

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3977095号
(P3977095)

(45) 発行日 平成19年9月19日(2007.9.19)

(24) 登録日 平成19年6月29日(2007.6.29)

(51) Int. Cl.

H01L 51/50 (2006.01)

F I

H05B 33/22

D

H05B 33/14

A

請求項の数 8 (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2002-32375 (P2002-32375)
 (22) 出願日 平成14年2月8日(2002.2.8)
 (65) 公開番号 特開2002-313584 (P2002-313584A)
 (43) 公開日 平成14年10月25日(2002.10.25)
 審査請求日 平成16年11月12日(2004.11.12)
 (31) 優先権主張番号 特願2001-32995 (P2001-32995)
 (32) 優先日 平成13年2月8日(2001.2.8)
 (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
 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 舜平
 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 松田 憲之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光装置および電気器具

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

陽極、陰極、および有機化合物膜からなる発光素子を有する発光装置において、

前記有機化合物膜は、前記陽極側から前記陰極側に向けて順次形成された正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料と電子輸送材料との比率が $x:y$ （ただし、 x および y は正の定数）になるまで前記電子輸送材料の割合が前記陽極側から前記陰極側に向けて増加する第一の濃度変化領域と、前記 $x:y$ の比率で前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料を含む混合領域と、前記 $x:y$ の比率から前記電子輸送材料の割合が前記陽極側から前記陰極側に向けて増加する第二の濃度変化領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域とを有し、

前記混合領域は、

発光材料が添加されている第1の領域と、

前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料よりも最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差が大きいブロッキング材料が添加されている第2の領域とを有し、

前記第1の領域は前記第2の領域よりも陽極側に位置することを特徴とする発光装置。

【請求項2】

陽極、陰極、正孔注入領域、および有機化合物膜からなる発光素子を有する発光装置において、

前記正孔注入領域は、前記陽極と接して形成され、

前記有機化合物膜は、前記正孔注入領域および前記陰極と接して形成され、

前記有機化合物膜は、前記陽極側から前記陰極側に向けて順次形成された正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料と電子輸送材料との比率が $x : y$ （ただし、 x および y は正の定数）になるまで前記電子輸送材料の割合が前記陽極側から前記陰極側に向けて増加する第一の濃度変化領域と、

前記 $x : y$ の比率で前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料を含む混合領域と、前記 $x : y$ の比率から前記電子輸送材料の割合が前記陽極側から前記陰極側に向けて増加する第二の濃度変化領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域とを有し、

前記混合領域は、

発光材料が添加されている第 1 の領域と、

前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料よりも最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差が大きいブロッキング材料が添加されている第 2 の領域とを有し、

前記第 1 の領域は前記第 2 の領域よりも陽極側に位置することを特徴とする発光装置。

【請求項 3】

陽極、陰極、電子注入領域、および有機化合物膜からなる発光素子を有する発光装置において、

前記電子注入領域は、前記陰極と接して形成され、

前記有機化合物膜は、前記電子注入領域および前記陽極と接して形成され、

前記有機化合物膜は、前記陽極側から前記陰極側に向けて順次形成された正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料と電子輸送材料との比率が $x : y$ （ただし、 x および y は正の定数）になるまで前記電子輸送材料の割合が前記陽極側から前記陰極側に向けて増加する第一の濃度変化領域と、前記 $x : y$ の比率で前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料を含む混合領域と、前記 $x : y$ の比率から前記電子輸送材料の割合が前記陽極側から前記陰極側に向けて増加する第二の濃度変化領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域とを有し、

前記混合領域は、

発光材料が添加されている第 1 の領域と、

前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料よりも最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差が大きいブロッキング材料が添加されている第 2 の領域とを有し、

前記第 1 の領域は前記第 2 の領域よりも陽極側に位置することを特徴とする発光装置。

【請求項 4】

陽極、陰極、正孔注入領域、電子注入領域、および有機化合物膜からなる発光素子を有する発光装置において、

前記正孔注入領域は、前記陽極と接して形成され、

前記電子注入領域は、前記陰極と接して形成され、

前記有機化合物膜は、前記正孔注入領域および前記電子注入領域と接して形成され、

前記有機化合物膜は、前記陽極側から前記陰極側に向けて順次形成された正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料と電子輸送材料との比率が $x : y$ （ただし、 x および y は正の定数）になるまで前記電子輸送材料の割合が前記陽極側から前記陰極側に向けて増加する第一の濃度変化領域と、前記 $x : y$ の比率で前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料を含む混合領域と、前記 $x : y$ の比率から前記電子輸送材料の割合が前記陽極側から前記陰極側に向けて増加する第二の濃度変化領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域とを有し、

前記混合領域は、

発光材料が添加されている第 1 の領域と、

前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料よりも最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差が大きいブロッキング材料が添加されている第 2 の領域とを有し、

前記第 1 の領域は前記第 2 の領域よりも陽極側に位置することを特徴とする発光装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一において、

前記発光材料は、三重項励起状態からの発光を呈することを特徴とする発光装置。

10

20

30

40

50

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかーにおいて、

前記混合領域において前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の合計質量に対する前記正孔輸送材料の質量の百分率は、10%以上90%以下であることを特徴とする発光装置。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかーにおいて、

前記混合領域は、10nm以上、100nm以下の厚さであることを特徴とする発光装置。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれかーに記載の発光装置を用いたことを特徴とする電気器具。

10

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する分野】**

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膜（以下、「有機化合物膜」と記す）と、を有する有機発光素子を用いた発光装置に関する。本発明では特に、従来よりも駆動電圧が低く、なおかつ素子の寿命が長い有機発光素子を用いた発光装置に関する。なお、本明細書中における発光装置とは、発光素子として有機発光素子を用いた画像表示デバイスもしくは発光デバイスを指す。また、有機発光素子にコネクター、例えば異方導電性フィルム（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。

20

【0002】**【従来の技術】**

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る。その発光機構は、電極間に有機化合物膜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正孔が有機化合物膜中で再結合して、励起状態の分子（以下、「分子励起子」と記す）を形成し、その分子励起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と言われている。

30

【0003】

なお、有機化合物が形成する分子励起子の種類としては、一重項励起状態と三重項励起状態が可能であると考えられるが、本明細書中ではどちらの励起状態が発光に寄与する場合も含むこととする。

【0004】

このような有機発光素子において、通常、有機化合物膜は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、有機化合物膜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。

40

【0005】

また、例えば100～200nm程度の有機化合物膜において、キャリアを注入してから再結合に至るまでの時間は、有機化合物膜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、まず有機化合物膜の厚みを100nm程度の均一な超薄膜とし、また、有機化合物膜に対するキャリア注入障壁を小さくするよう

50

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/m²の十分な輝度が達成された（文献1：C. W. Tang and S. A. VanSlyke, "Organic electroluminescent diodes", Applied Physics Letters, vol. 51, No.12, 913-915 (1987)）。

【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、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】

ところで、文献1において示された有機発光素子の構成であるが、まず、有機化合物膜に対するキャリア注入障壁を小さくする方法として、仕事関数が低い上に比較的安定なMg:Ag合金を陰極に用い、電子の注入性を高めている。このことにより、有機化合物膜に大量のキャリアを注入することを可能としている。

【0009】

さらに有機化合物膜として、芳香族ジアミン化合物からなる正孔輸送層とトリス（8 - キノリノラト） - アルミニウム（以下、「Alq₃」と記す）からなる電子輸送性発光層とを積層するという、シングルヘテロ構造を適用することにより、キャリアの再結合効率を飛躍的に向上させている。このことは、以下のように説明される。

【0010】

例えば、Alq₃単層のみを有する有機発光素子の場合では、Alq₃が電子輸送性であるため、陰極から注入された電子のほとんどは正孔と再結合せずに陽極に達してしまい、発光の効率は極めて悪い。すなわち、単層の有機発光素子を効率よく発光させる（あるいは低電圧で駆動する）ためには、電子および正孔の両方をバランスよく輸送できる材料（以下、「バイポーラー材料」と記す）を用いる必要があり、Alq₃はその条件を満たしていない。

【0011】

しかし、文献1のようなシングルヘテロ構造を適用すれば、陰極から注入された電子は正孔輸送層と電子輸送性発光層との界面でブロックされ、電子輸送性発光層中へ閉じこめられる。したがって、キャリアの再結合が効率よく電子輸送性発光層で行われ、効率のよい発光に至るのである。

【0012】

このようなキャリアのブロッキング機能の概念を発展させると、キャリアの再結合領域を制御することも容易となる。その例として、正孔をブロックできる層（正孔ブロッキング層）を正孔輸送層と電子輸送層との間に挿入することにより、正孔を正孔輸送層内に閉じこめ、正孔輸送層の方を発光させることに成功した報告がある。（文献2：Yasunori KIJIMA, Nobutoshi ASAI and Shin-ichiro TAMURA, "A Blue Organic Light Emitting Diode", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 38, 5274-5277(1999)）。

【0013】

また、文献1における有機発光素子は、いわば正孔の輸送は正孔輸送層が行い、電子の輸送および発光は電子輸送性発光層が行うという、機能分離が行われていると言える。この機能分離の概念はさらに、正孔輸送層と電子輸送層の間に発光層を挟むというダブルヘテロ構造（三層構造）の構想へと発展した（文献3：Chihaya ADACHI, Shizuo TOKITO, Tetso TSUTSUI and Shogo SAITO, "Electroluminescence in Organic Films with Three-Layered Structure", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 27, No. 2, L269-L271 (1988)）。

【0014】

こういった機能分離の利点としては、機能分離することによって一種類の有機材料に様々な機能（発光性、キャリア輸送性、電極からのキャリア注入性など）を同時に持たせる必要がなくなり、分子設計等に幅広い自由度を持たせることができる点にある（例えば、無理にバイポーラー材料を探索する必要がなくなる）。つまり、発光特性のいい材料、キャ

10

20

30

40

50

リア輸送性が優れる材料などを、各々組み合わせることで、容易に高発光効率が達成できるということである。

【0015】

これらの利点から、文献1で述べられた積層構造の概念（キャリアのブロッキング機能あるいは機能分離）自体は、現在に至るまで広く利用されている。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、以上で述べたような積層構造は異種物質間の接合であるため、各層間に界面（以下、「有機界面」と記す）を生じることになる。有機界面を形成することに起因する問題点として、以下に述べるような二つの問題点が提起される。

10

【0017】

まず一つは、駆動電圧のさらなる低減へ向けての障害になるという点である。実際、現在の有機発光素子において、駆動電圧に関しては共役ポリマーを用いた単層構造の素子の方が優れており、パワー効率（単位：[lm/W]）でのトップデータを保持していると報告されている（文献4：筒井哲夫、「応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会会誌」、Vol. 11、No. 1、P.8（2000））（ただし文献4では、一重項励起状態からの発光を比較しており、三重項励起状態からの発光は除いている）。

【0018】

なお、文献4で述べられている共役ポリマーはバイポーラー材料であり、キャリアの再結合効率に関しては積層構造と同等なレベルが達成できる。したがって、バイポーラー材料を用いるなどの方法で、積層構造を用いることなくキャリアの再結合効率さえ同等にできるのであれば、有機界面の少ない単層構造の方が実際は駆動電圧が低くなるのである。このことは、有機界面においてキャリアの移動が妨げられていることを、結果的に示唆している。

20

【0019】

さらに、有機界面に起因するもう一つの問題点として、有機発光素子の素子寿命（素子劣化）に対する影響が考えられる。すなわち、有機界面においてキャリアの移動が妨げられ、チャージが蓄積することによる輝度の低下である。

【0020】

この劣化機構に関してははっきりした理論は確立されていないが、陽極と正孔輸送層との間に正孔注入層を挿入し、さらにdc駆動ではなく矩形波のac駆動にすることによって、輝度の低下を抑えることができるという報告がある（文献5：S. A. VanSlyke, C. H. Chen, and C. W. Tang, "Organic electroluminescent devices with improved stability", Applied Physics Letters, Vol. 69, No. 15, 2160-2162(1996)）。このことは、正孔注入層の挿入およびac駆動によって、チャージの蓄積を排除することにより、輝度の低下を抑えることができたという実験的な裏付けと言える。

30

【0021】

以上のことから、積層構造は容易にキャリアの再結合効率を高めることができ（キャリアのブロッキング機能）、なおかつ材料の選択幅を広くできる（機能分離）というメリットを持つ一方で、有機界面、特にキャリアをブロッキングする界面を作り出すことによって、キャリアの移動を妨げ、駆動電圧や輝度の低下に影響を及ぼしていると言える。

40

【0022】

そこで本発明では、従来用いられている積層構造とは異なる概念の素子を作製することにより、有機化合物膜中に存在する有機界面を排除してキャリアの移動性を高めると同時に、積層構造の機能分離と同様に各種複数の材料の機能は発現させる（以下、「機能発現」と記す）ことを課題とする。それにより、従来よりも駆動電圧が低い上に素子の寿命が長い有機発光素子を提供することを課題とする。

【0023】

また、このような有機発光素子を用いることにより、従来よりも駆動電圧が低く、なおかつ寿命の長い発光装置を提供することを課題とする。さらに、前記発光装置を用いて電気

50

器具を作製することにより、従来よりも低消費電力で、なおかつ長保ちする電気器具を提供することを課題とする。

【0024】

【課題を解決するための手段】

有機界面の形成によりキャリアの移動が妨げられるモデルとして、本発明者は以下に述べるような二つの機構を考えた。

【0025】

まず一つの機構として、有機界面のモルフォロジーから生じるものが考えられる。有機発光素子における有機化合物膜は通常、アモルファス状態の膜であり、これは有機化合物の分子同士が、双極子相互作用を主とした分子間力で凝集することにより形成されている。ところが、このような分子の凝集体を用いてヘテロ構造を形成すると、分子のサイズや形状の違いがヘテロ構造の界面（すなわち有機界面）に大きな影響を及ぼす可能性がある。

10

【0026】

特に、分子のサイズが大きく異なる材料を用いてヘテロ構造を形成した場合、その有機界面における接合の整合性が悪くなると考えられる。その概念図を図1に示す。図1では、小さい分子101からなる第一の層111と、大きい分子102からなる第二の層112を積層している。この場合、形成される有機界面113において、整合性の悪い領域114が発生してしまう。

【0027】

図1で示した整合性の悪い領域114は、キャリアの移動を妨げるバリア（あるいはエネルギー障壁）となる可能性があるため、駆動電圧のさらなる低減へ向けての障害になることが示唆される。また、エネルギー障壁を越えられないキャリアはチャージとして蓄積してしまい、先に述べたような輝度の低下を誘起してしまう可能性がある。

20

【0028】

もう一つの機構として、積層構造を形成する（すなわち有機界面を形成する）工程から生じるものが考えられる。積層構造の有機発光素子は、各層を形成する際のコンタミネーションを避けるため、通常、図2に示すようなマルチチャンバー方式（インライン方式）の蒸着装置を用いて作製する。

【0029】

図2に示した例は、正孔輸送層・発光層・電子輸送層の三層構造（ダブルヘテロ構造）を形成するための蒸着装置の概念図である。まず、搬入室に陽極（インジウム錫酸化物（以下、「ITO」と記す）など）を有する基板を搬入し、まず紫外線照射室において真空雰囲気中で紫外線を照射することにより、陽極表面をクリーニングする。特に陽極がITOのような酸化物である場合、前処理室にて酸化処理を行う。さらに、積層構造の各層を形成するため、蒸着室201で正孔輸送層を、蒸着室202～204で発光層（図2では、赤、緑、青の三色）を、蒸着室205で電子輸送層を成膜し、蒸着室206で陰極を蒸着する。最後に、封止室にて封止を行い、搬出室から取り出して有機発光素子を得る。

30

【0030】

このようなインライン方式の蒸着装置の特色としては、各層の蒸着を、それぞれ異なる蒸着室201～205において蒸着していることである。つまり、各層の材料がほとんど互いに混入しないような装置構成となっている。

40

【0031】

ところで、蒸着装置の内部は通常 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ パスカ程度に減圧されているものの、極微量の気体成分（酸素や水など）は存在している。そして、この程度の真空度の場合、それら極微量の気体成分でも、数秒もあれば容易に単分子レイヤー程度の吸着層を形成してしまうと言われている。

【0032】

したがって、図2のような装置を用いて積層構造の有機発光素子を作製する場合、各層を形成する間に大きなインターバルが生じてしまうことが問題なのである。つまり、各層を形成する間のインターバル、特に第二搬送室を経由して搬送する際などに、極微量の気体

50

成分による吸着層（以下、「不純物層」と記す）を形成してしまう懸念がある。

【0033】

その概念図を図3に示す。図3は、第一の有機化合物301からなる第一の層311と、第二の有機化合物302からなる第二の層312とを積層する際に、その層間に微量の不純物303（水や酸素など）からなる不純物層313が形成されている様子である。

【0034】

このようにして各層間（すなわち有機界面）に形成されてしまう不純物層は、有機発光素子の完成後、キャリアをトラップする不純物領域となってキャリアの移動を妨げるため、やはり駆動電圧を上昇させてしまう。さらに、キャリアをトラップする不純物領域が存在すると、そこにはチャージが蓄積することになるため、先に述べたような輝度の低下を誘起してしまう可能性がある。

10

【0035】

このような機構から考えると、以上で述べたような有機界面で生じる問題点（有機界面のモルフォロジー悪化および不純物層の形成）を克服するためには、素子構造・作製工程共に、従来の積層構造素子から脱する必要がある。例えば、有機界面を完全に排除した有機発光素子の例として、正孔輸送材料と電子輸送材料とを混合しただけの単層（以下、「混合単層」と記す）のみを、両電極間に設けた有機発光素子の報告がある（文献6：Shigeki NAKA, Kazuhisa SHINNO, Hiroyuki OKADA, Hiroshi ONNAGAWA and Kazuo MIYASHITA, "Organic Electroluminescent Devices Using a Mixed Single Layer", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 33, No. 12B, L1772-L1774(1994)）。

20

【0036】

文献6では、正孔輸送性である4,4'-ビス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニル-アミノ]-ピフェニル（以下、「TPD」と記す）と、電子輸送性であるAlq₃とを、1:4の割合で混合することによって単層構造を形成している。しかしながら、積層構造（すなわち、TPDおよびAlq₃からなる有機界面を形成するヘテロ構造）との比較をすると、発光効率の点では積層構造に比べて劣っていることが示されている。発光材料をドーブすることにより大幅に改善されるものの、それでもやはり、発光材料をドーブした積層構造に比べると多少劣っている。

【0037】

その原因として、混合単層の場合、陽極から注入された正孔および陰極から注入された電子が、再結合することなくそのまま対極へ抜けてしまうことが多くなるためと考えられる。積層構造はキャリアのブロッキング機能があるため、そのような問題は生じていない。

30

【0038】

このことは、文献6の混合単層においては、機能発現が行われていないことが原因とだけい換えることができる。すなわち、有機化合物膜内において、陽極に近い領域は正孔輸送という機能を示し、陰極に近い領域は電子輸送という機能を示し、両電極から離れた部分に発光領域（すなわちキャリアが再結合する領域）を設けるといふ、各機能を発現できる領域を設けなければ、たとえ有機界面をなくしたとしても効率のよい発光には至らないのである。

【0039】

これらのことを考慮し、本発明者は、有機界面を排除し、なおかつ文献6とは異なり機能発現が可能な有機発光素子を実現する手法を考案した。その概念図を図4に示す。なお、ここでは基板401上に陽極402を設けてあるが、陰極404の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。

40

【0040】

図4の素子では、正孔輸送材料および電子輸送材料を含む有機化合物膜403において、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域405、電子輸送材料からなる電子輸送領域409、および正孔輸送材料と電子輸送材料とが一定の比率（以下、「x:y」と記す）にて混合された混合領域407、を設けており、混合領域407には、発光を呈する発光材料410を添加することにより発光領域を形成してある。

50

【 0 0 4 1 】

さらに、混合領域407と正孔輸送領域405との間、および混合領域407と電子輸送領域409との間には、第一の濃度変化領域406および第二の濃度変化領域408を形成している。これらの濃度変化領域においては、混合領域における $x : y$ の比率に徐々に近づくために、濃度勾配が形成されている。その濃度プロファイルの概略図を図5に示す。

【 0 0 4 2 】

このような素子を形成した場合、陽極側では正孔輸送材料が正孔を受け取り輸送し、一方陰極側では電子輸送材料が電子を受け取り輸送することができる。また、濃度変化領域406および408においては、急激な濃度変化（最も極端な例は従来のヘテロ構造であり、濃度は0%から100%、あるいは100%から0%に変化すると言える）を避けるように、
10

【 0 0 4 3 】

したがって、有機化合物膜403に注入されたキャリアは、大きなエネルギー障壁に遮られることなく、混合領域407まで潤滑に輸送される。このことが、濃度変化領域406および408の重要な役割である。さらに、混合領域407はパイポーラー性であるため、正孔および電子は双方とも混合領域407を移動することが可能となる。

【 0 0 4 4 】

ここで重要なことは、混合領域407において、発光材料を含む発光領域が形成されていることである。つまり、発光材料410を混合領域407に添加することで、混合領域内をキャリア
20

が再結合せずに素通りしてしまうことを防ぐと同時に、発光領域を電極から遠ざけ、電極による消光（以下、「クエンチ」と記す）をも防止しているのである。いわば、文献6の混合単層とは異なり、各機能（キャリア輸送および発光）を発現できるそれぞれの領域が、有機化合物膜403内に存在しているのである。

【 0 0 4 5 】

さらに、このような素子であれば、従来の積層構造のような有機界面は存在しない。したがって、上述の有機界面で生じる問題点（有機界面のモルフォロジー悪化および不純物層の形成）を解決することができる。

【 0 0 4 6 】

まず、有機界面のモルフォロジー悪化の解決について、図6を用いて説明する。図6は、
30

小さい分子601からなる領域611と、大きい分子602からなる領域612と、小さい分子601および大きい分子602の両方を含む混合領域613と、からなる有機化合物膜の断面である。ただしここでは、図の便宜上、濃度変化領域は省略した。図6から明らかなように、図1で存在していたような有機界面113は存在せず、整合性の悪い領域114も存在しない。

【 0 0 4 7 】

また、不純物層の形成の解決であるが、これは単純明快である。図4のような有機発光素子を作製する場合、陽極上に正孔輸送材料を蒸着し、途中からそれに加えて電子輸送材料を共蒸着の形で蒸着することで混合領域を形成し、混合領域を形成後は正孔輸送材料の蒸着を止めることで電子輸送材料を蒸着すればよい。したがって、図2のような蒸着装置を用いて有機発光素子を作製する際に生じる、インターバルが存在しない。つまり、不純物
40

層を形成する隙を与えないのである。

【 0 0 4 8 】

このように、本発明の有機発光素子は、有機界面を形成することがないためキャリアの移動が潤滑であり、駆動電圧および素子の寿命に悪影響を及ぼすことがなくなる。さらに、積層構造と同様に機能分離されているため、発光効率の点でも問題はない。

【 0 0 4 9 】

また、従来の積層構造が異種物質間の単なる接合（hetero-junction）であるのに対し、本発明の構造はいわば混合接合（mixed-junction）であり、新しい概念に基づく有機発光素子であると言える。

【 0 0 5 0 】

10

20

30

40

50

したがって本発明では、陽極と、陰極と、正孔輸送材料および電子輸送材料を含む有機化合物膜と、からなる有機発光素子を有する発光装置において、前記有機化合物膜は、前記陽極から前記陰極へ方向に関して順次、前記正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、前記正孔輸送材料と前記電子輸送材料との比率が $x:y$ （ただし、 x および y は正の定数）になるまで前記電子輸送材料の割合が徐々に増加する第一の濃度変化領域と、前記 $x:y$ の比率にて前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料を含む混合領域と、前記 $x:y$ の比率よりもさらに前記電子輸送材料の割合が徐々に増加する第二の濃度変化領域と、前記電子輸送材料からなる電子輸送領域と、が接続された構造であり、かつ、前記混合領域内に、発光を呈する発光材料が添加された発光領域を設けたことを特徴とする（請求項1）。

【0051】

10

なお、発光材料は、正孔輸送材料および電子輸送材料に比べて、最高被占分子軌道（HOMO）と最低空分子軌道（LUMO）とのエネルギー差（以下、「励起エネルギーレベル」と記す）が小さいことが好ましい。これは、発光材料の分子励起子のエネルギー移動を防ぐためである。

【0052】

また、図4において、陽極と有機化合物膜との間に、正孔の注入性を高める材料（以下、「正孔注入材料」と記す）からなる正孔注入領域を挿入してもよい（請求項2）。また、陰極と有機化合物膜との間に、電子の注入性を高める材料（以下、「電子注入材料」と記す）からなる電子注入領域を挿入してもよい（請求項3）。さらに、正孔注入領域と電子注入領域の両方を組み込んでもよい（請求項4）。

20

【0053】

この場合、正孔注入材料または電子注入材料は、電極から有機化合物膜へのキャリア注入障壁を小さくするための材料であるため、電極から有機化合物膜へのキャリアの移動を潤滑にし、チャージの蓄積を排除できる効果がある。ただし、先に述べたような不純物層の形成を避ける観点から、各注入材料と有機化合物膜との間は、インターバルをおかずに成膜することが好ましい。

【0054】

また、混合領域においては、その混合比によってキャリアの再結合部はほぼ決まってくる（バイポーラー性になればなるほど、ほぼ中央になる）。したがって、発光材料を混合領域内の全域に添加してもよい（図7(a)）が、一部に添加してもよい（図7(b)）（請求項5）。

30

【0055】

さらに、図8(a)に示すように、混合領域407に対し、ブロッキング材料411を添加する構造も本発明に含むこととする（請求項6）。なお、ここでは基板401上に陽極402を設けてあるが、陰極404の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。また、正孔注入領域や電子注入領域を、電極と有機化合物膜との間に設けていてもよい。

【0056】

なお、本明細書におけるブロッキング材料とは、励起エネルギーレベルが混合領域407に含まれる材料の中で最も大きく、キャリアをブロックする機能ないしは分子励起子の拡散を防ぐ機能を有する材料のことである。ブロッキング材料411を混合領域407に添加すると、混合領域407におけるキャリアの再結合率が向上し、分子励起子の拡散も防げるため、高い発光効率が期待できる。ただし、ブロッキング材料は、正孔ないしは電子の片方をブロックする機能を有する場合が多いため、混合領域内全域に添加してしまうと、混合領域内のキャリアバランスを崩すこともある。したがって、ブロッキング材料を添加する領域は、混合領域内の全域ではなく、一部とする。

40

【0057】

また、ブロッキング材料は通常、HOMO準位が低い、すなわち正孔をブロッキングできる材料が有効である。したがって図8(b)に示すように、発光材料410を添加している領域よりも陰極側にブロッキング材料411を添加する手法が有用である（請求項7）。

【0058】

50

ところで近年、発光効率の観点から、三重項励起状態から基底状態に戻る際に放出されるエネルギー（以下、「三重項励起エネルギー」と記す）を発光に変換できる有機発光素子が、その高い発光効率ゆえに注目されている（文献7：D. F. O'Brien, M. A. Baldo, M. E. Thompson and S. R. Forrest, "Improved energy transfer in electrophosphorescent devices", Applied Physics Letters, vol. 74, No. 3, 442-444 (1999)）（文献8：Tetsuo TSUTSUI, Moon-Jae YANG, Masayuki YAHIRO, Kenji NAKAMURA, Teruichi WATANABE, Taishi TSUJI, Yoshinori FUKUDA, Takeo WAKIMOTO and Satoshi MIYAGUCHI, "High Quantum Efficiency in Organic Light-Emitting Devices with Iridium-Complex as a Triplet Emissive Center", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 38, L1502-L1504 (1999)）。

10

【0059】

文献7では白金を中心金属とする金属錯体を、文献8ではイリジウムを中心金属とする金属錯体を用いている。これらの三重項励起エネルギーを発光に変換できる有機発光素子（以下、「三重項発光素子」と記す）は、従来よりも高輝度発光・高発光効率を達成することができる。

【0060】

しかしながら、文献8の報告例によると、初期輝度を 500cd/m^2 に設定した場合の輝度の半減期は170時間程度であり、素子寿命に問題がある。三重項発光素子は、発光材料に対する適切なホスト材料を用いた発光層、および分子励起子の拡散を防ぐブロッキング材料を単独で用いるブロッキング層が必要であるため、多層構造になっており、有機界面が多数生じてしまうことが素子寿命の短い原因と考えられる。

20

【0061】

そこで、本発明を三重項発光素子に適用することにより、三重項励起状態からの発光による高輝度発光・高発光効率に加え、素子の寿命も長いという非常に高機能な発光素子が可能となる（請求項8）。なお、三重項の分子励起子は、拡散長が一重項の分子励起子に比べて大きいので、ブロッキング材料が混合領域に含まれていることが好ましい。

【0062】

ところで、混合領域はバイポーラー性である必要があるため、混合領域において、正孔輸送材料と電子輸送材料との合計質量に対する正孔輸送材料の質量の百分率は、10パーセント以上90パーセント以下であることが好ましい（請求項9）。ただし、この比率は材料の組み合わせによって大きく変動すると考えられる。

30

【0063】

また、本発明において、混合領域は発光領域、すなわちキャリアの再結合領域を含んでいるため、キャリアが素通りしないような程度の厚みが必要となる。したがって混合領域は、10nm以上の厚みがあることが望ましい（請求項10）。

【0064】

【発明の実施の形態】

以下では、本発明を実施する際の形態について述べる。なお、有機発光素子は、発光を取り出すために少なくとも陽極または陰極の一方が透明であればよいが、本実施の形態では、基板上に透明な陽極を形成し、陽極から光を取り出す素子構造で記述する。実際は、陰極から光を取り出す構造や、基板とは逆側から光を取り出す構造も本発明に適用可能である。

40

【0065】

本発明を実施するに当たり、不純物層の形成を防ぐため、有機発光素子を作製する製造工程が重要になる。そこでまず、本発明で開示する有機発光素子の製造方法について述べる。

【0066】

図9(a)は、蒸着装置の上面図であるが、蒸着室として一つの真空槽910を設置し、その真空槽内に複数の蒸着源を設けてある、シングルチャンバー方式である。そして、正孔注入材料、正孔輸送材料、電子輸送材料、電子注入材料、ブロッキング材料、発光材料、陰極

50

の構成材料など、各種機能の異なる材料が、それぞれ前記複数の蒸着源に別々に収納されている。

【0067】

このような蒸着室を有する蒸着装置においては、まず、搬入室に陽極（ITOなど）を有する基板を搬入し、陽極がITOのような酸化物である場合、前処理室にて酸化処理を行う（なお、図9(a)では図示していないが、陽極表面をクリーニングするために紫外線照射室を設置することも可能である）。さらに、有機発光素子を形成する全ての材料は、真空槽910内において蒸着される。ただし陰極は、この真空槽910内で形成してもよいし、別に蒸着室を設けてそこで陰極を形成してもよい。要は、陰極を形成するまでの間を、一つの真空槽910内で蒸着すればよい。最後に、封止室にて封止を行い、搬出室から取り出して有機発光素子を得る。

10

【0068】

このようなシングルチャンバー方式の蒸着装置を用いて本発明の有機発光素子を作製する手順を、図9(b)（真空槽910の断面図）を用いて説明する。図9(b)では、最も簡単な例として、三つの蒸着源（有機化合物蒸着源a916、有機化合物蒸着源b917および有機化合物蒸着源c918）を有する真空槽910を用い、正孔輸送材料921、電子輸送材料922および発光材料923を含む有機化合物膜を形成する過程を示す。

【0069】

まず、真空槽910内に、陽極902を有する基板901を搬入し、固定台911にて固定する（蒸着時には通常、基板は回転させる）。次に、真空槽910内を減圧（ 10^{-4} パスカル以下が好ましい）した後、容器a912を加熱し、正孔輸送材料921を蒸発させ、所定の蒸着レート（単位： $[\quad]/s$ ）に達してからシャッターa914を開け、蒸着を開始する。この時、シャッターb915を閉じたまま、容器b913も加熱しておく。

20

【0070】

正孔輸送領域903が所定の厚さに達したあと、シャッターb915を徐々に開いていき、電子輸送材料922の蒸着レートを上げていく。シャッターa914はそのままでもよいし、徐々に閉じて正孔輸送材料の蒸着レートを減らしていてもよい。この時の開閉速度により、第一の濃度変化領域904の濃度勾配を形成する。

【0071】

次に、正孔輸送材料921と電子輸送材料922との比率が所定の割合 $x : y$ に達したところで、シャッターの開閉動作を中止し、一定の蒸着レートにて混合領域905を形成する。ここで、この混合領域905形成の際、微量の発光材料923も添加しておく（図9(b)で示した状態）。

30

【0072】

混合領域905が所定の厚さに達したあと、シャッターa914を徐々に閉じていき、正孔輸送材料921の蒸着レートを減らしていく。シャッターb915はそのままでもよいし、徐々に開いて電子輸送材料922の蒸着レートを上げていてもよい。この時の開閉速度により、第二の濃度変化領域の濃度勾配を形成する。さらに電子輸送領域を形成するため、シャッターa914を完全に閉じ、容器a912の加熱を終了する。

【0073】

ここで、有機化合物蒸着源a916、有機化合物蒸着源b917、有機化合物蒸着源c918の具体的な形状を図22に示す。蒸着源の形状としては、セルを用いるタイプや導電性の発熱体を用いるタイプなどがあるが、図22では導電性の発熱体を用いるタイプを示す。すなわち、容器a912、容器b913、および容器c2211を導電性の発熱体とし、正孔輸送材料921が入った容器a912を電極a2201に、電子輸送材料922が入った容器b913を電極b2202に、発光材料923が入った容器c2211を電極c2203に、それぞれ挟み込み、通電することにより容器a912、容器b913、および容器c2211を加熱して蒸着する。ここでは、有機化合物蒸着源c918に対するシャッターc2212も図示した。

40

【0074】

以上の操作は、全てインターバルをおかずに行っているため、いずれの領域においても不

50

純物層が混入しない。

【0075】

この方法を応用すれば、課題を解決するための手段で述べた有機発光素子は、全て作製可能である。例えば、混合領域905にブロッキング材料を添加する場合は、図9(b)にそのブロッキング材料を蒸着するための蒸着源を設置し、混合領域の形成中に蒸発させればよい。

【0076】

また、正孔注入領域または電子注入領域を形成する場合でも、各注入材料の蒸着源を同一の真空槽910内に設置すればよい。例えば図9(b)において、陽極902と正孔輸送領域903との間に正孔注入領域を蒸着にて設ける場合は、陽極902上に正孔注入材料を蒸着した後、

10

【0077】

次に、正孔注入材料、正孔輸送材料、電子輸送材料、電子注入材料、ブロッキング材料、発光材料などに好適な材料を以下に列挙する。ただし、本発明の有機発光素子に用いる材料は、これらに限定されない。

【0078】

正孔注入材料としては、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（以下、「H2Pc」と記す）、銅フタロシアニン（以下、「CuPc」と記す）などがある。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（以下、「PSS」と記す）をドーピングしたポリエチレンジオキシチオフェン（以下、「PEDOT」と記す）や、ポリアニリンなどが挙げられる。また、絶縁体の高分子化合物も陽極の平坦化の点で有効であり、ポリイミド（以下、「PI」と記す）がよく用いられる。さらに、無機化合物も用いられ、金や白金などの金属薄膜の他、酸化アルミニウム（以下、「アルミナ」と記す）の超薄膜などがある。

20

【0079】

正孔輸送材料として最も広く用いられているのは、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）の化合物である。広く用いられている材料として、先に述べたTPDの他、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（以下、「NPD」と記す）や、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（以下、「TDATA」と記す）、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（以下、「MTDATA」と記す）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。

30

【0080】

電子輸送材料としては、金属錯体がよく用いられ、先に述べたAlq₃、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム（以下、「Almq₃」と記す）、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]-キノリナト)ベリリウム（以下、「BeBq₂」と記す）などのキノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体や、混合配位子錯体であるビス(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（以下、「BALq」と記す）などがある。また、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-ベンゾオキサゾラト]亜鉛（以下、「Zn(BOX)₂」と記す）、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-ベンゾチアゾラト]亜鉛（以下、「Zn(BTZ)₂」と記す）などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体もある。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（以下、「PBD」と記す）、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（以下、「OXD-7」と記す）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-ビフェニル)-1,2,4-トリアゾール（以下、「TAZ」と記す）、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

40

50

(以下、「p-EtTAZ」と記す)などのトリアゾール誘導体、バソフェナントロリン(以下、「BPhen」と記す)・バソキュプロイン(以下、「BCP」と記す)などのフェナントロリン誘導体が電子輸送性を有する。

【0081】

電子注入材料としては、上で述べた電子輸送材料を用いることができる。その他に、フッ化リチウムなどのアルカリ金属ハロゲン化物や、酸化リチウムなどのアルカリ金属酸化物のような絶縁体の、超薄膜がよく用いられる。また、リチウムアセチルアセトネート(以下、「Li(acac)」と記す)や8-キノリノラト-リチウム(以下、「Liq」と記す)などのアルカリ金属錯体も有効である。

【0082】

ブロッキング材料としては、上で述べたBAIq、OXD-7、TAZ、p-EtTAZ、BPhen、BCPなどが、励起エネルギーレベルが大きいため有効である。

【0083】

発光材料としては、先に述べたAlq₃、Almq₃、BeBq₂、BAIq、Zn(BOX)₂、Zn(BTZ)₂などの金属錯体の他、各種蛍光色素が有効である。また、三重項発光材料も可能であり、白金ないしはイリジウムを中心金属とする錯体が主体である。三重項発光材料としては、トリス(2-フェニルピリジン)イリジウム(以下、「Ir(ppy)₃」と記す)、2,3,7,8,12,13,17,18-オクタエチル-2,1H,2,3H-ポルフィリン-白金(以下、「PtOEP」と記す)などが知られている。

【0084】

以上で述べたような各機能を有する材料を、各々組み合わせ、本発明の有機発光素子に適用することにより、従来よりも駆動電圧が低い上に素子の寿命が長い有機発光素子を作製することができる。

【0085】

【実施例】

【実施例1】

本実施例では、図7(a)で示した有機発光素子において、陽極402と有機化合物膜403との間に正孔注入材料からなる正孔注入領域を挿入した有機発光素子を、具体的に例示する。

【0086】

まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極402を形成したガラス基板401を用意する。この陽極402を有するガラス基板401を、図9において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、5種類の材料(4種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属)を蒸着するため、5つの蒸着源が必要となる。

【0087】

まず、正孔注入材料であるCuPcを20nm蒸着するが、20nmに達してCuPcの蒸着を終えると同時に、インターバルをおかずに、正孔輸送材料である-NPDの蒸着を3/sの蒸着レートで開始する。インターバルをおかない理由は、先に述べたように、不純物層の形成を防ぐためである。

【0088】

-NPDのみからなる正孔輸送領域405を20nm形成した後、-NPDの蒸着レートは3/sに固定したまま、電子輸送材料であるAlq₃の蒸着源のシャッターを徐々に開けていくことにより、濃度勾配を有する第一の濃度変化領域406を10nm程度形成する。第一の濃度変化領域406が10nmに達したときのAlq₃の蒸着レートは、3/sになるように調節する。

【0089】

次に、Alq₃の蒸着レートを3/sに固定し、-NPDとAlq₃の蒸着レート比率が1:1となるような混合領域407を共蒸着にて形成する。同時に、蛍光色素であるN,N'-ジメチルキナクリドン(以下、「MQd」と記す)を、発光材料410として添加しておく。割合は、MQdが全体の1wt%程度となるように蒸着レートを制御する。

【0090】

混合領域407が30nmに達した後、MQdの蒸着は終了させ、Alq₃の蒸着レートを3/sに固定

10

20

30

40

50

したまま - NPDの蒸着源のシャッターを徐々に閉じていくことにより、濃度勾配を有する第二の濃度変化領域408を10nm程度形成する。第二の濃度変化領域408が10nmに達したときに、 - NPDの蒸着が終了するように調節する。

【0091】

さらに、Alq₃のみ引き続き蒸着し続けることで、電子輸送領域409を形成する。厚さは40nmとする。最後に、陰極としてAl:Li合金を150nm程度蒸着することにより、MQdに由来する緑色発光の有機発光素子を得る。

【0092】

[実施例2]

本実施例では、図8(b)で示した有機発光素子を、具体的に例示する。

10

【0093】

まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極402を形成したガラス基板401を用意する。この陽極402を有するガラス基板401を、図9において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、5種類の材料(4種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属)を蒸着するため、5つの蒸着源が必要となる。

【0094】

まず、正孔輸送材料であるMTDATAのみからなる正孔輸送領域405を30nm形成(蒸着レートは3 /s)した後、MTDATAの蒸着源のシャッターを徐々に閉じていくと同時に、電子輸送材料であるPBDの蒸着源のシャッターを徐々に開けていくことにより、濃度勾配を有する第一の濃度変化領域406を10nm程度形成する。第一の濃度変化領域406が10nmに達したとき

20

の、MTDATAの蒸着レートは1 /s、PBDの蒸着レートは4 /sになるように調節する。

【0095】

次に、MTDATAおよびPBDの蒸着レートをそれぞれ1 /sおよび4 /sに固定し、MTDATAとPBDの蒸着レート比率が1:4となるような混合領域407を、共蒸着にて30nm形成する。この時、混合領域407における中間の10nm(つまり、混合領域30nmのうち、10nm~20nmの間)は、蛍光色素であるペリレンを発光材料410として添加するが、その割合は、ペリレンが全体の5wt%程度となるように実施する。また、混合領域407における最後の10nm(つまり、混合領域30nmのうち、20nm~30nmの間)は、ブロッキング材料411としてBCPを添加するが、その割合は、蒸着レート比にしてMTDATA:PBD:BCP=1:4:5とする(すなわち、BCPを5 /sの割合で蒸着する)。

30

【0096】

混合領域407が30nmに達した後、BCPは蒸着を終了し、PBDの蒸着レートは4 /sに固定したまま、MTDATAの蒸着源のシャッターを徐々に閉じていくことにより、濃度勾配を有する第二の濃度変化領域408を10nm程度形成する。第二の濃度変化領域408が10nmに達したときに、MTDATAの蒸着が終了するように調節する。

【0097】

さらに、PBDのみ引き続き蒸着し続けることで、電子輸送領域409を形成する。厚さは30nmとする。最後に、陰極としてAl:Li合金を150nm程度蒸着することにより、ペリレンに由来する青色発光の有機発光素子を得る。

【0098】

40

[実施例3]

本実施例では、図7(b)で示した有機発光素子において、陽極402と有機化合物膜403との間に正孔注入材料からなる正孔注入領域を、陰極404と有機化合物膜との間に電子注入材料からなる電子注入領域を、それぞれ挿入し、かつ、発光材料として三重項発光材料を適用した有機発光素子の例を、具体的に例示する。その素子構造を図10に示す。

【0099】

まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、ITO(陽極)を形成したガラス基板を用意する。このITOを有するガラス基板を、図9において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、7種類の材料(5種類は有機化合物であり、2種類は陰極となる無機材料)を蒸着するため、7つの蒸着源が必要となる。

50

【0100】

まず、正孔注入材料であるCuPcを20nm蒸着するが、20nmに達してCuPcの蒸着を終えると同時に、インターバルをおかずに、正孔輸送材料である - NPDの蒸着を3 /sの蒸着レートで開始する。インターバルをおかない理由は、先に述べたように、不純物層の形成を防ぐためである。

【0101】

- NPDのみからなる正孔輸送領域を20nm形成した後、 - NPDの蒸着レートは3 /sに固定したまま、電子輸送材料であるBAIqの蒸着源のシャッターを徐々に開けていくことにより、濃度勾配を有する第一の濃度変化領域を10nm程度形成する。第一の濃度変化領域が10nmに達したときのBAIqの蒸着レートは、3 /sになるように調節する。

10

【0102】

次に、BAIqの蒸着レートを3 /sに固定し、 - NPDと BAIqの蒸着レート比率が1 : 1となるような混合領域を共蒸着にて20nm形成する。この時、混合領域における中間の10nm（つまり、混合領域20nmのうち、5nm～15nmの間）は、三重項発光材料であるPtOEPを、発光材料として添加しておく。その割合は、PtOEPが全体の6wt%程度となるようにする。

【0103】

混合領域が20nmに達した後、BAIqの蒸着レートは3 /sに固定したまま、 - NPDの蒸着源のシャッターを徐々に閉じていくことにより、濃度勾配を有する第二の濃度変化領域を10nm程度形成する。第二の濃度変化領域が10nmに達したときに、 - NPDの蒸着が終了するように調節する。

20

【0104】

さらに、BAIqのみ引き続き蒸着し続けることで、電子輸送領域を形成する。厚さは10nmとする。BAIqの蒸着を終了すると同時に、インターバルをおかずに、電子注入材料であるAIq₃の蒸着を開始して30nm程度蒸着する。インターバルをおかない理由は、先に述べたように、不純物層の形成を防ぐためである。

【0105】

最後に、LiFを1nm程度、アルミニウムを150nm程度蒸着することにより、陰極を形成し、PtOEPに由来する赤色発光の三重項発光素子を得る。

【0106】

[実施例4]

本実施例では、本発明で開示した有機発光素子を含む発光装置について説明する。図11は、本発明の有機発光素子を用いたアクティブマトリクス型発光装置の断面図である。

30

【0107】

なお、能動素子としてここでは薄膜トランジスタ（以下、「TFT」と記す）を用いているが、MOSトランジスタを用いてもよい。また、TFTとしてトップゲート型TFT（具体的にはプレーナ型TFT）を例示するが、ボトムゲート型TFT（典型的には逆スタガ型TFT）を用いることもできる。

【0108】

図11(a)において、1101は基板であり、ここでは基板側から光を取り出すため、可視光を透過する基板を用いる。具体的には、ガラス基板、石英基板、結晶化ガラス基板もしくはプラスチック基板（プラスチックフィルムを含む）を用いればよい。なお、基板1101とは、表面に設けた絶縁膜も含めるものとする。

40

【0109】

基板1101の上には画素部1111および駆動回路1112が設けられている。まず、画素部1111について説明する。

【0110】

画素部1111は画像表示を行う領域である。基板上には複数の画素が存在し、各画素には有機発光素子に流れる電流を制御するためのTFT（以下、「電流制御TFT」と記す）1102、画素電極（陽極）1103、有機化合物膜1104および陰極1105が設けられている。なお、図11(a)では電流制御TFTしか図示していないが、電流制御TFTのゲートに加わる電圧を制御す

50

るためのTFT（以下、「スイッチングTFT」と記す）を設けている。

【0111】

電流制御TFT1102は、ここではpチャネル型TFTを用いることが好ましい。nチャネル型TFTとすることも可能であるが、図11のように有機発光素子の陽極に電流制御TFTを接続する場合は、pチャネル型TFTの方が消費電力を押さえることができる。ただし、スイッチングTFTはnチャネル型TFTでもpチャネル型TFTでもよい。

【0112】

また、電流制御TFT1102のドレインには画素電極1103が電氣的に接続されている。本実施例では、画素電極1103の材料として仕事関数が4.5～5.5eVの導電性材料を用いるため、画素電極1103は有機発光素子の陽極として機能する。画素電極1103として代表的には、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛もしくはこれらの化合物（ITOなど）のような、光透過性の材料を用いればよい。画素電極1103の上には有機化合物膜1104が設けられている。

10

【0113】

さらに、有機化合物膜1104の上には陰極1105が設けられている。陰極1105の材料としては、仕事関数が2.5～3.5eVの導電性材料を用いることが望ましい。陰極1105として代表的には、アルカリ金属元素もしくはアルカリ度類金属元素を含む導電膜、アルミニウムを含む導電膜、あるいはその導電膜にアルミニウムや銀などを積層したもの、を用いればよい。

【0114】

また、画素電極1103、有機化合物膜1104、および陰極1105からなる層は、保護膜1106で覆われている。保護膜1106は、有機発光素子を酸素および水から保護するために設けられている。保護膜1106の材料としては、窒化珪素、窒化酸化珪素、酸化アルミニウム、酸化タンタル、もしくは炭素（具体的にはダイヤモンドライクカーボン）を用いる。

20

【0115】

次に、駆動回路1112について説明する。駆動回路1112は画素部1111に伝送される信号（ゲート信号およびデータ信号）のタイミングを制御する領域であり、シフトレジスタ、バッファ、ラッチ、アナログスイッチ（トランスファゲート）もしくはレベルシフタが設けられている。図11(a)では、これらの回路の基本単位としてnチャネル型TFT1107およびpチャネル型TFT1108からなるCMOS回路を示している。

【0116】

なお、シフトレジスタ、バッファ、ラッチ、アナログスイッチ（トランスファゲート）もしくはレベルシフタの回路構成は、公知のものでよい。また図11では、同一の基板上に画素部1111および駆動回路1112を設けているが、駆動回路1112を設けずにICやLSIを電氣的に接続することもできる。

30

【0117】

また、図11では電流制御TFT1102に画素電極（陽極）1103が電氣的に接続されているが、陰極が電流制御TFTに接続された構造をとることもできる。その場合、画素電極を陰極1105と同様の材料で形成し、陰極を画素電極（陽極）1103と同様の材料で形成すればよい。その場合、電流制御TFTはnチャネル型TFTとすることが好ましい。

【0118】

ところで、図11(a)に示した発光装置は、画素電極1103を形成した後に配線1109を形成する工程で作製されたものを示してあるが、この場合、画素電極1103が表面荒れを起こす可能性がある。有機発光素子は電流駆動型の素子であるため、画素電極1103の表面荒れにより、特性が悪くなることも考えられる。

40

【0119】

そこで、図11(b)に示すように、配線1109を形成した後に画素電極1103を形成する発光装置も考えられる。この場合、図11(a)の構造に比べて、画素電極1103からの電流の注入性が向上すると考えられる。

【0120】

また、図11においては、正テーパー型の土手状構造1110によって、画素部1111に設置されている各画素を分離している。この土手状構造を、例えば逆テーパー型のような構造に

50

することにより、土手状構造が画素電極に接しない構造をとることもできる。その一例を図12に示す。

【0121】

図12では、配線を利用して分離部を兼ねた、配線および分離部1210を設けた。図12で示されるような配線および分離部1210の形状（ひさしのある構造）は、配線を構成する金属と、前記金属よりもエッチレートの低い材料（例えば金属窒化物）とを積層し、エッチングすることにより形成することができる。この形状により、画素電極1203や配線と、陰極1205とが、ショートすることを防ぐことができる。なお、図12においては、通常のアクティブマトリクス型の発光装置と異なり、画素上の陰極1205をストライプ状（パッシブマトリクスの陰極と同様）にする構造になる。

10

【0122】

ここで、図11(b)に示したアクティブマトリクス型発光装置の外観を図13に示す。なお、図13(a)には上面図を示し、図13(b)には図13(a)をP-P'で切断した時の断面図を示す。また、図11の符号を引用する。

【0123】

図13(a)において、1301は画素部、1302はゲート信号側駆動回路、1303はデータ信号側駆動回路である。また、ゲート信号側駆動回路1302およびデータ信号側駆動回路1303に伝送される信号は、入力配線1304を介してTAB（Tape Automated Bonding）テープ1305から入力される。なお、図示しないが、TABテープ1305の代わりに、TABテープにIC（集積回路）を設けたTCP（Tape Carrier Package）を接続してもよい。

20

【0124】

このとき、1306は図11(b)に示した発光装置の上方に設けられるカバー材であり、樹脂からなるシール材1307により接着されている。カバー材1306は酸素および水を透過しない材質であれば、いかなるものを用いてもよい。本実施例では、カバー材1306は図13(b)に示すように、プラスチック材1306aと、前記プラスチック材1306aの表面および裏面に設けられた炭素膜（具体的にはダイヤモンドライクカーボン膜）1306b、1306cからなる。

【0125】

さらに、図13(b)に示すように、シール材1307は樹脂からなる封止材1308で覆われ、有機発光素子を完全に密閉空間1309に封入するようになっている。密閉空間1309は不活性ガス（代表的には窒素ガスや希ガス）、樹脂または不活性液体（例えばパーフルオロアルカンに代表される液状のフッ素化炭素）を充填しておけばよい。さらに、吸湿剤や脱酸素剤を設けることも有効である。

30

【0126】

また、本実施例に示した発光装置の表示面（画像を観測する面）に偏光板をもうけてもよい。この偏光板は、外部から入射した光の反射を押さえ、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果がある。一般的には、円偏光板が用いられている。ただし、有機化合物膜から発した光が偏光板により反射されて内部に戻ることを防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが好ましい。

【0127】

なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

40

【0128】

[実施例5]

本実施例では、本発明で開示した有機発光素子を含む発光装置の例として、アクティブマトリクス型発光装置を例示するが、実施例4とは異なり、能動素子が形成されている基板とは反対側から光を取り出す構造（以下、「上方出射」と記す）の発光装置を示す。図14にその断面図を示す。

【0129】

なお、能動素子としてここでは薄膜トランジスタ（以下、「TFT」と記す）を用いているが、MOSトランジスタを用いてもよい。また、TFTとしてトップゲート型TFT（具体的には

50

プレーナ型TFT)を例示するが、ボトムゲート型TFT(典型的には逆スタガ型TFT)を用いることもできる。

【0130】

本実施例において、基板1401、画素部に形成された電流制御TFT1402、および駆動回路1412に関しては、実施例4と同様の構成でよい。

【0131】

電流制御TFT1402のドレインに接続されている第一電極1403であるが、本実施例では陽極として用いるため、仕事関数がより大きい導電性材料を用いることが好ましい。その代表例として、ニッケル、パラジウム、タングステン、金、銀などの金属が挙げられる。本実施例では、第一電極1403は光を透過しないことが好ましいが、それに加えて、光の反射性の高い材料を用いることがさらに好ましい。

10

【0132】

第一電極1403の上には有機化合物膜1404が設けられている。さらに、有機化合物膜1404の上には第二電極1405が設けられており、本実施例では陰極とする。その場合、第二電極1405の材料としては、仕事関数が2.5~3.5eVの導電性材料を用いることが望ましい。代表的には、アルカリ金属元素もしくはアルカリ度類金属元素を含む導電膜、アルミニウムを含む導電膜、あるいはその導電膜にアルミニウムや銀などを積層したもの、を用いればよい。ただし、本実施例は上方出射であるため、第二電極1405が光透過性であることが大前提である。したがって、これらの金属を用いる場合は、20nm程度の超薄膜であることが好ましい。

20

【0133】

また、第一電極1403、有機化合物膜1404、および第二電極1405からなる層は、保護膜1406で覆われている。保護膜1406は、有機発光素子を酸素および水から保護するために設けられている。本実施例では、光を透過するものであればいかなるものを用いてもよい。

【0134】

なお、図14では電流制御TFT1402に第一電極(陽極)1403が電氣的に接続されているが、陰極が電流制御TFTに接続された構造をとることもできる。その場合、第一電極を陰極の材料で形成し、第二電極を陽極の材料で形成すればよい。このとき、電流制御TFTはnチャンネル型TFTとすることが好ましい。

【0135】

さらに、1407はカバー材であり、樹脂からなるシール材1408により接着されている。カバー材1407は酸素および水を透過しない材質で、かつ、光を透過する材質であればいかなるものを用いてもよい。本実施例ではガラスを用いる。密閉空間1409は不活性ガス(代表的には窒素ガスや希ガス)、樹脂または不活性液体(例えばパーフルオロアルカンに代表される液状のフッ素化炭素)を充填しておけばよい。さらに、吸湿剤や脱酸素剤を設けることも有効である。

30

【0136】

なお、ゲート信号側駆動回路およびデータ信号側駆動回路に伝送される信号は、入力配線1413を介してTAB(Tape Automated Bonding)テープ1414から入力される。なお、図示しないが、TABテープ1414の代わりに、TABテープにIC(集積回路)を設けたTCP(Tape Carrier Package)を接続してもよい。

40

【0137】

また、本実施例に示した発光装置の表示面(画像を観測する面)に偏光板をもうけてもよい。この偏光板は、外部から入射した光の反射を押さえ、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果がある。一般的には、円偏光板が用いられている。ただし、有機化合物膜から発した光が偏光板により反射されて内部に戻ることを防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが好ましい。

【0138】

なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

50

【実施例6】

【0139】

本実施例では、本発明で開示した有機発光素子を含む発光装置の例として、パッシブマトリクス型発光装置を例示する。図15(a)にはその上面図を示し、図15(b)には図15(a)をP-P'で切断した時の断面図を示す。

【0140】

図15(a)において、1501は基板であり、ここではプラスチック材を用いる。プラスチック材としては、ポリイミド、ポリアミド、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、PES(ポリエチレンサルファイル)、PC(ポリカーボネート)、PET(ポリエチレンテレフタレート)もしくはPEN(ポリエチレンナフタレート)を板状、もしくはフィルム上にしたものが使用

10

【0141】

1502は酸化導電膜からなる走査線(陽極)であり、本実施例では酸化亜鉛に酸化ガリウムを添加した酸化物導電膜を用いる。また、1503は金属膜からなるデータ線(陰極)であり、本実施例ではビスマス膜を用いる。また、1504はアクリル樹脂からなるバンクであり、データ線1503を分断するための隔壁として機能する。走査線1502とデータ線1503は両方とも、ストライプ状に複数形成されており、互いに直交するように設けられている。なお、図15(a)では図示していないが、走査線1502とデータ線1503の間には有機化合物膜が挟まれており、交差部1505が画素となる。

【0142】

20

そして、走査線1502およびデータ線1503はTABテープ1507を介して外部の駆動回路に接続される。なお、1508は走査線1502が集合してなる配線群を表しており、1509はデータ線1503に接続された接続配線1506の集合からなる配線群を表す。また、図示していないが、TABテープ1507の代わりに、TABテープにICを設けたTCPを接続してもよい。

【0143】

また、図15(b)において、1510はシール材、1511はシール材1510によりプラスチック材1501に貼り合わされたカバー材である。シール材1510としては光硬化樹脂を用いていればよく、脱ガスが少なく、吸湿性の低い材料が望ましい。カバー材としては基板1501と同一の材料が好ましく、ガラス(石英ガラスを含む)もしくはプラスチックを用いることができる。ここではプラスチック材を用いる。

30

【0144】

次に、画素領域の構造の拡大図を図15(c)に示す。1513は有機化合物膜である。なお、図15(c)に示すように、バンク1504は下層の幅が上層の幅よりも狭い形状になっており、データ線1503を物理的に分断できる。また、シール材1510で囲まれた画素部1514は、樹脂からなる封止材1515により外気から遮断され、有機化合物膜の劣化を防ぐ構造となっている。

【0145】

以上のような構成からなる本発明の発光装置は、画素部1514が走査線1502、データ線1503、バンク1504および有機化合物膜1513で形成されるため、非常に簡単なプロセスで作製することができる。

40

【0146】

また、本実施例に示した発光装置の表示面(画像を観測する面)に偏光板をもうけてもよい。この偏光板は、外部から入射した光の反射を押さえ、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果がある。一般的には、円偏光板が用いられている。ただし、有機化合物膜から発した光が偏光板により反射されて内部に戻ることを防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが好ましい。

【0147】

なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【0148】

50

[実施例 7]

本実施例では、実施例 6 で示した発光装置にプリント配線板を設けてモジュール化した例を示す。

【 0 1 4 9 】

図 1 6 (a)に示すモジュールは、基板 1601 (ここでは、画素部 1602、配線 1603a、 1603bを含む) にTABテープ 1604が取り付けられ、前記TABテープ 1604を介してプリント配線板 1605が取り付けられている。

【 0 1 5 0 】

ここで、プリント配線板 1605の機能ブロック図を図 1 6 (b)に示す。プリント配線板 1605の内部には少なくとも I/Oポート (入力もしくは出力部) 1606、 1609、データ信号側駆動回路 1607およびゲート信号側回路 1608として機能する ICが設けられている。

10

【 0 1 5 1 】

このように、基板面に画素部が形成された基板にTABテープが取り付けられ、そのTABテープを介して駆動回路としての機能を有するプリント配線版が取り付けられた構成のモジュールを、本明細書では特に駆動回路外付け型モジュールと呼ぶことにする。

【 0 1 5 2 】

なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【 0 1 5 3 】

[実施例 8]

20

本実施例では、実施例 4、実施例 5、もしくは実施例 6 に示した発光装置にプリント配線板を設けてモジュール化した例を示す。

【 0 1 5 4 】

図 1 7 (a)に示すモジュールは、基板 1701 (ここでは、画素部 1702、データ信号側駆動回路 1703、ゲート信号側駆動回路 1704、配線 1703a、 1704aを含む) にTABテープ 1705が取り付けられ、そのTABテープ 1705を介してプリント配線板 1706が取り付けられている。プリント配線板 1706の機能ブロック図を図 1 7 (b)に示す。

【 0 1 5 5 】

図 1 7 (b)に示すように、プリント配線板 1706の内部には少なくとも I/Oポート 1707、 1710、コントロール部 1708として機能する ICが設けられている。なお、ここではメモリ部 1709を設けてあるが、必ずしも必要ではない。またコントロール部 1708は、駆動回路の制御、映像データの補正などをコントロールするための機能を有した部位である。

30

【 0 1 5 6 】

このように、有機発光素子の形成された基板にコントローラーとしての機能を有するプリント配線板が取り付けられた構成のモジュールを、本明細書では特にコントローラー外付け型モジュールと呼ぶことにする。

【 0 1 5 7 】

なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【 0 1 5 8 】

40

[実施例 9]

本実施例では、実施例 3 で示したような三重項発光素子を、デジタル時間階調表示により駆動する発光装置の例を示す。本実施例の発光装置は、三重項励起状態からの発光を利用することによって高い発光効率を達成できると同時に、デジタル時間階調表示により均一な像を得ることができ、非常に有用である。

【 0 1 5 9 】

有機発光素子を用いた画素の、回路構成を図 1 8 (a)に示す。Trはトランジスタ、Csはストレージキャパシタを表す。図 1 8 (a)中の回路構成では、ソース線はトランジスタ Tr1のソース側に、ゲート線はトランジスタ Tr1のゲートに接続されている。また、電源供給線はストレージキャパシタ Cs、およびトランジスタ Tr2のソース側に接続されている。トラ

50

ンジスタTr2のドレイン側には本発明の有機発光素子の陽極が接続されているため、有機発光素子を挟んでトランジスタTr2の反対側は、陰極となっている。

【0160】

この回路においては、ゲート線が選択されると、電流がソース線からTr1に流れ、その信号に対応する電圧がCsに蓄積される。そして、Tr2のゲートおよびソース間の電圧 (V_{gs}) により制御される電流が、Tr2および有機発光素子に流れることになる。

【0161】

Tr1が選択されたあとは、Tr1はオフ状態となり、Csの電圧 (V_{gs}) が保持される。したがって、 V_{gs} に依存するだけの電流を流し続けることができる。

【0162】

このような回路を、デジタル時間階調表示により駆動するチャートを図18(b)に示す。すなわち、1フレームを複数のサブフレームに分割するわけだが、図18(b)では、1フレームを6つのサブフレーム (SF1~SF6) に分割する6ビット階調とした。TAは書き込み時間である。この場合、それぞれのサブフレーム発光期間の割合は、図に示したように32:16:8:4:2:1となる。

【0163】

本実施例におけるTFT基板の駆動回路の概要を図18(c)に示す。図18(c)中の基板構成では、本発明の有機発光素子を各画素とした画素部に対し、図18(a)で示したような電源供給線および陰極が接続されている。また、シフトレジスタは、シフトレジスタ ラッチ1 ラッチ2 画素部の順で、画素部に接続されている。ラッチ1にはデジタル信号が入力され、ラッチ2に入力されるラッチパルスによって画像データを画素部に送り込むことができる。

【0164】

ゲートドライバおよびソースドライバは同じ基板上に設けられている。本実施例では、画素回路およびドライバは、デジタル駆動するように設計されているため、TFT特性のばらつきの影響を受けることなく、均一な像を得ることができる。

【0165】

[実施例10]

本実施例では、本発明で開示した有機発光素子に一定の電流を流すことにより駆動する、アクティブマトリクス型の定電流駆動回路の例を示す。その回路構成を図21に示す。

【0166】

図21に示す画素2110は、信号線Si、第1走査線Gj、第2走査線Pj及び電源線Viを有している。また画素2110は、Tr1、Tr2、Tr3、Tr4、混合接合型の有機発光素子2111及び保持容量2112を有している。

【0167】

Tr3とTr4のゲートは、共に第1走査線Gjに接続されている。Tr3のソースとドレインは、一方は信号線Siに、もう一方はTr2のソースに接続されている。またTr4のソースとドレインは、一方はTr2のソースに、もう一方はTr1のゲートに接続されている。つまり、Tr3のソースとドレインのいずれか一方と、Tr4のソースとドレインのいずれか一方とは、接続されている。

【0168】

Tr1のソースは電源線Viに、ドレインはTr2のソースに接続されている。Tr2のゲートは第2走査線Pjに接続されている。そしてTr2のドレインは有機発光素子2111が有する画素電極に接続されている。有機発光素子2111は、画素電極と、対向電極と、画素電極と対向電極の間に設けられた有機発光層とを有している。有機発光素子2111の対向電極は発光パネルの外部に設けられた電源によって一定の電圧が与えられている。

【0169】

なお、Tr3とTr4は、nチャネル型TFTとpチャネル型TFTのどちらでも良い。ただし、Tr3とTr4の極性は同じである。また、Tr1はnチャネル型TFTとpチャ

10

20

30

40

50

ャネル型TFTのどちらでも良い。Tr2は、nチャネル型TFTとpチャネル型TFTのどちらでも良い。発光素子の画素電極と対向電極は、一方が陽極であり、他方が陰極である。Tr2がpチャネル型TFTの場合、陽極を画素電極として用い、陰極を対向電極として用いるのが望ましい。逆に、Tr2がnチャネル型TFTの場合、陰極を画素電極として用い、陽極を対向電極として用いるのが望ましい。

【0170】

保持容量2112はTr1のゲートとソースとの間に形成されている。保持容量2112はTr1のゲートとソースの間の電圧(V_{GS})をより確実に維持するために設けられているが、必ずしも設ける必要はない。

【0171】

図21に示した画素では、信号線Siに供給される電流を信号線駆動回路が有する電流源において制御されている。

【0172】

以上のような回路構成を適用することにより、有機発光素子に一定の電流を流して輝度を一定に保とうとする定電流駆動が可能となる。本発明で開示した混合領域を有する有機発光素子は従来の有機発光素子に比べて寿命が長い、上記のような定電流駆動を実施することでさらに長寿命化を図ることができるため、有効である。

【0173】

[実施例11]

上記実施例で述べた本発明の発光装置は、低消費電力で寿命が長いという利点を有する。したがって、前記発光装置が表示部等として含まれる電気器具は、従来よりも低い消費電力で動作可能であり、なおかつ長保ちする電気器具となる。特に電源としてバッテリーを使用する携帯機器のような電気器具に関しては、低消費電力化が便利さに直結する(電池切れが起こりにくい)ため、極めて有用である。

【0174】

また、前記発光装置は、自発光型であることから液晶表示装置のようなバックライトは必要なく、有機化合物膜の厚みも1 μ mに満たないため、薄型軽量化が可能である。したがって、前記発光装置が表示部等として含まれる電気器具は、従来よりも薄型軽量の電気器具となる。このことも、特に携帯機器のような電気器具に関して、便利さ(持ち運びの際の軽さやコンパクトさ)に直結するため、極めて有用である。さらに、電気器具全般においても、薄型である(かさばらない)ことは運送面(大量輸送が可能)、設置面(部屋などのスペース確保)からみても有用であることは疑いない。

【0175】

なお、前記発光装置は自発光型であるために、液晶表示装置に比べて明るい場所での視認性に優れ、しかも視野角が広いという特徴を持つ。したがって、前記発光装置を表示部として有する電気器具は、表示の見やすさの点でも大きなメリットがある。

【0176】

すなわち、本発明の発光装置を用いた電気器具は、薄型軽量・高視認性といった従来の有機発光素子の長所に加え、低消費電力・長寿命という特長も保有しており、極めて有用である。

【0177】

本実施例では、本発明の発光装置を表示部として含む電気器具を例示する。その具体例を図19および図20に示す。なお、本実施例の電気器具に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した素子のいずれを用いてもよい。また、本実施例の電気器具に含まれる発光装置の形態は、図11～図18のいずれの形態を用いても良い。

【0178】

図19(a)は有機発光素子を用いたディスプレイであり、筐体1901a、支持台1902a、表示部1903aを含む。本発明の発光装置を表示部1903aとして用いたディスプレイを作製することにより、薄く軽量で、長保ちするディスプレイを実現できる。よって、輸送が簡便になり、設置の際の省スペースが可能となる上に、寿命も長い。

10

20

30

40

50

【 0 1 7 9 】

図 1 9 (b)はビデオカメラであり、本体1901b、表示部1902b、音声入力部1903b、操作スイッチ1904b、バッテリー1905b、受像部1906bを含む。本発明の発光装置を表示部1902bとして用いたビデオカメラを作製することにより、消費電力が少なく、軽量のビデオカメラを実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも簡便になる。

【 0 1 8 0 】

図 1 9 (c)はデジタルカメラであり、本体1901c、表示部1902c、接眼部1903c、操作スイッチ1904cを含む。本発明の発光装置を表示部1902cとして用いたデジタルカメラを作製することにより、消費電力が少なく、軽量のデジタルカメラを実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも簡便になる。

10

【 0 1 8 1 】

図 1 9 (d)は記録媒体を備えた画像再生装置であり、本体1901d、記録媒体 (CD、LD、またはDVDなど) 1902d、操作スイッチ1903d、表示部 (A)1904d、表示部 (B)1905dを含む。表示部 (A)1904dは主として画像情報を表示し、表示部 (B)1905dは主として文字情報を表示する。本発明の発光装置をこれら表示部 (A)1904dや表示部 (B)1905dとして用いた前記画像再生装置を作製することにより、消費電力が少なく軽量な上に、長保ちする前記画像再生装置を実現できる。なお、この記録媒体を備えた画像再生装置には、CD再生装置、ゲーム機器なども含む。

【 0 1 8 2 】

図 1 9 (e)は携帯型 (モバイル) コンピュータであり、本体1901e、表示部1902e、受像部1903e、操作スイッチ1904e、メモリスロット1905eを含む。本発明の発光装置を表示部1902eとして用いた携帯型コンピュータを作製することにより、消費電力が少なく、薄型軽量の携帯型コンピュータを実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも簡便になる。なお、この携帯型コンピュータはフラッシュメモリや不揮発性メモリを集積化した記録媒体に情報を記録したり、それを再生したりすることができる。

20

【 0 1 8 3 】

図 1 9 (f)はパーソナルコンピュータであり、本体1901f、筐体1902f、表示部1903f、キーボード1904fを含む。本発明の発光装置を表示部1903fとして用いたパーソナルコンピュータを作製することにより、消費電力が少なく、薄型軽量のパーソナルコンピュータを実現できる。特に、ノートパソコンのように持ち歩く用途が必要な場合、電池の消費量や軽さの点で大きなメリットとなる。

30

【 0 1 8 4 】

なお、上記電気器具はインターネットなどの電子通信回線や電波などの無線通信を通じて配信される情報を表示することが多くなってきており、特に動画情報を表示する機会が増えている。有機発光素子の応答速度は非常に速く、そのような動画表示に好適である。

【 0 1 8 5 】

次に、図 2 0 (a)は携帯電話であり、本体2001a、音声出力部2002a、音声入力部2003a、表示部2004a、操作スイッチ2005a、アンテナ2006aを含む。本発明の発光装置を表示部2004aとして用いた携帯電話を作製することにより、消費電力が少なく、薄型軽量の携帯電話を実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも楽になる上にコンパクトな本体にできる。

40

【 0 1 8 6 】

図 2 0 (b)は音響機器 (具体的には車載用オーディオ) であり、本体2001b、表示部2002b、操作スイッチ2003b、2004bを含む。本発明の発光装置を表示部2002bとして用いた音響機器を作製することにより、消費電力が少なく、軽量の音響機器を実現できる。また、本実施例では車載用オーディオを例として示すが、家庭用オーディオに用いても良い。

【 0 1 8 7 】

なお、図 1 9 ~ 図 2 0 で示したような電気器具において、さらに光センサを内蔵させ、使用環境の明るさを検知する手段を設けることで、使用環境の明るさに応じて発光輝度を変調させるような機能を持たせることは有効である。使用者は、使用環境の明るさに比べて

50

コントラスト比で100～150の明るさを確保できれば、問題なく画像もしくは文字情報を認識できる。すなわち、使用環境が明るい場合は画像の輝度を上げて見やすくし、使用環境が暗い場合は画像の輝度を抑えて消費電力を抑えるといったことが可能となる。

【0188】

また、本発明の発光装置を光源として用いた様々な電気器具も、低消費電力での動作や薄型軽量化が可能であるため、非常に有用と言える。代表的には、液晶表示装置のバックライトもしくはフロントライトといった光源、または照明機器の光源として本発明の発光装置を含む電気器具は、低消費電力の実現や薄型軽量化が可能である。

【0189】

したがって、本実施例に示した図19～図20の電気器具の表示部を、全て液晶ディスプレイにする場合においても、その液晶ディスプレイのバックライトもしくはフロントライトとして本発明の発光装置を用いた電気器具を作製することにより、消費電力が少なく、薄くて軽量の電気器具が達成できる。

10

【0190】

【発明の効果】

本発明を実施することで、消費電力が少ない上に、寿命も優れた発光装置を得ることができる。さらに、そのような発光装置を光源もしくは表示部に用いることで、明るく消費電力が少ない上に、長保ちする電気器具を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】有機界面の状態を表す図。

20

【図2】蒸着装置を示す図。

【図3】不純物層の形成を示す図。

【図4】有機発光素子の構造を示す図。

【図5】濃度プロファイルを示す図。

【図6】混合領域の状態を表す図。

【図7】有機発光素子の構造を示す図。

【図8】有機発光素子の構造を示す図。

【図9】蒸着装置を示す図。

【図10】有機発光素子の構造を示す図。

【図11】発光装置の断面構造を示す図。

30

【図12】発光装置の断面構造を示す図。

【図13】発光装置の上面構造および断面構造を示す図。

【図14】発光装置の断面構造を示す図。

【図15】発光装置の上面構造および断面構造を示す図。

【図16】発光装置の構成を示す図。

【図17】発光装置の構成を示す図。

【図18】発光装置の構成を示す図。

【図19】電気器具の具体例を示す図。

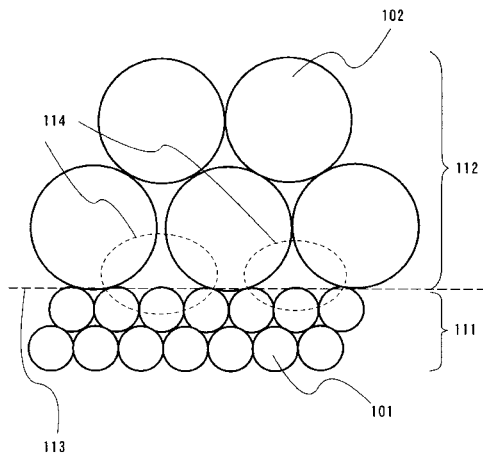
【図20】電気器具の具体例を示す図。

【図21】発光装置の構成を示す図。

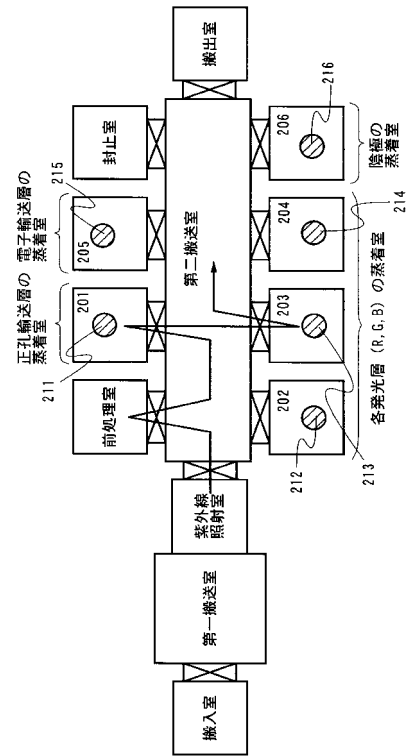
40

【図22】蒸着源の具体例を示す図

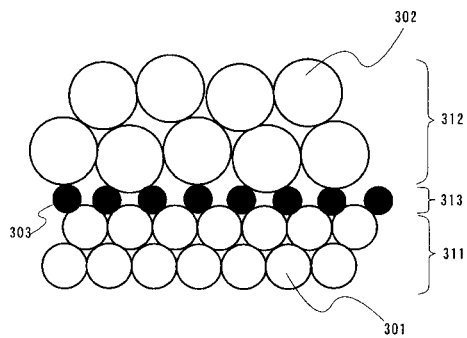
【図 1】



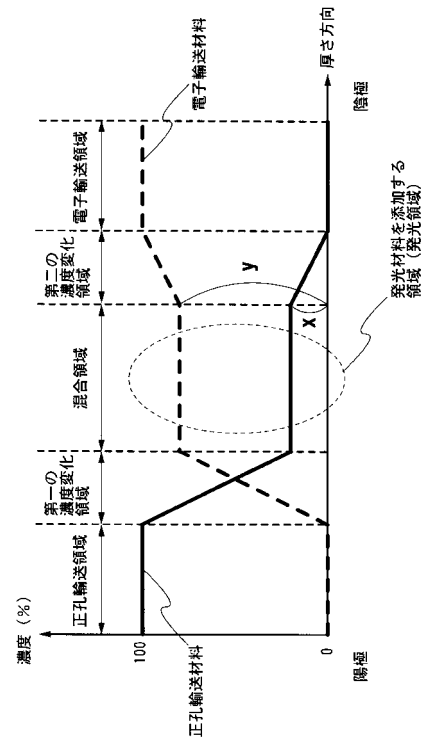
【図 2】



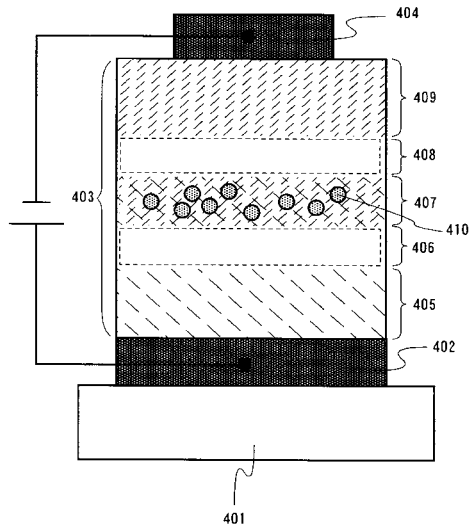
【図 3】



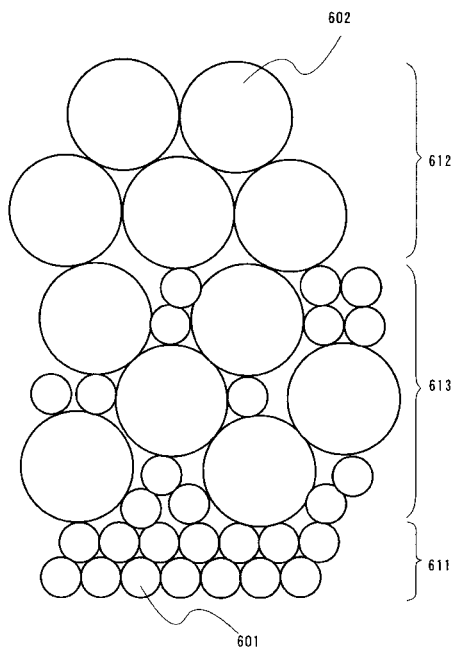
【図 5】



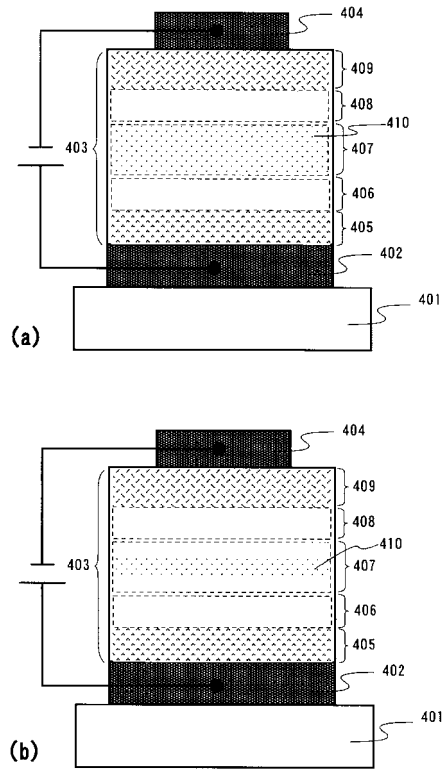
【図 4】



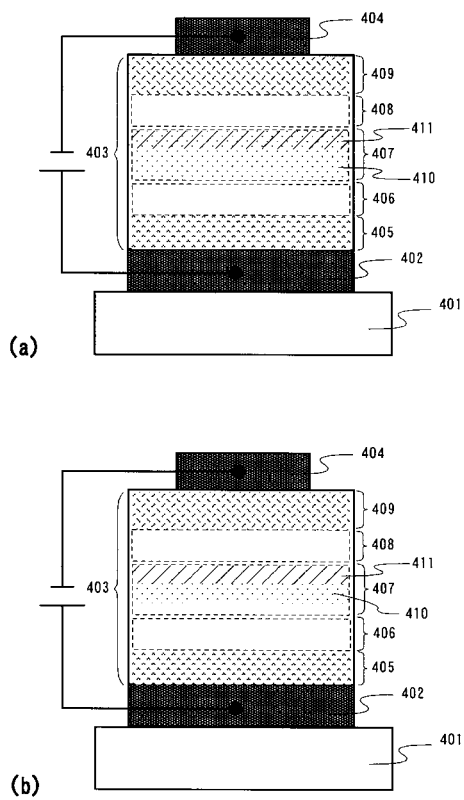
【図6】



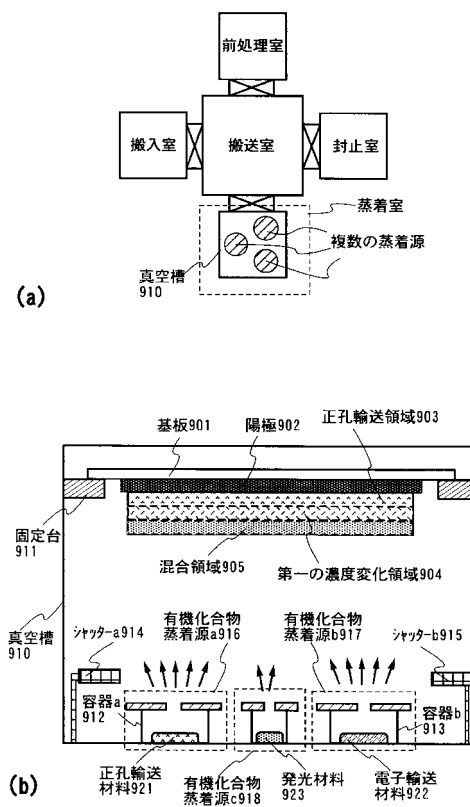
【図7】



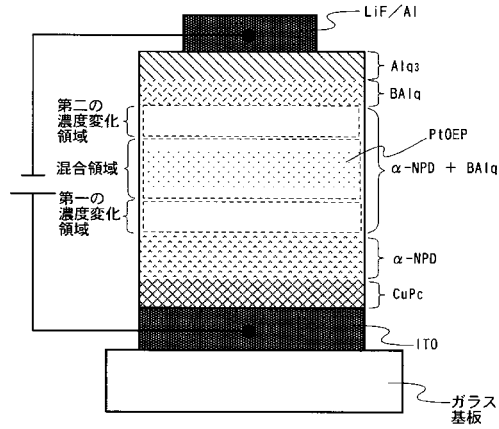
【図8】



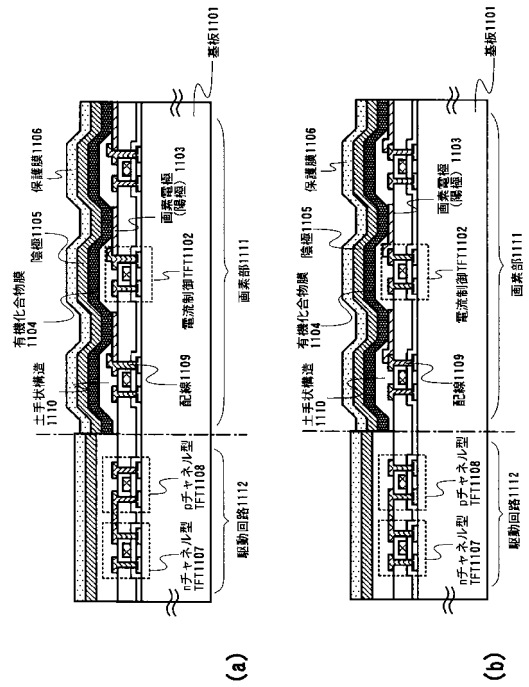
【図9】



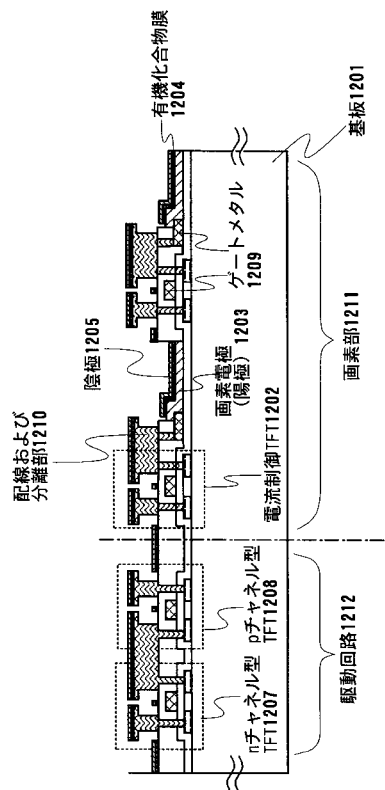
【図10】



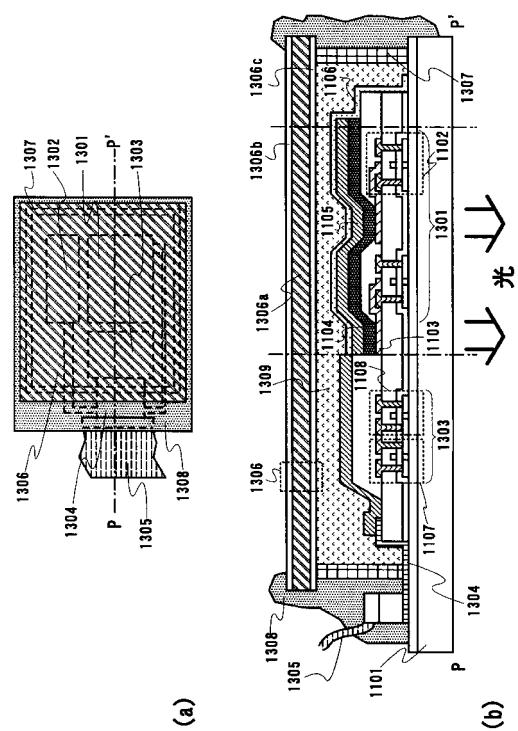
【図11】



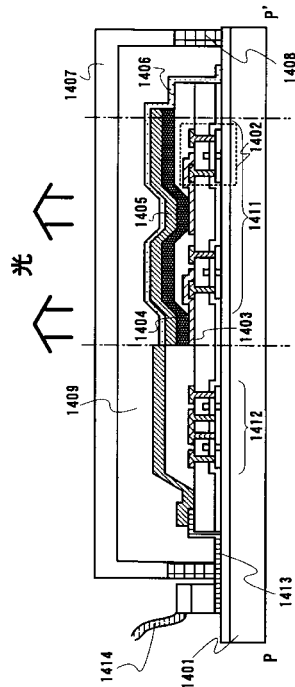
【図12】



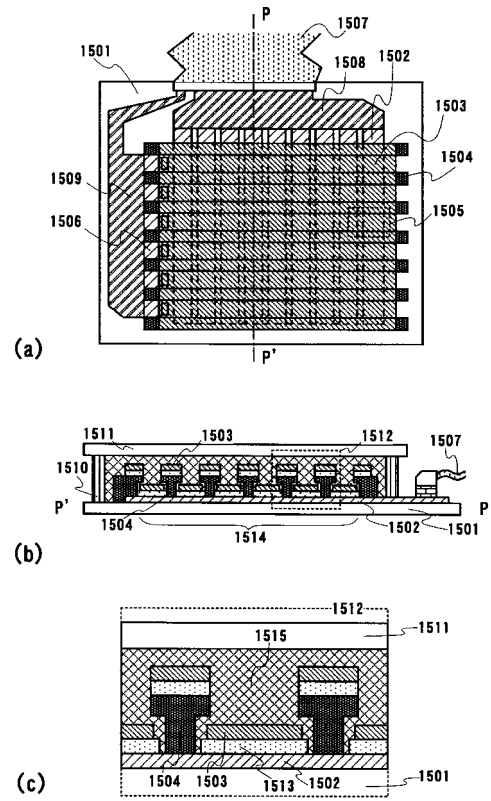
【図13】



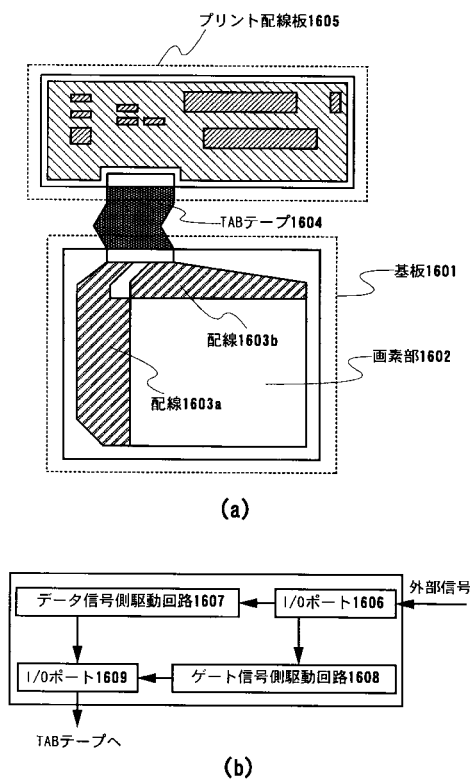
【図14】



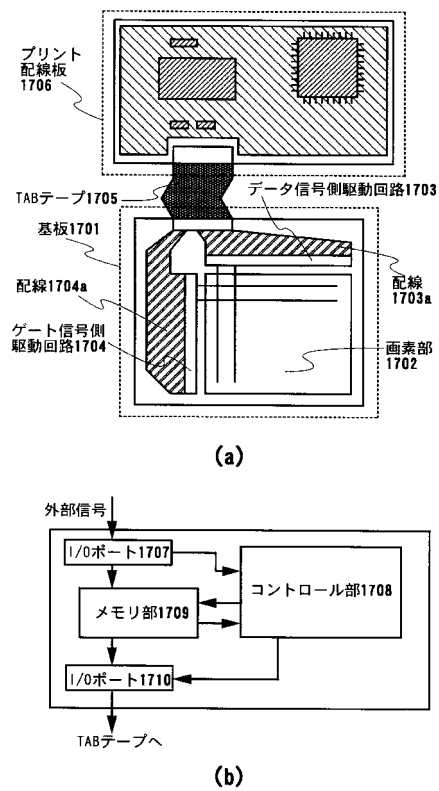
【図15】



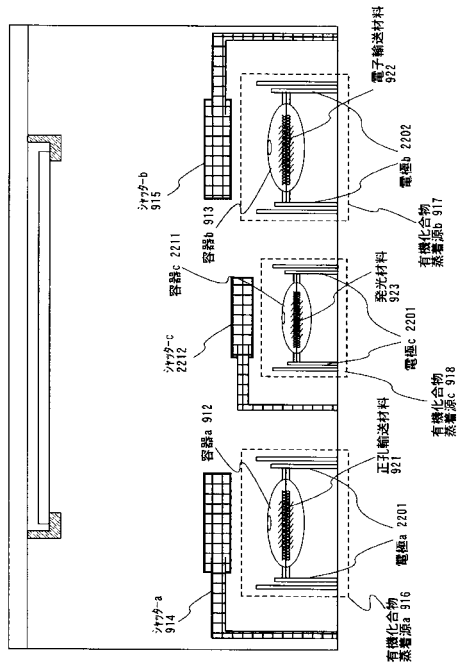
【図16】



【図17】



【図 22】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08-330073(JP,A)
特開平10-162955(JP,A)
特開2000-243571(JP,A)
国際公開第98/008360(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H05B 33/00-33/28
H01L 51/00-51/56
H01L 27/32