

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6025874号
(P6025874)

(45) 発行日 平成28年11月16日 (2016.11.16)

(24) 登録日 平成28年10月21日 (2016.10.21)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 51/50 (2006.01)

H O 5 B 33/14 A

H O 1 L 29/786 (2006.01)

H O 5 B 33/22 B

H O 1 L 51/05 (2006.01)

H O 5 B 33/22 D

H O 1 L 29/78 6 1 8 B

H O 1 L 29/28 1 0 0 A

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2014-558244 (P2014-558244)
 (86) (22) 出願日 平成25年2月21日 (2013.2.21)
 (65) 公表番号 特表2015-513795 (P2015-513795A)
 (43) 公表日 平成27年5月14日 (2015.5.14)
 (86) 国際出願番号 PCT/IB2013/051400
 (87) 国際公開番号 W02013/128344
 (87) 国際公開日 平成25年9月6日 (2013.9.6)
 審査請求日 平成28年2月1日 (2016.2.1)
 (31) 優先権主張番号 M12012A000284
 (32) 優先日 平成24年2月27日 (2012.2.27)
 (33) 優先権主張国 イタリア (IT)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 513161494
 エ・ティ・チ・エッセ・エツレ・エツレ
 イタリア・ボローニャ・1-40129・
 ボローニャ・ヴィア・ピエーロ・ゴベッテ
 イ・101
 (74) 代理人 100108453
 弁理士 村山 靖彦
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100089037
 弁理士 渡邊 隆
 (74) 代理人 100110364
 弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分散した発光を有する有機発光電界効果アンバイポーラトランジスタ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エレクトロルミネッセント有機電界効果アンバイポーラトランジスタであって、

・ゲート電極と、

・前記ゲート電極上に配される誘電体層と、

・エネルギーバンドが最高被占分子軌道 H O M O - S C p 及び最低空分子軌道 L U M O - S C p によって決定される P 型半導体層、エネルギーバンドが最高被占分子軌道 H O M O - S C n 及び最低空分子軌道 L U M O - S C n によって決定される N 型半導体層 (S C n)、並びに逆符号の電荷キャリアの再結合を可能にするように適合され、前記 P 型半導体層及び前記 N 型半導体層の中間に配される発光層を備え、前記発光層は代替的にエネルギーバンドが最高被占分子軌道 H O M O - R 及び最低空分子軌道 L U M O - R によって決定される単一の材料、または一つのホスト材料及び一つ以上のゲスト材料から構成されるホスト-ゲスト系から構成され、前記ホスト材料はエネルギーバンドが最高被占分子軌道 H O M O - H 及び最低空分子軌道 L U M O - H によって決定され、一つまたは複数の前記ゲスト材料は各エネルギーバンドが最高被占分子軌道 H O M O - G 及び最低空分子軌道 L U M O - G によってそれぞれ決定される、前記誘電体層上に配されるアンバイポーラチャンネルと、

・第一型の電荷を注入するのに適合されたソース電極及び第二型の電荷を注入するのに適合されたドレイン電極と、を備える積層された層の構造を有し、

・前記ソース電極及びドレイン電極は、前記 P 型半導体層または前記 N 型半導体層の上

10

20

層と接触し、前記P型半導体層または前記N型半導体層の底層は前記誘電体層と接触し、

・前記P型半導体層または前記N型半導体層の前記上層及び前記発光層の界面における実行的な電界効果移動度の値と、前記P型半導体層または前記N型半導体層の前記底層及び前記誘電体層の界面における実行的な電界効果移動度の値との比が0.05から20の範囲内であり；

・前記P型半導体層が前記誘電体層と接触し、前記発光層が単一の材料から構成される場合には；

- HOMO - RレベルとHOMO - SCnレベルの差は0.2 eVから1 eVであり、
- LUMO - RレベルとLUMO - SCnレベルの差は0.2 eVから0.8 eVであり、

- HOMO - RレベルとHOMO - SCpレベルの差は0 eVから0.5 eVであり、
- LUMO - RレベルとLUMO - SCpレベルの差は-1 eVから0 eVであり；

・前記N型半導体層が前記誘電体層と接触し、前記発光層が単一の材料から構成される場合には；

- HOMO - RレベルとHOMO - SCnレベルの差は0 eVから1 eVであり、
- LUMO - RレベルとLUMO - SCnレベルの差は-0.5 eVから0 eVであり、

- HOMO - RレベルとHOMO - SCpレベルの差は-0.2 eVから-0.8 eVであり、
- LUMO - RレベルとLUMO - SCpレベルの差は-0.2 eVから-1 eVであり；

・前記P型半導体層が前記誘電体層と接触し、前記発光層がホスト ゲスト系から構成される場合には；

- HOMO - HレベルとHOMO - SCnレベルの差は0.2 eVから1 eVであり、
- LUMO - HレベルとLUMO - SCnレベルの差は0.2 eVから3 eVであり、

- HOMO - HレベルとHOMO - SCpレベルの差は0 eVから0.5 eVであり、
- LUMO - HレベルとLUMO - SCpレベルの差は-1 eVから3 eVであり、

全てのゲスト材料に対して；
- LUMO - GレベルとLUMO - SCnレベルの差は0.3 eVから-1 eVであり、

- HOMO - GレベルとHOMO - Hレベルの差は0 eVから1 eVであり；

・前記N型半導体層が前記誘電体層と接触し、前記発光層がホスト ゲスト系から構成される場合には；

- HOMO - HレベルとHOMO - SCnレベルの差は-3 eVから1 eVであり、
- LUMO - HレベルとLUMO - SCnレベルの差は-0.5 eVから0 eVであり、

- HOMO - HレベルとHOMO - SCpレベルの差は-0.2 eVから-3 eVであり、
- LUMO - HレベルとLUMO - SCpレベルの差は-0.2 eVから-1 eVであり、

全てのゲスト材料に対して；
- HOMO - GレベルとHOMO - SCpレベルの差は-0.3 eVから1 eVであり、

- LUMO - GレベルとLUMO - Hレベルの差は0 eVから-1 eVであることを特徴とするトランジスタ。

【請求項2】
前記比が0.7から1.3の範囲内である、請求項1に記載のトランジスタ。

【請求項3】
前記P型半導体層または前記N型半導体層の前記上層及び前記発光層の界面における前記実行的な電界効果移動度の値と、前記P型半導体層または前記N型半導体層の前記底層

【請求項4】
前記P型半導体層または前記N型半導体層の前記上層及び前記発光層の界面における前記実行的な電界効果移動度の値と、前記P型半導体層または前記N型半導体層の前記底層

【請求項5】
前記P型半導体層または前記N型半導体層の前記上層及び前記発光層の界面における前記実行的な電界効果移動度の値と、前記P型半導体層または前記N型半導体層の前記底層

【請求項6】
前記P型半導体層または前記N型半導体層の前記上層及び前記発光層の界面における前記実行的な電界効果移動度の値と、前記P型半導体層または前記N型半導体層の前記底層

【請求項7】
前記P型半導体層または前記N型半導体層の前記上層及び前記発光層の界面における前記実行的な電界効果移動度の値と、前記P型半導体層または前記N型半導体層の前記底層

【請求項8】
前記P型半導体層または前記N型半導体層の前記上層及び前記発光層の界面における前記実行的な電界効果移動度の値と、前記P型半導体層または前記N型半導体層の前記底層

【請求項9】
前記P型半導体層または前記N型半導体層の前記上層及び前記発光層の界面における前記実行的な電界効果移動度の値と、前記P型半導体層または前記N型半導体層の前記底層

10

20

30

40

50

及び前記誘電体層の界面における前記実行的な電界効果移動度の値が、少なくとも $10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ である、請求項 1 に記載のトランジスタ。

【請求項 4】

前記ソース電極及び前記ドレイン電極間の距離が $20 \mu\text{m}$ から $300 \mu\text{m}$ である、請求項 1 に記載のトランジスタ。

【請求項 5】

前記発光層と、前記 P 型半導体層または前記 N 型半導体層のそれぞれとの界面における表面ラフネスが 0.2 nm から 10 nm の範囲内である、請求項 1 に記載のトランジスタ。

【請求項 6】

10

前記表面ラフネスが 0.2 nm から 5 nm の範囲内である、請求項 5 に記載のトランジスタ。

【請求項 7】

前記アンバイポーラチャンネルを形成する材料が 99.8% から 99.999% の間の純度を有する、請求項 1 に記載のトランジスタ。

【請求項 8】

前記純度が 99.99% から 99.999% の間である、請求項 7 に記載のトランジスタ。

【請求項 9】

前記ソース電極及び前記ドレイン電極が同じ材料からなる、請求項 1 に記載のトランジスタ。

20

【請求項 10】

前記 P 型半導体層が前記誘電体層と接触し、前記発光層が単一の材料から構成されている場合には：

- LUMO - R レベルと LUMO - SCn レベルの差は 0.2 eV から 0.6 eV であり、
- HOMO - R レベルと HOMO - SCp レベルの差は 0.2 eV から 0.5 eV であり、
- LUMO - R レベルと LUMO - SCp レベルの差は -1 eV から -0.2 eV であり；

30

前記 N 型半導体層が前記誘電体層と接触し、前記発光層が単一の材料から構成されている場合には：

- HOMO - R レベルと HOMO - SCn レベルの差は 0.2 eV から 1 eV であり、
- LUMO - R レベルと LUMO - SCn レベルの差は -0.5 eV から -0.2 eV であり、
- HOMO - R レベルと HOMO - SCp レベルの差は -0.2 eV から -0.6 eV である、請求項 1 に記載のトランジスタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は分散した発光を有する有機発光電界効果トランジスタに関連する。

【0002】

本明細書及び添付の特許請求の範囲中で使用される分散した発光との語は、 $20 \mu\text{m}$ 以上の距離による発光を意味する。

【背景技術】

【0003】

OLET (有機発光トランジスタ) としても知られる有機エレクトロルミネッセント電界効果トランジスタは比較的最近の種類のデバイスであり、特に興味深い特性及び潜在性を有する。特にOLED (有機発光ダイオード) と比較した時に、アンバイポーラOLETは向上した効率及び光度を有し、最適化されれば安価な製造プロセスを使用する可能性

50

を有する。

【0004】

アンバイポーラOLETデバイスに関するより詳細な構造は欧州特許の特許文献1に見受けられ得る。これらのデバイスの潜在性及び機能的な特性に関しては、非特許文献1に詳細が見受けられ得る。その内部で再結合により光放射を起こすアンバイポーラ（両方の電荷キャリアを運ぶことを意味する）チャンネル内の限られた非常に狭い領域に集中しているにもかかわらず、これまで全ての研究および特性評価はこれらのデバイスが向上した光度を有することを示している。特に、上述の文献中で示されたようなこれまでつくられたアンバイポーラOLETは幅10 μmもの照光領域を有する。

【0005】

この空間的に制限された放射は有機電子デバイスの全てのクラスで問題を起こすわけではなく、例えばセンサーデバイスの分野においては利点であり得る。この使用は特許文献2に記載されている。それでも、広いまたは分散した光源が必要なときには可能な用途分野が制限される。例えば周囲照明、エレクトロルミネッセントディスプレイ技術、所謂ポイントオブケア（Point of Care）生物医学的用途、フォトリソグラフィ上に統合された高輝度の光源などの分野である。

【0006】

非特許文献2及び非特許文献3に三層のOLETデバイスが開示されている。これらのデバイスは、文献中でも強調されているように、空間的に制限された照明を生じ、分散した照明を生じるには不適當であり、使用の可能性を妥当に制限する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】欧州特許第1609195号明細書

【特許文献2】国際公開第2010/049871号

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】「Organic light-emitting transistors with an efficiency that outperforms the equivalent light-emitting diodes」、Nature Materials、2010年、9巻、496-503頁

【非特許文献2】Jung Hwa Seo著、「Solution-processed organic light-emitting transistors incorporating conjugated polyelectrolytes」、Adv. Funct. Mater.、2011年、21巻、3667-3672頁

【非特許文献3】Edinazar B. Nandas著、「Organic light emitting complementary inverters」、Applied Physics Letters、2010年、96巻、043304号

【非特許文献4】Wegewijs著、Synthetic Metals、101巻、534-535頁

【非特許文献5】Organic Electronics、7巻、276-286頁

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0009】

従って本発明の目的は、電界効果トランジスタの照光領域の限定された拡張を参照しつつ、従来技術の問題を解決することである。第一の態様によれば、以下を含む、一層ずつ積層された構造を有する有機発光電界効果アンバイポーラトランジスタである：

ゲート電極と、

上記ゲート電極上の誘電体層と、

上記誘電体層上のアンバイポーラチャンネルであって、エネルギーバンドが最高被占分

10

20

30

40

50

子軌道 $HOMO - SCp$ 及び最低空分子軌道 $LUMO - SCp$ で決定される P 型半導体と、エネルギーバンドが最高被占分子軌道 $HOMO - SCn$ 及び最低空分子軌道 $LUMO - SCn$ で決定される N 型半導体と、エネルギーバンドが最高被占分子軌道 $HOMO - R$ 及び最低空分子軌道 $LUMO - R$ で決定され、上記 P 型半導体層と N 型半導体層との間に配され、逆符号の電荷キャリアの再結合を可能にするように適した発光層と、をそれぞれ備えるアンバイポーラチャンネルと、

第一型の電荷を注入するのに適合されたソース電極及び第二型の電荷を注入するのに適合されたドレイン電極であって、上記ソース電極及びドレイン電極は上記 P 型または N 型半導体層の同一層に接触し、上記半導体層の他方は誘電体層と接触するソース電極及びドレイン電極。

10

【0010】

上記新規な電界効果トランジスタは分散した発光を生じることが出来る。なぜならば上記アンバイポーラチャンネルの層は、

上記半導体層 (SCn ; SCp) の一方及び上記発光層 (R) の界面における実行的な電界効果移動度 ($m2$) の値と、上記半導体層 (SCp ; SCn) の他方及び上記誘電体層 (Die) の界面における実行的な電界効果移動度 ($m1$) の値との比が 0.05 から 20 の範囲であるように実現され、

P 型半導体層 (SCp) が誘電体層 (Die) と接触している場合には、

- $HOMO - R$ レベルと $HOMO - SCn$ レベルとの差は 0.2 eV から 1 eV であり、
- $LUMO - R$ レベルと $LUMO - SCn$ レベルとの差は 0.2 eV から 0.8 eV であり、

20

- $HOMO - R$ レベルと $HOMO - SCp$ レベルの差は 0 eV から 0.5 eV であり、
- $LUMO - R$ レベルと $LUMO - SCp$ レベルの差は - 1 eV から 0 eV であり、

N 型半導体層 (SCn) が誘電体層 (Die) と接触している場合には、

- $HOMO - R$ レベルと $HOMO - SCn$ レベルの差は 0 eV から 1 eV であり、
- $LUMO - R$ レベルと $LUMO - SCn$ レベルの差は - 0.5 eV から 0 eV であり、
- $HOMO - R$ レベルと $HOMO - SCp$ レベルの差は - 0.2 eV から - 0.8 eV であり、

- $LUMO - R$ レベルと $LUMO - SCp$ レベルの差は - 0.2 eV から - 1 eV であるからである。

30

【0011】

好ましい実施形態において、発光層はホスト ゲスト ($H - G$) 系であり、ホスト材料と 1 以上のゲスト材料から構成され、最高被占分子軌道 $HOMO - H$ ($HOMO - G$) 及び最低空分子軌道 $LUMO - H$ ($LUMO - G$) によって決定されるエネルギーバンドによってそれぞれ特徴づけられる。デバイスによる発光のスペクトルを調整するのに複数のゲスト材料を使用することが便利であり得る。発光層がホスト ゲスト系である新規な電界効果トランジスタは分散した発光を生じることが出来る。なぜならば、上記アンバイポーラチャンネルの層は、

上記半導体層 (SCn ; SCp) の一方及び上記発光層 (R) の界面における実行的な電界効果移動度 ($m2$) の値と、上記半導体層 (SCp ; SCn) の他方及び上記誘電体層 (Die) の界面における実行的な電界効果移動度 ($m1$) の値との比が 0.05 から 20 の範囲であるように実現され、

40

P 型半導体層 (SCp) が誘電体層 (Die) と接触している場合には、

- $HOMO - H$ レベルと $HOMO - SCn$ レベルとの差は 0.2 eV から 1 eV であり、
- $LUMO - H$ レベルと $LUMO - SCn$ レベルとの差は 0.2 eV から 3 eV であり、
- $HOMO - H$ レベルと $HOMO - SCp$ レベルの差は 0 eV から 0.5 eV であり、
- $LUMO - H$ レベルと $LUMO - SCp$ レベルの差は - 1 eV から 3 eV であり、

全てのゲスト材料に対して

- $LUMO - G$ レベルと $LUMO - SCn$ レベルの差は 0.3 eV から - 1 eV であり、
- $HOMO - G$ レベルと $HOMO - H$ レベルの差は 0 eV から 1 eV であり；

50

N型半導体層 (S C n) が誘電体層 (D i e) と接触している場合には、
- H O M O - H レベルと H O M O - S C n レベルとの差は - 3 e V から 1 e V であり、
- L U M O - H レベルと L U M O - S C n レベルとの差は - 0 . 5 e V から 0 e V であり、
、
- H O M O - H レベルと H O M O - S C p レベルの差は - 0 . 2 e V から - 3 e V であり、
、
- L U M O - H レベルと L U M O - S C p レベルの差は - 0 . 2 e V から - 1 e V であり、
、
全てのゲスト材料に対して、
- H O M O - G レベルと H O M O - S C p レベルの差は - 0 . 3 e V から 1 e V であり、
- L U M O - G レベルと L U M O - H レベルの差は 0 e V から - 1 e V であるからである。

10

【 0 0 1 2 】

好ましい実施形態によると、上記で定められた実行的な電界効果移動度 m_1 及び m_2 の値の比は 0 . 7 から 1 . 3 の範囲である。さらに好ましい実施形態によると、上記条件に加えて、電界効果移動度 m_1 及び m_2 の最小値が $10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ である。本願の特許請求の範囲は本明細書の統合された部分であり、参照によってこの中に編入される。

【 0 0 1 3 】

本発明は以下の図面を参照して説明される。

【図面の簡単な説明】

20

【 0 0 1 4 】

【図 1 A】図 1 A 及び図 1 B は二つの画期的な O L E T デバイスの実施形態を概略的に示す。

【図 1 B】図 1 A 及び図 1 B は二つの画期的な O L E T デバイスの実施形態を概略的に示す。

【図 2 A】図 2 A 及び図 2 B は、アンバイポーラ条件下で作動された二つの異なる O L E T デバイスの照光チャンネルの 3 次元デジタル合成である。

【図 2 B】図 2 A 及び図 2 B は、アンバイポーラ条件下で作動された二つの異なる O L E T デバイスの照光チャンネルの 3 次元デジタル合成である。

【図 3】図 7 に示される比較例で用いられた N 型半導体材料の層を実現するのに使用された分子系 S L V - 1 3 1 の化学構造を示す。

30

【図 4 A】図 4 A 及び図 4 B は画期的な O L E T デバイスの他の実施形態であり、それぞれ P 型及び N 型の導電型であり、誘電体層と接触する S C P 及び S C N 半導体層が強調されている。

【図 4 B】図 4 A 及び図 4 B は画期的な O L E T デバイスの他の実施形態であり、それぞれ P 型及び N 型の導電型であり、誘電体層と接触する S C P 及び S C N 半導体層が強調されている。

【図 5】本発明による O L E T デバイスの構造を示し、P 型半導体層が誘電体層と接触し、発光層がホスト ゲスト系から構成され、各グラフはオプトエレクトロニクス特性を示す。

40

【図 6】本発明による O L E T デバイスの構造を示し、P 型半導体層が誘電体層と接触し、発光層が図 5 とホスト材料が同一であり、ゲスト材料が異なるホスト ゲスト系から構成され、各グラフはオプトエレクトロニクス特性を示す。

【図 7】本発明によらない O L E T デバイスの構造を示し、P 型半導体層 (D H 4 T) が誘電体層と接触し、発光層がトリス (8 - キノリノラト) アルミニウム (A l q ₃) で構成され、N 型半導体層 (S L V 1 3 1) が上記発光層上に位置し、使用される材料のエネルギーバンドを示し、各グラフはオプトエレクトロニクス特性を示す。

【図 8 A】図 8 A から 8 D は分散した発光を有する画期的な O L E T の構造の層に使用される可能性のある材料の L U M O 及び H O M O レベルを示す。

【図 8 B】図 8 A から 8 D は分散した発光を有する画期的な O L E T の構造の層に使用さ

50

れる可能性のある材料のLUMO及びHOMOレベルを示す。

【図8C】図8Aから8Dは分散した発光を有する画期的なOLETの構造の層に使用される可能性のある材料のLUMO及びHOMOレベルを示す。

【図8D】図8Aから8Dは分散した発光を有する画期的なOLETの構造の層に使用される可能性のある材料のLUMO及びHOMOレベルを示す。

【発明を実施するための形態】

【0015】

図1A及び図1Bを参照して、本発明に係るトランジスタのアンバイポーラチャンネルは三層構造から構成される。最外層SC1及びSC2は半導体材料で構成され、発光層R内で逆符号の電荷キャリアが再結合し、結果的に、その材料またはこの層を構成する材料の発光特性によって可能になる発光を伴う。

10

【0016】

発明者らは分散した発光を再現可能な方法で得るためのOLET構造の特定の特徴を発見した。分散した発光とは上記で定めたとおり、少なくとも $20\mu\text{m}$ にわたって広がる（幾何学的に）ブロードな発光である。本発明に関連した利点はアンバイポーラOLETの実施形態でさらに明らかであり、その中ではチャンネルは数百マイクロメートル照光される。明らかにこれらのデバイス中でアンバイポーラチャンネルは十分に幅広くなければならず、すなわちアンバイポーラチャンネルは照光領域以上に幅広の大きさを有している。アンバイポーラチャンネルの大きさはトランジスタのソース電極及びドレイン電極間の距離によって決定される。必要以上に大きなデバイスを製造するのを避ける要望のために適切な距離も決定され、本発明の好ましい実施形態中にも、アンバイポーラチャンネルのかなりの部分を照光することができ、典型的には33%未満ではなく、特定の場合、特にアンバイポーラチャンネルが $150\mu\text{m}$ 未満の場合には、この部分はその大きさの100%近くであり得ることが可能であるという事実が考慮されている。さらに、幅広のチャンネル中では分散現象と、実行的な移動度間の差の影響とが関連するようになり、ソース電極とドレイン電極との距離が $20\mu\text{m}$ から $300\mu\text{m}$ である、分散した発光を有するアンバイポーラOLETが好ましくなる。

20

【0017】

バルクの移動度という言葉については、ある型の電荷キャリアについての材料固有の輸送特性が意図される。

30

【0018】

室温で、多結晶半導体ダストに実施される、パルス放射線照射時間分解マイクロ波導電率測定（例えば科学文献の非特許文献4に開示されている）によって、材料固有の移動度の値を得ることができる。なぜならば、結晶ドメインのサイズまたはグレインエッジの存在による影響を受けないからであり、 $10\text{V}/\text{cm}$ 程度の電界が印加される。

【0019】

電界効果移動度は、電界効果デバイス中の機能する条件の際に、電荷キャリアを輸送する材料の特性を表す。この値はバルクの移動度の値とは密接に関連しない。実際に、この場合では、移動度は、バルクの現象ではなく、本質的に表面の現象や表層の相互作用によって決定される。ただの1例として、ポリ（3-ヘキシルチオフェン）（P3HT）の場合について考慮すると、金属 絶縁体 半導体（MIS）ダイオード中で測定したバルクの移動度は $9.3 \times 10^{-7} \text{cm}^2/\text{Vs}$ であり、飽和条件における電界効果移動度は $1.7 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{Vs}$ である（非特許文献5）。

40

【0020】

DH4Tの電界効果移動度の測定は、以下のように構成される単層有機電界効果トランジスタ（OFET）のLocu s電気特性（ $V_{DS} = V_{GS}$ 、 V_{DS} は0から -100V ）から得られる：ガラス製のデバイス基板、ITOの 150nm の一層からなるゲート電極、PMAの 450nm の一層からなる誘電体層、DH4Tの 10nm の一層からなる半導体層、金の 50nm の一層からなるソース及びドレイン電極。しきい電圧が約 -25V で、約 $0.1 \text{cm}^2/\text{Vs}$ の電界効果移動度、DH4Tの多結晶ダスト上で 0.015

50

cm^2 / Vs の移動度値が得られた。

【 0 0 2 1 】

上述の内容に加えて、実行的な電界効果移動度によって電荷の移動度についての更なるレベルの定義が与えられる。この移動度は分析下の対象デバイス中で実行的に得られるものであり、電流 - 電位特性によって得られ得る。典型的には、単純化された参照構造中、すなわち、単一半導体層の電界効果トランジスタ (O F E T)、で測定された電界効果移動度とは異なる。

【 0 0 2 2 】

電界効果移動度の値は、例えば材料の同一層が、金電極及び Alq_3 でできた再結合層 R の中間に配される半導体 SC2 として働く、ユニポーラ輸送条件下で 3 層の構造体にバイアスをかけて得られるデバイス中の実行的な電界効果移動度と比較され得る。例えば、発明者らによって測定された特定の場合には、DH4T の実行的な電界効果移動度は約 $0.002 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であり、しきい電圧は約 -60 V である。

【 0 0 2 3 】

出願人によって実行されたテストによって、分散した発光を有するアンバイポーラトランジスタを得るためには、実質的に二つの条件が確認されなければならないことが分かった：

【 0 0 2 4 】

(1) 二つの異なる型の電荷キャリアの、それぞれの界面 SC1 - Die 及び SC2 - R における実行的な電界効果移動度 m_1 及び m_2 の比が 0.05 から 20 の間であること

(2) 発光層が単一の材料から構成される場合には、アンバイポーラチャンネルの層の材料の LUMO 及び HOMO の値の差が以下の制約を満たすべきである：

P 型半導体層 (SCp) が誘電体層 (Die) と接触している場合には、

- HOMO - R レベルと HOMO - SCn レベルの差は 0.2 eV から 1 eV であり、
- LUMO - R レベルと LUMO - SCn レベルの差は 0.2 eV から 0.8 eV であり、

- HOMO - R レベルと HOMO - SCp レベルの差は 0 eV から 0.5 eV であり、
- LUMO - R レベルと LUMO - SCp レベルの差は -1 eV から 0 eV であり；

N 型半導体層 (SCn) が誘電体層 (Die) と接触している場合には：

- HOMO - R レベルと HOMO - SCn レベルの差は 0 eV から 1 eV であり、
- LUMO - R レベルと LUMO - SCn レベルの差は -0.5 eV から 0 eV であり、
- HOMO - R レベルと HOMO - SCp レベルの差は -0.2 eV から -0.8 eV であり、

- LUMO - R レベルと LUMO - SCp レベルの差は -0.2 eV から -1 eV であり；

発光層がホスト - ゲスト (H - G) 系である場合は、アンバイポーラチャンネルの層の材料の LUMO 及び HOMO 間の差は以下の制限を満たさなければならない：

P 型半導体層 (SCp) が誘電体層 (Die) と接触している場合には、

- HOMO - H レベルと HOMO - SCn レベルの差は 0.2 eV から 1 eV であり、
- LUMO - H レベルと LUMO - SCn レベルの差は 0.2 eV から 3 eV であり、
- HOMO - H レベルと HOMO - SCp レベルの差は 0 eV から 0.5 eV であり、
- LUMO - H レベルと LUMO - SCp レベルの差は -1 eV から 3 eV であり、

全てのゲスト材料に対して、

- LUMO - G レベルと LUMO - SCn レベルの差は 0.3 eV から -1 eV であり、
- HOMO - G レベルと HOMO - H レベルの差は 0 eV から 1 eV であり；

N 型半導体層 (SCn) が誘電体層 (Die) と接触している場合には、

- HOMO - H レベルと HOMO - SCn レベルの差は -3 eV から 1 eV であり、
- LUMO - H レベルと LUMO - SCn レベルの差は -0.5 eV から 0 eV であり、
- HOMO - H レベルと HOMO - SCp レベルの差は -0.2 eV から -3 eV であり

、
- L U M O - H レベルと L U M O - S C p レベルの差は - 0 . 2 e V から - 1 e V であり

、
全てのゲスト材料に対して、

- H O M O - G レベルと H O M O - S C p レベルの差は - 0 . 3 e V から 1 e V であり、
- L U M O - G レベルと L U M O - H レベルの差は 0 e V から - 1 e V である。

【 0 0 2 5 】

アンバイポーラチャンネルの層間の界面における実行的な電界効果移動度の値は、それを制御することができる様々な要因に影響される。特に、キャリアの移動度は、使用される材料の純度を高める / 低めることによって、または結晶粒のサイズを大きくする / 小さくすることによって大きく / 小さくなる。さらに、界面における電界効果移動度を大きくするために、便利に、層の表面のラフネスを低減することや、互いに接触して配された時に化学反応しない材料を選択し、界面に沿った電荷キャリアの移動の障害物を界面に形成するのを防ぐことが可能である。この分野で周知の技術によってこれらのパラメータを単独または適切に組み合わせて調整することによって、当業者はそれぞれの界面 S C 1 - D i e 及び S C 2 - R における二つの異なる型の電荷についての実行的な電界効果移動度 m_1 及び m_2 の比が上記範囲内であるように O L E T デバイスの製造プロセスを採用することができる。

10

【 0 0 2 6 】

(2) の条件はアンバイポーラチャンネルが実現される材料を適切に選択することによって実証され得る。当業者であれば、O L E T デバイスの作製に適合することができる材料の中から、(2) の条件を満たす、S C p 層用の P 型半導体材料、S C n 層用の N 型半導体材料及び再結合層 R 用の一種以上の材料を選択することができるだろう。

20

【 0 0 2 7 】

限定ではない例示として、S C p 層は D H - 4 T でもよく、S C n 層は D H F - 4 T でもよく、再結合層 R は A l q 3 - P t O E P または T C T A - P t O E P または T C T A - D C M 2 または A l q 3 単独、または 1 , 3 - ジ (2 - ピリジル) - 5 - メチル - ベンゼン白金 (I I) クロリド複合体単独からなるホスト ゲスト系でもよい。一般的に、O L E T デバイスに使用でき、(1) 及び (2) の条件を満足するように適合されれば、他の材料を選択することが可能である。

30

【 0 0 2 8 】

一つの実施形態では、実行的な移動度が過度に影響されるのを防ぐために、半導体層 S C 1、S C 2 及び発光層 R 間の界面におけるラフネスは 0 . 2 n m から 1 0 n m の間である。本明細書及び特許請求の範囲では、ナノスケールで表現されたラフネスの測定は、実際の表面プロファイルの、平均線からの偏差の算術平均値を表す。好ましくは、界面における上記ラフネスは 0 . 2 n m から 5 n m である。

【 0 0 2 9 】

別の実施形態によれば、材料の純度が特定のレベル内で制御される。この場合にも、非現実的で理論的な 1 0 0 % の純粋理想材料の場合を除いて、分散した発光を有する発光トランジスタを実現するのに有用な純度の間隔が決定されるべきである。すなわち、工業的実行可能性 (非常に高い純度レベルを有する材料を使用することの必要性によって危険にさらされ得る) と、十分に純粋でなく、チャンネルの分散された照明の技術的効果の達成を妨げる材料の使用との間の微妙な妥協点を定めることである。特に、本発明に係るトランジスタのアンバイポーラチャンネルを構成する材料の純度が 9 9 . 8 から 9 9 . 9 9 9 %、好ましくは 9 9 . 9 9 % から 9 9 . 9 9 9 % である時に、この微妙なバランスが満足される。

40

【 0 0 3 0 】

実行的な移動度 m_1 及び m_2 の値の関係性についての更なる考察がなされるべきである。上述した通り、第一半導体層 S C 1 及び誘電体層 D i e の界面における電界効果移動度 m_1 の値と、第二半導体層 S C 2 及び発光層 R の界面における電界効果移動度 m_2 の値と

50

の比は 0.05 から 2.0 である。換言すれば、 m_1 及び m_2 の最大及び最小が 2.0 から 1 である。このことは、実行的な電界効果移動度 m_1 及び m_2 の値が互いに非常に異なっているとしても OLE T デバイスを実現することができることを考慮すると、特に、互いの実行的な電界効果移動度が三桁違っているとしても良好な発光効率を有することが可能な OLE T デバイスを得ることが可能であることを考慮すると、非常に制限的な条件である。このことは m_1 及び m_2 の値の比がこれまでのところ十分に注目されていない理由の一つであり得る。この条件は、(2) の条件と組み合わせて、分散した発光を有する有機発光トランジスタを実現するのに必要であることを明らかにした。

【0031】

分散した発光を有する OLE T の実現のための前記教示を適用する OLE T の可能な構造が図 1 に示されている。

10

【0032】

この特定の実施形態において、発光トランジスタ 10 は支持層としての役割を果たす基板 11 と、その上に、コントロールまたはゲート電極としての役割を果たす電極 12 と、誘電体層 Die と、その上にトランジスタのアンバイポーラチャンネルの二層の半導体層のうちの第一層 SC1 とを備える。半導体層 SC1 上に、発光層 R があり、その上に第二半導体層 SC2 が堆積される。この最終層上に、それぞれトランジスタのソース及びドレインとしての役割を果たす二つの電極 13 及び 13' がある。

【0033】

本発明の教示が適用される第二の代替が図 1B に示されている。この場合には、OLE T 構造 20 は基板 11 上に直接堆積されるソース電極及びドレイン電極 13 及び 13' を予期する。これらの電極は半導体層 SC2 と接触し、その上に発光層 R が配され、その上に半導体層 SC1 が堆積され、その上に誘電体層 Die が配され、その上にゲート電極 12 が堆積される。図 1A 及び図 1B において、様々な要素の大きさ及び寸法の比率は、図の理解を容易にするために実際どおりではない。さらに記述された構造は実施可能なデバイスのタイプの単なる例である。なぜならば、本発明に関連するのは、半導体層 SC1、SC2 及び実行的な移動度についての上記特性を特徴要素とする発光層 R を備えるアンバイポーラチャンネルの存在であるからである。例えば、ただの例として、図 1A に示された構造の確実に等価な変形は、支持基板としての要素 11 を使用しない。その代わりに、その機能はゲート電極それ自体によって果たされ、この場合には、図 1 に示されたよりも大きな大きさを有し、または、参照符号 11 で示された基板は実際には複数の要素から構成される。

20

30

【0034】

一般的に、OLE T 構造において、電極 13 及び 13' の材料は注入される電荷の型(電子、ホール)の機能に最適化され得る。

【0035】

電子の注入のための電極の場合は、カルシウム、マグネシウム、アルミニウム、酸化亜鉛で簡単にコートされた金を使用することが好ましい。

【0036】

ホールの注入のための電極の場合には、金、銀、白金、銅を使用することが好ましい。

40

【0037】

両方の電極を実現するのに同じ材料を使用することも可能である。この場合、作動条件(印加電圧)のみによって、注入される電荷キャリアの型が決まる。この種の構造は、その利点の中で、使用の汎用性が向上し、製造プロセスがより単純で高速化する。この場合、電極を実現するのに適合される特に適した材料は、例えば、金、アルミニウムであり、両者の間では金が好ましい。

【0038】

ホールを運ぶ半導体層を実現するのに用いられ得る材料の中では、オリゴアセン、オリゴチオフエンとオリゴフルオレン、オリゴチオフエンのピリミジン誘導体、及び位置がアルキル鎖で置換されたテトラチオフエンがあり、表面のラフネスが小さく、電界効果

50

移動度が大きいことから後者が好ましい。

【0039】

電子を運び半導体層を実現するのに使用可能な材料の中では、ペリレンおよびオリゴチオフエンのジイミド誘導体、オリゴチオフエンのピリミジン誘導体、チアゾールコアを有するオリゴチオフエン、コロネン誘導体並びに 及び 位置がベルフルオロ鎖で置換されたテトラチオフエンの誘導体があり、電界効果移動度が大きいことから後者が好ましい。

【0040】

電子とホールとの再結合と、それに伴う光放射が生じる発光層 R の材料については、本発明の実現に適合される、特に適した材料は、 Alq_3 、1,3-ジ(2-ピリジル)-5-メチルーベンゼン白金(II)塩化物タイプのシクロメタル化された白金複合体、または様々な方法でドーブされたキノリンアルミニウム格子、例えば、4-(ジシアノメチレン)-2-メチル-6-(p-ジメチルアミノスチリル)-4H-ピラン、白金オクタエチルーポルフィリン、イリジウムアセチルアセトナートのフェニルイソキノリン、などでドーブされたホスト-ゲスト系、またはこれらの分子の組み合わせがドーブされたキノリンアルミニウム格子を含むホスト-ゲスト系である。

【0041】

以後、限定的ではない実施形態の実施例(実施例1)を通して本発明がより詳細に記述される。また上記条件1及び2が同時に確認されないために発光が空間的に制限される反例(実施例2、3及び4)も提供される。

【0042】

[実施例1]

ガラスの第一層を含む基板と、その上のITO(Indium Tin Oxide)層と、その上の誘電体層Dieとしてのポリメチルメタクリレート(PMMA)層と、から分散した発光を有する有機発光電界効果アンバイポーラトランジスタが実現される。半導体材料の第一層SC1がPMMA層上に堆積され、この場合、ジヘキシルテトラチオフエン(DH4T)の厚さ15nmの層がホール輸送層の役割を果たす。ホール輸送層と接触して、8重量%の白金オクタエチルーポルフィリン(PtOEP)を含むトリス(8-キノリノラト)アルミニウム(Alq_3)のホスト-ゲスト混合体から構成される厚さ40nmの発光材料層が存在する。最終的に、三層積層体の最後の要素である、電子を輸送するための半導体層SC2がジヘキシルテトラチオフエン(DHF4T)からなり、20nmの厚さを有する。この最終段階の上に、厚さ50nmで互いに70 μ m離隔した二つの金電極が存在する。上記三層の積層体、DH4T、 Alq_3 +PtOEP及びDHF4Tはトランジスタのアンバイポーラチャンネルを構成する。

【0043】

上記構造を形成するプロセスは、電荷キャリアの電界効果移動度に影響しないために、公知であり、当業者によく知られた技術を用いて最適化される。特に、DH4T及びDHF4Tの二層の成長速度は0.15/sに制御され、 Alq_3 層の成長速度は5/sに制御される。さらに、 Alq_3 へのPtOEPの挿入が、この最終要素の制御された共堆積を通して、所望の割合(8%)で実施される。

【0044】

材料の純度に関しては、DH4Tは二回の再結晶プロセスを経ており、DHF4Tは制御された温度勾配での二回の昇華プロセスを経た。上記実施されたプロセスによって、両材料中の不純物量は0.02~0.001%の範囲に減少した。 Alq_3 は99.99%の純度である。

【0045】

この特定の実施例において、材料の純度によって、工業スケールでのデバイスの実現が可能である材料及び関連する高純度化プロセスを使用して、チャンネルが広範な照光を有するための、実行的な電界効果移動度を保証する。

【0046】

特に、実行的な電界効果移動度を測定するために、トランジスタはユニポーラモードで

10

20

30

40

50

運転される。このデバイスにおいて、負電荷の移動度 $m_2 = 0.2 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 、正電荷の移動度 $m_1 = 0.28 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 、それぞれのしきい電圧 $V_T^N = 50 \text{ V}$ 及び $V_T^P = -60 \text{ V}$ が得られた。

【0047】

条件(2)について考慮すると、それはエネルギーレベルの値についての別の制約に関するが、それらは全て明らかにされており、図8Aに描かれる概要から推察することができる。

【0048】

実施例1で実現されたトランジスタは、ゲート及びソース間の電位差 V_{gs} を -60 V にし、ドレイン及びソース間の電位差 V_{ds} を -100 V にしてアンバイポーラ機能条件で運転され、その発光は Nikon Eclipse 2000-E microscope を用いて、60倍に拡大し、開口率0.7で収集した。

【0049】

得られた結果はトランジスタのチャンネル中の放射の3次元デジタル合成で示されている(図2A)。この実施例では、実施例3と同様に、得られた画像のデジタル合成は読みやすいように白黒に変換されている。

【0050】

[実施例2(比較例)]

実施例1と完全に同じ材料、同じ構造、同じ厚さで、有機発光電界効果アンバイポーラトランジスタが実現される。しかし本実施例では、DH4T及びDFH4Tの二層の成長レートが $0.1 / \text{s}$ に制御されており、Alq₃層の成長レートは $2 / \text{s}$ に制限された。制御された共堆積を通して8%で実施されるPtOEPのAlq₃への挿入も含め、デバイスのその他の全ての特徴は同じである。従ってデバイスの全体構造は、ITO/PMPMA/DH4T(15nm、 $0.1 / \text{s}$)/Alq₃:PtOEP8%(40nm、 $2 / \text{s}$)/DFH4T(20nm、 $0.1 / \text{s}$)/Au(50nm)である。有機層の成長速度を変えたことによって、負電荷についての実行的な移動度 m_2 は $0.006 \text{ cm}^2 \text{ V} / \text{s}$ に、正電荷についての実行的な移動度 m_1 は $0.38 \text{ cm}^2 \text{ V} / \text{s}$ に、それぞれのしきい電圧は $V_T^N = 30 \text{ V}$ 及び $V_T^P = -57 \text{ V}$ になった。条件(1)の実行的な移動度の値の比が満たされていないので、発光アンバイポーラトランジスタの放射は空間的に制限される。従って、実施例2から明らかなように、実行的な移動度についての条件は分散した発光を達成するために極めて重要な要素である。このように重要な条件がすでに参照した非特許文献1には開示及び記載がなく、上記文献は、狭く、明確な空間的な発光を有するOLETを示しているが、分散した発光を変更または達成する方法についての教示も提案もない。

【0051】

[実施例3(比較例)]

上述の実施例とは異なる、OLET構造の概要が図7に描かれている。上記構造において、PMPMA誘電体上に、P型移動度の半導体材料DH4T(厚さ30nm)の層が堆積される。半導体SC1上に、厚さ30nmで発光層としての役割を果たすAlq₃層が堆積される。N型移動度を有し、金電極と接触するSC2層は、厚さ30nmで、実験的な化学式が $\text{C}_{30}\text{H}_{14}\text{O}_2\text{S}_4\text{F}_4$ であり、その分子構造が図3に示される、テトラチオフェンのアリアルカルボニル誘導体(SLV-131)から構成される。

【0052】

図7の構成によると、本実施例の構造はSC1及びSC2それぞれの界面における実行的な電界効果移動度の値の比が二桁であることで特徴づけられるものの、エネルギーレベルについての条件(2)は満たされていることが分かる。条件(1)を満たさないだけでも図2Bで示されるように発光領域の広さが約 $10 \mu\text{m}$ に低減してしまう。図2Bでは、アンバイポーラ機能条件中における照光されたチャンネルの3次元デジタル合成が描かれている。

【0053】

10

20

30

40

50

[実施例 4]

ガラスの第一層を含む基板と、その上のITO層と、その上の誘電体としての役割を果たすポリメチルメタクリレート(PMMA)層とから、有機発光電界効果アンバイポーラトランジスタが実現される。半導体材料の第一層SC1はPMMA層上に堆積され、この場合にはホール輸送層として10nmのジ-ヘキシル-テトラチオフェン(DH4T)からなる。上記SC1と接触して、トリス(4-カルバゾイル-9-イルフェニル)アミン(TCTA)からなる厚さ40nmの発光材料の層があり、三層の積層構造の一番上の要素である電子輸送用の半導体SC2は、ジ-ペルフルオロヘキシル-テトラチオフェン(DHF4T)からなり、厚さ15nmである。SC2上に厚さ50nmで互いに70μm離隔した二つの金電極が存在する。DH4T、TCTA及びDHF4Tの三層の積層体がトランジスタのアンバイポーラチャンネルを構成する。

10

【 0054 】

上記構造を形成するプロセスは、電荷キャリアの電界効果移動度に影響しないために、公知であり、当業者によく知られた技術を用いて最適化される。特に、DH4T及びDHF4Tの二層の成長速度は0.1/sに制御され、TCTA層の成長速度は5/sに制御される。このデバイスでは、負のキャリアについての移動度 μ_n は0.22cm²/Vsであり、正のキャリアについての移動度は0.085cm²/Vsであり、それぞれのしきい電圧は $V_{TN} = 6.9V$ 及び $V_{TP} = -3.2V$ である。実行的な移動度の比についての条件(1)は満たされる。しかし、用いられた材料のHOMO及びLUMOのエネルギーレベルは条件(2)を満たさず、発光アンバイポーラトランジスタの放射は空間的に制限される。実際に、図8C及び図8Dから推測されるように、LUMO-RとLUMO-SCnとのエネルギー差についての状態は0.9eVであるので、要請される範囲(0.2eVから0.8eV)は満たされない。

20

【 0055 】

図4A及び図4BはOLETデバイスの可能な構造を描写し、誘電体と接触する層はそれぞれP型(SCP)及びN型(SCN)である。

【 0056 】

[実施例 5]

図5は実験的にテストされた、分散した発光を有するOLETデバイスの構造の例を示し、上述の構造的な特徴とともに得られた、電圧-電流及び電圧-放射特性の関連するグラフを示す。この場合の再結合層はTCTA:DCM2から構成される。両者の実行的な移動度は20倍以下の差であることに留意されたい。すなわち、最大値である負のキャリアについての0.28cm²/Vsと、最小値である正のキャリアについての0.11cm²/Vsとの比は2.54であり、条件(1)で課された20という値の十分に制限内である。条件(2)も、図8Dに示されるように満たされる。

30

【 0057 】

[実施例 6]

図6は図5と類似し、分散した発光を有するOLETデバイスの例示的な別の構造を示し、電圧-電流及び電圧-放射特性の関連したグラフを示す。この場合、再結合層はTCTA-PtOEPから構成される。実行的な移動度についての条件に適合することについては、負のキャリアの実行的な移動度が最も小さく0.051cm²/Vsであり、正のキャリアの実行的な移動度は0.7cm²/Vsであり、比は13.7となる。図8Cに示されるように、条件(2)も満たされる。

40

【 0058 】

[実施例 7 (比較例)]

図7は本発明ではないOLETデバイスの構造を示し、P型半導体層(DH4T)が誘電体と接触し、発光層はトリス(8-キノリノラト)アルミニウム(Alq₃)からなり、N型半導体層(SLV131)が発光層上に配置される。使用される材料のHOMO及びLUMOレベルは上記条件(2)を満たすことが見てわかる。発明者らは、界面における実行的な移動度についての条件(1)が満たされていないことを実験的に確認した。正

50

のキャリアの実行的な移動度は $2 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であり、負のキャリアの実行的な移動度は $2 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であり、両者の比は 100 になるので、実行的な移動度の比についての条件を満たさない。

【0059】

図7のOLETデバイスは従って空間的に制限された発光を有する。

【0060】

図8Aから図8Dは新規なデバイスを実現するのに使用可能な材料のLUMO及びHOMOレベルを示し、同時にソース及びドレイン接触のフェルミレベルを示す。容易に推測されるように、これらの材料は条件(2)を満足するので、界面における実行的な電界効果移動度が互いに20倍以内の差であるように堆積されれば、分散した発光を有する新規なOLETデバイスを実現するのに適している。

10

【符号の説明】

【0061】

10 発光トランジスタ

11 基板

12 電極

13、13' 電極

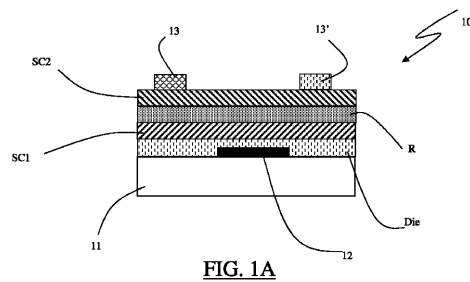
R 発光層

SC1 第一半導体層

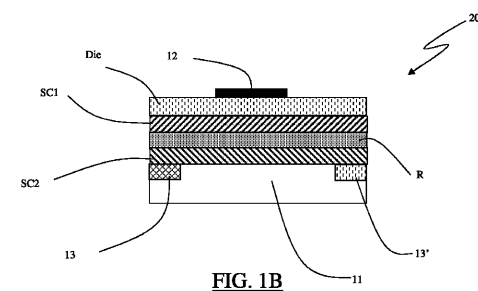
SC2 第二半導体層

20

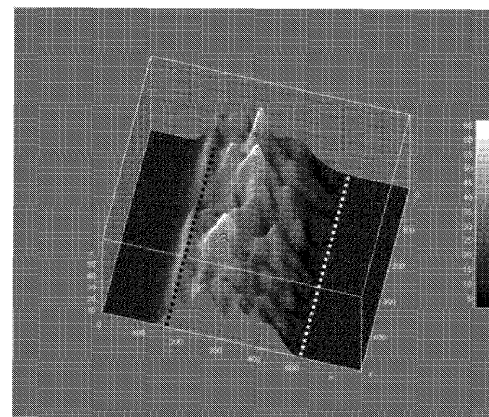
【図1A】



【図1B】



【図2A】



【図 2 B】

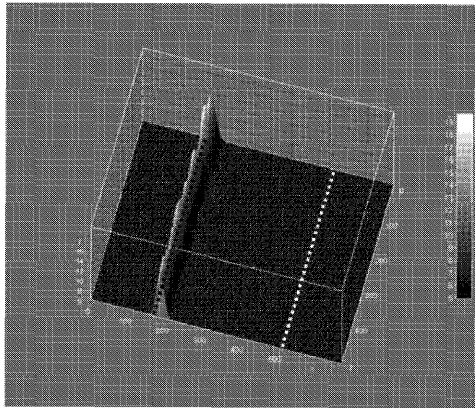


FIG. 2B

【図 3】

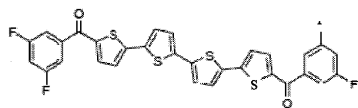


FIG. 3

【図 8 A】

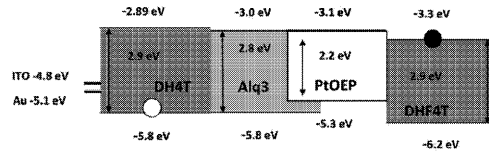


FIG. 8A

【図 8 B】

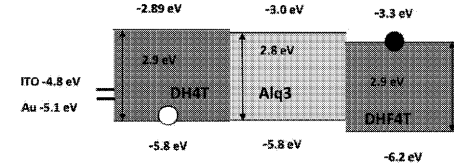


FIG. 8B

【図 8 C】

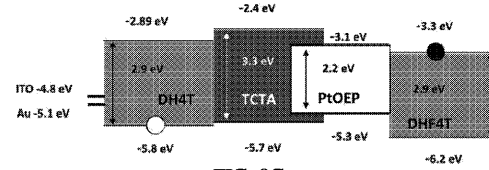


FIG. 8C

【図 8 D】

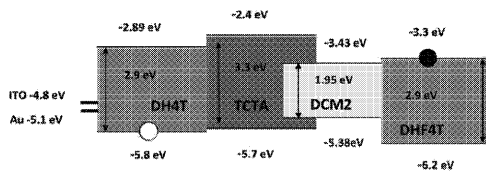


FIG. 8D

【図 4 A】

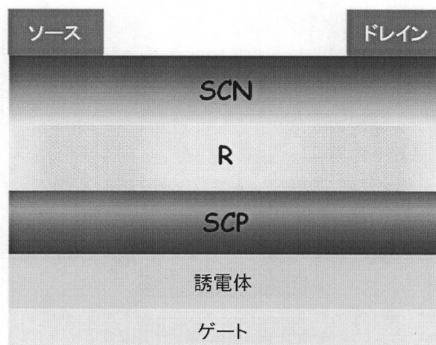


FIG. 4A

【図 4 B】



FIG. 4B

【図 5】

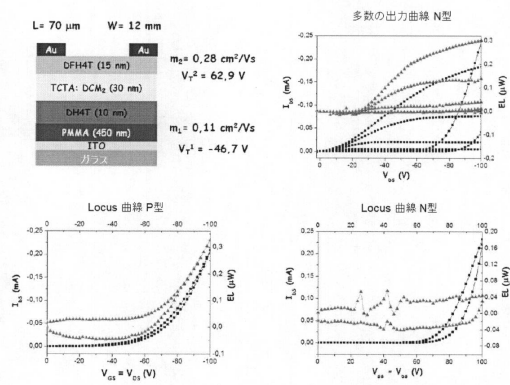


FIG. 5

【図 6】

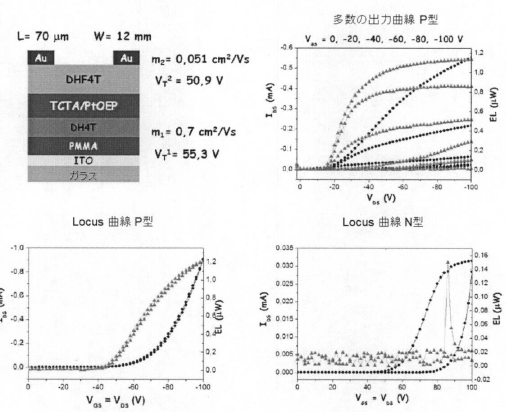


FIG. 6

【図 7】

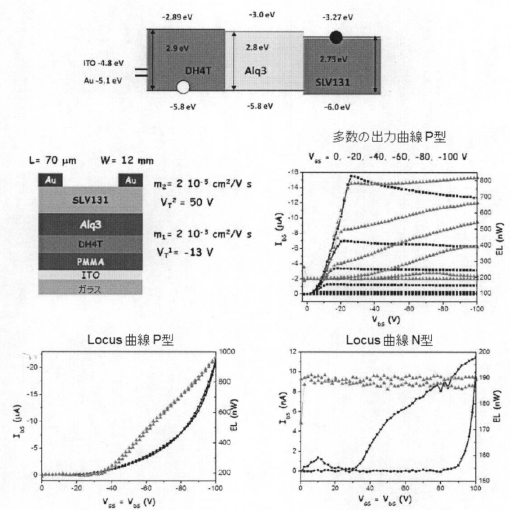


FIG. 7

フロントページの続き

- (72)発明者 ラファエッラ・カベッリ
イタリア・ボローニャ・40122・ボローニャ・ヴィア・バッティステッリ・6
- (72)発明者 ステファノ・トッファニン
イタリア・パドヴァ・35020・サンタンジェロ・ディ・ピオヴェ・ディ・サッコ・ヴィア・エ
ウロパ・41/A
- (72)発明者 ジャンルカ・ジェネラーリ
イタリア・ボローニャ・40127・ボローニャ・ヴィア・デッラ・コンコルディア・14/2
- (72)発明者 ミケレ・ムッチーニ
イタリア・ボローニャ・40121・ボローニャ・2・ガレリア・2・アゴスト・1980

審査官 大竹 秀紀

- (56)参考文献 国際公開第2011/074232(WO,A1)
国際公開第2008/059816(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 51/50
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)