

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4578215号
(P4578215)

(45) 発行日 平成22年11月10日 (2010.11.10)

(24) 登録日 平成22年9月3日 (2010.9.3)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 51/50 (2006.01)

H O 5 B 33/22

B

H O 5 B 33/12 (2006.01)

H O 5 B 33/22

D

G O 9 F 9/30 (2006.01)

H O 5 B 33/12

C

H O 1 L 27/32 (2006.01)

H O 5 B 33/12

E

H O 5 B 33/14

A

請求項の数 14 (全 27 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-347296 (P2004-347296)
 (22) 出願日 平成16年11月30日 (2004.11.30)
 (65) 公開番号 特開2006-156828 (P2006-156828A)
 (43) 公開日 平成18年6月15日 (2006.6.15)
 審査請求日 平成18年12月4日 (2006.12.4)

(73) 特許権者 000001889
 三洋電機株式会社
 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
 (74) 代理人 100095382
 弁理士 目次 誠
 (74) 代理人 100086597
 弁理士 宮▲崎▼ 主税
 (72) 発明者 橋本 治寿
 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
 洋電機株式会社内
 (72) 発明者 西村 和樹
 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
 洋電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機エレクトロルミネッセント素子及び有機エレクトロルミネッセント表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陰極と、陽極と、前記陰極及び前記陽極の間に配置される複数の発光ユニットと、前記発光ユニットの間に配置される中間ユニットとを備え、

前記中間ユニットが、陽極側に設けられる電子輸送層と、陰極側に設けられる電子引き抜き層とを有し、前記電子引き抜き層は、前記電子引き抜き層の陰極側に隣接する隣接層から電子を引き抜くための層であり、前記電子引き抜き層の最低空分子軌道 (LUMO) のエネルギーレベルの絶対値 $|LUMO(A)|$ と、前記隣接層の最高被占分子軌道 (HOMO) のエネルギーレベルの絶対値 $|HOMO(B)|$ が、 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| = 1.5 \text{ eV}$ の関係にあり、前記中間ユニットが、前記電子引き抜き層による前記隣接層からの電子の引き抜きにより発生したホールを陰極側の発光ユニットに供給するとともに、引き抜いた電子を前記電子輸送層を介して陽極側の発光ユニットに供給する有機エレクトロルミネッセント素子であって、

前記陰極と、前記陰極に最も近い前記発光ユニットとの間にも、電子輸送層が設けられており、これら電子輸送層は B C P からなり、各電子輸送層の膜厚が、前記陰極から遠ざかるにつれて厚くなるように設定されており、かつ 40 nm 以下となるように設定されていることを特徴とする有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項 2】

前記陽極と、前記陽極に最も近い前記発光ユニットとの間に、ホール注入層が設けられており、該ホール注入層及び前記電子引き抜き層が H A T - C N 6 からなり、該ホール注

10

20

入層及び各電子引き抜き層の膜厚が前記陽極から遠ざかるにつれて厚くなるように設定されており、かつ100nm以下となるように設定されていることを特徴とする請求項1に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項3】

陰極と、陽極と、前記陰極及び前記陽極の間に配置される複数の発光ユニットと、前記発光ユニットの間に配置される中間ユニットとを備え、

前記中間ユニットが、陽極側に設けられる電子輸送層と、陰極側に設けられる電子引き抜き層とを有し、前記電子引き抜き層は、前記電子引き抜き層の陰極側に隣接する隣接層から電子を引き抜くための層であり、前記電子引き抜き層の最低空分子軌道(LUMO)のエネルギーレベルの絶対値 $|LUMO(A)|$ と、前記隣接層の最高被占分子軌道(HOMO)のエネルギーレベルの絶対値 $|HOMO(B)|$ が、 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| = 1.5\text{ eV}$ の関係にあり、前記中間ユニットが、前記電子引き抜き層による前記隣接層からの電子の引き抜きにより発生したホールを陰極側の発光ユニットに供給するとともに、引き抜いた電子を前記電子輸送層を介して陽極側の発光ユニットに供給する有機エレクトロルミネッセント素子であって、

前記陽極と、前記陽極に最も近い前記発光ユニットとの間に、ホール注入層が設けられており、該ホール注入層及び前記電子引き抜き層がHAT-CN6からなり、該ホール注入層及び各電子引き抜き層の膜厚が前記陽極から遠ざかるにつれて厚くなるように設定されており、かつ100nm以下となるように設定されていることを特徴とする有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項4】

前記電子引き抜き層の陽極側に隣接して電子注入層が設けられており、前記電子注入層の最低空分子軌道(LUMO)のエネルギーレベルの絶対値 $|LUMO(C)|$ または仕事関数の絶対値 $|WF(C)|$ は、 $|LUMO(A)|$ より小さく、かつ前記電子輸送層の最低空分子軌道のエネルギーレベルの絶対値 $|LUMO(D)|$ は、 $|LUMO(C)|$ または $|WF(C)|$ より小さく、

前記中間ユニットは、前記電子引き抜き層が引き抜いた電子を前記電子注入層及び前記電子輸送層を介して前記発光ユニットに供給することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項5】

前記発光ユニットのうちの少なくとも1つが、2つの発光層を直接接するように積層した構造を有することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項6】

前記隣接層が、前記発光ユニット内に設けられていることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項7】

前記隣接層が、前記中間ユニット内に設けられていることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項8】

前記隣接層が、ホール輸送性材料から形成されていることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項9】

前記隣接層が、アリーールアミン系ホール輸送性材料から形成されていることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

【請求項10】

前記電子引き抜き層が、以下に示す構造式で表わされるピラジン誘導体から形成されていることを特徴とする請求項1に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

【化 1】



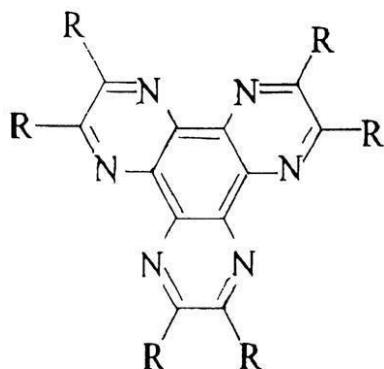
10

(ここで、Ar はアリール基を示し、R は水素、炭素数 1 ~ 10 のアルキル基、アルキルオキシ基、ジアルキルアミン基、または F、Cl、Br、I もしくは CN を示す。)

【請求項 11】

前記電子引き抜き層が、以下に示す構造式で表わされるヘキサアザトリフェニレン誘導体から形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の有機エレクトロルミネッセント素子。

【化 2】



20

(ここで、R は水素、炭素数 1 ~ 10 のアルキル基、アルキルオキシ基、ジアルキルアミン基、または F、Cl、Br、I もしくは CN を示す。)

30

【請求項 12】

陽極と陰極に挟まれた素子構造を有する有機エレクトロルミネッセント素子と、表示画素毎に対応した表示信号を前記有機エレクトロルミネッセント素子に供給するための能動素子が設けられたアクティブマトリックス駆動基板と、該アクティブマトリックス駆動基板と対向して設けられる透明な封止基板とを備え、前記有機エレクトロルミネッセント素子を前記アクティブマトリックス駆動基板と前記封止基板の間に配置し、前記陰極及び前記陽極のうち前記封止基板側に設けられる電極を透明電極としたトップエミッション型の有機エレクトロルミネッセント表示装置であって、

前記有機エレクトロルミネッセント素子が、前記陰極と、前記陽極と、前記陰極及び前記陽極の間に配置される複数の発光ユニットと、前記発光ユニットの間に配置される中間ユニットとを備え、

40

前記中間ユニットが、陽極側に設けられる電子輸送層と、陰極側に設けられる電子引き抜き層とを有し、前記電子引き抜き層は、前記電子引き抜き層の陰極側に隣接する隣接層から電子を引き抜くための層であり、前記電子引き抜き層の最低空分子軌道 (LUMO) のエネルギーレベルの絶対値 $|LUMO(A)|$ と、前記隣接層の最高被占分子軌道 (HOMO) のエネルギーレベルの絶対値 $|HOMO(B)|$ が、 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| = 1.5 \text{ eV}$ の関係にあり、前記中間ユニットが、前記電子引き抜き層による前記隣接層からの電子の引き抜きにより発生したホールを陰極側の発光ユニットに供給するとともに、引き抜いた電子を前記電子輸送層を介して陽極側の発光ユニットに供給する有機エレクトロルミネッセント素子であって、前記陰極と、前記陰極に最も近い前記

50

発光ユニットとの間にも、電子輸送層が設けられており、これら電子輸送層はBCPからなり、各電子輸送層の膜厚が、前記陰極から遠ざかるにつれて厚くなるように設定されており、かつ40nm以下となるように設定されていることを特徴とする有機エレクトロルミネッセント表示装置。

【請求項13】

陽極と陰極に挟まれた素子構造を有する有機エレクトロルミネッセント素子と、表示画素毎に対応した表示信号を前記有機エレクトロルミネッセント素子に供給するための能動素子が設けられたアクティブマトリックス駆動基板と、該アクティブマトリックス駆動基板と対向して設けられる透明な封止基板とを備え、前記有機エレクトロルミネッセント素子を前記アクティブマトリックス駆動基板と前記封止基板の間に配置し、前記陰極及び前記陽極のうち前記封止基板側に設けられる電極を透明電極としたトップエミッション型の有機エレクトロルミネッセント表示装置であって、

10

前記有機エレクトロルミネッセント素子が、前記陰極と、前記陽極と、前記陰極及び前記陽極の間に配置される複数の発光ユニットと、前記発光ユニットの間に配置される中間ユニットとを備え、

前記中間ユニットが、陽極側に設けられる電子輸送層と、陰極側に設けられる電子引き抜き層とを有し、前記電子引き抜き層は、前記電子引き抜き層の陰極側に隣接する隣接層から電子を引き抜くための層であり、前記電子引き抜き層の最低空分子軌道(LUMO)のエネルギーレベルの絶対値 $|LUMO(A)|$ と、前記隣接層の最高被占分子軌道(HOMO)のエネルギーレベルの絶対値 $|HOMO(B)|$ が、 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| = 1.5\text{ eV}$ の関係にあり、前記中間ユニットが、前記電子引き抜き層による前記隣接層からの電子の引き抜きにより発生したホールを陰極側の発光ユニットに供給するとともに、引き抜いた電子を前記電子輸送層を介して陽極側の発光ユニットに供給する有機エレクトロルミネッセント素子であって、前記陽極と、前記陽極に最も近い前記発光ユニットとの間に、ホール注入層が設けられており、該ホール注入層及び前記電子引き抜き層がHAT-CN6からなり、該ホール注入層及び各電子引き抜き層の膜厚が前記陽極から遠ざかるにつれて厚くなるように設定されており、かつ100nm以下となるように設定されていることを特徴とする有機エレクトロルミネッセント装置。

20

【請求項14】

前記有機エレクトロルミネッセント素子が白色発光素子であり、前記有機エレクトロルミネッセント素子と前記封止基板との間に、カラーフィルターが配置されていることを特徴とする請求項12または13に記載の有機エレクトロルミネッセント表示装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機エレクトロルミネッセント素子及び有機エレクトロルミネッセント表示装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

有機エレクトロルミネッセント素子(有機EL素子)は、ディスプレイや照明への応用の観点から活発に開発が行われている。有機EL素子の駆動原理は、以下のようなものである。すなわち、陽極及び陰極からそれぞれホールと電子が注入され、これらが有機薄膜中を輸送され、発光層において再結合し励起状態が生じ、この励起状態から発光が得られる。発光効率を高めるためには、効率良くホール及び電子を注入させ、有機薄膜中を輸送させることが必要である。しかしながら、有機EL素子内のキャリアの移動は、電極と有機薄膜間のエネルギー障壁や、有機薄膜内のキャリア移動度の低さにより制限を受けるため、発光効率の向上にも限界がある。

40

【0003】

一方、発光効率を向上させる他の方法として、複数の発光層を積層する方法が挙げられる。例えば、補色関係にあるオレンジ色発光層と青色発光層とを直接接するように積層す

50

ることにより、1層の場合より高い発光効率を得ることができる場合がある。例えば、青色発光層の発光効率が 10 cd/A であり、オレンジ色発光層の発光効率が 8 cd/A である場合に、これらを積層して白色発光素子とした場合に、 15 cd/A の発光効率を得られている。

【0004】

しかしながら、発光層を3層以上それぞれ直接接するように積層した場合には、発光効率の向上が得られない。これは、電子とホールとの再結合領域の拡がりに限度があり、再結合領域が3層以上にまたがらないからである。

【0005】

非特許文献1においては、 V_2O_5 、ITOなどの無機半導体層を介して2つの発光ユニットを積層し、無機半導体層の内部でキャリアを発生させて、2つの発光層にキャリアを供給する方法が報告されている。この方法は、無機半導体層中に含まれるキャリアを利用する方法であり、キャリアを発生させるためには高い電圧を印加しなければならない。このため、駆動電圧が高くなり、携帯機器などの低電圧駆動には適用することができないものであった。

10

【0006】

特許文献1～4においても、電荷発生層などを介して複数の発光ユニットを積層した有機EL素子が提案されているが、高い電圧で駆動することが必要であり、高い発光効率を得られるものではなかった。

【特許文献1】特開2003-272860号公報

20

【特許文献2】特開2003-264085号公報

【特許文献3】特開平11-329748号公報

【特許文献4】特開2004-39617号公報

【非特許文献1】2004年春季第51回応用物理学関係連合講演会 講演予稿集No. 3 1464頁 講演番号28p-ZQ-14「二重絶縁層をもつキャリア再結合型有機EL素子」

【非特許文献2】SYNTHESIS, April, 1994, 378～380頁 “Improved Synthesis of 1,4,5,8,9,12-Hexaazatriphenylenehexacarboxylic Acid”

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0007】

本発明の目的は、複数の発光ユニットを積層した有機EL素子において、発光効率が高い有機EL素子及びこれを用いた有機EL表示装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の有機EL素子は、陰極と、陽極と、陰極及び陽極の間に配置される複数の発光ユニットと、発光ユニットの間に配置される中間ユニットとを備え、中間ユニットが、陽極側に設けられる電子輸送層と、陰極側に設けられる電子引き抜き層とを有し、電子引き抜き層は、電子引き抜き層の陰極側に隣接する隣接層から電子を引き抜くための層であり、電子引き抜き層の最低空分子軌道(LUMO)のエネルギーレベルの絶対値 $|LUMO(A)|$ と、隣接層の最高被占分子軌道(HOMO)のエネルギーレベルの絶対値 $|HOMO(B)|$ が、 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| = 1.5 \text{ eV}$ の関係にあり、中間ユニットが、電子引き抜き層による隣接層からの電子の引き抜きにより発生したホールを陰極側の発光ユニットに供給するとともに、引き抜いた電子を電子輸送層を介して陽極側の発光ユニットに供給する有機エレクトロルミネッセント素子であって、陰極と、陰極に最も近い発光ユニットとの間にも、電子輸送層が設けられており、各電子輸送層の膜厚が、陰極から遠ざかるにつれて厚くなるように設定されており、かつ 40 nm 以下となるように設定されていることを特徴としている。

40

【0009】

複数の発光ユニットを備えた従来の有機EL素子において、陰極に近い方の発光ユニッ

50

トでは電子の注入がスムーズに行われるが、陰極から遠い発光ユニットでは、電子の注入が少なくなる。このため、陰極から遠い発光ユニットでの発光強度が相対的に弱くなり、高い発光効率を得ることができないという問題があった。本発明においては、各電子輸送層の膜厚を、陰極から遠ざかるにつれて厚くなるように設定している。このため、陰極から遠い発光ユニットにおける電子の注入が高められ、陰極から遠い発光ユニットにおける発光強度を相対的に高めることができる。この結果、各発光ユニットにおける発光強度のバランスを改善することができ、素子全体として発光効率を向上させることができる。

【 0 0 1 0 】

また、本発明において、各電子輸送層の膜厚は、40 nm以下となるように設定されている。電子輸送層の膜厚が40 nmを超えると、電子の移動がスムーズに行われなくなるため発光強度が低下する傾向にある。

10

【 0 0 1 1 】

また、発光ユニットが複数設けられている場合、上記の電子の注入と同様に、ホール注入層も、陽極から遠ざかるにつれて、発光ユニットへの注入が不十分になる場合がある。中間ユニットにおいては、電子引き抜き層からホールが注入される。従って、陽極と、陽極に最も近い発光ユニットとの間にホール注入層が設けられている場合において、該ホール注入層及び各電子引き抜き層の膜厚は、陽極から遠ざかるにつれて厚くなるように設定されていることが好ましい。このようにホール注入層及び各電子引き抜き層の膜厚を設定することにより、陽極から遠い発光ユニットにおいても、ホールを十分に注入することができ、各発光ユニットにおける発光強度のバランスを改善することができ、素子全体としてさらに発光効率を高めることができる。

20

【 0 0 1 2 】

ホール注入層及び各電子引き抜き層は、100 nm以下となるように設定されていることが好ましい。ホール注入層及び各電子引き抜き層の膜厚が100 nmを超えると、ホールの移動が却って妨げられ、発光強度が低下する傾向にある。

【 0 0 1 3 】

本発明の他の局面に従う有機EL素子は、上記のようにホール注入層及び各電子引き抜き層の膜厚が陽極から遠ざかるにつれて厚くなるように設定されており、かつ100 nm以下となるように設定されていることを特徴としている。

【 0 0 1 4 】

30

本発明の他の局面に従う有機EL素子は、陰極と、陽極と、陰極及び陽極の間に配置される複数の発光ユニットと、発光ユニットの間に配置される中間ユニットとを備え、中間ユニットが、陽極側に設けられる電子輸送層と、陰極側に設けられる電子引き抜き層とを有し、電子引き抜き層は、電子引き抜き層の陰極側に隣接する隣接層から電子を引き抜くための層であり、電子引き抜き層の最低空分子軌道(LUMO)のエネルギーレベルの絶対値 $|LUMO(A)|$ と、隣接層の最高被占分子軌道(HOMO)のエネルギーレベルの絶対値 $|HOMO(B)|$ が、 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| \geq 1.5 \text{ eV}$ の関係にあり、中間ユニットが、電子引き抜き層による隣接層からの電子の引き抜きにより発生したホールを陰極側の発光ユニットに供給するとともに、引き抜いた電子を電子輸送層を介して陽極側の発光ユニットに供給する有機エレクトロルミネッセント素子であって、陽極と、陽極に最も近い発光ユニットとの間に、ホール注入層が設けられており、該ホール注入層及び各電子引き抜き層の膜厚が陽極から遠ざかるにつれて厚くなるように設定されており、かつ100 nm以下となるように設定されていることを特徴としている。

40

【 0 0 1 5 】

本発明においては、複数の発光ユニットの間に中間ユニットを配置し、該中間ユニットからキャリアを供給することにより、発光ユニットを発光させている。以下、本発明の中間ユニットの機能について説明する。なお、以下の説明では、発光ユニットを2つとし、陰極側の発光ユニットを第1の発光ユニット、陽極側の発光ユニットを第2の発光ユニットとして説明している。

【 0 0 1 6 】

50

本発明によれば、第1の発光ユニットと第2の発光ユニットの間に、中間ユニットが設けられ、中間ユニットに、電子引き抜き層が設けられている。電子引き抜き層の陰極側には、隣接層が設けられている。隣接層のHOMOのエネルギーレベルの絶対値 $|HOMO(B)|$ と、電子引き抜き層のLUMOのエネルギーレベルの絶対値 $|LUMO(A)|$ とは、 $|HOMO(B)| - |LUMO(A)| = 1.5 eV$ の関係にある。すなわち、電子引き抜き層のLUMOのエネルギーレベルは、隣接層のHOMOのエネルギーレベルに近い値となっている。このため、電子引き抜き層は隣接層から電子を引き抜くことができる。この隣接層からの電子の引き抜きにより、隣接層にはホールが発生する。隣接層が第1の発光ユニット内に設けられている場合には、第1の発光ユニットにホールが発生する。また、隣接層が電子引き抜き層と第1の発光ユニットの間に設けられている場合、すなわち中間ユニット内に設けられている場合には、隣接層に発生したホールが、第1の発光ユニットに供給される。第1の発光ユニットに供給されたホールは、陰極または隣接する中間ユニットからの電子と再結合し、これによって第1の発光ユニットが発光する。

10

【0017】

一方、電子引き抜き層に引き抜かれた電子は、第2の発光ユニットに供給され、陽極または隣接する中間ユニットから供給されたホールと再結合し、これによって第2の発光ユニットが発光する。

【0018】

従って、本発明によれば、第1の発光ユニット及び第2の発光ユニットのそれぞれにおいて再結合領域を形成することができ、これによって第1の発光ユニット及び第2の発光ユニットをそれぞれ別個に発光させることができる。

20

【0019】

本発明において、電子引き抜き層が隣接層から電子を引き抜くためには、電子引き抜き層のLUMOのエネルギーレベルが、隣接層のLUMOのエネルギーレベルよりも、隣接層のHOMOのエネルギーレベルに近いことが好ましい。すなわち、隣接層のLUMOのエネルギーレベルの絶対値 $|LUMO(B)|$ は、以下の関係を満足することが好ましい。

$$|HOMO(B)| - |LUMO(A)| < |LUMO(A)| - |LUMO(B)|$$

【0020】

また、電子引き抜き層として用いる材料のLUMOのエネルギーレベルの絶対値は、一般に隣接層のHOMOをエネルギーレベルの絶対値よりも小さいので、このような場合、それぞれのエネルギーレベルの絶対値は、以下の関係式で示される。

30

$$0 eV < |HOMO(B)| - |LUMO(A)| = 1.5 eV$$

【0021】

本発明においては、電子引き抜き層の陽極側に電子注入層が設けられることが好ましい。また、電子注入層のLUMOのエネルギーレベルの絶対値 $|LUMO(C)|$ または仕事関数の絶対値 $|WF(C)|$ は、電子引き抜き層のLUMOのエネルギーレベルの絶対値 $|LUMO(A)|$ より小さいことが好ましい。電子引き抜き層より引き抜かれた電子は、電子注入層に移動し、電子注入層から電子注入層を介して第2の発光ユニットに供給される。

40

【0022】

本発明において、電子輸送層のLUMOのエネルギーレベルの絶対値 $|LUMO(D)|$ は、電子注入層のLUMOのエネルギーレベルの絶対値 $|LUMO(C)|$ または仕事関数の絶対値 $|WF(C)|$ より小さいことが好ましい。電子注入層に移動した電子は、電子輸送層を通り第2の発光ユニットに供給される。従って、中間ユニットは、電子引き抜き層が引き抜いた電子を電子注入層及び電子輸送層を介して第2の発光ユニットに供給する。

【0023】

本発明における第1の発光ユニット及び第2の発光ユニットは、それぞれ単一の発光層から形成されていてもよいし、複数の発光層を直接接するように積層して構成されてい

50

もよい。しかしながら、本発明は、第1の発光ユニット及び第2の発光ユニットのうちの少なくとも一方が、2つの発光層を直接接するように積層した構造を有する場合に、特に有用である。すなわち、このような場合において、第1の発光ユニットと第2の発光ユニットを直接積層させると、3つまたは4つの発光層を直接積層した構造となり、上述のように、電子とホールとの再結合領域の拡がりに限度があるため、再結合領域は3つまたは4つの発光層をまたがることがない。このため、3つまたは4つの発光層の厚み方向の1箇所で再結合が生じ、高い発光効率を得ることができない。また、第1の発光ユニット及び第2の発光ユニットのそれぞれが別個に発光した場合の再結合領域と異なる領域で再結合するため、第1の発光ユニット及び第2の発光ユニットの組合せの発光色と異なる色が発光する場合がある。

10

【0024】

本発明に従い、第1の発光ユニットと第2の発光ユニットの間に中間ユニットを設けることにより、第1の発光ユニット及び第2の発光ユニットのそれぞれにおいて再結合させることができる。すなわち、第1の発光ユニット及び第2の発光ユニットのそれぞれに再結合領域を形成することができ、第1の発光ユニット及び第2の発光ユニットをそれぞれ独自に発光させることができる。このため、高い発光効率を得ることができるとともに、第1の発光ユニット及び第2の発光ユニットの組合せの発光色と同一の色を発光することができる。

【0025】

本発明において、隣接層は、ホール輸送性材料から形成されていることが好ましく、特にアリールアミン系ホール輸送性材料から形成されていることが好ましい。

20

【0026】

本発明において、隣接層は第1の発光ユニット内に設けられていてもよい。特に、第1の発光ユニット内において中間ユニット側に位置する発光層のホスト材料が隣接層として適するホール輸送性材料である場合には、第1の発光ユニット内の中間ユニット側の発光層を隣接層とすることができる。

【0027】

また、本発明において、隣接層は中間ユニット内に設けられていてもよい。第1の発光ユニット内の中間ユニット側の発光層のホスト材料が隣接層として適するホール輸送性材料でない場合には、隣接層として機能させることができない場合があるので、このような場合には、中間ユニット内に隣接層を設けることができる。このような場合、隣接層は、電子引き抜き層と第1の発光ユニットの間に配置される。

30

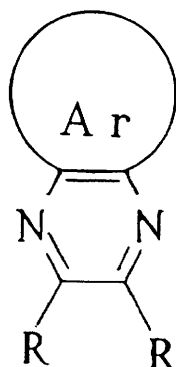
【0028】

本発明において、電子引き抜き層は、LUMOのエネルギーレベルの絶対値が、隣接層のHOMOのエネルギーレベルの絶対値より1.5 eV小さいものであれば特に制限なく用いることができる。具体例としては、例えば、以下に示す構造式で表わされるピラジン誘導体から形成することができる。

【0029】

【化1】

40



50

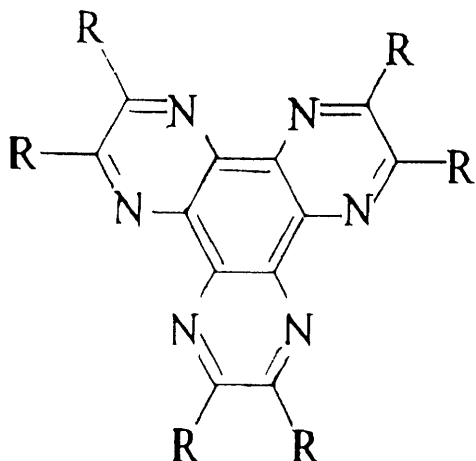
【 0 0 3 0 】

(ここで、Arはアリール基を示し、Rは水素、炭素数1～10のアルキル基、アルキルオキシ基、ジアルキルアミン基、またはF、Cl、Br、IもしくはCNを示す。)

本発明において、さらに好ましくは、以下に示す構造式で表わされるヘキサアザトリフェニレン誘導体から電子引き抜き層を形成することができる。

【 0 0 3 1 】

【化2】



10

20

【 0 0 3 2 】

(ここで、Rは水素、炭素数1～10のアルキル基、アルキルオキシ基、ジアルキルアミン基、またはF、Cl、Br、IもしくはCNを示す。)

本発明において、中間ユニット内の電子注入層は、例えば、Li及びCsなどのアルカリ金属、Li₂Oなどのアルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属、アルカリ土類金属酸化物などから形成することが好ましい。

【 0 0 3 3 】

また、本発明において、陰極側及び中間ユニット内の電子輸送層は、有機EL素子において一般に電子輸送性材料として用いられている材料から形成することができる。例えば、フェナントロリン誘導体、シロール誘導体、トリアゾール誘導体、キノリノール金属錯体誘導体、オキサジアゾール誘導体などが挙げられる。

30

【 0 0 3 4 】

本発明における発光ユニットを構成する発光層は、ホスト材料とドーパント材料から形成されていることが好ましい。必要に応じてキャリア輸送性の第2のドーパント材料が含有されていてもよい。ドーパント材料としては、1重項発光材料であってもよいし、3重項発光材料(燐光発光材料)であってもよい。

【 0 0 3 5 】

本発明の有機エレクトロルミネッセント表示装置は、陽極と陰極に挟まれた素子構造を有する有機エレクトロルミネッセント素子と、表示画素毎に対応した表示信号を有機エレクトロルミネッセント素子に供給するための能動素子が設けられたアクティブマトリクス駆動基板と、該アクティブマトリクス駆動基板と対向して設けられる透明な封止基板とを備え、有機エレクトロルミネッセント素子をアクティブマトリクス駆動基板と封止基板の間に配置し、陰極及び陽極のうち封止基板側に設けられる電極を透明電極としたトップエミッション型の有機エレクトロルミネッセント表示装置であって、有機エレクトロルミネッセント素子が、陰極と、陽極と、陰極及び陽極の間に配置される複数の発光ユニットと、発光ユニットの間に配置される中間ユニットとを備え、中間ユニットが、陽極側に設けられる電子輸送層と、陰極側に設けられる電子引き抜き層とを有し、電子引き抜き層は、電子引き抜き層の陰極側に隣接する隣接層から電子を引き抜くための層であり、電子引き抜き層の最低空分子軌道(LUMO)のエネルギーレベルの絶対値|LUMO(A

40

50

）|と、隣接層の最高被占分子軌道（HOMO）のエネルギーレベルの絶対値|HOMO（B）|が、 $|HOMO（B）| - |LUMO（A）| = 1.5 \text{ eV}$ の関係にあり、中間ユニットが、電子引き抜き層による隣接からの電子の引き抜きにより発生したホールを陰極側の発光ユニットに供給するとともに、引き抜いた電子を電子輸送層を介して陽極側の発光ユニットに供給する有機エレクトロルミネッセント素子であって、陰極と、陰極に最も近い発光ユニットとの間にも、電子輸送層が設けられており、各電子輸送層の膜厚が、陰極から遠ざかるにつれて厚くなるように設定されており、かつ40nm以下となるように設定されていることを特徴としている。

【0036】

本発明の他の局面に従う有機エレクトロルミネッセント表示装置は、陽極と陰極に挟まれた素子構造を有する有機エレクトロルミネッセント素子と、表示画素毎に対応した表示信号を有機エレクトロルミネッセント素子に供給するための能動素子が設けられたアクティブマトリックス駆動基板と、該アクティブマトリックス駆動基板と対向して設けられる透明な封止基板とを備え、有機エレクトロルミネッセント素子をアクティブマトリックス駆動基板と封止基板の間に配置し、陰極及び陽極のうち封止基板側に設けられる電極を透明電極としたトップエミッション型の有機エレクトロルミネッセント表示装置であって、有機エレクトロルミネッセント素子が、陰極と、陽極と、陰極及び陽極の間に配置される複数の発光ユニットと、発光ユニットの間に配置される中間ユニットとを備え、中間ユニットが、陽極側に設けられる電子輸送層と、陰極側に設けられる電子引き抜き層とを有し、電子引き抜き層は、電子引き抜き層の陰極側に隣接する隣接層から電子を引き抜くための層であり、電子引き抜き層の最低空分子軌道（LUMO）のエネルギーレベルの絶対値|LUMO（A）|と、隣接層の最高被占分子軌道（HOMO）のエネルギーレベルの絶対値|HOMO（B）|が、 $|HOMO（B）| - |LUMO（A）| = 1.5 \text{ eV}$ の関係にあり、中間ユニットが、電子引き抜き層による隣接層からの電子の引き抜きにより発生したホールを陰極側の発光ユニットに供給するとともに、引き抜いた電子を電子輸送層を介して陽極側の発光ユニットに供給する有機エレクトロルミネッセント素子であって、陽極と、陽極に最も近い発光ユニットとの間に、ホール注入層が設けられており、該ホール注入層及び各電子引き抜き層の膜厚が陽極から遠ざかるにつれて厚くなるように設定されており、かつ100nm以下となるように設定されていることを特徴としている。

【0037】

有機エレクトロルミネッセント素子が白色発光の素子である場合、封止基板と有機エレクトロルミネッセント素子の間にカラーフィルターを配置することが好ましい。

【0038】

本発明の有機エレクトロルミネッセント表示装置は、トップエミッション型の表示装置であるので、有機エレクトロルミネッセント素子で発光した光は、アクティブマトリックスが設けられている側と反対側の封止基板から出射される。一般にアクティブマトリックス回路は多数の層を積層して形成するものであり、ボトムエミッション型の場合はこのようなアクティブマトリックス回路の存在により出射光が減衰するが、本発明の有機エレクトロルミネッセント表示装置はトップエミッション型であるため、このようなアクティブマトリックス回路による影響を受けることなく光を出射することができる。特に、本発明の有機エレクトロルミネッセント素子は複数の発光ユニットを有するものであるため、トップエミッション型の場合ボトムエミッション型に比べ発光した光が通過する膜数が少なく済むので、光の干渉による出射光の減衰あるいは出射光の視野角の減衰を制御するための設計の自由度を高めることができる。

【発明の効果】

【0039】

本発明の有機EL素子及び有機EL表示装置は、複数の発光ユニットを積層して備えるものであり、高い発光効率を示す。

【発明を実施するための最良の形態】

【0040】

10

20

30

40

50

図 1 は、本発明に従う有機 E L 素子を示す模式的断面図である。図 1 に示すように、陰極 5 1 と陽極 5 2 の間には、第 1 の発光ユニット 4 1、第 2 の発光ユニット 4 2、及び第 3 の発光ユニット 4 3 が設けられている。第 1 の発光ユニット 4 1 と第 2 の発光ユニット 4 2 の間には、中間ユニット 3 0 が設けられている。第 2 の発光ユニット 4 2 と第 3 の発光ユニット 4 3 の間には、中間ユニット 3 1 が設けられている。

【 0 0 4 1 】

中間ユニット 3 0 は、陰極 5 1 側に位置する電子引き抜き層 3 0 a と、陽極 5 2 側に位置する電子輸送層 3 0 c と、電子引き抜き層 3 0 a 及び電子輸送層 3 0 c の間に設けられる電子注入層 3 0 b から構成されている。中間ユニット 3 1 も同様に、陰極 5 1 側に設けられている電子引き抜き層 3 1 a と、陰極 5 2 側に設けられる電子輸送層 3 1 c と、電子引き抜き層 3 1 a 及び電子輸送層 3 1 c の間に設けられる電子注入層 3 1 b から構成されている。

10

【 0 0 4 2 】

陰極 5 1 と、第 1 の発光ユニット 4 1 の間には、電子輸送層 1 2 が設けられている。陽極 5 2 と第 3 の発光ユニット 4 3 の間には、ホール注入層 1 0 が設けられている。

【 0 0 4 3 】

本発明においては、各電子輸送層 1 2、3 0 c 及び 3 1 c の膜厚は、陰極 5 1 から遠ざかるにつれて厚くなるように設定されている。従って、電子輸送層 3 0 c の膜厚は、電子輸送層 1 2 の膜厚よりも厚くなるように設定されており、電子輸送層 3 1 c の膜厚は、電子輸送層 3 0 c の膜厚よりも厚くなるように設定されている。また、電子輸送層 1 2、3 0 c 及び 3 1 c のそれぞれの膜厚は、4 0 n m 以下となるように設定されている。

20

【 0 0 4 4 】

電子輸送層 1 2、3 0 c 及び 3 1 c の膜厚を、上記のように設定することにより、各発光ユニット 4 1、4 2 及び 4 3 に対する電子の注入のバランスを改善させることができる。このため、各発光ユニット 4 1、4 2 及び 4 3 における発光強度を均一に近づけることができ、この結果素子全体としての発光効率を向上させることができる。

【 0 0 4 5 】

本発明の他の局面に従えば、ホール注入層 1 0 及び電子引き抜き層 3 0 a 及び 3 1 a の膜厚は、陽極 5 2 から遠ざかるにつれて厚くなるように設定されている。従って、電子引き抜き層 3 1 a の膜厚は、ホール注入層 1 0 の膜厚よりも厚くなるように設定されており、電子引き抜き層 3 0 a の膜厚は、電子引き抜き層 3 1 a の膜厚よりも厚くなるように設定されている。また、ホール注入層及び電子引き抜き層 3 0 a 及び 3 1 a のそれぞれの膜厚は、1 0 0 n m 以下となるように設定されている。

30

【 0 0 4 6 】

ホール注入層 1 0 及び電子引き抜き層 3 0 a 及び 3 1 a の膜厚を、上記のように設定することにより、各発光ユニット 4 1、4 2 及び 4 3 に対するホールの注入のバランスを改善させることができる。この結果、各発光ユニット 4 1、4 2 及び 4 3 における発光強度を均一に近づけることができ、素子全体としての発光効率を向上させることができる。

【 0 0 4 7 】

図 1 に示す実施例においては、3 つの発光ユニットを有しているが、本発明はこれに限定されるものではなく、少なくとも 2 つの発光ユニットが設けられていればよい。

40

【 0 0 4 8 】

図 2 は、中間ユニット周辺のエネルギーダイアグラムを示す図である。中間ユニット 3 0 は、電子引き抜き層 3 0 a、電子注入層 3 0 b 及び電子輸送層 3 0 c から構成されている。電子引き抜き層 3 0 a の陰極側には、隣接層 4 0 が設けられている。また、中間ユニット 3 0 の陽極側には、第 2 の発光ユニット 4 2 が設けられている。図 2 においては、第 2 の発光ユニット 4 2 の中間ユニット 3 0 側の層のみが図示されている。

【 0 0 4 9 】

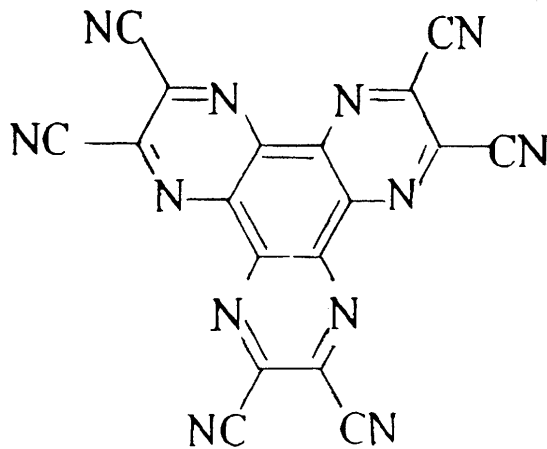
図 2 に示す実施例において、電子引き抜き層 3 0 a は、以下に示す構造式で表されるヘキササトリフェニレンヘキサカルボニトリル（以下、「H A T - C N 6」という）から

50

形成されている。HAT-CN6は、例えば非特許文献2に記載された方法より製造することができる。

【0050】

【化3】



HAT-CN6

【0051】

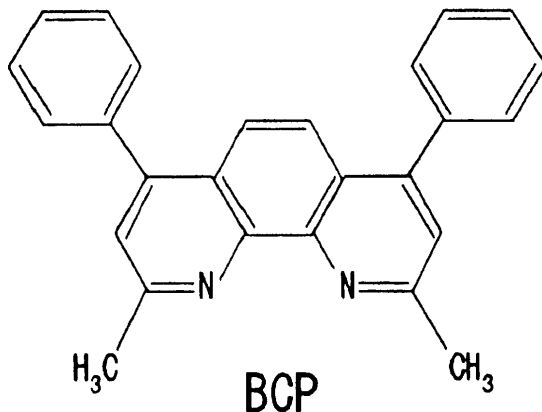
また、電子注入層30bは、Li（金属リチウム）から形成されている。

【0052】

また、電子輸送層30cは、以下に示す構造を有するBCP（2，9-ジメチル-4，7-ジフェニル-1，10-フェナントロリン）から形成されている。

【0053】

【化4】



【0054】

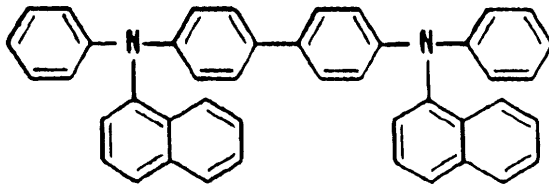
本発明において、電子輸送層の膜厚は、上述のように40nm以下であり、さらに好ましくは、1～40nmの範囲である。電子注入層30bの膜厚は、0.1～10nmの範囲であることが好ましくは、さらに好ましくは0.1～1nmの範囲である。電子引き抜き層30aの膜厚は、上述のように100nm以下であることが好ましく、さらに好ましくは1～100nmの範囲内であり、さらに好ましくは5～50nmの範囲内である。

【0055】

図2に示す実施例において、隣接層40は、以下の構造を有するNPB（N，N'-ジ（ナフタセン-1-イル）-N，N'-ジフェニルベンジジン）から形成されている。

【0056】

【化 5】



NPB

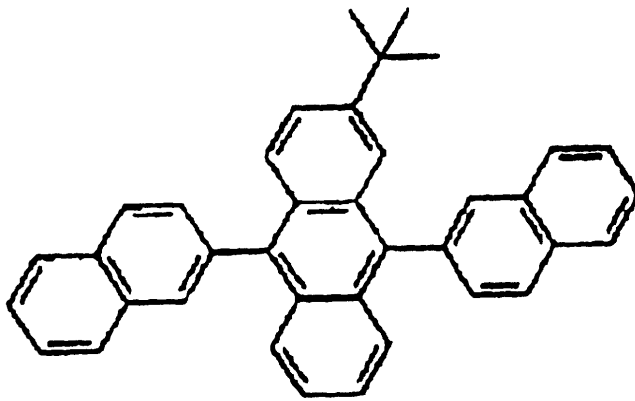
10

【0057】

図2に示す実施例において、第2の発光ユニット42として示している層は、以下の構造を有するTBADN(2-ターシャリー-ブチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン)から形成されている。

【0058】

【化 6】



TBADN

20

30

【0059】

図2に示すように、電子引き抜き層30aのLUMOエネルギーレベルの絶対値(4.4 eV)と、隣接層40のHOMOエネルギーレベルの絶対値(5.4 eV)との差は、1.5 eV以内である。また、電子注入層30bのLUMOエネルギーレベル(仕事関数)の絶対値は、電子引き抜き層30aのLUMOエネルギーレベルの絶対値よりも小さく、電子輸送層30cのLUMOエネルギーレベルの絶対値は、電子注入層30bのLUMOエネルギーレベルの絶対値よりも小さい。

【0060】

従って、電子引き抜き層30aは、陽極及び陰極に電圧が印加された際、隣接層40から電子を引き抜くことができる。引き抜かれた電子は、電子注入層30b及び電子輸送層30cを通り、第2の発光ユニット42に供給される。

40

【0061】

また、隣接層40においては、電子が引き抜かれるのでホールが発生する。このホールは、第1の発光ユニットに供給され、陰極または隣接する中間ユニットから供給された電子と再結合する。この結果、第1の発光ユニット内で発光する。

【0062】

第2の発光ユニットに供給された電子は、陽極または隣接する中間ユニットから供給されたホールと第2の発光ユニット42内で再結合する。この結果、第2の発光ユニット42内で発光する。

50

【 0 0 6 3 】

以上のように、本発明によれば、第 1 の発光ユニット内及び第 2 の発光ユニット内で、それぞれ再結合領域を形成することができ、発光させることができる。この結果、発光効率を高めることができるとともに、第 1 の発光ユニット及び第 2 の発光ユニットの発光色で発光させることができる。

【 0 0 6 4 】

< 実験 1 >

表 1 に示す陽極、ホール注入層、第 2 の発光ユニット、中間ユニット、第 1 の発光ユニット、電子輸送層、及び陰極を有する有機 EL 素子を作製した。以下の表において、() 内の数字は、各層の膜厚 (nm) を示している。中間ユニットにおいて、BCP から形成されている電子輸送層の膜厚 X は、表 2 に示すように 70 nm から 500 nm の間で変化させた。

10

【 0 0 6 5 】

陽極は、ITO (インジウム錫酸化物) 膜が形成されたガラス基板の上に、フロオロカーボン (CF_x) 層を形成することにより作製した。フロオロカーボン層は、 CHF_3 ガスのプラズマ重合により形成した。フロオロカーボン層の厚みは 1 nm とした。

【 0 0 6 6 】

以上のようにして作製した陽極の上に、ホール注入層、第 2 の発光ユニット、中間ユニット、第 1 の発光ユニット、電子輸送層、及び陰極を蒸着法により順次堆積して形成した。

20

【 0 0 6 7 】

ホール注入層は、HAT-CN6 から形成されている。

【 0 0 6 8 】

中間ユニットは、電子注入層を Li_2O から形成する以外は、図 2 に示す中間ユニット 30 と同様にして形成している。

【 0 0 6 9 】

第 1 の発光ユニット及び第 2 の発光ユニットは、オレンジ色発光層 (90%NPB + 10%tBuDPN + 3.0%DBzR) 及び青色発光層 (80%TBADN + 20%NPB + 2.5%TBP) を積層して形成している。いずれの発光ユニットにおいても、オレンジ色発光層が陽極側に位置し、青色発光層が陰極側に位置している。なお、%は特に断らない限り重量%である。

30

【 0 0 7 0 】

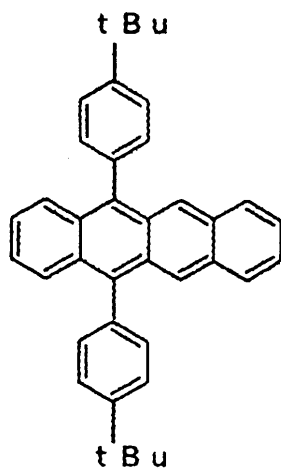
オレンジ色発光層においては、90%NPB + 10%tBuDPN をホスト材料として用い、DBzR をドーパント材料として用いている。

【 0 0 7 1 】

tBuDPN は、5,12-ビス(4-ターシャリー-ブチルフェニル)ナフタセンであり、以下の構造を有している。

【 0 0 7 2 】

【化 7】

**t B u D P N**

10

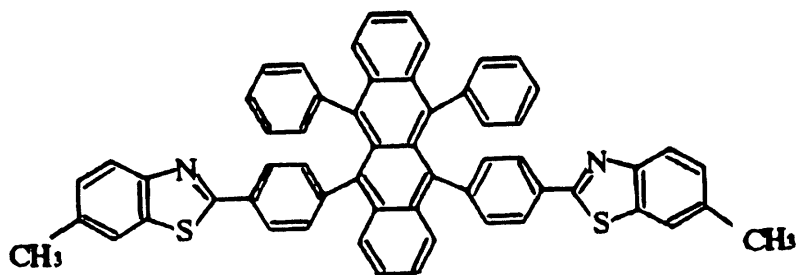
【 0 0 7 3 】

DBzRは、5, 12 - ビス { 4 - (6 - メチルベンゾチアゾール - 2 - イル) フェニル } - 6, 11 - ジフェニルナフタセンであり、以下の構造を有している。

20

【 0 0 7 4 】

【化 8】

**D B z R**

30

【 0 0 7 5 】

青色発光層は、80%TBADN + 20%NPBをホスト材料として用いており、TBPをドーパント材料として用いている。

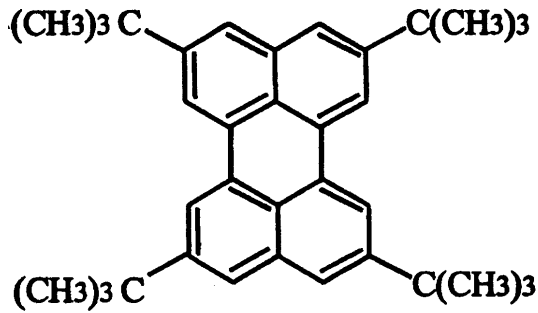
【 0 0 7 6 】

TBPは、2, 5, 8, 11 - テトラ - ターシャリー - ブチルペリレンであり、以下の構造を有している。

【 0 0 7 7 】

40

【化 9】



TBP

10

【 0 0 7 8 】

【表 1】

陽極	ホール 注入層	第 2 の発光ユニット		中間ユニット	第 1 の発光ユニット		電子 輸送層	陰極
ITO /CFx	HAT -CN6 (50)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (X) /Li ₂ O (0.2) /HAT-CN6 (50)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12)	LiF (1) /Al (200)

20

【 0 0 7 9 】

作製した各有機 EL 素子について、発光効率を測定し、測定結果を駆動電圧とともに表 2 に示した。なお、発光効率は、 $20 \text{ mA} / \text{cm}^2$ における値である。

【 0 0 8 0 】

【表 2】

陰極側 電子輸送層の 膜厚 (nm)	中間ユニットの 電子輸送層の 膜厚 (nm)	電子輸送層の 膜厚の比 (中間ユニット/陰極側)	発光 効率 (cd/A)	発光 効率 の比 (%)	駆動 電圧 (V)
12	7	0.6	22.8	93	7.9
12	12	1.0	24.1	100	7.2
12	17	1.4	29.5	122	7.8
12	22	1.8	30.5	127	7.7
12	32	2.7	26.4	110	7.8
12	40	3.3	24.4	101	8.2
12	50	4.2	19.1	79	8.5

30

40

【 0 0 8 1 】

表 2 に示す結果から明らかなように、中間ユニットの電子輸送層の膜厚を $17 \text{ nm} \sim 40 \text{ nm}$ とし、陰極側の電子輸送層よりも厚くした場合、陰極側の電子輸送層の膜厚と同じ 120 nm とした場合に比べ発光効率が向上することがわかる。これは、中間ユニットの電子輸送層の膜厚を厚くすることにより、陰極側から離れた第 2 の発光ユニットにおける電子の注入が促進され、この結果第 1 の発光ユニットと第 2 の発光ユニットにおいて電子

50

の注入がほぼ同程度となり、第1の発光ユニット及び第2の発光ユニットの発光強度が均一に近づき、全体として発光効率が高くなったことによるものと思われる。

【0082】

中間ユニットの電子輸送層の膜厚を50nmとした場合には、発光効率が低下している。これは、電子輸送層の膜厚が厚くなりすぎたために、電子の注入に障害が生じ、これによって発光効率が低下したことによると思われる。

【0083】

また中間ユニットの電子輸送層の膜厚を7nmとし、陰極側の電子輸送層の膜厚よりも薄くした場合には、発光効率が低下していることがわかる。

【0084】

以上のことから、本発明に従い、各電子輸送層の膜厚が、陰極から遠ざかるにつれて厚くなるように設定し、かつ40nm以下となるように設定することにより、良好な発光効率が得られることがわかる。

【0085】

<実験2>

表3に示す陽極、ホール注入層、第3の発光ユニット、第2の中間ユニット、第2の発光ユニット、第1の中間ユニット、第1の発光ユニット、電子輸送層、及び陰極を有する有機EL素子を作製した。以下の表において、()内の厚みは、各層の厚み(nm)を示している。

【0086】

第1の中間ユニット及び第2の中間ユニットについては、第1の中間ユニットの電子輸送層の膜厚X及び第2の中間ユニットの電子輸送層の膜厚Yを、表4に示すように変化させる以外は、実験1と同様にして形成している。

【0087】

また、第1～第3の発光ユニットも、実験1における発光ユニットと同様にして形成している。また、陽極、ホール注入層、電子輸送層、及び陰極も、実験1と同様にして形成している。

【0088】

作製した有機EL素子について、発光効率を測定し、測定結果を表4に示した。

【0089】

【表3】

陽極	ホール 注入層	第3の発光ユニット		第2の 中間ユニット	第2の発光ユニット		第1の 中間ユニット
ITO /CFx	HAT -CN6 (50)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (Y) /Li ₂ O (0.2) /HAT-CN6 (50)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (X) /Li ₂ O (0.2) /HAT-CN6 (50)

第1の発光ユニット		電子 輸送層	陰極
90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12)	LiF (1) /Al (200)

【0090】

10

20

30

40

【表 4】

陰極側 電子輸送層の 膜厚 (nm)	第 1 の 中間ユニットの 電子輸送層の 膜厚 X (nm)	第 2 の 中間ユニットの 電子輸送層の 膜厚 Y (nm)	電子輸送層の 膜厚の比 (第 1 の中間ユニット /陰極側)	電子輸送層の 膜厚の比 (第 2 の中間ユニット /陰極側)	発光 効率 (cd/A)	駆動 電圧 (V)
12	12	12	1.00	1.00	57.1	11.2
12	14	18	1.17	1.50	65	11.3

10

【0091】

表 4 に示すように、第 1 の中間ユニットの電子輸送層の膜厚を陰極側の電子輸送層の膜厚よりも厚くし、かつ第 2 の中間ユニットの電子輸送層の膜厚を第 1 の中間ユニットの電子輸送層の膜厚よりも厚くすることにより、高い発光効率が得られることがわかる。

【0092】

< 実験 3 >

表 5 に示す陽極、ホール注入層、第 4 の発光ユニット、第 3 の中間ユニット、第 3 の発光ユニット、第 2 の中間ユニット、第 2 の発光ユニット、第 1 の中間ユニット、第 1 の発光ユニット、電子輸送層、及び陰極を有する有機 EL 素子を作製した。

20

【0093】

第 1 の中間ユニットの電子輸送層の膜厚 X、第 2 の中間ユニットの電子輸送層の膜厚 Y、及び第 3 の中間ユニットの電子輸送層の膜厚 Z を、表 6 に示すような値に設定する以外は、実験 1 の中間ユニットと同様にして形成した。

【0094】

第 1 ～ 第 4 の発光ユニットは、実験 1 の発光ユニットと同様にして形成した。また、陽極、ホール注入層、電子輸送層、及び陰極は、実験 1 と同様にして形成している。

【0095】

作製した各有機 EL 素子について発光効率を測定し、発光効率を駆動電圧とともに表 6 に示す。

30

【0096】

【表 5】

陽極	ホール 注入層	第 4 の発光ユニット		第 3 の 中間ユニット	第 3 の発光ユニット		第 2 の 中間ユニット
ITO /CFx	HAT -CN6 (20)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (Z) /Li ₂ O (0.2) /HAT-CN6 (20)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (Y) /Li ₂ O (0.2) /HAT-CN6 (20)

第 2 の発光ユニット		第 1 の 中間ユニット	第 1 の発光ユニット		電子 輸送層	陰極
90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (X) /Li ₂ O (0.2) /HAT-CN6 (20)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12)	LiF (1) /Al (200)

40

【0097】

【表 6】

陰極側 電子輸送層の 膜厚 (nm)	第 1 の 中間ユニットの 電子輸送層の 膜厚 X (nm)	第 2 の 中間ユニットの 電子輸送層の 膜厚 Y (nm)	第 3 の 中間ユニットの 電子輸送層の 膜厚 Z (nm)	発光 効率 (cd/A)	駆動 電圧 (V)
12	12	12	12	75.3	17.6
12	14	16	18	79.2	17.5

10

【0098】

表 6 に示す結果から明らかなように、第 1 の中間ユニットの電子輸送層の膜厚を、陰極側の電子輸送層の膜厚よりも厚くし、第 2 の中間ユニットの電子輸送層の膜厚を第 1 の中間ユニットの電子輸送層の膜厚よりも厚くし、第 3 の中間ユニットの電子輸送層の膜厚を、第 2 の中間ユニットの電子輸送層の膜厚よりも厚くすることにより、高い発光効率が得られている。

【0099】

< 実験 4 >

20

本実験では、ホール注入層及び電子引き抜き層の厚みを変化させた。

【0100】

表 7 に示す陽極、ホール注入層、第 2 の発光ユニット、中間ユニット、第 1 の発光ユニット、電子輸送層及び陰極を有する有機 EL 素子を作製した。

【0101】

中間ユニットの電子引き抜き層の膜厚 Y を、表 8 に示すように 10 nm ~ 110 nm の範囲で変化させ、中間ユニットの電子輸送層の膜厚を陰極側の電子輸送層の膜厚と同じ 12 nm とする以外は、実験 1 と同様にして各層を形成した。

【0102】

作製した各有機 EL 素子について、発光効率を測定し、発光効率を駆動電圧とともに表 8 に示した。

30

【0103】

【表 7】

陽極	ホール 注入層	第 2 の発光ユニット		中間ユニット	第 1 の発光ユニット		電子 輸送層	陰極
ITO /CFx	HAT -CN6 (X)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12) /Li ₂ O (0.2) /HAT-CN6 (Y)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12)	LiF (1) /Al (200)

40

【0104】

【表 8】

陽極側 ホール注入層の 膜厚 X (nm)	中間ユニットの 電子引き抜き層 の膜厚 Y (nm)	発光 効率 (cd/A)	発光 効率 の比 (%)	駆動 電圧 (V)
50	10	18.6	77	7.7
50	50	24.1	100	7.2
50	70	26.5	110	7.7
50	100	24.8	103	8.1
50	110	19.2	80	8.6

10

【0105】

表 8 に示す結果から明らかなように、中間ユニットの電子引き抜き層の膜厚を、陰極側のホール注入層の膜厚よりも厚い 70 nm ~ 100 nm 範囲内とすることにより、ホール注入層の膜厚と同じ 50 nm とした場合よりも、高い発光効率を得られることがわかる。電子引き抜き層の膜厚を 110 nm とすると、発光効率が低下することがわかる。これは、電子引き抜き層の厚みが厚くなりすぎると、ホールの移動に障害が生じるためであると考えられる。また、電子引き抜き層の膜厚をホール注入層の膜厚よりも薄くしすぎると、発光効率が低下することがわかる。

20

【0106】

< 実験 5 >

本実験では、発光ユニットを 3 つにし、中間ユニットにおける電子引き抜き層の膜厚を変化させた。

【0107】

表 9 に示す、陽極、ホール注入層、第 3 の発光ユニット、第 2 の中間ユニット、第 2 の発光ユニット、第 1 の中間ユニット、第 1 の発光ユニット、電子輸送層、及び陰極を有する有機 EL 素子を作製した。

30

【0108】

第 1 の発光ユニットの電子引き抜き層の膜厚 Z 及び第 2 の中間ユニットの電子引き抜き層の膜厚 Y を、表 10 に示すように変化させた。それ以外は、実験 1 と同様にして陽極、ホール注入層、各発光ユニット、各中間ユニット、電子輸送層、及び陰極を形成した。

【0109】

作製した各有機 EL 素子について、発光効率を測定し、駆動電圧とともに測定結果を表 10 に示した。

40

【0110】

【表 9】

陽極	ホール注入層	第 3 の発光ユニット		第 2 の中間ユニット	第 2 の発光ユニット		第 1 の中間ユニット
ITO /CFx	HAT-CN6 (X)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12) /Li ₂ O (0.2) /HAT-CN6 (Y)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12) /Li ₂ O (0.2) /HAT-CN6 (Z)

第 1 の発光ユニット		電子輸送層	陰極
90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (12)	LiF (1) /Al (200)

10

【 0 1 1 1 】

【表 10】

陽極側 ホール注入層の 膜厚 X (nm)	第 1 の 中間ユニットの 電子引き抜き層の 膜厚 Y (nm)	第 2 の 中間ユニットの 電子引き抜き層の 膜厚 Z (nm)	発光 効率 (cd/A)	駆動 電圧 (V)
50	50	50	57.1	11.2
50	60	70	61.2	11.7

20

【 0 1 1 2 】

表 10 に示す結果から明かなように、第 1 の中間ユニットの電子引き抜き層の膜厚を陽極側のホール注入層の膜厚よりも厚くし、第 2 の中間ユニットの電子引き抜き層の膜厚を第 1 の中間ユニットの電子引き抜き層の膜厚よりも厚くすることにより、高い発光効率が得られている。

30

【 0 1 1 3 】

< 実験 6 >

本実験においては、中間ユニットの電子引き抜き層及び電子輸送層の両方を変化させた。

【 0 1 1 4 】

表 11 に示す、陽極、ホール注入層、第 2 の発光ユニット、中間ユニット、第 1 の発光ユニット、電子輸送層及び陰極を有する有機 EL 素子を作製した。

40

【 0 1 1 5 】

中間ユニットの電子輸送層の膜厚 Z 及び電子引き抜き層の膜厚 Y を、表 12 に示すように変化させた。それ以外は、実験 1 と同様にして、陽極、ホール注入層、各発光ユニット、中間ユニット、電子輸送層、及び陰極を形成した。

【 0 1 1 6 】

作製した各有機 EL 素子について、発光効率を測定し、測定結果を駆動電圧とともに表 12 に示した。

【 0 1 1 7 】

【表 1 1】

陽極	ホール 注入層	第 2 の発光ユニット		中間ユニット	第 1 の発光ユニット		電子 輸送層	陰極
ITO /CFx	HAT -CN6 (X)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (Z) /Li ₂ O (0.2) /HAT-CN6 (Y)	90%NPB +10%tBuDPN +3.0%DBzR (50)	80%TBADN +20%NPB +2.5%TBP (50)	BCP (W)	LiF (1) /Al (200)

【 0 1 1 8 】

10

【表 1 2】

陽極側 ホール注入層の 膜厚 X (nm)	中間ユニットの 電子引き抜き層の 膜厚 Y (nm)	陰極側 電子輸送層の 膜厚 W (nm)	中間ユニットの 電子輸送層の 膜厚 Z (nm)	発光 効率 (cd/A)	発光 効率 の比 (%)	駆動 電圧 (V)
50	10	12	7	18.8	78	7.8
50	50	12	12	24.1	100	7.2
50	70	12	17	30.2	125	7.6

20

【 0 1 1 9 】

表 1 2 に示すように、中間ユニットの電子輸送層の膜厚を陰極側の電子輸送層の膜厚よりも厚くし、かつ中間ユニットの電子引き抜き層の膜厚を陽極側のホール注入層の膜厚よりも厚くすることにより、高い発光効率が得られている。また、中間ユニットの電子輸送層の膜厚を陰極側の電子輸送層の膜厚よりも薄くし、中間ユニットの電子引き抜き層の膜厚を陽極側のホール注入層の膜厚よりも薄くすることにより、発光効率が低下していることがわかる。

【 0 1 2 0 】

表 2 において中間ユニットの電子輸送層の膜厚を 17 nm とした場合（発光効率 29.5 cd/A）、及び表 8 において中間ユニットのホール注入層の膜厚を 70 nm とした場合（26.5 cd/A）に比べ、発光効率が 30.2 cd/A とより高くなっている。このことから、中間ユニットにおいて、電子輸送層及びホール注入層のいずれの膜厚をも本発明に従い厚くすることにより、発光効率をより一層高め得ることがわかる。

30

【 0 1 2 1 】

図 3 は、本発明に従う実施例の有機 EL 素子を備えた有機 EL 表示装置を示す断面図である。この有機 EL 表示装置においては、能動素子として TFT を用いて各画素における発光を駆動している。なお、能動素子としてダイオードなども用いることができる。また、この有機 EL 素子においては、カラーフィルターが設けられている。この有機 EL 表示装置は、矢印で示しているように基板 1 の下方に光を出射して表示するボトムエミッション型の表示装置である。

40

【 0 1 2 2 】

図 3 を参照して、ガラスなどの透明基板からなる基板 1 の上には、第 1 の絶縁層 2 が設けられている。第 1 の絶縁層 2 は、例えば SiO₂ 及び SiN_x などから形成されている。第 1 の絶縁層 2 の上には、ポリシリコン層からなるチャネル領域 20 が形成されている。チャネル領域 20 の上には、ドレイン電極 21 及びソース電極 23 が形成されており、またドレイン電極 21 とソース電極 23 の間には、第 2 の絶縁層 3 を介してゲート電極 22 が設けられている。ゲート電極 22 の上には、第 4 の絶縁層 4 が設けられている。第 2 の絶縁層 3 は、例えば SiN_x 及び SiO₂ から形成されており、第 3 の絶縁層 4 は、SiO₂ 及び SiN_x から形成されている。

50

【 0 1 2 3 】

第3の絶縁層4の上には、第4の絶縁層5が形成されている。第4の絶縁層5は、例えば、 SiN_x から形成されている。第4の絶縁層5の上の画素領域の部分には、カラーフィルター層7が設けられている。カラーフィルター層7としては、R（赤）、G（緑）、またB（青）などのカラーフィルターが設けられる。カラーフィルター層7の上には、第1の平坦化膜6が設けられている。ドレイン電極21の上方の第1の平坦化膜6にはスルーホール部が形成され、第1の平坦化膜6の上に形成されているITO（インジウムスズ酸化物）からなるホール注入電極8がスルーホール部内に導入されている。画素領域におけるホール注入電極（陽極）8の上には、ホール注入層10が形成されている。画素領域以外の部分においては、第2の平坦化膜9が形成されている。

10

【 0 1 2 4 】

ホール注入層10の上には、本発明に従い積層した白色発光の発光素子層11が設けられている。発光素子層11は、第2の発光ユニットの上に中間ユニットを介して第1の発光ユニットを積層した本発明に従う構造を有している。発光素子層11の上には、電子輸送層12が設けられ、電子輸送層12の上には、電子注入電極（陰極）13が設けられている。

【 0 1 2 5 】

以上のように、本実施例の有機EL素子においては、画素領域の上に、ホール注入電極（陽極）8と、ホール注入層10と、本発明に従う構造を有する発光素子層11と、電子輸送層12と、電子注入電極（陰極）13とが積層されて有機EL素子が構成されている。

20

【 0 1 2 6 】

発光素子層11からは白色の発光がなされる。この白色の発光は、基板1を通り外部に出射するが、発光側にカラーフィルター層7が設けられているので、カラーフィルター層7の色に応じて、R、GまたはBの色が出射される。

【 0 1 2 7 】

図4は本発明に従う実施例の有機EL表示装置を示す断面図である。本実施例の有機EL表示装置は、矢印で図示しているように基板1の上方に光を出射して表示するトップエミッション型の有機EL表示装置である。

【 0 1 2 8 】

基板1から陽極8までの部分は、図3に示す実施例とほぼ同様にして作製されている。但し、カラーフィルター層7は、第4の絶縁層5の上に設けられておらず、有機EL素子の上方に配置されている。具体的には、ガラスなどからなる透明な封止基板10の上にカラーフィルター層7を取り付け、この上にオーバーコート層15をコーティングし、これを透明接着剤層14を介して陽極8の上に貼り付けることにより取り付けられている。また、本実施例では、陽極と陰極の位置を図3に示す実施例とは逆にしている。

30

【 0 1 2 9 】

陽極8として、透明な電極が形成されており、例えば、膜厚100nm程度のITOと膜厚20nm程度の銀とを積層することにより形成されている。陰極13としては、反射電極が形成されており、例えば、膜厚100nm程度のアルミニウム、クロム、または銀の薄膜が形成されている。オーバーコート層15は、アクリル樹脂などにより厚み1 μm 程度に形成されている。カラーフィルター層7は、顔料タイプのものであってもよいし染料タイプのものであってもよい。その厚みは1 μm 程度である。

40

【 0 1 3 0 】

発光素子層11から発光された白色光は、封止基板16を通り外部に出射されるが、発光側にカラーフィルター層7が設けられているので、カラーフィルター層7の色に応じてR、GまたはBの色が出射される。本実施例の有機EL表示装置はトップエミッション型であるので、薄膜トランジスタが設けられている領域も画素領域として用いることができ、図3に示す実施例よりも広い範囲にカラーフィルター層7が設けられている。発光素子層11は本発明に従う有機EL素子から形成されており、発光効率の高い発光素子層であ

50

るが、本実施例によればより広い領域を画素領域として用いることができるので、発光効率の高い発光素子層の利点を十分に活用することができる。また、複数の発光ユニットを有する発光素子層の形成も、アクティブマトリックスによる影響を考慮せずに行うことができるので、設計の自由度を高めることができる。

【 0 1 3 1 】

上記実施例では、封止基板としてガラス板を用いているが、本発明において封止基板はガラス板に限定されるものではなく、例えば、 SiO_2 などの酸化膜や SiN_x などの窒化膜などの膜状のものも封止基板として用いることができる。この場合、素子上に膜状の封止基板を直接形成できるので、透明接着剤層を設ける必要がなくなる。

【図面の簡単な説明】

10

【 0 1 3 2 】

【図 1】本発明に従う一実施例の有機 EL 素子を示す模式的断面図。

【図 2】中間ユニット周辺のエネルギーダイアグラムを示す図。

【図 3】本発明に従う有機 EL 素子を用いたボトムエミッション型の有機 EL 表示装置を示す断面図。

【図 4】本発明に従う実施例の有機 EL 表示装置を示す断面図。

【符号の説明】

【 0 1 3 3 】

- 1 ... 基板
- 2 ... 第 1 の絶縁層
- 3 ... 第 2 の絶縁層
- 4 ... 第 3 の絶縁層
- 5 ... 第 4 の絶縁層
- 6 ... 第 1 の平坦化膜
- 7 ... カラーフィルター層
- 8 ... ホール注入電極
- 9 ... 第 2 の平坦化膜
- 10 ... ホール注入層
- 11 ... 発光素子層
- 12 ... 電子輸送層
- 13 ... 電子注入電極
- 14 ... 透明接着剤層
- 15 ... オーバーコート層
- 16 ... 封止基板
- 20 ... チャネル領域
- 21 ... ドレイン電極
- 22 ... ゲート電極
- 23 ... ソース電極
- 30 ... 第 1 の中間ユニット
- 30a ... 電子引き抜き層
- 30b ... 電子注入層
- 30c ... 電子輸送層
- 31 ... 第 2 の中間ユニット
- 31a ... 電子引き抜き層
- 31b ... 電子注入層
- 31c ... 電子輸送層
- 40 ... 隣接層
- 41 ... 第 1 の発光ユニット
- 42 ... 第 2 の発光ユニット
- 43 ... 第 3 の発光ユニット

20

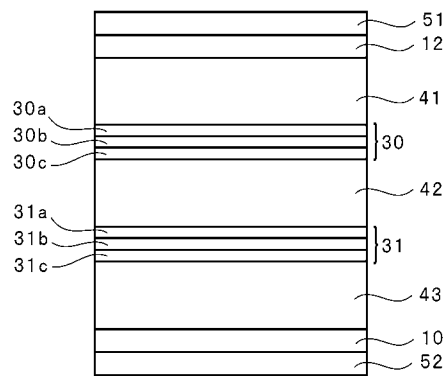
30

40

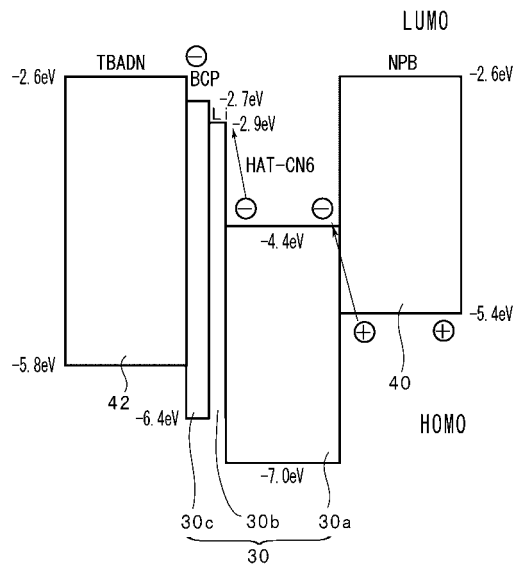
50

5 1 ... 陰極
5 2 ... 陽極

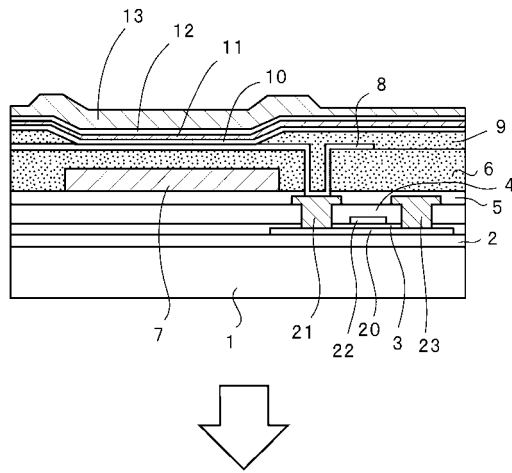
【図 1】



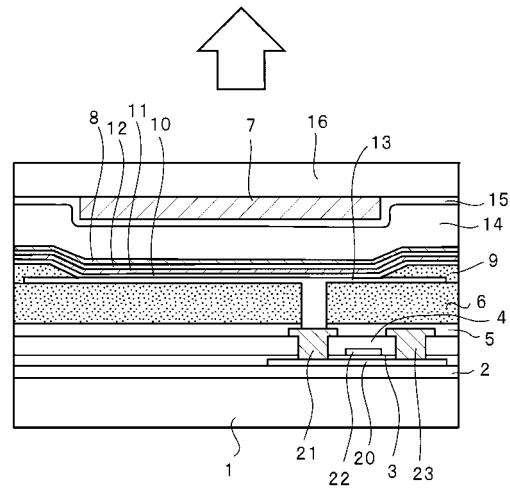
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 9 F 9/30 3 6 5 Z

(72)発明者 井寄 将博
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

(72)発明者 浜田 祐次
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

審査官 本田 博幸

(56)参考文献 特開2003-272860(JP,A)
特開2003-317971(JP,A)
特開2004-039617(JP,A)
特開2004-179142(JP,A)
特開2006-173550(JP,A)
特表2007-533073(JP,A)
国際公開第2004/054326(WO,A1)
国際公開第2004/060027(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 1 L 5 1 / 5 0
H 0 1 L 2 7 / 3 2
H 0 5 B 3 3 / 1 2
G 0 9 F 9 / 3 0

专利名称(译)	有机电致发光器件和有机电致发光显示器件		
公开(公告)号	JP4578215B2	公开(公告)日	2010-11-10
申请号	JP2004347296	申请日	2004-11-30
[标]申请(专利权)人(译)	三洋电机株式会社		
申请(专利权)人(译)	三洋电机株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	三洋电机株式会社		
[标]发明人	橋本治寿 西村和樹 井寄将博 浜田祐次		
发明人	橋本 治寿 西村 和樹 井寄 将博 浜田 祐次		
IPC分类号	H01L51/50 H05B33/12 G09F9/30 H01L27/32		
CPC分类号	H01L51/5278		
FI分类号	H05B33/22.B H05B33/22.D H05B33/12.C H05B33/12.E H05B33/14.A G09F9/30.365.Z C09K11/06.690 G09F9/30.365 H01L27/32		
F-TERM分类号	3K007/AB03 3K007/AB04 3K007/BB06 3K007/DB03 3K107/AA01 3K107/BB01 3K107/BB02 3K107/CC04 3K107/CC09 3K107/DD03 3K107/DD51 3K107/DD52 3K107/DD71 3K107/DD72 3K107/DD74 3K107/DD75 3K107/DD78 3K107/EE03 3K107/EE22 3K107/FF15 3K107/FF19 5C094/AA10 5C094/BA03 5C094/BA07 5C094/BA27 5C094/CA24 5C094/DA13 5C094/ED03 5C094/FA02 5C094/FB01 5C094/JA08		
审查员(译)	本田博之		
其他公开文献	JP2006156828A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提高通过层叠多个发光单元获得的有机电致发光元件的发光效率。解决方案：有机电致发光元件具有阴极，阳极，插入阴极和阳极之间的多个发光单元，以及插入发光单元之间的中间单元。每个中间单元具有设置在阳极侧的电子传输层，并且具有设置在阴极侧的电子引出层。而且，每个中间单元馈送由其电子引出层产生的空穴，将电子从其相邻层引出到存在于阴极侧的发光单元。此外，每个中间单元通过其电子传输层将拉出的电子馈送到存在于阳极侧的发光单元。此外，电子传输层也介于阴极和最接近阴极的发光单元之间。此外，每个电子传输层的设置使得它与阴极分离的远程电极，其膜厚度变得越大，并且其膜厚度不大于40nm。Z

