

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4931051号

(P4931051)

(45) 発行日 平成24年5月16日 (2012.5.16)

(24) 登録日 平成24年2月24日 (2012.2.24)

(51) Int.Cl.

F I

C O 9 K 11/06 (2006.01)

H O 1 L 51/50 (2006.01)

H O 5 B 33/26 (2006.01)

H O 1 L 51/05 (2006.01)

H O 1 L 51/30 (2006.01)

C O 9 K 11/06 6 1 O

H O 5 B 33/14 B

H O 5 B 33/26 Z

C O 9 K 11/06 6 4 5

H O 1 L 29/28 1 O O A

請求項の数 9 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2006-230851 (P2006-230851)

(22) 出願日 平成18年8月28日 (2006.8.28)

(65) 公開番号 特開2008-50529 (P2008-50529A)

(43) 公開日 平成20年3月6日 (2008.3.6)

審査請求日 平成21年6月24日 (2009.6.24)

(73) 特許権者 504132272

国立大学法人京都大学

京都府京都市左京区吉田本町36番地1

(73) 特許権者 506292158

国立台湾大学

台湾台北市大安区羅斯福路4段1号

(73) 特許権者 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(73) 特許権者 000005016

パイオニア株式会社

神奈川県川崎市幸区新小倉1番1号

(73) 特許権者 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

最終頁に続く

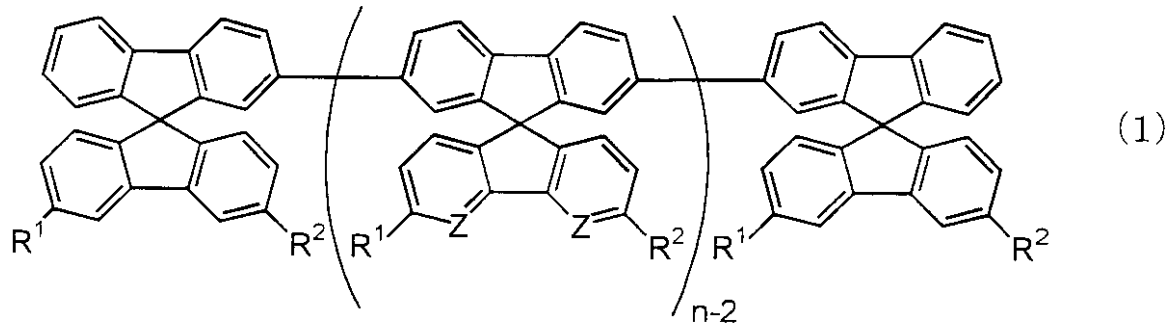
(54) 【発明の名称】 有機発光トランジスタ材料およびこれを用いた有機発光トランジスタ素子、ならびに表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

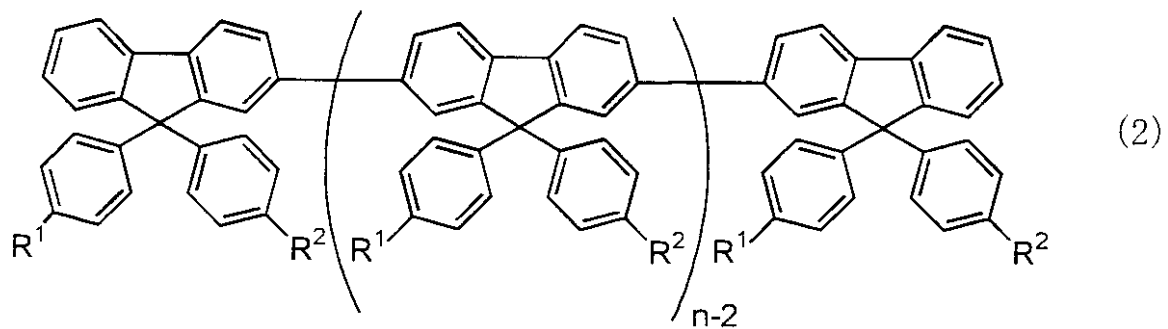
【請求項1】

下記の式(1)または式(2)で表されるジアリルフルオレン化合物からなる有機発光トランジスタ材料。

【化 1】



10



20

(式(1)中、 R^1 および R^2 は、同一であっても異なってもよく、それぞれ水素原子または置換基を有していてもよい直鎖状もしくは分岐状のアルキル基を示す。 Z は、 $C-H$ または窒素原子 N を示す。 n は、2または3を示す。また、式(2)中、 R^1 および R^2 は、同一であっても異なってもよく、それぞれ水素原子または置換基を有していてもよい直鎖状もしくは分岐状のアルキル基を示す。 n は、2または3を示す。)

【請求項 2】

上記式(1)の R^1 および R^2 がともに水素原子であり、 Z が $C-H$ であり、かつ n が2または3である請求項1に記載の有機発光トランジスタ材料。

30

【請求項 3】

上記式(2)の R^1 および R^2 がともにメチル基であり、 n が2または3である請求項1に記載の有機発光トランジスタ材料。

【請求項 4】

上記式(1)の R^1 および R^2 がともに水素原子であり、 Z が窒素原子 N であり、かつ n が3である請求項1に記載の有機発光トランジスタ材料。

【請求項 5】

互いに離れた第1の電極および第2の電極と、

前記第1の電極および前記第2の電極に接し、請求項1～4のいずれかに記載の有機発光トランジスタ材料を含む有機半導体層と、

40

前記第1の電極および前記第2の電極に対向する第3の電極と、

前記第1の電極および前記第2の電極と、前記第3の電極との間に設けられた絶縁層と、を含むことを特徴とする有機発光トランジスタ素子。

【請求項 6】

前記第1の電極および前記第2の電極は、前記絶縁層に接していることを特徴とする請求項5に記載の有機発光トランジスタ素子。

【請求項 7】

前記第1の電極および前記第2の電極は、前記有機半導体層の面上であって、前記絶縁層と接する面とは反対側の面上に設けられることを特徴とする請求項5に記載の有機発光トランジスタ素子。

50

【請求項 8】

前記第 1 の電極および前記第 2 の電極は、それぞれ複数の櫛歯からなる櫛歯形状部を有し、かつ前記第 1 の電極の櫛歯形状部を構成する櫛歯と、前記第 2 の電極の櫛歯形状部を構成する櫛歯とを、所定間隔をあけて交互に配置したことを特徴とする請求項 5～7 のいずれかに記載の有機発光トランジスタ素子。

【請求項 9】

請求項 5～8 のいずれかに記載の有機発光トランジスタ素子を用いた表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機発光トランジスタ材料およびこれを用いた有機発光トランジスタ素子に関する。また、本発明は、当該有機発光トランジスタ素子を用いた表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

有機エレクトロルミネッセンス素子（以下、有機 EL 素子という）は、自発光、薄型軽量である等のメリットを有していることから、FPD（フラットパネルディスプレイ）等の表示装置用として近年活発に研究開発が行なわれている。代表的な有機 EL 素子の駆動方式として、薄膜トランジスタ（TFT）を用いたアクティブマトリクス（AM）方式がある。しかし、AM方式は、高精細化、低消費電力化が可能であるといったメリットを有する一方、作製プロセスが煩雑であり、作製コストが高い等の問題を有する。

【0003】

このような背景の下、有機 EL 素子と有機トランジスタを一体化する、すなわち有機トランジスタに発光機能を持たせる試みがなされている。このような有機トランジスタに発光機能を持たせた有機発光トランジスタ素子は、トランジスタ部と発光部とを別々に有する従来のデバイスに比べ、部品点数を大幅に少なくすることができるため、作製プロセスの簡略化、作製コストの低減、デバイスのコンパクト化等を図ることができる画期的な複合素子として期待されている。

【0004】

たとえば、特許文献 1 には、横型 MOS 構造の有機 TFT の有機半導体層に発光層の機能を付与した有機薄膜発光トランジスタが開示されている。しかしながら、当該有機薄膜発光トランジスタに用いられている有機半導体材料には、有機トランジスタ用材料として従来公知の材料が採用されており、有機 EL 素子としての機能を十分に発揮するとは考えにくい。また、当該特許文献 1 に記載の有機薄膜発光トランジスタ（実施の形態 2）は、通常有機トランジスタが有する構造と比較し、かなり複雑な構造を有している。

【0005】

ここで、有機 EL 素子用または有機トランジスタ用に開発された有機半導体材料をそのまま有機発光トランジスタ材料として用いることは通常できない。これは、有機発光トランジスタ材料には発光特性とキャリア移動特性の両面において、良好な特性を有することが要求されるが、たとえば近年使用されている有機 EL 材料のほとんどは、電界効果移動度が非常に低いためである。

【0006】

そのため、有機発光トランジスタ用材料として高発光かつ高キャリア移動度を示す有機半導体材料の開発が待たれるが、概して、発光効率が上昇するとキャリア移動度は低くなる傾向にあるため、発光効率、キャリア移動度の双方を十分に満足する有機発光トランジスタ用材料の開発は非常に困難であるのが現状である。

【0007】

ところで、高機能を有する有機 EL 材料の探索が、現在もなお活発に行なわれており、3 原色の 1 つである青色発光材料についても例外ではない。たとえば、非特許文献 1、非特許文献 2 には、青色または UV 発光材料として有用なオリゴ（9，9－ジアリルフルオレン）誘導体が開示されている。

10

20

30

40

50

【0008】

このような青色発光する有機半導体材料の必要性は、有機発光トランジスタ素子についてもいえるが、上述のように、青色発光材料に限らず発光効率、キャリア移動度の双方を十分に満足する有機発光トランジスタ用材料の開発は非常に困難であり、青色発光を示し、かつ発光効率、キャリア移動度の双方を十分に満足する有機発光トランジスタ用材料はないのが現状である。

【特許文献1】特開2003-282256

【非特許文献1】Adv. Mater. 2004, 16, 61.

【非特許文献2】Adv. Mater. 2005, 17, 992.

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであって、その目的とするところは、青色発光を示し、発光効率とキャリア移動度の双方の特性が良好な有機発光トランジスタ材料およびこれを用いた有機発光トランジスタ素子を提供することである。また、本発明の別の目的は、当該有機発光トランジスタ素子を用いた表示装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明者らは鋭意検討した結果、特定のオリゴ（9，9-ジアリルフルオレン）誘導体が、良好な発光特性を有するのみならず、高キャリア移動度を有し、これを有機発光トランジスタの活性層の材料として用いると、従来と比較して非常に高い発光効率とキャリア移動度を有する有機発光トランジスタが得られることを見出し、本発明を完成するに至った。すなわち、本発明は以下のとおりである。

20

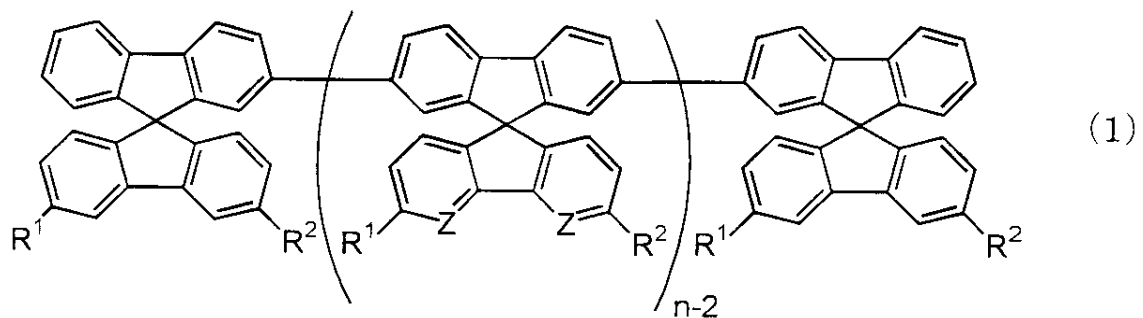
【0011】

本発明は、下記の式（1）または式（2）で表されるジアリルフルオレン化合物からなる有機発光トランジスタ材料である。

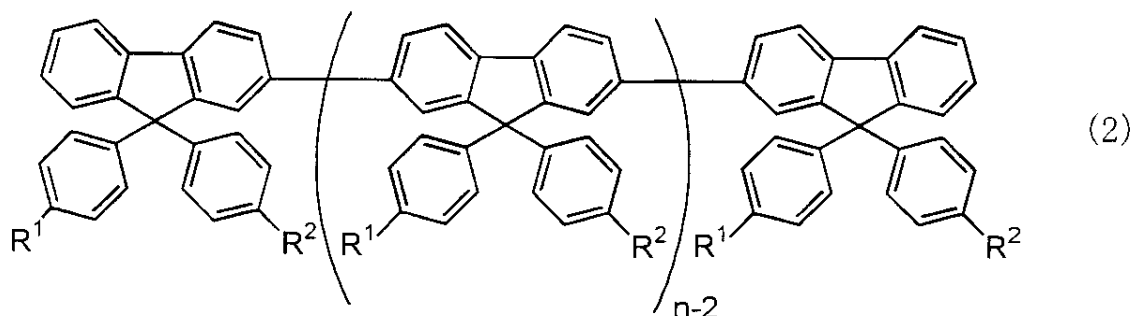
【0012】

【化1】

30



40



【0013】

50

(式(1)中、 R^1 および R^2 は、同一であっても異なってもよく、それぞれ水素原子または置換基を有していてもよい直鎖状もしくは分岐状のアルキル基を示す。 Z は、 $C-H$ または窒素原子 N を示す。 n は2または3を示す。また、式(2)中、 R^1 および R^2 は、同一であっても異なってもよく、それぞれ水素原子または置換基を有していてもよい直鎖状もしくは分岐状のアルキル基を示す。 n は、2または3を示す。)

ここで、上記式(1)において、 R^1 および R^2 がともに水素原子であり、 Z が $C-H$ であり、かつ n が2または3であることが好ましい。

【0014】

また、上記式(2)において、 R^1 および R^2 がともにメチル基であり、 n が2または3であることが好ましい。

【0015】

上記式(1)において、 R^1 および R^2 がともに水素原子であり、 Z が窒素原子 N であり、かつ n が3であることが好ましい。

【0016】

さらに本発明は、上記いずれかの有機発光トランジスタ材料を用いた有機発光トランジスタ素子を提供する。本発明の有機発光トランジスタ素子は、互いに離れた第1の電極および第2の電極と、前記第1の電極および前記第2の電極に接し、請求項1～4のいずれかに記載の有機発光トランジスタ材料を含む有機半導体層と、前記第1の電極および前記第2の電極に対向する第3の電極と、前記第1の電極および前記第2の電極と、前記第3の電極との間に設けられた絶縁層と、を含むことを特徴とする。

【0017】

ここで、前記第1の電極および前記第2の電極は、前記絶縁層に接していてもよい。また、前記第1の電極および前記第2の電極は、前記有機半導体層の面上であって、前記絶縁層と接する面とは反対側の面上に設けられてもよい。

【0018】

また、本発明の有機発光トランジスタ素子においては、前記第1の電極および前記第2の電極は、それぞれ複数の櫛歯からなる櫛歯形状部を有し、かつ前記第1の電極の櫛歯形状部を構成する櫛歯と、前記第2の電極の櫛歯形状部を構成する櫛歯とを、所定間隔をあけて交互に配置した構成としてもよい。また本発明は、上記有機発光トランジスタ素子を用いた表示装置を提供する。

【発明の効果】

【0019】

本発明の有機発光トランジスタ材料は、高発光効率、高キャリア移動度を有するため、有機発光トランジスタ素子の活性層材料として好適に用いることができる。

【0020】

本発明の有機発光トランジスタ素子は、発光効率が高く、良好な青色発光を示すとともに、有機トランジスタとしての機能も高い。また、本発明の有機発光トランジスタ素子は、比較的シンプルな構造を有しており、作製が容易である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

<有機発光トランジスタ材料>

本発明の有機発光トランジスタ材料は、下記の式(1)または式(2)で表されるジアリルフルオレン化合物からなることを特徴とする。

【0022】

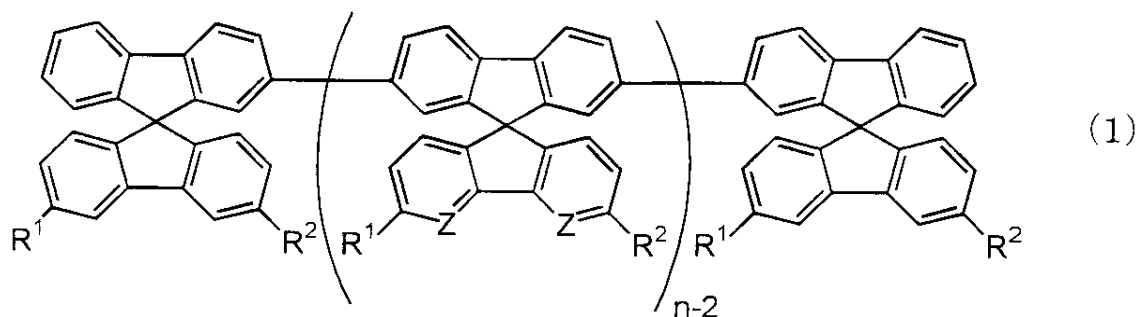
10

20

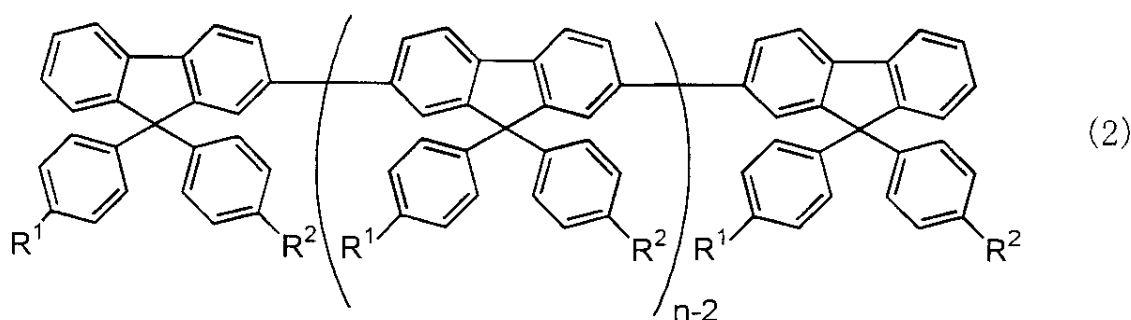
30

40

【化 2】



10



20

【0023】

(式(1)中、 R^1 および R^2 は、同一であっても異なってもよく、それぞれ水素原子または置換基を有していてもよい直鎖状もしくは分岐状のアルキル基を示す。 Z は、 $C-H$ または窒素原子 N を示す。 n は2または3を示す。また、式(2)中、 R^1 および R^2 は、同一であっても異なってもよく、それぞれ水素原子または置換基を有していてもよい直鎖状もしくは分岐状のアルキル基を示す。 n は、2または3を示す。)

上記式(1)または式(2)で表されるジアリルフルオレン化合物は、従来公知の方法により合成することができる。たとえば、前記非特許文献1(第64頁右欄「Experimental」)および非特許文献2(第993頁左欄第17行~同頁右欄第3行、Scheme 1、および第995頁右欄「Experimental」)に記載の方法に従って、またはこれらの方法と同様の方法で合成することができる。

30

【0024】

これらの化合物は、高いキャリア移動度を有しているとともに、高い発光効率を有していることから、有機発光トランジスタ材料として好適に用いることができる。

【0025】

上記式(1)、式(2)中の R^1 および R^2 は、同一であっても異なってもよく、それぞれ水素原子または直鎖状もしくは分岐状のアルキル基を示す。アルキル基の具体例としては、メチル基、エチル基、 n -プロピル基、イソプロピル基、 n -ブチル基、イソブチル基、 $tert$ -ブチル基、ペンチル基、ヘキシル基などを挙げることができ、これらは置換基を有していてもよい。

40

【0026】

上記式(1)中の Z は、 $C-H$ または窒素原子 N である。また、上記式(1)、式(2)中の n は2または3を示す。すなわち、本発明の有機発光トランジスタを構成する化合物は、9,9-ジアリルフルオレン誘導体の2量体または3量体である。

【0027】

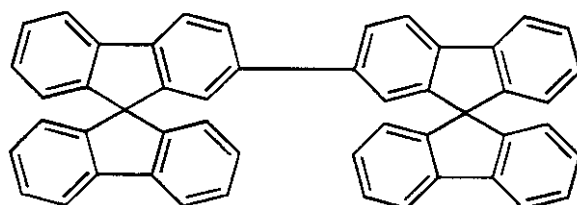
上記式(1)または式(2)で表されるジアリルフルオレン化合物の中でも、上記式(1)の R^1 および R^2 がともに水素原子であり、 Z が $C-H$ であり、かつ n が2である下記の式(3)で表される化合物(以下、化合物B2と称する)、上記式(1)の R^1 および R^2 がともに水素原子であり、 Z が $C-H$ であり、かつ n が3である下記の式(4)で表

50

される化合物（以下、化合物 B 3 と称する）、上記式（2）の R^1 および R^2 がともにメチル基であり、 n が 2 である下記の式（5）で表される化合物（以下、化合物 T 2 と称する）、上記式（2）の R^1 および R^2 がともにメチル基であり、 n が 3 である下記の式（6）で表される化合物（以下、化合物 T 3 と称する）、および、上記式（1）の R^1 および R^2 がともに水素原子であり、Z が窒素原子 N であり、かつ n が 3 である下記の式（7）で表される化合物（以下、化合物 B 3 N と称する）が、発光効率およびキャリア移動度の面から好ましい。ここで、下記の式（5）および（6）において、Me はメチル基を表す。

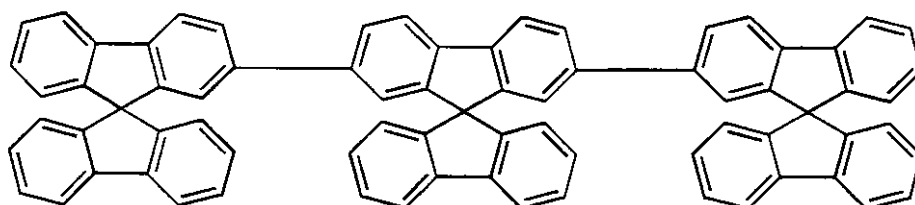
【0028】

【化 3】



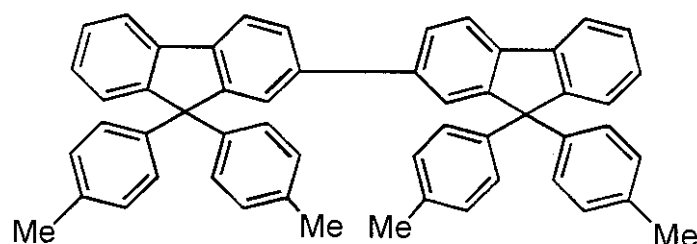
(3)

10



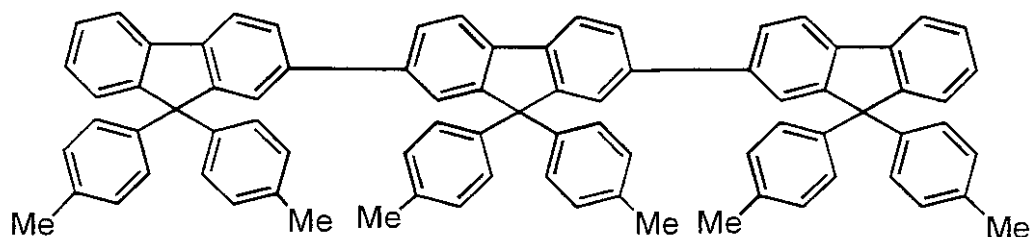
(4)

20



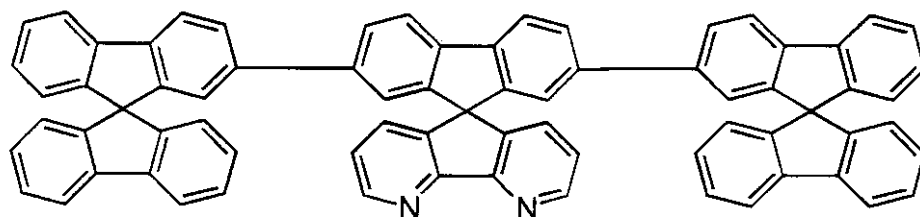
(5)

30



(6)

40



(7)

【0029】

図 1 は、本発明の有機発光トランジスタ材料である化合物 B 2、B 3、T 2、T 3 および B 3 N からなる薄膜（膜厚 100 nm）の PL（Photoluminescence）スペクトルである。図 1（a）～（e）はそれぞれ、化合物 B 2、B 3、T 2、T 3、

50

B3NについてのPLスペクトルである。なお、当該PLスペクトルは、Jasco社製FP-6300 蛍光分光計を用いて測定した。

【0030】

また表1に、化合物B2、B3、T2、T3およびB3Nからなる各薄膜（膜厚100nm）の蛍光ピーク波長 λ_{fl} 、PL発光効率および各化合物のガラス転移温度を示す。なお、PL発光効率は、各有機発光トランジスタ材料を窒素雰囲気下において石英基板上に100nm蒸着し単層膜を形成した後、積分球（IS-060、Labsphere Co.）を用いて、励起光として波長325nmのHe-Cdレーザ（IK5651R-G、Kimmon electric Co.）を照射し、サンプルからの発光をMultichannel photodiode（PMA-11、Hamamatsu photonics Co.）で測定することにより算出した。

【0031】

【表1】

化合物	蛍光ピーク波長 λ_{fl} (nm)	PL発光効率 (%)	ガラス転移温度 (°C)
B2	395	66±2	174
B3	430	72±2	234
T2	395	47±2	153
T3	429	63±2	200
B3N	431	52±2	220

【0032】

図1および表1が示すように、これらの化合物は、近紫外～深青領域（すなわち、395～431nm）に蛍光ピーク波長を有しており、青色発光材料として非常に好ましい化合物であることがわかる。また、PL発光効率は、47～72%と非常に高い。なお、発光効率とは、光子や電子を入れることによって生じる光の割合をいい、PL発光効率（または、PL量子効率）とは、注入された光エネルギーに対する、放出された光エネルギーの割合をいうが、素子としての発光効率を評価する場合には、注入された電子の個数に対する、放出された光子の個数の割合であるEL発光効率（または、EL量子効率）をも考慮すべきである。

【0033】

注入され、励起された電子は、正孔と再結合することにより光を発するが、この再結合は必ずしも100%の確率で生じない。このため、発光材料の発光特性を比較する際には、EL発光効率を対比することにより、注入された光エネルギーに対する光エネルギー放出量の割合と、再結合の割合との相乗効果を比較することができる。ところで、PL発光効率を対比することにより、注入された光エネルギーに対する光エネルギー放出量の割合を比較することができるので、PL発光効率およびEL発光効率の両方を組み合わせて対比することにより、電子と正孔との再結合の割合を比較することも可能である。

【0034】

また、化合物B2、B3、T2、T3およびB3Nのガラス転移温度は、150℃以上と高い。このことは、これらの化合物が剛直な分子構造を有し、熱的に非常に安定であり、熱を用いた蒸着による薄膜の形成が十分に可能であることを示している。

【0035】

<有機発光トランジスタ素子>

次に、上記式（1）または式（2）で表されるジアリルフルオレン化合物を有機発光トランジスタ材料として含む有機発光トランジスタ素子について説明する。図2は、本発明の有機発光トランジスタ素子の好ましい一例を示す概略断面図である。このように、本発明の有機発光トランジスタ素子は、電界効果トランジスタ（FET）の基本構造を好ましく採用することができる。

【0036】

本発明の有機発光トランジスタ素子は、たとえば図2に示される構造のように比較的単純な構造を有している。すなわち基本的には、有機電界効果トランジスタ（FET）の基本構造を有し、その有機半導体層に本発明の有機発光トランジスタ材料を採用した構成となっている。したがって、AM駆動式の有機EL素子などと比較してより容易に作製することが可能であり、これは作製コストの低減をもたらす。

【0037】

図2に示される有機発光トランジスタ素子は、互いに離れた第1の電極201（ソース電極）および第2の電極202（ドレイン電極）と、前記第1の電極201および前記第2の電極202に接し、本発明の有機発光トランジスタ材料を含む有機半導体層203と、前記第1の電極201および前記第2の電極202に対向する第3の電極204（ゲート電極）と、前記第1の電極201および前記第2の電極202と前記第3の電極204との間に設けられた絶縁層205と、を含むことを特徴とする。

【0038】

より具体的には、第3の電極204（ゲート電極）上に絶縁層205が設けられ、その上に第1の電極201（ソース電極）および第2の電極202（ドレイン電極）が間隔をあけて設けられる。すなわち、第1の電極201および第2の電極202は、絶縁層205に接している。そして、この第1の電極201および第2の電極202を覆い、かつ両電極の間に入り込むように有機半導体層203が設けられる。

【0039】

有機半導体層203は、本発明の有機発光トランジスタ材料である上記式（1）または式（2）で表されるジアルキルフルオレン化合物の1種または2種以上を含む。当該有機半導体層203の膜厚は特に限定されないが、たとえば70nm程度以上である。上述したように、上記式（3）～（7）で表される化合物B2、B3、T2、T3およびB3Nは、近紫外～深青領域（すなわち、395～431nm）に蛍光ピーク波長を有しているため、これらの化合物を有機半導体層203に用いることにより、青色発光を示す有機発光トランジスタ素子を得ることができる。また、本発明の有機発光トランジスタ材料である上記式（1）または式（2）で表されるジアルキルフルオレン化合物の1種または2種以上とともに、微量のドーパントを添加することにより、異なる色を発現させることも可能である。

【0040】

第1の電極201（ソース電極）および第2の電極202（ドレイン電極）は、正孔および電子を上記有機半導体層203に注入するための電極であり、たとえばAu、マグネシウム-金合金（MgAu）等で形成される。Au、MgAu層は、たとえばCr層等とともに、多層構造を形成していてもよい。両電極間は互いに離れて形成され、その間隔は特に制限されるものではないが、たとえば0.4～50μm程度である。50μmを超えると十分な半導体性を発揮しにくくなる。第1の電極201（ソース電極）および第2の電極202（ドレイン電極）の間隔は、より好ましくは15μm以下である。

【0041】

ここで、第1の電極201（ソース電極）および第2の電極202（ドレイン電極）の構成の具体例を、図3を参照して説明する。図3は、第1の電極（ソース電極）および第2の電極（ドレイン電極）の構成の一例を示す平面図である。図3に示されるように、第1の電極301（ソース電極）および第2の電極302（ドレイン電極）は、それぞれ複数の櫛歯からなる櫛歯形状部303、304を有するように形成され、第1の電極301の櫛歯形状部303を構成する櫛歯と、第2の電極302の櫛歯形状部304を構成する櫛歯とを、所定間隔をあけて交互に配置する構成とすることができる。このときの第1の電極301（ソース電極）および第2の電極302（ドレイン電極）の間隔、すなわち櫛歯形状部303および櫛歯形状部304の間隔は、上述したように、たとえば0.4～50μm程度であり、より好ましくは15μm以下である。このような構成とすることにより、有機発光トランジスタ素子としての機能をより効率的に発揮させることができる。

【0042】

絶縁層205には、従来公知の材料を用いることができ、典型的には酸化シリコン（ SiO_2 ）である。また、第3の電極204（ゲート電極）にも従来公知の材料を用いることができ、典型的には、たとえば高ドーピング N^+ シリコン基板で構成される。ここで、図2には示されていないが、第3の電極204（ゲート電極）は、基板上に設けられてもよい。基板としては従来公知のものを採用することができ、たとえばガラス製基板、シリコン基板の他、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリエーテルスルホン、ポリイミド等の有機材料基板などを挙げることができる。

【0043】

次に、図2に示される有機発光トランジスタ素子の製造方法の一例について説明する。第3の電極204（ゲート電極）上に順次絶縁層205、第1の電極201および第2の電極202を形成するまでは、電界効果トランジスタ素子を製造する際に通常用いられる方法、たとえばフォトリソグラフィおよびリフトオフ技術を用いた方法を採用することができる。次に、第1の電極201および第2の電極202を覆い、かつ両電極間に入り込むようにして有機半導体層203を形成するが、ここでも従来公知の方法を用いることが可能である。具体的には、好ましくは有機溶剤等で洗浄した後、上記式（1）または式（2）で表されるジアルキルフルオレン化合物の1種または2種以上を高真空下、熱をかけながら真空蒸着することにより、有機半導体層203を形成することができる。真空蒸着を行なう際の基板温度は、好ましくは有機半導体材料のガラス転移温度以下である。高真空とは、たとえば $1 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ 以下であるが、これに限定されるものではない。

【0044】

以上、本発明の有機発光トランジスタ素子の好ましい一例として、図2に示される構造を説明したが、本発明の有機発光トランジスタ素子の構造は、これに限定されるものではなく、本発明の範囲を逸脱しない範囲で種々の変形が加えられてもよい。たとえば、図4に示されるような構造としてもよい。図4は、本発明の有機発光トランジスタ素子の別の好ましい一例を示す概略断面図である。図4に示される構造においては、第1の電極401および第2の電極402は、有機半導体層403の面上であって、絶縁層405と接する面とは反対側の面上に設けられている。すなわち、図4に示される構造を有する有機発光トランジスタ素子は、有機半導体層403を、真空蒸着等により絶縁層405上に形成した後、当該有機半導体層403上に、第1の電極401および第2の電極402が形成される。

【0045】

次に、図2を参照しながら、本発明の有機発光トランジスタ素子の発光機構について説明する。図2に示される有機発光トランジスタ素子は、第1の電極201（ソース電極）および第2の電極202（ドレイン電極）に電圧を印加することにより、その内部で正孔および電子の両方を移動させ、有機半導体層203内で、両者を再結合させることにより発光を生じさせることができる。このとき、有機半導体層203を通して両電極間を移動する正孔および電子の量は、第3の電極204（ゲート電極）に印加される電圧に依存する。このため、第3の電極204にかける電圧およびその変化を制御することにより、上記第1の電極201（ソース電極）および第2の電極202（ドレイン電極）の間の導通状態を制御することが可能となる。なお、本発明の有機発光トランジスタ素子は、P型駆動を行なうので、第1の電極201に対し第2の電極202に負の電圧が加えられ、また、第2の電極202に対して第3の電極204（ゲート電極）に負の電圧が加えられる。

【0046】

具体的には、第3の電極204（ゲート電極）に第1の電極201（ソース電極）に対して負の電圧を印加することにより、有機半導体層203内の正孔が第3の電極204側に引き寄せられ、絶縁層205の表面付近は正孔の密度が高い状態となる。第1の電極201および第2の電極202の間の電圧を適切にすると、第3の電極204に与える制御電圧の大小によって、第1の電極201から有機半導体層203に正孔が注入され、第2の電極202から有機半導体層203に電子が注入される状態となる。すなわち、第1の

電極 201 は正孔注入電極として機能し、第 2 の電極 202 は電子注入電極として機能する。これにより、有機半導体層 203 内において、正孔および電子の再結合が生じ、これに伴う発光が生じることになる。この発光状態は、第 3 の電極 204 に与えられる制御電圧を変化させることによりオン／オフさせたり、発光強度を変えたりすることができる。

【0047】

上記の正孔および電子の再結合により発光が生じるメカニズムは、図 5 を参照して、次のように説明することができる。第 3 の電極 504（ゲート電極）に第 1 の電極 501（ソース電極）に対して負の電圧を印加することにより、図 5（a）に示すように、有機半導体層 503 において、絶縁層 505 の界面近くに正孔のチャンネル 511 が形成され、そのピンチオフ点 512 が第 2 の電極 502（ドレイン電極）近傍に至る。そして、ピンチオフ点 512 と第 2 の電極 502 との間に高電界が形成され、図 5（b）に示すように、エネルギーバンドが大きく曲げられる。これにより、第 2 の電極 502 と有機半導体層 503 との間の電位障壁を突き抜ける FN（ファウラーノルドハイム）トンネル効果が生じ、第 2 の電極 502 内の電子が、有機半導体層 503 内に注入され、正孔と再結合される。

10

【0048】

また、正孔および電子の再結合は、上記の FN トンネル効果による説明以外に、次の理論による説明も可能である。すなわち、図 5（c）に示すように、有機半導体層 503 内の有機蛍光体の HOMO エネルギーレベルにある電子が高電界によって LUMO エネルギーレベルに励起され、この励起された電子が有機半導体層 503 内の正孔と再結合する。それとともに、LUMO エネルギーレベルへの励起によって空席となった HOMO エネルギーレベルに第 2 の電極 502 から電子が注入されて補われる。

20

【0049】

<表示装置>

本発明の有機発光トランジスタ素子は、表示装置に好適に用いることができる。このような本発明の表示装置は、発光部とこれを駆動する駆動部とが一体化された有機発光トランジスタ素子を用いているため、従来と比較してコンパクト化が可能であるとともに、構造が比較的簡単であるため、作製プロセスも簡略化されている。

【0050】

図 6 は、本発明の有機発光トランジスタ素子を用いた表示装置の一例を示す電気回路図である。図 6 に示される表示装置 602 は、基板 601 上に複数個の本発明の有機発光トランジスタ素子を二次元配列させることによって構成することができる。すなわち、この表示装置 602 は、本発明の有機発光トランジスタ素子を、マトリクス配列された画素 P11、P12、・・・、P21、P22、・・・内にそれぞれ配置し、これらの画素の有機発光トランジスタ素子を選択的に発光させ、また、各画素の発光トランジスタ素子の発光強度（輝度）を制御することによって、二次元表示を可能としたものである。基板 601 は、たとえばゲート電極 G を一体化したシリコン基板であってもよい。すなわち、ゲート電極 G は、シリコン基板の表面にパターン形成した不純物拡散層からなる導電層により構成してもよい。あるいは、基板 601 として、たとえばガラス基板を用い、この上にゲート電極 G を形成してもよい。

30

40

【0051】

各有機発光トランジスタ素子は、P 型駆動するので、そのドレイン電極 D にはバイアス電圧 V_d (< 0) が与えられ、そのソース電極 S は接地電位 ($= 0$) とされる。ゲート電極 G には、各画素を選択するための選択トランジスタ T_s と、データ保持用のキャパシタ C とが並列に接続される。

【0052】

行方向に整列した画素 P11、P12、・・・；P21、P22、・・・の選択トランジスタ T_s のゲートは、行ごとに共通の走査線 LS_1 、 LS_2 、・・・にそれぞれ接続されている。また、列方向に整列した画素 P11、P21、・・・；P12、P22、・・・の選択トランジスタ T_s において有機発光トランジスタ素子と反対側には、列ごとに共

50

通のデータ線LD1、LD2、・・・がそれぞれ接続される。

【0053】

走査線LS1、LS2、・・・には、コントローラ605によって制御される走査線駆動回路603から、各行の画素P11、P12、・・・；P21、P22、・・・を循環的に順次選択（行内の複数画素の一括選択）するための走査駆動信号が与えられる。すなわち、走査線駆動回路603は、各行を順次選択行として、選択行の複数の画素の選択トランジスタTsを一括して導通させ、これにより非選択行の複数の画素の選択トランジスタTsを一括して遮断させるための走査駆動信号を発生させることができる。

【0054】

一方、データ線LD1、LD2、・・・には、データ線駆動回路604からの信号が入力される。このデータ線駆動回路604には、画像データに対応した制御信号が、コントローラ605から入力される。データ線駆動回路604は、各行の複数の画素が走査線駆動回路603によって一括選択されるタイミングで、当該選択行の各画素の発光階調に対応した発光制御信号をデータ線LD1、LD2、・・・に並列に供給する。

【0055】

これにより、選択行の各画素においては、選択トランジスタTsを介してゲート電極Gに発光制御信号が与えられるから、当該画素の有機発光トランジスタ素子は、発光制御信号に応じた階調で発光（または消灯）することになる。発光制御信号は、キャパシタCにおいて保持されるから、走査線駆動回路603による選択行が他の行に移った後にも、ゲート電極Gの電位が保持され、有機発光トランジスタ素子の発光状態が保持される。このようにして、二次元表示が可能となる。

【0056】

以下、実施例を挙げて本発明をより詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0057】

（有機発光トランジスタ素子の作製）

<実施例1>

図2に示される構造を有する有機発光トランジスタ素子を、次の方法により作製した。まず、ゲート電極204としての高ドーピングN⁺シリコン基板（0.5mm厚）上に、300nmの膜厚の酸化シリコン（SiO₂）層を熱蒸着し、絶縁層205を形成した。ついで、当該絶縁層上に、Cr（厚さ1nm）／Au（厚さ40nm）からなる第1の電極201（ソース電極）および第2の電極202（ドレイン電極）を、図3に示すような、それぞれの櫛歯形状部が交互に配されるように形成した。両電極の形成には、従来公知のフォトリソグラフィおよびリフトオフ技術を用いた。第1の電極201（ソース電極）—第2の電極202（ドレイン電極）間の距離L_{SD}は、10μmとした。また、チャンネルの長さ、すなわち各電極の櫛歯形状部が交差している部分の長さは2mmとした。ついで、基材をアセトンおよびイソプロパノールで洗浄した後、上記化合物B3を用い、1×10⁻³Pa未満の高真空中で、第1の電極201（ソース電極）および第2の電極202（ドレイン電極）を覆うように蒸着することにより、有機半導体層203（厚さ80nm）を形成し、有機発光トランジスタ素子を得た。

【0058】

<実施例2～6>

第1の電極201（ソース電極）—第2の電極202（ドレイン電極）間の距離L_{SD}を3、1、0.8、0.6および0.4μm（それぞれ実施例2、3、4、5、6とする）としたこと以外は、実施例1と同様にして有機発光トランジスタ素子を作製した。

【0059】

<実施例7～10>

有機半導体層203に用いる有機発光トランジスタ材料が、上記化合物B2、T2、T3、B3N（それぞれ実施例7、8、9、10とする）であること以外は、実施例1と同様にして有機発光トランジスタ素子を作製した。いずれにおいても第1の電極201（ソ

10

20

30

40

50

ース電極)－第2の電極202(ドレイン電極)間の距離 L_{SD} は、 $10\mu m$ とした。

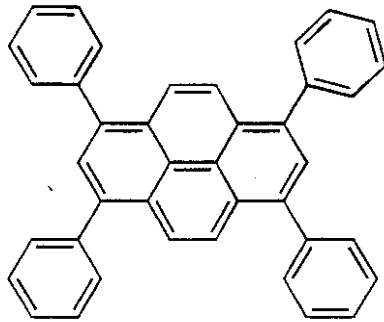
【0060】

<比較例1>

有機半導体層203に用いる有機発光トランジスタ材料が、下記の式(8)で示される比較化合物1を用いたこと以外は、実施例1と同様にして有機発光トランジスタ素子を作製した。第1の電極201(ソース電極)－第2の電極202(ドレイン電極)間の距離 L_{SD} は、 $10\mu m$ とした。

【0061】

【化4】



(8)

10

【0062】

(有機発光トランジスタ素子の評価)

(1) I_d － V_d 特性

P型駆動した場合における実施例1～6で得られた有機発光トランジスタ素子の I_d (ドレイン電流)－ V_d (ドレイン電圧)特性を図7に示す。図7(a)～(f)はそれぞれ、実施例1～6の有機発光トランジスタ素子の I_d (ドレイン電流)－ V_d (ドレイン電圧)特性である。図7(a)～(f)の各グラフにおける6つの曲線は、上から順に、ゲート電圧 V_d を -100 、 -80 、 -60 、 -40 、 -20 、 $0V$ としたときのデータを示す(ゲート電圧 V_d が $-40\sim 0V$ の場合においては曲線は一部重複している場合がある)。図7に示されるように、特に実施例1～5の有機発光トランジスタ素子においては、あるドレイン電圧 V_d における、ゲート電圧 V_g の変化によるドレイン電流 I_d の差が十分に大きく、スイッチング素子としての機能を十分に有していることがわかる。なお、 I_d － V_d 特性は、半導体パラメータアナライザ(Agilent 4145)を用いて測定した。

20

30

【0063】

(2) キャリヤ移動度 μ およびHOMO/LUMOエネルギーレベル

実施例1および実施例7～10の有機発光トランジスタ素子についてのキャリヤ移動度およびHOMO/LUMOエネルギーレベルを表2に示す。表2に示すキャリヤ移動度は、ホールの移動度である。本発明の有機発光トランジスタ素子は、比較例1の有機発光トランジスタ素子と同等またはそれ以上のキャリヤ移動度を有していることがわかる。なお、HOMO/LUMOエネルギーレベルは、紫外光電子分光器(AC-1、Riken Keiki Co.)を用いて測定した。また、キャリヤ移動度は、以下のようにして算出した。

40

【0064】

ドレイン電圧 V_d がピンチオフ電圧より小さいとき、トランジスタ素子のドレイン電圧 V_d とドレイン電流 I_d の関係は、下記の式[1]で表される(線形領域)。

【0065】

【数 1】

$$I_d = \frac{W}{L_{SD}} \mu C_i \left\{ (V_g - V_T) V_d - \frac{1}{2} V_d^2 \right\} \quad [1]$$

【0066】

また、 V_d が大きくなると、チャネルのピンチ・オフにより I_d は飽和して一定の値となり（飽和領域）、このとき I_d は下記の式 [2] で表される。

【0067】

【数 2】

10

$$I_d = \frac{W}{2L_{SD}} \mu C_i (V_g - V_T)^2 \quad [2]$$

【0068】

ここで、上記式 [1] および [2] の各符号は、下記の通りである。

L_{SD} : チャネル長 (cm)

W : チャネル幅 (cm)

C_i : ゲート絶縁膜の単位面積当たりの静電容量 (F/cm²)

μ : 半導体のキャリア移動度 (cm²/V・s)

I_d : ドレイン電流 (A)

20

V_d : ドレイン電圧 (V)

V_g : ゲート電圧 (V)

V_T : ゲート閾値電圧 (V) (飽和領域におけるドレイン電圧 V_d が一定の下でドレイン電流 I_d の 1/2 乗をゲート電圧 V_g に対してプロットし、漸近線が横軸と交わる点を示す。)

この飽和領域における I_d の 1/2 乗と V_g の関係からキャリア移動度 μ を算出することができる。本実施例においては、真空度約 1×10^{-3} Pa、室温の条件下、半導体パラメータアナライザ (Agilent 4145) を用いて、ドレイン電圧 V_d を 10 V から -100 V まで、-1 V のステップで、ゲート電圧 V_g を 0 V から -100 V まで、-20 V のステップでスキャンし、上記式 [2] を用いてキャリア移動度 μ を算出した。

30

【0069】

(3) EL 発光効率 η_{ext}

実施例 1～6 の有機発光トランジスタ素子についての EL 発光効率 η_{ext} を表 2 に示す。本発明の有機発光トランジスタ素子は、高い EL 発光効率を有し、特に実施例 2、3 ($L_{SD} = 3, 1 \mu m$) では 0.6% という非常に高い EL 発光効率を示すことがわかる。

【0070】

なお、EL 発光効率 η_{ext} は、ドレイン電圧 V_d を 10 V から -100 V まで、-1 V のステップで、ゲート電圧 V_g を 0 V から -100 V まで、-20 V のステップでスキャンし、素子から発せられる発光をフォトンカウンタ (Newport 社製、4155C 半導体パラメータアナライザ) を用いて測定し、得られた光子数 (CPS) を下記の式 [3] を用いて光束 (lm) に変換後、下記の式 [4] を用いて EL 発光効率 η_{ext} を算出した。

40

【0071】

【数 3】

$$X_{PC}[lm] = \frac{5.71 \times 10^{-11} (N_{PC}[CPS] - base) \frac{4}{3} \pi r^3 / \frac{h}{3} \pi r^2}{1.04 \times 10^6} \quad [3]$$

【0072】

【数 4】

$$\eta_{\text{ext}} = (100 \times 1239.7 / \lambda \times N_{\text{PC}} \times X_{\text{PC}}) / I_d \quad [4]$$

【0073】

ここで、上記式 [3] および [4] の各符号は下記の通りである。

N_{PC} : フォトンカウンタによって観測した光子数 (C P S)

X_{PC} : 光子数を光束 (1 m) に変換した値

r : フォトンカウンタ計測部の開口部分における円錐または円の半径 (cm)

h : フォトンカウンタとサンプルとの距離 (cm)

$base$: 発光していないときの光子数 (ダークカレント)

10

【0074】

【表 2】

実施例	有機発光トランジスタ材料	S-D電極間距離 L_{SD} (μm)	E L 発光効率 η_{ext} (%)	HOMO/LUMO エネルギーレベル (%)	キャリア移動度 μ ($\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$)
実施例1	B3	10	0.3	6.1/3.0	2.5×10^{-5}
実施例2	B3	3	0.6	-	-
実施例3	B3	1	0.6	-	-
実施例4	B3	0.8	0.4	-	-
実施例5	B3	0.6	0.07	-	-
実施例6	B3	0.4	0.03	-	-
実施例7	B2	10	-	5.9/2.7	2.0×10^{-6}
実施例8	T2	10	-	5.5/2.2	5.3×10^{-6}
実施例9	T3	10	-	5.4/2.3	1.0×10^{-5}
実施例10	B3N	10	-	5.5/2.7	2.5×10^{-7}
比較例1	比較化合物1	10	0.4	5.7/2.7	1.7×10^{-5}

20

30

40

【0075】

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものでは

50

ないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【0076】

【図1】本発明の有機発光トランジスタ材料である化合物からなる薄膜（膜厚100nm）のPLスペクトルであり、（a）は化合物B2、（b）は化合物B3、（c）は化合物T2、（d）は化合物T3、（e）は化合物B3NについてのPLスペクトルである。

【図2】本発明の有機発光トランジスタ素子の好ましい一例を示す概略断面図である。

【図3】第1の電極および第2の電極の構成の一例を示す平面図である。

【図4】本発明の有機発光トランジスタ素子の別の好ましい一例を示す概略断面図である。

【図5】本発明の有機発光トランジスタ素子の発光のメカニズムを示す模式図である。

【図6】本発明の有機発光トランジスタ素子を用いた表示装置の一例を示す電気回路図である。

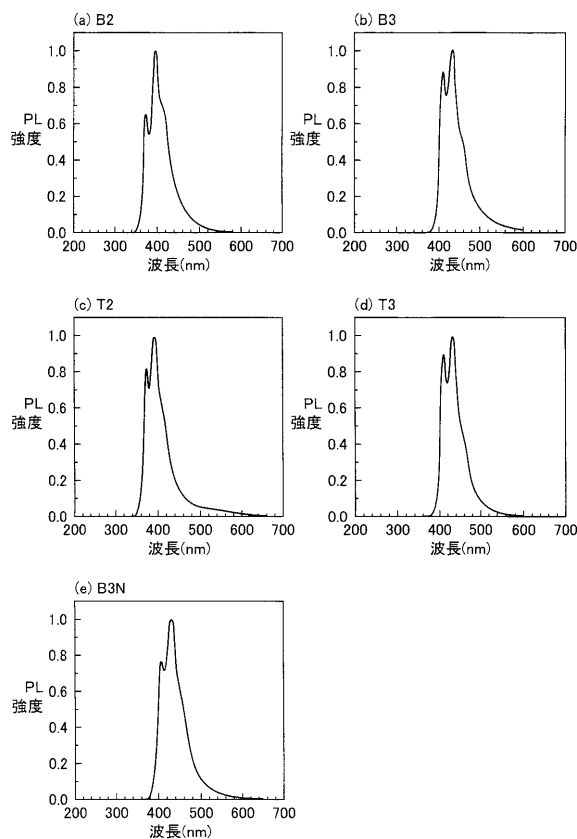
【図7】実施例1～6で得られた有機発光トランジスタ素子の I_d-V_d 特性を示すグラフである。

【符号の説明】

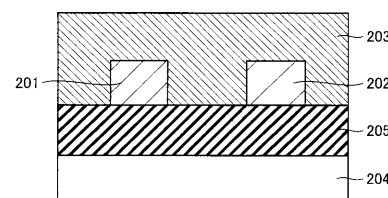
【0077】

201, 301, 401, 501 第1の電極、202, 302, 402, 502 第2の電極、203, 403, 503 有機半導体層、204, 404, 504 第3の電極、205, 405, 505 絶縁層、303, 304 櫛歯形状部、601 基板、602 表示装置、603 走査線駆動回路、604 データ線駆動回路、605 コントローラ。

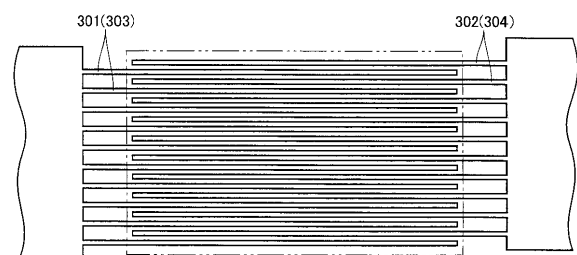
【図1】



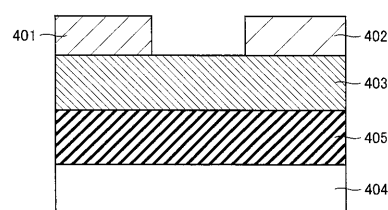
【図2】



【図3】



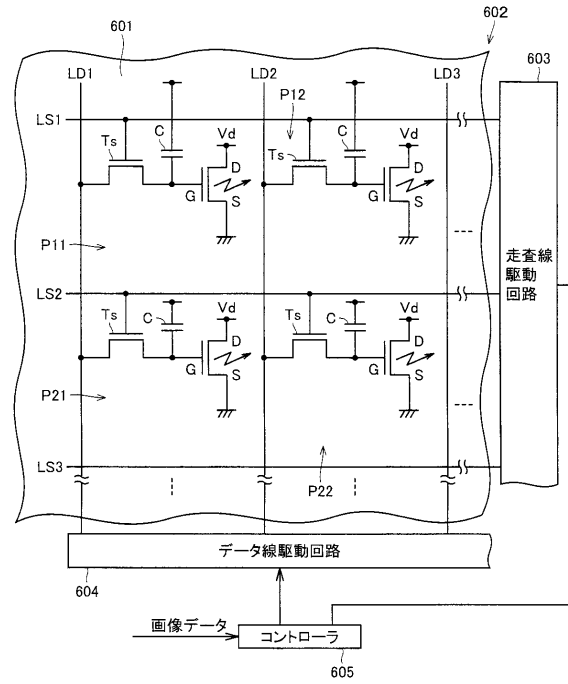
【図4】



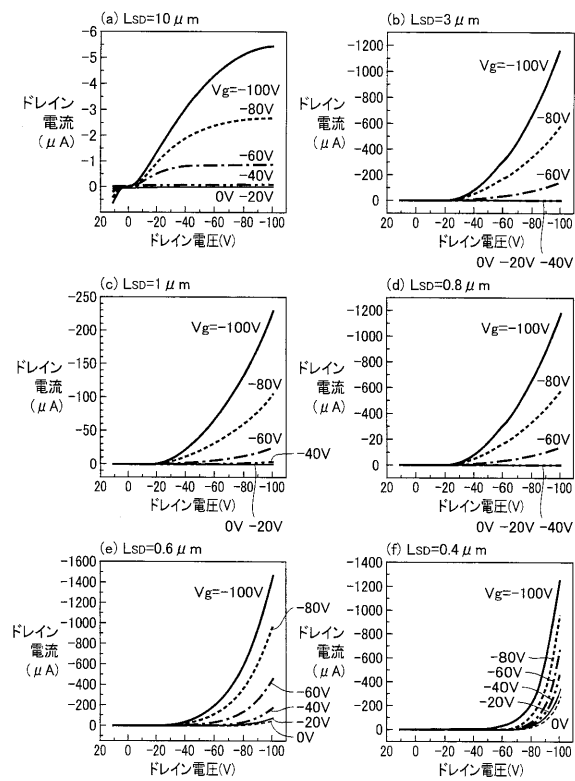
10

20

【図 6】



【圖 7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 29/78 (2006.01) H 0 1 L 29/28 2 5 0 H
H 0 1 L 29/78 6 1 8 B
H 0 1 L 29/78 6 2 2

(73)特許権者 000005968
三菱化学株式会社
東京都港区芝4丁目14番1号

(73)特許権者 000116024
ローム株式会社
京都府京都市右京区西院溝崎町21番地

(74)代理人 100064746
弁理士 深見 久郎

(74)代理人 100085132
弁理士 森田 俊雄

(74)代理人 100083703
弁理士 仲村 義平

(74)代理人 100096781
弁理士 堀井 豊

(74)代理人 100098316
弁理士 野田 久登

(74)代理人 100109162
弁理士 酒井 将行

(72)発明者 安達 千波矢
北海道千歳市美々758-65 千歳科学技術大学 光科学部内

(72)発明者 小山田 崇人
北海道千歳市美々758-65 千歳科学技術大学 光科学部内

(72)発明者 チャーンチー・ウー
台湾台北市大安区羅斯福路4段1号 国立台湾大学内

審査官 小川 由美

(56)参考文献 特開2007-223904 (JP, A)
台湾特許第253873 (TW, B)
米国特許出願公開第2006/0183042 (US, A1)
米国特許出願公開第2005/0025993 (US, A1)
国際公開第2004/016709 (WO, A1)
Organic Letters, 2006年, 8(7), 1415-1418
Applied Physics Letters, 2005年, 87, 242107
Proceedings of SPIE, 2005年, 5937(Organic Light-Emitting Materials an, 5937A1-A9
Journal of the American Chemical Chemistry, 2002年, 124(39), 11576-11577

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C 0 9 K 1 1 / 0 6
C A p l u s (STN)
R E G I S T R Y (STN)

专利名称(译)	有机发光晶体管材料，使用其的有机发光晶体管元件，以及显示装置		
公开(公告)号	JP4931051B2	公开(公告)日	2012-05-16
申请号	JP2006230851	申请日	2006-08-28
[标]申请(专利权)人(译)	国立大学法人京都大学 国立台湾大学 日本电信电话株式会社 日本先锋公司 株式会社日立制作所 三菱化学株式会社 罗姆股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	国立大学法人京都大学 国立台湾大学 日本电信电话株式会社 先锋公司 株式会社日立制作所 三菱化学株式会社 ROHM株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	国立大学法人京都大学 国立台湾大学 日本电信电话株式会社 先锋公司 株式会社日立制作所 三菱化学株式会社 ROHM株式会社		
[标]发明人	安達千波矢 小山田崇人 チャンチーウー		
发明人	安達 千波矢 小山田 崇人 チャン-チー-ウー		
IPC分类号	C09K11/06 H01L51/50 H05B33/26 H01L51/05 H01L51/30 H01L29/786		
FI分类号	C09K11/06.610 H05B33/14.B H05B33/26.Z C09K11/06.645 H01L29/28.100.A H01L29/28.250.H H01L29/78.618.B H01L29/78.622		
F-TERM分类号	3K107/AA02 3K107/BB01 3K107/CC04 3K107/DD25 3K107/DD30 3K107/DD59 3K107/EE03 5F110/AA01 5F110/BB02 5F110/BB13 5F110/CC03 5F110/CC07 5F110/DD01 5F110/DD02 5F110/DD05 5F110/EE08 5F110/FF02 5F110/FF27 5F110/GG05 5F110/GG25 5F110/GG28 5F110/GG42 5F110/HK02 5F110/HK04 5F110/HK06 5F110/HK21 5F110/HM04 5F110/NN72 5F110/QQ14		
代理人(译)	森田俊夫 堀井裕 酒井 将行		
审查员(译)	小川由美		
其他公开文献	JP2008050529A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种表现蓝光发光并且在发光效率和载流子迁移率方面具有良好特性的有机发光晶体管材料，以及使用该材料的有机发光晶体管元件。溶剂：有机发光晶体管材料包括由式（1）或式（2）表示的二芳基苄化合物。提供使用其的有机发光晶体管元件。在式（1）中， R^1 和 R^2 可以相同或不同并且表示每个H或可以被取代的直链或支链烷基；Z表示C-H或N；n表示2或3。在式（2）中， R^1 和 R^2 可以相同或不同并且表示每个H或可以是直链或支链烷基。被取代；n表示2或3。

