 】

または、本発明の他の一態様では、信頼性の高い発光装置、電子機器及び表示装置を各々提供することができる。または、本発明の他の一態様では、消費電力の小さい発光装置、電子機器及び表示装置を各々提供することができる。

【 0 0 4 3 】

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

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 4 】

【図 1】図 1 (A) 乃至 1 (C) は発光素子の概略図である。

【図 2】図 2 (A) および 2 (B) はアクティブマトリクス型発光装置の概念図である。

【図 3】図 3 (A) および 3 (B) はアクティブマトリクス型発光装置の概念図である。

【図 4】アクティブマトリクス型発光装置の概念図である。

【図 5】図 5 (A) および 5 (B) はパッシブマトリクス型発光装置の概念図である。

【図 6】図 6 (A) および 6 (B) は照明装置を表す図である。

【図 7】図 7 (A) 乃至 7 (C) は電子機器を表す図である。

【図 8】図 8 (A) 乃至 8 (C) は電子機器を表す図である。

【図 9】照明装置を表す図である。

【図 1 0】照明装置を表す図である。

【図 1 1】車載表示装置及び照明装置を表す図である。

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

【図 1 3】図 1 3 (A) 乃至 1 3 (C) は電子機器を表す図である。

【図 1 4】図 1 4 (A) および 1 4 (B) は Y G B B i B n f の ¹ H N M R スペクトル

10

20

30

40

50

である。

【図 15】Y G B B i B n f のトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

【図 16】Y G B B i B n f の薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

【図 17】図 17 (A) および 17 (B) は Y G T B i B n f の ^1H NMR スペクトルである。

【図 18】Y G T B i B n f のトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

【図 19】Y G T B i B n f の薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

【図 20】図 20 (A) および 20 (B) は P C B B i B n f の ^1H NMR スペクトルである。

10

【図 21】P C B B i B n f のトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

【図 22】P C B B i B n f の薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルである。

【図 23】発光素子 1、発光素子 2 および比較発光素子 1 の輝度 - 電流密度特性である。

【図 24】発光素子 1、発光素子 2 および比較発光素子 1 の電流効率 - 輝度特性である。

【図 25】発光素子 1、発光素子 2 および比較発光素子 1 の輝度 - 電圧特性である。

【図 26】発光素子 1、発光素子 2 および比較発光素子 1 の電流 - 電圧特性である。

【図 27】発光素子 1、発光素子 2 および比較発光素子 1 の外部量子効率 - 輝度特性である。

20

【図 28】発光素子 1、発光素子 2 および比較発光素子 1 の発光スペクトルである。

【図 29】発光素子 1、発光素子 2 および比較発光素子 1 の電流密度 $50\text{ mA} / \text{cm}^2$ における駆動時間に対する輝度の変化を表すグラフである。

【図 30】発光素子 3、発光素子 4 および比較発光素子 2 の輝度 - 電流密度特性である。

【図 31】発光素子 3、発光素子 4 および比較発光素子 2 の電流効率 - 輝度特性である。

【図 32】発光素子 3、発光素子 4 および比較発光素子 2 の輝度 - 電圧特性である。

【図 33】発光素子 3、発光素子 4 および比較発光素子 2 の電流 - 電圧特性である。

【図 34】発光素子 3、発光素子 4 および比較発光素子 2 の外部量子効率 - 輝度特性である。

【図 35】発光素子 3、発光素子 4 および比較発光素子 2 の発光スペクトルである。

30

【図 36】発光素子 5 および比較発光素子 3 の輝度 - 電流密度特性である。

【図 37】発光素子 5 および比較発光素子 3 の電流効率 - 輝度特性である。

【図 38】発光素子 5 および比較発光素子 3 の輝度 - 電圧特性である。

【図 39】発光素子 5 および比較発光素子 3 の電流 - 電圧特性である。

【図 40】発光素子 5 および比較発光素子 3 の外部量子効率 - 輝度特性である。

【図 41】発光素子 5 および比較発光素子 3 の発光スペクトルである。

【図 42】発光素子 5 および比較発光素子 3 の電流密度 $50\text{ mA} / \text{cm}^2$ における駆動時間に対する輝度の変化を表すグラフである。

【図 43】発光素子 6 および比較発光素子 4 の輝度 - 電流密度特性である。

【図 44】発光素子 6 および比較発光素子 4 の電流効率 - 輝度特性である。

40

【図 45】発光素子 6 および比較発光素子 4 の輝度 - 電圧特性である。

【図 46】発光素子 6 および比較発光素子 4 の電流 - 電圧特性である。

【図 47】発光素子 6 および比較発光素子 4 の外部量子効率 - 輝度特性である。

【図 48】発光素子 6 および比較発光素子 4 の発光スペクトルである。

【図 49】発光素子 6 および比較発光素子 4 の電流密度 $50\text{ mA} / \text{cm}^2$ における駆動時間に対する輝度の変化を表すグラフである。

【図 50】発光素子 6 および比較発光素子 4 の電流密度 $50\text{ mA} / \text{cm}^2$ における駆動時間に対する駆動電圧の変化を表すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0045】

50

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

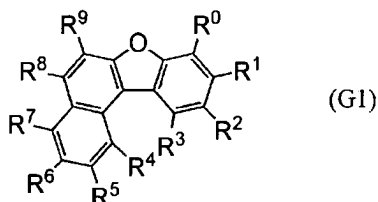
【 0 0 4 6 】

(実施の形態 1)

本発明の一態様の有機化合物は下記一般式 (G 1) で表される有機化合物である。

【 0 0 4 7 】

【 化 7 】



【 0 0 4 8 】

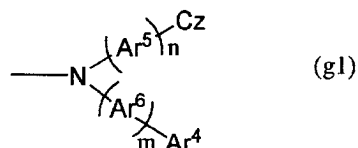
但し、一般式 (G 1) で表される有機化合物において、 R^0 乃至 R^9 のうちが下記一般式 (g 1) で表される基であり、残りがそれぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 の炭化水素基、炭素数 3 乃至 6 の環式炭化水素基、炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン、炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基および置換または無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基のいずれかーを表す。

【 0 0 4 9 】

なお、上記一般式 (G 1) で表される有機化合物のうち、 R^0 または R^9 が下記一般式 (g 1) で表される基である有機化合物は、HOMO準位が比較的深くなるため、HOMO準位の深い発光層に含まれるホスト材料への正孔注入性がよくなり好ましい。なお、特に R^0 が下記一般式 (g 1) で表される基である場合、高いT1準位の正孔輸送材料を提供できる。またこの場合、 R^9 は水素、炭素数 1 乃至 6 の炭化水素基、炭素数 3 乃至 6 の環式炭化水素基、炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン、炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基のいずれかーであると、T1準位が高いため好ましく、また、置換または無置換のフェニル基であると高い信頼を有する素子が提供できるため好ましい。高いT1準位を有する正孔輸送材料は、燐光発光層におけるホスト材料や燐光発光層に隣接する正孔輸送層を構成する材料に好適に用いることが出来る。

【 0 0 5 0 】

【 化 8 】

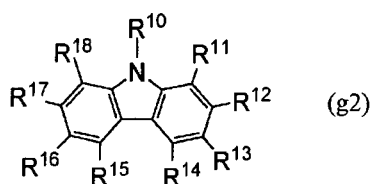


【 0 0 5 1 】

一般式 (g 1) において、 Cz は置換または無置換のカルバゾリル基を表す。当該カルバゾリル基をこの位置に有することによって、本発明の一態様の有機化合物を用いた発光素子は、発光効率の良好な発光素子とすることが可能となる。なお、 Cz は下記一般式 (g 2) で表される基であっても良い。

【 0 0 5 2 】

【化 9】



【0053】

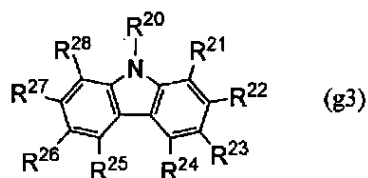
一般式 (g2) においては、 R^{10} 乃至 R^{18} のうち一が、上記一般式 (g1) で表される基における Ar^5 と結合する結合手を表す。なお、当該結合手は、 R^{10} または R^{16} であることが高い正孔輸送性を有する有機化合物を提供できるために好ましい。なお、当該結合手が R^{16} である場合、 R^{10} は置換または無置換のフェニル基であることが高い正孔輸送性を有する有機化合物を提供することができるために好ましい。 R^{10} 乃至 R^{18} のうち、結合手であるもの以外はそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 の炭化水素基、炭素数 3 乃至 6 の環式炭化水素基、炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン、炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基および置換または無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。

【0054】

また、一般式 (g1) において、 Ar^4 は置換または無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基、置換又は無置換のカルbazolリル基のいずれか一を表す。当該カルbazolリル基は、下記一般式 (g3) で表される基であっても良い。なお、 Ar^4 は置換または無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基であることが、高い正孔輸送性を持ち、且つ HOMO の準位が比較的深い有機化合物を提供することができるために好ましい。高い正孔輸送性を持ち、且つ HOMO の準位が比較的深い有機化合物を発光層に隣接する正孔輸送層に用いることで、発光層への正孔注入性がよくなり発光効率の高い素子を提供できる。また Ar^4 は置換または無置換のフェニル基、特に無置換のフェニル基であることが高い正孔輸送性を有する有機化合物を提供するためにさらに好ましい。

【0055】

【化 10】



【0056】

一般式 (g3) においては、 R^{20} 乃至 R^{28} のうち一が、上記一般式 (g1) で表される基における Ar^6 と結合する結合手を表す。なお、当該結合手は、 R^{20} または R^{26} であることが高い正孔輸送性を有する有機化合物を提供できるために好ましい。なお、当該結合手が R^{26} である場合、 R^{20} は置換または無置換のフェニル基であることが高い正孔輸送性を有する有機化合物を提供することができるために好ましい。 R^{20} 乃至 R^{28} のうち、結合手であるもの以外はそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 の炭化水素基、炭素数 3 乃至 6 の環式炭化水素基、炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン、炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基および置換または無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。

【0057】

上記一般式 (g 1) で表される基における、 Ar^5 、 Ar^6 はそれぞれ独立に置換または無置換の炭素数 6 乃至 54 の 2 価の芳香族炭化水素基を表す。なお、 Ar^5 、 Ar^6 は置換または無置換のフェニレン基であることが、高い正孔輸送性を持ち且つ HOMO の準位が比較的深い有機化合物を提供することができるために好ましい。高い正孔輸送性を持ち且つ HOMO の準位が比較的深い有機化合物を発光層に隣接する正孔輸送層に用いることで、発光層への正孔注入性がよくなり発光効率の高い素子を提供できる。また、 Ar^5 、 Ar^6 は、無置換のフェニレン基であることが高い正孔輸送性を有する有機化合物を提供するためにさらに好ましい。

【0058】

ここで、上記一般式 (g 1) で表される基における n は 1 乃至 3 の整数のいずれかーを表し、 m は 0 乃至 3 の整数のいずれかーを表す。ただし、 Ar^4 がカルbazolリル基である場合、 m は 1 乃至 3 の整数のいずれかーである。なお、 Ar^5 または Ar^6 は、 n または m の数値によって複数の場合があるが、当該複数の Ar^5 または複数の Ar^6 は各々独立して置換または無置換の炭素数 6 乃至 54 の 2 価の芳香族炭化水素基のいずれかーを表すものとする。

10

【0059】

また、高い正孔輸送性を有する有機化合物を提供するために、 Cz と Ar^5 の炭素数を足した数と、 Ar^4 と Ar^6 の炭素数を足した数は各々 60 以下であるものとする。

【0060】

上記一般式 R^0 乃至 R^9 、 R^{10} 乃至 R^{18} および R^{20} 乃至 R^{28} に適用することができる置換基としては、具体的には、下記構造式 (1-1) 乃至 (1-40) で表される置換基または下記構造式 (2-1) 乃至 (2-13) 等で表される置換基を挙げることができる。なお、下記構造式 (2-1) 乃至 (2-13) の置換位置は問わず、また、これらはさらに置換基を有していても良い。

20

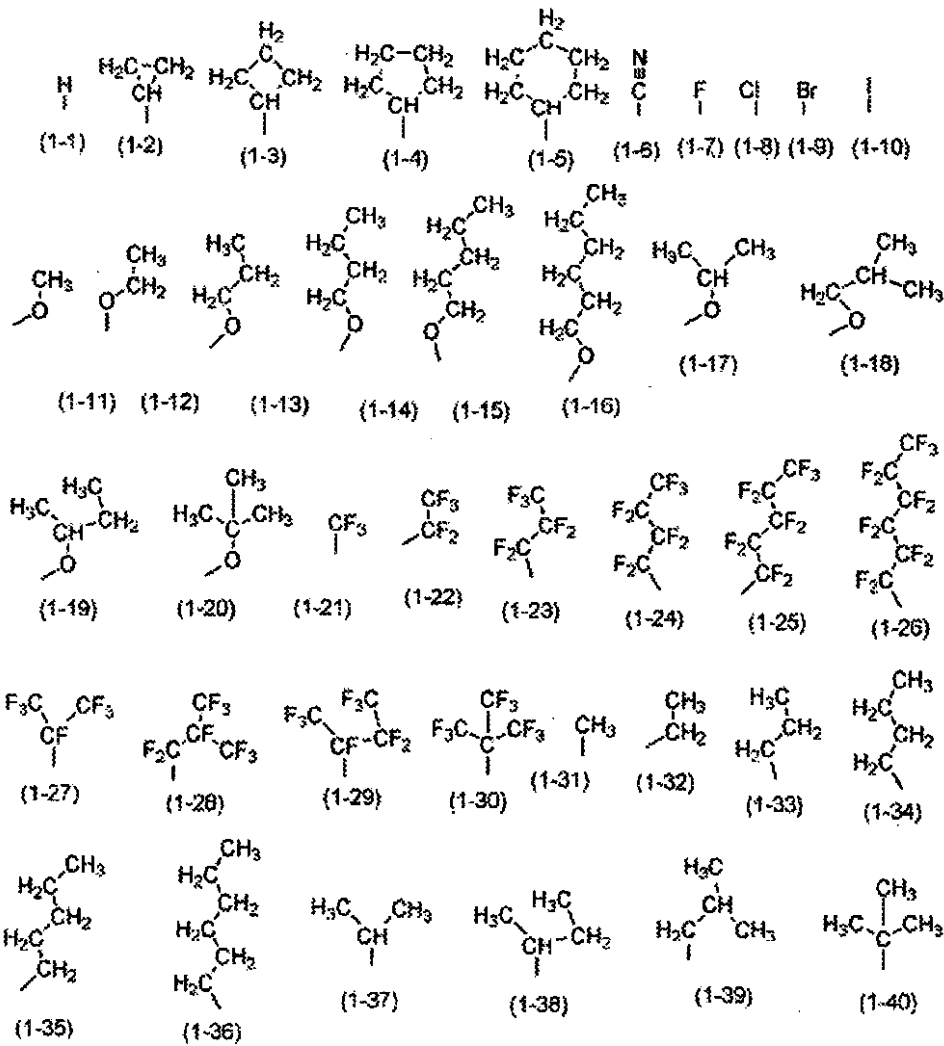
【0061】

30

40

50

【化 1 1】

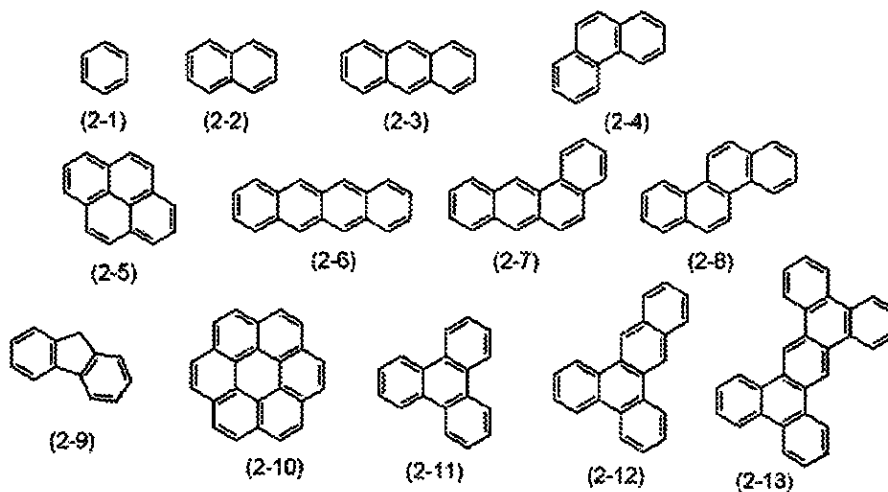


10

20

【 0 0 6 2】

【化 1 2】



30

40

【 0 0 6 3】

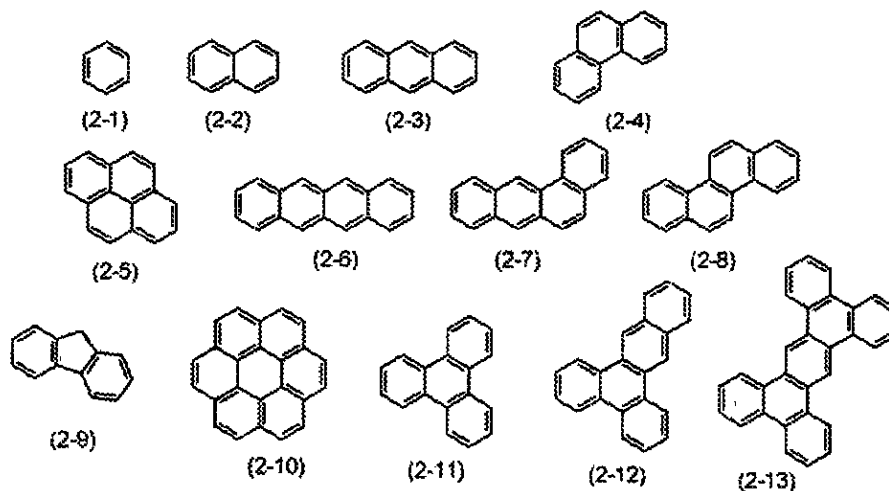
Ar⁴は、置換または無置換の炭素数6乃至60の芳香族炭化水素基、置換又は無置換の

50

カルbazolリル基のいずれかーを表す。置換または無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基としては具体的には例えば、下記構造式 (2-1) 乃至 (2-13) 等で表される置換基を挙げることができる。なお、下記構造式 (2-1) 乃至 (2-13) の置換位置は問わない。また、これらはさらに置換基を有していても良い。

【0064】

【化13】



10

20

【0065】

また、上記 Cz は置換または無置換のカルbazolリル基を表し、上記 Ar⁴ が置換または無置換のカルbazolリル基である場合があるが、当該 Cz および Ar⁴ としては、具体的には例えば下記構造式 (3-1) 乃至 (3-24) 等で表される置換基を挙げることができる。なお、これらはさらに置換基を有していても良い。

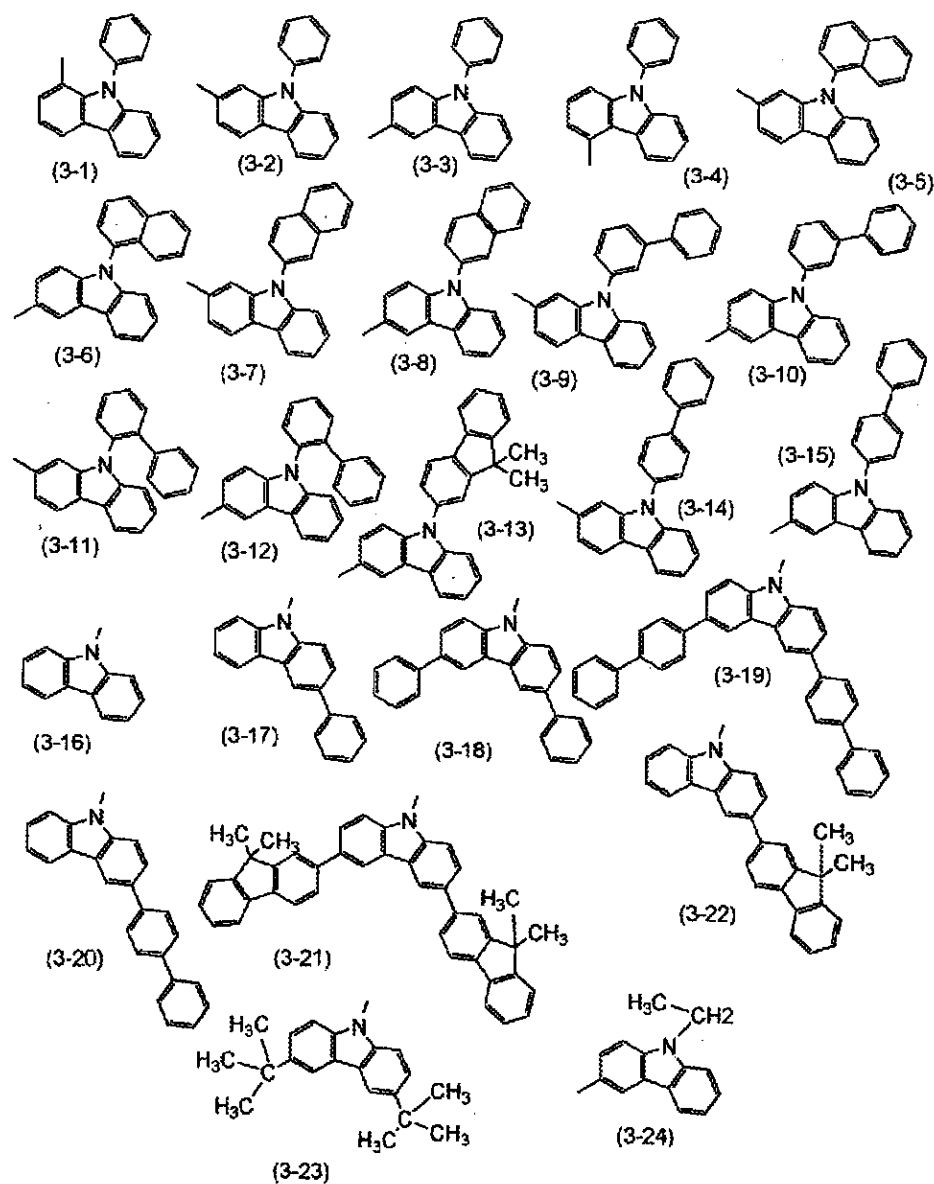
【0066】

30

40

50

【化 1 4】



【0067】

また、 Ar^5 、 Ar^6 は、それぞれ独立に置換または無置換の炭素数6乃至54の2価の芳香族炭化水素基を表す。当該置換または無置換の炭素数6乃至54の2価の芳香族炭化水素基としては、具体的には、例えば下記構造式(2-1)乃至(2-13)で表される基を用いることができる。なお、下記構造式(2-1)乃至(2-13)の置換位置は問わない。また、これらはさらに置換基を有していても良い。

【0068】

10

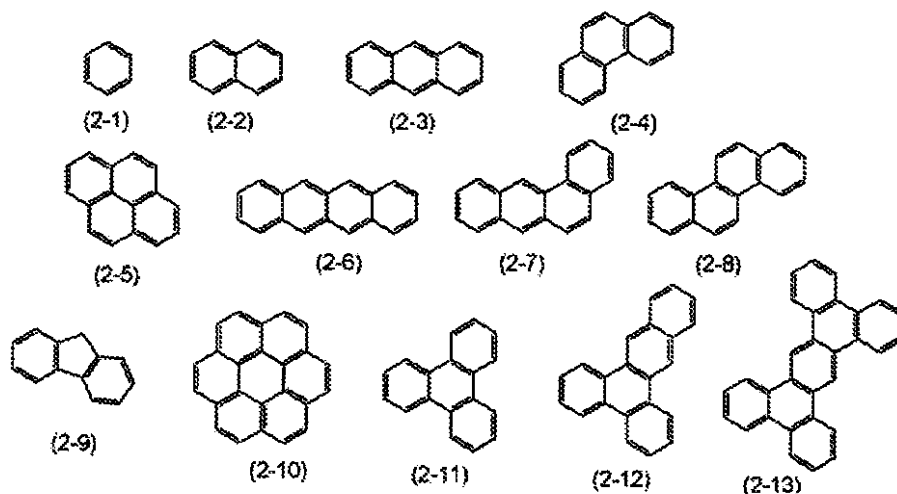
20

30

40

50

【化 1 5】



10

【 0 0 6 9】

R^0 乃至 R^9 、 R^{10} 乃至 R^{18} および R^{20} 乃至 R^{28} が芳香族炭化水素基であり、且つ置換基を有する場合、また Ar^4 、 Cz 、 Ar^5 および Ar^6 がさらに置換基を有する場合、当該置換基としては、炭素数 6 乃至 10 の芳香族炭化水素基、炭素数 1 乃至 6 の炭化水素基、炭素数 3 乃至 6 の環式炭化水素基、炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン、および炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基のいずれか一または複数を取りうるが、炭素数 1 乃至 6 の炭化水素基、炭素数 3 乃至 6 の環式炭化水素基、炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン、炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基の具体的な例としては、下記構造式 (1 - 1) 乃至構造式 (1 - 40) のようなものを挙げることができる。また、炭素数 6 乃至 10 の芳香族炭化水素基としては、例えば、フェニル基、ナフチル基などを挙げることができる。

20

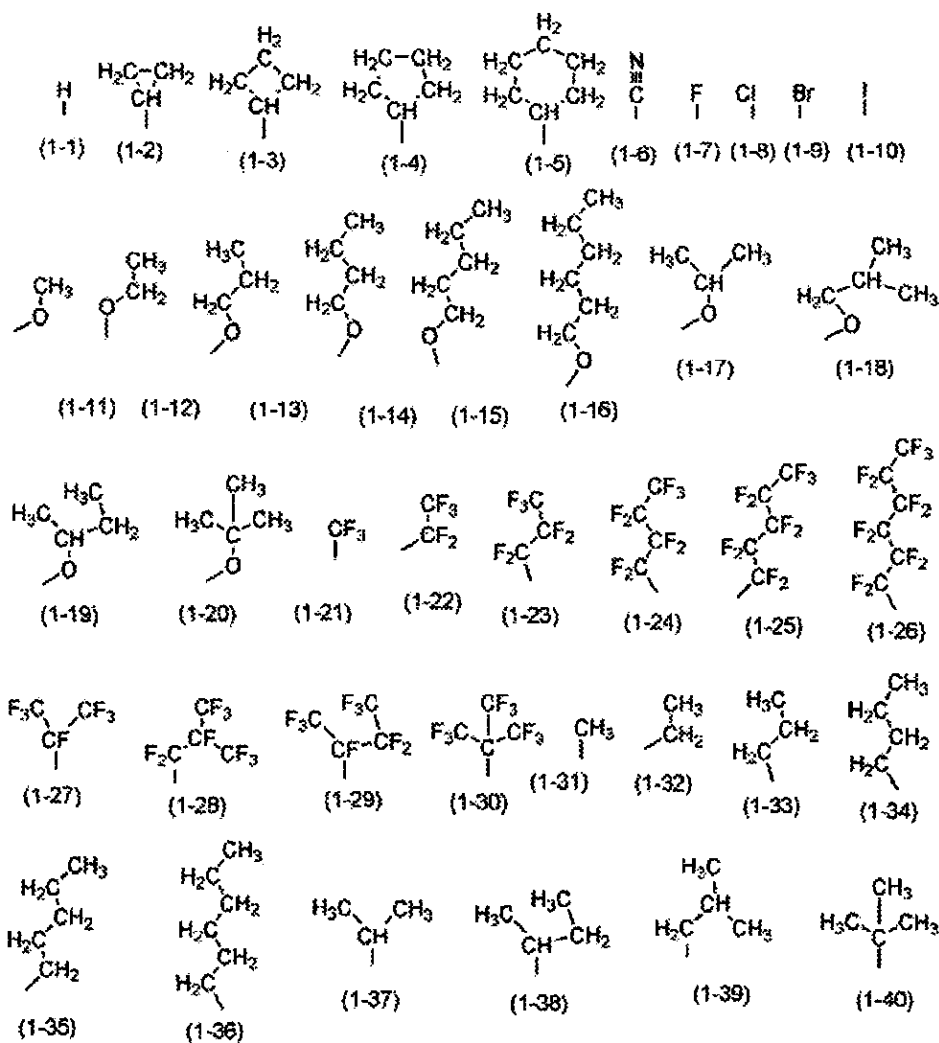
【 0 0 7 0】

30

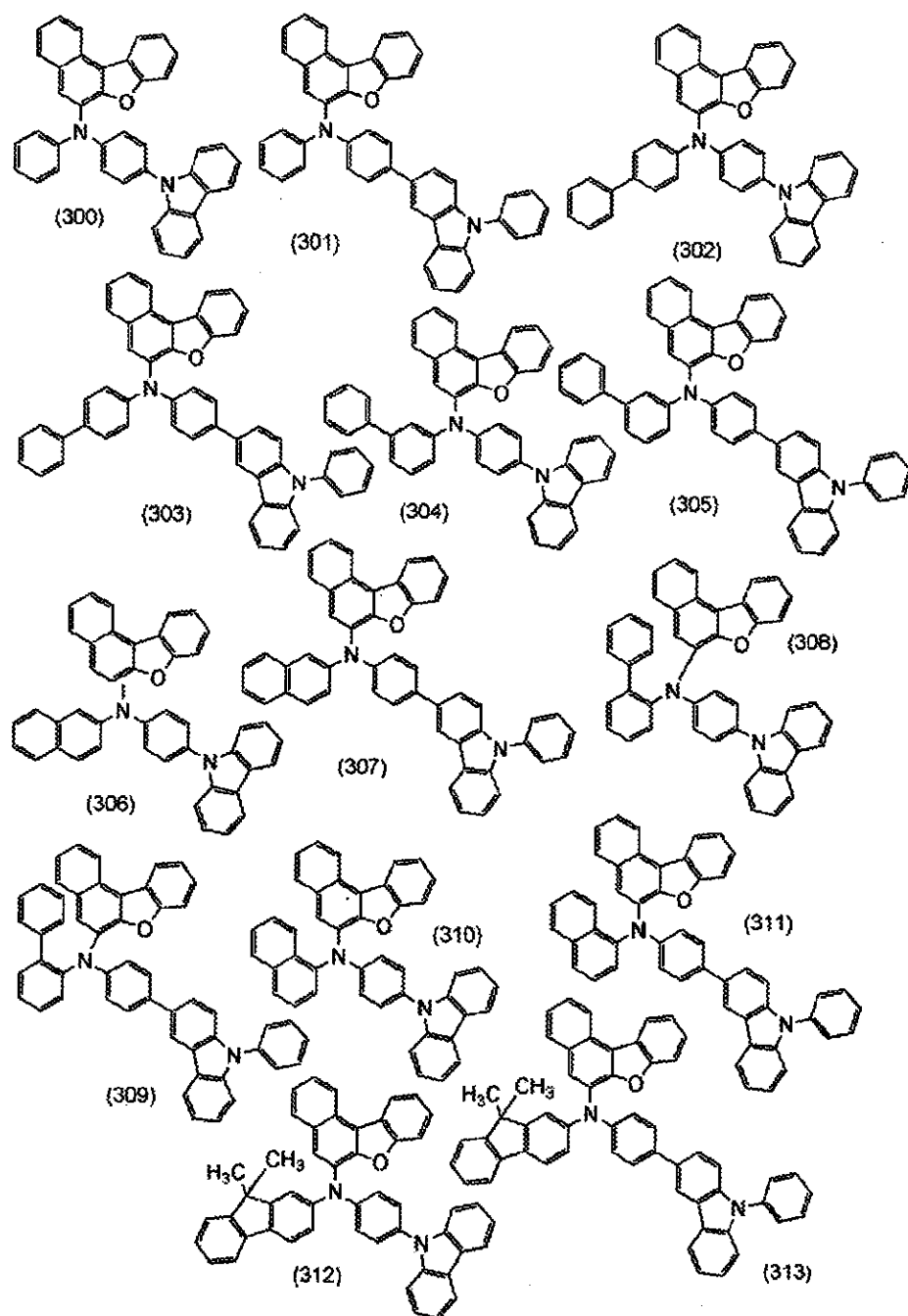
40

50

【化 1 6】

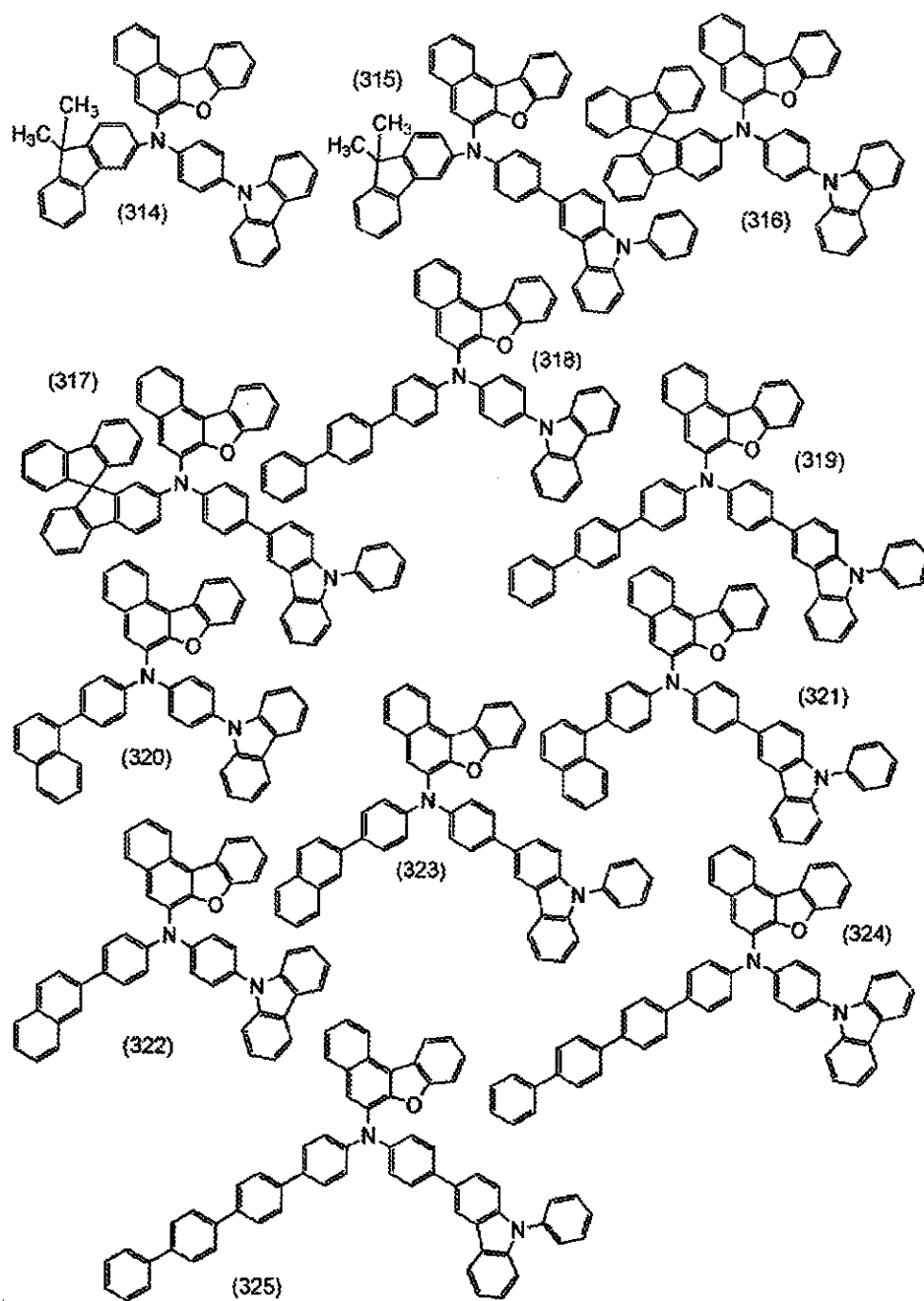


【化 1 7】



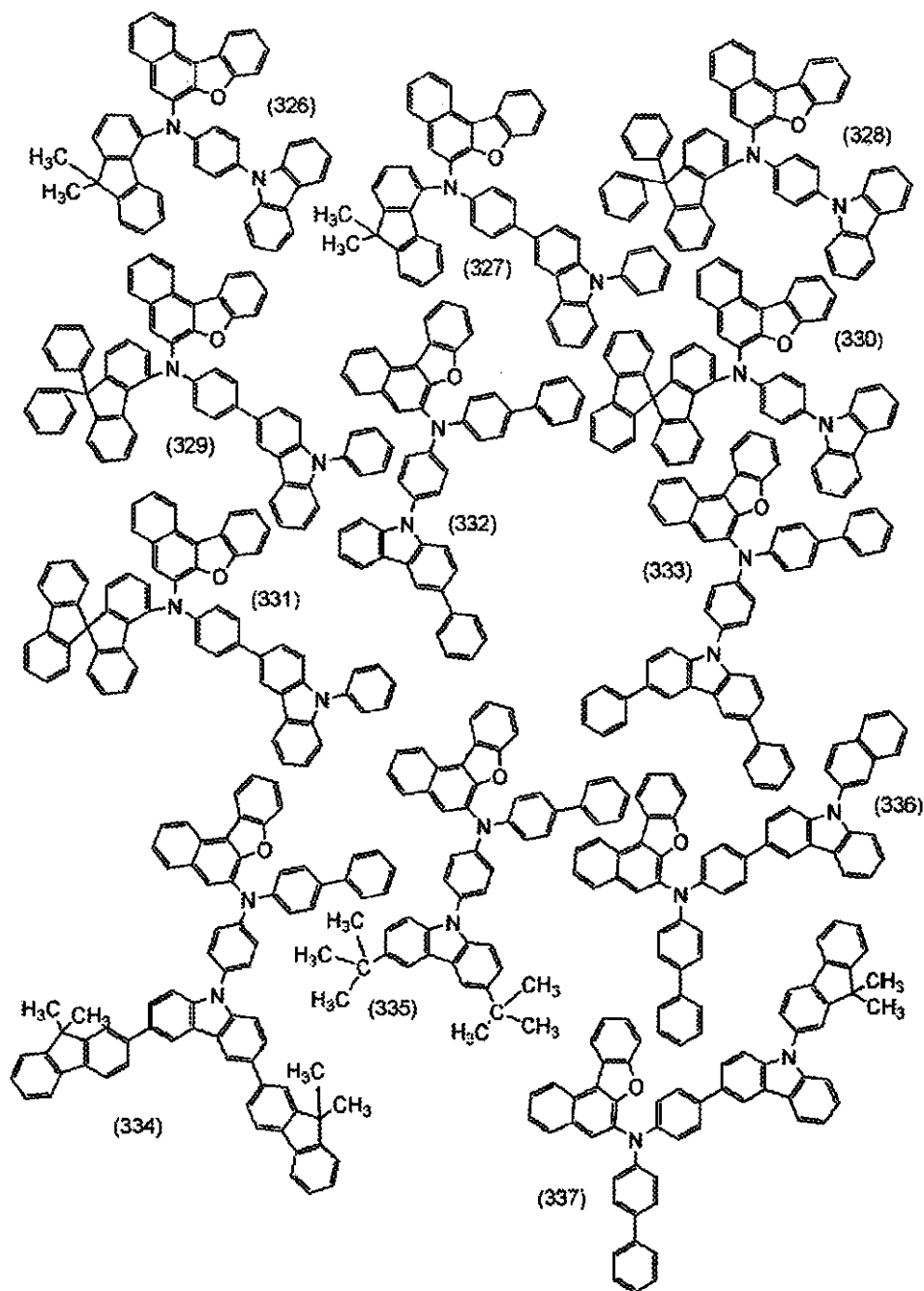
【 0 0 7 3 】

【化 1 8】



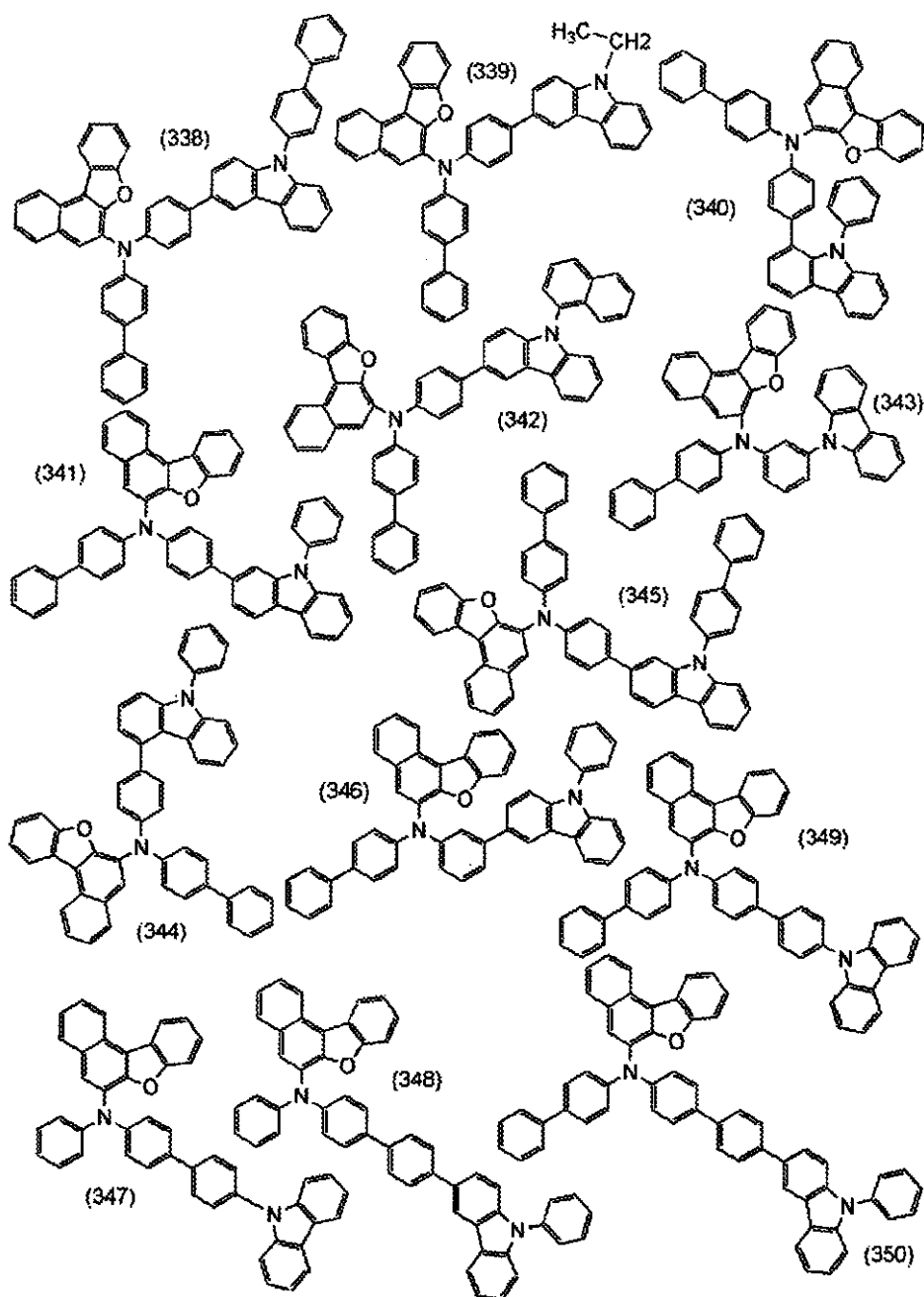
【 0 0 7 4】

【化 1 9】



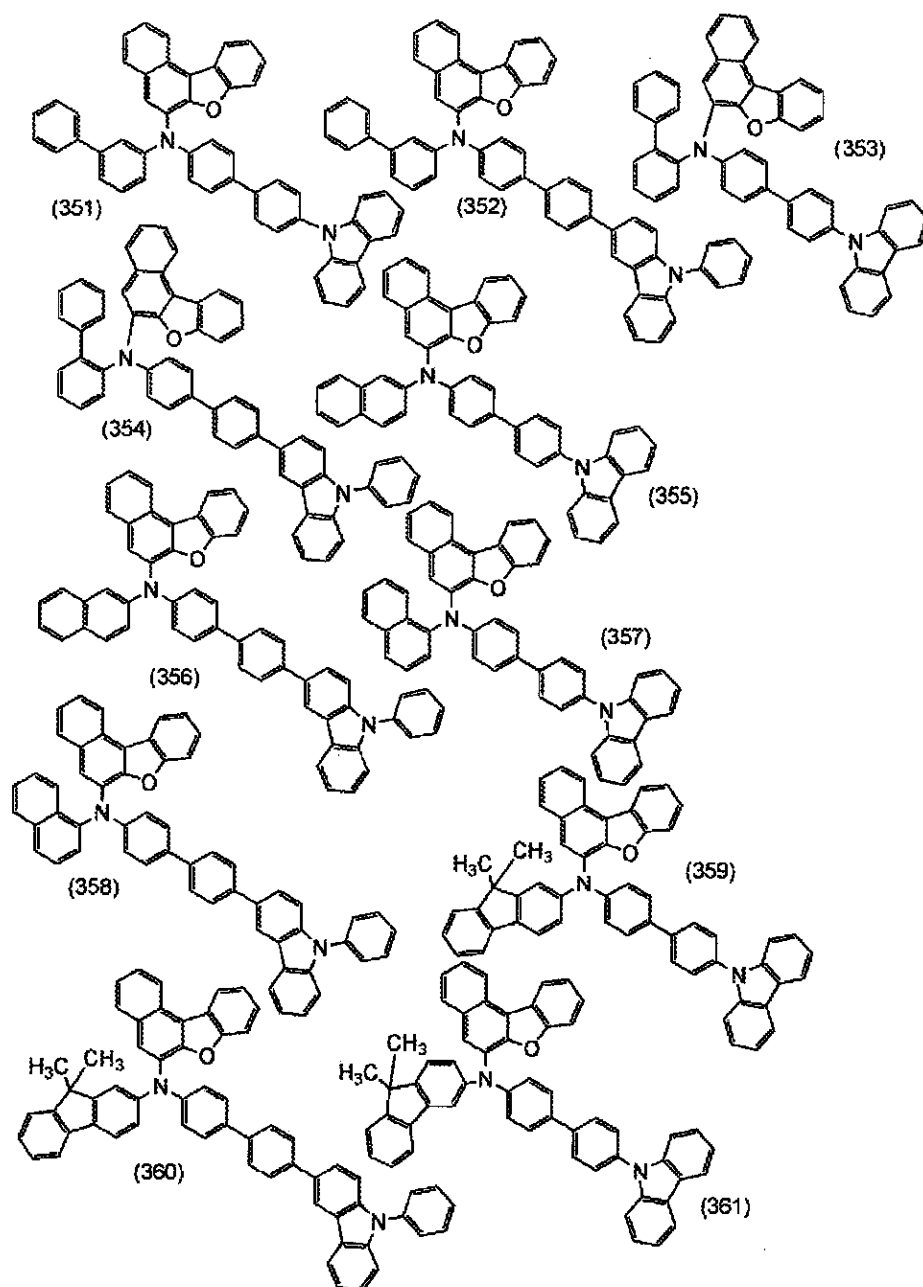
【 0 0 7 5 】

【化 2 0】



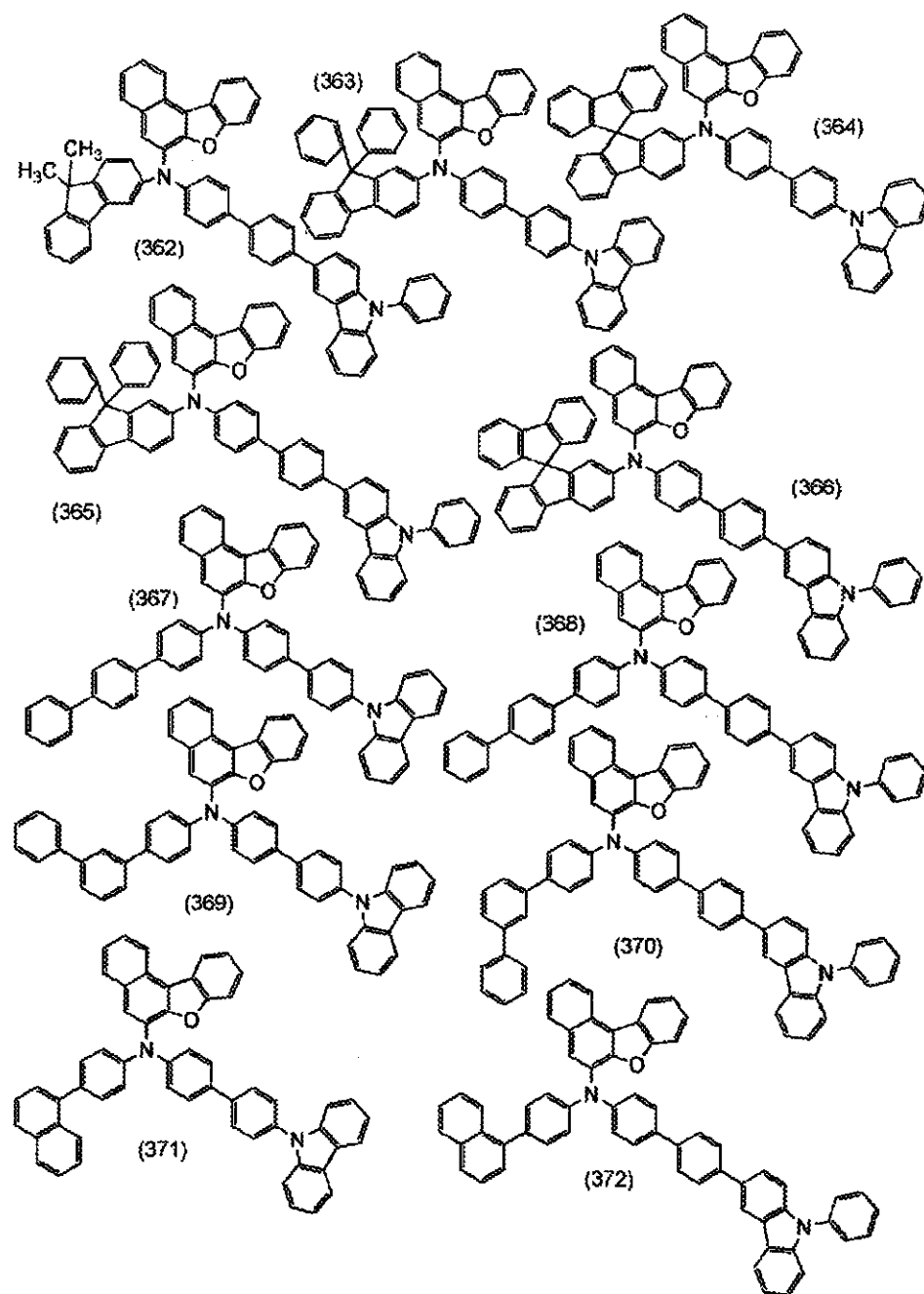
【 0 0 7 6】

【化 2 1】



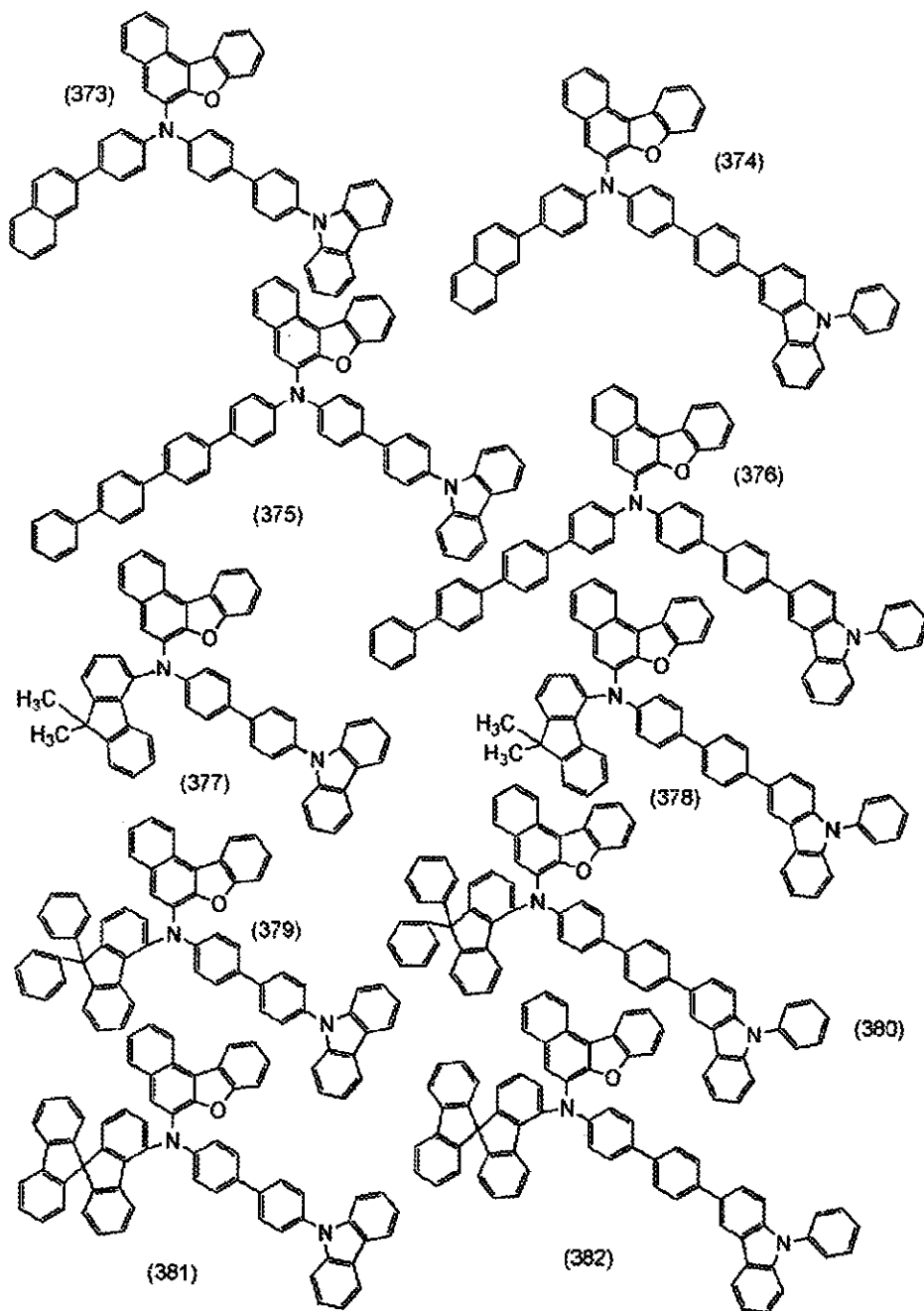
【 0 0 7 7 】

【化 2 2】



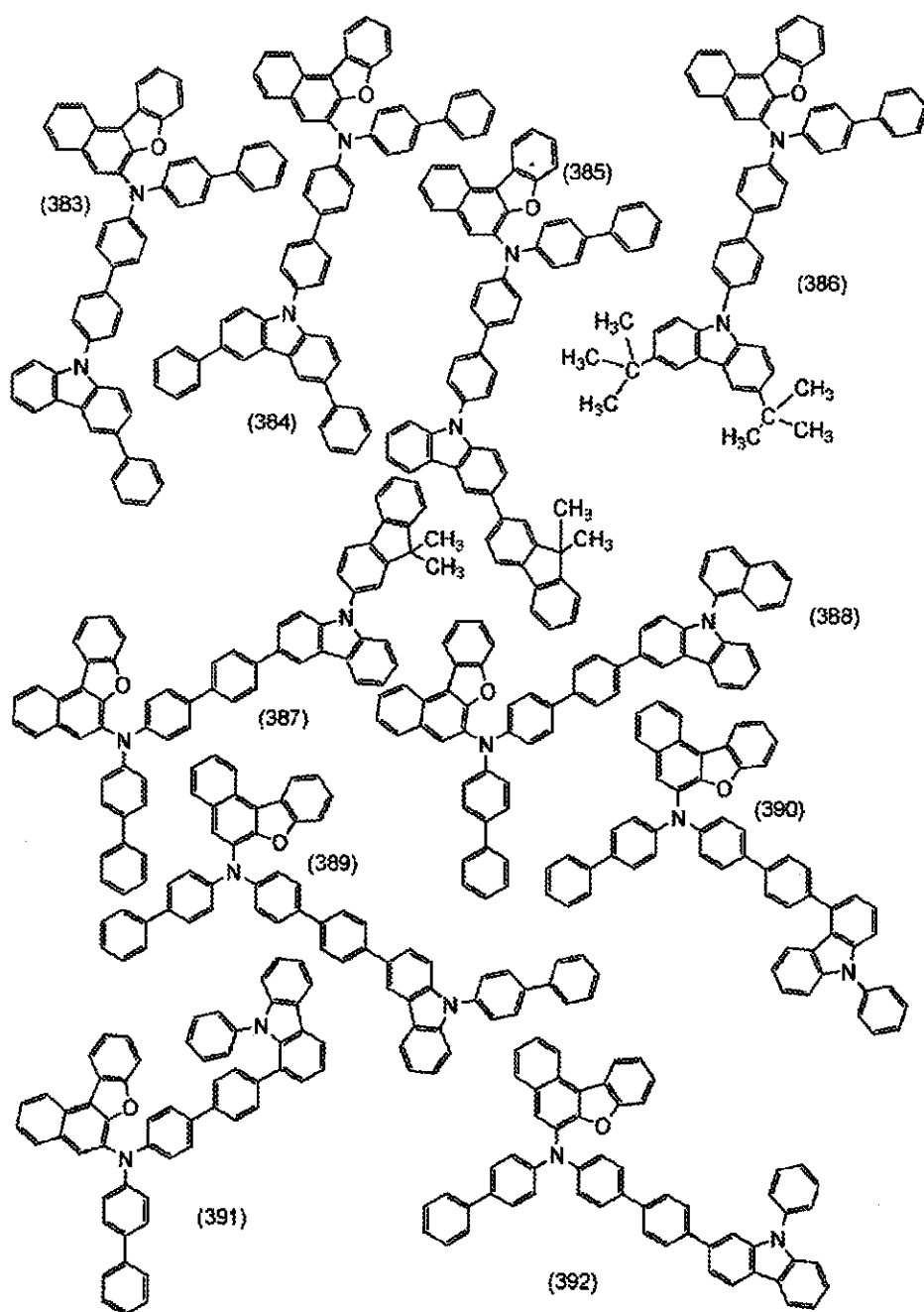
【 0 0 7 8 】

【化 2 3】



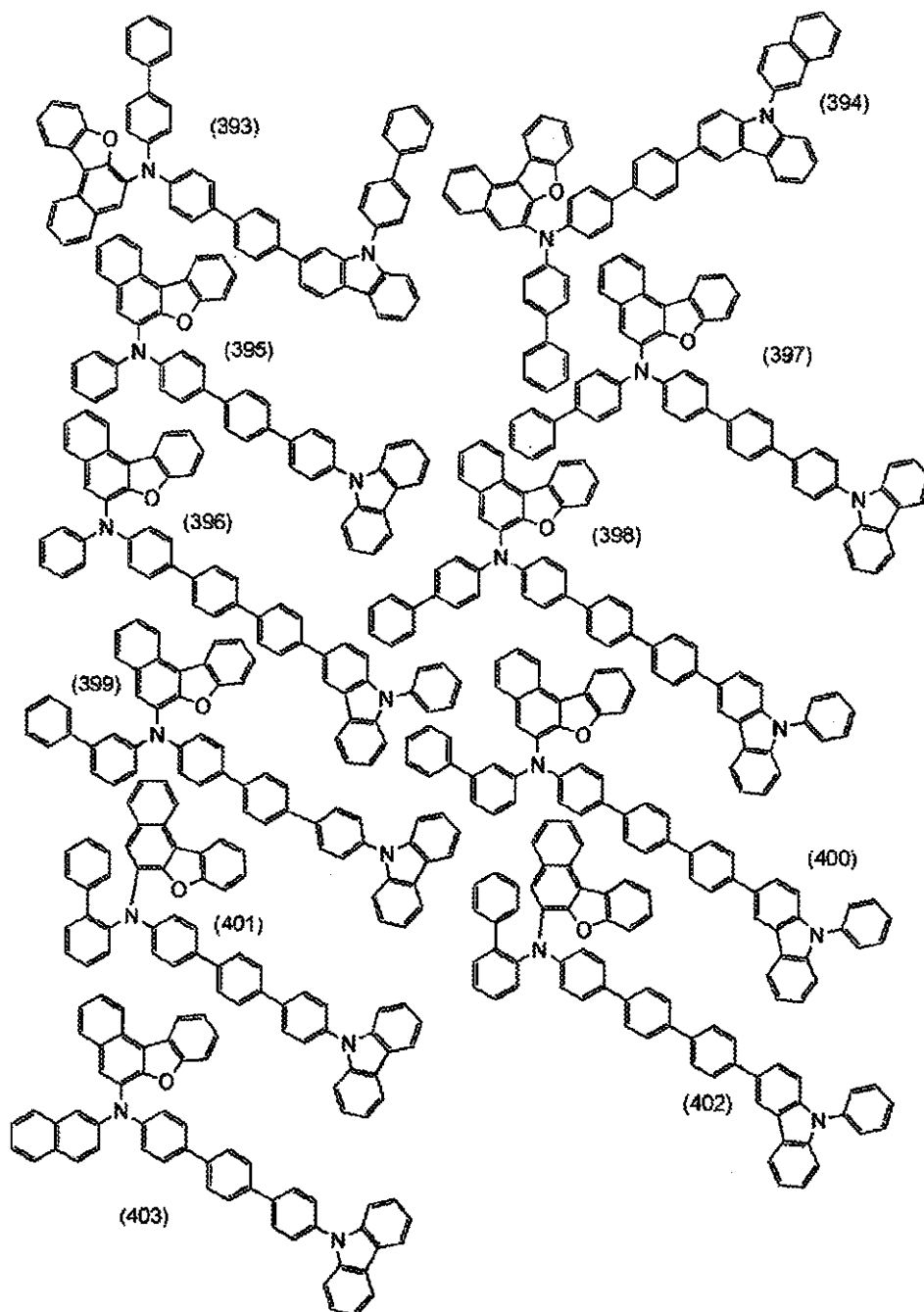
【 0 0 7 9 】

【化 2 4】



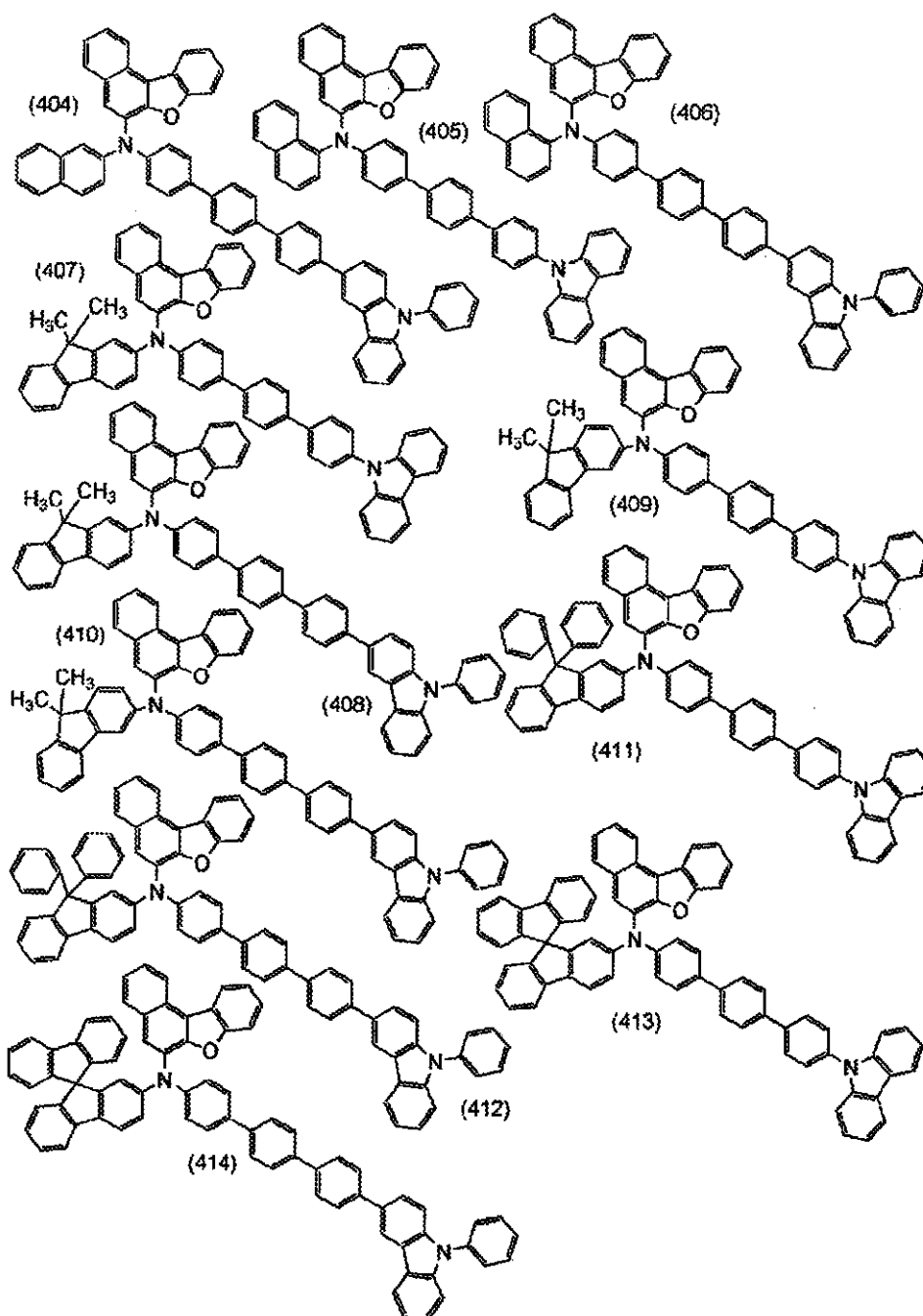
【 0 0 8 0 】

【化 2 5】



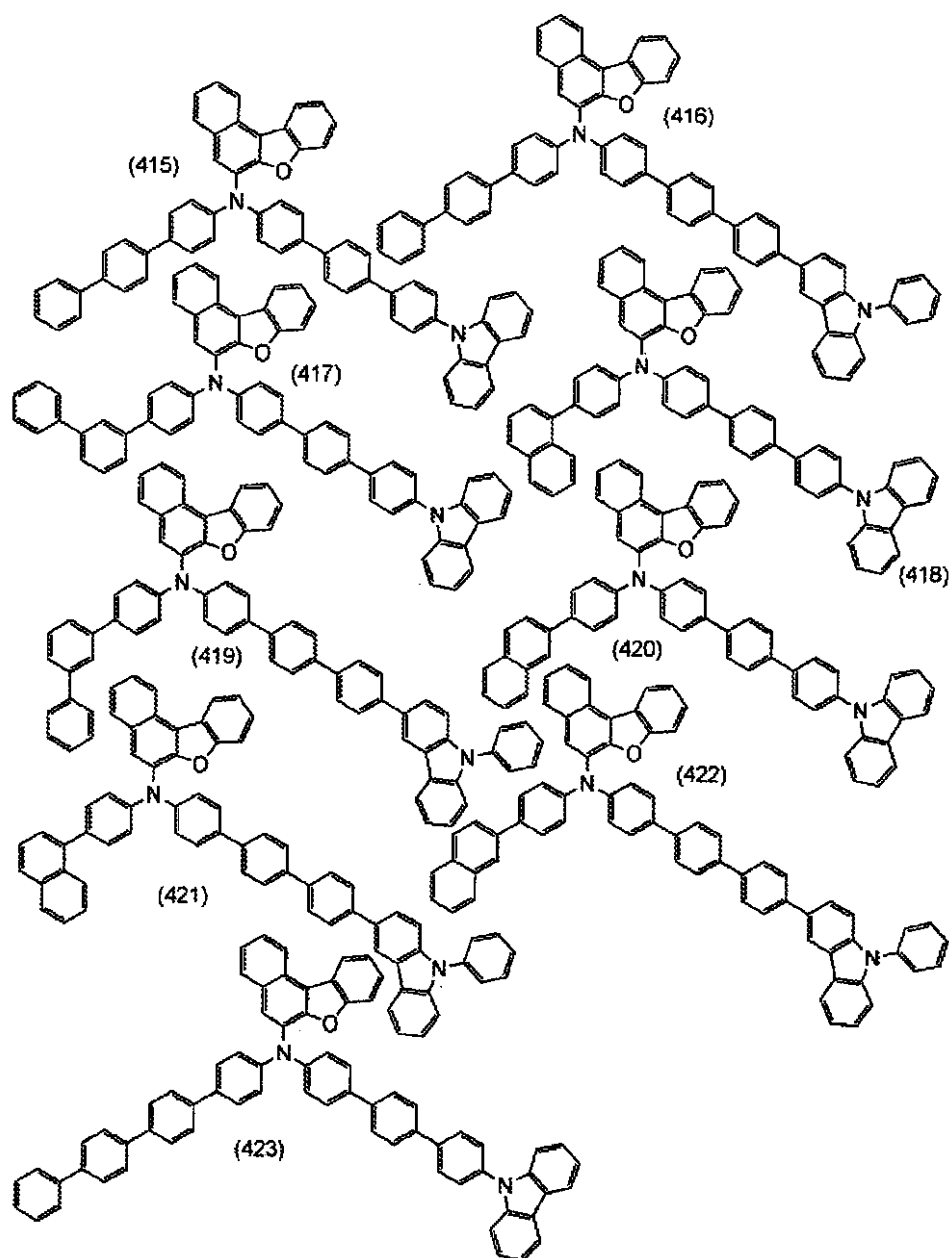
【 0 0 8 1 】

【化 2 6】



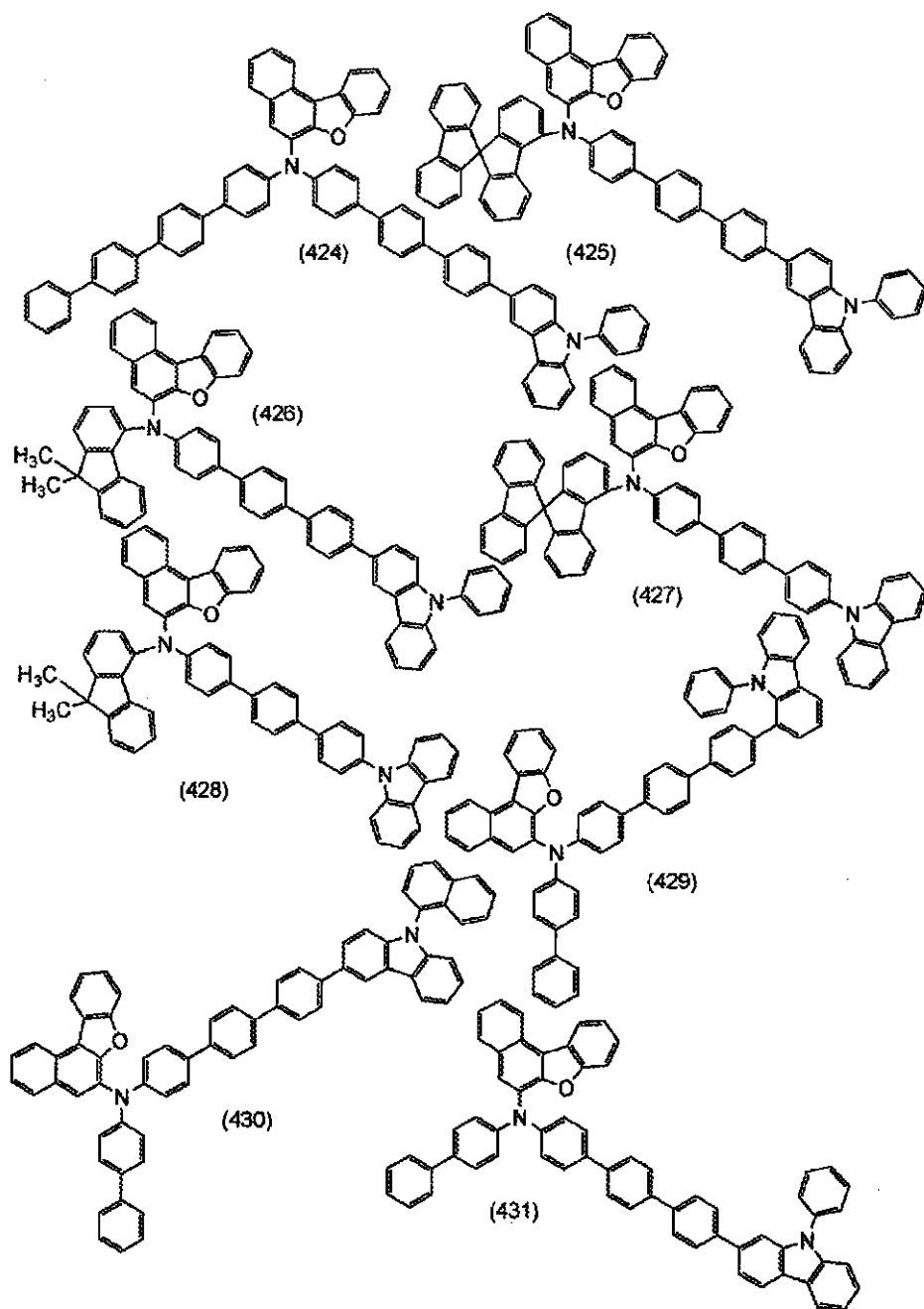
【 0 0 8 2 】

【化 2 7】



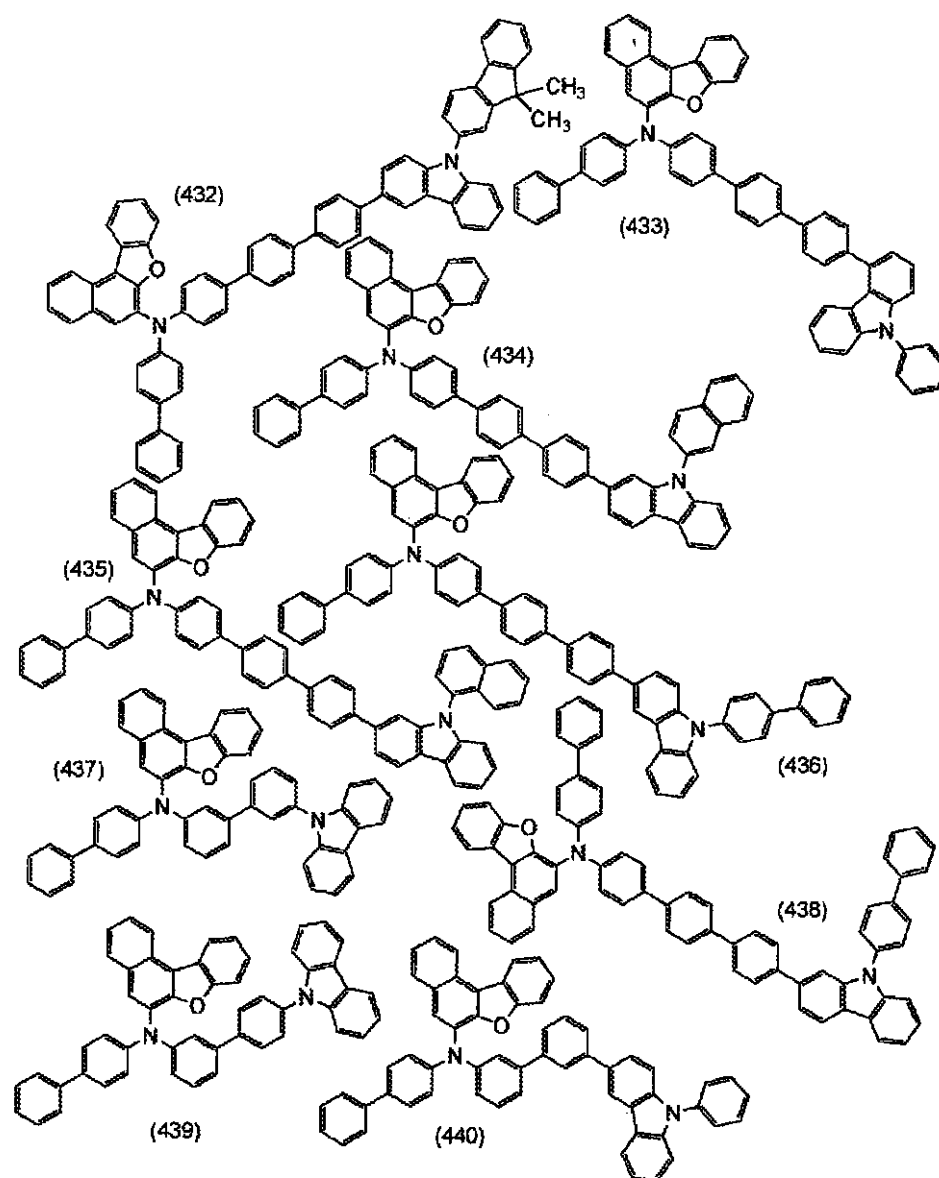
【 0 0 8 3 】

【化 2 8】



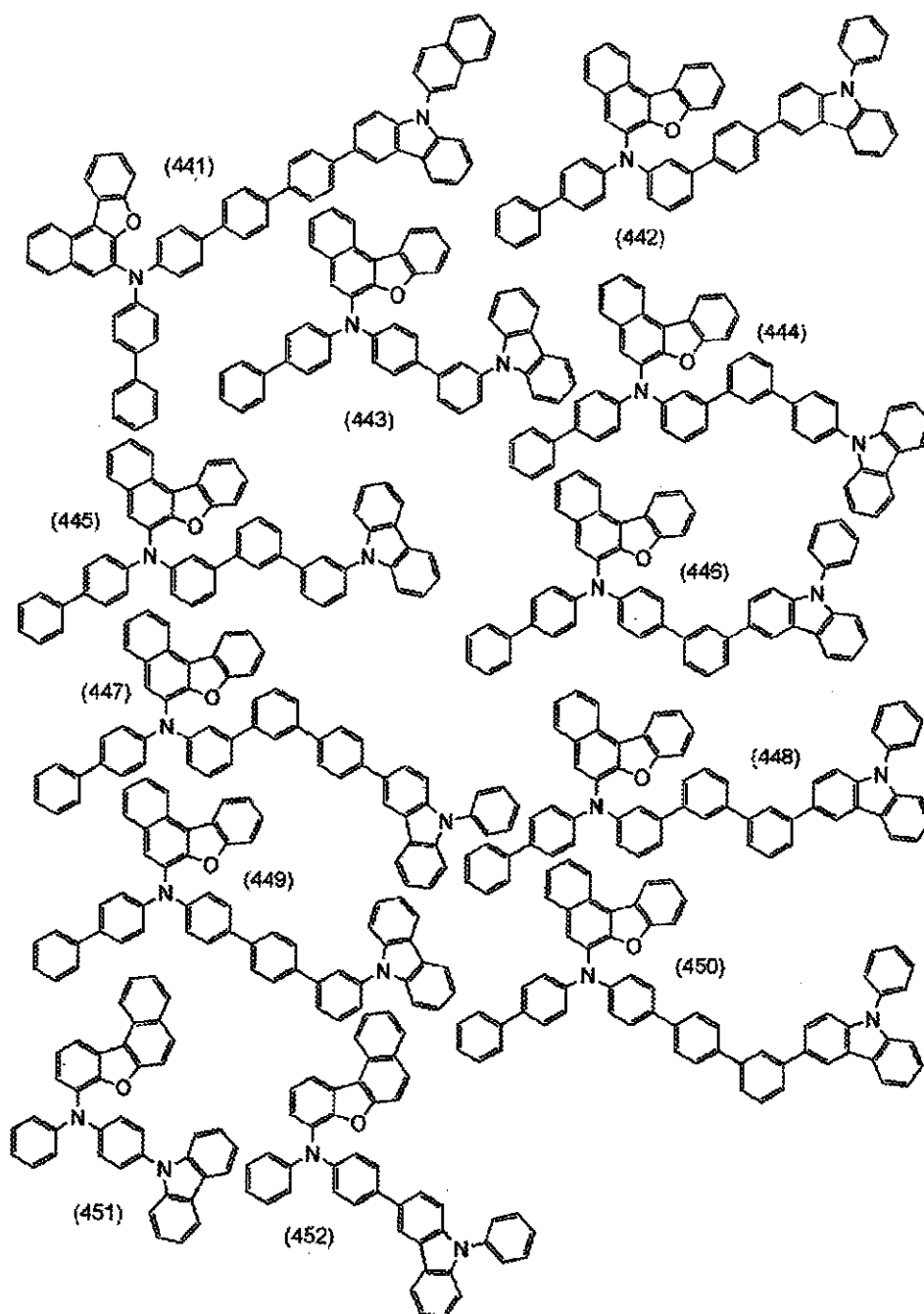
【 0 0 8 4 】

【化 2 9】



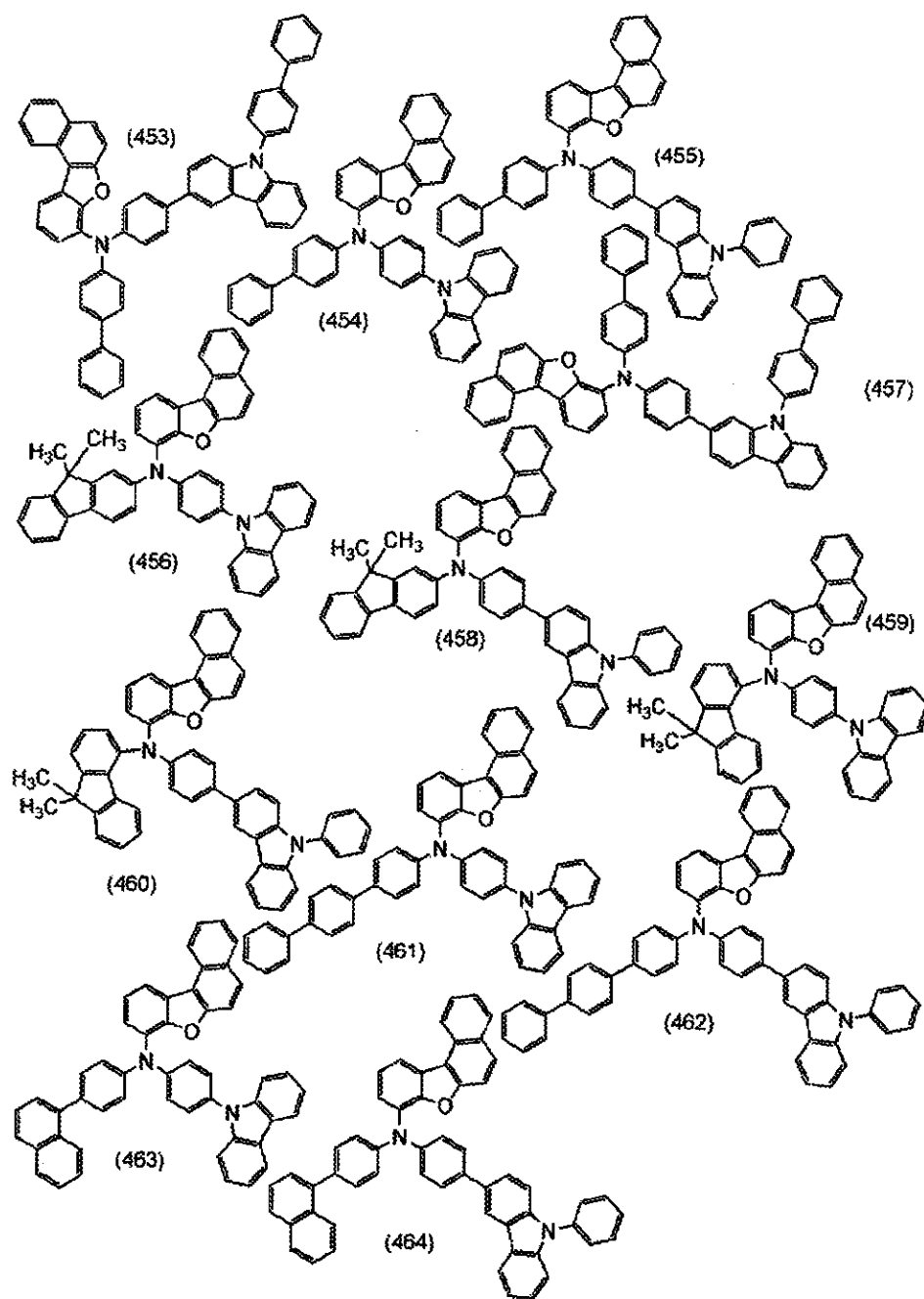
【 0 0 8 5 】

【化 3 0】



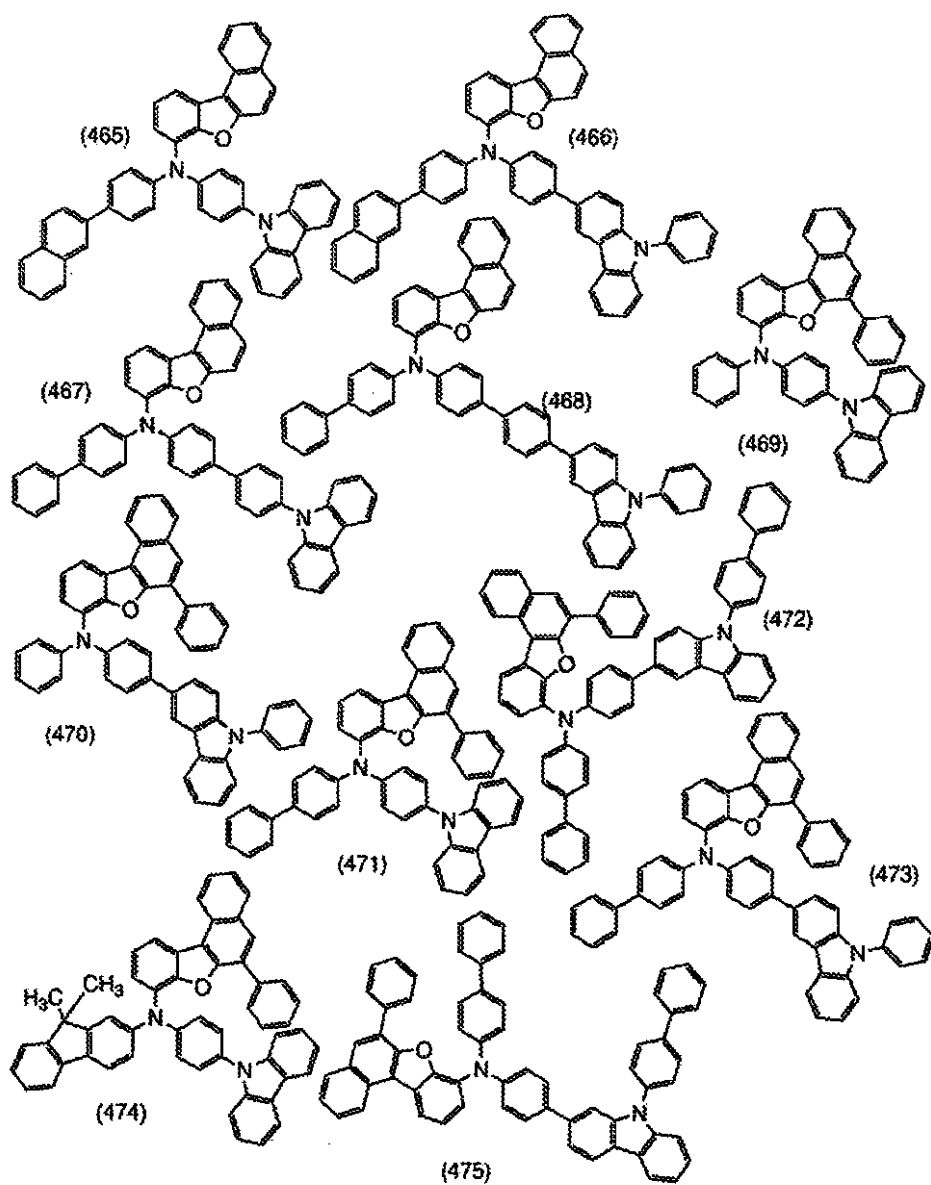
【 0 0 8 6】

【化 3 1】



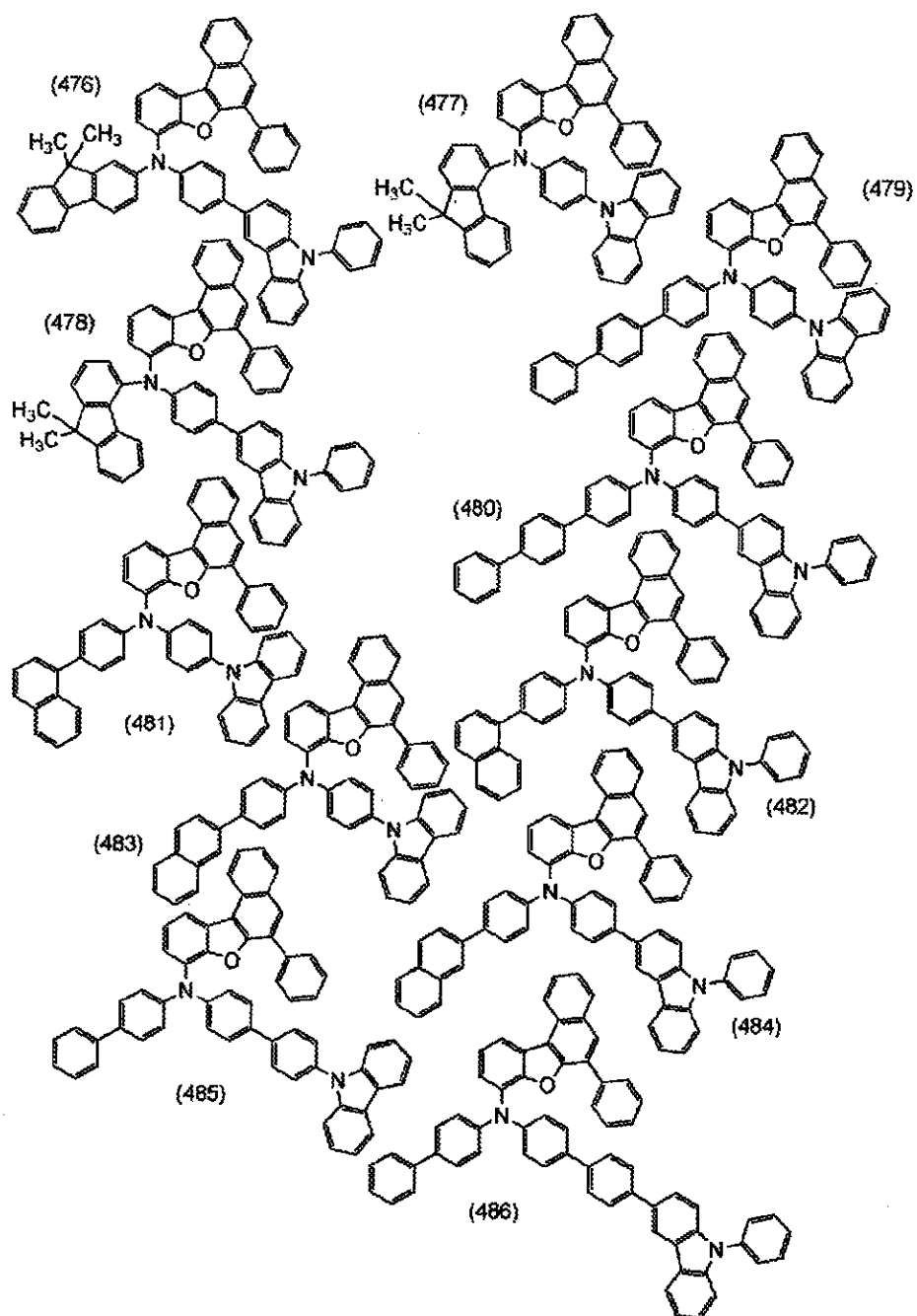
【 0 0 8 7 】

【化 3 2】



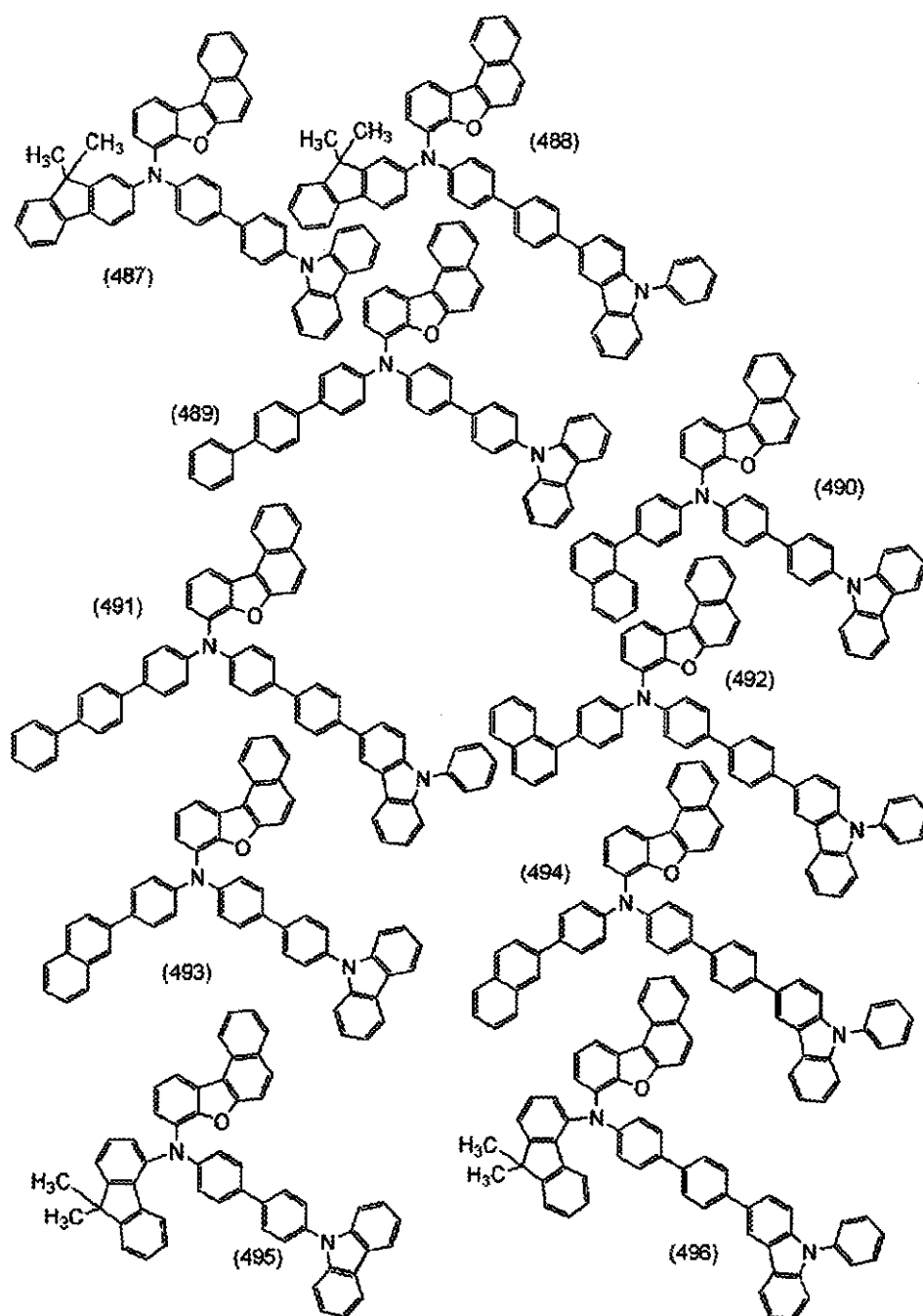
【 0 0 8 8 】

【化 3 3】



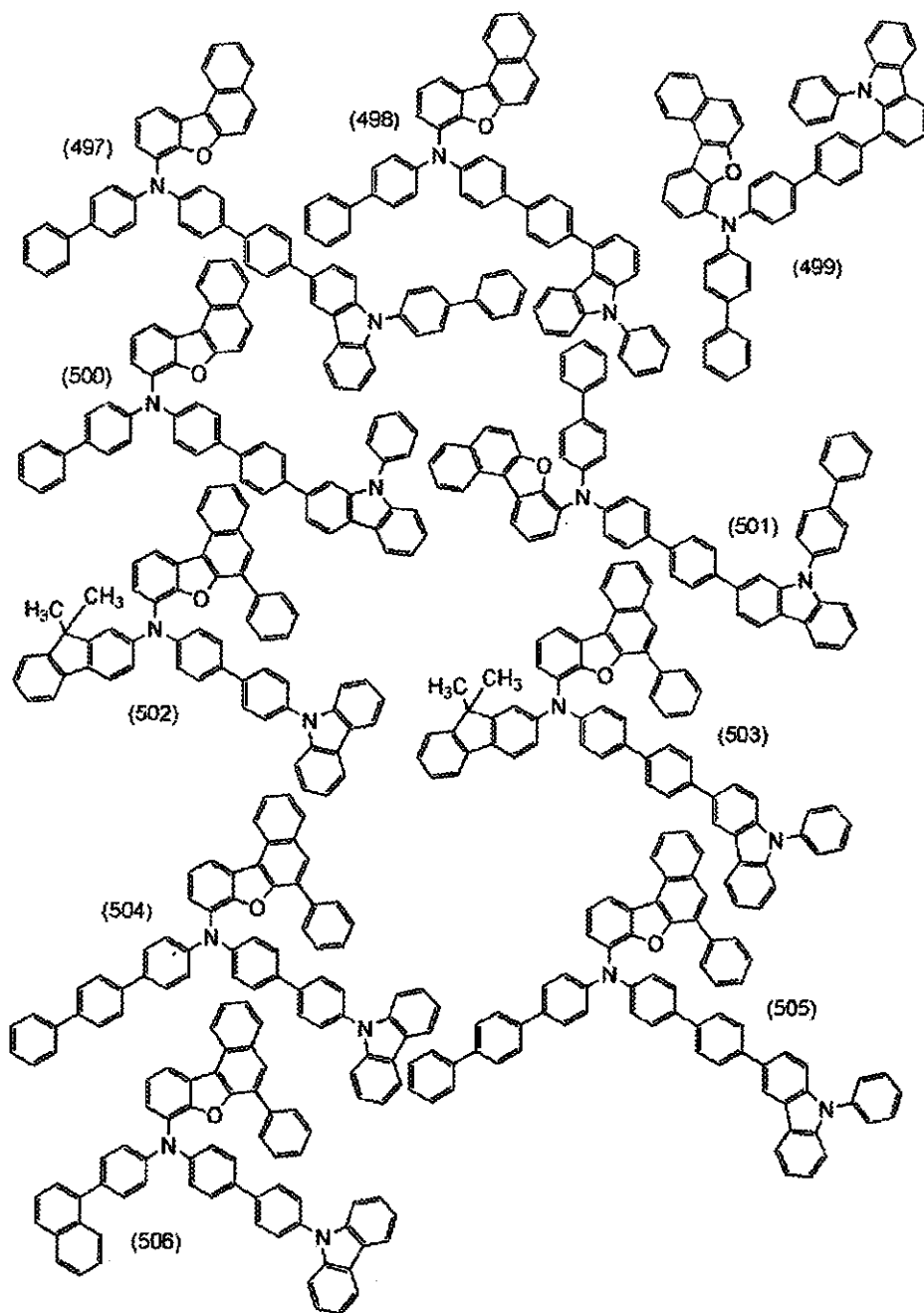
【 0 0 8 9 】

【化 3 4】



【 0 0 9 0 】

【化 3 5】



【 0 0 9 1 】

10

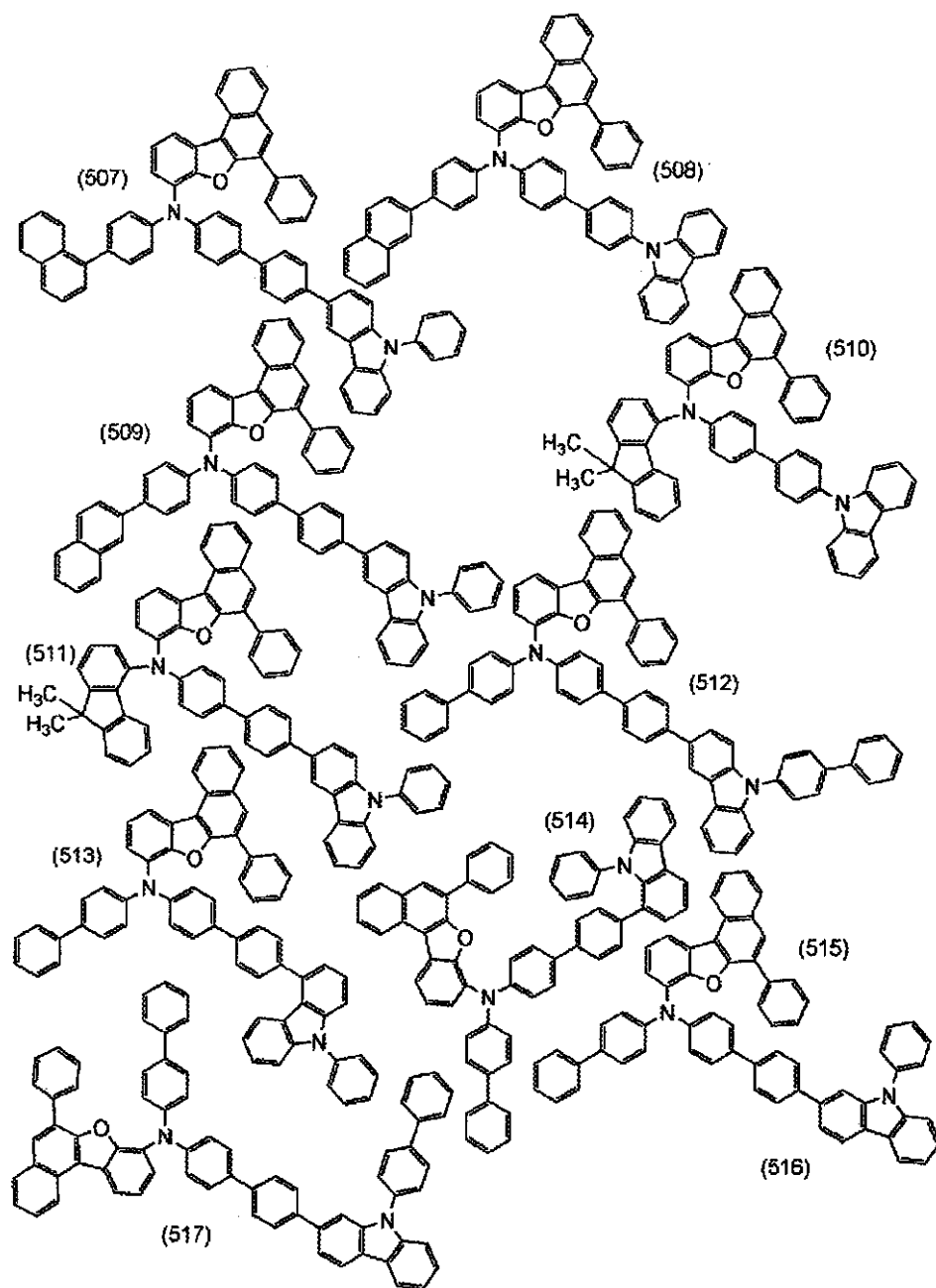
20

30

40

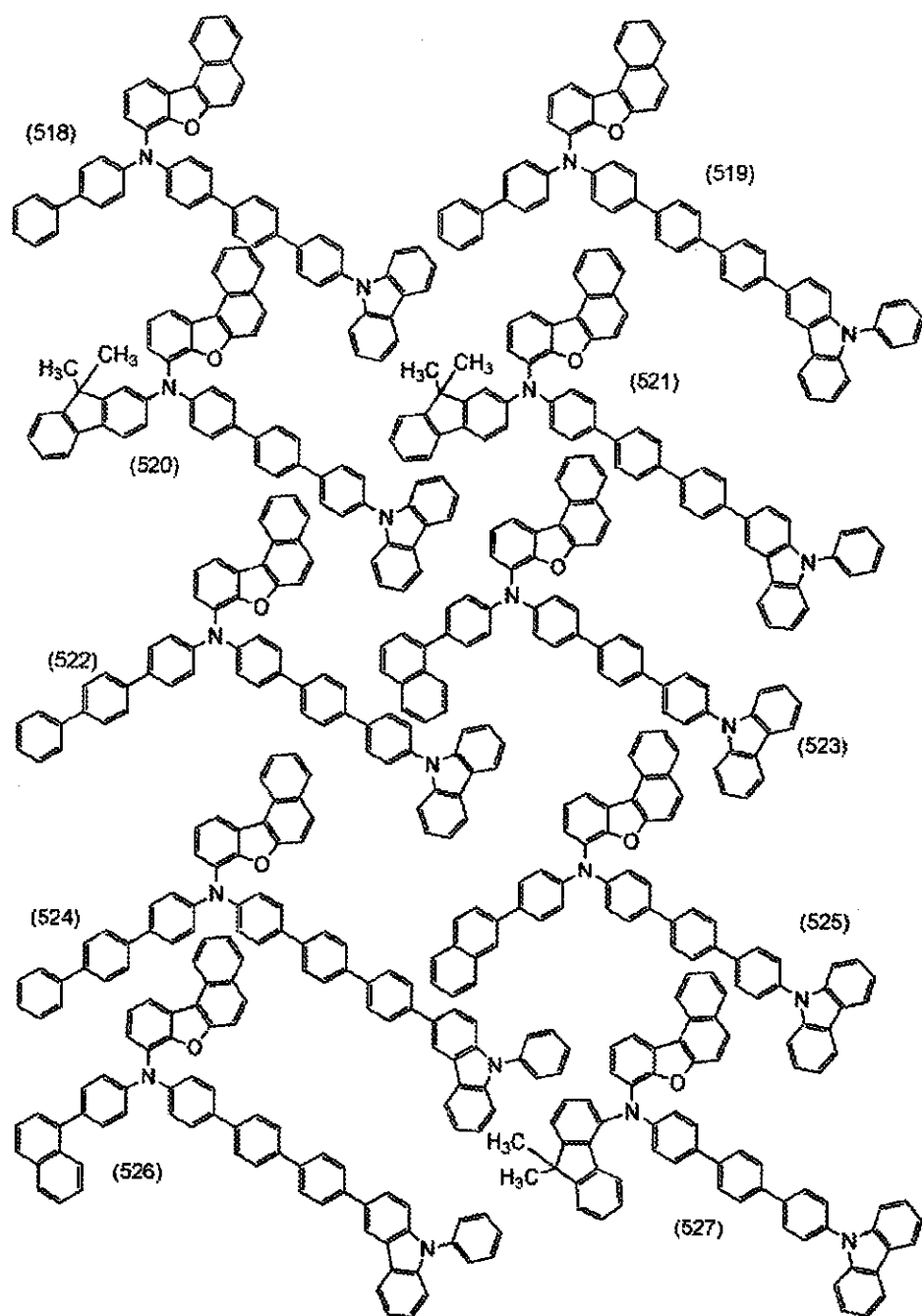
50

【化 3 6】



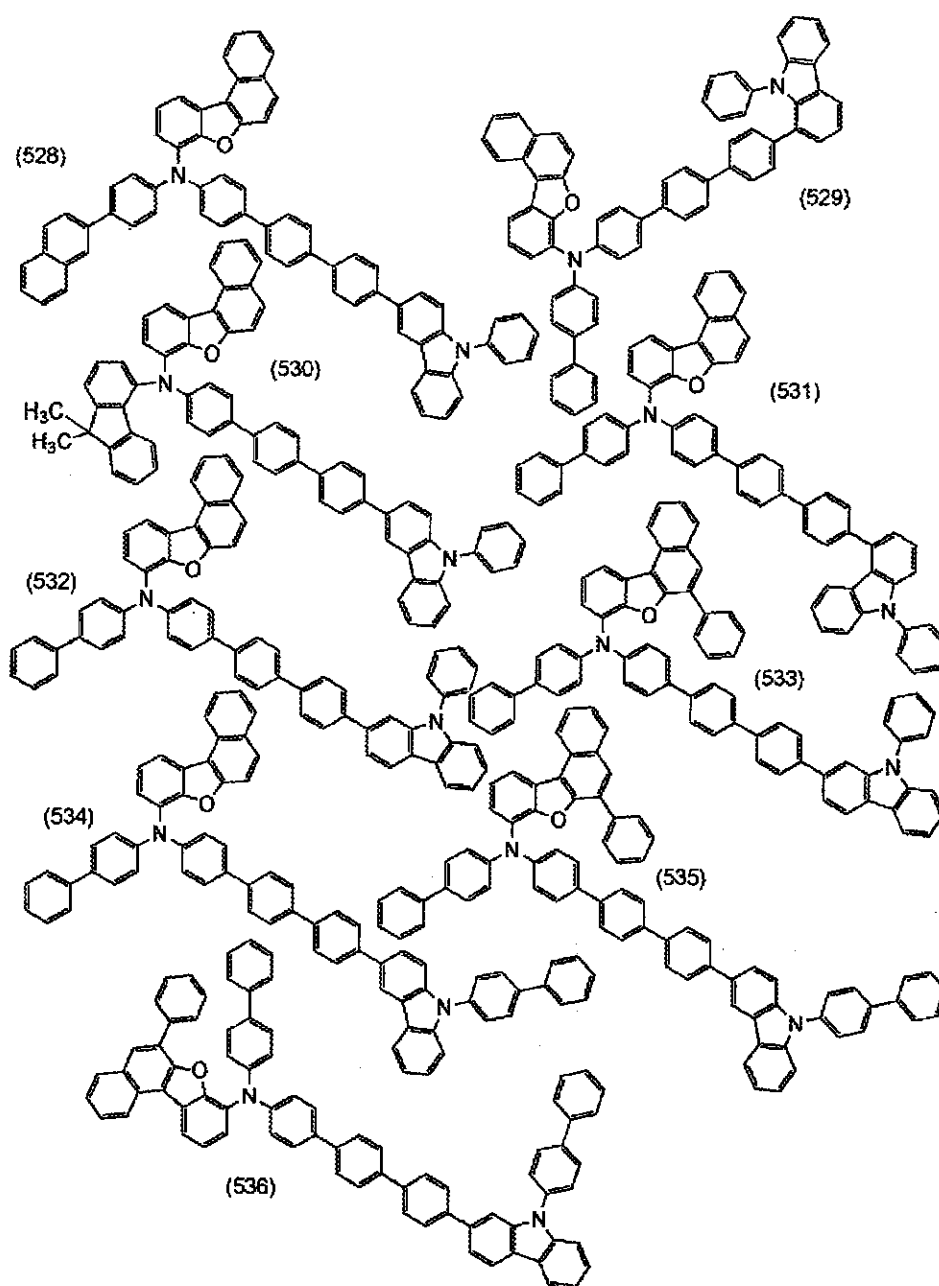
【 0 0 9 2 】

【化 3 7】



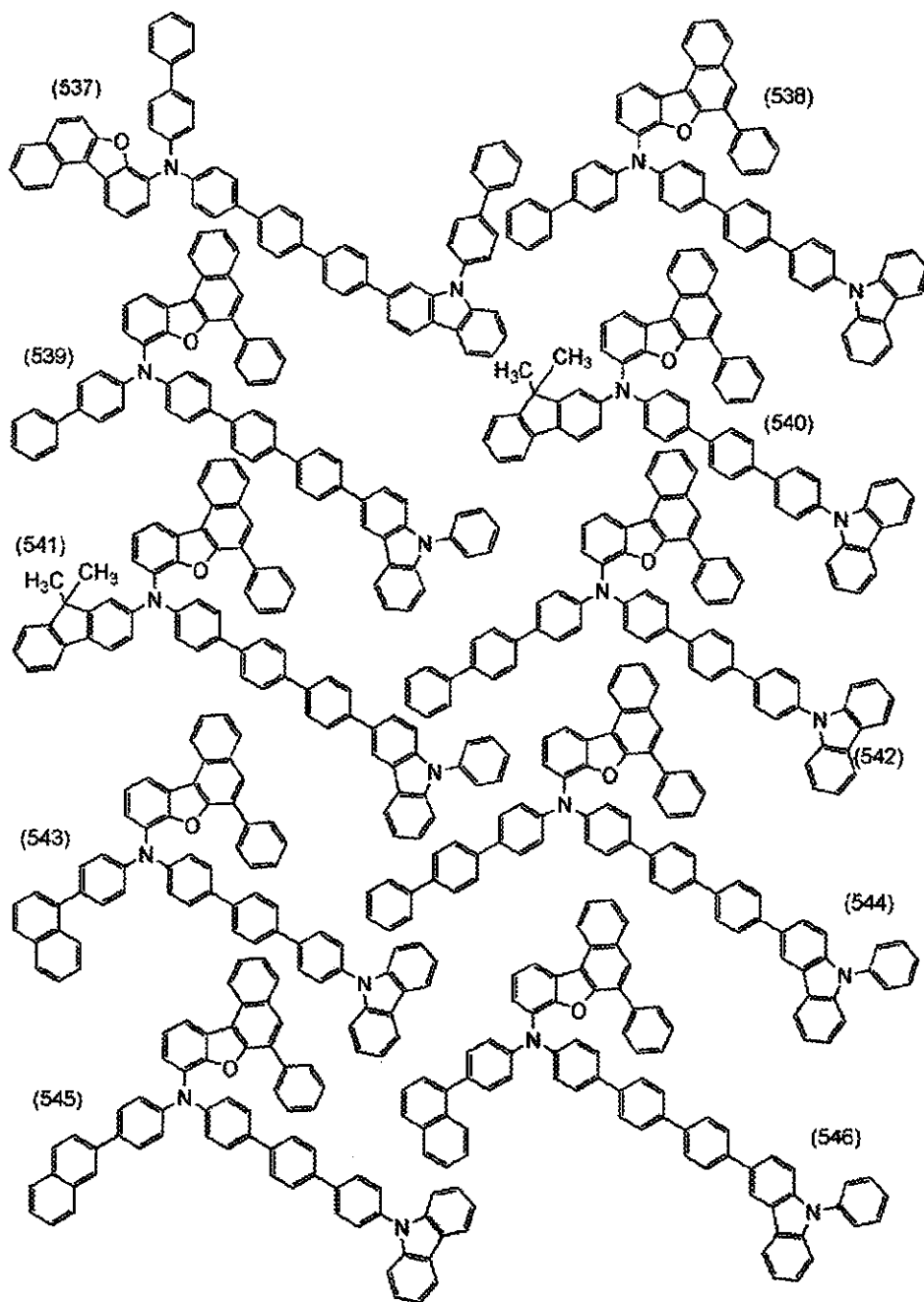
【 0 0 9 3 】

【化 3 8】



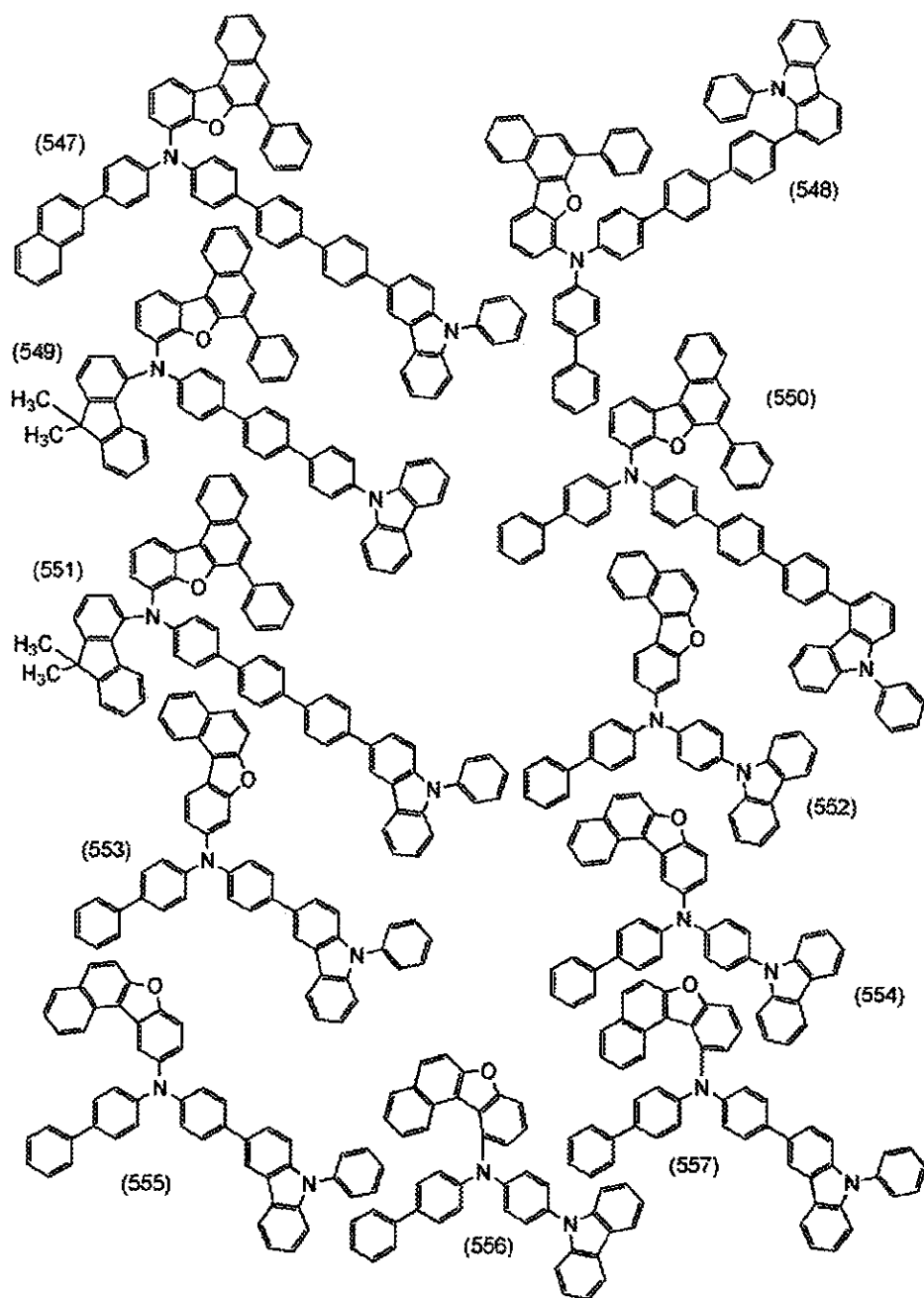
【 0 0 9 4 】

【化 3 9】



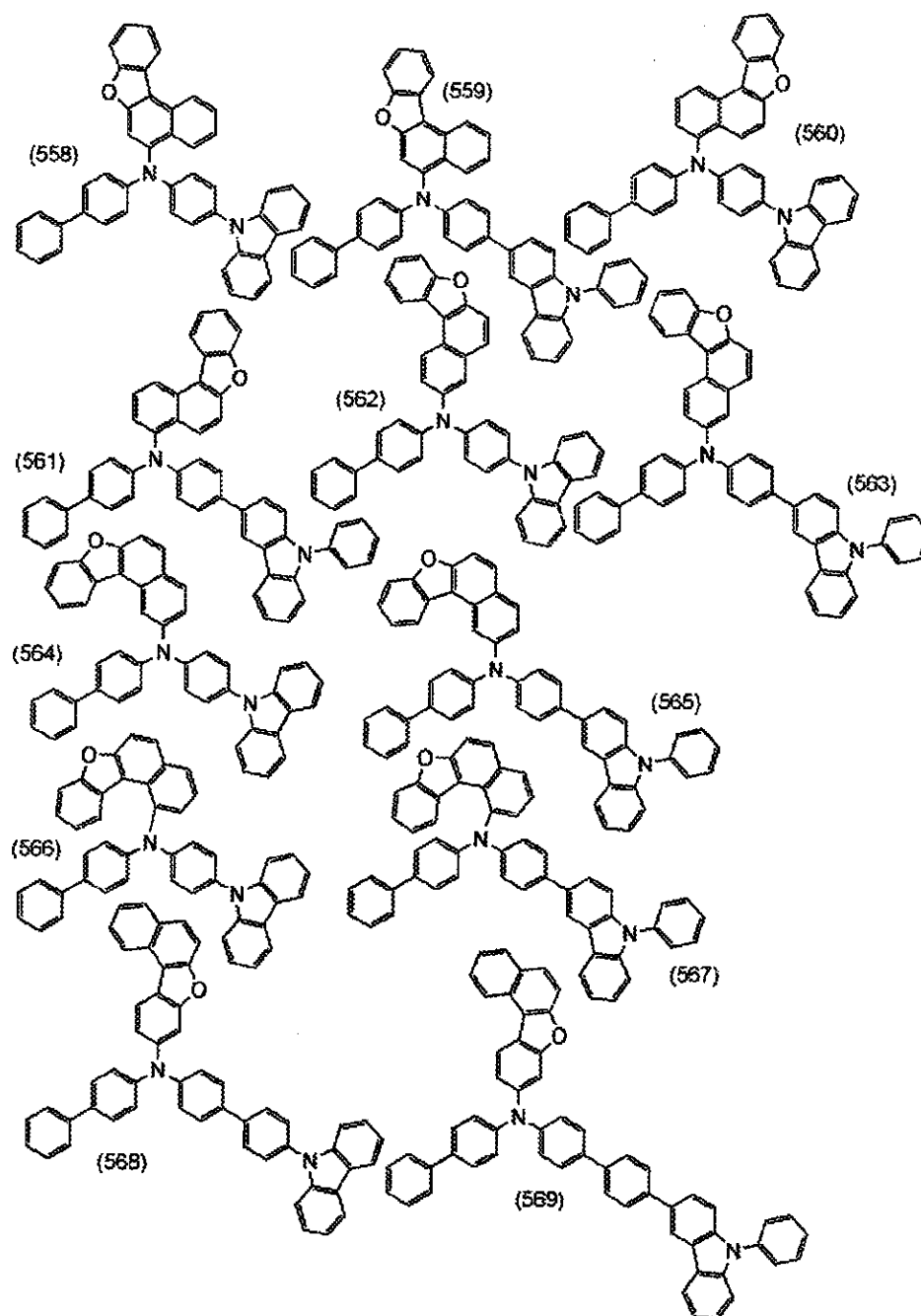
【 0 0 9 5 】

【化 4 0】



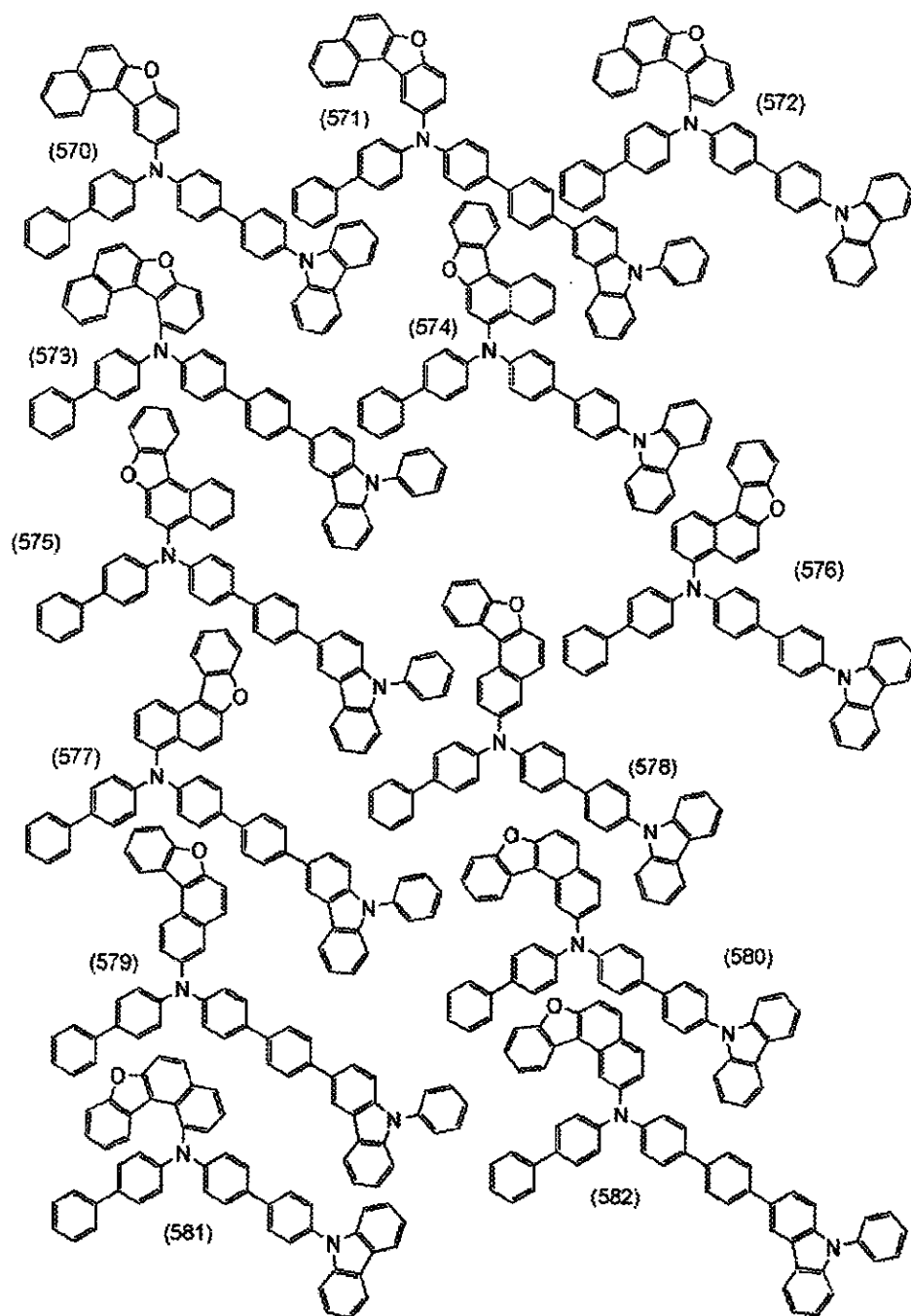
【 0 0 9 6 】

【化 4 1】



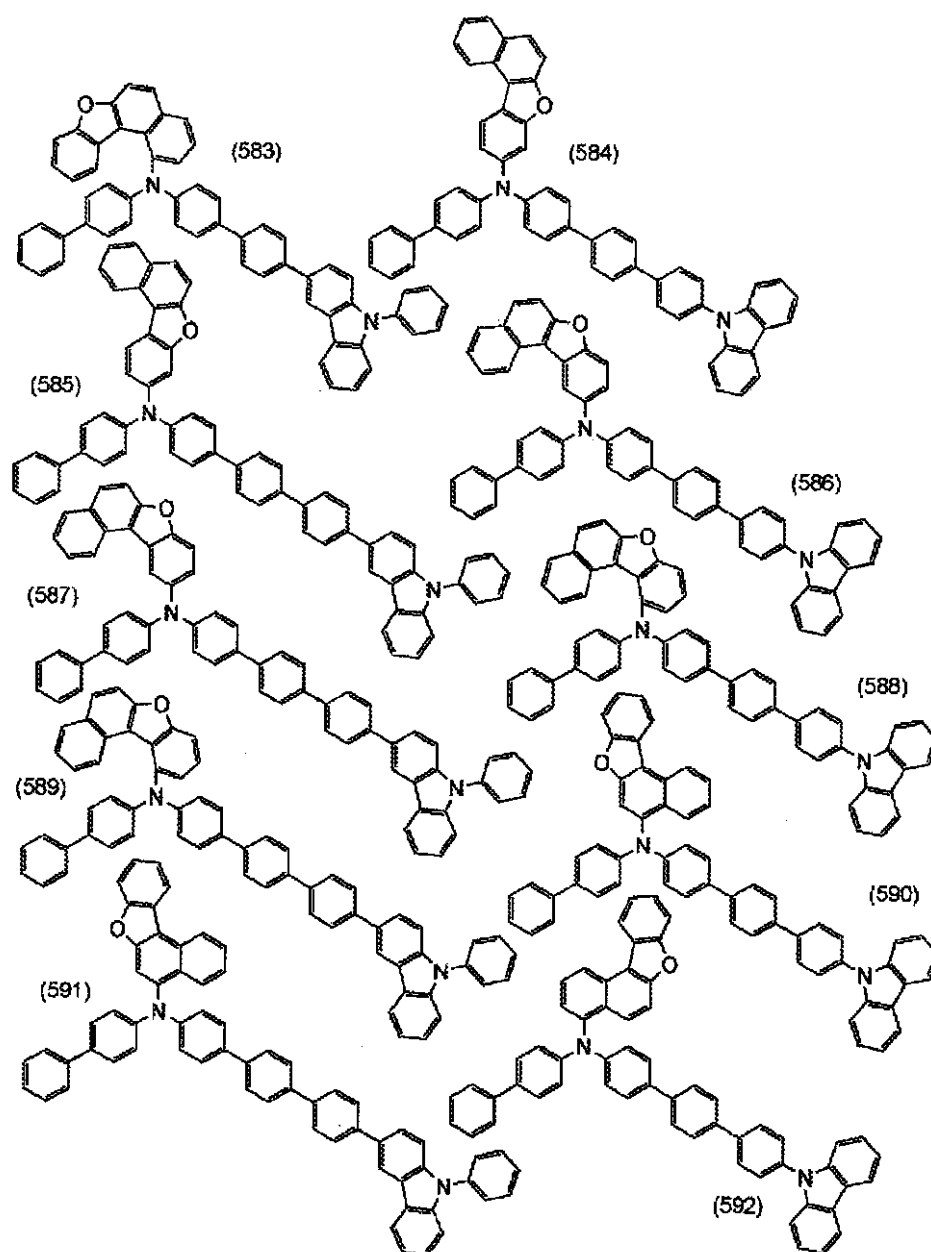
【 0 0 9 7 】

【化 4 2】



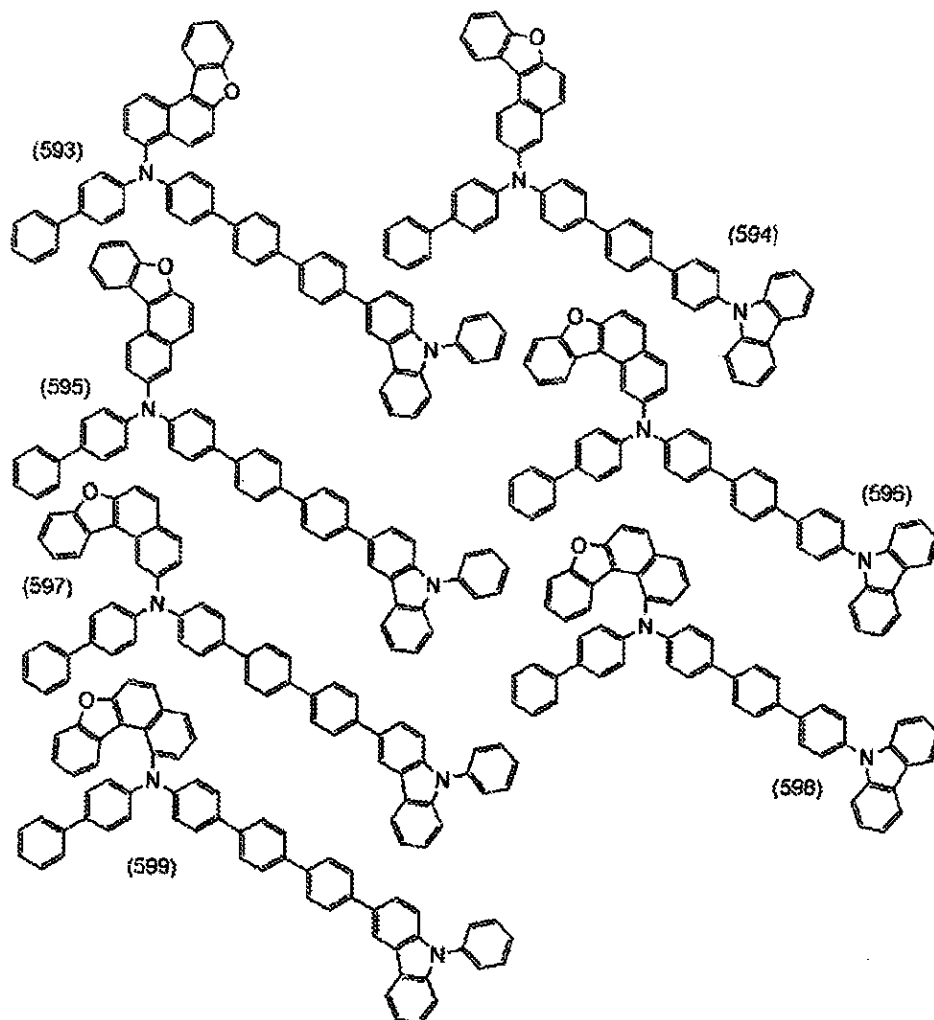
【 0 0 9 8 】

【化 4 3】



【 0 0 9 9 】

【化 4 4】



【 0 1 0 0】

以上のような有機化合物は、下記合成スキームなどにより合成することができる。

【 0 1 0 1】

ここでは、上記一般式 (G 1) において、一般式 (g 1) で表される基が R^9 に結合している場合、および (g 1) で表される基が R^0 に結合している場合を例に挙げて、一般式 (G 1) の合成法について説明する。なお、上記一般式 (G 1) において、一般式 (g 1) で表される基が R^9 に結合している場合は、下記一般式 (G 1 - 1)、上記一般式 (G 1) において、一般式 (g 1) で表される基が R^0 に結合している場合は、下記一般式 (G 1 - 2) として表すことができる。なお、下記一般式 (G 1 - 1) で表される有機化合物および下記一般式 (G 1 - 2) で表される有機化合物における C_z 、 R^0 乃至 R^9 、 Ar^4 、 Ar^5 、 Ar^6 、 n および m は上述の一般式 (G 1) に対する説明と同じであるため、説明を省略する。

【 0 1 0 2】

10

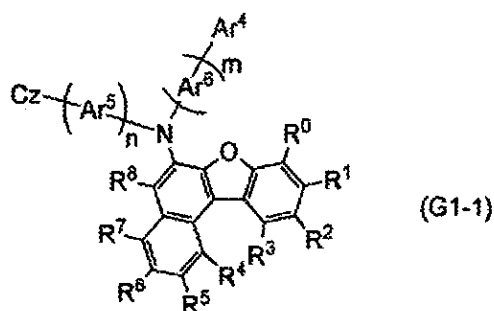
20

30

40

50

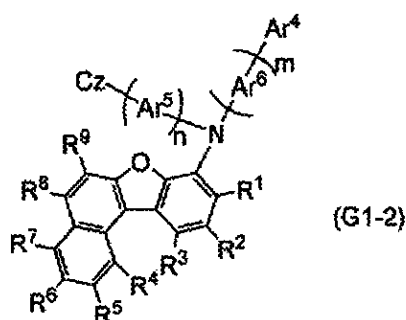
【化 4 5】



10

【 0 1 0 3】

【化 4 6】



20

【 0 1 0 4】

一般式 (G 1 - 1) 及び (G 1 - 2) で表される有機化合物の合成方法としては種々の反応を適用することができる。例えば、以下に示す合成反応を行うことによって、一般式 (G 1 - 1) 及び (G 1 - 2) で表される有機化合物を合成することができる。

【 0 1 0 5】

< 一般式 (G 1 - 1) で表される有機化合物の合成方法 >

本発明の一般式 (G 1 - 1) で表される有機化合物は、下記合成スキーム (a - 1) 乃至 (a - 3) のように合成することができる。

30

【 0 1 0 6】

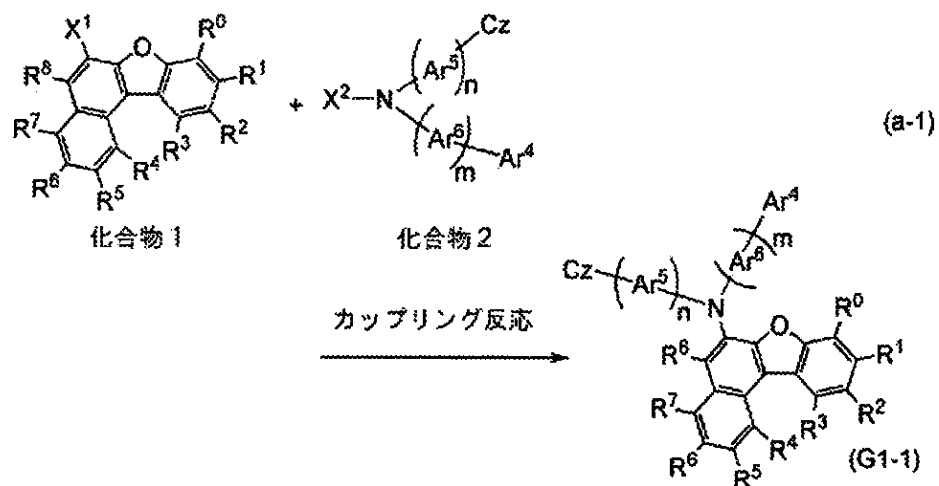
すなわち、ベンゾナフトフラン化合物 (化合物 1) とジアリールアミン (化合物 2) と、をカップリングすることにより、ベンゾナフトフラニルアミノ化合物 (G 1 - 1) を得ることが出来る。又は、ベンゾナフトフラニルアミン (化合物 3) とアリール骨格を有する化合物 (化合物 4) と、をカップリングすることにより、ベンゾナフトフラニルアミノ化合物 (G 1 - 1) を得ることが出来る。又は、ベンゾナフトフラニルアミン (化合物 5) とアリール骨格を有する化合物 (化合物 6) と、をカップリングすることにより、ベンゾナフトフラニルアミノ化合物 (G 1 - 1) を得ることが出来る。以下に、合成スキーム (a - 1) 乃至 (a - 3) を示す。

40

【 0 1 0 7】

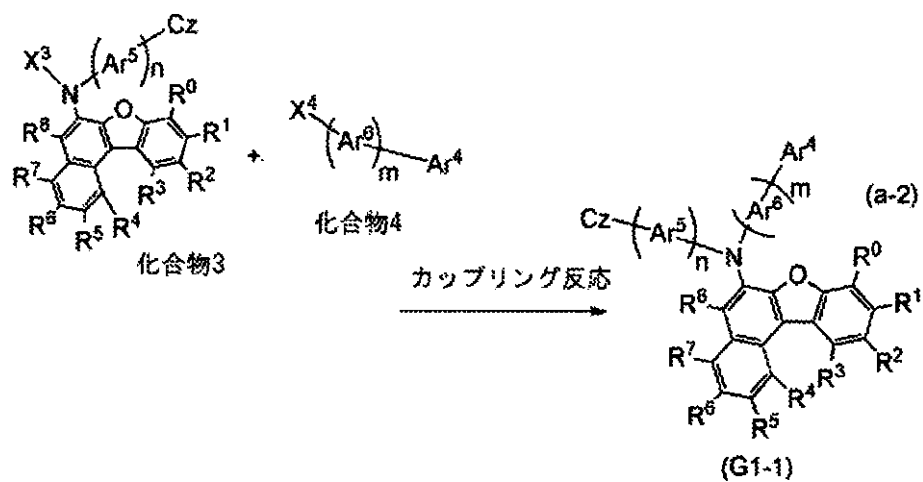
50

【化 4 7】



【 0 1 0 8】

【化 4 8】



【 0 1 0 9】

10

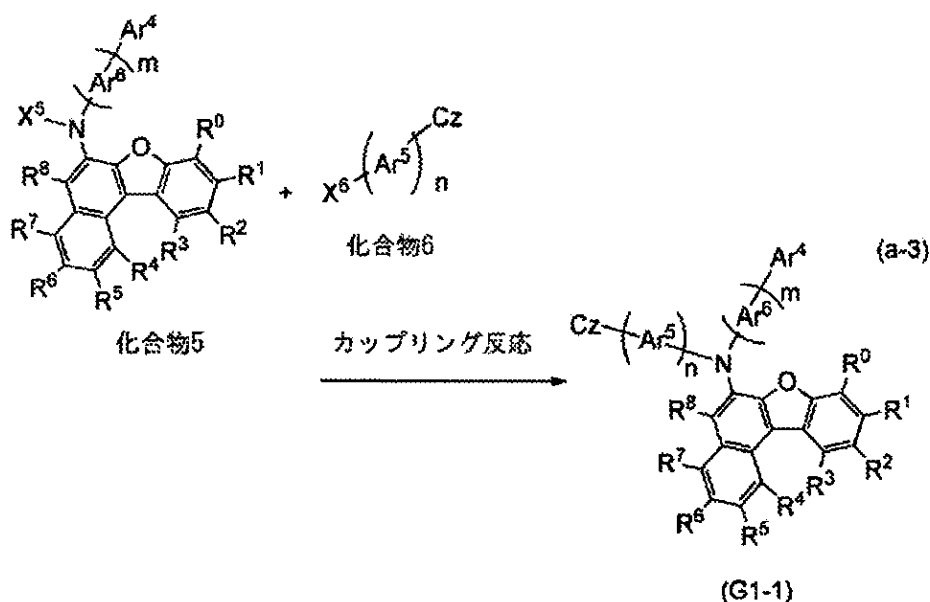
20

30

40

50

【化 4 9】



10

【 0 1 1 0 】

20

合成スキーム (a - 1) 乃至 (a - 3) において、 R^0 乃至 R^8 はそれぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 の炭化水素基、炭素数 3 乃至 6 の環式炭化水素基、炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン、炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基および置換または無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基のいずれかーを表し、Cz は置換または無置換のカルbazolリル基を表す。また、 Ar^4 は置換または無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基、置換又は無置換のカルbazolリル基のいずれかーを表す。また、 Ar^5 、 Ar^6 はそれぞれ独立に置換または無置換の炭素数 6 乃至 54 の 2 価の芳香族炭化水素基を表す。また、 n は 1 乃至 3 の整数のいずれかーを表し、 m は 0 乃至 3 の整数のいずれかーを表すが、 Ar^4 がカルbazolリル基である場合、 m は 1 乃至 3 の整数のいずれかーである。なお、 Ar^5 または Ar^6 は、 n または m の数値によって複数の場合があるが、当該複数の Ar^5 または複数の Ar^6 は各々独立して置換または無置換の炭素数 6 乃至 54 の 2 価の芳香族炭化水素基を表すものとする。また、Cz と Ar^5 の炭素数を足した数と、 Ar^4 と Ar^6 の炭素数を足した数は各々 60 以下であるものとする。

30

【 0 1 1 1 】

合成スキーム (a - 1) 乃至 (a - 3) において、 X^1 及び X^4 及び X^6 はそれぞれ独立に塩素、臭素、ヨウ素、トリフラート基等を表し、 X^2 及び X^3 及び X^5 はそれぞれ独立に水素、有機錫基等を表す。

【 0 1 1 2 】

合成スキーム (a - 1) 乃至 (a - 3) で表される反応を、パラジウム触媒を用いたブッフバルト・ハートウィッグ反応で行う場合、ビス (ジベンジリデンアセトン) パラジウム (0)、酢酸パラジウム (II)、[1, 1 - ビス (ジフェニルホスフィノ) フェロセン] パラジウム (II) ジクロリド、テトラキス (トリフェニルホスフィン) パラジウム (0)、アリルパラジウム (II) クロリド (ダイマー) 等のパラジウム化合物を触媒とし、トリ (tert - ブチル) ホスフィン、トリ (n - ヘキシル) ホスフィン、トリシクロヘキシルホスフィン、ジ (1 - アダマンチル) - n - ブチルホスフィン、2 - ジシクロヘキシルホスフィノ - 2', 6' - ジメトキシビフェニル、トリ (オルトートリル) ホスフィン、(S) - (6, 6' - ジメトキシビフェニル - 2, 2' - ジイル) ビス (ジイソプロピルホスフィン) (略称: cBRIDP) 等の配位子を用いる事ができる。当該反応では、ナトリウム tert - ブトキシド等の有機塩基や、炭酸カリウム、炭酸セシウム、炭酸ナトリウム等の無機塩基等を用いることができる。当該反応では、溶媒として、トルエン、

40

50

キシレン、ベンゼン、テトラヒドロフラン、ジオキサン等を用いることができる。なお、当該反応で用いることができる試薬類は、前記試薬類に限られるものではない。

【0113】

また、合成スキーム(a-1)乃至(a-3)の反応に、銅、又は銅化合物を用いたウルマン反応を適用する場合、 X^1 及び X^4 及び X^6 はそれぞれ独立に塩素、臭素、ヨウ素を表し、 X^2 及び X^3 及び X^5 は水素を表す。当該反応では、銅もしくは銅化合物を用いる事ができる。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。当該反応において、用いることができる溶媒は、1,3-ジメチル-3,4,5,6-テトラヒドロ-2(1H)ピリミジノン(DMPU)、トルエン、キシレン、ベンゼン等が挙げられる。ウルマン反応では、反応温度が100以上の方がより短時間かつ高収率で目的物が得られるため、沸点の高いDMPU、キシレンを用いることが好ましい。また、反応温度は150以上のより高温が更に好ましいため、より好ましくはDMPUを用いることとする。当該反応において、用いることができる試薬類は、前記試薬類に限られるものではない。

10

【0114】

<一般式(G1-2)で表される有機化合物の合成方法>

一般式(G1-2)で表される有機化合物は、下記合成スキーム(b-1)乃至(b-3)のように合成することができる。

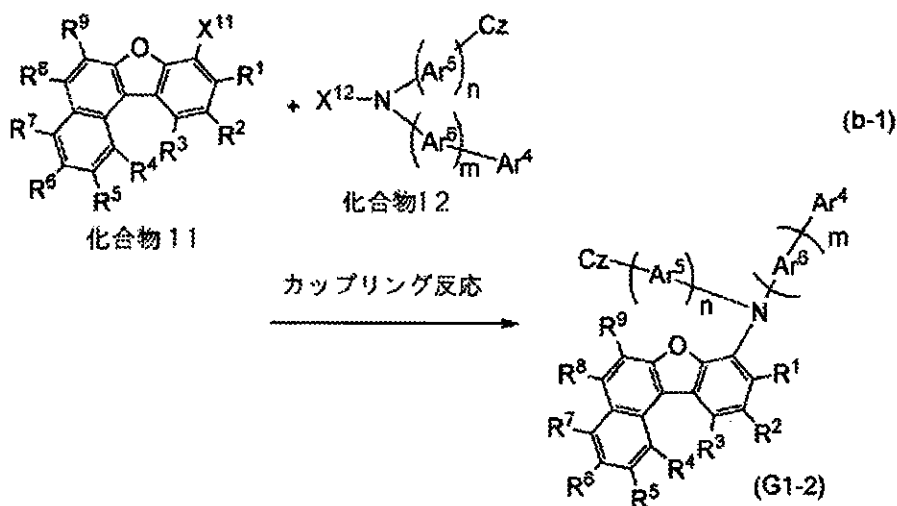
【0115】

すなわち、ベンゾナフトフラン化合物(化合物11)とジアリールアミン(化合物12)と、をカップリングすることにより、ベンゾナフトフラニルアミノ化合物(G1-2)を得ることが出来る。又は、ベンゾナフトフラニルアミン(化合物13)とアリール骨格を有する化合物(化合物4)と、をカップリングすることにより、ベンゾナフトフラニルアミノ化合物(G1-2)を得ることが出来る。又は、ベンゾナフトフラニルアミン(化合物15)とアリール骨格を有する化合物(化合物6)と、をカップリングすることにより、ベンゾナフトフラニルアミノ化合物(G1-2)を得ることが出来る。以下に、合成スキーム(b-1)乃至(b-3)を示す。

20

【0116】

【化50】



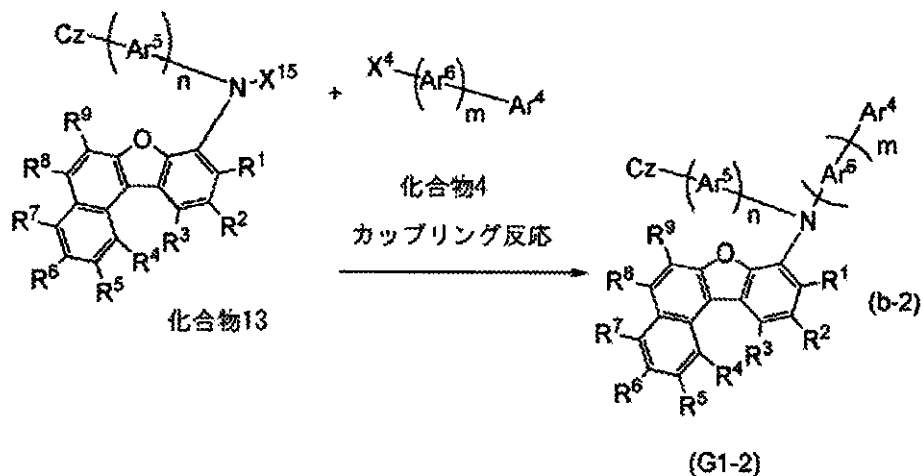
30

40

【0117】

50

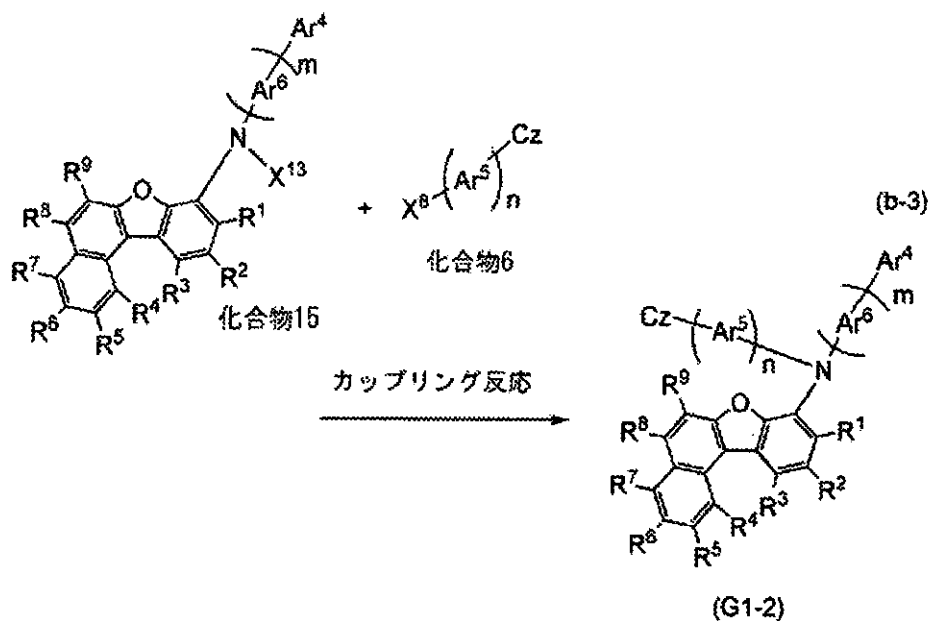
【化 5 1】



10

【 0 1 1 8】

【化 5 2】



20

30

【 0 1 1 9】

合成スキーム (b-1) 乃至 (b-3) において、 R^1 乃至 R^9 はそれぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 6 の炭化水素基、炭素数 3 乃至 6 の環式炭化水素基、炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、シアノ基、ハロゲン、炭素数 1 乃至 6 のハロアルキル基および置換または無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基のいずれかーを表し、Cz は置換または無置換のカルbazolリル基を表す。また、 Ar^4 は置換または無置換の炭素数 6 乃至 60 の芳香族炭化水素基、置換又は無置換のカルbazolリル基のいずれかーを表す。また、 Ar^5 、 Ar^6 はそれぞれ独立に置換または無置換の炭素数 6 乃至 54 の 2 価の芳香族炭化水素基のいずれかーを表す。また、 n は 1 乃至 3 の整数のいずれかーを表し、 m は 0 乃至 3 の整数のいずれかーを表すが、 Ar^4 がカルbazolリル基である場合、 m は 1 乃至 3 の整数のいずれかーである。なお、 Ar^5 または Ar^6 は、 n または m の数値によって複数の場合があるが、当該複数の Ar^5 または複数の Ar^6 は各々独立して置換または無置換の炭素数 6 乃至 54 の 2 価の芳香族炭化水素基のいずれかーを表すものとする。また、Cz と Ar^5 の炭素数を足した数と、 Ar^4 と Ar^6 の炭素数を足した数は各々 60 以下であるものとする。

40

50

【 0 1 2 0 】

合成スキーム (b - 1) 乃至 (b - 3) において、 X^{11} 、 X^4 及び X^6 はそれぞれ独立に塩素、臭素、ヨウ素、トリフラート基を表し、 X^{12} 、 X^{13} 及び X^{15} はそれぞれ独立に水素、有機錫基等を表す。

【 0 1 2 1 】

合成スキーム (b - 1) 乃至 (b - 3) で表される反応をパラジウム触媒を用いたブッフバルト・ハートウィッグ反応で行う場合、ビス (ジベンジリデンアセトン) パラジウム (0)、酢酸パラジウム (II)、[1, 1 - ビス (ジフェニルホスフィン) フェロセン] パラジウム (II) ジクロリド、テトラキス (トリフェニルホスフィン) パラジウム (0)、アリルパラジウム (II) クロリド (ダイマー) 等のパラジウム化合物を触媒とし、トリ (tert - ブチル) ホスフィン、トリ (n - ヘキシル) ホスフィン、トリシクロヘキシルホスフィン、ジ (1 - アダマンチル) - n - ブチルホスフィン、2 - ジシクロヘキシルホスフィン - 2' , 6' - ジメトキシビフェニル、トリ (オルトートリル) ホスフィン、(S) - (6, 6' - ジメトキシビフェニル - 2, 2' - ジイル) ビス (ジイソプロピルホスフィン) (略称: c B R I D P (登録商標)) 等の配位子を用いる事ができる。当該反応では、ナトリウム tert - ブトキシド等の有機塩基や、炭酸カリウム、炭酸セシウム、炭酸ナトリウム等の無機塩基等を用いることができる。当該反応では、溶媒として、トルエン、キシレン、ベンゼン、テトラヒドロフラン、ジオキサン等を用いることができる。当該反応で用いることができる試薬類は、前記試薬類に限られるものではない。

【 0 1 2 2 】

また、合成スキーム (b - 1) 乃至 (b - 3) に、銅、又は銅化合物を用いたウルマン反応を適用する場合、 X^{11} 、 X^4 及び X^6 はそれぞれ独立に塩素、臭素、ヨウ素を表し、 X^{12} 、 X^{13} 及び X^{15} は水素を表す。当該反応では、銅もしくは銅化合物を用いる事ができる。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。当該反応において、用いることができる溶媒は、1, 3 - ジメチル - 3, 4, 5, 6 - テトラヒドロ - 2 (1 H) ピリミジノン (D M P U)、トルエン、キシレン、ベンゼン等が挙げられる。ウルマン反応では、反応温度が 100 以上の方がより短時間かつ高収率で目的物が得られるため、沸点の高い D M P U、キシレンを用いることが好ましい。また、反応温度は 150 以上のより高温が更に好ましいため、より好ましくは D M P U を用いることとする。当該反応において、用いることができる試薬類は、前記試薬類に限られるものではない。

【 0 1 2 3 】

以上が一般式 (G 1) において、(g 1) が R^9 に結合している場合、及び、一般式 (G 1) において、(g 1) が R^0 に結合している場合の一般式の合成法の説明であるが、一般式 (G 1) において、(g 1) が R^1 乃至 R^8 に結合している場合についても同様の合成方法を用いることが可能である。すなわち、ベンゾナフトフラン化合物と、アミン化合物とのカップリング反応、又は、ベンゾナフトフラニルアミン化合物と、アリール基を有する化合物とのカップリング反応により、目的とする一般式 (G 1) の化合物を合成することが可能である。一般式 (G 1) で表される化合物の合成方法はこれらに限定されるものではない。

【 0 1 2 4 】

本発明の一態様の有機化合物の合成に用いることが可能なアミンの例を以下に示す。これらのうち (7 0 0) 乃至 (7 3 9)、及び (8 1 7) 乃至 (8 4 8)、及び (8 8 4) 乃至 (9 2 6) は、上記化合物 2 および化合物 1 2 に相当し、(7 4 0) 乃至 (8 1 6)、及び (8 4 9) 乃至 (8 8 3)、及び (9 2 7) 乃至 (9 4 5) は、上記化合物 3 および化合物 5 および化合物 1 3 および化合物 1 5 に相当し、適当な有機化合物とカップリング反応を行うことによって、本発明の一態様の有機化合物を合成することが可能な有機化合物である。

【 0 1 2 5 】

10

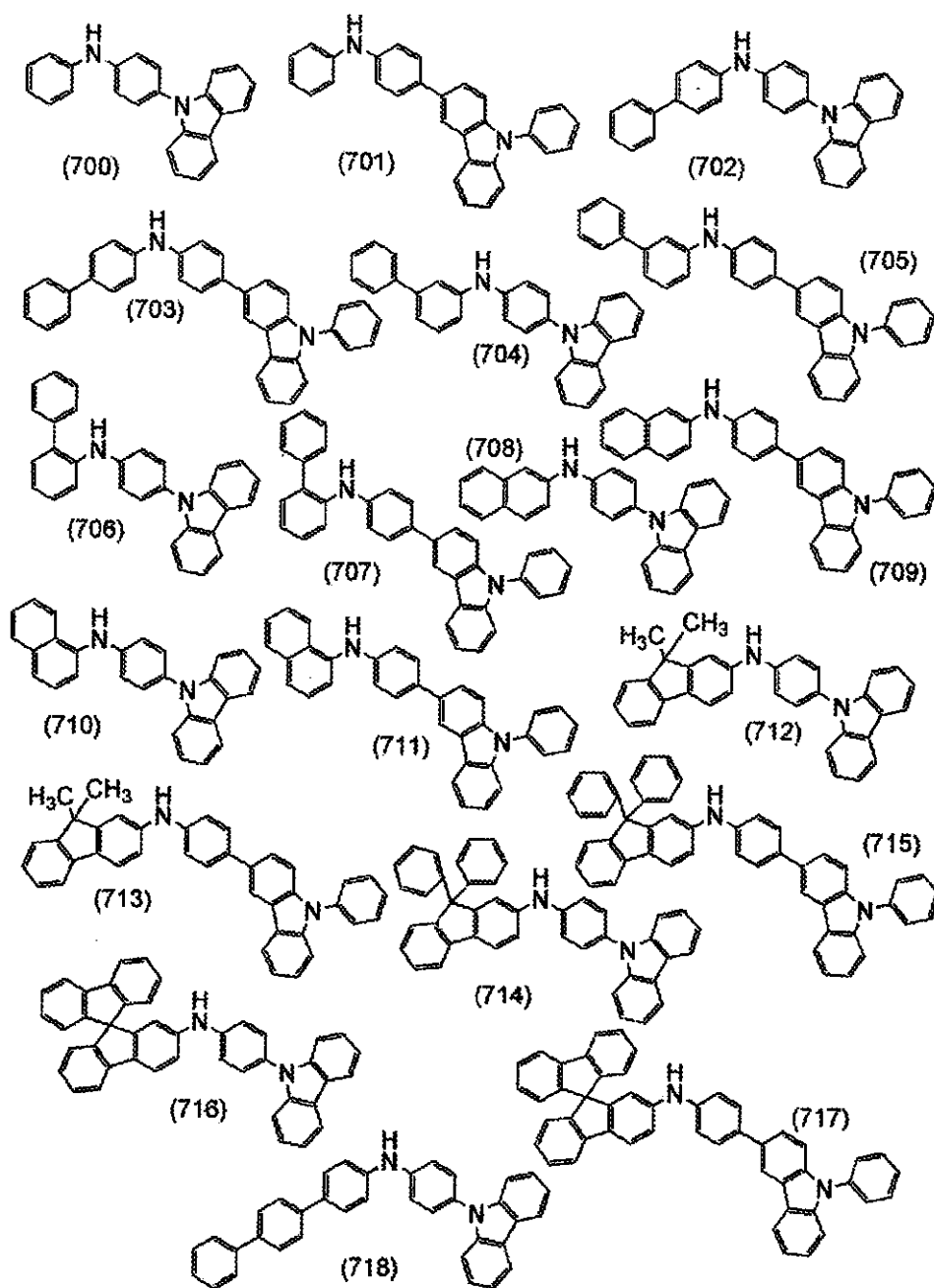
20

30

40

50

【化 5 3】



【 0 1 2 6 】

10

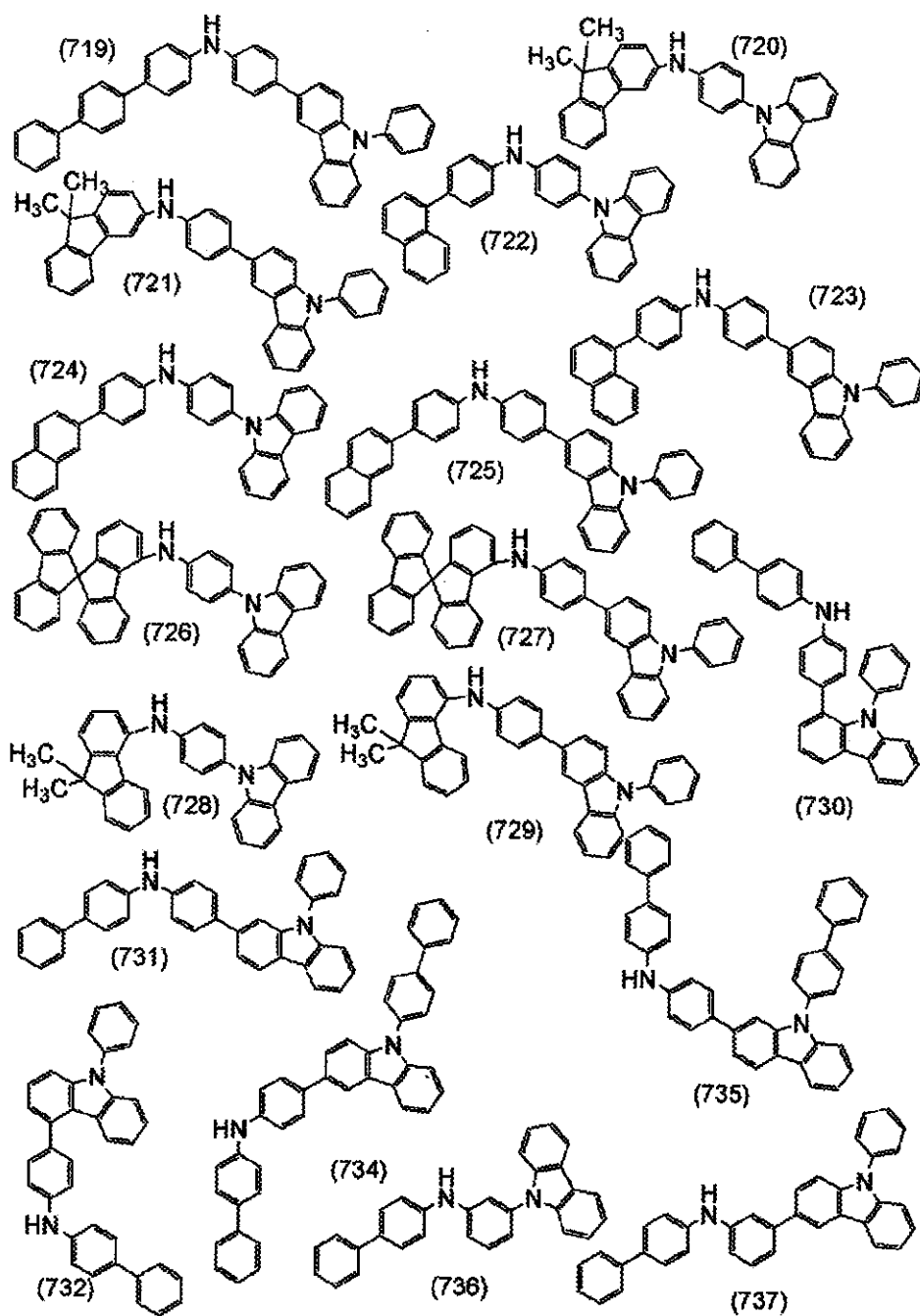
20

30

40

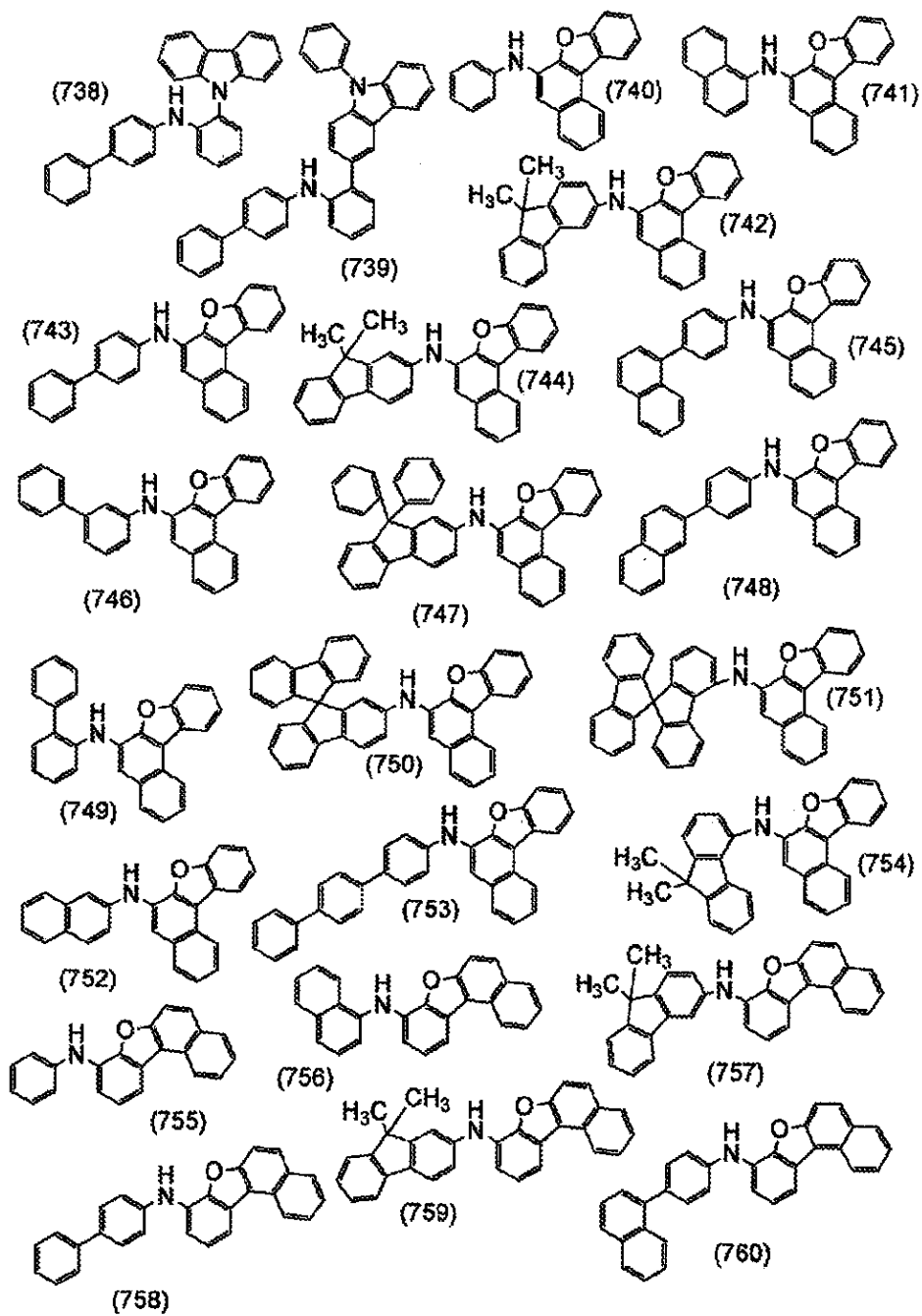
50

【化 5 4】



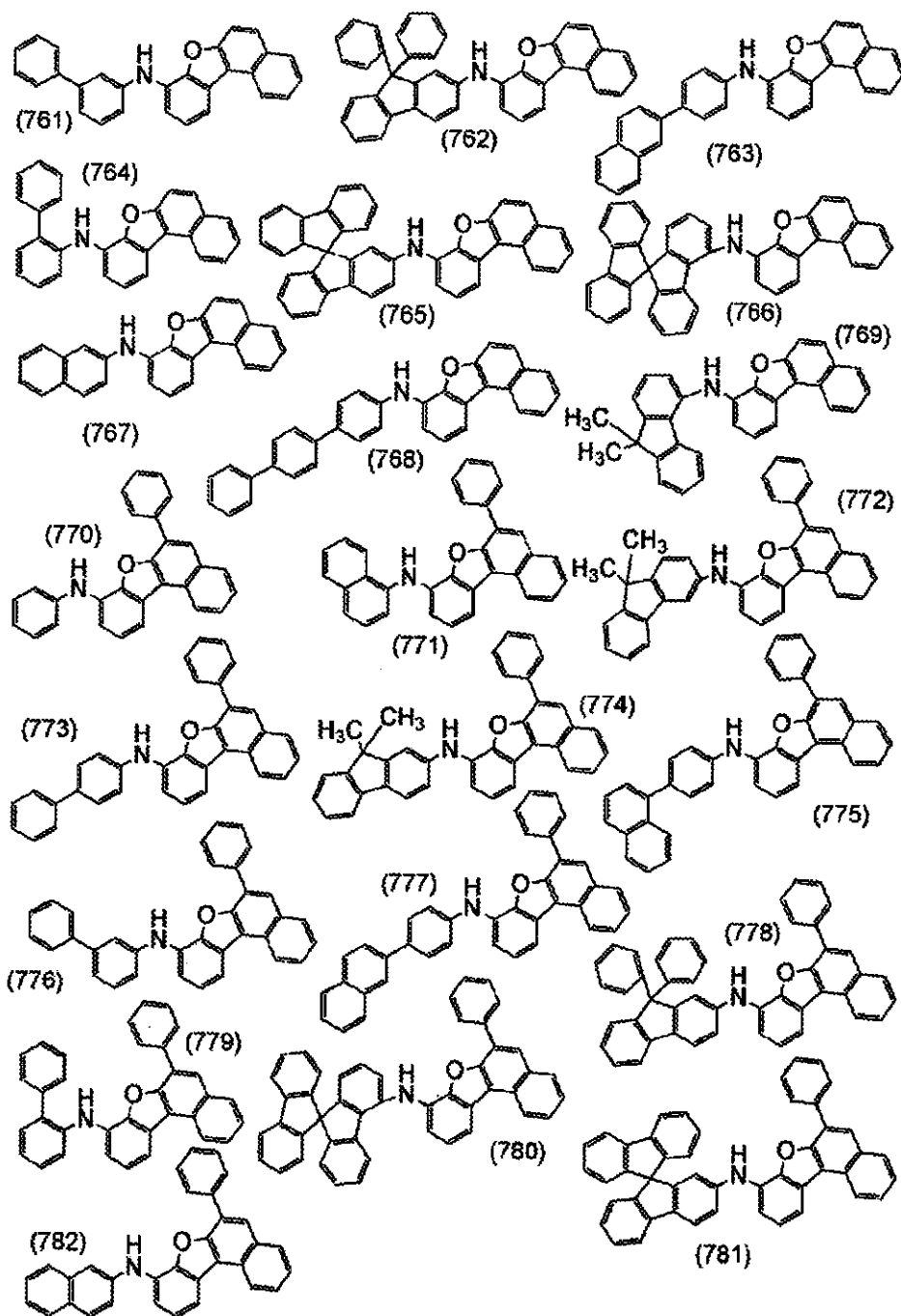
【 0 1 2 7 】

【化 5 5】



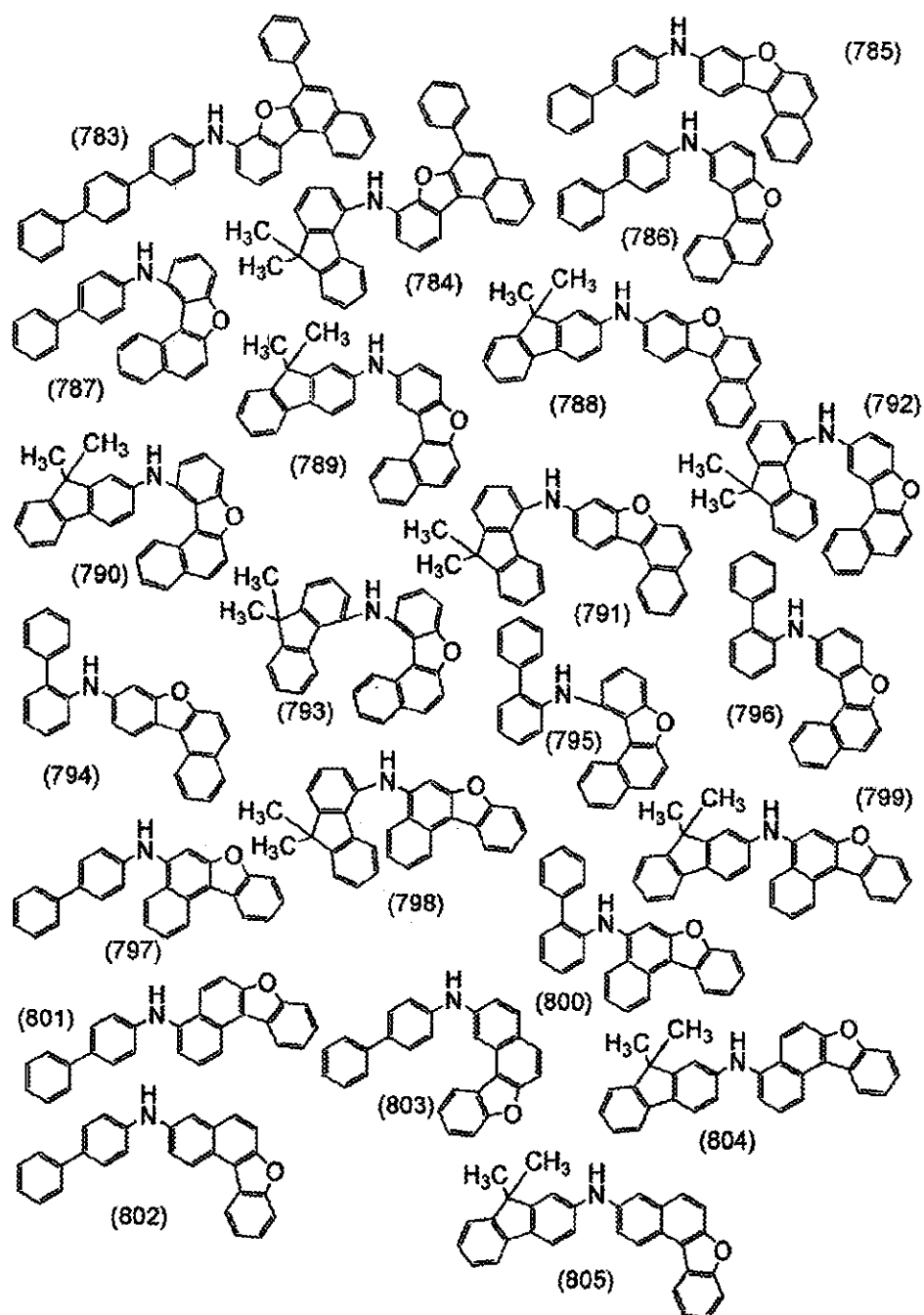
【 0 1 2 8 】

【化 5 6】



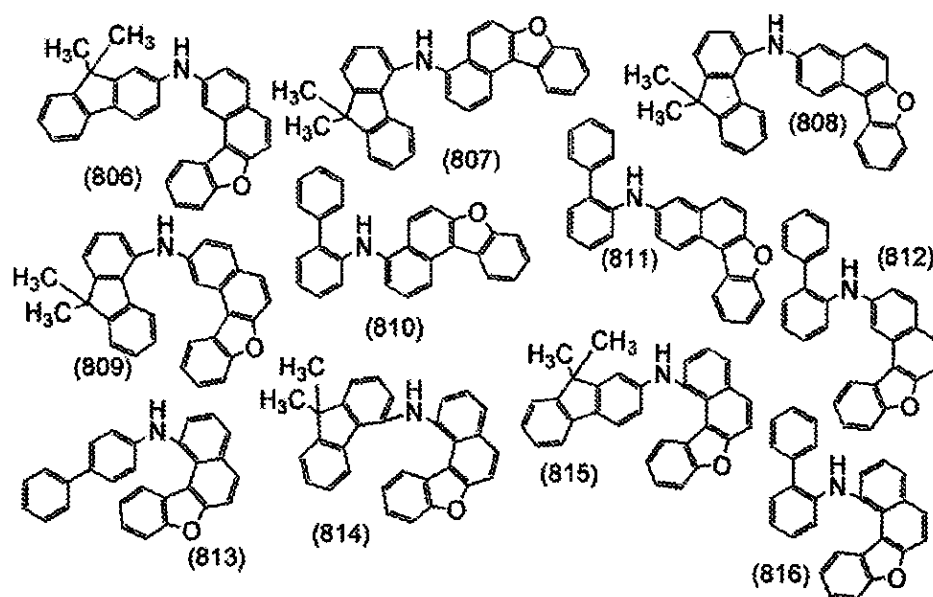
【 0 1 2 9 】

【化 5 7】



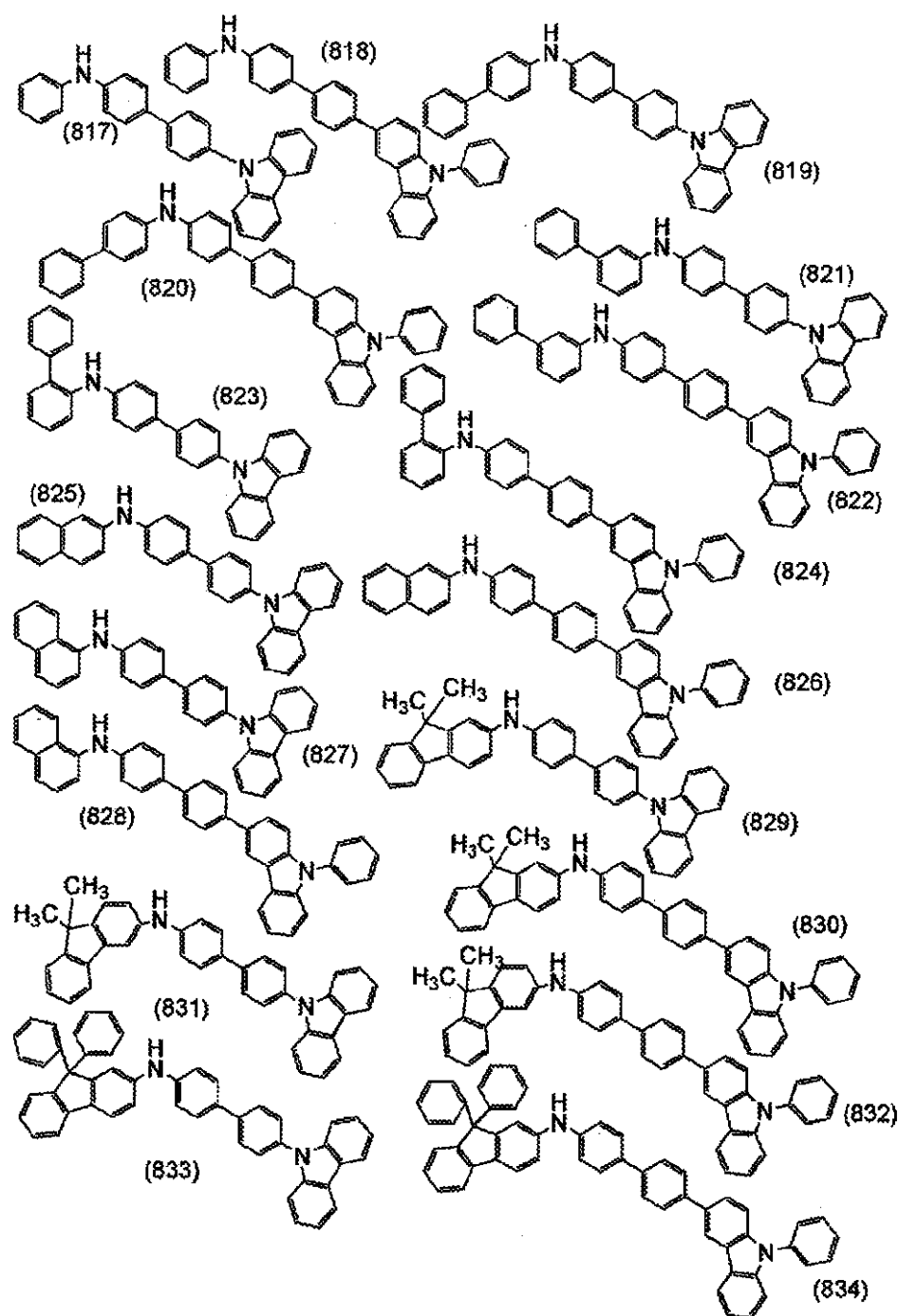
【 0 1 3 0 】

【化 5 8】



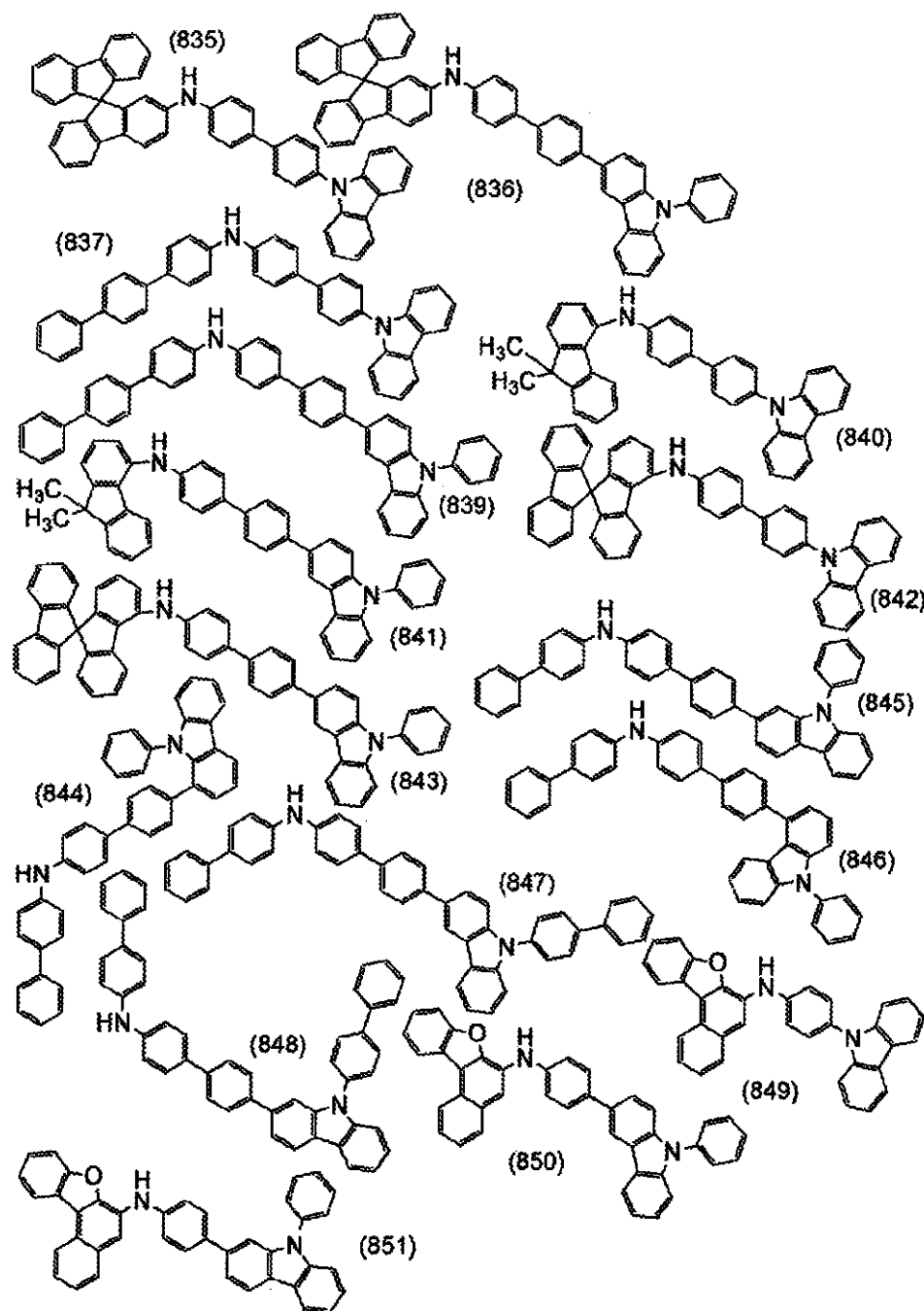
【 0 1 3 1 】

【化 5 9】



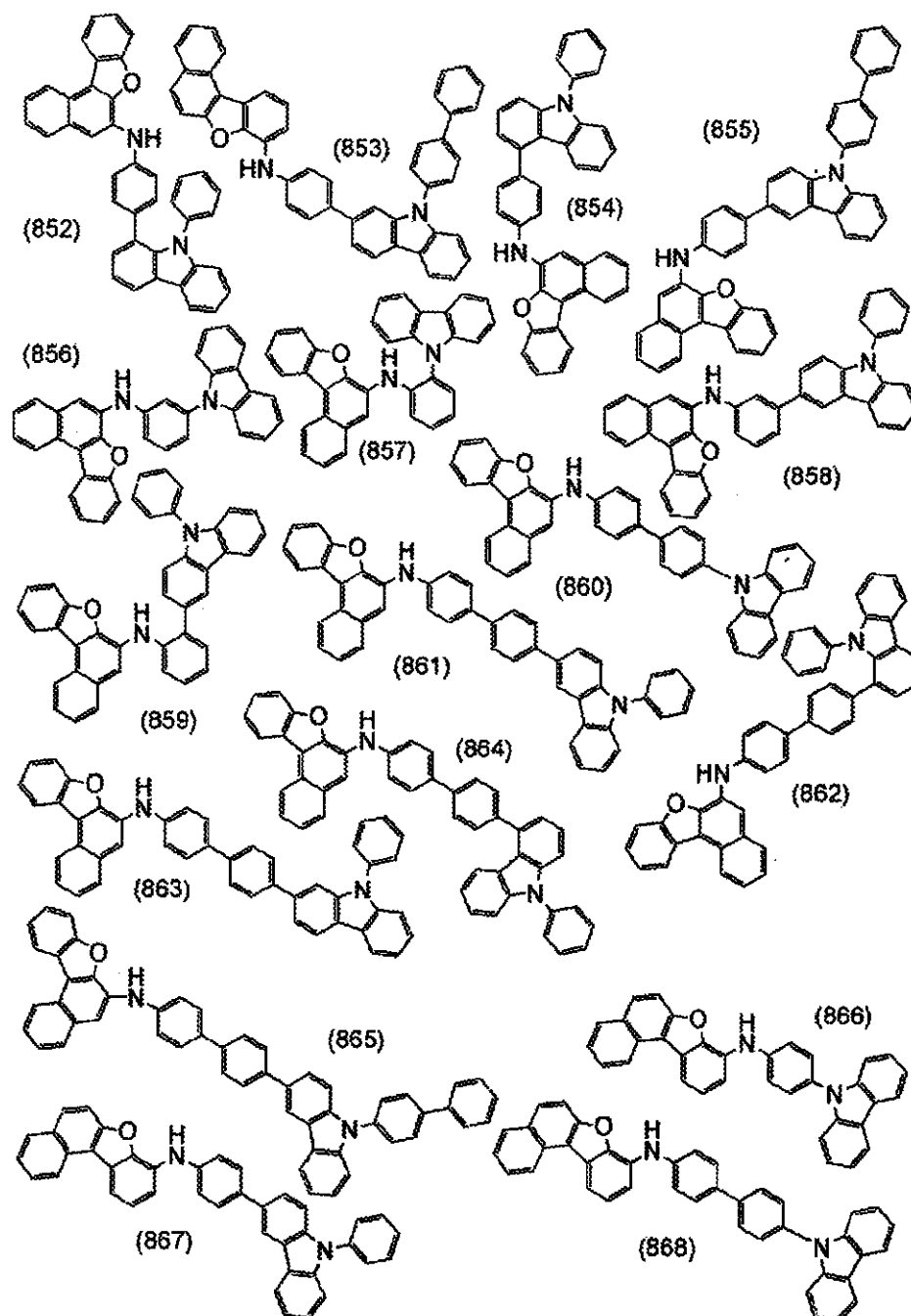
【 0 1 3 2 】

【化 6 0】



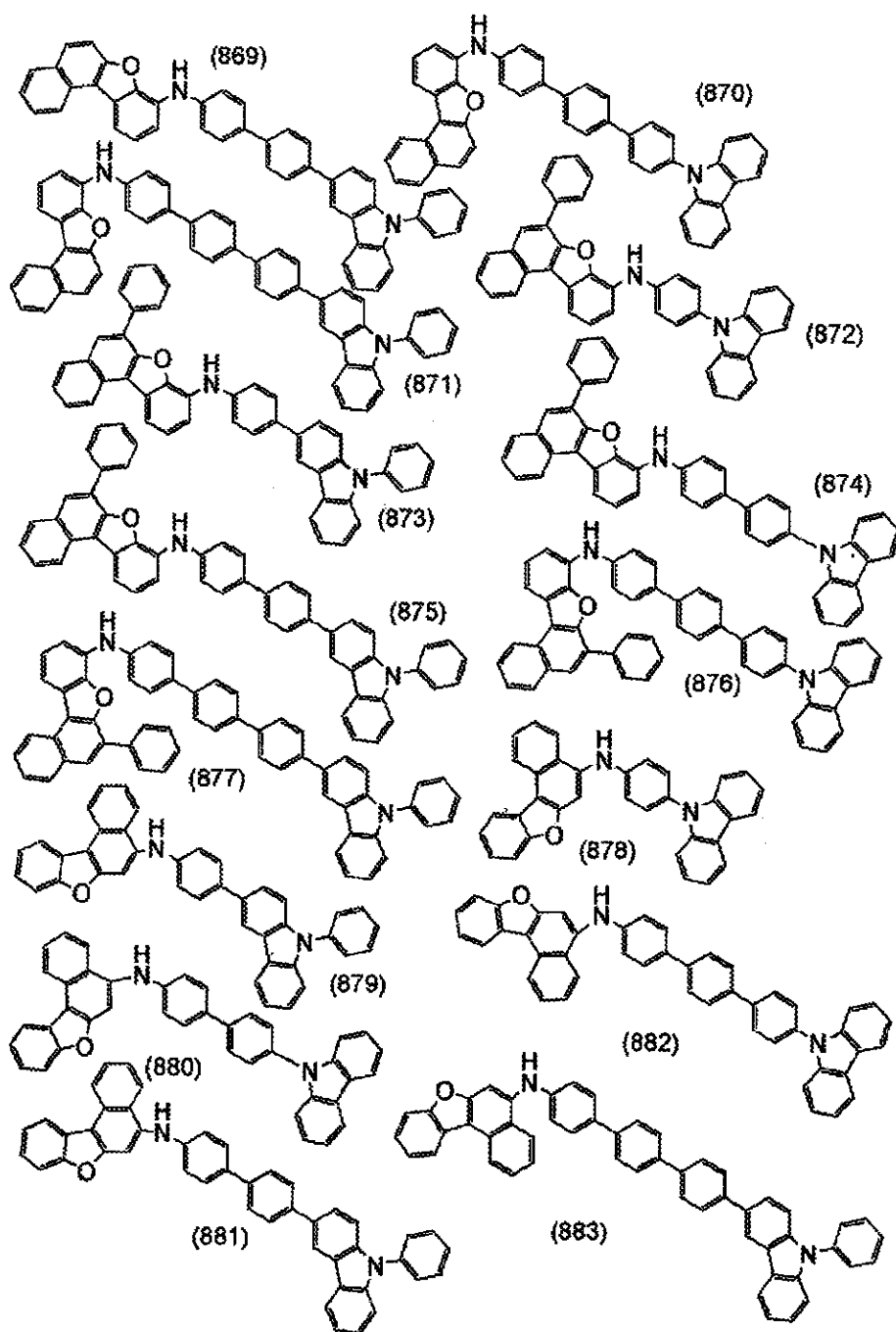
【 0 1 3 3】

【化 6 1】



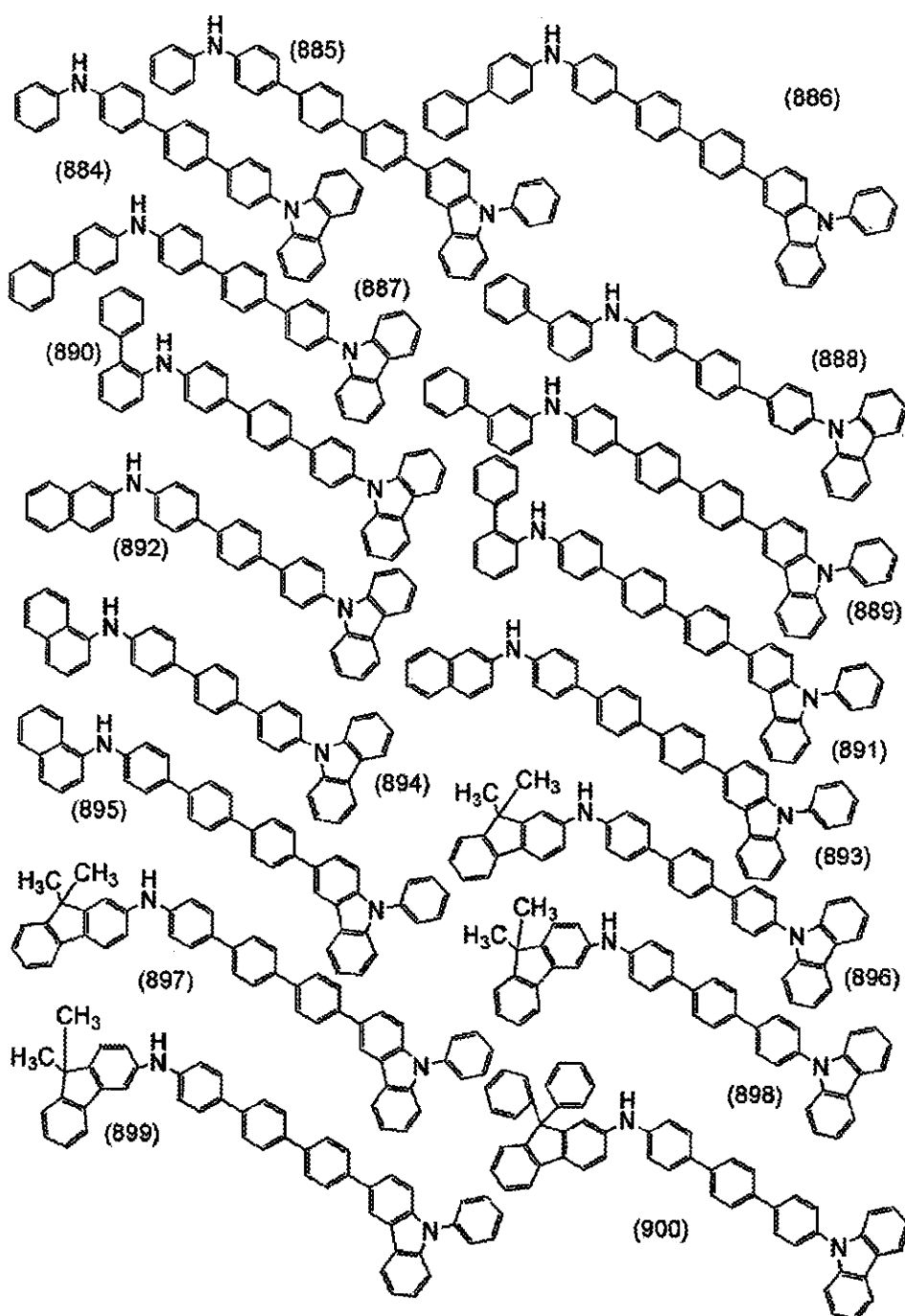
【 0 1 3 4 】

【化 6 2】



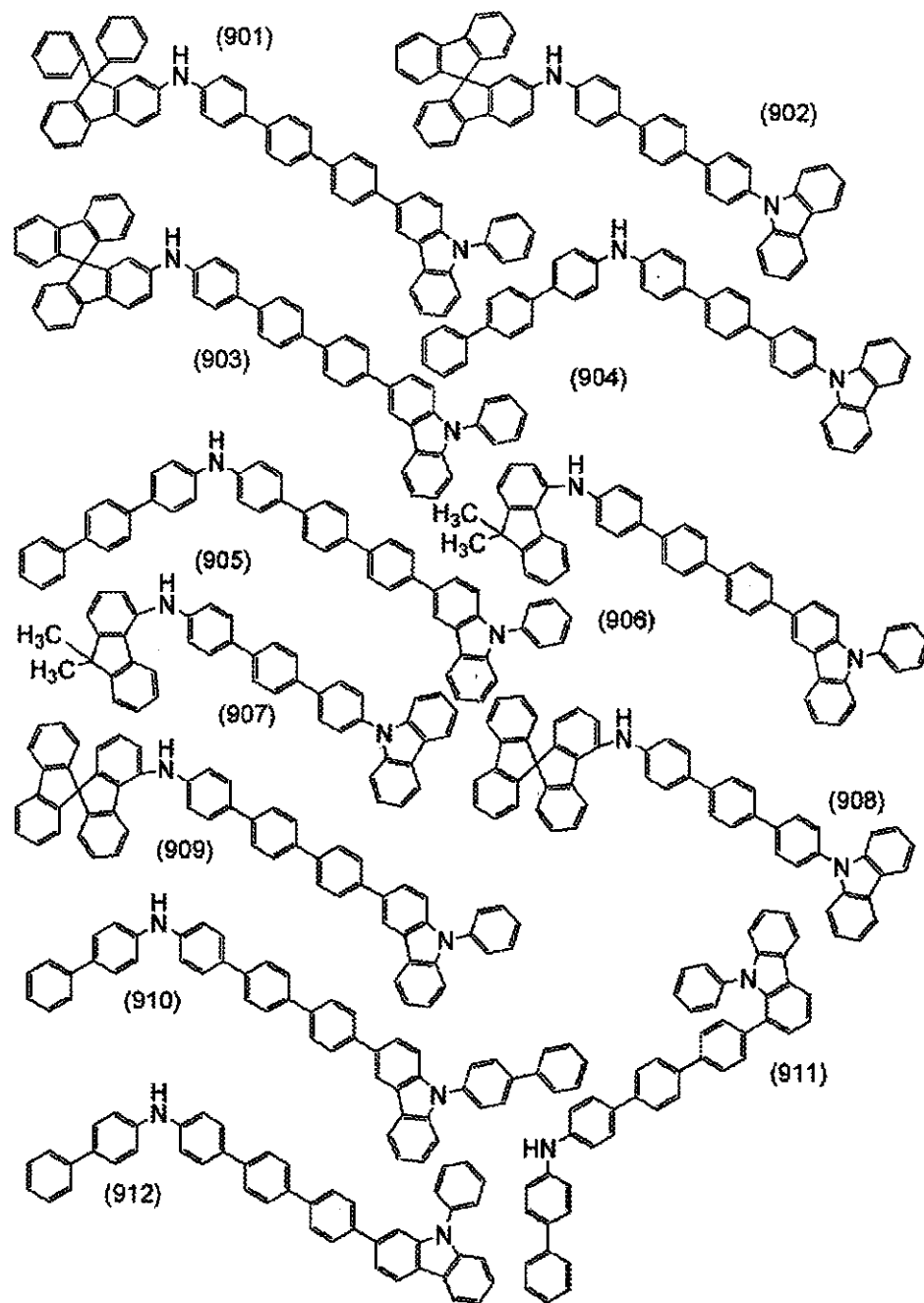
【 0 1 3 5 】

【化 6 3】



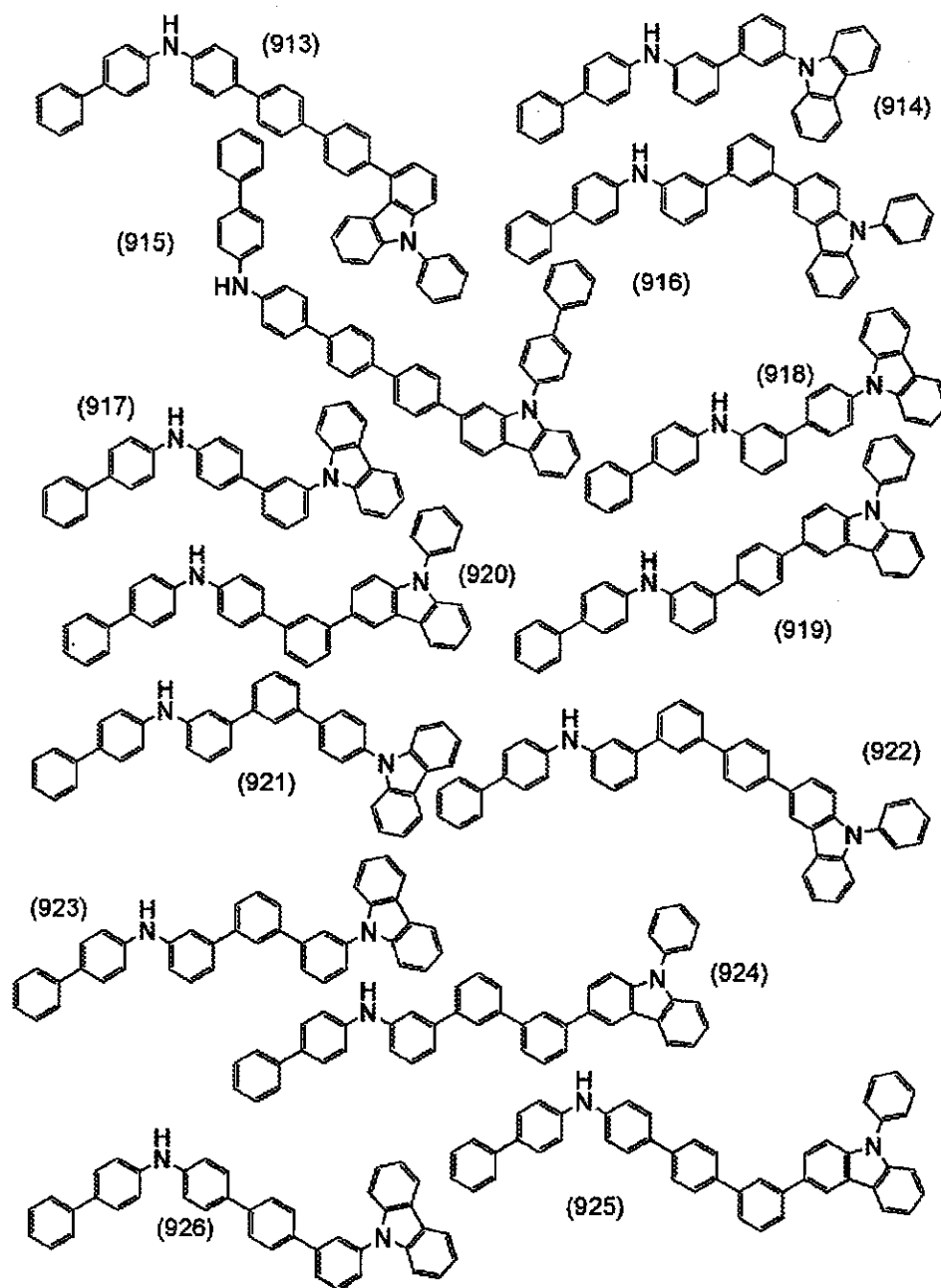
【 0 1 3 6 】

【化 6 4】



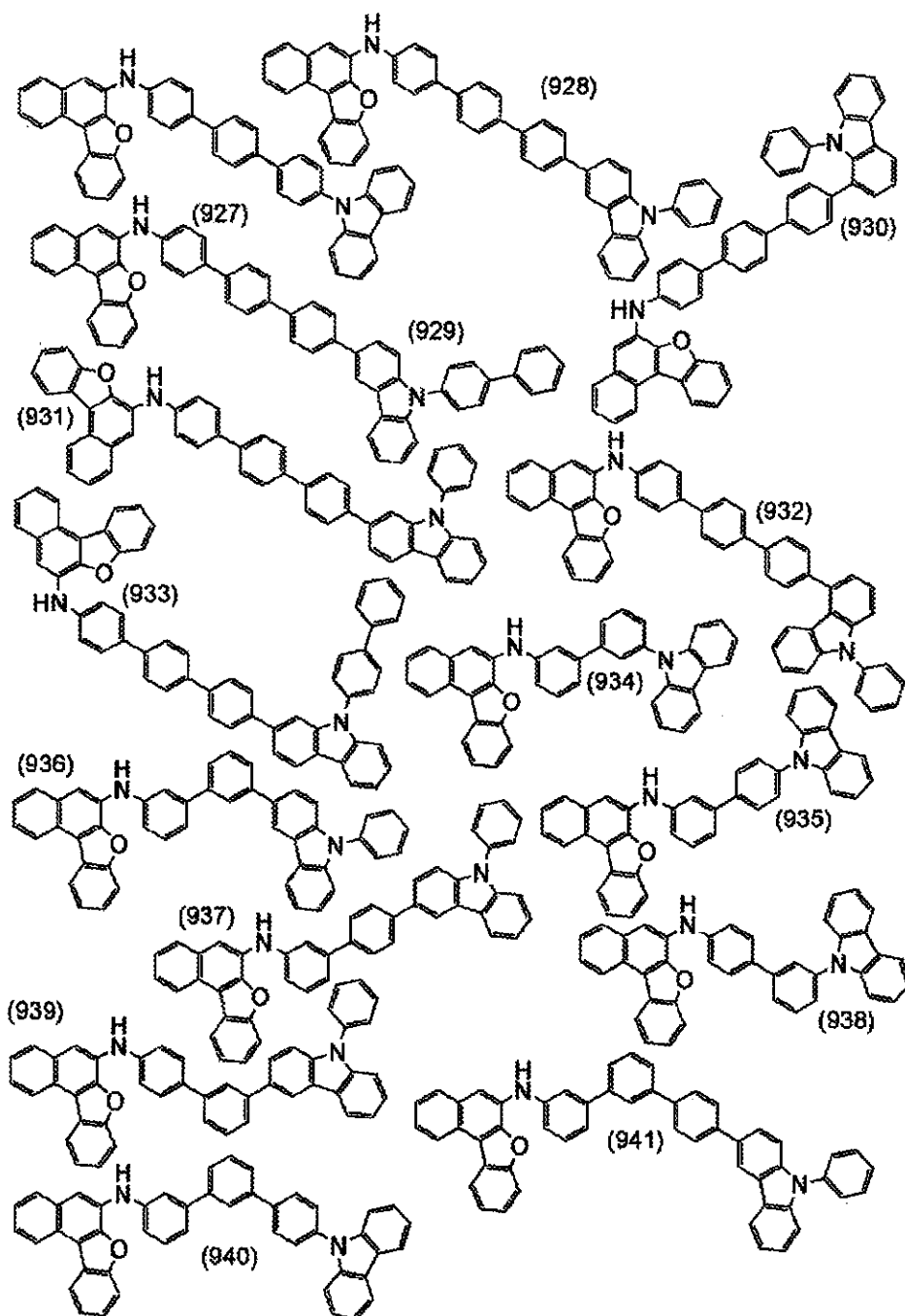
【 0 1 3 7 】

【化 6 5】



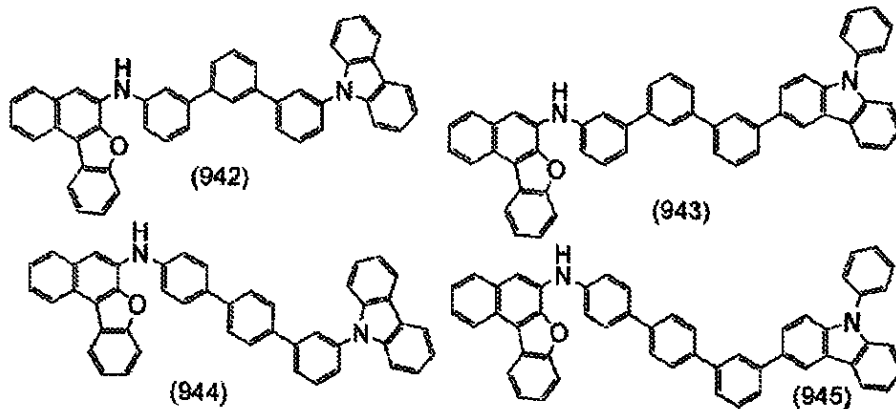
【 0 1 3 8 】

【化 6 6】



【 0 1 3 9 】

【化 6 7】



【 0 1 4 0 】

(実施の形態 2)

図 1 に、本発明の一態様の発光素子を表す図を示す。本発明の一態様の発光素子は、第 1 の電極 101 と、第 2 の電極 102、EL 層 103 を有し、当該 EL 層に上述の有機化合物を含んでいる。

【 0 1 4 1 】

EL 層 103 は、発光層 113 を有しており、正孔注入層 111、正孔輸送層 112、電子輸送層 114 および電子注入層 115 などを有していても良い。本発明の一態様の有機化合物は、正孔輸送性を有するため正孔注入層 111、正孔輸送層 112 および発光層 113 に好適である。

【 0 1 4 2 】

当該有機化合物は、発光層 113 に含まれるホスト材料として用いることもできる。さらに電子輸送材料と共蒸着することによって、当該電子輸送材料との励起錯体を形成する構成であっても良い。適切な発光波長を有する励起錯体を形成することによって、発光材料への有効なエネルギー移動を実現し、高い効率、良好な寿命を有する発光素子を提供することが可能となる。

【 0 1 4 3 】

また、上記正孔輸送材料は、良好な正孔輸送性を有するため正孔注入層 111 や正孔輸送層 112 に用いることが有効である。特に、正孔輸送層 112 と第 1 の電極 101 との間に正孔注入層 111 が設けられ、当該正孔注入層 111 に、電極からの正孔注入を容易とするアクセプタ性の有機化合物が用いられる場合に好適である。

【 0 1 4 4 】

アクセプタ性を有する有機化合物を用いて正孔注入を行う場合、正孔注入層 111 に接する正孔輸送層 112 に含まれる化合物は、当該アクセプタ性を有する有機化合物による電子の引き抜きを容易とするため、HOMO 準位の比較的浅い正孔輸送材料であることが好ましい。しかし、HOMO 準位の浅い正孔輸送材料は、発光層 113 への正孔の注入が困難であるために、そのような HOMO 準位の浅い正孔輸送材料からなる正孔輸送層 112 と発光層 113 とを接して形成すると、その界面にキャリアの蓄積が起こり、発光素子の寿命や効率を低下させる原因となりうる。ここで、実施の形態 1 に記載の有機化合物を含む層を、HOMO 準位の浅い正孔輸送材料と発光層 113 との間に設けることで、発光層へのスムーズな正孔の注入を行うことが可能となり、発光素子の寿命や効率の向上が実現する。

【 0 1 4 5 】

すなわち、上記正孔輸送層 112 は正孔注入層 111 側から第 1 の正孔輸送層 112 - 1 と、第 2 の正孔輸送層 112 - 2 とを有し、第 1 の正孔輸送層には、第 1 の正孔輸送材料が含まれ、第 2 の正孔輸送層には上記実施の形態 1 に記載の有機化合物が含まれ、実施の

形態 1 に記載の有機化合物の HOMO 準位が第 1 の正孔輸送材料の HOMO 準位よりも深い発光素子が、寿命や効率の良好な発光素子とすることができるため、好ましい構成である。なお、第 1 の正孔輸送材料の HOMO 準位は、 -5.4 eV 以上であると、アクセプタ性を有する有機化合物からの電子の引き抜きが容易であるため好ましい構成である。

【0146】

また、第 1 の正孔輸送材料の HOMO 準位と、実施の形態 1 に記載の有機化合物の HOMO 準位との差が、 0.3 eV 以下、より好ましくは 0.2 eV 以下であることが、第 1 の正孔輸送層 112 - 1 から第 2 の正孔輸送層 112 - 2 への正孔の注入が容易となるため、好ましい構成である。

【0147】

また、正孔輸送層 112 が、第 2 の正孔輸送層 112 - 2 と発光層との間にさらに第 3 の正孔輸送層 112 - 3 を有しており、当該第 3 の正孔輸送層 112 - 3 には第 3 の正孔輸送材料が含まれていても良い。この場合、当該第 3 の正孔輸送材料は、その HOMO 準位が、第 2 の正孔輸送層 112 - 2 に含まれる実施の形態 1 に記載の有機化合物の HOMO 準位よりも深いことが好ましい。また、第 3 の正孔輸送材料の HOMO 準位と第 2 の正孔輸送層 112 - 2 に含まれる実施の形態 1 に記載の有機化合物の HOMO 準位との差は 0.3 eV 以下が好ましく、より好ましくは 0.2 eV 以下である。

【0148】

また、第 3 の正孔輸送材料の HOMO 準位とホスト材料の HOMO 準位は同じか、または第 3 の正孔輸送材料の方が深い位置にある方が、ホールが適度に発光層内に輸送されるため寿命や効率が良好となり、より好ましい構成であると言える。

【0149】

なお、発光材料の HOMO 準位がホスト材料の HOMO 準位よりも浅い（高い）位置にある場合、正孔輸送層の HOMO 準位によっては発光材料への正孔の注入が多くなり、さらに、正孔が発光材料にトラップされることから発光領域の偏りによる寿命の低下が引き起こされる場合がある。そのような場合に、上記発光素子の構成の適用は好適である。このような構成になりやすいものとして、青色蛍光素子を例に挙げることができる。良好な青色蛍光を発する芳香族ジアミン化合物、特にピレンジアミン化合物、ナフトビスベンゾフラン化合物などで本発明の構成は特に好ましく適用することができ、寿命、効率、色度共に良好な発光素子を得ることができる。

【0150】

続いて、上述の発光素子の詳細な構造や材料の例について説明する。本発明の一態様の発光素子は、上述のように第 1 の電極 101 と第 2 の電極 102 の一対の電極間に複数の層からなる EL 層 103 を有し、当該 EL 層 103 は少なくとも本発明の一態様の有機化合物を含む。なお、EL 層 103 に含まれる層については特に限定はなく、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層、キャリアブロック層、励起子ブロック層、電荷発生層など、様々な層構造を適用することができる。

【0151】

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

10

20

30

40

50

タングステン (W)、クロム (Cr)、モリブデン (Mo)、鉄 (Fe)、コバルト (Co)、銅 (Cu)、パラジウム (Pd)、または金属材料の窒化物 (例えば、窒化チタン) 等が挙げられる。グラフェンも用いることができる。なお、後述する複合材料を EL 層 103 における第 1 の電極 101 と接する層に用いることで、仕事関数に関わらず、電極材料を選択することができるようになる。

【0152】

EL 層 103 の積層構造については、本実施の形態では、図 1 (A) に示すように、正孔注入層 111、正孔輸送層 112、発光層 113 に加えて、電子輸送層 114 及び電子注入層 115 を有する構成、及び図 1 (B) に示すように、正孔注入層 111、正孔輸送層 112、発光層 113 に加えて、電子輸送層 114 及び電子注入層 115、電荷発生層 116 を有する構成の 2 種類の構成について説明する。各層を構成する材料について以下に具体的に示す。

10

【0153】

正孔注入層 111 は、アクセプタ性を有する物質を含む層である。本発明の一態様の構成ではアクセプタ性を有する有機化合物が用いられている場合に、より適用好適な構成である。アクセプタ性を有する物質としては、電子吸引基 (ハロゲン基やシアノ基) を有する化合物を用いることができ、7, 7, 8, 8 - テトラシアノ - 2, 3, 5, 6 - テトラフルオロキノジメタン (略称: F4 - TCNQ)、3, 6 - ジフルオロ - 2, 5, 7, 7, 8, 8 - ヘキサシアノキノジメタン、クロラニル、2, 3, 6, 7, 10, 11 - ヘキサシアノ - 1, 4, 5, 8, 9, 12 - ヘキサアザトリフェニレン (略称: HAT - CN)、1, 3, 4, 5, 7, 8 - ヘキサフルオロテトラシアノ - ナフトキノジメタン (略称: F6 - TCNNQ) 等を用いることができる。アクセプタ性を有する有機化合物としては、HAT - CN のように複素原子を複数有する縮合芳香環に電子吸引基が結合している化合物が、熱的に安定であり好ましい。また、電子吸引基 (特にフルオロ基のようなハロゲン基やシアノ基) を有する [3] ラジアレン誘導体は、電子受容性が非常に高いため好ましく、具体的には、1, 2, 3 - シクロプロパントリイリデントリス [4 - シアノ - 2, 3, 5, 6 - テトラフルオロベンゼンアセトニトリル]、1, 2, 3 - シクロプロパントリイリデントリス [2, 6 - ジクロロ - 3, 5 - ジフルオロ - 4 - (トリフルオロメチル) ベンゼンアセトニトリル]、1, 2, 3 - シクロプロパントリイリデントリス [2, 3, 4, 5, 6 - ペンタフルオロベンゼンアセトニトリル] などが挙げられる。アクセプタ性を有する物質としては以上で述べた有機化合物以外にも、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等を用いることができる。この他、フタロシアニン (略称: H₂ Pc) や銅フタロシアニン (Cu PC) 等のフタロシアニン系の錯体化合物、4, 4' - ビス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称: DPAB)、N, N' - ビス {4 - [ビス (3 - メチルフェニル) アミノ] フェニル} - N, N' - ジフェニル - (1, 1' - ビフェニル) - 4, 4' - ジアミン (略称: DNTPD) 等の芳香族アミン化合物、或いはポリ (3, 4 - エチレンジオキシチオフエン) / ポリ (スチレンスルホン酸) (PEDOT / PSS) 等の高分子等によっても正孔注入層 111 を形成することができる。アクセプタ性を有する物質は、隣接する正孔輸送層 (あるいは正孔輸送材料) から、電界の印加により電子を引き抜くことができる。

20

30

40

【0154】

アクセプタ性を有する有機化合物を正孔注入層 111 に用いない場合には、アクセプタ性を有する物質として、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等を用いることができる。この他、フタロシアニン (略称: H₂ Pc) や銅フタロシアニン (Cu PC) 等のフタロシアニン系の化合物、4, 4' - ビス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称: DPAB)、N, N' - ビス {4 - [ビス (3 - メチルフェニル) アミノ] フェニル} - N, N' - ジフェニル - (1, 1' - ビフェニル) - 4, 4' - ジアミン (略称: DNTPD) 等の芳香族アミン化合物、或いはポリ (3, 4 - エチレンジオキシチオフエン) / ポリ

50

(スチレンスルホン酸)(PEDOT/PSS)等の高分子等によっても正孔注入層111を形成することができる。

【0155】

また、正孔注入層111として、正孔輸送性を有する物質にアクセプタ性物質を含有させた複合材料を用いることもできる。なお、正孔輸送性の物質にアクセプタ性物質を含有させた複合材料を用いることにより、仕事関数に依らず電極を形成する材料を選ぶことができる。つまり、第1の電極101として仕事関数の大きい材料だけでなく、仕事関数の小さい材料も用いることができるようになる。当該アクセプタ性物質としては、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:F4-TCNQ)、クロラニル、1,3,4,5,7,8-ヘキサフルオロテトラシアノ-ナフトキノジメタン(略称:F6-TCNNQ)等のアクセプタ性を有する有機化合物や、遷移金属酸化物を挙げることができる。また元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物も用いることができる。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としては、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムなどが電子受容性の高さから好ましい。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

【0156】

複合材料に用いる正孔輸送性の物質としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、高分子化合物(オリゴマー、 dendroliマー、ポリマー等)など、種々の有機化合物を用いることができる。なお、複合材料に用いる正孔輸送性の物質としては、 $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。なお、本発明の一態様の有機化合物も好適に用いることができる。以下では、複合材料における正孔輸送性の物質として用いることのできる有機化合物を具体的に列挙する。

20

【0157】

複合材料に用いることのできる芳香族アミン化合物としては、N,N'-ジ(p-トリル)-N,N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン(略称:DTDP-PA)、4,4'-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:DPAB)、N,N'-ビス{4-[ビス(3-メチルフェニル)アミノ]フェニル}-N,N'-ジフェニル-(1,1'-ビフェニル)-4,4'-ジアミン(略称:DNTPD)、1,3,5-トリス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ベンゼン(略称:DPAB3)等を挙げることができる。カルバゾール誘導体としては、具体的には、3-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzPCA1)、3,6-ビス[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzPCA2)、3-[N-(1-ナフチル)-N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzPCN1)、4,4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル(略称:CBP)、1,3,5-トリス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]ベンゼン(略称:TCPB)、9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称:CzPA)、1,4-ビス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]-2,3,5,6-テトラフェニルベンゼン等を用いることができる。芳香族炭化水素としては、例えば、2-tert-ブチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称:t-BuDNA)、2-tert-ブチル-9,10-ジ(1-ナフチル)アントラセン、9,10-ビス(3,5-ジフェニルフェニル)アントラセン(略称:DP-PA)、2-tert-ブチル-9,10-ビス(4-フェニルフェニル)アントラセン(略称:t-BuDBA)、9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称:DNA)、9,10-ジフェニルアントラセン(略称:DPAnth)、2-tert-ブチルアントラセン(略称:t-BuAnth)、9,10-ビス(4-メチル-1-ナフチル)アントラセン(略称:DMNA)、2-tert-ブチル-9,10-ビス[2-(1-ナフチル)フェニル]アントラセン、9,10-ビ

30

40

50

ス〔 2 - (1 - ナフチル) フェニル 〕アントラセン、 2 , 3 , 6 , 7 - テトラメチル - 9 , 10 - ジ (1 - ナフチル) アントラセン、 2 , 3 , 6 , 7 - テトラメチル - 9 , 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン、 9 , 9 ' - ビアントリル、 10 , 10 ' - ジフェニル - 9 , 9 ' - ビアントリル、 10 , 10 ' - ビス (2 - フェニルフェニル) - 9 , 9 ' - ビアントリル、 10 , 10 ' - ビス [(2 , 3 , 4 , 5 , 6 - ペンタフェニル) フェニル] - 9 , 9 ' - ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、 2 , 5 , 8 , 11 - テトラ (t e r t - ブチル) ペリレン等が挙げられる。また、この他、ペンタセン、コロネン等も用いることができる。ビニル骨格を有していてもよい。ビニル基を有している芳香族炭化水素としては、例えば、 4 , 4 ' - ビス (2 , 2 - ジフェニルビニル) ビフェニル (略称 : D P V B i) 、 9 , 10 - ビス [4 - (2 , 2 - ジフェニルビニル) フェニル] アントラセン (略称 : D P V P A) 等が挙げられる。なお、本発明の一態様の有機化合物も用いることができる。

10

【 0 1 5 8 】

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

【 0 1 5 9 】

正孔注入層 1 1 1 を形成することによって、正孔の注入性が良好となり、駆動電圧の小さい発光素子を得ることができる。また、アクセプタ性を有する有機化合物は蒸着が容易で成膜がしやすいため、使いやすい材料である。

20

【 0 1 6 0 】

正孔輸送層 1 1 2 は、正孔輸送材料を含んで形成される。正孔輸送材料としては、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有していることが好ましい。正孔輸送層 1 1 2 には本発明の一態様の正孔輸送材料を含んでいることが好ましい。実施の形態 1 に記載された本発明の一態様の有機化合物を正孔輸送層 1 1 2 に含むことによって、寿命が長く、効率の良好な発光素子を得ることができる。

【 0 1 6 1 】

特に、正孔注入層 1 1 1 としてアクセプタ性を有する有機化合物を用いた場合は、少なくとも正孔輸送層 1 1 2 を第 1 の正孔輸送層 1 1 2 - 1 と第 2 の正孔輸送層 1 1 2 - 2 の 2 層で形成し、第 1 の正孔輸送層 1 1 2 - 1 には H O M O 準位の比較的浅い第 1 の正孔輸送材料を、第 2 の正孔輸送層 1 1 2 - 2 には実施の形態 1 に記載の有機化合物を含む構成をとすることによって、寿命が長く、効率の良い発光素子を得ることができる。

30

【 0 1 6 2 】

アクセプタ性を有する有機化合物の L U M O 準位と第 1 の正孔輸送材料の H O M O 準位の差は、アクセプタ性を有する有機化合物のアクセプタ性の強さで変わってくるため、特に限定されないが、おおむね準位の差が 1 e V 以下程度であれば正孔を注入することができる。H A T - C N を、アクセプタ性を有する有機化合物として用いる場合、H A T - C N の L U M O 準位はサイクリックボルタンメトリ測定から - 4 . 4 1 e V と見積もられるので、第 1 の正孔輸送材料の H O M O 準位は、- 5 . 4 e V 以上であることが好ましい。ただし、第 1 の正孔輸送材料の H O M O 準位があまり高くなりすぎると、今度は第 2 の正孔輸送材料への正孔注入性が悪くなる。また、I T O のような陽極の仕事関数は - 5 e V 前後であるため、それよりも H O M O 準位の高い第 1 の正孔輸送材料を用いることは不利に働く。したがって、第 1 の正孔輸送材料の H O M O 準位は、- 5 . 0 e V 以下であることが好ましい。

40

【 0 1 6 3 】

また、第 2 の正孔輸送層と発光層との間に、さらに第 3 の正孔輸送層 1 1 2 - 3 を形成しても良い。第 3 の正孔輸送層 1 1 2 - 3 は、第 3 の正孔輸送材料を含んでいる。

【 0 1 6 4 】

50

第1の正孔輸送層112-1、第2の正孔輸送層112-2及び第3の正孔輸送層112-3については、先に説明を行ったので繰り返しとなる説明は省略する。なお、それぞれに含まれる正孔輸送材料に関しては、先に述べた正孔輸送性を有する材料の中から、又はその他さまざまな正孔輸送性を有する材料の中から、当該層同士の関係に合致する材料を選択して用いれば良い。

【0165】

発光層113は、発光材料を含む層である。発光材料は蛍光発光物質であっても、りん光発光物質であっても、熱活性化遅延蛍光(TADF)を示す物質であっても、その他の発光材料であっても構わない。また、単層であっても、異なる発光材料が含まれる複数の層からなっているても良い。なお、本発明の一態様は、発光層113が蛍光発光を呈する層、特に、青色の蛍光発光を呈する層である場合により好適に適用することができる。

10

【0166】

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

【0167】

5, 6-ビス[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-2, 2'-ビピリジン(略称: PAP2BPy)、5, 6-ビス[4'-(10-フェニル-9-アントリル)ピフェニル-4-イル]-2, 2'-ビピリジン(略称: PAPP2BPy)、N, N'-ジフェニル-N, N'-ビス[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ピレン-1, 6-ジアミン(略称: 1, 6FLPAPrn)、N, N'-ビス(3-メチルフェニル)-N, N'-ビス[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ピレン-1, 6-ジアミン(略称: 1, 6mMemFLPAPrn)、N, N'-ビス[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N, N'-ジフェニルスチルベン-4, 4'-ジアミン(略称: YGA2S)、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン(略称: YGAPA)、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(9, 10-ジフェニル-2-アントリル)トリフェニルアミン(略称: 2YGAPPA)、N, 9-ジフェニル-N-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: PCAPA)、ペリレン、2, 5, 8, 11-テトラ(tert-ブチル)ペリレン(略称: TBP)、4-(10-フェニル-9-アントリル)-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称: PCBAPA)、N, N''-(2-tert-ブチルアントラセン-9, 10-ジイルジ-4, 1-フェニレン)ビス[N, N', N'-トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン](略称: DPABPA)、N, 9-ジフェニル-N-[4-(9, 10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: 2PCAPPA)、N-[4-(9, 10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]-N, N', N'-トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン(略称: 2DPAPPA)、N, N, N', N', N'', N'', N'', N''-(2-tert-ブチルアントラセン-9, 10-ジイルジ-4, 1-フェニレン)ビス[N, N', N'-トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン](略称: DPABPhA)、9, 10-ビス(1, 1'-ビフェニル-2-イル)-2-アントリル]-N, 9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: 2PCABPhA)、N-(9, 10-ジフェニル-2-アントリル)-N, N', N'-トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン(略称: 2DPAPPA)、N-[9, 10-ビス(1, 1'-ビフェニル-2-イル)-2-アントリル]-N, N', N'-トリフェニル-1, 4-フェニレンジアミン(略称: 2DPABPhA)、9, 10-ビス(1, 1'-ビフェニル-2-イル)-N-[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N-フェニルアントラセン-2-アミン(略称: 2YGABPhA)、N, N, 9-トリフェニルアントラセン-9-アミン(略称: DPhAPhA)クマリン545T、N, N'-ジフェニルキナクリドン、(略称: DPQd)、ルブレン、5, 12-ビス(1, 1'-ビフェニル-4-イル)-6, 11-ジフェニルテ

20

30

40

50

トラセン（略称：BPT）、2 - (2 - {2 - [4 - (ジメチルアミノ)フェニル]エテニル} - 6 - メチル - 4H - ピラン - 4 - イリデン)プロパンジニトリル（略称：DCM1）、2 - {2 - メチル - 6 - [2 - (2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1H, 5H - ベンゾ[*i j*]キノリジン - 9 - イル)エテニル] - 4H - ピラン - 4 - イリデン}プロパンジニトリル（略称：DCM2）、N, N, N', N' - テトラキス(4 - メチルフェニル)テトラセン - 5, 11 - ジアミン（略称：p - mPhTD）、7, 14 - ジフェニル - N, N, N', N' - テトラキス(4 - メチルフェニル)アセナフト[1, 2 - a]フルオランテン - 3, 10 - ジアミン（略称：p - mPhAFD）、2 - {2 - イソプロピル - 6 - [2 - (1, 1, 7, 7 - テトラメチル - 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1H, 5H - ベンゾ[*i j*]キノリジン - 9 - イル)エテニル] - 4H - ピラン - 4 - イリデン}プロパンジニトリル（略称：DCJTI）、2 - {2 - tert - ブチル - 6 - [2 - (1, 1, 7, 7 - テトラメチル - 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1H, 5H - ベンゾ[*i j*]キノリジン - 9 - イル)エテニル] - 4H - ピラン - 4 - イリデン}プロパンジニトリル（略称：DCJTB）、2 - (2, 6 - ビス{2 - [4 - (ジメチルアミノ)フェニル]エテニル} - 4H - ピラン - 4 - イリデン)プロパンジニトリル（略称：BisDCM）、2 - {2, 6 - ビス[2 - (8 - メトキシ - 1, 1, 7, 7 - テトラメチル - 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1H, 5H - ベンゾ[*i j*]キノリジン - 9 - イル)エテニル] - 4H - ピラン - 4 - イリデン}プロパンジニトリル（略称：BisDCJTM）、N, N' - (ピレン - 1, 6 - ジイル)ビス[(6, N - ジフェニルベンゾ[*b*]ナフト[1, 2 - d]フラン) - 8 - アミン]（略称：1, 6BnfAPrn - 03）などが挙げられる。特に、1, 6FLPAPrnや1, 6MMeMFLPAPrn、1, 6BnfAPrn - 03のようなピレンジアミン化合物に代表される縮合芳香族ジアミン化合物は、ホールトラップ性が高く、発光効率や信頼性に優れているため好ましい。

【0168】

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

【0169】

トリス{2 - [5 - (2 - メチルフェニル) - 4 - (2, 6 - ジメチルフェニル) - 4H - 1, 2, 4 - トリアゾール - 3 - イル - N2]フェニル - C}イリジウム(III)（略称：[Ir(mppztz - dmp)₃]）、トリス(5 - メチル - 3, 4 - ジフェニル - 4H - 1, 2, 4 - トリアゾラト)イリジウム(III)（略称：[Ir(Mptz)₃]）、トリス[4 - (3 - ビフェニル) - 5 - イソプロピル - 3 - フェニル - 4H - 1, 2, 4 - トリアゾラト]イリジウム(III)（略称：[Ir(iPrptz - 3b)₃]）のような4H - トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス[3 - メチル - 1 - (2 - メチルフェニル) - 5 - フェニル - 1H - 1, 2, 4 - トリアゾラト]イリジウム(III)（略称：[Ir(Mptz1 - mp)₃]）、トリス(1 - メチル - 5 - フェニル - 3 - プロピル - 1H - 1, 2, 4 - トリアゾラト)イリジウム(III)（略称：[Ir(Prptz1 - Me)₃]）のような1H - トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、fac - トリス[1 - (2, 6 - ジイソプロピルフェニル) - 2 - フェニル - 1H - イミダゾール]イリジウム(III)（略称：[Ir(iPrpmi)₃]）、トリス[3 - (2, 6 - ジメチルフェニル) - 7 - メチルイミダゾ[1, 2 - f]フェナントリジナト]イリジウム(III)（略称：[Ir(dmpimpt - Me)₃]）のようなイミダゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、ビス[2 - (4', 6' - ジフルオロフェニル)ピリジナト - N, ²C']イリジウム(III)テトラキス(1 - ピラゾリル)ボラート（略称：FIr6）、ビス[2 - (4', 6' - ジフルオロフェニル)ピリジナト - N, C²']イリジウム(III)ピコリナート（略称：FIrpic）、ビス{2 - [3', 5' - ビス(トリフルオロメチル)フェニル]ピリジナト - N, C²'}イリジウム(III)ピコリナート（略称：[Ir(CF₃ppy)₂(pic)]）、ビス[2 - (4', 6' - ジフルオロフェニル)ピリジナト - N, ²C']イリジウム(III)アセチルアセトナート（略称：FIr(acac)）のような電

子吸引基を有するフェニルピリジン誘導体を配位子とする有機金属イリジウム錯体が挙げられる。これらは青色のりん光発光を示す化合物であり、440 nmから520 nmに発光のピークを有する化合物である。

【0170】

また、トリス(4-メチル-6-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(mppm)₃])、トリス(4-t-ブチル-6-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(tBuppm)₃])、(アセチルアセトナト)ビス(6-メチル-4-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(mppm)₂(aac)])、(アセチルアセトナト)ビス(6-tert-ブチル-4-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(tBuppm)₂(aac)])、(アセチルアセトナト)ビス[6-(2-ノルボルニル)-4-フェニルピリミジナト]イリジウム(III)(略称: [Ir(nbppm)₂(aac)])、(アセチルアセトナト)ビス[5-メチル-6-(2-メチルフェニル)-4-フェニルピリミジナト]イリジウム(III)(略称: [Ir(mpppm)₂(aac)])、(アセチルアセトナト)ビス(4,6-ジフェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(dppm)₂(aac)])のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、(アセチルアセトナト)ビス(3,5-ジメチル-2-フェニルピラジナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(mppr-Me)₂(aac)])、(アセチルアセトナト)ビス(5-イソプロピル-3-メチル-2-フェニルピラジナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(mppr-iPr)₂(aac)])のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス(2-フェニルピリジナト-N, C^{2'})イリジウム(III)(略称: [Ir(ppy)₃])、ビス(2-フェニルピリジナト-N, C^{2'})イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: [Ir(ppy)₂(aac)])、ビス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: [Ir(bzq)₂(aac)])、トリス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(bzq)₃])、トリス(2-フェニルキノリナト-N, C^{2'})イリジウム(III)(略称: [Ir(pq)₃])、ビス(2-フェニルキノリナト-N, C^{2'})イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: [Ir(pq)₂(aac)])のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、トリス(アセチルアセトナト)(モノフェナントロリン)テルビウム(III)(略称: [Tb(aac)₃(Phen)])のような希土類金属錯体が挙げられる。これらは主に緑色のりん光発光を示す化合物であり、500 nm~600 nmに発光のピークを有する。なお、ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性や発光効率にも際だって優れるため、特に好ましい。

【0171】

また、(ジイソブチリルメタナト)ビス[4,6-ビス(3-メチルフェニル)ピリミジナト]イリジウム(III)(略称: [Ir(5mdppm)₂(dibm)])、ビス[4,6-ビス(3-メチルフェニル)ピリミジナト](ジピバロイルメタナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(5mdppm)₂(dpm)])、ビス[4,6-ジ(ナフタレン-1-イル)ピリミジナト](ジピバロイルメタナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(d1npm)₂(dpm)])のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、(アセチルアセトナト)ビス(2,3,5-トリフェニルピラジナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(tppr)₂(aac)])、ビス(2,3,5-トリフェニルピラジナト)(ジピバロイルメタナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(tppr)₂(dpm)])、(アセチルアセトナト)ビス[2,3-ビス(4-フルオロフェニル)キノキサリナト]イリジウム(III)(略称: [Ir(Fdpq)₂(aac)])のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス(1-フェニルイソキノリナト-N, C^{2'})イリジウム(III)(略称: [Ir(piq)₃])、ビス(1-フェニルイソキノリナト-N, C^{2'})イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: [Ir(piq)₂(aac)])のようなピリジン

10

20

30

40

50

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

【0172】

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

【0173】

TADF 材料としてはフラレン及びその誘導体、アクリジン及びその誘導体、エオシン誘導体等を用いることができる。またマグネシウム (Mg)、亜鉛 (Zn)、カドミウム (Cd)、スズ (Sn)、白金 (Pt)、インジウム (In)、もしくはパラジウム (Pd) 等を含む金属含有ポルフィリンが挙げられる。該金属含有ポルフィリンとしては、例えば、以下の構造式に示されるプロトポルフィリン - フッ化スズ錯体 (SnF₂ (Proto IX))、メソポルフィリン - フッ化スズ錯体 (SnF₂ (Meso IX))、ヘマトポルフィリン - フッ化スズ錯体 (SnF₂ (Hemato IX))、コプロポルフィリンテトラメチルエステル - フッ化スズ錯体 (SnF₂ (Copro III - 4Me))、オクタエチルポルフィリン - フッ化スズ錯体 (SnF₂ (OEP))、エチオポルフィリン - フッ化スズ錯体 (SnF₂ (Etio I))、オクタエチルポルフィリン - 塩化白金錯体 (PtCl₂ OEP) 等も挙げられる。

【0174】

10

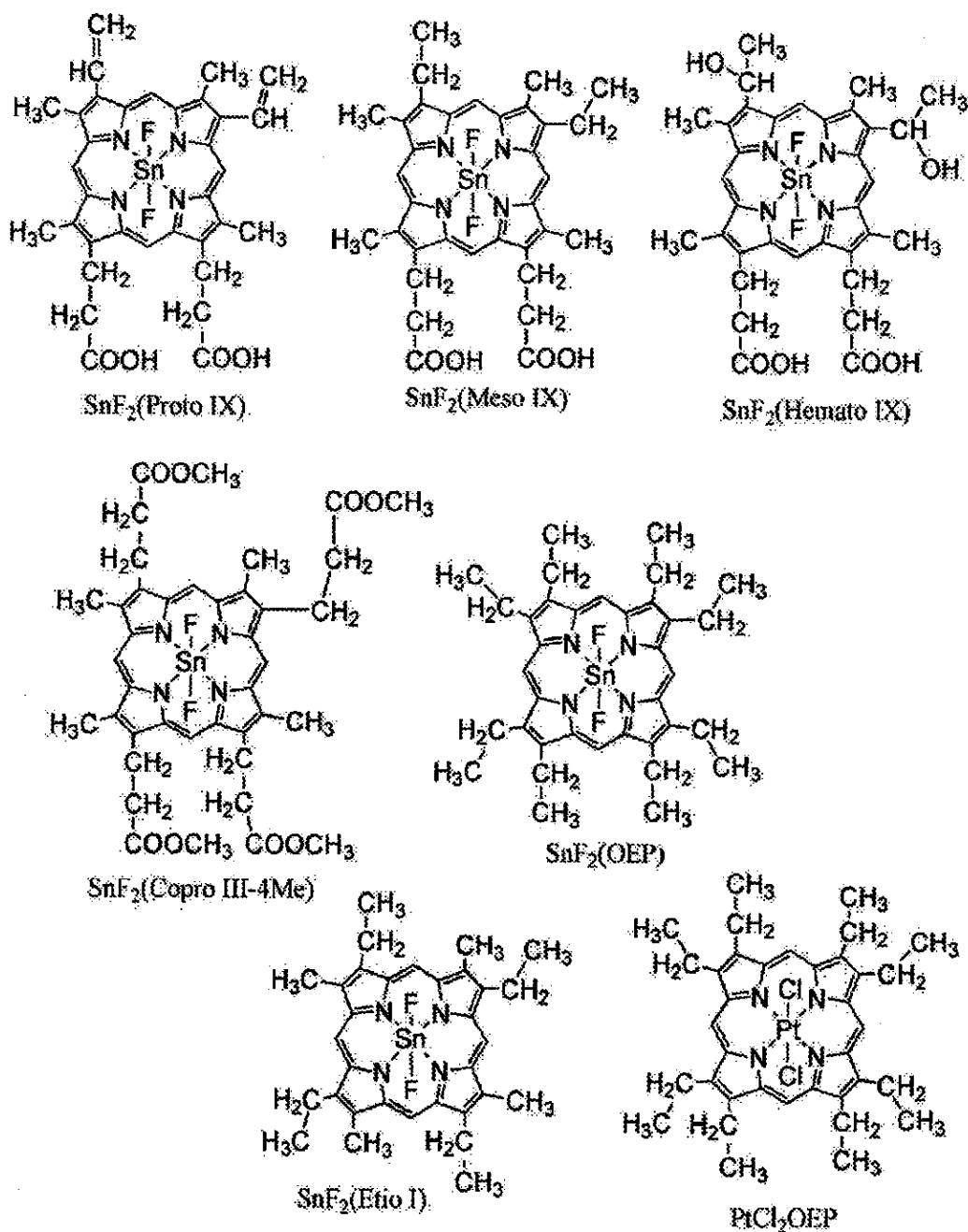
20

30

40

50

【化 6 8】



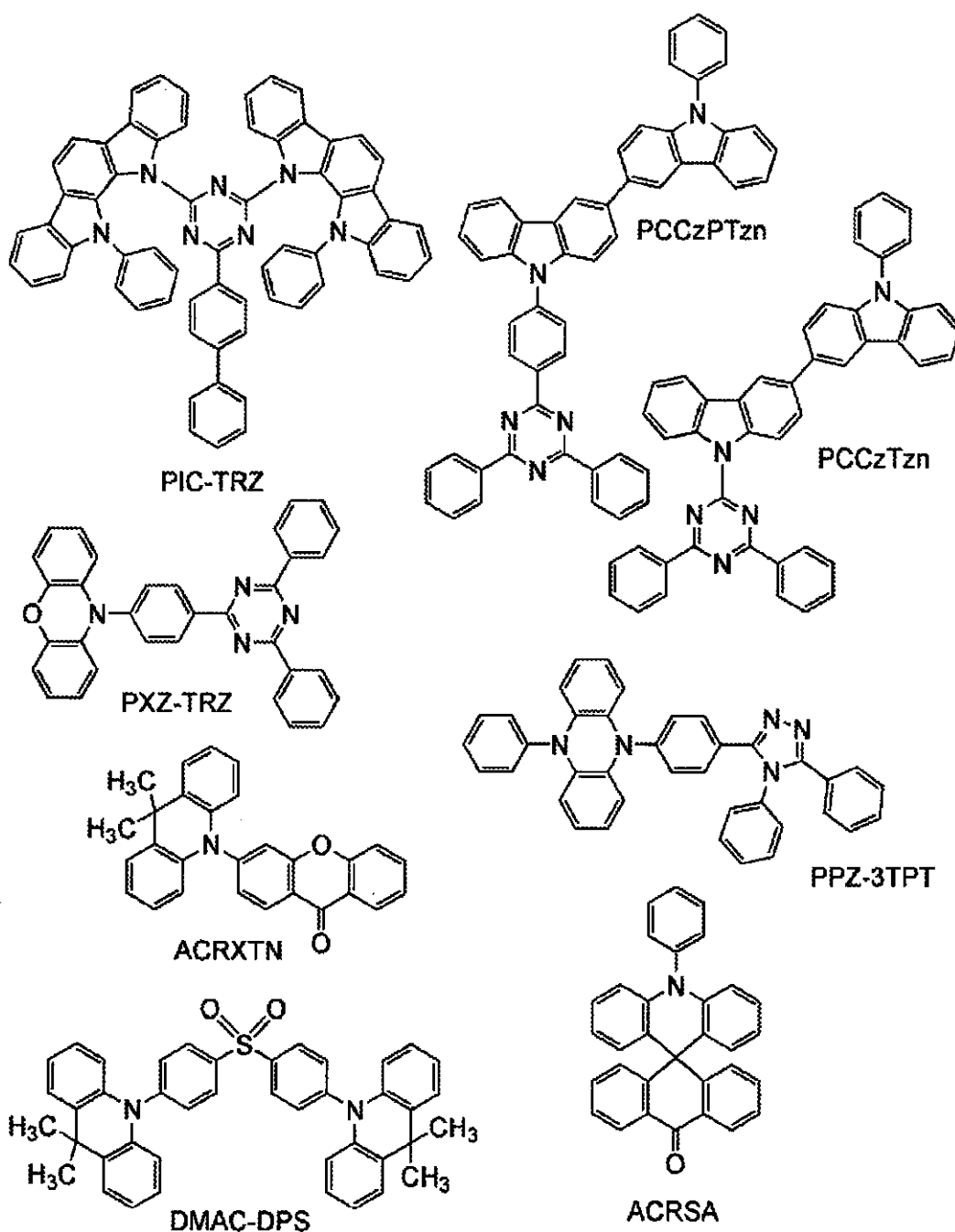
【0175】

また、以下の構造式に示される 2 - (ピフェニル - 4 - イル) - 4, 6 - ビス(12 - フェニルインドロ[2, 3 - a]カルバゾール - 11 - イル) - 1, 3, 5 - トリアジン(略称: PIC - TRZ)や、9 - (4, 6 - ジフェニル - 1, 3, 5 - トリアジン - 2 - イル) - 9' - フェニル - 9H, 9' H - 3, 3' - ビカルバゾール(略称: PCCzTzn)、2 - {4 - [3 - (N - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル) - 9H - カルバゾール - 9 - イル]フェニル} - 4, 6 - ジフェニル - 1, 3, 5 - トリアジン(略称: PCCzPTzn)、2 - [4 - (10H - フェノキサジン - 10 - イル)フェニル] - 4, 6 - ジフェニル - 1, 3, 5 - トリアジン(略称: PXZ - TRZ)、3 - [4 - (5 - フェニル - 5, 10 - ジヒドロフェナジン - 10 - イル)フェニル] - 4, 5 - ジフェニル - 1, 2, 4 - トリアゾール(略称: PPZ - 3TPT)、3 - (9, 9 - ジメチル - 9H - アクリジン - 10 - イル) - 9H - キサンテン - 9 - オン(略称: ACRTN)、ビス[4 - (9, 9 - ジメチル - 9, 10 - ジヒドロアクリジン)フェニル]スル

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

【0176】

【化69】



【0177】

10

20

30

40

50

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

【0178】

正孔輸送性を有する材料としては、4, 4' - ビス [N - (1 - ナフチル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称 : N P B)、N, N' - ビス (3 - メチルフェニル) - N, N' - ジフェニル - [1, 1' - ビフェニル] - 4, 4' - ジアミン (略称 : T P D)、4, 4' - ビス [N - (スピロ - 9, 9' - ビフルオレン - 2 - イル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称 : B S P B)、4 - フェニル - 4' - (9 - フェニルフルオレン - 9 - イル) トリフェニルアミン (略称 : B P A F L P)、4 - フェニル - 3' - (9 - フェニルフルオレン - 9 - イル) トリフェニルアミン (略称 : m B P A F L P)、4 - フェニル - 4' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称 : P C B A 1 B P)、4, 4' - ジフェニル - 4' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称 : P C B B i 1 B P)、4 - (1 - ナフチル) - 4' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称 : P C B A N B)、4, 4' - ジ (1 - ナフチル) - 4' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称 : P C B N B B)、9, 9 - ジメチル - N - フェニル - N - [4 - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) フェニル] フルオレン - 2 - アミン (略称 : P C B A S F) などの芳香族アミン骨格を有する化合物や、1, 3 - ビス (N - カルバゾリル) ベンゼン (略称 : m C P)、4, 4' - ジ (N - カルバゾリル) ビフェニル (略称 : C B P)、3, 6 - ビス (3, 5 - ジフェニルフェニル) - 9 - フェニルカルバゾール (略称 : C z T P)、3, 3' - ビス (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール) (略称 : P C C P) などのカルバゾール骨格を有する化合物や、4, 4', 4' - (ベンゼン - 1, 3, 5 - トリイル) トリ (ジベンゾチオフェン) (略称 : D B T 3 P - I I)、2, 8 - ジフェニル - 4 - [4 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] ジベンゾチオフェン (略称 : D B T F L P - I I I)、4 - [4 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] - 6 - フェニルジベンゾチオフェン (略称 : D B T F L P - I V) などのチオフェン骨格を有する化合物や、4, 4', 4' - (ベンゼン - 1, 3, 5 - トリイル) トリ (ジベンゾフラン) (略称 : D B F 3 P - I I)、4 - { 3 - [3 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] フェニル } ジベンゾフラン (略称 : m m D B F F L B i - I I) などのフラン骨格を有する化合物が挙げられる。上述した中でも、芳香族アミン骨格を有する化合物やカルバゾール骨格を有する化合物は、信頼性が良好であり、また、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与するため好ましい。また、実施の形態 1 に記載の有機化合物も好適に用いることができる。

【0179】

電子輸送性を有する材料としては、例えば、ビス (10 - ヒドロキシベンゾ [h] キノリナト) ベリリウム (I I) (略称 : B e B q ₂)、ビス (2 - メチル - 8 - キノリノラト) (4 - フェニルフェノラト) アルミニウム (I I I) (略称 : B A l q)、ビス (8 - キノリノラト) 亜鉛 (I I) (略称 : Z n q)、ビス [2 - (2 - ベンゾオキサゾリル) フェノラト] 亜鉛 (I I) (略称 : Z n P B O)、ビス [2 - (2 - ベンゾチアゾリル) フェノラト] 亜鉛 (I I) (略称 : Z n B T Z) などの金属錯体や、2 - (4 - ビフェニリル) - 5 - (4 - t e r t - ブチルフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール (略称 : P B D)、3 - (4 - ビフェニリル) - 4 - フェニル - 5 - (4 - t e r t - ブチルフェニル) - 1, 2, 4 - トリアゾール (略称 : T A Z)、2 - [3' - (9, 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - イル) - 1, 1' - ビフェニル - 3 - イル] - 4, 6 - ジフェニル - 1, 3, 5 - トリアジン (略称 : m F B P T z n)、1, 3 - ビス [5 - (p - t e r t - ブチルフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - イル] ベンゼン (略称 : O X D - 7)、9 - [4 - (5 - フェニル - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - イル) フェニル] - 9 H - カルバゾール (略称 : C O 1 1)、2, 2', 2' - (1, 3, 5 - ベ

ンゼントリイル) トリス(1 - フェニル - 1 H - ベンゾイミダゾール) (略称 : T P B I)、2 - [3 - (ジベンゾチオフエン - 4 - イル) フェニル] - 1 - フェニル - 1 H - ベンゾイミダゾール (略称 : m D B T B I m - I I)、2 - { 4 - [9 , 1 0 - ジ (ナフタレン - 2 - イル) - 2 - アントリル] フェニル } - 1 - フェニル - 1 H - ベンゾイミダゾール (略称 : Z A D N) などのポリアゾール骨格を有する複素環化合物や、2 - [3 - (ジベンゾチオフエン - 4 - イル) フェニル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称 : 2 m D B T P D B q - I I)、2 - [3 ' - (ジベンゾチオフエン - 4 - イル) ビフェニル - 3 - イル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称 : 2 m D B T B P D B q - I I)、2 - [3 ' - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) ビフェニル - 3 - イル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称 : 2 m C z B P D B q)、4 , 6 - ビス [3 - (フェナントレン - 9 - イル) フェニル] ピリミジン (略称 : 4 , 6 m P n P 2 P m)、4 , 6 - ビス [3 - (4 - ジベンゾチエニル) フェニル] ピリミジン (略称 : 4 , 6 m D B T P 2 P m - I I) などのジアジン骨格を有する複素環化合物や、3 , 5 - ビス [3 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] ピリジン (略称 : 3 5 D C z P P y)、1 , 3 , 5 - トリ [3 - (3 - ピリジル) - フェニル] ベンゼン (略称 : T m P y P B) などのピリジン骨格を有する複素環化合物が挙げられる。上述した中でも、ジアジン骨格を有する複素環化合物やピリジン骨格を有する複素環化合物は、信頼性が良好であり好ましい。特に、ジアジン (ピリミジンやピラジン) 骨格を有する複素環化合物は、電子輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与する。

【 0 1 8 0 】

蛍光発光物質を発光材料として用いる場合、ホスト材料としては、アントラセン骨格を有する材料が好適である。アントラセン骨格を有する物質を蛍光発光物質のホスト材料として用いると、発光効率、耐久性共に良好な発光層を実現することが可能である。アントラセン骨格を有する材料は H O M O 準位が深い材料が多い為、本発明の一態様を好適に適用することができる。ホスト材料として用いるアントラセン骨格を有する物質としては、ジフェニルアントラセン骨格、特に 9 , 1 0 - ジフェニルアントラセン骨格を有する物質が化学的に安定であるため好ましい。また、ホスト材料がカルバゾール骨格を有する場合、正孔の注入・輸送性が高まるため好ましいが、カルバゾールにベンゼン環がさらに縮合したベンゾカルバゾール骨格を含む場合、カルバゾールよりも H O M O が 0 . 1 e V 程度浅くなり、正孔が入りやすくなるためより好ましい。特に、ホスト材料がジベンゾカルバゾール骨格を含む場合、カルバゾールよりも H O M O が 0 . 1 e V 程度浅くなり、正孔が入りやすくなる上に、正孔輸送性にも優れ、耐熱性も高くなるため好適である。したがって、さらにホスト材料として好ましいのは、9 , 1 0 - ジフェニルアントラセン骨格およびカルバゾール骨格 (あるいはベンゾカルバゾール骨格やジベンゾカルバゾール骨格) を同時に有する物質である。なお、上記の正孔注入・輸送性の観点から、カルバゾール骨格に換えて、ベンゾフルオレン骨格やジベンゾフルオレン骨格を用いてもよい。このような物質の例としては、9 - フェニル - 3 - [4 - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 9 H - カルバゾール (略称 : P C z P A)、3 - [4 - (1 - ナフチル) - フェニル] - 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール (略称 : P C P N)、9 - [4 - (1 0 - フェニル - 9 - アントラセニル) フェニル] - 9 H - カルバゾール (略称 : C z P A)、7 - [4 - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 7 H - ジベンゾ [c , g] カルバゾール (略称 : c g D B C z P A)、6 - [3 - (9 , 1 0 - 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 : 2 m B n f P P A)、9 - フェニル - 1 0 - { 4 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) ビフェニル - 4 ' - イル } アントラセン (略称 : F L P P A) 等が挙げられる。特に、C z P A、c g D B C z P A、2 m B n f P P A、P C z P A は非常に良好な特性を示すため、好ましい選択である。

【 0 1 8 1 】

なお、本発明の一態様の発光素子は、特に青色の蛍光発光を呈する発光素子に適用することが好ましい。

【0182】

なお、ホスト材料は複数種の物質を混合した材料であっても良く、混合したホスト材料を用いる場合は、電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料とを混合することが好ましい。電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料を混合することによって、発光層113の輸送性を容易に調整することができ、再結合領域の制御も簡便に行うことができる。正孔輸送性を有する材料と電子輸送性を有する材料の含有量の比は、正孔輸送性を有する材料：電子輸送性を有する材料＝1：9～9：1とすればよい。

【0183】

また、これら混合された材料同士で励起錯体を形成しても良い。当該励起錯体は発光材料の最も低エネルギー側の吸収帯の波長と重なるような発光を呈する励起錯体を形成するよう

10

【0184】

ような組み合わせを選択することで、エネルギー移動がスムーズとなり、効率よく発光が得られるため好ましい。また、当該構成を用いることで駆動電圧も低下するため好ましい。

【0185】

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

20

【0186】

電子輸送層114と第2の電極102との間に、電子注入層115として、フッ化リチウム(LiF)、8-ヒドロキシキノリナト-リチウム(略称：Li q)、フッ化セシウム(CsF)、フッ化カルシウム(CaF₂)等のようなアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を含む層を設けても良い。電子注入層115は、電子輸送性を有する物質からなる層中にアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を含有させたものや、エレクトライドを用いてもよい。エレクトライドとしては、例えば、カルシウムとアルミニウムの混合酸化物に電子を高濃度添加した物質等が挙げられる。

30

【0187】

また、電子注入層115の代わりに電荷発生層116を設けても良い(図1(B))。電荷発生層116は、電位をかけることによって当該層の陰極側に接する層に正孔を、陽極側に接する層に電子を注入することができる層のことである。電荷発生層116には、少なくともP型層117が含まれる。P型層117は、上述の正孔注入層111を構成することができる材料として挙げた複合材料を用いて形成することが好ましい。またP型層117は、複合材料を構成する材料として上述したアクセプタ材料を含む膜と正孔輸送材料を含む膜とを積層して構成しても良い。P型層117に電位をかけることによって、電子輸送層114に電子が、陰極である第2の電極102に正孔が注入され、発光素子が動作する。

【0188】

【0187】
なお、電荷発生層116はP型層117の他に電子リレー層118及び電子注入バッファ層119のいずれか一又は両方がもうけられていることが好ましい。

【0188】
電子リレー層118は少なくとも電子輸送性を有する物質を含み、電子注入バッファ層119とP型層117との相互作用を防いで電子をスムーズに受け渡す機能を有する。電子リレー層118に含まれる電子輸送性を有する物質のLUMO準位は、P型層117におけるアクセプタ性物質のLUMO準位と、電子輸送層114における電荷発生層116に接する層に含まれる物質のLUMO準位との間であることが好ましい。電子リレー層118に用いられる電子輸送性を有する物質におけるLUMO準位の具体的なエネルギー準位は-5.0 eV以上、好ましくは-5.0 eV以上-3.0 eV以下とするとよい。なお、電子リレー層118に用いられる電子輸送性を有する物質としてはフタロシアニン系の材料又は金属-酸素結合と芳香族配位子を有する金属錯体を用いることが好ましい。

40

【0189】

電子注入バッファ層119には、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属、およびこれらの化合物(アルカリ金属化合物(酸化リチウム等の酸化物、ハロゲン化物、炭酸リ

50

チウムや炭酸セシウム等の炭酸塩を含む)、アルカリ土類金属化合物(酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む)、または希土類金属の化合物(酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む))等の電子注入性の高い物質を用いることが可能である。

【0190】

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

10

【0191】

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

20

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

【0192】

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

30

【0193】

また上述した各電極または各層を異なる成膜方法を用いて形成しても構わない。

【0194】

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

【0195】

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

40

【0196】

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

50

光素子は、１つの発光ユニットを有する発光素子であるということができる。

【０１９７】

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

【０１９８】

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

【０１９９】

電荷発生層５１３は、図１（Ｂ）にて説明した電荷発生層１１６と同様の構成で形成することが好ましい。有機化合物と金属酸化物の複合材料は、キャリア注入性、キャリア輸送性に優れているため、低電圧駆動、低電流駆動を実現することができる。なお、発光ユニットの陽極側の面が電荷発生層５１３に接している場合は、電荷発生層５１３が発光ユニットの正孔注入層の役割も担うことができるため、発光ユニットは正孔注入層を設けなくとも良い。

【０２００】

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

【０２０１】

図１（Ｃ）では、２つの発光ユニットを有する発光素子について説明したが、３つ以上の発光ユニットを積層した発光素子についても、同様に適用することが可能である。本実施の形態に係る発光素子のように、一対の電極間に複数の発光ユニットを電荷発生層５１３で仕切って配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度発光を可能とし、さらに長寿命な素子を実現できる。また、低電圧駆動が可能で消費電力が低い発光装置を実現することができる。

【０２０２】

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

【０２０３】

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

【０２０４】

（実施の形態３）

本実施の形態では、実施の形態２に記載の発光素子を用いた発光装置について説明する。

【０２０５】

本実施の形態では、実施の形態２に記載の発光素子を用いて作製された発光装置について図２を用いて説明する。なお、図２（Ａ）は、発光装置を示す上面図、図２（Ｂ）は図２

10

20

30

40

50

(A)をA - BおよびC - Dで切断した断面図である。この発光装置は、発光素子の発光を制御するものとして、点線で示された駆動回路部(ソース線駆動回路)601、画素部602、駆動回路部(ゲート線駆動回路)603を含んでいる。また、604は封止基板、605はシール材であり、シール材605で囲まれた内側は、空間607になっている。

【0206】

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

10

【0207】

次に、断面構造について図2(B)を用いて説明する。素子基板610上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路部であるソース線駆動回路601と、画素部602中の一つの画素が示されている。

【0208】

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

20

【0209】

画素や駆動回路に用いられるトランジスタの構造は特に限定されない。例えば、逆スタガ型のトランジスタとしてもよいし、スタガ型のトランジスタとしてもよい。また、トップゲート型のトランジスタでもボトムゲート型トランジスタでもよい。トランジスタに用いる半導体材料は特に限定されず、例えば、シリコン、ゲルマニウム、炭化シリコン、窒化ガリウム等を用いることができる。または、In - Ga - Zn系金属酸化物などの、インジウム、ガリウム、亜鉛のうち少なくとも一つを含む酸化物半導体を用いてもよい。

【0210】

トランジスタに用いる半導体材料の結晶性についても特に限定されず、非晶質半導体、結晶性を有する半導体(微結晶半導体、多結晶半導体、単結晶半導体、又は一部に結晶領域を有する半導体)のいずれを用いてもよい。結晶性を有する半導体を用いると、トランジスタ特性の劣化を抑制できるため好ましい。

30

【0211】

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

【0212】

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

40

【0213】

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

【0214】

半導体層としてこのような材料を用いることで、電気特性の変動が抑制され、信頼性の高

50

いトランジスタを実現できる。

【0215】

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

【0216】

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

10

【0217】

なお、FET623は駆動回路部601に形成されるトランジスタの一つを示すものである。また、駆動回路は、種々のCMOS回路、PMOS回路もしくはNMOS回路で形成すれば良い。また、本実施の形態では、基板上に駆動回路を形成したドライバ一体型を示すが、必ずしもその必要はなく、駆動回路を基板上ではなく外部に形成することもできる。

20

【0218】

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

【0219】

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

【0220】

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

30

【0221】

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

40

【0222】

また、EL層616は、蒸着マスクを用いた蒸着法、インクジェット法、スピンコート法等の種々の方法によって形成される。EL層616は、実施の形態1で説明したような構成を含んでいる。また、EL層616を構成する他の材料としては、低分子化合物、または高分子化合物 (オリゴマー、 dendrimer を含む) であっても良い。

【0223】

さらに、EL層616上に形成され、陰極として機能する第2の電極617に用いる材料

50

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

【0224】

なお、第1の電極613、EL層616、第2の電極617でもって、発光素子が形成されている。当該発光素子は実施の形態2に記載の発光素子である。なお、画素部は複数の発光素子が形成されてなっているが、本実施の形態における発光装置では、実施の形態2に記載の発光素子と、それ以外の構成を有する発光素子の両方が含まれていても良い。

10

【0225】

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

【0226】

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

20

【0227】

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

【0228】

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

30

【0229】

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

40

【0230】

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

50

護膜を形成する際に加工部材に与える損傷を、低減することができる。

【 0 2 3 1 】

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

【 0 2 3 2 】

以上のようにして、実施の形態 2 に記載の発光素子を用いて作製された発光装置を得ることができる。

【 0 2 3 3 】

本実施の形態における発光装置は、実施の形態 2 に記載の発光素子を用いているため、良好な特性を備えた発光装置を得ることができる。具体的には、実施の形態 2 に記載の発光素子は寿命の長い発光素子であるため、信頼性の良好な発光装置とすることができる。また、実施の形態 2 に記載の発光素子を用いた発光装置は発光効率が良好なため、消費電力の小さい発光装置とすることが可能である。

10

【 0 2 3 4 】

図 3 には白色発光を呈する発光素子を形成し、着色層（カラーフィルタ）等設けることによってフルカラー化した発光装置の例を示す。図 3（A）には基板 1 0 0 1、下地絶縁膜 1 0 0 2、ゲート絶縁膜 1 0 0 3、ゲート電極 1 0 0 6、1 0 0 7、1 0 0 8、第 1 の層間絶縁膜 1 0 2 0、第 2 の層間絶縁膜 1 0 2 1、周辺部 1 0 4 2、画素部 1 0 4 0、駆動回路部 1 0 4 1、発光素子の第 1 の電極 1 0 2 4 W、1 0 2 4 R、1 0 2 4 G、1 0 2 4 B、隔壁 1 0 2 5、E L 層 1 0 2 8、発光素子の第 2 の電極 1 0 2 9、封止基板 1 0 3 1、シール材 1 0 3 2 などが図示されている。

20

【 0 2 3 5 】

また、図 3（A）では着色層（赤色の着色層 1 0 3 4 R、緑色の着色層 1 0 3 4 G、青色の着色層 1 0 3 4 B）は透明な基材 1 0 3 3 に設けている。また、ブラックマトリクス 1 0 3 5 をさらに設けても良い。着色層及びブラックマトリクスが設けられた透明な基材 1 0 3 3 は、位置合わせし、基板 1 0 0 1 に固定する。なお、着色層、及びブラックマトリクス 1 0 3 5 は、オーバーコート層 1 0 3 6 で覆われている。また、図 3（A）においては、光が着色層を透過せず外部へ出る発光層と、各色の着色層を透過して外部に光が出る発光層とがあり、着色層を透過しない光は白、着色層を透過する光は赤、緑、青となることから、4 色の画素で映像を表現することができる。

30

【 0 2 3 6 】

図 3（B）では着色層（赤色の着色層 1 0 3 4 R、緑色の着色層 1 0 3 4 G、青色の着色層 1 0 3 4 B）をゲート絶縁膜 1 0 0 3 と第 1 の層間絶縁膜 1 0 2 0 との間に形成する例を示した。このように、着色層は基板 1 0 0 1 と封止基板 1 0 3 1 の間に設けられていても良い。

【 0 2 3 7 】

また、以上に説明した発光装置では、F E T が形成されている基板 1 0 0 1 側に光を取り出す構造（ボトムエミッション型）の発光装置としたが、封止基板 1 0 3 1 側に光を取り出す構造（トップエミッション型）の発光装置としても良い。トップエミッション型の発光装置の断面図を図 4 に示す。この場合、基板 1 0 0 1 は光を通さない基板を用いることができる。F E T と発光素子の陽極とを接続する接続電極を作製するまでは、ボトムエミッション型の発光装置と同様に形成する。その後、第 3 の層間絶縁膜 1 0 3 7 を電極 1 0 2 2 を覆って形成する。この絶縁膜は平坦化の役割を担っていても良い。第 3 の層間絶縁膜 1 0 3 7 は第 2 の層間絶縁膜と同様の材料の他、他の公知の材料を用いて形成することができる。

40

【 0 2 3 8 】

発光素子の第 1 の電極 1 0 2 4 W、1 0 2 4 R、1 0 2 4 G、1 0 2 4 B はここでは陽極とするが、陰極であっても構わない。また、図 4 のようなトップエミッション型の発光装置である場合、第 1 の電極を反射電極とすることが好ましい。E L 層 1 0 2 8 の構成は、実施の形態 1 において E L 層 1 0 3 として説明したような構成とし、且つ、白色の発光が

50

得られるような素子構造とする。

【0239】

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

10

【0240】

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

【0241】

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

20

【0242】

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

【0243】

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

【0244】

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

30

【0245】

なお、上記構成においては、EL層に複数の発光層を有する構造であっても、単一の発光層を有する構造であっても良く、例えば、上述のタンデム型発光素子の構成と組み合わせ、一つの発光素子に電荷発生層を挟んで複数のEL層を設け、それぞれのEL層に単数もしくは複数の発光層を形成する構成に適用してもよい。

40

【0246】

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

【0247】

本実施の形態における発光装置は、実施の形態2に記載の発光素子を用いているため、良好な特性を備えた発光装置を得ることができる。具体的には、実施の形態2に記載の発光素子は寿命の長い発光素子であるため、信頼性の良好な発光装置とすることができる。ま

50

た、実施の形態 2 に記載の発光素子を用いた発光装置は発光効率が良好なため、消費電力の小さい発光装置とすることが可能である。

【0248】

ここまでは、アクティブマトリクス型の発光装置について説明したが、以下からはパッシブマトリクス型の発光装置について説明する。図 5 には本発明を適用して作製したパッシブマトリクス型の発光装置を示す。なお、図 5 (A) は、発光装置を示す斜視図、図 5 (B) は図 5 (A) を X - Y で切断した断面図である。図 5 において、基板 951 上には、電極 952 と電極 956 との間には EL 層 955 が設けられている。電極 952 の端部は絶縁層 953 で覆われている。そして、絶縁層 953 上には隔壁層 954 が設けられている。隔壁層 954 の側壁は、基板面に近くなるに伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなっていくような傾斜を有する。つまり、隔壁層 954 の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺（絶縁層 953 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 953 と接する辺）の方が上辺（絶縁層 953 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 953 と接しない辺）よりも短い。このように、隔壁層 954 を設けることで、静電気等に起因した発光素子の不良を防ぐことが出来る。また、パッシブマトリクス型の発光装置においても、実施の形態 2 に記載の発光素子を用いており、信頼性の良好な発光装置、又は消費電力の小さい発光装置とすることができる。

10

【0249】

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

20

【0250】

また、本実施の形態は他の実施の形態と自由に組み合わせることができる。

【0251】

（実施の形態 4）

本実施の形態では、実施の形態 2 に記載の発光素子を照明装置として用いる例を図 6 を参照しながら説明する。図 6 (B) は照明装置の上面図、図 6 (A) は図 6 (B) における e - f 断面図である。

【0252】

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

30

【0253】

第 2 の電極 404 に電圧を供給するためのパッド 412 が基板 400 上に形成される。

【0254】

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

【0255】

EL 層 403 を覆って第 2 の電極 404 を形成する。第 2 の電極 404 は実施の形態 1 における第 2 の電極 102 に相当する。発光を第 1 の電極 401 側から取り出す場合、第 2 の電極 404 は反射率の高い材料によって形成される。第 2 の電極 404 はパッド 412 と接続することによって、電圧が供給される。

40

【0256】

以上、第 1 の電極 401、EL 層 403、及び第 2 の電極 404 を有する発光素子を本実施の形態で示す照明装置は有している。当該発光素子は発光効率の高い発光素子であるため、本実施の形態における照明装置は消費電力の小さい照明装置とすることができる。

【0257】

以上の構成を有する発光素子が形成された基板 400 と、封止基板 407 とをシール材 4

50

05、406を用いて固着し、封止することによって照明装置が完成する。シール材405、406はどちらか一方でもかまわない。また、内側のシール材406（図6（B）では図示せず）には乾燥剤を混ぜることもでき、これにより、水分を吸着することができ、信頼性の向上につながる。

【0258】

また、パッド412と第1の電極401の一部をシール材405、406の外に伸張して設けることによって、外部入力端子とすることができる。また、その上にコンバーターなどを搭載したICチップ420などを設けても良い。

【0259】

以上、本実施の形態に記載の照明装置は、EL素子に実施の形態2に記載の発光素子を用いており、信頼性の良好な発光装置とすることができる。また、消費電力の小さい発光装置とすることができる。

10

【0260】

（実施の形態5）

本実施の形態では、実施の形態2に記載の発光素子とその一部を含む電子機器の例について説明する。実施の形態2に記載の発光素子は寿命が良好であり、信頼性の良好な発光素子である。その結果、本実施の形態に記載の電子機器は、信頼性の良好な発光部を有する電子機器とすることが可能である。

【0261】

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

20

【0262】

図7（A）は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置は、筐体7101に表示部7103が組み込まれている。また、ここでは、スタンド7105により筐体7101を支持した構成を示している。表示部7103により、映像を表示することが可能であり、表示部7103は、実施の形態2に記載の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。

30

【0263】

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

【0264】

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

40

【0265】

図7（B1）はコンピュータであり、本体7201、筐体7202、表示部7203、キーボード7204、外部接続ポート7205、ポインティングデバイス7206等を含む。なお、このコンピュータは、実施の形態2に記載の発光素子をマトリクス状に配列して表示部7203に用いることにより作製される。図7（B1）のコンピュータは、図7（B2）のような形態であっても良い。図7（B2）のコンピュータは、キーボード7204、ポインティングデバイス7206の代わりに第2の表示部7210が設けられている。第2の表示部7210はタッチパネル式となっており、第2の表示部7210に表示された入力用の表示を指や専用のペンで操作することによって入力を行うことができる。ま

50

た、第2の表示部7210は入力用表示だけでなく、その他の画像を表示することも可能である。また表示部7203もタッチパネルであっても良い。二つの画面がヒンジで接続されていることによって、収納や運搬をする際に画面を傷つける、破損するなどのトラブルの発生も防止することができる。

【0266】

図7(C)は、携帯端末の一例を示している。携帯電話機は、筐体7401に組み込まれた表示部7402の他、操作ボタン7403、外部接続ポート7404、スピーカ7405、マイク7406などを備えている。なお、携帯電話機7400は、実施の形態2に記載の発光素子をマトリクス状に配列して作製された表示部7402を有している。

【0267】

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

【0268】

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。

【0269】

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

【0270】

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

【0271】

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

【0272】

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。

【0273】

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

【0274】

なお、本実施の形態に示す構成は、実施の形態1乃至実施の形態4に示した構成を適宜組み合わせる用いることができる。

【0275】

以上の様に実施の形態2に記載の発光素子を備えた発光装置の適用範囲は極めて広く、この発光装置をあらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。実施の形態2に記載の発光素子を用いることにより信頼性の高い電子機器を得ることができる。

【0276】

図8(A)は、掃除ロボットの一例を示す模式図である。

【0277】

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

【0278】

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

【0279】

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

【0280】

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

【0281】

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

【0282】

本発明の一態様の発光装置はディスプレイ 5101 に用いることができる。

【0283】

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

【0284】

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

【0285】

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

【0286】

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

【0287】

10

20

30

40

50

図 8 (C) はゴーグル型ディスプレイの一例を表す図である。ゴーグル型ディスプレイは、例えば、筐体 5 0 0 0、表示部 5 0 0 1、スピーカ 5 0 0 3、LED ランプ 5 0 0 4、操作キー 5 0 0 5 (電源スイッチ、又は操作スイッチを含む)、接続端子 5 0 0 6、センサ 5 0 0 7 (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 5 0 0 8、表示部 5 0 0 2、支持部 5 0 1 2、イヤホン 5 0 1 3 等を有する。

【 0 2 8 8 】

本発明の一態様の発光装置は表示部 5 0 0 1 および第 2 の表示部 5 0 0 2 に用いることができる。

【 0 2 8 9 】

図 9 は、実施の形態 2 に記載の発光素子を、照明装置である電気スタンドに用いた例である。図 9 に示す電気スタンドは、筐体 2 0 0 1 と、光源 2 0 0 2 を有し、光源 2 0 0 2 としては、実施の形態 3 に記載の照明装置を用いても良い。

【 0 2 9 0 】

図 1 0 は、実施の形態 2 に記載の発光素子を、室内の照明装置 3 0 0 1 として用いた例である。実施の形態 2 に記載の発光素子は信頼性の高い発光素子であるため、信頼性の良い照明装置とすることができる。また、実施の形態 2 に記載の発光素子は大面積化が可能であるため、大面積の照明装置として用いることができる。また、実施の形態 2 に記載の発光素子は、薄型であるため、薄型化した照明装置として用いることが可能となる。

【 0 2 9 1 】

実施の形態 2 に記載の発光素子は、自動車のフロントガラスやダッシュボードにも搭載することができる。図 1 1 に実施の形態 2 に記載の発光素子を自動車のフロントガラスやダッシュボードに用いる一態様を示す。表示領域 5 2 0 0 乃至表示領域 5 2 0 3 は実施の形態 2 に記載の発光素子を用いて設けられた表示である。

【 0 2 9 2 】

表示領域 5 2 0 0 と表示領域 5 2 0 1 は自動車のフロントガラスに設けられた実施の形態 2 に記載の発光素子を搭載した表示装置である。実施の形態 2 に記載の発光素子は、第 1 の電極と第 2 の電極を透光性を有する電極で作製することによって、反対側が透けて見える、いわゆるシースルー状態の表示装置とすることができる。シースルー状態の表示であれば、自動車のフロントガラスに設置したとしても、視界の妨げになることなく設置することができる。なお、駆動のためのトランジスタなどを設ける場合には、有機半導体材料による有機トランジスタや、酸化物半導体を用いたトランジスタなど、透光性を有するトランジスタを用いると良い。

【 0 2 9 3 】

表示領域 5 2 0 2 はピラー部分に設けられた実施の形態 2 に記載の発光素子を搭載した表示装置である。表示領域 5 2 0 2 には、車体に設けられた撮像手段からの映像を映し出すことによって、ピラーで遮られた視界を補完することができる。また、同様に、ダッシュボード部分に設けられた表示領域 5 2 0 3 は車体によって遮られた視界を、自動車の外側に設けられた撮像手段からの映像を映し出すことによって、死角を補い、安全性を高めることができる。見えない部分を補完するように映像を映すことによって、より自然に違和感なく安全確認を行うことができる。

【 0 2 9 4 】

表示領域 5 2 0 3 はまたナビゲーション情報、速度計や回転計、走行距離、燃料計、ギア状態、エアコンの設定などを表示することで、その他様々な情報を提供することができる。表示は使用者の好みに合わせて適宜その表示項目やレイアウトを変更することができる。なお、これら情報は表示領域 5 2 0 0 乃至表示領域 5 2 0 2 にも設けることができる。また、表示領域 5 2 0 0 乃至表示領域 5 2 0 3 は照明装置として用いることも可能である。

【 0 2 9 5 】

また、図 1 2 (A)、(B) に、折りたたみ可能な携帯情報端末 5 1 5 0 を示す。折りた

10

20

30

40

50

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

【 0 2 9 6 】

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

【 0 2 9 7 】

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

【 0 2 9 8 】

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

【 0 2 9 9 】

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

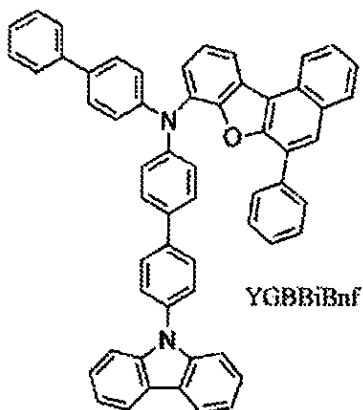
【 実施例 1 】

【 0 3 0 0 】

本実施例では、本発明の一態様の有機化合物である N - [4 ' - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル] - N - (1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル) - 6 - フェニルベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フラン - 8 - アミン（略称：Y G B B i B n f）の合成方法について詳しく説明する。Y G B B i B n f の構造式を以下に示す。

【 0 3 0 1 】

【 化 7 0 】



【 0 3 0 2 】

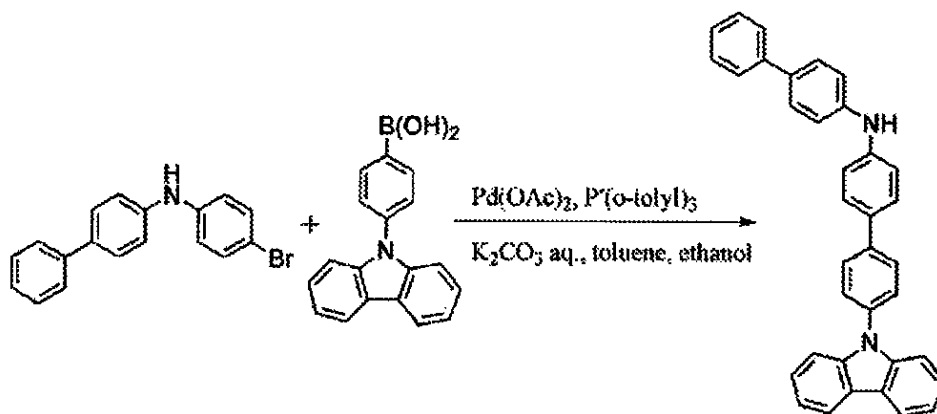
<ステップ 1 : 4 ' - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) ビス (1 , 1 ' - ビフェニル - 4

- イル) アミンの合成 >

200 mL三口フラスコへ1.6 g (5.0 mmol) のN-(4-ブロモフェニル)-4-ビフェニルアミンと、1.4 g (5.0 mmol) の4-(9H-カルバゾール-9-イル)ベンゼンボロン酸と、46 mg (0.15 mmol) のトリ(オルト-トリル)ホスフィンと、7.5 mLの炭酸カリウム水溶液(2.0 mmol/L)と、トルエン20 mL、エタノール5 mLをいれた。この混合物の減圧脱気をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物を60℃に加熱してから、11 mg (50 μmol) の酢酸パラジウム(II)を加え、80℃で7.5時間撹拌した。撹拌後、析出した固体を吸引ろ過で回収し、得られた固体をトルエン、エタノール、水を用いて洗浄した。洗浄した固体を、ソックスレー抽出器を用いてトルエンで抽出し、得られた溶液を濃縮したところ白色固体を1.5 g、収率63%で得た。ステップ1の合成スキームを以下に示す。

【0303】

【化71】



【0304】

<ステップ2: N-[4'-(9H-カルバゾール-9-イル)-1,1'-ビフェニル-4-イル]-N-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン-8-アミン(略称: YGBBiBnf)の合成>

200 mL三口フラスコに、ステップ1で得られた1.4 g (2.9 mmol) の4'-(9H-カルバゾール-9-イル)ビス(1,1'-ビフェニル-4-イル)アミンと、1.2 g (2.9 mmol) の8-ヨード-6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フランと、0.10 g (0.25 mmol) の2-ジシクロヘキシルホスフィン-2',6'-ジメトキシビフェニル(略称: s-phos)と、0.59 g (6.1 mmol) のナトリウム tertブトキシドと、30 mLのキシレンを入れ、この混合物の減圧脱気をした後、系内を窒素置換した。この混合物へ71 mg (0.12 mmol) の酢酸パラジウム(II)を加え、この混合物を80℃で13時間撹拌した。撹拌後、析出した固体を吸引ろ過で除去し、得られたろ液をアルミナ、フロリジル(和光純薬工業株式会社、カタログ番号: 066-05265)、セライト(和光純薬工業株式会社、カタログ番号: 537-02305)を通してろ過した。得られたろ液を濃縮して得た固体を、トルエンにより再結晶したところ、白色固体を1.5 g、収率65%で得た。ステップ2の合成スキームを以下に示す。

【0305】

10

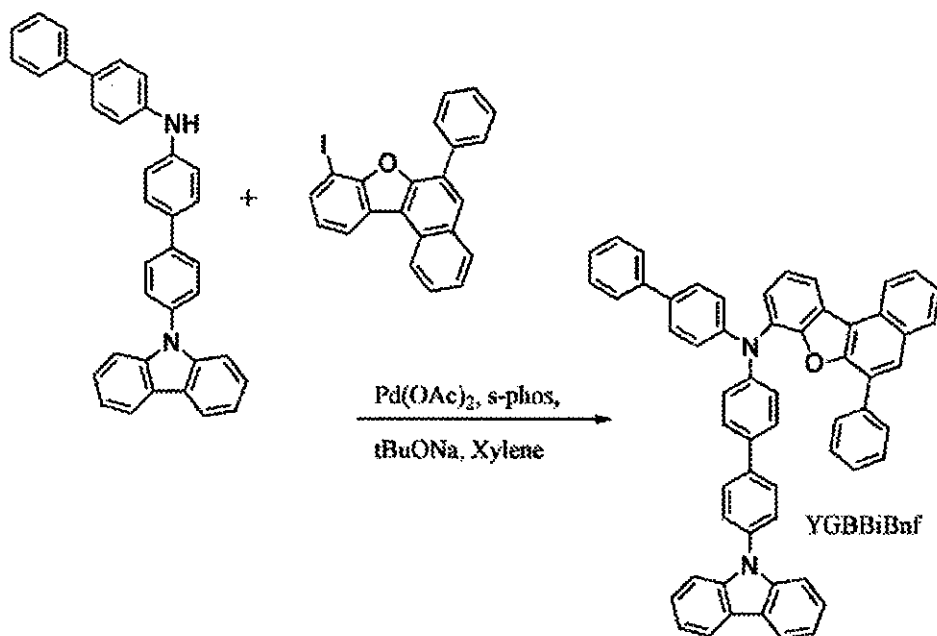
20

30

40

50

【化 7 2】



【0306】

得られた固体の¹H NMRデータを図14に、数値データを以下に示す。これにより、N-[4'-(9H-カルバゾール-9-イル)-1,1'-ビフェニル-4-イル]-N-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-6-フェニルベンゾ[*b*]ナフト[1,2-*d*]フラン-8-アミン(略称: YGBBiBnf)が得られたことがわかった。

【0307】

¹H NMR(ジクロロメタン-*d*2, 500 MHz): = 7.18 - 7.23 (m, 3H), 7.25 - 7.29 (m, 6H), 7.31 (t, *J* = 7.5 Hz, 1H), 7.37 (d, *J* = 8.0 Hz, 1H), 7.40 - 7.52 (m, 9H), 7.58 - 7.64 (m, 7H), 7.68 (d, *J* = 8.5 Hz, 2H), 7.75 (td, *J*1 = 7.5 Hz, *J*2 = 1.0 Hz, 1H), 7.85 (d, *J* = 8.5 Hz, 2H), 8.04 (s, 1H), 8.08 (d, *J* = 8.0 Hz, 1H), 8.14 (d, *J* = 7.5 Hz, 2H), 8.28 (dd, *J*1 = 8.0 Hz, *J*2 = 1 Hz, 1H), 8.69 (d, *J* = 8.0 Hz, 1H)

【0308】

得られた固体の昇華精製を行なった。昇華精製は、アルゴン流量10 mL/min、圧力2.2 Paの条件で、固体を340 から350 に加熱して行った。昇華精製後、目的化合物の淡黄色固体を収量1.2 g、回収率84%で得た。

【0309】

次に、YGBBiBnfのトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した結果を図15に示す。また、薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを図16に示す。固体薄膜は石英基板上に真空蒸着法にて作製した。トルエン溶液の吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計((株)日本分光製 V550型)を用い、トルエンのみを石英セルに入れて測定したスペクトルを差し引いた。また、薄膜の吸収スペクトルの測定には、分光光度計((株)日立ハイテクノロジーズ製 分光光度計U4100)を用いた。また、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計((株)浜松ホトニクス製 FS920)を用いた。

【0310】

図15より、YGBBiBnfのトルエン溶液は344 nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは421 nm(励起波長344 nm)であった。また、図16より、YGBBiBnfの薄膜は347 nm、330 nm、298 nm、252 nm付近に吸収ピ

ークが見られ、発光波長のピークは430 nm、449 nm付近(励起波長360 nm)に見られた。この結果から、YGBBiBnfが青色に発光することを確認し、発光物質や可視域の蛍光発光物質のホストとしても利用可能であることがわかった。

【0311】

また、YGBBiBnfの薄膜は、大気下においても凝集しにくく、形態の変化が小さく、膜質が良好であることがわかった。

【0312】

続いて、YGBBiBnfのHOMO準位およびLUMO準位をサイクリックボルタンメトリ(CV)測定を元に算出した結果を示す。算出方法を以下に示す。

【0313】

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

【0314】

CV測定は100回繰り返し行い、100サイクル目の測定での酸化-還元波と、1サイクル目の酸化-還元波を比較して、化合物の電気的安定性を調べた。

【0315】

この結果、YGBBiBnfのHOMO準位は-5.56 eV、LUMO準位は-2.51 eVであることがわかった。この測定結果から、YGBBiBnfはHOMOの準位が比較的深い有機化合物であることが明らかとなった。従って、発光層のホスト材料にHOMO準位深い有機化合物を用いた場合もホスト材料への良好な正孔注入性を発現することが出来る。また、酸化-還元波の繰り返し測定において1サイクル目と100サイクル後の波形と比較したところ、酸化電位 E_a [V]測定において81%のピーク強度を、還元電位 E_c [eV]において95%のピーク強度を保っていたことから、YGBBiBnfは酸化及び還元に対する耐性が非常に良好であることが確認された。

【0316】

また、YGBBiBnfの示差走査熱量測定(Differential scanning calorimetry: DSC)を、パーキンエルマー社製、Pyris 1 DSCを用いて行った。示差走査熱量測定は、昇温速度40 /minにて、-10 から320 まで昇温した後、同温度で3分間保持してか降温速度100 /minにて-10 まで冷却し、-10 で3分間保持する操作を2回連続で行った。2サイクル目のDSC測定結果から、YGBBiBnfのガラス転移点は159 であることが明らかとなり、非常に高い耐熱性を有する物質であることが示された。

【0317】

また、YGBBiBnfの熱重量測定-示差熱分析(Thermogravimetry - Differential Thermal Analysis: TG-DTA)を行っ

10

20

30

40

50

た。測定には高真空差動型示差熱天秤（ブルカー・エイエックスエス株式会社製、T G - D T A 2 4 1 0 S A）を用いた。測定は、大気圧において、昇温速度 1 0 / m i n、窒素気流下（流速 2 0 0 m L / m i n）の条件で行った。熱重量測定 - 示差熱分析において Y G B B i B n f は、熱重量測定から求めた重量が測定開始時の - 5 % となる温度（分解温度）が 5 0 0 以上であることがわかり、高い耐熱性を有する物質であることが示された。

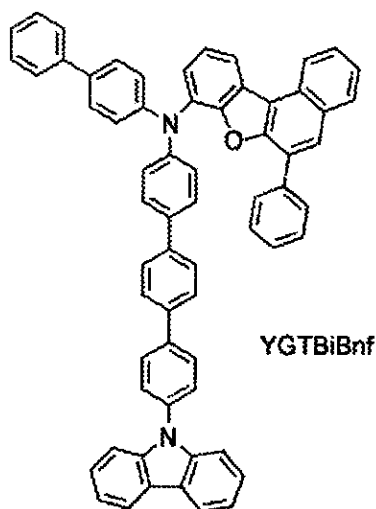
【実施例 2】

【0318】

本実施例では、本発明の一態様の有機化合物である N - [4 ' ' - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) 1 , 1 ' : 4 ' , 1 ' ' - テルフェニル - 4 - イル] - N - (1 , 1 ' - ビフェニル 10 - 4 - イル) - 6 - フェニルベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フラン - 8 - アミン（略称：Y G T B i B n f）の合成方法について詳しく説明する。Y G T B i B n f の構造式を以下に示す。

【0319】

【化 7 3】



20

30

【0320】

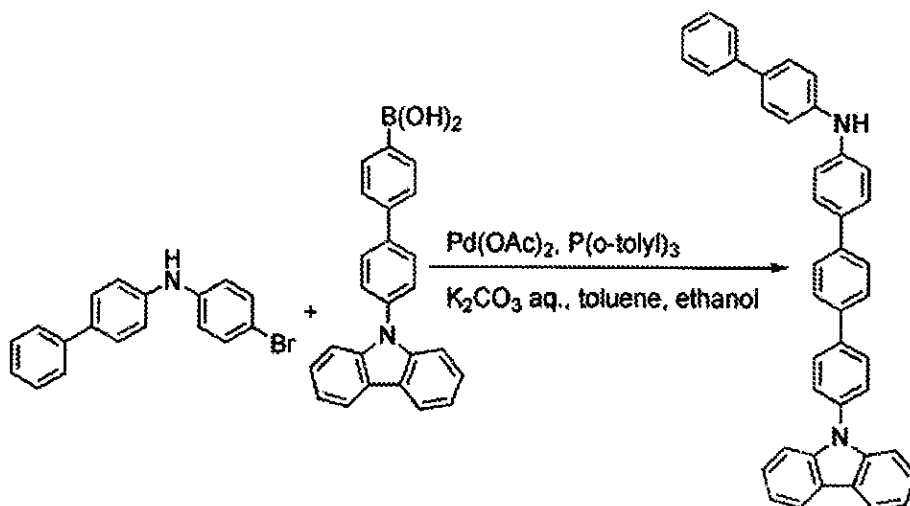
<ステップ 1：N - (1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル) - 4 ' ' - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) (1 , 1 ' ; 4 ' , 1 ' ' - テルフェニル - 4 - イル) アミンの合成 >
2 0 0 m L 三口フラスコへ 1 . 6 g (5 . 0 m m o l) の N - (4 - プロモフェニル) - 4 - ビフェニルアミンと、1 . 8 g (5 . 0 m m o l) の 4 ' - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - ボロン酸と、4 6 m g (0 . 1 5 m m o l) のトリ (オルト - トリル) ホスフィンと、7 . 5 m L の炭酸カリウム水溶液 (2 . 0 m m o l / L) と、トルエン 4 0 m L、エタノール 1 0 m L をいれ、この混合物の減圧脱気をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物を 6 0 に加熱してから、1 2 m g (5 0 μ m o l) の酢酸パラジウム (I I) を加え、この混合物を 8 0 で 1 2 時間攪拌した。攪拌後、析出した固体を吸引ろ過で回収し、得られた固体をトルエン、エタノール、水を用いて洗浄した。洗浄した固体を、ソックスレー抽出器を用いてトルエンで洗浄したところ目的物の淡灰色固体を 1 . 8 g、収率 6 3 % で得た。ステップ 1 の合成スキームを以下に示す。

40

【0321】

50

【化 7 4】



10

【0322】

<ステップ2：N-[4'-（9H-カルバゾール-9-イル）1,1':4',1''-テルフェニル-4-イル]-N-（1,1'-ビフェニル-4-イル）-6-フェニルベンゾ[
b]ナフト[1,2-d]フラン-8-アミン（略称：YGTBiBnf）の合成>

20

200 mL三口フラスコに、ステップ1で得られた1.8 g（3.2 mmol）のN-（1,1'-ビフェニル-4-イル）-4'-（9H-カルバゾール-9-イル）（1,1'; 4', 1''-テルフェニル-4-イル）アミンと、1.3 g（3.2 mmol）の8-ヨード-6-フェニルベンゾ[
b]ナフト[1,2-d]フランと、0.13 g（0.32 mmol）の2-ジシクロヘキシルホスフィン-2', 6'-ジメトキシビフェニル（略称：s-phos）と、0.62 g（6.4 mmol）のナトリウム tertブトキシドと、32 mLのキシレンを入れ、この混合物の減圧脱気をした後、フラスコ内を窒素置換した。この混合物へ92 mg（0.16 mmol）の酢酸パラジウム（II）を加え、この混合物を80℃で3時間撹拌した。撹拌後、薄層クロマトグラフィーにより反応を確認したところ原料が残っていることが確認された。この混合物へ、67 mg（0.16 mmol）のs-phosと、90 mg（0.16 mmol）の酢酸パラジウム（II）を追加し、100℃で更に13時間加熱撹拌した。析出した固体を吸引ろ過で除去し、得られたる液をアルミナ、フロリジル（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：066-05265）、セライト（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：537-02305）を通してろ過し、得られたる液を濃縮した。濃縮後に得られた固体を、任意の溶媒を用いてシリカゲルクロマトグラフィーにより精製したところ、目的物の固体を1.5 g、収率65%で得た。ステップ2の合成スキームを以下に示す。

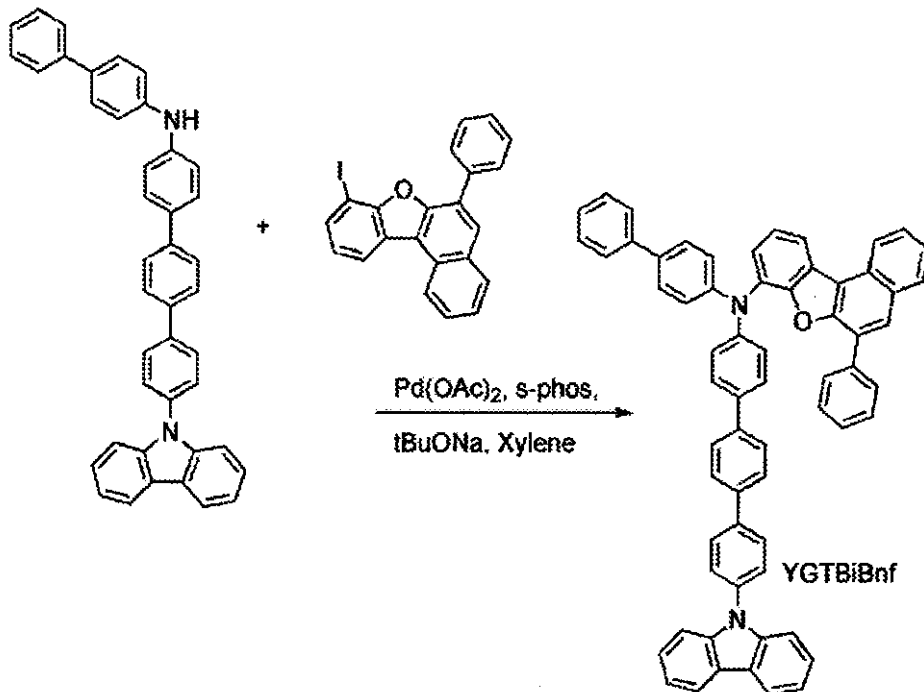
30

【0323】

40

50

【化 7 5】



10

20

【0324】

得られた固体の ^1H NMRデータを図17に、数値データを以下に示す。これにより、N-[4'-((9H-カルバゾール-9-イル)1,1':4',1''-テルフェニル-4-イル)]-N-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン-8-アミン(略称: YGTBiBnf)が得られたことがわかった。

【0325】

^1H NMR(ジクロロメタン- d_2 , 500 MHz): δ = 7.16 - 7.23 (m, 3H), 7.25 - 7.33 (m, 7H), 7.35 (d, J = 8.0 Hz, 1H), 7.42 (tt, J_1 = 7.0, J_2 = 1.0 Hz, 4H), 7.46 - 7.51 (m, 5H), 7.57 - 7.63 (m, 5H), 7.66 (d, J = 8.5 Hz, 4H), 7.74 - 7.80 (m, 5H), 7.90 (d, J = 8.5 Hz, 2H), 8.03 (s, 1H), 8.08 (d, J = 8.0 Hz, 1H), 8.15 (d, J = 8.0 Hz, 2H), 8.28 (dd, J_1 = 8.5 Hz, J_2 = 1.5 Hz, 1H), 8.69 (d, J = 8.0 Hz, 1H)

30

【0326】

得られた1.5 gの固体の昇華精製を行なった。昇華精製は、圧力 1.8×10^{-2} Paの条件で、固体を370 に加熱して行った。昇華精製後、目的化合物の淡黄色固体を収量1.0 g、回収率69%で得た。

【0327】

次に、YGTBiBnfのトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した結果を図18、図19に示す。測定は実施例1と同様に行った。

40

【0328】

図18より、YGTBiBnfのトルエン溶液は345 nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは416 nm(励起波長345 nm)であった。また、図19より、YGTBiBnfの薄膜は368 nm、348 nm、325 nm、297 nm、257 nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは430 nm、448 nm付近(励起波長360 nm)に見られた。この結果から、YGTBiBnfが青色に発光することを確認し、発光物質や可視域の蛍光発光物質のホストとしても利用可能であることがわかった。

【0329】

また、YGTBiBnfの薄膜は、大気下においても凝集しにくく、形態の変化が小さく

50

、膜質が良好であることがわかった。

【0330】

続いて、YGTBiBnfのHOMO準位およびLUMO準位をサイクリックボルタンメトリ(CV)測定を元に算出した結果を示す。算出方法は実施例1と同じである。

【0331】

この結果、YGTBiBnfのHOMO準位は -5.55 eV 、LUMO準位は -2.51 eV であることがわかった。この測定結果から、YGTBiBnfはHOMOの準位が比較的深い有機化合物であることが明らかとなった。従って、発光層のホスト材料としてHOMO準位が深い有機化合物を用いた場合も発光層のホスト材料への良好な正孔注入性を発現することが出来る。また、酸化-還元波の繰り返し測定において1サイクル目と1000サイクル後の波形と比較したところ、酸化電位 $E_a[\text{V}]$ 測定において81%のピーク強度を、還元電位 $E_c[\text{eV}]$ において93%のピーク強度を保っていたことから、YGTBiBnfは酸化及び還元に対する耐性が非常に良好であることが確認された。

10

【0332】

また、YGTBiBnfのDSC測定を行った。DSC測定は、実施例1と同様に行った。2サイクル目のDSC測定結果から、YGTBiBnfのガラス転移点は 167°C であることが明らかとなり、非常に高い耐熱性を有する物質であることが示された。

【0333】

また、YGTBiBnfのTG-DTAを行った。測定は実施例1と同様に行った。これによりYGTBiBnfは、熱重量測定から求めた重量が測定開始時の -5% となる温度(分解温度)が 500°C 以上であることがわかり、高い耐熱性を有する物質であることが示された。

20

【実施例3】

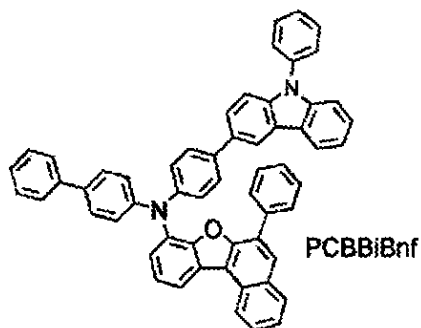
【0334】

本実施例では、本発明の有機化合物であるN-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-6-フェニル-N-[4-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)フェニル]ベンゾ[b]ナフト[d]フラン-8-アミン(略称:PCBBiBnf)の合成方法について詳しく説明する。PCBBiBnfの構造式を以下に示す。

【0335】

【化76】

30



40

【0336】

<ステップ1: N-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-6-フェニル-N-[4-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)フェニル]ベンゾ[b]ナフト[d]フラン-8-アミン(略称:PCBBiBnf)の合成>

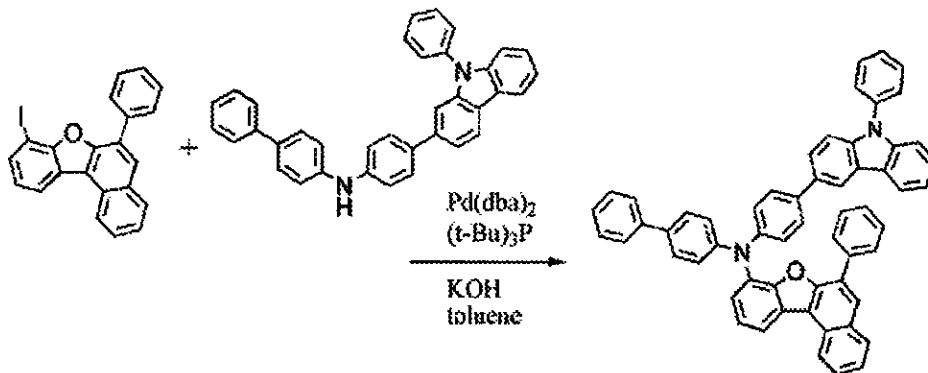
13 g (30 mmol)の8-ヨード-6-フェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フランと、15 g (32 mmol)の4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-4'-フェニルジフェニルアミンと、7.8 g (0.14 mol)の水酸化カリウムと、2.4 g (1.2 mmol)のトリ(t-ブチル)ホスフィン10wt%トルエン溶液と、210 mLのトルエンと、0.17 g (0.30 mmol)のビス(ジベンジリデ

50

ンアセトン)パラジウム(II)を、還流管を付けた500mLの四口フラスコに入れ、系内を窒素置換した。この混合物を110℃で29時間攪拌した。この混合物にトルエンを追加して固体を溶解させ、得られた有機層を水で洗浄した。得られた有機層に活性炭を加えて吸着し、得られたろ液を濃縮して褐色固体を得た。得られた固体をトルエンに溶解し、イソプロピルアルコールを滴下して、淡黄色固体を得た。この固体をトルエンに溶解し、イソプロピルアルコールを滴下し結晶得たところ、目的物の淡黄色結晶を20g、収率86%で得た。ステップ1の合成スキームを以下に示す。

【0337】

【化77】



【0338】

得られた固体の¹H NMRデータを図20に、数値データを以下に示す。これによりN-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-6-フェニル-N-[4-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)フェニル]ベンゾ[b]ナフト[d]フラン-8-アミン(略称:PCBBiBnf)が得られたことがわかった。以下に¹H NMRの測定結果を示す。

【0339】

¹H NMR(ジクロロメタン-d₂, 500MHz): δ = 7.15-7.19(m, 3H), 7.25(d, J = 8.5 Hz, 2H), 7.26-7.29(m, 3H), 7.31(dt, J₁ = 7.5 Hz, J₂ = 1 Hz, 1H), 7.35(dd, J₁ = 8.0 Hz, J₂ = 1 Hz, 1H), 7.39-7.50(m, 9H), 7.57-7.64(m, 9H), 7.69(dd, J₁ = 8.0 Hz, J₂ = 1.5 Hz, 1H), 7.70(d, J = 8.5 Hz, 2H), 7.76(td, J₁ = 7.0 Hz, J₂ = 1.5 Hz, 1H), 8.02(s, 1H), 8.07(d, J = 8.5 Hz, 1H), 8.17(d, J = 7.5 Hz, 1H), 8.26(dd, J₁ = 8.0 Hz, J₂ = 1.5 Hz, 1H), 8.38(sd, J = 1.0 Hz, 1H), 8.69(d, J = 8.0 Hz, 1H)

【0340】

得られた17gの固体の昇華精製を行った。昇華精製は圧力2.0Pa、300℃で固体を1時間10分加熱後、次いで360℃で固体を2時間40分加熱して行った。昇華精製後に目的物の淡黄色固体を15.5g、回収率91%で得た。

【0341】

次に、PCBBiBnfのトルエン溶液の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを測定した結果を図21、図22に示す。測定は実施例1と同様に行った。

【0342】

図21より、PCBBiBnfのトルエン溶液は341nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは432nm(励起波長341nm)であった。また、図22より、PCBBiBnfの薄膜は376nm、336nm、272nm、254nm付近に吸収ピークが見られ、発光波長のピークは430nm、449nm付近(励起波長360nm)に見られた。この結果から、PCBBiBnfが青色に発光することを確認し、発光物質

や可視域の蛍光発光物質のホストとしても利用可能であることがわかった。

【0343】

また、PCBBiBnfの薄膜は、大気下においても凝集しにくく、形態の変化が小さく、膜質が良好であることがわかった。

【0344】

続いて、PCBBiBnfのHOMO準位およびLUMO準位をサイクリックボルタンメトリ(CV)測定を元に算出した結果を示す。算出方法は実施例1と同じである。

【0345】

この結果、PCBBiBnfのHOMO準位は -5.47 eV 、LUMO準位は -2.50 eV であることがわかった。この測定結果から、PCBBiBnfはHOMO準位が比較的深い有機化合物であることが明らかとなった。従って、発光層のホスト材料にHOMO準位が深い有機化合物を用いた場合もホスト材料への良好な正孔注入性を発現することが出来る。また、酸化-還元波の繰り返し測定において1サイクル目と100サイクル後の波形と比較したところ、酸化電位 $E_a[\text{V}]$ 測定において90%のピーク強度を、還元電位 $E_c[\text{eV}]$ において94%のピーク強度を保っていたことから、PCBBiBnfは酸化及び還元に対する耐性が非常に良好であることが確認された。

【0346】

また、PCBBiBnfのDSC測定を行った。DSC測定は、実施例1と同様に行った。2サイクル目のDSC測定結果から、PCBBiBnfのガラス転移点は153であることが明らかとなり、非常に高い耐熱性を有する物質であることが示された。

【0347】

また、PCBBiBnfのTG-DTAを行った。測定は実施例1と同様に行った。これによりPCBBiBnfは、熱重量測定から求めた重量が測定開始時の5%となる温度(分解温度)が492であることがわかり、高い耐熱性を有する物質であることが示された。

【実施例4】

【0348】

本実施例では、実施の形態2で説明した本発明の一態様の発光素子1および発光素子2について説明する。発光素子1および発光素子2で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

【0349】

10

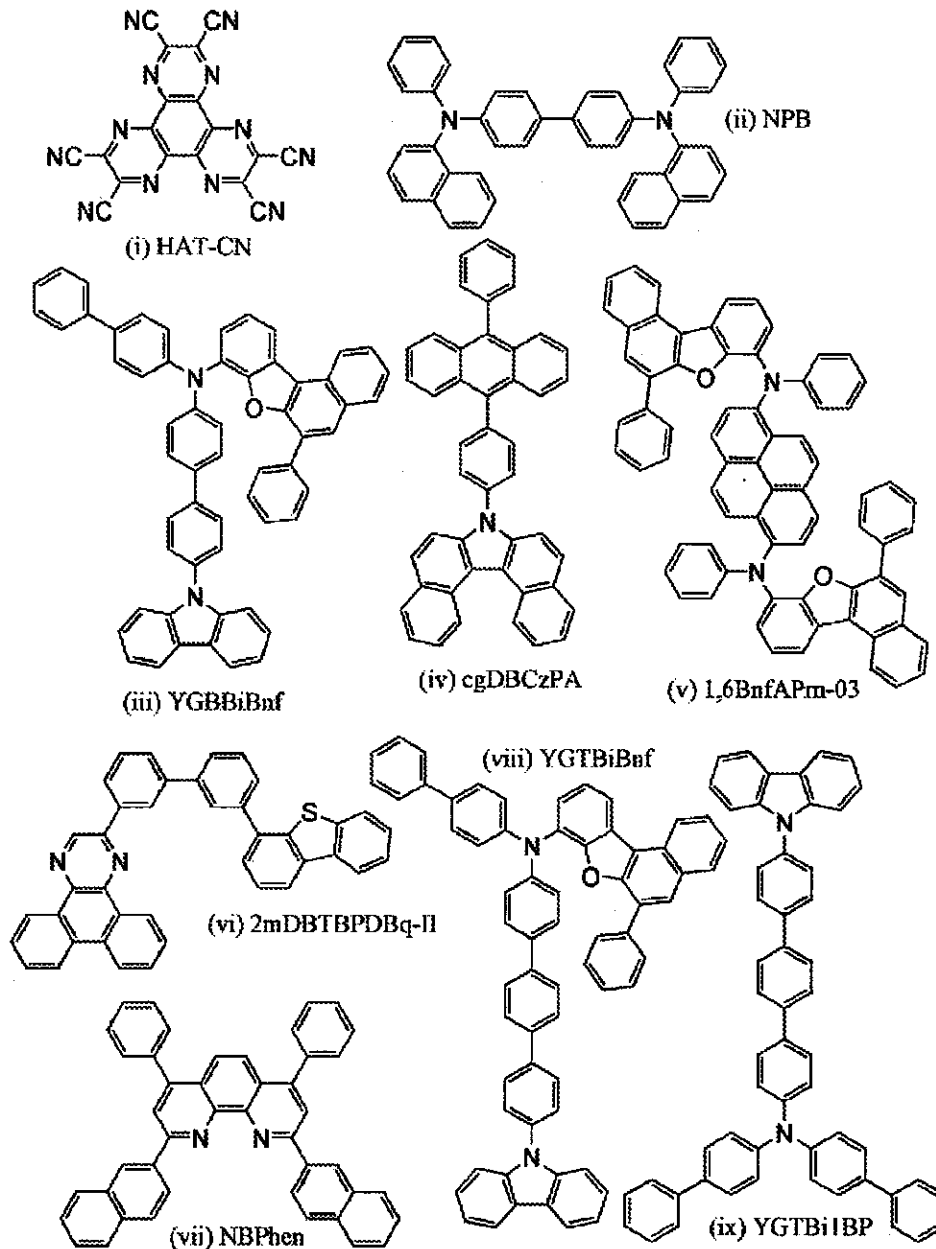
20

30

40

50

【化 7 8】



【 0 3 5 0 】

(発光素子 1 の作製方法)

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

【 0 3 5 1 】

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

【 0 3 5 2 】

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

【 0 3 5 3 】

次に、第 1 の電極 101 が形成された面が下方となるように、第 1 の電極 101 が形成さ

れた基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、第1の電極101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式(i)で表される2, 3, 6, 7, 10, 11 - ヘキサシアノ - 1, 4, 5, 8, 9, 12 - ヘキサザトリフェニレン (略称: HAT - CN) を5 nm蒸着して正孔注入層111を形成した。

【0354】

次に、正孔注入層111上に、上記構造式(ii)で表される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) を20 nmの膜厚となるように蒸着して第1の正孔輸送層112 - 1を形成し、第1の正孔輸送層112 - 1上に上記構造式(iii)で表されるN - [4' - (9H - カルバゾール - 9 - イル) - 1, 1' - ビフェニル - 4 - イル] - N - (1, 1' - ビフェニル - 4 - イル) - 6 - フェニルベンゾ[b]ナフト[1, 2 - d]フラン - 8 - アミン (略称: YGBBiBnf) を膜厚10 nmとなるように蒸着して第2の正孔輸送層112 - 2を形成した。

10

【0355】

続いて、上記構造式(iv)で表される7 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 7H - ジベンゾ[c, g]カルバゾール (略称: cgDBCzPA) と上記構造式(v)で表されるN, N' - (ピレン - 1, 6 - ジイル)ビス[(6, N - ジフェニルベンゾ[b]ナフト[1, 2 - d]フラン) - 8 - アミン] (略称: 1, 6BnfAPrn - 03) とを、重量比1 : 0.03 (= cgDBCzPA : 1, 6BnfAPrn - 03) となるように25 nm共蒸着して発光層113を形成した。

【0356】

20

その後、発光層113上に、上記構造式(vi)で表される2 - [3' - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) ビフェニル - 3 - イル] ジベンゾ[f, h]キノキサリン (略称: 2mDBTBPD Bq - II) を膜厚15 nmとなるように蒸着した後、上記構造式(vii)で表される2, 9 - ビス(ナフタレン - 2 - イル) - 4, 7 - ジフェニル - 1, 10 - フェナントロリン (略称: NBPhen) を膜厚10 nmとなるように蒸着し、電子輸送層114を形成した。

【0357】

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

30

【0358】

(発光素子2の作製方法)

発光素子2は第2の正孔輸送層112 - 2で用いたYGBBiBnfを、上記構造式(viii)で表されるN - [4' - (9H - カルバゾール - 9 - イル) 1, 1' : 4', 1' - テルフェニル - 4 - イル] - N - (1, 1' - ビフェニル - 4 - イル) - 6 - フェニルベンゾ[b]ナフト[1, 2 - d]フラン - 8 - アミン (略称: YGTBiBnf) に変えた他は、発光素子1と同様に作製した。

【0359】

(比較発光素子1の作製方法)

比較発光素子1は、第2の正孔輸送層112 - 2で用いたYGBBiBnfを、上記構造式(ix)で表される4, 4' - ジフェニル - 4' - [4' - (カルバゾール - 9 - イル) ビフェニル - 4 - イル] トリフェニルアミン (略称: YGTBi1BP) に変えた他は、発光素子1と同様に作製した。

40

【0360】

発光素子1、発光素子2および比較発光素子1の素子構造を以下の表にまとめる。

【0361】

【表 1】

	正孔 注入層	正孔 輸送層		発光層	電子 輸送層		電子 注入層
		1	2				
		5nm	20nm		15nm	10nm	
発光素子1	HAT-CN	NPB	YGBBiBnf	cgDBCzPA: 1,6BnfAPm-03 (1:0.03)	2mDBTBPD8q-II	NBPhen	LiF
発光素子2			YGTBiBnf				
比較発光素子1			YGTBiBP				

【0362】

10

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

【0363】

発光素子1、発光素子2および比較発光素子2の輝度-電流密度特性を図23に、電流効率-輝度特性を図24に、輝度-電圧特性を図25に、電流-電圧特性を図26に、外部量子効率-輝度特性を図27に、発光スペクトルを図28に示す。また、各発光素子の1000cd/m²付近における主要な特性を表2に示す。

【0364】

20

【表 2】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度x	色度y	電流効率 (cd/A)	外部量子効率 (%)
発光素子1	3.4	0.37	9.2	0.14	0.13	10.6	10.5
発光素子2	3.3	0.44	11.0	0.14	0.11	10.3	11.2
比較発光素子1	3.2	0.36	9.1	0.14	0.12	10.2	10.8

【0365】

図23乃至図28及び表2より、本発明の一態様である発光素子1及び発光素子2は、駆動電圧や発光効率などの特性の良好な青色発光素子であることがわかった。

30

【0366】

また、電流密度50mA/cm²における駆動時間に対する輝度の変化を表すグラフを図29に示す。図29で示すように、本発明一態様の発光素子である発光素子1及び発光素子2は、比較発光素子1よりも駆動時間の蓄積に伴う輝度低下が小さく、アミンに置換するピフェニル基をベンゾナフトフリニル基とした本発明の一態様の有機化合物を用いたことで寿命の良好な発光素子を得られたことがわかった。

【実施例 5】

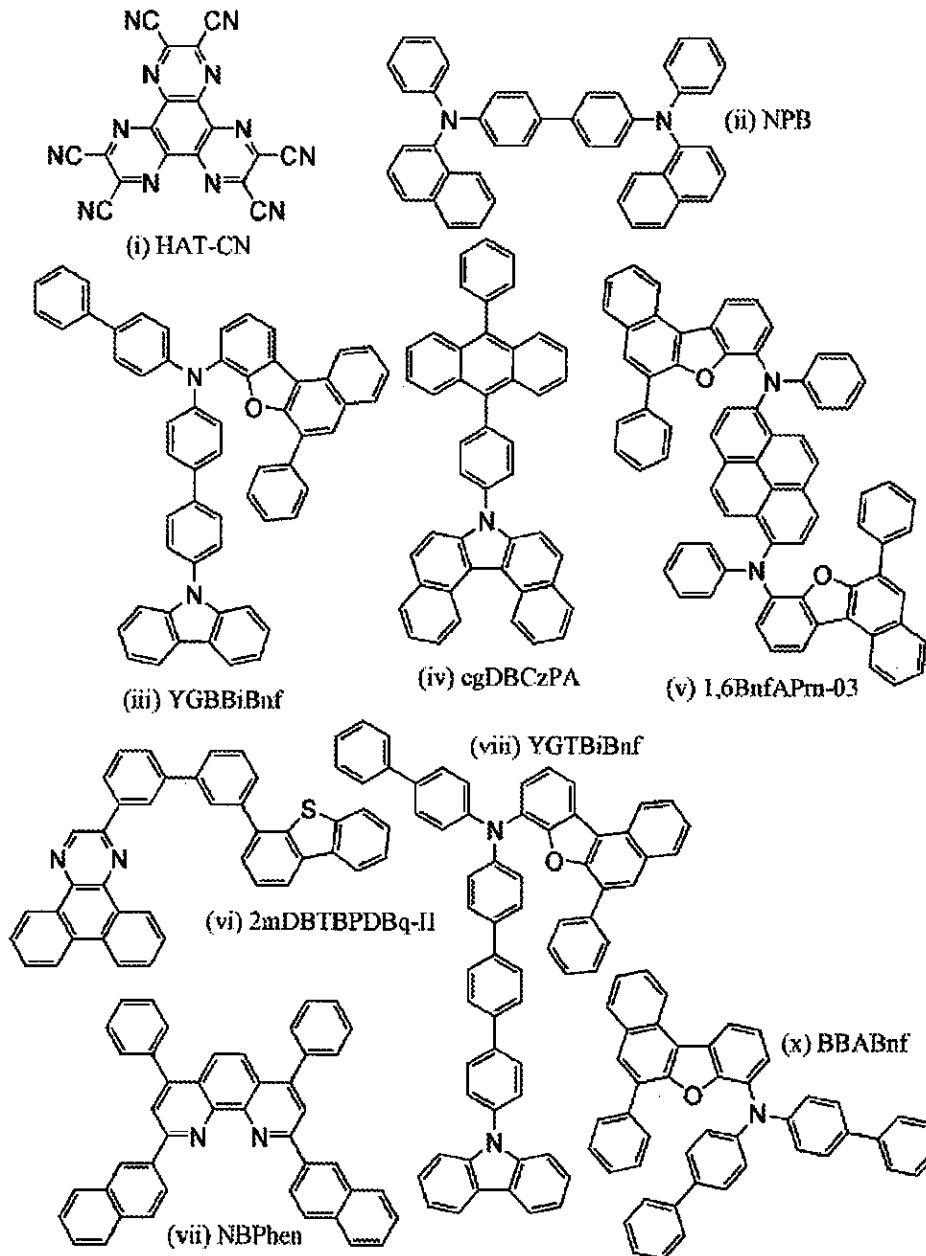
【0367】

本実施例では、実施の形態2で説明した本発明の一態様の発光素子3および発光素子4について説明する。発光素子3および発光素子4で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

40

【0368】

【化 7 9】



【 0 3 6 9 】

(発光素子 3 の作製方法)

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

【 0 3 7 0 】

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

【 0 3 7 1 】

その後、 1.0×10^{-4} Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170℃で 30 分間の真空焼成を行った後、基板を 30 分程度放冷した。

【 0 3 7 2 】

次に、第 1 の電極 101 が形成された面が下方となるように、第 1 の電極 101 が形成さ

れた基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、第1の電極101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式(i)で表される2, 3, 6, 7, 10, 11 - ヘキサシアノ - 1, 4, 5, 8, 9, 12 - ヘキサザトリフェニレン (略称: HAT - CN) を5 nm蒸着して正孔注入層111を形成した。

【0373】

次に、正孔注入層111上に、上記構造式(ii)で表される4, 4' - ビス[N - (1 - ナフチル) - N - フェニルアミノ]ピフェニル (略称: NPB) を20 nmの膜厚となるように蒸着して第1の正孔輸送層112 - 1を形成し、第1の正孔輸送層112 - 1上に上記構造式(iii)で表されるN - [4' - (9H - カルバゾール - 9 - イル) - 1, 1' - ビフェニル - 4 - イル] - N - (1, 1' - ビフェニル - 4 - イル) - 6 - フェニルベンゾ[b]ナフト[1, 2 - d]フラン - 8 - アミン (略称: YGBBiBnf) を膜厚10 nmとなるように蒸着して第2の正孔輸送層112 - 2を形成した。

10

【0374】

続いて、上記構造式(iv)で表される7 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 7H - ジベンゾ[c, g]カルバゾール (略称: cgDBCzPA) と上記構造式(v)で表されるN, N' - (ピレン - 1, 6 - ジイル)ビス[(6, N - ジフェニルベンゾ[b]ナフト[1, 2 - d]フラン) - 8 - アミン] (略称: 1, 6BnfAPrn - 03) とを、重量比1 : 0.03 (= cgDBCzPA : 1, 6BnfAPrn - 03) となるように25 nm共蒸着して発光層113を形成した。

【0375】

20

その後、発光層113上に、上記構造式(vi)で表される2 - [3' - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) ビフェニル - 3 - イル] ジベンゾ[f, h]キノキサリン (略称: 2mDBTBPD Bq - II) を膜厚15 nmとなるように蒸着した後、上記構造式(vii)で表される2, 9 - ビス(ナフタレン - 2 - イル) - 4, 7 - ジフェニル - 1, 10 - フェナントロリン (略称: NBPhen) を膜厚10 nmとなるように蒸着し、電子輸送層114を形成した。

【0376】

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

30

【0377】

(発光素子4の作製方法)

発光素子4は第2の正孔輸送層112 - 2で用いたYGBBiBnfを、上記構造式(viii)で表されるN - [4' - (9H - カルバゾール - 9 - イル) 1, 1' : 4', 1' - テルフェニル - 4 - イル] - N - (1, 1' - ビフェニル - 4 - イル) - 6 - フェニルベンゾ[b]ナフト[1, 2 - d]フラン - 8 - アミン (略称: YGTBiBnf) に変えた他は、発光素子3と同様に作製した。

【0378】

(比較発光素子2の作製方法)

比較発光素子2は、第2の正孔輸送層112 - 2で用いたYGBBiBnfを、上記構造式(x)で表されるN, N - ビス(4 - ビフェニル) - 6 - フェニルベンゾ[b]ナフト[1, 2 - d]フラン - 8 - アミン (略称: BBABnf) に変えた他は、発光素子3と同様に作製した。

40

【0379】

発光素子3、発光素子4および比較発光素子2の素子構造を以下の表にまとめる。

【0380】

【表 3】

	正孔 注入層	正孔 輸送層		発光層	電子 輸送層		電子 注入層
		1	2				
		5nm	20nm		10nm	25nm	
発光素子3	HAT-CN	NPB	YGBBiBnf	cgDBCzPA:	2mDBTBPOBq-II	NBPhen	LiF
発光素子4			YGTBiBnf	1.6BnfAPrn-03			
比較発光素子2			BBABnf	(1.0.03)			

【0381】

発光素子3、発光素子4および比較発光素子2を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時にUV処理、80℃にて1時間熱処理）を行った後、これら発光素子の初期特性について測定を行った。なお、測定は室温で行った。

【0382】

発光素子3、発光素子4および比較発光素子2の輝度-電流密度特性を図30に、電流効率-輝度特性を図31に、輝度-電圧特性を図32に、電流-電圧特性を図33に、外部量子効率-輝度特性を図34に、発光スペクトルを図35に示す。また、各発光素子の1000cd/m²付近における主要な特性を表4に示す。

【0383】

【表 4】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度x	色度y	電流効率 (cd/A)	外部量子効率 (%)
発光素子3	3.4	0.37	9.2	0.14	0.13	10.6	10.5
発光素子4	3.3	0.44	11.0	0.14	0.11	10.3	11.2
比較発光素子2	3.3	0.39	9.8	0.14	0.12	9.6	9.8

【0384】

図30乃至図35及び表4より、本発明の一態様である発光素子3および発光素子4は、駆動電圧や発光効率などの特性の良好な青色発光素子であることがわかった。アミン骨格にはベンゾナフトフラニル基のみではなく、カルバゾリル基が置換している有機化合物をホール輸送材料として用いることでキャリアバランスが改善し、高効率な素子を作製できることがわかった。

【実施例 6】

【0385】

本実施例では、本発明の一態様の発光素子5と、比較発光素子3について説明する。発光素子5、および比較発光素子3で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

【0386】

10

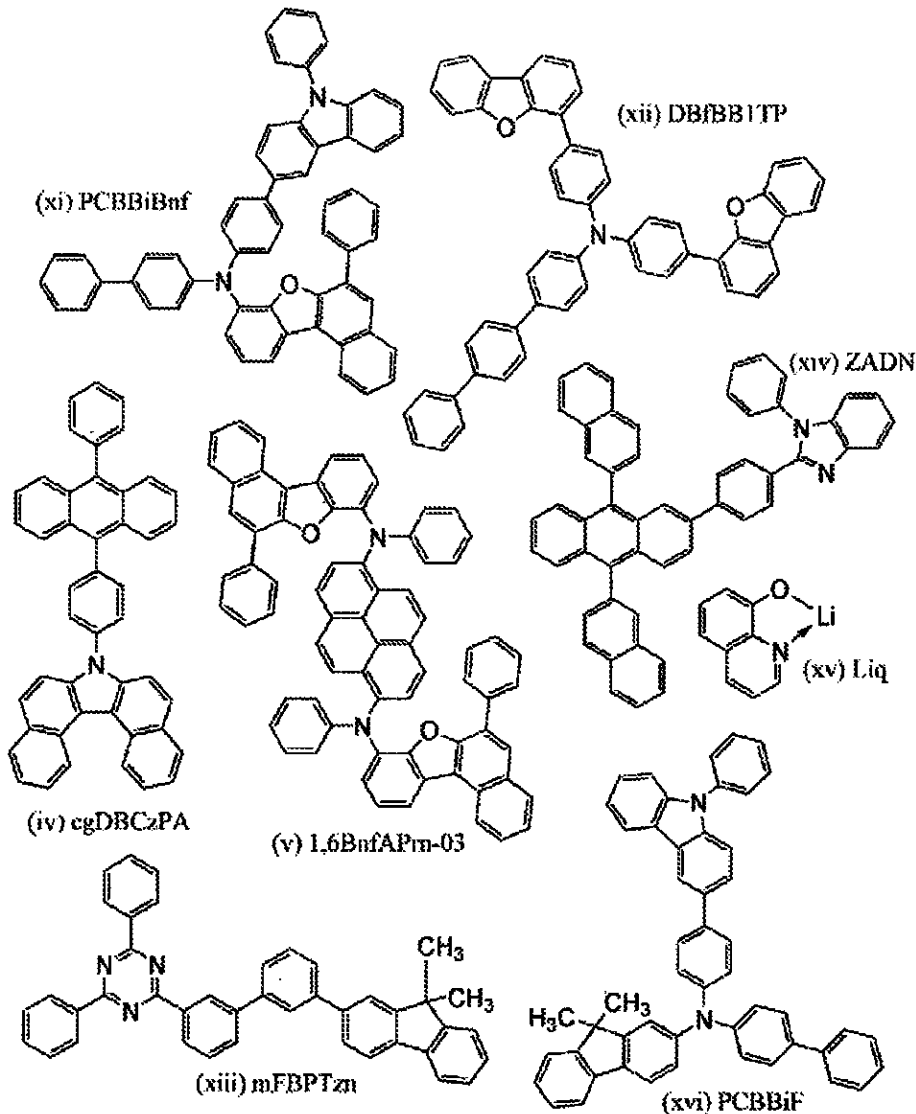
20

30

40

50

【化 8 0】



【 0 3 8 7】

(発光素子 5 の作製方法)

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

【 0 3 8 8】

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

【 0 3 8 9】

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

【 0 3 9 0】

次に、第 1 の電極 101 が形成された面が下方となるように、第 1 の電極 101 が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、第 1 の電極 101 上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式 (xi) で表される N-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-6-フェニル-N-[4-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)フェニル]ベンゾ[b]ナフト[d]フラン-8-アミン (略称: PCBBiBnf) と、N

D P - 9 (分析工房株式会社、材料シリアル番号：1 S 2 0 1 7 0 1 2 4) とを、重量比で 1 : 0 . 1 (= P C B B i B n f : N D P - 9) となるように、1 0 n m 共蒸着して正孔注入層 1 1 1 を形成した。

【 0 3 9 1 】

次に、正孔注入層 1 1 1 上に、第 1 の正孔輸送層 1 1 2 - 1 として、P C B B i B n f を 2 0 n m となるように蒸着した後、第 2 の正孔輸送層 1 1 2 - 2 として、上記構造式 (x i i) で表される N , N - ビス [4 - (ジベンゾフラン - 4 - イル) フェニル] - 4 - アミノ - p - ターフェニル (略称 : D B f B B 1 T P) を 1 0 n m となるように蒸着して正孔輸送層 1 1 2 を形成した。

【 0 3 9 2 】

続いて、上記構造式 (i v) で表される 7 - [4 - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 7 H - ジベンゾ [c , g] カルバゾール (略称 : c g D B C z P A) と、上記構造式 (v) で表される N , N ' - (ピレン - 1 , 6 - ジイル) ビス [(6 , N - ジフェニルベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フラン) - 8 - アミン] (略称 : 1 , 6 B n f A P r n - 0 3) とを、重量比 1 : 0 . 0 3 (= c g D B C z P A : 1 , 6 B n f A P r n - 0 3) となるように 2 5 n m 共蒸着して発光層 1 1 3 を形成した。

【 0 3 9 3 】

その後、発光層 1 1 3 上に、上記構造式 (x i i i) で表される 2 - [3 ' - (9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - イル) - 1 , 1 ' - ビフェニル - 3 - イル] - 4 , 6 - ジフェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン (略称 : m F B P T z n) を膜厚 1 0 n m となるように蒸着した後、上記構造式 (x i v) で表される

2 - { 4 - [9 , 1 0 - ジ (ナフトレン - 2 - イル) - 2 - アントリル] フェニル } - 1 - フェニル - 1 H - ベンゾイミダゾール (略称 : Z A D N) と上記構造式 (x v) で表される 8 - ヒドロキシキノリノラト - リチウム (略称 : L i q) とを重量比で 1 : 1 (= Z A D N : L i q) となるように、1 5 n m 共蒸着して電子輸送層 1 1 4 を形成した。

【 0 3 9 4 】

電子輸送層 1 1 4 を形成した後、L i q を膜厚 1 n m となるように蒸着して電子注入層 1 1 5 を形成し、続いてアルミニウムを 2 0 0 n m の膜厚となるように蒸着することで第 2 の電極 1 0 2 を形成して本実施例の発光素子 3 を作製した。

【 0 3 9 5 】

(比較発光素子 3 の作製方法)

比較発光素子 3 は発光素子 5 における P C B B i B n f を、上記構造式 (x v i) で表される N - (1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル) - 9 , 9 - ジメチル - N - [4 - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) フェニル] - 9 H - フルオレン - 2 - アミン (略称 : P C B B i F) に変えた他は、発光素子 5 と同様に作製した。

【 0 3 9 6 】

発光素子 5 および比較発光素子 3 の素子構造を以下の表にまとめる。

【 0 3 9 7 】

【表 5】

	正孔 注入層	正孔 輸送層		発光層	電子 輸送層		電子 注入層
		1	2		10nm	15nm	
	10nm	20nm	10nm	25nm	10nm	15nm	1nm
発光 素子5	PCBBiBnf: NDP-9 (1:0.1)	PCBBiBnf		cgDBCzPA: 1,6BnfAPrn-03 (1:0.03)	mFBPTzn	ZADN: Liq (1:1)	Liq
比較 発光 素子3	PCBBiF: NDP-9 (1:0.1)	PCBBiF	DBfBB1TP				

10

20

30

40

50

【0398】

発光素子5および比較発光素子3を、窒素雰囲気中のグローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時にUV処理、80℃にて1時間熱処理）を行った後、これら発光素子の初期特性及び信頼性について測定を行った。なお、測定は室温で行った。

【0399】

発光素子5および比較発光素子3の輝度 - 電流密度特性を図36に、電流効率 - 輝度特性を図37に、輝度 - 電圧特性を図38に、電流 - 電圧特性を図39に、外部量子効率 - 輝度特性を図40に、発光スペクトルを図41に示す。また、各発光素子の1000 cd / m²付近における主要な特性を表6に示す。

10

【0400】

【表6】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度x	色度y	電流効率 (cd/A)	外部量子 効率(%)
発光素子5	3.1	0.37	9.3	0.14	0.12	9.5	9.6
比較発光素子3	3.1	0.36	8.9	0.14	0.12	10.0	10.1

【0401】

図36乃至図41及び表6より、本発明の一態様である発光素子5は、比較発光素子3と同等の特性の良好な青色発光素子であることがわかった。

20

【0402】

また、電流密度50 mA / cm²における駆動時間に対する輝度の変化を表すグラフを図42に示す。図42で示すように、本発明一態様の発光素子である発光素子5は、比較発光素子3よりも駆動時間の蓄積に伴う輝度低下が小さく、寿命の良好な発光素子であることがわかった。

【実施例7】

【0403】

本実施例では、本発明の一態様の発光素子6と、比較発光素子4について説明する。発光素子6、および比較発光素子4で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

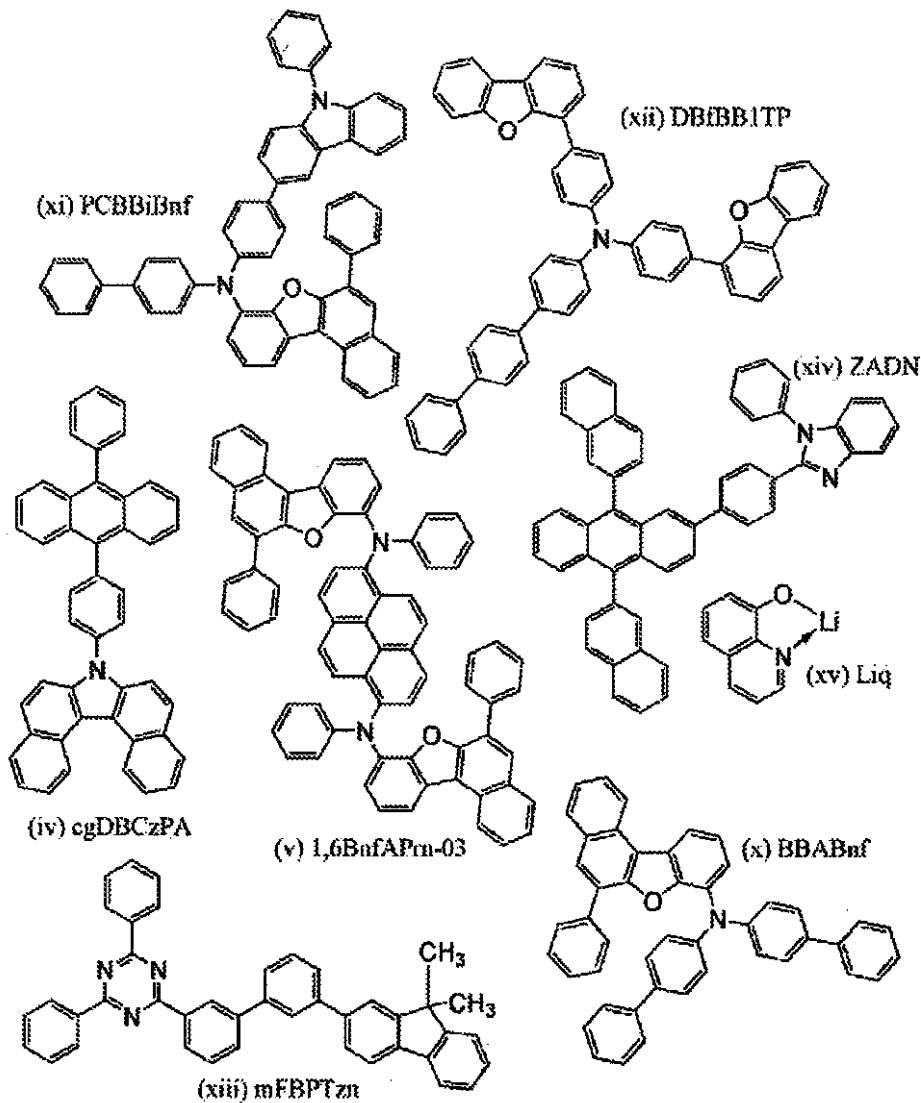
30

【0404】

40

50

【化 8 1】



【 0 4 0 5 】

(発光素子 6 の作製方法)

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

【 0 4 0 6 】

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

【 0 4 0 7 】

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

【 0 4 0 8 】

次に、第 1 の電極 101 が形成された面が下方となるように、第 1 の電極 101 が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、第 1 の電極 101 上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式 (xi) で表される N-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-6-フェニル-N-[4-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)フェニル]ベンゾ[b]ナフト[d]フラン-8-アミン (略称: PCBBiBnf) と、N

D P - 9 (分析工房株式会社、材料シリアル番号：1 S 2 0 1 7 0 1 2 4) とを、重量比で 1 : 0 . 1 (= P C B B i B n f : N D P - 9) となるように、1 0 n m 共蒸着して正孔注入層 1 1 1 を形成した。

【 0 4 0 9 】

次に、正孔注入層 1 1 1 上に、第 1 の正孔輸送層 1 1 2 - 1 として、P C B B i B n f を 2 0 n m となるように蒸着した後、第 2 の正孔輸送層 1 1 2 - 2 として、上記構造式 (x i i) で表される N , N - ビス [4 - (ジベンゾフラン - 4 - イル) フェニル] - 4 - アミノ - p - ターフェニル (略称 : D B f B B 1 T P) を 1 0 n m となるように蒸着して正孔輸送層 1 1 2 を形成した。

【 0 4 1 0 】

続いて、上記構造式 (i v) で表される 7 - [4 - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 7 H - ジベンゾ [c , g] カルバゾール (略称 : c g D B C z P A) と、上記構造式 (v) で表される N , N ' - (ピレン - 1 , 6 - ジイル) ビス [(6 , N - ジフェニルベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フラン) - 8 - アミン] (略称 : 1 , 6 B n f A P r n - 0 3) とを、重量比 1 : 0 . 0 3 (= c g D B C z P A : 1 , 6 B n f A P r n - 0 3) となるように 2 5 n m 共蒸着して発光層 1 1 3 を形成した。

【 0 4 1 1 】

その後、発光層 1 1 3 上に、上記構造式 (x i i i) で表される 2 - [3 ' - (9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - イル) - 1 , 1 ' - ビフェニル - 3 - イル] - 4 , 6 - ジフェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン (略称 : m F B P T z n) を膜厚 1 0 n m となるように蒸着した後、上記構造式 (x i v) で表される 2 - { 4 - [9 , 1 0 - ジ (ナフタレン - 2 - イル) - 2 - アントリル] フェニル } - 1 - フェニル - 1 H - ベンゾイミダゾール (略称 : Z A D N) と上記構造式 (x v) で表される 8 - ヒドロキシキノリノラト - リチウム (略称 : L i q) とを重量比で 1 : 1 (= Z A D N : L i q) となるように、1 5 n m 共蒸着して電子輸送層 1 1 4 を形成した。

【 0 4 1 2 】

電子輸送層 1 1 4 を形成した後、L i q を膜厚 1 n m となるように蒸着して電子注入層 1 1 5 を形成し、続いてアルミニウムを 2 0 0 n m の膜厚となるように蒸着することで第 2 の電極 1 0 2 を形成して本実施例の発光素子 3 を作製した。

【 0 4 1 3 】

(比較発光素子 4 の作製方法)

比較発光素子 4 は発光素子 5 における P C B B i B n f を、上記構造式 (x) で表される N , N - ビス (4 - ビフェニル) - 6 - フェニルベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フラン - 8 - アミン (略称 : B B A B n f) に変えた他は、発光素子 6 と同様に作製した。

【 0 4 1 4 】

発光素子 5 および比較発光素子 3 の素子構造を以下の表にまとめる。

【 0 4 1 5 】

【 表 7 】

	正孔 注入層	正孔 輸送層		発光層	電子 輸送層		電子 注入層
		1	2		10nm	15nm	
	10nm	20nm	10nm	25nm	10nm	15nm	1nm
発光 素子6	PCBBiBnf: NDP-9 (1:0.1)	PCBBiBnf	DBfBB1TP	cgDBCzPA: 1,6BnfAPrn-03 (1:0.03)	mFBPTzn	ZADN: Liq (1:1)	Liq
比較 発光 素子4	BBABnf: NDP-9 (1:0.1)	BBABnf					

【 0 4 1 6 】

発光素子 6 および比較発光素子 4 を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に UV 処理、80℃にて 1 時間熱処理）を行った後、これら発光素子の初期特性及び信頼性について測定を行った。なお、測定は室温で行った。

【0417】

発光素子 6 および比較発光素子 4 の輝度 - 電流密度特性を図 43 に、電流効率 - 輝度特性を図 44 に、輝度 - 電圧特性を図 45 に、電流 - 電圧特性を図 46 に、外部量子効率 - 輝度特性を図 47 に、発光スペクトルを図 48 に示す。また、各発光素子の 1000 cd/m² 付近における主要な特性を表 6 に示す。

【0418】

【表 8】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 _x	色度 _y	電流効率 (cd/A)	外部量子 効率(%)
発光素子 6	3.1	0.37	9.3	0.14	0.12	9.5	9.6
比較発光素子 4	3.2	0.48	12.0	0.14	0.11	9.0	9.7

【0419】

図 43 乃至図 48 及び表 8 より、本発明の一態様である発光素子 6 は、比較発光素子 4 と比較して駆動電圧が低く、発光効率の良好な青色発光素子であることがわかった。

【0420】

また、電流密度 50 mA/cm² における駆動時間に対する輝度の変化を表すグラフを図 49 に、電圧の変化を表すグラフを図 50 に示す。図 49 で示すように、本発明一態様の発光素子の輝度変化は発光素子 6 と比較発光素子 4 で同等であったが、図 50 で示したように電圧変化は発光素子 6 が小さく、発光素子 6 は信頼性の良好な発光素子であることがわかった。

【符号の説明】

【0421】

101：第 1 の電極、102：第 2 の電極、103：EL 層、111：正孔注入層、112：正孔輸送層、112-1：第 1 の正孔輸送層、112-2：第 2 の正孔輸送層、112-3：第 3 の正孔輸送層、113：発光層、114：電子輸送層、115：電子注入層、116：電荷発生層、117：P 型層、118：電子リレー層、119：電子注入バッファ層、400：基板、401：第 1 の電極、403：EL 層、404：第 2 の電極、405：シール材、406：シール材、407：封止基板、412：パッド、420：IC チップ、501：第 1 の電極、502：第 2 の電極、511：第 1 の発光ユニット、512：第 2 の発光ユニット、513：電荷発生層、601：駆動回路部（ソース線駆動回路）、602：画素部、603：駆動回路部（ゲート線駆動回路）、604：封止基板、605：シール材、607：空間、608：配線、609：FPC（フレキシブルプリントサーキット）、610：素子基板、611：スイッチング用 FET、612：電流制御用 FET、613：第 1 の電極、614：絶縁物、616：EL 層、617：第 2 の電極、618：発光素子、951：基板、952：電極、953：絶縁層、954：隔壁層、955：EL 層、956：電極、1001：基板、1002：下地絶縁膜、1003：ゲート絶縁膜、1006：ゲート電極、1007：ゲート電極、1008：ゲート電極、1020：第 1 の層間絶縁膜、1021：第 2 の層間絶縁膜、1022：電極、1024W：第 1 の電極、1024R：第 1 の電極、1024G：第 1 の電極、1024B：第 1 の電極、1025：隔壁、1028：EL 層、1029：第 2 の電極、1031：封止基板、1032：シール材、1033：透明な基材、1034R：赤色の着色層、1034G：緑色の着色層、1034B：青色の着色層、1035：ブラックマトリクス、1036：オーバーコート層、1037：第 3 の層間絶縁膜、1040：画素部、1041：駆動回路部、1042：周辺部、2001：筐体、2002：光源、2100：口ポット、21

10

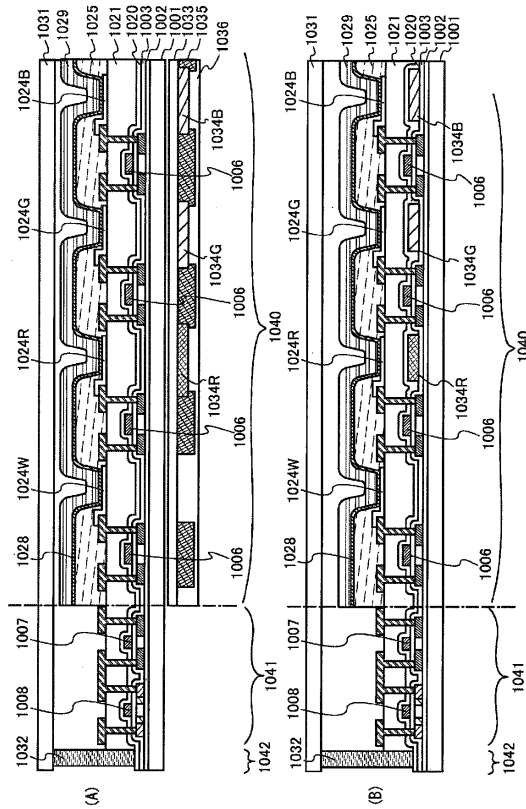
20

30

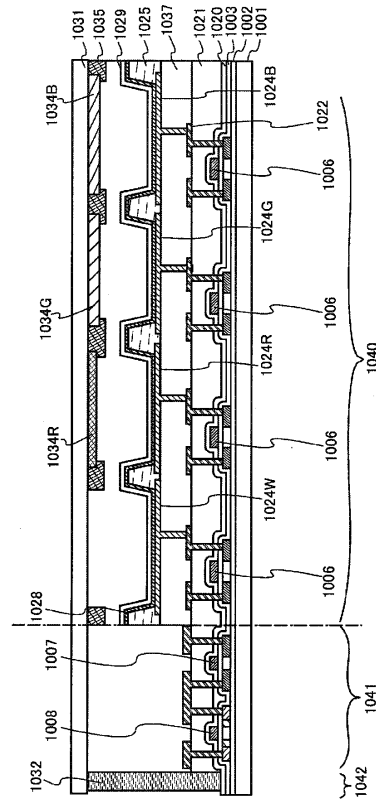
40

50

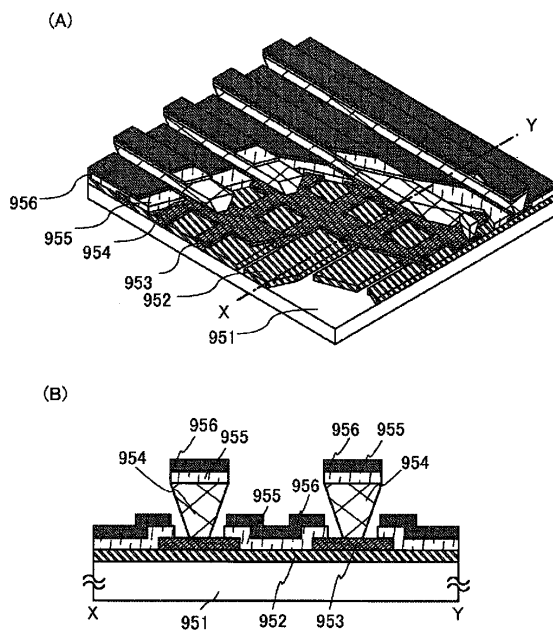
【図 3】



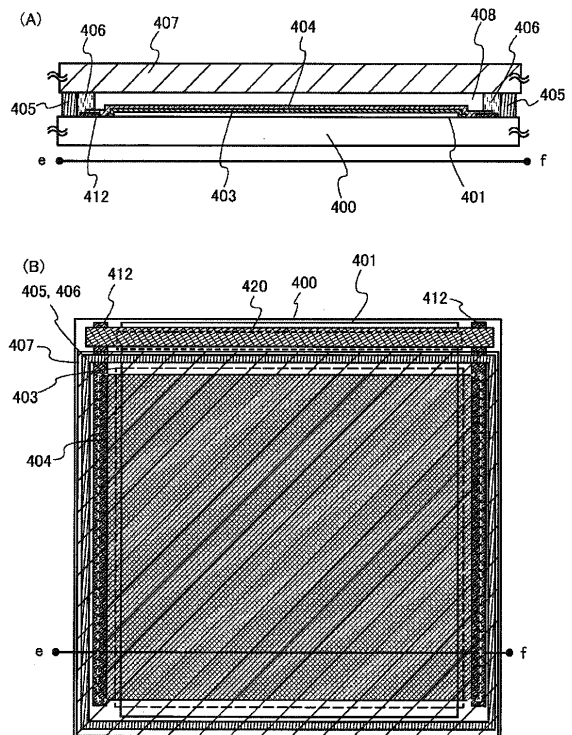
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

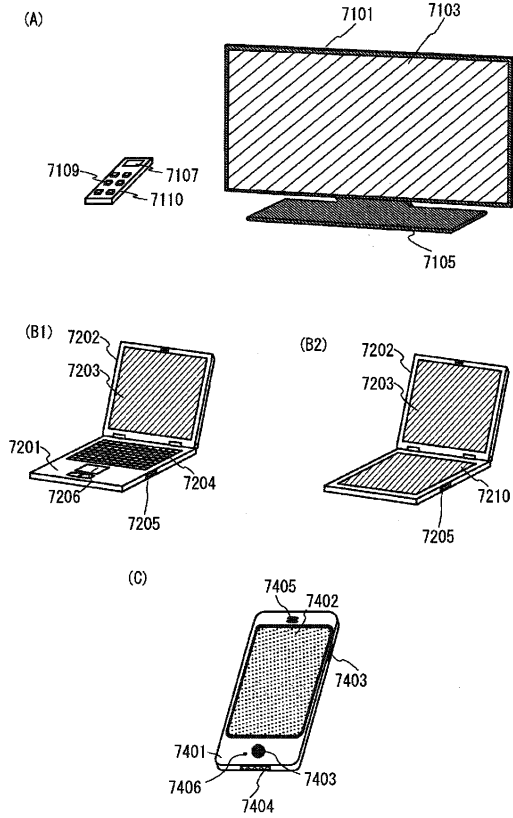
20

30

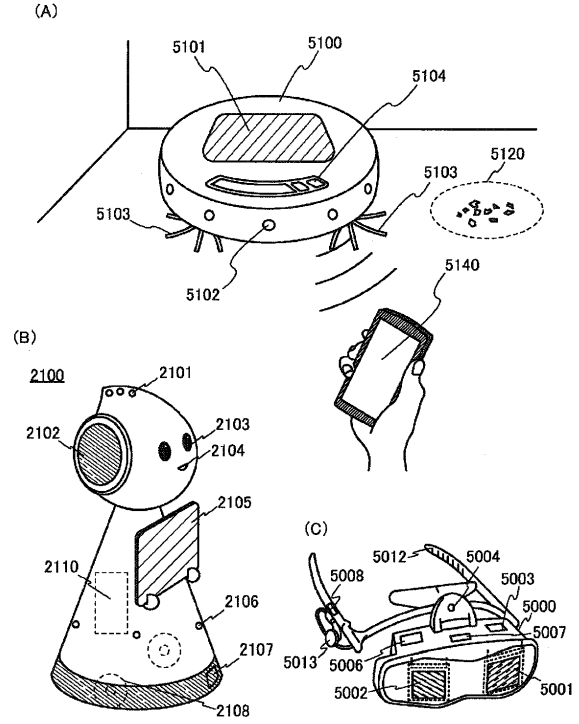
40

50

【図 7】



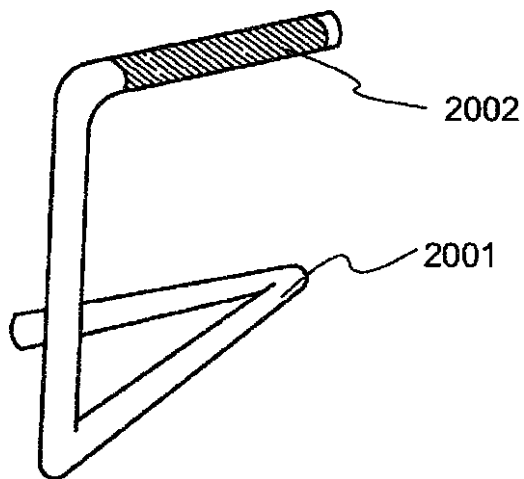
【図 8】



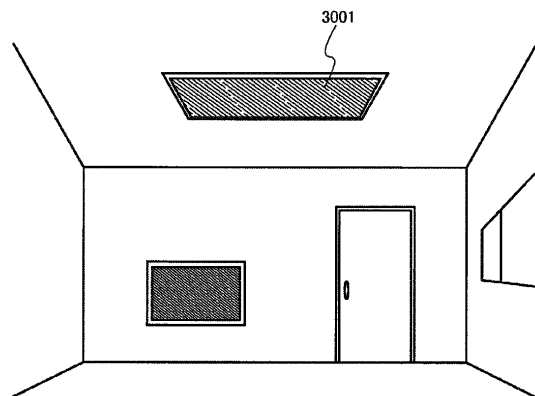
10

20

【図 9】



【図 10】

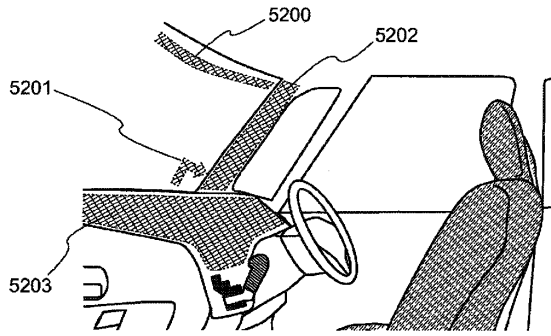


30

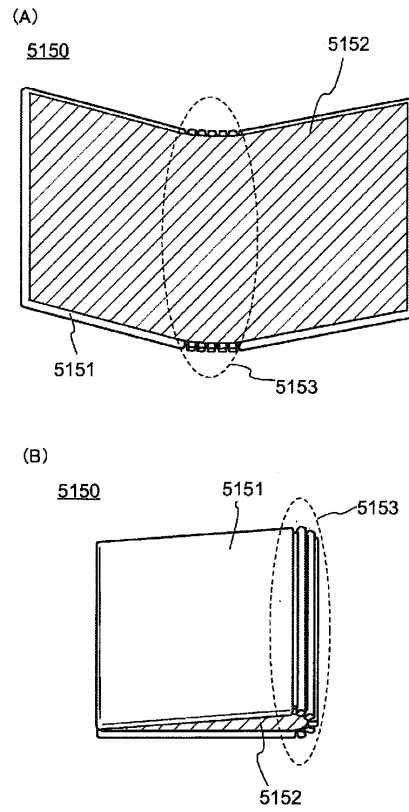
40

50

【図 1 1】



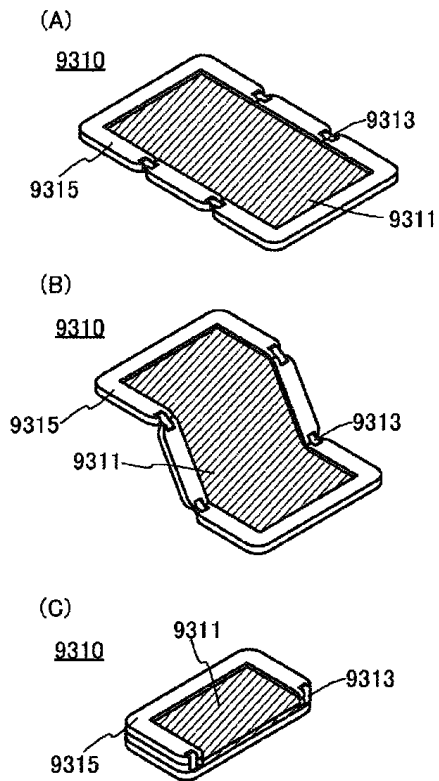
【図 1 2】



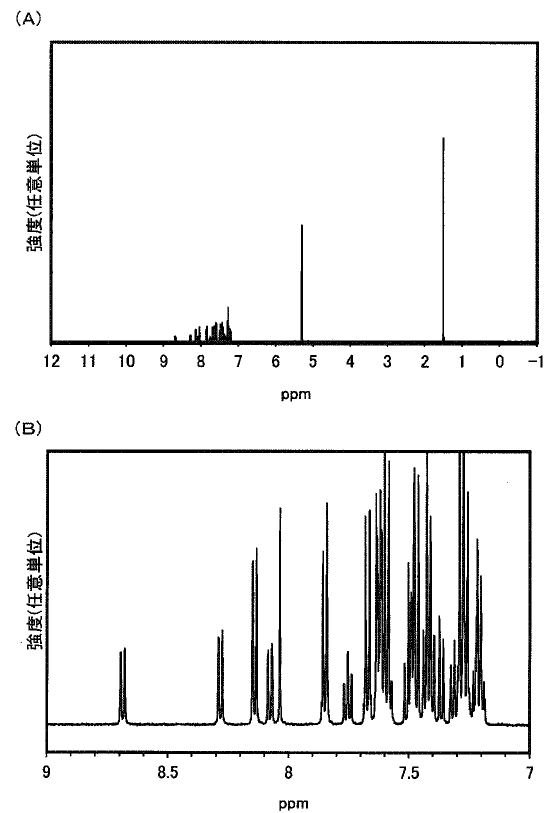
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】

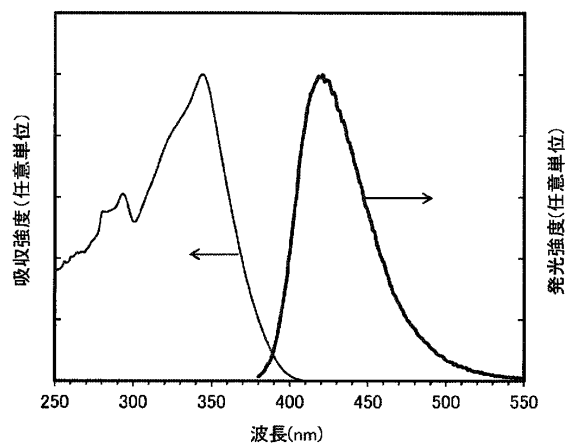


30

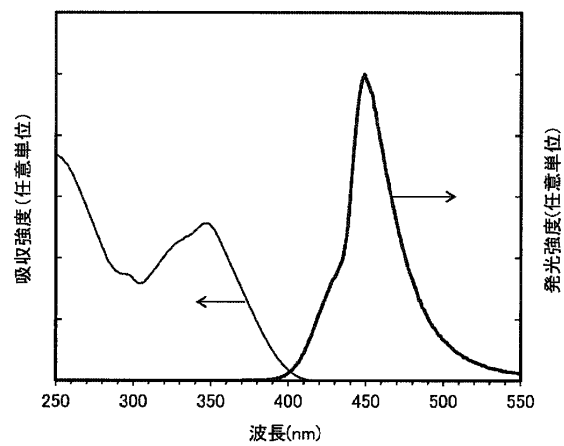
40

50

【図 15】

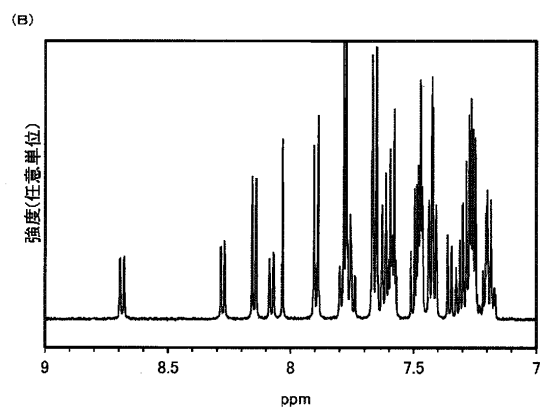
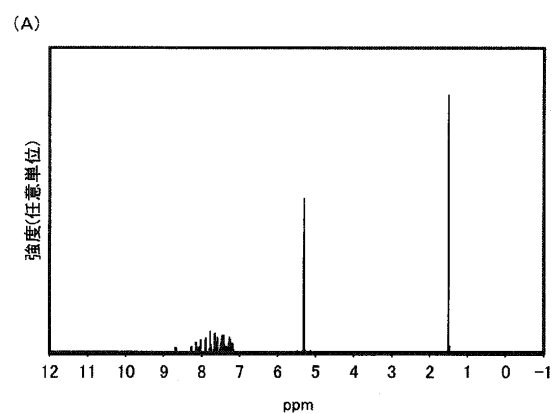


【図 16】

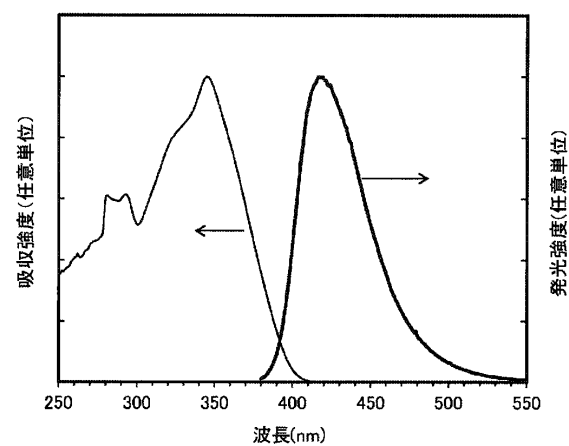


10

【図 17】



【図 18】



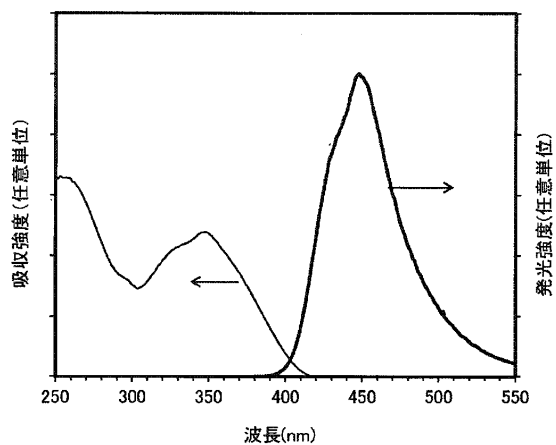
20

30

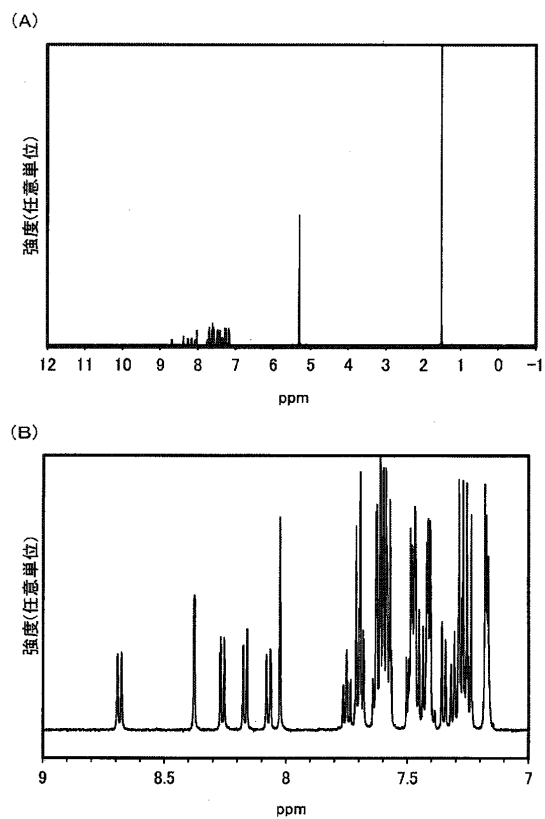
40

50

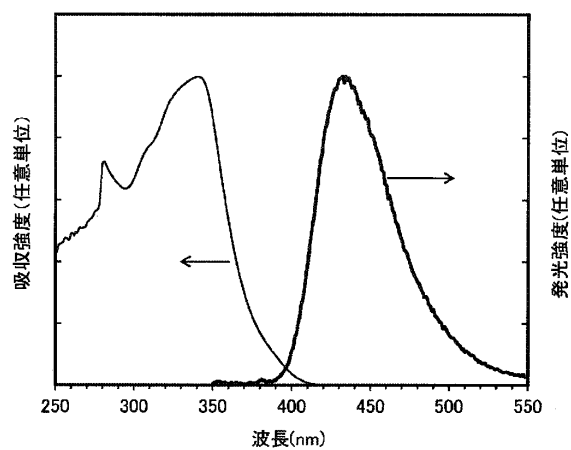
【図 19】



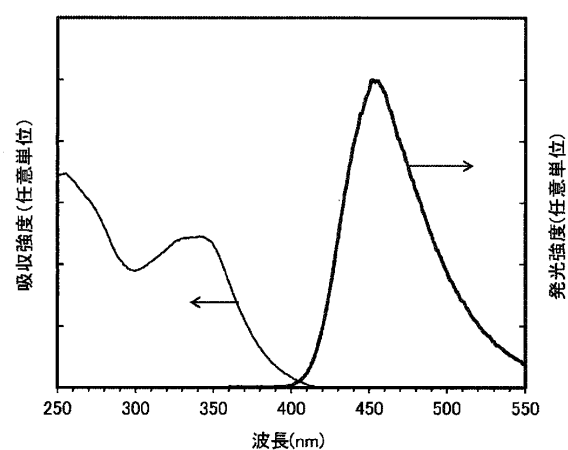
【図 20】



【図 21】



【図 22】



10

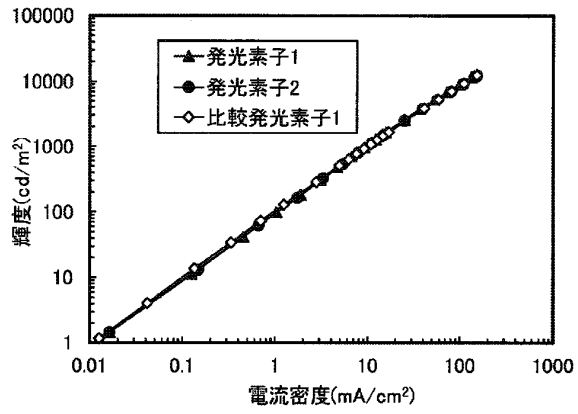
20

30

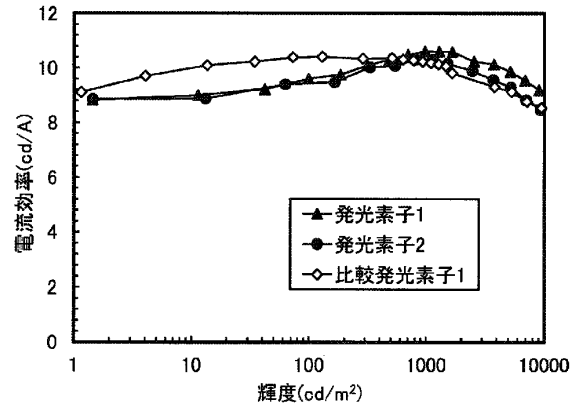
40

50

【図 2 3】

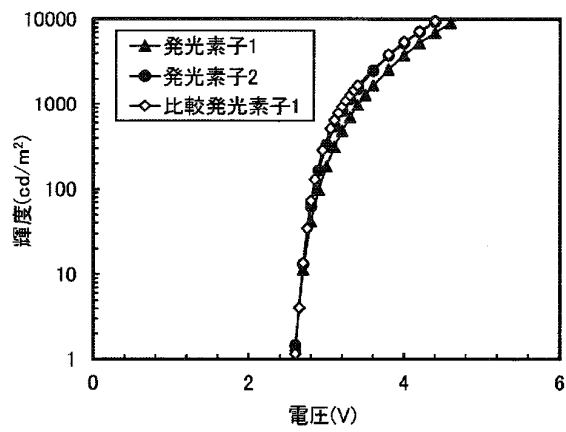


【図 2 4】

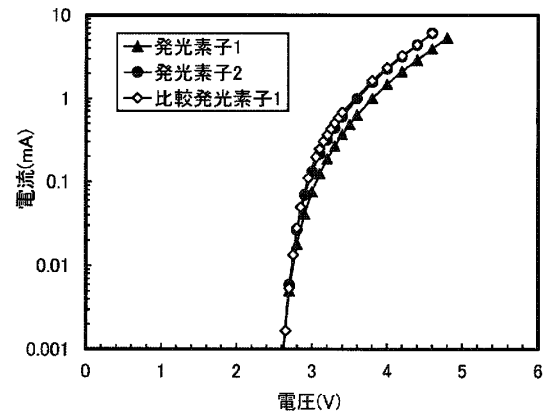


10

【図 2 5】



【図 2 6】



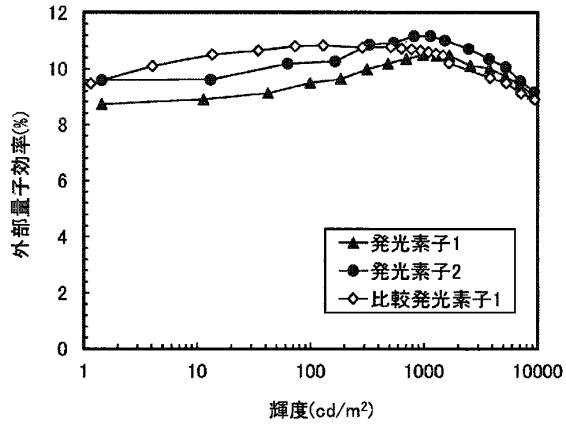
20

30

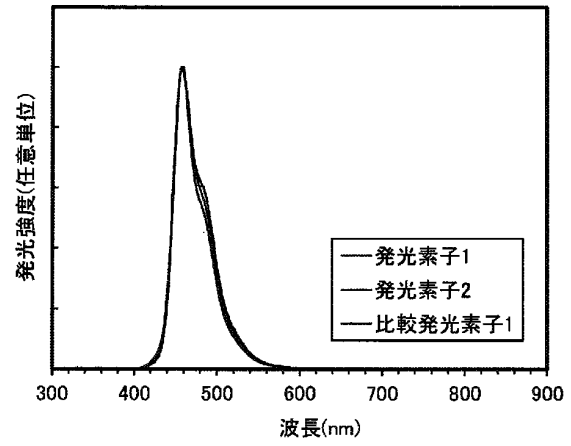
40

50

【図 27】

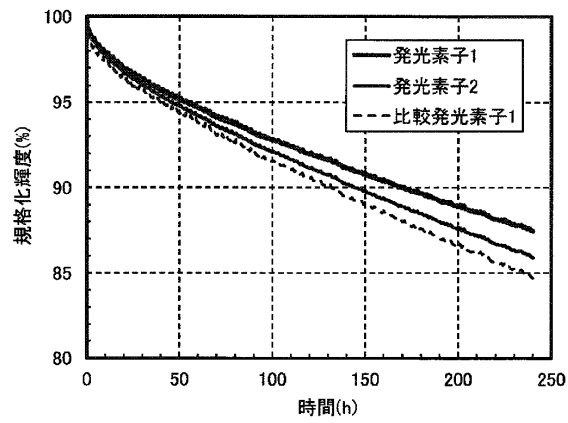


【図 28】

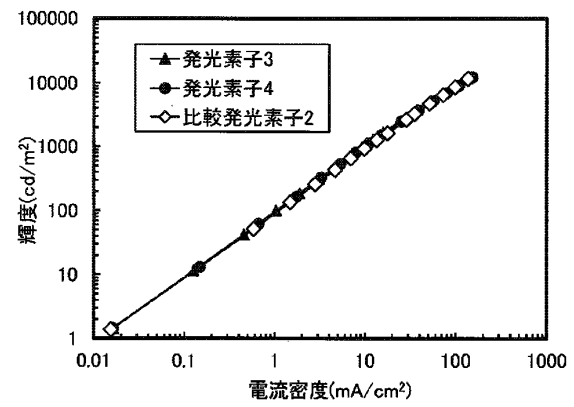


10

【図 29】



【図 30】



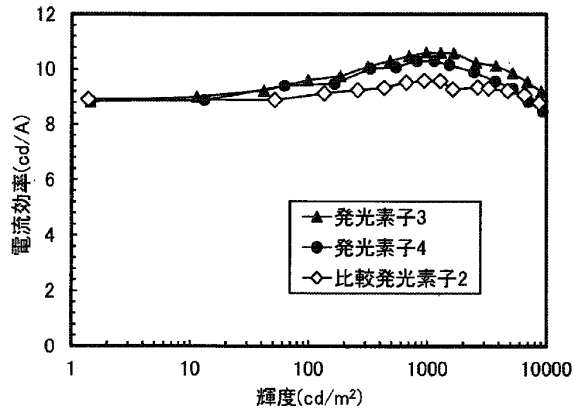
20

30

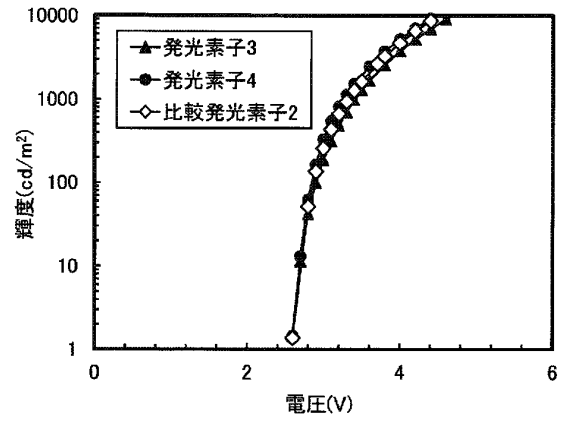
40

50

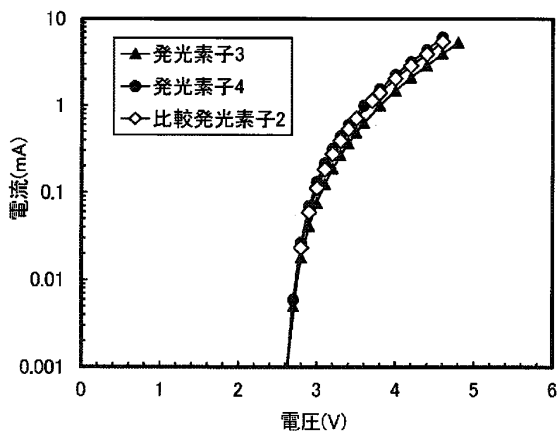
【図 3 1】



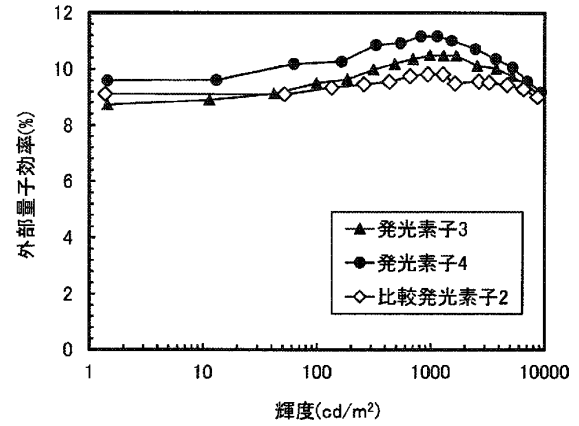
【図 3 2】



【図 3 3】



【図 3 4】



10

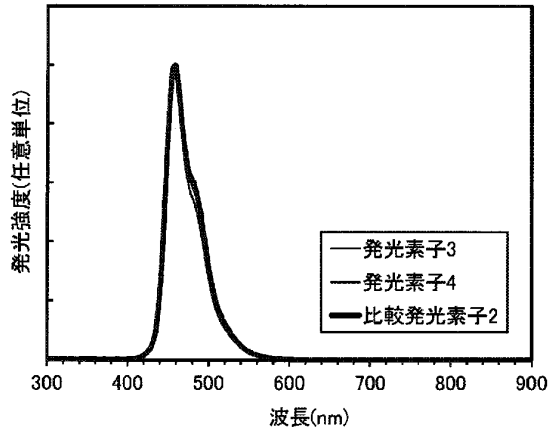
20

30

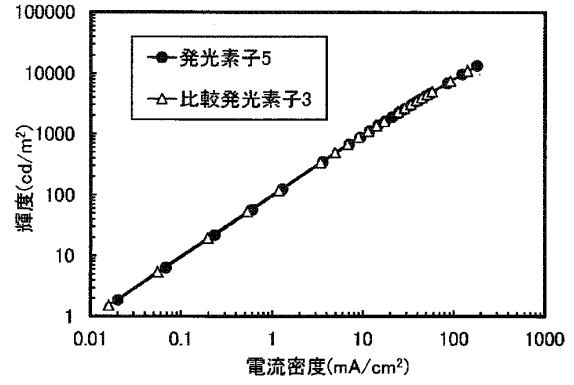
40

50

【図 3 5】

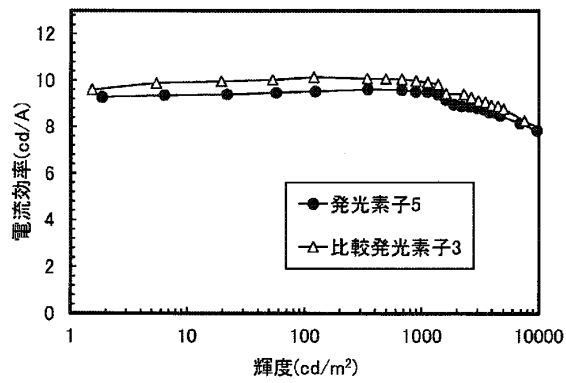


【図 3 6】

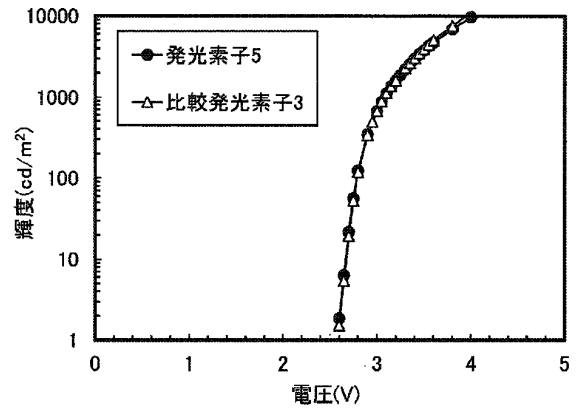


10

【図 3 7】



【図 3 8】



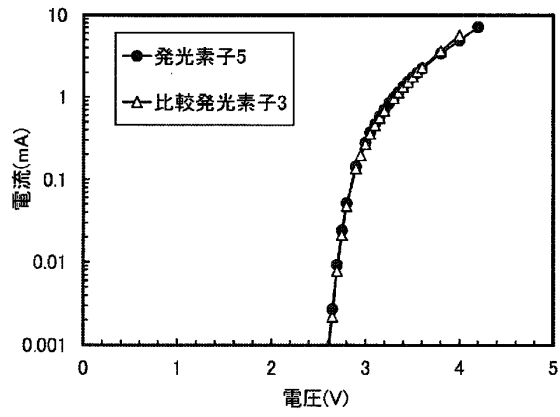
20

30

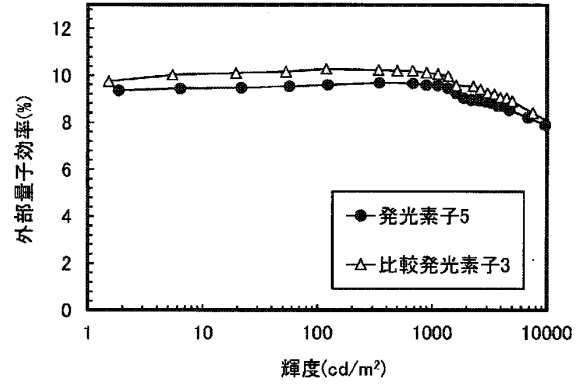
40

50

【図 3 9】

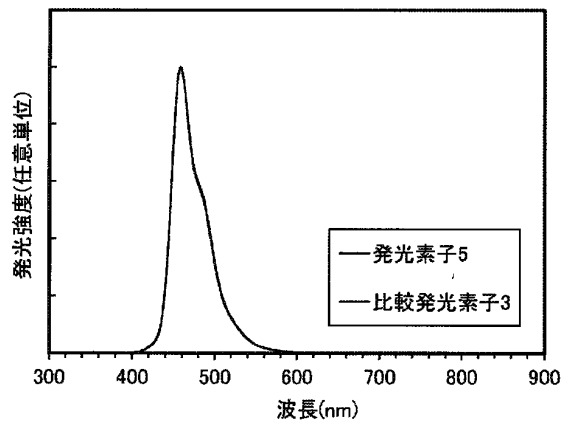


【図 4 0】

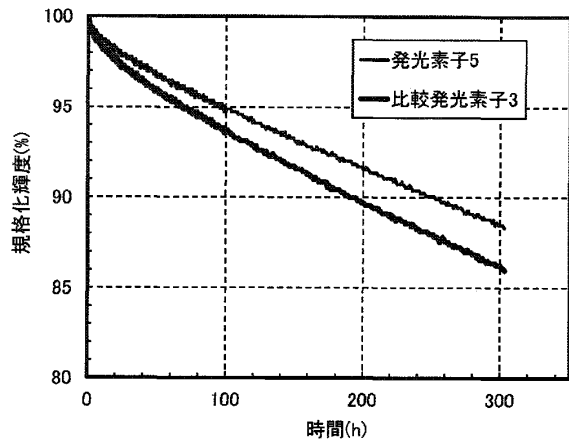


10

【図 4 1】



【図 4 2】



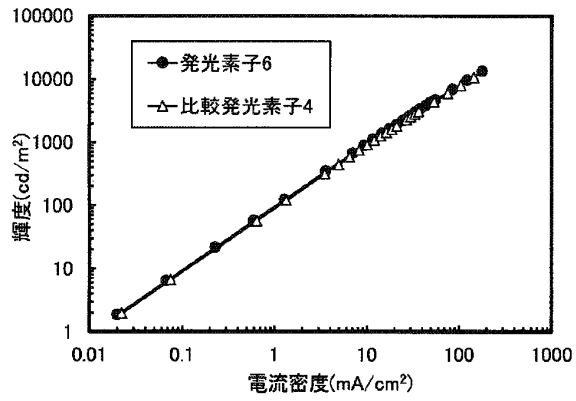
20

30

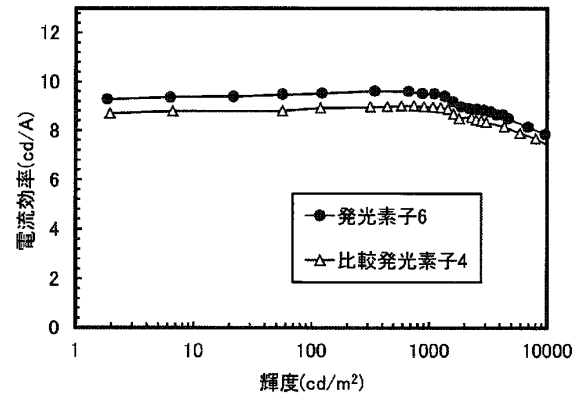
40

50

【図 4 3】

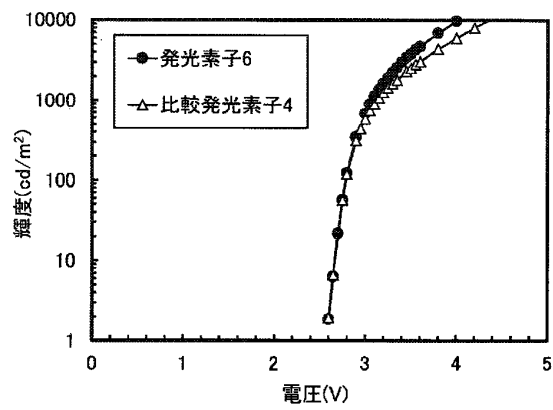


【図 4 4】

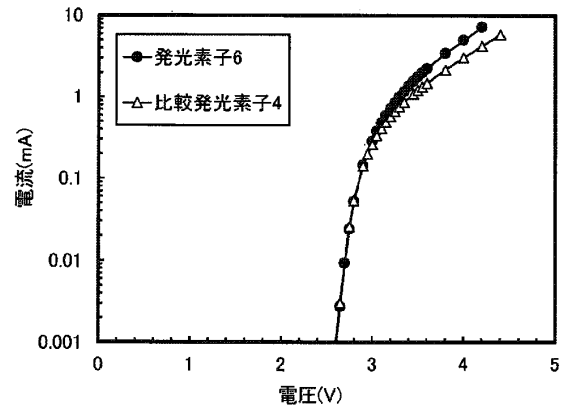


10

【図 4 5】



【図 4 6】



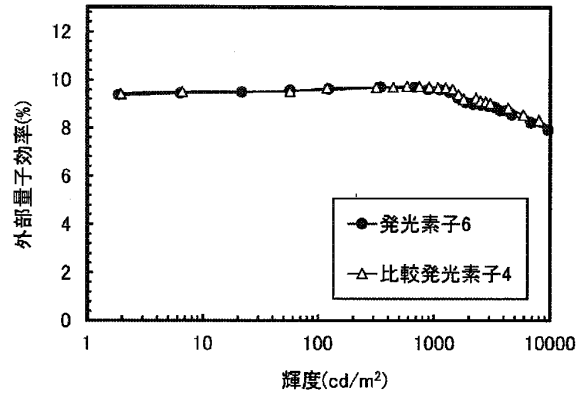
20

30

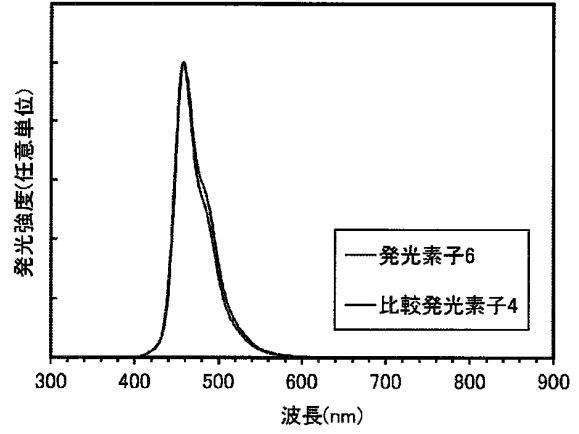
40

50

【図 4 7】

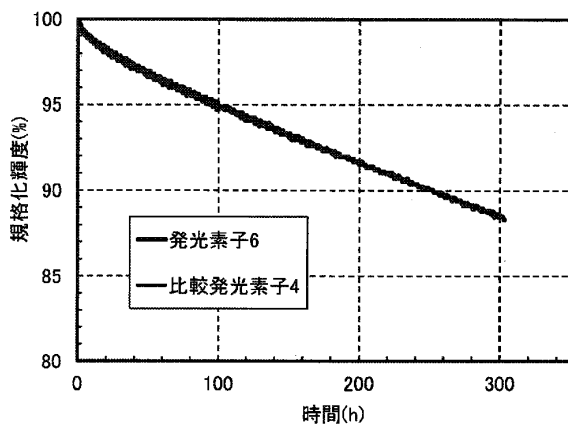


【図 4 8】

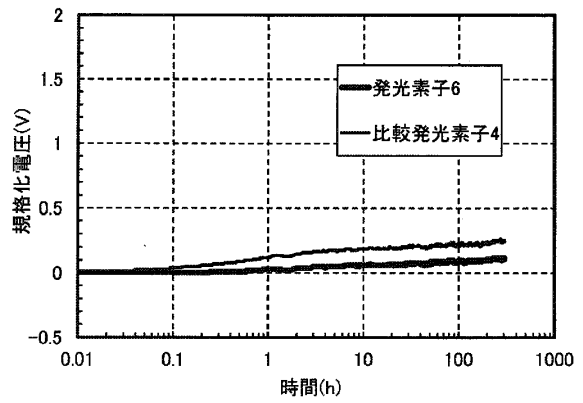


10

【図 4 9】



【図 5 0】



20

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 瀬尾 哲史

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

審査官 谷尾 忍

(56)参考文献 韓国公開特許第 1 0 - 2 0 1 5 - 0 0 0 4 0 9 9 (K R , A)

国際公開第 2 0 1 7 / 2 0 4 5 5 6 (W O , A 1)

国際公開第 2 0 1 8 / 0 1 2 7 8 0 (W O , A 1)

韓国公開特許第 1 0 - 2 0 1 8 - 0 0 4 2 9 4 3 (K R , A)

中国特許出願公開第 1 0 8 3 3 6 2 4 6 (C N , A)

特開 2 0 1 7 - 1 3 9 4 5 7 (J P , A)

特開 2 0 1 7 - 0 3 6 2 6 7 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

C 0 7 D 4 0 5 / 1 2

C 0 9 K 1 1 / 0 6

H 1 0 K 5 0 / 1 0

H 1 0 K 5 0 / 1 5

C A p l u s / R E G I S T R Y (S T N)