

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6636011号
(P6636011)

(45) 発行日 令和2年1月29日 (2020.1.29)

(24) 登録日 令和1年12月27日 (2019.12.27)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 51/50 (2006.01)

H O 5 B 33/14 B

C O 9 K 11/06 (2006.01)

H O 5 B 33/22 B

C O 7 F 5/02 (2006.01)

C O 9 K 11/06 6 9 O

C O 7 F 9/6521 (2006.01)

C O 7 F 5/02 F

C O 7 F 9/6521

請求項の数 9 (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2017-509462 (P2017-509462)

(86) (22) 出願日 平成28年3月8日 (2016.3.8)

(86) 国際出願番号 PCT/JP2016/057214

(87) 国際公開番号 W02016/158246

(87) 国際公開日 平成28年10月6日 (2016.10.6)

審査請求日 平成31年2月20日 (2019.2.20)

(31) 優先権主張番号 特願2015-70105 (P2015-70105)

(32) 優先日 平成27年3月30日 (2015.3.30)

(33) 優先権主張国・地域又は機関

日本国 (JP)

(73) 特許権者 000006644

日鉄ケミカル&マテリアル株式会社

東京都中央区日本橋一丁目13番1号

(74) 代理人 100132230

弁理士 佐々木 一也

(74) 代理人 100082739

弁理士 成瀬 勝夫

(74) 代理人 100088203

弁理士 佐野 英一

(74) 代理人 100100192

弁理士 原 克己

(74) 代理人 100198269

弁理士 久本 秀治

最終頁に続く

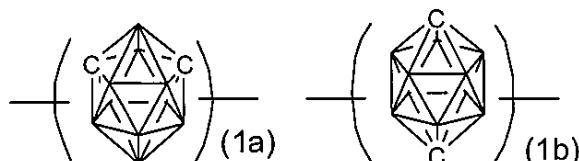
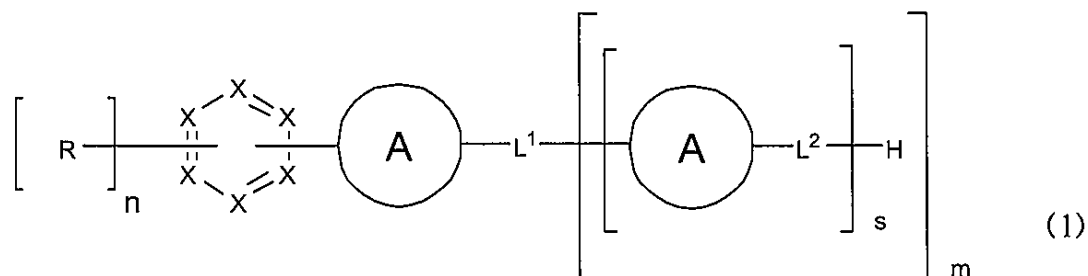
(54) 【発明の名称】 有機電界発光素子用材料及びこれを用いた有機電界発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

一般式(1)で表されるカルボラン化合物からなることを特徴とする有機電界発光素子用材料。

【化1】



10

20

ここで、環 A は独立に、式 (1 a) 又は式 (1 b) で表される $C_2B_{10}H_{10}$ の 2 価のカルボラン基を示し、s は繰り返し数を表し、独立に 1 ~ 4 の整数である。m、n は置換数を表し、m は 1 ~ 4 の整数、n は 0 ~ 3 整数である。但し、m = 1 のとき、s = 1 である。

X は独立に、N、CH 又は C を表し、X のうち少なくとも 2 個は N である。

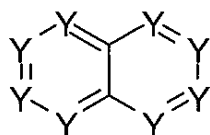
R は、炭素数 1 ~ 12 のアルキル基、炭素数 1 ~ 12 のアルコキシ基、置換若しくは未置換の炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基、置換若しくは未置換の炭素数 3 ~ 16 芳香族複素環基、又は該芳香族炭化水素基若しくは芳香族複素環基の芳香族環が 2 ~ 6 つ連結して構成される連結芳香族基を表す。

L^1 は単結合、又は m + 1 価の置換若しくは未置換の炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基、置換若しくは未置換の炭素数 3 ~ 16 の芳香族複素環基又は該芳香族炭化水素基若しくは芳香族複素環基の芳香族環が 2 ~ 6 つ連結して構成される連結芳香族基を表し、m = 1 の場合は、1,3,5-トリアジン環、ピリミジン環、ピラジン環又はピリダジン環を有する芳香族複素環基、又はこれらの何れかの環を少なくとも 1 つ含む連結芳香族基、又は単結合である。ここで、末端が L^1-H である場合、この L^1-H は炭素数 1 ~ 12 のアルキル基又は炭素数 1 ~ 12 のアルコキシ基であってもよい。

L^2 は独立に、単結合、又は 2 価の置換若しくは未置換の炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基、置換若しくは未置換の炭素数 3 ~ 16 の芳香族複素環基、又は該芳香族炭化水素基若しくは芳香族複素環基の芳香族環が 2 ~ 6 つ連結して構成される連結芳香族基を表す。ここで、末端が L^2-H である場合、この L^2-H は炭素数 1 ~ 12 のアルキル基又は炭素数 1 ~ 12 のアルコキシ基であってもよい。

但し、 L^1 及び L^2 において、環 A と直接結合する環は、下式 (2) で表される 2 環の含窒素複素環、ジベンゾチオフエン環、又はジベンゾフラン環ではない。

【化 2】



ここで Y は独立に、N、CH 又は C を表し、Y のうち 1 ~ 4 個は N である。

【請求項 2】

m が、1 である請求項 1 に記載の有機電界発光素子用材料。

【請求項 3】

環 A が、式 (1 a) で表される $C_2B_{10}H_{10}$ の 2 価のカルボラン基である請求項 1 に記載の有機電界発光素子用材料。

【請求項 4】

L^1 及び L^2 が各々独立に、単結合、又は置換若しくは未置換の炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基、置換若しくは未置換の炭素数 3 ~ 16 の芳香族複素環基、又は該芳香族炭化水素基若しくは芳香族複素環基の芳香族環が 2 ~ 6 つ連結して構成されている連結芳香族基である請求項 1 に記載の有機電界発光素子用材料。

【請求項 5】

L^1 及び L^2 が各々独立に、単結合、又は置換若しくは未置換の炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基、又は該芳香族炭化水素基の芳香族環が 2 ~ 6 つ連結して構成されている連結芳香族基である請求項 1 に記載の有機電界発光素子用材料。

【請求項 6】

一般式(1)中、Xで構成される芳香族環が、ピリミジン環、ピラジン環、ピリダジン環、又は1,3,5-トリアジン環である請求項1に記載の有機電界発光素子用材料。

【請求項7】

基板上に、陽極、有機層及び陰極が積層されてなる有機電界発光素子において、請求項1～6のいずれかに記載の有機電界発光素子用材料を含む有機層を有することを特徴とする有機電界発光素子。

【請求項8】

前記有機電界発光素子用材料を含む有機層が、発光層、電子輸送層、及び正孔阻止層からなる群れから選ばれる少なくとも一つの層である請求項7に記載の有機電界発光素子。

【請求項9】

前記有機電界発光素子用材料を含む有機層が、燐光発光ドーパントを含有する発光層であることを特徴とする請求項8に記載の有機電界発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はカルボラン化合物を有機電界発光素子用材料として使用した有機電界発光素子に関するものであり、詳しくは、有機化合物を含む発光層に電界をかけて光を放出する薄膜型デバイスに関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般に、有機電界発光素子(以下、有機EL素子という)は、その最も簡単な構造としては発光層及び該層を挟んだ一対の対向電極から構成されている。すなわち、有機EL素子では、両電極間に電界が印加されると、陰極から電子が注入され、陽極から正孔が注入され、これらが発光層において再結合し、光を放出する現象を利用する。

【0003】

近年、有機薄膜を用いた有機EL素子の開発が行われるようになった。特に、発光効率を高めるため、電極からキャリアー注入の効率向上を目的として電極の種類の最適化を行い、芳香族ジアミンからなる正孔輸送層と8-ヒドロキシキノリンアルミニウム錯体(Alq₃)からなる発光層とを電極間に薄膜として設けた素子の開発により、従来のアントラセン等の単結晶を用いた素子と比較して大幅な発光効率の改善がなされたことから、自発光・高速応答性といった特徴を持つ高性能フラットパネルへの実用化を目指して進められてきた。

【0004】

また、素子の発光効率を上げる試みとして、蛍光ではなく燐光を用いることも検討されている。上記の芳香族ジアミンからなる正孔輸送層とAlq₃からなる発光層とを設けた素子をはじめとした多くの素子が蛍光発光を利用したものであったが、燐光発光を用いる、すなわち、三重項励起状態からの発光を利用することにより、従来の蛍光(一重項)を用いた素子と比べて、3～4倍程度の効率向上が期待される。この目的のためにクマリン誘導体やベンゾフェノン誘導体を発光層とすることが検討されてきたが、極めて低い輝度しか得られなかった。また、三重項状態を利用する試みとして、ユーロピウム錯体を用いることが検討されてきたが、これも高効率の発光には至らなかった。近年では、特許文献1に示すような発光の高効率化や長寿命化を目的にイリジウム錯体等の有機金属錯体を中心に研究が多数行われている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】W001/041512A

【特許文献2】特開2001-313178号公報

【特許文献3】特開2005-162709号公報

【特許文献4】特開2005-166574号公報

10

20

30

40

50

【特許文献 5】US2012/0319088A

【特許文献 6】W02013/094834A

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献 1】J. Am. Chem. Soc. 2012, 134, 17982-17990

【0007】

高い発光効率を得るには、前記ドーパント材料と同時に、使用するホスト材料が重要になる。ホスト材料として提案されている代表的なものとして、特許文献 2 で紹介されているカルbazol化合物の 4,4'-ビス(9-カルbazolリル)ピフェニル (CBP) が挙げられる。CBP はトリス(2-フェニルピリジン)イリジウム錯体 ($\text{Ir}(\text{ppy})_3$) に代表される緑色燐光発光材料のホスト材料として使用した場合、CBP は正孔を流し易く電子を流しにくい特性上、電荷注入バランスが崩れ、過剰の正孔は電子輸送層側に流出し、結果として $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ からの発光効率が低下する。

10

【0008】

前述のように、有機 EL 素子で高い発光効率を得るには、高い三重項励起エネルギーを有し、かつ両電荷 (正孔・電子) 注入輸送特性においてバランスがとれたホスト材料が必要である。更に、電気化学的に安定であり、高い耐熱性と共に優れたアモルファス安定性を備える化合物が望まれており、更なる改良が求められている。

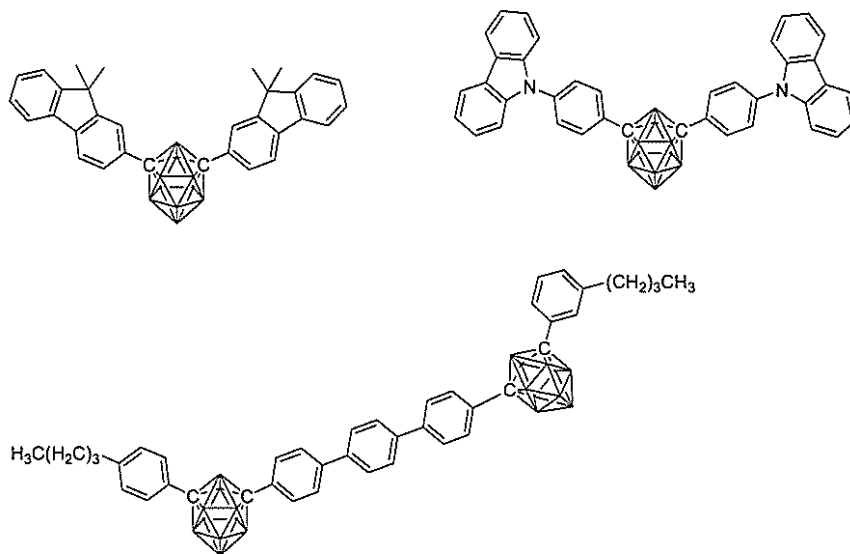
【0009】

特許文献 3、4、5、6 及び非特許文献 1 においては、以下に示すようなカルボラン化合物が開示されている。

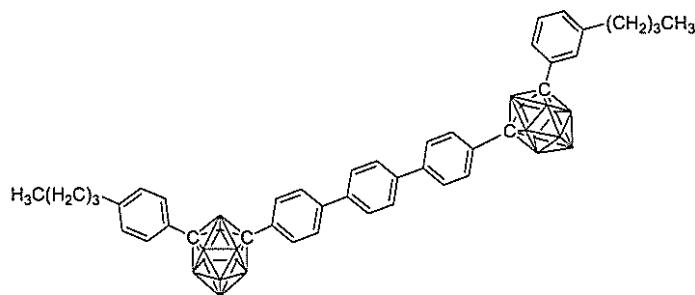
20

【0010】

【化 1】



30



【発明の概要】

40

【0011】

有機 EL 素子をフラットパネルディスプレイ等の表示素子に応用するためには、素子の発光効率を改善すると同時に駆動時の安定性を十分に確保する必要がある。本発明は、上記現状に鑑み、高効率かつ高い駆動安定性を有した実用上有用な有機 EL 素子及びそれに適する化合物を提供することを目的とする。

【0012】

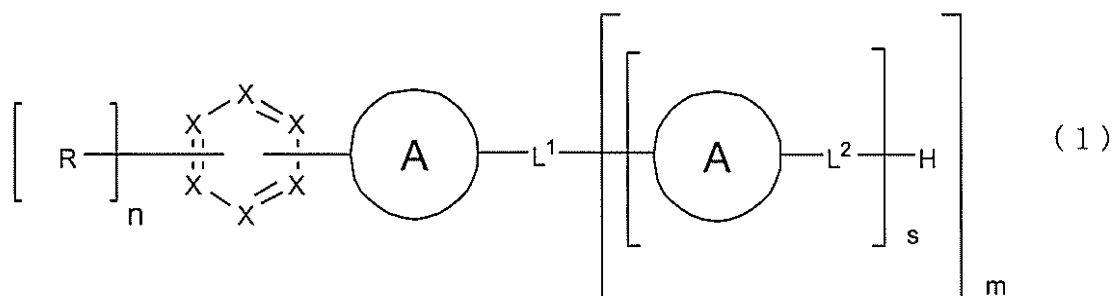
本発明者らは、鋭意検討した結果、少なくとも 2 つ以上の窒素を含む 6 員環基とカルボラン骨格が直接結合した化合物を有機 EL 素子に用いることで優れた特性を示すことを見出し、本発明を完成するに至った。

【0013】

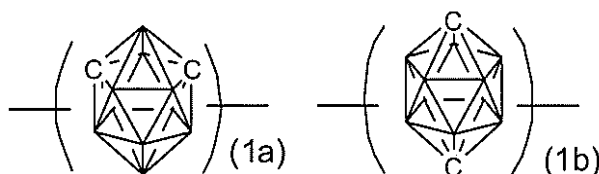
50

本発明は、一般式(1)で表されるカルボラン化合物からなる有機電界発光素子用材料である。

【化2】



10



【0014】

ここで、環Aは式(1a)又は式(1b)で表されるC₂B₁₀H₁₀の2価のカルボラン基を示し、分子内に環Aが複数存在する場合は同一であっても異なってもよい。sは繰り返し数を表し、1~4の整数である。m、nは置換数を表し、mは0~4の整数、nは0~3の整数である。但し、m=1のとき、s=1である。

20

Xは、N、CH又はCを表し、Xのうち少なくとも2個はNである。

Rは、炭素数1~12のアルキル基、炭素数1~12のアルコキシ基、置換若しくは未置換の炭素数6~30の芳香族炭化水素基、置換若しくは未置換の炭素数3~16の芳香族複素環基、又は該芳香族炭化水素基若しくは芳香族複素環基の芳香族環が2~6つ連結して構成される連結芳香族基を表す。

L¹は単結合、又はm+1個の置換若しくは未置換の炭素数6~30の芳香族炭化水素基、置換若しくは未置換の炭素数3~16の芳香族複素環基、又は該芳香族炭化水素基若しくは芳香族複素環基の芳香族環が2~6つ連結して構成される連結芳香族基を表す。m=1の場合、L¹は少なくとも1つの1,3,5-トリアジン環、ピリミジン環、ピラジン環又はピリダジン環を含む芳香族複素環基若しくは連結芳香族基、又は単結合である。また、末端のL¹-Hは炭素数1~12のアルキル基又は炭素数1~12のアルコキシ基であってもよい。

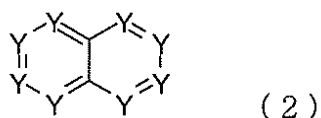
30

L²は独立に、単結合、又は2個の置換若しくは未置換の炭素数6~30の芳香族炭化水素基、置換若しくは未置換の炭素数3~16の芳香族複素環基、又は該芳香族炭化水素基若しくは芳香族複素環基の芳香族環が2~6つ連結して構成される連結芳香族基を表す。また、末端のL²-Hは炭素数1~12のアルキル基又は炭素数1~12のアルコキシ基であってもよく、分子内にL²が複数存在する場合は、同一であっても異なってもよい。

40

但し、L¹及びL²において、環Aと直接結合する環は、ジベンゾチオフェン環、ジベンゾフラン環又は下式(2)で表される2環の含窒素複素環ではない。

【化3】



ここでYは独立に、N、CH又はCを表し、Yのうち1~4個はNである。

また、連結芳香族基の場合は直鎖状であっても分岐状であってもよく、連結する芳香族

50

環は同一であっても異なってもよい。

【0015】

本発明の好ましい態様を次に示す。

【0016】

上記一般式(1)において、次の1)~4)のいずれか1つ以上を満足すること。

- 1) 環Aが、式(1a)で表される $C_{20}B_{10}H_{10}$ の2価のカルボラン基であること。
- 2) L^1 及び L^2 が各々独立に、単結合、又は置換若しくは未置換の炭素数6~30の芳香族炭化水素基、置換若しくは未置換の炭素数3~16の芳香族複素環基、又は該芳香族炭化水素基若しくは芳香族複素環基の芳香族環が2~6つ連結して構成される連結芳香族基であること。
- 3) L^1 及び L^2 が各々独立に、単結合、又は置換若しくは未置換の炭素数6~30の芳香族炭化水素基、又は該芳香族炭化水素基から選ばれる芳香族環が2~6つ連結して構成されている連結芳香族基であること。
- 4) mが0又は1~4の整数であること、好ましくは0又は1の整数であること。

【0017】

上記一般式(1)で表されるカルボラン化合物中の水素の一部又は全部が、重水素に置換されてもよい。

【0018】

また、本発明は、基板上に、陽極、有機層及び陰極が積層されてなる有機電界発光素子において、上記の有機電界発光素子用材料を含む有機層を有する有機電界発光素子に関する。

【0019】

更に、上記有機電界発光素子用材料を含む有機層が、燐光発光ドーパントを含有する発光層であることが好ましい。

【0020】

本発明の有機電界発光素子用材料は、少なくとも2つ以上の窒素を含む6員環芳香族基とカルボラン骨格が直接結合した構造をとる。このような構造的特徴を有するカルボラン化合物は、電子注入輸送性に影響を与える最低空軌道(LUMO)が電子耐性の良い含窒素6員芳香族環上に広く分布しているため電子注入輸送性が向上し、更にこれに置換するRを変化させることで、より高いレベルで電子注入輸送性の制御が可能となる。以上の特徴から、これを有機EL素子に使用することで素子の駆動電圧の低減ならびに高い発光効率を達成できる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】有機EL素子の一構造例を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

本発明の有機電界発光素子用材料は、前記一般式(1)で表される。

ここで、環Aはカルボラン基であり、6個のXで構成される芳香族環は少なくとも2つ以上の窒素を含む含窒素6員環基である。以下、一般式(1)中の6個のXで構成される芳香族環を、Xで構成される芳香族環ともいう。

【0023】

一般式(1)において、同じ記号が複数存在する場合は、それらは同一であっても、異なってもよい。例えば、分子内に複数存在する環A、Xだけでなく、n、s、mの数によっては複数存在することになる L^2 、R等も同一であっても異なってもよい。

【0024】

一般式(1)において、環Aは式(1a)又は(1b)で表される $C_{20}B_{10}H_{10}$ の2価のカルボラン基を示す。好ましくは、式(1a)で表されるカルボラン基である。分子内に環Aが複数存在する場合は同一であっても異なってもよいが、両者が式(1a)で表されるカルボラン基であることが好ましい。式(1a)又は(1b)が有する2つの結

合手はCから生じて、Bから生じてよいが、 L^1 、 L^2 と結合する結合手はCから生じることが好ましい。

【0025】

L^1 は単結合、又は $m+1$ 価の置換若しくは未置換の炭素数6～30の芳香族炭化水素基、置換若しくは未置換の炭素数3～16の芳香族複素環基、又は該芳香族炭化水素基若しくは芳香族複素環基の芳香族環が2～6つ連結して構成される連結芳香族基を表し、連結芳香族基の場合は直鎖状であっても分岐状であってもよく、連結する芳香族環は同一であっても異なってもよい。但し、 $m=1$ の場合、 L^1 は1,3,5-トリアジン環、ピリミジン環、ピラジン環又はピリダジン環を有する上記の芳香族複素環基、又はこれらの何れかの環を少なくとも1つ含む上記の連結芳香族基、又は単結合である。

10

【0026】

L^2 は単結合、又は2価の置換若しくは未置換の炭素数6～30の芳香族炭化水素基、置換若しくは未置換の炭素数3～16の芳香族複素環基、又は該芳香族炭化水素基若しくは芳香族複素環基の芳香族環が2～6つ連結して構成される連結芳香族基を表し、連結芳香族基の場合は直鎖状であっても分岐状であってもよく、連結する芳香族環は同一であっても異なってもよい。また、末端の L^1-H 、又は L^2-H は炭素数1～12のアルキル基又は炭素数1～12のアルコキシ基であってもよい。

【0027】

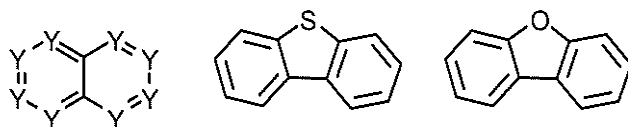
但し、 L^1 及び L^2 において、環Aと直接結合する環は、ジベンゾチオフェン環、ジベンゾフラン環又は上記式(2)で表される2環の含窒素複素環であることはない。

20

ここで、環Aと直接結合する環とは、 L^1 又は L^2 が芳香族基(*Ar)である場合、又は連結芳香族基(*Ar1-Ar2-Ar3)である場合の*Ar又は*Ar1を言う。ここで、*Ar及び*Ar1は環A(カルボラン基)と直接結合する芳香族環である。上記環は置換基を有し得る。

式(2)で表される2環の含窒素複素環、ジベンゾチオフェン環、及びジベンゾフラン環は、それぞれ次式で表され、Yは独立に、N、CH又はCを表し、Yのうち1～4個はNであり、いずれか1個の炭素原子は結合手を有する。

【化4】



30

【0028】

L^1 及び L^2 は、単結合、又は置換若しくは未置換の炭素数6～30の芳香族炭化水素基、置換若しくは未置換の炭素数3～16の芳香族複素環基、又は該芳香族炭化水素基若しくは芳香族複素環基の芳香族環が2～6つ連結して構成されている連結芳香族基であることが好ましく、単結合、又は置換若しくは未置換の炭素数6～30の芳香族炭化水素基、又は該芳香族炭化水素基の芳香族環が2～6つ連結して構成されている連結芳香族基であることがより好ましい。

【0029】

40

Rは、水素、炭素数1～12のアルキル基、炭素数1～12のアルコキシ基、置換若しくは未置換の炭素数6～30の芳香族炭化水素基、置換若しくは未置換の炭素数3～16の芳香族複素環基、又は該芳香族炭化水素基若しくは芳香族複素環基の芳香族環が2～6つ連結して構成される連結芳香族基を表し、連結芳香族基の場合は直鎖状であっても分岐状であってもよく、連結する芳香族環は同一であっても異なってもよい。

【0030】

L^1 、 L^2 及びRの説明において、芳香族炭化水素基、芳香族複素環基及び連結芳香族基に関する説明は、 L^1 は $m+1$ 価、 L^2 は2価、そしてRの場合は1価の基である他は、共通する。

【0031】

50

未置換の芳香族炭化水素基の具体例としてはベンゼン、ナフタレン、フルオレン、アントラセン、アンスリル、フェナントレン、トリフェニレン、テトラフェニレン、フルオランテン、ピレン、クリセン等の芳香族炭化水素化合物から水素を除いて生じる基が挙げられ、好ましくはベンゼン、ナフタレン、フルオレン、フェナントレン、又はトリフェニレンから水素を除いて生じる基である。

【0032】

未置換の芳香族複素環基の具体例としてはピリジン、ピリミジン、ピラジン、ピリダジン、トリアジン、キノリン、イソキノリン、キノキサリン、ナフチリジン、カルバゾール、アクリジン、アゼピン、トリベンゾアゼピン、フェナジン、ジベンゾフラン、ジベンゾチオフェン、ジアザフルオレン、フェノキサジン、フェノチアジン、ジベンゾホスホール、ジベンゾボロール等の芳香族複素環化合物から水素を除いて生じる基が挙げられ、好ましくはピリジン、ピリミジン、トリアジン、ジベンゾフラン、ジベンゾチオフェン、又はカルバゾールから水素を除いて生じる基である。

10

【0033】

本明細書でいう連結芳香族基は、芳香族炭化水素化合物又は芳香族複素環化合物が複数連結した芳香族化合物から水素を除いて生じる基をいう。連結芳香族基は、芳香族環が直接結合で2～6つ連結されて構成される基であり、連結される芳香族環は同一でも異なっているてもよく、芳香族炭化水素基と芳香族複素環基の両者が含まれてもよい。連結される芳香族環の数は2～4が好ましく、より好ましくは2又は3である。連結される芳香族炭化水素基と芳香族複素環基の炭素数は、上記芳香族炭化水素基と芳香族複素環基の炭素数の範囲内であり、合計の炭素数は6～50の範囲が好ましい。

20

本明細書において、芳香族環は芳香族炭化水素化合物又は芳香族複素環化合物の芳香族環を意味し、芳香族基は芳香族炭化水素基、芳香族複素環基又は連結芳香族基を意味する。芳香族炭化水素基、芳香族複素環基と、連結芳香族基を区別するときは、芳香族炭化水素基、芳香族複素環基は、これと単結合で結合する芳香族炭化水素基又は芳香族複素環基を有さない。

【0034】

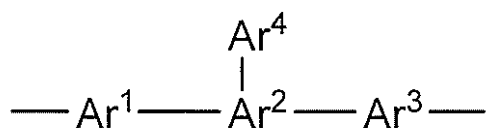
上記連結芳香族基の具体例としては、ビフェニル、ターフェニル、フェニルナフタレン、ジフェニルナフタレン、フェニルアントラセン、ジフェニルアントラセン、ジフェニルフルオレン、ビピリジン、ビピリミジン、ピトリアジン、ビスカルバゾール、フェニルピリジン、フェニルピリミジン、フェニルトリアジン、フェニルカルバゾール、ジフェニルピリジン、ジフェニルトリアジン、ビスカルバゾリルベンゼン等から水素を除いて生じる基が挙げられる。

30

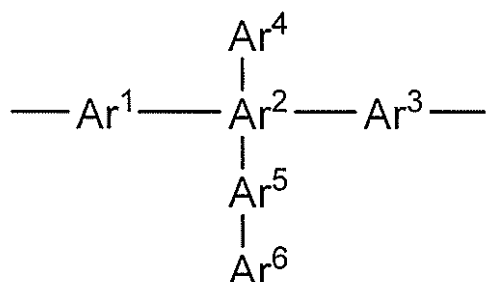
【0035】

上記連結芳香族基は、2価の基の場合、例えば、下式で表わされ、直鎖状、又は分岐状で連結されてもよい。

【化5】



10

(Ar¹～Ar⁶は未置換の芳香族炭化水素環又は芳香族複素環)

20

【0036】

L¹、L²及びRにおいて、上記芳香族炭化水素基、芳香族複素環基又は連結芳香族基は、置換基を有してもよい。これらの芳香族基が置換基を有する場合の置換基は、炭素数1～12のアルキル基、炭素数1～12のアルコキシ基、又は炭素数2～13のアシル基であることがよく、これらの基は直鎖状、分岐状、環状であってもよい。好ましくは、炭素数1～10のアルキル基、炭素数1～10のアルコキシ基、又は炭素数2～11のアシル基であり、より好ましくは、炭素数1～4のアルキル基、炭素数1～2のアルコキシ基、又はアセチル基である。本明細書でいう芳香族炭化水素基、芳香族複素環基又は連結芳香族基の炭素数は、置換基の炭素数を含まない。しかし、置換基の炭素数を含んだ合計の炭素数が、上記炭素数を満足することが好ましい。

30

【0037】

ここで、アルキル基は、脂肪族炭化水素基を意味し、鎖状の炭化水素基の他に、シクロやテルペン類等から生じる環状炭化水素基を含む。アルキル基の具体例としては、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、ペンチル基、ヘキシル基、オクチル基等の鎖状又は分岐状のアルキル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基等のシクロアルキル基等の環状アルキル基が挙げられる。

アルコキシ基の具体例としては、前記メチル基、エチル基、プロピル基等のアルキル基から導かれるメトキシ基、エトキシ基、プロポキシ基等のアルコキシ基が挙げられる。

アシル基の具体例としては、アセチル基、エチルカルボニル基等のアシル基が挙げられる。

40

【0038】

また、末端のL¹-H又はL²-Hが、炭素数1～12のアルキル基又は炭素数1～12のアルコキシ基である場合は、前記置換基で説明したアルキル基、アルコキシ基と同様に直鎖状、分岐状、環状であってもよい。

【0039】

一般式(1)において、sは繰り返し数を表し、1～4の整数である。m、nは置換数を表し、mは0～4の整数、nは0～3の整数である。但し、m=1のとき、s=1である。好ましくは、mは0又は1～3の整数であり、さらに好ましくは1～2の整数であり、より好ましくは1であり、sは1又は2の整数であり、nは0～2の整数である。

【0040】

50

一般式(1)において、Xは、N、CH又はCを表し、6つのXのうち少なくとも2個はNである。好ましくはNを2もしくは3つ含む。Cの場合は、R又は環Aと結合する結合手を有する。このXで構成される芳香族環は、1,3,5-トリアジン環、ピリミジン環、ピラジン環、又はピリダジン環であることが好ましい。

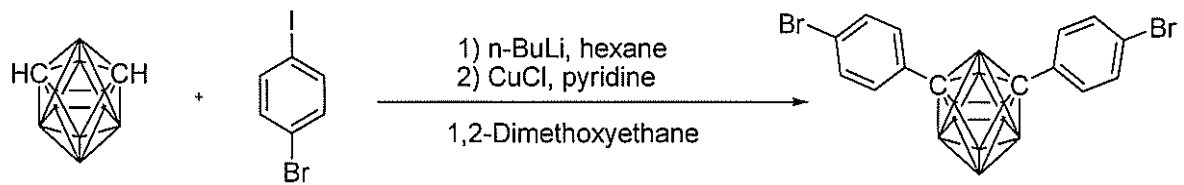
【0041】

一般式(1)で表されるカルボラン化合物は、目的とする化合物の構造に応じて原料を選択し、公知の手法を用いて合成することができる。

【0042】

Journal of Organometallic Chemistry, 1993, 462, p19-29に示される合成例を参考にして以下の反応式により(A-1)を合成することができる。この反応式を応用又は改変して、一般式(1)のカルボラン化合物を得ることができる。

10



[A-1]

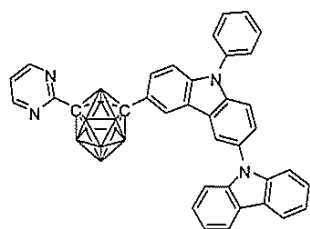
20

【0043】

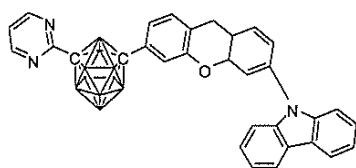
一般式(1)で表されるカルボラン化合物の具体例を以下に示すが、本発明の有機電界発光素子用材料はこれらに限定されない。

【0044】

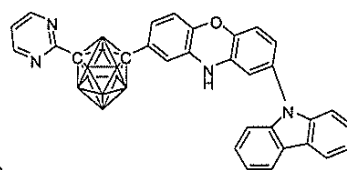
【化 7】



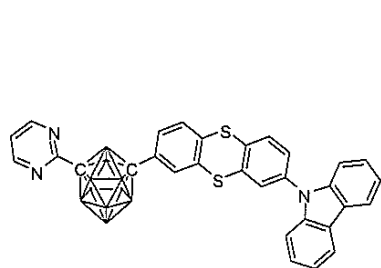
1



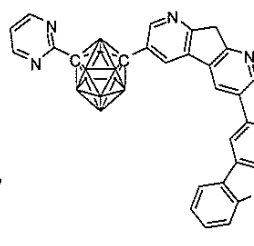
2



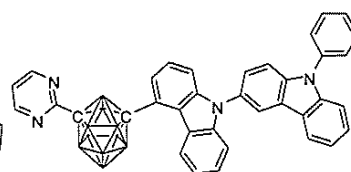
3



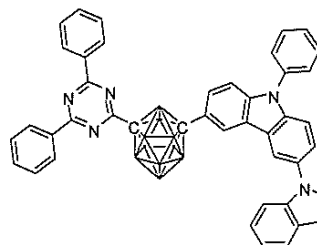
4



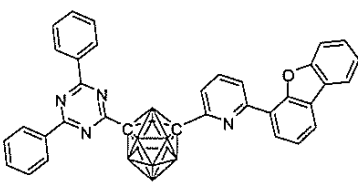
5



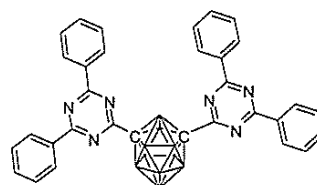
6



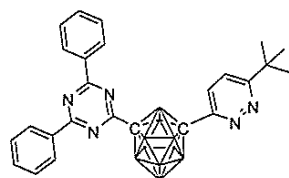
7



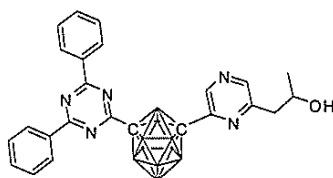
8



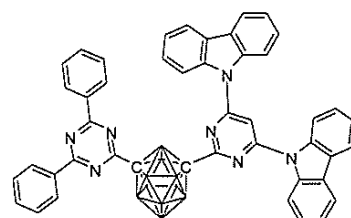
9



10



11



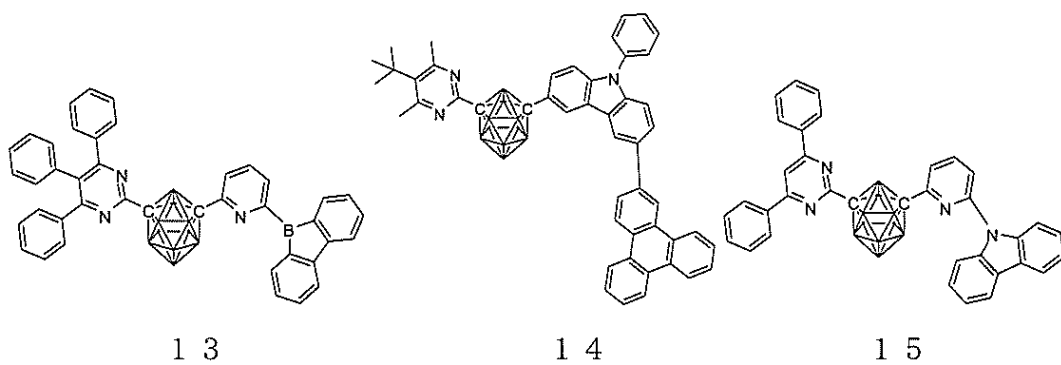
12

10

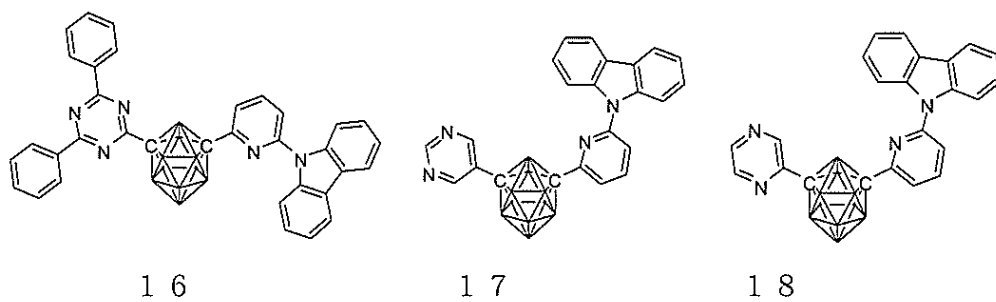
20

30

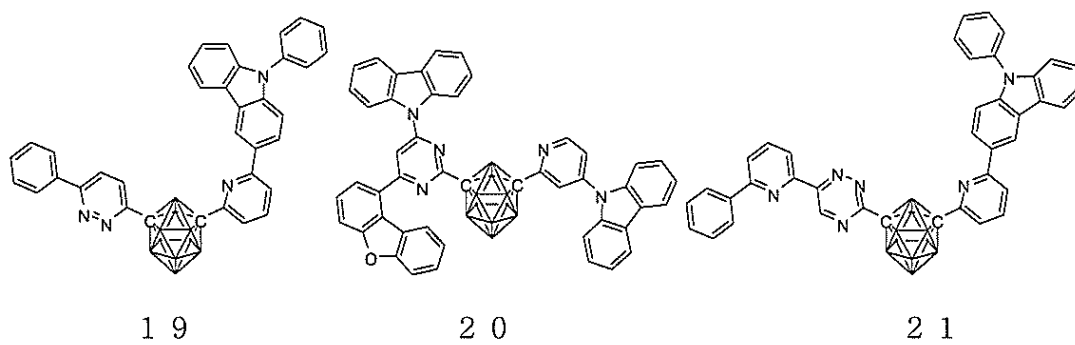
【化 8】



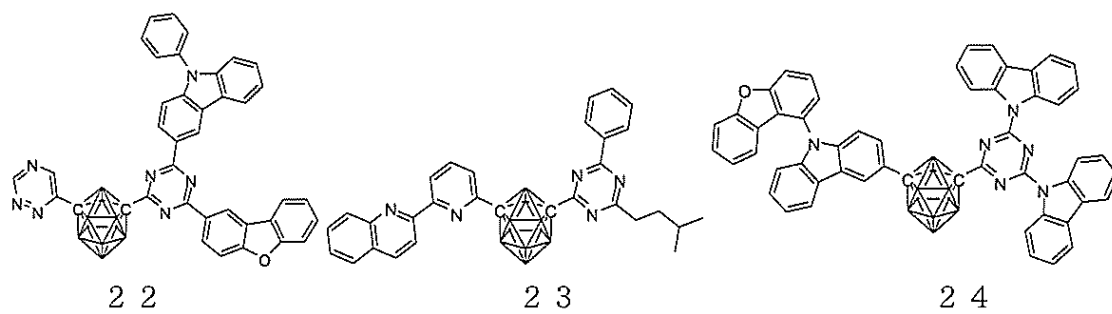
10



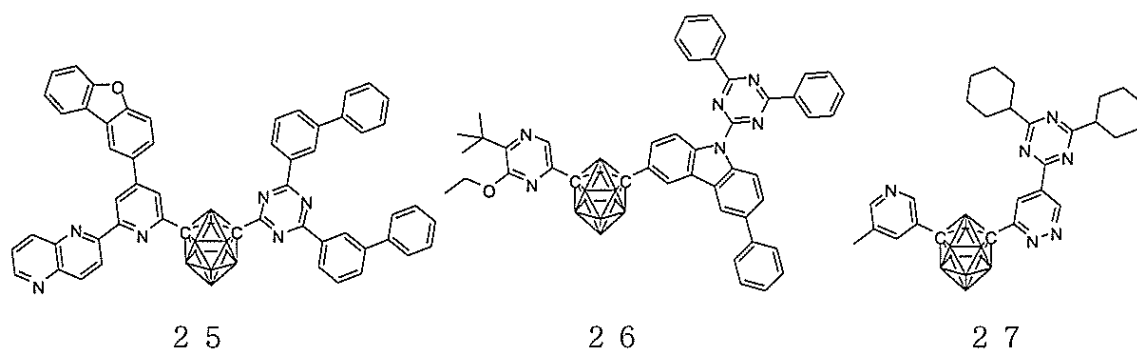
20



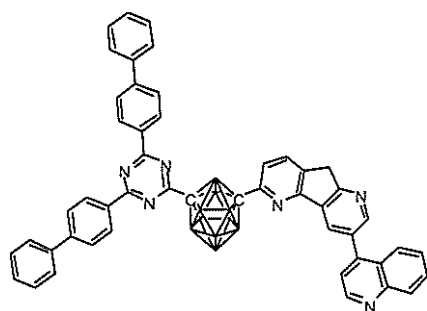
30



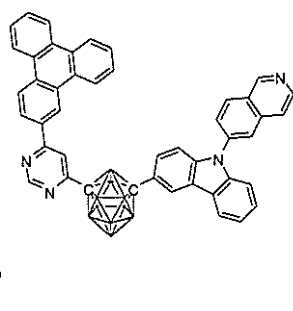
40



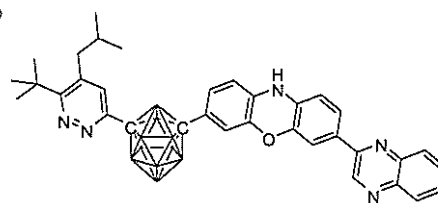
【化 9】



28

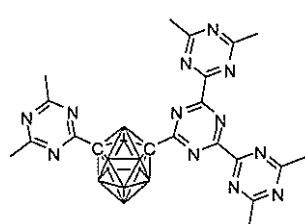


29

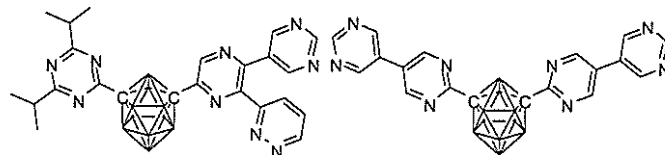


30

10



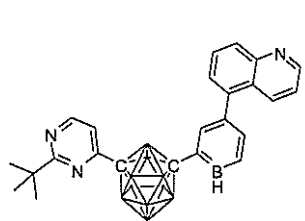
31



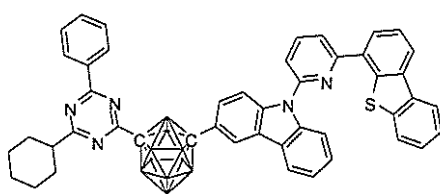
32

33

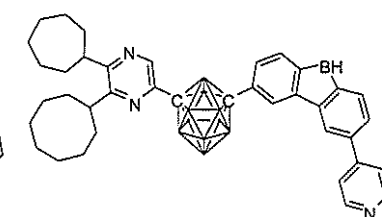
20



34

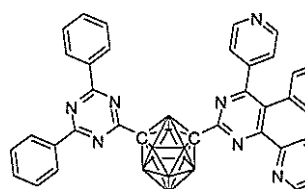


35

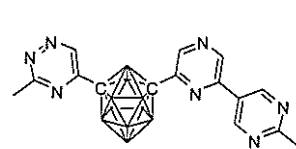


36

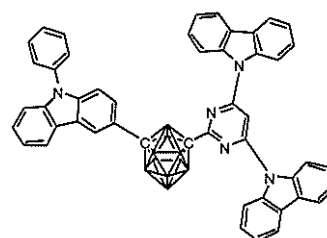
30



37

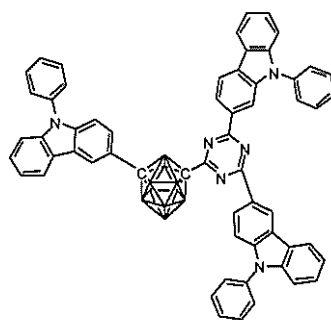


38

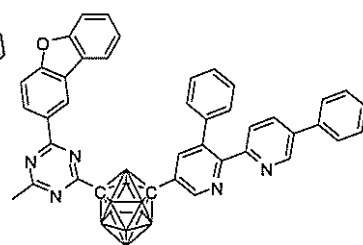


39

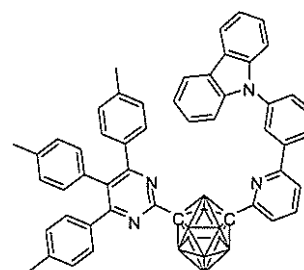
40



40



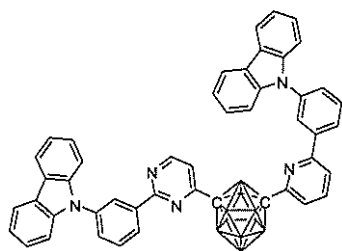
41



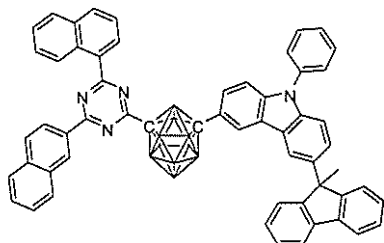
42

【 0 0 4 5 】

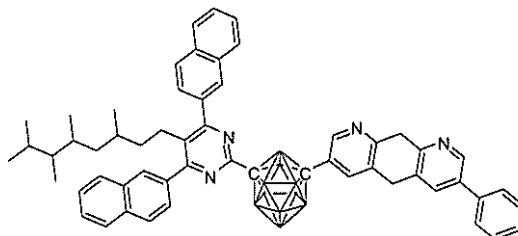
【化 10】



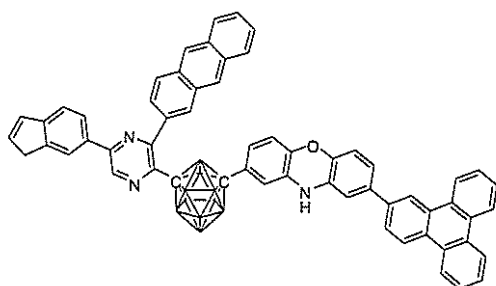
43



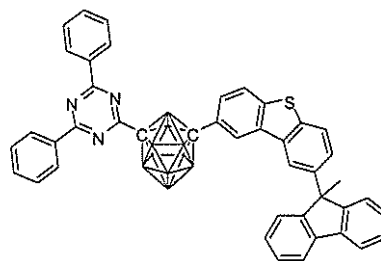
44



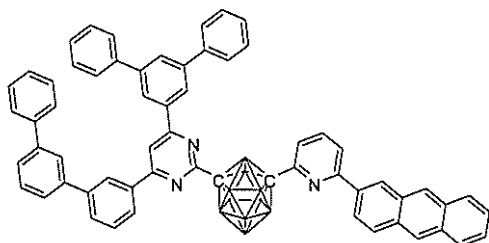
45



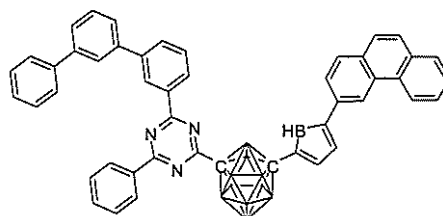
46



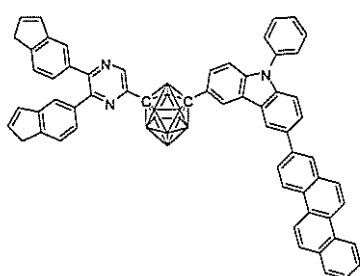
47



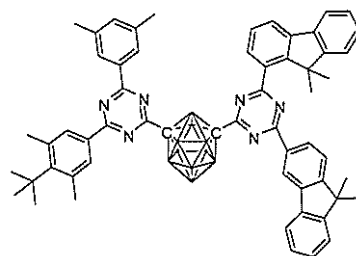
48



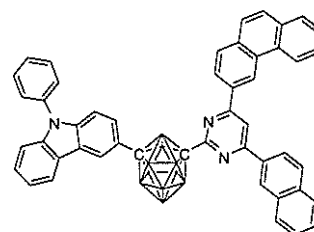
49



50



51



52

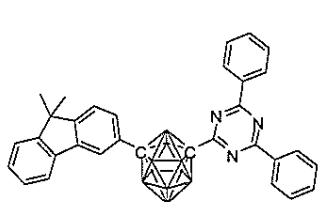
10

20

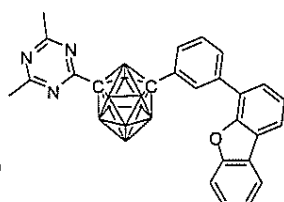
30

40

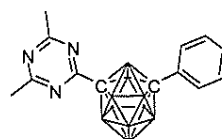
【化 1 1】



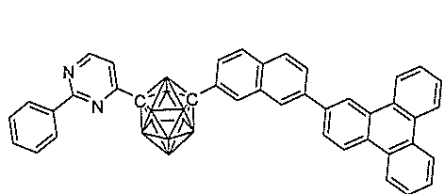
5 3



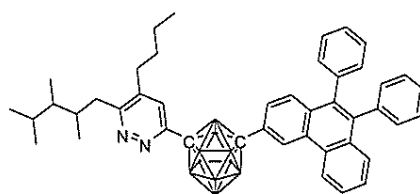
5 4



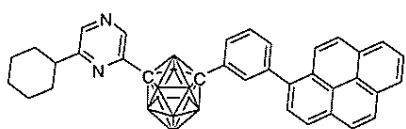
5 5



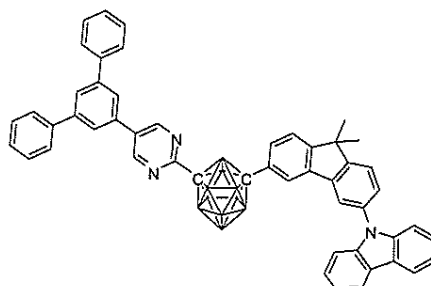
5 6



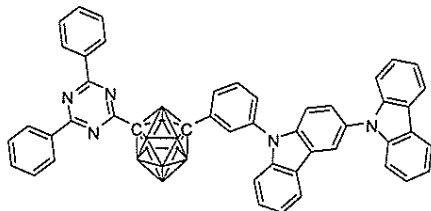
5 7



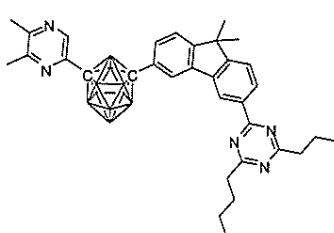
5 8



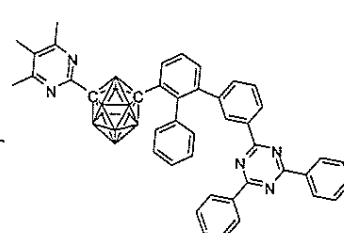
5 9



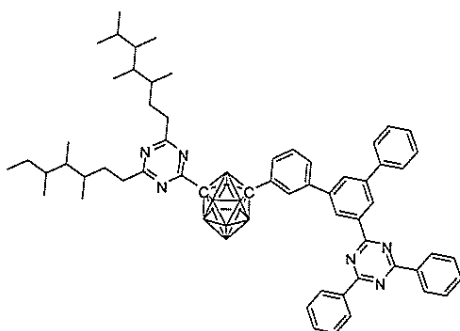
6 0



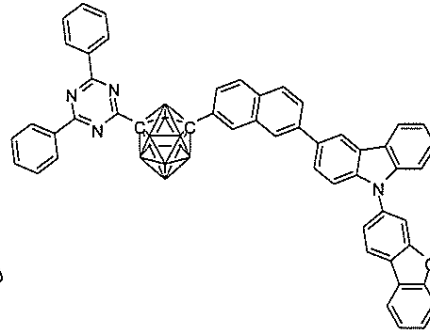
6 1



6 2



6 3



6 4

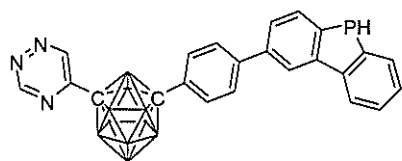
10

20

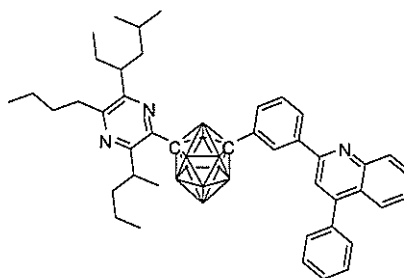
30

40

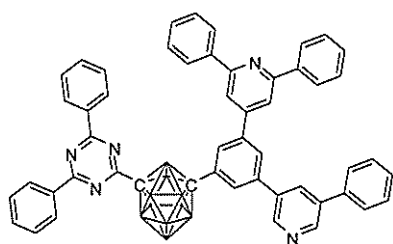
【化 1 2】



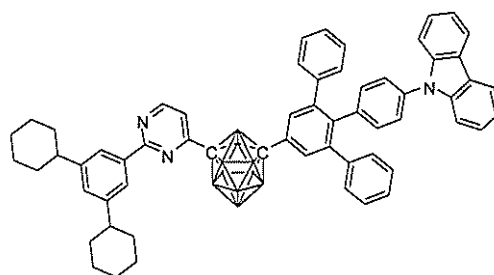
6 5



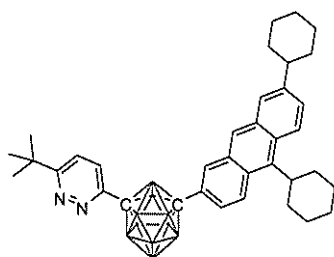
6 6



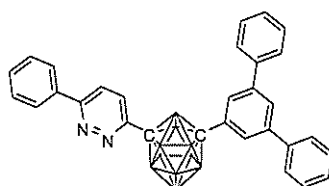
6 7



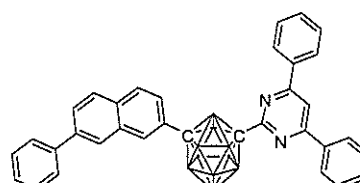
6 8



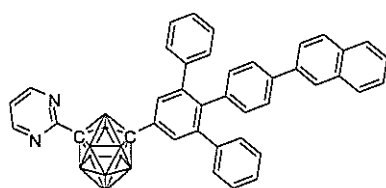
6 9



7 0



7 1



7 2

【 0 0 4 6】

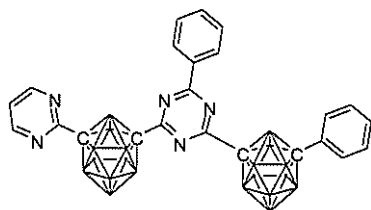
10

20

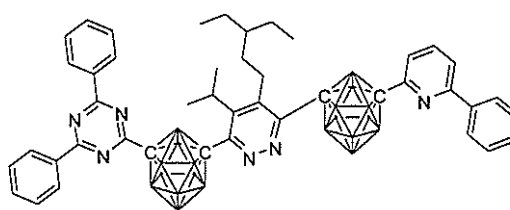
30

40

【化 1 3】

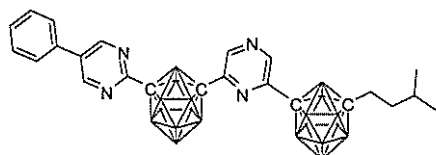


7 3

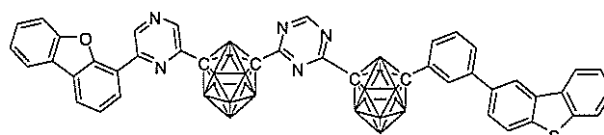


7 4

10

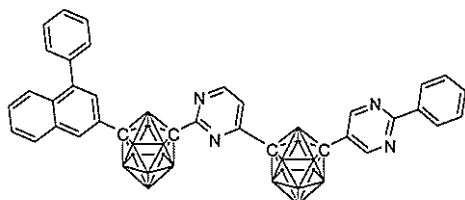


7 5

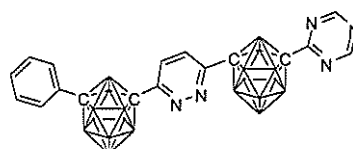


7 6

20

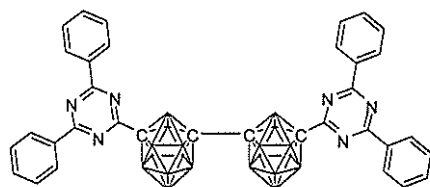


7 7

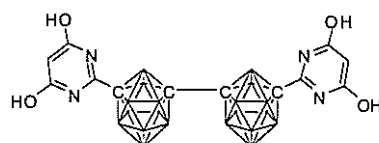


7 8

30

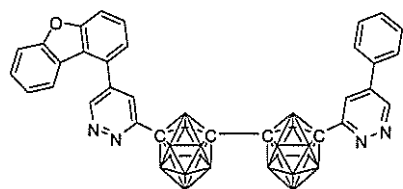


7 9

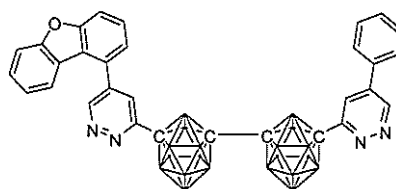


8 0

40

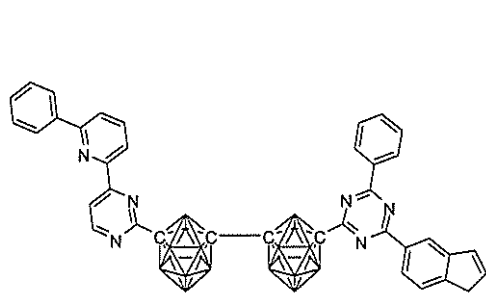


8 1

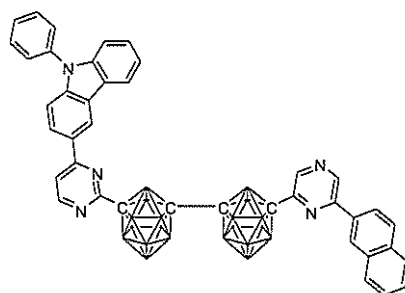


8 2

【化 1 4】

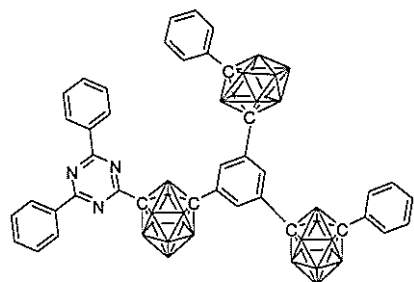


8 3

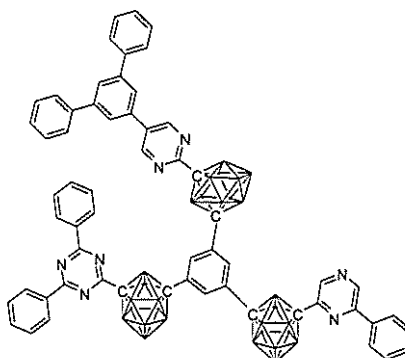


8 4

10

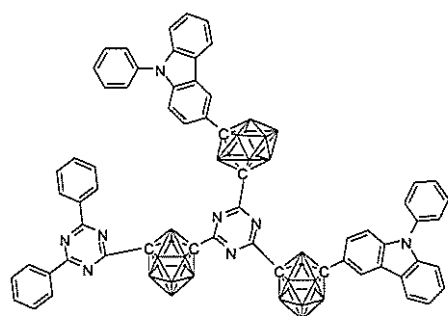


8 5

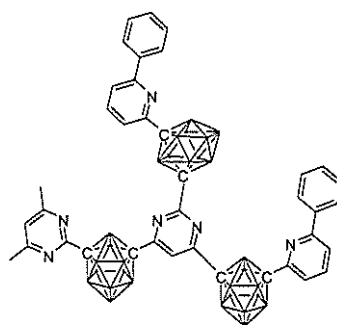


8 6

20

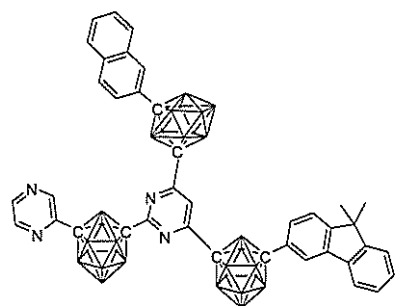


8 7

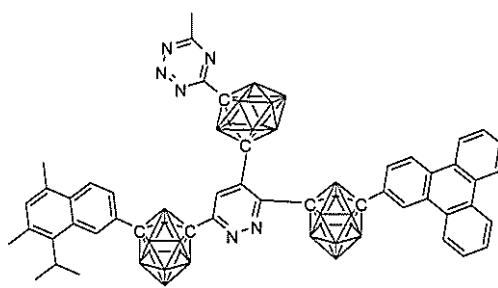


8 8

30



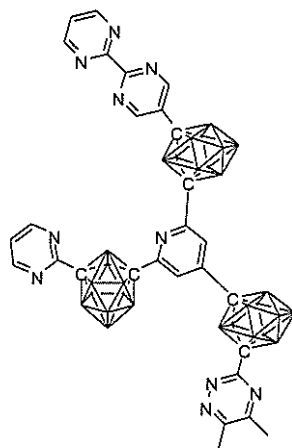
8 9



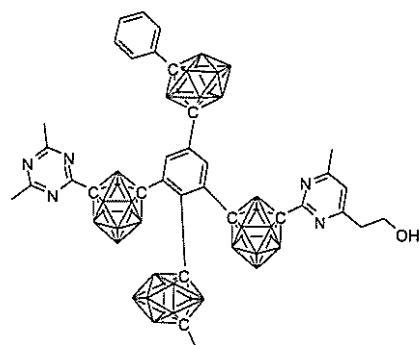
9 0

40

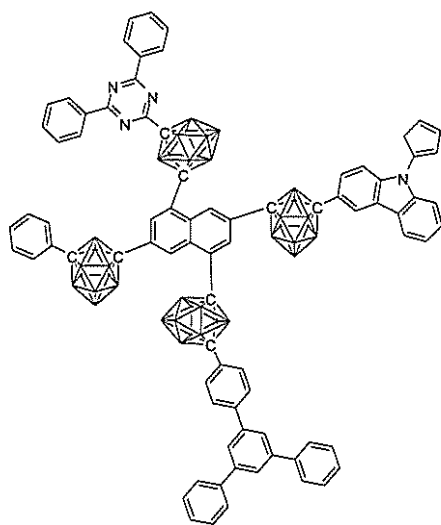
【化 1 5】



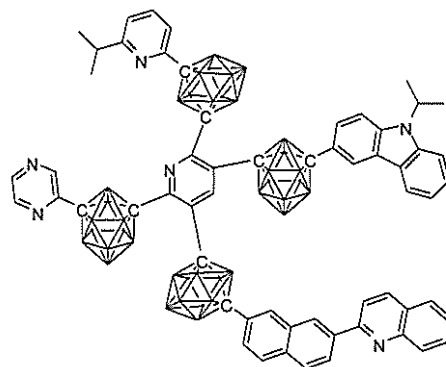
9 1



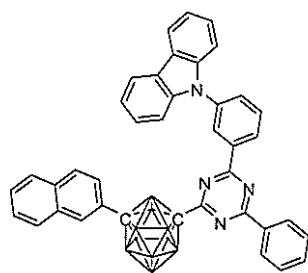
9 2



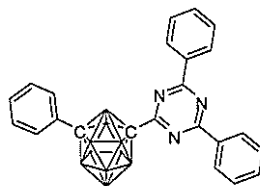
9 3



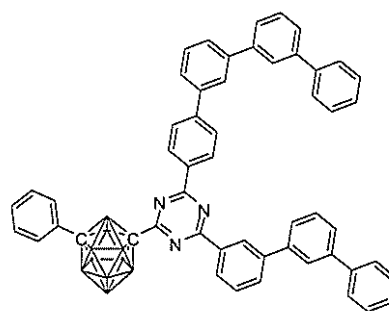
9 4



9 5



9 6



9 7

【 0 0 4 7 】

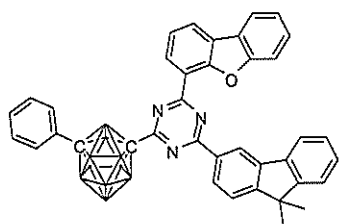
10

20

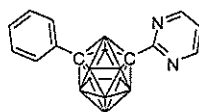
30

40

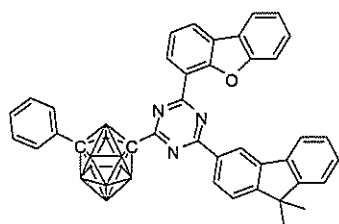
【化 16】



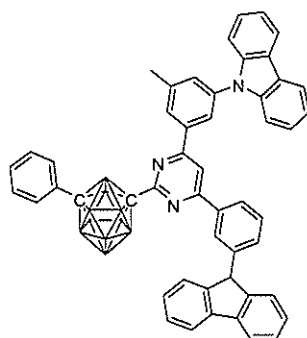
98



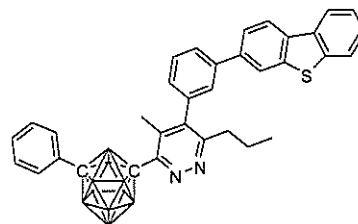
99



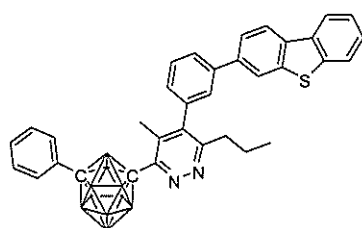
100



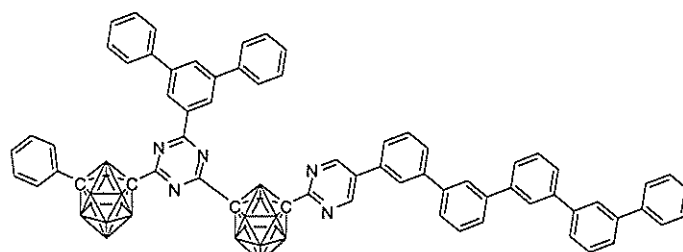
101



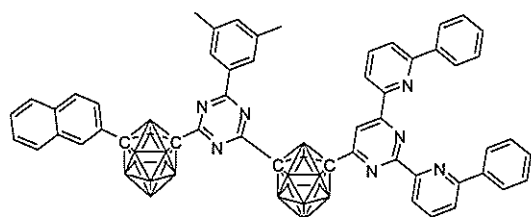
102



103



104



105

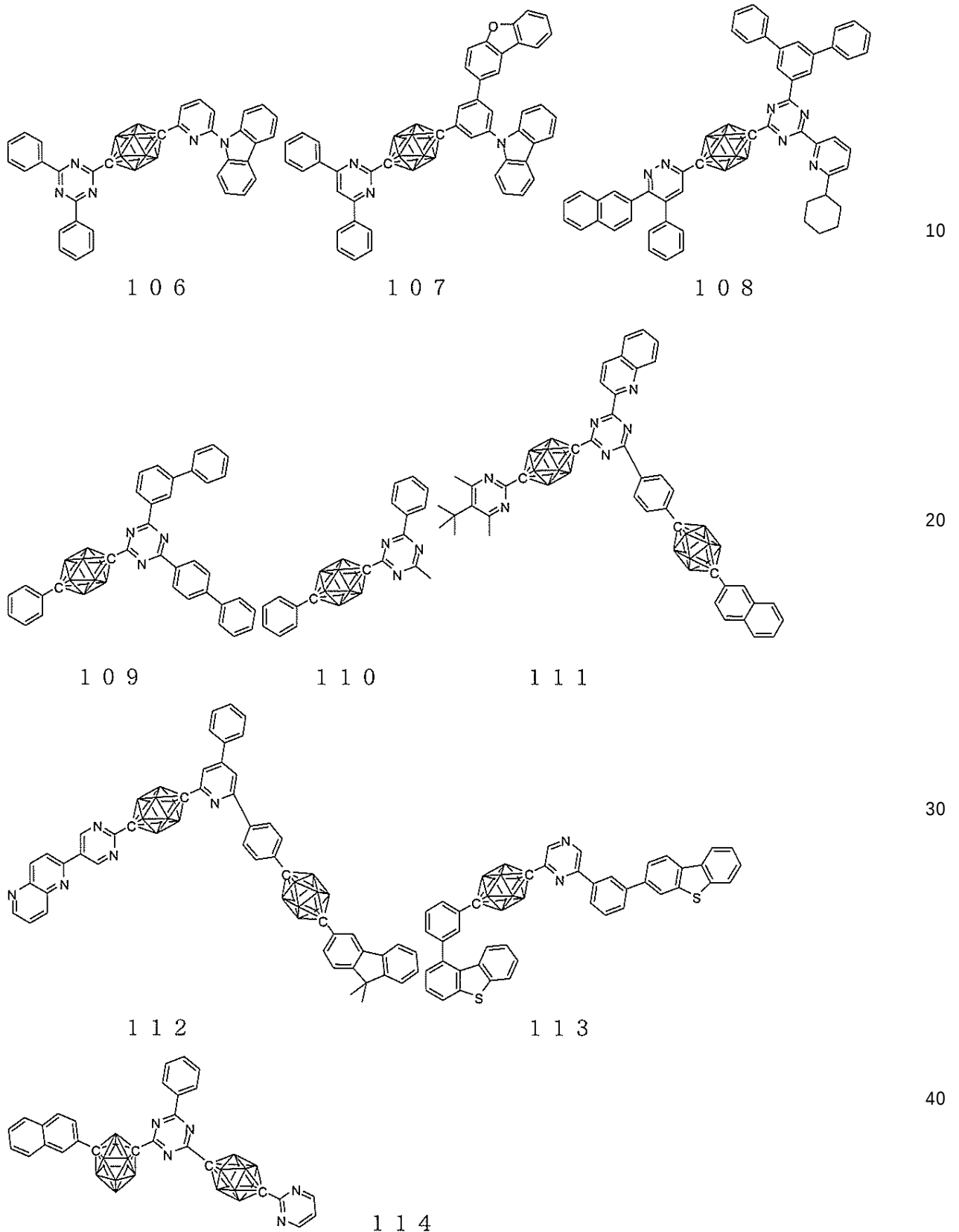
10

20

30

40

【化 17】



【0048】

本発明の有機電界発光素子用材料は、一般式(1)で表されるカルボラン化合物(本発明のカルボラン化合物、又は本発明の材料ともいう。)からなる。基板上に、陽極、複数の有機層及び陰極が積層されてなる有機EL素子の少なくとも1つの有機層に、本発明のカルボラン化合物を含有させることにより、優れた有機電界発光素子を与える。含有させ

る有機層としては、発光層、電子輸送層又は正孔阻止層が適する。ここで、発光層に使用
する場合は、蛍光発光、遅延蛍光発光又は燐光発光性のドーパントを含有する発光層のホ
スト材料として使用することができるほか、本発明の化合物を蛍光及び遅延蛍光を放射す
る有機発光材料として使用することができる。蛍光及び遅延蛍光を放射する有機発光材料
として使用する場合、励起一重項エネルギー、励起三重項エネルギーの少なくとも何れか
一方が本発明の化合物よりも高い値を有する他の有機化合物をホスト材料として使用す
ることが好ましい。本発明のカルボラン化合物は、燐光発光ドーパントを含有する発光層の
ホスト材料として含有させることが特に好ましい。

【0049】

次に、本発明の有機電界発光素子用材料を用いた有機EL素子について説明する。

10

【0050】

本発明の有機EL素子は、基板上に積層された陽極と陰極の間に、少なくとも一つの発
光層を有する有機層を有し、且つ少なくとも一つの有機層は、本発明の有機電界発光素子
用材料を含む。有利には、燐光発光ドーパントと共に本発明の有機電界発光素子用材料を
発光層中に含む。

【0051】

次に、本発明の有機EL素子の構造について、図面を参照しながら説明するが、本発明
の有機EL素子の構造は何ら図示のものに限定されるものではない。

【0052】

図1は本発明に用いられる一般的な有機EL素子の構造例を示す断面図であり、1は基
板、2は陽極、3は正孔注入層、4は正孔輸送層、5は発光層、6は電子輸送層、7は陰
極を各々表わす。本発明の有機EL素子では発光層と隣接して励起子阻止層を有してもよ
く、また、発光層と正孔注入層との間に電子阻止層を有してもよい。励起子阻止層は発光
層の陽極側、陰極側のいずれにも挿入することができ、両方同時に挿入することも可能で
ある。本発明の有機EL素子では、基板、陽極、発光層及び陰極を必須の層として有する
が、必須の層以外の層に、正孔注入輸送層、電子注入輸送層を有することがよく、更に発
光層と電子注入輸送層の間に正孔阻止層を有することがよい。なお、正孔注入輸送層は、
正孔注入層と正孔輸送層のいずれか又は両者を意味し、電子注入輸送層は、電子注入層と
電子輸送層のいずれか又は両者を意味する。

20

【0053】

なお、図1とは逆の構造、すなわち、基板1上に陰極7、電子輸送層6、発光層5、正
孔輸送層4、正孔注入層3、陽極2の順に積層することも可能であり、この場合も、必要
により層を追加したり、省略したりすることが可能である。

30

【0054】

- 基板 -

本発明の有機EL素子は、基板に支持されていることが好ましい。この基板については
、特に制限はなく、従来から有機EL素子に慣用されているものであればよく、例えば、
ガラス、透明プラスチック、石英などからなるものを用いることができる。

【0055】

- 陽極 -

40

有機EL素子における陽極としては、仕事関数の大きい(4eV以上)金属、合金、電
気伝導性化合物及びこれらの混合物を電極物質とするものが好ましく用いられる。このよ
うな電極物質の具体例としてはAu等の金属、CuI、インジウムチンオキシド(ITO)
)、SnO₂、ZnO等の導電性透明材料が挙げられる。また、IDIXO(In₂O₃-
ZnO)等非晶質で透明導電膜を作製可能な材料を用いてもよい。陽極はこれらの電極物
質を蒸着やスパッタリング等の方法により、薄膜を形成させ、フォトリソグラフィー法で
所望の形状のパターンを形成してもよく、あるいはパターン精度をあまり必要としない場
合は(100μm以上程度)、上記電極物質の蒸着やスパッタリング時に所望の形状のマ
スクを介してパターンを形成してもよい。あるいは、有機導電性化合物のように塗布可能
な物質を用いる場合には、印刷方式、コーティング方式等湿式成膜法を用いることもでき

50

る。この陽極より発光を取り出す場合には、透過率を10%より大きくすることが望ましく、また陽極としてのシート抵抗は数百 $\Omega/\square$ 以下が好ましい。更に膜厚は材料にもよるが、通常10～1000nm、好ましくは10～200nmの範囲で選ばれる。

【0056】

- 陰極 -

一方、陰極としては、仕事関数の小さい(4eV以下)金属(電子注入性金属と称する)、合金、電気伝導性化合物及びこれらの混合物を電極物質とするものが用いられる。このような電極物質の具体例としては、ナトリウム、ナトリウム-カリウム合金、マグネシウム、リチウム、マグネシウム/銅混合物、マグネシウム/銀混合物、マグネシウム/アルミニウム混合物、マグネシウム/インジウム混合物、アルミニウム/酸化アルミニウム(Al₂O₃)混合物、インジウム、リチウム/アルミニウム混合物、希土類金属等が挙げられる。これらの中で、電子注入性及び酸化等に対する耐久性の点から、電子注入性金属とこれより仕事関数の値が大きく安定な金属である第二金属との混合物、例えば、マグネシウム/銀混合物、マグネシウム/アルミニウム混合物、マグネシウム/インジウム混合物、アルミニウム/酸化アルミニウム(Al₂O₃)混合物、リチウム/アルミニウム混合物、アルミニウム等が好適である。陰極はこれらの電極物質を蒸着やスパッタリング等の方法により薄膜を形成させることにより、作製することができる。また、陰極としてのシート抵抗は数百 $\Omega/\square$ 以下が好ましく、膜厚は通常10nm～5 μ m、好ましくは50～200nmの範囲で選ばれる。なお、発光した光を透過させるため、有機EL素子の陽極又は陰極のいずれか一方が、透明又は半透明であれば発光輝度が向上し好都合である。

【0057】

また、陰極に上記金属を1～20nmの膜厚で作製した後に、陽極の説明で挙げた導電性透明材料をその上に作製することで、透明又は半透明の陰極を作製することができ、これを応用することで陽極と陰極の両方が透過性を有する素子を作製することができる。

【0058】

- 発光層 -

発光層は、陽極及び陰極のそれぞれから注入された正孔及び電子が再結合することにより励起子が生成した後、発光する層であり、発光層には有機発光材料とホスト材料を含む。

発光層が蛍光発光層である場合、蛍光発光材料は少なくとも1種の蛍光発光材料を単独で使用しても構わないが、蛍光発光材料を蛍光発光ドーパントとして使用し、ホスト材料を含むことが好ましい。

【0059】

発光層における蛍光発光材料としては、一般式(1)で表されるカルボラン化合物を用いることができるが、多数の特許文献等により知られているので、それらから選択することもできる。例えば、ベンゾオキサゾール誘導体、ベンゾチアゾール誘導体、ベンゾイミダゾール誘導体、スチリルベンゼン誘導体、ポリフェニル誘導体、ジフェニルブタジエン誘導体、テトラフェニルブタジエン誘導体、ナフタリイミド誘導体、クマリン誘導体、縮合芳香族化合物、ペリノン誘導体、オキサジアゾール誘導体、オキサジン誘導体、アルダジン誘導体、ピラリジン誘導体、シクロペンタジエン誘導体、ビススチリルアントラセン誘導体、キナクリドン誘導体、ピロロピリジン誘導体、チアジアゾロピリジン誘導体、スチリルアミン誘導体、ジケトピロロピロール誘導体、芳香族ジメチリジン化合物、8-キノリノール誘導体の金属錯体やピロメテン誘導体の金属錯体、希土類錯体、遷移金属錯体に代表される各種金属錯体等、ポリチオフェン、ポリフェニレン、ポリフェニレンビニレン等のポリマー化合物、有機シラン誘導体等が挙げられる。好ましくは縮合芳香族化合物、スチリル化合物、ジケトピロロピロール化合物、オキサジン化合物、ピロメテン金属錯体、遷移金属錯体、ランタノイド錯体が挙げられ、より好ましくはナフタセン、ピレン、クリセン、トリフェニレン、ベンゾ[c]フェナントレン、ベンゾ[a]アントラセン、ペンタセン、ペリレン、フルオランテン、アセナフソフルオランテン、ジベンゾ[a,j]アントラセン、ジベンゾ[a,h]アントラセン、ジベンゾ[a,h]アントラセン、ベンゾ[a]ナフタセン、

ヘキサセン、アントラントレン、ナフト[2,1-f]イソキノリン、 α -ナフトフェナントリジン、フェナントロオキサゾール、キノリノ[6,5-f]キノリン、ベンゾチオファントレン等が挙げられる。これらは置換基としてアルキル基、アリール基、芳香族複素環基、ジアリールアミノ基を有していてもよい。

【0060】

発光層における蛍光ホスト材料としては、一般式(1)で表されるカルボラン化合物を用いることができるが、多数の特許文献等により知られているので、それらから選択することもできる。例えば、ナフトレン、アントラセン、フェナンスレン、ピレン、クリセン、ナフトセン、トリフェニレン、ペリレン、フルオランテン、フルオレン、インデンなどの縮合アリール環を有する化合物やその誘導体、N, N'-ジナフチル-N, N'-ジフェニル-4, 4'-ジフェニル-1, 1'-ジアミンなどの芳香族アミン誘導体、トリス(8-キノリナート)アルミニウム(III)をはじめとする金属キレート化オキシノイド化合物、ジスチリルベンゼン誘導体などのビススチリル誘導体、テトラフェニルブタジエン誘導体、インデン誘導体、クマリン誘導体、オキサジアゾール誘導体、ピロロピリジン誘導体、ペリノン誘導体、シクロペンタジエン誘導体、ピロロピロール誘導体、チアジアゾロピリジン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、カルバゾール誘導体、インドロカルバゾール誘導体、トリアジン誘導体、ポリマー系では、ポリフェニレンビニレン誘導体、ポリパラフェニレン誘導体、ポリフルオレン誘導体、ポリビニルカルバゾール誘導体、ポリチオフェン誘導体等が使用できるが特に限定されるものではない。

【0061】

前記蛍光発光材料を蛍光発光ドーパントとして使用し、ホスト材料を含む場合、蛍光発光ドーパントが発光層中に含有される量は、0.01~20重量%、好ましくは0.1~10重量%の範囲にあることがよい。

【0062】

通常、有機EL素子は、陽極、陰極の両電極より発光物質に電荷を注入し、励起状態の発光物質を生成し、発光させる。電荷注入型の有機EL素子の場合、生成した励起子のうち、一重項励起状態に励起されるのは25%であり、残り75%は三重項励起状態に励起されると言われている。Advanced Materials 2009, 21, 4802-4806.に示されているように、特定の蛍光発光物質は、項間交差等により三重項励起状態へとエネルギーが遷移した後、三重項-三重項消滅あるいは熱エネルギーの吸収により、一重項励起状態に逆項間交差され蛍光を放射し、熱活性化遅延蛍光を発現することが知られている。本発明の有機EL素子でも遅延蛍光を発現することができる。この場合、蛍光発光及び遅延蛍光発光の両方を含むこともできる。但し、発光の一部或いは部分的にホスト材料からの発光があってもよい。

【0063】

発光層が遅延蛍光発光層である場合、遅延発光材料は少なくとも1種の遅延発光材料を単独で使用しても構わないが、遅延蛍光材料を遅延蛍光発光ドーパントとして使用し、ホスト材料を含むことが好ましい。

【0064】

発光層における遅延蛍光発光材料としては、一般式(1)で表されるカルボラン化合物を用いることができるが、公知の遅延蛍光発光材料から選択することもできる。例えば、スズ錯体、インドロカルバゾール誘導体、銅錯体、カルバゾール誘導体等が挙げられる。具体的には、以下の非特許文献、特許文献に記載されている化合物が挙げられるが、これらの化合物に限定されるものではない。

【0065】

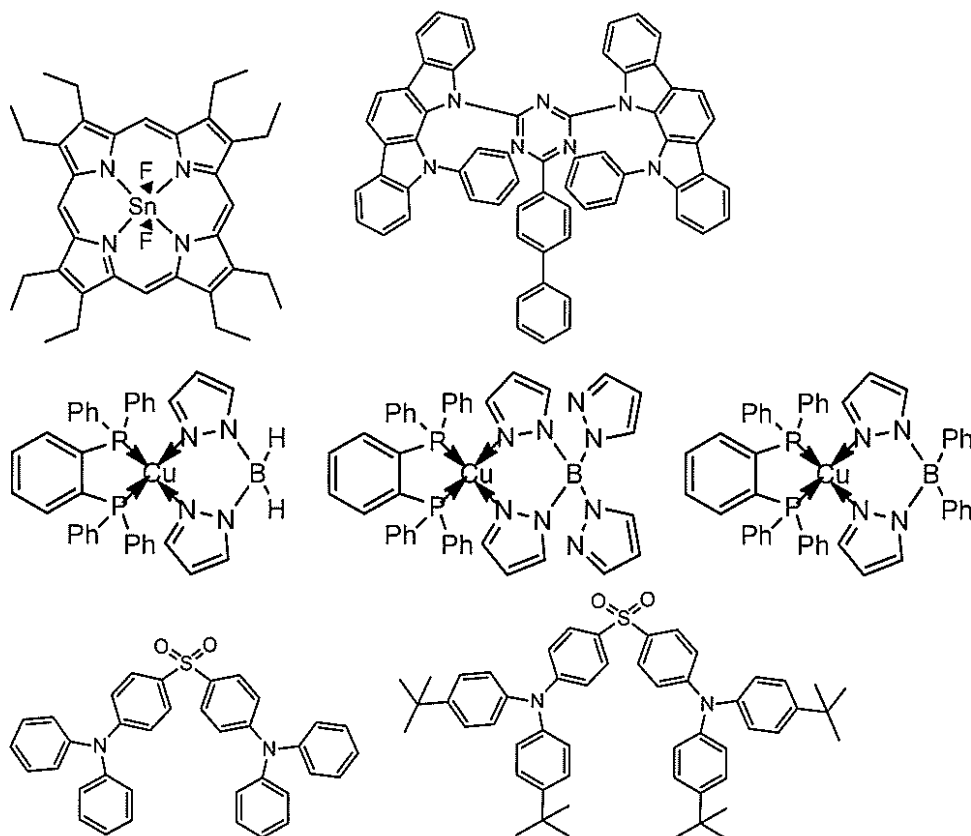
1) Adv. Mater. 2009, 21, 4802-4806、2) Appl. Phys. Lett. 98, 083302 (2011)、3) 特開2011-213643号公報、4) J. Am. Chem. Soc. 2012, 134, 14706-14709。

【0066】

遅延発光材料の具体的な例を示すが、下記の化合物に限定されるものではない。

【0067】

【化 18】



10

20

【0068】

前記遅延蛍光発光材料を遅延蛍光発光ドーパントとして使用し、ホスト材料を含む場合、遅延蛍光発光ドーパントが発光層中に含有される量は、0.01～50重量%、好ましくは0.1～20重量%、より好ましくは0.01～10%の範囲にあることがよい。

【0069】

発光層における遅延蛍光ホスト材料としては、一般式(1)で表されるカルボラン化合物を用いることができるが、該カルボラン以外の化合物から選択することもできる。例えば、ナフタレン、アントラセン、フェナンスレン、ピレン、クリセン、ナフタセン、トリフェニレン、ペリレン、フルオランテン、フルオレン、インデンなどの縮合アリール環を有する化合物やその誘導体、N, N'-ジナフチル-N, N'-ジフェニル-4, 4'-ジフェニル-1, 1'-ジアミンなどの芳香族アミン誘導体、トリス(8-キノリナート)アルミニウム(III)をはじめとする金属キレート化オキシノイド化合物、ジスチリルベンゼン誘導体などのビススチリル誘導体、テトラフェニルブタジエン誘導体、インデン誘導体、クマリン誘導体、オキサジアゾール誘導体、ピロロピリジン誘導体、ペリノン誘導体、シクロペンタジエン誘導体、ピロロピロール誘導体、チアジアゾロピリジン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、カルバゾール誘導体、インドロカルバゾール誘導体、トリアジン誘導体、ポリマー系では、ポリフェニレンビニレン誘導体、ポリパラフェニレン誘導体、ポリフルオレン誘導体、ポリビニルカルバゾール誘導体、ポリチオフェン誘導体、アリールシラン誘導体等が使用できるが特に限定されるものではない。

30

40

【0070】

発光層が燐光発光層である場合、発光層は燐光発光ドーパントとホスト材料を含む。燐光発光ドーパント材料としては、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、レニウム、オスミウム、イリジウム、白金及び金から選ばれる少なくとも一つの金属を含む有機金属錯体を含有するものがよい。

【0071】

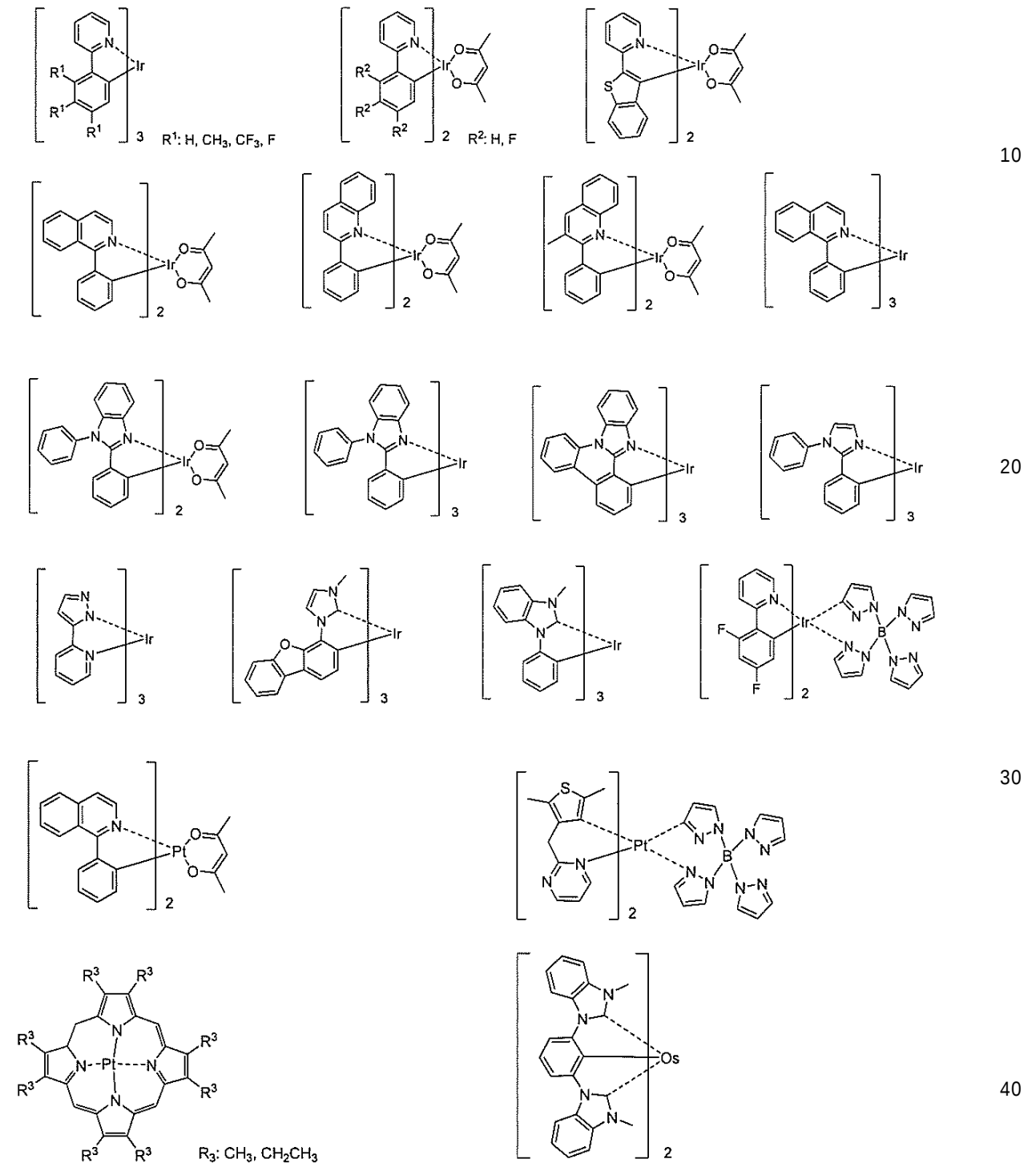
好ましい燐光発光ドーパントとしては、Ir等の貴金属元素を中心金属として有するIr(p

50

py)₃等の錯体類、Ir(bt)₂・acac₃等の錯体類、PtOEt₃等の錯体類が挙げられる。これらの錯体類の具体例を以下に示すが、下記の化合物に限定されない。

【 0 0 7 2 】

【 化 1 9 】



【 0 0 7 3 】

前記燐光発光ドーパントが発光層中に含有される量は、2 ~ 40 重量%、好ましくは5 ~ 30 重量%の範囲にあることがよい。

【 0 0 7 4 】

発光層が燐光発光層である場合、発光層におけるホスト材料としては、本発明に係る前記一般式(1)で表されるカルボラン化合物を用いることが好ましい。しかし、該カルボラン化合物を発光層以外の他の何れかの有機層に使用する場合は、発光層に使用する材料

は、該カルボラン化合物もしくはカルボラン化合物以外の他のホスト材料であってもよい。また、該カルボラン化合物と他のホスト材料を併用してもよい。更に、公知のホスト材料を複数種類併用して用いてもよい。

【0075】

使用できる公知のホスト化合物としては、正孔輸送能、電子輸送能を有し、かつ発光の長波長化を防ぎ、なおかつ高いガラス転移温度を有する化合物であることが好ましい。

【0076】

このような他のホスト材料は、多数の特許文献等により知られているので、それらから選択することができる。ホスト材料の具体例としては、特に限定されるものではないが、インドール誘導体、カルバゾール誘導体、インドロカルバゾール誘導体、トリアゾール誘導体、オキサゾール誘導体、オキサジアゾール誘導体、イミダゾール誘導体、ポリアリーラルカン誘導体、ピラゾリン誘導体、ピラズロン誘導体、フェニレンジアミン誘導体、アリーラルアミン誘導体、アミノ置換カルコン誘導体、スチリルアントラセン誘導体、フルオレノン誘導体、ヒドラゾン誘導体、スチルベン誘導体、シラザン誘導体、芳香族第三アミン化合物、スチリルアミン化合物、芳香族ジメチリデン系化合物、ボルフィリン系化合物、アントラキノジメタン誘導体、アントロン誘導体、ジフェニルキノン誘導体、チオピランジオキシド誘導体、カルボラン誘導体、ナフタレンペリレン等の複素環テトラカルボン酸無水物、フタロシアニン誘導体、8-キノリノール誘導体の金属錯体やメタルフタロシアニン、ベンゾオキサゾールやベンゾチアゾール誘導体の金属錯体に代表される各種金属錯体、ポリシラン系化合物、ポリ(N-ビニルカルバゾール)誘導体、アニリン系共重合体、チオフエンオリゴマー、ポリチオフエン誘導体、ポリフェニレン誘導体、ポリフェニレンビニレン誘導体、ポリフルオレン誘導体等の高分子化合物等が挙げられる。

【0077】

発光層は蛍光発光層、遅延蛍光発光層あるいは燐光発光層のいずれでもよいが、燐光発光層であることが好ましい。

【0078】

- 注入層 -

注入層とは、駆動電圧低下や発光輝度向上のために電極と有機層間に設けられる層のことで、正孔注入層と電子注入層があり、陽極と発光層又は正孔輸送層の間、及び陰極と発光層又は電子輸送層との間に存在させてもよい。注入層は必要に応じて設けることができる。

【0079】

- 正孔阻止層 -

正孔阻止層とは広い意味では電子輸送層の機能を有し、電子を輸送する機能を有しつつ正孔を輸送する能力が著しく小さい正孔阻止材料からなり、電子を輸送しつつ正孔を阻止することで電子と正孔の再結合確率を向上させることができる。

【0080】

正孔阻止層には本発明に係る一般式(1)で表されるカルボラン化合物を用いることが好ましいが、該カルボラン化合物を他の何れかの有機層に使用する場合は、公知の正孔阻止層材料を用いてもよい。また、正孔阻止層材料としては、後述する電子輸送層の材料を必要に応じて用いることができる。

【0081】

- 電子阻止層 -

電子阻止層とは、正孔を輸送する機能を有しつつ電子を輸送する能力が著しく小さい材料から成り、正孔を輸送しつつ電子を阻止することで電子と正孔が再結合する確率を向上させることができる。

【0082】

電子阻止層の材料としては、後述する正孔輸送層の材料を必要に応じて用いることができる。電子阻止層の膜厚は好ましくは3~100nmであり、より好ましくは5~30nmである。

【0083】

- 励起子阻止層 -

励起子阻止層とは、発光層内で正孔と電子が再結合することにより生じた励起子が電荷輸送層に拡散することを阻止するための層であり、本層の挿入により励起子を効率的に発光層内に閉じ込めることが可能となり、素子の発光効率を向上させることができる。励起子阻止層は発光層に隣接して陽極側、陰極側のいずれにも挿入することができ、両方同時に挿入することも可能である。

【0084】

励起子阻止層の材料としては、一般式(1)で表されるカルボラン化合物を用いることができるが、他の材料として、例えば、1,3-ジカルバゾリルベンゼン(mCP)や、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)-4-フェニルフェノラトアルミニウム(III)(BALq)が挙げられる。

10

【0085】

- 正孔輸送層 -

正孔輸送層とは正孔を輸送する機能を有する正孔輸送材料からなり、正孔輸送層は単層又は複数層設けることができる。

【0086】

正孔輸送材料としては、正孔の注入又は輸送、電子の障壁性のいずれかを有するものであり、有機物、無機物のいずれであってもよい。使用できる公知の正孔輸送材料としては一般式(1)で表されるカルボラン化合物を用いることが好ましいが、従来公知の化合物の中から任意のものを選択して用いることができる。使用できる公知の正孔輸送材料としては、例えば、トリアゾール誘導体、オキサジアゾール誘導体、イミダゾール誘導体、ボリアリールアルカン誘導体、ピラゾリン誘導体及びピラゾロン誘導体、フェニレンジアミン誘導体、アリアルアミン誘導体、アミノ置換カルコン誘導体、オキサゾール誘導体、スチリルアントラセン誘導体、フルオレノン誘導体、ヒドラゾン誘導体、スチルベン誘導体、シラザン誘導体、アニリン系共重合体、また導電性高分子オリゴマー、特にチオフェンオリゴマー等が挙げられるが、ポルフィリン化合物、芳香族第3級アミン化合物及びスチリルアミン化合物を用いることが好ましく、芳香族第3級アミン化合物を用いることがより好ましい。

20

【0087】

- 電子輸送層 -

電子輸送層とは電子を輸送する機能を有する材料からなり、電子輸送層は単層又は複数層設けることができる。

30

【0088】

電子輸送材料(正孔阻止材料を兼ねる場合もある)としては、陰極より注入された電子を発光層に伝達する機能を有していればよい。電子輸送層には本発明に係る一般式(1)で表されるカルボラン化合物を用いることが好ましいが、従来公知の化合物の中から任意のものを選択して用いることができ、例えば、ニトロ置換フルオレン誘導体、ジフェニルキノン誘導体、チオピランジオキシド誘導体、カルボジイミド、フレオレニリデンメタン誘導体、アントラキノジメタン及びアントロン誘導体、オキサジアゾール誘導体等が挙げられる。更に、上記オキサジアゾール誘導体において、オキサジアゾール環の酸素原子を硫黄原子に置換したチアジアゾール誘導体、電子吸引基として知られているキノキサリン環を有するキノキサリン誘導体も、電子輸送材料として用いることができる。更にこれらの材料を高分子鎖に導入した、又はこれらの材料を高分子の主鎖とした高分子材料を用いることもできる。

40

【実施例】

【0089】

以下、本発明を実施例によって更に詳しく説明するが、本発明は勿論、これらの実施例に限定されるものではなく、その要旨を越えない限りにおいて、種々の形態で実施することが可能である。

50

【 0 0 9 0 】

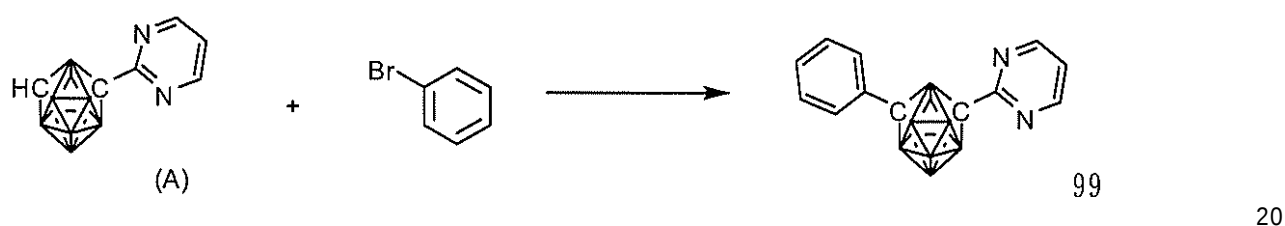
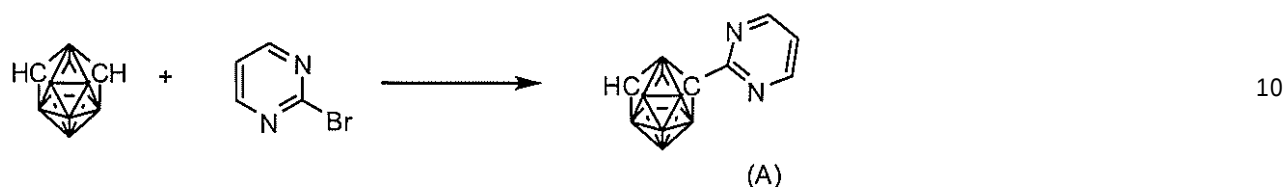
以下に示すルートにより有機電界発光素子用材料となるカルボラン化合物を合成した。
 なお、化合物番号は、上記化学式に付した番号に対応する。

【 0 0 9 1 】

実施例 1

次の反応式に従い化合物 99 を合成する。

【 化 2 0 】



【 0 0 9 2 】

窒素雰囲気下、m - カルボラン 35.0 g (0.243 mol)、1 , 2 - ジメトキシエタン (D M E) を 200 mL 加え、得られた D M E 溶液を 0 °C まで冷却した。2.69 M の n - ブチルリチウムヘキサン溶液を 96.8 mL 滴下し、氷冷下で 30 分撹拌した。ピリジン 70 mL を加え、室温で 10 分撹拌後、塩化銅 (I) を 75.6 g (0.763 mol) 加え、65 °C で 30 分撹拌した。その後、2 - プロモピリジン 44.5 g (0.280 mol) を加え、95 °C で一晩撹拌した。反応溶液を室温まで冷却した後に、析出した結晶をろ取し、溶媒を減圧留去した。得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製を行い、中間体 A を 23.3 g (0.104 mmol、収率 43.0 %) 得た。

【 0 0 9 3 】

窒素雰囲気下、中間体 A 5.49 g (0.0245 mol)、1 , 2 - ジメトキシエタン (D M E) を 138 mL 加え、得られた D M E 溶液を 0 °C まで冷却した。2.69 M の n - ブチルリチウムヘキサン溶液を 9.89 mL 滴下し、氷冷下で 30 分撹拌した。ピリジン 6.7 mL を加え、室温で 10 分撹拌後、塩化銅 (I) を 7.56 g (76.0 mmol) 加え、65 °C で 30 分撹拌した。その後、プロモベンゼン 4.11 g (0.0262 mol) を加え、95 °C で 2 日間撹拌した。反応溶液を室温まで冷却した後に、析出した結晶をろ取し、溶媒を減圧留去した。得られた残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィーで精製を行い、化合物 99 を 1.47 g (4.90 mmol、収率 20 %) 得た。APCI-TOFMS, m/z 301 [M+H]⁺

【 0 0 9 4 】

上記合成例及び明細書中に記載の合成方法に準じて、化合物 6、9、39、53、73、96、及び比較のための化合物 H - 1 及び H - 2 を合成した。これらの化合物 99、6、9、39、53、73、96、H - 1 又は H - 2 を使用して、有機 E L 素子を作製した。

【 0 0 9 5 】

【 化 2 1 】



【0096】

実施例 2

膜厚 70nm の 酸化インジウムスズ (ITO) からなる陽極が形成されたガラス基板上に、各薄膜を真空蒸着法にて、真空度 2.0×10^{-5} Pa で積層させた。まず、ITO 上に正孔注入層として、銅フタロシアニン (CuPC) を 30 nm の厚さに形成した。次に、正孔輸送層としてジフェニルナフチルジアミン (NPD) を 15 nm の厚さに形成した。次に、正孔輸送層上に、発光層のホスト材料としての化合物 99 とドープアントとしての Ir(ppy)₃ とを異なる蒸着源から、共蒸着し、30 nm の厚さに発光層を形成した。Ir(ppy)₃ の濃度は 10 wt% であった。次に、電子輸送層として Alq₃ を 25 nm の厚さに形成した。更に、電子輸送層上に、電子注入層としてフッ化リチウム (LiF) を 1 nm の厚さに形成した。最後に、電子注入層上に、電極としてアルミニウム (Al) を 70 nm の厚さに形成し、有機 EL 素子を作製した。

10

【0097】

得られた有機 EL 素子に外部電源を接続し直流電圧を印加したところ、表 1 に示すような発光特性を有することが確認された。表 1 において、輝度、電圧及び発光効率、20 mA/cm²での駆動時の値 (初期特性) を示す。素子発光スペクトルの極大波長は 530 nm であり、Ir(ppy)₃ からの発光が得られていることがわかった。

【0098】

実施例 3 ~ 14

実施例 2 における発光層のホスト材料として、化合物 99 に代えて、化合物 6、9、39、53、73、77、78、79、85、96、105、又は 114 を用いた以外は実施例 2 と同様にして有機 EL 素子を作成した。

20

【0099】

比較例 1 ~ 3

実施例 2 における発光層のホスト材料として CBP、H-1、又は H-2 を用いた以外は実施例 2 と同様にして有機 EL 素子を作成した。

【0100】

実施例 3 ~ 14 及び比較例 1 ~ 3 で得られた有機 EL 素子について、実施例 2 と同様にして評価したところ、表 1 に示すような発光特性を有することが確認された。なお、実施例 3 ~ 14 及び比較例 1 ~ 3 で得られた有機 EL 素子の発光スペクトルの極大波長は 530 nm であり、Ir(ppy)₃ からの発光が得られていると同定された。

30

【0101】

【表 1】

	ホスト材料 化合物	輝度 (cd/m ²)	電圧 (V)	視感発光効率 (lm/W)
実施例 2	9 9	1 2 0 0	7 . 0	2 . 8
実施例 3	6	1 2 0 0	7 . 9	2 . 3
実施例 4	9	1 2 0 0	6 . 5	2 . 8
実施例 5	3 9	1 2 0 0	7 . 7	2 . 4
実施例 6	5 3	1 2 0 0	6 . 5	2 . 8
実施例 7	7 3	1 2 0 0	6 . 0	3 . 0
実施例 8	9 6	1 2 0 0	6 . 5	2 . 8
実施例 9	7 7	1 1 0 0	6 . 5	2 . 6
実施例 1 0	7 8	1 1 0 0	6 . 4	2 . 7
実施例 1 1	7 9	1 2 0 0	6 . 4	2 . 8
実施例 1 2	8 5	1 2 0 0	6 . 4	2 . 8
実施例 1 3	1 0 5	1 1 0 0	6 . 2	2 . 7
実施例 1 4	1 1 4	1 1 0 0	6 . 2	2 . 7
比較例 1	C B P	1 1 0 0	8 . 7	2 . 0
比較例 2	H - 1	1 1 0 0	8 . 8	2 . 0
比較例 3	H - 2	1 1 0 0	1 0 . 0	1 . 8

【 0 1 0 2 】

表 1 より、本発明のカルボラン化合物を発光層に用いた場合（実施例 1 ～ 1 4 ）は、それ以外の場合（比較例 1 ～ 3 ）に比べ、良好な発光効率を示している。

【 0 1 0 3 】

実施例 1 5

膜厚 70nm の酸化インジウムスズ（ITO）からなる陽極が形成されたガラス基板上に、各薄膜を真空蒸着法にて、真空度 2.0×10^{-5} Pa で積層させた。まず、ITO 上に正孔注入層として、銅フタロシアニン（CuPC）を 30 nm の厚さに形成した。次に、正孔輸送層としてジフェニルナフチルジアミン（NPD）を 15 nm の厚さに形成した。次に、正孔輸送層上に、発光層のホスト材料としてのCBPとドーパントとしてのIr(ppy)₃とを異なる蒸着源から、共蒸着し、30 nm の厚さに発光層を形成した。Ir(ppy)₃の濃度は10 %であった。次に、発光層上に正孔阻止層として化合物 9 9 を 5 nm の厚さに形成した。次に電子輸送層として Alq₃ を 20 nm 厚さに形成した。更に、電子輸送層上に、電子注入層としてフッ化リチウム（LiF）を 1.0 nm 厚さに形成した。最後に、電子注入層上に、電極としてアルミニウム（Al）を 70 nm 厚さに形成した。得られた有機 EL 素子は、図 1 に示す有機 EL 素子において、陰極と電子輸送層の間に電子注入層、及び発光層と電子輸送層の間に、正孔阻止層が追加された層構成を有する。

【 0 1 0 4 】

得られた有機 EL 素子に外部電源を接続し直流電圧を印加したところ、表 2 に示すような発光特性を有することが確認された。表 2 において、輝度、電圧及び発光効率は、20 mA/cm²での駆動時の値（初期特性）を示す。素子発光スペクトルの極大波長は530 nmであ

り、Ir(ppy)₃からの発光が得られていることがわかった。

【0105】

実施例16～27

実施例15における正孔阻止層の材料として、化合物99に代えて、化合物6、9、39、53、73、77、78、79、85、96、105、又は114を用いた以外は実施例15と同様にして有機EL素子を作成した。

【0106】

比較例4

実施例15における電子輸送層としてのAlq₃の膜厚を25 nmとし、正孔阻止層を設けないこと以外は、実施例15と同様にして有機EL素子を作成した。

【0107】

比較例5～6

実施例15における正孔阻止材料として化合物H-1、H-2を用いた以外は実施例15と同様にして有機EL素子を作成した。

【0108】

実施例16～27及び比較例4～6で得られた有機EL素子について、実施例15と同様にして評価したところ、表2に示すような発光特性を有することが確認された。実施例16～27及び比較例4～6で得られた有機EL素子の発光スペクトルの極大波長は530 nmであり、Ir(ppy)₃からの発光が得られていると同定された。なお、実施例16～27及び比較例4～6で使用した発光層のホスト材料はいずれもCBPである。

【0109】

【表2】

	正孔阻止材料 化合物	輝度 (cd/m ²)	電圧 (V)	視感発光効率 (lm/W)
実施例15	99	1400	7.5	3.0
実施例16	6	1200	8.5	2.1
実施例17	9	1400	7.0	3.2
実施例18	39	1200	8.2	2.3
実施例19	53	1300	7.0	2.8
実施例20	73	1400	6.5	3.5
実施例21	96	1400	6.9	3.2
実施例22	77	1300	6.9	2.8
実施例23	78	1400	6.9	3.3
実施例24	79	1400	6.9	3.3
実施例25	85	1400	6.9	3.2
実施例26	105	1300	6.7	3.0
実施例27	114	1300	6.6	3.1
比較例4	—	1100	8.7	2.0
比較例5	H-1	1100	9.7	1.8
比較例6	H-2	1100	10.9	1.6

10

20

30

40

50

【 0 1 1 0 】

表 2 より、正孔阻止材料を用いない比較例 4 に比べ、全ての系で初期特性の改善が見られたが、中でも本発明のカルボラン化合物を正孔阻止層に用いた場合は、良好な特性を示す。

【産業上の利用の可能性】

【 0 1 1 1 】

本発明の有機電界発光素子用材料は、良好なアモルファス特性と高い熱安定性を示すと同時に励起状態で極めて安定であることから、これを用いた有機 E L 素子は駆動寿命が長く実用レベルの耐久性を有する。

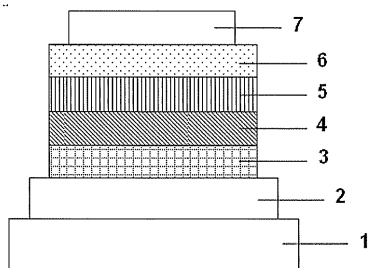
【符号の説明】

10

【 0 1 1 2 】

1 基板、2 陽極、3 正孔注入層、4 正孔輸送層、5 発光層、6 電子輸送層、
7 陰極

【図 1】



フロントページの続き

- (72)発明者 上田 季子
福岡県北九州市戸畑区大字中原先の浜4 6 - 8 0 新日鉄住金化学株式会社内
- (72)発明者 小川 淳也
福岡県北九州市戸畑区大字中原先の浜4 6 - 8 0 新日鉄住金化学株式会社内
- (72)発明者 甲斐 孝弘
福岡県北九州市戸畑区大字中原先の浜4 6 - 8 0 新日鉄住金化学株式会社内
- (72)発明者 多田 匡志
福岡県北九州市戸畑区大字中原先の浜4 6 - 8 0 新日鉄住金化学株式会社内

審査官 中村 博之

- (56)参考文献 国際公開第2 0 1 5 / 1 3 7 2 0 2 (W O , A 1)
特開2 0 1 6 - 0 0 9 8 2 4 (J P , A)
特開2 0 1 5 - 1 0 3 7 5 8 (J P , A)
国際公開第2 0 1 3 / 0 8 8 9 3 4 (W O , A 1)
国際公開第2 0 1 4 / 1 0 3 9 1 0 (W O , A 1)
国際公開第2 0 1 5 / 1 4 6 4 1 7 (W O , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

H 0 1 L 5 1 / 5 0
C 0 9 K 1 1 / 0 6
C 0 7 F 5 / 0 2
C 0 7 F 9 / 6 5 2 1
C A p l u s / R E G I S T R Y (S T N)

专利名称(译)	有机电致发光器件材料和使用该材料的有机电致发光器件		
公开(公告)号	JP6636011B2	公开(公告)日	2020-01-29
申请号	JP2017509462	申请日	2016-03-08
[标]申请(专利权)人(译)	新日铁化学株式会社		
申请(专利权)人(译)	新日鉄住金化学株式会社		
[标]发明人	上田 季子 小川 淳也 甲斐 孝弘 多田 匡志		
发明人	上田 季子 小川 淳也 甲斐 孝弘 多田 匡志		
IPC分类号	H01L51/50 C09K11/06 C07F5/02 C07F9/6521		
CPC分类号	C09K11/025 C07F5/02 C09K11/06 H01L51/50 C09K2211/1007 C09K2211/1029 C09K2211/185 H01L51/005 H01L51/0067 H01L51/5016 H01L51/5072 H01L51/5096 H01L51/5206 H01L51/5221		
FI分类号	H05B33/14.B H05B33/22.B C09K11/06.690 C07F5/02.F C07F9/6521		
代理人(译)	佐佐木 哉 佐野 荣一 原 克己 修治Hisamoto		
审查员(译)	中村 浩之		
优先权	2015070105 2015-03-30 JP		
其他公开文献	JPWO2016158246A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供了一种有机电致发光器件（有机EL器件），该有机电致发光器件具有提高的发光效率，充分确保驱动稳定性并且具有简单的结构，以及用于该器件的有机EL器件的材料。用于有机EL装置的材料包括由通式（1）表示的碳硼烷化合物，并且该碳硼烷化合物具有其中包含至少两个氮原子的六元环基团键合至碳硼烷环的结构。用于有机EL器件的材料适合用作包含磷光发光掺杂剂的发光层的主体材料和该主体材料，或者适合作为空穴阻挡层的材料。式中，环A分别表示由式（1a）或式（1b）表示的二价碳硼烷基，X中的两个以上表示N。

(19) 日本国特許庁 (JP)	(12) 特 許 公 報 (B2)	(11) 特許番号 特許第6636011号 (P6636011)
(45) 発行日 令和2年1月29日 (2020. 1. 29)	(24) 登録日 令和1年12月27日 (2019. 12. 27)	
(51) Int. Cl.	F I	
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/14 B	
C09K 11/06 (2006.01)	H05B 33/22 B	
C07F 5/02 (2006.01)	C09K 11/06 690	
C07F 9/6521 (2006.01)	C07F 5/02 F	
	C07F 9/6521	
請求項の数 9 (全 34 頁)		
(21) 出願番号 特願2017-509462 (P2017-509462)	(73) 特許権者 000006644	
(96) (22) 出願日 平成28年3月8日 (2016. 3. 8)	日鉄ケミカル&マテリアル株式会社	
(98) 国際出願番号 PCT/JP2016/057214	東京都中央区日本橋一丁目1番1号	
(97) 国際公開番号 WO2016/158246	100132230	
(97) 国際公開日 平成28年10月6日 (2016. 10. 6)	(74) 代理人 弁理士 佐々木 一也	
審査請求日 平成31年2月20日 (2019. 2. 20)	(74) 代理人 100082739	
(31) 優先権主張番号 特願2015-70105 (P2015-70105)	弁理士 成瀬 勝夫	
(32) 優先日 平成27年3月30日 (2015. 3. 30)	(74) 代理人 100088203	
(33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国 (JP)	弁理士 佐野 英一	
	(74) 代理人 100100192	
	弁理士 原 克己	
	(74) 代理人 100198269	
	弁理士 久本 秀治	
最終頁に続く		

(54) 【発明の名称】 有機電界発光素子用材料及びこれを用いた有機電界発光素子