

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004年7月15日 (15.07.2004)

PCT

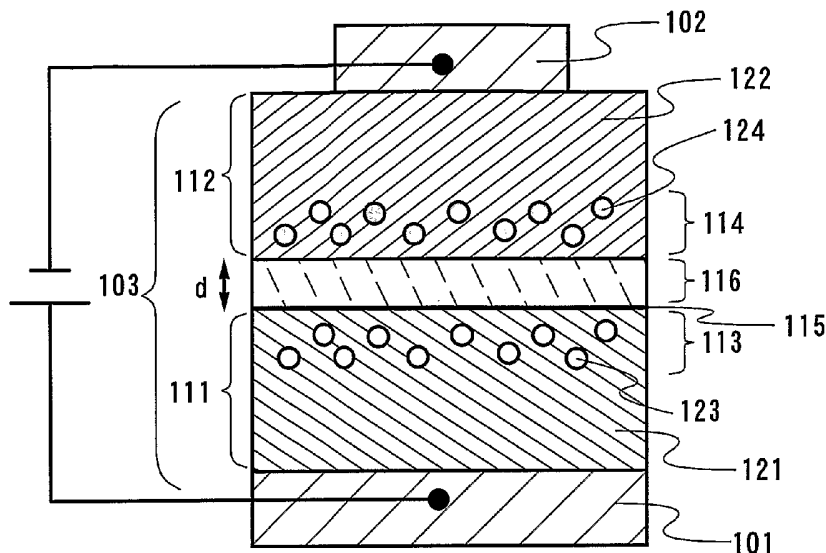
(10) 国際公開番号
WO 2004/060026 A1

- (51) 国際特許分類: **H05B 33/14, 33/22, 33/12**
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/016168
- (22) 国際出願日: 2003年12月17日 (17.12.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2002-378523
2002年12月26日 (26.12.2002) JP
- (71) 出願人: 株式会社半導体エネルギー研究所 (SEMI-CONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒243-0036 神奈川県厚木市長谷398番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 瀬尾 哲史 (SEO, Satoshi); 〒243-0036 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 Kanagawa (JP). 山崎 寛子 (YAMAZAKI, Hiroko); 〒243-0036 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 Kanagawa (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特

[続葉有]

(54) Title: ORGANIC LIGHT EMITTING ELEMENT

(54) 発明の名称: 有機発光素子



(57) Abstract: An organic white light emitting element having a high emission efficiency, especially a highly efficient organic white light emitting element having such an emission spectrum that a peak exists in each wavelength region of red, green and blue. Since the spectral region of the lowest emission efficiency is red region, a highly efficient organic white light emitting element is obtained by introducing a red phosphorescence material. In order to prevent emission of light only from the red phosphorescence material, a second light emitting region (114) employing the red phosphorescence material (124) as a light emitting body is spaced apart from a first light emitting region (113) emitting light on the short wavelength side as compared with the second light emitting region, as shown on Fig.(1). In the arrangement of Fig.(1), an electron transporting material is preferably employed in a layer (115) between the first light emitting region and the second light emitting region and a Hall block material is more preferably employed.

(57) 要約: 本発明は発光効率が高い白色有機発光素子を提供する。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。最も発光効率の悪いスペク

[続葉有]



WO 2004/060026 A1



許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

- 国際調査報告書

トル領域は赤色の領域であるため、赤色系の燐光材料を導入することにより、高効率な白色有機燐光素子を得る。この時、赤色系の燐光材料のみが光ってしまうのを防ぐため、図1に示すように、赤色系の燐光材料124を発光体とした第二の発光領域114と、第二の発光領域よりも短波長側の発光を示す第一の発光領域113との距離を離す。図1の構成においては、第一の発光領域と第二の発光領域との間の層115には電子輸送材料を用いることが好ましく、また、ホールブロック材料を用いることがさらに好ましい。

明細書

有機発光素子

技術分野

- 5 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。

10 背景技術

- 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。

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。

- 20 このような有機発光素子において、通常、電界発光層は1 μ m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。

また、例えば100～200 nm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。

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100 nm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、5.5 Vで100 cd/m²の十分な輝度が達成された（非特許文献1参照）。

（非特許文献1）

15 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)

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。

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。

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
5 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。

一つ目は、光の三原色である赤色（R）、緑色（G）、青色（B）のそ
10 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
15 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）。

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
20 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。

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
5 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。

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
10 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）。

（非特許文献2）

15 城戸ら、「第46回応用物理学関係連合講演会」、p1281、28a-Z
D-25（1999）

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
20 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。

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。

(非特許文献3)

J. キド (J. K i d o) ら、サイエンス、v o l . 2 6 7 , 1 3 3 2 - 1
5 3 3 4 (1 9 9 5)

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。

10 発明の開示

(発明が解決しようとする課題)

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。
15 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、例えばフレキシブル
20 プリント基板 (F P C : F l e x i b l e P r i n t e d C i r c u i t) もしくはTAB (T a p e A u t o m a t e d B o n d i n g) テープもしくはTCP (T a p e C a r r i e r P a c k a g e) 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。

5 (課題を解決するための手段)

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。

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。

15 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
20 白色有機発光素子は実現し難いと言える。

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。

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。

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。

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。

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、 0.4 eV 以上大きいことが好ましい。

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、 1 nm 以上 30 nm 以下であることが好ましい。さらに好ましくは、 5 nm 以上 20 nm 以下である。

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。

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、 400 nm 以上 500 nm 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、 400 nm 以上 560 nm 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。

また、前記第二の発光領域における発光スペクトルは、 560 nm 以上 700 nm 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。

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。

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
5 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。

10 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。

15 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。

20 (発明の効果)

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。

5 図面の簡単な説明

図1は、本発明の有機発光素子の基本構造を示す図である。

図2は、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は、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）。

10 図4は、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は、本発明の発光装置の概略図である（実施例4）。

図6は、本発明の発光装置の概略図である（実施例5～6）。

15 図7は、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は、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は、従来の有機発光素子の基本構造を示す図である。

図10は、従来の有機発光素子における発光機構を示す図である。

20 図11は、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は、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。

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。

5 (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、
10 基板とは逆側から光を取り出す構造や、電極の両側から光を取り出す構造も適用可能である。

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。

15 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
20 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 9 1 1 と電子輸送層 9 1 2 との界面 9 1 5 近傍に存在する。

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 9 1 5 近傍である。そして、その界面 9 1 5 近傍には第一のドーパント 9 2 3 と第二のドーパント 9 2 4 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
5 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。

10 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 9 1 1 には青色発光材料であるペリレンを第一のドーパント 9 2 3 として導入し、電子輸送層 9 1
2 には橙色発光材料である DCM 1 を第二のドーパント 9 2 4 として導入
15 し、白色発光を得ている。

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 9 2 4 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 9 2 3 として青色発光材料であるペリ
20 レンを、第二のドーパント 9 2 4 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、PtO

EP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。

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、

5 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。

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。

10 EPが直接励起されてしまう可能性が高い。

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、

15 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、

20 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。

さらに、三重項MLCT吸収は一般にそのバンド幅が広いとため、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、
5 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。

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
10 な本発明の基本構成の一例を図1に示す。

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
15 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
20 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。

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 1 1 3 と間隔層 1 1 6 との界面 1 1 5 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 2 0 1 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 1 2 3 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。

ここで、図 2 (b) に示すとおり、間隔層 1 1 6 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 2 1 1 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。

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いため、先に述べた $S_{D1} \rightarrow T_{D2}$ のエネルギー移動 2 1 1 に比べて、 $T_{D1} \rightarrow T_{D2}$ のエネルギー移動 2 1 2 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。

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。

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。

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
5 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。

10 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
15 ある。その場合、ドーパントの種類は複数でも良い。

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）をドーピングし、電子輸送層112の方に第一のドーパントをドーピングするという構成（すなわちこの場合
20 、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。

また、図 1 では図示していないが、陽極 1 0 1 とホール輸送層 1 1 1 との間には、ホール注入層や、ホール輸送材料 1 2 1 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 1 0 2 と電子輸送層 1 1 2 との間には、電子注入層や、電子輸送材料 1 2 2 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。

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 1 1 3 を第二の発光領域 1 1 4 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 1 1 6 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 1 1 1 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 1 1 3 に確定することができるからである。

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 1 1 3 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、 0.4 eV 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 1 1 3 がドーパントを有している場合、実質的には、間隔層 1 1 6 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 1 2 1 のイオン化ポテンシャル値より大きい（好ましくは 0.4 eV 以上大きい）ことが重要である。

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。

まず、 d を 1 nm 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、30 nm 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、1 nm 以上 30 nm 以下が適切な範囲である。

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 5 nm 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 2 1 1 の寄与を小さくした上で、なおかつ $T_{D1} \rightarrow T_{D2}$ のエネルギー移動 2 1 2 が十分に起きるための適切な距離は、5 ~ 20 nm 程度である。したがって d は、5 nm 以上 20 nm 以下がさらに好ましい。

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
15 16 17 18 19 20
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。

まず、第一の発光領域における発光スペクトルは、400 nm 以上 500 nm 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 400 nm 以上 560 nm 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 5

60 nm以上700 nm以下の領域に少なくとも一つのピークを有すればよい。

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、そのドーピング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。

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。

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 ）をドーピング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。

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: 5 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。

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: Alq₃)、トリス (4-メチル-8-キノリノラト) アルミニウム (10 略称: Almq₃)、ビス (10-ヒドロキシベンゾ [h]-キノリナト) ベリリウム (略称: BeBq₂)、ビス (2-メチル-8-キノリノラト) - (4-ヒドロキシ-ビフェニル) -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 15 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 20 ザール誘導体、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。

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BAIq、OXD-7、TAZ、p-EtTAZ、TPBI、BPhen、BCP等を用いることができる。

10 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、Alq₃、Almq₃、BeBq₂、BAIq、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

15 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。

20 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: $btp_2Ir(acac)$)、
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: $thp_2Ir(acac)$)、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
5 ム (略称: $bon_2Ir(acac)$)、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。

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
10 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
ゾリルービフェニル(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。

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
15 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)

[実施例1]

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
20 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、30
2が陰極、303が電界発光層に相当する。

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 : 5 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。

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、10 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4 15 0nmとなる。

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：CaF₂）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。

20 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/m²]の時の駆動電圧が8.0 [V]、電流効率が4.7 [cd/A]であった。

。

また、 $10 \text{ [cd/m}^2\text{]}$ 時における発光スペクトルを図4 (a) に示す。460 nmおよび480 nm付近にはペリレン固有の青色の発光スペクトル401が、520 nm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、650 nm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。

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。

10 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。

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、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]

本実施例では、間隔層の厚さdを20 nm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。

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BA1qを20nm成膜し、間隔層316とした。さらに、電子輸送層312としてBA1q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、BA1q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、BA1q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。

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、CaF₂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。

15 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/m²]の時の駆動電圧が8.6 [V]、電流効率が4.6 [cd/A]であった。

また、10 [cd/m²]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。

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。

- 5 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]

- 10 本実施例では、間隔層の厚さ d を 30 nm 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。

- 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 BA1q を 30 nm 成膜し、間隔層 316 とした。さらに、第二の発光領域 314 として、BA1q に燐光材料 PtOEP が添加された領域を共蒸着にて 10 nm 形成した。添加量は、BA1q 中に約 7.5 wt % 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、BA1q 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 40 nm 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 BA1q を形成することはない（BA1q を用いた層の膜厚を、実施例 1 および実施例 2 と同様に 40 nm とするためである）
- 20

次に、電子輸送材料である Alq を 20 nm 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 2 nm 蒸着し、最後に陰極として Al を 150 nm 成膜した。これにより、本発明の有機発光素子が得られる。

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/m²] の時の駆動電圧が 8.2 [V]、電流効率が 4.6 [cd/A] であった。

また、10 [cd/m²] 時における発光スペクトルを図 4 (c) に示す。460 nm および 480 nm 付近にはペリレン固有の青色の発光スペクトル 401 が、520 nm 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、650 nm 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。

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。

以上のように、本実施例 3 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た上に、実施例 1 や実施例 2 に比べて $T_{D1} \rightarrow T_{D2}$ 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、30 nm 程度までであることが好ましいと言える。

[比較例 1]

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。

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BA1qを40nm成膜するが、その最初の10nmにおいては、BA1q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、BA1q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。

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、CaF₂を2nm蒸着し、最後に陰極としてAlを150nm成膜した。

本比較例で作製した有機発光素子の特性は、輝度が10 [cd/m²]の時の駆動電圧が8.8 [V]、電流効率が1.9 [cd/A]であった。

また、10 [cd/m²]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。

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]

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。

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。

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。

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。

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氣的に接続された第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。

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(0.2 μ m \sim 3 μ m)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。

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 5 1 3 として I T O を用い、基板 5 1 0 側から光を取り出す構造とする。

また、電界発光層 5 1 5 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 5 1 5 には、本発明で開示した
5 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。

10 さらに、電界発光層 5 1 5 上に形成される第 2 の電極（陰極） 5 1 6 に用いる材料としては、仕事関数の小さい材料（A l、A g、L i、C a、またはこれらの合金 M g A g、M g I n、A l L i、C a F₂、または C a N
15 を用いればよい。なお、電界発光層 5 1 5 で生じた光が第 2 の電極 5 1 6 を透過させる場合には、第 2 の電極（陰極） 5 1 6 として、膜厚を薄くした
20 金属薄膜と、透明導電膜（I T O、I Z O、酸化亜鉛（Z n O）等）との積層を用いるのが良い。なおここでは、A l の非透過膜を用いることで、基板 5 1 0 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。

さらにシール剤 5 0 5 で封止基板 5 0 4 を素子基板 5 1 0 と貼り合わせることにより、基板 5 0 1、封止基板 5 0 4、およびシール剤 5 0 5 で囲
20 まれた空間 5 0 7 に本発明の有機発光素子 5 1 7 が備えられた構造になっている。なお、空間 5 0 7 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 5 0 5 で充填される構成も含むものとする。

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 Plastic
5 s)、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。

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]

10 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。

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
15 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
20 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。

また、本実施例の発光装置は、本発明の白色有機発光素子 5 1 7 を用いてフルカラー化させるため、着色層 6 1 1 と遮光層 (BM) 6 1 2 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。

- 5 また、有機発光素子 5 1 7 を封止するために、透明保護層 6 0 1 を形成する。この透明保護層 6 0 1 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。
- 10 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中で形成すれば、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
- 15 薄くすることが好ましい。

- なおここでは、有機発光素子 5 1 7 をさらに封止するために、シール剤 5 0 5 のみならず、第 2 シール剤 6 0 2 により図 5 における空間 5 0 7 を充填し、封止基板 5 0 4 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 5 0 5 に関しても、シール剤 5 0 5 と同様、
- 20 エポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。

[実施例 6]

本実施例では、図 5 で示した発光装置において、基板 5 1 0 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。

- 5 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。

10 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]

15 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。

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
20 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。

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。

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。

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。

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。

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 7 5 0 1、表示部 7 5 0 2、アーム部 7 5 0 3 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 7 5 0 2 に用いることにより作製される。

5 図 7 (F) はビデオカメラであり、本体 7 6 0 1、表示部 7 6 0 2、筐体 7 6 0 3、外部接続ポート 7 6 0 4、リモコン受信部 7 6 0 5、受像部 7 6 0 6、バッテリー 7 6 0 7、音声入力部 7 6 0 8、操作キー 7 6 0 9、接眼部 7 6 1 0 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 7 6 0 2 に用いることにより作製される。

10 ここで、図 7 (G) は携帯電話であり、本体 7 7 0 1、筐体 7 7 0 2、表示部 7 7 0 3、音声入力部 7 7 0 4、音声出力部 7 7 0 5、操作キー 7 7 0 6、外部接続ポート 7 7 0 7、アンテナ 7 7 0 8 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 7 7 0 3 に用いることにより作製される。なお、表示部 7 7 0 3 は黒色の背景に白色の文字を表示することで
15 携帯電話の消費電力を抑えることができる。

図 8 a は両面発光型ノート PC であり、キーボード部 8 0 1、ディスプレイ部 8 0 2 等を含む。このノート PC の特徴は、図 8 b に示すように、表面への発光 8 0 3 と裏面への発光 8 0 4 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
20 、ディスプレイ部 8 0 2 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 8 c に示すように、ディスプレイ部 8 0 2 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8 0 5で示すとおりである。

産業上の利用可能性

5 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。

請求の範囲

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することを特徴とする有機発光素子。

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、からなることを特徴とする有機発光素子。

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、

前記第一の発光領域における発光は一重項励起状態からの発光であることを特徴とする有機発光素子。

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における発光は一重項励起状態からの発光であることを特徴とする有機発光素子。

5. 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、

前記第一の発光領域は、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。

6. 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、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。

7. 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。

8. 請求項7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、 0.4 eV 以上大きいことを特徴とする有機発光素子。

9. 請求の範囲第1項乃至第7項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、 1 nm 以上 30 nm 以下であることを特徴とする有機発光素子。

10. 請求の範囲第1項乃至第7項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。

11. 請求の範囲第1項乃至第7項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。

12. 請求の範囲第1項乃至第7項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。

13. 請求の範囲第1項乃至第7項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。

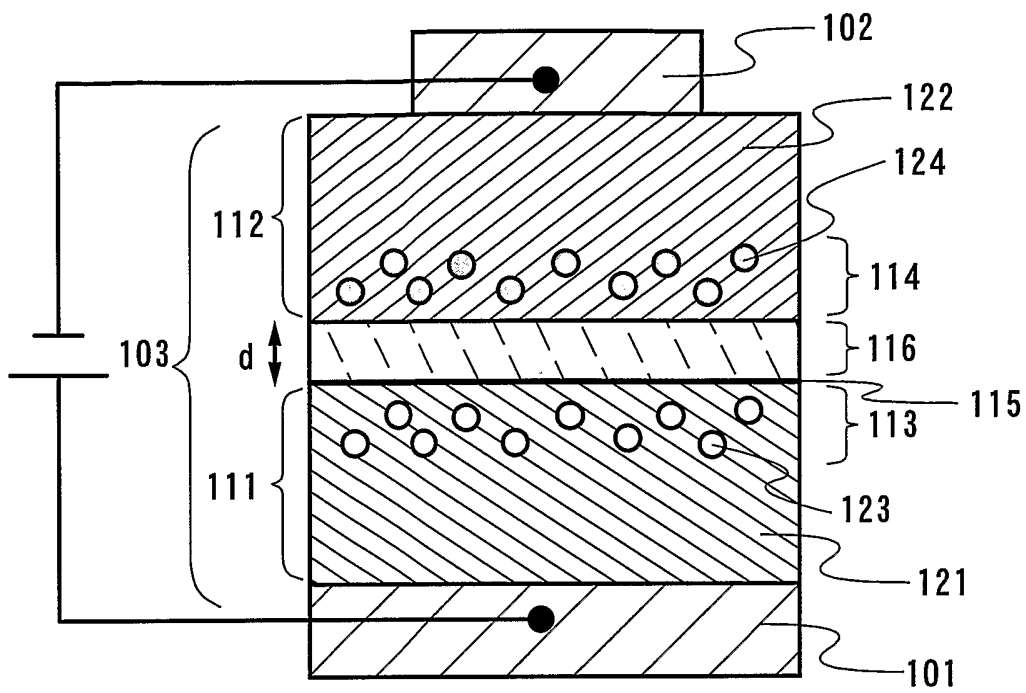
14. 請求の範囲第1項乃至第7項のいずれか一項に記載の有機発光素子において、前記第一の発光領域における発光スペクトルは、400nm以上560nm以下の領域に少なくとも二つのピークを有し、かつ、前記第二の発光領域における発光スペクトルは、560nm以上700nm以下の領域に少なくとも一つのピークを有することを特徴とする有機発光素子。

15. 請求の範囲第1項乃至第7項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。

16. 請求の範囲第1項乃至第7項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。

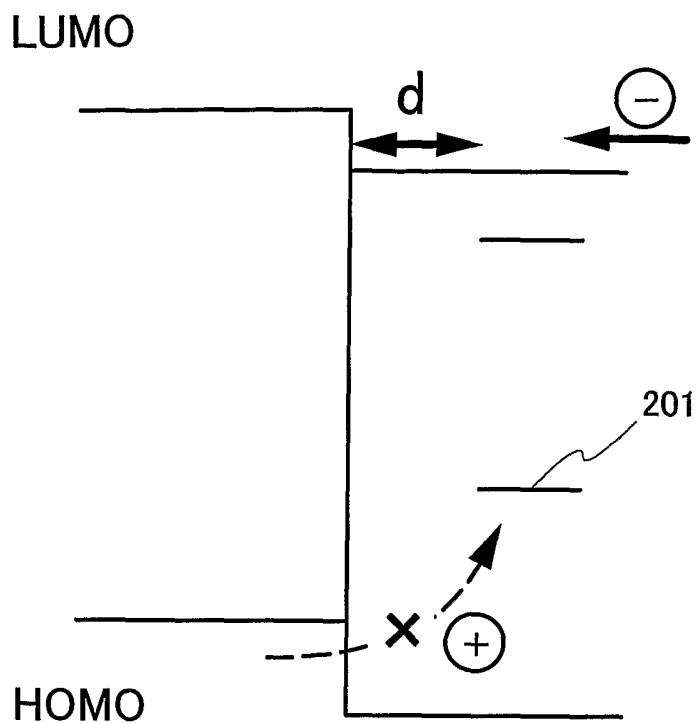
17. 請求の範囲第16項に記載の有機発光素子において、前記有機金属錯体は、イリジウムまたは白金を中心金属とすることを特徴とする有機発光素子。

図 1

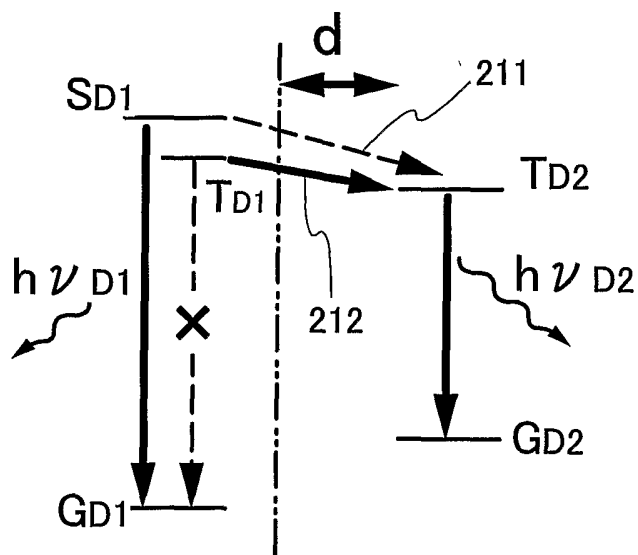


2/12

図2



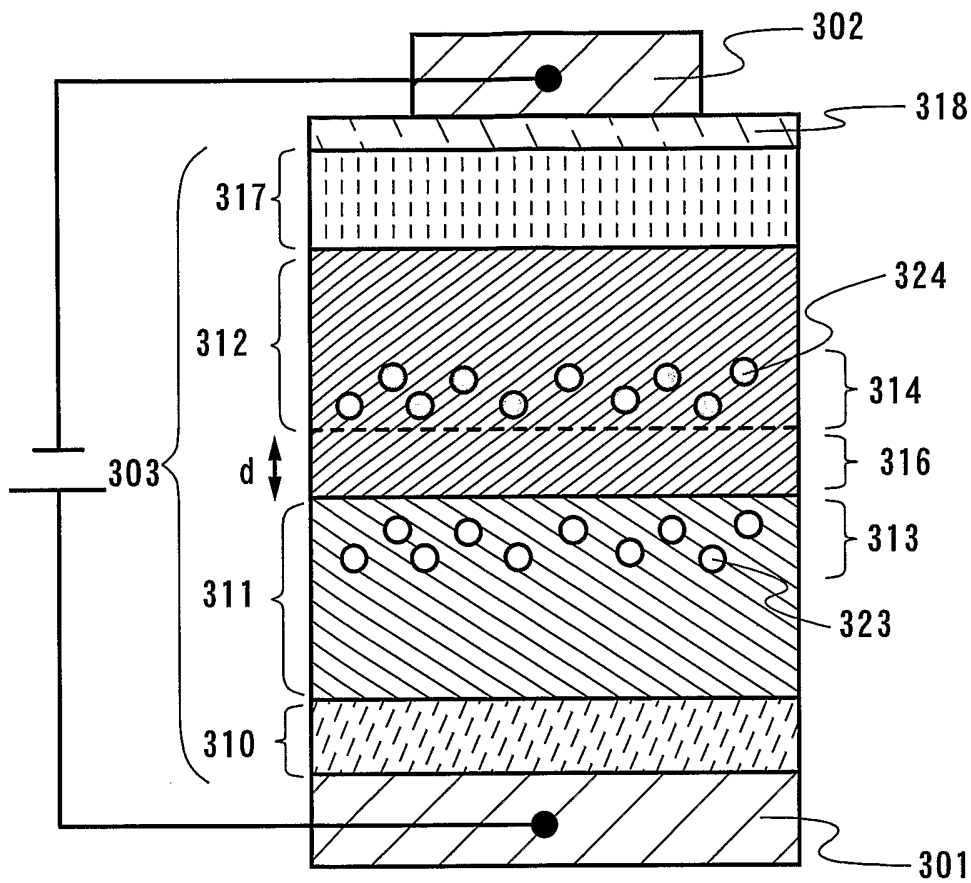
(a)

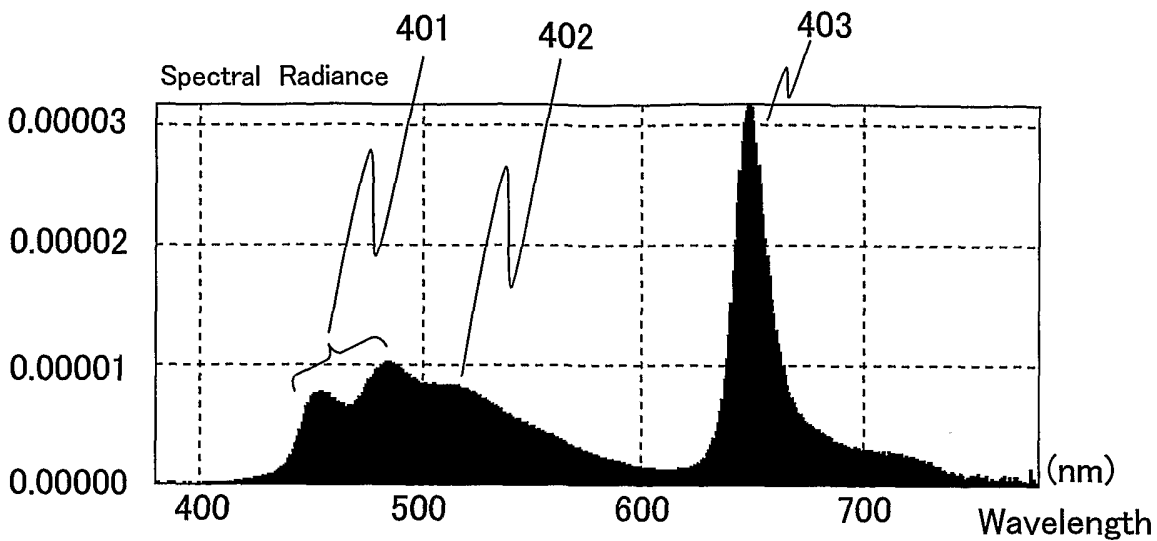


(b)

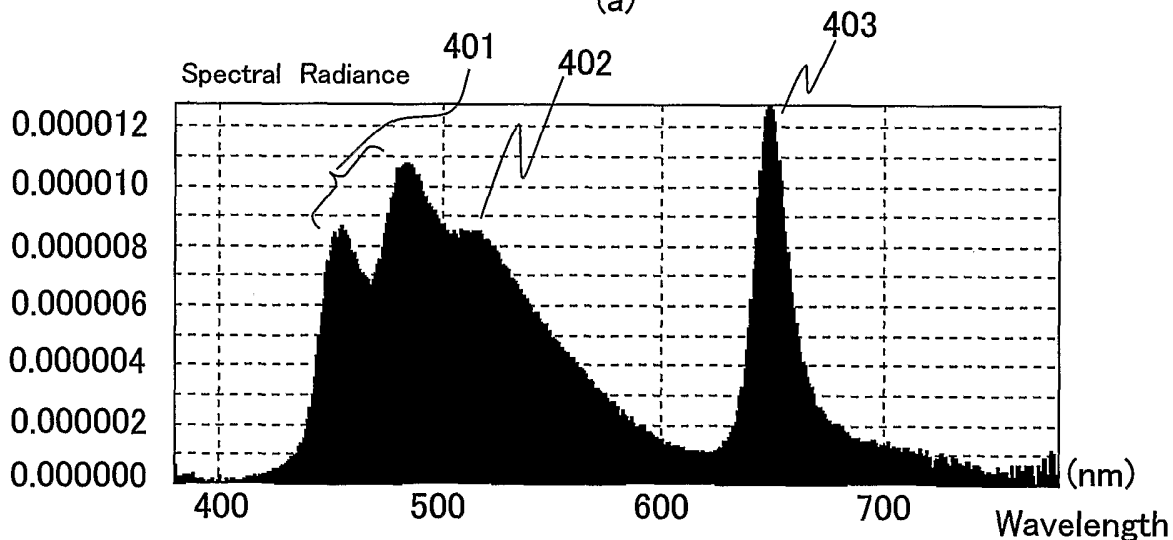
3/12

図3

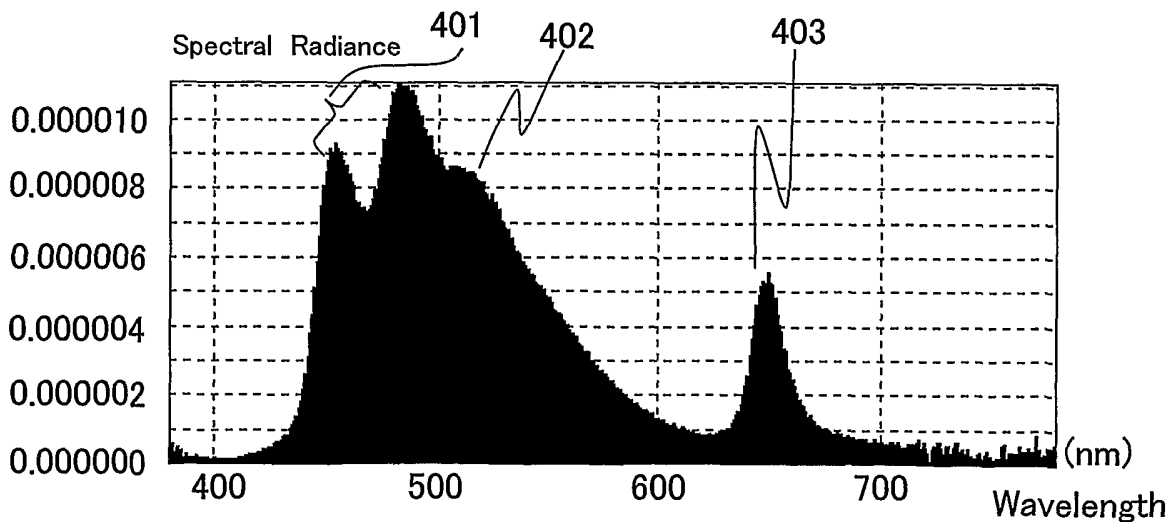




(a)

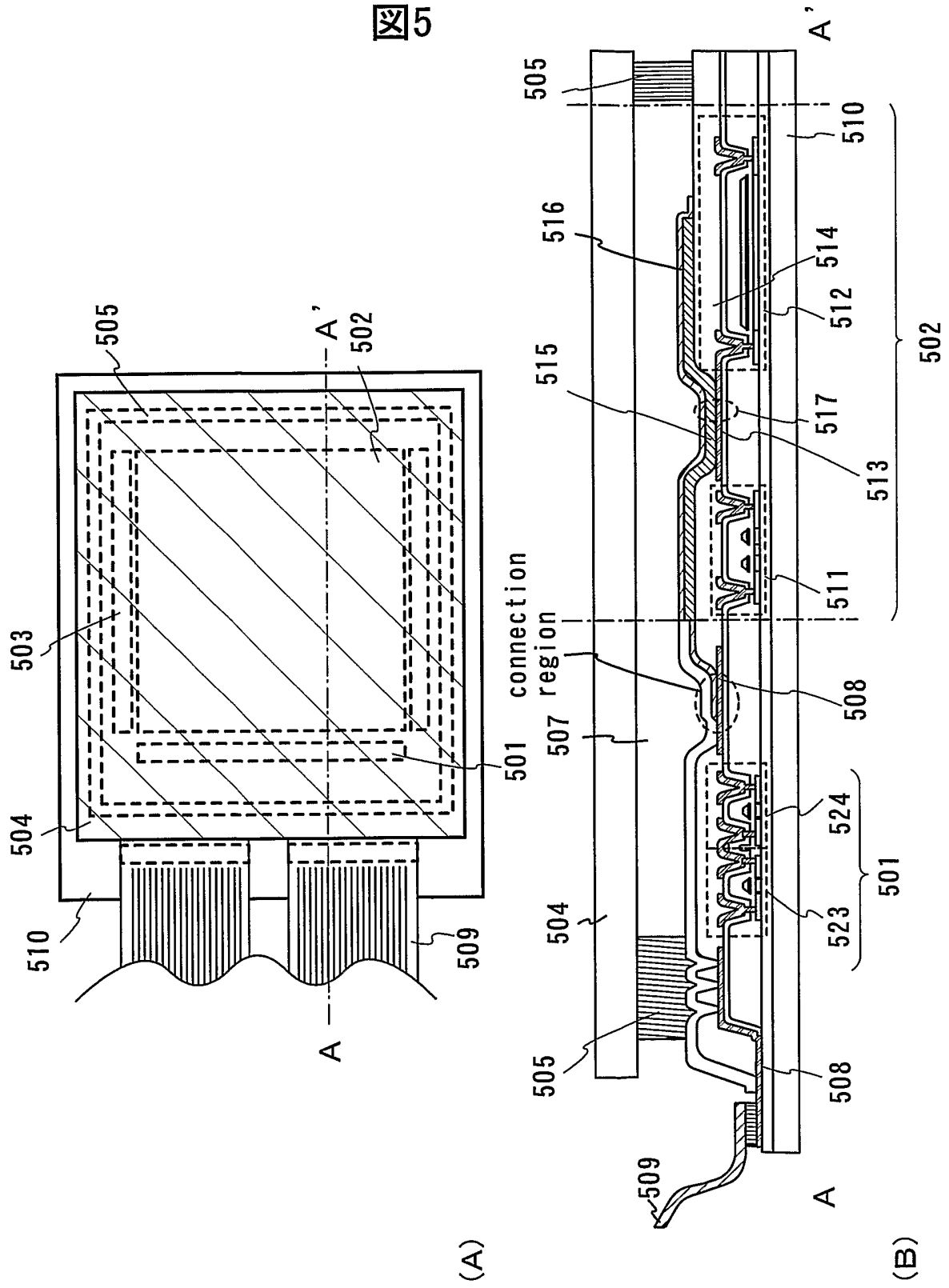


(b)

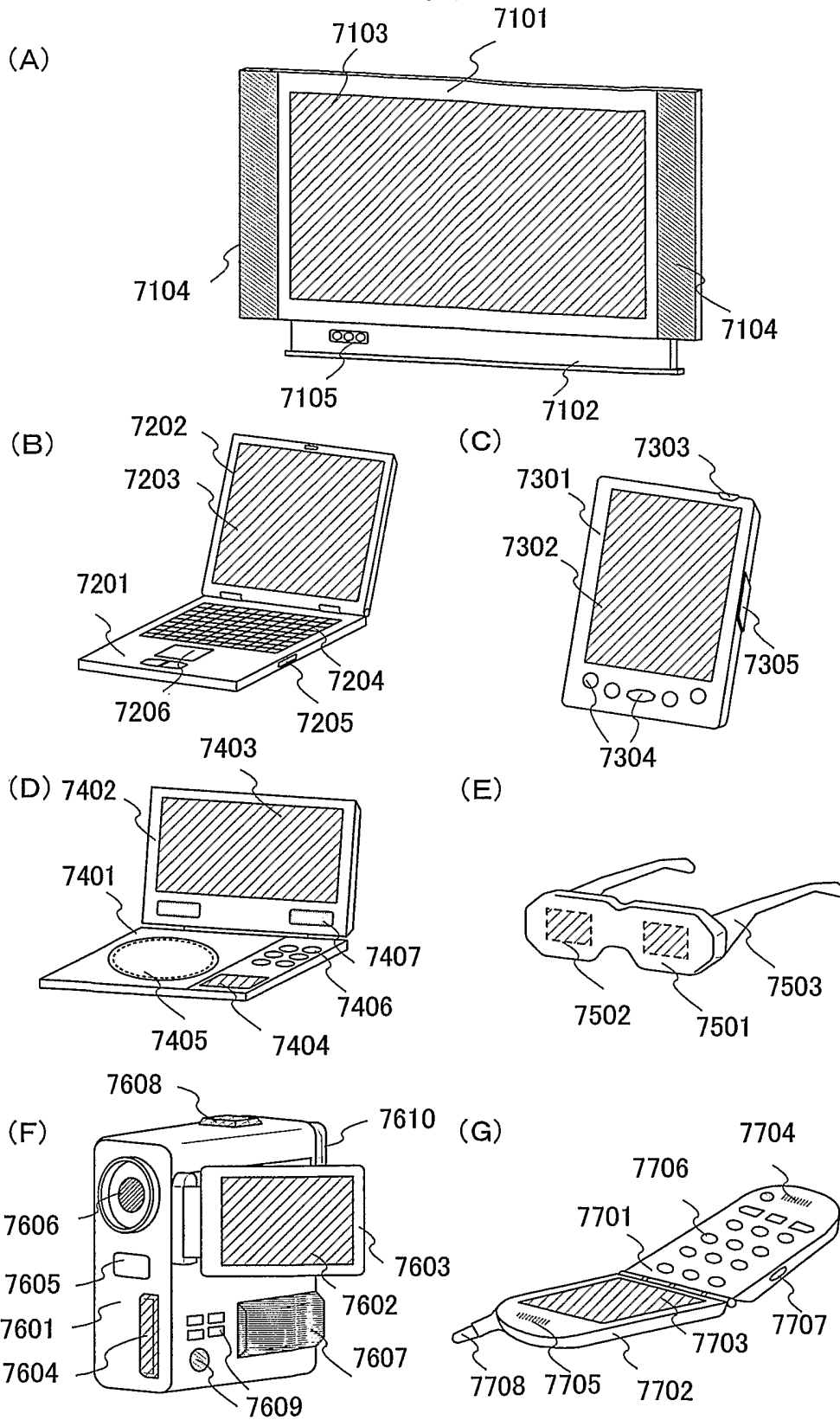


(c)

図5



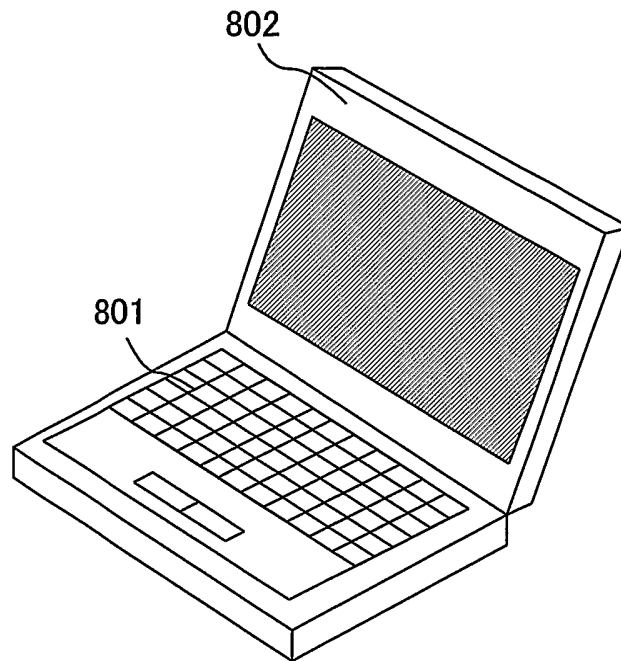
7/12
図7



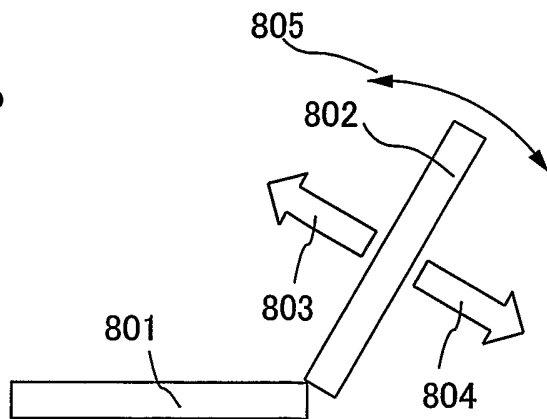
8/12

図8

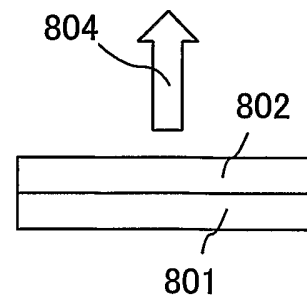
a



b

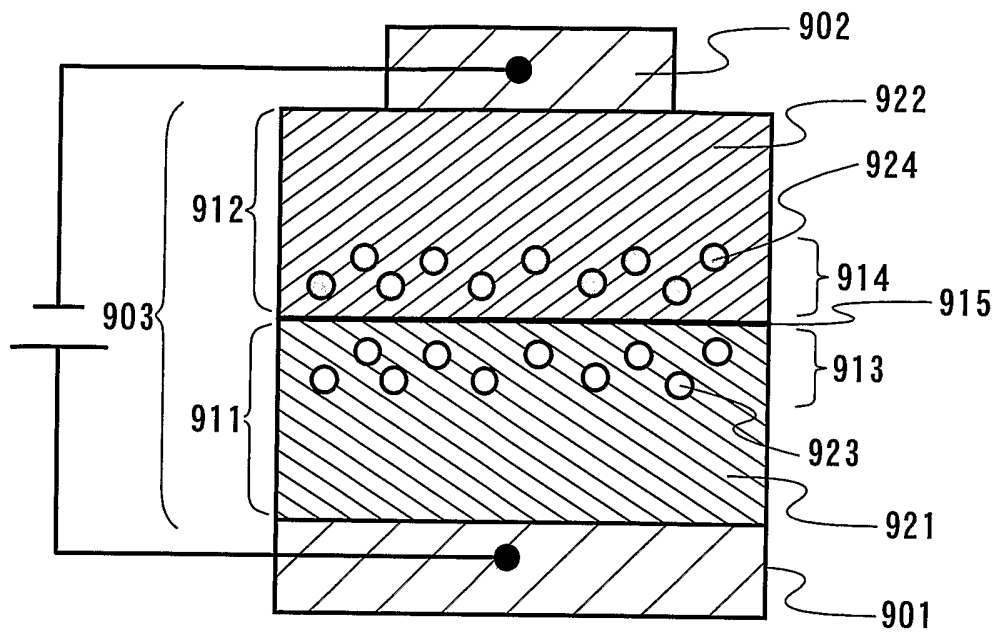


c



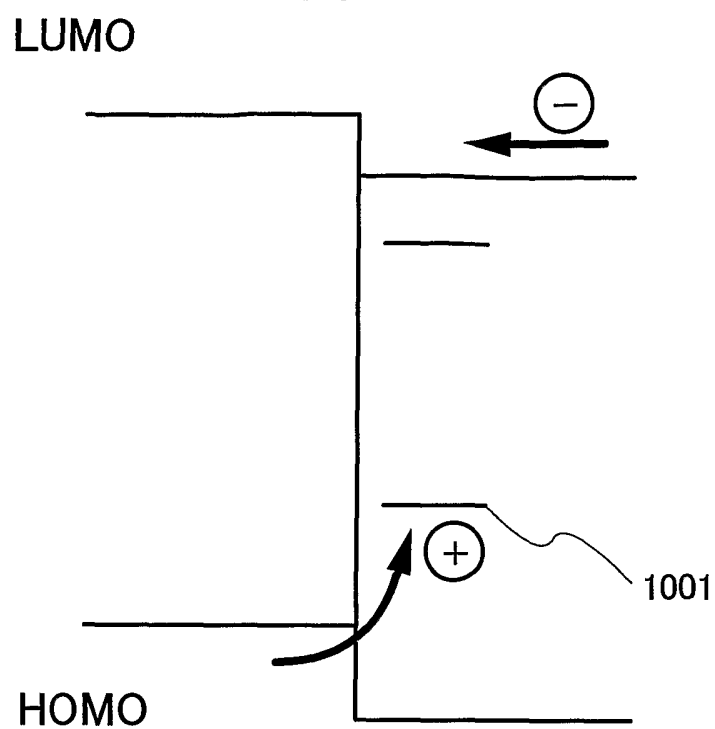
9/12

図9

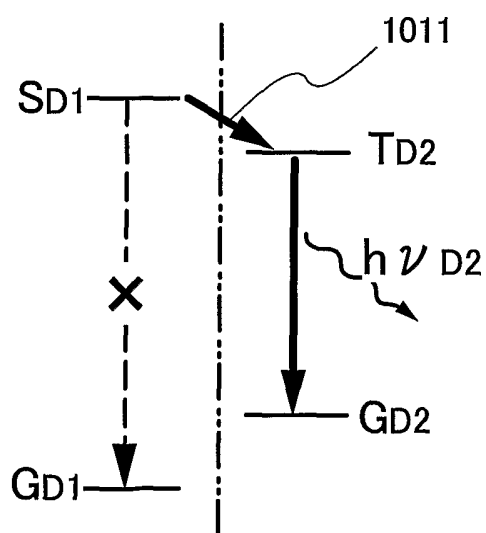


10/12

10

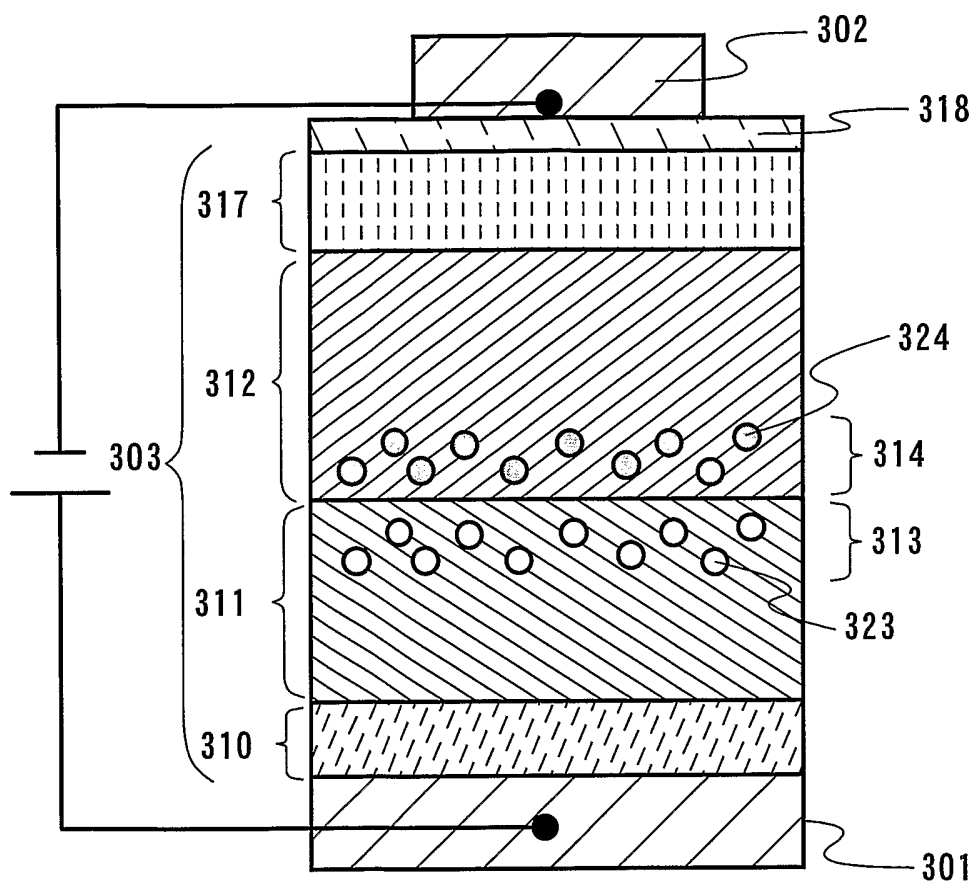


(a)



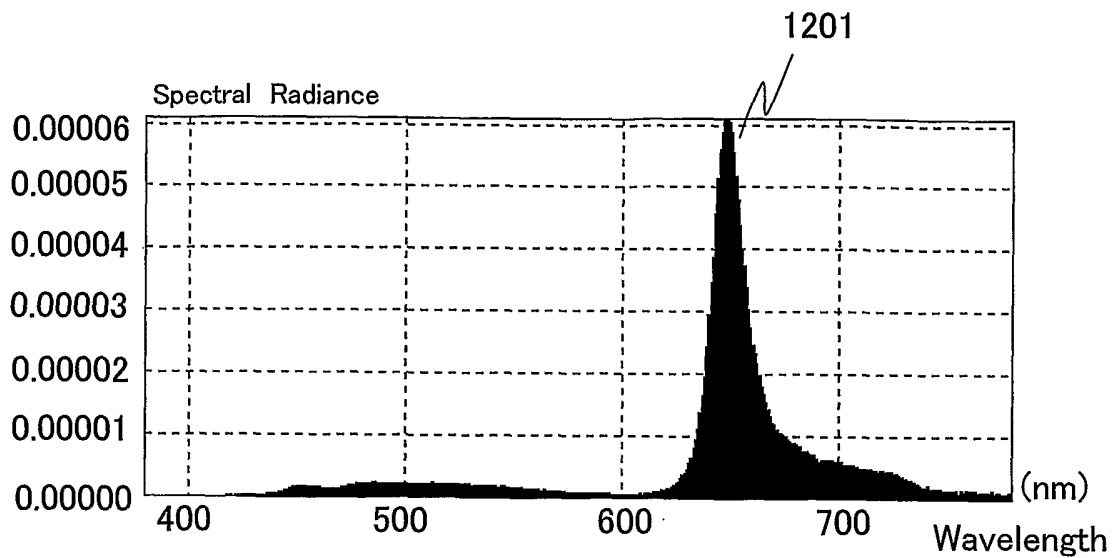
(b)

11/12
図11



12/12

図12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/16168

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int.Cl⁷ H05B33/14, H05B33/22, H05B33/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 Int.Cl⁷ H05B33/00-33/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 AIP Journal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	M.A.Baldo et al., "Highly efficient phosphorescent emission from organic electroluminescent device", NATURE, Vol.395, pages 151 to 154(1998)	1-6, 9, 12, 16-17
Y		7-8, 10-11, 13-14
A		15
Y	JP 8-78163 A (Chemipro Kasei Kaisha, Ltd.), 22 March, 1996 (22.03.96), Claims; Par. Nos. [0007] to [0013], [0025]; Fig. 2b (Family: none)	7-8, 10-11, 13-14
Y	JP 4-284395 A (Sharp Corp.), 08 October, 1992 (08.10.92), Full text & US 5283132 A	10-11, 13-14

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search 20 January, 2004 (20.01.04)	Date of mailing of the international search report 03 February, 2004 (03.02.04)
--	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
--	--------------------

Facsimile No.	Telephone No.
---------------	---------------

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int. Cl⁷ H05B33/14、H05B33/22、H05B33/12

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int. Cl⁷ H05B33/00-33/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)
 AIP Journal

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	M. A. Baldo et. al, "Highly efficient phosphorescent emission from organic electroluminescent devices" NATURE, VOL395, pp.151-154 (1998)	1-6, 9, 12, 16-17
Y		7-8, 10-11, 13-14
A		15
Y	J.P. 8-78163 A (ケミプロ化成株式会社) 1996.03.22, 特許請求の範囲, 【0007】-【0013】、【0025】、図2b (ファミリーなし)	7-8, 10-11, 13-14

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 20.01.2004	国際調査報告の発送日 02.2.2004
--------------------------	-------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 今関 雅子 2V 9529 電話番号 03-3581-1101 内線 3271
--	---

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 4-284395 A (シャープ株式会社) 1992. 10. 08, 全文 &US 5283132 A	10-11, 13-14
A	JP 2001-313180 A (三星エスディアイ株式会社) 2001. 11. 09 &KR 2001092905 A &US 2002/0027416 A	1-7
A	WO 01/08230 A (THE TRUSTEES OF PRINCETON UNIVERSITY) 2001. 02. 01 &US 2002/0008233 A &US 2003/0178619 A &EP 1204994 A &CN 1402885 A &KR 2002059337 A TW 485645 A	1-7
A	D. F. O'Brien, M. A. Baldo "Improved energy transfer in electrophosphorescent devices" APPLIED PHYSICS LETTERS, Vol. 74, No. 3, pp. 442-444 (1999)	1-7
A	M. A. Baldo et. al "Very high-efficiency green organic light-emitting devices based on electrophosphorescence" APPLIED PHYSICS LETTERS, Vol. 75, No. 1, pp. 4-6 (1999)	1-7