

(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2005-293980

(P2005-293980A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005. 10. 20)

(51) Int.Cl.⁷

H05B 33/22

H05B 33/14

F I

H05B 33/22

A

H05B 33/14

A

テーマコード (参考)

3K007

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2004-106154 (P2004-106154)

(22) 出願日 平成16年3月31日 (2004. 3. 31)

(71) 出願人 501231510

城戸 淳二

山形県米沢市林泉寺3-12-16

(71) 出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(74) 代理人 100117226

弁理士 吉村 俊一

(72) 発明者 城戸 淳二

山形県米沢市林泉寺3-12-16

(72) 発明者 青木 大吾

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

Fターム(参考) 3K007 AB03 CB04 DB03

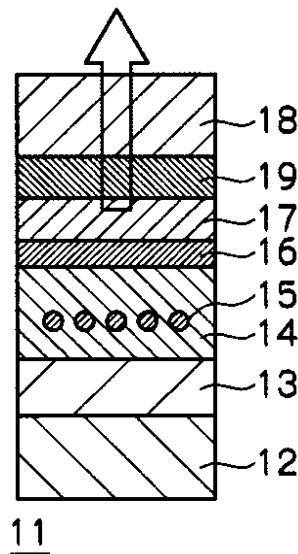
(54) 【発明の名称】 発光トランジスタ

(57) 【要約】

【課題】 ゲート電極による光の遮蔽の問題と電界の遮蔽の問題を回避できる、有機EL素子構造と縦型FET構造とを有する静電誘導型の発光トランジスタを提供する。

【解決手段】 基板12上に、ソース電極13、スリット状のゲート電極15が埋め込まれた正孔輸送層14、等電位層16、発光層17、透明又は半透明のドレイン電極18がこの順に設けられた縦型FET構造の発光トランジスタ11により、上記課題を解決した。この発光トランジスタは、発光層17からみてゲート電極15の反対側に配置されたドレイン電極18が透明又は半透明であるので、発光層17で生じた光をドレイン電極側から取り出すことができる。発光層17とドレイン電極18との間には電子輸送層19を設けることができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ソース電極と、ドレイン電極と、当該ソース電極とドレイン電極との間に設けられた電荷輸送層及び発光層と、当該電荷輸送層中に設けられたゲート電極とを有する発光トランジスタにおいて、前記ゲート電極と発光層との間に等電位層を有することを特徴とする発光トランジスタ。

【請求項 2】

前記発光層からみて前記ゲート電極の反対側に配置されたソース電極又はドレイン電極が、透明又は半透明であることを特徴とする請求項 1 に記載の発光トランジスタ。

【請求項 3】

前記等電位層が前記発光層及び前記電荷輸送層よりも比抵抗が小さいことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の発光トランジスタ。

【請求項 4】

前記等電位層が光を反射する金属層であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の発光トランジスタ。

【請求項 5】

前記等電位層が電荷移動錯体化合物層であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の発光トランジスタ。

【請求項 6】

前記等電位層と前記発光層との間に電荷注入層を有することを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の発光トランジスタ。

【請求項 7】

前記ソース電極又はドレイン電極と前記電荷輸送層との間に、電荷注入層を有することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の発光トランジスタ。

【請求項 8】

前記ゲート電極が設けられる電荷輸送層が正孔輸送層であり、前記ドレイン電極が透明又は半透明であることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の発光トランジスタ。

【請求項 9】

少なくとも前記電荷輸送層及び前記発光層が有機物を主成分とする層であることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の発光トランジスタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光トランジスタに関し、更に詳しくは、有機 EL 素子構造と縦型 FET 構造とを有する静電誘導型の発光トランジスタに関するものである。

【背景技術】

【0002】

有機 EL (Organic Electroluminescence) 素子は、素子構造が単純で、薄型・軽量・大面積・低コストな次世代ディスプレイの発光素子として期待されており、近年その研究が盛んに行われている。

【0003】

有機 EL 素子を駆動するための駆動方式としては、薄膜トランジスタ (TFET: Thin Film Transistor) を用いたアクティブマトリックス方式の電界効果型トランジスタ (FET: Field Effect Transistor) が動作速度や消費電力の点で有効と考えられている。一方、薄膜トランジスタを構成する半導体材料については、シリコン半導体や化合物半導体等の無機半導体材料についての研究のほか、近年、有機半導体材料を用いた有機薄膜トランジスタ (有機 TFET) についての研究が盛んに行われている。こうした有機半導体材料は次世代の半導体材料として期待されているが、無機半導体材料に比べて電荷移動度が低く抵抗が高いという問題点がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

一方、電界効果型トランジスタについて、その構造を縦型にした縦型 F E T 構造の静電誘導型トランジスタ (S I T : Static Induction Transistor) は、トランジスタのチャネル長を短くできること、表面の電極全体を有効利用できるために高速応答や大電力化が可能となること、さらに、界面の影響が受け難くなること等のメリットがある。

【 0 0 0 5 】

近年、静電誘導型トランジスタ (S I T) が備える前記の特長を活かし、この S I T 構造と有機 E L 素子構造とを複合させた発光トランジスタの開発が検討されている (例えば、特許文献 1 及び非特許文献 1 を参照) 。図 6 は、S I T 構造と有機 E L 素子構造とを複合させた発光トランジスタの一例を示す断面構成図である。この発光トランジスタ 1 0 1 は、図 6 に示すように、ガラス基板 1 0 2 上に、透明導電膜からなるソース電極 1 0 3 、スリット状のゲート電極 1 0 5 が埋め込まれた正孔輸送層 1 0 4 、発光層 1 0 6 、ドレイン電極 1 0 7 がこの順に設けられた縦型 F E T 構造をなしている。この複合型の発光トランジスタ 1 0 1 は、正孔輸送層 1 0 4 の内部にスリット状のショットキーゲート電極 1 0 5 を埋め込んだ構造であり、正孔輸送層 1 0 4 とゲート電極 1 0 5 とがショットキー接合し、これにより正孔輸送層 1 0 4 に空乏層が形成される。この空乏層の広がりゲート電圧によって変化するので、そのゲート電圧を変化させることによってチャネル長を制御し、ソース電極 1 0 3 とドレイン電極 1 0 7 との間の電流値を変化させることによりスイッチングを行う。

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 3 2 4 2 0 3 号公報 (請求項 1)

【非特許文献 1】工藤一浩、「有機トランジスタの現状と将来展望」、応用物理、第 7 2 巻、第 9 号、第 1 1 5 1 頁 ~ 第 1 1 5 6 頁 (2 0 0 3 年)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、上述した特許文献 1 及び非特許文献 1 に記載の S I T 構造と有機 E L 素子構造とを複合化させた発光トランジスタは、発光層で発光した光が不透明なゲート電極によって遮蔽されてしまい、光の取り出し効率が低下してしまうという問題があった。

【 0 0 0 7 】

こうした問題に対し、図 6 に示す発光トランジスタ 1 0 1 においては、ゲート電極 1 0 5 を透明又は半透明にして光の遮蔽を防いだり、図 7 に示す発光トランジスタ 1 1 1 のように、スリット状のゲート電極 1 0 5 を電子輸送層 1 0 8 中に設けたりすることにより、発光層 1 0 6 で発光した光が不透明なゲート電極 1 0 5 で遮蔽されるのを防ぐことが検討されている。

【 0 0 0 8 】

しかしながら、これらの方法は、光がゲート電極 1 0 5 で遮蔽されるという問題は生じないものの、ドレイン電極 1 0 3 とソース電極 1 0 7 との間に位置するゲート電極 1 0 5 により、電界が遮蔽されて発光層 1 0 6 に電界の影が生じるという問題があった。こうした電界の影は、発光層で発光する光の発光を局部的に低下させて発光効率を減少させ、その結果、光の取り出し効率を低下させるという問題があった。

【 0 0 0 9 】

本発明は、上記問題を解決するためになされたものであって、その目的は、ゲート電極による光の遮蔽の問題と電界の遮蔽の問題を回避できる、有機 E L 素子構造と縦型 F E T 構造とを有する静電誘導型の発光トランジスタを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

上記目的を達成するための本発明の発光トランジスタは、ソース電極と、ドレイン電極と、当該ソース電極とドレイン電極との間に設けられた電荷輸送層及び発光層と、当該電荷輸送層中に設けられたゲート電極とを有する発光トランジスタにおいて、前記ゲート電極と発光層との間に等電位層を有することを特徴とする。

【0011】

この発明によれば、有機EL素子構造と縦型FET構造とを有する静電誘導型の発光トランジスタにおいて、ゲート電極と発光層との間に等電位層を有するので、ソース電極とドレイン電極との間の電界がゲート電極で遮蔽されて発光層に電界影が生じるのを防ぐことができる。その結果、電界が発光層に均一に加わって発光層の各部で光が均一に発光するので、発光効率が高く光取り出し効率の高い発光トランジスタとなる。

【0012】

本発明の発光トランジスタは、上記本発明の発光トランジスタにおいて、前記発光層からみて前記ゲート電極の反対側に配置されたソース電極又はドレイン電極が、透明又は半透明であることを特徴とする。この発明によれば、発光層からみてゲート電極の反対側に透明又は半透明のソース電極又はドレイン電極が配置されているので、ゲート電極が設けられていない側が光取り出し側となる。その結果、発光層で発光した光は、ゲート電極で遮蔽されることなく、ゲート電極の反対側に配置された透明又は半透明のソース電極又はドレイン電極の側から高い光取り出し効率で取り出される。

10

【0013】

本発明の発光トランジスタは、上記本発明の発光トランジスタにおいて、前記等電位層が前記発光層及び前記電荷輸送層よりも比抵抗が小さいことを特徴とする。この発明によれば、等電位層が隣接する有機層（発光層及び電荷輸送層）よりも比抵抗が小さいので、この等電位層により、ソース電極とドレイン電極との間の電界がゲート電極で遮蔽されて発光層に電界影が生じるのを防ぐことができる。その結果、電界が発光層に均一に加わって発光層の各部で光が均一に発光することになるので、発光層の各部での発光効率を向上させることができる。

20

【0014】

本発明の発光トランジスタは、上記本発明の発光トランジスタにおいて、前記等電位層が光を反射する金属層であることを特徴とする。この発明によれば、等電位層が光を反射する金属層であるので、発光層で発光した光が等電位層で反射して発光層側に戻ることになる。そのため、発光層からみてゲート電極の反対側が光取り出し側になり、その側に配置されたソース電極又はドレイン電極を透明又は半透明とすることにより、光取り出し効率をより一層向上させることができる。

【0015】

本発明の発光トランジスタは、上記本発明の発光トランジスタにおいて、前記等電位層が電荷移動錯体化合物層であることを特徴とする。この発明によれば、電荷移動錯体化合物層が等電位層として作用するので、ソース電極とドレイン電極との間の電界がゲート電極で遮蔽されて電界影が生じるのを防ぐことができる。

30

【0016】

本発明の発光トランジスタは、上記本発明の発光トランジスタにおいて、前記等電位層と前記発光層との間に電荷注入層を有することを特徴とする。この発明によれば、等電位層と発光層との間に電荷注入層を有するので、発光層への電荷注入効率が高くなるという効果がある。

【0017】

本発明の発光トランジスタは、上記本発明の発光トランジスタにおいて、前記ソース電極又はドレイン電極と前記電荷輸送層との間に、電荷注入層を有することを特徴とする。この発明によれば、ソース電極又はドレイン電極と電荷輸送層との間に電荷注入層を有するので、ソース電極又はドレイン電極から電荷輸送層への電荷の注入を容易に行うことができる。

40

【0018】

本発明の発光トランジスタは、上記本発明の発光トランジスタにおいて、前記ゲート電極が設けられる電荷輸送層が正孔輸送層であり、前記ドレイン電極が透明又は半透明であることを特徴とする。この発明によれば、ゲート電極が設けられる電荷輸送層が正孔輸送層であり、ドレイン電極が透明又は半透明であるので、トップエミッション型の発光トラ

50

ンジスタとすることができる。

【 0 0 1 9 】

本発明の発光トランジスタは、上記本発明の発光トランジスタにおいて、少なくとも前記電荷輸送層及び前記発光層が有機物を主成分とする層であることを特徴とする。この発明によれば、少なくとも電荷輸送層及び発光層が有機物を主成分とする層であるので、多くの層を塗布や印刷で形成することができ、生産性に優れた低コストの発光トランジスタとすることができる。なお、「少なくとも」としたのは、上記本発明の発光トランジスタを構成する電荷注入層や等電位層も有機物を主成分とする層であることが望ましいことによる。

【 発明の効果 】

10

【 0 0 2 0 】

以上説明したように、有機 E L 素子構造と縦型 F E T 構造とを有する静電誘導型の本発明の発光トランジスタによれば、ソース電極とドレイン電極との間の電界がゲート電極で遮蔽されて発光層に電界影が発生するのを防ぐことができるので、電界が発光層に均一に加わって発光層の各部で均一に発光させることができる。その結果、本発明によれば、発光効率が高く光取り出し効率の高い発光トランジスタとすることができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 1 】

以下、本発明の発光トランジスタについて図面を参照しつつ説明する。

【 0 0 2 2 】

20

本発明の発光トランジスタは、有機 E L 素子構造と縦型 F E T 構造とを有する静電誘導型の発光トランジスタであって、ソース電極と、ドレイン電極と、ソース電極とドレイン電極との間に設けられた電荷輸送層及び発光層と、電荷輸送層中に設けられたゲート電極とを有し、ゲート電極と発光層との間に等電位層を有することに特徴を有している。この複合型の発光トランジスタは、電荷輸送層の内部にスリット状のショットキーゲート電極（三極管のグリッドに相当するもの）が埋め込まれた構造であり、電荷輸送層とゲート電極とがショットキー接合し、これにより電荷輸送層に空乏層が形成される。この空乏層の広がりにはゲート電極に印加されるゲート電圧によって変化するので、そのゲート電圧を変化させることによりチャネル長が制御され、ソース電極とドレイン電極との間の電流値（すなわちキャリアの流れ）を変化させることによりスイッチングが行われる。このゲート

30

【 0 0 2 3 】

図 1 は、本発明の発光トランジスタの第 1 実施形態を示す概略構成図である。図 1 に示す本発明の発光トランジスタ 1 1 は、基板 1 2 上に、ソース電極 1 3、スリット状のゲート電極 1 5 が埋め込まれた正孔輸送層 1 4、等電位層 1 6、発光層 1 7、透明又は半透明のドレイン電極 1 8 がこの順に設けられた縦型 F E T 構造をなしている。この第 1 実施形態に係る発光トランジスタ 1 1 はトップエミッション型の発光トランジスタであり、発光層 1 7 で生じた光はドレイン電極側から取り出される。なお、ゲート電極 1 5 が正孔輸送層 1 4 内に設けられて発光層 1 7 からみて基板 1 2 の側に設けられているトップエミッション型の発光トランジスタにおいては、発光層 1 7 とドレイン電極 1 8 との間に設けられ

40

【 0 0 2 4 】

図 2 は、本発明の発光トランジスタの第 2 実施形態を示す概略構成図である。図 2 に示す本発明の発光トランジスタ 2 1 は、透明な基板 1 2 上に、透明又は半透明のソース電極 1 3、正孔輸送層 1 4、発光層 1 7、等電位層 1 6、スリット状のゲート電極 1 5 が埋め込まれた電子輸送層 1 9、ドレイン電極 1 8 がこの順に設けられた縦型 F E T 構造をなしている。この第 2 実施形態に係る発光トランジスタ 2 1 はボトムエミッション型の発光トランジスタであり、発光層 1 7 で生じた光はソース電極側から取り出される。

【 0 0 2 5 】

50

なお、図 1 及び図 2 に示す断面構成図、及び後述する他の実施形態を示す断面構成図は、発光トランジスタの画素（一ピクセル）を示している。したがって、この画素毎に所定の発光色を発光する発光層を形成することにより、カラーディスプレイを形成することができる。

【0026】

（発光トランジスタの構成）

以下に、上記の第 1 実施形態及び第 2 実施形態を例として本発明の発光トランジスタを構成する各層及び各電極について説明する。

【0027】

< 基板 >

基板 12 は、有機 EL 素子の基板として一般的に用いられているもの、すなわち、有機 EL 素子を強度的に支持しているものであれば特に限定されず、各種のものをを用いることができる。基板の材質は、用途に応じてフレキシブルな材質や硬質な材質等が選択される。具体的に用いることができる材料としては、例えば、ガラス、石英、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエチレンテレフタレート、ポリメタクリレート、ポリメチルメタクリレート、ポリメチルアクリレート、ポリエステル、ポリカーボネート等を挙げることができる。これらの基板の材質は、図 2 に示すように発光層 17 で発光された光がこの基板 12 を透過して取り出される場合は、例えばガラス等の透明な材質である必要がある。一方、図 1 に示すように発光層 17 で発光された光が基板 12 と反対側に取り出される場合は、この基板 12 は透明な材質に限定されない。また、基板 12 の形状としては、枚葉状でも連続状でもよく、具体的な形状としては、例えばカード状、フィルム状、ディスク状、チップ状等を挙げることができる。

【0028】

< 電極 >

本発明の発光トランジスタを構成する電極としては、ソース電極 13、ゲート電極 15 及びドレイン電極 18 があり、図 1 及び図 2 に示すように、通常、ソース電極 13 は基板 12 上に設けられ、ゲート電極 15 は電荷輸送層（正孔輸送層 14 又は電子輸送層 19）内に埋め込まれるように設けられ、ドレイン電極 18 はソース電極 13 と対向する位置に有機 EL 素子構造を挟むように設けられる。電極材料としては、金属、導電性酸化物、導電性高分子等の薄膜が用いられる。なお、図 1 及び図 2 においては、ソース電極 13 が有機 EL 素子構造を構成する陽極として基板 12 上に設けられ、ドレイン電極 18 が有機 EL 素子構造を構成する陰極としてソース電極 13 の対向位置に配置されているが、その逆であっても構わない。

【0029】

ソース電極 13 が有機 EL 素子構造を構成する陽極として形成される場合の材料としては、例えば、ITO（インジウム錫オキシド）、酸化インジウム、IZO（インジウム亜鉛オキシド）、 SnO_2 、 ZnO 等の透明導電膜、金、クロムのような仕事関数の大きな金属、ポリアニリン、ポリアセチレン、ポリアルキルチオフェン誘導体、ポリシラン誘導体のような導電性高分子等を挙げることができる。一方、ドレイン電極 18 が有機 EL 素子構造を構成する陰極として形成される場合の材料としては、アルミ、銀等の単体金属、 MgAg 等のマグネシウム合金、 AlLi 、 AlCa 、 AlMg 等のアルミニウム合金、 Li 、 Ca をはじめとするアルカリ金属類、それらアルカリ金属類の合金のような仕事関数の小さな金属等を挙げることができる。また、ゲート電極 15 として形成される場合の材料としては、電荷輸送層の構成材料とショットキー障壁を形成する金属であってソース電極やドレイン電極に用いられる電極と同様の電極を挙げることができる。

【0030】

ソース電極 13 又はドレイン電極 18 が発光層 17 からみてゲート電極 15 の反対側に配置されている場合には、そうした位置に配置されたソース電極 13 又はドレイン電極 18 は透明又は半透明であることが好ましい。こうした構成により、発光層 17 からみてゲート電極 15 が設けられていない側が光取り出し側となるので、発光層 17 で発光した光

10

20

30

40

50

は、ゲート電極 15 で遮蔽されることなくゲート電極 15 の反対側に配置された透明又は半透明のソース電極 13 又はドレイン電極 18 の側から高い光取り出し効率で取り出される。透明又は半透明の電極材料としては、ITO（インジウム錫オキサイド）、酸化インジウム、IZO（インジウム亜鉛オキサイド）、 SnO_2 、 ZnO 等の透明導電膜が好ましく用いられる。

【0031】

上記の各電極は、真空蒸着、スパッタリング、CVD等の真空プロセスあるいは塗布により形成され、その膜厚は使用する材料等によっても異なるが、例えば10nm～1000nm程度であることが好ましい。

【0032】

なお、発光層や電荷輸送層等の有機層上に電極を成膜する場合は、電極成膜時にその有機層に加わるダメージを軽減するための保護層を有機層上に設けてもよい。

【0033】

<有機EL素子構造>

本発明の発光トランジスタは、ソース電極 13 とドレイン電極 18 との間に、ゲート電極 15 が埋め込まれた電荷輸送層（正孔輸送層 14 又は電子輸送層 19）と発光層とを少なくとも有する有機EL素子構造が設けられている。この有機EL素子構造としては、図1及び図2に示すように、基板側から正孔輸送層 14、発光層 17、電子輸送層 19 の順で設けた素子構造であってもよいし、その逆であってもよい。また、後述するように、さらに正孔注入層や電子注入層等の電荷注入層を設けた素子構造であってもよい。その他の層として、正孔ブロック層、電子ブロック層等のように、キャリア（正孔、電子）のつきぬけを防止し、効率よくキャリアの再結合させるための電荷ブロック層を設けてもよい。

【0034】

本発明の発光トランジスタにおいては、ソース電極 13 又はドレイン電極 18 と電荷輸送層（正孔輸送層 14 又は電子輸送層 19）との間、又は発光層と等電位層との間に電荷注入層が設けられていることが好ましい。この電荷注入層は、正孔輸送層 14 と隣接する場合には正孔注入層であり、電子輸送層 19 と隣接する場合には電子注入層であり、何れの場合においても、電極から電荷輸送層への電荷注入を容易に行うように作用する。

【0035】

これらの各有機層は、有機EL素子の構成や構成材料の種類等に応じ、適切な膜厚（例えば0.1nm～10μmの範囲内）で形成される。各有機層の膜厚が厚すぎる場合には、一定の光出力を得るために大きな印加電圧が必要になって発光効率が悪くなることがあり、各有機層の膜厚が薄すぎる場合には、ピンホール等が発生して電界を印加しても十分な発光輝度が得られないことがある。

【0036】

発光層 6 の形成材料としては、有機EL素子の発光層として一般的に用いられている材料であれば特に限定されず、例えば色素系発光材料、金属錯体系発光材料、高分子系発光材料等を挙げることができる。

【0037】

色素系発光材料としては、例えば、シクロペンタジエン誘導体、テトラフェニルブタジエン誘導体、トリフェニルアミン誘導体、オキサジアゾール誘導体、ピラゾロキノリン誘導体、ジスチリルベンゼン誘導体、ジスチリルアリーレン誘導体、シロール誘導体、チオフェン環化合物、ピリジン環化合物、ペリノン誘導体、ペリレン誘導体、オリゴチオフェン誘導体、トリフマニルアミン誘導体、オキサジアゾールダイマー、ピラゾリンダイマー等を挙げることができる。

【0038】

金属錯体系発光材料としては、例えば、アルミキノリノール錯体、ベンゾキノリノールベリリウム錯体、ベンゾオキサゾール亜鉛錯体、ベンゾチアゾール亜鉛錯体、アゾメチル亜鉛錯体、ポルフィリン亜鉛錯体、ユーロピウム錯体等、中心金属に、Al、Zn、Be等、又はTb、Eu、Dy等の希土類金属を有し、配位子にオキサジアゾール、チアジア

10

20

30

40

50

ゾール、フェニルピリジン、フェニルベンゾイミダゾール、キノリン構造等を有する金属錯体等を挙げることができる。

【0039】

高分子系発光材料としては、例えば、ポリパラフェニレンビニレン誘導体、ポリチオフエン誘導体、ポリパラフェニレン誘導体、ポリシラン誘導体、ポリアセチレン誘導体、ポリビニルカルバゾール、ポリフルオレノン誘導体、ポリフルオレン誘導体、ポリキノキサリン誘導体、及びそれらの共重合体等を挙げることができる。

【0040】

発光層中には、発光効率の向上や発光波長を変化させる等の目的でドーピング剤等の添加剤を添加するようにしてもよい。ドーピング剤としては、例えば、ペリレン誘導体、クマリン誘導体、ルブレン誘導体、キナクリドン誘導体、スクアリウム誘導体、ポルフィリン誘導体、スチリル色素、テトラセン誘導体、ピラゾリン誘導体、デカシクレン、フェノキサゾン、キノキサリン誘導体、カルバゾール誘導体、フルオレン誘導体等を挙げることができる。

【0041】

正孔注入層の形成材料としては、例えば、発光層の発光材料に例示した化合物の他、フェニルアミン系、スターバースト型アミン系、フタロシアニン系、酸化バナジウム、酸化モリブデン、酸化ルテニウム、酸化アルミニウムなどの酸化物、アモルファスカーボン、ポリアニリン、ポリチオフエンなどの誘導体等を挙げることができる。

【0042】

電子注入層の形成材料としては、発光層の発光材料に例示した化合物の他、アルミニウム、フッ化リチウム、ストロンチウム、酸化マグネシウム、フッ化マグネシウム、フッ化ストロンチウム、フッ化カルシウム、フッ化バリウム、酸化アルミニウム、酸化ストロンチウム、カルシウム、ポリメチルメタクリレートポリスチレンスルホン酸ナトリウム、リチウム、セシウム、フッ化セシウム等のようにアルカリ金属類、及びアルカリ金属類のハロゲン化物、アルカリ金属の有機錯体等を挙げることができる。

【0043】

なお、上述した発光層や電荷輸送層等の有機層中には、必要に応じてオリゴマー材料又は dendritic material の発光材料若しくは電荷輸送注入材料を含有させてもよい。

【0044】

上述した各有機層は、真空蒸着法によって成膜するか、あるいは、それぞれの形成材料をトルエン、クロロホルム、ジクロロメタン、テトラヒドロフラン、ジオキサン等の溶媒に溶解又は分散させて塗布液を調整し、その塗布液を塗布装置等を用いて塗布又は印刷等することで形成される。

【0045】

< 等電位層 >

等電位層 16 は、本発明の発光トランジスタの特徴的な構成であり、ゲート電極 15 と発光層 17 との間に設けられる。この等電位層 16 は、隣接する有機層よりも比抵抗が小さいという要件を満たす限りにおいて、各種の形態で形成することができる。本発明の発光トランジスタは、この等電位層 16 により、ソース電極 13 とドレイン電極 18 との間 40 の電界がゲート電極 15 で遮蔽されて発光層 17 に電界影が生じるのを防ぐことができる。その結果、電界が発光層 17 に均一に加わって発光層 17 の各部で光が均一に発光することになるので、発光層 17 の各部での発光効率を向上させることができる。

【0046】

等電位層 16 は、電荷輸送層からの電荷注入効率が高く、同時に発光層への電荷注入効率の高い材料で形成されていることが望ましい。こうした観点から、等電位層 16 と発光層 17 との間に電荷注入層を設けることが好ましい。

【0047】

等電位層 16 の形成材料としては、等電位層に隣接する有機層よりも比抵抗が小さければ各種の材料で形成することができる。等電位層の比抵抗としては、そうした要件を満た 50

した上で、 $10^{-12} \sim 10^{-7} \Omega \text{m}$ の範囲内であることが好ましく、 $10^{-8} \sim 10^{-6} \Omega \text{m}$ の範囲内であることが更に好ましい。等電位層の比抵抗が高すぎる場合には電位のムラが生じ、比抵抗が低すぎる場合には隣接する画素とのクロストークが生じる原因となる。等電位層を形成する具体的な材料としては、Al、Ag、Au、Cr、ITO（インジウム錫オキサイド）、 SnO_2 、 ZnO 、 TiO_2 、 ZnS 、 ZnSe 、 TiN 、 InN 、 GaN 、 RuO_2 、 SrCu_2O_2 、 CuAlO_2 、等の導電性無機化合物を挙げることができる。

【0048】

等電位層16は、発光層17で発光した光を透明又は半透明の電極側へ反射することができる光反射型の層であることが好ましい。例えば、Al、Ag、Au、Cr等の金属層であることが好ましい。こうした等電位層を設けることにより、発光層で発生した光が等電位層で反射して発光層側に戻ることになる。そのため、発光層からみてゲート電極の反対側が光取り出し側であり、且つその側に配置されたソース電極又はドレイン電極が透明又は半透明である場合、光取り出し効率をより一層向上させることができる。なお、等電位層が透過率の高い透明又は半透明の層とした場合であっても、発光層からみてゲート電極の側に配置されたソース電極又はドレイン電極を上記のような光反射型の層とすることにより、光取り出し効率を向上させることができる。

【0049】

また、等電位層16が電荷移動錯体化合物層であってもよい。こうした有機薄膜からなる等電位層によっても、隣接する有機層よりも比抵抗が小さいという要件を満たす限りにおいて、ソース電極とドレイン電極との間の電界がゲート電極で遮蔽されて発光層に電界影が発生するのを防ぐことができる。この電荷移動錯体化合物層は、ドナーとアクセプターを混合した電荷移動錯体化合物の薄膜である。ドナーとしては、アミン化合物やアルカリ金属、アルカリ土類金属、及び希土類金属が挙げられ、アクセプターとしては、 V_2O_5 、 Re_2O_7 、塩化第2鉄、臭化第2鉄、塩化アルミニウム、ヨウ化アルミニウム、塩化ガリウム等の無機化合物や、DDQ（ジクロロジシアノベンゼン）、TNF（トリニトロフルオレノン）、TCNQ（テトラシアノキノジメタン）、4F-TCNQ（4弗化テトラシアノキノジメタン）等の有機化合物が挙げられる。電荷移動錯体化合物層は、これらのドナーとアクセプターのそれぞれを少なくとも1種を含有する。

【0050】

また、等電位層は、例えば、電荷輸送層からの注入効率の良好な金属と発光層への注入効率の良好な金属とを組み合わせる等、複数の層から構成されていてもよい。この場合、有機層と有機層との複合、無機層と無機層との複合、あるいは、有機層と無機層との複合であってもよい。

【0051】

<好ましい他の実施形態>

本発明の発光トランジスタは、図1及び図2に示すような第1実施形態や第2実施形態の他、以下に示す好ましい他の構成を挙げることができる。

【0052】

図3は、本発明の発光トランジスタが電子注入層31を備えた場合の各例を示す断面構成図である。図3(A)は、図1に示す第1実施形態において、電子注入層31を発光層17（又は電子輸送層19）とドレイン電極18との間に設けた態様であり、図3(B)は、図2に示す第2実施形態において、電子注入層31を電子輸送層19とドレイン電極18との間に設けた態様であり、図3(C)は、図2に示す第2実施形態において、電子注入層31を発光層17と等電位層16との間に設けた態様である。この電子注入層の作用及びその形成材料については、上述したとおりである。

【0053】

図4は、本発明の発光トランジスタが正孔注入層41を備えた場合の各例を示す断面構成図である。図4(A)は、図1に示す第1実施形態において、正孔注入層41をソース電極13と正孔輸送層14との間に設けた態様であり、図4(B)は、図2に示す第2実

10

20

30

40

50

施形態において、正孔注入層 4 1 をソース電極 1 3 と正孔輸送層 1 4 との間に設けた態様であり、図 4 (C) は、図 1 に示す第 1 実施形態において、正孔注入層 4 1 を等電位層 1 6 と発光層 1 7 との間に設けた態様である。この正孔注入層の作用及びその形成材料については、上述したとおりである。

【 0 0 5 4 】

図 5 は、本発明の発光トランジスタが保護層 5 1 を備えた場合の一例を示す断面構成図である。この発光トランジスタは、図 3 (A) に示す発光トランジスタにおいて、保護層 5 1 を電子注入層 3 1 とドレイン電極 1 8 との間に設けた態様である。保護層 5 1 は、発光層、電荷輸送層、電子注入層等の有機層上に、電極をスパッタリング法等で成膜する場合に電極形成前に予め設けられるものであり、この保護層 5 1 を設けることにより、電極の成膜時に有機層に加わるダメージを軽減することができる。保護層 5 1 は、A u、A g、A l 等の半透明膜や Z n S、Z n S e 等の無機半導体膜等の材料を用い、真空蒸着やスパッタの方法で 1 0 ~ 1 0 0 n m 程度の厚さで形成される。

10

【 0 0 5 5 】

以上のように、本発明の発光トランジスタは、少なくとも電荷輸送層及び発光層が有機物を主成分とする層で形成されているので、発光トランジスタを構成する多くの層を塗布や印刷で形成することができ、生産性に優れた低コストの発光トランジスタとなる。

【 0 0 5 6 】

(発光トランジスタの作製)

次に、本発明の発光トランジスタの作製方法について説明する。特に、図 1 や図 2 に示した形態に係る発光トランジスタについて、低コストで大面積化を可能にする塗布法をできるだけ利用した作製方法について説明する。

20

【 0 0 5 7 】

まず、ガラス基板上に、ソース電極を形成する。ソース電極は図 1 や図 2 に示すようにその態様に応じて透明又は半透明である必要があり、透明又は半透明のソース電極とする場合には、透明導電膜である I T O (インジウム錫オキシド) 膜を成膜する。この I T O 膜は、スパッタリングや真空蒸着等の成膜方法や、I T O 膜形成用塗工液を塗布することにより形成する方法等により行うことができる。ガラス基板上に成膜された I T O 膜を、例えばフォトリソグラフィ技術を用いて複数本のストライプ状のソース電極にパターンニングする。

30

【 0 0 5 8 】

次に、正孔輸送層用の有機材料として、例えば P E D O T (ポリエチレンジオキシチオフェン / Poly(ethylenedioxythiophene)) : P S S (ポリスチレンスルホン酸 / Poly(styrenesulfonate)) からなる導電性高分子をソース電極上に塗布して正孔輸送層を形成し、次いで、真空蒸着等により A l 半透明膜のゲート電極を作製する。このゲート電極は、マスクを用いて真空蒸着法によりスリット状に形成される。ゲート電極上に、さらに正孔輸送層を塗布形成してゲート電極が埋め込まれた態様の正孔輸送層を形成する。

【 0 0 5 9 】

次に、正孔輸送層上に、例えば A u からなる等電位層を真空蒸着法等により形成する。この等電位層上にポリフェニレンビニレンからなる発光層をスピン塗布法で形成し、さらにこの発光層上に C a からなる電子輸送層を真空蒸着法で形成する。特にカラー素子を形成する場合、画素毎に異なる発光材料で発光層を形成することになるので、例えば赤、緑、青の発光層材料をノズルから吐出させて一画素毎に形成する。

40

【 0 0 6 0 】

こうして有機 E L 素子構造を形成した後は、ドレイン電極として透明導電膜である I T O (インジウム錫オキシド) 膜を成膜する。この I T O 膜は、スパッタリングや真空蒸着等の成膜方法や、I T O 膜形成用塗工液を塗布することにより形成する方法等により行うことができる。なお、好ましくは、ドレイン電極を形成する前に、Z n S e からなる保護層を真空蒸着法により成膜しておく。

【 0 0 6 1 】

50

製造された発光トランジスタにおいて、Auからなる等電位層の比抵抗は4端子法により測定したところ $1 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}$ であり、また、2端子法によりその等電位層に隣接した下層を構成するPEDOT:PSSからなる正孔輸送層の比抵抗は、 $1 \times 10^5 \Omega \text{cm}$ であり、その等電位層に隣接した上層を構成するポリフェニレンビニレンからなる発光層の比抵抗は $1 \times 10^{13} \Omega \text{cm}$ であることから、等電位層は隣接する有機層よりも比抵抗が低くなっている。この等電位層により、ソース電極とドレイン電極との間の電界がゲート電極で遮蔽されて発光層に電界影が生じるのを防ぐことができ、その結果、電界が発光層に均一に加わって発光層の各層で光が均一に発光することになるので、発光層の各層での発光効率を向上させることができる。

【0062】

10

こうした方法により製造される本発明の発光トランジスタは、有機物を主成分とする各有機層が塗布法で形成されるので、大面積化が可能であり低コスト化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図1】本発明の発光トランジスタの第1実施形態の断面構成図である。

【図2】本発明の発光トランジスタの第2実施形態の断面構成図である。

【図3】本発明の発光トランジスタが電子注入層を備えた場合の各例を示す断面構成図である。

【図4】本発明の発光トランジスタが正孔注入層を備えた場合の各例を示す断面構成図である。

20

【図5】本発明の発光トランジスタが保護層51を備えた場合の一例を示す断面構成図である。

【図6】SIT構造と有機EL素子構造とを複合させた従来の発光トランジスタの一例を示す断面構成図である。

【図7】SIT構造と有機EL素子構造とを複合させた従来の発光トランジスタの他の例を示す断面構成図である。

【符号の説明】

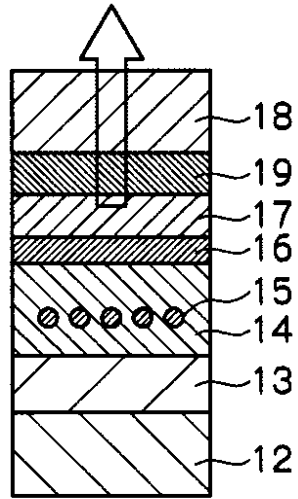
【0064】

- 11 発光トランジスタ
- 12 基板
- 13 ソース電極
- 14 正孔輸送層
- 15 ゲート電極
- 16 等電位層
- 17 発光層
- 18 ドレイン電極
- 19 電子輸送層
- 31 電子注入層
- 41 正孔注入層
- 51 保護層

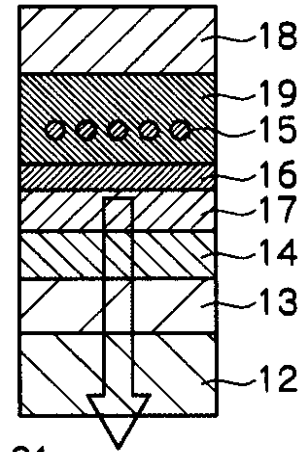
30

40

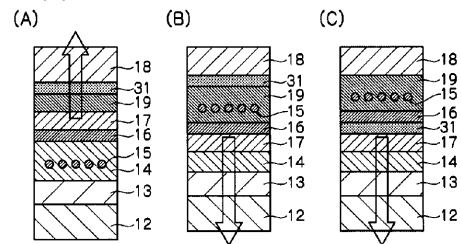
【図 1】

11

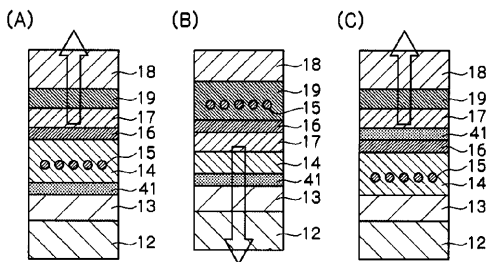
【図 2】

21

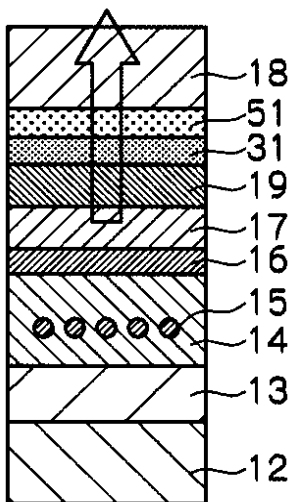
【図 3】



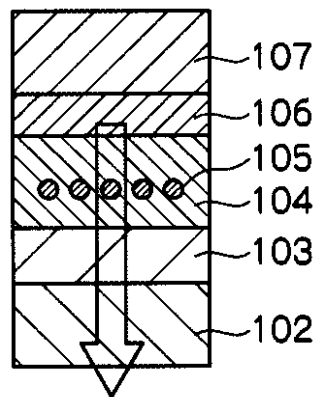
【図 4】



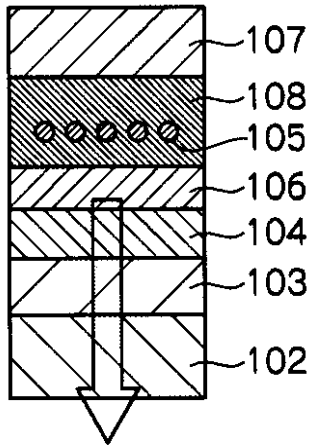
【図 5】



【図 6】

101

【 図 7 】



111