

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-100977

(P2005-100977A)

(43) 公開日 平成17年4月14日(2005.4.14)

(51) Int.Cl.⁷

H05B 33/14

C09K 11/06

H05B 33/22

F I

H05B 33/14

C09K 11/06 620

C09K 11/06 635

C09K 11/06 645

C09K 11/06 690

テーマコード (参考)

3K007

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 24 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-246119 (P2004-246119)

(22) 出願日 平成16年8月26日(2004.8.26)

(31) 優先権主張番号 特願2003-308077 (P2003-308077)

(32) 優先日 平成15年8月29日(2003.8.29)

(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 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 寛子

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 大澤 信晴

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 池田 寿雄

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

Fターム(参考) 3K007 AB04 AB06 DB03

(54) 【発明の名称】 電界発光素子およびそれを用いた発光装置

(57) 【要約】

【課題】

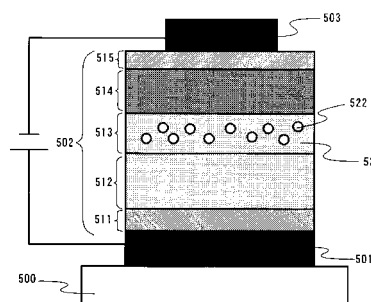
ホスト材料に対してゲスト材料を少量添加した発光層を適用したドープ型素子において、駆動電圧を低減することを課題とする。特に、電子吸引基を有する赤色発光材料をゲスト材料として添加したドープ型素子において、駆動電圧を低減することを課題とする。また、ドープ型素子において、駆動電圧を低減すると共に、色純度も向上させることを課題とする。特に、電子吸引基を有する赤色発光材料をゲスト材料として添加したドープ型素子において、駆動電圧を低減すると共に、色純度も向上させることを課題とする。

【解決手段】

ホスト材料521および電子吸引基を有するゲスト材料522を含む発光層513を有する電界発光素子において、ホスト材料521としてホール輸送性を有する有機化合物を用いる。

【選択図】

図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ホスト材料および電子吸引基を有するゲスト材料を含む発光層と、前記発光層に接して設けられた電子輸送層と、を有する電界発光素子において、前記ホスト材料は、ホール輸送性を有する有機化合物であることを特徴とする電界発光素子。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電界発光素子において、前記ホスト材料が、芳香族アミン骨格を有する有機化合物であることを特徴とする電界発光素子。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の電界発光素子において、前記電子吸引基が、シアノ基、またはハロゲノ基、またはカルボニル基であることを特徴とする電界発光素子。 10

【請求項 4】

請求項 1 または請求項 2 に記載の電界発光素子において、前記ゲスト材料が、4 - ジシアノメチレン - 4 H - ピラン骨格を有する有機化合物であることを特徴とする電界発光素子。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の電界発光素子において、前記ゲスト材料の発光スペクトルのピーク波長が、560 nm 以上 700 nm 以下であることを特徴とする電界発光素子。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項に記載の電界発光素子において、前記ホスト材料のイオン化ポテンシャルが、前記電子輸送層を構成する電子輸送性材料のイオン化ポテンシャルに比べて 0.3 eV 以上大きいことを特徴とする電界発光素子。 20

【請求項 7】

請求項 6 に記載の電界発光素子において、前記ホスト材料のイオン化ポテンシャルが、5.1 eV 以下であることを特徴とする電界発光素子。

【請求項 8】

請求項 6 に記載の電界発光素子において、前記電子輸送性材料のイオン化ポテンシャルが、5.6 eV 以上であることを特徴とする電界発光素子。

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項に記載の電界発光素子において、前記発光層と前記電子輸送層との間に、ホールをトラップすることができ、なおかつ、前記電子輸送層を構成する電子輸送性材料よりもエネルギーギャップの値が小さいホールトラップ材料からなるホールトラップ領域が設けられていることを特徴とする電界発光素子。 30

【請求項 10】

請求項 9 に記載の電界発光素子において、前記ホールトラップ材料が、前記ホスト材料および前記電子輸送性材料よりも小さいイオン化ポテンシャルを有することを特徴とする電界発光素子。

【請求項 11】

請求項 9 または請求項 10 に記載の電界発光素子において、前記ホールトラップ領域が、5 nm 以下の層状であることを特徴とする電界発光素子。 40

【請求項 12】

請求項 9 または請求項 10 に記載の電界発光素子において、前記ホールトラップ領域が、島状に形成されていることを特徴とする電界発光素子。

【請求項 13】

請求項 9 乃至請求項 12 のいずれか一項に記載の電界発光素子において、前記ホールトラップ材料が、炭素数が 18 以上の芳香族炭化水素化合物、または炭素同素体であることを特徴とする電界発光素子。

【請求項 14】

請求項 1 乃至請求項 13 のいずれか一項に記載の電界発光素子において、前記ゲスト材 50

料の発光スペクトルのピーク波長が600nm以上700nm以下であり、かつ、前記ホスト材料の分子の双極子モーメントが4デバイ以上であることを特徴とする電界発光素子。

【請求項15】

請求項1乃至請求項14のいずれか一項に記載の電界発光素子を用いたことを特徴とする発光装置。

【請求項16】

請求項15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】

【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、を有する電界発光素子に関する。特に、赤色発光を示す電界発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

有機化合物を発光体とする電界発光素子は、電界を加えて電流を流す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と言われている。励起状態には一重項励起状態と三重項励起状態が知られているが、発光はどちらの励起状態を経ても可能であると考えられている。

20

【0003】

このような電界発光素子において、通常、電界発光層は100～200nm程度の薄膜で形成される。また、電界発光素子は、電界発光層そのものから光が放出され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、極めて薄型軽量に作製できることが大きな利点である。

30

【0004】

また、例えば100nm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、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。

【0005】

さらに、有機化合物を発光体とする電界発光素子はキャリア注入型の素子であるため、無機EL素子のような高電圧の交流電圧を印加する必要がなく、数ボルト～十数ボルト程度の低い直流電圧で駆動が可能である。

【0006】

このように、有機化合物を発光体とする電界発光素子は、薄型軽量・高速応答性・直流低電圧駆動などの特性を有しており、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。特に、このような電界発光素子をマトリクス状に配置した発光装置は、従来の液晶表示装置と比較して、視野角が広く視認性が優れるという点においても優位性がある。

40

【0007】

ところで、これらの電界発光素子をフラットパネルディスプレイ等に応用する場合、その発光色を所望の色に制御する必要が生じる。電界発光素子の発光色を制御する手法としては、近年では特に、ホスト材料に対してゲスト材料（ドーパント材料ともいう）を少量添加した発光層を適用することにより、ゲスト材料に由来する所望の発光色を得るという

50

手法（以下、「ドーピング法」と記す）が盛んに用いられている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0008】

特許文献 1 に代表されるドーピング法では、発光分子の濃度消光を抑制し、高輝度・高効率を得ることができるので、特に濃度消光しやすい赤色発光材料を発光させる際には有効な手法である。例えば、下記非特許文献 1 では、赤色発光材料である種々の 4 - ジシアノメチレン - 4 H - ピラン誘導体を合成し、それをゲスト材料として使用している。

【0009】

しかしながら、このようなドーピング法を適用した電界発光素子（以下、「ドーブ型素子」と記す）の多くは、駆動電圧が上昇してしまうというデメリットも存在する。特に、赤色発光材料をゲスト材料として添加したドーブ型素子においては、その傾向が顕著であることが知られている（例えば、非特許文献 2 参照）。

10

【0010】

また、ドーブ型素子においては、しばしばゲスト材料のみならずホスト材料も発光してしまうために発光色がうまく制御できず、結果として発光の色純度が悪くなる場合がある。これは、ホスト材料の励起エネルギーとゲスト材料の励起エネルギーとの間に大きな差がある場合に生じる現象と考えられており、赤色発光材料をゲスト材料として添加したドーブ型素子においてよく見られる現象である。この現象は、ホスト材料とゲスト材料の間に位置する励起エネルギーを持つアシストドーパント材料をさらに添加することによって、解消されるとされている（例えば、非特許文献 3 参照）。

20

【0011】

しかしながら、上記非特許文献 3 の手法では、ホスト材料やゲスト材料に加え、アシストドーパント材料をさらに添加しなくてはならない。したがって、真空蒸着法による素子の作製であれば、3つの蒸着源を使った三元共蒸着が必要となり、素子の作製プロセスが複雑になってしまう。そのため、素子の再現性などにも問題が生じる。

【0012】

以上のように、ドーブ型素子においては、駆動電圧が上昇してしまう、あるいは発光色の制御ができず色純度が悪くなるなどの問題が生じており、その対策が望まれている。

【特許文献 1】特許 2814435 号

30

【非特許文献 1】C. H. チェン、外 3 名、マクロモルキュラー シンポジア、No. 1 25、49 - 58 (1997)

【非特許文献 2】佐藤佳晴、応用物理学会 有機分子・バイオエレクトロニクス分科会誌、Vol. 11、No. 1 (2000)、86 - 99

【非特許文献 3】ユウジ ハマダ、外 4 名、アプライド フィジクス レターズ、Vol. 75、No. 12、1682 - 1684 (1999)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

本発明では、ドーブ型素子において、駆動電圧を低減することを課題とする。特に、赤色発光材料をゲスト材料として添加したドーブ型素子において、駆動電圧を低減することを課題とする。

40

【0014】

また本発明では、ドーブ型素子において、駆動電圧を低減すると共に、色純度も向上させることを課題とする。特に、赤色発光材料をゲスト材料として添加したドーブ型素子において、駆動電圧を低減すると共に、色純度も向上させることを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明者らは、上記特許文献 1 でも用いられている 4 - ジシアノメチレン - 4 H - ピラン誘導体をゲスト材料として添加した電界発光素子において、特に駆動電圧の上昇が大きいという点に着目した。そして、その駆動電圧上昇の原因が、4 - ジシアノメチレン - 4

50

H - ピラン誘導体に含まれる電子吸引基にあると考えた。

【0016】

この考察を元に、本発明者らは鋭意検討を重ねた結果、電子吸引基を有するゲスト材料を添加した電界発光素子において、以下のような構成とすることで、駆動電圧を低減できることを見出した。

【0017】

すなわち本発明では、ホスト材料および電子吸引基を有するゲスト材料を含む発光層と、前記発光層に接して設けられた電子輸送層と、を有する電界発光素子において、前記ホスト材料は、ホール輸送性を有する有機化合物であることを特徴とする。なお、ホスト材料としては、ホール輸送性を有する有機化合物であれば何であってもよいが、特に芳香族アミン骨格を有する有機化合物であることが好ましい。

10

【0018】

また、上述した構成は、種々の電子吸引基を有するゲスト材料に対して有効であるが、特にシアノ基、ハロゲン基、カルボニル基を導入したゲスト材料に対して有効である。例えば、4 - ジシアノメチレン - 4 H - ピラン骨格を有するゲスト材料に対して有効である。

【0019】

さらに、電子吸引基を有するゲスト材料の多くは、その置換基の効果により、黄色～赤色の領域で発光するものが多い。したがって、本発明では特に、上述したゲスト材料の発光スペクトルのピーク波長が560nm以上700nm以下であることを特徴とする。

20

【0020】

ところで、上述の構成は駆動電圧の低減に極めて効果的であるが、それだけではなく、発光層に接して設けられた電子輸送層が発光してしまう現象を抑制し、より色純度を高める構成をとることも可能である。

【0021】

すなわち本発明の他の構成は、上述の構成において、ホスト材料のイオン化ポテンシャルが、電子輸送層を構成する電子輸送性材料のイオン化ポテンシャルに比べて0.3eV以上大きいことを特徴とする。この時、ホスト材料のイオン化ポテンシャルが5.1eV以下であることが好ましい。あるいは、電子輸送性材料のイオン化ポテンシャルが5.6eV以上であることが好ましい。

30

【0022】

また、本発明の他の構成は、上述の構成において、発光層と電子輸送層との間に、ホールをトラップすることができ、なおかつ、前記電子輸送層を構成する電子輸送性材料よりもエネルギーギャップの値が小さいホールトラップ材料からなるホールトラップ領域が設けられていることを特徴とする。ホールトラップ材料は、ホールをより効果的にトラップするために、ホスト材料および電子輸送性材料よりも小さいイオン化ポテンシャルを有することが好ましい。また、ホールトラップ領域を厚くしてしまうと電流が流れにくくなってしまう場合もあるため、ホールトラップ領域は5nm以下の層状であるか、または島状であることが好ましい。

【0023】

なお、ホールトラップ材料としては、テトラセン、ペリレン、ルブレン等に代表される炭素数が18以上の芳香族炭化水素化合物や、フラーレン(C₆₀)に代表される炭素同素体が好ましい。

40

【0024】

ところで、電子吸引基を有するゲスト材料をホスト材料に添加して発光層を形成した場合、素子の発光スペクトルのピーク波長が、ホスト材料の分子の双極子モーメントによって変化することを本発明者らは見出した。具体的には、ホスト材料の分子の双極子モーメントが小さいほど、発光スペクトルのピーク波長がブルーシフトする現象である。したがって、電子吸引基を有し、なおかつ赤色発光を示すゲスト材料を用いて赤色発光素子を作製する場合、双極子モーメントの小さいホスト材料を使うと橙色や黄色の発光となつてし

50

まうこともあるため、そのようなホスト材料は好適ではない場合がある。

【0025】

したがって本発明では、上述した構成の電界発光素子において、ゲスト材料の発光スペクトルのピーク波長が600nm以上700nm以下の赤色領域に存在し、かつ、ホスト材料の分子の双極子モーメントが4デバイ以上であることを特徴とする。

【0026】

以上で述べたような電界発光素子は、駆動電圧が低く、また構成によっては色純度もよいという特徴を有するため、これらの電界発光素子を用いれば、消費電力が低く、色純度のよい発光装置を作製することができる。したがって、本発明の電界発光素子を有する発光装置も本発明に含むものとする。

10

【0027】

なお、本明細書中における発光装置とは、発光素子として電界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、電界発光素子にコネクタ、例えば異方導電性フィルムもしくは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、または電界発光素子に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。

【発明の効果】

【0028】

本発明を実施することで、ドーブ型素子において駆動電圧を低減することができる。特に、赤色発光材料をゲスト材料として添加したドーブ型素子において、駆動電圧を低減することができる。

20

【0029】

また本発明を実施することで、ドーブ型素子において、駆動電圧を低減すると共に色純度も向上させることができる。特に、赤色発光材料をゲスト材料として添加したドーブ型素子において、駆動電圧を低減すると共に色純度も向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

まず、電界発光素子でよく用いられている積層構造、すなわち、ホール輸送層と電子輸送層を積層した構造のバンドダイアグラムを図1(a)に示す。図1(a)のように、ホール輸送層101におけるホール輸送性材料のHOMO準位を伝わってホールが、電子輸送層102における電子輸送性材料のLUMO準位を伝わって電子が、それぞれ潤滑に輸送されるため、それらキャリアの再結合領域103aはホール輸送層101と電子輸送層102との界面近傍である。

30

【0031】

従来では、図1(a)の構成をベースに、電子吸引基を有するゲスト材料を電子輸送層102に添加していた。その場合のバンドダイアグラムを図1(b)に示す。電子吸引基を有するゲスト材料は、その強い電子吸引性の影響により非常に大きな電子親和力を有しているため、図1(b)のようにLUMO準位104が低い位置にあり、非常に深い電子トラップ準位を形成する。

40

【0032】

この場合、電子吸引基を有するゲスト材料がドーブされた領域105では、その深い電子トラップ準位のために電子が移動しにくく、キャリアの再結合領域103bが積層構造の界面近傍から離れて電子輸送層102側に広がってしまうことが予想される。そうすると、電子輸送性材料で構成されている電子輸送層がホールを運ばなければならない状態(図中の破線矢印)になるため、結果として電流が流れにくくなり、キャリアが再結合に至って発光するための電圧(すなわち駆動電圧)が上昇しているのではないかと本発明者らは考えた。

【0033】

50

実際、ホール輸送層にホール輸送性材料である 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 : - N P D) を、電子輸送層に電子輸送性材料であるトリス (8 - キノリノラト) アルミニウム (略称 : A l q₃) を、電子吸引基であるシアノ基を有するゲスト材料として 4 - ジシアノメチレン - 2, 6 - ビス [p - (N - カルバゾリル) スチリル] - 4 H - ピラン (略称 : B i s D C C z) を用いた場合、図 1 (c) のようなバンドダイアグラムとなるため、非常に深い電子トラップ準位 (- 3 . 3 e V) に由来する駆動電圧の上昇が予想される。

【 0 0 3 4 】

なお、図 1 (c) で示した H O M O 準位の値 (負の値であり、その絶対値がイオン化ポテンシャルに相当する) は、光電子分光装置 A C - 2 (理研計器社製) を用いて各材料の薄膜状態におけるイオン化ポテンシャルの値を測定し、その値を負の値に変換することによって算出した。また、L U M O 準位の値は、紫外・可視分光光度計 (日本分光社製) を用いて各材料の薄膜の吸収スペクトルを計測し、その吸収端からエネルギーギャップの値を求め、H O M O 準位の値に加えることによって算出した。

10

【 0 0 3 5 】

一方、本発明の基本的なコンセプトは、上述した現象を回避するために、ホール輸送層に電子吸引基を有するゲスト材料を添加し、発光層を形成した構成である。その場合のバンドダイアグラムを図 2 に示す。2 0 1 はホール輸送層、2 0 2 は電子輸送層、2 0 5 はホール輸送層に電子吸引基を有するゲスト材料が添加された領域、すなわち発光層である。

20

【 0 0 3 6 】

図 2 のような構成の場合、電子は電子輸送層 2 0 2 を通過し、その後発光層 2 0 5 中における電子輸送層 2 0 2 との界面近傍 2 0 3 において、ゲスト材料の L U M O 準位 2 0 4 にトラップされる。しかしながら、この構成の場合は、発光層 2 0 5 におけるホスト材料がホール輸送層 2 0 1 に用いられているホール輸送性材料であるため、図 1 の場合と異なり、ホールの輸送は容易である。すなわち、電子が界面近傍 2 0 3 でトラップされて動けなくても、ホールがその界面近傍 2 0 3 まで輸送されやすいため、キャリアの再結合が容易になると考えられる。その結果、図 1 の場合に比べて電流は流れやすくなり、駆動電圧を低減することができる。

【 0 0 3 7 】

なお、図 2 ではホール輸送層 2 0 1 と発光層 2 0 5 の両方で同じホール輸送性材料を用いた構成となっているが、異なるホール輸送性材料を用いてもよい。

30

【 0 0 3 8 】

ここで、発光層 2 0 5 のホスト材料として用いることができるホール輸送性材料としては、芳香族アミン骨格を有する有機化合物が好適であり、上述した - N P D の他、4, 4' - ビス [N - (3 - メチルフェニル) - N - フェニル - アミノ] - ビフェニル (略称 : T P D) 、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 : T D A T A) 、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 : M T D A T A) 、4, 4' , 4' ' - トリス [N - (1 - ナフチル) - N - フェニル - アミノ] - トリフェニルアミン (略称 : 1 - T N A T A) などが挙げられる。また、芳香族アミン骨格を有する金属錯体であるトリス (5 - ジフェニルアミノ - 8 - ヒドロキシキノリナト) アルミニウム (略称 : A l (d a q)₃) 、ビス (5 - ジフェニルアミノ - 8 - ヒドロキシキノリナト) 亜鉛 (略称 : Z n (d a q)₃) や、有機金属錯体の一種であるトリス (1 - フェニルピラゾール) コバルト (I I I) (略称 : C o (P P Z)₃) 、トリス (1 - (4 - メチルフェニル) ピラゾール) コバルト (I I I) (略称 : C o (m - P P Z)₃) などホール輸送性を示す。

40

【 0 0 3 9 】

一方、発光層 2 0 5 における電子吸引基を有するゲスト材料としては、シアノ基、ハロゲノ基、カルボニル基などの電子吸引基を有する発光材料を用いることができる。シアノ

50

基を有する発光材料としては、例えばクマリン 337 の他、4 - (ジシアノメチレン) - 2 - [p - (ジメチルアミノ) スチリル] - 6 - メチル - 4 H - ピラン (略称: DCM1)、4 - (ジシアノメチレン) - 2 - メチル - 6 - (9 - ジュロリジル) エチニル - 4 H - ピラン (略称: DCM2)、4 - (ジシアノメチレン) - 2, 6 - ビス [p - (ジメチルアミノ) スチリル] - 4 H - ピラン (略称: BisDCM)、先に述べた BisDCCz などの 4 - ジシアノメチレン - 4 H - ピラン骨格を有する発光材料が挙げられる。ハロゲン基を有する発光材料としては、クマリン 152、クマリン 153 などのハロアルキル基を有する発光材料が代表的である。カルボニル基を有する発光材料としては、クマリン 314 のようにエステル基を有する発光材料、クマリン 334 のようにアシル基を有する発光材料、クマリン 343 やクマリン - 3 - カルボン酸のようにカルボキシル基を有する発光材料が挙げられる。

10

【0040】

電子輸送層 202 を形成する電子輸送性材料としては、先に述べた Alq₃、トリス (5 - メチル - 8 - キノリノラト) アルミニウム (略称: Almq₃)、ビス (2 - メチル - 8 - キノリノラト) - 4 - フェニルフェノラト - アルミニウム (略称: BAlq)、トリス (8 - キノリノラト) ガリウム (略称: Gaq₃)、ビス (2 - メチル - 8 - キノリノラト) - 4 - フェニルフェノラト - ガリウム (略称: BGaq)、ビス (10 - ヒドロキシベンゾ [h] - キノリノラト) ベリリウム (略称: BeBq₂)、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) や、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)、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)、バソフェナントロリン (略称: BPhen)、バソキュプロイン (略称: BCP) 等を用いることができる。

20

【0041】

ところで、図 2 のような構成の場合、材料の組み合わせによっては電子輸送層 202 が発光してしまう可能性がある。これは、再結合領域が界面近傍 203 であるため、部分的にはホールが電子輸送層 202 に進入してしまい、電子輸送層 202 の材料が励起されてしまうためである。この現象が起こってしまうと、本来発光させたいゲスト材料のみならず、電子輸送層 202 の材料も発光してしまうため、色純度の低下を招く。

30

【0042】

そこで本発明のより好ましい構成の 1 つとして、図 3 のような構成が考えられる。すなわち、発光層 205 のホスト材料 (ホール輸送性材料) のイオン化ポテンシャルと、電子輸送層 202 の電子輸送性材料のイオン化ポテンシャルとの差 (障壁 206) を大きくすればよいのである。具体的には、障壁 206 を 0.3 eV 以上とすればよい。このような構成とすることで、ホールが電子輸送層 202 に進入する現象を防ぐことができるため、電子輸送層 202 の電子輸送性材料が励起されて発光してしまうという現象を抑制できる。

40

【0043】

障壁 206 を大きくするためには、発光層 205 のホスト材料 (ホール輸送性材料) のイオン化ポテンシャルを小さくするか、あるいは電子輸送層 202 の電子輸送性材料のイオン化ポテンシャルを大きくすればよい。

【0044】

通常、多くの電子輸送性材料は 5.4 eV 程度か、それ以上のイオン化ポテンシャルを有する (例えば、代表的な電子輸送性材料である Alq₃ が 5.4 eV である)。したがって、ホスト材料 (ホール輸送性材料) のイオン化ポテンシャルは、5.1 eV 以下であ

50

れば十分である。具体的には、上述した TDA TA 、 MTDA TA 、 1-TNATA 、 $\text{Al}(\text{daq})_3$ 、 $\text{Zn}(\text{daq})_3$ などである。例えば、 1-TNATA のイオン化ポテンシャルは 5.0 eV である。

【0045】

また逆に、多くのホール輸送性材料は 5.3 eV 程度か、それ以下のイオン化ポテンシャルを有する（例えば、代表的なホール輸送性材料である -NPD が 5.3 eV である）。したがって、電子輸送性材料のイオン化ポテンシャルは、 5.6 eV 以上であれば十分である。具体的には、上述した BAI q 、 BGaq 、 PBD 、 OXD-7 、 TAZ 、 p-EtTAZ 、 BPhen 、 BCP などである。例えば、 BAI q のイオン化ポテンシャルは 5.6 eV である。

10

【0046】

また、本発明のより好ましい他の構成として、図4のような構成も考えられる。すなわち、発光層205と電子輸送層202との間に、ホールをトラップすることができ、なおかつ、電子輸送層202を構成する電子輸送性材料よりもエネルギーギャップの値が小さいホールトラップ材料からなるホールトラップ領域207を設ける構成である。このような構成とすることで、ホールが電子輸送層202に進入する現象を防ぐことができ、しかもホールトラップ材料が励起されたとしても、その励起エネルギーが電子輸送層202の電子輸送性材料へ移動してしまう現象を防ぐことができる。したがって、電子輸送層202の電子輸送性材料が励起されて発光してしまうという現象を抑制できる。

【0047】

20

ホールトラップ材料としては、発光層205のホスト材料および電子輸送層202の電子輸送性材料よりも小さいイオン化ポテンシャルを有するものを用いれば、図4中の矢印で示したように効果的にホールをトラップすることができる。ただし、必ずしもこのような構成になっていなくても、ホールが電子輸送層202に進入するのを防ぎ、電子輸送層202の電子輸送性材料が発光するのを抑制できる材料であれば、ホールトラップ材料となり得る。ホールトラップ材料の具体的な例としては、テトラセン、ペンタセン、ペリレン、コロネン、ルブレン等に代表される炭素数が18以上の芳香族炭化水素化合物が、イオン化ポテンシャルが小さく好適である。また、フラレン(C_{60})やカーボンナノチューブ、ダイヤモンドライクカーボン(略称: DLC)などの炭素同素体は、エネルギーギャップが小さく好適である。

30

【0048】

また、ホールトラップ領域があまりに厚い場合は、ホールトラップ材料の材質によっては電子の流れを妨げたり、あるいはホールトラップ材料自体が励起されて発光してしまうなどの弊害が生じやすくなる。特に、ホールトラップ材料が発光してしまう弊害を避けるためには、ホールトラップ材料からゲスト材料へのフェルスター型のエネルギー移動が十分に可能な距離を考慮し、ホールトラップ領域が 5 nm 以下の層状であることが好ましい。

【0049】

また、 5 nm 以下という観点から、ホールトラップ領域は層状ではなく島状に形成されていてもよい。島状の構造の形成法としては公知の手法を用いればよく、例えば特開2001-267077に開示されているように、膜厚モニター上の平均膜厚が単分子膜の膜厚より薄くなるように材料を真空蒸着する手法が挙げられる。

40

【0050】

ところで、先に述べたとおり、電子吸引基を有する赤色発光のゲスト材料をホスト材料に添加して発光層を形成し、赤色発光素子を作製する際に、双極子モーメントの小さいホスト材料を使うと、双極子モーメントの大きいホスト材料を使う場合に比べて発光がブルーシフトしてしまい、場合によっては色純度のよい赤色が達成できないこともある。これは溶媒効果の一種であると考えられる。

【0051】

従来ホスト材料として用いられている Alq_3 には2種類の構造異性体があり、通常は

50

f a c 型と言われている。そして、その双極子モーメントを市販の分子軌道計算プログラム W i n M O P A C 3 . 5 (富士通株式会社製) を用いて計算したところ、 9 . 3 9 8 デバイであった (ちなみに、もう一つの構造異性体である m e r 型の双極子モーメントは、 5 . 7 8 8 デバイである) 。 A l q₃ をホスト材料として電子吸引基を有する赤色発光のゲスト材料を添加した素子は、駆動電圧は上昇するが、双極子モーメントのより小さい材料 (具体的には 4 デバイよりも小さい材料) をホスト材料として用いた素子に比べ、発光色としては良好な赤色発光を示すことが実験的にわかっている。

【 0 0 5 2 】

このことから、色純度のよい赤色発光を達成するためには、ホスト材料の双極子モーメントの大きさが重要であることがわかる。しかしながら、A l q₃ は電子輸送性材料であるため、本発明におけるホスト材料としては適さない。

10

【 0 0 5 3 】

したがって、本発明を用いて赤色発光素子を作製する場合には、A l q₃ のように双極子モーメントが大きく、なおかつホール輸送性を示す材料を用いることが好ましい。通常の芳香族アミン骨格を有する有機化合物の多くは双極子モーメントが小さいが、上述した A l (d a q)₃、Z n (d a q)₃、C o (P P Z)₃、C o (m - P P Z)₃ のようなホール輸送性を示す金属錯体であれば、双極子モーメントが大きく好適である。例えば、A l (d a q)₃ の双極子モーメントを計算したところ、f a c 型では 9 . 2 2 1 デバイであった (ちなみに、もう一つの構造異性体である m e r 型の双極子モーメントは、 4 . 6 3 9 デバイである) 。

20

【 0 0 5 4 】

したがって本発明では、上述した構成の電界発光素子において、ゲスト材料の発光スペクトルのピーク波長が 6 0 0 n m 以上 7 0 0 n m 以下の赤色領域に存在する時には、ホスト材料の分子の双極子モーメントが 4 デバイ以上であることが好ましい。

【 0 0 5 5 】

次に、以下では、本発明の電界発光素子の実施形態について詳細に説明する。本発明の電界発光素子の電界発光層は、少なくとも上述した発光層と電子輸送層とを含めばよい。すなわち、従来の電界発光素子で知られているような、発光以外の機能を示す層 (ホール注入層、ホール輸送層、電子輸送層、電子注入層) を適宜組み合わせてもよい。

【 0 0 5 6 】

30

[実施の形態 1]

本実施の形態 1 では、ホール注入層、ホール輸送層、発光層、電子輸送層および電子注入層を有する電界発光素子の素子構成について、図 5 を用いて説明する。図 5 は、基板 5 0 0 上に第 1 の電極 5 0 1 が形成され、第 1 の電極 5 0 1 上に電界発光層 5 0 2 が形成され、その上に第 2 の電極 5 0 3 が形成された電界発光素子である。

【 0 0 5 7 】

なお、ここで基板 5 0 0 に用いる材料としては、従来の電界発光素子に用いられているものであればよく、例えば、ガラス、石英、透明プラスチックなどからなるものを用いることができる。

【 0 0 5 8 】

40

また、本実施の形態 1 における第 1 の電極 5 0 1 は陽極として機能し、第 2 の電極 5 0 3 は陰極として機能する。

【 0 0 5 9 】

すなわち第 1 の電極 5 0 1 は陽極材料で形成され、仕事関数の大きい (具体的には 4 . 0 e V 以上) 金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。具体的には、I T O (i n d i u m t i n o x i d e)、酸化インジウムに 2 ~ 2 0 [%] の酸化亜鉛 (Z n O) を混合した I Z O (i n d i u m z i n c o x i d e) の他、金 (A u)、白金 (P t)、ニッケル (N i)、タングステン (W)、クロム (C r)、モリブデン (M o)、鉄 (F e)、コバルト (C o)、銅 (C u)、パラジウム (P d)、または金属材料の窒化物 (T i N) 等が挙げられる。

50

【0060】

一方、第2の電極503に用いられる陰極材料としては、仕事関数の小さい(具体的には3.8eV以下)金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。具体的には、元素周期律の1族または2族に属する金属、すなわちLiやCs等のアルカリ金属、およびMg、Ca、Sr等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金(Mg:Ag、Al:Li)、Er、Yb等の希土類金属およびこれらを含む合金等が挙げられる。ただし、後述する電子注入層を適用することで、Al、Ag、ITO等の金属・導電性無機化合物により第2の電極503を形成することもできる。

【0061】

なお、第1の電極501及び第2の電極503は、蒸着法、スパッタリング法等で形成することができる。膜厚は、10~500nmとするのが好ましい。

【0062】

また、本発明の電界発光素子において、電界発光層502におけるキャリアの再結合により生じる光は、第1の電極501または第2の電極503の一方、または両方から外部に出射される構成となる。すなわち、第1の電極501から光を出射させる場合には、第1の電極501を透光性の材料で形成することとし、第2の電極503側から光を出射させる場合には、第2の電極503を透光性の材料で形成することとする。

【0063】

電界発光層502は複数の層を積層することにより形成されるが、本実施の形態1では、ホール注入層511、ホール輸送層512、発光層513、電子輸送層514、電子注入層515を積層することにより形成される。これらの層は、真空蒸着法や湿式塗布法で形成することができる。

【0064】

ホール注入層511に用いることができるホール注入性材料としては、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。他にも、有機化合物としては、4,4'-ビス[N-{4-(N,N-ビス(3-メチルフェニル)アミノ)フェニル}-N-フェニルアミノ]ピフェニル(略称: DNTPD)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)などを用いることもできる。また、 VO_x 、 MoO_x のような無機半導体層や、 Al_2O_3 などの無機絶縁体の超薄膜も有効である。

【0065】

ホール輸送層512に用いることができるホール輸送性材料としては、先に述べた-NPD、TPD、TDATA、MTDATA、1-TNATA、 $Al(daq)_3$ 、 $Zn(daq)_3$ 、 $Co(PPZ)_3$ 、 $Co(m-PPZ)_3$ などが挙げられる。

【0066】

発光層513は、ホール輸送性を示すホスト材料521と電子吸引基を有するゲスト材料522から構成されている。ホール輸送性を示すホスト材料521としては、上述のホール輸送性材料を適用すればよく、ホール輸送層512のホール輸送性材料と同一であっても異なってもよい。電子吸引基を有するゲスト材料としては、先に述べたDCM1、DCM2、BisDCM、BisDCcz、クマリン337、クマリン152、クマリン153、クマリン314、クマリン334、クマリン343、クマリン-3-カルボン酸などが挙げられる。

【0067】

電子輸送層514に用いることができる電子輸送性材料としては、先に述べた Alq_3 、 $Almq_3$ 、 $BAlq$ 、 Gaq_3 、 $BGaq$ 、 $BeBq_2$ 、 $Zn(BOX)_2$ 、 $Zn(BTZ)_2$ 、PBD、OXD-7、TAZ、p-EtTAZ、BPhen、BCPなどが挙げられる。

【0068】

10

20

30

40

50

電子注入層 515 に用いることができる電子注入性材料としては、上述した電子輸送性材料を用いることができる。その他に、LiF、CsF などのアルカリ金属ハロゲン化物や、CaF₂ のようなアルカリ土類ハロゲン化物、Li₂O 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（略称：Li(acac)）や 8-キノリノラト-リチウム（略称：Li_q）などのアルカリ金属錯体も有効である。さらに、上述した電子輸送性材料と、Mg、Li、Cs 等の仕事関数の小さい金属とを混合した層を電子注入層 515 として使用することもできる。

【0069】

以上により、ホール輸送性を有するホスト材料 521 および電子吸引基を有するゲスト材料 522 を含む発光層 513 と、発光層 513 に接して設けられた電子輸送層 514 とを有する本発明の電界発光素子を作製することができる。

10

【0070】

[実施の形態 2]

本実施の形態 2 では、実施の形態 1 で開示した素子構成にホールトラップ領域を加えた構成について、図 6 を用いて説明する。図 6 では、図 5 の符号を引用する。

【0071】

図 6 に示す通り、本実施の形態 2 においては、発光層 513 と電子輸送層 514 との間にホールトラップ領域 516 が設けられている。図 6 では島状に形成されているが、5 nm 以下の層状であってもよい。

【0072】

ホールトラップ領域 516 を構成するホールトラップ材料 523 としては、先に述べたように、テトラセン、ペンタセン、ペリレン、コロネン、ルブレン、フラーレン(C₆₀)、カーボンナノチューブ、DLC などを用いることができる。

20

【0073】

以上により、ホール輸送性を有するホスト材料 521 および電子吸引基を有するゲスト材料 522 を含む発光層 513 と、発光層 513 に接して設けられた電子輸送層 514 とを有し、かつ、発光層 513 と電子輸送層 514 との間にホールトラップ領域 516 を設けた本発明の電界発光素子を作製することができる。この構成により、電子輸送層 514 の電子輸送性材料が発光してしまう現象を抑制することができる。

【実施例 1】

30

【0074】

本実施例 1 では、図 5 で示した本発明の電界発光素子の作製例を、具体的に例示する。

【0075】

まず、絶縁表面を有するガラス基板 500 上に、第 1 の電極（陽極）501 が形成される。材料として透明導電膜であるITOを用い、スパッタリング法により110 nmの膜厚で形成した。陽極 501 の形状は、2 mm × 2 mm の大きさとした。

【0076】

このように陽極 501 が形成された基板を洗浄、乾燥した後、陽極 501 上に電界発光層 502 を形成する。まず、陽極 501 が形成された基板を、真空蒸着装置の基板ホルダーに陽極 501 が形成された面を下方にして固定し、抵抗加熱法を用いた真空蒸着法によりCu-Pcを20 nmの膜厚で成膜した。これがホール注入層 511 となる。次に、ホール輸送性材料である-NPDを同様の方法により、25 nmの膜厚で形成し、ホール輸送層 512 とした。

40

【0077】

さらに、ホスト材料 521 としてホール輸送性材料である-NPDを、電子吸引基を有するゲスト材料 522 としてBisDCMを用い、BisDCMの濃度が2 wt %となるように共蒸着を行うことで発光層 513 を形成した。膜厚は15 nmとした。

【0078】

次に、電子輸送性材料であるAlq₃を真空蒸着法により75 nm形成し、電子輸送層

50

514とした。さらに、電子注入層515として、 CaF_2 を真空蒸着法により1nm形成した。以上が電界発光層502であり、トータル膜厚は136nmとなる。

【0079】

最後に、第2の電極（陰極）503を形成する。本実施例では、アルミニウム（Al）を抵抗加熱による真空蒸着法により200nm形成し、陰極503とした。

【0080】

以上のようにして作製した本発明の電界発光素子に10Vの電圧を印加したところ、 $6.83\text{mA}/\text{cm}^2$ の電流密度で電流が流れ、 $127\text{cd}/\text{m}^2$ の輝度で発光した。発光スペクトルのピーク波長は642nmであった。

【0081】

10

[比較例1]

一方、電子輸送性材料に電子吸引基を有するゲスト材料を添加した発光層を有する従来の電界発光素子を作製し、実施例1と比較した。本比較例の素子構造を図7に示す。

【0082】

上記実施例1と同様に、110nmのITOが陽極701として形成されたガラス基板700上に、電界発光層702を形成する。まず、基板を洗浄、乾燥した後、真空蒸着装置の基板ホルダーに陽極701が形成された面を下方にして固定し、抵抗加熱法を用いた真空蒸着法によりCu-Pcを20nmの膜厚で成膜した。これがホール注入層711となる。次に、ホール輸送性材料である-NPDを同様の方法により、40nmの膜厚で形成し、ホール輸送層712とした。

20

【0083】

さらに、ホスト材料721として電子輸送性材料であるAlq₃を、電子吸引基を有するゲスト材料722として実施例1と同じBisDCMを用い、BisDCMの濃度が2wt%となるように共蒸着を行うことで発光層713を形成した。膜厚は15nmとした。

【0084】

次に、電子輸送性材料であるAlq₃を真空蒸着法により60nm形成し、電子輸送層714とした。さらに、電子注入層715として、 CaF_2 を真空蒸着法により1nm形成した。以上が電界発光層702であるが、トータル膜厚は136nmであり、実施例1と膜厚を揃えてある。

30

【0085】

最後に、陰極703を形成する。実施例1と同様、アルミニウム（Al）を抵抗加熱による真空蒸着法により200nm形成し、陰極703とした。

【0086】

以上のようにして作製した従来の電界発光素子に10Vの電圧を印加したところ、 $2.84\text{mA}/\text{cm}^2$ の電流密度で電流が流れ、 $27.1\text{cd}/\text{m}^2$ の輝度で発光した。発光スペクトルのピーク波長は666nmであった。

【0087】

上述の結果から、本発明を適用した電界発光素子は、発光スペクトルのピーク波長が若干ブルーシフトしているものの、駆動電圧を下げることができた。実施例1および比較例1の電流-電圧特性を図10に示す。図10からわかるように、本発明を適用することで、狙い通り電流が流れやすくなっていることがわかる。

40

【実施例2】

【0088】

本実施例2では、実施例1とは異なるホスト材料を用いた素子を具体的に例示する。

【0089】

素子構造は図5に示した構造であり、基板500、陽極501、陰極503は実施例1と同様の構成とした。電界発光層502は、ホール注入層511としてCuPcを20nm、ホール輸送層512として-NPDを30nm、発光層513として2,3-ビス(4-ジフェニルアミノフェニル)キノキサリン(略称:TPAQn)に1wt%の割合

50

でB i s D C Mを添加した層を30nm、電子輸送層としてA l q₃を20nm、電子注入層としてC a F₂を2nm形成した。トータル膜厚は102nmである。なお、T P A Q nはバイポーラな材料であるため、ホール輸送性を有する。

【0090】

以上のようにして作製した本発明の電界発光素子に10Vの電圧を印加したところ、283mA/cm²の電流密度で電流が流れ、1350cd/m²の輝度で発光した。発光スペクトルのピーク波長は616nmであった。

【0091】

[比較例2]

一方、電子輸送性材料に電子吸引基を有するゲスト材料を添加した発光層を有する従来の電界発光素子を作製し、実施例2と比較した。本比較例の素子構造は図7と同様とした。

【0092】

上記実施例2と同様に、基板700、陽極701、陰極703は上述した実施例2と全く同一とした。電界発光層702は、ホール注入層711としてC u P cを20nm、ホール輸送層712として - N P Dを30nm、発光層713として電子輸送性材料であるB A lに1wt%の割合でB i s D C Mを添加した層を30nm、電子輸送層としてA l q₃を20nm、電子注入層としてC a F₂を2nm形成した。トータル膜厚は102nmであり、実施例2と同じである。

【0093】

以上のようにして作製した従来の電界発光素子に10Vの電圧を印加したところ、4.23mA/cm²の電流密度で電流が流れ、30.9cd/m²の輝度で発光した。発光スペクトルのピーク波長は619nmであった。

【0094】

上述の結果から、本発明を適用した電界発光素子は、発光スペクトルのピーク波長が従来とほぼ同様であり、なおかつ駆動電圧を下げることができた。実施例2および比較例2の電流-電圧特性を図11に示す。図11からわかるように、本発明を適用することで、狙い通り電流が流れやすくなっていることがわかる。

【実施例3】

【0095】

本実施例では、画素部に本発明の電界発光素子を有する発光装置について図8を用いて説明する。なお、図8(A)は、発光装置を示す上面図、図8(B)は図8(A)をA-A'で切断した断面図である。点線で示された801は駆動回路部(ソース側駆動回路)、802は画素部、803は駆動回路部(ゲート側駆動回路)である。また、804は封止基板、805はシール材であり、シール材805で囲まれた内側は、空間807になっている。

【0096】

なお、808はソース側駆動回路801及びゲート側駆動回路803に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となるF P C(フレキシブルプリントサーキット)809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F P Cしか図示されていないが、このF P Cにはプリント配線基盤(P W B)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F P CもしくはP W Bが取り付けられた状態をも含むものとする。

【0097】

次に、断面構造について図8(B)を用いて説明する。素子基板810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801と、画素部802が示されている。

【0098】

なお、ソース側駆動回路801はnチャネル型T F T 823とpチャネル型T F T 824とを組み合わせたC M O S回路が形成される。また、駆動回路を形成するT F Tは、公

10

20

30

40

50

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。

【0099】

また、画素部802はスイッチング用TFT811と、電流制御用TFT812とそのドレインに電氣的に接続された第1の電極813とを含む複数の画素により形成される。なお、第1の電極813の端部を覆って絶縁物814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。

【0100】

また、カバレッジを良好なものとするため、絶縁物814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814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814の上端部のみに曲率半径($0.2\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$)を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物814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。

【0101】

第1の電極813上には、電界発光層816、および第2の電極817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813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。

【0102】

また、電界発光層816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816の構成は、例えば実施例1や実施例2で示した電界発光層の構成とすればよい。

【0103】

さらに、電界発光層816上に形成される第2の電極(陰極)817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、CaF₂、またはCaN)を用いればよい。なお、電界発光層816で生じた光が第2の電極817を透過させる場合には、第2の電極(陰極)817として、例えば、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)との積層を用いる方法などがある。

【0104】

さらにシール材805で封止基板804を素子基板810と貼り合わせることにより、素子基板810、封止基板804、およびシール材805で囲まれた空間807に電界発光素子818が備えられた構造になっている。なお、空間807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、シール材805で充填される構成も含むものとする。

【0105】

なお、シール材805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804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。

【0106】

以上のようにして、本発明の電界発光素子を有する発光装置を得ることができる。

【実施例4】

【 0 1 0 7 】

例えば、本発明の電界発光素子を有する発光装置を表示部として有する様々な電気器具を提供することができる。

【 0 1 0 8 】

本発明の電界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、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 Digital Versatile Disc（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9に示す。 10

【 0 1 0 9 】

図9（A）は表示装置であり、筐体9101、支持台9102、表示部9103、スピーカー部9104、ビデオ入力端子9105等を含む。本発明の電界発光素子を有する発光装置をその表示部9103に用いることにより作製される。なお、表示装置は、コンピュータ用、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。

【 0 1 1 0 】

図9（B）はノート型パーソナルコンピュータであり、本体9201、筐体9202、表示部9203、キーボード9204、外部接続ポート9205、ポインティングマウス9206等を含む。本発明の電界発光素子を有する発光装置をその表示部9203に用いることにより作製される。 20

【 0 1 1 1 】

図9（C）はモバイルコンピュータであり、本体9301、表示部9302、スイッチ9303、操作キー9304、赤外線ポート9305等を含む。本発明の電界発光素子を有する発光装置をその表示部9302に用いることにより作製される。

【 0 1 1 2 】

図9（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9401、筐体9402、表示部A9403、表示部B9404、記録媒体（DVD等）読み込み部9405、操作キー9406、スピーカー部9407等を含む。表示部A9403は主として画像情報を表示し、表示部B9404は主として文字情報を表示するが、本発明の電界発光素子を有する発光装置をこれら表示部A9403、B9404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。 30

【 0 1 1 3 】

図9（E）はゴーグル型ディスプレイであり、本体9501、表示部9502、アーム部9503を含む。本発明の電界発光素子を有する発光装置をその表示部9502に用いることにより作製される。

【 0 1 1 4 】

図9（F）はビデオカメラであり、本体9601、表示部9602、筐体9603、外部接続ポート9604、リモコン受信部9605、受像部9606、バッテリー9607、音声入力部9608、操作キー9609、接眼部9610等を含む。本発明の電界発光素子を有する発光装置をその表示部9602に用いることにより作製される。 40

【 0 1 1 5 】

ここで、図9（G）は携帯電話であり、本体9701、筐体9702、表示部9703、音声入力部9704、音声出力部9705、操作キー9706、外部接続ポート9707、アンテナ9708等を含む。本発明の電界発光素子を有する発光装置をその表示部9703に用いることにより作製される。なお、表示部9703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。

【 実施例 5 】

【 0 1 1 6 】

本実施例 5 では、実施例 1、2 とは異なる電子吸引基を有するゲスト材料を用いた電界発光素子の作製例を、具体的に例示する。素子構造は図 5 の通りとした。

【0117】

まず、絶縁表面を有するガラス基板 500 上に、陽極 501 が形成される。材料として酸化ケイ素を添加したインジウム錫酸化物 (ITO) を用い、スパッタリング法により 110 nm の膜厚で形成した。陽極 501 の形状は、2 mm × 2 mm の大きさとした。

【0118】

このように陽極 501 が形成された基板を洗浄、乾燥した後、陽極 501 上に電界発光層 502 を形成する。まず、陽極 501 が形成された基板を、真空蒸着装置の基板ホルダーに陽極 501 が形成された面を下方にして固定し、抵抗加熱法を用いた真空蒸着法により 4,4'-ビス[N-[4-{N,N-ビス(3-メチルフェニル)アミノ}フェニル]-N-フェニルアミノ]ビフェニル (略称: DNTPD) を 50 nm の膜厚で成膜した。これがホール注入層 511 となる。次に、ホール輸送性材料である -NPD を同様の方法により、10 nm の膜厚で形成し、ホール輸送層 512 とした。

10

【0119】

さらに、ホスト材料 521 としてホール輸送性材料である -NPD を、電子吸引基を有するゲスト材料 522 としてクマリン 153 を用い、クマリン 153 の濃度が 0.5 質量% となるように共蒸着を行うことで発光層 513 を形成した。膜厚は 30 nm とした。なお、クマリン 153 はハロアルキル基の一種であるトリフルオロメチル基を有しているため、電子吸引基であるハロゲノ基を含む化合物である。

20

【0120】

次に、電子輸送性材料である Alq₃ を真空蒸着法により 30 nm 形成し、電子輸送層 514 とした。さらに、電子注入層 515 として、CaF₂ を真空蒸着法により 1 nm 形成した。以上が電界発光層 502 であり、トータル膜厚は 121 nm となる。

【0121】

最後に、陰極 503 を形成する。本実施例では、アルミニウム (Al) を抵抗加熱による真空蒸着法により 150 nm 形成し、陰極 503 とした。

【0122】

以上のようにして作製した本発明の電界発光素子に 6.0 V の電圧を印加したところ、51.3 mA / cm² の電流密度で電流が流れ、1590 cd / m² の輝度で発光した。発光スペクトルのピーク波長は 518 nm であった。

30

【0123】

[比較例 3]

一方、電子輸送性材料に電子吸引基を有するゲスト材料を添加した発光層を有する従来の電界発光素子を作製し、実施例 5 と比較した。素子構造は、発光層 513 を除いて実施例 5 と同様の構成とした。

【0124】

本比較例における発光層 513 は、ホスト材料として電子輸送性材料である Alq₃ を、電子吸引基を有するゲスト材料として実施例 5 と同じクマリン 153 を用い、クマリン 153 の濃度が 0.5 質量% となるように共蒸着を行うことで形成した。膜厚は 30 nm とした。電界発光層 502 のトータル膜厚は 121 nm であり、実施例 5 と同じである。

40

【0125】

以上のようにして作製した従来の電界発光素子に 6.0 V の電圧を印加したところ、18.8 mA / cm² の電流密度で電流が流れ、1250 cd / m² の輝度で発光した。発光スペクトルのピーク波長は 530 nm であった。

【0126】

以上の結果から、本発明を適用した電界発光素子は、発光スペクトルのピーク波長が若干ブルーシフトしているが、駆動電圧を下げる事ができた。実施例 5 および比較例 3 の電流 - 電圧特性を図 12 に示す。図 12 からわかるように、本発明を適用することで、電流が流れやすくなっていることがわかる。

50

【実施例 6】

【0127】

本実施例 6 では、実施例 1、2 とは異なる電子吸引基を有するゲスト材料を用いた電界発光素子の作製例を、具体的に例示する。素子構造は図 5 の通りとした。

【0128】

まず、絶縁表面を有するガラス基板 500 上に、陽極 501 が形成される。材料として ITO を用い、スパッタリング法により 110 nm の膜厚で形成した。陽極 501 の形状は、2 mm × 2 mm の大きさとした。

【0129】

このように陽極 501 が形成された基板を洗浄、乾燥した後、陽極 501 上に電界発光層 502 を形成する。まず、陽極 501 が形成された基板を、真空蒸着装置の基板ホルダーに陽極 501 が形成された面を下方にして固定し、抵抗加熱法を用いた真空蒸着法により DNTPD を 50 nm の膜厚で成膜した。これがホール注入層 511 となる。次に、ホール輸送性材料である -NPD を同様の方法により、10 nm の膜厚で形成し、ホール輸送層 512 とした。

【0130】

さらに、ホスト材料 521 としてホール輸送性材料である -NPD を、電子吸引基を有するゲスト材料 522 としてクマリン 153 を用い、クマリン 153 の濃度が 0.5 質量% となるように共蒸着を行うことで発光層 513 を形成した。膜厚は 30 nm とした。なお、クマリン 153 はハロアルキル基の一種であるトリフルオロメチル基を有しているため、電子吸引基であるハロゲン基を含む化合物である。

【0131】

次に、電子輸送性材料である BAlq を 10 nm、Alq₃ を 20 nm、真空蒸着法により形成し、電子輸送層 514 とした。さらに、電子注入層 515 として、CaF₂ を真空蒸着法により 1 nm 形成した。以上が電界発光層 502 であり、トータル膜厚は 121 nm となる。

【0132】

最後に、陰極 503 を形成する。本実施例では、アルミニウム (Al) を抵抗加熱による真空蒸着法により 150 nm 形成し、陰極 503 とした。

【0133】

以上のようにして作製した本発明の電界発光素子に 6.0 V の電圧を印加したところ、30.3 mA / cm² の電流密度で電流が流れ、659 cd / m² の輝度で発光した。発光スペクトルのピーク波長は 499 nm であった。

【0134】

[比較例 4]

一方、電子輸送性材料に電子吸引基を有するゲスト材料を添加した発光層を有する従来の電界発光素子を作製し、実施例 6 と比較した。素子構造は、発光層 513 および電子輸送層 514 を除いて実施例 6 と同様の構成とした。

【0135】

本比較例における発光層 513 は、ホスト材料として電子輸送性材料である BAlq を、電子吸引基を有するゲスト材料として実施例 6 と同じクマリン 153 を用い、クマリン 153 の濃度が 0.5 質量% となるように共蒸着を行うことで形成した。膜厚は 30 nm とした。また、電子輸送層 514 は、Alq₃ を 30 nm 真空蒸着することにより形成した。電界発光層 502 のトータル膜厚は 121 nm であり、実施例 6 と同じである。

【0136】

以上のようにして作製した従来の電界発光素子に 6.0 V の電圧を印加したところ、0.262 mA / cm² の電流密度で電流が流れ、14.4 cd / m² の輝度で発光した。発光スペクトルのピーク波長は 517 nm であった。

【0137】

以上の結果から、本発明を適用した電界発光素子は、発光スペクトルのピーク波長が若

10

20

30

40

50

干ブルーシフトしているが、駆動電圧を下げることができた。実施例 6 および比較例 4 の電流 - 電圧特性を図 13 に示す。図 13 からわかるように、本発明を適用することで、電流が流れやすくなっていることがわかる。

【実施例 7】

【0138】

本実施例 7 では、実施例 1、2、5、6 とは異なる電子吸引基を有するゲスト材料を用いた電界発光素子の作製例を、具体的に例示する。素子構造は図 5 の通りとした。

【0139】

まず、絶縁表面を有するガラス基板 500 上に、陽極 501 が形成される。材料として ITO を用い、スパッタリング法により 110 nm の膜厚で形成した。陽極 501 の形状は、2 mm × 2 mm の大きさとした。

【0140】

このように陽極 501 が形成された基板を洗浄、乾燥した後、陽極 501 上に電界発光層 502 を形成する。まず、陽極 501 が形成された基板を、真空蒸着装置の基板ホルダーに陽極 501 が形成された面を下方にして固定し、抵抗加熱法を用いた真空蒸着法により DNTPD を 50 nm の膜厚で成膜した。これがホール注入層 511 となる。次に、ホール輸送性材料である -NPD を同様の方法により、10 nm の膜厚で形成し、ホール輸送層 512 とした。

【0141】

さらに、ホスト材料 521 としてホール輸送性材料である -NPD を、電子吸引基を有するゲスト材料 522 としてクマリン 334 を用い、クマリン 334 の濃度が 0.5 質量% となるように共蒸着を行うことで発光層 513 を形成した。膜厚は 30 nm とした。なお、クマリン 334 はアシル基の一種であるアセチル基を有しているため、電子吸引基であるカルボニル基を含む化合物である。

【0142】

次に、電子輸送性材料である BAlq を 10 nm、Alq₃ を 20 nm、真空蒸着法により形成し、電子輸送層 514 とした。さらに、電子注入層 515 として、CaF₂ を真空蒸着法により 1 nm 形成した。以上が電界発光層 502 であり、トータル膜厚は 121 nm となる。

【0143】

最後に、陰極 503 を形成する。本実施例では、アルミニウム (Al) を抵抗加熱による真空蒸着法により 150 nm 形成し、陰極 503 とした。

【0144】

以上のようにして作製した本発明の電界発光素子に 6.0 V の電圧を印加したところ、11.0 mA / cm² の電流密度で電流が流れ、220 cd / m² の輝度で発光した。発光スペクトルのピーク波長は 477 nm であった。

【0145】

[比較例 5]

一方、電子輸送性材料に電子吸引基を有するゲスト材料を添加した発光層を有する従来の電界発光素子を作製し、実施例 7 と比較した。素子構造は、発光層 513 および電子輸送層 514 を除いて実施例 7 と同様の構成とした。

【0146】

本比較例における発光層 513 は、ホスト材料として電子輸送性材料である BAlq を、電子吸引基を有するゲスト材料として実施例 7 と同じクマリン 334 を用い、クマリン 334 の濃度が 0.5 質量% となるように共蒸着を行うことで形成した。膜厚は 30 nm とした。また、電子輸送層 514 は、Alq₃ を 30 nm 真空蒸着することにより形成した。電界発光層 502 のトータル膜厚は 121 nm であり、実施例 7 と同じである。

【0147】

以上のようにして作製した従来の電界発光素子に 6.0 V の電圧を印加したところ、1.07 mA / cm² の電流密度で電流が流れ、42.5 cd / m² の輝度で発光した。発光

10

20

30

40

50

スペクトルのピーク波長は 485 nm であった。

【0148】

以上の結果から、本発明を適用した電界発光素子は、発光スペクトルのピーク波長が若干ブルーシフトしているが、駆動電圧を下げることができた。実施例 7 および比較例 5 の電流 - 電圧特性を図 14 に示す。図 14 からわかるように、本発明を適用することで、電流が流れやすくなっていることがわかる。

【産業上の利用可能性】

【0149】

以上の様に、本発明の電界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。

10

【図面の簡単な説明】

【0150】

【図 1】従来の電界発光素子のバンドダイアグラムを示す図。

【図 2】本発明の電界発光素子のバンドダイアグラムを示す図。

【図 3】本発明の電界発光素子のバンドダイアグラムを示す図。

【図 4】本発明の電界発光素子のバンドダイアグラムを示す図。

【図 5】本発明の電界発光素子の素子構成を示す図。

【図 6】本発明の電界発光素子の素子構成を示す図。

【図 7】従来の電界発光素子の素子構成を示す図。

【図 8】本発明の電界発光素子を用いた発光装置について説明する図。

20

【図 9】本発明の発光装置を用いた電気器具について説明する図。

【図 10】実施例 1 および比較例 1 の電流 - 電圧特性を示す図。

【図 11】実施例 2 および比較例 2 の電流 - 電圧特性を示す図。

【図 12】実施例 5 および比較例 3 の電流 - 電圧特性を示す図。

【図 13】実施例 6 および比較例 4 の電流 - 電圧特性を示す図。

【図 14】実施例 7 および比較例 5 の電流 - 電圧特性を示す図。

【符号の説明】

【0151】

500 基板

501 第 1 の電極

30

502 電界発光層

503 第 2 の電極

511 ホール注入層

512 ホール輸送層

513 発光層

514 電子輸送層

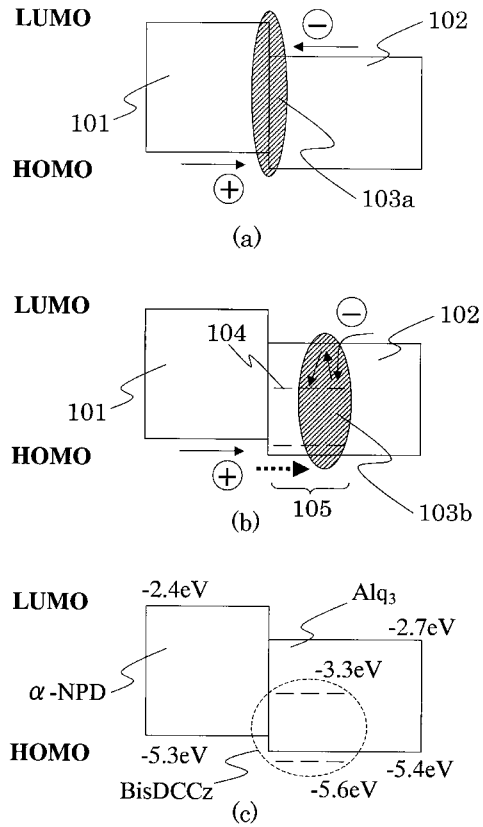
515 電子注入層

521 ホスト材料

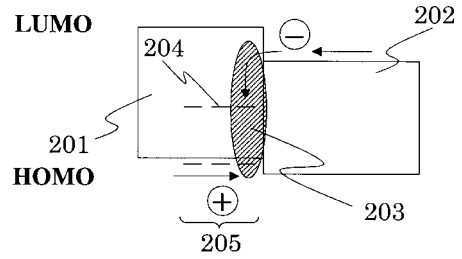
522 ゲスト材料

40

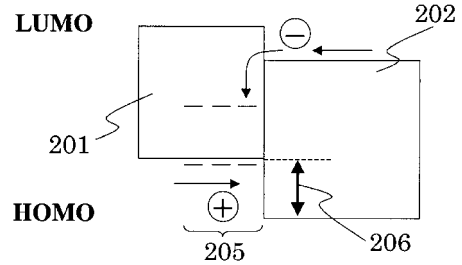
【図 1】



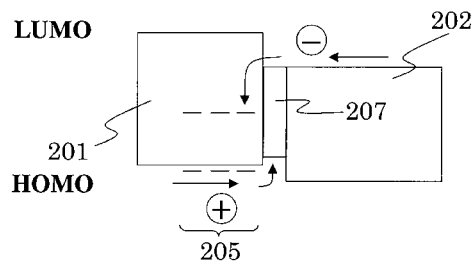
【図 2】



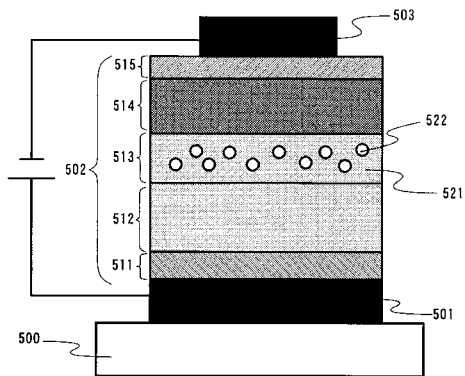
【図 3】



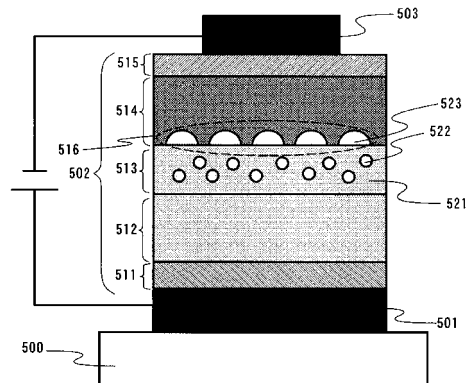
【図 4】



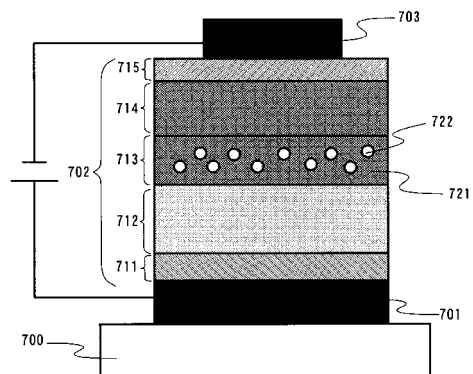
【図 5】



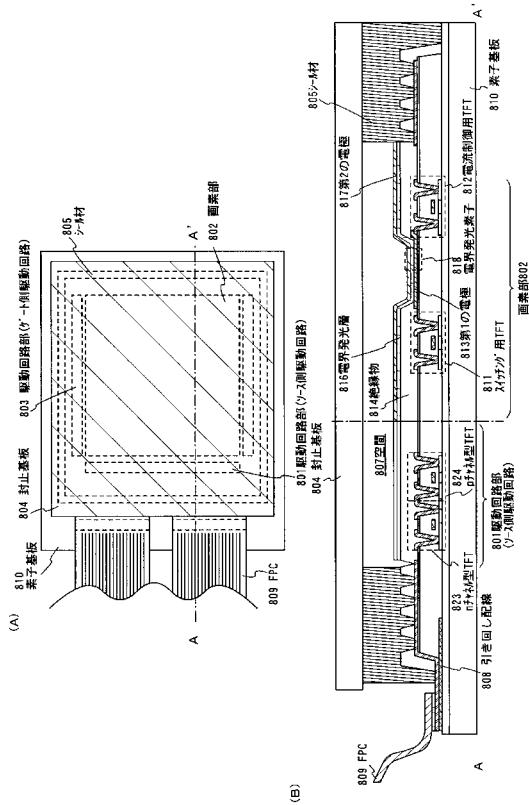
【図 6】



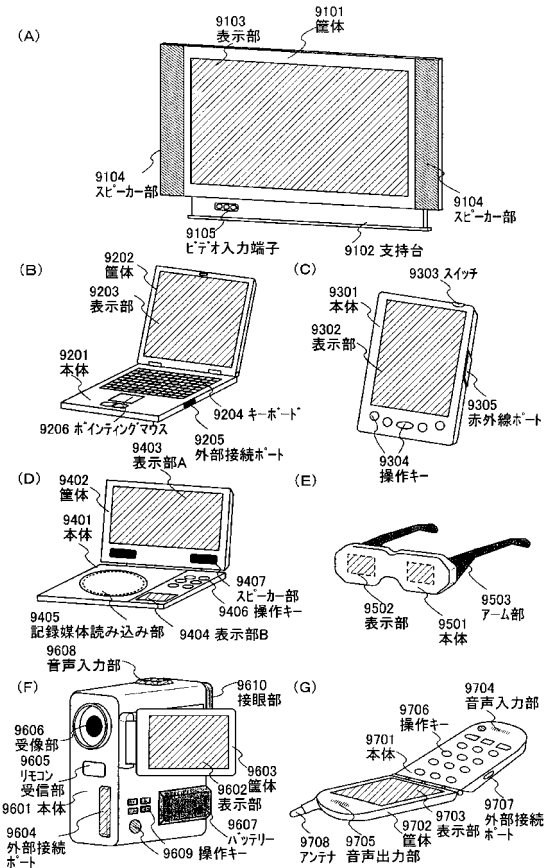
【図 7】



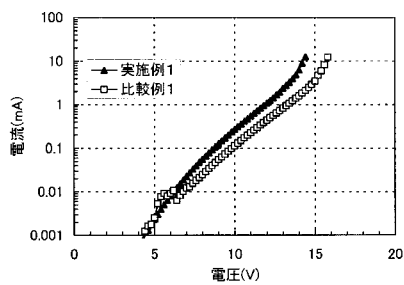
【図 8】



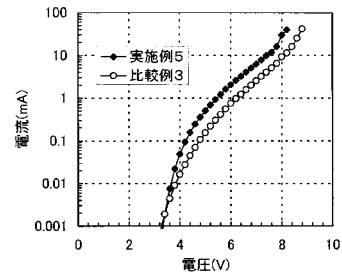
【図 9】



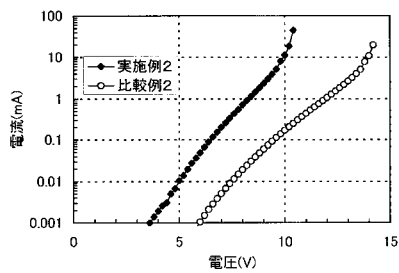
【図 10】



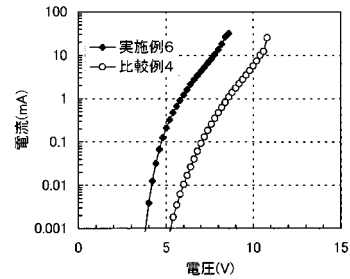
【図 12】



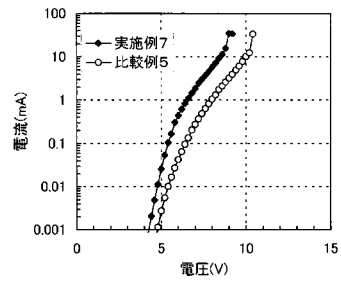
【図 11】



【図 13】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.⁷

F I

テーマコード(参考)

H 0 5 B 33/22

B

【要約の続き】