

(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2004-146110

(P2004-146110A)

(43) 公開日 平成16年5月20日(2004.5.20)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
H05B 33/22	H05B 33/22	3K007
C09K 11/06	C09K 11/06	690
H05B 33/14	H05B 33/14	A

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2002-307189 (P2002-307189)	(71) 出願人	000002071 チッソ株式会社 大阪府大阪市北区中之島3丁目6番32号
(22) 出願日	平成14年10月22日 (2002.10.22)	(72) 発明者	藤下 雄一 神奈川県横浜市金沢区大川5-1 チッソ 株式会社横浜研究所内
		(72) 発明者	内田 学 神奈川県横浜市金沢区大川5-1 チッソ 株式会社横浜研究所内
		(72) 発明者	菊川 伸午 神奈川県横浜市金沢区大川5-1 チッソ 株式会社横浜研究所内
		(72) 発明者	岡田 恵次 大阪市住吉区杉本3-3-138 大阪市 立大学大学院理学研究科 分子有機化学 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ジヒドロフェナジン誘導体を陽極バッファ層に含有する有機電界発光素子

(57) 【要約】

【課題】 高効率で長寿命な有機EL素子を提供すること。

【解決手段】 少なくとも陽極バッファ層、正孔輸送層、発光層を有し、積層構造からなる有機電界発光素子であって、陽極バッファ層に特定構造のジヒドロフェナジン誘導体を含有させることを特徴とする有機電界発光素子である。

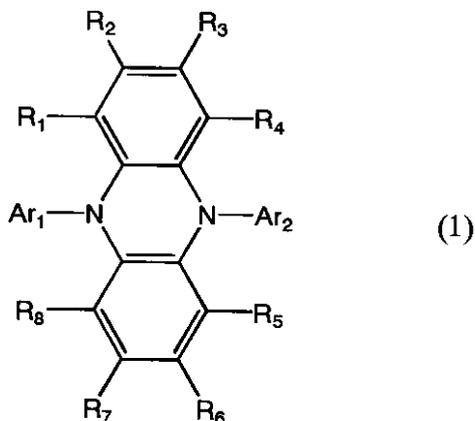
【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも陽極バッファ層、正孔輸送層、発光層を有し、積層構造からなる有機電界発光素子であって、一般式(1) [式(1)中、R₁～R₈は、それぞれ独立に、水素原子、置換もしくは無置換のアリール若しくはヘテロ環基、アルキル若しくはシクロアルキル、アルケニル、アルコキシ、アルケニルオキシ、アルキニルオキシ、アリールオキシまたはアミノ基であり、Ar₁及びAr₂は、独立に置換若しくは無置換のアリール若しくはヘテロ環基またはアルキル若しくはシクロアルキルを示す]で表されるジヒドロフェナジン誘導体を陽極バッファ層に含むことを特徴とする有機電界発光素子。

【化 1】



10

20

【請求項 2】

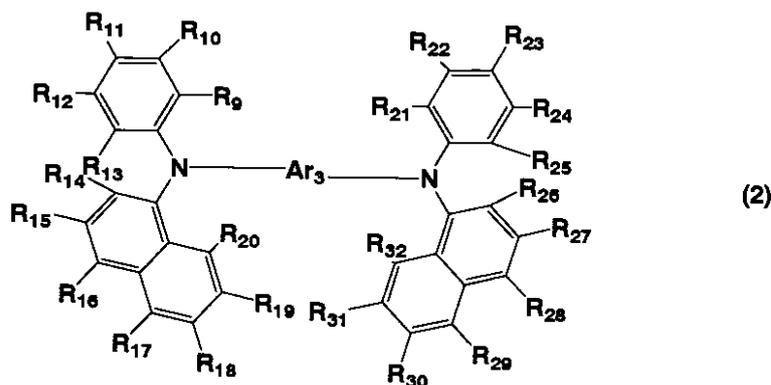
陽極バッファ層、正孔輸送層、発光層に加えて電子輸送層をも含む請求項 1 に記載の有機電界発光素子。

【請求項 3】

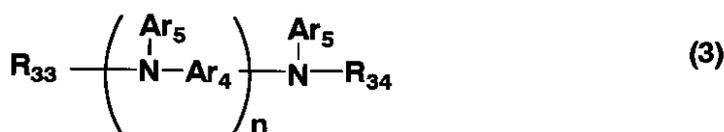
一般式(2) [式(2)中、Ar₃は置換若しくは無置換のアリーレンを示し、R₉～R₃₂はそれぞれ独立に、水素原子、置換若しくは無置換のアリール若しくはヘテロ環基、アルキル若しくはシクロアルキル、アルケニル、アルコキシ、アルケニルオキシ、アルキニルオキシ、アリールオキシまたはアミノ基を示す]で表わされる化合物、または一般式(3) [式(3)中、Ar₄はアリーレンであり、Ar₅は置換若しくは無置換のアリール若しくはヘテロ環基であり、R₃₃及びR₃₄はそれぞれ独立に水素原子、置換若しくは無置換のアリール若しくはヘテロ環基またはアルキル若しくはシクロアルキルであり、nは2～4の整数を示す]で表わされる化合物を正孔輸送層に正孔輸送材料として含むことを特徴とする請求項 1 に記載の有機電界発光素子。

30

【化 2】



10



n=2-4

20

【請求項 4】

一般式(1)において、 $R_1 \sim R_8$ が全て水素原子である請求項1に記載の有機電界発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、有機電界発光素子(以下、有機EL素子と略記する)に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、次世代のフルカラーフラットパネルディスプレイとして有機EL素子が注目され、活発な研究開発がなされている。有機EL素子は発光層を2つの電極で挟んだ注入型発光素子であり、有機発光層に電子と正孔を注入してそれらが再結合することにより光を発するものである。用いられる材料には低分子材料と高分子材料があり、共に高輝度な有機EL素子が得られることが示されている。

30

【0003】

このような有機EL素子の発光層には二つのタイプがある。一つは、タン(C.W. Tang)らによって発表された、蛍光色素を添加した電子輸送材料を発光層として用いたもの、もう一つは、蛍光色素自身を発光層として用いたものである。

【0004】

蛍光色素を発光層として用いたタイプには、大きく分けてさらに3つのタイプがある。一つ目は、発光層を電子輸送層と正孔輸送層で挟んで三層としたもの、二つ目は、正孔輸送層と発光層とを積層して二層としたもの、三つ目は、電子輸送層と発光層とを積層して二層としたものである。このような積層構造にすることにより、発光効率が向上することが知られている。

40

【0005】

上記各構成の有機EL素子における電子輸送層は、電子伝達化合物を含有するものであって、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る。正孔輸送層は、正孔伝達化合物を含有する層であって、陽極より注入された正孔を発光層に伝達する機能を有する。

50

【0006】

また、三層構造からなる有機EL素子の電極と電荷輸送層との間にバッファ層を介在させることにより、より低い電界で多くのキャリアが電荷輸送層を通して発光層に伝達されるので、発光効率が向上する等発光性能に優れた有機EL素子を得ることができる。

【0007】

しかしながら、これらの有機EL素子は実用化のために十分な性能を有していなかった。その大きな原因として、陽極バッファ層に用いられる材料の正孔輸送性が十分でないことが挙げられる。そのため駆動電圧が高くなったり、素子の発光効率が実用的に十分ではなかったりした。また、この材料の耐久性が不足していることも挙げられる。有機EL素子の有機層に結晶粒界等の不均質部分が存在すると、その部分に電界が集中して素子の劣化、破壊につながると考えられている。そのため有機層はアモルファス状態で使用されることが多い。また、有機EL素子は電子注入型素子であり、使用する材料のガラス転移点が高いと駆動中の発熱により有機EL素子が劣化する結果となるので、ガラス転移点（以下、 T_g と略称する。）の高い材料が要求されている。

10

【0008】

このような有機EL素子に使用される陽極バッファ層としては、アミン系の化合物を中心に多種多様な材料が知られているにも拘わらず、実用に適した材料は少ない。例えば、公知のスターバーストアミン誘導体や、公知のトリアリールアミンのオリゴマーにおいても、高発光効率で長寿命であるという実用上必須の特性を併せ持つものはない。また、金属錯体系の陽極バッファ層としてはフタロシアニン類が知られているが、可視領域に吸収が有るため赤色発光素子には適していない。また、高分子系の陽極バッファ層としてポリチオフェン誘導体が知られているが、実用化には至っていない。

20

【0009】

また、アミン系の化合物として特許文献1では一对の電極間に挟持された一又は複数の有機化合物からなる層を有する発光素子において、前記有機化合物からなる層のうち少なくとも一層がジヒドロフェナジン誘導体を含有する層である有機EL素子が開示されている。しかしその層も具体的には電子輸送層、ホール輸送層、発光層であって、陽極バッファ層に使用した記載はない。

【0010】

上述のように、従来の有機EL素子に用いられる陽極バッファ材料は、昨今のフルカラーフラットパネルディスプレイの高性能化に対応しておらず、優れた材料を使用することにより、有機EL素子の効率及び寿命をより高めることが望まれている。

30

【0011】

【特許文献1】

特開2000-21574号公報

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、このような従来技術の有する課題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、高い正孔輸送性および耐熱性を有する陽極バッファ材料を用いて陽極からのホールの注入を容易にし、高発光効率で長寿命な有機EL素子を提供することにある。

40

【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、従来の有機EL素子が抱えている上述の課題を解決すべく鋭意検討した結果、少なくとも陽極バッファ層、正孔輸送層、発光層を有する積層構造からなる有機電界発光素子において、陽極バッファ層として特定のジヒドロフェナジン誘導体を用いることにより、高効率、長寿命な有機EL素子を得ることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0014】

すなわち、本発明は以下の構成を有するものである。

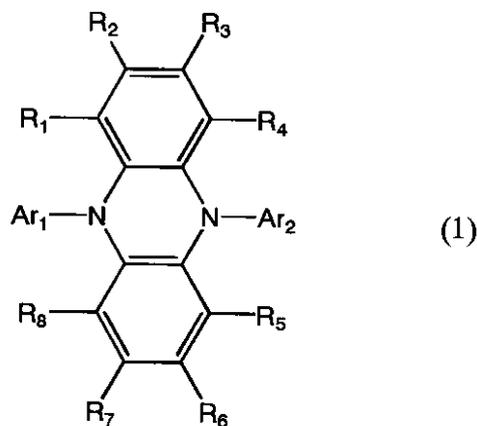
本発明は、少なくとも陽極バッファ層、正孔輸送層、発光層を有し、積層構造からなる

50

有機電界発光素子であって、一般式(1) [式(1)中、R₁~R₈は、それぞれ独立に、水素原子、置換もしくは無置換のアリール若しくはヘテロ環基、アルキル若しくはシクロアルキル、アルケニル、アルコキシ、アルケニルオキシ、アルキニルオキシ、アリールオキシまたはアミノ基であり、Ar₁及びAr₂は、独立に置換若しくは無置換のアリール若しくはヘテロ環基またはアルキル若しくはシクロアルキルを示す]で表されるジヒドロフェナジン誘導体を陽極バッファ層に含むことを特徴とする有機電界発光素子からなる。

【0015】

【化3】



10

20

【0016】

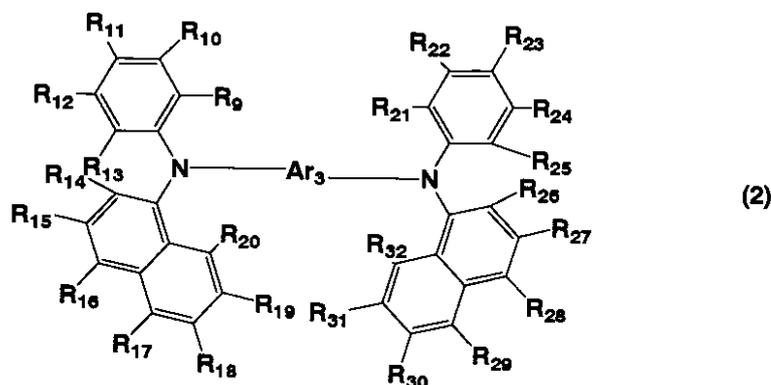
本発明の好ましい態様は、陽極バッファ層、正孔輸送層、発光層に加えて電子輸送層をも含む前記有機電界発光素子である。

本発明の別の好ましい態様は、一般式(2) [式(2)中、Ar₃は置換若しくは無置換のアリーレンを示し、R₉~R₃₂はそれぞれ独立に、水素原子、置換若しくは無置換のアリール若しくはヘテロ環基、アルキル若しくはシクロアルキル、アルケニル、アルコキシ、アルケニルオキシ、アルキニルオキシ、アリールオキシまたはアミノ基を示す]で表わされる化合物、または一般式(3) [式(3)中、Ar₄はアリーレンであり、Ar₅は置換若しくは無置換のアリール若しくはヘテロ環基であり、R₃₃及びR₃₄はそれぞれ独立に水素原子、置換若しくは無置換のアリール若しくはヘテロ環基またはアルキル若しくはシクロアルキル基であり、nは2~4の整数を示す]で表わされる化合物を正孔輸送層に正孔輸送材料として含むことを特徴とする前記有機電界発光素子である。

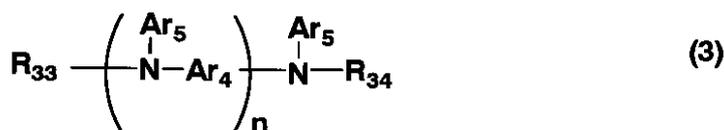
30

【0017】

【化4】



10



n=2-4

20

【0018】

本発明の別の好ましい態様は、一般式(1)で表わされる化合物が、同式において $R_1 \sim R_8$ が全て水素原子からなる化合物である前記有機電界発光素子である。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を詳細に説明する。一般式(1)において、 $R_1 \sim R_8$ は既述の通りである。

Ar_1 および Ar_2 については、それらがアリールである場合の例としてフェニル、ピフェニル、ナフチル、アンズリル、ピレニル、フェナンスリル、フルオレニル、トリル、キシリル等が挙げられる。同じくヘテロ環基の例として、チエニル、ベンゾチエニル、3-フェニルベンゾチエニル、N-フェニルカルバゾール等が挙げられる。アルキル若しくはシクロアルキルである場合には炭素数1~6であることが好ましく、その例としてメチル、エチル、n-プロピル、イソプロピル、n-ブチル、sec-ブチル、tert-ブチル、n-ペンチル、n-ヘキシル、シクロプロピル、シクロブチル、シクロペンチルおよびシクロヘキシル等が挙げられる。 Ar_1 および Ar_2 がアリール、ヘテロ環基の場合は置換されていてもよい。

30

【0020】

それらの置換基としては、メチル、エチル、ノルマルプロピル、イソプロピル、シクロペンチル若しくはtert-ブチル等のアルキル若しくはシクロアルキル、ビニル、アリル、ブテニル若しくはスチリル等のアルケニル、メトキシ、エトキシ、イソプロポキシ若しくはtert-ブトキシ等のアルコキシ、ビニルオキシ若しくはアリルオキシ等のアルケニルオキシ、エチニルオキシ若しくはフェニルエチニルオキシ等のアルキニルオキシ、フェノキシ、ナフトキシ、ピフェニルオキシ若しくはピレニルオキシ等のアリールオキシ、ジメチルアミノ、ジエチルアミノ、フェニルナフチルアミノ若しくはジフェニルアミノ等の置換アミノ基、フェニル、ナフチル、アントラセニル、ピフェニル、トルイル、ピレニル、ペリレニル、アニシル、ターフェニル若しくはフェナンスレニル等のアリールまたはヒドロピレニル、ジオキサニル、チエニル、チアゾリル、チアジアゾリル、アクリジニル、キノリル、キノキサロイル、フェナンスロリル、ベンゾチエニル、ベンゾチアゾリル、インドリル若しくはジヒドロフェナジン5-イル等のヘテロ環基等が挙げられる。さらに、任意の場所で縮合環を形成していてもよい。その様な縮合環基の具体例としてピフェニルの2つのベンゼン環がオルト位で架橋しているフルオレニルを挙げることができる。こ

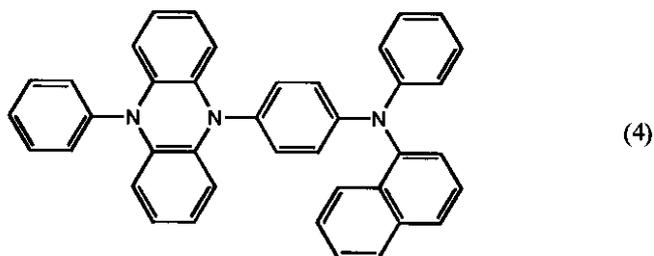
40

50

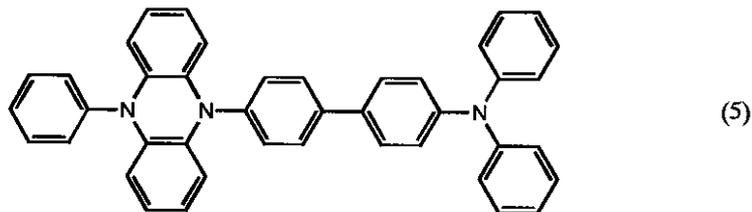
れらのうちでも置換アミノ基若しくはジヒドロフェナジン - 5 - イルが好ましい。そして、ジヒドロフェナジン誘導体の具体例としては、下記の式(4)~(16)で表わされる化合物を挙げることができる。

【0021】

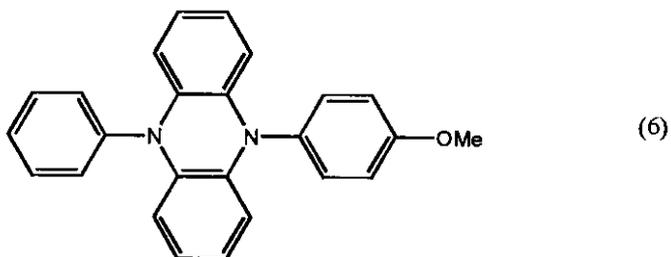
【化5】



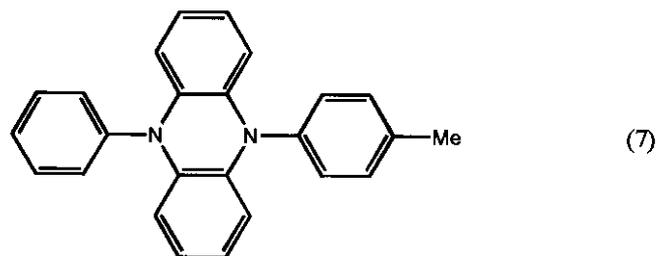
10



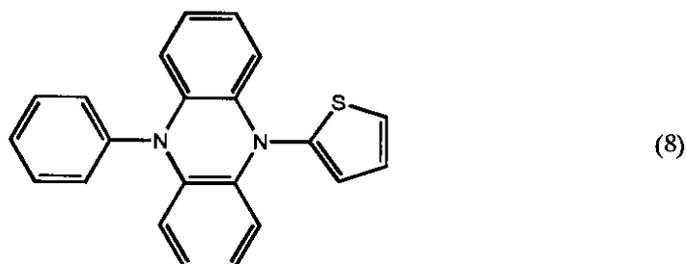
20



30

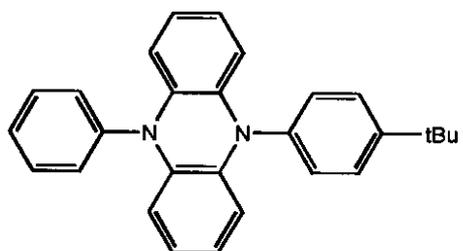


40



【0022】

【化6】



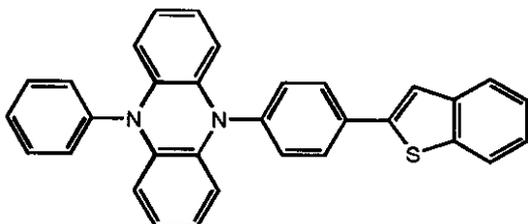
(9)

(式中、tBuはt-ブチル基を示す。)

【0023】

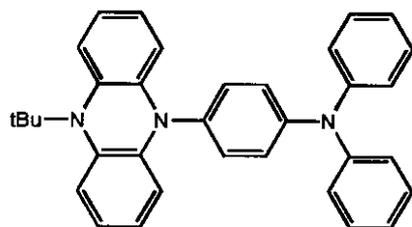
10

【化7】



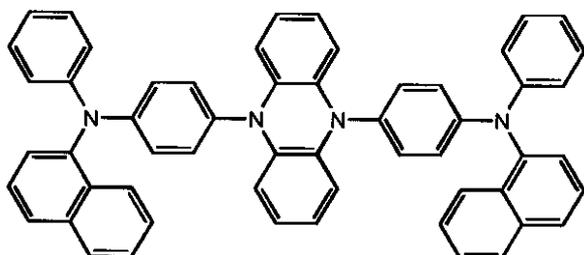
(10)

20



(11)

30

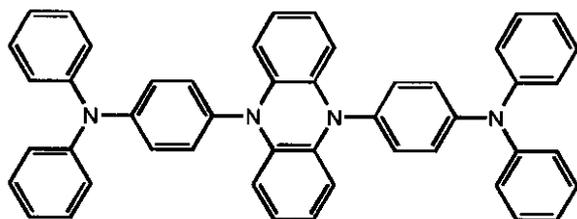


(12)

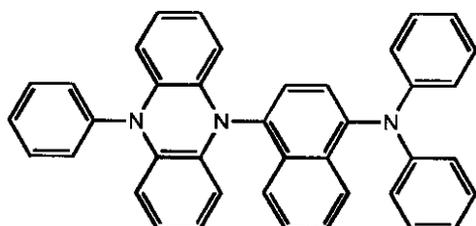
【0024】

【化8】

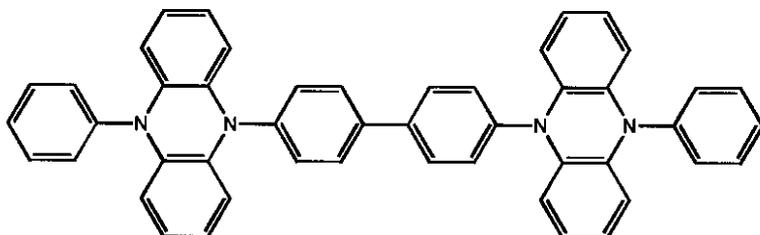
40



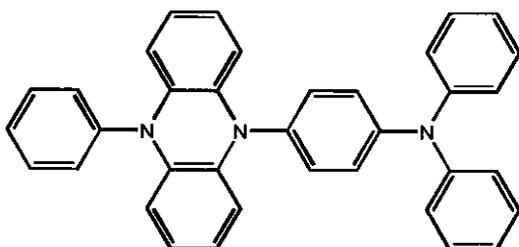
(13)



(14)



(15)



(16)

10

20

30

40

50

【0025】

これらの化合物は、既知の方法を利用して合成することができ、例えば、J. Am. Chem. Soc., 1957, 79, 6178に記載の方法または、日本化学会第81春季年会講演予稿集(II)、1252ページ、1H1-43に記載の方法により得ることができる。

【0026】

これらのジヒドロフェナジン誘導体は、陽極バッファ層を形成させるための材料に適している。本発明の有機EL素子は、低電圧駆動で高効率である。これは、本発明で用いられる一般式(1)で表わされるジヒドロフェナジン誘導体のイオン化ポテンシャル(Ip)が小さいため、陽極バッファ層として用いると陽極からスムーズに正孔が注入され、発光層で効率よく電子と再結合することができるためである。また保存時及び駆動時の耐久性が高い。これは、ジヒドロフェナジン誘導体のTgが高く、有機EL素子作成時にアモルファス状態になり易いためである。これらのジヒドロフェナジン誘導体の中でも特に好ましくは、(5)若しくは(15)式で表わされるようなピフェニル骨格を有するものがあげられる。ピフェニル骨格の導入により、素子の発光効率及び電流効率を向上させる

ことが可能になるからである。

【0027】

本発明の有機EL素子の構造としては、各種の態様があるが、基本的には陽極と正孔輸送層との間に、上記ジヒドロフェナジン誘導体を含む有機層を挟持した構造であり、上記ジヒドロフェナジン誘導体層に加えて他の材料を用いた正孔輸送層、発光層、電子輸送層あるいは電子注入層等を組み合わせることができる。

【0028】

具体的な構成としては、(1)陽極/ジヒドロフェナジン誘導体層(陽極バッファ層)/正孔輸送層/発光層/陰極、(2)陽極/ジヒドロフェナジン誘導体層(陽極バッファ層)/正孔輸送層/発光層/電子輸送層/陰極、(3)陽極/ジヒドロフェナジン誘導体層(陽極バッファ層)/正孔輸送層/発光層/電子輸送層/電子注入層/陰極等の積層構造を挙げることができる。これらの場合、電子輸送層および電子注入層は必ずしも必要ではないが、この層を設けることにより、発光効率を向上させることができる。

10

【0029】

本発明の有機EL素子は、上記のいずれの構造であっても、基板に支持されていることが好ましい。基板としては、機械的強度、熱安定性および透明性を有するものであればよく、ガラス、透明プラスチックフィルム等を用いることができる。本発明の有機EL素子の陽極物質としては、4 eVより大きな仕事関数を有する金属、合金、電気伝導性化合物およびこれらの混合物を用いることができる。具体例として、Au等の金属、CuI、インジウムチンオキサイド(以下、ITOと略記する)、SnO₂、ZnO等の導電性透明材料が挙げられる。

20

【0030】

陰極物質としては、4 eVより小さな仕事関数の金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物を使用できる。具体例としては、アルミニウム、カルシウム、マグネシウム、リチウム、マグネシウム合金、アルミニウム合金等があり、合金としては、アルミニウム/弗化リチウム、アルミニウム/リチウム、マグネシウム/銀、マグネシウム/インジウム等が挙げられる。有機EL素子の発光を効率よく取り出すために、電極の少なくとも一方は光透過率を10%以上とすることが望ましい。電極としてのシート抵抗は数百/m以下とすることが好ましい。なお、膜厚は電極材料の性質にもよるが、通常10 nm~1 μm、好ましくは10~400 nmの範囲に選定される。このような電極は、上述の電極物質を使用して蒸着やスパッタリング等の方法で、薄膜を形成させることにより作製することができる。

30

【0031】

本発明の有機EL素子において使用される式(1)で表されるジヒドロフェナジン誘導体は十分に高いT_gを有しているが、他の正孔輸送材料、発光材料、電子輸送材料、電子注入材料等についても、T_gが80以上のものが好ましく、90以上のものがより好ましい。

【0032】

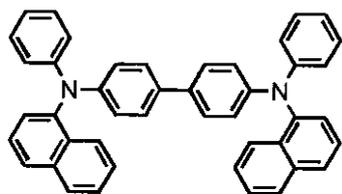
本発明の有機EL素子に使用される正孔輸送材料については、有機EL素子の正孔輸送層に使用されている公知のものの中から任意のものを選択して用いることができる。例えば、一般式(2)若しくは(3)で表わされる化合物、カルバゾール誘導体(N-フェニルカルバゾール、ポリアルキレンカルバゾール等)、トリアリールアミン誘導体(TPD)、芳香族第3級アミンを主鎖あるいは側鎖に持つポリマー、1,1-ビス(4-ジ-p-トリルアミノフェニル)シクロヘキサン、スチルベン誘導体(日本化学会第72春季年会講演予稿集(II)、1392ページ、2PB098に記載のもの等)、ポリシラン等があげられる。これらのうち好ましくは前記一般式(2)若しくは(3)で表わされる化合物である。これらの式においてAr₃は好ましくはピフェニレンまたはフルオレニレンであり、Ar₄は好ましくはピフェニレンであり、Ar₅は好ましくはフェニル、ピフェニル若しくはナフチルである。一般式(2)で表わされる化合物の具体例として以下に示す化合物を例示することができる。

40

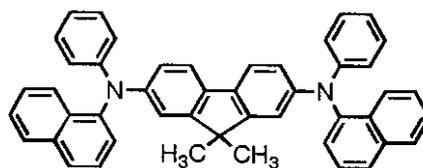
50

【 0 0 3 3 】

【 化 9 】

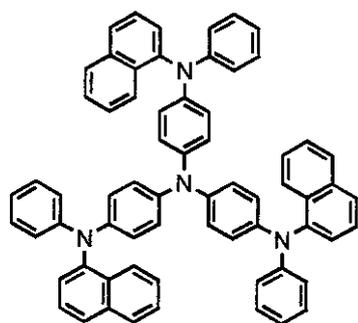


NPD

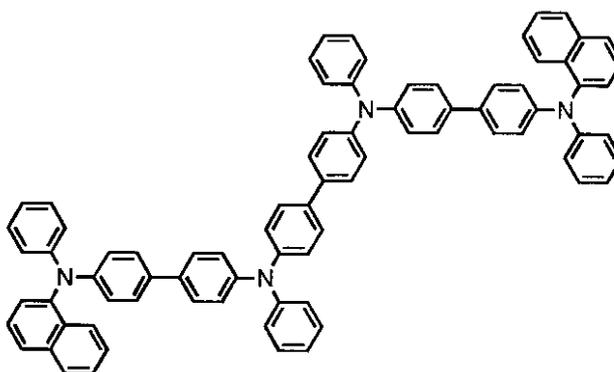


TNFL

10



2-TNATA

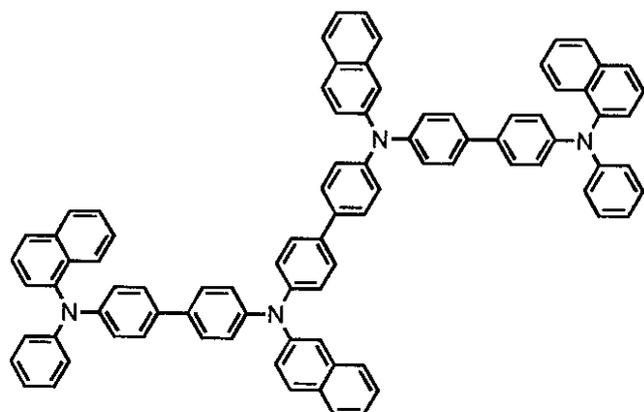


NTPA

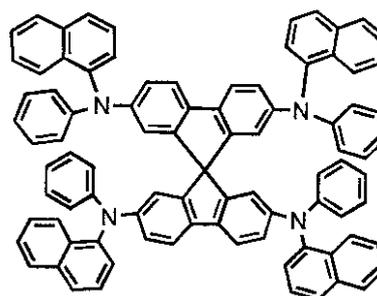
20

【 0 0 3 4 】

【 化 1 0 】

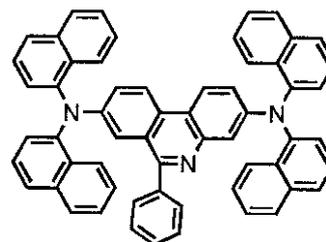


(NPB)DNPD



Spiro-NPD

30



(NDA)PP

40

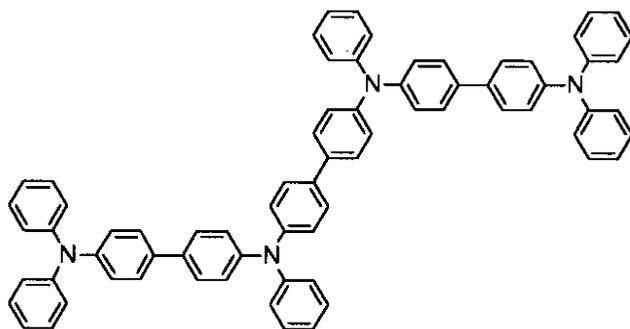
【 0 0 3 5 】

一般式 (3) で表わされる化合物の具体例として以下の化合物を挙げる事ができる。

【 0 0 3 6 】

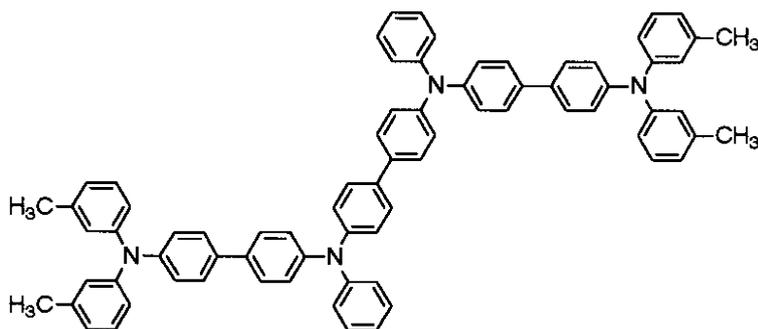
50

【化 1 1】



TPTE1

10



TPTE2

20

【0037】

なお、本発明の有機EL素子における陽極バッファ層は、本発明のジヒドロフェナジン誘導体および/もしくは上記化合物の一種以上を含有する一つの層で構成されていてもよいし、また、異種の化合物を含有する複数の層を積層したものであってもよい。本発明のジヒドロフェナジン誘導体を高分子に分散させることによって、これらの層を作成することができる。

30

【0038】

本発明の有機EL素子に使用される他の電子輸送材料および電子注入材料については特に制限はなく、光導電材料において、電子伝達化合物として従来から慣用されているもの、有機EL素子の電子注入層および電子輸送層に使用されている公知のものの中から任意のものを選択して用いることができる。

【0039】

このような電子伝達化合物の好ましい例として、ジフェニルキノン誘導体（電子写真学会誌、30(3), 266(1991)等に記載のもの）、ペリレン誘導体（J. Appl. Phys., 27, 269(1988)等に記載のもの）や、オキサジアゾール誘導体（前記文献、Jpn. J. Appl. Phys., 27, L713(1988)、Appl. Phys. Lett., 55, 1489(1989)等に記載のもの）、チオフェン誘導体（特開平4-212286号公報等に記載のもの）、トリアゾール誘導体（Jpn. J. Appl. Phys., 32, L917(1993)等に記載のもの）、チアジアゾール誘導体（第43回高分子学会予稿集、(III)P1a007等に記載のもの）、オキシンの誘導体の金属錯体（電子情報通信学会技術研究報告、92(311), 43(1992)等に記載のもの）、キノキサリン誘導体のポリマー（Jpn. J. Appl. Phys., 33, L250(1994)等に記載のもの）、フェナントロリン誘導体（第43回高分子討論会予稿集、14J07等に記載のもの）等を挙げることができる。

40

50

【0040】

本発明の有機EL素子の発光層に用いる他の発光材料としては、高分子学会編高分子機能材料シリーズ“光機能材料”、共立出版(1991)、P236に記載されているような昼光蛍光材料、蛍光増白剤、レーザー色素、有機シンチレータ、各種の蛍光分析試薬等の公知の発光材料を用いることができる。

【0041】

具体的には、アントラセン、フェナントレン、ピレン、クリセン、ペリレン、コロネン、ルブレン、キナクリドン等の多環縮合化合物、クオーターフェニル等のオリゴフェニレン系化合物、1,4-ビス(2-メチルスチリル)ベンゼン、1,4-ビス(4-メチルスチリル)ベンゼン、1,4-ビス(4-フェニル-5-オキサゾリル)ベンゼン、1,4-ビス(5-フェニル-2-オキサゾリル)ベンゼン、2,5-ビス(5-ターシャリー-ブチル-2-ベンズオキサゾリル)チオフェン、1,4-ジフェニル-1,3-ブタジエン、1,6-ジフェニル-1,3,5-ヘキサトリエン、1,1,4,4-テトラフェニル-1,3-ブタジエン等の液体シンチレーション用シンチレータ、

【0042】

特開昭63-264692号公報記載のオキシ誘導体の金属錯体、クマリン染料、ジシアノメチレンピラン染料、ジシアノメチレンチオピラン染料、ポリメチン染料、オキソベンズアントラセン染料、キサントレン染料、カルボスチリル染料、およびペリレン染料、独
国特許2534713号公報に記載のオキサジン系化合物、第40回応用物理学関係連合
講演会講演予稿集、1146(1993)に記載のスチルベン誘導体、特開平7-278
537号公報記載のスピロ化合物および特開平4-363891号公報記載のオキサジア
ゾール系化合物等が好ましい。また、第9回応用物理学学会講習会予稿集、(2001)P
17および“有機EL材料とディスプレイ”、シーエムシー(2001)P170に記載
されている公知のりん光材料、例えば、イリジウム錯体、白金錯体、ユウロピウム錯体等
も発光材料として好ましい。

【0043】

本発明の有機EL素子を構成する各層は、各層を構成すべき材料を蒸着法、スピンコート
法およびキャスト法等の公知の方法で薄膜とすることにより、形成することができる。こ
のようにして形成された各層の膜厚については特に限定されることはなく、素材の性質に
応じて適宜選定することができるが、通常2nm~5000nmの範囲に選定される。な
お、ジヒドロフェナジン誘導体を単独で薄膜化する方法としては、均質な膜が得やすく、
かつピンホールが生成しにくい等の点から蒸着法を採用するのが好ましい。蒸着法を用い
て薄膜化する場合、その蒸着条件は、ジヒドロフェナジン誘導体の種類、分子累積膜の目
的とする結晶構造および会合構造等により異なるが、一般的に、ポート加熱温度50~4
00、真空度 10^{-6} ~ 10^{-3} Pa、蒸着速度0.01~50nm/秒、基板温度-
150~+300、膜厚5nm~5 μ mの範囲で適宜選定することが好ましい。

【0044】

次に、本発明のジヒドロフェナジン誘導体を用いて有機EL素子を作成する方法の一例と
して、前述の陽極/ジヒドロフェナジン誘導体/正孔輸送層/発光層/陰極からなる有機
EL素子の作成法について説明する。適当な基板上に、陽極用物質からなる薄膜を、1 μ
m以下、好ましくは10~200nmの範囲の膜厚になるように蒸着法により形成させて
陽極を作製した後、この陽極上にジヒドロフェナジン誘導体の薄膜を形成させて陽極バッ
ファ層とし、この陽極バッファ層の上に正孔輸送層および発光層をそれぞれ1 μ m以
下の膜厚になるように形成させ、さらに陰極用物質からなる薄膜を蒸着法により、1 μ m
以下の膜厚になるように形成させて陰極とすることにより、目的の有機EL素子が得られ
る。なお、上述の有機EL素子の作製においては、作製順序を逆にして、陰極、発光層、
正孔輸送層、陽極バッファ層、陽極の順に作製することも可能である。

【0045】

このようにして得られた有機EL素子に直流電圧を印加する場合には、陽極を正、陰極を
負の極性として印加すればよく、電圧2~40V程度を印加すると、透明又は半透明の電

10

20

30

40

50

極側（陽極又は陰極、及び両方）より発光が観測できる。また、この有機EL素子は、交流電圧を印加した場合にも発光する。なお、印加する交流の波形は任意でよい。

【0046】

【実施例】

次に、本発明を実施例に基づいて更に詳しく説明する。

【0047】

実施例1

25mm×75mm×1.1mmのガラス基板上にITOを150nmの厚さに蒸着したもの（東京三容真空（株）製）を透明支持基板とした。この透明支持基板を市販の蒸着装置（真空機工（株）製）の基板ホルダーに固定し、例示化合物（4）をいれたモリブデン製蒸着用ポート、NPDをいれたモリブデン製蒸着用ポート、トリス（8-ヒドロキシキノリン）アルミニウム（以下、ALQと略記する。）をいれたモリブデン製蒸着用ポート、弗化リチウムをいれたモリブデン製蒸着用ポート、およびアルミニウムをいれたタンゲステン製蒸着用ポートを装着した。真空槽を 1×10^{-3} Paまで減圧し、例示化合物（4）が入った蒸着用ポートを加熱して、膜厚40nmになるように蒸着して陽極バッファ層を形成し、次いで、NPD入りの蒸着用ポートを加熱して、膜厚10nmになるようにNPDを蒸着して正孔輸送層を形成した。

10

【0048】

次に、ALQ入りの蒸着用ポートを加熱して、膜厚50nmになるようにALQを蒸着して発光層を形成した。以上の蒸着速度は0.1~0.2nm/秒であった。その後、弗化リチウム入りの蒸着用ポートを加熱して、膜厚0.5nmになるように0.003~0.01nm/秒の蒸着速度で蒸着し、次いで、アルミニウム入りの蒸着用ポートを加熱して、膜厚100nmになるように0.2~0.5nm/秒の蒸着速度で蒸着することにより、有機EL素子を得た。ITO電極を陽極、弗化リチウム/アルミニウム電極を陰極として、約4Vの直流電圧を印加すると、2.8mA/cm²の電流が流れ、電流効率3.6cd/A、発光効率2.3lm/Wで波長520nmの緑色の発光を得た。また、50mA/cm²の定電流駆動を行ったが、100時間経過後も発光が持続されていた。また、80℃に加熱しても発光の低下は見られなかった。また、例示化合物（4）のTgは118℃であり、Ipは4.9eVであった。

20

【0049】

実施例2

例示化合物（4）を例示化合物（5）に替えた以外は、実施例1と同じ方法で、有機EL素子を得た。ITO電極を陽極、弗化リチウム/アルミニウム電極を陰極として、約4Vの直流電圧を印加すると、2.7mA/cm²の電流が流れ、電流効率3.7cd/A、発光効率2.8lm/Wで波長520nmの緑色の発光を得た。また、50mA/cm²の定電流駆動を行ったが、100時間経過後も発光が持続されていた。また、80℃に加熱しても発光の低下は見られなかった。また、Ipは4.8eVであった。

30

【0050】

実施例3

例示化合物（4）を例示化合物（12）に替えた以外は、実施例1と同じ方法で、有機EL素子を得た。ITO電極を陽極、弗化リチウム/アルミニウム電極を陰極として、約4Vの直流電圧を印加すると、3.2mA/cm²の電流が流れ、電流効率3.1cd/A、発光効率2.2lm/Wで波長520nmの緑色の発光を得た。また、50mA/cm²の定電流駆動を行ったが、100時間経過後も発光が持続されていた。また、80℃に加熱しても発光の低下は見られなかった。また、Ipは4.9eVであった。

40

【0051】

比較例1

実施例1で用いた例示化合物（4）を銅フタロシアニンに替えた以外は、実施例1と同様な方法で有機EL素子を作成した。ITO電極を陽極、弗化リチウム/アルミニウム電極を陰極として、約4Vの直流電圧を印加すると、6.5mA/cm²の電流が流れ、電流

50

効率 1.5 cd/A 、発光効率 1.2 lm/W となり、実施例 1 ~ 3 の素子と比較して電流効率および発光効率が低下した。

【0052】

比較例 2

実施例 1 で用いた例示化合物 (4) を 4, 4', 4'' - トリス { N - (3 - メチルフェニル) - N - フェニルアミノ } トリフェニルアミンに替えた以外は、実施例 1 と同様な方法で有機 EL 素子を作成した。ITO 電極を陽極、弗化リチウム / アルミニウム電極を陰極として、約 4 V の直流電圧を印加すると、 3.3 mA/cm^2 の電流が流れ、電流効率 3.0 cd/A 、発光効率 2.3 lm/W となり、実施例 1 ~ 3 と比較して電流効率が低下した。

10

【0053】

【発明の効果】

以上説明してきたように、本発明のジヒドロフェナジン誘導体は T_g が 90 以上と高いためアモルファス状態になり易く、また、 I_p が 5 eV 以下と小さいことから、これは有機 EL 素子の陽極バッファ材料に適しており、有機 EL 素子の高効率および長寿命化を可能とすることができる。すなわち、本発明の有機 EL 素子を用いることにより、フルカラーディスプレイ等の高効率なディスプレイ装置が作成できる。

フロントページの続き

(72)発明者 小崎 正敏

大阪市住吉区杉本3-3-138 大阪市立大学大学院理学研究科 分子有機化学

(72)発明者 岡本 敏宏

大阪市住吉区杉本3-3-138 大阪市立大学大学院理学研究科 分子有機化学

Fターム(参考) 3K007 AB03 AB11 AB14 CB04 DB03