(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4519652号
(P4519652)

(45)発行日　平成22年8月4日(2010.8.4)　(24)登録日　平成22年5月28日(2010.5.28)

(51)Int.Cl.		F I		
H05B 33/12	(2006.01)	H05B	33/12	C
H01L 51/50	(2006.01)	H05B	33/14	B
		H05B	33/22	B

請求項の数 15　(全 23 頁)

(21)出願番号	特願2004-548358 (P2004-548358)
(86)(22)出願日	平成15年12月17日 (2003.12.17)
(86)国際出願番号	PCT/JP2003/016168
(87)国際公開番号	WO2004/060026
(87)国際公開日	平成16年7月15日 (2004.7.15)
審査請求日	平成18年11月29日 (2006.11.29)
(31)優先権主張番号	特願2002-378523 (P2002-378523)
(32)優先日	平成14年12月26日 (2002.12.26)
(33)優先権主張国	日本国(JP)

(73)特許権者　000153878
株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷３９８番地
(72)発明者　瀬尾　哲史
日本国神奈川県厚木市長谷３９８番地　株式会社半導体エネルギー研究所内
(72)発明者　山崎　寛子
日本国神奈川県厚木市長谷３９８番地　株式会社半導体エネルギー研究所内

審査官　磯貝　香苗

最終頁に続く

(54)【発明の名称】有機発光素子

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

第一の発光領域と、前記第一の発光領域に比べて発光スペクトルの最大ピークが長波長側に位置する第二の発光領域と、を少なくとも有する電界発光層を、陽極と陰極との間に設けた有機発光素子において、

前記第二の発光領域における発光は三重項励起状態からの発光であり、かつ、前記第二の発光領域は前記第一の発光領域から離れて位置し、

前記第二の発光領域は、ホスト材料と、三重項励起状態からの発光を示すイリジウム錯体を含むゲスト材料と、からなり、

前記第一の発光領域は、前記第二の発光領域のホスト材料とは異なるホスト材料と、一重項励起状態からの発光を示す一種または複数種のゲスト材料と、からなることを特徴とする有機発光素子。

【請求項２】

第一の発光領域と、前記第一の発光領域に比べて発光スペクトルの最大ピークが長波長側に位置する第二の発光領域と、を少なくとも有する電界発光層を、陽極と陰極との間に設けた有機発光素子において、

前記第二の発光領域における発光は三重項励起状態からの発光であり、かつ、前記第二の発光領域は前記第一の発光領域から離れて位置し、

前記第二の発光領域は、ホスト材料と、三重項励起状態からの発光を示すゲスト材料と、からなり、

前記第一の発光領域は、前記第二の発光領域のホスト材料とは異なるホスト材料と、一重項励起状態からの発光を示す一種または複数種のゲスト材料と、からなり、
前記第一の発光領域における発光スペクトルは、４００ｎｍ以上５００ｎｍ以下の領域に少なくとも一つのピークを有することを特徴とする有機発光素子。
【請求項３】
第一の発光領域と、前記第一の発光領域に比べて発光スペクトルの最大ピークが長波長側に位置する第二の発光領域と、を少なくとも有する電界発光層を、陽極と陰極との間に設けた有機発光素子において、
前記第二の発光領域における発光は三重項励起状態からの発光であり、かつ、前記第二の発光領域は前記第一の発光領域から離れて位置し、
前記第二の発光領域は、ホスト材料と、三重項励起状態からの発光を示すゲスト材料と、からなり、
前記第一の発光領域は、前記第二の発光領域のホスト材料とは異なるホスト材料と、一重項励起状態からの発光を示す一種または複数種のゲスト材料と、からなり、
前記第一の発光領域における発光スペクトルは、４００ｎｍ以上５６０ｎｍ以下の領域に少なくとも二つのピークを有することを特徴とする有機発光素子。
【請求項４】
第一の発光領域と、前記第一の発光領域に比べて発光スペクトルの最大ピークが長波長側に位置する第二の発光領域と、を少なくとも有する電界発光層を、陽極と陰極との間に設けた有機発光素子において、
前記第二の発光領域における発光は三重項励起状態からの発光であり、かつ、前記第二の発光領域は前記第一の発光領域から離れて位置し、
前記第二の発光領域は、ホスト材料と、三重項励起状態からの発光を示すゲスト材料と、からなり、
前記第一の発光領域は、前記第二の発光領域のホスト材料とは異なるホスト材料と、一重項励起状態からの発光を示す一種または複数種のゲスト材料と、からなり、
前記第一の発光領域は、前記第二の発光領域よりも陽極側に位置し、
前記第一の発光領域と前記第二の発光領域との間には、前記第一の発光領域に含まれる物質のうち最も大きいイオン化ポテンシャルを有する物質に比べてさらに大きいイオン化ポテンシャルを有するホールブロック材料からなるホールブロック層が設けられていることを特徴とする有機発光素子。
【請求項５】
請求項４に記載の有機発光素子において、前記第二の発光領域のホスト材料と前記ホールブロック材料とは同じ材料であることを特徴とする有機発光素子。
【請求項６】
請求項４又は請求項５に記載の有機発光素子において、前記ホールブロック材料のイオン化ポテンシャル値が、前記第一の発光領域に含まれる物質のうち最も大きいイオン化ポテンシャルを有する物質のイオン化ポテンシャル値に比べ、０．４ｅＶ以上大きいことを特徴とする有機発光素子。
【請求項７】
請求項１項乃至請求項４のいずれか一項に記載の有機発光素子において、前記第一の発光領域と前記第二の発光領域との間隔は、１ｎｍ以上３０ｎｍ以下であることを特徴とする有機発光素子。
【請求項８】
請求項１又は請求項４に記載の有機発光素子において、前記第一の発光領域における発光スペクトルは、４００ｎｍ以上５００ｎｍ以下の領域に少なくとも一つのピークを有することを特徴とする有機発光素子。
【請求項９】
請求項１又は請求項４に記載の有機発光素子において、前記第一の発光領域における発光スペクトルは、４００ｎｍ以上５６０ｎｍ以下の領域に少なくとも二つのピークを有す

ることを特徴とする有機発光素子。
【請求項１０】
請求項１項乃至請求項７のいずれか一項に記載の有機発光素子において、前記第二の発光領域における発光スペクトルは、５６０ｎｍ以上７００ｎｍ以下の領域に少なくとも一つのピークを有することを特徴とする有機発光素子。
【請求項１１】
請求項１又は請求項４に記載の有機発光素子において、前記第一の発光領域における発光スペクトルは、４００ｎｍ以上５００ｎｍ以下の領域に少なくとも一つのピークを有し、かつ、前記第二の発光領域における発光スペクトルは、５６０ｎｍ以上７００ｎｍ以下の領域に少なくとも一つのピークを有することを特徴とする有機発光素子。
【請求項１２】
請求項１又は請求項４に記載の有機発光素子において、前記第一の発光領域における発光スペクトルは、４００ｎｍ以上５６０ｎｍ以下の領域に少なくとも二つのピークを有し、かつ、前記第二の発光領域における発光スペクトルは、５６０ｎｍ以上７００ｎｍ以下の領域に少なくとも一つのピークを有することを特徴とする有機発光素子。
【請求項１３】
請求項１乃至請求項４のいずれか一項に記載の有機発光素子において、前記第一の発光領域における発光は、エキシマー発光を含むことを特徴とする有機発光素子。
【請求項１４】
請求項２乃至請求項４のいずれか一項に記載の有機発光素子において、前記第二の発光領域における発光は、有機金属錯体からの発光であることを特徴とする有機発光素子。
【請求項１５】
請求項１４に記載の有機発光素子において、前記有機金属錯体は、イリジウム錯体であることを特徴とする有機発光素子。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、陽極と、陰極と、電界を加えることで発光が得られる有機化合物を含む層（以下、「電界発光層」と記す）と、を有する有機発光素子、およびそれを用いた発光装置に関する。また特に、白色発光を呈する有機発光素子、およびそれを用いたフルカラーの発光装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
有機発光素子は電界を加えることにより発光する素子であり、その発光機構はキャリア注入型である。すなわち、電極間に電界発光層を挟んで電圧を印加することにより、陰極から注入された電子および陽極から注入されたホールが電界発光層中で再結合して励起状態の分子（以下、「励起分子」と記す）を形成し、その励起分子が基底状態に戻る際にエネルギーを放出して発光する。
【０００３】
なお、有機化合物が形成する励起状態の種類としては、一重項励起状態と三重項励起状態が可能であり、一重項励起状態からの発光が蛍光、三重項励起状態からの発光が燐光と呼ばれている。
【０００４】
このような有機発光素子において、通常、電界発光層は１μｍを下回るほどの薄膜で形成される。また、有機発光素子は、電界発光層そのものが光を放出する自発光型の素子であるため、従来の液晶ディスプレイに用いられているようなバックライトも必要ない。したがって、有機発光素子は極めて薄型軽量に作製できることが大きな利点である。
【０００５】
また、例えば１００～２００ｎｍ程度の電界発光層において、キャリアを注入してから再結合に至るまでの時間は、電界発光層のキャリア移動度を考えると数十ナノ秒程度で

あり、キャリアの再結合から発光までの過程を含めてもマイクロ秒以内のオーダーで発光に至る。したがって、非常に応答速度が速いことも特長の一つである。

【０００６】

さらに、有機発光素子はキャリア注入型の発光素子であるため、直流電圧での駆動が可能であり、ノイズが生じにくい。駆動電圧に関しては、まず電界発光層の厚みを１００ｎｍ程度の均一な超薄膜とし、また、電界発光層に対するキャリア注入障壁を小さくするような電極材料を選択し、さらにはヘテロ構造（二層構造）を導入することによって、５．５Ｖで１００ｃｄ／ｍ^{2}の十分な輝度が達成された（非特許文献１参照）。

【０００７】

こういった薄型軽量・高速応答性・直流低電圧駆動などの特性から、有機発光素子は次世代のフラットパネルディスプレイ素子として注目されている。また、自発光型であり視野角が広いことから、視認性も比較的良好であり、特に携帯機器の表示画面に用いる素子として有効と考えられている。

【０００８】

さらに、このような有機発光素子は、発光色のバリエーションに富んでいることも特色の一つである。このような色彩の豊かさの要因は、有機化合物自体の多様性にある。すなわち、分子設計（例えば置換基の導入）等により様々な発光色の材料を開発できるという柔軟性が、色彩の豊かさを生んでいるのである。

【０００９】

これらの観点から、有機発光素子の最も大きな応用分野は、フルカラーのフラットパネルディスプレイであると言っても過言ではない。有機発光素子の特徴を考慮し、様々なフルカラー化の手法が考案されているが、現在、有機発光素子を用いてフルカラーの発光装置を作製する構成として、三つの主流が挙げられる。

【００１０】

一つ目は、光の三原色である赤色（Ｒ）、緑色（Ｇ）、青色（Ｂ）のそれぞれの発光色を呈する有機発光素子を、シャドウマスク技術を用いて塗り分け、それぞれを画素とする手法である（以下、「ＲＧＢ方式」と記す）。二つ目は、青色の有機発光素子を発光源として用い、その青色の光を蛍光材料からなる色変換材料（ＣＣＭ）によって緑色あるいは赤色に変換することで、光の三原色を得る手法である（以下、「ＣＣＭ方式」と記す）。三つ目は、白色の有機発光素子を発光源として用い、液晶表示装置などで用いられているカラーフィルター（ＣＦ）を設けることで、光の三原色を得る手法である（以下、「ＣＦ方式」と記す）。

【００１１】

この中で、ＣＣＭ方式やＣＦ方式は、用いる有機発光素子が青色（ＣＣＦ方式）ないしは白色（ＣＦ方式）の単色であるため、ＲＧＢ方式のようなシャドウマスクによる精緻な塗り分けは必要ない。また、色変換材料やカラーフィルターは従来のフォトリソグラフィ技術により作製できるものであり、複雑な工程も入らない。さらに、これらのプロセス上のメリットの他、一種類の素子しか用いないために、輝度の経時変化が均一であり、経時的な色ずれや輝度ムラは生じないという利点もある。

【００１２】

ただし、ＣＣＭ方式を用いた場合、原理的に青色から赤色への色変換効率が悪いため、赤色の表示に問題が生じる。また、色変換材料自体が蛍光体であるため、太陽光などの外光によって画素が発光してしまい、コントラストが悪化するという問題点もある。ＣＦ方式は従来の液晶ディスプレイと同様、カラーフィルターを用いているため、そのような問題点はない。

【００１３】

以上のことから、ＣＦ方式は比較的欠点の少ない手法ではあるが、ＣＦ方式の問題点は、多くの光がカラーフィルターに吸収されてしまうため、発光効率の高い白色の有機発光素子が必要なことである。白色有機発光素子としては、Ｒ、Ｇ、Ｂの各波長領域にピークを有する白色発光ではなく、補色の関係（例えば青色と黄色）を組み合わせた素子（以

下、「２波長型白色発光素子」と記す）が主流である（例えば、非特許文献２参照）。
【００１４】
しかしながら、カラーフィルターと組み合わせた発光装置を考慮した場合、非特許文献２で報告されているような２波長型白色発光素子ではなく、Ｒ、Ｇ、Ｂの各波長領域にそれぞれピークを有する発光スペクトルを持つ白色有機発光素子（以下、「３波長型白色発光素子」と記す）が望ましい。
【００１５】
このような３波長型白色発光素子に関しても、いくつかの報告はなされている（例えば、非特許文献３参照）。しかしながら、このような３波長型白色発光素子は、発光効率の点で２波長型白色発光素子に及ばず、より大きな改善が必要である。
【００１６】
また、２波長型、３波長型を問わず、白色の発光は照明等への応用も可能である。そのような意味でも、高効率な白色有機発光素子の開発が望まれている。
【非特許文献１】
Ｃ．Ｗ．タン（Ｃ．Ｗ．Ｔａｎｇ）ら、アプライド　フィジクス　レターズ、Ｖｏｌ．５１，Ｎｏ．１２，９１３－９１５（１９８７）
【非特許文献２】
城戸ら、「第４６回応用物理学関係連合講演会」、ｐ１２８１、２８ａ－ＺＤ－２５（１９９９）
【非特許文献３】
Ｊ．キド（Ｊ．Ｋｉｄｏ）ら、サイエンス、ｖｏｌ．２６７，１３３２－１３３４（１９９５）
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【００１７】
そこで本発明では、発光効率が高い白色有機発光素子を提供することを課題とする。また特に、赤色、緑色、青色の各波長領域にピークを有する発光スペクトルを持つ高効率な白色有機発光素子を提供することを課題とする。
【００１８】
さらに、前記有機発光素子を用いて発光装置を作製することにより、従来よりも消費電力の低い発光装置を提供することを課題とする。なお、本明細書中における発光装置とは、有機発光素子を用いた発光デバイスや画像表示デバイスを指す。また、有機発光素子にコネクター、例えばフレキシブルプリント基板（ＦＰＣ：Ｆｌｅｘｉｂｌｅ　Ｐｒｉｎｔｅｄ　Ｃｉｒｃｕｉｔ）もしくはＴＡＢ（Ｔａｐｅ　Ａｕｔｏｍａｔｅｄ　Ｂｏｎｄｉｎｇ）テープもしくはＴＣＰ（Ｔａｐｅ　Ｃａｒｒｉｅｒ　Ｐａｃｋａｇｅ）が取り付けられたモジュール、ＴＡＢテープやＴＣＰの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または有機発光素子にＣＯＧ（Ｃｈｉｐ　Ｏｎ　Ｇｌａｓｓ）方式によりＩＣ（集積回路）が直接実装されたモジュールも全て発光装置に含むものとする。
【課題を解決するための手段】
【００１９】
白色発光のスペクトル、特に赤色、緑色、青色の各波長領域にピークを有する発光スペクトルの場合、最も発光効率の悪いスペクトル領域は赤色の領域であると考えられる。一般に、赤色発光材料の発光効率が他に比べて悪いためである。これに鑑み、本発明は、赤色系の燐光材料を導入することにより、高効率な白色有機発光素子を実現するものである。
【００２０】
燐光材料とは、三重項励起状態を発光に変換できる材料、すなわち燐光を放出できる材料のことである。有機発光素子においては、一重項励起状態と三重項励起状態が１：３の割合で生成すると考えられているため、燐光材料を用いることにより高い発光効率を達成できることが知られている。

【００２１】
しかしながら、非特許文献２で示されているような白色有機発光素子の構造に対して赤色の燐光材料を導入した場合、その赤色のみが発光してしまい、青色や緑色などの他の成分が観測されなくなってしまう。その結果、白色発光は得られない。すなわち、燐光材料は自身よりも大きい励起エネルギーを容易に自身の発光に変換してしまうため、赤色系の燐光材料を導入した白色有機発光素子は実現し難いと言える。
【００２２】
本発明者は、鋭意検討を重ねた結果、以下に示す素子構造を適用することにより、赤色系の燐光材料を導入した白色有機発光素子を実現できることを見出した。
【００２３】
すなわち、本発明の構成は、第一の発光領域と、前記第一の発光領域に比べて発光スペクトルの最大ピークが長波長側に位置する第二の発光領域と、を有する電界発光層を、陽極と陰極との間に設けた有機発光素子において、前記第二の発光領域における発光は三重項励起状態からの発光であり、かつ、前記第二の発光領域は前記第一の発光領域から離れて位置することを特徴とするものである。
【００２４】
なお、前記第二の発光領域は、ホスト材料と、三重項励起状態からの発光を示すゲスト材料と、からなる構成であることが好ましい。
【００２５】
また、これらの構成は、前記第一の発光領域からの発光が一重項励起状態からの発光である場合に、特に有効である。したがって本発明では、前記第一の発光領域における発光が一重項励起状態からの発光であることを特徴とする。なお、この場合、前記第一の発光領域の構成としては、ホスト材料と、一重項励起状態からの発光を示す一種または複数のゲスト材料と、からなる構成が好ましい。
【００２６】
さらに、上述した本発明の有機発光素子においてさらに好ましい構成は、前記第一の発光領域が、前記第二の発光領域よりも陽極側に位置する構成である。この場合、キャリアの再結合領域を第一の発光領域付近に設計するために、前記第一の発光領域と前記第二の発光領域との間には、前記第一の発光領域に含まれる物質のうち最も大きいイオン化ポテンシャルを有する物質に比べてさらに大きいイオン化ポテンシャルを有するホールブロック材料からなる層が設けられていることが好ましい。なお、前記ホールブロック材料のイオン化ポテンシャル値は、前記第一の発光領域に含まれる物質のうち最も大きいイオン化ポテンシャルを有する物質のイオン化ポテンシャル値に比べ、０．４ｅＶ以上大きいことが好ましい。
【００２７】
また、本発明の構成において、前記第一の発光領域と前記第二の発光領域の両方を効率よく発光させるため、前記第一の発光領域と前記第二の発光領域との距離は、１ｎｍ以上３０ｎｍ以下であることが好ましい。さらに好ましくは、５ｎｍ以上２０ｎｍ以下である。
【００２８】
ところで、本発明の主旨の一つは、高効率な白色有機発光素子を作製することであるが、この時、前記第一の発光領域から発生する短波長側の光と、前記第二の発光領域から発生する長波長側の光とをバランス良く組み合わせることで、高品質な白色発光が実現できる。したがって、第一の発光領域の発光波長と、第二の発光領域の発光波長は、以下に示す条件であることが好ましい。
【００２９】
すなわち本発明では、前記第一の発光領域における発光スペクトルは、４００ｎｍ以上５００ｎｍ以下の領域に少なくとも一つのピークを有することを特徴とする。あるいは、４００ｎｍ以上５６０ｎｍ以下の領域に少なくとも二つのピークを有することを特徴とする。

【００３０】
　また、前記第二の発光領域における発光スペクトルは、５６０ｎｍ以上７００ｎｍ以下の領域に少なくとも一つのピークを有することを特徴とする。
【００３１】
　上述のような波長領域の発光を呈する前記第一の発光領域と前記第二の発光領域を組み合わせることで、高効率かつ高品質な白色有機発光素子を得ることができる。
【００３２】
　ここで、前記第一の発光領域における発光として、エキシマー発光を利用することもできる。このような構成とすることで、前記第一の発光領域から二つのピークを有する発光を容易に取り出すことができるため、前記第二の発光領域からの発光も合わせることで、Ｒ、Ｇ、Ｂの各波長領域にピークを有する白色発光をも容易に実現できる。したがって本発明では、前記第一の発光領域における発光スペクトルが４００ｎｍ以上５６０ｎｍ以下の領域に少なくとも二つのピークを有する場合に、前記第一の発光領域における発光がエキシマー発光を含むことを特徴とする。
【００３３】
　ところで、上述した本発明の有機発光素子において、前記第二の発光領域における発光は三重項励起状態からの発光であるが、このような発光を示す材料としては、有機金属錯体を用いることが好ましい。また特に、発光効率の高さから、イリジウムまたは白金を中心金属とする有機金属錯体を用いることが好ましい。
【００３４】
　以上で述べたような本発明の有機発光素子を用いて発光装置を作製することで、従来よりも消費電力の低い発光装置を提供することができる。したがって本発明は、本発明の有機発光素子を用いた発光装置も含むものとする。
【発明の効果】
【００３５】
　本発明を実施することで、発光効率が高い白色有機発光素子を提供することができる。また特に、赤色、緑色、青色の各波長領域にピークを有する発光スペクトルを持つ高効率な白色有機発光素子を提供することができる。さらに、前記有機発光素子を用いて発光装置を作製することにより、従来よりも消費電力の低い発光装置を提供することができる。
【発明を実施するための最良の形態】
　本発明の実施形態について、以下に説明する。
【００３６】
（実施の形態１）
　以下では、本発明の実施形態について、動作原理および具体的な構成例を挙げて詳細に説明する。なお、有機発光素子は、発光を取り出すためにどちらかの電極の一方が透明であれば良い。したがって、基板上に透明な電極を形成し、基板側から光を取り出す従来の素子構造だけではなく、実際は、基板とは逆側から光を取りだす構造や、電極の両側から光を取り出す構造も適用可能である。
【００３７】
　まず、第一の発光領域と、前記第一の発光領域に比べて発光スペクトルの最大ピークが長波長側に位置する第二の発光領域と、二つの発光領域を有する従来の白色有機発光素子に関し、その基本構成の一例を図９に示す。
【００３８】
　図９は、基本的にはホール輸送材料９２１からなるホール輸送層９１１と電子輸送材料９２２からなる電子輸送層９１２との積層構造（電界発光層９０３）を、陽極９０１と陰極９０２との間に挟んだ有機発光素子の構造である。ただし、ホール輸送層９１１に第一のドーパント９２３を添加した第一の発光領域９１３と、電子輸送層９１２に第二のドーパント９２４を添加した第二の発光領域９１４とを設けている。すなわち、ホール輸送材料９２１や電子輸送材料９２２は、それぞれホスト材料としても機能している。さらに

、それら第一の発光領域９１３および第二の発光領域９１４は共に、ホール輸送層９１１と電子輸送層９１２との界面９１５近傍に存在する。

【００３９】

このような構造においては、キャリアの再結合領域は界面９１５近傍である。そして、その界面９１５近傍には第一のドーパント９２３と第二のドーパント９２４の二種類が共に存在しているため、発光過程はその二種類のドーパント間で競合される。この時、この二種類のドーパントが共に蛍光材料であれば、その励起寿命はどちらも同様に短いので、フェルスター型のエネルギー移動の条件（どちらかのドーパントの発光波長と、もう一方のドーパントの吸収波長とが重なる）を十分に満たしてしまわない限り、二種類とも発光することができる。その結果、白色発光が実現できる。

【００４０】

例えば、非特許文献２で示されている白色有機発光素子の構造は、図９においてもう一つの電子輸送層と電子注入層をさらに加えたものであるが、基本的な原理は同様である。すなわち、ホール輸送層９１１には青色発光材料であるペリレンを第一のドーパント９２３として導入し、電子輸送層９１２には橙色発光材料であるＤＣＭ１を第二のドーパント９２４として導入し、白色発光を得ている。

【００４１】

一方、本発明の主旨は、赤色系の燐光材料を白色有機発光素子に導入し、高効率化を狙うものである。しかしながら、上述の図９の構造に対し、第二のドーパント９２４として赤色系の燐光材料を導入しても、白色発光は得られない。例えば、第一のドーパント９２３として青色発光材料であるペリレンを、第二のドーパント９２４として赤色燐光材料である２，３，７，８，１２，１３，１７，１８－オクタエチル－２１Ｈ，２３Ｈ－ポルフィリン－白金錯体（以下、ＰｔＯＥＰと示す）を用いた素子を作製しても、ＰｔＯＥＰの赤色発光のみしか観測されない（比較例１にて後述）。このことは、以下のように説明される。

【００４２】

まず、この素子構造において白色発光を得るためには、少なくとも第一のドーパント９２３であるペリレンが発光しなければならない。すなわち、ペリレンの一重項励起状態がそのまま発光することが最低限の条件となる。

【００４３】

ところが、図１０（ａ）に示すように、ＰｔＯＥＰに限らず燐光材料の多くはイオン化ポテンシャルが小さい（ＨＯＭＯ準位１００１の位置が高い）ため、ホールに対して深いトラップ準位を形成する。したがって、ＰｔＯＥＰがホールをトラップしてしまい、ペリレンが励起されることなくＰｔＯＥＰが直接励起されてしまう可能性が高い。

【００４４】

また、ＰｔＯＥＰに代表される燐光材料の多くは、三重項ＭＬＣＴと呼ばれる幅広い吸収帯を可視光領域に有する（これが燐光材料の三重項最低励起状態に対応する）。加えて、フェルスター型のエネルギー移動の場合、ある分子の一重項励起状態から他の分子の三重項励起状態へのエネルギー移動を許容する。このことは、図１０（ｂ）に示すように、可視光領域に発光を有する物質（ここではペリレン）がたとえ励起状態になったとしても、その一重項励起状態S_{D1}から燐光材料（ここではＰｔＯＥＰ）の三重項励起状態T_{D2}へのフェルスター型エネルギー移動１０１１が容易に起こりうることを意味する。したがって、ペリレンの発光は観測されにくくなる。なお、ここではペリレンの三重項励起状態を考慮していないが、ペリレンは蛍光材料であるため、三重項励起状態は失活するか、またはＰｔＯＥＰへエネルギー移動してしまう。

【００４５】

さらに、三重項ＭＬＣＴ吸収は一般にそのバンド幅が広いため、ペリレンのような青色発光の物質だけでなく、緑色系の発光を呈する物質からのエネルギー移動でさえも誘起してしまう。この現象は、第一の発光領域における発光物質としてペリレンのような蛍光材料を使用した場合だけではなく、燐光材料を使用した場合でも同様に起こる。ゆえに、

赤色系の燐光材料を導入した白色有機発光素子は実現し難い。

【００４６】

この問題を克服する手法は、第一の発光領域と第二の発光領域との距離を離し、第一の発光領域の励起状態（特に一重項励起状態）が、第二の発光領域の三重項励起状態へエネルギー移動するのを防ぐことである。このような本発明の基本構成の一例を図１に示す。

【００４７】

図１は、ホール輸送材料１２１からなるホール輸送層１１１に対して第一のドーパント（ここでは蛍光材料とする）１２３を添加することで、第一の発光領域１１３を形成している。また、電子輸送材料１２２からなる電子輸送層１１２に対して第二のドーパント（燐光材料）１２４を添加することで、第二の発光領域１１４を形成している。また発光波長は、第一のドーパント１２３よりも第二のドーパント（燐光材料）１２４の方が長波長となる構成である。さらに、第一の発光領域１１３と第二の発光領域１１４との間には、第二のドーパント（燐光材料）１２４が添加されていない層１１６（以下、「間隔層」と記す）がｄの厚さで設けられており、この点が図９とは異なる。なおここでは、間隔層１１６は電子輸送性を有するものとする。また、１０１は陽極、１０２は陰極、１０３は電界発光層である。

【００４８】

この時、間隔層１１６が電子輸送性を有するため、この構造における再結合領域は、第一の発光領域１１３と間隔層１１６との界面１１５近傍である。しかも、図２（ａ）に示すように、距離ｄのおかげで第二のドーパント（燐光材料）のＨＯＭＯ準位２０１が直接ホールをトラップすることはない。したがって、まず、第一のドーパント１２３が励起されることになる。励起状態としては、一重項励起状態S_{D1}と三重項励起状態T_{D1}がある。

【００４９】

ここで、図２（ｂ）に示すとおり、間隔層１１６により第一のドーパントと第二のドーパント（燐光材料）との距離がｄだけ離れているため、先に述べた$S_{D1}\rightarrow T_{D2}$のフェルスター型エネルギー移動２１１の寄与は小さくなる（距離ｄが大きくなると急激に減衰する）。その分、$S_{D1}\rightarrow G_{D1}$すなわち第一のドーパントの発光$h\nu_{D1}$が観測されるようになる。

【００５０】

一方、第一のドーパントはここでは蛍光材料としているため、三重項励起状態T_{D1}は発光できないが、第二のドーパント（燐光材料）の三重項励起状態T_{D2}にエネルギー移動できる。そして、三重項励起分子の励起寿命は通常、一重項励起分子の励起寿命よりも長く、その拡散距離が大きいため、先に述べた$S_{D1}\rightarrow T_{D2}$のエネルギー移動２１１に比べて、$T_{D1}\rightarrow T_{D2}$のエネルギー移動２１２は距離ｄの影響を受けにくい。したがって、距離ｄをある程度離しても、$T_{D1}\rightarrow T_{D2}$のエネルギー移動は効果的に生じ、次いで第二のドーパント（燐光材料）の三重項励起状態T_{D2}は速やかに発光$h\nu_{D2}$に変換される。

【００５１】

以上で述べたように、本発明の素子構造を適用することにより、第一のドーパントおよび第一のドーパントよりも長波長側の発光を示す第二のドーパント（燐光材料）の両方を発光させることができるため、白色発光が達成される。

【００５２】

なお、図１で示した素子構造では、第二の発光領域において燐光材料をドーパントとして用いているが、燐光材料を単独で用いてもよい。

【００５３】

また、第一の発光領域における発光体としては、燐光材料を適用してもよいが、図１で示したように蛍光材料を用いた方が好ましい。この場合、生じた一重項励起状態は主に第一の発光領域で、生じた三重項励起状態は第二の発光領域でそれぞれ発光に寄与するた

め、一重項・三重項双方の励起状態を発光に寄与させることができ、効率の向上が見込まれるからである。また、発光のメカニズムがわかりやすく、素子設計も行いやすい。

【００５４】

さらに本発明の第一の発光領域では、ドーパントを用いず、単独で発光を示す層を適用しても良い。ただし、ドーパントを用いた方が一般に発光効率が高いため、図１で示したようにドーパントを用いた方が好ましい。また、上述の通り、第一の発光領域における発光体としては蛍光材料が好ましいため、第一の発光領域では蛍光材料をドーパントとして適用するのが最適である。その場合、ドーパントの種類は複数でも良い。

【００５５】

なお、図１で示した素子構造は本発明の一例であり、本発明の主旨からはずれない限りこれに限定されることはない。例えば図１において、ホール輸送層１１１の方に第二のドーパント（燐光材料）をドープし、電子輸送層１１２の方に第一のドーパントをドープするという構成（すなわちこの場合、第二の発光領域が１１３、第一の発光領域が１１４となる）にしてもよい。この場合、間隔層１１６をホール輸送性の材料で構成し、キャリアの再結合領域を間隔層１１６と電子輸送層１１２との界面に設計する必要がある。

【００５６】

また、図１では図示していないが、陽極１０１とホール輸送層１１１との間には、ホール注入層や、ホール輸送材料１２１以外のホール輸送材料からなるホール輸送層を挿入してもよい。さらに、陰極１０２と電子輸送層１１２との間には、電子注入層や、電子輸送材料１２２以外の電子輸送材料からなる電子輸送層を挿入してもよい。

【００５７】

ところで、上述したとおり、本発明では第一の発光領域においてまず励起状態を形成し、部分的に第二の発光領域へエネルギー移動させる点に着目している。そのような観点からは、図１で示した構造のように、第一の発光領域１１３を第二の発光領域１１４よりも陽極側に設計することが好ましい。なぜならば、この時、間隔層１１６としてホールブロック材料からなるホールブロック層を適用することにより、効果的にホールはホール輸送層１１１内に閉じこめられるため、キャリアの再結合領域を第一の発光領域１１３に確定することができるからである。

【００５８】

なお、ホールブロック材料のイオン化ポテンシャル値は、第一の発光領域１１３に含まれる物質のうち最も大きいイオン化ポテンシャルを有する物質のイオン化ポテンシャル値に比べ、０．４ｅＶ以上大きいことが好ましい。また、図１のように第一の発光領域１１３がドーパントを有している場合、実質的には、間隔層１１６に用いるホールブロック材料のイオン化ポテンシャル値が、第一の発光領域におけるホストであるホール輸送材料１２１のイオン化ポテンシャル値より大きい（好ましくは０．４ｅＶ以上大きい）ことが重要である。

【００５９】

このような素子設計により、第一の発光領域においてまず励起状態を形成し、部分的に第二の発光領域へエネルギー移動させることが容易となるが、次に、そのエネルギー移動を左右する距離ｄを設定する必要がある。

【００６０】

まず、ｄを１ｎｍ以上とすることにより、デクスター型のエネルギー移動（電子の波動運動の交換によるエネルギー移動）を防ぐことができるため、エネルギー移動の機構はフェルスター型のみとなり、上述の原理が適用できる。また、３０ｎｍ程度離れると、図２（ｂ）で述べた$T_{D1} \rightarrow T_{D2}$のエネルギー移動でさえ、かなり減衰してくる傾向にある。したがってｄは、１ｎｍ以上３０ｎｍ以下が適切な範囲である。

【００６１】

ただし、第二の発光領域の燐光材料がホールを直接トラップすることを防ぐ（図２（ａ）参照）ためには、ｄは５ｎｍ以上とすることが好ましい。また、図２（ｂ）における$S_{D1} \rightarrow T_{D2}$のエネルギー移動２１１の寄与を小さくした上で、なおかつ$T_{D1} \rightarrow T_{D}$

$_2$のエネルギー移動２１２が十分に起きるための適切な距離は、５～２０ｎｍ程度である。したがってｄは、５ｎｍ以上２０ｎｍ以下がさらに好ましい。

【００６２】

以上では、本発明により赤色系の燐光材料を導入した白色有機発光素子が実現できる原理を説明した。次に、発光色を高品質な白色とするための好ましい波長範囲を例示する。

【００６３】

まず、第一の発光領域における発光スペクトルは、４００ｎｍ以上５００ｎｍ以下の領域に少なくとも一つのピークを有するか、または４００ｎｍ以上５６０ｎｍ以下の領域に少なくとも二つのピークを有することにより、第二の発光領域における赤色系の燐光材料の発光色と組み合わせ、白色光を実現できる。この時、前記燐光材料の発光スペクトルは赤色系、すなわち５６０ｎｍ以上７００ｎｍ以下の領域に少なくとも一つのピークを有すればよい。

【００６４】

また、例えば、第一の発光領域にエキシマー発光可能な第一のドーパントを添加すれば、そのドープ濃度を最適化させることにより、第一のドーパント固有の発光とそのエキシマー発光とを同時に発光させることができる。エキシマー発光は、前記固有の発光よりも必ず長波長側に位置するため、一つの物質から二つの発光ピークを引き出すことができる。この現象と第二の発光領域における赤色系の発光色を組み合わせることにより、Ｒ、Ｇ、Ｂの各波長領域にピークを有する発光スペクトルも可能となる。

【００６５】

以下では、本発明に用いることのできる材料を、具体的に例示する。ただし、本発明に適用できる材料は、これらに限定されるものではない。

【００６６】

ホール注入層に用いるホール注入材料としては、有機化合物であればポルフィリン系の化合物が有効であり、フタロシアニン（略称：Ｈ$_2$－Ｐｃ）、銅フタロシアニン（略称：Ｃｕ－Ｐｃ）等を用いることができる。また、導電性高分子化合物に化学ドーピングを施した材料もあり、ポリスチレンスルホン酸（略称：ＰＳＳ）をドープしたポリエチレンジオキシチオフェン（略称：ＰＥＤＯＴ）や、ポリアニリン（略称：ＰＡｎｉ）、ポリビニルカルバゾール（略称：ＰＶＫ）などを用いることもできる。また、五酸化バナジウムや酸化アルミニウムなど、無機絶縁体の超薄膜も有効である。

【００６７】

ホール輸送材料としては、芳香族アミン系（すなわち、ベンゼン環－窒素の結合を有するもの）の化合物が好適である。広く用いられている材料として、例えば、Ｎ，Ｎ’－ビス（３－メチルフェニル）－Ｎ，Ｎ’－ジフェニル－１，１’－ビフェニル－４，４’－ジアミン（略称：ＴＰＤ）や、その誘導体である４，４’－ビス［Ｎ－（１－ナフチル）－Ｎ－フェニル－アミノ］－ビフェニル（略称：α－ＮＰＤ）などがある。また、４，４’，４’’－トリス（Ｎ，Ｎ－ジフェニル－アミノ）－トリフェニルアミン（略称：ＴＤＡＴＡ）や、４，４’，４’’－トリス［Ｎ－（３－メチルフェニル）－Ｎ－フェニル－アミノ］－トリフェニルアミン（略称：ＭＴＤＡＴＡ）などのスターバースト型芳香族アミン化合物が挙げられる。

【００６８】

電子輸送材料としては、トリス（８－キノリノラト）アルミニウム（略称：Ａｌｑ$_3$）、トリス（４－メチル－８－キノリノラト）アルミニウム（略称：Ａｌｍｑ$_3$）、ビス（１０－ヒドロキシベンゾ［ｈ］－キノリナト）ベリリウム（略称：ＢｅＢｑ$_2$）、ビス（２－メチル－８－キノリノラト）－（４－ヒドロキシ－ビフェニリル）－アルミニウム（略称：ＢＡｌｑ）、ビス［２－（２－ヒドロキシフェニル）－ベンゾオキサゾラト］亜鉛（略称：Ｚｎ（ＢＯＸ）$_2$）、ビス［２－（２－ヒドロキシフェニル）－ベンゾチアゾラト］亜鉛（略称：Ｚｎ（ＢＴＺ）$_2$）などの金属錯体が挙げられる。さらに、金属錯体以外にも、２－（４－ビフェニリル）－５－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，３

，４－オキサジアゾール（略称：ＰＢＤ）、１，３－ビス［５－（ｐ－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール－２－イル］ベンゼン（略称：ＯＸＤ－７）などのオキサジアゾール誘導体、３－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－４－フェニル－５－（４－ビフェニリル）－１，２，４－トリアゾール（略称：ＴＡＺ）、３－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－４－（４－エチルフェニル）－５－（４－ビフェニリル）－１，２，４－トリアゾール（略称：ｐ－ＥｔＴＡＺ）などのトリアゾール誘導体、２，２’，２”－（１，３，５－ベンゼントリイル）トリス［１－フェニル－１Ｈ－ベンズイミダゾール］（略称：ＴＰＢＩ）のようなイミダゾール誘導体、バソフェナントロリン（略称：ＢＰｈｅｎ）、バソキュプロイン（略称：ＢＣＰ）などのフェナントロリン誘導体を用いることができる。

【００６９】

また、上述の間隔層に用いる材料として有用であるホールブロック材料としては、上で述べたＢＡｌｑ、ＯＸＤ－７、ＴＡＺ、ｐ－ＥｔＴＡＺ、ＴＰＢＩ、ＢＰｈｅｎ、ＢＣＰ等を用いることができる。

【００７０】

また、第一の発光領域における発光体としては、上述したＴＰＤ、α－ＮＰＤなどのホール輸送性を持つ蛍光材料や、$Ａｌｑ_{3}$、$Ａｌｍｑ_{3}$、$ＢｅＢｑ_{2}$、ＢＡｌｑ、$Ｚｎ（ＢＯＸ）_{2}$、$Ｚｎ（ＢＴＺ）_{2}$などの電子輸送性を持つ蛍光材料を用いてもよい。また、各種蛍光色素をドーパントとして用いてもよく、キナクリドン、Ｎ，Ｎ’－ジメチルキナクリドン、ペリレン、フルオランテン、クマリン系色素（クマリン６等）、などが挙げられる。さらに、燐光材料を用いてもよく、トリス（２－フェニルピリジン）イリジウム（略称：$Ｉｒ（ｐｐｙ）_{3}$）等がある。これらは全て、４００ｎｍ以上５６０ｎｍ以下に発光ピークを示すため、本発明の第一の発光領域における発光体として好適である。

【００７１】

一方、第二の発光領域における発光体としては、イリジウムまたは白金を中心金属とする有機金属錯体が有効である。具体的には、先に述べたＰｔＯＥＰの他、ビス（２－（２’－ベンゾチエニル）ピリジナト－Ｎ，$Ｃ^{3'}$）（アセチルアセトナト）イリジウム（略称：$ｂｔｐ_{2}Ｉｒ（ａｃａｃ）$）、ビス（２－（２’－チエニル）ピリジナト－Ｎ，$Ｃ^{3'}$）（アセチルアセトナト）イリジウム（略称：$ｔｈｐ_{2}Ｉｒ（ａｃａｃ）$）、ビス（２－（１－ナフチル）ベンゾオキサゾラト－Ｎ，$Ｃ^{2'}$）（アセチルアセトナト）イリジウム（略称：$ｂｏｎ_{2}Ｉｒ（ａｃａｃ）$）、などが挙げられる。これらはいずれも、赤色系（５６０ｎｍ以上７００ｎｍ以下）に発光ピークを有する燐光材料であり、本発明の第二の発光領域における発光体として好適である。

【００７２】

なお、本発明の第一の発光領域や第二の発光領域にドーパントを用いる場合、そのホスト材料としては、上述した例に代表されるホール輸送材料や電子輸送材料を用いることができる。また、４，４’－Ｎ，Ｎ’－ジカルバゾリル－ビフェニル（略称：ＣＢＰ）などのバイポーラ性の材料も用いることができる。

【００７３】

また、本発明において、有機発光素子中の各層については積層法を限定するものではない。積層が可能ならば、真空蒸着法やスピンコート法、インクジェット法、ディップコート法など、どの様な手法を選んでも良いものとする。

【実施例１】

【００７４】

本実施例では、間隔層の厚さｄを１０ｎｍとした本発明の有機発光素子を、図３を用いて具体的に例示する。なお、図３では、３０１が陽極、３０２が陰極、３０３が電界発光層に相当する。

【００７５】

まず、陽極３０１であるＩＴＯが１００ｎｍ程度成膜されたガラス基板に、ホール輸送材料であるＣｕＰｃを２０ｎｍ蒸着し、ホール注入層３１０とした。次に、ホール輸送

材料であるα－ＮＰＤを３０ｎｍ蒸着してホール輸送層３１１とするが、その最後の１０ｎｍにおいては、α－ＮＰＤ（ホスト材料）と一重項発光材料であるペリレン（ゲスト材料）とをおよそ９９：１の比率（重量比）になるように共蒸着を行った。つまり、α－ＮＰＤに約１ｗｔ％の濃度でペリレンが分散されていることになる。この１０ｎｍの共蒸着層が第一の発光領域３１３である。

【００７６】

第一の発光領域３１３を形成した後、ホールブロック材料（かつ電子輸送材料）であるＢＡｌｑを１０ｎｍ成膜し、間隔層３１６とした。さらに、電子輸送層３１２としてＢＡｌｑを３０ｎｍ蒸着するが、その最初の１０ｎｍにおいては、燐光材料ＰｔＯＥＰが添加された領域を共蒸着にて形成した。添加量は、ＢＡｌｑ中に約７．５ｗｔ％の濃度でＰｔＯＥＰが分散されているように調節した。これが第二の発光領域３１４となる。以上のように、ＢＡｌｑを用いた層は、間隔層３１６と電子輸送層３１２を合わせて合計４０ｎｍとなる。

【００７７】

次に、電子輸送材料であるＡｌｑを２０ｎｍ成膜することで、第二の電子輸送層３１７とした。その後、電子注入層３１８として、フッ化カルシウム（略称：CaF_2）を２ｎｍ蒸着し、最後に陰極としてＡｌを１５０ｎｍ成膜した。これにより、本発明の有機発光素子が得られる。

【００７８】

本実施例１で作製した有機発光素子の特性は、輝度が１０［ｃｄ／m^2］の時の駆動電圧が８．０［Ｖ］、電流効率が４．７［ｃｄ／Ａ］であった。

【００７９】

また、１０［ｃｄ／m^2］時における発光スペクトルを図４（ａ）に示す。４６０ｎｍおよび４８０ｎｍ付近にはペリレン固有の青色の発光スペクトル４０１が、５２０ｎｍ付近にはペリレンのエキシマー発光に由来する緑色のスペクトル４０２が、それぞれ明確に観測された。また、６５０ｎｍ付近には、ＰｔＯＥＰに由来する鋭い赤色のピーク４０３が観測された。

【００８０】

このように、本実施例１においては、赤色系の燐光材料を用い、なおかつＲ、Ｇ、Ｂの各波長領域にそれぞれピークを有する有機発光素子が実現できた。なお、ＣＩＥ色度座標は（ｘ，ｙ）＝（０．３０，０．３５）であり、見た目にも白色発光であった。

【００８１】

以上のように、本実施例１では、図２（ｂ）で示した$S_{D1} \rightarrow T_{D2}$のエネルギー移動がある程度抑制され、ペリレンとＰｔＯＥＰの両方が発光できたと考えられる。

【００８２】

なお、ホール輸送層３１１に用いたα－ＮＰＤと間隔層３１５に用いたＢＡｌｑに関し、イオン化ポテンシャルをそれぞれ測定した（それぞれ薄膜の状態で、光電子分光装置ＡＣ－２（理研計器）を用いて測定した）ところ、α－ＮＰＤは５．３［ｅＶ］、ＢＡｌｑは５．７［ｅＶ］であった。すなわち、両者のイオン化ポテンシャルには約０．４［ｅＶ］の差があるため、ＢＡｌｑが効果的にホールをブロックし、キャリアの再結合領域をホール輸送層３１１内（あるいは第一の発光領域３１３内）に制御しているものと考えられる。

【実施例２】

【００８３】

本実施例では、間隔層の厚さｄを２０ｎｍとした本発明の有機発光素子を、図３を用いて具体的に例示する。

【００８４】

まず、第一の発光領域３１３までは、実施例１と同様に形成する。第一の発光領域３１３を形成した後、ホールブロック材料（かつ電子輸送材料）であるＢＡｌｑを２０ｎｍ成膜し、間隔層３１６とした。さらに、電子輸送層３１２としてＢＡｌｑを２０ｎｍ蒸着

するが、その最初の１０ｎｍにおいては、燐光材料ＰｔＯＥＰが添加された領域を共蒸着にて形成した。添加量は、ＢＡｌｑ中に約７．５ｗｔ％の濃度でＰｔＯＥＰが分散されているように調節した。これが第二の発光領域３１４となる。以上のように、ＢＡｌｑを用いた層は、間隔層３１６と電子輸送層３１２を合わせて合計４０ｎｍとなる。

【００８５】

次に、電子輸送材料であるＡｌｑを２０ｎｍ成膜することで、第二の電子輸送層３１７とした。その後、電子注入層３１８として、CaF_2を２ｎｍ蒸着し、最後に陰極としてＡｌを１５０ｎｍ成膜した。これにより、本発明の有機発光素子が得られる。

【００８６】

本実施例２で作製した有機発光素子の特性は、輝度が１０［ｃｄ／m^2］の時の駆動電圧が８．６［Ｖ］、電流効率が４．６［ｃｄ／Ａ］であった。

【００８７】

また、１０［ｃｄ／m^2］時における発光スペクトルを図４（ｂ）に示す。４６０ｎｍおよび４８０ｎｍ付近にはペリレン固有の青色の発光スペクトル４０１が、５２０ｎｍ付近にはペリレンのエキシマー発光に由来する緑色のスペクトル４０２が、それぞれ明確に観測された。また、６５０ｎｍ付近には、ＰｔＯＥＰに由来する鋭い赤色のピーク４０３が観測された。

【００８８】

このように、本実施例２においても、赤色系の燐光材料を用い、なおかつＲ、Ｇ、Ｂの各波長領域にそれぞれピークを有する有機発光素子が実現できた。なお、ＣＩＥ色度座標は（ｘ，ｙ）＝（０．２５，０．３６）であり、見た目にはやや青みを帯びた白色発光であった。

【００８９】

以上のように、本実施例２では、図２（ｂ）で示した$S_{D1} \rightarrow T_{D2}$のエネルギー移動がほぼ完全に抑制され、ペリレンとＰｔＯＥＰの両方が発光できたと考えられる。

【実施例３】

【００９０】

本実施例では、間隔層の厚さｄを３０ｎｍとした本発明の有機発光素子を、図３を用いて具体的に例示する。

【００９１】

まず、第一の発光領域３１３までは、実施例１や実施例２と同様に形成する。第一の発光領域３１３を形成した後、ホールブロック材料（かつ電子輸送材料）であるＢＡｌｑを３０ｎｍ成膜し、間隔層３１６とした。さらに、第二の発光領域３１４として、ＢＡｌｑに燐光材料ＰｔＯＥＰが添加された領域を共蒸着にて１０ｎｍ形成した。添加量は、ＢＡｌｑ中に約７．５ｗｔ％の濃度でＰｔＯＥＰが分散されているように調節した。以上のように、ＢＡｌｑを用いた層は、間隔層３１６と第二の発光領域３１４を合わせて合計４０ｎｍとなる。本実施例では、第二の発光領域３１４のあとに、さらに電子輸送層３１２としてＢＡｌｑを形成することはない（ＢＡｌｑを用いた層の膜厚を、実施例１および実施例２と同様に４０ｎｍとするためである）。

【００９２】

次に、電子輸送材料であるＡｌｑを２０ｎｍ成膜することで、第二の電子輸送層３１７とした。その後、電子注入層３１８として、CaF_2を２ｎｍ蒸着し、最後に陰極としてＡｌを１５０ｎｍ成膜した。これにより、本発明の有機発光素子が得られる。

【００９３】

本実施例３で作製した有機発光素子の特性は、輝度が１０［ｃｄ／m^2］の時の駆動電圧が８．２［Ｖ］、電流効率が４．６［ｃｄ／Ａ］であった。

【００９４】

また、１０［ｃｄ／m^2］時における発光スペクトルを図４（ｃ）に示す。４６０ｎｍおよび４８０ｎｍ付近にはペリレン固有の青色の発光スペクトル４０１が、５２０ｎｍ付近にはペリレンのエキシマー発光に由来する緑色のスペクトル４０２が、それぞれ明確

に観測された。また、６５０ｎｍ付近には、やや弱いもののＰｔＯＥＰに由来する鋭い赤色のピーク４０３も観測された。

【００９５】

このように、本実施例３においても、赤色系の燐光材料を用い、なおかつＲ、Ｇ、Ｂの各波長領域にそれぞれピークを有する有機発光素子が実現できた。なお、ＣＩＥ色度座標は（ｘ，ｙ）＝（０．２２，０．３５）であり、見た目には青みを帯びた青白色であった。

【００９６】

以上のように、本実施例３では、図２（ｂ）で示したS_{D1}→T_{D2}のエネルギー移動がほぼ完全に抑制された上に、実施例１や実施例２に比べてT_{D1}→T_{D2}のエネルギー移動も減衰してきた結果、ペリレンの発光が強くなり、ＰｔＯＥＰの発光が弱くなったと考えられる。したがって、本発明の間隔層の厚さｄは、３０ｎｍ程度までであることが好ましいと言える。

［比較例１］

【００９７】

本比較例では、間隔層を設けない従来の有機発光素子を、図１１を用いて具体的に例示する。なお、図１１では、図３の符号を引用する。

【００９８】

まず、第一の発光領域３１３までは、実施例１～実施例３と同様に形成する。第一の発光領域３１３を形成した後、電子輸送層３１２としてＢＡｌｑを４０ｎｍ成膜するが、その最初の１０ｎｍにおいては、ＢＡｌｑをホストとして燐光材料ＰｔＯＥＰが添加された第二の発光領域３１４を形成した。添加量は、ＢＡｌｑ中に約７．５ｗｔ％の濃度でＰｔＯＥＰが分散されているように調節した。

【００９９】

次に、電子輸送材料Ａｌｑを２０ｎｍ成膜することで、第二の電子輸送層３１７とした。その後、電子注入層３１７として、CaF_2を２ｎｍ蒸着し、最後に陰極としてＡｌを１５０ｎｍ成膜した。

【０１００】

本比較例で作製した有機発光素子の特性は、輝度が１０［ｃｄ／m^2］の時の駆動電圧が８．８［Ｖ］、電流効率が１．９［ｃｄ／Ａ］であった。

【０１０１】

また、１０［ｃｄ／m^2］時における発光スペクトルを図１２に示す。本比較例においては、ペリレンの発光スペクトルはほとんど観測されず、６５０ｎｍ付近のＰｔＯＥＰに由来する鋭い赤色のピーク１２０１のみが観測された。また、ＣＩＥ色度座標は（ｘ，ｙ）＝（０．５１，０．３３）であり、見た目にはほぼ赤色であった。

【０１０２】

以上、本比較例で示したように、本発明の間隔層を設けない従来の素子構造では、赤色系の燐光材料を適用した白色有機発光素子の実現は困難であることがわかる。

【実施例４】

【０１０３】

本実施例では、画素部に本発明の有機発光素子を有する発光装置について図５を用いて説明する。なお、図５（Ａ）は、発光装置を示す上面図、図５（Ｂ）は図５（Ａ）をＡ－Ａ’で切断した断面図である。５０１は駆動回路部（ソース側駆動回路）、５０２は画素部、５０３は駆動回路部（ゲート側駆動回路）である。また、５０４は封止基板、５０５はシール剤であり、シール剤５０５で囲まれた内側５０７は、空間になっている。

【０１０４】

なお、５０８はソース側駆動回路５０１及びゲート側駆動回路５０３に入力される信号を伝送するための接続配線であり、外部入力端子となるＦＰＣ（フレキシブルプリントサーキット）５０９からビデオ信号、クロック信号、スタート信号、リセット信号等を受け取る。なお、ここではＦＰＣしか図示されていないが、このＦＰＣにはプリント配線基

盤（ＰＷＢ）が取り付けられていても良い。本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それにＦＰＣもしくはＰＷＢが取り付けられた状態をも含むものとする。

【０１０５】

次に、断面構造について図５（Ｂ）を用いて説明する。基板５１０上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路部であるソース側駆動回路５０１と、画素部５０２が示されている。

【０１０６】

なお、ソース側駆動回路５０１はｎチャネル型ＴＦＴ５２３とｐチャネル型ＴＦＴ５２４とを組み合わせたＣＭＯＳ回路が形成される。また、駆動回路を形成するＴＦＴは、公知のＣＭＯＳ回路、ＰＭＯＳ回路もしくはＮＭＯＳ回路で形成しても良い。また、本実施の形態では、基板上に駆動回路を形成したドライバー一体型を示すが、必ずしもその必要はなく、基板上ではなく外部に形成することもできる。

【０１０７】

また、画素部５０２はスイッチング用ＴＦＴ５１１と、電流制御用ＴＦＴ５１２とそのドレインに電気的に接続された第１の電極５１３とを含む複数の画素により形成される。なお、第１の電極５１３の端部を覆って絶縁物５１４が形成されている。ここでは、ポジ型の感光性アクリル樹脂膜を用いることにより形成する。

【０１０８】

また、カバレッジを良好なものとするため、絶縁物５１４の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。例えば、絶縁物５１４の材料としてポジ型の感光性アクリルを用いた場合、絶縁物５１４の上端部のみに曲率半径（０．２μｍ～３μｍ）を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物５１４として、感光性の光によってエッチャントに不溶解性となるネガ型、或いは光によってエッチャントに溶解性となるポジ型のいずれも使用することができる。

【０１０９】

第１の電極５１３上には、電界発光層５１５、および第２の電極５１６がそれぞれ形成されている。ここで、陽極として機能する第１の電極５１３に用いる材料としては、仕事関数の大きい材料を用いることが望ましい。例えば、ＩＴＯ（インジウムスズ酸化物）膜、インジウム亜鉛酸化物（ＩＺＯ）膜、窒化チタン膜、クロム膜、タングステン膜、Ｚｎ膜、Ｐｔ膜などの単層膜の他、窒化チタンとアルミニウムを主成分とする膜との積層、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜と窒化チタン膜との３層構造等を用いることができる。なお、積層構造とすると、配線としての抵抗も低く、良好なオーミックコンタクトがとれ、さらに陽極として機能させることができる。ここでは第一の電極５１３としてＩＴＯを用い、基板５１０側から光を取り出す構造とする。

【０１１０】

また、電界発光層５１５は、蒸着マスクを用いた蒸着法、またはインクジェット法によって形成される。電界発光層５１５には、本発明で開示した構造を有する電界発光層を適用すればよい。具体的には、実施例１～実施例３で示した電界発光層の構成である。また、電界発光層に用いる材料としては、通常、有機化合物を単層もしくは積層で用いる場合が多いが、本発明においては、有機化合物からなる膜の一部に無機化合物を用いる構成も含めることとする。

【０１１１】

さらに、電界発光層５１５上に形成される第２の電極（陰極）５１６に用いる材料としては、仕事関数の小さい材料（Ａｌ、Ａｇ、Ｌｉ、Ｃａ、またはこれらの合金ＭｇＡｇ、ＭｇＩｎ、ＡｌＬｉ、CaF_2、またはＣａＮ）を用いればよい。なお、電界発光層５１５で生じた光が第２の電極５１６を透過させる場合には、第２の電極（陰極）５１６として、膜厚を薄くした金属薄膜と、透明導電膜（ＩＴＯ、ＩＺＯ、酸化亜鉛（ＺｎＯ）等）との積層を用いるのが良い。なおここでは、Ａｌの非透過膜を用いることで、基板５１０側からのみ光を取り出す下面出射型構造の発光装置とする。

【０１１２】

さらにシール剤５０５で封止基板５０４を素子基板５１０と貼り合わせることにより、基板５０１、封止基板５０４、およびシール剤５０５で囲まれた空間５０７に本発明の有機発光素子５１７が備えられた構造になっている。なお、空間５０７には、不活性気体（窒素やアルゴン等）が充填される場合の他、シール剤５０５で充填される構成も含むものとする。

【０１１３】

なお、シール剤５０５にはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。また、これらの材料はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。また、封止基板５０４に用いる材料としてガラス基板や石英基板の他、ＦＲＰ（Ｆｉｂｅｒｇｌａｓｓ－Ｒｅｉｎｆｏｒｃｅｄ　Ｐｌａｓｔｉｃｓ）、ＰＶＦ（ポリビニルフロライド）、マイラー、ポリエステルまたはアクリル等からなるプラスチック基板を用いることができる。

【０１１４】

以上のようにして、本発明の有機発光素子を有する発光装置を得ることができる。

【実施例５】

【０１１５】

本実施例では、図５で示した発光装置において、封止基板５０４側から光を取り出す上面出射型構造の発光装置を具体的に例示する。その概略図（断面図）を図６（Ａ）に示す。なお、図６（Ａ）では図５の符号を引用する。また発光方向は図６（Ａ）において６２１で示すとおりである。

【０１１６】

図６（Ａ）においては、第１の電極５１３を遮光性の陽極、第２の電極を透光性の陰極とすることで、上面出射構造を形成する。したがって、第１の電極としては、窒化チタン膜、クロム膜、タングステン膜、Ｚｎ膜、Ｐｔ膜などの単層膜の他、窒化チタンとアルミニウムを主成分とする膜との積層、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜と窒化チタン膜との３層構造等を用いることができる。また、第２の電極としては、膜厚を薄くした金属薄膜と、透明導電膜（ＩＴＯ、ＩＺＯ、ＺｎＯ等）との積層構造を用いればよい。ここでは、第１の電極として窒化チタン膜を、第２の電極としてＭｇ：Ａｇ合金薄膜とＩＴＯとの積層構造を適用する。

【０１１７】

また、本実施例の発光装置は、本発明の白色有機発光素子５１７を用いてフルカラー化させるため、着色層６１１と遮光層（ＢＭ）６１２からなるカラーフィルター（簡略化のため、ここではオーバーコート層は図示しない）を設けている。

【０１１８】

また、有機発光素子５１７を封止するために、透明保護層６０１を形成する。この透明保護層６０１としては、スパッタ法（ＤＣ方式やＲＦ方式）やＰＣＶＤ法により得られる窒化珪素または窒化酸化珪素を主成分とする絶縁膜、炭素を主成分とする薄膜（ダイヤモンドライクカーボン：ＤＬＣ膜、窒化炭素：ＣＮ膜など）、またはこれらの積層を用いることが好ましい。シリコンターゲットを用い、窒素とアルゴンを含む雰囲気で形成すれば、水分やアルカリ金属などの不純物に対してブロッキング効果の高い窒化珪素膜が得られる。また、窒化シリコンターゲットを用いてもよい。また、透明保護層は、リモートプラズマを用いた成膜装置を用いて形成してもよい。また、透明保護層に発光を通過させるため、透明保護層の膜厚は、可能な限り薄くすることが好ましい。

【０１１９】

なおここでは、有機発光素子５１７をさらに封止するために、シール剤５０５のみならず、第２シール剤６０２により図５における空間５０７を充填し、封止基板５０４と貼り合わせる。この封止作業は、不活性気体雰囲気下で行えばよい。第２シール剤５０５に関しても、シール剤５０５と同様、エポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。

【実施例６】

【０１２０】

本実施例では、図５で示した発光装置において、基板５１０側と封止基板５０４側の

両方から光を取り出す両面出射型構造の発光装置を具体的に例示する。その概略図（断面図）を図６（Ｂ）に示す。なお、図６（Ｂ）では図５の符号を引用する。また発光方向は図６（Ｂ）において６２２、６２３で示すとおりである。

【０１２１】

図６（Ｂ）においては、基本的な構造は図６（Ａ）と同様であるが、図６（Ａ）と異なる点は、第１の電極５１３としてＩＴＯ膜やＩＺＯ膜等の透明導電膜を用いる点である。ここでは、ＩＴＯ膜を用いることで、両面出射型構造の発光装置が実現できる。

【０１２２】

なお、図６（Ｂ）においては、基板５１０側にはカラーフィルターを設けていないが、カラーフィルターを設けて両面共にフルカラー化しても良い。この場合、基板５１０側に形成するカラーフィルターは、従来の液晶表示装置等で用いられている手法と同様にして設ければよい。

【実施例７】

【０１２３】

本実施例では、本発明の有機発光素子を有する発光装置を用いて完成させた様々な電気器具について説明する。

【０１２４】

本発明の有機発光素子を有する発光装置を用いて作製された電気器具として、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ゴーグル型ディスプレイ（ヘッドマウントディスプレイ）、ナビゲーションシステム、音響再生装置（カーオーディオ、オーディオコンポ等）、ノート型パーソナルコンピュータ、ゲーム機器、携帯情報端末（モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯型ゲーム機または電子書籍等）、記録媒体を備えた画像再生装置（具体的にはＤＶＤ等の記録媒体を再生し、その画像を表示しうる表示装置を備えた装置）などが挙げられる。これらの電気器具の具体例を図７および図８に示す。

【０１２５】

図７（Ａ）は表示装置であり、筐体７１０１、支持台７１０２、表示部７１０３、スピーカー部７１０４、ビデオ入力端子７１０５等を含む。本発明の有機発光素子を有する発光装置をその表示部７１０３に用いることにより作製される。なお、表示装置は、パソコン用、ＴＶ放送受信用、広告表示用などの全ての情報表示用装置が含まれる。

【０１２６】

図７（Ｂ）はノート型パーソナルコンピュータであり、本体７２０１、筐体７２０２、表示部７２０３、キーボード７２０４、外部接続ポート７２０５、ポインティングマウス７２０６等を含む。本発明の有機発光素子を有する発光装置をその表示部７２０３に用いることにより作製される。

【０１２７】

図７（Ｃ）はモバイルコンピュータであり、本体７３０１、表示部７３０２、スイッチ７３０３、操作キー７３０４、赤外線ポート７３０５等を含む。本発明の有機発光素子を有する発光装置をその表示部７３０２に用いることにより作製される。

【０１２８】

図７（Ｄ）は記録媒体を備えた携帯型の画像再生装置（具体的にはＤＶＤ再生装置）であり、本体７４０１、筐体７４０２、表示部Ａ７４０３、表示部Ｂ７４０４、記録媒体（ＤＶＤ等）読み込み部７４０５、操作キー７４０６、スピーカー部７４０７等を含む。表示部Ａ７４０３は主として画像情報を表示し、表示部Ｂ７４０４は主として文字情報を表示するが、本発明の有機発光素子を有する発光装置をこれら表示部Ａ、Ｂに用いることにより作製される。なお、記録媒体を備えた画像再生装置には家庭用ゲーム機器なども含まれる。

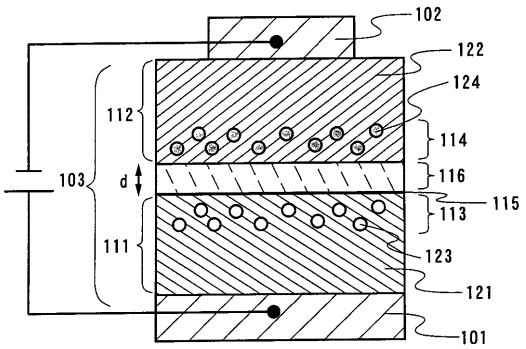
【０１２９】

図７（Ｅ）はゴーグル型ディスプレイ（ヘッドマウントディスプレイ）であり、本体７５０１、表示部７５０２、アーム部７５０３を含む。本発明の有機発光素子を有する発光装置をその表示部７５０２に用いることにより作製される。

【０１３０】
図７（Ｆ）はビデオカメラであり、本体７６０１、表示部７６０２、筐体７６０３、外部接続ポート７６０４、リモコン受信部７６０５、受像部７６０６、バッテリー７６０７、音声入力部７６０８、操作キー７６０９、接眼部７６１０等を含む。本発明の有機発光素子を有する発光装置をその表示部７６０２に用いることにより作製される。
【０１３１】
ここで、図７（Ｇ）は携帯電話であり、本体７７０１、筐体７７０２、表示部７７０３、音声入力部７７０４、音声出力部７７０５、操作キー７７０６、外部接続ポート７７０７、アンテナ７７０８等を含む。本発明の有機発光素子を有する発光装置をその表示部７７０３に用いることにより作製される。なお、表示部７７０３は黒色の背景に白色の文字を表示することで携帯電話の消費電力を抑えることができる。
【０１３２】
図８ａは両面発光型ノートＰＣであり、キーボード部８０１、ディスプレイ部８０２等を含む。このノートＰＣの特徴は、図８ｂに示すように、表面への発光８０３と裏面への発光８０４の両方を可能にした点にある。これは、例えば図６（Ｂ）で示したような本発明の両面出射型構造の発光装置を、ディスプレイ部８０２に適用することで達成される。このような構成とすることで、図８ｃに示すように、ディスプレイ部８０２を閉じた状態でも、裏面への発光を利用して画像等を見ることができる。なおディスプレイ部開平方向は８０５で示すとおりである。
【産業上の利用可能性】
【０１３３】
以上の様に、本発明の有機発光素子を有する発光装置の適用範囲は極めて広く、この発光装置をあらゆる分野の電気器具に適用することが可能である。
【図面の簡単な説明】
【０１３４】
【図１】本発明の有機発光素子の基本構造を示す図である。
【図２】本発明の有機発光素子における発光機構を示す図である。
【図３】本発明の有機発光素子の具体的な素子構造を示す図である（実施例１～３）。
【図４】実施例１～３における有機発光素子の発光スペクトルを示す図である。
【図５】本発明の発光装置の概略図である（実施例４）。
【図６】本発明の発光装置の概略図である（実施例５～６）。
【図７】本発明の発光装置を用いた電気器具の例を示す図である（実施例７）。
【図８】本発明の発光装置を用いた電気器具の例を示す図である（実施例７）。
【図９】従来の有機発光素子の基本構造を示す図である。
【図１０】従来の有機発光素子における発光機構を示す図である。
【図１１】従来の有機発光素子の具体的な素子構造を示す図である（比較例１）
【図１２】比較例１における有機発光素子の発光スペクトルを示す図である。

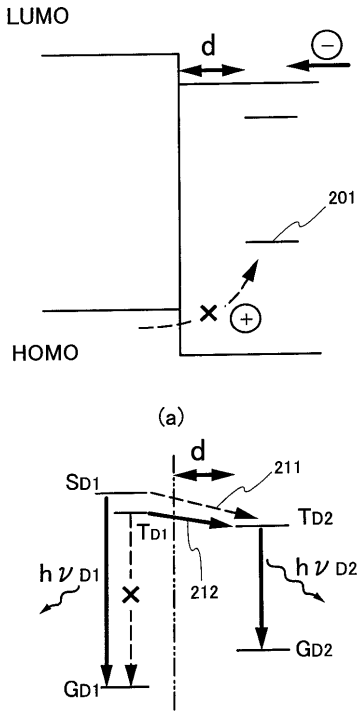
【図１】

図１



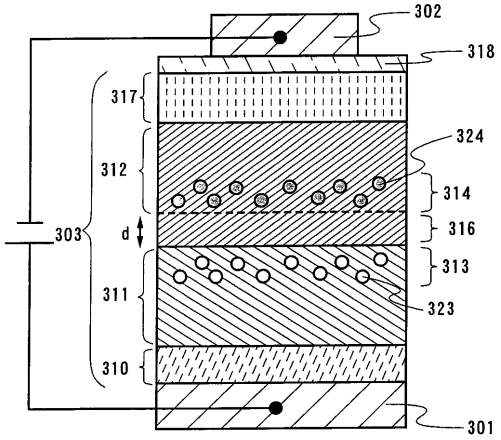
【図２】

図2



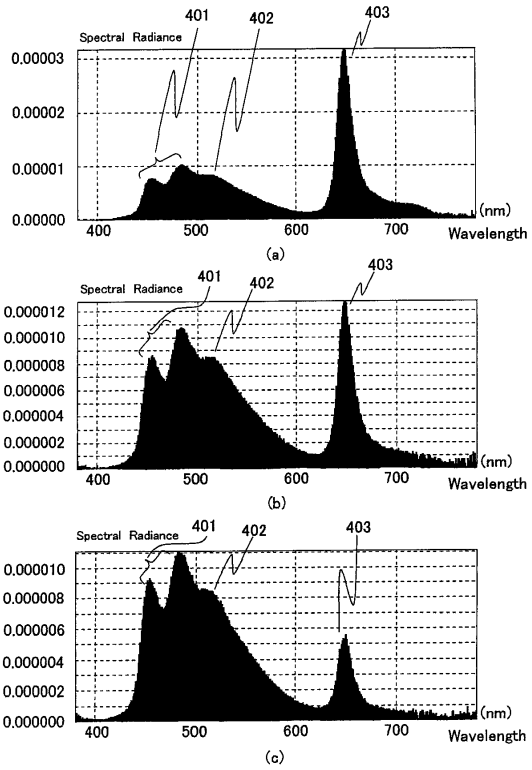
【図３】

図3



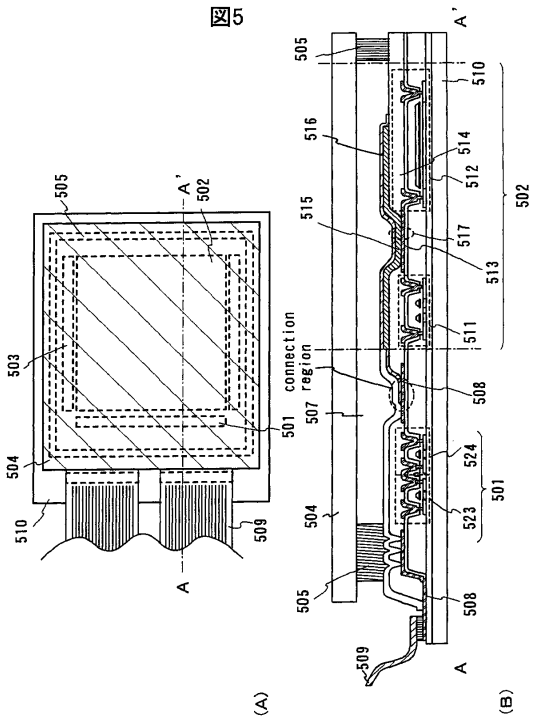
【図４】

図4



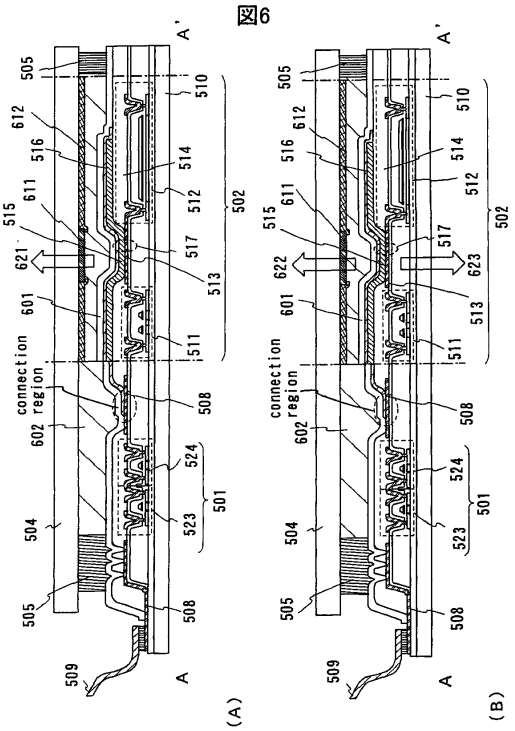
【図５】

図5



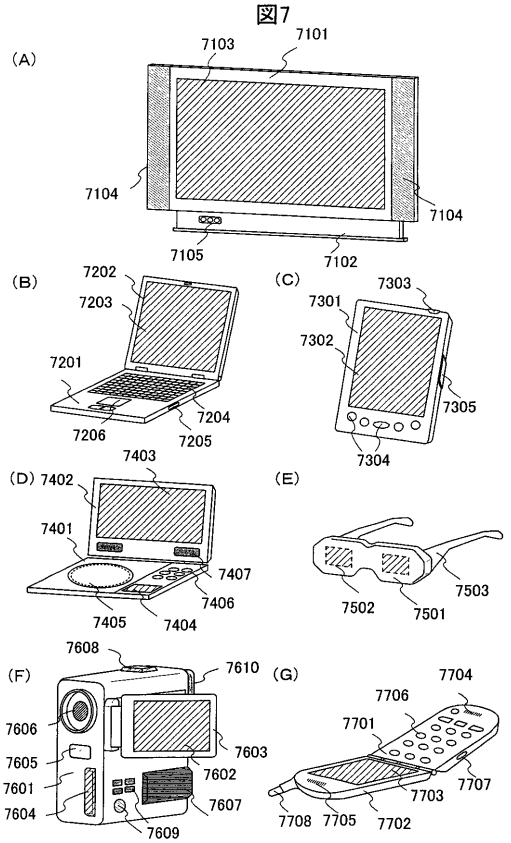
【図６】

図6



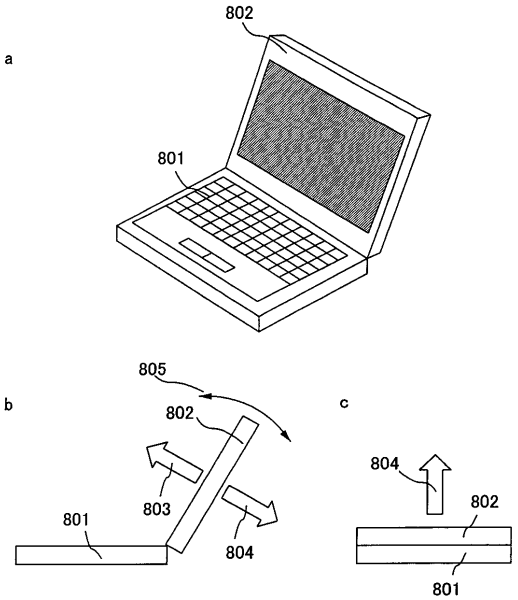
【図７】

図7



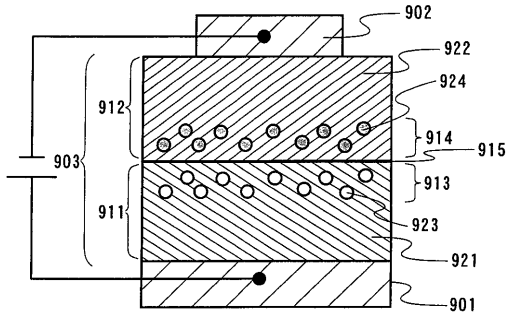
【図８】

図8



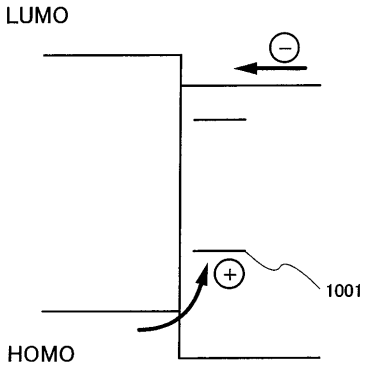
【図９】

図9

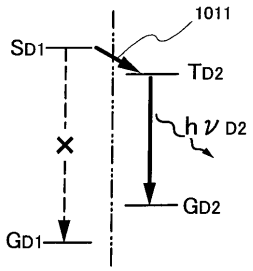


【図１０】

図10



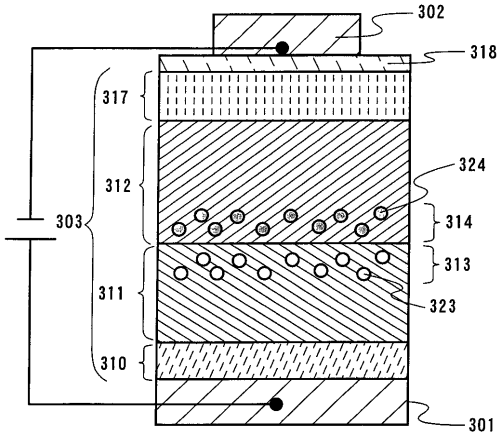
(a)



(b)

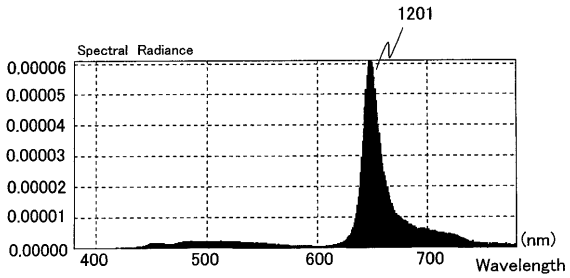
【図１１】

図11



【図１２】

図12



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０８－０７８１６３（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－３１９７８０（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－１６４１７１（ＪＰ，Ａ）
特表２００３－５２０３９１（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－３１３１８０（ＪＰ，Ａ）
M.A.Baldo et al, Highly efficient phosphorescent emission from organic electroluminescent devices, NATURE, 英国, １９９８年 9月１０日, ３９５, １５１－１５４

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
H05B 33/12
H01L 51/50