

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-56169
(P2016-56169A)

(43) 公開日 平成28年4月21日(2016.4.21)

(51) Int.Cl.		F 1	テーマコード (参考)	
C07D	519/00	(2006.01)	C 07 D	519/00
H01L	51/50	(2006.01)	H 05 B	33/14
C09K	11/06	(2006.01)	H 05 B	33/22
			H 05 B	33/22
			C 09 K	11/06
				6 9 0
			審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 62 頁)	

(21) 出願番号 特願2015-172479 (P2015-172479)
 (22) 出願日 平成27年9月2日 (2015.9.2)
 (31) 優先権主張番号 特願2014-181112 (P2014-181112)
 (32) 優先日 平成26年9月5日 (2014.9.5)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000153878
 株式会社半導体エネルギー研究所
 神奈川県厚木市長谷398番地
 (72) 発明者 光森 智美
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 大榮 ゆう子
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 濱田 孝夫
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内

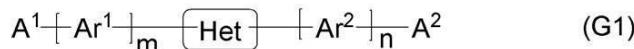
最終頁に続く

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

(57) 【要約】

【課題】新規な有機化合物を提供する。また、良好な熱物性を有する新規な有機化合物を提供する。また、電流効率の高い新規な有機化合物を提供する。また、発光素子に用いることができる新規な有機化合物を提供する。また、新規な有機化合物を用いた発光素子を適用した駆動電圧の低い発光装置、電子機器、及び照明装置を提供する。

【解決手段】一般式 (G 1) で表される有機化合物。



10

(一般式 (G 1) 中、 Het は、置換もしくは無置換の炭素数 4 ~ 36 の 2 倍の 電子不足型の複素芳香族基を表す。また、 Ar¹ および Ar² は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 25 のアリーレン基を表す。なお、 m および n は、それぞれ独立に 1 ~ 5 の自然数である。また、 A¹ および A² は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換のベンゾチエノカルバゾリル基、ベンゾフロカルバゾリル基、またはインデノカルバゾリル基のいずれかを表す。)

【選択図】なし

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

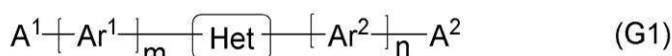
2価の電子不足型の複素芳香族基に対し、アリーレン基および前記アリーレン基を介して結合されたベンゾチエノカルバゾリル基、ベンゾフロカルバゾリル基、またはインデノカルバゾリル基のいずれかを含む複素環骨格を、複数有することを特徴とする有機化合物。

【請求項 2】

一般式(G1)で表される有機化合物。

【化1】

10



(一般式(G1)中、Hetは、置換もしくは無置換の炭素数4～36の2価の電子不足型の複素芳香族基を表す。また、Ar¹およびAr²は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基を表す。なお、mおよびnは、それぞれ独立に1～5の自然数である。また、A¹およびA²は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換のベンゾチエノカルバゾリル基、ベンゾフロカルバゾリル基、またはインデノカルバゾリル基のいずれかを表す。)

20

【請求項 3】

一般式(G1)で表される有機化合物。

【化2】

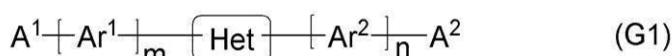
30

(一般式(G1)中、Hetは、置換もしくは無置換の炭素数4～18の2価の電子不足型の複素芳香族基を表す。また、Ar¹およびAr²は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基を表す。なお、mおよびnは、それぞれ独立に1～5の自然数である。また、A¹およびA²は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換のベンゾチエノカルバゾリル基、ベンゾフロカルバゾリル基、またはインデノカルバゾリル基のいずれかを表す。)

40

【請求項 4】

一般式(G1)で表される有機化合物。

【化3】

50

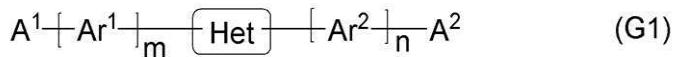
(一般式(G1)中、Hetは、置換もしくは無置換の2価の電子不足型の单環含窒素複素芳香族基を表す。また、Ar¹およびAr²は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基を表す。なお、mおよびnは、それぞれ独立に1～5の自然数である。また、A¹およびA²は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換のベンゾチエノカルバゾリル基、ベンゾフロカルバゾリル基、またはインデノカルバゾリル基のい

ずれかを表す。)

【請求項 5】

一般式 (G 1) で表される有機化合物。

【化 4】



10

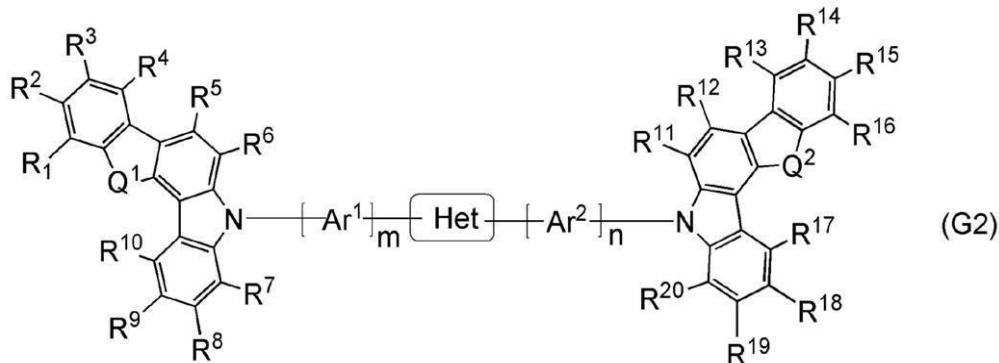
(一般式 (G 1) 中、 H e t は、置換もしくは無置換の 2 値のピリジン、 2 値のピリミジン、 2 値のピラジン、 2 値のトリアジン、 2 値のビピリジン、 2 値のキノキサリン、または 2 値のジベンゾキノキサリンのいずれかを表す。また、 Ar¹ および Ar² は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 25 のアリーレン基を表す。なお、 m および n は、それぞれ独立に 1 ~ 5 の自然数である。また、 A¹ および A² は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換のベンゾチエノカルバゾリル基、ベンゾフロカルバゾリル基、またはインデノカルバゾリル基のいずれかを表す。)

【請求項 6】

一般式 (G 2) で表される有機化合物。

【化 5】

20



30

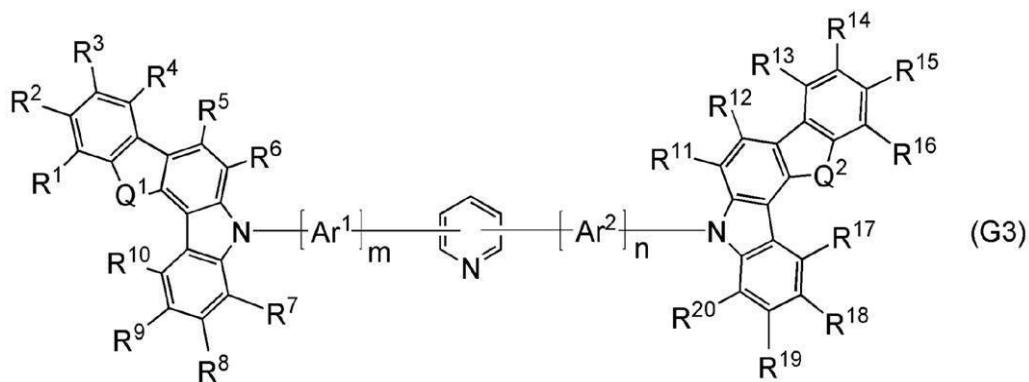
(一般式 (G 2) 中、 H e t は、置換もしくは無置換の 2 値のピリジン、 2 値のピリミジン、 2 値のピラジン、 2 値のトリアジン、 2 値のビピリジン、 2 値のキノキサリン、または 2 値のジベンゾキノキサリンのいずれかを表す。また、 Ar¹ および Ar² は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数 6 ~ 25 のアリーレン基を表す。なお、 m および n は、それぞれ独立に 1 ~ 5 の自然数である。また、 Q¹ および Q² は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、置換もしくは無置換の炭素原子のいずれかを表す。また、 R¹ から R²⁰ は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 ~ 6 のアルキル基、炭素数 6 ~ 13 のアリール基のいずれかを表す。)

40

【請求項 7】

一般式 (G 3) で表される有機化合物。

【化6】

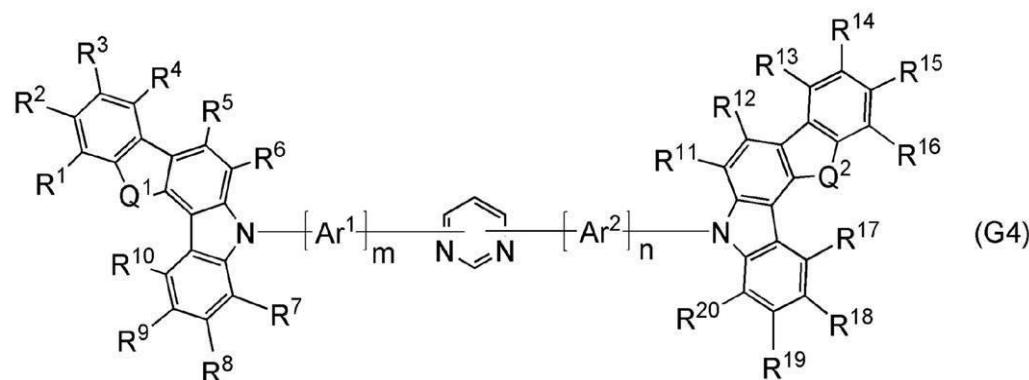


(一般式(G3)中、Ar¹およびAr²は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基を表す。なお、mおよびnは、それぞれ独立に1～5の自然数である。また、Q¹およびQ²は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、置換もしくは無置換の炭素原子のいずれかを表す。また、R¹からR²⁰は、それぞれ独立に、水素、炭素数1～6のアルキル基、炭素数6～13のアリール基のいずれかを表す。)

【請求項8】

一般式(G4)で表される有機化合物。

【化7】

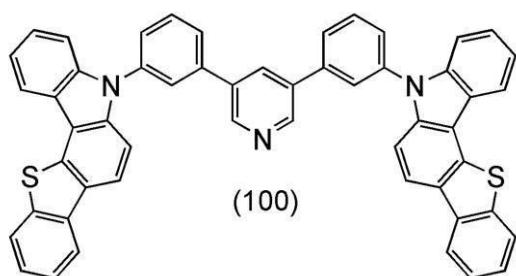


(一般式(G4)中、Ar¹およびAr²は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基を表す。なお、mおよびnは、それぞれ独立に1～5の自然数である。また、Q¹およびQ²は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、置換もしくは無置換の炭素原子のいずれかを表す。また、R¹からR²⁰は、それぞれ独立に、水素、炭素数1～6のアルキル基、炭素数6～13のアリール基のいずれかを表す。)

【請求項9】

構造式(100)で表される有機化合物。

【化8】



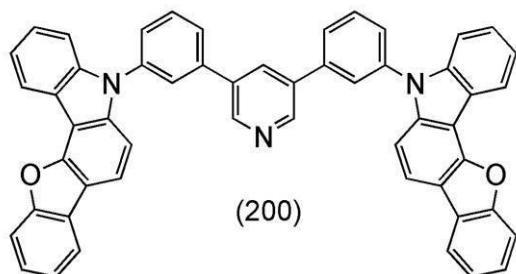
40

50

【請求項 10】

構造式(200)で表される有機化合物。

【化9】

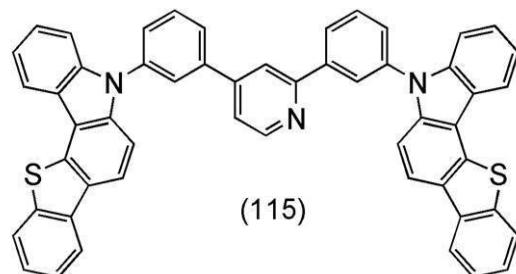


10

【請求項 11】

構造式(115)で表される有機化合物。

【化10】

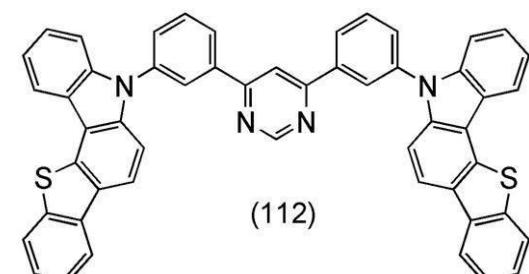


20

【請求項 12】

構造式(112)で表される有機化合物。

【化11】



30

【請求項 13】

請求項1乃至請求項12のいずれか一に記載の有機化合物を有する発光素子。

【請求項 14】

一対の電極間にEL層を有し、

前記EL層は、請求項1乃至請求項12のいずれか一に記載の有機化合物を有する発光素子。

【請求項 15】

一対の電極間にEL層を有し、

前記EL層は、発光層を有し、

前記発光層は、請求項1乃至請求項12のいずれか一に記載の有機化合物を有する発光素子。

40

【請求項 16】

一対の電極間にEL層を有し、

前記EL層は、発光層を有し、

前記発光層は、3種以上の有機化合物を有し、

前記3種以上の有機化合物の一は、

請求項1乃至請求項12のいずれか一に記載の有機化合物である発光素子。

50

【請求項 17】

請求項 13 乃至 請求項 16 のいずれか一に記載の発光素子と、トランジスタ、または、基板と、を有する発光装置。

【請求項 18】

請求項 17 に記載の発光装置と、マイク、カメラ、操作用ボタン、外部接続部、または、スピーカと、を有する電子機器。

【請求項 19】

請求項 17 に記載の発光装置と、筐体、カバー、または、支持台を有する照明装置。

10

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、物、方法、または、製造方法に関する。または、本発明は、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。特に、本発明の一態様は、半導体装置、表示装置、発光装置、それらの駆動方法、または、それらの製造方法に関する。特に、本発明の一態様は、有機化合物およびその新規な合成方法に関する。また、上記有機化合物を用いた発光素子、発光装置、電子機器、及び照明装置に関する。

20

【背景技術】**【0002】**

薄型軽量、高速応答性、直流低電圧駆動などの特徴を有する有機化合物を発光体として用いた発光素子は、次世代のフラットパネルディスプレイへの応用が期待されている。特に、発光素子をマトリクス状に配置した表示装置は、従来の液晶表示装置と比較して、視野角が広く視認性が優れる点に優位性があると考えられている。

30

【0003】

発光素子の発光機構は、一対の電極間に発光体を含むEL層を挟んで電圧を印加することにより、陰極から注入された電子および陽極から注入された正孔がEL層の発光中心で再結合して分子励起子を形成し、その分子励起子が基底状態に緩和する際にエネルギーを放出して発光するといわれている。励起状態には一重項励起と三重項励起が知られ、発光はどちらの励起状態を経ても可能であると考えられている。

【0004】

このような発光素子において、EL層には、主として有機化合物が用いられており、発光素子の特性向上に大きな影響を与えることから、様々な新規の有機化合物の開発が行われている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】****【特許文献1】特開2011-201869号公報**

40

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

本発明の一態様では、新規な有機化合物を提供する。また、良好な熱物性を有する新規な有機化合物を提供する。また、電流効率の高い新規な有機化合物を提供する。また、発光素子に用いることができる新規な有機化合物を提供する。また、発光素子のEL層に用いることができる、新規な有機化合物を提供する。また、本発明の一態様である新規な有機化合物を用いた発光素子を提供する。また、本発明の一態様である新規な有機化合物を用いた発光素子を適用した駆動電圧の低い発光装置、電子機器、及び照明装置を提供する。または、本発明の一態様は、新規な発光素子、新規な発光装置、または、新規な照明装置

50

などを提供する。なお、これらの課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの課題の全てを解決する必要はない。なお、これら以外の課題は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の課題を抽出することが可能である。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様である有機化合物は、2価の電子不足型の複素芳香族基に対し、アリーレン基およびアリーレン基を介して結合されたベンゾチエノカルバゾリル基、ベンゾフロカルバゾリル基、またはインデノカルバゾリル基のいずれかを含む複素環骨格を、複数有することを特徴とする有機化合物である。10

【0008】

従って、本発明の一態様は、下記一般式(G1)で表される有機化合物である。

【0009】

【化1】



20

【0010】

但し、一般式(G1)中、Hetは、置換もしくは無置換の炭素数2~36の2価の電子不足型の複素芳香族基を表す。好ましくは、一般式(G1)中のHetは、置換もしくは無置換の炭素数3~36の2価の電子不足型の複素芳香族基を表す。さらに、より好ましくは、一般式(G1)中のHetは、置換もしくは無置換の炭素数4~36の2価の電子不足型の複素芳香族基を表す。また、Ar¹およびAr²は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6~25のアリーレン基を表す。なお、mおよびnは、それぞれ独立に1~5の自然数である。また、A¹およびA²は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換のベンゾチエノカルバゾリル基、ベンゾフロカルバゾリル基、またはインデノカルバゾリル基のいずれかを表す。30

【0011】

また、本発明の別の一態様は、上記一般式(G1)中、Hetは、置換もしくは無置換の炭素数2~18の2価の電子不足型の複素芳香族基を表す。好ましくは、一般式(G1)中のHetは、置換もしくは無置換の炭素数3~18の2価の電子不足型の複素芳香族基を表す。さらに、より好ましくは、一般式(G1)中のHetは、置換もしくは無置換の炭素数4~18の2価の電子不足型の複素芳香族基を表す。また、Ar¹およびAr²は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6~25のアリーレン基を表す。なお、mおよびnは、それぞれ独立に1~5の自然数である。また、A¹およびA²は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換のベンゾチエノカルバゾリル基、ベンゾフロカルバゾリル基、またはインデノカルバゾリル基のいずれかを表す。40

【0012】

また、本発明の別の一態様は、上記一般式(G1)中、Hetは、置換もしくは無置換の2価の電子不足型の单環含窒素複素芳香族基を表す。また、Ar¹およびAr²は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6~25のアリーレン基を表す。なお、mおよびnは、それぞれ独立に1~5の自然数である。また、A¹およびA²は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換のベンゾチエノカルバゾリル基、ベンゾフロカルバゾリル基、またはインデノカルバゾリル基のいずれかを表す。

【0013】

また、本発明の別の一態様は、上記一般式(G1)中、Hetは、置換もしくは無置換の

50

50

2価のピリジン、2価のピリミジン、2価のピラジン、2価のトリアジン、2価のビピリジン、2価のキノキサリン、および2価のジベンゾキノキサリンのいずれかを表す。また、 A_{r^1} および A_{r^2} は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基を表す。なお、mおよびnは、それぞれ独立に1～5の自然数である。また、 A^1 および A^2 は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換のベンゾチエノカルバゾリル基、ベンゾフロカルバゾリル基、またはインデノカルバゾリル基のいずれかを表す。

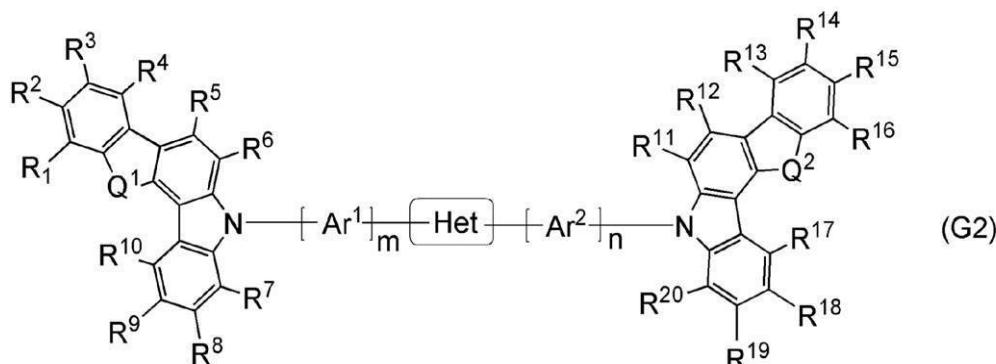
【0014】

また、本発明の別の一態様は、下記一般式(G2)で表される有機化合物である。

【0015】

【化2】

10



20

【0016】

但し、一般式(G2)中、Hetは、置換もしくは無置換の2価のピリジン、2価のピリミジン、2価のピラジン、2価のトリアジン、2価のビピリジン、2価のキノキサリン、または2価のジベンゾキノキサリンのいずれかを表す。また、 A_{r^1} および A_{r^2} は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基を表す。なお、mおよびnは、それぞれ独立に1～5の自然数である。また、 Q^1 および Q^2 は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、置換もしくは無置換の炭素原子のいずれかを表す。また、 R^1 から R^{20} は、それぞれ独立に、水素、炭素数1～6のアルキル基、炭素数6～13のアリール基のいずれかを表す。

30

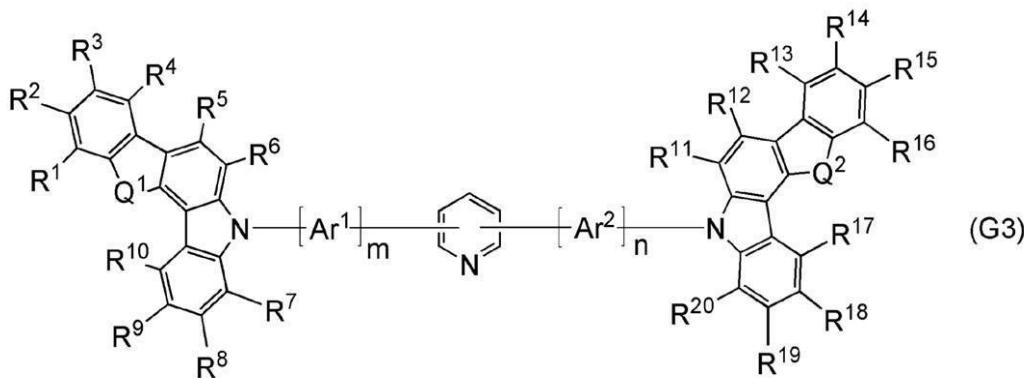
【0017】

また、本発明の別の一態様は、下記一般式(G3)で表される有機化合物である。

【0018】

【化3】

30



40

【0019】

但し、一般式(G3)中、 A_{r^1} および A_{r^2} は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基を表す。なお、mおよびnは、それぞれ独立に1～5の自然数である。また、 Q^1 および Q^2 は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、置換もし

50

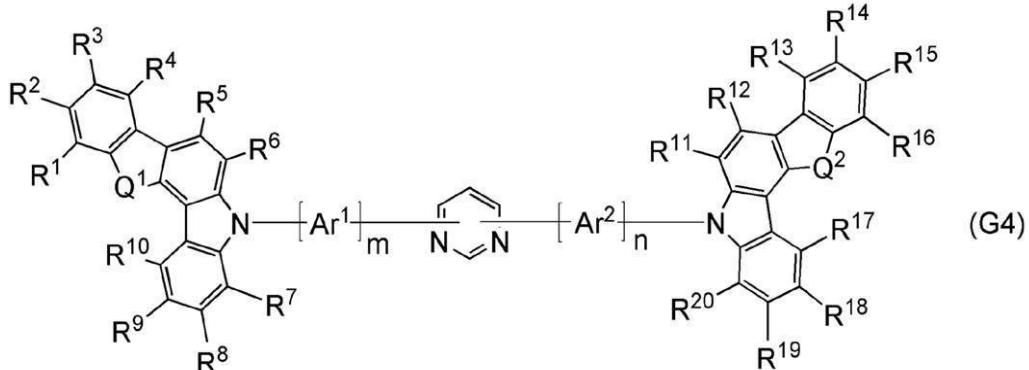
くは無置換の炭素原子のいずれかを表す。また、R¹からR²⁰は、それぞれ独立に、水素、炭素数1～6のアルキル基、炭素数6～13のアリール基のいずれかを表す。

【0020】

また、本発明の別の一態様は、下記一般式(G4)で表される有機化合物である。

【0021】

【化4】



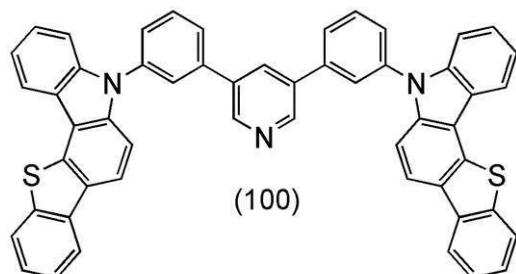
【0022】

但し、一般式(G4)中、Ar¹およびAr²は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基を表す。なお、mおよびnは、それぞれ独立に1～5の自然数である。また、Q¹およびQ²は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、置換もしくは無置換の炭素原子のいずれかを表す。また、R¹からR²⁰は、それぞれ独立に、水素、炭素数1～6のアルキル基、炭素数6～13のアリール基のいずれかを表す。

【0023】

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

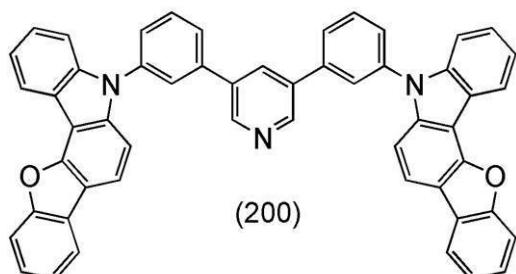
【化5】



【0024】

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

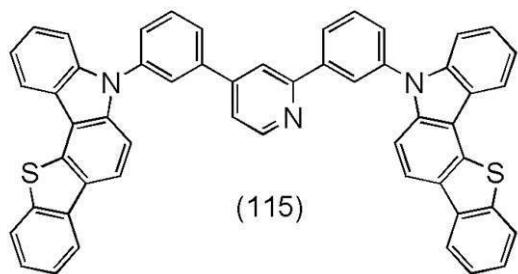
【化6】



【0025】

また、本発明の別の一態様は、下記構造式(115)で表される有機化合物である。

【化7】

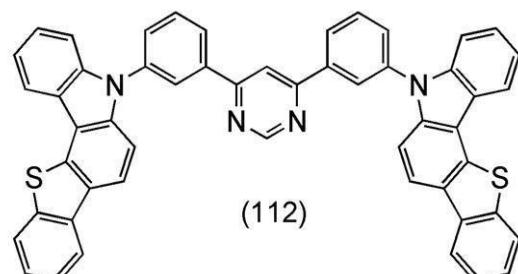


10

【0026】

また、本発明の別の一態様は、下記構造式(112)で表される有機化合物である。

【化8】



20

【0027】

また、本発明の別の一態様は、上記各構成に示す有機化合物を有する発光素子である。

【0028】

また、本発明の別の一態様は、上記構成に示す発光素子と、トランジスタ、または、基板と、を有する発光装置である。

【0029】

なお、本発明の一態様は、発光素子を有する発光装置だけでなく、発光装置を適用した電子機器および照明装置も範疇に含めるものである。

30

【0030】

従って、本発明の別の一態様は、上記各構成に示す発光装置と、マイク、カメラ、操作用ボタン、外部接続部、または、スピーカと、を有する電子機器である。さらに、本発明の別の一態様は、上記各構成に示す発光装置と、筐体、カバー、または、支持台を有する電子機器である。

【0031】

なお、本明細書中における発光装置とは、画像表示デバイス、もしくは光源（照明装置含む）を指す。また、発光装置にコネクター、例えばFPC（Flexible printed circuit）もしくはTCP（Tape Carrier Package）が取り付けられたモジュール、TCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または発光素子にCOG（Chip On Glass）方式によりIC（集積回路）が直接実装されたモジュールも全て発光装置に含むものとする。

40

【発明の効果】

【0032】

本発明の一態様により、新規な有機化合物を提供することができる。また、良好な熱物性を有する新規な有機化合物を提供することができる。また、電流効率の高い新規な有機化合物を提供することができる。また、発光素子に用いることができる新規な有機化合物を提供することができる。また、発光素子のEL層に用いることができる、新規な有機化合物を提供することができる。また、本発明の一態様である新規な有機化合物を用いた発光素子を提供することができる。また、本発明の一態様である新規な有機化合物を用いた発

50

光素子を適用した駆動電圧が低く、信頼性の高い発光装置、電子機器、及び照明装置を提供することができる。または、本発明の一態様は、新規な発光素子、新規な発光装置、または、新規な照明装置などを提供することができる。なお、これらの効果の記載は、他の効果の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの効果の全てを有する必要はない。なお、これら以外の効果は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の効果を抽出することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】発光素子の構造について説明する図。

【図2】発光素子の構造について説明する図。

【図3】発光装置について説明する図。

【図4】電子機器について説明する図。

【図5】電子機器について説明する図。

【図6】照明装置について説明する図。

【図7】構造式(100)に示す有機化合物の¹H-NMRチャート。

【図8】構造式(100)に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図9】構造式(100)に示す有機化合物のLC-MS測定結果を示す図。

【図10】構造式(200)に示す有機化合物の¹H-NMRチャート。

【図11】構造式(200)に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図12】構造式(200)に示す有機化合物のLC-MS測定結果を示す図。

【図13】構造式(115)に示す有機化合物の¹H-NMRチャート。

【図14】構造式(115)に示す有機化合物の紫外・可視吸収スペクトル及び発光スペクトル。

【図15】構造式(115)に示す有機化合物のLC-MS測定結果を示す図。

【図16】発光素子の構造を説明する図。

【図17】発光素子1の輝度・電流効率特性を示す図。

【図18】発光素子1の電圧・電流特性を示す図。

【図19】発光素子1の輝度・色度特性を示す図。

【図20】発光素子1の輝度・パワー効率特性を示す図。

【図21】発光素子1の輝度・外部量子効率特性を示す図。

【図22】発光素子1の発光スペクトルを示す図。

【図23】発光素子1の信頼性を示す図。

【図24】発光素子2の輝度・電流効率特性を示す図。

【図25】発光素子2の電圧・電流特性を示す図。

【図26】発光素子2の輝度・色度特性を示す図。

【図27】発光素子2の輝度・パワー効率特性を示す図。

【図28】発光素子2の輝度・外部量子効率特性を示す図。

【図29】発光素子2の発光スペクトルを示す図。

【図30】発光素子2の信頼性を示す図。

【図31】照明装置について説明する図。

【図32】構造式(112)に示す有機化合物の¹H-NMRチャート。

【発明を実施するための形態】

【0034】

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

10

20

30

40

50

【0035】

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

【0036】

(実施の形態1)

本実施の形態では、本発明の一態様である有機化合物について説明する。なお、本発明の一態様である有機化合物は、2価の電子不足型の複素芳香族基に対し、アリーレン基およびアリーレン基を介して結合された複素環骨格を複数有する構造の有機化合物である。

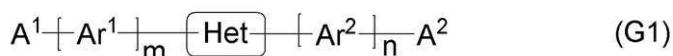
10

【0037】

本発明の一態様は、下記一般式(G1)で表される有機化合物である。

【0038】

【化9】



20

【0039】

但し、一般式(G1)中、*H e t*は、置換もしくは無置換の炭素数2~36の2価の電子不足型の複素芳香族基、好ましくは置換もしくは無置換の炭素数3~36の2価の電子不足型の複素芳香族基、より好ましくは置換もしくは無置換の炭素数4~36の2価の電子不足型の複素芳香族基を表す。また、*A r¹*および*A r²*は、アリーレン基を表し、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6~25のアリーレン基を表す。なお、*m*および*n*は、それぞれ独立に1~5の自然数である。また、*A¹*および*A²*は、複素環骨格を示し、それぞれ独立に、置換もしくは無置換のベンゾチエノカルバゾリル基、ベンゾフロカルバゾリル基、またはインデノカルバゾリル基のいずれかを表す。

【0040】

なお、一般式(G1)で表される化合物は、熱物性の観点から分子量が700以上であることが好ましい。

30

【0041】

また、一般式(G1)で表される化合物は昇華性の観点から分子量が1500以下であることが好ましい。

【0042】

また、本発明の別の一態様は、上記一般式(G1)中、*H e t*は、置換もしくは無置換の炭素数2~18の2価の電子不足型の複素芳香族基、好ましくは置換もしくは無置換の炭素数3~18の2価の電子不足型の複素芳香族基、より好ましくは置換もしくは無置換の炭素数4~18の2価の電子不足型の複素芳香族基を表す。また、*A r¹*および*A r²*は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6~25のアリーレン基を表す。なお、*m*および*n*は、それぞれ独立に1~5の自然数である。また、*A¹*および*A²*は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換のベンゾチエノカルバゾリル基、ベンゾフロカルバゾリル基、またはインデノカルバゾリル基のいずれかを表す。

40

【0043】

上記2価の電子不足型の複素芳香族基とは、少なくとも2つ以上の窒素と炭素から構成される5員環の複素芳香環か、または、少なくとも1つ以上の窒素と炭素から構成される6員環の複素芳香環のいずれかを含み、複素芳香環から水素が二つ抜けた状態にある複素芳香族基とする。なお、2価の電子不足型の複素芳香族基としては、具体的には、2価のピリジン、2価のピリミジン、2価のピラジン、2価のトリアジン、2価のビピリジン

50

、2価のキノキサリン、2価のイミダゾール、2価のトリアゾールなどが挙げられる。

【0044】

また、本発明の別の一態様は、上記一般式(G1)中、Hetは、置換もしくは無置換の2価の電子不足型の単環含窒素複素芳香族基を表す。また、Ar¹およびAr²は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基を表す。なお、mおよびnは、それぞれ独立に1～5の自然数である。また、A¹およびA²は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換のベンゾチエノカルバゾリル基、ベンゾフロカルバゾリル基、またはインデノカルバゾリル基のいずれかを表す。

【0045】

なお、上記2価の電子不足型の単環含窒素複素芳香族基は、具体的には、2価のピリジン、2価のピリミジン、2価のトリアジンなどが挙げられる。

【0046】

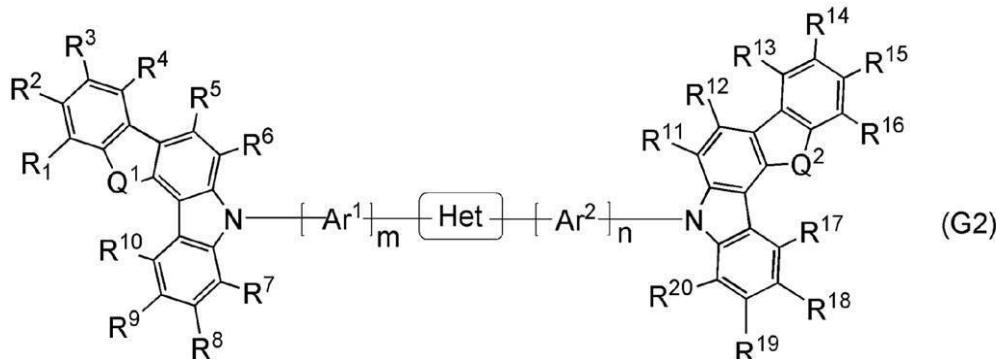
また、本発明の別の一態様は、上記一般式(G1)中、Hetは、置換もしくは無置換の2価のピリジン、2価のピリミジン、2価のピラジン、2価のトリアジン、2価のビピリジン、2価のキノキサリン、または2価のジベンゾキノキサリンのいずれかを表す。また、Ar¹およびAr²は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基を表す。なお、mおよびnは、それぞれ独立に1～5の自然数である。また、A¹およびA²は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換のベンゾチエノカルバゾリル基、ベンゾフロカルバゾリル基、またはインデノカルバゾリル基のいずれかを表す。

【0047】

また、本発明の別の一態様は、下記一般式(G2)で表される有機化合物である。

【0048】

【化10】



【0049】

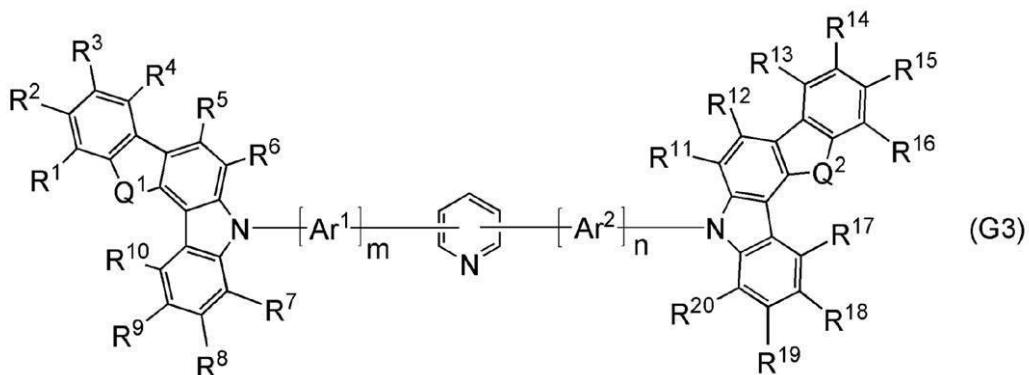
但し、一般式(G2)中、Hetは、置換もしくは無置換の2価のピリジン、2価のピリミジン、2価のピラジン、2価のトリアジン、2価のビピリジン、2価のキノキサリン、または2価のジベンゾキノキサリンのいずれかを表す。また、Ar¹およびAr²は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基を表す。なお、mおよびnは、それぞれ独立に1～5の自然数である。また、Q¹およびQ²は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、置換もしくは無置換の炭素原子のいずれかを表す。また、R¹からR²⁰は、それぞれ独立に、水素、炭素数1～6のアルキル基、炭素数6～13のアリール基のいずれかを表す。

【0050】

また、本発明の別の一態様は、下記一般式(G3)で表される有機化合物である。

【0051】

【化11】



【0052】

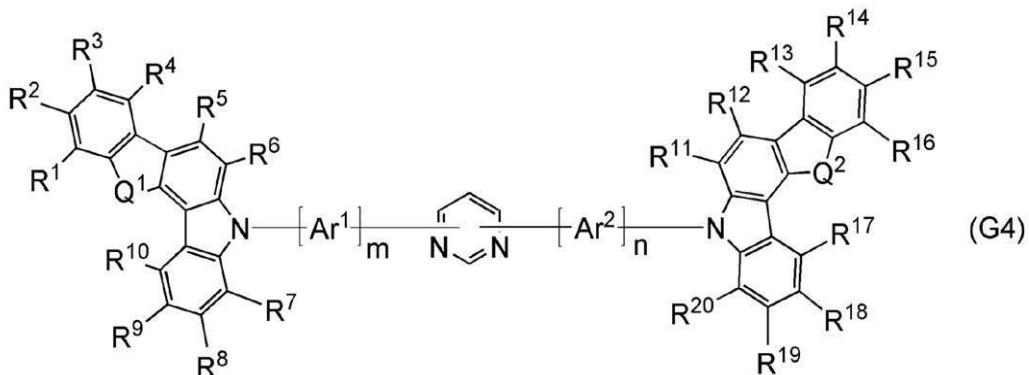
但し、一般式(G3)中、 Ar^1 および Ar^2 は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基を表す。なお、mおよびnは、それぞれ独立に1～5の自然数である。また、 Q^1 および Q^2 は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、置換もしくは無置換の炭素原子のいずれかを表す。また、 R^1 から R^{20} は、それぞれ独立に、水素、炭素数1～6のアルキル基、炭素数6～13のアリール基のいずれかを表す。

【0053】

また、本発明の別の一態様は、下記一般式(G4)で表される有機化合物である。

【0054】

【化12】



【0055】

但し、一般式(G4)中、 Ar^1 および Ar^2 は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基を表す。なお、mおよびnは、それぞれ独立に1～5の自然数である。また、 Q^1 および Q^2 は、それぞれ独立に、硫黄原子、酸素原子、置換もしくは無置換の炭素原子のいずれかを表す。また、 R^1 から R^{20} は、それぞれ独立に、水素、炭素数1～6のアルキル基、炭素数6～13のアリール基のいずれかを表す。

【0056】

上述した一般式(G1)、一般式(G2)、および一般式(G3)における Ar^1 および Ar^2 は、置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基であり、一般式(G1)および一般式(G2)におけるHetが2価のピリジンの場合、結合位置を3位と5位にすることにより、これらを2位と6位にした場合に比べ、分子構造の観点から電子輸送性を高めることができるので、電流効率を高めることができ好ましい。また、一般式(G3)における2価のピリジンの結合位置を、3位と5位とすることにより、これらを2位と6位にした場合に比べ、ピリジンの窒素原子付近の立体障害が小さくなることに起因して、電子輸送性を高めることができるので、電流効率を高めることができ好ましい。

10

20

30

40

50

【0057】

また、上述した一般式（G2）、一般式（G3）、および一般式（G4）におけるQ¹およびQ²が、置換基を有する炭素原子の場合は、その置換基は1つまたは2つの、炭素数1～6のアルキル基、またはフェニル基、またはビフェニル基であることが好ましい。

【0058】

また、上述した一般式（G1）、一般式（G2）、一般式（G3）、および一般式（G4）において、Ar¹およびAr²のアリーレン基は、フェニレン基であればパラフェニレンよりもメタフェニレンであることが好ましい。理由は、Ar¹およびAr²のそれぞれを中心として結合している置換基同士の軌道相互作用を小さくすることができ、バンドギャップ幅や燐光準位を大きくすることができるためである。またアリーレン基がビフェニルジイル基であれば、1,1'-ビフェニル-3,3'-ジイル基が好ましい。10

【0059】

なお、上述した一般式（G1）、一般式（G2）、一般式（G3）、および一般式（G4）におけるAr¹およびAr²は、置換もしくは無置換の炭素数6～25のアリーレン基であり、フェニレン基、ビフェニレン基などが挙げられる。具体的には、1,2-または1,3-または1,4-フェニレン基、2,6-または3,5-または2,4-トルイレン基、4,6-ジメチルベンゼン-1,3-ジイル基、2,4,6-トリメチルベンゼン-1,3-ジイル基、2,3,5,6-テトラメチルベンゼン-1,4-ジイル基、3,3'-または3,4'-または4,4'-ビフェニレン基、1,1':3',1':-テルベンゼン-3,3'-ジイル基、1,1':4',1':-テルベンゼン-3,3'-ジイル基、1,1':4',1':-テルベンゼン-4,4'-ジイル基、1,4-または1,5-または2,6-または2,7-ナフチレン基、2,7-フルオレニレン基、9,9-ジメチル-2,7-フルオレニレン基、9,9-ジフェニル-2,7-フルオレニレン基、9,9-ジメチル-1,4-フルオレニレン基、スピロ-9,9'-ビフルオレン-2,7-ジイル基、9,10-ジヒドロ-2,7-フェナントリレン基、2,7-フェナントリレン基、3,6-フェナントリレン基、9,10-フェナントリレン基等が挙げられる。なお、結合位置は、可能であればいずれでもよい。20

【0060】

また、上述した一般式（G2）、一般式（G3）、および一般式（G4）における炭素数1～6のアルキル基の具体例として、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、sec-ブチル基、イソブチル基、tert-ブチル基、ペンチル基、イソペンチル基、sec-ペンチル基、tert-ペンチル基、ネオペンチル基、ヘキシル基、イソヘキシル基、sec-ヘキシル基、tert-ヘキシル基、ネオヘキシル基、3-メチルペンチル基、2-メチルペンチル基、2-エチルブチル基、1,2-ジメチルブチル基、2,3-ジメチルブチル基等が挙げられる。30

【0061】

また、上述した一般式（G2）、一般式（G3）、および一般式（G4）における炭素数6～12のアリール基の具体例としては、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基などが挙げられる。なお、結合位置は、可能であればいずれでもよい。

【0062】

次に、本発明の一態様である有機化合物の合成方法の一例として、上記一般式（G1）で表される有機化合物の合成方法の一例について説明する。40

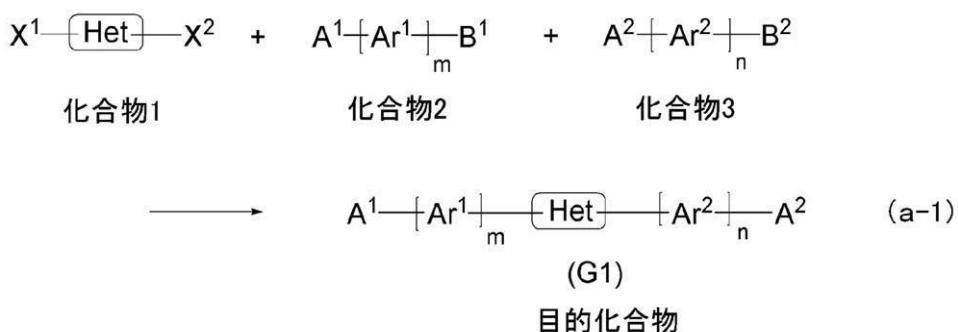
【0063】

一般式（G1）で表される有機化合物の合成方法

一般式（G1）で表される有機化合物は、以下のような簡便な合成スキームにより合成できる。例えば、下記スキーム（a-1）に示すように、化合物1と、化合物2と、化合物3とを、鈴木・宮浦反応によりカップリングさせることにより得られる。

【0064】

【化 1 3】



10

【 0 0 6 5 】

なお、上記合成スキーム(a - 1)において、H e tは、置換もしくは無置換の2価の電子不足型の複素芳香族基を表す。また、X¹およびX²は、ハロゲン又はトリフラート基のいずれかを表す。また、A¹及びA²は、それぞれ独立に置換もしくは無置換のベンゾチエノカルバゾリル基、ベンゾフロカルバゾリル基、またはインデノカルバゾリル基のいずれかを表し、B¹及びB²は、それぞれ独立にボロン酸またはボロン酸エステルのいずれかを表す。また、A r¹及びA r²は、それぞれ独立に置換もしくは無置換の炭素数6乃至25のアリーレン基を表す。なお、mおよびnは、それぞれ独立に1~5の自然数である。

20

【 0 0 6 6 】

なお、上記合成スキーム（a-1）において、化合物2と化合物3が異なる場合は、化合物1と化合物2をカップリングさせ、その反応物と化合物3とをカップリングさせることにより、目的物を収率・純度良く得ることができる。

【 0 0 6 7 】

合成スキーム(a-1)において、パラジウム触媒としては、酢酸パラジウム(II)、テトラキス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(0)、ビス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(II)ジクロライド等を用いることができるが、これらに限られるものでは無い。また、上記パラジウム触媒の配位子としては、トリ(オルト-トリル)ホスフィンや、トリフェニルホスフィンや、トリシクロヘキシルホスフィン等が挙げられるが、配位子はこれらに限られるものでは無い。

30

【 0 0 6 8 】

また、合成スキーム（a-1）において、塩基としては、ナトリウム tert-ブチルシド等の有機塩基や、炭酸カリウム、炭酸ナトリウム等の無機塩基等を用いることができる。但し、用いることができる塩基はこれらに限られるものでは無い。また、溶媒としては、トルエンと水の混合溶媒、トルエンとエタノール等のアルコールと水の混合溶媒、キシレンと水の混合溶媒、キシレンとエタノール等のアルコールと水の混合溶媒、ベンゼンと水の混合溶媒、ベンゼンとエタノール等のアルコールと水の混合溶媒、エチレングリコールジメチルエーテル等のエーテル類と水の混合溶媒、エチレングリコールジメチルエーテル等のエーテル類とt-ブチルアルコール等のアルコールの混合溶媒などを用いることができる。但し、用いることができる溶媒はこれらに限られるものでは無い。

40

【 0 0 6 9 】

なお、上記合成スキーム（a-1）では、化合物2、化合物3は有機ホウ素化合物であるため、鈴木・宮浦カップリング反応により反応を行うが、化合物2、化合物3が有機アルミニウム化合物や、有機ジルコニウム化合物、有機亜鉛化合物、有機スズ化合物等の場合には、クロスカップリング反応を用いて目的物を合成することもできる。しかし、本合成方法は、これらに限定されるものではない。

〔 0 0 7 0 〕

また、食成スキーム (a-1) における化合物 1 をジボロン酸化物とし (X¹ および X²

50

²をボロン酸またはボロン酸エステルにする)、化合物2および化合物3をハロゲン化合物またはトリフラーート化合物(B¹及びB²をハロゲン又はトリフラーート基にする)として反応させても良い。

【0071】

以上、本発明の一態様として有機化合物の合成方法の一例について説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、他の合成方法によって合成されたものであっても良い。

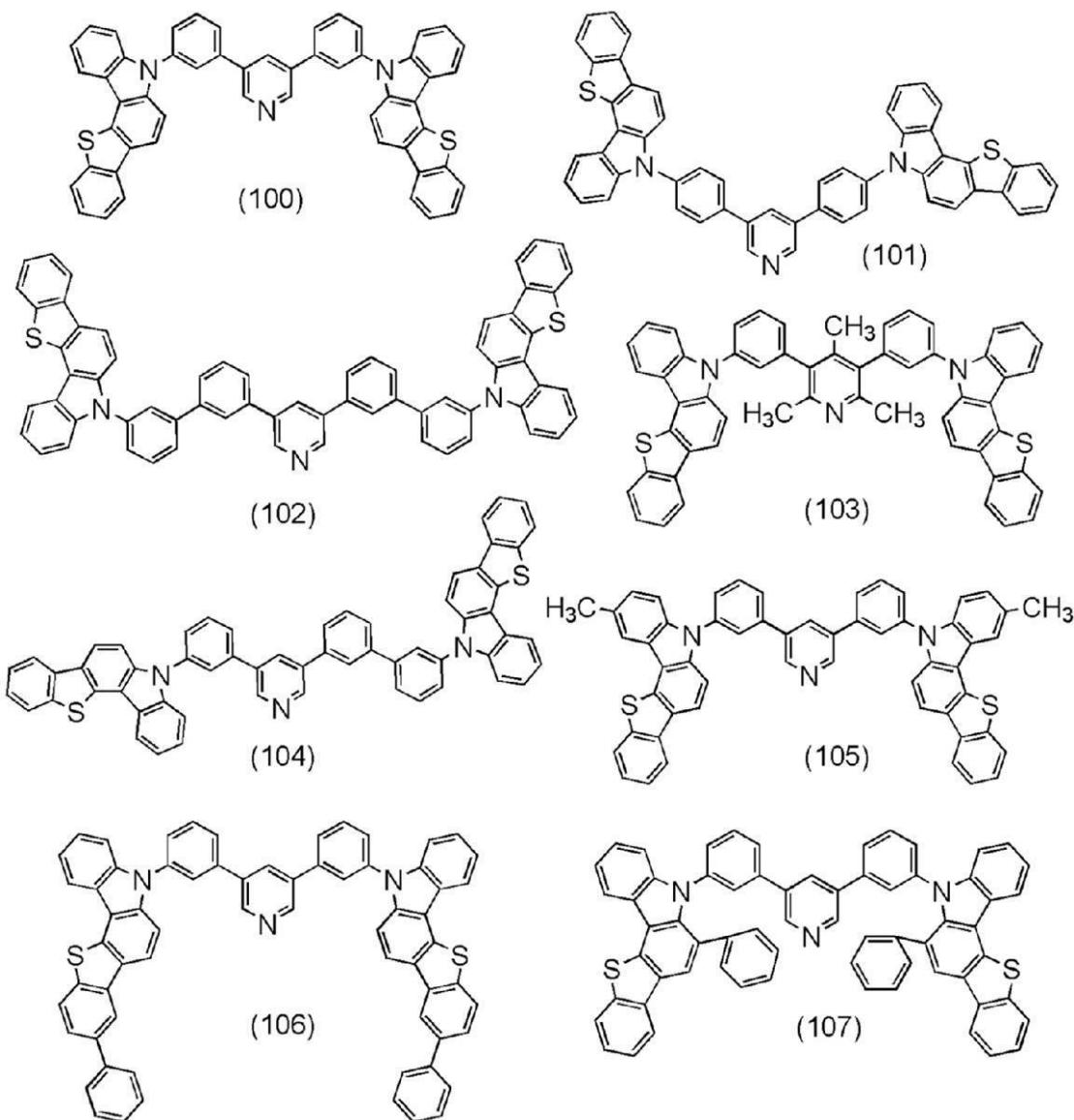
【0072】

また、本発明の一態様である、有機化合物(一般式(G1))の具体的な構造式を以下に示す。(下記構造式(100)~(135)、(200)~(208)、(300)~(303)。)ただし、本発明の一態様はこれらに限定されることはない。

10

【0073】

【化14】



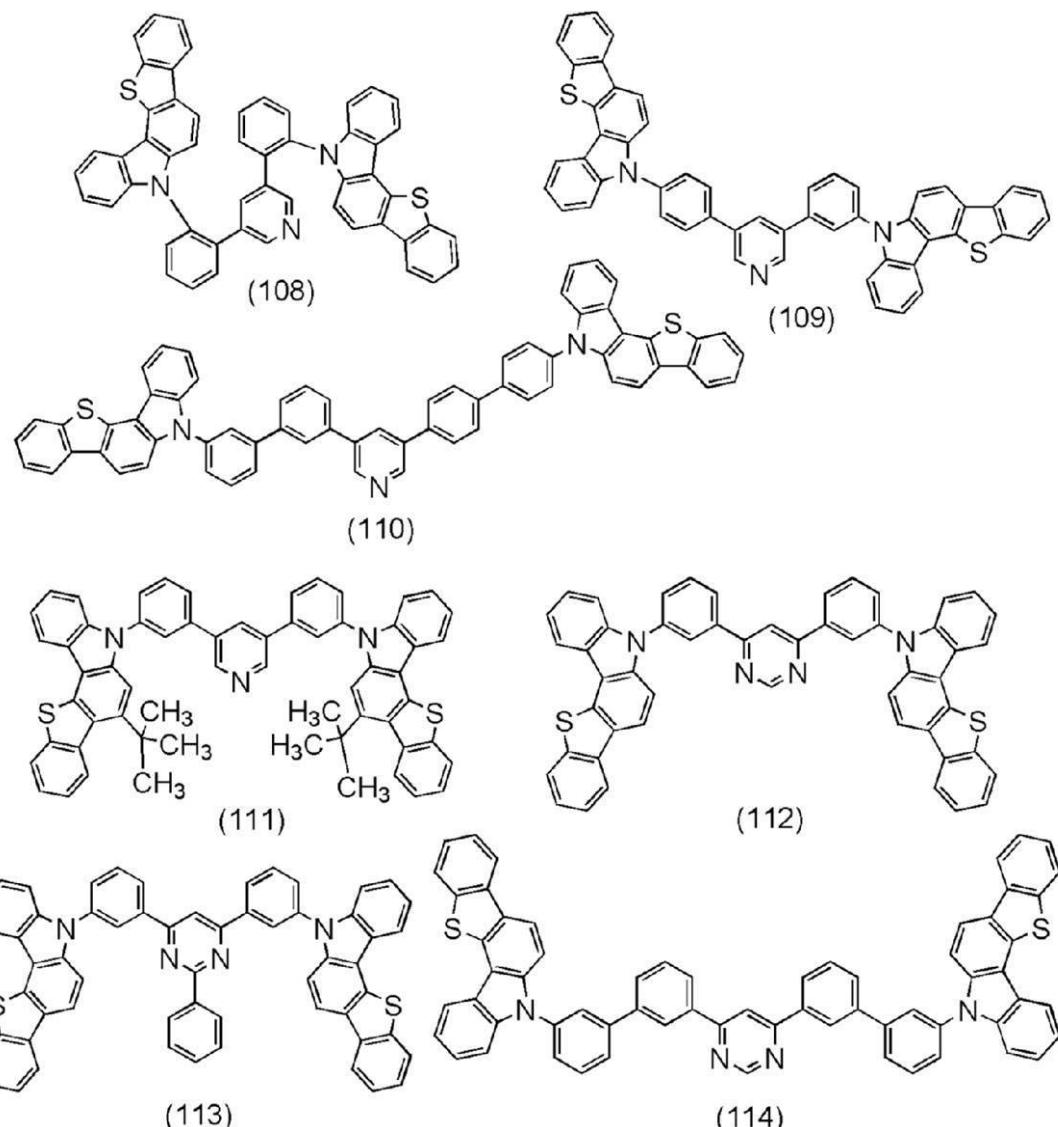
20

30

40

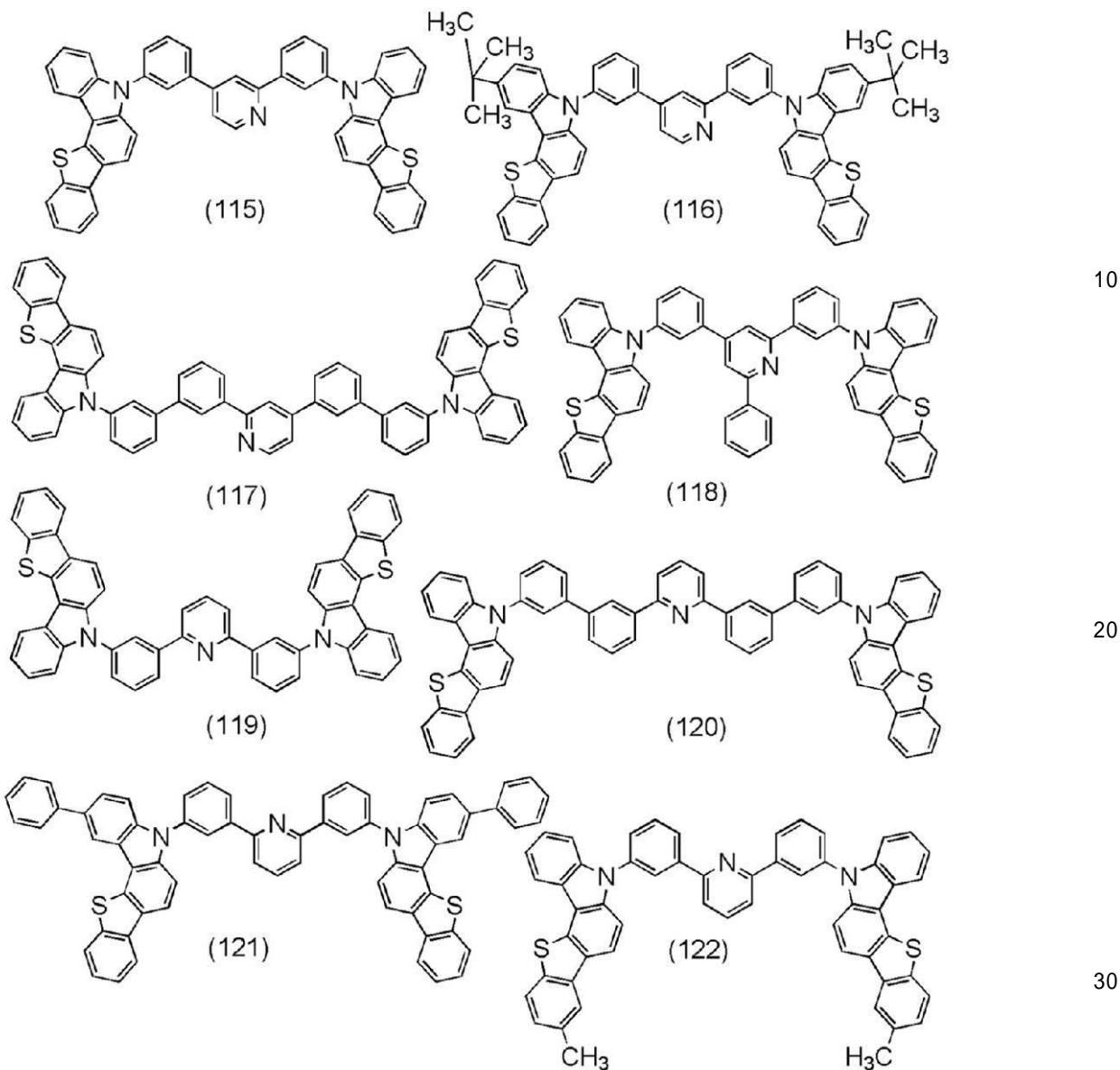
【0074】

【化 15】



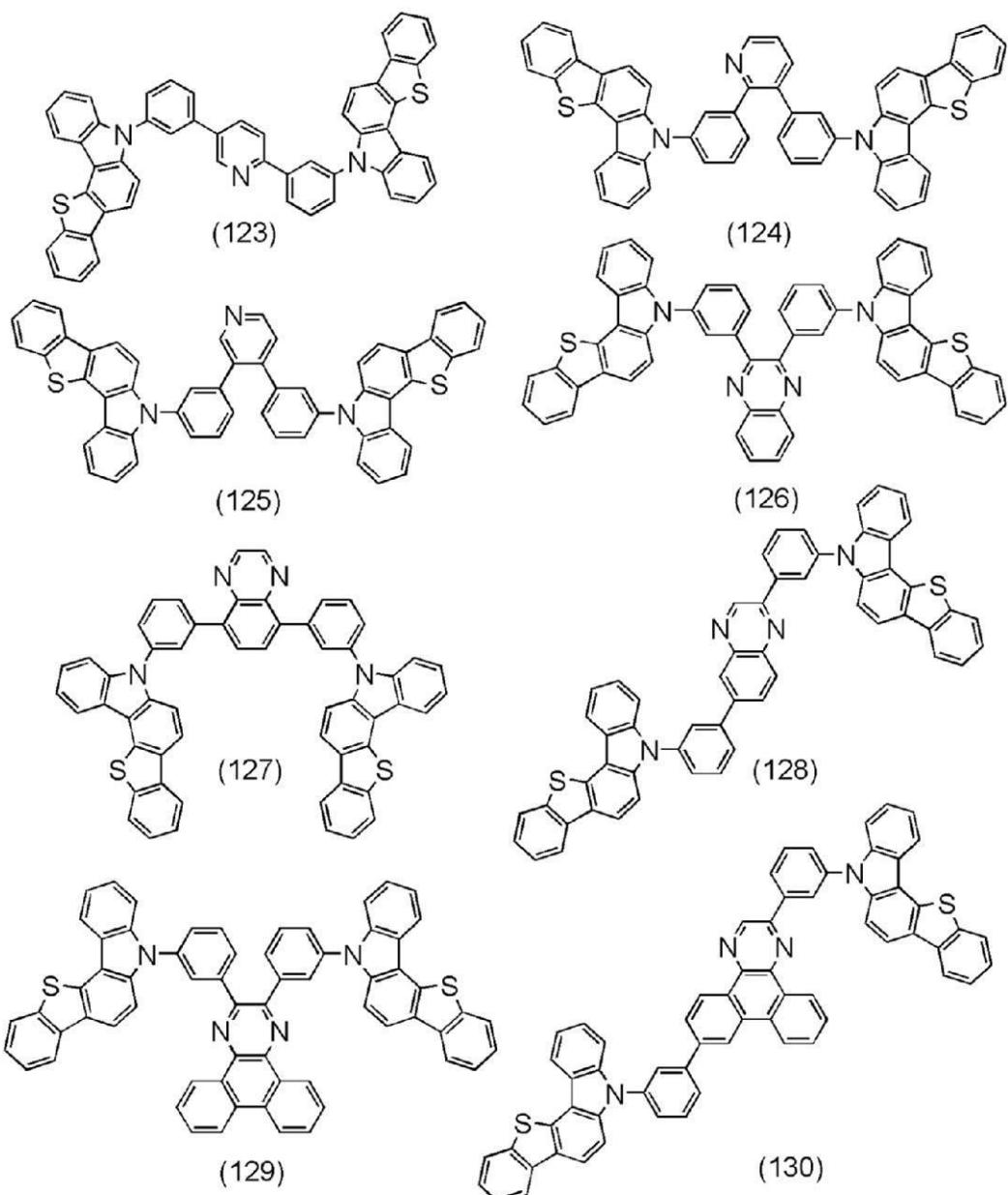
【0075】

【化 16】



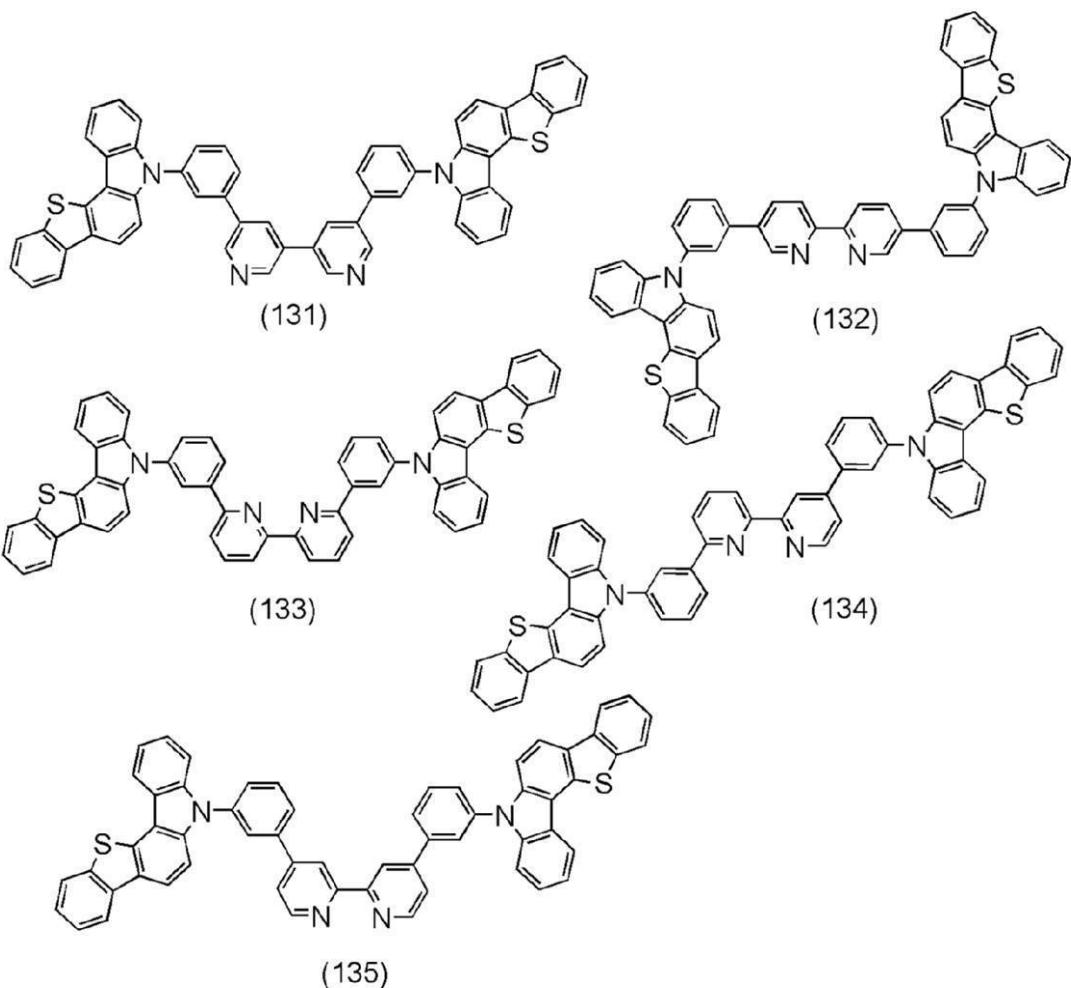
【 0 0 7 6 】

【化17】



【0077】

【化 18】



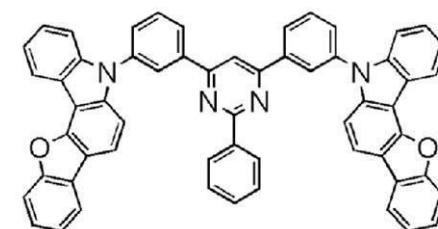
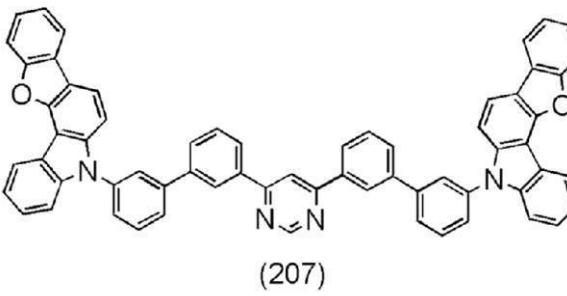
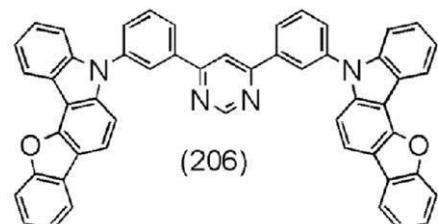
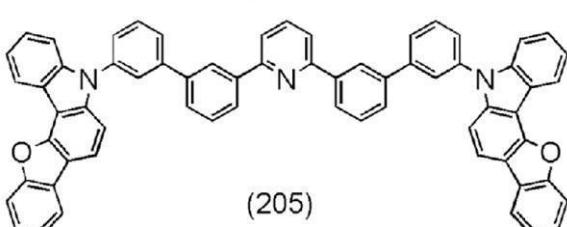
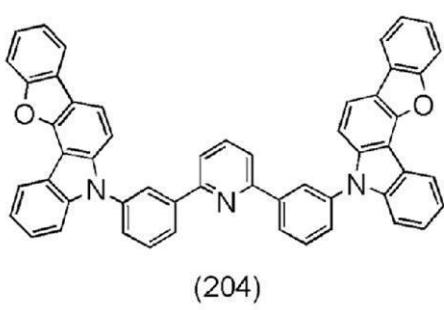
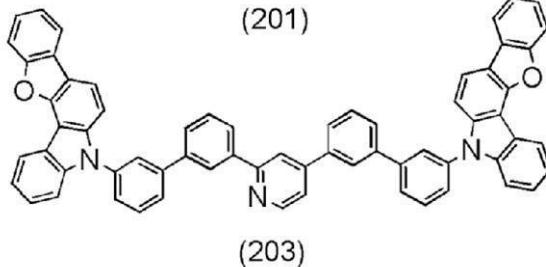
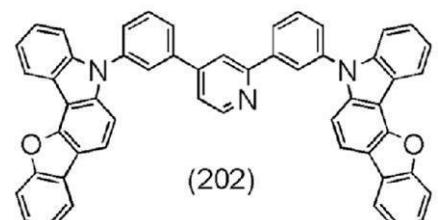
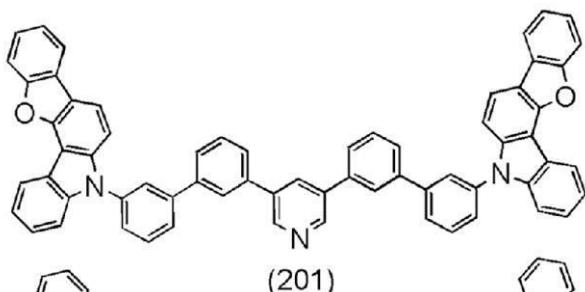
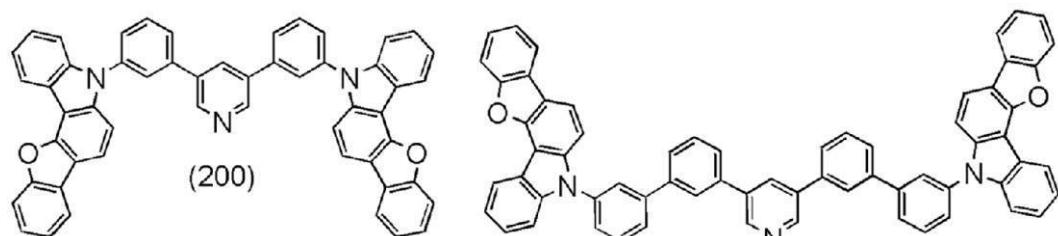
10

20

30

【0078】

【化19】



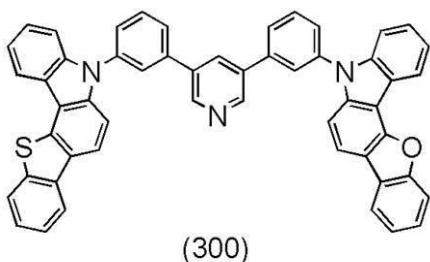
10

20

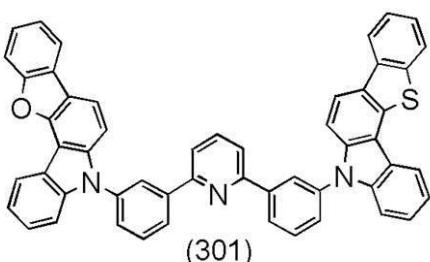
30

【0079】

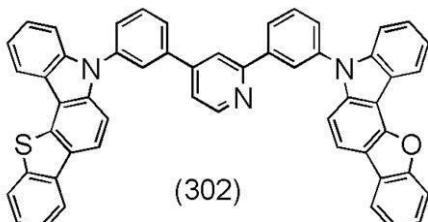
【化 2 0】



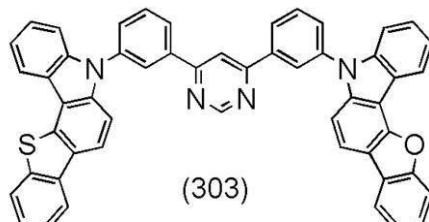
(300)



(301)



(302)



(303)

10

20

30

40

【0 0 8 0】

また、本発明の一態様である有機化合物は、2価の電子不足型の複素芳香族基に対し、アリーレン基およびアリーレン基を介して結合された複素環骨格を、複数有するため、熱物性が高く、発光素子の信頼性を高めることができる。さらに発光層内の電子輸送性を高めることができ、駆動電圧を低減させることができる。

【0 0 8 1】

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

【0 0 8 2】

(実施の形態 2)

本実施の形態では、本発明の一態様である有機化合物をEL材料として用いることができる発光素子の一態様について図1を用いて説明する。

【0 0 8 3】

本実施の形態に示す発光素子は、図1に示すように一対の電極(第1の電極(陽極)101と第2の電極(陰極)103)間に発光層113を含むEL層102が挟まれており、EL層102は、発光層113の他に、正孔(または、ホール)注入層111、正孔(または、ホール)輸送層112、電子輸送層114、電子注入層115などを含んで形成される。

【0 0 8 4】

このような発光素子に対して電圧を印加することにより、第1の電極101側から注入された正孔と第2の電極103側から注入された電子とが、発光層113において再結合し、発光層113に含まれる発光物質を励起状態にする。そして、励起状態の発光物質が基底状態に戻る際に発光する。

【0 0 8 5】

なお、本発明の一態様である有機化合物は、本実施の形態で説明するEL層102のいずれか一層または複数層に用いることができるが、発光層113や、正孔(または、ホール)輸送層112、または電子輸送層114に用いるのがより好ましい。すなわち、以下に説明する発光素子の構成の一部に用いることとする。

【0 0 8 6】

以下に本実施の形態に示す発光素子を作製する上で好ましい具体例について説明する。

【0 0 8 7】

第1の電極(陽極)101および第2の電極(陰極)103には、金属、合金、電気伝導

50

性化合物、およびこれらの混合物などを用いることができる。具体的には、酸化インジウム - 酸化スズ (ITO : Indium Tin Oxide)、珪素若しくは酸化珪素を含有した酸化インジウム - 酸化スズ、酸化インジウム - 酸化亜鉛 (Indium Zinc Oxide)、酸化タンゲステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム、金 (Au)、白金 (Pt)、ニッケル (Ni)、タンゲステン (W)、クロム (Cr)、モリブデン (Mo)、鉄 (Fe)、コバルト (Co)、銅 (Cu)、パラジウム (Pd)、チタン (Ti)、銀 (Ag)、アルミニウム (Al) の他、元素周期表の第 1 族または第 2 族に属する元素、すなわちリチウム (Li) やセシウム (Cs) 等のアルカリ金属、およびカルシウム (Ca)、ストロンチウム (Sr) 等のアルカリ土類金属、マグネシウム (Mg)、およびこれらを含む合金 (MgAg, AlLi)、ユウロピウム (Eu)、イッテルビウム (Yb) 等の希土類金属およびこれらを含む合金、その他グラフェン等を用いることができる。なお、第 1 の電極 (陽極) 101 および第 2 の電極 (陰極) 103 は、例えばスパッタリング法や蒸着法 (真空蒸着法を含む) 等により形成することができる。
10

【0088】

正孔注入層 111 は、正孔輸送性の高い正孔輸送層 112 を介して発光層 113 に正孔を注入する層であり、正孔輸送性の高い物質とアクセプター性物質を含む層である。正孔輸送性の高い物質とアクセプター性物質を含むことで、アクセプター性物質により正孔輸送性の高い物質から電子が引き抜かれて正孔 (ホール) が発生し、正孔輸送層 112 を介して発光層 113 に正孔が注入される。なお、正孔輸送層 112 は、正孔輸送性の高い物質を用いて形成される。
20

【0089】

正孔注入層 111 および正孔輸送層 112 に用いる正孔輸送性の高い物質としては、例えば、4,4'-ビス [N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ] ビフェニル (略称 : NPB または -NPD) や N,N'-ビス (3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン (略称 : TPD)、4,4',4'''-トリス (カルバゾール-9-イル) トリフェニルアミン (略称 : TCTA)、4,4',4'''-トリス (N,N-ジフェニルアミノ) トリフェニルアミン (略称 : TDA-TA)、4,4',4'''-トリス [N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ] トリフェニルアミン (略称 : MTDATA)、4,4'-ビス [N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ] ビフェニル (略称 : BSBP) などの芳香族アミン化合物、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) 等が挙げられる。その他、4,4'-ジ (N-カルバゾリル) ビフェニル (略称 : CBP)、1,3,5-トリス [4-(N-カルバゾリル)フェニル] ベンゼン (略称 : TCPB)、9-[4-(10-フェニル-9-アントラセニル)フェニル]-9H-カルバゾール (略称 : CZPA) 等のカルバゾール誘導体、等を用いることができる。ここに述べた物質は、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{V s}$ 以上の正孔移動度を有する物質である。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。
30

【0090】

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

【0091】

また、正孔注入層 111 に用いるアクセプター性物質としては、元素周期表における第 4
50

族乃至第8族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化モリブデンが特に好みしい。

【0092】

発光層113は、発光物質を含む層である。なお、発光層113は、発光物質のみで構成されていても、ホスト材料中に発光中心物質（ゲスト材料）が分散された状態で構成されても良い。なお、ホスト材料としては、上述した正孔輸送性の高い物質や、後述する電子輸送性の高い物質を用いることができ、三重項励起エネルギーの大きい物質を用いる構成がより好みしい。また、実施の形態1で示した本発明の一態様である有機化合物を組み合わせて用いることができる。

【0093】

発光層113において、発光物質、および発光中心物質として用いることが可能な材料には、特に限定は無く、一重項励起エネルギーを発光に変える発光物質、または三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質を用いることができる。なお、上記発光物質および発光中心物質としては、例えば、以下のようなものが挙げられる。

【0094】

一重項励起エネルギーを発光に変える発光物質としては、例えば、蛍光を発する物質が挙げられる。

【0095】

蛍光を発する物質としては、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：2YGAPA）、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',N'',N''',N'''-オクタフェニルジベンゾ[g,p]クリセン-2,7,10,15-テトラアミン（略称：DBC1）、クマリン30、N-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)-N,9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン（略称：2PCAPA）、N-[9,10-ビス(1,1'-ビフェニル-2-イル)-2-アントリル]-N,9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン（略称：2PCABPhA）、N-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)-N,N',N'-トリフェニル-1,4-フェニレンジアミン（略称：2DPA）、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：2DPABPPhA）、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：DPPhA）、クマリン545T、N,N'-ジフェニルキナクリドン、（略称：DPQd）、ルブレン、5,12-ビス(1,1'-ビフェニル-4-イル)-6,11-ジフェニルテトラセン（略称：BPT）、2-{2-[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

10

20

30

40

50

- ベンゾ[i j]キノリジン - 9 - イル)エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン} プロパンジニトリル(略称: D C M 2)、N , N , N ' , N ' - テトラキス(4 - メチルフェニル)テトラセン - 5 , 11 - ジアミン(略称: p - m P h T D)、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 - m P h A F D)、2 - { 2 - イソプロピル - 6 - [2 - (1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ[i j]キノリジン - 9 - イル)エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン} プロパンジニトリル(略称: D C J T I)、2 - { 2 - t e r t - ブチル - 6 - [2 - (1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ[i j]キノリジン - 9 - イル)エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン} プロパンジニトリル(略称: D C J T B)、2 - (2 , 6 - ビス{ 2 - [4 - (ジメチルアミノ)フェニル]エテニル} - 4 H - ピラン - 4 - イリデン} プロパンジニトリル(略称: B i s D C M)、2 - { 2 , 6 - ビス[2 - (8 - メトキシ - 1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ[i j]キノリジン - 9 - イル)エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン} プロパンジニトリル(略称: B i s D C J T M)などが挙げられる。
10

【 0 0 9 6 】

三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質としては、例えば、燐光を発する物質や熱活性化遅延蛍光を示す熱活性化遅延蛍光(T A D F)材料が挙げられる。なお、T A D F材料における遅延蛍光とは、通常の蛍光と同様のスペクトルを持ちながら、寿命が著しく長い発光をいう。その寿命は、 10^{-6} 秒以上、好ましくは 10^{-3} 秒以上である。
20

【 0 0 9 7 】

燐光を発する物質としては、ビス{ 2 - [3 ' , 5 ' - ビス(トリフルオロメチル)フェニル]ピリジナト - N , C ² '}イリジウム(I I I)ピコリナート(略称: I r (C F ₃ p p y) ₂ (p i c))、ビス[2 - (4 ' , 6 ' - ジフルオロフェニル)ピリジナト - N , C ² '}イリジウム(I I I)アセチルアセトナート(略称: F I r a c a c)、トリス(2 - フェニルピリジナト)イリジウム(I I I)(略称: I r (p p y) ₃)、ビス(2 - フェニルピリジナト)イリジウム(I I I)アセチルアセトナート(略称: I r (p p y) ₂ (a c a c))、トリス(アセチルアセトナト)(モノフェナントロリン)テルビウム(I I I)(略称: T b (a c a c) ₃ (P h e n))、ビス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム(I I I)アセチルアセトナート(略称: I r (b z q) ₂ (a c a c))、ビス(2 , 4 - ジフェニル - 1 , 3 - オキサゾラト - N , C ² ')イリジウム(I I I)アセチルアセトナート(略称: I r (d p o) ₂ (a c a c))、ビス{ 2 - [4 ' - (パーフルオロフェニル)フェニル]ピリジナト - N , C ² '}イリジウム(I I I)アセチルアセトナート(略称: I r (p - P F - p h) ₂ (a c a c))、ビス(2 - フェニルベンゾチアゾラト - N , C ² ')イリジウム(I I I)アセチルアセトナート(略称: I r (b t) ₂ (a c a c))、ビス[2 - (2 ' - ベンゾ[4 , 5 -]チエニル)ピリジナト - N , C ³ ']イリジウム(I I I)アセチルアセトナート(略称: I r (b t p) ₂ (a c a c))、ビス(1 - フェニルイソキノリナト - N , C ² ')イリジウム(I I I)アセチルアセトナート(略称: I r (p i q) ₂ (a c a c))、(アセチルアセトナト)ビス[2 , 3 - ビス(4 - フルオロフェニル)キノキサリナト]イリジウム(I I I)(略称: I r (F d p q) ₂ (a c a c))、(アセチルアセトナト)ビス(3 , 5 - ジメチル - 2 - フェニルピラジナト)イリジウム(I I I)(略称: [I r (m p p r - M e) ₂ (a c a c)])、(アセチルアセトナト)ビス(5 - イソプロピル - 3 - メチル - 2 - フェニルピラジナト)イリジウム(I I I)(略称: [I r (m p p r - i P r) ₂ (a c a c)])、(アセチルアセトナト)ビス(2 , 3 , 5 - トリフェニルピラジナト)イリジウム(I I I)(略称: I r (t p p r) ₂ (a c a c))、ビス(2 , 3 , 5 - トリフェニルピラジナト)(ジビバロイルメタナト)イリジウム(I I I)(略称: [I r (t p p r) ₂ (d p m)])、(アセチルアセトナト)ビス(6 - t e r t - ブチル - 4 - フェニルピリミジナト)イリジウム(I I I)(略称
30

10

20

30

40

50

: [Ir(tBu ppm)₂(acac)])、(アセチルアセトナト) ビス (4 , 6 -ジフェニルピリミジナト) イリジウム (I II) (略称 : [Ir(dppm)₂(acac)])、2 , 3 , 7 , 8 , 12 , 13 , 17 , 18 - オクタエチル - 21H , 23H - ポルフィリン白金 (I I) (略称 : PtOEP) 、トリス (1 , 3 - ジフェニル - 1 , 3 - プロパンジオナト) (モノフェナントロリン) ヨーロピウム (I II) (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) ヨーロピウム (I II) (略称 : Eu (TTA)₃ (Phen)) などが挙げられる。

【 0098 】

なお、上述した三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質を分散状態にするために用いる物質（すなわちホスト材料）としては、例えば、2 , 3 - ビス (4 - ジフェニルアミノフェニル) キノキサリン（略称 : TPAQn ）、NPB のようなアリールアミン骨格を有する化合物の他、CBP 、4 , 4' , 4'' - トリス (カルバゾール - 9 - イル) トリフェニルアミン（略称 : TCTA ）等のカルバゾール誘導体や、ビス [2 - (2 - ヒドロキシフェニル) ピリジナト] 亜鉛（略称 : Znpp₂ ）、ビス [2 - (2 - ヒドロキシフェニル) ベンズオキサゾラト] 亜鉛（略称 : Zn (BOX)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（略称 : Alq ）、トリス (8 - キノリノラト) アルミニウム（略称 : Alq₃ ）等の金属錯体が好ましい。また、PVK のような高分子化合物を用いることもできる。

【 0099 】

また、TADF 材料としては、例えば、フラーレンやその誘導体、プロフラビン等のアクリジン誘導体、エオシン等が挙げられる。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、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)) 、コブ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 (Etiol)) 、オクタエチルポルフィリン - 塩化白金錯体 (PtCl₂OEP) 等が挙げられる。さらに、2 - (ビフェニル - 4 - イル) - 4 , 6 - ビス (12 - フェニルインドロ [2 , 3 - a] カルバゾール - 11 - イル) - 1 , 3 , 5 - トリアジン (PIC - TRZ) 等の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有機化合物を用いることもできる。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ー性が共に強くなり、S₁ と T₁ のエネルギー差が小さくなるため、特に好ましい。

【 0100 】

なお、発光層 113 において、上述した一重項励起エネルギーを発光に変える発光物質や三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質（ゲスト材料）とホスト材料とを一種または複数種含んで形成することにより、発光層 113 からは、発光効率の高い発光を得ることができる。さらに、ホスト材料を複数種用いる場合には、励起錯体（エキサイプレックスとも言う）を形成する組み合わせにするのが好ましい。

【 0101 】

また、発光層 113 は、積層構造を有していてもよい。但し、この場合には、積層された各層からそれぞれの発光が得られる構成とする。例えば、1 層目の発光層からは、蛍光発光が得られる構成とし、1 層目に積層される 2 層目の発光層からは燐光発光が得られる構成とすればよい。なお、積層順については、この逆であってもよい。また、燐光発光が得られる層においては、励起錯体からドーパントへのエネルギー移動による発光が得られる構成とするのが好ましい。また、発光色については、一方の層から青色発光が得られる構

10

20

30

40

50

成とする場合、他方の層からは橙色発光または黄色発光などが得られる構成とすることができる。また、各層において、複数種のドーパントが含まれる構成としてもよい。

【0102】

電子輸送層114は、電子輸送性の高い物質を含む層である。電子輸送層114には、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(略称:Alq₃)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(略称:Almq₃)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(略称:BeBq₂)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)(4-フェニルフェノラト)アルミニウム(略称:BA1q)、ビス[2-(2-ヒドロキシ

フェニル)ベンゾオキサゾラト]亜鉛(略称:Zn(BOX)₂)、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ベンゾチアゾラト]亜鉛(略称:Zn(BTZ)₂)などの金属錯体を用いることができる。また、2-(4-ビフェニリル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称:PBD)、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称:OXD-7)、3-(4'-tert-ブチルフェニル)-4-フェニル-5-(4'-ビフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称:TAZ)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-(4-エチルフェニル)-5-(4-ビフェニリル)-1,2,4-トリアゾール(略称:p-EtTAZ)、バソフェナントロリン(略称:BPhen)、バソキュプロイン(略称:BCP)、4,4'-ビス(5-メチルベンゾオキサゾール-2-イル)スチルベン(略称:BzOs)などの複素芳香族化合物も用いることができる。また、ポリ(2,5-ピリジンジイル)(略称:PPy)、ポリ[(9,9-ジヘキシリフルオレン-2,7-ジイル)-co-(ピリジン-3,5-ジイル)](略称:PF-Py)、ポリ[(9,9-ジオクチルフルオレン-2,7-ジイル)-co-(2,2'-ビピリジン-6,6'-ジイル)](略称:PF-BPy)のような高分子化合物を用いることもできる。ここに述べた物質は、主に $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質である。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、上記以外の物質を電子輸送層114として用いてもよい。また、実施の形態1で示した本発明の一態様である有機化合物を用いることもできる。

【0103】

また、電子輸送層114は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が2層以上積層したものとしてもよい。

【0104】

電子注入層115は、電子注入性の高い物質を含む層である。電子注入層115には、フッ化リチウム(LiF)、フッ化セシウム(CsF)、フッ化カルシウム(CaF₂)、リチウム酸化物(LiO_x)等のようなアルカリ金属、アルカリ土類金属、またはそれらの化合物を用いることができる。また、フッ化エルビウム(ErF₃)のような希土類金属化合物を用いることができる。また、電子注入層115にエレクトライドを用いてもよい。該エレクトライドとしては、例えば、カルシウムとアルミニウムの混合酸化物に電子を高濃度添加した物質等が挙げられる。なお、上述した電子輸送層114を構成する物質を用いることもできる。

【0105】

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

10

20

20

30

40

50

バリウム酸化物等が挙げられる。また、酸化マグネシウムのようなルイス塩基を用いることもできる。また、テトラチアフルバレン(略称:TTF)等の有機化合物を用いることもできる。

【0106】

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

【0107】

上述した発光素子は、EL層102において正孔と電子とが再結合することにより発光する。そして、この発光は、第1の電極101および第2の電極103のいずれか一方または両方を通じて外部に取り出される。従って、第1の電極101および第2の電極103のいずれか一方、または両方が透光性を有する電極となる。

10

【0108】

なお、本実施の形態で示した発光素子は、本発明の一態様である有機化合物をEL材料として用いた発光素子の一例である。なお、本発明の一態様である有機化合物は、T₁準位が高いことから、緑色より短波長の燐光を発する発光素子に用いることで、発光効率の高い発光素子を提供することができる。また、本発明の一態様である有機化合物は、熱物性が良好であることから高温環境下での駆動でも膜質が変化しにくく、素子の特性の変化を抑えることが可能であるため、発光素子に用いることで、信頼性の高い発光素子を得ることができる。

20

【0109】

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

【0110】

(実施の形態3)

本実施の形態では、本発明の一態様である有機化合物をEL材料としてEL層に用い、電荷発生層を挟んでEL層を複数有する構造の発光素子(以下、タンデム型発光素子という)について説明する。

【0111】

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

30

【0112】

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

40

【0113】

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

【0114】

なお、電荷発生層205は、光の取り出し効率の点から、可視光に対して透光性を有する(具体的には、電荷発生層205の可視光の透過率が、40%以上)ことが好ましい。ま

50

た、電荷発生層 205 は、第 1 の電極 201 や第 2 の電極 204 よりも低い導電率であっても機能する。

【0115】

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

【0116】

正孔輸送性の高い有機化合物に電子受容体が添加された構成とする場合において、正孔輸送性の高い有機化合物としては、例えば、N P B や T P D 、 T D A T A 、 M T D A T A 、 B S P B などの芳香族アミン化合物等を用いることができる。ここに述べた物質は、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質である。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い有機化合物であれば、上記以外の物質を用いても構わない。

10

【0117】

また、電子受容体としては、7, 7, 8, 8 - テトラシアノ - 2, 3, 5, 6 - テトラフルオロキノジメタン（略称：F₄-TCNQ）、クロラニル等を挙げることができる。また元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タンクスステン、酸化マンガン、酸化レニウムは電子受容性が高いため好ましい。中でも特に、酸化モリブデンは大気中でも安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。

20

【0118】

一方、電子輸送性の高い有機化合物に電子供与体が添加された構成とする場合において、電子輸送性の高い有機化合物としては、例えば、A l q 、 A l m q₃ 、 B e B q₂ 、 B A l q など、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等を用いることができる。また、この他、Z n (B O X)₂ 、 Z n (B T Z)₂ などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、P B D や O X D - 7 、 T A Z 、 B P h e n 、 B C P なども用いることができる。ここに述べた物質は、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質である。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い有機化合物であれば、上記以外の物質を用いても構わない。

30

【0119】

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

【0120】

なお、上述した材料を用いて電荷発生層 205 を形成することにより、E L 層が積層された場合における駆動電圧の上昇を抑制することができる。

40

【0121】

本実施の形態では、E L 層を2層有する発光素子について説明したが、図2（B）に示すように、n層（ただし、nは、3以上）のE L 層（202（1）～202（n））を積層した発光素子についても、同様に適用することが可能である。本実施の形態に係る発光素子のように、一対の電極間に複数のE L 層を有する場合、E L 層とE L 層との間にそれぞれ電荷発生層（205（1）～205（n-1））を配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度領域での発光が可能である。電流密度を低く保てるため、長寿命素子を実現できる。また、大きな発光面を有する発光装置、電子機器、及び照明装置等に応用した場合は、電極材料の抵抗による電圧降下を小さくできるので、大面積での均一発光が可能となる。

50

【0122】

また、それぞれのEL層の発光色を異なるものにすることで、発光素子全体として、所望の色の発光を得ることができる。例えば、2つのEL層を有する発光素子において、第1のEL層の発光色と第2のEL層の発光色を補色の関係になるようにすることで、発光素子全体として白色発光する発光素子を得ることも可能である。なお、補色とは、混合すると無彩色になる色同士の関係をいう。つまり、補色の関係にある色の光を互いに混合すると、白色発光を得ることができる。具体的には、第1のEL層から青色発光が得られ、第2のEL層から黄色発光または橙色発光が得られる組み合わせが挙げられる。この場合、青色発光と黄色発光（または橙色発光）が両方とも同じ蛍光発光、または燐光発光である必要はなく、青色発光が蛍光発光であり、黄色発光（または橙色発光）が燐光発光である組み合わせや、その逆の組み合わせとしてもよい。

10

【0123】

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

【0124】

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

【0125】

（実施の形態4）

20

本実施の形態では、本発明の一態様である有機化合物をEL層に用いた発光素子を有する発光装置について説明する。

【0126】

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

【0127】

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

【0128】

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

30

【0129】

また、素子基板301上には、駆動回路部303、及び駆動回路部304a、304bに外部からの信号（例えば、ビデオ信号、クロック信号、スタート信号、又はリセット信号等）や電位を伝達する外部入力端子を接続するための引き回し配線307が設けられる。ここでは、外部入力端子としてFPC（フレキシブルプリントサーキット）308を設ける例を示している。なお、ここではFPCしか図示されていないが、このFPCにはプリント配線基板（PWB）が取り付けられていても良い。本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それにFPCもしくはPWBが取り付けられた状態をも含むものとする。

40

【0130】

次に、断面構造について図3(B)を用いて説明する。素子基板301上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、ソース線駆動回路である駆動回路部303と、画素部302が示されている。

【0131】

50

駆動回路部 303 は FET 309 と FET 310 を組み合わせた構成について例示している。なお、駆動回路部 303 は、単極性 (N 型または P 型のいずれか一方のみ) のトランジスタを含む回路で形成されても良いし、N 型のトランジスタと P 型のトランジスタを含む CMOS 回路で形成されても良い。また、本実施の形態では、基板上に駆動回路を形成したドライバー一体型を示すが、必ずしもその必要はなく、基板上ではなく外部に駆動回路を形成することもできる。

【0132】

また、画素部 302 はスイッチング用 FET 311 と、電流制御用 FET 312 と電流制御用 FET 312 の配線 (ソース電極又はドレイン電極) に電気的に接続された第 1 の電極 (陽極) 313 とを含む複数の画素により形成される。また、本実施の形態においては、画素部 302 はスイッチング用 FET 311 と、電流制御用 FET 312 との 2 つの FET により画素部 302 を構成する例について示したが、これに限定されない。例えば、3つ以上の FET と、容量素子とを組み合わせた画素部 302 としてもよい。

10

【0133】

FET 309、310、311、312 としては、例えば、スタガ型や逆スタガ型のトランジスタを適用することができる。FET 309、310、311、312 に用いることのできる半導体材料としては、例えば、第 13 族 (ガリウム等) 半導体、第 14 族 (ケイ素等) 半導体、化合物半導体、酸化物半導体、有機半導体材料を用いることができる。また、該半導体材料の結晶性については、特に限定されず、例えば、非晶質半導体膜、または結晶性半導体膜を用いることができる。特に、FET 309、310、311、312 としては、酸化物半導体を用いると好ましい。該酸化物半導体としては、例えば、In-Ga 酸化物、In-M-Zn 酸化物 (M は、Al、Ga、Y、Zr、La、Ce、または Nd) 等が挙げられる。FET 309、310、311、312 として、例えば、エネルギーギャップが 2 eV 以上、好ましくは 2.5 eV 以上、さらに好ましくは 3 eV 以上の酸化物半導体材料を用いることで、トランジスタのオフ電流を低減することができる。

20

【0134】

また、第 1 の電極 313 の端部を覆って絶縁物 314 が形成されている。ここでは、絶縁物 314 として、ポジ型の感光性アクリル樹脂を用いることにより形成する。また、本実施の形態においては、第 1 の電極 313 を陽極として用いる。

30

【0135】

また、絶縁物 314 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なるのが好ましい。絶縁物 314 の形状を上記のように形成することで、絶縁物 314 の上層に形成される膜の被覆性を良好なものとすることができます。例えば、絶縁物 314 の材料として、ネガ型の感光性樹脂、或いはポジ型の感光性樹脂のいずれかを使用することができ、有機化合物に限らず無機化合物、例えば、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化シリコン等を使用することができる。

【0136】

第 1 の電極 (陽極) 313 上には、EL 層 315 及び第 2 の電極 (陰極) 316 が積層形成されている。EL 層 315 は、少なくとも発光層が設けられている。また、EL 層 315 には、発光層の他に正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層、電荷発生層等を適宜設けることができる。

40

【0137】

なお、第 1 の電極 (陽極) 313、EL 層 315 及び第 2 の電極 (陰極) 316 との積層構造で、発光素子 317 が形成されている。第 1 の電極 (陽極) 313、EL 層 315 及び第 2 の電極 (陰極) 316 に用いる材料としては、実施の形態 2 に示す材料を用いることができる。また、ここでは図示しないが、第 2 の電極 (陰極) 316 は外部入力端子である FPC 308 に電気的に接続されている。

【0138】

また、図 3 (B) に示す断面図では発光素子 317 を 1 つのみ図示しているが、画素部 302 において、複数の発光素子がマトリクス状に配置されているものとする。画素部 30

50

2には、3種類(R、G、B)の発光が得られる発光素子をそれぞれ選択的に形成し、フルカラー表示可能な発光装置を形成することができる。また、3種類(R、G、B)の発光が得られる発光素子の他に、例えば、ホワイト(W)、イエロー(Y)、マゼンタ(M)、シアン(C)等の発光が得られる発光素子を形成してもよい。例えば、3種類(R、G、B)の発光が得られる発光素子に上述の数種類の発光が得られる発光素子を追加することにより、色純度の向上、消費電力の低減等の効果が得ることができる。また、カラーフィルタと組み合わせることによってフルカラー表示可能な発光装置としてもよい。さらに、量子ドットとの組み合わせにより発光効率を向上させ、消費電力を低減させた発光装置としてもよい。

【0139】

10

さらに、シール材305で封止基板306を素子基板301と貼り合わせることにより、素子基板301、封止基板306、およびシール材305で囲まれた空間318に発光素子317が備えられた構造になっている。なお、空間318には、不活性気体(窒素やアルゴン等)が充填される場合の他、シール材305で充填される構成も含むものとする。また、シール材を塗布して貼り合わせる場合には、UV処理や熱処理等のいずれか、またはこれらを組み合わせて行うのが好ましい。

【0140】

20

なお、シール材305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306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)、ポリエスチルまたはアクリル等からなるプラスチック基板を用いることができる。シール材としてガラスフリットを用いる場合には、接着性の観点から素子基板301及び封止基板306はガラス基板であることが好ましい。

【0141】

以上のようにして、アクティブマトリクス型の発光装置を得ることができる。

【0142】

30

また、本発明の一態様である有機化合物をEL層に用いた発光素子を有する発光装置としては、上述したアクティブマトリクス型の発光装置のみならずパッシブマトリクス型の発光装置とすることもできる。

【0143】

図3(C)には、パッシブマトリクス型の発光装置の場合における画素部の断面図を示す。

【0144】

基板351上に発光素子の一方の電極であって、島状に形成された複数の第1の電極352が一方向にストライプ状に形成されている。また、第1の電極352上および第1の電極352の端部を埋めるように絶縁膜355が形成されている。なお、この絶縁膜355は、第1の電極352上の一端において、開口部を有しており、その開口部において、第1の電極352と接するようにEL層354が形成されている。

【0145】

40

また、絶縁膜355上には絶縁材料を用いてなる隔壁356が設けられている。隔壁356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るような傾斜を有する。つまり、隔壁356の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺(絶縁膜355の面方向と同様の方向を向き、絶縁膜355と接する辺)の方が上辺(絶縁膜355の面方向と同様の方向を向き、絶縁膜355と接しない辺)よりも短い。このように、隔壁356を設けることで、静電気等に起因した発光素子の不良を防ぐことができる。

【0146】

50

また、EL層354上には、発光素子の他方の電極である第2の電極353が形成されている。なお、EL層354と第2の電極353は、隔壁356を形成した後、形成されるので、第1の電極352上に順次積層されるだけでなく、隔壁356上にも順次積層され

ている。

【0147】

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

【0148】

以上のようにして、パッシブマトリクス型の発光装置を得ることができる。

【0149】

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

【0150】

(実施の形態5)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置を適用して完成させた様々な電子機器の一例について、図4を用いて説明する。

【0151】

発光装置を適用した電子機器として、例えば、テレビジョン装置(テレビ、又はテレビジョン受信機ともいう)、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機(携帯電話、携帯電話装置ともいう)、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。これらの電子機器の具体例を図4に示す。

【0152】

図4(A)は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置7100は、筐体7101に表示部7103が組み込まれている。表示部7103により、映像を表示することが可能であり、タッチセンサ(入力装置)を搭載したタッチパネル(入出力装置)であってもよい。なお、本発明の一態様である発光装置を表示部7103に用いることができる。また、ここでは、スタンド7105により筐体7101を支持した構成を示している。

【0153】

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

【0154】

なお、テレビジョン装置7100は、受信機やモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般的のテレビ放送の受信を行うことができ、さらにモデムを介して有線又は無線による通信ネットワークに接続することにより、一方向(送信者から受信者)又は双方向(送信者と受信者間、あるいは受信者間同士など)の情報通信を行うことも可能である。

【0155】

図4(B)はコンピュータであり、本体7201、筐体7202、表示部7203、キーボード7204、外部接続ポート7205、ポインティングデバイス7206等を含む。なお、コンピュータは、本発明の一態様である発光装置をその表示部7203に用いることにより作製することができる。また、表示部7203は、タッチセンサ(入力装置)を搭載したタッチパネル(入出力装置)であってもよい。

【0156】

図4(C)は、スマートウォッチであり、筐体7302、表示パネル7304、操作ボタン7311、7312、接続端子7313、バンド7321、留め金7322、等を有する。

【0157】

ベゼル部分を兼ねる筐体7302に搭載された表示パネル7304は、非矩形状の表示領域を有している。表示パネル7304は、時刻を表すアイコン7305、その他のアイコ

10

20

30

40

50

ン7306等を表示することができる。また、表示パネル7304は、タッチセンサ（入力装置）を搭載したタッチパネル（入出力装置）であってもよい。

【0158】

なお、図4(C)に示すスマートウォッチは、様々な機能を有することができる。例えば、様々な情報（静止画、動画、テキスト画像など）を表示部に表示する機能、タッチパネル機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示する機能、様々なソフトウェア（プログラム）によって処理を制御する機能、無線通信機能、無線通信機能を用いて様々なコンピュータネットワークに接続する機能、無線通信機能を用いて様々なデータの送信又は受信を行う機能、記録媒体に記録されているプログラム又はデータを読み出して表示部に表示する機能、等を有することができる。

10

【0159】

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

【0160】

図4(D)は、携帯電話機（スマートフォンを含む）の一例を示している。携帯電話機7400は、筐体7401に、表示部7402、マイク7406、スピーカ7405、カメラ7407、外部接続部7404、操作用ボタン7403などを備えている。また、本発明の一態様に係る発光素子を、可撓性を有する基板に形成して発光装置を作製した場合、図4(D)に示すような曲面を有する表示部7402に適用することが可能である。

20

【0161】

図4(D)に示す携帯電話機7400は、表示部7402を指などで触ることで、情報を入力することができる。また、電話を掛ける、或いはメールを作成するなどの操作は、表示部7402を指などで触ることにより行うことができる。

【0162】

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。

30

【0163】

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

【0164】

また、携帯電話機7400内部に、ジャイロセンサや加速度センサ等の検出装置を設けることで、携帯電話機7400の向き（縦か横か）を判断して、表示部7402の画面表示を自動的に切り替えるようにすることができる。

40

【0165】

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

【0166】

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。

【0167】

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74

50

02に掌や指で触れ、掌紋、指紋等を撮像することで、本人認証を行うことができる。また、表示部に近赤外光を発光するバックライト又は近赤外光を発光するセンシング用光源を用いれば、指静脈、掌静脈などを撮像することもできる。

【0168】

さらに、携帯電話機（スマートフォンを含む）の別の構成として、図4（D'-1）や図4（D'-2）のような構造を有する携帯電話機に適用することもできる。

【0169】

なお、図4（D'-1）や図4（D'-2）のような構造を有する場合には、文字情報や画像情報を筐体7500(1)、7500(2)の第1面7501(1)、7501(2)だけでなく、第2面7502(1)、7502(2)に表示させることができる。
10 このような構造を有することにより、携帯電話機を胸ポケットに収納したままの状態で、第2面7502(1)、7502(2)などに表示された文字情報や画像情報を使用者が容易に確認することができる。

【0170】

また、図5（A）～（C）に、折りたたみ可能な携帯情報端末9310を示す。図5（A）に展開した状態の携帯情報端末9310を示す。図5（B）に展開した状態又は折りたたんだ状態の一方から他方に変化する途中の状態の携帯情報端末9310を示す。図5（C）に折りたたんだ状態の携帯情報端末9310を示す。携帯情報端末9310は、折りたたんだ状態では可搬性に優れ、展開した状態では、継ぎ目のない広い表示領域により表示の一覧性に優れる。
20

【0171】

表示パネル9311はヒンジ9313によって連結された3つの筐体9315に支持されている。なお、表示パネル9311は、タッチセンサ（入力装置）を搭載したタッチパネル（入出力装置）であってもよい。また、表示パネル9311は、ヒンジ9313を介して2つの筐体9315間を屈曲させることにより、携帯情報端末9310を展開した状態から折りたたんだ状態に可逆的に変形させることができる。本発明の一態様の発光装置を表示パネル9311に用いることができる。表示パネル9311における表示領域9312は折りたたんだ状態の携帯情報端末9310の側面に位置する表示領域である。表示領域9312には、情報アイコンや使用頻度の高いアプリやプログラムのショートカットなどを表示させることができ、情報の確認やアプリなどの起動をスムーズに行うことができる。
30

【0172】

以上のようにして、本発明の一態様である発光装置を適用して電子機器を得ることができる。なお、適用できる電子機器は、本実施の形態に示したものに限らず、あらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。

【0173】

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

【0174】

（実施の形態6）

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置を適用した照明装置の一例について、図6を用いて説明する。
40

【0175】

図6は、発光装置を室内の照明装置8001として用いた例である。なお、発光装置は大面積化も可能であるため、大面積の照明装置を形成することもできる。その他、曲面を有する筐体を用いることで、筐体、カバー、または支持台を有し、発光領域が曲面を有する照明装置8002を形成することもできる。本実施の形態で示す発光装置に含まれる発光素子は薄膜状であり、筐体のデザインの自由度が高い。したがって、様々な意匠を凝らした照明装置を形成することができる。さらに、室内の壁面に大型の照明装置8003を備えても良い。
50

【0176】

また、発光装置をテーブルの表面に用いることによりテーブルとしての機能を備えた照明装置8004とすることができる。なお、その他の家具の一部に発光装置を用いることにより、家具としての機能を備えた照明装置とすることができる。

【0177】

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

【0178】

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

【0179】

(実施の形態7)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光素子を適用して作製された照明装置の構成について図31を用いて説明する。

【0180】

図31(A)、(B)、(C)、(D)、(E)は、照明装置の平面図および断面図の例である。図31(A)、(B)、(C)は基板側に光を取り出すボトムエミッション型の照明装置である。図31(A)の一点鎖線G-Hにおける断面を図31(B)に示す。

【0181】

図31(A)、(B)に示す照明装置4000は、基板4005上に発光素子4007を有する。また、基板4005の外側に凹凸を有する基板4003を有する。発光素子4007は、下部電極4013と、EL層4014と、上部電極4015を有する。

【0182】

下部電極4013は、電極4009と電気的に接続され、上部電極4015は電極4011と電気的に接続される。また、下部電極4013と電気的に接続される補助配線4017を設けてもよい。

【0183】

基板4005と封止基板4019は、シール材4021で接着されている。また封止基板4019と発光素子4007の間に乾燥剤4023が設けられていることが好ましい。

【0184】

基板4003は、図31(A)のような凹凸を有するため、発光素子4007で生じた光の取り出し効率を向上させることができる。また、基板4003に代えて、図31(C)の照明装置4001のように、基板4025の外側に拡散板4027を設けてもよい。

【0185】

図31(D)および(E)は、基板と反対側に光を取り出すトップエミッション型の照明装置である。

【0186】

図31(D)の照明装置4100は、基板4125上に発光素子4107を有する。発光素子4107は、下部電極4113と、EL層4114と、上部電極4115を有する。

【0187】

下部電極4113は、電極4109と電気的に接続され、上部電極4115は電極4111と電気的に接続される。また上部電極4115と電気的に接続される補助配線4117を設けてもよい。また補助配線4117の下部に、絶縁層4131を設けてもよい。

【0188】

基板4125と凹凸のある封止基板4103は、シール材4121で接着されている。また、封止基板4103と発光素子4107の間に平坦化膜4105およびバリア膜4129を設けてもよい。

【0189】

封止基板4103は、図31(D)のような凹凸を有するため、発光素子4107で生じた光の取り出し効率を向上させることができる。また、封止基板4103に代えて、図3

1 (E) の照明装置 4 1 0 1 のように、発光素子 4 1 0 7 の上に拡散板 4 1 2 7 を設けてもよい。

【 0 1 9 0 】

EL 層 4 0 1 4 および EL 層 4 1 1 4 が有する発光層に、本発明の一態様である発光素子を適用することができる。該発光素子は低い駆動電圧、高い電流効率、または長寿命を実現することができるため、低消費電力または長寿命の照明装置 4 0 0 0 、 4 0 0 1 、 4 1 0 0 、 4 1 0 1 を提供することができる。

【 0 1 9 1 】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態、または実施例に示す構成と適宜組み合わせることができる。

10

【 実施例 1 】

【 0 1 9 2 】

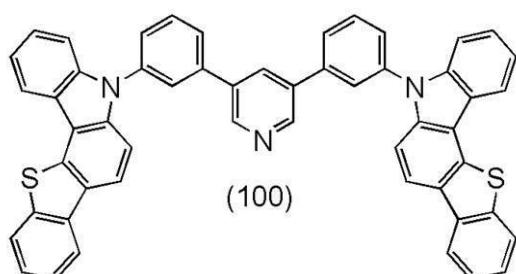
合成例 1

本実施例では、本発明の一態様である有機化合物、 5 , 5 ' - (3 , 5 - ピリジンジイル - 3 , 1 - フェニレン) ビス - 5 H - ベンゾチエノ [3 , 2 - c] カルバゾール (略称 : 3 , 5 m B T c P 2 P y) (構造式 (1 0 0)) の合成方法について説明する。なお、 3 , 5 m B T c P 2 P y の構造を以下に示す。

【 0 1 9 3 】

【 化 2 1 】

20



【 0 1 9 4 】

0 . 9 5 g (4 . 0 m m o l) の 3 , 5 - ジプロモピリジンと、 3 . 5 g (8 . 8 m m o l) の 3 - (5 H - ベンゾチエノ [3 , 2 - c] カルバゾール - 5 - イル) フェニルボロン酸と、 0 . 1 2 g (0 . 4 0 m m o l) の ト里斯 (2 - メチルフェニル) ホスフィンと 2 . 4 g (1 8 m m o l) の 炭酸カリウムと、 8 . 8 m L の水と、 1 5 m L のトルエンと、 5 m L のエタノールを 1 0 0 m L 三口フラスコに入れ、 減圧下で攪拌することにより脱気し、 フラスコ内を窒素置換した。

30

【 0 1 9 5 】

この混合物に 1 8 m g (0 . 0 8 0 m m o l) の 酢酸パラジウム (I I) を加え、 窒素気流下、 9 0 ° で 8 時間攪拌した。攪拌後、 析出した固体を吸引濾過により濾取した。この固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー (トルエンついでトルエン : 酢酸エチル = 2 : 1) により精製した。得られたフラクションを濃縮し油状物を得た。この油状物を高速液体カラムクロマトグラフィー (H P L C) により精製した。得られたフラクションを濃縮し、 固体を得た。この固体を酢酸エチルで再結晶し、 析出した固体を吸引濾過により濾取した。得られた固体にヘキサンを加えて超音波を照射し、 固体を吸引濾過により濾取したところ、 目的物である白色固体を収量 2 . 0 g 、 収率 6 5 % で得た。

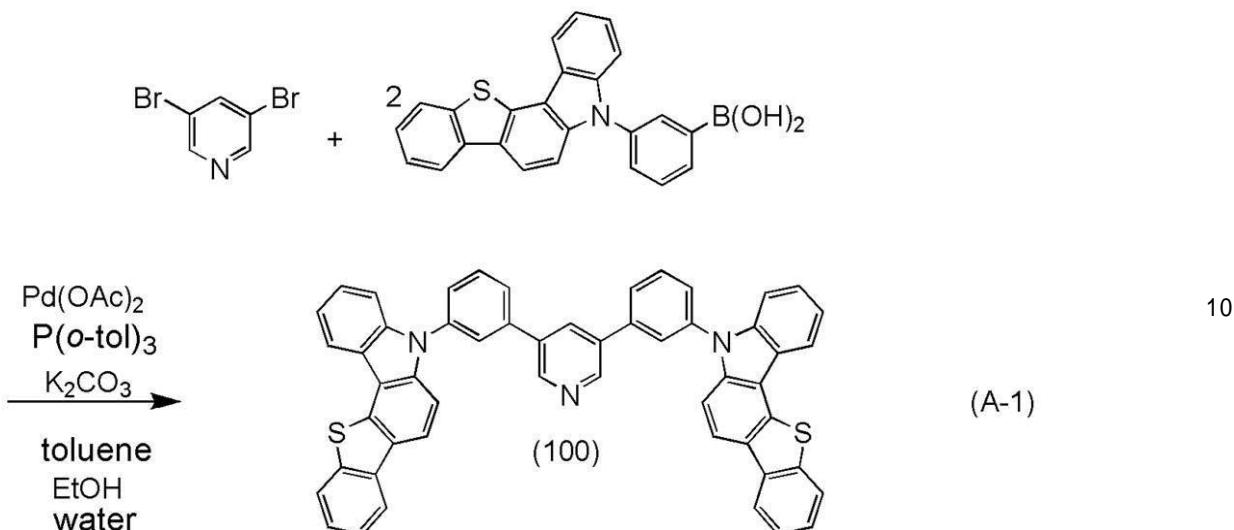
40

【 0 1 9 6 】

上述した合成方法の合成スキームを下記 (A - 1) に示す。

【 0 1 9 7 】

【化22】



【0198】

得られた白色固体 2.0 g をトレインサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製は、圧力 3.0 Pa、アルゴン流量 5.0 mL/min の条件で、3,5 mBTcP2Py を 320 °C で加熱して行った。昇華精製後 3,5 mBTcP2Py の白色固体を 0.77 g、回収率 39 % で得た。

【0199】

上記合成方法により得られた白色固体の核磁気共鳴分光法 (¹H-NMR) による分析結果を下記に示す。また、¹H-NMR チャートを図 7 に示す。このことから、本発明の一態様である有機化合物、3,5 mBTcP2Py (構造式 (100)) が得られたことがわかった。

【0200】

¹H-NMR (CDCl₃, 300 MHz) : (ppm) = 7.44 - 7.57 (m, 12H)、7.69 - 7.72 (m, 2H)、7.79 - 7.81 (m, 4H)、7.92 (s, 2H)、8.00 (d, J = 7.3 Hz, 2H)、8.17 - 8.21 (m, 5H)、8.31 - 8.34 (m, 2H)、8.97 (d, J = 2.4 Hz, 2H).

【0201】

次に、3,5 mBTcP2Py のトルエン溶液と薄膜の紫外可視吸収スペクトル（以下、単に「吸収スペクトル」という）及び発光スペクトルを室温にて測定した。3,5 mBTcP2Py のトルエン溶液のスペクトル測定は、溶液を石英セルに入れて測定した。3,5 mBTcP2Py の薄膜のスペクトル測定は、3,5 mBTcP2Py を石英基板に蒸着して作製したサンプルを用いて測定した。また、吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V550 型）を用い、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（（株）浜松ホトニクス製 FS920）を用いた。得られた 3,5 mBTcP2Py のトルエン溶液の吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図 8 (A) に、薄膜の吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図 8 (B) に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。また、図 8 において 2 本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図 8 (A) に示す吸収スペクトルは、得られた吸収スペクトルから、トルエンおよび石英セルの吸収スペクトルを差し引くことで得た。なお図 8 (B) に示す吸収スペクトルは、得られた吸収スペクトルから石英基板の吸収スペクトルを差し引くことで得た。

【0202】

図 8 に示すように、本発明の一態様である 3,5 mBTcP2Py のトルエン溶液は、355 nm 付近、340 nm 付近、305 nm 付近および 284 nm 付近に吸収ピークを有し、359 nm 付近および 380 nm 付近に発光ピークを有していた。また 3,5 mBTcP2Py

10

20

30

40

50

cP2Pyの薄膜は、361 nm付近、345 nm付近、310 nm付近および286 nm付近に吸収ピークを有し、371 nm付近および405 nm付近に発光ピークを有していた。このように3,5mBTcP2Pyは非常に短波長な領域に吸収および発光を示すことがわかった。

【0203】

次に、本発明の一態様である3,5mBTcP2Pyを液体クロマトグラフ質量分析(Liquid Chromatography Mass Spectrometry, 略称: LC/MS分析)によって分析した。

【0204】

LC/MS分析は、ウォーターズ社製Acquity UPLCおよびウォーターズ社製Xevo G2 Tof MSを用いて行った。

【0205】

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

【0206】

測定結果を図9に示す。図9の結果から、構造式(100)で表される本発明の一態様である有機化合物、3,5mBTcP2Pyは、主としてm/z = 774付近、m/z = 501付近、m/z = 273付近、m/z = 347付近にプロダクトイオンが検出されたことがわかった。なお、図9に示す結果は、3,5mBTcP2Pyに由来する特徴的な結果を示すものであることから、混合物中に含まれる3,5mBTcP2Pyを同定するまでの重要なデータであるといえる。

【実施例2】

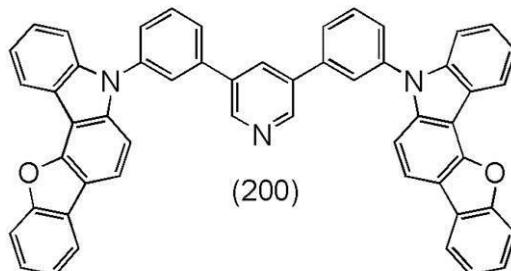
【0207】

合成例2

本実施例では、本発明の一態様である有機化合物、5,5'--(3,5-ピリジンジイル-3,1-フェニレン)ビス-5H-ベンゾフロ[3,2-c]カルバゾール(略称: 3,5mBFCP2Py)(構造式(200))の合成方法について説明する。なお、3,5mBFCP2Pyの構造を以下に示す。

【0208】

【化23】



【0209】

1.2 g (4.8 mmol)の3,5-ジプロモピリジンと、4.0 g (11 mmol)の3-(5H-ベンゾフロ[3,2-c]カルバゾール-5-イル)フェニルボロン酸と、0.15 g (0.48 mmol)のトリス(2-メチルフェニル)ホスフィンと、2.9 g (21 mmol)の炭酸カリウムと、18 mLのトルエンと、6.0 mLのエタノールと、10 mLの水を100 mL三口フラスコに入れ、減圧下で攪拌することにより脱気

10

20

30

40

50

し、フラスコ内を窒素置換した。

【0210】

この混合物に22mg(0.10mmol)の酢酸パラジウム(II)を加え、窒素気流下、90で7.5時間攪拌した。攪拌後、この混合物に水を加え、水層を酢酸エチルで抽出した。

【0211】

得られた抽出液と有機層を合わせ、水及び飽和食塩水で洗浄し、硫酸マグネシウムで乾燥した。この混合物を自然濾過により濾別し、濾液を濃縮して油状物を得た。得られた油状物をシリカゲルカラムクロマトグラフィー(ヘキサン：酢酸エチル=15:1)により精製した。得られた油状物を高速液体カラムクロマトグラフィー(HPLC)により精製した。得られたフラクションを濃縮し、油状物を得た。得られた油状物をトルエンで再結晶し、析出した固体を吸引濾過により濾取した。得られた固体にヘキサンを加えて超音波を照射し、固体を吸引濾過により濾取したところ、目的物である白色固体を収量2.2g、收率62%で得た。

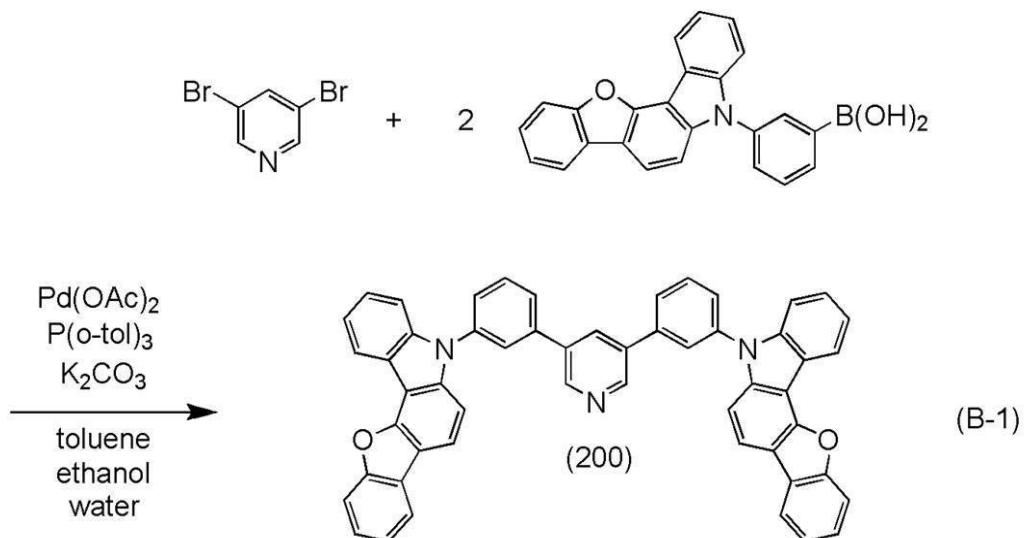
10

【0212】

上述した合成方法の合成スキームを下記(B-1)に示す。

【0213】

【化24】



【0214】

得られた白色固体2.2gをトレインサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製は、圧力2.5Pa、アルゴン流量5.0mL/minの条件で、3,5mBFcP2Pyを340で加熱して行った。昇華精製後3,5mBFcP2Pyの白色粉末固体を1.3g、回収率59%で得た。

30

【0215】

上記合成方法により得られた白色固体の核磁気共鳴分光法(¹H-NMR)による分析結果を下記に示す。また、¹H-NMRチャートを図10(A)(B)に示す。なお、図10(B)は、図10(A)に対して横軸()を7(ppm)から9.5(ppm)の範囲とした拡大図である。このことから、本発明の一態様である有機化合物、3,5mBFcP2Py(構造式(200))が得られたことがわかった。

40

【0216】

¹H NMR(CDCI₃, 300MHz): (ppm)=7.36-7.51(m, 12H)、7.68-7.81(m, 8H)、7.92-7.99(m, 6H)、8.17-8.18(m, 1H)、8.59(d, J=6.3Hz, 2H)、8.97(d, J=1.8Hz, 2H).

50

【0217】

次に、 $3,5\text{mBFcP}2\text{Py}$ のトルエン溶液と薄膜の紫外可視吸収スペクトル（以下、単に「吸収スペクトル」という）及び発光スペクトルを室温にて測定した。 $3,5\text{mBFcP}2\text{Py}$ のトルエン溶液のスペクトル測定は、溶液を石英セルに入れて測定した。 $3,5\text{mBFcP}2\text{Py}$ の薄膜のスペクトル測定は、 $3,5\text{mBFcP}2\text{Py}$ を石英基板に蒸着して作製したサンプルを用いて測定した。また、吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計（（株）日本分光製 V550型）を用い、発光スペクトルの測定には、蛍光光度計（（株）浜松ホトニクス製 FS920）を用いた。得られた $3,5\text{mBFcP}2\text{Py}$ のトルエン溶液の吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図11（A）に、薄膜の吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図11（B）に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。また、図11において2本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図11（A）に示す吸収スペクトルは、得られた吸収スペクトルから、トルエンおよび石英セルの吸収スペクトルを差し引くことで得た。なお図11（B）に示す吸収スペクトルは、得られた吸収スペクトルから石英基板の吸収スペクトルを差し引くことで得た。

10

【0218】

図11に示すように、本発明の一態様である $3,5\text{mBFcP}2\text{Py}$ のトルエン溶液は、 352nm 付近、 336nm 付近、 307nm 付近、 288nm 付近および 284nm 付近に吸収ピークを有し、 355nm 付近および 374nm 付近に発光ピークを有していた。また $3,5\text{mBFcP}2\text{Py}$ の薄膜は、 356nm 付近、 341nm 付近、 312nm 付近および 272nm 付近に吸収ピークを有し、 367nm 付近および 405nm 付近に発光ピークを有していた。このように $3,5\text{mBFcP}2\text{Py}$ は非常に短波長な領域に吸収および発光を示すことがわかった。

20

【0219】

次に、本発明の一態様である $3,5\text{mBFcP}2\text{Py}$ を液体クロマトグラフ質量分析（Liquid Chromatography Mass Spectrometry, 略称：LC/MS分析）によって分析した。

30

【0220】

LC/MS分析は、ウォーターズ社製 Acuity UPLC およびウォーターズ社製 Xevo G2 Tof MS を用いて行った。

30

【0221】

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

【0222】

測定結果を図12に示す。図12の結果から、構造式（200）で表される本発明の一態様である有機化合物、 $3,5\text{mBFcP}2\text{Py}$ は、主として $m/z = 742$ 付近、 $m/z = 485$ 付近、 $m/z = 257$ 付近にプロダクトイオンが検出されることがわかった。なお、図12に示す結果は、 $3,5\text{mBFcP}2\text{Py}$ に由来する特徴的な結果を示すものであることから、混合物中に含まれる $3,5\text{mBFcP}2\text{Py}$ を同定する上で重要なデータであるといえる。

40

【実施例3】

【0223】

合成例3

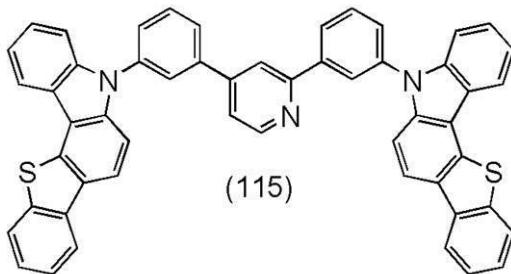
本実施例では、本発明の一態様である有機化合物、 $5,5'-(2,4-\text{ピリジンジイル}-3,1-\text{フェニレン})\text{ビス}-5\text{H}-\text{ベンゾチエノ}[3,2-\text{c}]\text{カルバゾール}$ （略称：

50

2 , 4 m B T c P 2 P y) (構造式 (115)) の合成方法について説明する。なお、2 , 4 m B T c P 2 P y の構造を以下に示す。

【 0 2 2 4 】

【 化 2 5 】



10

【 0 2 2 5 】

0 . 4 7 g (2 . 0 m m o l) の 2 , 4 - ジブロモピリジンと、2 . 0 g (4 . 2 m m o l) の 2 - [3 - (5 H - ベンゾチエノ [3 , 2 - c] カルバゾール - 5 - イル) フェニル] - 4 , 4 , 5 , 5 - テトラメチル - 1 , 3 , 2 - ジオキサボロランと、6 1 m g (0 . 2 0 m m o l) のトリス (2 - メチルフェニル) ホスフィンと、2 . 7 g (1 3 m m o l) のリン酸三カリウムを、1 0 0 m L 三口フラスコに入れ、フラスコ内を窒素置換した。

20

【 0 2 2 6 】

この混合物に 1 6 m L の 1 , 2 - ジメトキシエタン (D M E) と 4 m L の t - ブチルアルコールを加え、減圧下で攪拌することにより脱気した。この混合物に 9 . 0 m g (0 . 0 4 0 m m o l) の酢酸パラジウム (I I) を加え、窒素気流下、9 0 で 6 時間攪拌した。この混合物に水を加え、水層をクロロホルムで抽出した。得られた抽出液と有機層を合わせ、水と、飽和食塩水で洗浄後、硫酸マグネシウムで乾燥した。この混合物を自然濾過により濾別し、濾液を濃縮して黄色固体を得た。この固体をシリカゲルカラムクロマトグラフィー (展開溶媒 : クロロホルム) により精製した。得られたフラクションを濃縮し、黄色固体を得た。この固体を高速液体カラムクロマトグラフィー (H P L C) (展開溶媒 ; クロロホルム) により精製した。得られたフラクションを濃縮し、白色固体を得た。この固体をヘキサン / 酢酸エチルで再結晶したところ、目的物である白色固体を収量 0 . 6 4 g 、収率 4 0 % で得た。

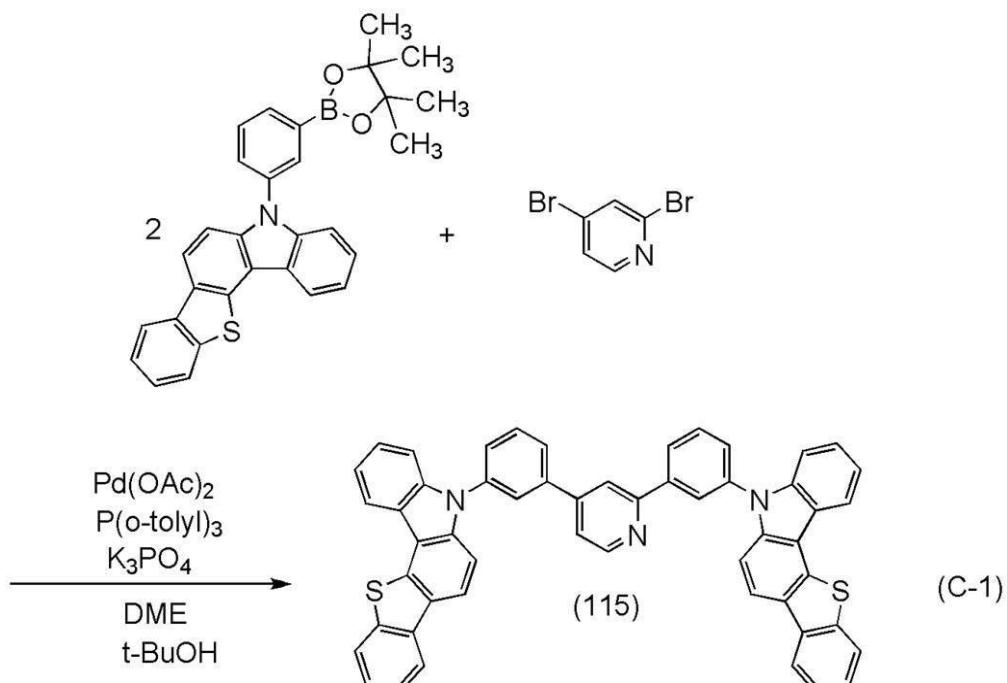
30

【 0 2 2 7 】

上述した合成方法の合成スキームを下記 (C - 1) に示す。

【 0 2 2 8 】

【化26】



【0229】

得られた白色固体 0.64 g をトレンサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製は、圧力 2.7 Pa、アルゴン流量 5 mL / min の条件で、白色固体を 320 °C で加熱して行った。昇華精製後、淡黄色固体を収量 0.56 g、回収率 88 % で得た。

【0230】

上記合成方法により得られた白色固体の核磁気共鳴分光法 (¹H-NMR) による分析結果を下記に示す。また、¹H-NMR チャートを図 13 (A) (B) に示す。なお、図 13 (B) は、図 13 (A) に対して横軸 () を 7 (ppm) から 9 (ppm) の範囲とした拡大図である。このことから、本発明の一態様である有機化合物、2,4mBTcP2Py (構造式 (115)) が得られたことがわかった。

30

【0231】

¹H-NMR (CDCl₃, 300 MHz) : (ppm) = 7.42 - 7.60 (m, 13H)、7.65 - 7.85 (m, 5H)、7.95 - 8.03 (m, 4H)、8.15 - 8.24 (m, 5H)、8.30 - 8.33 (m, 3H)、8.80 (d, J = 4.8 Hz, 1H).

【0232】

次に、2,4mBTcP2Py のトルエン溶液と薄膜の紫外可視吸収スペクトル (以下、単に「吸収スペクトル」という) 及び発光スペクトルを室温にて測定した。2,4mBTcP2Py のトルエン溶液のスペクトル測定は、溶液を石英セルに入れて測定した。2,4mBTcP2Py の薄膜のスペクトル測定は、2,4mBTcP2Py を石英基板に蒸着して作製したサンプルを用いて測定した。また、吸収スペクトルの測定には、紫外可視分光光度計 ((株)日本分光製 V550 型) を用い、発光スペクトルの測定には、蛍光度計 ((株)浜松ホトニクス製 FS920) を用いた。得られた 2,4mBTcP2Py のトルエン溶液の吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図 14 (A) に、薄膜の吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果を図 14 (B) に示す。横軸は波長、縦軸は吸収強度および発光強度を表す。また、図 14において 2 本の実線が示されているが、細い実線は吸収スペクトルを示し、太い実線は発光スペクトルを示している。図 14 (A) に示す吸収スペクトルは、得られた吸収スペクトルから、トルエンおよび石英セルの吸収スペクトルを差し引くことで得た。なお図 14 (B) に示す吸収スペクトルは、得られた吸収スペクトルから石英基板の吸収スペクトルを差し引くことで得た。

40

50

【 0 2 3 3 】

図14に示すように、本発明の一態様である2,4mBTcP2Pyのトルエン溶液は、357nm付近、340nm付近、305nm付近、および283nm付近に吸収ピークを有し、359nm付近および376nm付近に発光ピークを有していた。また2,4mBTcP2Pyの薄膜は、361nm付近、345nm付近、312nm付近および286nm付近に吸収ピークを有し、423nm付近に発光ピークを有していた。このように2,4mBTcP2Pyは非常に短波長な領域に吸収および発光を示すことがわかった。

【 0 2 3 4 】

次に、本発明の一態様である2,4mBTcP2Pyを液体クロマトグラフ質量分析(Liquid Chromatography Mass Spectrometry, 略称: LC/MS分析)によって分析した。

【 0 2 3 5 】

LC/MS分析は、ウォーターズ社製Acquity UPLCおよびウォーターズ社製Xevo G2 ToF MSを用いて行った。

【 0 2 3 6 】

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

【 0 2 3 7 】

測定結果を図15に示す。図15の結果から、構造式(115)で表される本発明の一態様である有機化合物、2,4mBTcP2Pyは、主としてm/z=774付近、m/z=501付近、m/z=272付近にプロダクトイオンが検出されることがわかった。なお、図15に示す結果は、2,4mBTcP2Pyに由来する特徴的な結果を示すものであることから、混合物中に含まれる2,4mBTcP2Pyを同定する上の重要なデータであるといえる。

【 実施例4 】**【 0 2 3 8 】**

本実施例では、本発明の一態様である有機化合物を用いた発光素子1について図16を用いて説明する。なお、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

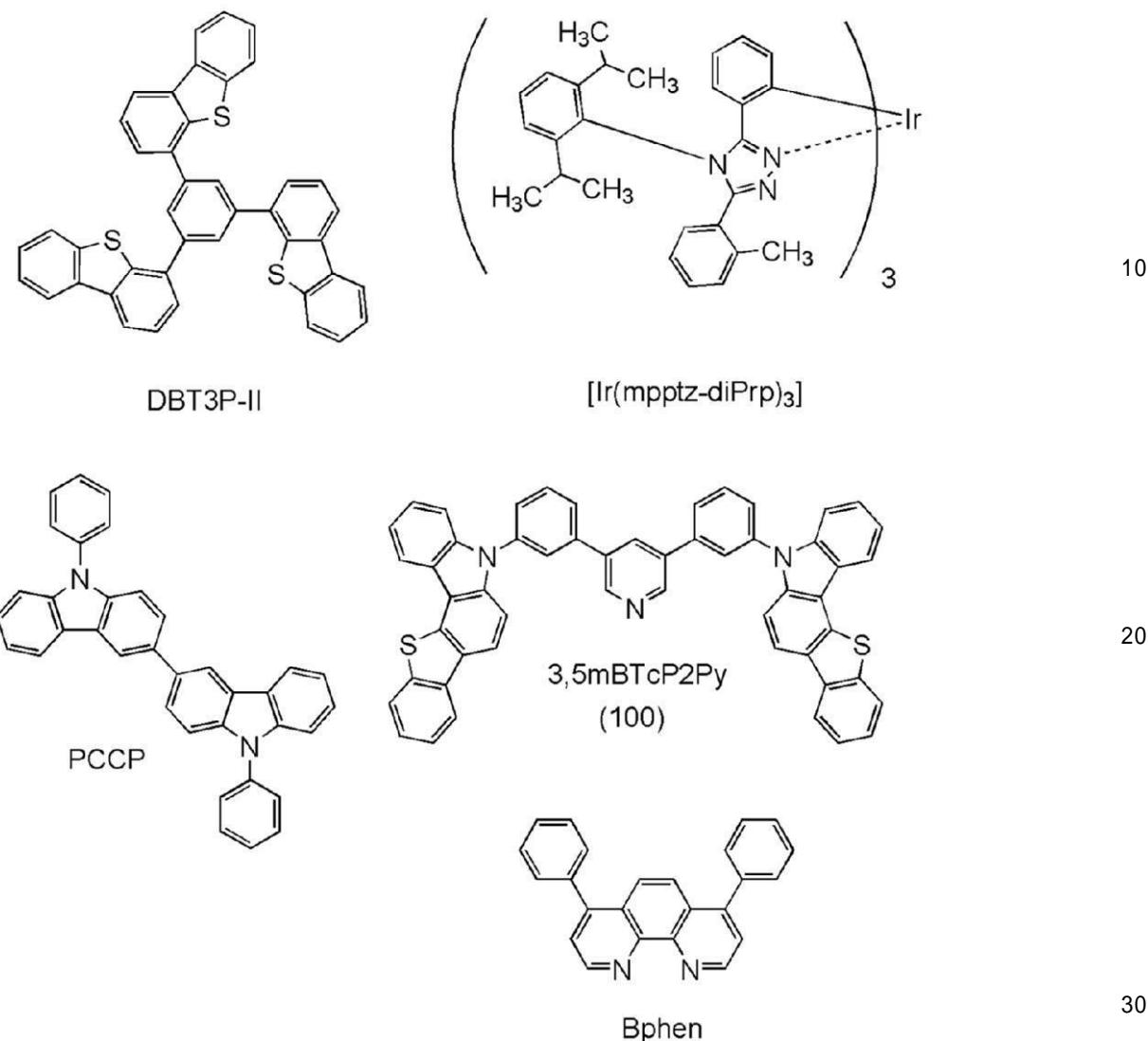
【 0 2 3 9 】

10

20

30

【化27】



【0240】

発光素子1の作製

まず、ガラス製の基板1500上に酸化珪素を含むインジウム錫酸化物（ITO）をスパッタリング法により成膜し、陽極として機能する第1の電極1501を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。

【0241】

次に、基板1500上に発光素子1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。

【0242】

その後、10⁻⁴Pa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1500を30分程度放冷した。

【0243】

次に、第1の電極1501が形成された面が下方となるように、基板1500を真空蒸着装置内に設けられたホルダーに固定した。本実施例では、真空蒸着法により、EL層1502を構成する正孔注入層1511、正孔輸送層1512、発光層1513、電子輸送層1514、電子注入層1515が順次形成される場合について説明する。

【0244】

40

50

真空蒸着装置内を 10^{-4} Pa に減圧した後、1,3,5-トリ(ジベンゾチオフェン-4-イル)-ベンゼン(略称: DBT3P-II)と酸化モリブデンとを、DBT3P-II:酸化モリブデン = 4:2(質量比)となるように共蒸着することにより、第1の電極1501上に正孔注入層1511を形成した。膜厚は 60 nmとした。なお、共蒸着とは、異なる複数の物質をそれぞれ異なる蒸発源から同時に蒸発させる蒸着法である。

【0245】

次に、9-フェニル-9H-3-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)カルバゾール(略称: P CCP)を 20 nm 蒸着することにより、正孔輸送層1512を形成した。

【0246】

次に、正孔輸送層1512上に発光層1513を形成した。

【0247】

P CCP、5,5'--(3,5-ピリジンジイル-3,1-フェニレン)ビス-5H-ベンゾチエノ[3,2-c]カルバゾール(略称: 3,5mBTcP2Py)(構造式(100))、トリス{2-[5-(2-メチルフェニル)-4-(2,6-ジイソプロピルフェニル)-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(mpptz-diPrp)₃])、を、P CCP: 3,5mBTcP2Py: [Ir(mpptz-diPrp)₃] = 1:0.3:0.06(質量比)となるよう共蒸着し、30 nm の膜厚で形成した後、3,5mBTcP2Py: [Ir(mpptz-diPrp)₃] = 1:0.06(質量比)となるよう共蒸着し、10 nm の膜厚で形成することにより積層構造を有する発光層1513を 40 nm の膜厚で形成した。

【0248】

次に、発光層1513上に電子輸送層1514を形成した。

【0249】

まず、3,5mBTcP2Pyを 10 nm 蒸着した後、バソフェナントロリン(略称: Bphen)を 20 nm 蒸着することにより電子輸送層1514を形成した。

【0250】

次に、電子輸送層1514上に、フッ化リチウムを 1 nm 蒸着することにより、電子注入層1515を形成した。

【0251】

最後に、電子注入層1515上にアルミニウムを 200 nm の膜厚となるように蒸着し、陰極となる第2の電極1503を形成し、発光素子1を得た。なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【0252】

以上により得られた発光素子1の素子構造を表1に示す。

【0253】

【表1】

	第1の電極	正孔注入層	正孔輸送層	発光層	電子輸送層	電子注入層	第2の電極	
発光素子1	ITSO (110nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 60nm)	P CCP (20nm)	*	3,5mBTcP2Py (10nm)	Bphen (20nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

* P CCP : 3,5mBTcP2Py : [Ir(mpptz-diPrp)₃] (1:0.3:0.06 (30nm))

\ 3,5mBTcP2Py : [Ir(mpptz-diPrp)₃] 1:0.06 (10nm))

【0254】

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

10

20

30

40

50

1時間熱処理)。

【0255】

発光素子1の動作特性

作製した発光素子1の動作特性について測定した。なお、測定は室温(25に保たれた雰囲気)で行った。

【0256】

発光素子1の輝度-電流効率特性を図17、発光素子1の電圧-電流特性を図18、発光素子1の輝度-色度特性を図19、発光素子1の輝度-パワー効率特性を図20、発光素子1の輝度-外部量子効率特性を図21にそれぞれ示す。

【0257】

これらの結果より、本発明の一態様である発光素子1は、高効率な素子であることがわかった。また、1000cd/m²付近における発光素子1の主な初期特性値を以下の表2に示す。なお、発光素子1では、発光層に用いたゲスト材料である[Ir(mpptz-diPrp)₃]に由来する青色発光が得られた。

【0258】

【表2】

	電圧(V)	電流(mA)	電流密度(mA/cm ²)	色度(x,y)	輝度(cd/m ²)	電流効率(cd/A)	パワー効率(lm/W)	外部量子効率(%)
発光素子1	5.6	0.079	2.0	(0.19,0.34)	670	34	19	15

【0259】

また、発光素子1に25mA/cm²の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを、図22に示す。図22に示す通り、発光素子1の発光スペクトルは476nm付近にピークを有しており、ゲスト材料[Ir(mpptz-diPrp)₃]の発光に由来していることが示唆される。

【0260】

次に、発光素子1に対する信頼性試験を行った。信頼性試験の結果を図23に示す。図23において、縦軸は初期輝度を100%とした時の規格化輝度(%)を示し、横軸は素子の駆動時間(h)を示す。なお、信頼性試験は、初期輝度を1000cd/m²に設定し、電流密度一定の条件で発光素子1を駆動させた。その結果、発光素子1の100時間後の輝度は、初期輝度のおよそ84%を保っていた。

【0261】

したがって、本発明の一態様である有機化合物(3,5mBTcP2Py)を発光層に用いた発光素子1は、高い信頼性を示すことがわかった。また、本発明の一態様である有機化合物を発光素子に用いることにより、駆動電圧を下げる能够なので低消費電力な発光素子が得られることがわかった。

【実施例5】

【0262】

本実施例では、本発明の一態様である有機化合物を用いた発光素子2について実施例4と同様に図16を用いて説明する。なお、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

【0263】

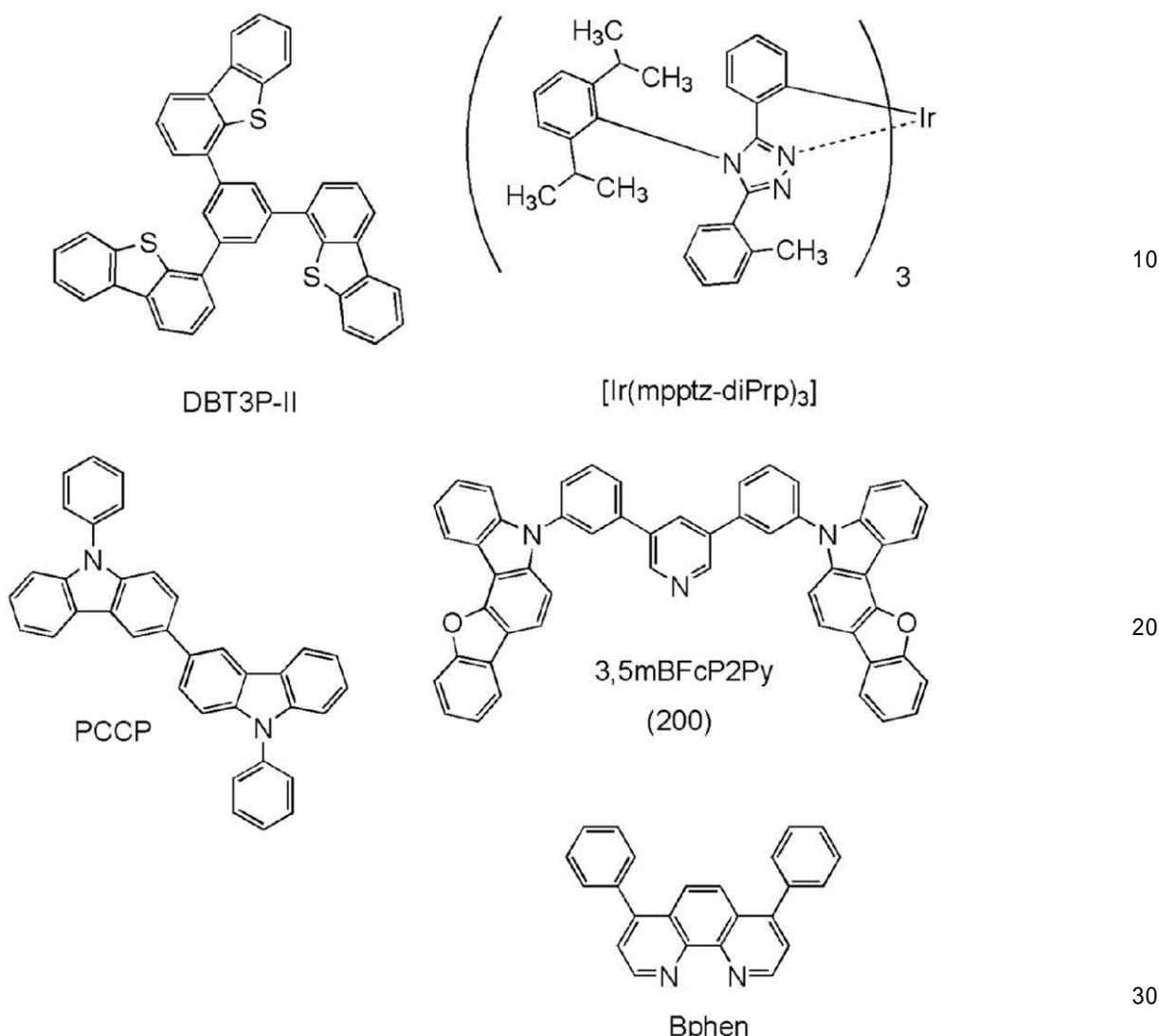
10

20

30

40

【化28】



【0264】

発光素子2の作製

まず、ガラス製の基板1500上に酸化珪素を含むインジウム錫酸化物（ITO）をスパッタリング法により成膜し、陽極として機能する第1の電極1501を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。

【0265】

次に、基板1500上に発光素子2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。

【0266】

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1500を30分程度放冷した。

【0267】

次に、第1の電極1501が形成された面が下方となるように、基板1500を真空蒸着装置内に設けられたホルダーに固定した。本実施例では、真空蒸着法により、EL層1502を構成する正孔注入層1511、正孔輸送層1512、発光層1513、電子輸送層1514、電子注入層1515が順次形成される場合について説明する。

【0268】

真空蒸着装置内を 10^{-4} Pa に減圧した後、1,3,5-トリ(ジベンゾチオフェン-4-イル)-ベンゼン(略称: DBT3P-II)と酸化モリブデンとを、DBT3P-II:酸化モリブデン = 4:2(質量比)となるように共蒸着することにより、第1の電極1501上に正孔注入層1511を形成した。膜厚は 60 nmとした。なお、共蒸着とは、異なる複数の物質をそれぞれ異なる蒸発源から同時に蒸発させる蒸着法である。

【0269】

次に、9-フェニル-9H-3-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)カルバゾール(略称: P CCP)を 20 nm 蒸着することにより、正孔輸送層1512を形成した。

【0270】

次に、正孔輸送層1512上に発光層1513を形成した。

【0271】

P CCP、5,5'--(3,5-ピリジンジイル-3,1-フェニレン)ビス-5H-ベンゾフロ[3,2-c]カルバゾール(略称: 3,5mBFcP2Py)(構造式(200))、トリス{2-[5-(2-メチルフェニル)-4-(2,6-ジイソプロピルフェニル)-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(mpptz-diPrp)₃])、を、P CCP: 3,5mBFcP2Py: [Ir(mpptz-diPrp)₃] = 1:0.3:0.06(質量比)となるよう共蒸着し、30 nm の膜厚で形成した後、3,5mBFcP2Py: [Ir(mpptz-diPrp)₃] = 1:0.06(質量比)となるよう共蒸着し、10 nm の膜厚で形成することにより積層構造を有する発光層1513を 40 nm の膜厚で形成した。

【0272】

次に、発光層1513上に電子輸送層1514を形成した。

【0273】

まず、3,5mBFcP2Pyを 10 nm 蒸着した後、バソフェナントロリン(略称: Bphen)を 20 nm 蒸着することにより電子輸送層1514を形成した。

【0274】

次に、電子輸送層1514上に、フッ化リチウムを 1 nm 蒸着することにより、電子注入層1515を形成した。

【0275】

最後に、電子注入層1515上にアルミニウムを 200 nm の膜厚となるよう蒸着し、陰極となる第2の電極1503を形成し、発光素子2を得た。なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【0276】

以上により得られた発光素子2の素子構造を表3に示す。

【0277】

【表3】

	第1の電極	正孔注入層	正孔輸送層	発光層	電子輸送層	電子注入層	第2の電極	
発光素子2	ITSO (110nm)	DBT3P-II :MoOx (4:2 60nm)	P CCP (20nm)	*	3,5mBFcP2Py (10nm)	Bphen (20nm)	LiF (1nm)	Al (200nm)

* P CCP : 3,5mBFcP2Py : [Ir(mpptz-diPrp)₃] (1:0.3:0.06 (30nm))

\ 3,5mBFcP2Py : [Ir(mpptz-diPrp)₃] 1:0.06 (10nm))

【0278】

また、作製した発光素子2は、大気に曝されないように窒素雰囲気のグローブボックス内において封止した(シール材を素子の周囲に塗布し、封止時にUV処理、及び80℃にて

10

20

30

40

50

1時間熱処理)。

【0279】

発光素子2の動作特性

次に、作製した発光素子2の動作特性について測定した。なお、測定は室温(25℃に保たれた雰囲気)で行った。

【0280】

発光素子2の輝度-電流効率特性を図24、発光素子2の電圧-電流特性を図25、発光素子2の輝度-色度特性を図26、発光素子2の輝度-パワー効率特性を図27、発光素子2の輝度-外部量子効率特性を図28にそれぞれ示す。

【0281】

これらの結果より、本発明の一態様である発光素子2は、高効率な素子であることがわかった。また、1000cd/m²付近における発光素子2の主な初期特性値を以下の表4に示す。なお、発光素子2では、発光層に用いたゲスト材料である[Ir(mpptz-diprop)₃]に由来する青色発光が得られた。

【0282】

【表4】

	電圧(V)	電流(mA)	電流密度(mA/cm ²)	色度(x,y)	輝度(cd/m ²)	電流効率(cd/A)	パワー効率(lm/W)	外部量子効率(%)
発光素子2	5.6	0.086	2.1	(0.19,0.33)	740	35	19	16

【0283】

また、発光素子2に25mA/cm²の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを、図29に示す。図29に示す通り、発光素子2の発光スペクトルは474nm付近にピークを有しており、ゲスト材料[Ir(mpptz-diprop)₃]の発光に由来していることが示唆される。

【0284】

次に、発光素子2に対する信頼性試験を行った。信頼性試験の結果を図30に示す。図30において、縦軸は初期輝度を100%とした時の規格化輝度(%)を示し、横軸は素子の駆動時間(h)を示す。なお、信頼性試験は、初期輝度を1000cd/m²に設定し、電流密度一定の条件で発光素子2を駆動させた。その結果、発光素子2の100時間後の輝度は、初期輝度のおよそ64%を保っていた。

【0285】

したがって、本発明の一態様である有機化合物(3,5mBF₂P₂Py)を発光層に用いた発光素子2は、高い信頼性を示すことがわかった。また、本発明の一態様である有機化合物を発光素子に用いることにより、駆動電圧を下げる能够で低消費電力な発光素子が得られることがわかった。

【実施例6】

【0286】

合成例4

本実施例では、本発明の一態様である有機化合物、5,5'--(4,6-ピリミジンジイル-3,1-フェニレン)ビス-5H-ベンゾチエノ[3,2-c]カルバゾール(略称:4,6mB_TcP₂Pm)(構造式(112))の合成方法について説明する。なお、4,6mB_TcP₂Pmの構造を以下に示す。

【0287】

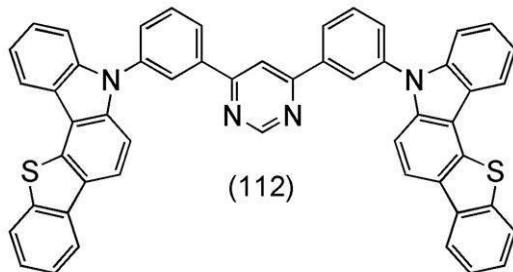
10

20

30

40

【化29】



10

【0288】

0.75 g (3.2 mmol) の 4,6 -ジプロモピリジンと、3.3 g (6.9 mmol) の 2 - [3 - (5H - ベンゾチエノ [3,2-c] カルバゾール - 5 -イル) フェニル] - 4,4,5,5 - テトラメチル - 1,3,2 - ジオキサボロランと、9.6 mg (0.32 mmol) のトリス (2 - メチルフェニル) ホスフィンを 100 mL 三口フラスコに入れ、フラスコ内を窒素置換した。この混合物に 7 mL の 2 M 炭酸カリウム水溶液と 16 mL のトルエンと 5 mL のエタノールを加え、減圧下で攪拌することにより脱気した。この混合物に 14 mg (0.062 mmol) の酢酸パラジウム (II) を加え、窒素気流下 90 度で 16 時間攪拌した。

【0289】

攪拌後、析出した固体を吸引濾過により濾取した。この固体にクロロホルムを加えて超音波を照射し、固体を吸引濾過により濾取した。この固体にトルエンを加えて超音波を照射し、固体を吸引濾過により濾取したところ、目的物である褐色固体を收量 1.9 g、收率 79 % で得た。

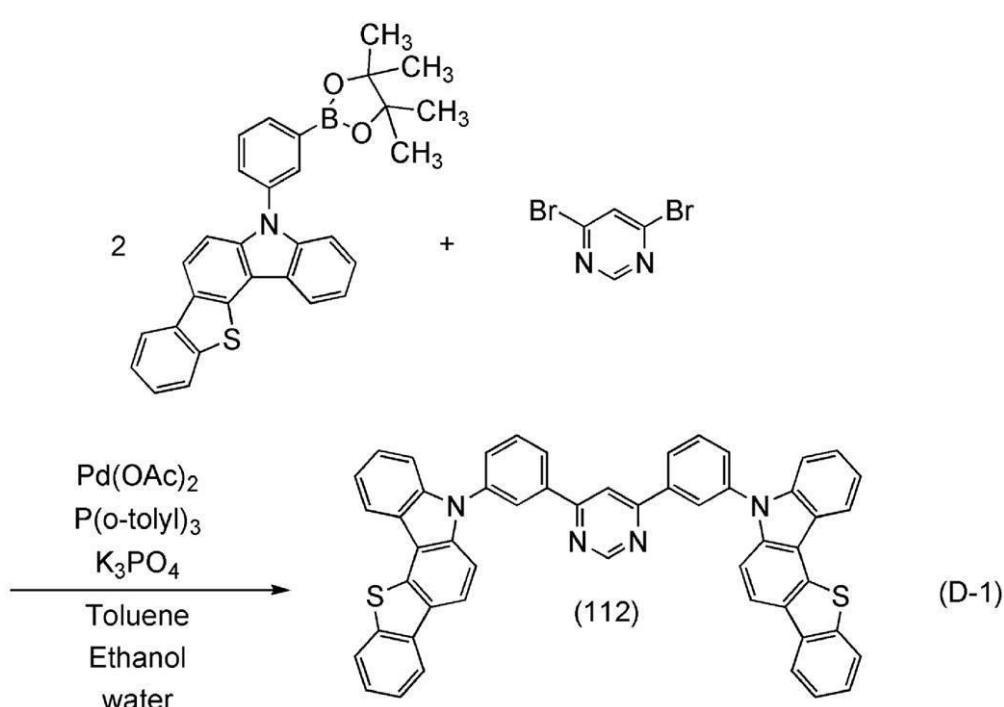
【0290】

上述した合成方法の合成スキームを下記 (D-1) に示す。

【0291】

【化30】

20



30

【0292】

得られた褐色固体 1.9 g をトレインサブリメーション法により昇華精製した。昇華精製

40

50

は、圧力 3 . 0 P a、アルゴン流量 5 . 0 m L / m i n の条件で、褐色固体を 3 6 0 で加熱して行った。昇華精製後、黄色固体を 0 . 7 6 g、回収率 4 0 % で得た。

【 0 2 9 3 】

得られた黄色固体 0 . 7 6 g をトラインサブリメーション法により再度昇華精製した。昇華精製は、圧力 3 . 0 P a、アルゴン流量 5 . 0 m L / m i n の条件で、黄色固体を 3 6 0 で加熱して行った。昇華精製後、黄色固体を 0 . 5 8 g、回収率 9 0 % で得た。

【 0 2 9 4 】

得られた黄色固体の核磁気共鳴分光法 (¹ H - N M R) による分析結果を下記に示す。また、¹ H - N M R チャートを図 3 2 に示す。このことから、本発明の一態様である有機化合物、4 , 6 m B T c P 2 P m (構造式 (1 1 2)) が得られたことがわかった。

10

【 0 2 9 5 】

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

【 符号の説明 】

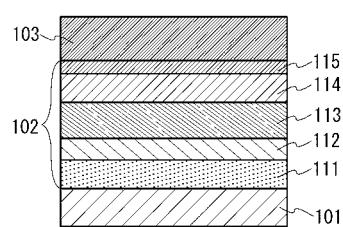
【 0 2 9 6 】

1 0 1	第 1 の電極	
1 0 2	E L 層	
1 0 3	第 2 の電極	20
1 1 1	正孔注入層	
1 1 2	正孔輸送層	
1 1 3	発光層	
1 1 4	電子輸送層	
1 1 5	電子注入層	
2 0 1	第 1 の電極	
2 0 2 (1)	E L 層	
2 0 2 (2)	E L 層	
2 0 2 (n)	E L 層	
2 0 4	第 2 の電極	30
2 0 5	電荷発生層	
2 0 5 (1)	電荷発生層	
2 0 5 (n - 1)	電荷発生層	
3 0 1	素子基板	
3 0 2	画素部	
3 0 3	駆動回路部 (ソース線駆動回路)	
3 0 4 a , 3 0 4 b	駆動回路部 (ゲート線駆動回路)	
3 0 5	シール材	
3 0 6	封止基板	
3 0 7	配線	40
3 0 8	F P C (フレキシブルプリントサーキット)	
3 0 9	F E T	
3 1 0	F E T	
3 1 1	スイッチング用 F E T	
3 1 2	電流制御用 F E T	
3 1 3	第 1 の電極 (陽極)	
3 1 4	絶縁物	
3 1 5	E L 層	
3 1 6	第 2 の電極 (陰極)	
3 1 7	発光素子	50

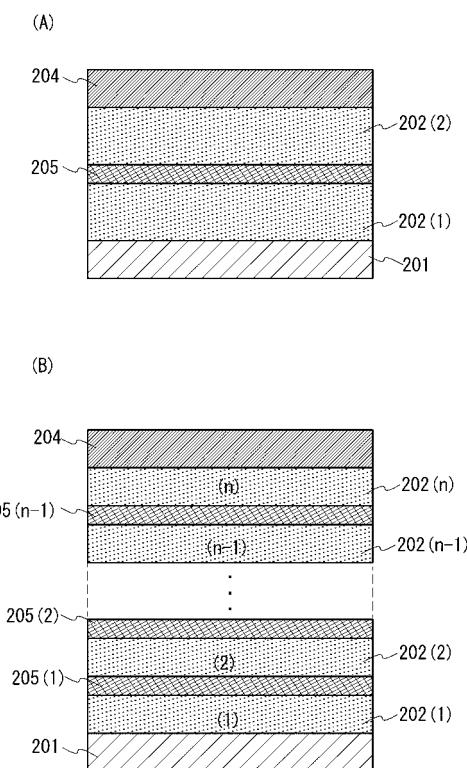
3 1 8	空間	
3 5 1	基板	
3 5 2	第 1 の電極	
3 5 3	第 2 の電極	
3 5 4	E L 層	
3 5 5	絶縁膜	
3 5 6	隔壁	
1 5 0 0	基板	
1 5 0 1	第 1 の電極	10
1 5 0 2	E L 層	
1 5 0 3	第 2 の電極	
1 5 1 1	正孔注入層	
1 5 1 2	正孔輸送層	
1 5 1 3	発光層	
1 5 1 4	電子輸送層	
1 5 1 5	電子注入層	
4 0 0 0	照明装置	
4 0 0 1	照明装置	
4 0 0 3	基板	
4 0 0 5	基板	20
4 0 0 7	発光素子	
4 0 0 9	電極	
4 0 1 1	電極	
4 0 1 3	下部電極	
4 0 1 4	E L 層	
4 0 1 5	上部電極	
4 0 1 7	補助配線	
4 0 1 9	封止基板	
4 0 2 1	シール材	
4 0 2 3	乾燥剤	30
4 0 2 5	基板	
4 0 2 7	拡散板	
4 1 0 0	照明装置	
4 1 0 1	照明装置	
4 1 0 3	封止基板	
4 1 0 5	平坦化膜	
4 1 0 7	発光素子	
4 1 0 9	電極	
4 1 1 1	電極	
4 1 1 3	下部電極	40
4 1 1 4	E L 層	
4 1 1 5	上部電極	
4 1 1 7	補助配線	
4 1 2 1	シール材	
4 1 2 5	基板	
4 1 2 7	拡散板	
4 1 2 9	バリア膜	
4 1 3 1	絶縁層	
7 1 0 0	テレビジョン装置	
7 1 0 1	筐体	50

7 1 0 3	表示部	
7 1 0 5	スタンド	
7 1 0 7	表示部	
7 1 0 9	操作キー	
7 1 1 0	リモコン操作機	
7 2 0 1	本体	
7 2 0 2	筐体	
7 2 0 3	表示部	
7 2 0 4	キー ボード	
7 2 0 5	外部接続ポート	10
7 2 0 6	ポインティングデバイス	
7 3 0 2	筐体	
7 3 0 4	表示パネル	
7 3 0 5	時刻を表すアイコン	
7 3 0 6	その他のアイコン	
7 3 1 1	操作ボタン	
7 3 1 2	操作ボタン	
7 3 1 3	接続端子	
7 3 2 1	バンド	
7 3 2 2	留め金	20
7 4 0 0	携帯電話機	
7 4 0 1	筐体	
7 4 0 2	表示部	
7 4 0 3	操作用ボタン	
7 4 0 4	外部接続部	
7 4 0 5	スピーカ	
7 4 0 6	マイク	
7 4 0 7	カメラ	
7 5 0 0	筐体	
7 5 0 1	面	30
7 5 0 2	面	
8 0 0 1	照明装置	
8 0 0 2	照明装置	
8 0 0 3	照明装置	
8 0 0 4	照明装置	
9 3 1 0	携帯情報端末	
9 3 1 1	表示パネル	
9 3 1 2	表示領域	
9 3 1 3	ヒンジ	
9 3 1 5	筐体	40

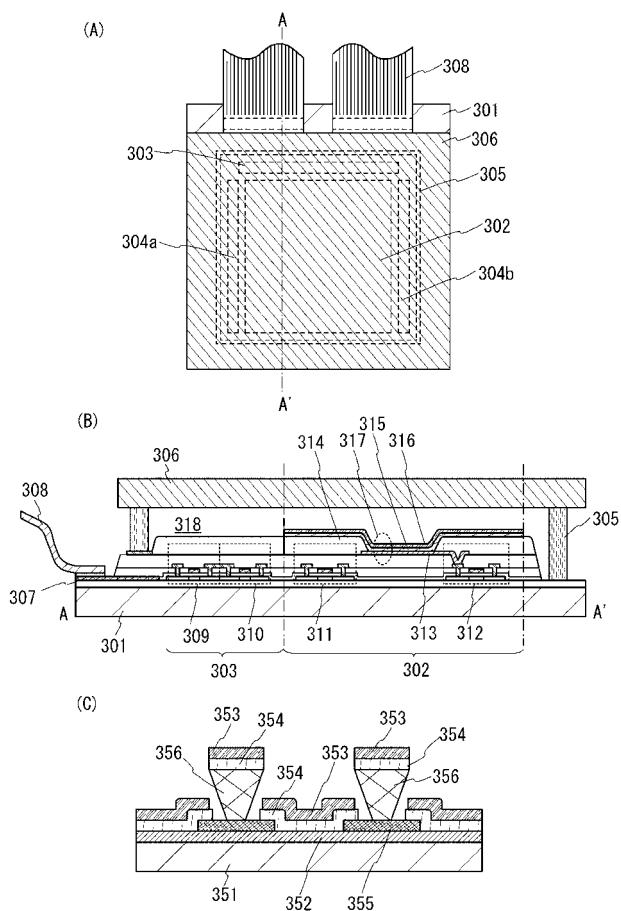
【図1】



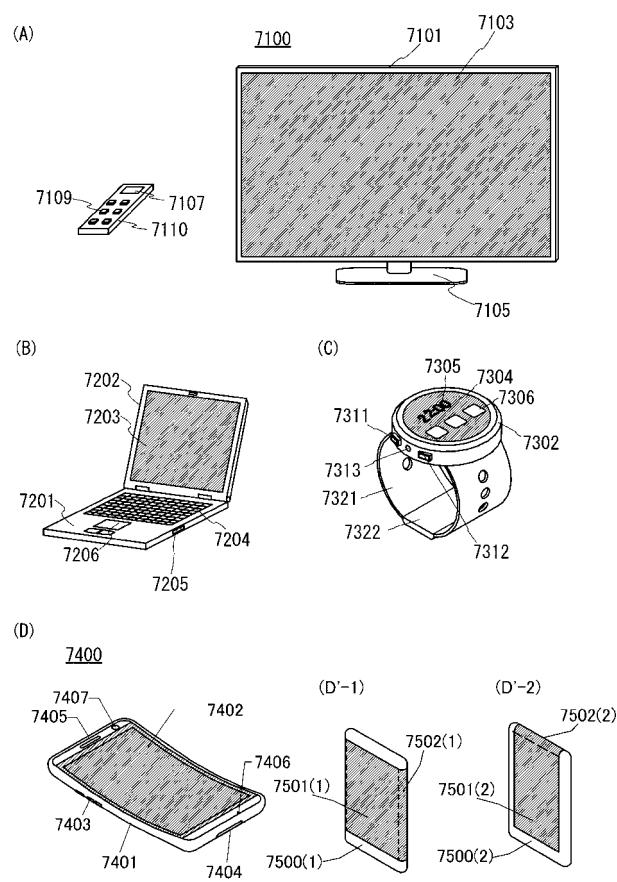
【図2】



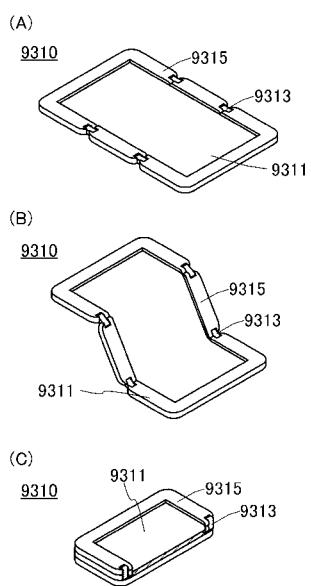
【図3】



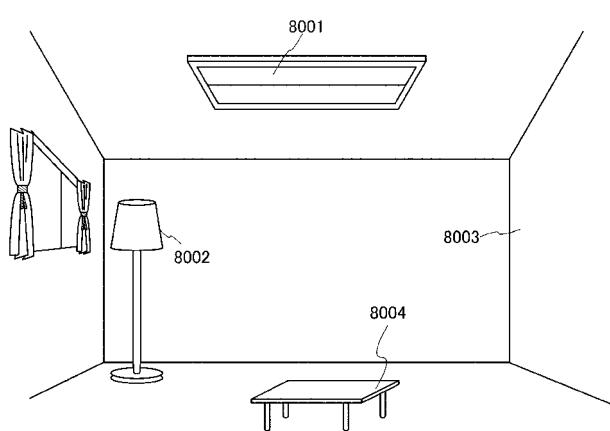
【図4】



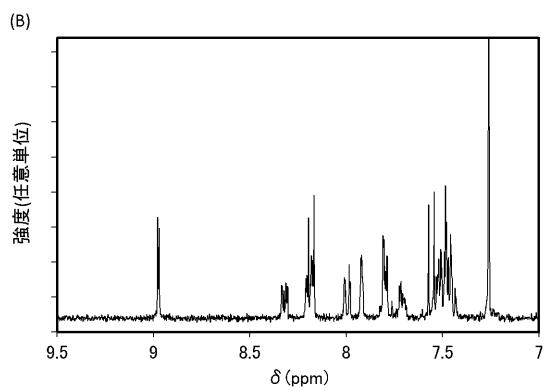
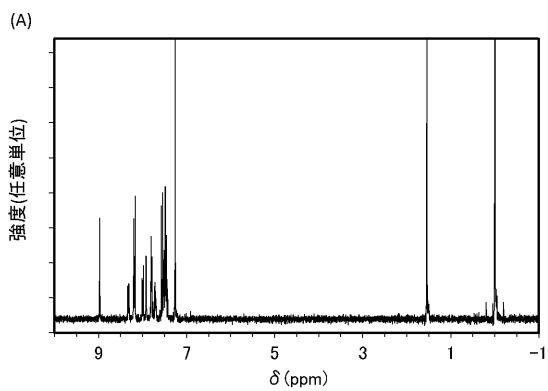
【図5】



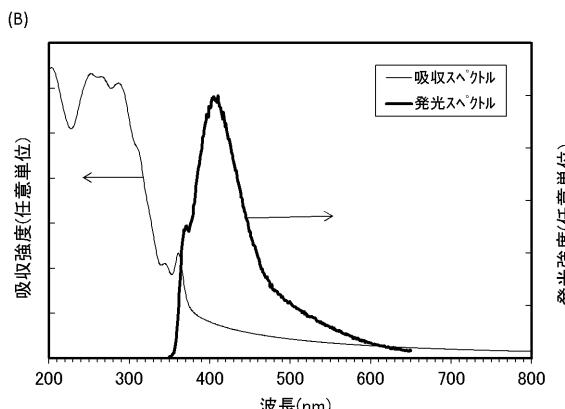
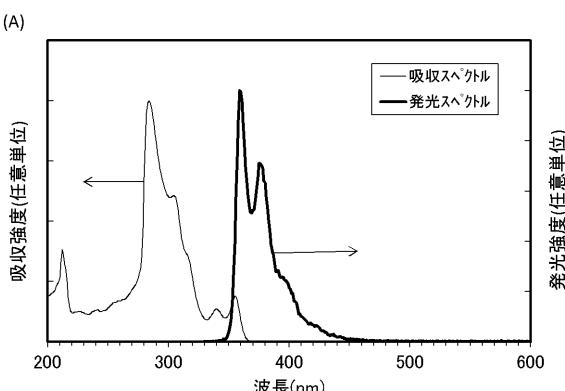
【図6】



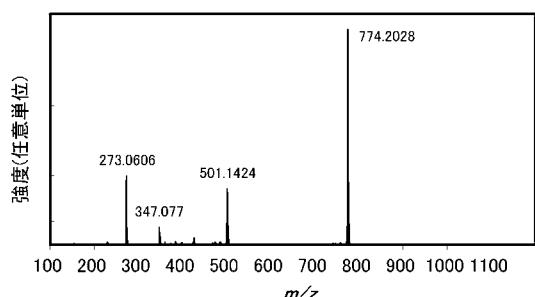
【図7】



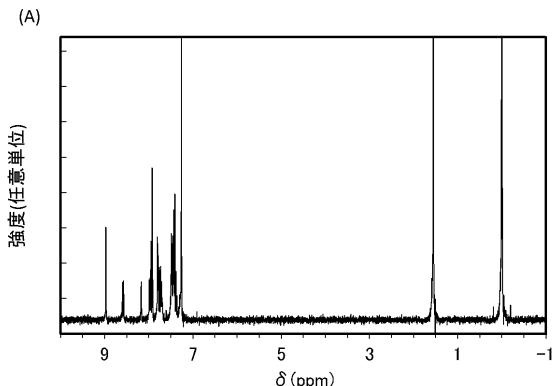
【図8】



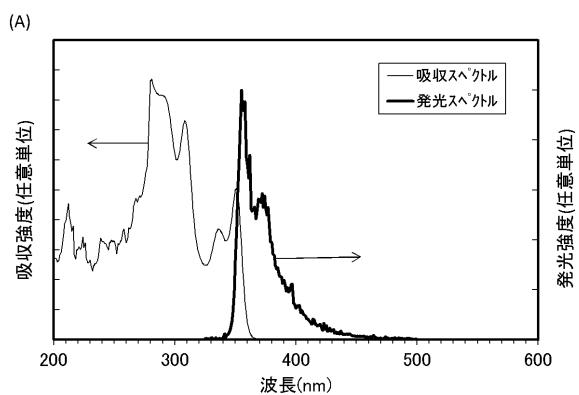
【図 9】



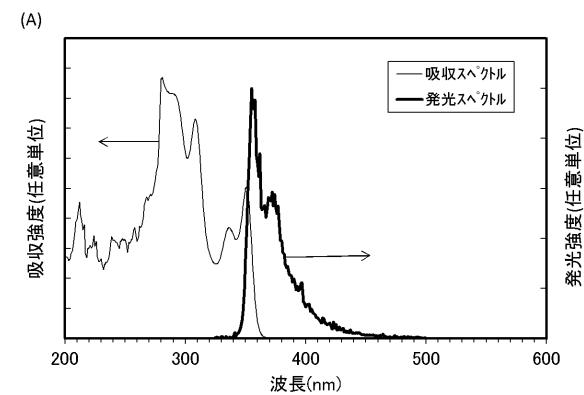
【図 10】



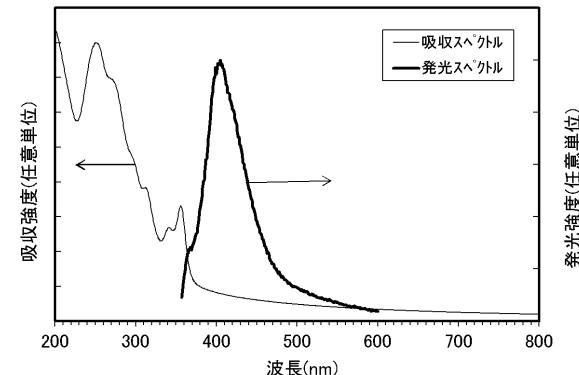
【図 11】



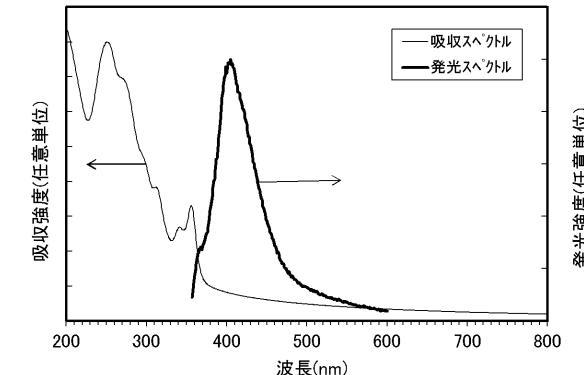
【図 12】



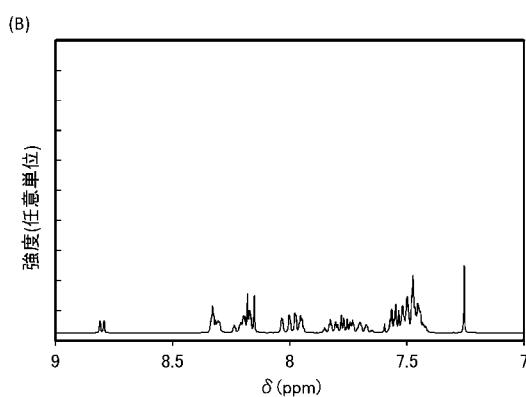
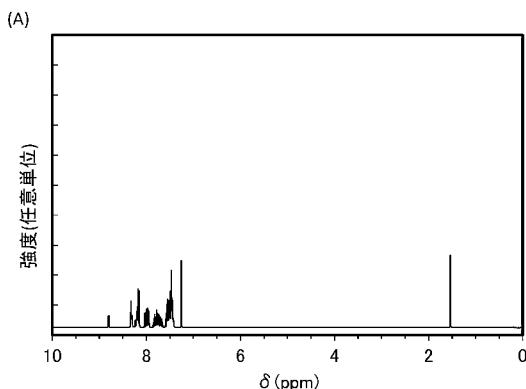
(B)



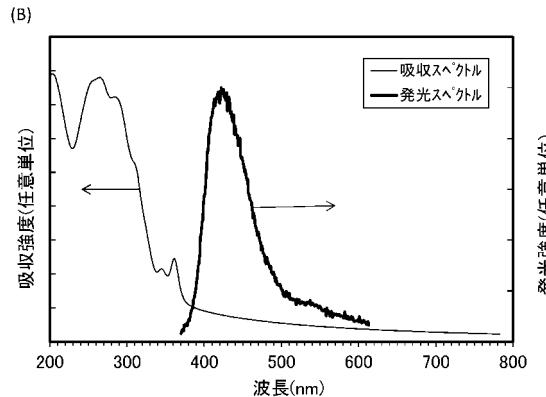
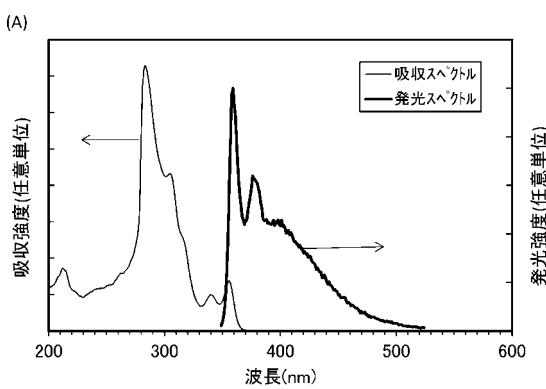
(B)



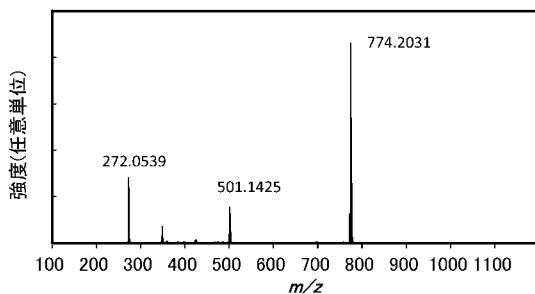
【図 1 3】



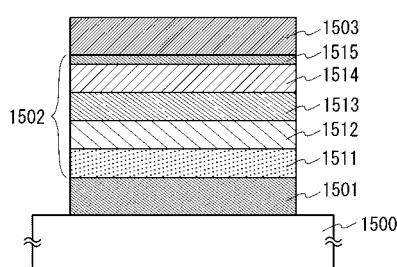
【図 1 4】



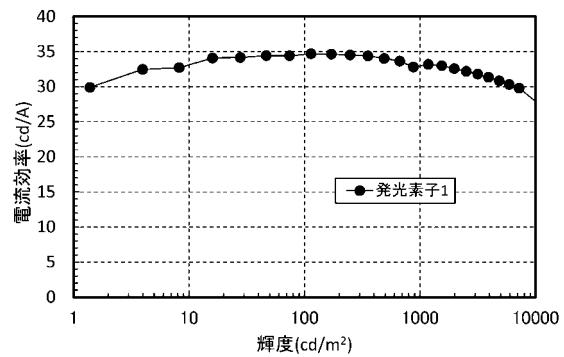
【図 1 5】



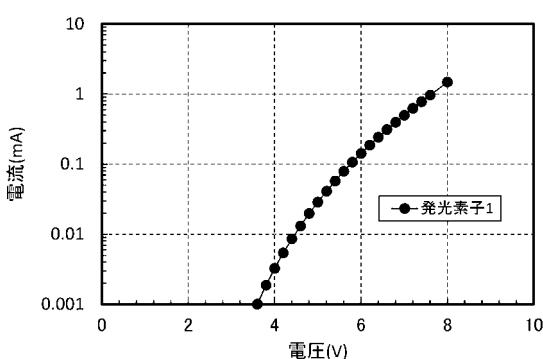
【図 1 6】



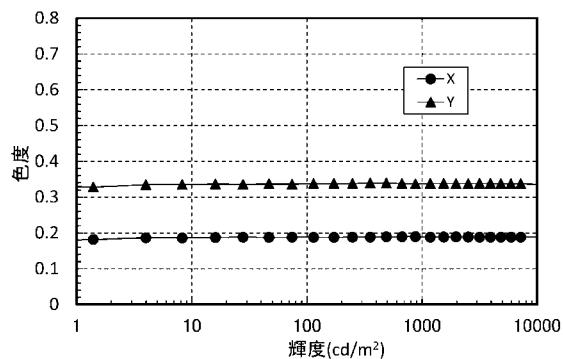
【図 1 7】



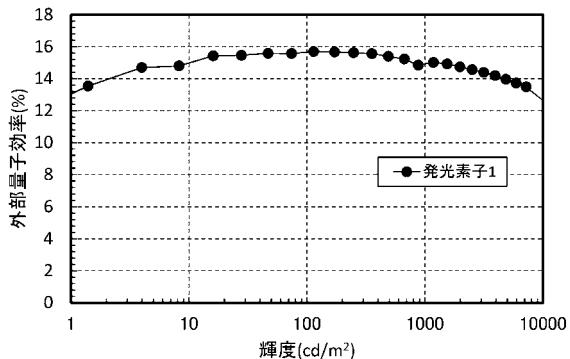
【図 1 8】



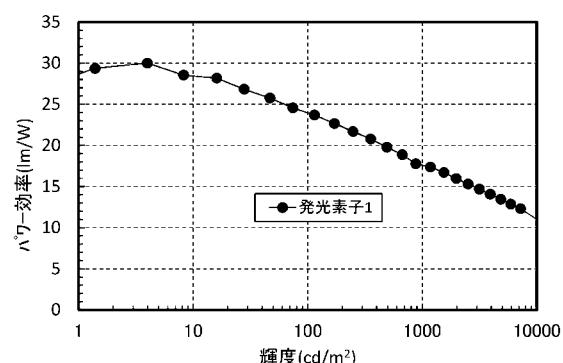
【図 1 9】



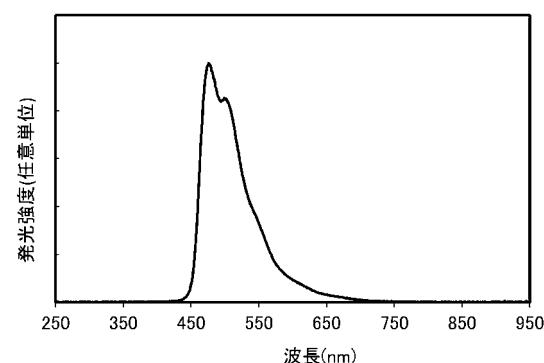
【図 2 1】



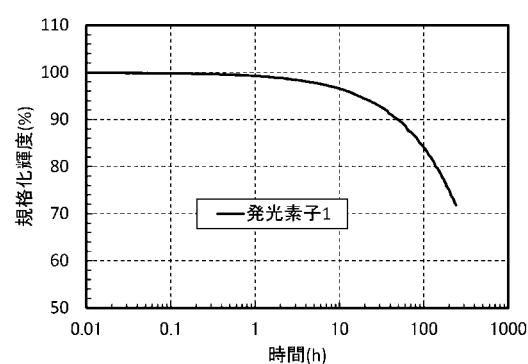
【図 2 0】



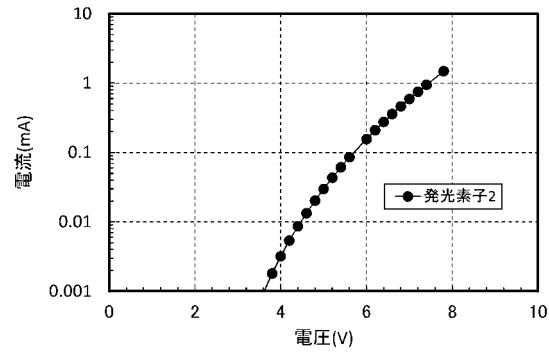
【図 2 2】



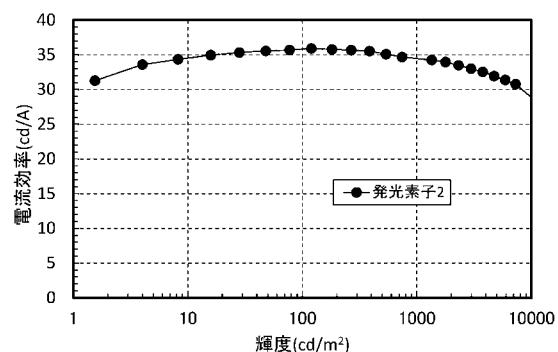
【図 2 3】



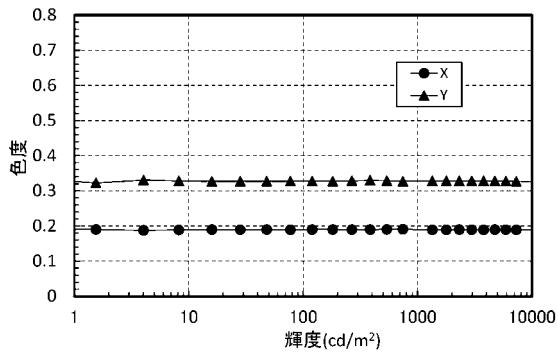
【図 2 5】



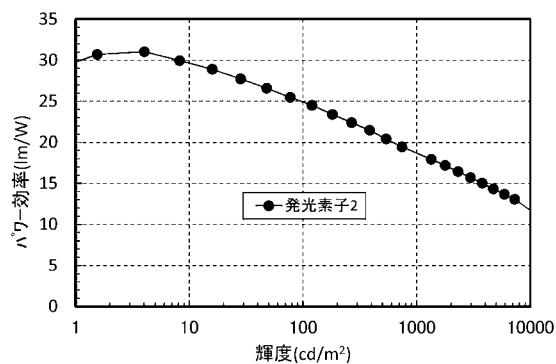
【図 2 4】



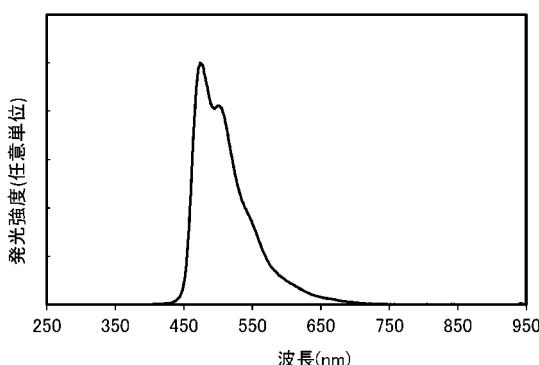
【図 2 6】



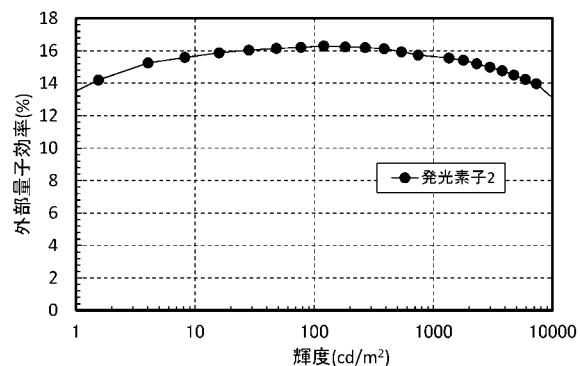
【図 2 7】



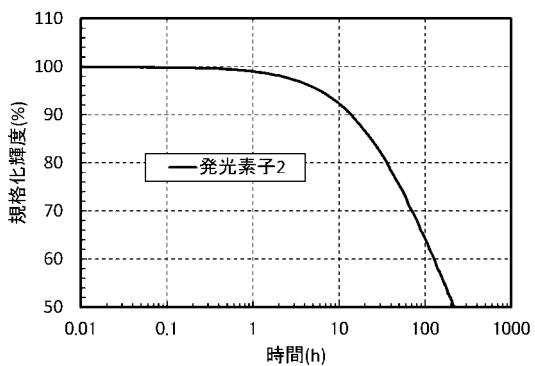
【図 2 9】



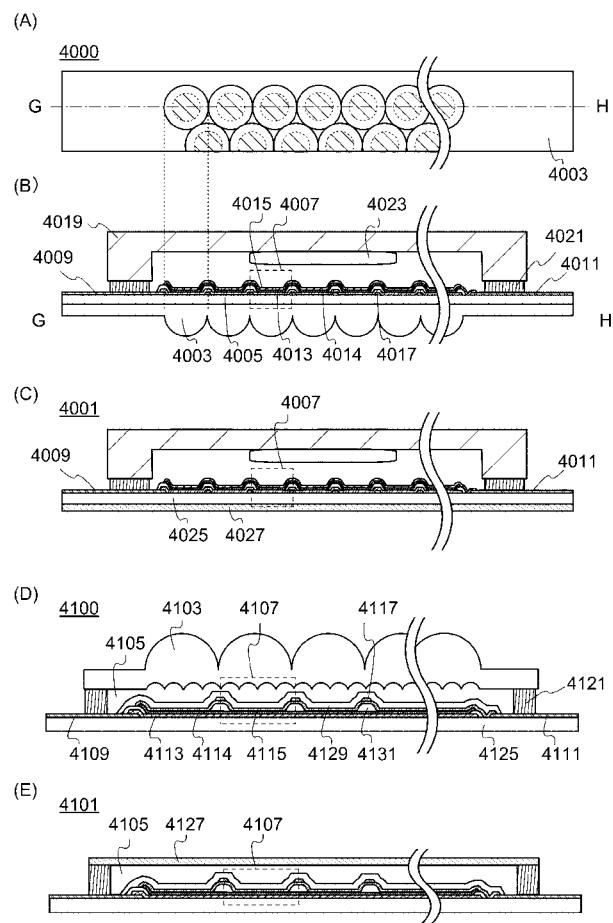
【図 2 8】



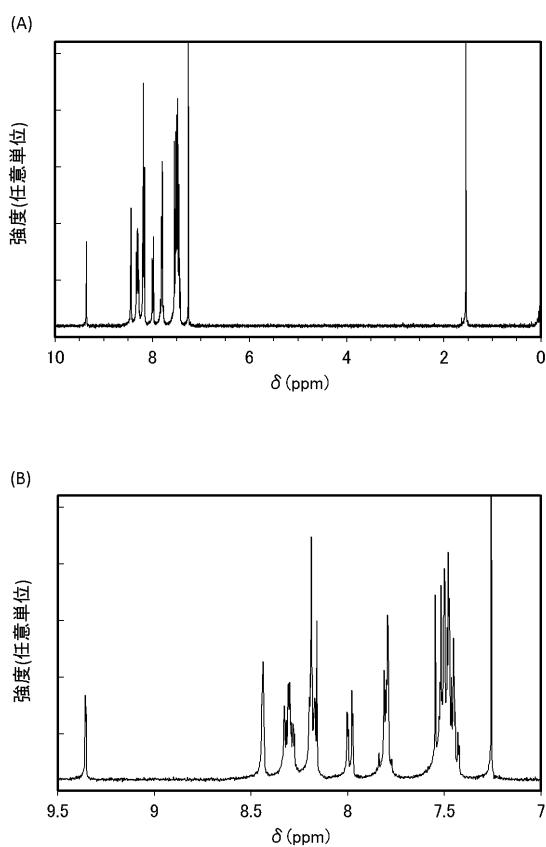
【図 3 0】



【図 3 1】



【図 3 2】



フロントページの続き

F ターム(参考) 3K107 AA01 BB01 BB02 BB06 BB07 CC04 CC12 CC14 CC21 DD53
DD59 DD68 DD72 DD75 DD78 EE03 EE61 EE63
4C072 MM10 UU05 UU10