

(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2008-270737
(P2008-270737A)

(43) 公開日 平成20年11月6日(2008.11.6)

(51) Int.Cl.

H01L 51/50 (2006.01)
C09K 11/06 (2006.01)

F 1

H05B 33/14
C09K 11/06 660
C09K 11/06 690

テーマコード(参考)

3K107

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2008-36437 (P2008-36437)
 (22) 出願日 平成20年2月18日 (2008. 2. 18)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-77414 (P2007-77414)
 (32) 優先日 平成19年3月23日 (2007. 3. 23)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 306037311
 富士フィルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号
 (74) 代理人 100115107
 弁理士 高松 猛
 (74) 代理人 100132986
 弁理士 矢澤 清純
 (72) 発明者 岡田 久
 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地
 富士フィルム株式会社内
 (72) 発明者 五十嵐 達也
 東京都港区赤坂9丁目7番3号 ミッドタ
 ウン・ウエスト 富士フィルム株式会社内
 F ターム(参考) 3K107 AA01 CC21 DD53 DD59 DD64
 DD67 DD68 DD69 FF20

(54) 【発明の名称】有機電界発光素子

(57) 【要約】

【課題】耐久性が良好な発光素子を提供すること。

【解決手段】一対の電極間に、発光層を含む少なくとも一層の有機層を有する有機電界発光素子であって、該有機層の少なくとも一層に、炭素原子、窒素原子のみで構成された5員ヘテロ環構造を少なくとも一つ有し、かつ、S P 2炭素原子上に重水素原子を少なくとも一つ有するイリジウム錯体を含有することを特徴とする有機電界発光素子。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一対の電極間に、発光層を含む少なくとも一層の有機層を有する有機電界発光素子であって、該有機層の少なくとも一層に、炭素原子、窒素原子のみで構成された5員ヘテロ環構造を少なくとも一つ有し、かつ、SP2炭素原子上に重水素原子を少なくとも一つ有するイリジウム錯体を含有することを特徴とする有機電界発光素子。

【請求項 2】

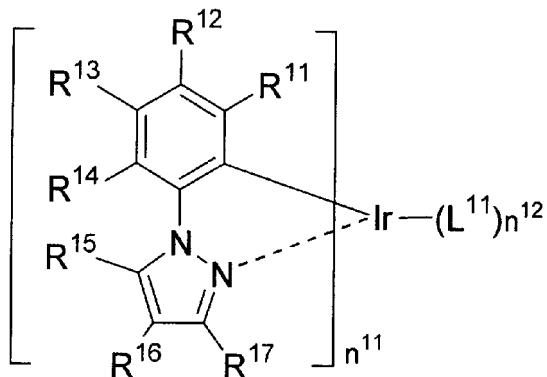
前記イリジウム錯体中の5員ヘテロ環構造が、窒素原子を2つ有する5員ヘテロ環構造である事を特徴とする請求項1に記載の有機電界発光素子。

【請求項 3】

前記イリジウム錯体が下記一般式(1)で表される化合物である事を特徴とする請求項1または2に記載の有機電界発光素子。

【化1】

一般式(1)



10

20

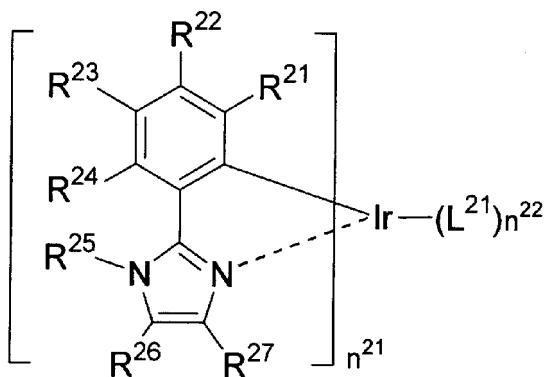
(R¹~R⁷は水素原子又は置換基を表し、R¹~R⁷のうち少なくとも一つは重水素原子である。L¹は配位子を表す。n¹は1~3の整数を表し、n²は0~4の整数を表し、n¹、n²はIrの配位数が6となるように定められた数を表す。)

【請求項 4】

前記イリジウム錯体が下記一般式(2)で表される化合物である事を特徴とする請求項1または2に記載の有機電界発光素子。

【化2】

一般式(2)



30

40

(R²~R⁷は水素原子または置換基を表し、R²~R⁴、R⁶、R⁷の少なくとも一つは重水素原子である。L²は配位子を表す。n²は1~3の整数を表し、n²は0~4の整数を表し、n²、n²はIrの配位数が6となるように定められた数を表す。)

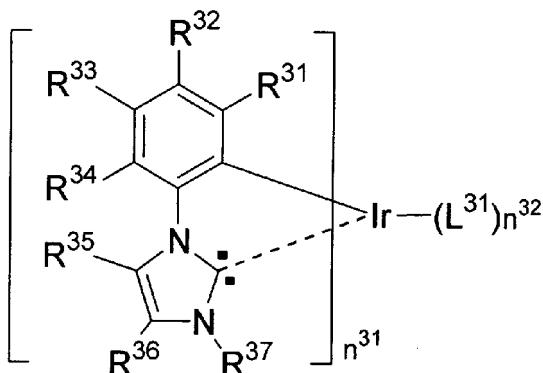
50

【請求項 5】

前記イリジウム錯体が下記一般式(3)で表される化合物である事を特徴とする請求項1または2に記載の有機電界発光素子。

【化3】

一般式(3)



10

20

30

($R^{31} \sim R^{37}$ は水素原子又は置換基を表し、 $R^{31} \sim R^{36}$ のうち少なくとも一つは重水素原子である。 L^{31} は配位子を表す。 n^{31} は1～3の整数を表し、 n^{32} は0～4の整数を表し、 n^{21} 、 n^{22} はIrの配位数が6となるように定められた数を表す。)

【請求項 6】

発光層中にピロール系ホスト材料を含有する請求項1～5のいずれかに記載の有機電界発光素子。

【請求項 7】

0 S P 2 炭素原子上の水素原子の数 / S P 2 炭素原子上の重水素原子の数 1 である事を特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の有機電界発光素子。

【請求項 8】

発光層中にホスト材料を含有し、かつ、ホスト材料の T_1 レベル(最低三重項励起状態のエネルギーレベル)は、60 kcal/mol 以上(251.4 kJ/mol 以上)、90 kcal/mol 以下(377.1 kJ/mol 以下)である事を特徴とする請求項1～7のいずれか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、電気エネルギーを光に変換して発光できる発光素子、特に、有機電界発光素子(発光素子、又はEL素子)に関する。

【背景技術】

【0002】

有機電界発光素子は、低電圧で高輝度の発光を得ることができるために、有望な表示素子として注目されている。この有機電界発光素子の重要な特性値として、消費電力がある。「消費電力 = 電圧 × 電流」で表され、所望の明るさを得るに必要な電圧値が低く、かつ、電流値を小さくするほど、素子の消費電力を低くする事が出来る。

【0003】

素子に流れる電流値を低くする一つの試みとして、オルトメタル化イリジウム錯体($Ir(ppy)_3$: Triis-Ortho-Metalated Complex of Iridium(III) with 2-Phenylpyridine)からの発光を利用した発光素子が報告されている(非特許文献1、特許文献1、特許文献2)。これらに記載のりん光発光素子は、従来の一重項発光素子に比べて外部量子効率が大幅に向上し、電流値を小さくすることに成功している。

【0004】

40

50

りん光発光素子の効率、耐久性、発光色改良（発光波長の短波長化）を目的に、ピラゾールなどの5員ヘテロ環構造を有するイリジウム錯体を含有する素子（特許文献3）が報告されているが、耐久性の点で、さらなる改良が望まれていた。

【0005】

これらのイリジウム錯体に重水素原子を導入する試みが検討されているが、耐久性が向上したデータは得られていない。例えば、特許文献3においてアルキル基に重水素原子を導入した素子の耐久性データが報告されているが、重水素原子導入による耐久性改良効果は得られていない（デバイスAとデバイスH）。

【非特許文献1】Applied Physics Letters 75, 4(1999).

【特許文献1】特開2001-247859号公報 10

【特許文献2】特表2004-515506号公報

【特許文献3】国際公開第2006/121811号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、耐久性が良好な発光素子を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この課題は下記手段によって達成された。

【0008】

[1]

一対の電極間に、発光層を含む少なくとも一層の有機層を有する有機電界発光素子であって、該有機層の少なくとも一層に、炭素原子、窒素原子のみで構成された5員ヘテロ環構造を少なくとも一つ有し、かつ、SP2炭素原子上に重水素原子を少なくとも一つ有するイリジウム錯体を含有することを特徴とする有機電界発光素子。

[2]

前記イリジウム錯体中の5員ヘテロ環構造が、窒素原子を2つ有する5員ヘテロ環構造である事を特徴とする[1]に記載の有機電界発光素子。

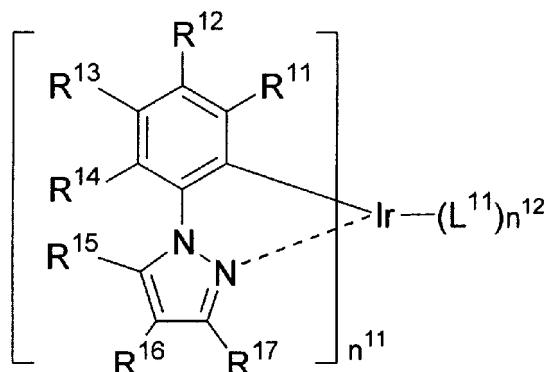
[3]

前記イリジウム錯体が下記一般式(1)で表される化合物である事を特徴とする[1]または[2]に記載の有機電界発光素子。

【0009】

【化1】

一般式(1)



【0010】

(R¹~R⁷は水素原子又は置換基を表し、R¹~R⁷のうち少なくとも一つは重水素原子である。L¹は配位子を表す。n¹は1~3の整数を表し、n²は0~4の整数を表し、n¹、n²はIrの配位数が6となるように定められた数を表す。)

10

20

30

40

50

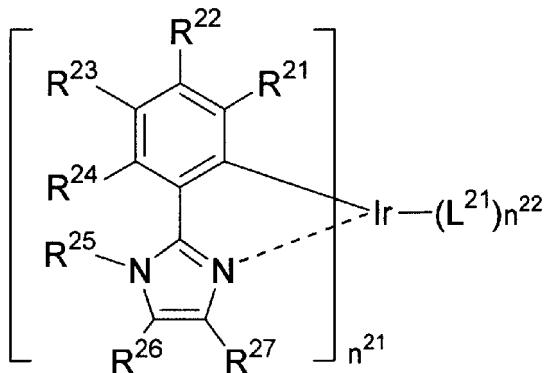
[4]

前記イリジウム錯体が下記一般式(2)で表される化合物である事を特徴とする[1]または[2]に記載の有機電界発光素子。

【0 0 1 1】

【化2】

一般式(2)



10

【0 0 1 2】

(R²¹ ~ R²⁷は水素原子または置換基を表し、R²¹ ~ R²⁴、R²⁶、R²⁷の少なくとも一つは重水素原子である。L²¹は配位子を表す。n²¹は1 ~ 3の整数を表し、n²²は0 ~ 4の整数を表し、n²¹、n²²はIrの配位数が6となるように定められた数を表す。)

20

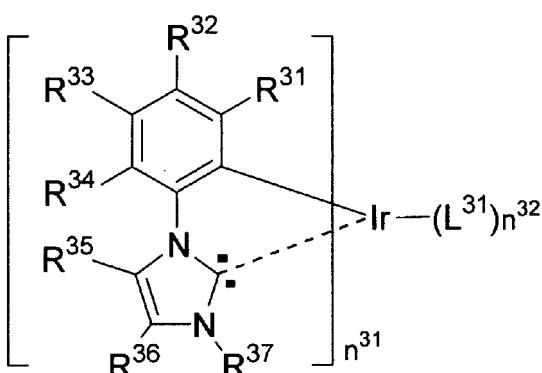
[5]

前記イリジウム錯体が下記一般式(3)で表される化合物である事を特徴とする[1]または[2]に記載の有機電界発光素子。

【0 0 1 3】

【化3】

一般式(3)



30

【0 0 1 4】

(R³¹ ~ R³⁷は水素原子又は置換基を表し、R³¹ ~ R³⁶のうち少なくとも一つは重水素原子である。L³¹は配位子を表す。n³¹は1 ~ 3の整数を表し、n³²は0 ~ 4の整数を表し、n³¹、n³²はIrの配位数が6となるように定められた数を表す。)

40

[6]

発光層中にピロール系ホスト材料を含有する[1] ~ [5]のいずれかに記載の有機電界発光素子。

[7]

0 S P 2 炭素原子上の水素原子の数 / S P 2 炭素原子上の重水素原子の数 1 である

50

事を特徴とする〔1〕～〔6〕のいずれかに記載の有機電界発光素子。

〔8〕

発光層中にホスト材料を含有し、かつ、ホスト材料のT₁レベル(最低三重項励起状態のエネルギーレベル)は、60 k cal/mol以上(251.4 kJ/mol以上)、90 k cal/mol以下(377.1 kJ/mol以下)である事を特徴とする〔1〕～〔7〕のいずれかに記載の有機電界発光素子。

【発明の効果】

【0015】

本発明の発光素子は、高効率発光が可能であり、長時間駆動した場合の輝度の低下および駆動電圧の上昇が小さく耐久性に優れる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

本発明は一対の電極間に、発光層を含む少なくとも一層の有機層を有する有機電界発光素子であって、該有機層の少なくとも一層に、炭素原子、窒素原子のみで構成された5員ヘテロ環構造を少なくとも一つ有し、かつ、SP2炭素原子上に重水素原子を少なくとも一つ有するイリジウム錯体を含有することを特徴とする有機電界発光素子に関する。

本発明において、SP2炭素原子とは、炭素-炭素二重結合、炭素-ヘテロ原子二重結合に関わる炭素原子を意味する。

本発明のイリジウム錯体は、後述の有機発光層、正孔輸送層、電子輸送層、電荷プロク層、正孔注入層、電子注入層等の少なくとも一層に含まれ、好ましくは少なくとも有機発光層に含まれる。

20

【0017】

炭素原子、窒素原子のみで構成された5員ヘテロ環構造を少なくとも一つ有し、かつ、SP2炭素原子上の重水素原子を少なくとも一つ有するイリジウム錯体に関して説明する。炭素原子、窒素原子のみで構成された5員ヘテロ環構造中の窒素原子数は、発光効率、駆動寿命、低電圧化の点で1～3個が好ましく、1、2個がより好ましく、2個がさらに好ましい。

【0018】

炭素原子、窒素原子のみで構成された5員ヘテロ環構造としては、発光効率、駆動寿命、低電圧化の点でピロール環、ピラゾール環、イミダゾール環、トリアゾール環、2つの窒素原子で挟まれたカルベン炭素を有する環が好ましく、ピラゾール環、イミダゾール環、2つの窒素原子で挟まれたカルベン炭素を有する環がより好ましく、ピラゾール環、イミダゾール環がさらに好ましく、ピラゾール環が特に好ましい。

30

【0019】

SP2炭素原子上の水素原子としては特に限定されないが、ビニル位の水素原子(エチレンの水素原子など)、アリール位の水素原子(ベンゼンの水素原子など)、ヘテロアリール位の水素原子(ピラゾールにおける炭素原子上の水素原子、イミダゾールにおける炭素原子上の水素原子、ピリジンにおける水素原子など)などが挙げられる。アリールのSP2炭素原子上に重水素原子を有する事、炭素原子、窒素原子のみで構成された5員ヘテロ環のSP2炭素原子上に重水素原子を有する事が駆動寿命の点で好ましい。

40

【0020】

イリジウム錯体中の重水素原子数は特に限定されないが、駆動寿命の点で0 SP2炭素原子上の水素原子の数 / SP2炭素原子上の重水素原子の数 1である事が好ましく、0 SP2炭素原子上の水素原子の数 / SP2炭素原子上の重水素原子の数 0.5である事がより好ましく、0 SP2炭素原子上の水素原子の数 / SP2炭素原子上の重水素原子の数 0.2である事がさらに好ましく、0 SP2炭素原子上の水素原子の数 / SP2炭素原子上の重水素原子の数 0.1である事が特に好ましい。

【0021】

本発明のイリジウム錯体は発光効率、駆動寿命、低電圧化の点で一般式(1)、一般式(2)、または、一般式(3)で表される化合物である事が好ましく、特に駆動寿命の点

50

で一般式(1)、(2)で表される化合物がより好ましく、一般式(1)で表される化合物がさらに好ましい。一般式(1)、一般式(2)、または、一般式(3)で表される化合物は、単独または併用して用いることができる。特定の一般式で表される化合物を単独で用いる場合、構造の同じ化合物を用いても、構造の異なる化合物を併用してもよい(このことは、特定の一般式で表される化合物を併用で用いる場合もその両者に適用される)。一般式(1)、(2)、(3)について説明する。

【0022】

R^{1 1} ~ R^{1 7} は水素原子又は置換基を表し、R^{1 1} ~ R^{1 7} のうち少なくとも一つは重水素原子である。置換基としては重水素原子のほか、例えば、アルキル基(直鎖状、分岐状、環状のいずれでもよく、好ましくは炭素数1~30、より好ましくは炭素数1~20、特に好ましくは炭素数1~10であり、例えばメチル、エチル、iso-プロピル、n-オクチル、n-デシル、n-ヘキサデシル、シクロプロピル、シクロペンチル、シクロヘキシルなどが挙げられる。)、アルケニル基(好ましくは炭素数2~30、より好ましくは炭素数2~20、特に好ましくは炭素数2~10であり、例えばビニル、アリル、2-ブテニル、3-ペンテニルなどが挙げられる。)、アルキニル基(好ましくは炭素数2~30、より好ましくは炭素数2~20、特に好ましくは炭素数2~10であり、例えばプロパルギル、3-ペンチニルなどが挙げられる。)、アリール基(単環または縮合環のいずれでもよく、好ましくは炭素数6~30、より好ましくは炭素数6~20、特に好ましくは炭素数6~14であり、例えばフェニル、ナフチル、フルオレニル、アントラニル、フェナントレニル、ナフタセニル、ベンゾ[a]アントラセニル、トリフェニレニル、ピレニル、クリセニル、ペリレニルなどが挙げられる。アリール基として好ましくは、単環ないし5環の縮合環であり、より好ましくは単環ないし3環の縮合環であり、フェニル、ナフチル、フルオレニル、アントラニル、フェナントレニルであり、更に好ましくはフェニル、ナフチル、フルオレニル、アントラニルである。アリール基はアルキル基(好ましくは炭素数1~5のアルキル基)またはアリール基(好ましくは炭素数6~14)、芳香族ヘテロ環基(好ましくは炭素数1~12)で置換されたものも好ましい。)、アミノ基(好ましくは炭素数0~30、より好ましくは炭素数0~20、特に好ましくは炭素数0~10であり、例えばアミノ、メチルアミノ、ジメチルアミノ、ジエチルアミノ、ジベンジルアミノ、ジフェニルアミノ、ジトリルアミノなどが挙げられる。)、アルコキシ基(好ましくは炭素数1~30、より好ましくは炭素数1~20、特に好ましくは炭素数1~10であり、例えばメトキシ、エトキシ、ブトキシ、2-エチルヘキシロキシなどが挙げられる。)、アリールオキシ基(好ましくは炭素数6~30、より好ましくは炭素数6~20、特に好ましくは炭素数6~12であり、例えばフェニルオキシ、1-ナフチルオキシ、2-ナフチルオキシなどが挙げられる。)、ヘテロ環オキシ基(好ましくは炭素数1~30、より好ましくは炭素数1~20、特に好ましくは炭素数1~12であり、例えばピリジルオキシ、ピラジルオキシ、ピリミジルオキシ、キノリルオキシなどが挙げられる。)、アシル基(好ましくは炭素数2~30、より好ましくは炭素数2~20、特に好ましくは炭素数2~12であり、例えばアセチル、ベンゾイル、ホルミル、ビバロイルなどが挙げられる。)、アルコキシカルボニル基(好ましくは炭素数2~30、より好ましくは炭素数2~20、特に好ましくは炭素数2~12であり、例えばメトキシカルボニル、エトキシカルボニルなどが挙げられる。)、アリールオキシカルボニル基(好ましくは炭素数7~30、より好ましくは炭素数7~20、特に好ましくは炭素数7~12であり、例えばフェニルオキシカルボニルなどが挙げられる。)、アシルオキシ基(好ましくは炭素数2~30、より好ましくは炭素数2~20、特に好ましくは炭素数2~10であり、例えばアセトキシ、ベンゾイルオキシなどが挙げられる。)、アシルアミノ基(好ましくは炭素数2~30、より好ましくは炭素数2~20、特に好ましくは炭素数2~10であり、例えばアセチルアミノ、ベンゾイルアミノなどが挙げられる。)、アルコキシカルボニルアミノ基(好ましくは炭素数2~30、より好ましくは炭素数2~20、特に好ましくは炭素数2~12であり、例えばメトキシカルボニルアミノなどが挙げられる。)、アリールオキシカルボニルアミノ基(好ましくは炭素数7~30、より好ましくは炭素数7~20、特に好ましくは炭素数7~12であり、

10

20

30

40

50

7～20、特に好ましくは炭素数7～12であり、例えばフェニルオキシカルボニルアミノなどが挙げられる。)、スルホニルアミノ基(好ましくは炭素数1～30、より好ましくは炭素数1～20、特に好ましくは炭素数1～12であり、例えばメタンスルホニルアミノ、ベンゼンスルホニルアミノなどが挙げられる。)、スルファモイル基(好ましくは炭素数0～30、より好ましくは炭素数0～20、特に好ましくは炭素数0～12であり、例えばスルファモイル、メチルスルファモイル、ジメチルスルファモイル、フェニルスルファモイルなどが挙げられる。)、カルバモイル基(好ましくは炭素数1～30、より好ましくは炭素数1～20、特に好ましくは炭素数1～12であり、例えばカルバモイル、メチルカルバモイル、ジエチルカルバモイル、フェニルカルバモイルなどが挙げられる。)、アルキルチオ基(好ましくは炭素数1～30、より好ましくは炭素数1～20、特に好ましくは炭素数1～12であり、例えばメチルチオ、エチルチオなどが挙げられる。)、アリールチオ基(好ましくは炭素数6～30、より好ましくは炭素数6～20、特に好ましくは炭素数6～12であり、例えばフェニルチオなどが挙げられる。)、ヘテロ環チオ基(好ましくは炭素数1～30、より好ましくは炭素数1～20、特に好ましくは炭素数1～12であり、例えばピリジルチオ、2-ベンズイミゾリルチオ、2-ベンズオキサゾリルチオ、2-ベンズチアゾリルチオなどが挙げられる。)、スルホニル基(好ましくは炭素数1～30、より好ましくは炭素数1～20、特に好ましくは炭素数1～12であり、例えばメシル、トシリルなどが挙げられる。)、スルフィニル基(好ましくは炭素数1～30、より好ましくは炭素数1～20、特に好ましくは炭素数1～12であり、例えばメタンスルフィニル、ベンゼンスルフィニルなどが挙げられる。)、ウレイド基(好ましくは炭素数1～30、より好ましくは炭素数1～20、特に好ましくは炭素数1～12であり、例えばウレイド、メチルウレイド、フェニルウレイドなどが挙げられる。)、リン酸アミド基(好ましくは炭素数1～30、より好ましくは炭素数1～20、特に好ましくは炭素数1～12であり、例えばジエチルリン酸アミド、フェニルリン酸アミドなどが挙げられる。)、ヒドロキシ基、メルカプト基、ハロゲン原子(例えばフッ素原子、塩素原子、臭素原子、ヨウ素原子)、シアノ基、スルホ基、カルボキシル基、ニトロ基、ヒドロキサム酸基、スルフィノ基、ヒドラジノ基、イミノ基、ヘテロ環基(好ましくは炭素数1～30、より好ましくは炭素数1～12であり、ヘテロ原子としては、例えば窒素原子、酸素原子、硫黄原子、リン原子が挙げられ、好ましくは窒素原子、酸素原子である。ヘテロ環基の具体例としては、例えばピロリル、ピラジル、イミダゾリル、ピリジル、キノリル、フリル、チエニル、ピロリジル、ピペリジル、モルホリノ、ベンゾフリル、ベンズオキサゾリル、ベンズイミダゾリル、ベンズチアゾリル、カルバゾリル、アザカルバゾリル、アゼピニルなどが挙げられる。ヘテロ環基として好ましくは5または6員の单環または縮合環であり、より好ましくは5または6員の芳香族ヘテロ環であり、更に好ましくは窒素または酸素原子を含有する5または6員の芳香族ヘテロ環であり、更に好ましくはピロリル、イミダゾリル、ピリジル、ピリジル、ピラジル、キノリル、イソキノリル、フリル、チエニル、インドリル、ベンゾフリル、ベンズオキサゾリル、ベンズイミダゾリル、ベンズチアゾリル、カルバゾリル、アザカルバゾリル、アゼピニルであり、特に好ましくはピリジル、キノリル、インドリル、ベンゾフリル、ベンズオキサゾリル、ベンズイミダゾリル、ベンズチアゾリル、カルバゾリル、アザカルバゾリル、アゼピニルである。)、シリル基(好ましくは炭素数3～40、より好ましくは炭素数3～30、特に好ましくは炭素数3～24であり、例えばトリメチルシリル、トリフェニルシリルなどが挙げられる。)、シリルオキシ基(好ましくは炭素数3～40、より好ましくは炭素数3～30、特に好ましくは炭素数3～24であり、例えばトリメチルシリルオキシ、トリフェニルシリルオキシなどが挙げられる。)などが挙げられる。これらの置換基は更に置換されてもよい。

【0023】

R¹は駆動寿命の点で水素原子、重水素原子、アルキル基、アリール基が好ましく、水素原子、重水素原子がより好ましく、重水素原子がさらに好ましい。

【0024】

10

20

30

40

50

$R^{1,2}$ は駆動寿命の点で水素原子、重水素原子、フッ素原子、シアノ基、アルキル基、アリール基、ヘテロアリール基（好ましくは5または6員のヘテロアリール基であり、より好ましくはが好ましく、水素原子、重水素原子、シアノ基、アリール基がより好ましく、水素原子、重水素原子、アリール基がさらに好ましく、アリール基が特に好ましい。

【0025】

$R^{1,3}$ は駆動寿命の点で水素原子、重水素原子、シアノ基、アルキル基、アリール基、ヘテロアリール基が好ましく、水素原子、重水素原子、シアノ基がより好ましく、水素原子、重水素原子がさらに好ましく、重水素原子が特に好ましい。

【0026】

$R^{1,4}$ は駆動寿命の点で水素原子、重水素原子、アルキル基、アリール基が好ましく、
水素原子、重水素原子がより好ましく、重水素原子がさらに好ましい。 10

【0027】

$R^{1,5}$ は水素原子、重水素原子、アルキル基、アリール基が好ましく、水素原子、重水素原子がより好ましく、重水素原子がさらに好ましい。

【0028】

$R^{1,6}$ は駆動寿命の点で水素原子、重水素原子、シアノ基、アルキル基、アリール基、ヘテロアリール基が好ましく、水素原子、重水素原子、アリール基がより好ましく、水素原子、重水素原子がさらに好ましく、重水素原子が特に好ましい。

【0029】

$R^{1,7}$ は駆動寿命の点で水素原子、重水素原子、アルキル基、アリール基が好ましく、
水素原子、重水素原子がより好ましく、重水素原子がさらに好ましい。 20

上記の $R^{1,1} \sim R^{1,7}$ の基として好ましい範囲のものは、発光素子内の電荷によって発生するホール（ラジカルカチオン状態）、電子（ラジカルアニオン状態）、および／または励起状態から分解しにくいため、駆動寿命が長くなるものと推察される。

【0030】

$R^{1,1} \sim R^{1,7}$ は可能な場合には、互いに結合して環を形成してもよい。

【0031】

$L^{1,1}$ は配位子を表す。配位子としては、例えば、「Photochemistry and Photophysics of Coordination Compounds」 Springer-Verlag社 H.Yersin著 1987年発行、「有機金属化学 - 基礎と応用 - 」 裳華房社 山本明夫著 1982年発行 等に記載の配位子が挙げられ、好ましくは、有機金属配位子（炭素で配位する配位子）、ハロゲン配位子（塩素配位子、フッ素配位子など）、含窒素ヘテロ環配位子（例えばビピリジル配位子、フェナントロリン配位子、フェニルピリジン配位子、ピラゾリルピリジン配位子、ベンズイミダゾリルピリジン配位子、ビコリン酸配位子、チエニルピリジン配位子、ピラゾリルピリジン配位子、イミダゾリルピリジン配位子、トリアゾリルピリジン配位子、ピラゾリルベンゾオキサゾール配位子、及びそれらの縮環体（例えばフェニルキノリン配位子、ベンゾチエニルピリジン配位子、ビキノリン配位子、など）など）、ジケトン配位子（例えばアセチルアセトン配位子）、ニトリル配位子（例えばアセトニトリル配位子など）、CO配位子、イソニトリル配位子（例えばt-ブチルイソニトリル配位子など）、カルベン配位子（ジアミノ置換カルベン配位子など）、りん配位子（例えば、ホスフィン誘導体、亜りん酸エステル誘導体、ホスフィニン誘導体など）、カルボン酸配位子（例えば酢酸配位子など）であり、より好ましくはジケトン配位子、2座の含窒素ヘテロ環配位子であり、さらに好ましくは炭素原子、及び窒素原子で配位する2座の含窒素ヘテロ環配位子である。 $L^{1,1}$ として上記配位子が好ましい理由としては、錯体の安定度定数が高いため、熱振動による無輻射失活が抑えられ発光量子収率が高くなるとともに、高い錯安定度ゆえに錯体の分解が抑制され、駆動寿命、保存寿命が向上するものと推察される。また、短波長発光するためには、配位子場強度が強い方が有利と考えられ、この観点もカルベン配位子、りん配位子、炭素原子、及び窒素原子で配位する2座の含窒素ヘテロ環配位子は好ましい。

【0032】

$n^{1,1}$ は1～3の整数を表し、発光効率、駆動寿命、保存寿命の点で2～3が好ましく

20

30

40

50

、3がより好ましい。 $n^{1/2}$ は0～4の整数を表し、0～2が好ましく、0、1がより好ましく、0がさらに好ましい。 $n^{1/1}$ として上記範囲が好ましい理由としては、錯体の安定度定数が高いため、熱振動による無輻射失活が抑えられ発光量子収率が高くなるとともに、高い錯安定度ゆえに錯体の分解が抑制され、駆動寿命、保存寿命が向上するものと推察される。

【0033】

$R^{2/1} \sim R^{2/7}$ は水素原子または置換基を表し、 $R^{2/1} \sim R^{2/4}$ 、 $R^{2/6}$ 、 $R^{2/7}$ の少なくとも一つは重水素原子である。置換基としては前記 $R^{1/1} \sim R^{1/7}$ と同様のものが挙げられる。

$R^{2/1}$ は水素原子、重水素原子、フッ素原子、シアノ基、アルキル基、アリール基、ヘテロアリール基が好ましく、水素原子、重水素原子、シアノ基、アリール基がより好ましく、水素原子、重水素原子、アリール基がさらに好ましく、重水素原子が特に好ましい。

10

【0034】

$R^{2/2}$ は、水素原子、重水素原子、フッ素原子、シアノ基、アルキル基、アリール基、ヘテロアリール基が好ましく、水素原子、重水素原子、シアノ基、フッ素原子がより好ましく、水素原子、重水素原子、シアノ基がさらに好ましく、重水素原子、シアノ基が特に好ましい。

【0035】

$R^{2/3}$ は、水素原子、重水素原子、シアノ基、アルキル基、アリール基、ヘテロアリール基が好ましく、水素原子、重水素原子、シアノ基がより好ましく、水素原子、重水素原子がさらに好ましく、重水素原子が特に好ましい。

20

【0036】

$R^{2/4}$ は、水素原子、重水素原子、アルキル基、アリール基が好ましく、水素原子、重水素原子がより好ましく、重水素原子がさらに好ましい。

【0037】

$R^{2/5}$ はアルキル基、アリール基、ヘテロアリール基が好ましく、アルキル基、アリール基がより好ましく、アリール基がさらに好ましい。 $R^{2/6}$ 、 $R^{2/7}$ は前記 $R^{1/6}$ 、 $R^{1/7}$ と同義であり、好ましい範囲も同じである。

【0038】

$R^{2/1} \sim R^{2/5}$ として上記の基が好ましい理由は、一般式(1)における $R^{1/1} \sim R^{1/7}$ の基として好ましい範囲のものが、駆動寿命の点で好ましい理由として説明した効果と同様と推察される。

30

$R^{2/1} \sim R^{2/7}$ は可能な場合には、互いに結合して環を形成してもよい。

【0039】

$L^{2/1}$ 、 $n^{2/1}$ 、 $n^{2/2}$ はそれぞれ前記 $L^{1/1}$ 、 $n^{1/1}$ 、 $n^{1/2}$ と同義であり、好ましい範囲も同じである。

【0040】

$R^{3/1} \sim R^{3/7}$ は水素原子又は置換基を表し、 $R^{3/1} \sim R^{3/6}$ のうち少なくとも一つは重水素原子である。置換基としては前記 $R^{1/1} \sim R^{1/7}$ と同様のものが挙げられる。

40

$R^{3/1}$ は水素原子、重水素原子、フッ素原子、シアノ基、アルキル基、アリール基、ヘテロアリール基が好ましく、水素原子、重水素原子、シアノ基、アリール基がより好ましく、水素原子、重水素原子、アリール基がさらに好ましく、重水素原子、アリール基が特に好ましい。

【0041】

$R^{3/2}$ は水素原子、重水素原子、フッ素原子、シアノ基、アルキル基、アリール基、ヘテロアリール基が好ましく、水素原子、重水素原子、シアノ基、フッ素原子がより好ましく、水素原子、重水素原子、フッ素原子がさらに好ましく、重水素原子が特に好ましい。

【0042】

$R^{3/3}$ は水素原子、重水素原子、シアノ基、アルキル基、アリール基、ヘテロアリール基、 $R^{3/4}$ と結合してベンゾフラン環を形成したものが好ましく、水素原子、重水素原子

50

、シアノ基、 $R^{3\sim 4}$ と結合してベンゾフラン環を形成したものがより好ましく、水素原子、重水素原子、 $R^{3\sim 4}$ と結合してベンゾフラン環を形成したものがさらに好ましく、重水素原子、 $R^{3\sim 4}$ と結合してベンゾフラン環を形成したものが特に好ましい。

【0043】

$R^{3\sim 4}$ は水素原子、重水素原子、アルキル基、アリール基、 $R^{3\sim 3}$ と結合してベンゾフラン環を形成したものが好ましく、水素原子、重水素原子、 $R^{3\sim 3}$ と結合してベンゾフラン環を形成したものがより好ましく、重水素原子、 $R^{3\sim 3}$ と結合してベンゾフラン環を形成したものがさらに好ましい。

【0044】

$R^{3\sim 5}$ 、 $R^{3\sim 6}$ は水素原子、重水素原子、アルキル基、アリール基、結合して縮環構造(ベンゾ縮環が好ましい)を形成する基が好ましく、水素原子、重水素原子、結合してベンゾ縮環を形成する基がより好ましく、水素原子、重水素原子がさらに好ましく、重水素原子が特に好ましい。 $R^{3\sim 7}$ はアルキル基、アリール基、ヘテロアリール基が好ましく、アルキル基、アリール基がより好ましく、アリール基がさらに好ましい。

$R^{3\sim 1} \sim R^{3\sim 6}$ として上記の基が好ましい理由は、一般式(1)における $R^{1\sim 1} \sim R^{1\sim 7}$ の基として好ましい範囲のものが、駆動寿命の点で好ましい理由として説明した効果と同様と推察される。

【0045】

$R^{3\sim 1} \sim R^{3\sim 7}$ は可能な場合には、互いに結合して環を形成してもよい。

【0046】

$L^{3\sim 1}$ 、 $n^{3\sim 1}$ 、 $n^{3\sim 2}$ はそれぞれ前記 $L^{1\sim 1}$ 、 $n^{1\sim 1}$ 、 $n^{1\sim 2}$ と同義であり、好ましい範囲も同じである。

本発明に用いるイリジウム錯体は、低分子化合物であってもよいし、イリジウム錯体部分をポリマー側鎖に含む高分子化合物もしくは、イリジウム錯体部分を主鎖に含む高分子化合物であってもよい。高分子化合物の場合は、ホモポリマーであっても良いし、他のモノマー(好ましくは正孔及び/又は電子を輸送する機能を有する部分構造をもつモノマー)との共重合体であっても良い。共重合体の場合、他のモノマーとしては、電荷輸送機能部分を有するモノマーが好ましい。電荷輸送機能を有するモノマーとしては、後述のホスト材料、正孔輸送層に含有する材料、電子輸送層に含有する材料として挙げた化合物を部分構造に有するモノマーなどが挙げられ、好ましくはホスト材料として挙げた化合物を部分構造に有するモノマーであり、より好ましくはピロール系骨格を部分構造に有するモノマーであり、更に好ましくはインドール骨格、カルバゾール骨格、アザカルバゾール骨格を部分構造に有するモノマーである。

具体的には、例えばN-ビニルカルバゾール、N-(4-ビニルフェニル)カルバゾール、N-(4-ビニルフェニル)インドール、N-ビニル-2-アザカルバゾール、N-ビニル-3-アザカルバゾール、N-ビニル-4-アザカルバゾールなどが挙げられる。高分子化合物の場合、好ましい分子量は5,000以上1,000,000未満であり、より好ましくは10,000以上500,000未満であり、更に好ましくは10,000以上100,000未満である。

【0047】

次に本発明で使用するイリジウム錯体化合物例を示すが、本発明はこれに限定されない。

【0048】

10

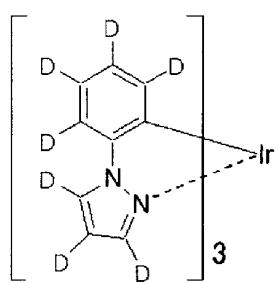
20

30

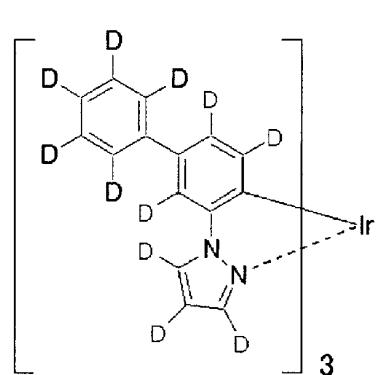
40

【化4】

(1-1)

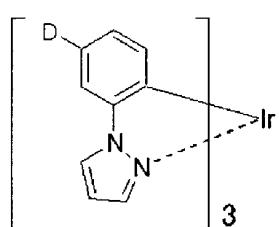


(1-5)

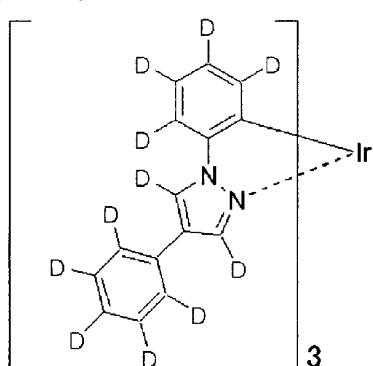


10

(1-2)

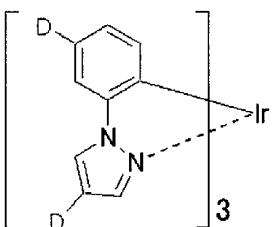


(1-6)

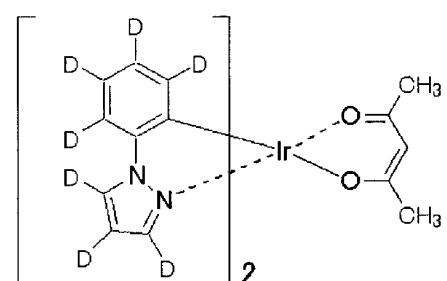


20

(1-3)

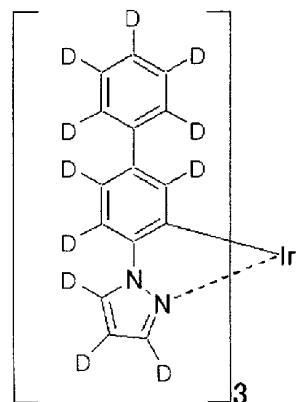


(1-7)

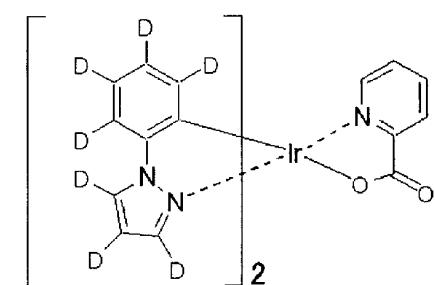


30

(1-4)



(1-8)

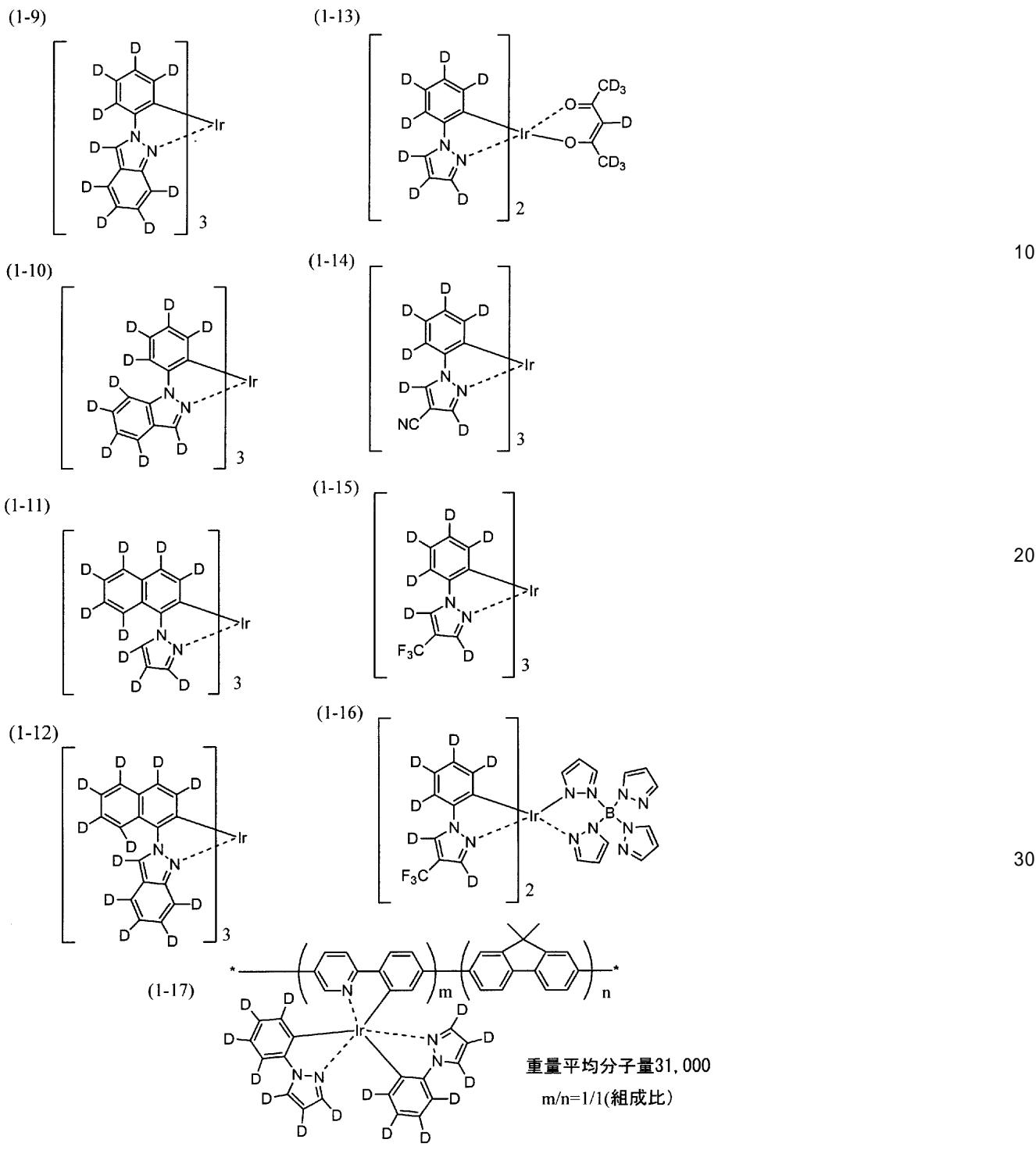


40

【0049】

50

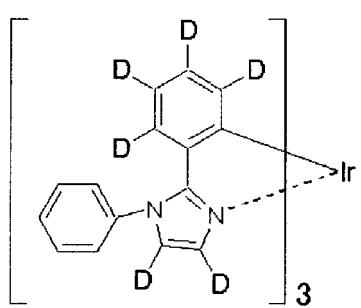
【化 5】



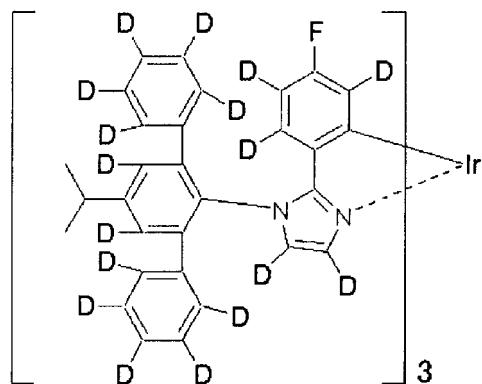
[0 0 5 0]

【化6】

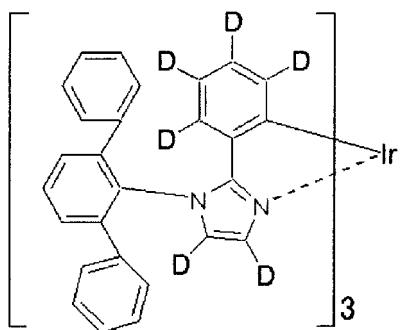
(2-1)



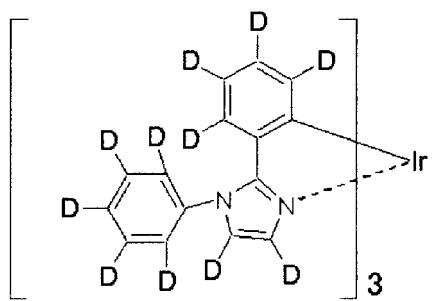
(2-5)



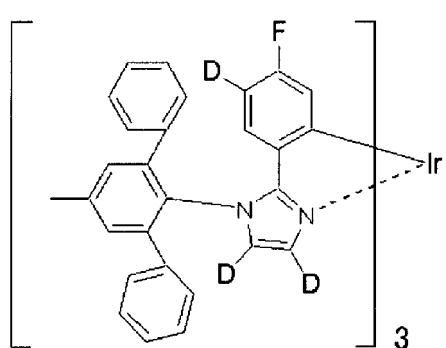
(2-2)



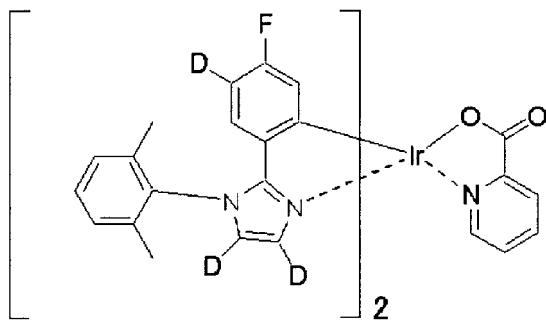
(2-6)



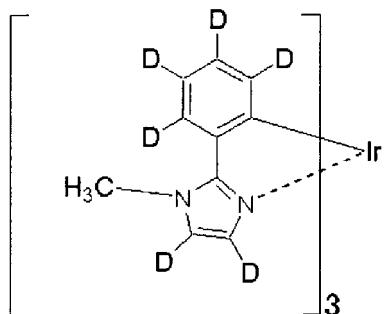
(2-3)



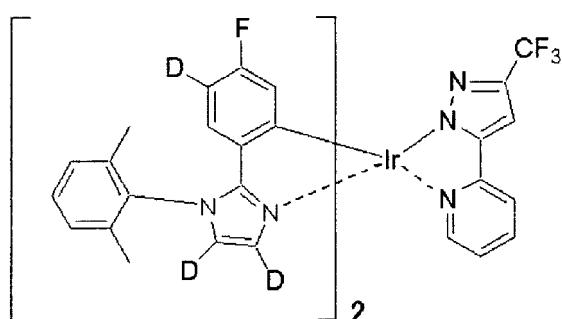
(2-7)



(2-4)



(2-8)

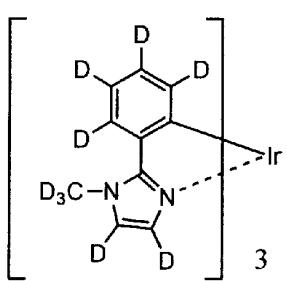


【0051】

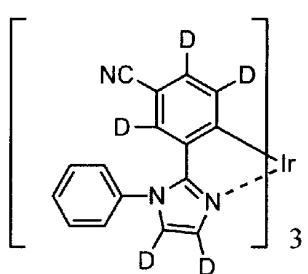
50

【化7】

(2-9)

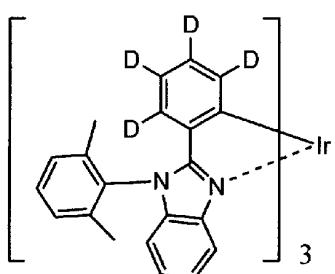


(2-13)

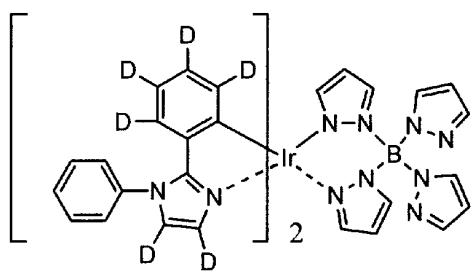


10

(2-10)

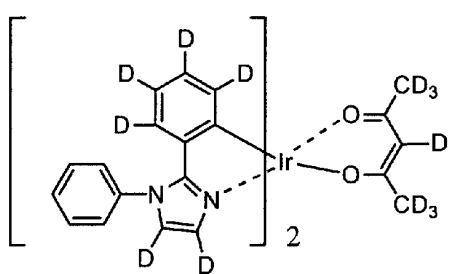


(2-14)

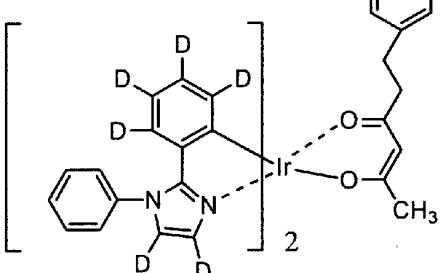


20

(2-11)

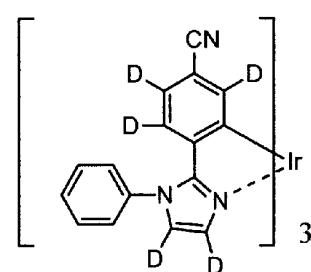


(2-15)



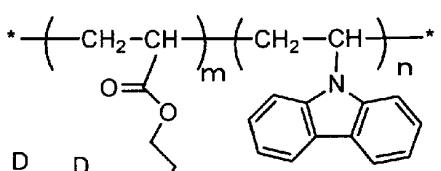
30

(2-12)

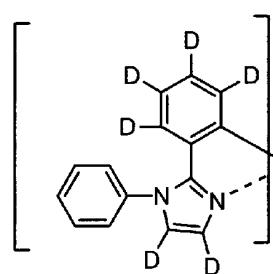


重量平均分子量12,000

(2-16)



40

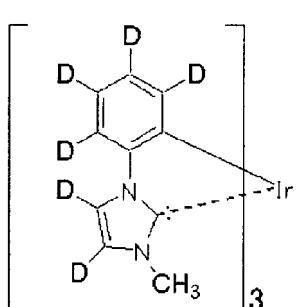
重量平均分子量56,000
m/n=85/15(重量比)

【0052】

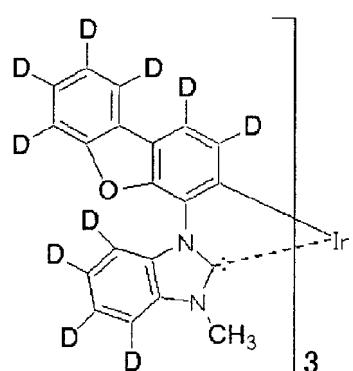
50

【化 8】

(3-1)

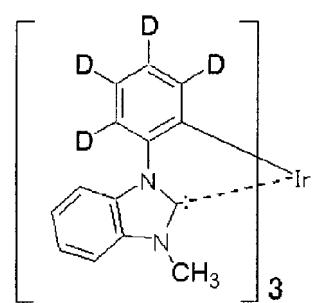


(3-5)

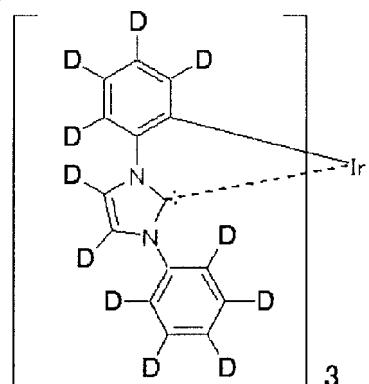


10

(3-2)

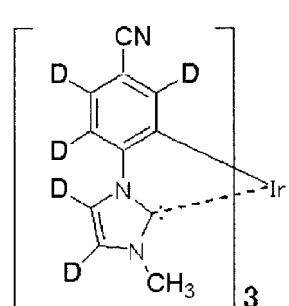


(3-6)

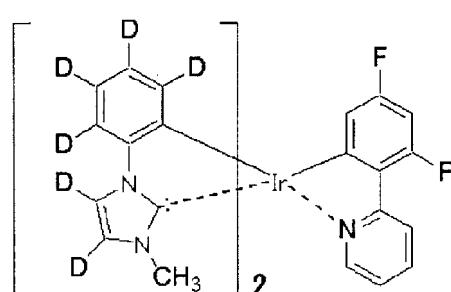


20

(3-3)

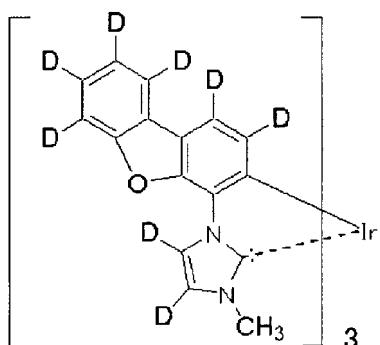


(3-7)

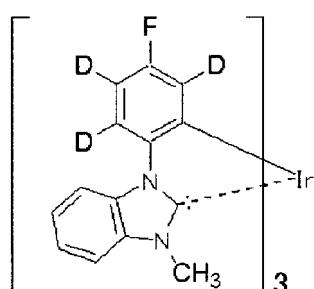


30

(3-4)



(3-8)

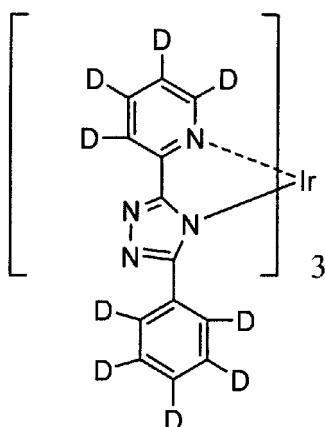


40

【0 0 5 3】

【化9】

(4-1)



10

【0054】

本発明の重水素原子を有するイリジウム錯体は、重水素原子を水素原子に置き換えた化合物の手法を参考に、合成する事が出来る。例えば(1-1)、(2-1)、(3-1)の重水素原子を水素原子に置き換えた化合物の合成法は公知であり、重水素化された原料を用いれば、同様に合成することが出来る。

20

【0055】

重水素化された原料は、市販の試薬を購入することも出来るし、公知の手法で合成する事が出来る。また、原料を白金、パラジウム触媒の存在下、重水素(反応系中で重水から重水素を発生させても良い)を作用させて重水素化する事により合成する事が出来る。(参考文献: Synlett, 1149 (2002)、 Org. Lett., 6, 1485 (2004)、 Tetrahedron Lett., 46, 6995 (2005)、 Adv. Synth. Catal., 348, 1025 (2006)、 Synlett, 845 (2005)、 Synlett, 1385 (2005)。)

. Synlett, 1385 (2005)。)

【0056】

[有機電界発光素子]

以下、本発明の有機電界発光素子について詳細に説明する。

30

本発明の発光素子は基板上に陰極と陽極を有し、両電極の間に有機発光層(以下、単に「発光層」と称する場合がある。)を含む少なくとも一層の有機層(有機化合物のみからなる層であってもよいし、無機化合物を含有する有機層であってもよい)を有する。発光素子の性質上、陽極及び陰極のうち少なくとも一方の電極は、透明であることが好ましい。

【0057】

本発明における有機層の積層の態様としては、陽極側から、正孔輸送層、発光層、電子輸送層の順に積層されている態様が好ましい。更に、正孔輸送層と発光層との間、又は、発光層と電子輸送層との間には、電荷ブロック層等を有していてもよい。陽極と正孔輸送層との間に、正孔注入層を有してもよく、陰極と電子輸送層との間には、電子注入層を有してもよい。尚、各層は複数の二次層に分かれてもよい。

40

【0058】

本発明の有機電界発光素子は白色発光素子であっても良い。

【0059】

次に、本発明の有機電界発光素子を構成する要素について、詳細に説明する。

【0060】

<基板>

本発明で使用する基板としては、有機層から発せられる光を散乱又は減衰させない基板であることが好ましい。その具体例としては、ジルコニア安定化イットリウム(YSZ)、ガラス等の無機材料、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンフタレート、ポリエ

50

チレンナフタレート等のポリエステル、ポリスチレン、ポリカーボネート、ポリエーテルスルホン、ポリアリレート、ポリイミド、ポリシクロオレフィン、ノルボルネン樹脂、ポリ(クロロトリフルオロエチレン)等の有機材料が挙げられる。

例えば、基板としてガラスを用いる場合、その材質については、ガラスからの溶出イオンを少なくするため、無アルカリガラスを用いることが好ましい。また、ソーダライムガラスを用いる場合には、シリカなどのバリアコートを施したものを使用することが好ましい。有機材料の場合には、耐熱性、寸法安定性、耐溶剤性、電気絶縁性、及び加工性に優れていることが好ましい。

【0061】

基板の形状、構造、大きさ等については、特に制限はなく、発光素子の用途、目的等に応じて適宜選択することができる。一般的には、基板の形状としては、板状であることが好ましい。基板の構造としては、単層構造であってもよいし、積層構造であってもよく、また、單一部材で形成されていてもよいし、2以上の部材で形成されていてもよい。

【0062】

基板は、無色透明であっても、有色透明であってもよいが、有機発光層から発せられる光を散乱又は減衰等させることがない点で、無色透明であることが好ましい。

【0063】

基板には、その表面又は裏面に透湿防止層(ガスバリア層)を設けることができる。

透湿防止層(ガスバリア層)の材料としては、窒化珪素、酸化珪素などの無機物が好適に用いられる。透湿防止層(ガスバリア層)は、例えば、高周波スパッタリング法などにより形成することができる。

熱可塑性基板を用いる場合には、更に必要に応じて、ハードコート層、アンダーコート層などを設けてもよい。

【0064】

<陽極>

陽極は、通常、有機層に正孔を供給する電極としての機能を有していればよく、その形状、構造、大きさ等については特に制限はなく、発光素子の用途、目的に応じて、公知の電極材料の中から適宜選択することができる。前述のごとく、陽極は、通常透明陽極として設けられる。

【0065】

陽極の材料としては、例えば、金属、合金、金属酸化物、導電性化合物、又はこれらの混合物が好適に挙げられる。陽極材料の具体例としては、アンチモンやフッ素等をドープした酸化錫(ATO、FTO)、酸化錫、酸化亜鉛、酸化インジウム、酸化インジウム錫(ITO)、酸化亜鉛インジウム(IZO)等の導電性金属酸化物、金、銀、クロム、ニッケル等の金属、さらにこれらの金属と導電性金属酸化物との混合物又は積層物、ヨウ化銅、硫化銅などの無機導電性物質、ポリアニリン、ポリチオフェン、ポリピロールなどの有機導電性材料、及びこれらとITOとの積層物などが挙げられる。この中で好ましいのは、導電性金属酸化物であり、特に、生産性、高導電性、透明性等の点からはITOが好ましい。

【0066】

陽極は、例えば、印刷方式、コーティング方式等の湿式方式、真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法等の物理的方式、CVD、プラズマCVD法等の化学的方式などの中から、陽極を構成する材料との適性を考慮して適宜選択した方法に従って、前記基板上に形成することができる。例えば、陽極の材料として、ITOを選択する場合には、陽極の形成は、直流又は高周波スパッタ法、真空蒸着法、イオンプレーティング法等に従って行うことができる。

【0067】

本発明の有機電界発光素子において、陽極の形成位置としては特に制限はなく、発光素子の用途、目的に応じて適宜選択することができる。が、前記基板上に形成されるのが好ましい。この場合、陽極は、基板における一方の表面の全部に形成されていてもよく、そ

10

20

30

40

50

の一部に形成されてもよい。

【0068】

なお、陽極を形成する際のパターニングとしては、フォトリソグラフィーなどによる化学的エッチングによって行ってもよいし、レーザーなどによる物理的エッチングによって行ってもよく、また、マスクを重ねて真空蒸着やスパッタ等をして行ってもよいし、リフトオフ法や印刷法によって行ってもよい。

【0069】

陽極の厚みとしては、陽極を構成する材料により適宜選択することができ、一概に規定することはできないが、通常、10 nm ~ 50 μm 程度であり、50 nm ~ 20 μm が好ましい。

10

【0070】

陽極の抵抗値としては、 10^3 / 以下が好ましく、 10^2 / 以下がより好ましい。陽極が透明である場合は、無色透明であっても、有色透明であってもよい。透明陽極側から発光を取り出すためには、その透過率としては、60%以上が好ましく、70%以上がより好ましい。

【0071】

なお、透明陽極については、沢田豊監修「透明電極膜の新展開」シーエムシー刊（1999）に詳述があり、ここに記載される事項を本発明に適用することができる。耐熱性の低いプラスティック基材を用いる場合は、ITO又はIZOを使用し、150 以下の低温で成膜した透明陽極が好ましい。

20

【0072】

<陰極>

陰極は、通常、有機層に電子を注入する電極としての機能を有していればよく、その形状、構造、大きさ等については特に制限はなく、発光素子の用途、目的に応じて、公知の電極材料の中から適宜選択することができる。

【0073】

陰極を構成する材料としては、例えば、金属、合金、金属酸化物、電気伝導性化合物、これらの混合物などが挙げられる。具体例としてはアルカリ金属（たとえば、Li、Na、K、Cs等）、アルカリ土類金属（たとえばMg、Ca等）、金、銀、鉛、アルミニウム、ナトリウム・カリウム合金、リチウム・アルミニウム合金、マグネシウム・銀合金、インジウム、イッテルビウム等の希土類金属、などが挙げられる。これらは、1種単独で使用してもよいが、安定性と電子注入性とを両立させる観点からは、2種以上を好適に併用することができる。

30

【0074】

これらの中でも、陰極を構成する材料としては、電子注入性の点で、アルカリ金属やアルカリ土類金属が好ましく、保存安定性に優れる点で、アルミニウムを主体とする材料が好ましい。

アルミニウムを主体とする材料とは、アルミニウム単独、アルミニウムと0.01~10質量%のアルカリ金属又はアルカリ土類金属との合金若しくはこれらの混合物（例えば、リチウム・アルミニウム合金、マグネシウム・アルミニウム合金など）をいう。

40

【0075】

なお、陰極の材料については、特開平2-15595号公報、特開平5-121172号公報に詳述されており、これらの公報に記載の材料は、本発明においても適用することができる。

【0076】

陰極の形成方法については、特に制限はなく、公知の方法に従って行うことができる。例えば、印刷方式、コーティング方式等の湿式方式、真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法等の物理的方式、CVD、プラズマCVD法等の化学的方式などの中から、前記した陰極を構成する材料との適性を考慮して適宜選択した方法に従って形成することができる。例えば、陰極の材料として、金属等を選択する場合には、その1種又

50

は2種以上を同時又は順次にスパッタ法等に従って行うことができる。

【0077】

陰極を形成するに際してのパターニングは、フォトリソグラフィーなどによる化学的エッチングによって行ってもよいし、レーザーなどによる物理的エッチングによって行ってもよく、マスクを重ねて真空蒸着やスパッタ等をして行ってもよいし、リフトオフ法や印刷法によって行ってもよい。

【0078】

本発明において、陰極形成位置は特に制限はなく、有機層上の全部に形成されていてもよく、その一部に形成されていてもよい。

また、陰極と前記有機層との間に、アルカリ金属又はアルカリ土類金属のフッ化物、酸化物等による誘電体層を0.1~5nmの厚みで挿入してもよい。この誘電体層は、一種の電子注入層と見ることもできる。誘電体層は、例えば、真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法等により形成することができる。

【0079】

陰極の厚みは、陰極を構成する材料により適宜選択することができ、一概に規定することはできないが、通常10nm~5μm程度であり、50nm~1μmが好ましい。

また、陰極は、透明であってもよいし、不透明であってもよい。なお、透明な陰極は、陰極の材料を1~10nmの厚さに薄く成膜し、更にITOやIZO等の透明な導電性材料を積層することにより形成することができる。

【0080】

<有機層>

本発明における有機層について説明する。

本発明の有機電界発光素子は、発光層を含む少なくとも一層の有機層を有しており、正孔輸送層、発光層、電子輸送層の少なくとも3層を有する素子であることが好ましい。有機発光層以外の他の有機層としては、前述したごとく、正孔輸送層、電子輸送層、電荷ブロック層、正孔注入層、電子注入層等の各層が挙げられ、正孔輸送層と発光層の間に、発光層へのホール注入を促進する層、電子をブロックする層、励起子をブロックする層を追加する事がより好ましい。

【0081】

-有機層の形成-

本発明の有機電界発光素子において、有機層を構成する各層は、蒸着法やスパッタ法等の乾式製膜法、転写法、印刷法等いずれによっても好適に形成することができる。

【0082】

-発光層-

発光層は、電界印加時に、陽極、正孔注入層、又は正孔輸送層から正孔を受け取り、陰極、電子注入層、又は電子輸送層から電子を受け取り、正孔と電子の再結合の場を提供して発光させる機能を有する層である。

本発明における発光層は、発光材料のみで構成されていても良く、ホスト材料と発光材料の混合層とした構成でも良い。発光材料は蛍光発光材料でも燐光発光材料であっても良く、ドーパントは1種であっても2種以上であっても良い。ホスト材料は電荷輸送材料であることが好ましい。ホスト材料は1種であっても2種以上であっても良く、例えば、電子輸送性のホスト材料とホール輸送性のホスト材料を混合した構成が挙げられる。さらに、発光層中に電荷輸送性を有さず、発光しない材料を含んでいても良い。

また、発光層は1層であっても2層以上であってもよく、それぞれの層が異なる発光色で発光してもよい。

【0083】

(発光材料)

本発明に使用できる蛍光発光材料の例としては、例えば、ベンゾオキサゾール誘導体、ベンゾイミダゾール誘導体、ベンゾチアゾール誘導体、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

10

20

30

40

50

ルイミド誘導体、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、シクロペンタジエン誘導体、スチリルアミン誘導体、ジケトピロロピロール誘導体、芳香族ジメチリディン化合物、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、有機シラン誘導体などの化合物等が挙げられる。

【0084】

また、本発明に併用あるいは使用できる燐光発光材料は、例えば、遷移金属原子又はランタノイド原子を含む錯体が挙げられる。

遷移金属原子としては、特に限定されないが、好ましくは、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、タングステン、レニウム、オスミウム、イリジウム、及び白金が挙げられ、より好ましくは、レニウム、イリジウム、及び白金である。

ランタノイド原子としては、ランタン、セリウム、プラセオジム、ネオジム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテシウムが挙げられる。これらのランタノイド原子の中でも、ネオジム、ユーロピウム、及びガドリニウムが好ましい。

【0085】

錯体の配位子としては、例えば、G.Wilkinson等著, *Comprehensive Coordination Chemistry*, Pergamon Press社 1987年発行、H.Yersin著, 「Photochemistry and Photophysics of Coordination Compounds」 Springer-Verlag社 1987年発行、山本明夫著「有機金属化学 - 基礎と応用 - 」裳華房社 1982年発行等に記載の配位子などが挙げられる。

具体的な配位子としては、好ましくは、ハロゲン配位子（好ましくは塩素配位子）、含窒素ヘテロ環配位子（例えば、フェニルピリジン、ベンゾキノリン、キノリノール、ビピリジル、フェナントロリンなど）、ジケトン配位子（例えば、アセチルアセトンなど）、カルボン酸配位子（例えば、酢酸配位子など）、一酸化炭素配位子、イソニトリル配位子、シアノ配位子であり、より好ましくは、含窒素ヘテロ環配位子である。上記錯体は、化合物中に遷移金属原子を一つ有してもよいし、また、2つ以上有するいわゆる複核錯体であってもよい。異種の金属原子を同時に含有していてもよい。

【0086】

本発明において、イリジウム錯体は、本願効果を低減させない範囲で他のゲスト材料と併用し得る。

本発明の発光素子に含まれる燐光発光材料（本発明のイリジウム錯体を含む）の発光極大波長は350 nm以上500 nm以下であることが好ましく、370 nm以上490 nm以下である事がより好ましく、400 nm以上480 nm以下であることがさらに好ましく、420 nm以上470 nm以下であることが特に好ましい。

【0087】

本発明において、イリジウム錯体を包含する燐光発光材料は、発光層中に、0.1~40質量%含有されることが好ましく、0.5~20質量%含有されることがより好ましい。本発明においてイリジウム錯体以外の燐光発光材料を併用する場合、イリジウム錯体は燐光発光材料全量に対して50質量%以上が好ましく、80質量%以上が更に好ましい。

イリジウム錯体を発光材料として用いた場合は、通常、ホスト材料100質量部に対して1~50質量部、好ましくは5~30質量部用いられる。

【0088】

(ホスト材料)

また、本発明における発光層に含有されるホスト材料としては、例えば、ピロール系ホスト材料（芳香族炭化水素環やヘテロ環が縮合したものも含む）、もしくは、炭化水素系ホスト材料（好ましくはベンゼン環のみで構成された材料）が好ましく、ピロール系ホス

10

20

30

40

50

ト材料がより好ましく、インドール系ホスト材料、カルバゾール系ホスト材料、アザインドール系ホスト、アザカルバゾール系ホストがさらに好ましく、インドール系ホスト材料が特に好ましい。また、ジアリールアミン骨格を有するもの、ピリジン骨格を有するもの、ピラジン骨格を有するもの、トリアジン骨格を有するもの及びアリールシラン骨格を有するものや、後述の正孔注入層、正孔輸送層、電子注入層、電子輸送層の項で例示されている材料が挙げられる。

【0089】

発光層中に含まれるホスト材料の電荷移動度は $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上、 $1 \times 10^{-1} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以下であることが好ましく、 $5 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上 $1 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以下であることがより好ましく、 $1 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上 $1 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以下であることがさらに好ましく、 $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上 cm^2 / Vs 以下であることが特に好ましい。
10

【0090】

本発明の有機電界発光素子含まれるホスト材料、電子輸送材料、及びホール輸送材料のガラス転移点は 90 以上 400 以下であることが好ましく、100 以上 380 以下であることがより好ましく、120 以上 370 以下であることがさらに好ましく、140 以上 360 以下であることが特に好ましい。

【0091】

本発明の発光素子に含まれるホスト材料の T_1 レベル（最低三重項励起状態のエネルギー-レベル）は、 60 kcal/mol 以上 (251.4 kJ/mol 以上)、 90 kcal/mol 以下 (377.1 kJ/mol 以下) が好ましく、 62 kcal/mol 以上 (259.78 kJ/mol 以上)、 85 kcal/mol 以下 (356.15 kJ/mol 以下) がより好ましく、 65 kcal/mol 以上 (272.35 kJ/mol 以上)、 80 kcal/mol 以下 (335.2 kJ/mol 以下) がさらに好ましい。
20

T_1 レベルが上記下限未満であると素子発光効率、特に外部量子効率が低下する傾向があり、 T_1 レベルが上記上限を超えると電荷注入する為に高い電圧が必要となり、消費電力が大きくなる傾向がある。

【0092】

本発明の発光素子の発光層に隣接する層の T_1 レベル（最低三重項励起状態のエネルギー-レベル）は、 60 kcal/mol 以上 (251.4 kJ/mol 以上)、 90 kcal/mol 以下 (377.1 kJ/mol 以下) が好ましく、 62 kcal/mol 以上 (259.78 kJ/mol 以上)、 85 kcal/mol 以下 (356.15 kJ/mol 以下) がより好ましく、 65 kcal/mol 以上 (272.35 kJ/mol 以上)、 80 kcal/mol 以下 (335.2 kJ/mol 以下) がさらに好ましい。
30

T_1 レベルが上記下限未満であると素子発光効率、特に外部量子効率が低下する傾向があり、 T_1 レベルが上記上限を超えると電荷注入する為に高い電圧が必要となり、消費電力が大きくなる傾向がある。

【0093】

発光層の厚さは、特に限定されるものではないが、通常、 $1 \text{ nm} \sim 500 \text{ nm}$ であるのが好ましく、 $5 \text{ nm} \sim 200 \text{ nm}$ であるのがより好ましく、 $10 \text{ nm} \sim 100 \text{ nm}$ であるのが更に好ましい。
40

【0094】

- 正孔注入層、正孔輸送層 -

正孔注入層、正孔輸送層は、陽極又は陽極側から正孔を受け取り陰極側に輸送する機能を有する層である。正孔注入層、正孔輸送層は、具体的には、カルバゾール誘導体、アザカルバゾール誘導体、インドール誘導体、アザインドール誘導体、イミダゾール誘導体、ポリアリールアルカン誘導体、ピラゾリン誘導体、ピラゾロン誘導体、フェニレンジアミン誘導体、アリールアミン誘導体、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、芳香族第三級アミン化合物、スチリルアミン化合物、芳香族ジメチリディン系化合物、ポル
50

フィリン系化合物、有機シラン誘導体、カーボン、フェニルアゾールやフェニルアジンを配位子に有するIr錯体に代表される各種金属錯体等を含有する層であることが好ましい。

【0095】

本発明の有機EL素子の正孔注入層あるいは正孔輸送層には、電子受容性ドーパントを含有させることができる。正孔注入層、あるいは正孔輸送層に導入する電子受容性ドーパントとしては、電子受容性で有機化合物を酸化する性質を有すれば、無機化合物でも有機化合物でも使用できる。

【0096】

具体的には、無機化合物は塩化第二鉄や塩化アルミニウム、塩化ガリウム、塩化インジウム、五塩化アンチモンなどのハロゲン化金属、五酸化バナジウム、および三酸化モリブデンなどの金属酸化物などが挙げられる。

【0097】

有機化合物の場合は、置換基としてニトロ基、ハロゲン、シアノ基、トリフルオロメチル基などを有する化合物、キノン系化合物、酸無水物系化合物、フラーレンなどを好適に用いることができる。

この他にも、特開平6-212153、特開平11-111463、特開平11-251067、特開2000-196140、特開2000-286054、特開2000-315580、特開2001-102175、特開2001-160493、特開2002-252085、特開2002-56985、特開2003-157981、特開2003-217862、特開2003-229278、特開2004-342614、特開2005-72012、特開2005-166637、特開2005-209643等に記載の化合物を好適に用いることが出来る。

【0098】

このうちヘキサシアノブタジエン、ヘキサシアノベンゼン、テトラシアノエチレン、テトラシアノキノジメタン、テトラフルオロテトラシアノキノジメタン、p-フルオラニル、p-クロラニル、p-ブロマニル、p-ベンゾキノン、2,6-ジクロロベンゾキノン、2,5-ジクロロベンゾキノン、1,2,4,5-テトラシアノベンゼン、1,4-ジシアノテトラフルオロベンゼン、2,3-ジクロロ-5,6-ジシアノベンゾキノン、p-ジニトロベンゼン、m-ジニトロベンゼン、o-ジニトロベンゼン、1,4-ナフトキノン、2,3-ジクロロナフトキノン、1,3-ジニトロナフタレン、1,5-ジニトロナフタレン、9,10-アントラキノン、1,3,6,8-テトラニトロカルバゾール、2,4,7-トリニトロ-9-フルオレノン、2,3,5,6-テトラシアノピリジン、またはフラーレンC60が好ましく、ヘキサシアノブタジエン、ヘキサシアノベンゼン、テトラシアノエチレン、テトラシアノキノジメタン、テトラフルオロテトラシアノキノジメタン、p-フルオラニル、p-クロラニル、p-ブロマニル、2,6-ジクロロベンゾキノン、2,5-ジクロロベンゾキノン、2,3-ジクロロナフトキノン、1,2,4,5-テトラシアノベンゼン、2,3-ジクロロ-5,6-ジシアノベンゾキノン、または2,3,5,6-テトラシアノピリジンがより好ましく、テトラフルオロテトラシアノキノジメタンが特に好ましい。

【0099】

これらの電子受容性ドーパントは、単独で用いてもよいし、2種以上を用いてもよい。電子受容性ドーパントの使用量は、材料の種類によって異なるが、正孔輸送層材料に対して0.01質量%~50質量%であることが好ましく、0.05質量%~20質量%であることが更に好ましく、0.1質量%~10質量%であることが特に好ましい。

正孔注入層、正孔輸送層の厚さは、駆動電圧を下げるという観点から、各々500nm以下であることが好ましい。

正孔輸送層の厚さとしては、1nm~500nmであるのが好ましく、5nm~200nmであるのがより好ましく、10nm~100nmであるのが更に好ましい。また、正孔注入層の厚さとしては、0.1nm~200nmであるのが好ましく、0.5nm~1

10

20

30

40

50

0 0 n m であるのがより好ましく、 1 n m ~ 1 0 0 n m であるのが更に好ましい。

正孔注入層、正孔輸送層は、上述した材料の 1 種又は 2 種以上からなる単層構造であつてもよいし、同一組成又は異種組成の複数層からなる多層構造であつてもよい。

【 0 1 0 0 】

- 電子注入層、電子輸送層 -

電子注入層、電子輸送層は、陰極又は陰極側から電子を受け取り陽極側に輸送する機能を有する層である。電子注入層、電子輸送層は、具体的には、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、フルオレノン誘導体、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、カルボジイミド誘導体、フルオレニリデンメタン誘導体、ジスチリルピラジン誘導体、ナフタレン、ペリレン等の芳香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を配位子とする金属錯体に代表される各種金属錯体、有機シラン誘導体、等を含有する層であることが好ましい。

10

【 0 1 0 1 】

本発明の有機 E L 素子の電子注入層あるいは電子輸送層には、電子供与性ドーパントを含有させることができ。電子注入層、あるいは電子輸送層に導入される電子供与性ドーパントとしては、電子供与性で有機化合物を還元する性質を有していればよく、Li などのアルカリ金属、Mg などのアルカリ土類金属、希土類金属を含む遷移金属や還元性有機化合物などが好適に用いられる。金属としては、特に仕事関数が 4 . 2 e V 以下の金属が好適に使用でき、具体的には、Li、Na、K、Be、Mg、Ca、Sr、Ba、Y、Cs、La、Sm、Gd、およびYb などが挙げられる。また、還元性有機化合物としては、例えば、含窒素化合物、含硫黄化合物、含リン化合物などが挙げられる。

20

この他にも、特開平 6 - 2 1 2 1 5 3 、特開 2 0 0 0 - 1 9 6 1 4 0 、特開 2 0 0 3 - 6 8 4 6 8 、特開 2 0 0 3 - 2 2 9 2 7 8 、特開 2 0 0 4 - 3 4 2 6 1 4 等に記載の材料を用いることが出来る。

20

【 0 1 0 2 】

これらの電子供与性ドーパントは、単独で用いてもよいし、2 種以上を用いてもよい。電子供与性ドーパントの使用量は、材料の種類によって異なるが、電子輸送層材料に対して 0 . 1 質量 % ~ 9 9 質量 % であることが好ましく、1 . 0 質量 % ~ 8 0 質量 % であることが更に好ましく、2 . 0 質量 % ~ 7 0 質量 % であることが特に好ましい。

30

【 0 1 0 3 】

電子注入層、電子輸送層の厚さは、駆動電圧を下げるという観点から、各々 5 0 0 n m 以下であることが好ましい。

電子輸送層の厚さとしては、1 n m ~ 5 0 0 n m であるのが好ましく、5 n m ~ 2 0 0 n m であるのがより好ましく、1 0 n m ~ 1 0 0 n m であるのが更に好ましい。また、電子注入層の厚さとしては、0 . 1 n m ~ 2 0 0 n m であるのが好ましく、0 . 2 n m ~ 1 0 0 n m であるのがより好ましく、0 . 5 n m ~ 5 0 n m であるのが更に好ましい。

電子注入層、電子輸送層は、上述した材料の 1 種又は 2 種以上からなる単層構造であつてもよいし、同一組成又は異種組成の複数層からなる多層構造であつてもよい。

40

【 0 1 0 4 】

- 正孔プロック層 -

正孔プロック層は、陽極側から発光層に輸送された正孔が、陰極側に通りぬけることを防止する機能を有する層である。本発明において、発光層と陰極側で隣接する有機層として、正孔プロック層を設けることができる。

正孔プロック層を構成する有機化合物の例としては、BA1q 等のアルミニウム錯体、トリアゾール誘導体、BCP 等のフェナントロリン誘導体、等が挙げられる。

正孔プロック層の厚さとしては、1 n m ~ 5 0 0 n m であるのが好ましく、5 n m ~ 2 0 0 n m であるのがより好ましく、1 0 n m ~ 1 0 0 n m であるのが更に好ましい。

正孔プロック層は、上述した材料の 1 種又は 2 種以上からなる単層構造であつてもよい。

50

し、同一組成又は異種組成の複数層からなる多層構造であってもよい。

【0105】

<保護層>

本発明において、有機EL素子全体は、保護層によって保護されていてもよい。

保護層に含まれる材料としては、水分や酸素等の素子劣化を促進するものが素子内に入ることを抑止する機能を有しているものであればよい。

その具体例としては、In、Sn、Pb、Au、Cu、Ag、Al、Ti、Ni等の金属、MgO、SiO、SiO₂、Al₂O₃、GeO、NiO、CaO、BaO、Fe₂O₃、Y₂O₃、TiO₂等の金属酸化物、SiN_x、SiN_xO_y等の金属窒化物、MgF₂、LiF、AlF₃、CaF₂等の金属フッ化物、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリメチルメタクリレート、ポリイミド、ポリウレア、ポリテトラフルオロエチレン、ポリクロロトリフルオロエチレン、ポリジクロロジフルオロエチレン、クロロトリフルオロエチレンとジクロロジフルオロエチレンとの共重合体、テトラフルオロエチレンと少なくとも1種のコモノマーとを含むモノマー混合物を共重合させて得られる共重合体、共重合主鎖に環状構造を有する含フッ素共重合体、吸水率1%以上の吸水性物質、吸水率0.1%以下の防湿性物質等が挙げられる。

【0106】

保護層の形成方法については、特に限定はなく、例えば、真空蒸着法、スパッタリング法、反応性スパッタリング法、MBE(分子線エピタキシ)法、クラスターイオンビーム法、イオンプレーティング法、プラズマ重合法(高周波励起イオンプレーティング法)、プラズマCVD法、レーザーCVD法、熱CVD法、ガスソースCVD法、コーティング法、印刷法、転写法を適用できる。

【0107】

<封止>

さらに、本発明の有機電界発光素子は、封止容器を用いて素子全体を封止してもよい。

また、封止容器と発光素子の間に空間に水分吸収剤又は不活性液体を封入してもよい。水分吸収剤としては、特に限定されることはなく、例えば、酸化バリウム、酸化ナトリウム、酸化カリウム、酸化カルシウム、硫酸ナトリウム、硫酸カルシウム、硫酸マグネシウム、五酸化燐、塩化カルシウム、塩化マグネシウム、塩化銅、フッ化セシウム、フッ化ニオブ、臭化カルシウム、臭化バナジウム、モレキュラーシーブ、ゼオライト、酸化マグネシウム等を挙げることができる。不活性液体としては、特に限定されることはなく、例えば、パラフィン類、流動パラフィン類、パーカルオロアルカンやパーカルオロアミン、パーカルオロエーテル等のフッ素系溶剤、塩素系溶剤、シリコーンオイル類が挙げられる。

【0108】

本発明の有機電界発光素子は、陽極と陰極との間に直流(必要に応じて交流成分を含んでもよい)電圧(通常2ボルト~15ボルト)、又は直流電流を印加することにより、発光を得ることができる。

本発明の有機電界発光素子の駆動方法については、特開平2-148687号、同6-301355号、同5-29080号、同7-134558号、同8-234685号、同8-241047号の各公報、特許第2784615号、米国特許5828429号、同6023308号の各明細書、等に記載の駆動方法を適用することができる。

【0109】

本発明の発光素子の外部量子効率としては、5%以上が好ましく、10%以上がより好ましく、13%以上がさらに好ましい。外部量子効率の数値は20で素子を駆動したときの外部量子効率の最大値、もしくは、20で素子を駆動した時の100~300cd/m²付近での外部量子効率の値を用いることができる。

【0110】

本発明の発光素子の内部量子効率としては、30%以上が好ましく、50%以上がさらに好ましく、70%以上がさらに好ましい。素子の内部量子効率は内部量子効率=外部

10

20

30

40

50

量子効率 / 光取り出し効率 で算出される。通常の有機 E L 素子では光取り出し効率は約 20 % であるが、基板の形状、電極の形状、有機層の膜厚、無機層の膜厚、有機層の屈折率、無機層の屈折率等を工夫することにより、光取り出し効率を 20 % 以上にすることが可能で有る。

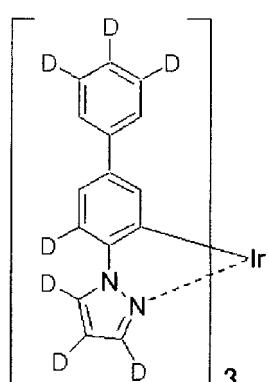
【実施例】

【0 1 1 1】

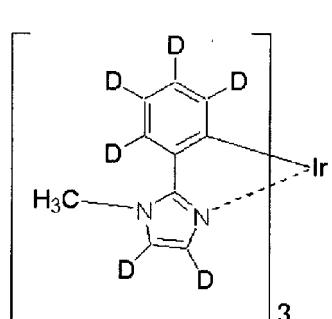
以下に本発明の具体的実施例を述べるが、本発明の実施の態様はこれらに限定されない。なお、用いた化合物を以下に示す。

【0 1 1 2】

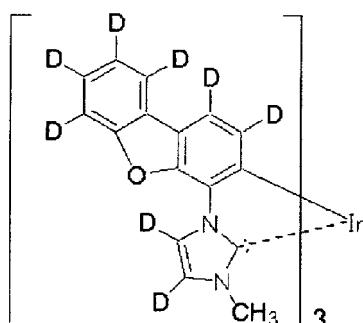
【化 1 0 】



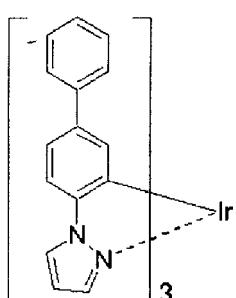
(1-4)



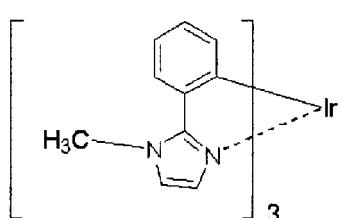
(2-4)



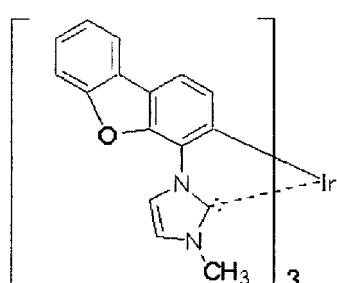
(3-4)



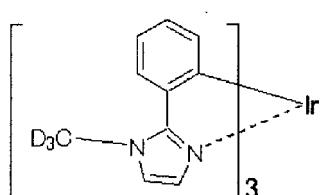
化合物A



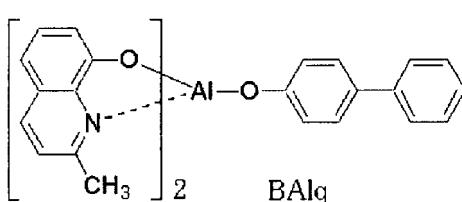
化合物B



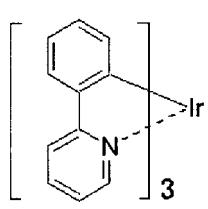
化合物C



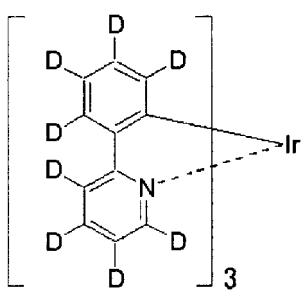
化合物D



mCP



化合物E



化合物F

【 0 1 1 3 】

[比較例 1]

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、銅フタロシアニンを10nm蒸着し、この上に、NPD(N,N' -ジ- α -ナフチル- N,N' -ジフェニル)-ベンジジン)を40nm蒸着した。この上に、化合物A(発光材料)とmCP(ホスト材料)(膜状態のT

50

₁ 値 = 65 k cal / mol。ここで、膜状態のT₁値は、洗浄した石英ガラス基板上に、材料を真空蒸着法により約50 nmの膜厚に成膜し、その薄膜の発光スペクトルを液体窒素温度下でF-7000日立分光蛍光光度計（日立ハイテクノロジーズ）で測定し、その短波長端から求めた。）を12:88の比率（質量比）で30 nm蒸着し、この上に、BA1 qを6 nm蒸着し、この上に、A1q（トリス（8-ヒドロキシキノリン）アルミニウム錯体）を20 nm蒸着した。この上に、フッ化リチウムを3 nm蒸着した後、アルミニウム60 nmを蒸着し、有機EL素子（以下、素子と略す）を作製した。東陽テクニカ製ソースメジャーユニット2400型を用いて、直流定電圧をEL素子に印加して発光させた結果、化合物Aに由来するりん光発光が得られた。このりん光発光の輝度半減時間を以下により求めた。

輝度半減時間：500 cd / m²スタートで低電流駆動を行い、トプコン社製輝度計SR-3を用いて測定した発光輝度が250 cd / m²までの時間を求めた。また、500 cd / m²スタート時の駆動電圧に対して、発光輝度が250 cd / m²になった時の電圧の上昇分をVとして評価した。

【0114】

[比較例2]

比較例1の化合物Aの換わりに化合物Bを用い、比較例1と同様に素子を作製し評価した。化合物Bに由来するりん光発光が得られた。

[比較例3]

比較例1の化合物Aの換わりに化合物Cを用い、比較例1と同様に素子を作製し評価した。化合物Cに由来するりん光発光が得られた。

[比較例4]

比較例1の化合物Aの換わりに化合物Dを用い、比較例1と同様に素子を作製し評価した。化合物Dに由来するりん光発光が得られた。

[比較例5]

比較例1の化合物Aの換わりに化合物Eを用い、比較例1と同様に素子を作製し評価した。化合物Eに由来するりん光発光が得られた。

[比較例6]

比較例1の化合物Aの換わりに化合物Fを用い、比較例1と同様に素子を作製し評価した。化合物Fに由来するりん光発光が得られた。

【0115】

[実施例1]

比較例1の化合物Aの換わりに化合物（1-4）を用い、比較例1と同様に素子を作製し評価した。化合物（1-4）に由来するりん光発光が得られた。

[実施例2]

比較例2の化合物Bの換わりに化合物（2-4）を用い、比較例1と同様に素子を作製し評価した。化合物（2-4）に由来するりん光発光が得られた。

[実施例3]

比較例3の化合物Cの換わりに化合物（3-4）を用い、比較例1と同様に素子を作製し評価した。化合物（3-4）に由来するりん光発光が得られた。

【0116】

[実施例4]

実施例1において、化合物mCP（ホスト材料）を化合物Gに置き換え、それ以外は実施例1と同様に素子を作製し評価した。化合物（1-4）に由来するりん光発光が得られた。

得られた結果を下表に相対値で示した。

【0117】

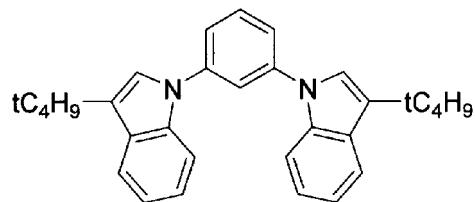
10

20

30

40

【化11】



化合物 G

10

【0118】

【表1】

表 1

	輝度半減時間（相対値）	電圧上昇幅（ ΔV ）
比較例 1	1.0	1.8V
比較例 2	2.2（比較例 1 に対する相対値）	1.7V
比較例 3	0.8（比較例 1 に対する相対値）	2.1V
比較例 4	1.0（比較例 1 に対する相対値）	1.9V
比較例 5	3.0（比較例 1 に対する相対値）	1.6V
比較例 6	3.1（比較例 1 に対する相対値）	1.5V
実施例 1	4.3（比較例 1 に対する相対値）	0.8V
実施例 2	2.2（比較例 2 に対する相対値）	0.6V
実施例 3	1.9（比較例 3 に対する相対値）	1.2V
実施例 4	4.5（比較例 1 に対する相対値）	0.7V

20

30

【0119】

上表から、以下のことが理解される。

・比較例 5 と比較例 6 との比較から、5員ヘテロ環構造を持たない化合物の SP2炭素原子上に重水素原子を置換してもほとんど重水素原子置換の効果がないことが分かる。

・比較例 2 と比較例 4 の比較から、5員ヘテロ環構造を持っていても SP3炭素原子上への重水素原子置換だとむしろ逆効果であることが分かる。

・5員ヘテロ環構造を持つ化合物の SP2炭素原子上へ重水素原子を置換をした場合のみ重水素原子置換の効果が得られる（比較例 1 と実施例 1、比較例 2 と実施例 2、比較例 3 と実施例 3 の各比較）。

・比較例 1 と実施例 1 及び実施例 4 の比較から、発光材料として一般式（1）で表される化合物を用いることで輝度半減時間及び電圧上昇幅（ ΔV ）において優れた効果が得られ、ホスト材料としてピロール系化合物を用いることで、さらに優れた効果が得られることがわかる。

5員ヘテロ環構造を持つ化合物の SP2炭素原子上へ重水素原子を置換をした場合、即ち、表 1 から本発明の発光素子は耐久性に優れることが分かる。特に、アリール基上の水

40

50

素原子、またはヘテロアリール基のS P 2炭素原子上の水素原子を重水素原子に置換する事により、顕著な耐久性改良効果（輝度半減時間が延び、駆動電圧の上昇が抑えられる効果）が得られることが分かる。

他の本発明にかかるイリジウム錯体を用いた素子でも、同様な効果を得ることが出来る。