

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4778051号

(P4778051)

(45) 発行日 平成23年9月21日 (2011.9.21)

(24) 登録日 平成23年7月8日 (2011.7.8)

(51) Int. Cl.	F I
H05B 33/12 (2006.01)	H05B 33/12 C
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/14 A
G09F 9/30 (2006.01)	H05B 33/12 E
H01L 27/32 (2006.01)	G09F 9/30 365Z

請求項の数 3 (全 49 頁)

(21) 出願番号	特願2008-519333 (P2008-519333)	(73) 特許権者	510059907
(86) (22) 出願日	平成18年6月8日 (2006.6.8)		グローバル オーエルイーディー テクノ
(65) 公表番号	特表2009-500790 (P2009-500790A)		ロジー リミティド ライアビリティ カ
(43) 公表日	平成21年1月8日 (2009.1.8)		ンパニー
(86) 国際出願番号	PCT/US2006/022711		アメリカ合衆国, デラウェア 19801
(87) 国際公開番号	W02007/005200		, ウィルミントン, オレンジ ストリート
(87) 国際公開日	平成19年1月11日 (2007.1.11)		1209
審査請求日	平成21年3月25日 (2009.3.25)	(74) 代理人	100099759
(31) 優先権主張番号	11/170,681		弁理士 青木 篤
(32) 優先日	平成17年6月29日 (2005.6.29)	(74) 代理人	100077517
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 石田 敬
		(74) 代理人	100087413
			弁理士 古賀 哲次
		(74) 代理人	100128495
			弁理士 出野 知

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フィルタを備えるタンデム式白色光OLEDディスプレイ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに離れた少なくとも2つの電極を備えるタンデム式OLEDデバイスであって、

a) 上記電極間に配置されていて、発光スペクトルの異なる光を発生させ、それぞれが、互いに離れた2つ以上のピーク・スペクトル成分を有する少なくとも2つの広帯域発光ユニットと；

b) 上記発光ユニットそれぞれの間に配置された中間接続層と；

c) 上記広帯域発光ユニットからの光を受け取って異なる色の光を発生させるように帯域がそれぞれ選択された少なくとも3つの異なるカラー・フィルタからなるアレイとを備えていて、

上記各発光ユニットから発生する互いに離れた上記ピーク・スペクトル成分のうちの少なくとも1つの最大値のほぼ半分の値における全幅が、1つのカラー・フィルタの帯域の範囲内にあり、上記少なくとも3つの異なるカラー・フィルタのそれぞれが、最大値のほぼ半分の値における全幅がそのカラー・フィルタの帯域の範囲内にある少なくとも1つのピーク・スペクトル成分を受け取る、タンデム式OLEDデバイス。

【請求項2】

カラー・フィルタのアレイが取り付けられた個別にアドレス可能な画素のアレイを備えるフル・カラー・ディスプレイである、請求項1に記載のタンデム式OLEDデバイス。

【請求項3】

3つの広帯域発光ユニットを備える、請求項1に記載のタンデム式OLEDデバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、カラー・フィルタを備える広帯域発光OLEDディスプレイに関する。

【背景技術】

【0002】

有機発光ダイオード・デバイス（OLEDとも呼ばれる）は、一般に、アノードと、カソードと、アノードとカソードに挟まれた有機発光（EL）ユニットを備えている。有機ELユニットは、少なくとも、正孔輸送層（HTL）と、発光層（LEL）と、電子輸送層（ETL）を備えている。OLEDが魅力的なのは、駆動電圧が低く、高輝度で、視野角が広く、フル・カラー・ディスプレイなどの用途で利用できるからである。Tangらは、この多層OLEDをアメリカ合衆国特許第4,769,292号と第4,885,211号に記載している。

10

【0003】

OLEDは、LELの発光特性に応じていろいろな色の光（例えば赤、緑、青、白）を発生させることができる。最近、さまざまな用途（例えば固体発光源、カラー・ディスプレイ、フル・カラー・ディスプレイ）に広帯域OLEDを組み込むことがますます要求されている。広帯域発光とは、OLEDが可視スペクトル全体を通じて十分に広い範囲の光を発生させることを意味する。そのためそのような光をフィルタまたは色変更モジュールと組み合わせて利用すると、少なくとも2つの異なった色のディスプレイ、またはフル・カラー・ディスプレイが製造される。特に、スペクトルの赤、緑、青の部分に大きな発光がある広帯域発光OLED（または広帯域OLED）、すなわち白色発光OLED（白色OLED）が必要とされている。カラー・フィルタを備えた白色OLEDを用いると、別々にパターンニングした赤色発光体、緑色発光体、青色発光体を備えるOLEDよりも製造プロセスが簡単になる。その結果、スループットがより大きくなり、収率が増大し、コストが節約される。白色OLEDは従来から報告されており、例えば、Kido他、Applied Physics Letters、第64巻、815ページ、1994年、J. Shi他、アメリカ合衆国特許第5,683,823号、Sato他、日本国特開平07-142169、Deshpande他、Applied Physics Letters、第75巻、888ページ、1999年、Tokito他、Applied Physics Letters、第83巻、2459ページ、2003年に報告がある。

20

【0004】

OLEDからの広帯域発光を実現するには、2種類以上の分子を励起させる必要がある。なぜならそれぞれのタイプの分子は、通常の条件下では比較的狭いスペクトルの光しか発生させないからである。1種類のホスト材料と1種類以上の発光ドーパントを含む発光層は、ホストとドーパントの両方からの発光を実現できるため、ホスト材料からドーパントへのエネルギー輸送が不十分であれば可視スペクトルの広帯域発光となる。発光層を1つだけ備える白色OLEDを実現するには、発光ドーパントの濃度を注意深く制御する必要がある。そのため製造上の困難が生じる。2つ以上の発光層を備える白色OLEDは、発光層を1つだけ備えるデバイスよりも色と輝度効率が優れており、ドーパントの濃度の変動に対する許容度もより大きい。2つの発光層を備える白色OLEDは、一般に、発光層を1つだけ備えるOLEDよりも安定であることも見いだされている。しかしスペクトルの赤、緑、青の部分の強度が大きい発光を実現することは難しい。2つの発光層を備える白色OLEDは、一般に、強い発光ピークを2つ持つ。第3の発光層を用いて第3の強い発光ピークを提供することが知られているが、これら3つの層の中で正孔と電子の再結合をバランスさせてバランスの取れた発光をさせることは難しい。

30

40

【0005】

ある種の用途（例えばテレビ）では、色の再現性が非常に重要である。大きな効率が重要であるだけでなく、フィルタを通過した後の光の純度も優れている必要がある。これは、帯域が非常に狭いカラー・フィルタを用いることによって実現される。残念なことに、このようにすると発生する光の大部分が無駄になるため、電力効率が非常に小さくなる。一般に、カラー・フィルタは、比較的広い帯域となるように設計される。ディスプレイで用いられるカラー・フィルタの帯域は、スペクトルのいくつかの部分で重複するのが極め

50

て一般的である。例えば青色フィルタと緑色フィルタの両方とも、青-緑色の部分の光をいくらか通過させることができる。そのためフィルタを通過する光は非常に明るくなるが、色の汚染という望まない現象が生じる可能性があり、その結果として飽和していない原色になる。

【0006】

最近、タンデム式OLED構造（または積層式OLED、またはカスケード式OLEDと呼ばれることもある）が、Jonesら（アメリカ合衆国特許第6,337,492号）、Tanakaら（アメリカ合衆国特許第6,107,734号）、Kidoら（日本国特開2003/045676A、アメリカ合衆国特許出願公開2003/0189401 A1）、Liaoら（アメリカ合衆国特許第6,717,358号とアメリカ合衆国特許出願公開2003/0170491 A1）によって開示されている（これらの開示内容は、参考としてこの明細書に組み込まれているものとする）。このタンデム式OLEDは、個々のOLEDユニットを鉛直方向にいくつか積層させることによって製造され、その積層体が1つの電源だけで駆動される。利点は、輝度効率と寿命の一方または両方が改善されることである。しかしこのタンデム構造では、積層させたOLEDユニットの数にほぼ比例して駆動電圧が大きくなる。

【0007】

MatsumotoとKidoらは、SID 03 Digest、979ページ、2003年において、デバイスの中で緑青色ELユニットとオレンジ色ELユニットを接続することによってタンデム式白色OLEDを構成し、そのデバイスを単一の電源で駆動することによって白色発光を実現することを報告した。このタンデム式白色OLEDデバイスでは輝度効率は大きくなるが、スペクトルの緑色と赤色の成分が弱い。Liaoらは、アメリカ合衆国特許出願公開2003/0170491 A1において、デバイスの中で赤色ELユニットと緑色ELユニットと青色ELユニットを直列に接続することによって構成したタンデム式白色OLEDを記載している。このタンデム式白色OLEDを単一の電源で駆動すると、赤色ELユニットと緑色ELユニットと青色ELユニットからのスペクトルの組み合わせによって白色発光が形成される。着色光の発光と輝度効率は改善されるが、3種類よりも少ないELユニットを用いてこのタンデム式白色OLEDを作ることはできない。これは、従来のOLEDと比べて少なくとも3倍の駆動電圧が必要であることを意味する。さらに、青色発光OLEDユニットは白色発光ユニットほど安定ではないことが知られている。アメリカ合衆国特許第6,903,378号には、2つの白色発光ELユニットとカラー・フィルタを備えるタンデム式OLEDが開示されている。しかし性能を向上させるためにOLED材料またはフィルタをどのように選択するかについては開示されていない。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

製造が容易であるだけでなく、優れた色域を持っていて高効率のディスプレイが必要とされている。

【0009】

本発明の1つの目的は、より優れたOLEDディスプレイを製造することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

この目的は、互いに離れた少なくとも2つの電極を備えるタンデム式OLEDデバイスであって、

a) 上記電極間に配置されていて、発光スペクトルの異なる光を発生させ、それぞれが、互いに離れた2つ以上のピーク・スペクトル成分を有する少なくとも2つの広帯域発光ユニットと；

b) 上記発光ユニットそれぞれの間に配置された中間接続層と；

c) 上記広帯域発光ユニットからの光を受け取って異なる色の光を発生させるように帯域がそれぞれ選択された少なくとも3つの異なるカラー・フィルタからなるアレイとを備えていて、

上記各発光ユニットから発生する互いに離れた上記ピーク・スペクトル成分のうちの少

10

20

30

40

50

なくとも1つの最大値のほぼ半分の値における全幅が、1つのカラー・フィルタの帯域の範囲内にあり、上記少なくとも3つの異なるカラー・フィルタのそれぞれが、最大値のほぼ半分の値における全幅がそのカラー・フィルタの帯域の範囲内にある少なくとも1つのピーク・スペクトル成分を受け取る、タンデム式OLEDデバイスによって達成される。

【発明の効果】

【0011】

赤色、緑色、青色のカラー・フィルタを備えるタンデム式OLEDディスプレイを用いることにより、発光ユニットから出る光のうちでフィルタに対応する光を選択して優れたOLEDディスプレイを製造できることが見いだされた。本発明の別の利点は、色域と電力効率が改善されたデバイスが提供されることである。本発明のさらに別の利点は、OLEDデバイス内の広帯域発光ユニットの位置を選択することで、そのOLEDデバイスから取り出される光の量が増大することである。本発明のさらに別の利点は、OLEDデバイスの寿命が延びることである。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

デバイスの特徴的なサイズ（例えば層の厚さ）はミクロン以下の範囲のことがしばしばあるため、図面は、サイズを正確にというよりは見やすいような縮尺にしてある。

【0013】

“OLEDディスプレイ”、“有機発光ディスプレイ”という用語は、従来技術におけるように、画素として有機発光ダイオードを備えるディスプレイ装置の意味で用いる。カラーOLEDディスプレイは、少なくとも1つの色の光を発生させる。“マルチカラー”という用語は、異なる領域で異なる色相の光を発生させることのできるディスプレイ・パネルを記述するのに用いる。この用語は特に、いろいろな色の画像を表示することのできるディスプレイ・パネルを記述するのに用いる。領域は互いに連続している必要はない。“フル・カラー”という用語は、可視スペクトルの少なくとも赤、緑、青の領域で光を発生させ、色相の任意の組み合わせで画像を表示できるマルチカラー・ディスプレイ・パネルを記述するのに一般に用いる。赤、緑、青は三原色を構成し、その三原色を適切に混合することによって他のあらゆる色が作り出される。しかしデバイスの色域を広げるために追加の色を用いることが可能である。“色相”という用語は、可視スペクトルに含まれていて、色の違いを目で識別できる異なる色相を持つ発光の強度プロファイルを意味する。“画素”という用語は、従来技術で使用されているように、一般に、ディスプレイ・パネルの1つの領域であって、他の領域とは独立に刺激して光を出させることのできる領域を指すのに用いる。フル・カラー・システムでは、色の異なるいくつかの画素を合わせて用いて広い範囲の色を作り出すことが知られており、見る人は、そのようなグループを単一の画素と呼ぶことができる。この明細書における説明では、そのようなグループを、色の異なるいくつかの画素と見なすことにする。

20

30

【0014】

この明細書では、広帯域発光は、可視スペクトルの複数の部分（例えば青と緑）に大きな成分を有する光である。広帯域発光には、白色光を作り出すためにスペクトルの赤、緑、青の部分で発光する場合も含まれる。白色光は、ユーザーが白色を持つと認識する光、またはカラー・フィルタを組み合わせ使用して実用的なフル・カラー・ディスプレイを作るのに十分な発光スペクトルを持つ光である。電力消費を少なくするには、白色発光OLEDの色度がCIE D65、すなわちCIE_x=0.31、CIE_y=0.33に近いことが望ましい場合がしばしばある。それは特に、赤色画素、緑色画素、青色画素、白色画素を備えるいわゆるRGBWディスプレイの場合である。場合によってはCIE_x、CIE_y座標が約0.31、約0.33であることが理想だが、実際の座標は大きく異なっている場合があり、それでも非常に有用である可能性がある。

40

【0015】

ここで図1を参照すると、広帯域光を発生させるための本発明によるタンデム式OLEDディスプレイ100の一実施態様の断面図が示してある。このタンデム式OLEDディスプレイは

50

、互いに離れた少なくとも2つの電極を備えている。それは、ここでは、アノード・アレイ（アノード110a、110b、110cで表わす）とカソード170である。カソードとアノード・アレイの少なくとも一方は透明である。アノードとカソードの間にはN個の有機広帯域発光ユニット120.x（“広帯域ELユニット”と表記）が配置されている。ただしNは少なくとも2であり、2つ以上の有機広帯域発光ユニットが、発光スペクトルの異なる光を発生させる。タンデム式OLEDディスプレイ100は(N-1)個の中間接続層130.x（図では“中間接続層”と表記）も備えていて、それぞれ、隣り合った広帯域発光ユニットの間に配置されている。xは、120.xに関しては1～Nの整数であり、130.xに関しては1～(N-1)の整数である。積層されて直列に接続された広帯域発光ユニット120.xを120.1～120.Nで示してある。ただし120.1は（アノードに隣接した）1番目の広帯域発光ユニットであり、120.2は2番目の広帯域発光ユニットであり、120.Nは（カソードに最も近い）N番目の広帯域発光ユニットである。120.xは、本発明で120.1～120.Nと名づけた任意の広帯域発光ユニットを表わす。中間接続層130.xは、それぞれの広帯域発光ユニットの間に配置されていて、130.1～130.(N-1)で示してある。ただし130.1は、広帯域発光ユニット120.1と120.2の間に配置された1番目の中間接続層であり、130.(N-1)は、広帯域発光ユニット120.(N-1)と120.Nの間に配置された最後の中間接続層である。130.xは、本発明で130.1～130.(N-1)と名づけた任意の中間接続層を表わす。合計で(N-1)個の中間接続層がN個の広帯域発光ユニットに付随している。

【0016】

タンデム式OLEDディスプレイ100は、導電線（図示せず）を通じて外部の電圧／電流源に接続されており、電圧／電流源が発生させる電位を一对の接触電極（例えばアノード110aとカソード170）の間に印加することによって動作する。順バイアス下では、外部から印加されたこの電位は、N個の広帯域発光ユニットと(N-1)個の中間接続層に、これらのユニットと層のそれぞれの電気抵抗に比例して分配される。このタンデム式白色OLEDに印加される電位によって正孔（正に帯電したキャリア）がアノード110aから1番目の広帯域発光ユニット120.1に注入され、電子（負に帯電したキャリア）がカソード170からN番目の広帯域発光ユニット120.Nに注入される。それと同時に電子と正孔がそれぞれの中間接続層（130.1～130.(N-1)）の中で発生し、その中間接続層から離れていく。例えば中間接続層130.1でこのようにして発生した電子はアノードに向かって移動し、隣にある広帯域発光ユニット120.1に注入される。同様に、中間接続層130.1で発生した正孔はカソードに向かって移動し、隣にある広帯域発光ユニット120.2に注入される。その後、これらの電子と正孔は対応する発光ユニットの中で再結合して光を発生させる。順バイアス下でだけ発光するが、交流バイアスを用いてOLEDを駆動すると寿命を長くできる場合があることが従来技術で明らかにされている。

【0017】

互いに異なる少なくとも3つのカラー・フィルタからなるアレイが、タンデム式OLEDディスプレイ100に取り付けられている。カラー・フィルタ・アレイは、広帯域発光ユニットからの光を受け取る。各カラー・フィルタの帯域は、異なる色の光が発生するように選択する。カラー・フィルタの帯域は、光の透過率そのフィルタによる最大透過率の少なくとも50%である波長範囲として定義される。カラー・フィルタ・アレイはカラー・フィルタのさまざまな組み合わせにできるが、有用な組み合わせには、3原色のフィルタ、すなわち、赤色の光が通過するように帯域を選択した赤色フィルタ105aと、緑色の光が通過するように帯域を選択した緑色フィルタ105bと、青色の光が通過するように帯域を選択した青色フィルタ105cが含まれる。その結果、カラー・フィルタ・アレイは、白色光を含め、広い色域の光を発生させることができる。例えば電流がアノード110aとカソード170の間を流れると広帯域光が発生し、それが赤色フィルタ105aによってフィルタリングされて、見る人にとって赤色の光が発生する。従来技術においていくつかのタイプのカラー・フィルタが知られている。1つのタイプのカラー・フィルタが第2の透明な基板の上に形成された後、第1の基板150の画素と揃えられる。別のタイプのカラー・フィルタが、図1に示したように画素のさまざまな素子の上に直接形成されている。複数の画素を備えるディス

プレイでは、個々のカラー・フィルタ素子に挟まれたスペースをブラック・マトリックスで埋めて画素のクロストークを減らし、ディスプレイのコントラストを改善することもできる。

【0018】

カラー・フィルタの帯域と発光の関係の概略を図2に示してある。広帯域発光ユニットは、2つのピーク・スペクトル成分305と325を持つ発光スペクトル300を有する。半値全幅310は、ピーク・スペクトル成分305の最大値の半分よりも大きい発光範囲として定義される。第1のカラー・フィルタは、透過スペクトル320を持つことができる。帯域315は、透過スペクトル320のうちでこのカラー・フィルタの最大透過率の半分以上の部分である。いわゆる片側フィルタが使用される場合がある。例えば第2のカラー・フィルタの透過スペクトル330は、可視光の範囲内で短波長側の端部で透過率が制限されているが、長波長側はそうっていない。このフィルタでは、帯域335は、短波長側で最大透過率の半分になる地点（例えばこの例では約610nm）から人間の目にとっての可視光の限界（約700nm）までになろう。それぞれの広帯域発光ユニットは、互いに離れた2つ以上のピーク・スペクトル成分（例えばピーク・スペクトル成分305と325）を持つ光を発生させるように選択する。ただし、各発光ユニットが発生させるそのように互いに離れたピーク・スペクトル成分の少なくとも1つは、カラー・フィルタの帯域（例えば帯域315）の範囲内にあるようにする。広帯域発光ユニットは、半値全幅が特定のカラー・フィルタの帯域の範囲内にある少なくとも1つの分離されたピーク・スペクトル成分を異なるカラー・フィルタのそれぞれが受け取るようにも選択する。図2では、ピーク・スペクトル成分325は、第1のカラー・フィルタと第2のカラー・フィルタいずれの帯域の範囲にも入っていない。したがって、このようなピーク成分が第2のカラー・フィルタの帯域の範囲に入る別の広帯域発光ELユニット（図示せず）が必要とされる。

【0019】

一実施態様では、第1の広帯域発光ユニットが、半値全幅がカラー・フィルタのうちの2つ（例えば青色カラー・フィルタと赤色カラー・フィルタ）に対応するピーク・スペクトル成分を発生させ、第2の広帯域発光ユニットが、半値全幅が第3のカラー・フィルタ（例えば緑色カラー・フィルタ）に対応するか、第1のカラー・フィルタまたは第2のカラー・フィルタに対応するピーク・スペクトル成分を発生させる。第2の実施態様では、第1の広帯域発光ユニットが、半値全幅が赤色カラー・フィルタ、緑色カラー・フィルタ、青色カラー・フィルタのそれぞれに対応するピーク・スペクトル成分を発生させ、第2の広帯域発光ユニットが、半値全幅が2つの異なるカラー・フィルタ（例えば赤色カラー・フィルタと青色カラー・フィルタ）に対応するピーク・スペクトル成分を発生させる。別の一実施態様では、2つの広帯域発光ユニットが、半値全幅が赤色カラー・フィルタ、緑色カラー・フィルタ、青色カラー・フィルタのそれぞれに対応するピーク・スペクトル成分を発生させる。赤色カラー・フィルタ、緑色カラー・フィルタ、青色カラー・フィルタと、これらのカラー・フィルタに対応するピーク・スペクトル成分とを用いることにより、OLEDディスプレイで白色光とフル・カラー画像が発生する。

【0020】

さらに、半値全幅がそれぞれのカラー・フィルタに対応する互いに離れたスペクトル成分は、大きな発光強度を持つことが望ましい。すなわち、赤色、緑色、青色のそれぞれに対応する少なくとも1つの強いピークを持っていて、そのピークの半値全幅が赤色カラー・フィルタ、緑色カラー・フィルタ、青色カラー・フィルタに対応することが望ましい。“大きな発光”とは、スペクトル放射輝度に関してそのように強いピークがどれも互いに4倍以内にあることを意味する。倍数は3以内であることが好ましい。

【0021】

すべての発光ユニットの発光スペクトルを組み合わせて得られるタンデム式OLEDの組み合わせた発光スペクトルは、各カラー・フィルタの帯域に近い波長範囲で発光強度が低下していることも望ましい。“発光強度が低下している”とは、スペクトル放射輝度の強度が、対応する色のスペクトル放射輝度のピーク強度の66%未満であることを意味する。ス

ペクトル放射輝度の強度は、対応する色のスペクトル放射輝度のピーク強度の50%未満であることが好ましい。“帯域に近い”は、カラー・フィルタの透過率とそのカラー・フィルタの最大透過率の半分に等しい波長の±5nm以内の位置を意味する。“帯域に近い”は、カラー・フィルタの透過率とそのカラー・フィルタの最大透過率の半分に等しい波長の±10nm以内の位置であることが好ましい。例えば図2では、発光スペクトルの発光強度が青色フィルタの帯域の上限である520nmにおいて低下していること（青色スペクトル放射輝度のピーク強度の50%未満になっていること）が望ましいが、発光スペクトルの発光強度が赤色フィルタの短波長側の帯域である605nmにおいては低下していなくてもそれほど問題ではない。

【0022】

タンデム式OLEDディスプレイ100に含まれる各広帯域発光ユニット（ELユニットと呼ぶこともある）は、光を発生させるための正孔の注入、正孔の輸送、電子-正孔再結合をサポートすることができる。一般に、各発光ユニットは複数の層を含んでいる。本発明の広帯域ELユニットで使用される従来技術で公知の有機発光多層構造が多数ある。その例として、正孔輸送層（HTL）/1つ以上の発光層（LEL）/電子輸送層（ETL）、正孔注入層（HIL）/HTL/1つまたは複数のLEL/ETL、HIL/HTL/(1つまたは複数のLEL)/ETL/電子注入層（EIL）、HIL/HTL/電子阻止層または正孔阻止層/1つまたは複数のLEL)/ETL/EIL、HIL/HTL/(1つまたは複数のLEL)/正孔阻止層/ETL/EILなどがある。タンデム式OLEDディスプレイの少なくとも2つの広帯域発光ユニットが互いに異なっているため、組み合わせた発光によって性能が向上する。

【0023】

アノードに隣接する第1のELユニットの層構造はHIL/HTL/1つまたは複数のLEL/ETLであり、アノードに隣接するN番目のELユニットの層構造はHTL/1つまたは複数のLEL/ETL/EILであり、これら以外のELユニットの層構造はHTL/1つまたは複数のLEL/ETLである。ETLに隣接するLELの厚さが20nmよりも厚い場合、ETLを単純にEILで置き換え、そのEILが電子注入と電子輸送の両方をサポートする機能を担う場合がある。

【0024】

タンデム式OLEDディスプレイ100の特定の広帯域発光ユニットに含まれるLELの数は、一般に1〜3である。したがって一実施態様では、広帯域発光ユニットは、少なくとも1つのHTLと3つのLELを備えることができる。そのときそれぞれのLELは異なる色の光を出す。広帯域発光ユニットは、少なくとも1つのHTLと2つのLELを備えることもできる。その場合にそれぞれのLELは異なる色の光を出す。有用ないくつかの実施態様では、1つのLELが主要ホストとして正孔輸送材料を含んでいて、第2のLELが主要ホストとして電子輸送材料または両性材料を含んでいる。あるいは広帯域発光ユニットは、少なくとも1つのHTLと、1つの広帯域発光LELを備えることもできる。発光層は、それぞれの広帯域発光ユニットが、可視スペクトルの2つ以上の領域（例えば青色と緑色、または青色と赤色）に互いに離れた2つ以上のピーク・スペクトル成分を持つ光を出すように選択する。少なくとも2つの広帯域発光ユニットが異なる色の発光スペクトルを持つが、スペクトルの特徴は一部が共通している。例えば第1の広帯域発光ユニットが赤色発光層と緑色発光層を備えていて、第2の広帯域発光ユニットが緑色発光層と青色発光層を備えることができる。その2つの緑色発光層または緑色発光材料は、同じであるか異なっている。

【0025】

それぞれの広帯域発光ユニットは、性能が向上するように、または望ましい属性が実現するように選択する。特に、1つのカラー・フィルタに合致する少なくとも1つの適切な発光ピークが提供されるようにそれぞれの広帯域発光ユニットを選択する。広帯域発光ユニットを選択する際のさらに別の考慮事項は、駆動電圧、輝度効率、製造しやすさ、デバイスの安定性などである。光学的効果のため、広帯域発光ユニットと、タンデム式積層体の内部におけるその位置は、OLEDデバイスから出てくる光の量が増えるように個別に選択する。タンデム式OLEDディスプレイに含まれる広帯域発光ユニットの数は、2以上である。

【0026】

タンデム式OLEDディスプレイの駆動電圧を低下させるため、エレクトロルミネッセンスの効率を損なうことなくそれぞれの発光ユニットをできるだけ薄くすることが望ましい。それぞれの発光ユニットは厚さが500nm未満であることが好ましく、2~250nmであることがより好ましい。発光ユニット内の各層が200nm以下であることも好ましく、0.1~100nmであることがより好ましい。発光ユニットの各LELの厚さが5nm~50nmであることも好ましい。

【0027】

ここで図3を参照すると、本発明によるタンデム式OLEDディスプレイの1つの発光画素400の断面が示してある。発光画素400はボトム・エミッション型として描いてあるが、トップ・エミッション型でもボトム・エミッション型でもよい。発光画素400は、基板150と、アノード110と、アノード110とは離れたカソード170と、第1の広帯域発光ユニット120.1と、中間接続層130.1と、120.1とは異なる第2の広帯域発光ユニット120.2と、カラー・フィルタ105を備えている。それぞれの広帯域発光ユニットは、1つ以上の発光層（例えば発光層430、450、435、455）を備えており、正孔注入層（例えば410）と、正孔輸送層（例えば420と425）と、電子輸送層（例えば460と465）と、電子注入層（例えば475）も備えることができる。これらの層の材料を以下に説明する。

【0028】

広帯域ELユニット（例えば120.1）は、正孔-電子再結合に応答して光を発生させる。望ましい有機発光材料は、適切な任意の方法（例えば蒸着、スパッタリング、化学蒸着、電気化学的手段、照射によるドナー材料からの熱転写）で堆積される。有用な有機発光材料はよく知られている。アメリカ合衆国特許第4,769,292号、第5,935,721号により詳しく説明されているように、有機EL素子の発光層は、ルミネッセンス材料または蛍光材料を含んでおり、この領域で電子-正孔対の再結合が起こる結果としてエレクトロルミネッセンスが生じる。OLEDの発光層は発光材料で形成されるが、より一般的には、ホスト材料と発光ドーパントを含んでいる。いくつかの赤色発光化合物、黄色発光化合物、緑色発光化合物、青色発光化合物が本発明において特に有用である。白色光を発生させる従来のディスプレイは、広い範囲の波長で光を出す発光層を含んでいる。例えばヨーロッパ特許第1 187 235 A2号には、スペクトルの可視領域でほぼ連続的なスペクトルを持つ白色発光有機エレクトロルミネッセンス素子が教示されている。他の例は、例えば、ヨーロッパ特許第1 187 235号、アメリカ合衆国特許出願公開2002/0025419、ヨーロッパ特許第1 182 244号、アメリカ合衆国特許第5,683,823号、第5,503,910号、第5,405,709号、第5,283,182号に記載されている。この明細書では、これらを広帯域白色発光体または広帯域発光体と呼ぶことにする。

【0029】

HTLは、少なくとも1種類の正孔輸送材料（例えば芳香族第三級アミン）を含んでいる。芳香族第三級アミンは、炭素原子（そのうちの少なくとも1つは芳香族環のメンバーである）だけに結合する少なくとも1つの3価窒素原子を含んでいる化合物であると理解されている。芳香族第三級アミンの1つの形態は、アリアルアミン（例えばモノアリアルアミン、ジアリアルアミン、トリアリアルアミン、ポリマー・アリアルアミン）である。モノマー・トリアリアルアミンの例は、Klupfelらによってアメリカ合衆国特許第3,180,730号に示されている。1個以上のビニル基で置換された他の適切なトリアリアルアミン、および／または少なくとも1つの活性な水素含有基を含む他の適切なトリアリアルアミンは、Brantleyらによってアメリカ合衆国特許第3,567,450号と第3,658,520号に開示されている。

【0030】

芳香族第三級アミンのより好ましい1つのクラスは、VanSlykeらがアメリカ合衆国特許第4,720,432号と第5,061,569号に記載しているような少なくとも2つの芳香族第三級アミン部分を含むものである。HTLは、単一の芳香族第三級アミン化合物で形成すること、またはそのような化合物の混合物で形成することができる。有用な芳香族第三級アミンの代表例としては、以下のものがある。

1,1-ビス(4-ジ-p-トリルアミノフェニル)シクロヘキサン；

1,1-ビス(4-ジ-p-トリルアミノフェニル)-4-フェニルシクロヘキサン；
 N,N,N',N'-テトラフェニル-4,4''-ジアミノ-1,1':4',1'':4'',1'''-クアテルフェニル；
 ビス(4-ジメチルアミノ-2-メチルフェニル)フェニルメタン；
 1,4-ビス[2-[4-[N,N-ジ(p-トリル)アミノ]フェニル]ビニル]ベンゼン (BDTAPVB) ；
 N,N,N',N'-テトラ-p-トリル-4,4'-ジアミノビフェニル；
 N,N,N',N'-テトラフェニル-4,4'-ジアミノビフェニル；
 N,N,N',N'-テトラ-1-ナフチル-4,4'-ジアミノビフェニル；
 N,N,N',N'-テトラ-2-ナフチル-4,4'-ジアミノビフェニル；
 N-フェニルカルバゾール；
 4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル (NPB) ；
 4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-(2-ナフチル)アミノ]ビフェニル (TNB) ；
 4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]p-テルフェニル；
 4,4'-ビス[N-(2-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル；
 4,4'-ビス[N-(3-アセナフテニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル；
 1,5-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ナフタレン；
 4,4'-ビス[N-(9-アントリル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル；
 4,4'-ビス[N-(1-アントリル)-N-フェニルアミノ]-p-テルフェニル；
 4,4'-ビス[N-(2-フェナントリル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル；
 4,4'-ビス[N-(8-フルオランテニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル；
 4,4'-ビス[N-(2-ピレニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル；
 4,4'-ビス[N-(2-ナフタセニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル；
 4,4'-ビス[N-(2-ペリレニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル；
 4,4'-ビス[N-(1-コロネニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル；
 2,6-ビス(ジ-p-トリルアミノ)ナフタレン；
 2,6-ビス[ジ-(1-ナフチル)アミノ]ナフタレン；
 2,6-ビス[N-(1-ナフチル)-N-(2-ナフチル)アミノ]ナフタレン；
 N,N,N',N'-テトラ(2-ナフチル)-4,4''-ジアミノ-p-テルフェニル；
 4,4'-ビス{N-フェニル-N-[4-(1-ナフチル)-フェニル]アミノ}ビフェニル；
 2,6-ビス[N,N-ジ(2-ナフチル)アミン]フルオレン；
 4,4',4''-トリス[(3-メチルフェニル)フェニルアミノ]トリフェニルアミン (MTDATA) ；
 4,4'-ビス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル (TPD) 。

10

20

30

【0031】

有用な正孔輸送材料の別のクラスとして、ヨーロッパ特許第1 009 041号に記載されている多環式芳香族化合物がある。3つ以上のアミノ基を有する第三級芳香族アミン（オリゴマー材料を含む）が使用される。さらに、ポリマー正孔輸送材料も使用される。それは、例えば、ポリ(N-ビニルカルバゾール) (PVK)、ポリチオフェン、ポリピロール、ポリアニリン、コポリマー（例えばポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)/ポリ(4-スチレンスルホネート) (PEDOT/PSSとも呼ばれる)）などである。

【0032】

LELは、発光性の蛍光材料またはリン光材料を含んでいて、この領域で電子-正孔対の再結合が起こる結果としてエレクトロルミネッセンスが発生する。この発光層は、単一の材料で構成されるが、より一般には、1種類または複数のゲスト発光材料がドーピングされたホスト材料を含んでいる。光は主として発光材料から発生し、任意の色が可能である。このゲスト発光材料は、発光ドーパントと呼ばれることがしばしばある。発光層内のホスト材料は、以下に示す電子輸送材料、または上記の正孔輸送材料、または正孔-電子再結合をサポートする別の単一の材料または組み合わせた材料である。発光材料は、通常は強い蛍光染料およびリン光化合物（例えば、WO 98/55561、WO 00/18851、WO 00/57676、WO 00/70655に記載されている遷移金属錯体）の中から選択される。発光材料は、一般に、0.01～10質量%の割合でホスト材料に組み込まれる。

40

【0033】

50

ホストと発光材料は、小さな非ポリマー分子またはポリマー材料（例えばポリフルオレン、ポリビニルアアリーレン（例えばポリ(p-フェニレンビニレン、PPV)））である。ポリマーの場合、小分子発光材料をポリマーからなるホストに分子として分散させたり、発光材料を少量成分と共重合させてホスト・ポリマーに添加したりする。

【0034】

発光材料を選択する際の重要な1つの関係は、その分子の最高被占軌道と最低空軌道のエネルギー差として定義されるバンドギャップ・ポテンシャルの比較である。ホストから発光材料にエネルギーが効率的に移動するための必要条件是、発光材料のバンドギャップがホスト材料のバンドギャップよりも小さいことである。リン光発光体（三重項励起状態から光を出す材料、すなわちいわゆる“三重項発光体”が含まれる）では、ホストから発光材料にエネルギーが移動できるよう、ホストの三重項エネルギー・レベルが十分に高いことも重要である。

10

【0035】

有用であることが知られているホストおよび発光材料としては、アメリカ合衆国特許第4,768,292号、第5,141,671号、第5,150,006号、第5,151,629号、第5,405,709号、第5,484,922号、第5,593,788号、第5,645,948号、第5,683,823号、第5,755,999号、第5,928,802号、第5,935,720号、第5,935,721号、第6,020,078号、第6,475,648号、第6,534,199号、第6,661,023号、アメリカ合衆国特許出願公開2002/0127427 A1、2003/0198829 A1、2003/0203234 A1、2003/0224202 A1、2004/0001969 A1に開示されているものがある。

【0036】

20

8-ヒドロキシキノリン（オキシシン）とその誘導体の金属錯体は、エレクトロルミネッセンスをサポートすることのできる有用なホスト化合物の1つのクラスを構成する。有用なキレート化オキシノイド化合物の代表例としては、以下のものがある。

CO-1：アルミニウムトリスオキシシン [別名、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(III)]

CO-2：マグネシウムビスオキシシン [別名、ビス(8-キノリノラト)マグネシウム(II)]

CO-3：ビス[ベンゾ {f} -8-キノリノラト]亜鉛(II)

CO-4：ビス(2-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(III)-μ-オキソ-ビス(2-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(III)

CO-5：インジウムトリスオキシシン [別名、トリス(8-キノリノラト)インジウム]

30

CO-6：アルミニウムトリス(5-メチルオキシシン) [別名、トリス(5-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(III)]

CO-7：リチウムオキシシン [別名、(8-キノリノラト)リチウム(I)]

CO-8：ガリウムオキシシン [別名、トリス(8-キノリノラト)ガリウム(III)]

CO-9：ジルコニウムオキシシン [別名、テトラ(8-キノリノラト)ジルコニウム(IV)]

【0037】

有用なホスト材料の別のクラスとして、アメリカ合衆国特許第5,935,721号、第5,972,247号、第6,465,115号、第6,534,199号、第6,713,192号、アメリカ合衆国特許出願公開2002/0048687 A1、2003/0072966 A1、WO 04/018587 A1に記載されているようなアントラセン誘導体がある。いくつか例示すると、9,10-ジ-ナフチルアントラセンと9-ナフチル-10-フェニルアントラセンの誘導体がある。ホスト材料の有用な別のクラスとして、アメリカ合衆国特許第5,121,029号に記載されているジスチルアアリーレン誘導体、ベンズアゾール誘導体（例えば2,2',2''-(1,3,5-フェニレン)トリス[1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール]）などがある。

40

【0038】

望ましいホスト材料は、連続膜を形成することができる。発光層は、デバイスの膜の形態、電気的特性、発光効率、寿命を改善するため、2種類以上のホスト材料を含むことができる。電子輸送材料と正孔輸送材料の混合物も有用なホストとして知られている。さらに、上記のホスト材料と正孔輸送材料または電子輸送材料との混合物も適切なホストになりうる。アントラセン誘導体とアリールアミン誘導体の混合物は特に有用なホストである

50

。

【0039】

有用な蛍光ドーパントとしては、アントラセン、テトラセン、キサントン、ペリレン、ルブレン、クマリン、ローダミン、キナクリドンの誘導体や、ジシアノメチレンピラン化合物、チオピラン化合物、ポリメチン化合物、ピリリウム化合物、チアピリリウム化合物、フルオレン誘導体、ペリフランテン誘導体、インデノペリレン誘導体、ビス(アジニル)アミンホウ素化合物、ビス(アジニル)メタン化合物、ジスチリルベンゼンの誘導体、ジスチリルビフェニルの誘導体、カルボスチリル化合物などがある。ジスチリルベンゼン誘導体のうちで特に有用なのは、ジアリールアミノ基で置換されたものである（非公式にはジスチリルアミンとして知られる）。

10

【0040】

リン光発光体（三重項励起状態から光を出す材料、すなわち“三重項発光体”も含まれる）に適したホスト材料は、三重項エキシトンの輸送がホスト材料からリン光材料へと効率的になされるものを選択すべきである。この輸送が起こるためには、リン光材料の三重項エネルギーが、ホストの最低三重項状態と基底状態のエネルギー差よりも小さいことが非常に望ましい。しかしホストのバンドギャップは、OLEDを駆動する電圧の許容できない上昇を引き起こすほど大きくなるように選択してはならない。適切なホスト材料は、WO 00/70655 A2、WO 01/39234 A2、WO 01/93642 A1、WO 02/074015 A2、WO 02/15645 A1、アメリカ合衆国特許出願公開2002/0117662 A1に記載されている。適切なホストとしては、ある種のアリールアミン、トリアゾール、インドール、カルバゾール化合物などがある。望ましいホストの例は、4,4'-N,N'-ジカルバゾール-ビフェニル（CBP）、2,2'-ジメチル-4,4'-N,N'-ジカルバゾールビフェニル、m-(N,N'-ジカルバゾール)ベンゼン、ポリ(N-ビニルカルバゾール)と、これらの誘導体である。

20

【0041】

本発明の発光層で用いられる有用なリン光材料が記載されているのは、WO 00/57676 A1、WO 00/70655 A1、WO 01/41512 A1、WO 02/15645 A1、WO 01/93642 A1、WO 01/39234 A2、WO 02/074015 A2、WO 02/071813 A1、アメリカ合衆国特許第6,458,475号、第6,573,651号、第6,451,455号、第6,413,656号、第6,515,298号、第6,451,415号、第6,097,147号、アメリカ合衆国特許出願公開2003/0017361 A1、2002/0197511 A1、2003/0072964 A1、2003/0068528 A1、2003/0124381 A1、2003/0059646 A1、2003/0054198 A1、2002/0100906 A1、2003/0068526 A1、2003/0068535 A1、2003/0141809 A1、2003/0040627 A1、2002/0121638 A1、ヨーロッパ特許第1 239 526 A2号、第1 238 981 A2号、第1 244 155 A2号、日本国特開2003/073387A、2003/073388A、2003/059667A、2003/073665Aなどである。有用なリン光ドーパントとしては、遷移金属の錯体（例えばイリジウムや白金の錯体）などがある。

30

【0042】

本発明では、少なくともELユニットは広帯域光（例えば白色光）を発生させる。例えば青色発光材料と黄色発光材料、またはシアン色発光材料と赤色発光材料、または赤色発光材料と緑色発光材料と青色発光材料を組み合わせることによって白色発光OLEDを製造するため、1つ以上の層に複数のドーパントを添加する。白色発光デバイスは、例えば、ヨーロッパ特許第1 187 235号、第1 182 244号、アメリカ合衆国特許第5,683,823号、第5,503,910号、第5,405,709号、第5,283,182号、第6,627,333号、第6,696,177号、第6,720,092号、アメリカ合衆国特許出願公開2002/0186214 A1、2002/0025419 A1、2004/0009367 A1に記載されている。好ましい実施態様では、広帯域光を複数のLELによって発生させる。このような系の中には、1つの発光層のためのホストが正孔輸送材料になっているものがある。

40

【0043】

赤色発光化合物が（赤色フィルタを何にするかに応じて）560nm～640nmにピーク・スペクトル成分を持っていて、この赤色発光化合物によって発生する赤色光の半値全幅が5～90nm（40nm未満が好ましい）だと有用であることが見いだされた。ピーク・スペクトル成

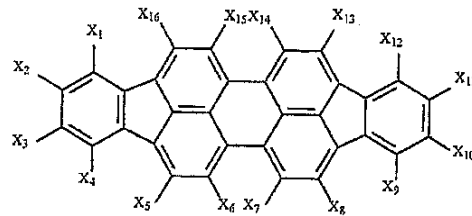
50

分とは、発光が最大になる波長を意味し、 $\lambda_{\max}$ （例えば図2の305）とも呼ばれる。半値全幅とは、所定の発光ピークの最大値の半分の値における幅を意味する（例えば図2の半値全幅310）。ピーク・スペクトル成分は600～640nmであることが好ましい。赤色発光化合物として、以下の構造のジインデノペリレン化合物などが挙げられる。

【0044】

【化1】

A1



10

ただし、

$X_1 \sim X_{16}$ は、水素または置換基として独立に選択され、その置換基は、炭素原子が1～24個のアルキル基；

炭素原子が5～20個のアリール基または置換されたアリール基；1つ以上の縮合芳香族環または縮合芳香族環系を完成させる4～24個の炭素原子を含む炭化水素基；ハロゲンのいずれかである。

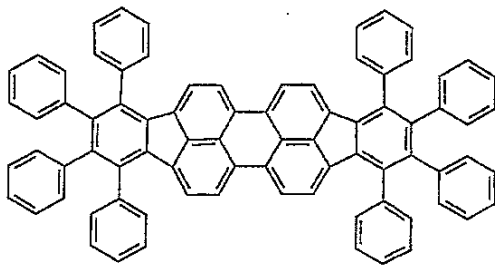
20

【0045】

このクラスの有用な赤色ドーパントの代表例として以下のものがある。

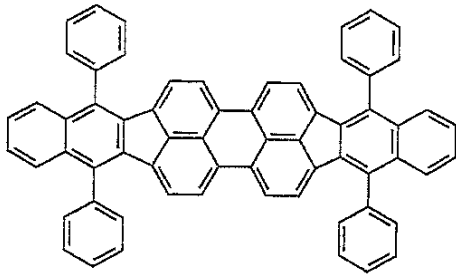
【0046】

【化 2】



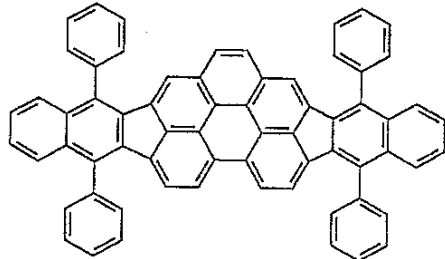
A3;

10



TPDBP, A4;

又は



A5.

20

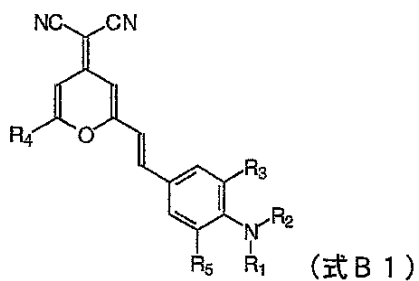
【0047】

特に好ましいジインデノペリレン・ドーパントはTPDBP（上記のA4）である。本発明において有用な他の赤色ドーパントは、以下の一般式で表わされるDCMクラスの染料に属する。

30

【0048】

【化 3】



40

ただし、

$R_1 \sim R_5$ は、ヒドロ、アルキル、置換されたアルキル、アリール、置換されたアリのールの中から独立に選択された1つ以上の基を表わし；

$R_1 \sim R_5$ は、独立に、非環式基を含むか、対をなして結合して1つ以上の縮合環を形成するが； R_3 と R_5 が合わさって縮合環を形成することはない。

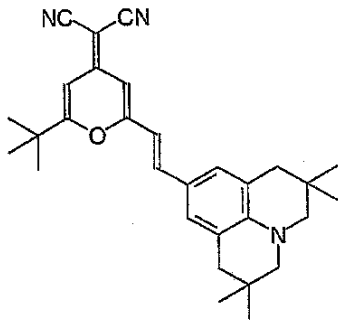
50

【0049】

赤色の光を出す有用かつ便利な一実施態様では、 $R_1 \sim R_5$ は、独立に、ヒドロ、アルキル、アリールの中から選択される。DCMクラスの特により有用なドーパントの構造を以下に示す。

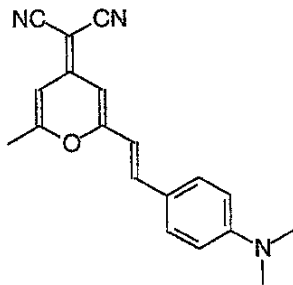
【0050】

【化4】



B2, DCJTB; 又は

10



B3.

20

【0051】

好ましいDCMドーパントはDCJTBである。Hatwarらは、2004年1月5日に出願されたアメリカ合衆国特許出願シリアル番号第10/751,352号において、広帯域発光にとって有用な他のDCMドーパントを開示している。赤色ドーパントは、個別に赤色ドーパントとなる化合物の混合物でもよい。

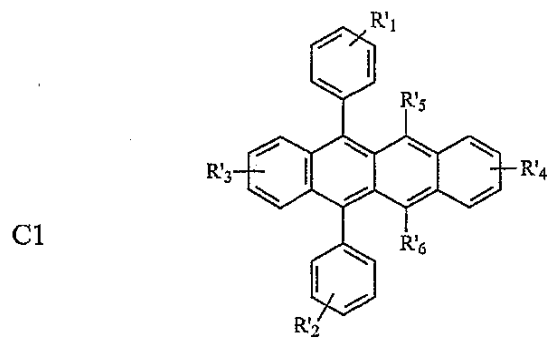
30

【0052】

ある種のオレンジ色発光材料または黄色発光材料が有用であり、例えば以下の構造の化合物がある。

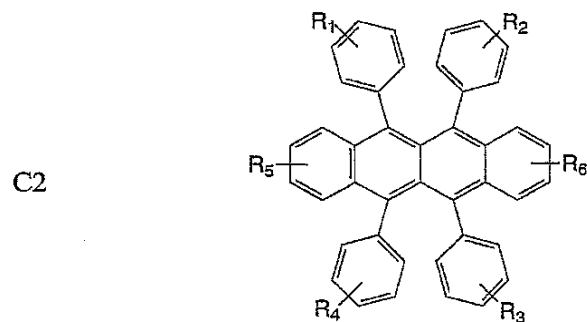
【0053】

【化 5】



10

又は



20

ただし、

$R_1 \sim R_6$ は各環上の1個以上の置換基を著わし、各置換基の選択は、個別に、以下のカテゴリー：

カテゴリー1：水素、または炭素原子が1～24個のアルキル；

カテゴリー2：炭素原子が5～20個のアリールまたは置換されたアリール；

カテゴリー3：4～24個の炭素原子を持ち、縮合芳香族環または縮合芳香族環系を完成させる炭化水素；

30

カテゴリー4：単結合を通じて結合されるか、縮合複素芳香族環系を完成させる 5～24個の炭素原子を持つヘテロアリールまたは置換されたヘテロアリール（チアゾリル、フリル、チエニル、ピリジル、キノリニル、または他の複素環系）；

カテゴリー5：炭素原子を1～24個持つアルコキシアミノ、アルキルアミノ、アリールアミノ；

カテゴリー6：フルオロ、クロロ、ブロモ、シアノの中からなされる。

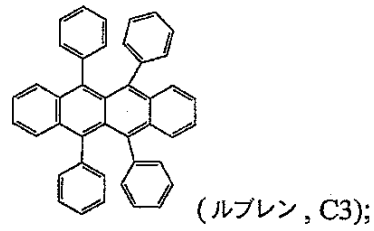
【0054】

このクラスの特に有用なドーパントの例を以下に示す。

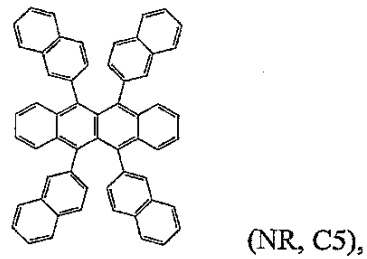
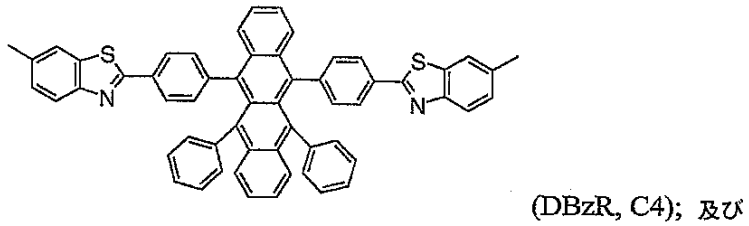
【0055】

40

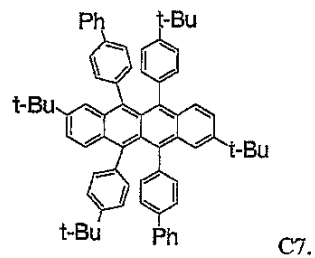
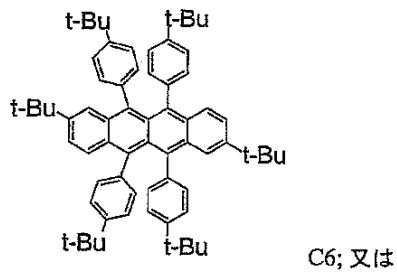
【化 6】



10



20



30

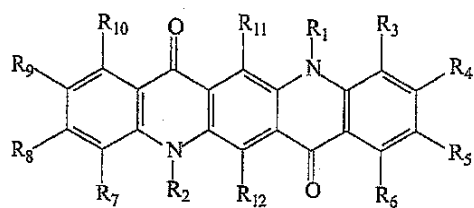
【0056】

緑色発光化合物が（緑色フィルタを何にするかに応じて）510nm～540nmにピーク・スペクトル成分を持っていて、この緑色発光化合物によって発生する緑色光の半値全幅が約40nm以下だと有用であることが見いだされた。緑色発光化合物として、以下の構造のキナクリドン化合物などが挙げられる。

40

【0057】

【化 7】



D1

10

ただし、置換基 R_1 と R_2 は、独立に、アルキル、アルコキシル、アリール、ヘテロアリーのいずれかであり；置換基 $R_3 \sim R_{12}$ は、独立に、水素、アルキル、アルコキシル、ハロゲン、アリール、ヘテロアリーのいずれかであり、隣り合った置換基 $R_3 \sim R_{10}$ によっては結合して1つ以上の環系（例えば縮合芳香族環と縮合複素芳香族環）を形成できるが、置換基は、発光の最大値が510nm～540nmにあって半値全幅が40nm以下であるものを選択する。置換基であるアルキル、アルコキシル、アリール、ヘテロアリー、縮合芳香族環、縮合複素芳香族環は、さらに置換されている。通常は、 R_1 と R_2 はアリールであり、 $R_3 \sim R_{12}$ は、水素、またはメチルよりも電子求引力が強い置換基である。有用なキナクリドンのいくつかの例がアメリカ合衆国特許第5,593,788号とアメリカ合衆国特許出願公開2004/0001969 A1に開示されている。

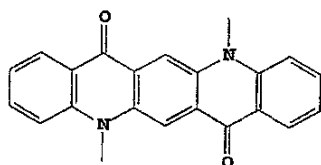
20

【0058】

有用なキナクリドン緑色ドーパントの例として以下のものがある。

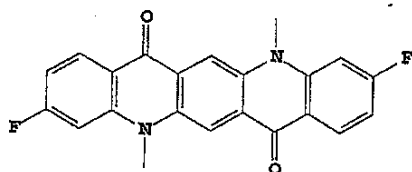
【0059】

【化 8】

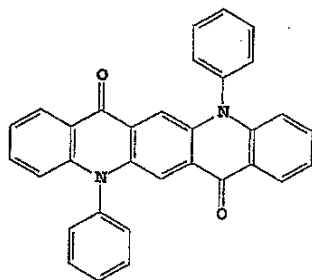


D2

30



D3



D4.

40

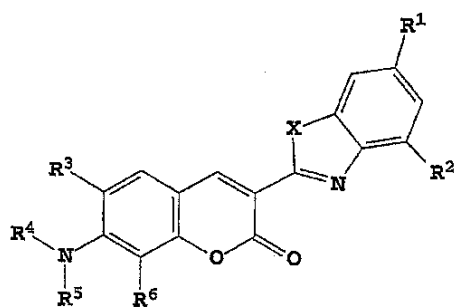
【0060】

緑色発光材料として、以下の構造を持つクマリン化合物などが挙げられる。

【0061】

50

【化 9】



E1

10

ただし、

XはOまたはSであり、 R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^6 は、個別に、水素、アルキル、アリールのいずれかが可能であり；

R^4 と R^5 は、個別に、アルキルまたはアリールが可能であり、あるいは R^3 と R^4 、または R^5 と R^6 、またはその両方が合わさってシクロアルキル基を完成させる原子を表わし、

置換基は、発光の最大値が510nm～540nmにあって半値全幅が40nm以下であるものを選択する。

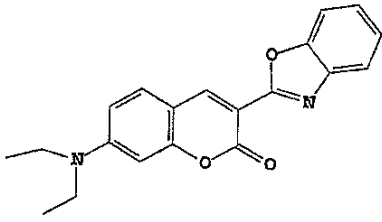
20

【0062】

有用なクマリン緑色ドーパントの例として以下のものがある。

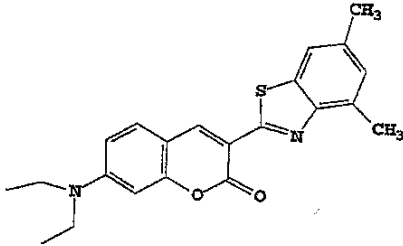
【0063】

【化 10】



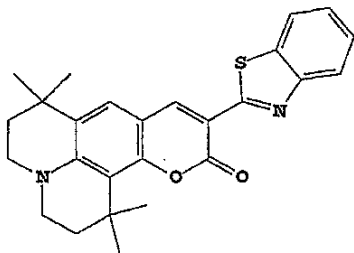
E2;

10

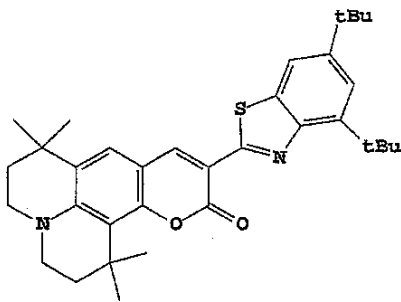


E3;

20



E4; 及び



E5.

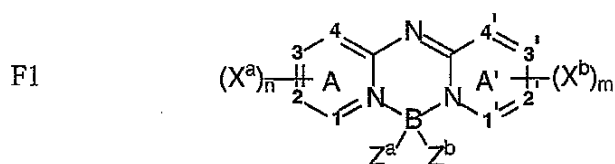
30

【0064】

青色発光化合物が（青色フィルタを何にするかに応じて）450nm～480nmにピーク・スペクトル成分を持っていて、この青色発光化合物によって発生する青色光の半値全幅が20nm 40
以下だと有用であることが見いだされた。青色発光化合物としては、構造式（F1）のビス（アジニル）アゼンハウ素錯体化合物などがある。

【0065】

【化 1 1】



ただし、

AとA'は、独立に、少なくとも1個の窒素を含む6員の芳香族環系に対応するアジン環系を表わし；

(X^a)_nと(X^b)_mは、独立に選択した1個以上の置換基を表わし、非環式置換基を含んでいるか、合わさってAまたはA'と縮合した環を形成し；

mとnは、独立に0～4であり；

Z^aとZ^bは、独立に選択した置換基であり；

1、2、3、4、1'、2'、3'、4'は、炭素原子または窒素原子として独立に選択され、

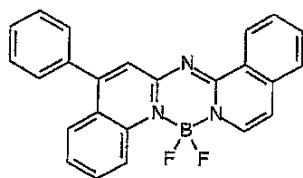
X^a、X^b、Z^a、Z^b、1、2、3、4、1'、2'、3'、4'は、発光の最大値が450nm～480nmにあって半値全幅が20nm以下であるものを選択する。

【0066】

上記のクラスのドーパントのいくつかの例として以下のものがある。

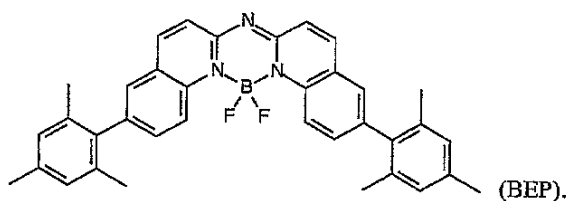
【0067】

【化 1 2】



F2;

又は



F3

【0068】

青色ドーパントの別の特に有用なクラスとして、ジスチリルアリーレン（例えばジスチリルベンゼン、ジスチリルビフェニル）の青色発光誘導体がある。その中には、アメリカ合衆国特許第5,121,029号に記載された化合物も含まれる。青色の光を出すジスチリルアリーレンの誘導体のうちで特に有用なのは、ジアリールアミノ基で置換されたもの（ジスチリルアミンとしても知られる）である。例として、以下に示す一般構造を持つビス[2-[4-[N,N-ジアリールアミノ]フェニル]ビニル]-ベンゼン：

10

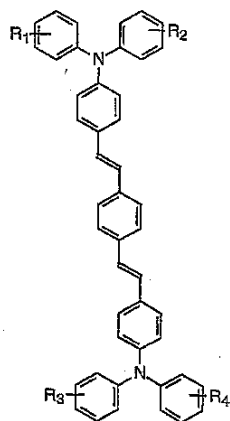
20

30

40

【化 1 3】

G1

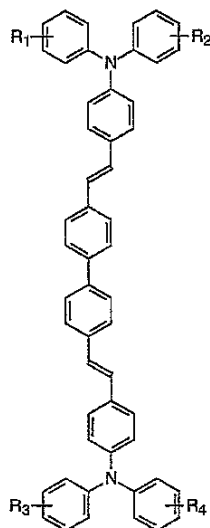


10

と、以下に示す一般構造を持つビス[2-[4-[N,N-ジアリールアミノ]フェニル]ビニル]ビフェニル：

【化 1 4】

G2



20

30

がある。

【0069】

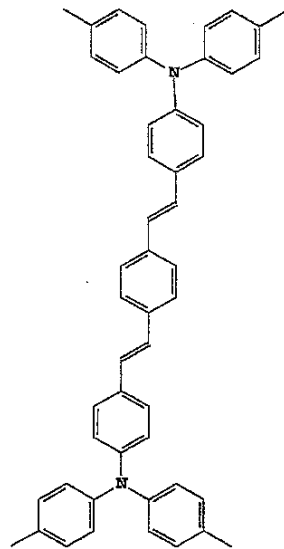
一般式 (G1) と (G2) において $R_1 \sim R_4$ は同じでも異なってもよく、独立に1つ以上の置換基 (例えばアルキル、アリール、縮合したアリール、ハロ、シアノ) を表わす。好ましい一実施態様では、 $R_1 \sim R_4$ は独立にアルキル基であり、それぞれが1～約10個の炭素原子を含んでいる。このクラスの特に有用な青色ドーパントは、1,4-ビス[2-[4-[N,N-ジ(p-トリル)アミノ]フェニル]ビニル]ベンゼン (BDTAPVB、以下の一般式 (G3)) である。

40

【0070】

【化 1 5】

G3



10

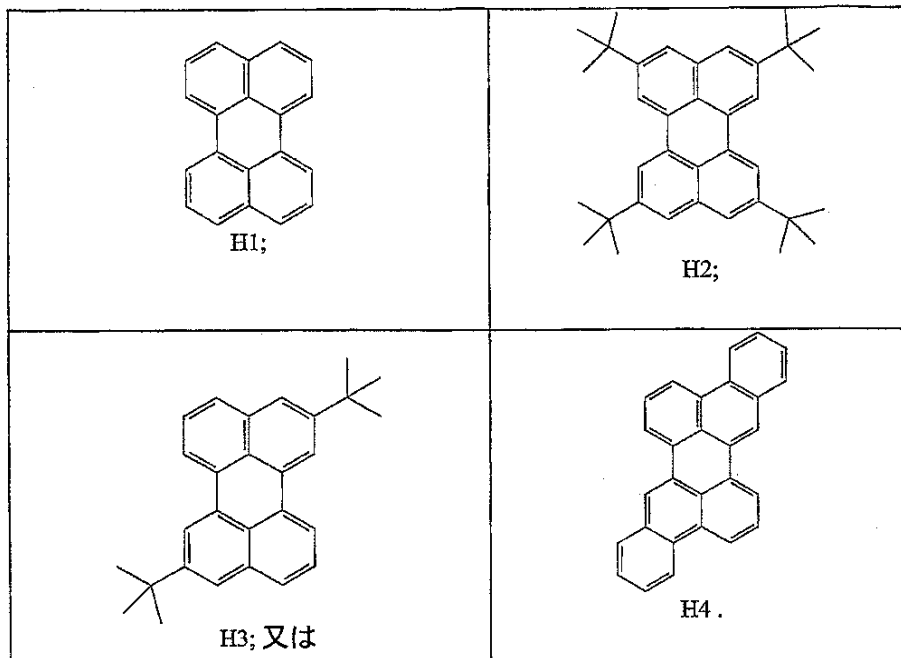
【0071】

青色ドーパントの別の特に有用なクラスとして、ペリレンまたはペリレン誘導体があり、例えば以下のものが挙げられる。

20

【0072】

【化 1 6】



30

40

【0073】

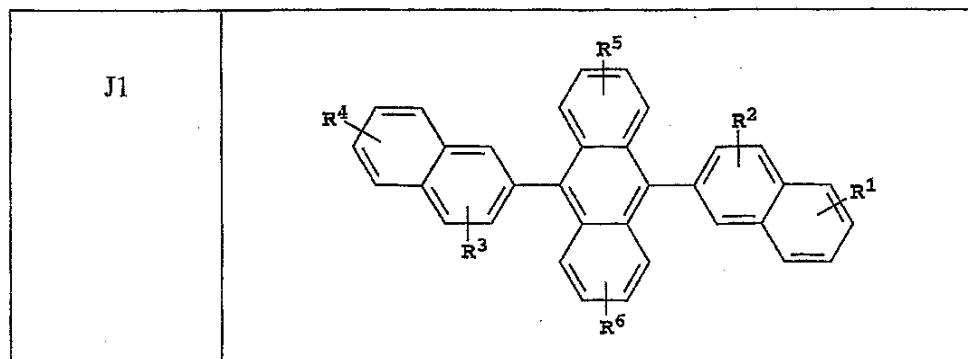
本発明の1つ以上の発光層に含まれるホスト材料は、9位と10位に炭化水素または置換された炭化水素を持つアントラセン誘導体である。例えば9,10-ジ-(2-ナフチル)アントラセンの誘導体（一般式（J1））は、エレクトロルミネッセンスをサポートすることのできる

50

有用なホスト材料の1つのクラスを構成し、波長が400nmよりも長い発光（例えば青、緑、黄、オレンジ、赤）に特に適している。

【0074】

【化17】



10

ただし、

R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 、 R^5 、 R^6 は各環上の1個以上の置換基を表わし、各置換基の選択は、個別に、以下のグループ：

20

グループ1：水素、または炭素原子が1～24個のアルキル；

グループ2：炭素原子が5～20個のアリールまたは置換されたアリール；

グループ3：アントラセニル、ピレニル、ペリレニルいずれかの縮合芳香族環を完成させるのに必要な4～24個の炭素原子；

グループ4：フリル、チエニル、ピリジル、キノリニル、または他の複素環系の縮合複素芳香族環系を完成させるのに必要な5～24個の炭素原子を持つヘテロアリールまたは置換されたヘテロアリール；

グループ5：炭素原子を1～24個持つアルコキシアミノ、アルキルアミノ、アリールアミノ；

30

グループ6：フッ素、塩素、臭素、シアノ
の中からなされる。

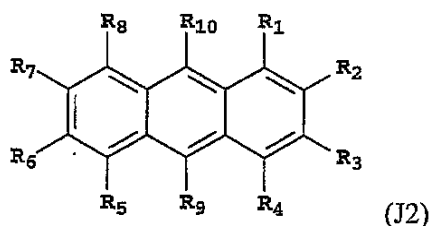
【0075】

一般式（J2）のモノアントラセン誘導体も、エレクトロルミネッセンスをサポートすることのできる有用なホスト材料であり、波長が400nmよりも長い発光（例えば青、緑、黄、オレンジ、赤）に特に適している。一般式（J2）のアントラセン誘導体は、Lelia Cosimbescuらによって「アントラセン誘導体ホストを含むエレクトロルミネッセンス・デバイス」という名称で2004年9月27日に出願されて譲受人に譲渡されたアメリカ合衆国特許出願シリアル番号第10/950,614号に記載されている（その開示内容は参考としてこの明細書に組み込まれているものとする）。

40

【0076】

【化 18】



10

ただし、 $R_1 \sim R_{10}$ は以下のようにになっている。

$R_1 \sim R_8$ はHである。

R_9 は、脂肪族炭素環のメンバーを有する縮合環を含まないナフチル基である。ただし R_9 と R_{10} は同じではなく、アミンとイオウ化合物を含んでいない。 R_9 は、1つ以上の縮合環をさらに備えていて芳香族縮合環系（例えばフェナントリル、ピレニル、フルオランテン、ペリレン）を形成している置換されたナフチル基であるか、1個以上の置換基（例えばフッ素、シアノ基、ヒドロキシ基、アルキル基、アルコキシ基、アリールオキシ基、アリール基、複素環式オキシ基、カルボキシ基、トリメチルシリル基）で置換されたナフチル基であるか、縮合した2つの環からなる置換されていないナフチル基であることが好ましい。20
 R_9 は、パラ位が置換された2-ナフチルまたは1-ナフチルか、パラ位が置換されていない2-ナフチルまたは1-ナフチルであることが好ましい。

R_{10} は、脂肪族炭素環のメンバーを有する縮合環を含まないビフェニル基である。 R_{10} は、置換されていて芳香族縮合環（例えばナフチル、フェナントリル、ペリレン）を形成しているビフェニル基か、1個以上の置換基（例えばフッ素、シアノ基、ヒドロキシ基、アルキル基、アルコキシ基、アリールオキシ基、アリール基、複素環式オキシ基、カルボキシ基、トリメチルシリル基）で置換されたビフェニル基か、置換されていないビフェニル基であることが好ましい。 R_{10} は、置換されていない4-ビフェニルまたは3-ビフェニルか、縮合環を含まない他のフェニル環で置換されていて三フェニル環系を形成している4-ビフェニルまたは3-ビフェニルか、2-ビフェニルであることが好ましい。特に有用なのは、30
9-(2-ナフチル)-10-(4-ビフェニル)アントラセンである。

【0077】

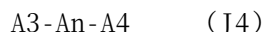
アントラセン誘導体の別の有用な1つのクラスは、一般式；



で表わされる。ただし、A1とA2は、それぞれ、置換された、または置換されていないモノフェニルアントリル基を表わすか、置換された、または置換されていないジフェニルアントリル基を表わし、互いに同じでも異なってもよく、Lは、単結合または2価の結合基を表わす。

【0078】

アントラセン誘導体の別の有用な1つのクラスは、一般式；

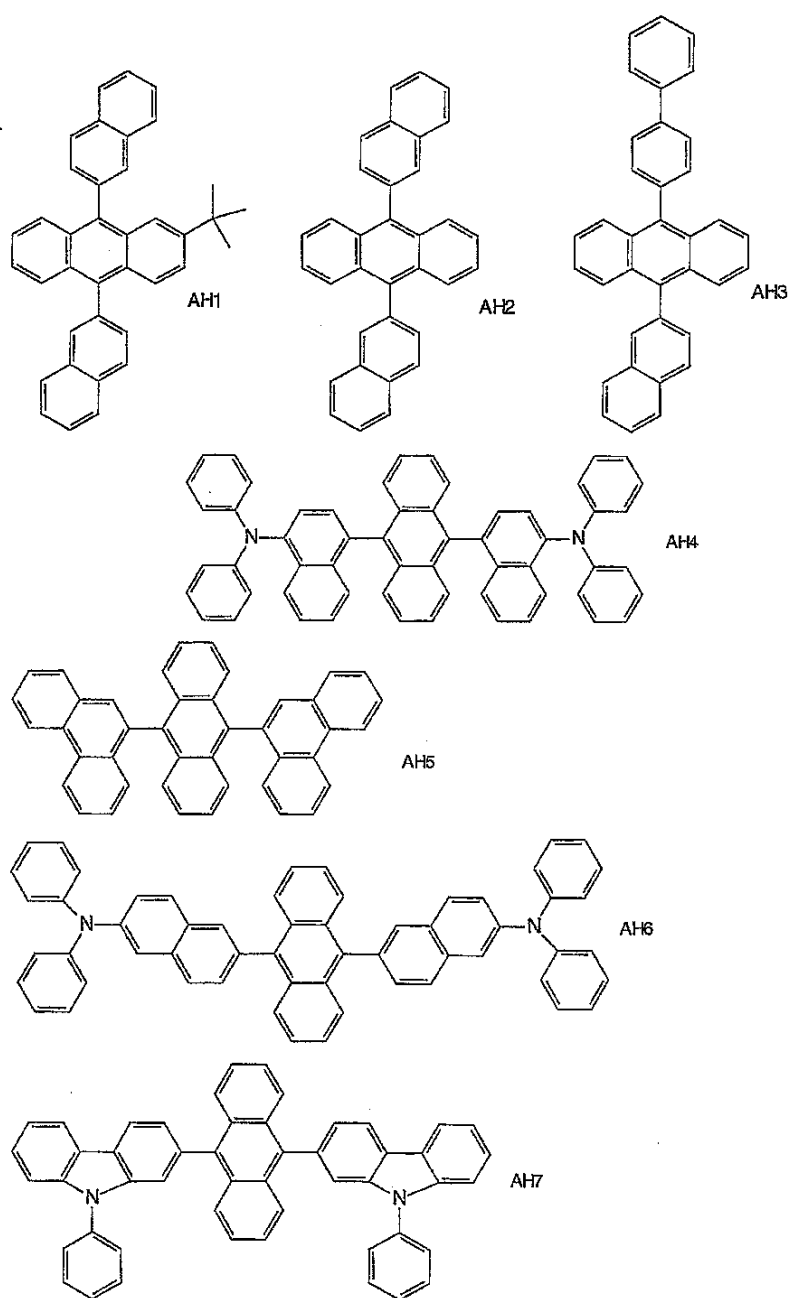


で表わされる。ただし、Anは、置換された、または置換されていない2価のアントラセン残基を表わし、A3とA4は、それぞれ、置換された、または置換されていない1価の縮合芳香族環基を表わすか、置換された、または置換されていない炭素原子が6個以上の非縮合環アリール基を表わし、互いに同じでも異なってもよい。発光層で用いるのに役立つアントラセン材料の特別な例として以下のものがある。

【0079】

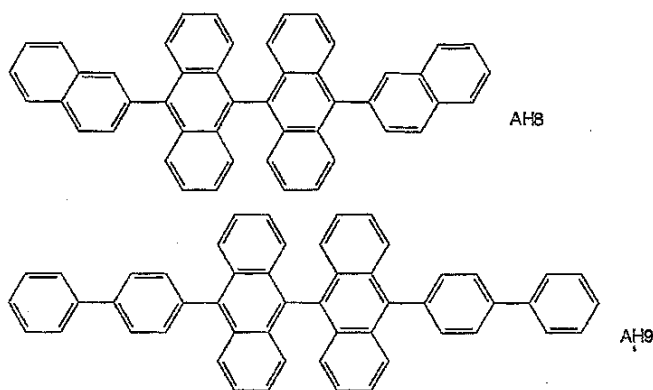
40

【化 1 9】



【0080】

【化 20】



10

【0081】

ETLは、1種類以上の金属キレート化オキシノイド化合物を含むことができる。その中には、オキシシンのもの（一般に、8-キノリノールまたは8-ヒドロキシキノリンとも呼ばれる）も含まれる。このような化合物は、電子を注入して輸送するのを助け、高レベルの性能を示し、薄膜の形態にするのが容易である。オキシノイド化合物の例は、上に示したCO

20

【0082】

他の電子輸送材料としては、アメリカ合衆国特許第4,356,429号に記載されているさまざまなブタジエン誘導体や、アメリカ合衆国特許第4,539,507号に記載されているさまざまな複素環式蛍光剤がある。ベンズアゾール、オキサジアゾール、トリアゾール、ピリジンチアジアゾール、トリアジン、フェナントロリン誘導体と、いくつかのシロール誘導体も、有用な電子輸送材料である。

【0083】

タンデム式OLEDが効率的に機能するためには、中間接続層が有機ELユニットの間に設けられていることが好ましい。中間接続層は、隣接するELユニットにキャリアを効率的に注入する。金属、金属化合物、他の無機化合物が、キャリアの注入に有効である。しかしこのような材料は抵抗率が小さいことがしばしばあるため、画素のクロストークが発生する可能性がある。また、ELユニットで発生した光がデバイスの外に出られるようにするため、中間接続層を構成する層の光透過率はできるだけ大きい必要がある。したがって中間接続層では主に有機材料を使用することがしばしば好まれる。中間接続層には有用な構成がいくつかある。中間接続層のいくつかの例が、アメリカ合衆国特許第6,717,358号、第6,872,472号、アメリカ合衆国特許出願公開2004/0227460 A1に記載されている。

30

【0084】

中間接続層は、n型をドーピングされた有機層、またはp型をドーピングされた有機層、またはその両方を含んでいることが好ましい。有用な1つの中間接続層は、n型をドーピングされた有機層と電子受容層という2つの層を有する。電子受容層は、n型をドーピングされた有機層よりもカソードの近くに配置される。これら2つの層は接触するか、インターフェイス層で両者を分離する。中間接続層は、電子受容層の上にp型をドーピングされた有機層を備えることができる。p型をドーピングされた有機層は、電子受容層よりもカソードの近くに配置される。この構成では、p型をドーピングされた有機層は電子受容層と接触していることが好ましい。中間接続層は、インターフェイス層とp型をドーピングされた有機層の両方を含むことができる。あるいは中間接続層は、p型をドーピングされた有機層に隣接するn型をドーピングされた有機層；n型をドーピングされた有機層とインターフェイス層；n型をドーピングされた有機層とインターフェイス層とp型をドーピングされた有機層を備えることができる。

40

【0085】

50

n型をドーピングされた有機層は、ホスト材料としての少なくとも1種類の電子輸送材料と、少なくとも1種類のn型ドーパントを含んでいる。“n型をドーピングされた有機層”という用語は、この層がドーピング後に半導特性を持ち、この層を流れる電流が実質的に電子によって担われることを意味する。ホスト材料は、電子の注入と電子の輸送をサポートすることができる。ETLで使用するすでに説明した電子輸送材料は、n型をドーピングされた有機層のためのホスト材料の有用なクラスを形成する。好ましい材料は金属キレート化オキシノイド化合物（例えばトリス(8-ヒドロキシキノリン)アルミニウム (Alq)）であり、その中にはオキシンのもの（一般に、8-キノリノールまたは8-ヒドロキシキノリンとも呼ばれる）のキレートも含まれる。他の材料としては、Tangらによってアメリカ合衆国特許第4,356,429号に開示されているさまざまなブタジエン誘導体や、VanSlykeらによってアメリカ合衆国特許第4,539,507号に記載されているさまざまな複素環式蛍光剤、トリアジン、ヒドロキシキノリン誘導体、ベンズアゾール誘導体、フェナントロリン誘導体などがある。シロール誘導体（例えば2,5-ビス(2',2''-ビピリジン-6-イル)-1,1'-ジメチル-3,4'-ジフェニルシラシクロペンタジエンも有用な有機ホスト材料である。2種類以上のホストを組み合わせて適切な電荷注入特性や安定特性を得ると有用な場合がある。n型をドーピングされた有機層における有用なホスト材料の特別な例として、Alq、4,7-ジフェニル-1,10-フェナントロリン (Bphen)、2,9-ジメチル-4,7-ジフェニル-1,10-フェナントロリン (BCP) や、これらの組み合わせがある。

【0086】

n型をドーピングされた有機層のn型ドーパントとしては、アルカリ金属、アルカリ金属化合物、アルカリ土類金属、アルカリ土類金属化合物、またはこれらの組み合わせがある。“金属化合物”という用語には、有機金属錯体、金属-有機塩、無機塩、酸化物、ハロゲン化合物が含まれる。金属含有n型ドーパントというクラスのうちで特に有用なのは、Li、Na、K、Rb、Cs、Mg、Ca、Sr、Ba、La、Ce、Sm、Eu、Tb、Dy、Ybのいずれかと、これらの化合物である。n型をドーピングされた有機層においてn型ドーパントとして使用される材料としては、強力な電子供与特性を有する有機還元剤も挙げられる。“強力な電子供与特性”とは、有機ドーパントが少なくともいくつかの電荷をホストに与えてホストと電荷移動錯体を形成できねばならないことを意味する。有機分子の例としては、ビス(エチレンジチオ)-テトラチアフルバレン (BEDT-TTF)、テトラチアフルバレン (TTF)、ならびにこれらの誘導体などがある。ホストがポリマーである場合には、ドーパントは上記の任意のものが可能であり、分子として分散させた材料、または微量成分としてホストとコポリマー化した材料でもよい。n型をドーピングされた有機層のn型ドーパントは、Li、Na、K、Rb、Cs、Mg、Ca、Sr、Ba、La、Ce、Nd、Sm、Eu、Tb、Dy、Ybのいずれか、またはこれらの組み合わせであることが好ましい。ドーピングするn型ドーパントの濃度は、0.01~20体積%の範囲であることが好ましい。n型をドーピングされた有機層の厚さは、一般に200nm未満だが、100nm未満であることが好ましい。

【0087】

中間接続層の電子受容層（使用する場合）は、1種類以上の有機材料を含んでいてその中間接続層の50体積%を超える割合を占めており、それぞれの有機材料は、電子受容特性を持ち、還元電位が飽和カロメル電極 (SCE) を基準にして-0.5Vよりも大きい。電子受容層は、還元電位がSCEを基準にして-0.1Vよりも大きい1種類以上の有機材料を含んでいることが好ましい。より好ましいのは、電子受容層が単一の有機材料を含んでいて、その有機材料が電子受容特性を持ち、還元電位がSCEを基準にして-0.1Vよりも大きいことである。“電子受容特性”とは、有機材料が、隣接している他のタイプの材料から少なくともいくつかの電荷を受け入れる能力または傾向を持つことを意味する。

【0088】

電子受容層は、還元電位がSCEを基準にして-0.5Vよりも大きくて、その電子受容層の中で50体積%を超える割合を占める1種類以上の有機材料を含んでおり、タンデム式OLEDにおいて、効率的なキャリアの注入と、大きな光透過率という両方の性質を持つことができる。電子受容層で用いるのに適した有機材料としては、少なくとも炭素と水素を含んでい

る単純な化合物だけでなく、還元電位がSCEを基準にして-0.5Vよりも大きい金属錯体（例えば有機リガンドと有機金属化合物を含む遷移金属錯体）も挙げられる。電子受容層のための有機材料としては、小分子（蒸着によって堆積させることのできるもの）、ポリマー、 dendromer、またはこれらの組み合わせが可能である。電子受容層は、その少なくとも一部が隣接する層と顕著に混合しないときに非常に有効である。それは、このような拡散を阻止する十分に大きな分子量を持つ材料を選択することによって実現される。電子受容材料の分子量は350よりも大きいことが好ましい。電子受容層の適切な電子受容特性を維持するためには、上記の1種類以上の有機材料がこの層の90体積%を超える割合を占めることが望ましい。簡単に製造できるようにするため、電子受容層では単一の化合物を用いる。

10

【0089】

還元電位がSCEを基準にして-0.5Vよりも大きな有機材料のうちで電子注入層の形成に使用できるもののいくつかの例として、ヘキサアザトリフェニレンの誘導体や、テトラシアノキノジメタンの誘導体などがある。電子受容層の有効な厚さは、一般に3~100nmである。

【0090】

“p型をドーピングされた有機層”という用語は、この有機層がドーピング後に半導特性を持ち、この層を流れる電流が実質的に正孔によって担われることを意味する。場合によっては存在するp型をドーピングされた有機層は、本発明で使用する場合には、正孔の輸送をサポートできる少なくとも1種類の有機ホスト材料と、1種類のp型ドーパントを含んでいる。従来型OLEDデバイスで使用される正孔輸送材料は、p型をドーピングされた有機層のためのホスト材料の有用な1つのクラスである。好ましい材料としては、炭素原子（そのうちの少なくとも1つは芳香族環のメンバーである）だけに結合する少なくとも1個の3価窒素原子を含む芳香族第三級アミンなどがある。芳香族第三級アミンの1つの形態は、アリールアミン（例えばモノアリールアミン、ジアリールアミン、トリアリールアミン、ポリマー・アリールアミン）である。1個以上のビニル基で置換された他の適切なトリアリールアミン、および／または少なくとも1つの活性な水素含有基を含む他の適切なトリアリールアミンは、Brantleyらによってアメリカ合衆国特許第3,567,450号と第3,658,520号に開示されている。芳香族第三級アミンのより好ましいクラスは、VanSlykeらによってアメリカ合衆国特許第4,720,432号と第5,061,569号に記載されている少なくとも2つの芳香族第三級アミン部分を含むものである。例示すると、N,N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N,N'-ジフェニル-ベンジジン (NPB)、N,N'-ジフェニル-N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-1,1-ビスフェニル-4,4'-ジアミン (TPD)、N,N,N',N'-テトラナフチルベンジジン (TNB) などがある。芳香族アミンの別の好ましいクラスは、Kevin P. Klubekらによって2003年3月18日に「カスケード式有機エレクトロルミネッセンス・デバイス」という名称で出願されて譲受人に譲渡されたアメリカ合衆国特許出願シリアル番号第10/390,973号に記載されているジヒドロフェナジン化合物である（その開示内容は、参考としてこの明細書に組み込まれているものとする）。上記の材料の組み合わせも、p型をドーピングされた有機層を形成するのに役立つ。より好ましいのは、p型をドーピングされた有機層335に含まれる有機ホスト材料が、NPB、TPD、TNB、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 (m-MTDATA)、4,4',4"-トリス(N,N-ジフェニル-アミノ)-トリフェニルアミン (TDATA)、ジヒドロフェナジン化合物、またはこれらの組み合わせのいずれかになっていることである。

20

30

40

【0091】

p型をドーピングされた有機層のp型ドーパントは、強い電子求引特性を有する酸化剤を含んでいる。“強い電子求引特性”とは、有機ドーパントがホストから何個かの電荷を受け取ってホスト材料と電荷移動錯体を形成できねばならないことを意味する。いくつか例示すると、有機化合物としては例えば2,3,5,6-テトラフルオロ-7,7,8,8-テトラシアノキノジメタン (F₄-TCNQ) や、7,7,8,8-テトラシアノキノジメタン (TCNQ) の他の誘導体などがあり、無機酸化剤としては例えばヨウ素、FeCl₃、FeF₃、SbCl₅、他のいくつかの金属塩化

50

物、他のいくつかの金属フッ化物などがある。p型ドーパントの組み合わせも、p型をドーブされた有機層を形成するのに役立つ。ドーブするp型ドーパントの濃度は、0.01~20体積%の範囲であることが好ましい。p型をドーブされた有機層の厚さは、一般に150nm未満だが、約1~100nmの範囲であることが好ましい。

【0092】

中間接続層で用いるホスト材料は、小分子材料、またはポリマー材料、またはこれらの組み合わせを含むことができる。ホスト材料が上記の正孔輸送特性と電子輸送特性の両方を示すのであれば、同じホスト材料をn型をドーブされた有機層とp型をドーブされた有機層の両方で使用できる場合がある。n型をドーブされた有機層またはp型をドーブされた有機層のホストとして使用できる材料の例として、アメリカ合衆国特許第5,972,247号に記載されているさまざまなアントラセン誘導体、ある種のカルバゾール誘導体（例えば4,4'-ビス(9-ジカルバゾリル)-ビフェニル（CPB））、アメリカ合衆国特許第5,121,029号に記載されているジスチリルアリーレン誘導体（例えば4,4'-ビス(2,2'-ジフェニルビニル)-1,1'-ビフェニル）などがある。

【0093】

p型をドーブされた有機層は、電子受容層とHTLの界面に単にHTL材料を堆積させることによって形成できる。本発明では、電子受容層とHTLのための材料は、互いにほんの少量だけが混合するように選択する。すなわち、電子受容層の少なくとも一部はHTL材料と混合しないことが重要である。

【0094】

中間接続層の場合によっては含まれるインターフェイス層は、本発明で使用する場合には、主に、n型をドーブされた有機層のための材料と電子受容層のための材料の間で起こる可能性のある相互拡散を阻止するのに使用される。このインターフェイス層は、金属化合物または金属にすることができる。この層は、用いる場合には、有効な状態を維持しつつできるだけ薄くし、光学的損失を減らすとともに、インターフェイス層が導電性または半導性である場合には、望ましくない画素間クロストークを阻止せねばならない。

【0095】

インターフェイス層は、チタン、ジルコニウム、ハフニウム、ニオブ、タンタル、モリブデン、タングステン、マンガン、鉄、ルテニウム、ロジウム、イリジウム、ニッケル、パラジウム、白金、銅、亜鉛、ケイ素、ゲルマニウムいずれかの化学量論的酸化物または非化学量論的酸化物、またはこれらの組み合わせの中から選択した金属化合物を含むことができる。インターフェイス層は、チタン、ジルコニウム、ハフニウム、ニオブ、タンタル、モリブデン、タングステン、マンガン、鉄、ルテニウム、ロジウム、イリジウム、ニッケル、パラジウム、白金、銅、亜鉛、ケイ素、ゲルマニウムいずれかの化学量論的硫化物または非化学量論的硫化物、またはこれらの組み合わせの中から選択した金属化合物を含むことができる。インターフェイス層は、チタン、ジルコニウム、ハフニウム、ニオブ、タンタル、モリブデン、タングステン、マンガン、鉄、ルテニウム、ロジウム、イリジウム、ニッケル、パラジウム、白金、銅、亜鉛、ケイ素、ゲルマニウムいずれかの化学量論的セレン化物または非化学量論的セレン化物、またはこれらの組み合わせの中から選択した金属化合物を含むことができる。インターフェイス層は、チタン、ジルコニウム、ハフニウム、ニオブ、タンタル、モリブデン、タングステン、マンガン、鉄、ルテニウム、ロジウム、イリジウム、ニッケル、パラジウム、白金、銅、亜鉛、ケイ素、ゲルマニウムいずれかの化学量論的テルル化物または非化学量論的テルル化物、またはこれらの組み合わせの中から選択した金属化合物を含むことができる。インターフェイス層は、チタン、ジルコニウム、ハフニウム、ニオブ、タンタル、モリブデン、タングステン、マンガン、鉄、ルテニウム、ロジウム、イリジウム、ニッケル、パラジウム、白金、銅、亜鉛、ケイ素、ゲルマニウムいずれかの化学量論的窒化物または非化学量論的窒化物、またはこれらの組み合わせの中から選択した金属化合物を含むことができる。インターフェイス層は、チタン、ジルコニウム、ハフニウム、ニオブ、タンタル、モリブデン、タングステン、マンガン、鉄、ルテニウム、ロジウム、イリジウム、ニッケル、パラジウム、白金、銅、亜

鉛、ケイ素、ゲルマニウムいずれかの化学量論的炭化物または非化学量論的炭化物、またはこれらの組み合わせの中から選択した金属化合物を含むことができる。インターフェイス層で用いるのに特に有用な金属化合物は、 MoO_3 、 NiMoO_4 、 CuMoO_4 、 WO_3 、 ZnTe 、 Al_4C_3 、 AlF_3 、 B_2S_3 、 CuS 、 GaP 、 InP 、 SnTe の中から選択することができる。金属化合物は、 MoO_3 、 NiMoO_4 、 CuMoO_4 、 WO_3 の中から選択することが好ましい。

【0096】

金属化合物を用いる場合には、中間接続層に含まれるインターフェイス層の厚さは、0.5nm～20nmの範囲である。

【0097】

あるいはインターフェイス層は、仕事関数が大きな金属層を含むことができる。この層を形成するのに使用される仕事関数が大きな金属は仕事関数が4.0eV以上であり、例として、Ti、Zr、Nb、Ta、Cr、Mo、W、Re、Fe、Ru、Os、Co、Rh、Ir、Ni、Pd、Pt、Cu、Ag、Au、Zn、Al、In、Sn、またはこれらの組み合わせが挙げられる。仕事関数が大きな金属層は、Ag、Al、Cu、Au、Zn、In、Sn、またはこれらの組み合わせを含んでいることが好ましい。仕事関数が大きな金属層は、AgまたはAlを含んでいることがより好ましい。

10

【0098】

仕事関数が大きな金属層を用いる場合には、中間接続層に含まれるインターフェイス層の厚さは、0.1nm～5nmの範囲である。

【0099】

中間接続層を合計した厚さは、一般に5nm～200nmである。3つ以上の中間接続層がタンデム式OLEDに存在している場合には、中間接続層の厚さと材料の一方または両方が同じでも異なってもよい。

20

【0100】

ELユニットのそれぞれの層は、小分子OLED材料から、またはポリマーLED材料から、またはこれらの組み合わせから形成される。いくつかの発光ユニットはポリマーであり、他の発光ユニットは小分子（非ポリマー）である。小分子には蛍光材料とリン光材料が含まれる。タンデム式OLEDのそれぞれの発光ユニットの対応する層は、他の対応する層の材料と同じ材料または異なる材料を用いて形成し、層の厚さは同じでも異なってもよい。

【0101】

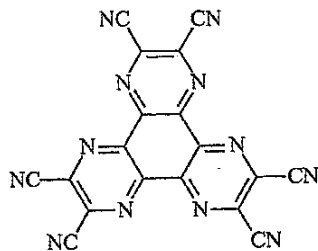
すでに述べたように、正孔注入層（HIL）をアノードとHTLの間に設けると有用であることがしばしばある。正孔注入材料は、後に続く有機層の膜形成能力を向上させ、正孔を正孔輸送層に容易に注入できるようにする機能を持つ。正孔注入層で使用するのに適した材料としては、アメリカ合衆国特許第4,720,432号に記載されているポルフィリン化合物や、アメリカ合衆国特許第6,127,004号、第6,208,075号、第6,208,077号に記載されているプラズマ堆積させたフルオロカーボン・ポリマーや、いくつかの芳香族アミン（例えばm-MTDATA（4,4',4"-トリス[(3-メチルフェニル)フェニルアミノ]トリフェニルアミン））、無機酸化物（例えばバナジウム酸化物（ VO_x ）、モリブデン酸化物（ MoO_x ）、ニッケル酸化物（ NiO_x ））などがある。有機ELデバイスにおいて有用であることが報告されている別の正孔注入材料は、ヨーロッパ特許第0 891 121 A1号と第1 029 909 A1号に記載されている。中間接続層で用いられるすでに説明したp型をドーピングされた有機材料も正孔注入材料の有用な1つのクラスである。アメリカ合衆国特許第6,720,573号に記載されているヘキサアザトリフェニレン誘導体も有用なHIL材料である。特に有用な1つのHIL材料を以下に示す。

30

40

【0102】

【化 2 1】



式 M1

10

【0103】

カソードとETLの間に電子注入層（EIL）を設けると有用であることがしばしばある。中間接続層で用いられるすでに説明したn型をドープされた有機層は、電子注入材料の有用な1つのクラスである。

【0104】

本発明のOLEDデバイスは、支持用基板150の上に形成されて、カソードまたはアノードが基板と接触できるようになっているのが一般的である。基板と接触する電極は、通常、底部電極と呼ばれる。底部電極はアノードであることが一般的であるが、本発明がこの構成に限定されることはない。基板は、どの方向に光を出したいかに応じ、透過性または不透明にすることができる。透光特性は、基板を通してEL光を見る上で望ましい。その場合には、透明なガラスまたはプラスチックが一般に用いられる。EL光を上部電極を通じて見るような用途では、底部支持体の透過特性は重要でないため、底部支持体は、光透過性、光吸収性、光反射性のいずれでもよい。この場合に用いる基板としては、ガラス、プラスチック、半導体材料、シリコン、セラミック、回路板材料などがある。もちろん、このような構成のデバイスでは、透過性のある上部電極を設ける必要がある。

20

【0105】

EL光をアノード110を通して見る場合には、アノードは、興味の対象となる光に対して透明か、実質的に透明である必要がある。本発明で用いられる透明なアノード用の一般的な材料は、インジウム-スズ酸化物（ITO）、インジウム-亜鉛酸化物（IZO）、スズ酸化物であるが、他の金属酸化物（例えばアルミニウムをドープした亜鉛酸化物、インジウムをドープした亜鉛酸化物、マグネシウム-インジウム酸化物、ニッケル-タングステン酸化物）も可能である。これら酸化物に加え、金属窒化物（例えば窒化ガリウム）、金属セレン化物（例えばセレン化亜鉛）、金属硫化物（例えば硫化亜鉛）をアノードとして用いることができる。EL光をカソードだけを通して見るような用途では、アノードの透過特性は重要でなく、あらゆる導電性材料（透明なもの、不透明なもの、反射性のもの）を使用することができる。この用途での導電性材料の例としては、金、イリジウム、モリブデン、パラジウム、白金などがある。典型的なアノード用材料は、透光性であろうとそうでなかろうと、仕事関数が4.0eV以上である。望ましいアノード用材料は、一般に適切な任意の手段（例えば蒸着、スパッタリング、化学蒸着、電気化学的手段）で堆積させる。アノードは、よく知られているフォトリソグラフィ法を利用してパターンニングすることができる。場合によっては、アノードを研磨した後に他の層を付着させて表面の粗さを小さくすることで、短絡を最少にすること、または反射性を大きくすることができる。

30

40

【0106】

アノードだけを通して発光を見る場合には、本発明で使用するカソードは、ほぼ任意の導電性材料で構成することができる。望ましい材料は優れた膜形成特性を有するため、下にある有機層との接触がよくなり、低電圧で電子の注入が促進され、優れた安定性を得ることができる。有用なカソード材料は、仕事関数が小さな（4.0eV未満）金属または合金を含んでいることがしばしばある。好ましい1つのカソード材料は、アメリカ合衆国特許

50

第4,885,221号に記載されているように、銀が1~20原子%の割合で含まれたMgAg合金からなる。適切なカソード材料の別のクラスとして、有機層（例えば有機EIL、有機ETL）に接する薄い無機EILとを備えていて、その上により厚い導電性金属層を被せた構成の二層がある。その場合、無機EILは、仕事関数が小さな金属または金属塩を含んでいることが好ましく、そうなっている場合には、より厚い被覆層は仕事関数が小さい必要がない。このような1つのカソードは、アメリカ合衆国特許第5,677,572号に記載されているように、LiFからなる薄い層と、その上に載るより厚いAl層からなる。他の有用なカソード材料としては、アメリカ合衆国特許第5,059,861号、第5,059,862号、第6,140,763号に開示されているものがあるが、これだけに限定されるわけではない。

【0107】

カソードを通して発光を見る場合、カソードは、透明であるか、ほぼ透明である必要がある。このような用途のためには、金属が薄いか、透明な導電性酸化物を使用するか、このような材料の組み合わせを使用する必要がある。光学的に透明なカソードは、アメリカ合衆国特許第4,885,211号、第5,247,190号、第5,703,436号、第5,608,287号、第5,837,391号、第5,677,572号、第5,776,622号、第5,776,623号、第5,714,838号、第5,969,474号、第5,739,545号、第5,981,306号、第6,137,223号、第6,140,763号、第6,172,459号、第6,278,236号、第6,284,393号、ヨーロッパ特許第1 076 368号に、より詳細に記載されている。カソード材料は、一般に、適切な任意の方法（例えば蒸着、電子ビーム蒸着、イオン・スパッタリング、化学蒸着）によって堆積させる。必要な場合には、よく知られた多数の方法でパターンニングすることができる。方法としては、例えば、スルー・マスク蒸着、アメリカ合衆国特許第5,276,380号とヨーロッパ特許第0 732 868号に記載されている一体化シャドウ・マスクング、レーザー除去、選択的化学蒸着などがある。

【0108】

上記の有機材料は、その有機材料の形態に適した任意の方法で堆積させることが好ましい。例えば昇華を通じてうまく堆積するが、流体から堆積させることもできる（例えば溶媒から。そのとき、場合によっては結合剤も用いて膜の形成を改善する）。材料がポリマーである場合には、溶媒堆積が有用だが、他の方法（例えばスパッタリングやドナー・シートからの熱転写）も利用される。昇華によって堆積させる材料は、タンタル材料からなることの多い昇華用“ボート”から気化させること（例えばアメリカ合衆国特許第6,237,529号に記載されている）や、まず最初にドナー・シートにコーティングし、次いで基板のより近くで昇華させることができる。混合材料からなる層では、別々の昇華用ボートを用いること、または材料をあらかじめ混合し、単一のボートまたはドナー・シートからコーティングすることができる。パターンニングした堆積は、シャドウ・マスク、一体化シャドウ・マスク（アメリカ合衆国特許第5,294,870号）、ドナー・シートからの空間的に限定された染料熱転写（アメリカ合衆国特許第5,688,551号、第5,851,709号、第6,066,357号）、インクジェット法（アメリカ合衆国特許第6,066,357号）を利用して実現することができる。

【0109】

たいていのOLEDデバイスは、水分と酸素の一方または両方に敏感であるため、一般に不活性雰囲気（例えば窒素やアルゴン）中で密封される。不活性な環境中でOLEDデバイスを密封する際には、有機接着剤、金属ハンダ、低融点ガラスのいずれかを用いて保護カバーを付着させることができる。一般に、ゲッターまたは乾燥剤も密封された空間に収容される。有用なゲッターおよび乾燥剤としては、例えばアルカリ金属、アルカリ土類金属、アルミナ、ボーキサイト、硫酸カルシウム、粘土、シリカゲル、ゼオライト、アルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属酸化物、硫酸塩、ハロゲン化金属、過塩素酸塩などがある。封入と乾燥のための方法としては、アメリカ合衆国特許第6,226,890号に記載されている方法などがある。さらに、障壁層（例えばSiO_x、テフロン（登録商標））や、交互に積層された無機層／ポリマー層が、封入法として知られている。

【0110】

本発明のOLEDデバイスでは、望むのであれば、さまざまな光学的改善スキームを利用し

10

20

30

40

50

て特性を向上させることができる。その中には、層の厚さを最適化して光の透過を最大にすること、誘電体ミラー構造を設けること、反射性電極の代わりに光吸収性電極にすること、グレア防止または反射防止のコーティングをディスプレイの表面に設けること、偏光媒体をディスプレイの表面に設けること、ディスプレイの発光領域と関係するカラー・フィルタ、中性フィルタ、カラー変換フィルタを設けることなどがある。フィルタ、偏光装置、グレア防止用または反射防止用コーティングは、カバーの表面に、またはカバーの一部として設けることもできる。

【0111】

白色発光または広帯域発光をカラー・フィルタと組み合わせてフル・カラー・ディスプレイまたはマルチカラー・ディスプレイにする。カラー・フィルタとしては、赤色フィルタ、緑色フィルタ、青色フィルタなどが可能である。アメリカ合衆国特許出願公開2004/0113875 A1に記載されているように、色の異なる4つの画素（例えば赤色発光画素、緑色発光画素、青色発光画素、白色発光画素（RGBW））を備えるディスプレイで本発明をうまく利用できる。白色発光画素は実質的にフィルタリングを受けないが、わずかなフィルタリングによって色が減ったり、白色発光画素の上に設けられた封止層などのために起こる可能性のある偶然のフィルタリングが生じたりする可能性がある。白の代わりにイエローまたはシアンが使用される。5色またはそれ以上のカラー・システムも有用である可能性がある。

【0112】

OLEDデバイスはマイクロキャビティ構造を持つことができる。有用な一実施態様では、金属電極の一方は実質的に不透明かつ反射性であり、他方の電極は反射性かつ半透明である。反射性電極は、Au、Ag、Mg、Ca、またはこれらの合金の中から選択することが好ましい。2つの反射性金属電極が存在しているため、デバイスはマイクロキャビティ構造を有する。この構造内での強い光学的干渉によって共鳴条件が生まれる。共鳴波長に近い発光は増幅され、共鳴波長から離れた発光は抑制される。有機層の厚さを選択することにより、または電極間に透明な光学的スペーサを配置することにより、光路長を調節する。例えば本発明のOLEDデバイスは、反射性アノードと有機EL媒体の間にITOスペーサ層を備え、半透明なカソードがその有機EL媒体の上に載った状態にすることができる。

【0113】

本発明は、たいいていの用途のOLEDデバイスで利用される。その中には、単一のアノードと単一のカソードを備える非常に単純な構造から、より複雑なデバイス（複数のアノードとカソードが直交アレイをなして画素を形成するパッシブ・マトリックス・ディスプレイや、各画素が例えば薄膜トランジスタ（TFT）で独立に制御されるアクティブ・マトリックス・ディスプレイ）までが含まれる。本発明は、OLEDを光源（例えばLCDディスプレイのバックライト）として用いるデバイスでも使用することができる。

【0114】

有用なカラー・フィルタに関し、図4に市販されている赤色フィルタ、緑色フィルタ、青色フィルタの透過率を示してある。青色フィルタは、最大透過率が80%であり、半値全幅（FWHM）が110nmで400～510nmの範囲にある。緑色フィルタは、最大透過率が85%であり、半値全幅（FWHM）が110nmで480～580nmの範囲にある。同様に、赤色フィルタは、最大透過率が91%であり、半値全幅（FWHM）が110nmよりも大きく590～700nmの範囲にある。透過率と帯域幅がこれとは異なるカラー・フィルタも使用できる。

【実施例】

【0115】

本発明とその利点は、以下に示す本発明の実施例と比較例からよりよく理解されよう。以下の説明では、混合組成物は、従来技術で一般に使用されているように、体積%で表示する。OLED層を堆積させた後、各デバイスを乾燥ボックスに移して封止した。OLEDの発光面積は10mmである。20mA/cm²の電流を電極に印加してデバイスをテストした。デバイスの性能を表1に示す。図4に示したカラー・フィルタのスペクトルと各実施例の発光スペクトルを利用してフィルタ後の赤色、緑色、青色の色と効率を計算し、表2に示した。

【0116】

D65白色点近くでの総合効率は、カラー・フィルタを通過したR、G、B成分の輝度効率と色を測定することによって得られた。個々の色の輝度の寄与とそれぞれの電流密度を計算し、D65白色点（この場合には、CIE_x, y=0.31, 0.33）近くにおける所定の輝度レベルを得た。全白色輝度を全電流密度で割ることによって白色点における複合輝度効率が得られた。この総合効率は、白色点における白色発光の電力消費に比例する。元のスペクトル発光の色座標がD65に近いと電力消費は最少である。CIE_x, y空間で測定した目標とするNTSCの赤色、緑色、青色の座標に関して各デバイスの色域を計算した。

【0117】

目標とするNTSC CIE座標

赤色 CIE_x=0.67 CIE_y=0.33

緑色 CIE_x=0.21 CIE_y=0.71

青色 CIE_x=0.14 CIE_y=0.08

【0118】

例1~6（比較例）単一の広帯域ELユニット

【0119】

広帯域ELユニットが1つだけの比較用OLEDから始めるのがよい。そうすると複数のELユニットを備えるタンデム式OLEDの性能を理解するのが容易になる。

【0120】

例1（比較例）

クリーンなガラス基板の上に厚さ85nmのインジウム-スズ-酸化物（ITO）を載せた。このITOの表面を酸素プラズマ・エッチングで処理した後、アメリカ合衆国特許第6,208,075号に記載されているようにして0.5nmのフルオロカーボン・ポリマー（CF_x）層をプラズマ堆積させた。約10⁻⁶トルという真空中で加熱したボートから蒸発させることにより、CF_x層の上に以下の層を以下の順番で堆積させた。

【0121】

a) 4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]-ビフェニル（NPB）からなる厚さ60nmのHTL；

【0122】

b) NPB（ホスト）を77%と、一般式（C7）に示した黄-オレンジ色発光ドーパントを3%と、安定剤としての一般式（AH3）のアントラセン誘導体を20%含む厚さ20nmの黄色発光層；

【0123】

c) ホストであるAH3を92.5%と、TBP（一般式H2）（青色発光ドーパント）を1.5%と、NPBを6%含む厚さ47nmの青色発光層；

【0124】

d) B-phenを7.5%と、Liドーパントを2.5%含む厚さ25nmのEIL；

【0125】

e) 電子の注入を助けるためにEILの上にある厚さ0.5nmのLiFと、LiFの上に蒸着した100nmのアルミニウムを含むカソード。

【0126】

発光スペクトルを図5に示す。

【0127】

例2（比較例）

クリーンなガラス基板の上に厚さ85nmのインジウム-スズ-酸化物（ITO）を載せた。このITOの表面を酸素プラズマ・エッチングで処理した後、アメリカ合衆国特許第6,208,075号に記載されているようにして0.5nmのフルオロカーボン・ポリマー（CF_x）層をプラズマ堆積させた。約10⁻⁶トルという真空中で加熱したボートから蒸発させることにより、CF_x層の上に以下の層を以下の順番で堆積させた。

【0128】

10

20

30

40

50

a) NPBからなる厚さ240nmのHTL；

【0129】

b) NPB（ホスト）を77%と、一般式（C7）に示した黄-オレンジ色発光ドーパントを3%と、安定剤としての一般式（AH3）のアントラセン誘導体を20%含む厚さ28nmの黄色発光層；

【0130】

c) ホストであるAH3を92%と、青色発光ドーパントとしてのBEP（一般式F3）を1%と、NPBを7%含む厚さ47nmの青色発光層；

【0131】

d) Alqを含む厚さ10nmのETL；

10

【0132】

e) 電子の注入を助けるためにEILの上にある厚さ0.5nmのLiFと、LiFの上に蒸着した100nmのアルミニウムを含むカソード。

【0133】

例2のデバイスの発光スペクトルを図6に示す。

【0134】

例3（比較例）

クリーンなガラス基板の上に厚さ85nmのインジウム-スズ-酸化物（ITO）を載せた。このITOの表面を酸素プラズマ・エッチングで処理した後、アメリカ合衆国特許第6,208,075号に記載されているようにして0.5nmのフルオロカーボン・ポリマー（CF_x）層をプラズマ堆積させた。約10⁻⁶トルという真空中で加熱したボートから蒸発させることにより、CF_x層の上に以下の層を以下の順番で堆積させた。

20

【0135】

a) NPBからなる厚さ120nmのHTL；

【0136】

b) NPB（ホスト）を61%と、ルブレンを28.5%と、（一般式（A4）に示した）赤色発光ドーパントを0.5%含む厚さ20nmの赤-オレンジ色発光層；

【0137】

c) ホストであるAH3と、青色発光ドーパントとしてのBEP（一般式F3）を1%と、NPBを7%含む厚さ38nmの青色発光層；

30

【0138】

d) Alqを含む厚さ10nmのETL；

【0139】

e) 電子の注入を助けるためにEILの上にある厚さ0.5nmのLiFと、LiFの上に蒸着した100nmのアルミニウムを含むカソード。

【0140】

発光スペクトルを図7に示す。

【0141】

例4（比較例）

クリーンなガラス基板の上に厚さ85nmのインジウム-スズ-酸化物（ITO）を載せた。このITOの表面を酸素プラズマ・エッチングで処理した後、アメリカ合衆国特許第6,208,075号に記載されているようにして0.5nmのフルオロカーボン・ポリマー（CF_x）層をプラズマ堆積させた。約10⁻⁶トルという真空中で加熱したボートから蒸発させることにより、CF_x層の上に以下の層を以下の順番で堆積させた。

40

【0142】

a) NPBからなる厚さ240nmのHTL；

【0143】

b) NPB（ホスト）を59.5%と、ルブレンを40%と、（一般式（A4）に示した）赤色発光ドーパントを0.5%含む赤-オレンジ色発光層；

【0144】

50

c) 青色のホストであるAH3を92%と、青色発光ドーパントとしてのBEP（一般式F3）を1%と、NPBを7%含む厚さ20nmの青色発光層；

【0145】

d) AH3を49.75%と、Alqを49.75%と、緑色発光ドーパントとしての一般式（D4）の化合物を0.5%含む厚さ15nmの緑色発光層；

【0146】

e) Alqからなる厚さ10nmのETL；

【0147】

f) 電子の注入を助けるためにEILの上にある厚さ0.5nmのLiFと、LiFの上に蒸着した100nmのアルミニウムを含むカソード。

10

【0148】

発光スペクトルを図8に示す。

【0149】

例5（比較例）

クリーンなガラス基板の上に厚さ85nmのインジウム-スズ-酸化物（ITO）を載せた。このITOの表面を酸素プラズマ・エッチングで処理した後、約 10^{-6} トルという真空下で加熱したボートから蒸発させることにより、酸素プラズマ処理したITOの上に以下の層を以下の順番で堆積させた。

【0150】

a) 一般式（M1）の化合物からなる厚さ10nmのHIL；

20

【0151】

b) NPBを94.5%と、一般式（C7）の化合物（黄色発光ドーパント）を5%と、一般式（A4）の化合物（赤色発光ドーパント）を0.5%含む厚さ20nmの赤-オレンジ色発光層；

【0152】

c) ホストであるAH3を94%と、青色発光ドーパントとしてのBEP（一般式F3）を1%と、NPBを5%含む厚さ20nmの青色発光層；

【0153】

d) Alqからなる厚さ2.5nmのETL；

【0154】

e) 4,7-ジフェニル-1,10-フェナントロリン（バソフェンまたはBphenとしても知られる）を49%と、共同ホスト電子輸送材料としてのAlqを49%と、金属Liを2%含む厚さ40nmのEIL；

30

【0155】

f) 厚さ100nmのアルミニウムからなるカソード。

【0156】

発光スペクトルを図9に示す。

【0157】

例6（比較例）

クリーンなガラス基板の上に厚さ85nmのインジウム-スズ-酸化物（ITO）を載せた。このITOの表面を酸素プラズマ・エッチングで処理した後、約 10^{-6} トルという真空下で加熱したボートから蒸発させることにより、酸素プラズマ処理したITOの上に以下の層を以下の順番で堆積させた。

40

【0158】

a) 一般式（M1）の化合物からなる厚さ10nmのHIL；

【0159】

b) NPBを99.5%と、赤色発光ドーパントとしての一般式（A4）の化合物を0.5%含む厚さ20nmの赤色発光層；

【0160】

c) AH3を49.75%と、Alqを49.75%と、緑色発光ドーパントとしての一般式（D4）の化合物を0.5%含む厚さ20nmの緑色発光層；

50

【0161】

d) AH3を94%と、青色発光ドーパントとしてのBEP（一般式F3）を1%と、NPBを5%含む厚さ20nmの青色発光層；

【0162】

e) Alqからなる厚さ2.5nmのETL；

【0163】

f) 4,7-ジフェニル-1,10-フェナントロリン（バソフェンまたはBphenとしても知られる）を49%と、共同ホスト電子輸送材料としてのAlqを49%と、金属Liを2%含む厚さ40nmのEIL；

【0164】

g) 厚さ100nmのアルミニウムからなるカソード。

【0165】

発光スペクトルを図10に示す。

【0166】

例7～10は、タンデム式OLEDデバイスを示している。

【0167】

例7（比較例）

クリーンなガラス基板の上に厚さ85nmのインジウム-スズ-酸化物（ITO）を載せた。このITOの表面を酸素プラズマ・エッチングで処理した後、アメリカ合衆国特許第6,208,075号に記載されているようにして0.5nmのフルオロカーボン・ポリマー（CF_x）層をプラズマ堆積させた。約10⁻⁶トルという真空中で加熱したボートから蒸発させることにより、CF_x層の上に以下の層を以下の順番で堆積させた。

【0168】

第1の広帯域ELユニット

【0169】

a) 一般式（M1）の化合物からなる厚さ10nmのHIL；

【0170】

b) NPBからなる厚さ60nmのHTL；

【0171】

c) NPB（ホスト）を77%と、一般式（C7）に示した黄-オレンジ色発光ドーパントを3%と、安定剤としての一般式（AH3）のアントラセン誘導体を20%含む厚さ20nmの黄色発光層；

【0172】

d) ホストであるAH3を92.5%と、青色発光ドーパントとしてのTBP（一般式H2）を1.5%と、NPBを6%含む厚さ47nmの青色発光層；

【0173】

中間接続層

【0174】

e) Bphenを49体積%と、同時に堆積させる電子輸送材料としてのAlqを49体積%と、ドーパされる金属Liを2体積%含む厚さ25mのn型をドーパされた有機層；

【0175】

f) 一般式（M1）の化合物からなる厚さ10nmの電子受容層；

【0176】

第2の広帯域ELユニット

【0177】

g) NPBからなる厚さ120nmのHTL；

【0178】

h) NPB（ホスト）を77%と、一般式（C7）に示した黄-オレンジ色発光ドーパントを3%と、安定剤としての一般式（AH3）のアントラセン誘導体を20%含む厚さ20nmの黄色発光層；

【0179】

i) ホストであるAH3を92.5%と、青色発光ドーパントとしてのTBP（一般式H2）を1.5%と、NPBを6%含む厚さ47nmの青色発光層；

【0180】

j) Bphenを49体積%と、同時に堆積させる電子輸送材料としてのAlqを49体積%と、金属Liを2体積%含む厚さ25nmのEIL；

【0181】

k) 厚さ200nmのアルミニウムからなるカソード。

【0182】

このデバイスの発光スペクトルを図11に示す。

10

【0183】

例8（本発明）

クリーンなガラス基板の上に厚さ85nmのインジウム-スズ-酸化物（ITO）を載せた。このITOの表面を酸素プラズマ・エッチングで処理した後、約 10^{-6} トルという真空下で加熱したボートから蒸発させることにより、酸素プラズマ処理したITOの上に以下の層を以下の順番で堆積させた。

【0184】

第1の広帯域ELユニット

【0185】

a) 一般式（M1）の化合物からなる厚さ10nmのHIL；

20

【0186】

b) NPBを99.5%と、ドーパントとしての一般式（A4）の化合物を0.5%含む厚さ20nmの赤色発光層；

【0187】

c) AH3を94%と、青色発光ドーパント（一般式（F3））を1%と、NPBを5%含む厚さ20nmの青色発光層；

【0188】

中間接続層

【0189】

d) Bphenを49体積%と、同時に堆積させる電子輸送材料としてのAlqを49体積%と、ドーパされる金属Liを2体積%含むn型をドーパされた厚さ40nmの有機層；

30

【0190】

e) 一般式（M1）の化合物からなる厚さ10nmの電子受容層；

【0191】

第2の広帯域ELユニット

【0192】

f) NPBを含む厚さ40nmのHTL；

【0193】

g) 黄色発光ドーパント（一般式（C7））を5%と、（一般式（A4）に示した）赤色発光ドーパントを0.5%ドーパされたNPBからなる厚さ20nmの赤-オレンジ色発光層；

40

【0194】

h) AH3を49.75%と、共同ホストとしてのAlqを49.75%と、緑色発光ドーパントとしての一般式（D4）の化合物を0.5%含む厚さ20nmの緑色発光層；

【0195】

i) AH3を94%と、青色発光ドーパント（一般式F3）を1%と、NPBを5%含む厚さ10nmの青色発光層；

【0196】

j) Bphenを49体積%と、同時に堆積させる電子輸送材料としてのAlqを49体積%と、金属Liを2体積%含む厚さ40nmのEIL；

【0197】

50

k) 厚さ200nmのアルミニウムからなるカソード。

【0198】

このデバイスの発光スペクトルを図12に示す。

【0199】

例9（本発明）

クリーンなガラス基板の上に厚さ85nmのインジウム-スズ-酸化物（ITO）を載せた。このITOの表面を酸素プラズマ・エッチングで処理した後、約 10^{-6} トルという真空下で加熱したボートから蒸発させることにより、酸素プラズマ処理したITOの上に以下の層を以下の順番で堆積させた。

【0200】

10

第1の広帯域ELユニット

【0201】

a) 一般式（M1）の化合物からなる厚さ10nmのHIL；

【0202】

b) （一般式（A4）に示した）赤色発光ドーパントを0.5%ドーブされたNPBを79.5%と、安定剤としてのAH3を20%含む厚さ20nmの赤色発光層；

【0203】

c) AH3を93%と、青色発光ドーパント（一般式（F3））を2%と、NPBを5%含む厚さ20nmの青色発光層；

【0204】

20

中間接続層

【0205】

d) Bphenを49体積%と、同時に堆積させる電子輸送材料としてのAlqを49体積%と、金属Liを2体積%含む厚さ80nmのn型をドーブされた有機層；

【0206】

e) 一般式（M1）の化合物からなる厚さ10nmの電子受容層；

【0207】

第2の広帯域ELユニット

【0208】

f) NPBを94.5%と、黄色発光ドーパント（一般式（C7））を5%と、（一般式（A4）に示した）赤色発光ドーパントを0.5%含む厚さ20nmの赤-オレンジ色発光層；

30

【0209】

g) AH3を49.75%と、Alqを49.75%と、緑色発光ドーパントとしての一般式（D4）の化合物を0.5%含む厚さ20nmの緑色発光層；

【0210】

h) AH3と、青色発光ドーパント（一般式F3）を1%と、NPBを5%含む厚さ10nmの青色発光層；

【0211】

i) Bphenを49体積%と、同時に堆積させる電子輸送材料としてのAlqを49体積%と、金属Liを2体積%含む厚さ40nmのEIL；

40

【0212】

j) 厚さ200nmのアルミニウムからなるカソード。

【0213】

このデバイスの発光スペクトルを図13に示す。

【0214】

例10（本発明）

クリーンなガラス基板の上に厚さ85nmのインジウム-スズ-酸化物（ITO）を載せた。このITOの表面を酸素プラズマ・エッチングで処理した後、約 10^{-6} トルという真空下で加熱したボートから蒸発させることにより、酸素プラズマ処理したITOの上に以下の層を以下の順番で堆積させた。

50

【0215】

第1の広帯域ELユニット

【0216】

a) 一般式 (M1) の化合物からなる厚さ10nmのHIL；

【0217】

b) NPBからなる厚さ60nmのHTL；

【0218】

c) NPBを94.5%と、黄色発光ドーパント（一般式 (C7)）を5%と、（一般式 (A4) に示した）赤色発光ドーパントを0.5%含む厚さ20nmの赤-オレンジ色発光層；

【0219】

d) AH3を92.5%と、NPBを7%と、緑色発光ドーパントとしての一般式 (D4) の化合物を0.5%含む厚さ20nmの緑色発光層；

【0220】

e) AH3を92%と、青色発光ドーパント（一般式F3）を1%と、NPBを7%含む厚さ10nmの青色発光層；

【0221】

中間接続層

【0222】

f) Bphenを49%と、同時に堆積させる電子輸送材料としてのAlqを49%と、ドーパされる金属Liを2体積%含むn型をドーパされた厚さ40nmの有機層；

【0223】

g) 一般式 (M1) の化合物からなる厚さ10nmの電子受容層；

【0224】

第2の広帯域ELユニット

【0225】

h) NPBからなる厚さ64nmのHTL；

【0226】

i) NPBを79.5%と、（一般式 (A4) に示した）赤色発光ドーパントを0.5%と、安定剤としてのAH3を20%含む厚さ20nmの赤色発光層；

【0227】

j) AH3を92%と、青色発光ドーパント（一般式F3）を1%と、NPBを7%含む厚さ20nmの青色発光層；

【0228】

k) Bphenを49%と、同時に堆積させる電子輸送材料としてのAlqを49%と、金属Liを2体積%含むn型をドーパされた厚さ40nmの有機層；

【0229】

l) EILの上に堆積させた厚さ200nmのアルミニウムからなるカソード。

【0230】

このデバイスの発光スペクトルを図14に示す。

【0231】

表1 20mA/cm²で測定したエレクトロルミネッセンスのデータ

10

20

30

40

【表 1】

	駆動電圧 (ボルト)	輝度効率 (cd/A)	色 : CIE _x	色 : CIE _y
例 1 (比較例)	5.3	9.6	0.36	0.37
例 2 (比較例)	9.8	11.7	0.35	0.30
例 3 (比較例)	8.0	5.7	0.30	0.21
例 4 (比較例)	9.6	7.2	0.36	0.37
例 5 (比較例)	4.6	6.2	0.39	0.27
例 6 (比較例)	5.6	11.0	0.32	0.57
例 7 (比較例)	9.5	20.3	0.40	0.41
例 8 (発明例)	9.6	11.3	0.27	0.31
例 9 (発明例)	9.1	10.9	0.27	0.27
例10 (発明例)	9.9	13.0	0.31	0.31

10

【0232】

表2 図4のカラー・フィルタを通過するシミュレーションを行なったデバイスのデータ

【表 2】

	赤色フィルタ通過後の性能			緑色フィルタ通過後の性能			青色フィルタ通過後の性能			D65における 総合効率 (cd/A)	色域： NTSC比 (%)
	輝度効率 (cd/A)	CIE _x	CIE _y	輝度効率 (cd/A)	CIE _x	CIE _y	輝度効率 (cd/A)	CIE _x	CIE _y		
例1 (比較例)	1.9	0.64	0.36	5.0	0.34	0.56	0.8	0.13	0.11	2.28	56
例2 (比較例)	2.8	0.64	0.36	5.4	0.37	0.53	0.8	0.14	0.06	3.48	52
例3 (比較例)	2.0	0.66	0.34	2.2	0.26	0.48	0.9	0.14	0.07	1.98	57
例4 (比較例)	1.6	0.65	0.35	3.7	0.30	0.62	0.6	0.14	0.12	1.68	69
例5 (比較例)	2.6	0.66	0.34	2.2	0.32	0.49	0.6	0.13	0.08	1.85	53
例6 (比較例)	1.1	0.64	0.36	7.5	0.25	0.69	1.2	0.11	0.41	0.85	49
例7 (比較例)	2.2	0.64	0.36	11.0	0.36	0.58	1.1	0.12	0.19	2.93	51
例8 (発明例)	2.0	0.65	0.34	6.4	0.22	0.58	1.9	0.13	0.12	3.18	69
例9 (発明例)	2.2	0.65	0.34	6.0	0.22	0.56	2.0	0.13	0.11	3.39	67
例10 (発明例)	3.1	0.65	0.34	6.6	0.27	0.54	1.5	0.13	0.10	3.8	67

【0233】

例（比較例）1～6から、優れた総合効率と優れた色域の両方を実現するのは難しいことがわかる。例1と2では総合効率は妥当な値だが、色域が狭い。例4は優れた色域を持つが、例1および2と比べて総合効率が悪い。例6は、D65白色から非常に離れた広帯域の一例である。それぞれのカラー・フィルタに対応する互いに離れたスペクトル成分が存在しているが、その強度が低すぎるため、優れた総合効率にも優れた色域にもならない。

【0234】

例7の比較用タンデム式デバイスで用いられる広帯域ELユニットは、例1の広帯域デバイスと同様である。タンデム式デバイスを作ることにより、フィルタなしのデバイスの全輝度効率が2倍になり（表1）、フィルタ付きのデバイスの総合効率も増大するが、2倍には達しない（表2）。さらに、例7は色域が狭い。図11を参照すると、このデバイスでは、図4の各カラー・フィルタに対応する互いに離れたピーク・スペクトル成分にならないことがわかる。すなわち、青色フィルタだけが、帯域の範囲内の半値全幅を持つ離れたピーク・スペクトル成分を受け取り、緑色フィルタと赤色フィルタはそうならない。

【0235】

本発明では、スペクトルの特徴が異なる2つの広帯域ELユニットをコーティングすることにより、改善された総合効率と改善された色域を実現する。このようにすると、図4の各カラー・フィルタに対応する互いに離れたピーク・スペクトル成分になる。図12～図14を参照すると、各カラー・フィルタは、帯域の範囲内の半値全幅を持つ離れたピーク・スペクトル成分を受け取ることがわかる。さらに、それぞれのスペクトル成分は、強度が大きい。例10（図14）の場合には、520nmに発光ピークがあるスペクトル成分が、560nmにピークがあるスペクトル成分と重なっていることに注意されたい。しかし互いに離れたこれらスペクトル成分は十分に離れているため、560nmのピークがないと、520nmのピークは、緑色カラー・フィルタの帯域の範囲内の半値全幅を持つであろうことがはっきりとわかる。点線は、独立した520nmのスペクトル成分を推定するために示してある。推定用の点線がたとえなくとも、520nmのスペクトル成分の幅は、その最大強度のほぼ半分の値における緑色帯域の範囲内であることがはっきりとわかる。

【0236】

本発明に従って製造したタンデム式デバイスは、単一のELユニットを備えるデバイスより安定性も向上している。

【図面の簡単な説明】

【0237】

【図1】N個（ $N \geq 2$ ）の広帯域ELユニットと、カラー・フィルタ・アレイとを備える本発明によるタンデム式白色OLEDの概略断面図である。

【図2】カラー・フィルタの透過スペクトルと発光スペクトルであり、透過スペクトルには帯域を、発光スペクトルには発光ピークの半値全幅を示してある。

【図3】本発明によるタンデム式OLEDディスプレイの1つの発光画素の断面図である。

【図4】市販されている赤色、緑色、青色のカラー・フィルタの透過スペクトルである。

【図5】単一の広帯域ELユニットを備える比較用タンデム式OLEDデバイスのエレクトロルミネッセンス・スペクトルである。

【図6】単一の広帯域ELユニットを備える比較用タンデム式OLEDデバイスのエレクトロルミネッセンス・スペクトルである。

【図7】単一の広帯域ELユニットを備える比較用タンデム式OLEDデバイスのエレクトロルミネッセンス・スペクトルである。

【図8】単一の広帯域ELユニットを備える比較用タンデム式OLEDデバイスのエレクトロルミネッセンス・スペクトルである。

【図9】単一の広帯域ELユニットを備える比較用タンデム式OLEDデバイスのエレクトロルミネッセンス・スペクトルである。

【図10】単一の広帯域ELユニットを備える比較用タンデム式OLEDデバイスのエレクトロルミネッセンス・スペクトルである。

【図11】比較用タンデム式OLEDデバイスのエレクトロルミネッセンス・スペクトルである。

【図12】本発明によるタンデム式OLEDデバイスのエレクトロルミネッセンス・スペクトルである。

【図13】本発明によるタンデム式OLEDデバイスのエレクトロルミネッセンス・スペクトルである。

【図 1 4】本発明によるタンデム式OLEDデバイスのエレクトロルミネッセンス・スペクトルである。

【符号の説明】

【0 2 3 8】

100	タンデム式OLEDディスプレイ	
105	カラー・フィルタ	
105a	赤色フィルタ	
105b	緑色フィルタ	
105c	青色フィルタ	
110	アノード	10
110a	アノード	
110b	アノード	
110c	アノード	
120.1	広帯域発光ユニット	
120.2	広帯域発光ユニット	
120.x	広帯域発光ユニット	
120.N	広帯域発光ユニット	
120.(N-1)	広帯域発光ユニット	
130.1	中間接続層	
130.x	中間接続層	20
130.(N-1)	中間接続層	
150	基板	
170	カソード	
300	発光スペクトル	
305	ピーク・スペクトル成分	
310	半値全幅	
315	帯域	
320	透過スペクトル	
325	ピーク・スペクトル成分	
330	透過スペクトル	30
335	帯域	
400	発光画素	
410	正孔注入層	
420	正孔輸送層	
425	正孔輸送層	
430	発光層	
435	発光層	
450	発光層	
455	発光層	
460	電子輸送層	40
465	電子輸送層	
475	電子注入層	

【図 1】

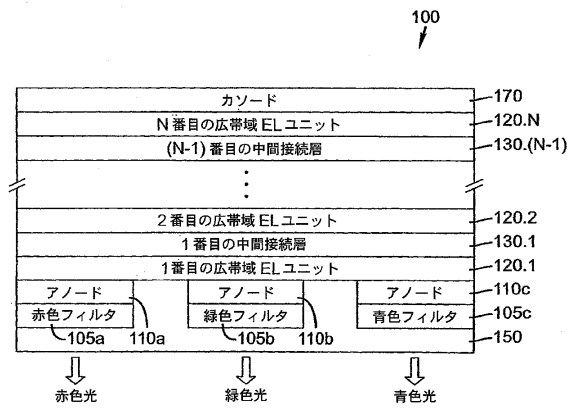


図 1

【図 2】

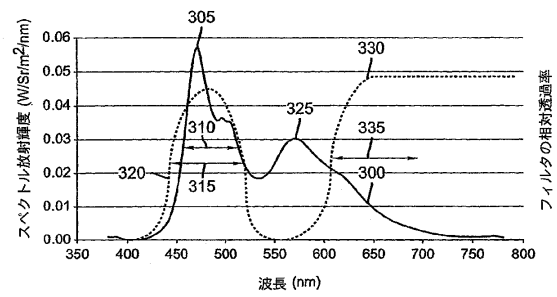


図 2

【図 3】

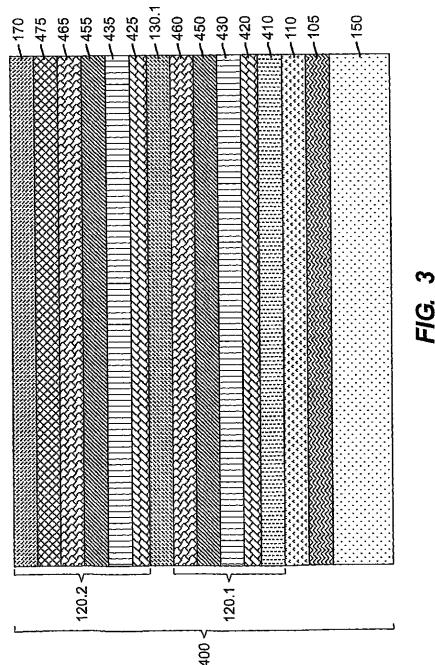


FIG. 3

【図 4】

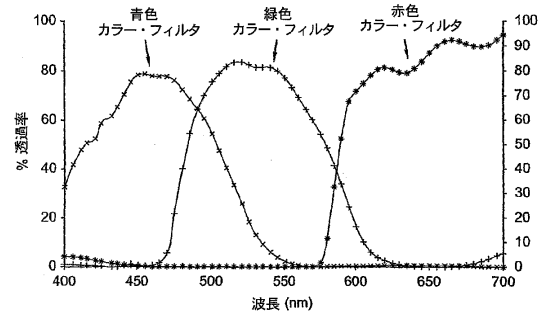


図 4

【図 5】

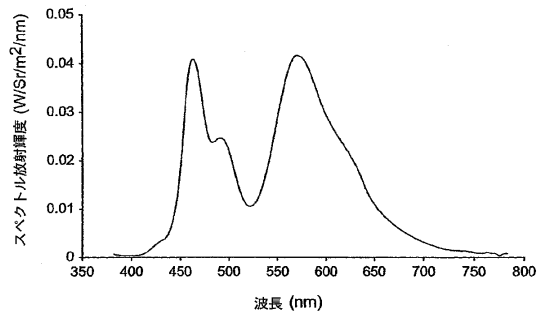


図 5

【図 6】

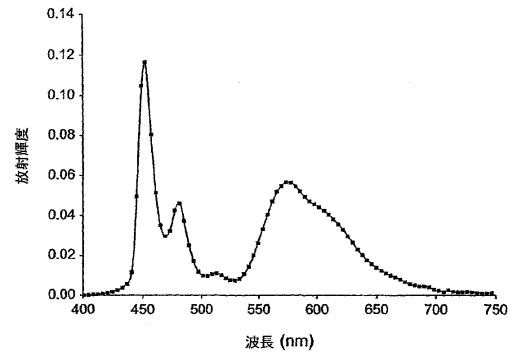


図 6

【図 7】

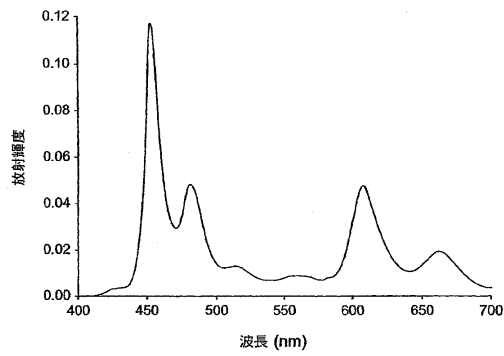


図 7

【図 8】

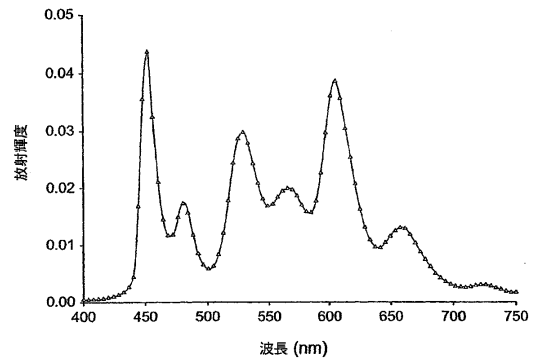


図 8

【図 9】

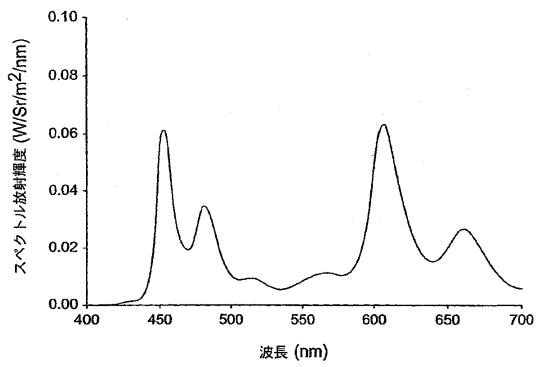


図 9

【図 10】

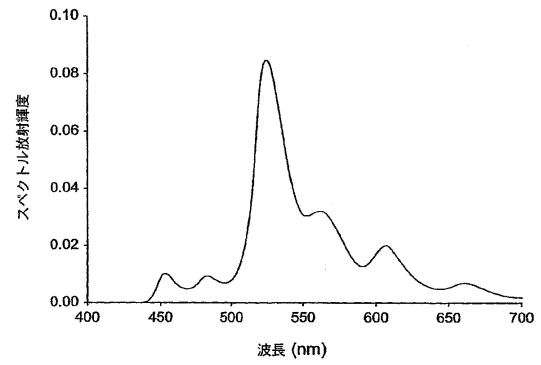


図 10

【図 11】

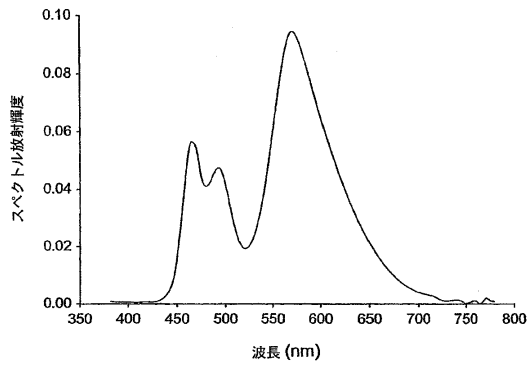


図 11

【図 12】

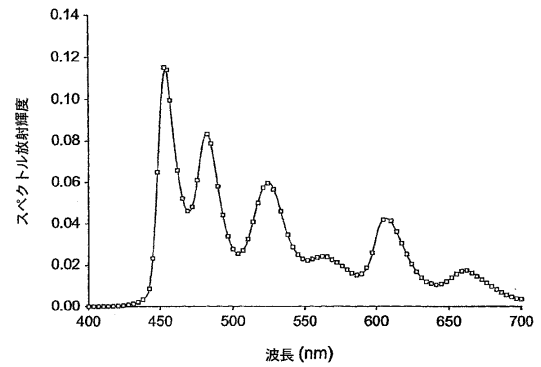


図 12

【図 13】

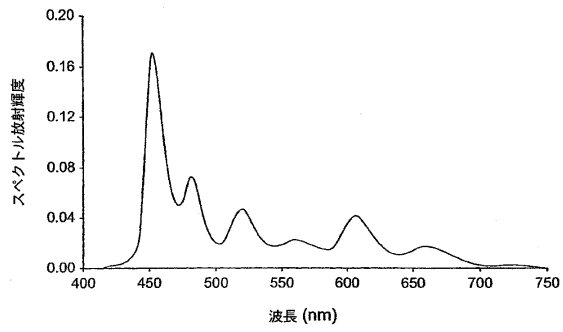


図13

【図 14】

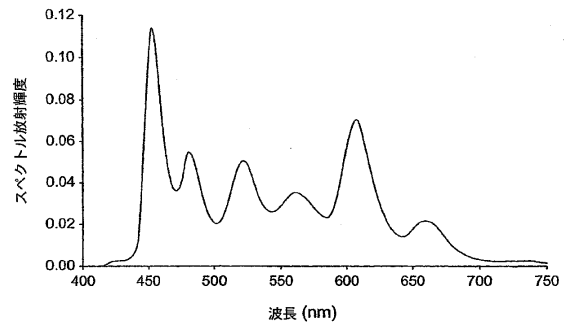


図14

フロントページの続き

(74)代理人 100111903

弁理士 永坂 友康

(74)代理人 100102990

弁理士 小林 良博

(74)代理人 100114018

弁理士 南山 知広

(72)発明者 ハトワ－, トゥカラム キサン

アメリカ合衆国, ニューヨーク 14526, ペンフィールド, パールブッシュ ドライブ 10

(72)発明者 ボロソン, マイケル ルイス

アメリカ合衆国, ニューヨーク 14610, ロチェスター, グロスベナー ロード 281

(72)発明者 スピンドラー, ジェフリー ポール

アメリカ合衆国, ニューヨーク 14617, ロチェスター, セネカ パーク アベニュー 389

審査官 横川 美穂

(56)参考文献 特開2004-039617 (JP, A)

特開2005-129519 (JP, A)

国際公開第2005/001951 (WO, A1)

特開2004-179142 (JP, A)

特開2003-086380 (JP, A)

国際公開第2005/020344 (WO, A1)

国際公開第2006/047170 (WO, A1)

特開2006-012793 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05B 33/12

H01L 51/50

专利名称(译)	串联型白光OLED显示屏配有滤光片		
公开(公告)号	JP4778051B2	公开(公告)日	2011-09-21
申请号	JP2008519333	申请日	2006-06-08
[标]申请(专利权)人(译)	伊斯曼柯达公司		
申请(专利权)人(译)	伊士曼柯达公司		
当前申请(专利权)人(译)	全球豪迪E.技术Rimitido责任公司		
[标]发明人	ハトワートウカラムキサン ボロソンマイケルルイス スピンドラージェフリーポール		
发明人	ハトワー, トウカラム キサン ボロソン, マイケル ルイス スピンドラー, ジェフリー ポール		
IPC分类号	H05B33/12 H01L51/50 G09F9/30 H01L27/32		
CPC分类号	H01L27/322 H01L51/0054 H01L51/0055 H01L51/0056 H01L51/0058 H01L51/0059 H01L51/006 H01L51/0064 H01L51/0067 H01L51/0069 H01L51/0071 H01L51/008 H01L51/0081 H01L51/5024 H01L51/5036 H01L51/5052 H01L51/5278		
FI分类号	H05B33/12.C H05B33/14.A H05B33/12.E G09F9/30.365.Z		
代理人(译)	青木 笃 石田 敬 南山智博		
优先权	11/170681 2005-06-29 US		
其他公开文献	JP2009500790A JP2009500790A5		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

串联OLED器件包括布置在电极之间并具有不同发射光谱的多个宽带发光单元和布置在各个发光单元之间的中间连接层，并产生具有多个分离的峰和光谱分量的光。该装置还包括至少三个不同滤色器的阵列，每个滤色器被选择为接收来自宽带发光单元的光以产生不同颜色的光。从每个发光单元发出的至少一个相互分离的峰值光谱分量的最大值的大约一半的总宽度在一个滤色器的带内和至少三种不同的颜色内。每个滤波器的全宽度值约为最大值的一半并且接收在滤色器的带内的至少一个峰值光谱分量。

