

(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2006-191044

(P2006-191044A)

(43) 公開日 平成18年7月20日(2006.7.20)

(51) Int.CI.	F 1	テーマコード (参考)
<b>HO 1 L 51/05</b> (2006.01)	HO 1 L 29/28	1 O O A
<b>HO 1 L 51/30</b> (2006.01)	HO 1 L 29/28	2 5 O F
<b>HO 1 L 51/50</b> (2006.01)	HO 1 L 29/28	2 5 O G
	HO 5 B 33/14	A

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2005-372038 (P2005-372038)	(71) 出願人 390019839 三星電子株式会社 Samsung Electronics Co., Ltd. 大韓民国 443-742 京畿道水原市靈通 区梅灘洞416
(22) 出願日 平成17年12月26日 (2005.12.26)	
(31) 優先権主張番号 10-2005-0000848	
(32) 優先日 平成17年1月5日 (2005.1.5)	
(33) 優先権主張国 韓国 (KR)	
	(74) 代理人 100064414 弁理士 磯野 道造
	(74) 代理人 100111545 弁理士 多田 悅夫
	(74) 代理人 100127694 弁理士 柏木 忍

最終頁に続く

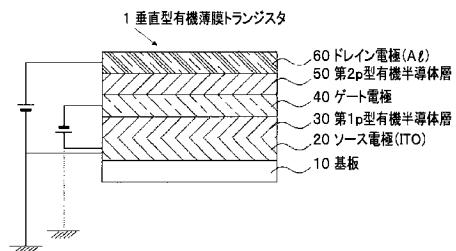
(54) 【発明の名称】垂直型有機薄膜トランジスタ、垂直型有機発光トランジスタおよびディスプレイ素子

## (57) 【要約】

【課題】有機薄膜トランジスタの電流 - 電圧特性において、ゲート電圧の増加に伴ってソース - ドレイン電流値が増加する増加型を示す垂直型有機薄膜トランジスタを提供する。

【解決手段】垂直型有機薄膜トランジスタ1では、活性層30, 50は、誘電率が3.5以上であるp型活性有機半導体化合物からなり、ソース電極20は、ドレイン電極60を形成する金属の仕事関数値と異なる仕事関数値を有する金属から形成されることを特徴とする。

【選択図】図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

垂直型有機薄膜トランジスタにおいて、活性層は、誘電率が3.5以上であるp型活性有機半導体化合物からなり、ソース電極は、ドレイン電極を形成する金属の仕事関数値と異なる仕事関数値を有する金属から形成される、ことを特徴とする垂直型有機薄膜トランジスタ。

## 【請求項 2】

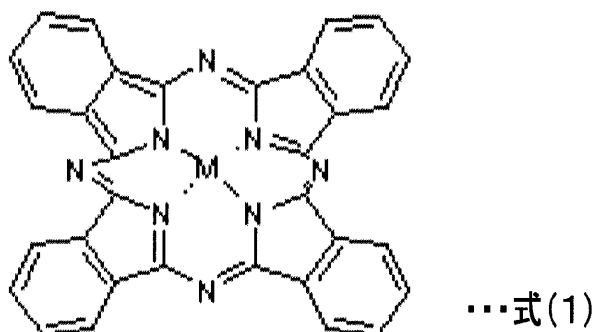
基板、ソース電極、前記p型活性有機半導体化合物からなる第1p型有機半導体層、ゲート電極、前記p型活性有機半導体化合物からなる第2p型有機半導体層およびドレイン電極が順次積層された構造を有する、

ことを特徴とする請求項1に記載の垂直型有機薄膜トランジスタ。

## 【請求項 3】

前記第1p型有機半導体層および第2p型有機半導体層を形成するp型活性有機半導体化合物が、式(1)で示される金属フタロシアニン系化合物であることを特徴とする請求項2に記載の垂直型有機薄膜トランジスタ。

## 【化1】



(式中、MはCu、Ni、Zn、FeおよびCoよりなる群から選ばれた金属原子である)

## 【請求項 4】

前記活性層の厚さが800~1,200である、

ことを特徴とする請求項1に記載の垂直型有機薄膜トランジスタ。

## 【請求項 5】

前記ゲート電極、前記ソース電極および前記ドレイン電極が、金、銀、クロム、タンタル、チタン、銅、アルミニウム、モリブデン、タンクステン、ニッケル、パラジウム、白金、錫、これら金属の酸化物、ITO(indium tin oxide)および伝導性高分子よりなる群から選ばれた材料で構成される、

ことを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか一項に記載の垂直型有機薄膜トランジスタ。

## 【請求項 6】

前記伝導性高分子が、ポリアニリン、ポリピロール、およびポリチアジルよりなる群から選ばれるものである、

ことを特徴とする請求項5に記載の垂直型有機薄膜トランジスタ。

## 【請求項 7】

前記ソース電極がITO電極であり、前記ドレイン電極がアルミニウム電極である、

ことを特徴とする請求項1乃至請求項6のいずれか一項に記載の垂直型有機薄膜トランジスタ。

## 【請求項 8】

前記ゲート電極がグリッド型であることを特徴とする請求項2に記載の垂直型有機薄膜トランジスタ。

10

20

30

40

50

**【請求項 9】**

前記基板は、ガラス、シリコン、水晶、ポリエチレンナフタレート、ポリエチレンテレフタレート、ポリカーボネート、ポリビニルアルコール、ポリアクリレート、ポリイミド、ポリノルボルネンおよびポリエーテルスルホンよりなる群から選ばれた材料で構成される。

ことを特徴とする請求項 2 乃至請求項 8 のいずれか一項に記載の垂直型有機薄膜トランジスタ。

**【請求項 10】**

基板、ソース電極、第 1 p 型有機半導体層、ゲート電極、第 2 p 型有機半導体層、発光有機物層およびドレイン電極が順次積層された垂直型有機発光トランジスタであって、  
10

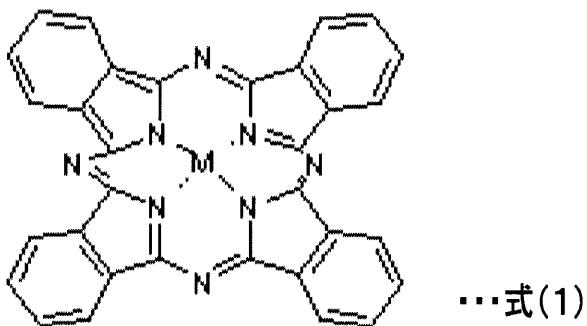
前記第 1 p 型有機半導体層および第 2 p 型有機半導体層は、誘電率が 3.5 以上である p 型活性有機半導体化合物からなり、

前記ソース電極は、ドレイン電極を形成する金属の仕事関数値と異なる仕事関数値を有する金属から形成される、

ことを特徴とする垂直型有機発光トランジスタ。

**【請求項 11】**

前記 p 型活性有機半導体化合物が、式(1)で示される金属フタロシアニン系化合物であることを特徴とする請求項 10 に記載の垂直型有機発光トランジスタ。

**【化 2】**

(式中、M は Cu、Ni、Zn、Fe、およびCo よりなる群から選ばれた金属原子である)  
30

**【請求項 12】**

前記第 1 p 型有機半導体層および第 2 p 型有機半導体層の厚さが 1,000 であることを特徴とする請求項 10 または請求項 11 に記載の垂直型有機発光トランジスタ。

**【請求項 13】**

前記発光有機物層が、スピロ-TAD、スピロ-NPB、mMTDATA、スピロ-DPVBi、DPVBi、Alq、Alq<sub>3</sub>(aluminum tris(8-hydroxyquinoline))、Alm<sub>3</sub> およびこれらの誘導体よりなる群から選ばれた物質を含む、

ことを特徴とする請求項 10 乃至請求項 12 のいずれか一項に記載の垂直型有機発光トランジスタ。

**【請求項 14】**

前記ゲート電極、前記ソース電極および前記ドレイン電極が、金、銀、クロム、タンタル、チタン、銅、アルミニウム、モリブデン、タンクステン、ニッケル、パラジウム、白金、錫、これら金属の酸化物、ITO(indium tin oxide)および伝導性高分子よりなる群から選ばれた材料で構成される、  
40

ことを特徴とする請求項 10 乃至請求項 13 のいずれか一項に記載の垂直型有機発光トランジスタ。

**【請求項 15】**

前記伝導性高分子が、ポリアニリン、ポリピロール、およびポリチアジルよりなる群から選ばれるものである、

ことを特徴とする請求項 14 に記載の垂直型有機発光トランジスタ。  
50

**【請求項 16】**

前記ソース電極がITO電極であり、前記ドレイン電極がアルミニウム電極である、ことを特徴とする請求項10乃至請求項15のいずれか一項に記載の垂直型有機発光トランジスタ。

**【請求項 17】**

前記ゲート電極がグリッド型であることを特徴とする請求項10乃至請求項16のいずれか一項に記載の垂直型有機発光トランジスタ。

**【請求項 18】**

前記基板は、ガラス、シリコン、水晶、ポリエチレンナフタレート、ポリエチレンテレフタレート、ポリカーボネート、ポリビニルアルコール、ポリアクリレート、ポリイミド、ポリノルボルネンおよびポリエーテルスルホンよりなる群から選ばれた材料で構成される、

ことを特徴とする請求項10乃至請求項17のいずれか一項に記載の垂直型有機発光トランジスタ。

**【請求項 19】**

請求項1乃至請求項9のいずれか一項に記載の垂直型有機薄膜トランジスタを用いて製作されるディスプレイ素子。

**【請求項 20】**

請求項10乃至請求項18のいずれか一項に記載の垂直型有機発光トランジスタを用いて製作されるディスプレイ素子。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、垂直型有機薄膜トランジスタ、これを用いる垂直型有機発光トランジスタおよびこれらを用いて製造されるディスプレイ素子に関する。

**【背景技術】****【0002】**

一般に、薄膜トランジスタは、大面積の基板上に形成できるという利点があつて、現在まで液晶ディスプレイ、レーザープリンタヘッドなどの周辺素子、スキャナーなどのイメージセンサおよびスマートカードとして開発されて実用化されている。また、最近では、有機ELディスプレイ(Organic Electroluminescence Display)のフルカラー駆動のためにも使用されている。また、薄膜トランジスタは、薄膜状に製造されるため軽く、携帯が簡単な製品の製造に使用されている。特に、能動型ディスプレイに使用されるそれぞれのピクセルには、薄膜トランジスタが備えられている。しかも、薄膜トランジスタは、ピクセルの発光に伴う消費電流が少なくて済み、非常に速く点灯／消灯することができ、また、電流に応じてピクセルの明るさを調節することができる。そのため、高品質の画素を要求するディスプレイにおいて非常に重要な役割をする。ディスプレイに適用される薄膜トランジスタは、他の適用分野に比べて速い応答速度が要求されるが、このような特性を実現するためには高い移動度値および高いオン／オフ電流比(以下、単にオン／オフ比という)を持たなければならない。

**【0003】**

トランジスタは、動作構造の差によって、バイポーラトランジスタとユニポーラトランジスタとに分類することができる。バイポーラトランジスタは、トランジスタを構成する半導体において正孔と電子モードの影響により電流が流れるので、両極性トランジスタとも呼ばれる。これに対し、ユニポーラトランジスタは、電子または正孔のいずれか一方の影響により電流が流れるので、単極性トランジスタとも呼ばれる。

**【0004】**

現在、電子機器などに最も多く適用されている電界効果トランジスタ(Field Effect Transistor: FET)は、ユニポーラトランジスタの一種であつて、接合型FET、MOSFET(Metal-Oxide Semiconductor FET)およびGaAs型FETの3つの種類に分

10

20

30

40

50

けられる。これらの中でも、ディスプレイなどの高付加価値電子製品に適用されるMOSFETは、集積化が可能であり、スイッチング特性に優れるが、駆動素子と発光素子とをそれぞれ製造しなければならない製造工程上の煩わしさがある。

#### 【0005】

最近、機能性電子素子や光素子などの広範囲な分野において、新しい電気電子材料として繊維状またはフィルム状に成形容易であり、柔軟であり、伝導性と低い生産費を理由として、高分子材料に対する研究が活発に行われている。このような伝導性高分子を用いた素子の中でも、特に有機物を半導体活性層として使用する有機薄膜トランジスタに関する研究は、1980年以後から始まり、近年では全世界で多くの研究が進行中である。その理由は、有機薄膜トランジスタは、プリント技術などの簡単な技術によって製造が可能であって製造コストが低い上、フレキシブル基板との互換性が良好であるという利点があるためである。10

#### 【0006】

有機半導体薄膜トランジスタは、従来のアモルファス（非晶質）シリコンやポリシリコンを含む薄膜トランジスタとは対照的に、活性材料としてポリマ(polymer)またはオリゴマ(oligomer)を使用する。有機薄膜トランジスタの効率は少数キャリアの電流密度によって調節されるが、これは、トランジスタのエネルギー障壁および移動度を向上させることができトランジスタの駆動電圧だけでなくトランジスタの性能までも調節することができるこ20とを意味する。ところが、従来の有機薄膜トランジスタは、一般に、無機物を使用したトランジスタの構造および製造工程をそのまま用いて製造されている。そのため、有機物を用いた場合の利点である超薄膜化、微細パターン化、工程容易性などを充分に実現していないのが実情である。

#### 【0007】

従来のMOSFETのようなトランジスタは、ソース電極とトレイン電極とが水平に位置すると共に、ゲート電極がソース電極とトレイン電極との間の上方又は下方に位置した構造を有した水平型トランジスタである。このような水平型トランジスタは、垂直型トランジスタに比べて高い駆動電圧と低い効率を示し、且つ、有機EL素子をアクティブマトリックス方法で製造するには不適であるという欠点を有している。30

#### 【0008】

最近開発された垂直型有機薄膜トランジスタは、ソース電極とドレイン電極との間に有機半導体化合物を垂直型で薄膜状に製造し、この有機半導体層との間に絶縁膜がないゲート電極層を形成させたもので、従来の水平型トランジスタに比べて数十倍以上向上した電流 - 電圧特性を示す。これは、低電圧で高い効率を得ることができることを意味する。また、駆動電圧が低いため、少ない容量のバッテリで長時間使用することができる。したがって、この垂直型有機薄膜トランジスタは、携帯用ディスプレイの製造に大きく寄与することができるものと期待を集めている。また、垂直型有機薄膜トランジスタでは、チャンネル長がソース電極からドレイン電極までの距離なので、チャンネル長が短くて高速スイッチングに向いている。したがって、垂直型トランジスタは、従来の半導体技術の小型化と高性能化に新しい機会を開く助けになるものと期待されている。ところが、一般に、垂直型有機薄膜トランジスタの電流 - 電圧特性は、ゲート電圧が増加するにつれてソース - ドレインの電流値が減少するという減少型を示す。そのため、この垂直型有機薄膜トランジスタを用いて製造された発光トランジスタは、発光効率が低下してしまうという問題点があった。40

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0009】

そこで、本発明は、このような問題点に鑑みてなされたものであり、有機薄膜トランジスタの電流 - 電圧特性において、ゲート電圧の増加に伴ってソース - ドレイン電流値が増加する増加型を示す垂直型有機薄膜トランジスタを提供することを目的とする。

#### 【0010】

10

20

30

40

50

また、本発明は、発光効率に優れた垂直型有機発光トランジスタを提供することを他の目的とする。

**【課題を解決するための手段】**

**【0011】**

前記した目的を達成するために、本発明の垂直型有機薄膜トランジスタは、垂直型有機薄膜トランジスタにおいて、活性層は、誘電率が3.5以上であるp型活性有機半導体化合物からなり、ソース電極は、ドレイン電極を形成する金属の仕事関数値と異なる仕事関数値を有する金属から形成されることを特徴とする。

**【0012】**

また、本発明の垂直型有機発光トランジスタは、基板、ソース電極、第1p型有機半導体層、ゲート電極、第2p型有機半導体層、発光有機物層およびドレイン電極が順次積層された垂直型有機発光トランジスタであって、前記第1p型有機半導体層および第2p型有機半導体層は、誘電率が3.5以上であるp型活性有機半導体化合物からなり、前記ソース電極は、ドレイン電極を形成する金属の仕事関数値と異なる仕事関数値を有する金属から形成されることを特徴とする。

**【発明の効果】**

**【0013】**

本発明に係る垂直型有機薄膜トランジスタは、チャンネル長が短くて速い動作速度を有し、スピンドーティングなどの簡単な方法によって低価のコストで製造可能であり、電流-電圧特性はゲート電圧の増加に伴ってソース-ドレイン電流値が増加する増加型特性を示し、優れたスイッチング特性を示す。よって、本発明に係る垂直型有機薄膜トランジスタは、フラットパネルディスプレイの駆動素子への応用に非常に適し、スイッチング特性に優れ、低い周波数領域でトランジスタの活用が可能であって小型電子デバイスへの活用が可能である上、e-ペーパー、e-ブック、スマートカードなど様々な形の未来の電子素子として活用できる。また、このような特性のため、本発明の垂直型有機薄膜トランジスタの上に発光有機物層を導入してより簡単な方法によって、発光効率に優れた垂直型(一体型)有機発光トランジスタを製造することができる。

**【発明を実施するための最良の形態】**

**【0014】**

以下に、本発明の垂直型有機薄膜トランジスタおよび垂直型有機発光トランジスタについて添付図面を参照しながらより詳細に説明する。

**【0015】**

**[垂直型有機薄膜トランジスタ]**

本発明の実施形態に係る垂直型有機薄膜トランジスタは、トランジスタを構成する活性層は、誘電率が3.5以上であるp型活性有機半導体化合物からなり、ソース電極は、ドレイン電極を形成する金属の仕事関数値と異なる仕事関数値を有する金属から形成される。

**【0016】**

図1は本発明の一実施形態に係る垂直型有機薄膜トランジスタの概略断面図であり、図2は本発明の一実施形態に係る垂直型有機薄膜トランジスタの平面図である。図1および図2に示すように、本実施形態の垂直型有機薄膜トランジスタ1は、基板10、ソース電極20、第1p型有機半導体層(活性層)30、ゲート電極40、第2p型有機半導体層(活性層)50、ドレイン電極60が順次積層された構造を有する。ここで、第1p型有機半導体層30および第2p型有機半導体層50は、誘電率が3.5以上であるp型活性有機半導体化合物からなり、陽極としてのソース電極20と、陰極としてのドレイン電極60とは、相異なる仕事関数値を有する金属からなる。なお、図1は、図2に示したX-X線断面図である。

**【0017】**

ここで、第1p型有機半導体層30および第2p型有機半導体層50を形成するp型活性有機半導体化合物が、式(1)で示される金属フタロシアニン系化合物であることが好

10

20

30

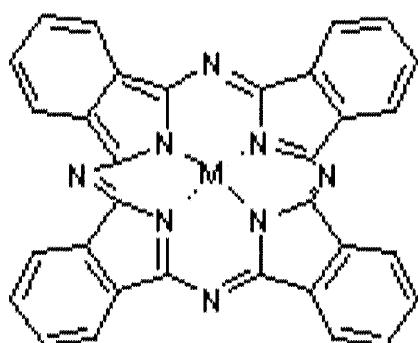
40

50

ましい。

【0018】

【化3】



…式(1)

10

【0019】

式中、MはCu、Ni、Zn、FeおよびCoよりなる群から選ばれた金属原子である。

【0020】

本実施形態では、第1p型有機半導体層30および第2p型有機半導体層50の材料は、前記した式(1)で示される化合物のうち、銅フタロシアニン化合物またはニッケルフタロシアニン化合物である。

20

【0021】

また、ソース電極20、ゲート電極40およびドレイン電極60は、金、銀、クロム、タンタル、チタン、銅、アルミニウム、モリブデン、タンゲステン、ニッケル、パラジウム、白金、錫、これら金属の酸化物、ITO(indium tin oxide)および伝導性高分子よりなる群から選ばれた材料で構成される。このうち、伝導性高分子は、例えば、ポリアニリン、ポリピロール、およびポリチアジル等を含むが、必ずしもこれらに制限されるものではない。

【0022】

本実施形態において、陽極(ソース電極20とゲート電極40)および陰極(ドレイン電極60)は、仕事関数値の互いに異なる金属からなる。特に、ソース電極がITOを用いて形成されると共に、ドレイン電極がアルミニウムを用いて形成されることが好ましい。

30

【0023】

基板10は、ガラス、シリコン、水晶、ポリエチレンナフタレート(Polyethylenenaphthalate: PEN)、ポリエチレンテレフタレート(Polyethyleneterephthalate: PET)、ポリカーボネート(Polycarbonate)、ポリビニルアルコール(Polyvinylalcohol)、ポリアクリレート(Polyacrylate)、ポリイミド(Polyimide)、ポリノルボルネン(Polynorbornene)、およびポリエーテルスルホン(Polyethersulfone: PES)などで形成できるが、これらに限定されない。

【0024】

本実施形態において、増加型有機薄膜トランジスタを製造するためには、誘電率が3.5以上であるp型活性有機半導体化合物が必須である。例えば、金属フタロシアニン系有機物質は、一般的な活性有機半導体物質に比べて高い誘電率( $\epsilon = 3.6$ )を持っており、かつp型有機物質の中で、5.2eVのHOMO(Highest Occupied Molecular Orbit)準位を持っているので、ITO(エネルギー準位=4.8eV)のソース電極20での正孔の注入が非常に容易である。また、金属フタロシアニン系有機物質の正孔移動度は、 $1 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 / \text{V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ であって、大部分のp型活性有機半導体物質の移動度に比べて低い値を有する。

40

【0025】

一般に、垂直型有機薄膜トランジスタにおいてゲート電極に電圧を加えると、ゲート電

50

極と接触している活性有機半導体物質の表面にポテンシャル障壁が形成され、結果的に正孔または電子の移動が妨げられる。したがって、ソース - ドレイン間の電流 - 電圧特性は、ゲート電圧の増加に伴って電流値が減少する減少型を示す。

#### 【0026】

これとは対照的に、本実施形態に係る誘電率が3.5以上であるp型活性有機半導体化合物を使用した垂直型有機薄膜トランジスタ1は、ソース - ドレイン間の電流値がゲート電圧の増加に伴って増加する。本実施形態に係る垂直型有機薄膜トランジスタ1が増加型電流 - 電圧特性を示す物理的メカニズムは、未だ明確に解明されていないが、次のような物理的要因から起因するものと推定される。

#### 【0027】

まず、誘電率が3.5以上であるp型活性有機半導体化合物は、非常に大きい誘電率値を持つため、ゲート電極40に(+)電場を加えると、ゲート電極40と、第1p型有機半導体層30との界面に活性半導体物質の少数キャリアである(-)電荷が帯電し、このキャリアがソース電極20の一部の(+)電場によってソース電極20へ移動してトラップされる。このようにトラップされたキャリアによってITOのソース電極20において金属フタロシアニン系化合物への正孔注入が多くなって、電流特性が増加型を示すことになる。

#### 【0028】

また、誘電率が3.5以上であるp型活性有機半導体化合物の移動度は、低い値を持つため、ゲート電極40に電圧を加えていない状態では、ソース - ドレイン電流値が低い値を持つ。一方、ゲート電極40に(+)電場を加えると、ゲート電極40の一部から新しい正孔の注入が起こるが、相対的に低い電流特性を示すこのシステムにおいて、新しいキャリア注入は電流特性を増加させる重要な物理的要因になれると思われる。

#### 【0029】

この他にも、ソース電極20とドレイン電極60とのポテンシャル差など複雑な物理的現象によって、垂直型有機薄膜トランジスタ1は増加型電流 - 電圧特性を示すものと思われる。すなわち、増加型の垂直型有機薄膜トランジスタを製造するために使用される有機半導体化合物の誘電率値、移動度、HOMO準位などの物理的要因が重要な役割をする。よって、本実施形態に係る垂直型有機薄膜トランジスタ1では、活性層は、誘電率が3.5以上であるp型活性有機半導体材料で構成されている。

#### 【0030】

この垂直型有機薄膜トランジスタ1は、図1に示すように、ソース電極20(例えば、ITOソース電極)に(+)電位、ゲート電極40に(+)電位、ドレイン電極60(例えば、A1のドレイン電極)に(-)電位をそれぞれ印加することにより駆動される。ITOは、仕事関数が4.8eVであり、アルミニウムの仕事関数よりも高い。正孔は仕事関数の高い方から低い方へ移動し易い。そのため、ITOをソース電極20として使用すると、ソース電極20から第1p型有機半導体層30への正孔の注入を容易にすることができます。また、A1は、仕事関数が4.2eVであり、ITOの仕事関数よりも低い。電子は仕事関数の低い方から高い方へ移動し易い。そのため、ドレイン電極60として使用すると、ドレイン電極60から第2p型有機半導体層50への電子の注入を容易にすることができます。

#### 【0031】

次に、本実施形態に係る垂直型有機薄膜トランジスタ1の製造方法を説明する。以下、ソース電極20としてITOを使用し、ゲート電極40とドレイン電極60としてアルミニウム(A1)を使用する例を挙げて説明する。まず、基板10上に化学的方法によってソース電極20をパターン化し、得られたITO電極パターン上に誘電率が3.5以上であるp型活性有機半導体化合物を蒸着して第1p型有機半導体層30を形成する。

#### 【0032】

続いて、第1p型有機半導体層30上に、図3に示したような、電極の微細パターンを形成するための金属マスク41を用いてグリッド(グリッド型のゲート電極40)を一定

の厚さに形成する。その次に、ゲート電極40上に第1p型有機半導体層30の形成方法と同一の方法で第2p型有機半導体層50を形成した後に、その上にドレイン電極60を形成する。本実施形態において、p型有機半導体層30（または50）の厚さは、800～1,200であることが好ましい。

#### 【0033】

本実施形態において、電極20（または40または60）およびp型有機半導体層30（または50）は、ディップコーティング、スピンドルコーティング、プリンティング、スプレーコーティング、ロールコーティングなどの溶液工程、真空蒸着(vacuum evaporation)工程、CVD(chemical vapor deposition)工程、プリンティング工程、分子線エピタキシー(molecular beam epitaxy)工程などの任意の方法によって形成できる。

10

#### 【0034】

##### [垂直型有機発光トランジスタ]

本発明の実施形態に係る垂直型有機発光トランジスタは、前記した垂直型有機薄膜トランジスタ1に対して、発光特性を有する発光有機物層を第2p型有機半導体層50の上に形成したものである。前記した垂直型有機薄膜トランジスタ1は、前記したように、増加型電流-電圧特性を示し且つ優れたスイッチング特性を示す。そのため、このような構造の垂直型有機薄膜トランジスタ1上に発光有機物層を導入してより簡単な方法で垂直型有機発光トランジスタを製造することができる。特に、垂直型有機薄膜トランジスタ1は、電流-電圧特性が増加型なので、本実施形態に係る垂直型有機発光トランジスタの発光効率も向上する。

20

#### 【0035】

図4は本発明の一実施形態に係る垂直型有機発光トランジスタの概略断面図である。図4に示すように、本実施形態の垂直型有機発光トランジスタ2は、前記した垂直型有機薄膜トランジスタ1の第2p型有機半導体層50とドレイン電極60との間に発光有機物層70を含むものであり、基板10、ソース電極20、第1p型有機半導体層30、ゲート電極40、第2p型有機半導体層50、発光有機物層70およびドレイン電極60が順次積層された構造を有する。また、第1p型有機半導体層30および第2p型有機半導体層50は、誘電率が3.5以上であるp型活性有機半導体化合物からなり、ソース電極20とドレイン電極60とは、仕事関数値の互いに異なる金属からなる。

30

#### 【0036】

発光有機物層70は、スピロ-TAD(spiro-TAD)、スピロ-NPB(spiro-NPB)、mMTDATA、スピロ-DPVBi(spiro-DPVBi)、DPVBi、Alq、Alq<sub>3</sub>(Aluminum tris(8-hydroxyquinoline)、Almg<sub>3</sub>およびこれらの誘導体よりなる群から選ばれる。本実施形態において、発光有機物層70の厚さは、600～1,000であることが好ましい。

#### 【0037】

本実施形態の垂直型有機発光トランジスタ2および前記した垂直型有機薄膜トランジスタ1を用いてディスプレイ素子が製造される。このディスプレイ素子は、例えば、液晶素子、電気移動素子、有機EL発光素子などである。

40

#### 【0038】

以上、図面に基づいて本発明の好適な実施形態を図示および説明してきたが本発明の保護範囲は、前記した各実施形態に限定するものではなく、特許請求の範囲に記載された発明とその均等物にまで及ぶものである。

#### 【実施例】

#### 【0039】

以下、本発明の効果を確認した複数の実施例について説明する。各実施例は、本発明の効果を説明するためのもので、本発明を限定するものではない。

#### 【0040】

<実施例1：銅フタロシアニン(CuP<sub>2</sub>)を用いた垂直型有機薄膜トランジスタの製造>

50

ITOのコートされたガラス基板上に耐化学テープを用いて所望の模様のパターンを形成した。パターニングされたITO基板を塩酸水溶液に浸漬させ、マグネシウムパウダーで無駄なITO部分を除去して目的のパターン化部分のみを残し、アセトン溶媒で洗浄した後乾燥させることにより、ソース電極20のITOパターンを形成した。次いで、パターニングされたITO電極(ソース電極20)上に銅フタロシアニンを真空蒸着器を用いて約 $10^{-5}$ torrの下で1,000の厚さに蒸着して第1p型有機半導体層30を形成した。次に、第1p型有機半導体層30上に約100μmの線幅を有する、図3に示したような、金属マスク41を用いてグリッド型のゲート電極40を100の厚さに蒸着した。その後、ゲート電極40上に第1p型有機半導体層30の形成方法と同一の方法で銅フタロシアニンを用いて厚さ1,000の第2p型有機半導体層50を形成した後、最後にその上にドレイン電極60としてアルミニウム電極を1,000の厚さに真空蒸着して本実施形態に係る垂直型有機薄膜トランジスタ1を製造した。得られた垂直型有機薄膜トランジスタの電流-電圧特性を評価し、その結果を図5aおよび図5bにそれぞれ示した。

10

20

30

#### 【0041】

図5aは、ゲート電圧 $V_g$ を種々の値( $V_g = 0, 6, 10, 12, 14, 16, 20$ V)に変化させた場合について、ドレイン-ソース電圧 $V_{ds}$ とソース-ドレイン電流との関係を調べた結果のグラフ(電流-電圧特性)を示している。また、図5bは、ドレイン-ソース電圧 $V_{ds}$ を10Vとした場合について、ゲート電圧 $V_g$ とソース-ドレイン電流との関係を調べた結果のグラフ(電流-電圧特性)を示している。

#### 【0042】

<実施例2：ニッケルフタロシアニン(NiPc)を用いた垂直型有機薄膜トランジスタの製造>

ITOを化学的にパターニングした後、その上部に、厚さ1,000のニッケルフタロシアニン、厚さ100のアルミニウム電極、厚さ1,000のニッケルフタロシアニン、および、厚さ1,000のアルミニウム電極の順に真空( $1 \times 10^{-6}$ Torr)状態で垂直型に蒸着して、本実施形態に係る垂直型有機薄膜トランジスタ1を製造した。得られた垂直型有機薄膜トランジスタの電流-電圧特性を評価し、その結果を図6aおよび図6bにそれぞれ示した。なお、図6aおよび図6bは、図5aおよび図5bと同様にして作成されたものである。

#### 【0043】

#### <実施例3～7>

ゲート電極40の構造(以下、ゲート構造という)を表1に記載のとおりにした以外は、実施例1と同様にして、垂直型有機薄膜トランジスタ(実施例3～7)を製造した。製造された垂直型有機薄膜トランジスタ(実施例3～7)の電流-電圧特性を評価して表1に示した。なお、表1に示したジッパータイプとは、グリッド(格子)の各列が1段上または下にシフトした形状となるように、ゲート電極が間隔を空けて配列したものである。つまり、ゲート電極が市松模様状に間隔を空けて配列したものである。

#### 【0044】

【表1】

実施例	ゲート構造	V <sub>ds</sub> (V)	電流 (A)	オン/オフ比
実施例3	ライン 0.1mm 面積: 1mm <sup>2</sup>	10	V <sub>g</sub> =0V: 0.253 × 10 <sup>-3</sup> A V <sub>g</sub> =20V: 24.20 × 10 <sup>-3</sup> A	95.78
実施例4	ジッパータイプ 面積: 1mm <sup>2</sup>	10	V <sub>g</sub> =0V: 0.107 × 10 <sup>-3</sup> A V <sub>g</sub> =20V: 9.21 × 10 <sup>-3</sup> A	86.1
実施例5	ライン 0.1mm 面積: 4mm <sup>2</sup>	10	V <sub>g</sub> =0V: 1.11 × 10 <sup>-3</sup> A V <sub>g</sub> =20V: 86.80 × 10 <sup>-3</sup> A	78
実施例6	ライン 0.3mm 面積: 4mm <sup>2</sup>	10	V <sub>g</sub> =0V: 0.492 × 10 <sup>-3</sup> A V <sub>g</sub> =20V: 29.50 × 10 <sup>-3</sup> A	60
実施例7	グリッド 0.1mm 面積: 4mm <sup>2</sup>	10	V <sub>g</sub> =0V: 0.374 × 10 <sup>-3</sup> A V <sub>g</sub> =20V: 41.438 × 10 <sup>-3</sup> A	112

## 【0045】

&lt;実施例8～11&gt;

ゲート構造をパターン化せず、p型有機半導体層30（または50）の厚さを表2に記載のとおりにした以外は、実施例1と同様にして、垂直型有機薄膜トランジスタ（実施例8～11）を製造した。製造された垂直型有機薄膜トランジスタ（実施例8～11）の電流-電圧特性を評価して表2に示した。この際、チャンネル面積を9mm<sup>2</sup>とし、ゲート電圧（V<sub>g</sub>）を0～8Vで変化させた。

## 【0046】

【表2】

実施例	第1p型/第2p型 有機半導体層の厚さ (Å)	V <sub>ds</sub> (V)	電流 (A)	オン/オフ比
実施例8	1000Å	10	V <sub>g</sub> =0V: 5.19 × 10 <sup>-2</sup> A V <sub>g</sub> =8V: 8.33 × 10 <sup>-2</sup> A	1.6
実施例9	2000Å	10	V <sub>g</sub> =0V: 1.49 × 10 <sup>-3</sup> A V <sub>g</sub> =8V: 1.39 × 10 <sup>-2</sup> A	9.36
実施例10	3000Å	10	V <sub>g</sub> =0V: 3.14 × 10 <sup>-5</sup> A V <sub>g</sub> =8V: 1.36 × 10 <sup>-4</sup> A	4.33
実施例11	4000Å	10	V <sub>g</sub> =0V: 9.02 × 10 <sup>-5</sup> A V <sub>g</sub> =8V: 1.14 × 10 <sup>-4</sup> A	1.26

## 【0047】

表1および表2の結果より確認されるように、垂直型有機薄膜トランジスタのp型有機半導体層30（または50）の厚さが1000であり、ゲート構造がグリッド型（線幅が100μm）のとき、つまり、実施例7の場合に、最適の電流-電圧特性を示し、オン/オフ比も最も高い値を示した。

## 【0048】

&lt;比較例1：ペンタセン（Pentacene）を用いた垂直型有機薄膜トランジスタの製造&gt;

ITOを化学的にパターニングした後、その上部に、厚さ1,000のペンタセン、厚さ100のアルミニウム電極、厚さ1,000のペンタセン、および、厚さ1,000のアルミニウム電極の順に真空（1×10<sup>-6</sup>Torr）状態で垂直型に蒸着して垂直型有機薄膜トランジスタ（比較例1）を製造した。得られた垂直型有機薄膜トランジ

10

20

30

40

50

タ（比較例1）の電流-電圧特性を評価してその結果を図7aおよび図7bにそれぞれ示した。

#### 【0049】

図7aは、ゲート電圧 $V_g$ を種々の値（ $V_g = 0, 4, 6, 8, 10, 14, 20\text{V}$ ）に変化させた場合について、ドレイン-ソース電圧 $V_{ds}$ とソース-ドレイン電流との関係を調べた結果のグラフ（電流-電圧特性）を示している。また、図7bは、ドレイン-ソース電圧 $V_{ds}$ を10Vとした場合について、ゲート電圧 $V_g$ とソース-ドレイン電流との関係を調べた結果のグラフ（電流-電圧特性）を示している。

#### 【0050】

図7aおよび図7bの結果より確認されるように、ペンタセンのように誘電率が3未満の他の種類のp型活性有機物質を用いて製造された垂直型有機薄膜トランジスタ（比較例1）の場合には、電流-電圧特性が減少型(depletion type)を示す。

#### 【0051】

<比較例2：A1金属電極のみを用いた銅フタロシアニン（CuPc）物質の垂直型有機薄膜トランジスタの製造>

マスクを用いてアルミニウムを1000の厚さに蒸着した後、その上部に、厚さ1,000の銅フタロシアニン、厚さ100のアルミニウム電極、厚さ1,000の銅フタロシアニン、および、厚さ1,000のアルミニウム電極の順に真空（ $1 \times 10^{-6}\text{ Torr}$ ）状態で垂直型に蒸着して垂直型有機薄膜トランジスタ（比較例2）を製造した。得られた垂直型有機薄膜トランジスタ（比較例2）の電流-電圧特性を評価してその結果を図8aおよび図8bにそれぞれ示した。

#### 【0052】

図8aは、ゲート電圧 $V_g$ を種々の値（ $V_g = 0, 1, 2, 3, 5, 8, 20\text{V}$ ）に変化させた場合について、ドレイン-ソース電圧 $V_{ds}$ とソース-ドレイン電流との関係を調べた結果のグラフ（電流-電圧特性）を示している。また、図8bは、ドレイン-ソース電圧 $V_{ds}$ を10Vとした場合について、ゲート電圧 $V_g$ とソース-ドレイン電流との関係を調べた結果のグラフ（電流-電圧特性）を示している。

#### 【0053】

図8aおよび図8bの結果より確認されるように、陰極（ドレイン電極）と陽極（ソース電極とゲート電極）を仕事関数の同じ金属（アルミニウム）で製造する場合、増加型電流-電圧特性が得られなかった。

#### 【0054】

<実施例12：垂直型有機発光トランジスタの製造>

ITOを化学的にパターニングした後、その上部に、厚さ1,000の銅フタロシアニン、厚さ100の銅アルミニウム電極、厚さ1,000の銅フタロシアニン、厚さ800のA1q<sub>3</sub>（発光有機物層）、および、厚さ1,000のアルミニウム電極の順に真空（ $1 \times 10^{-6}\text{ Torr}$ ）状態で垂直型に蒸着して垂直型有機発光トランジスタ（実施例12）を製造した。得られた垂直型有機発光トランジスタ（実施例12）の電流-電圧特性を評価してその結果を図9aおよび図9bにそれぞれ示した。

#### 【0055】

図9aは、ゲート電圧 $V_g$ を種々の値（ $V_g = 0, 6, 12, 14, 16, 18, 20\text{V}$ ）に変化させた場合について、ドレイン-ソース電圧 $V_{ds}$ とソース-ドレイン電流との関係を調べた結果のグラフ（電流-電圧特性）を示している。また、図9bは、ゲート電圧 $V_g$ を図9の（a）に示した条件で変化させた場合について、ドレイン-ソース電圧 $V_{ds}$ と発光効率との関係を調べた結果のグラフ（効率-電圧特性）を示している。

#### 【0056】

図9aおよび図9bの結果より確認されるように、垂直型有機発光トランジスタ（実施例12）によって発光素子のオン-オフ駆動が可能であることが分かる。特に、垂直型有機発光トランジスタ（実施例12）は、増加型電流-電圧特性によって、ゲート電圧 $V_g$ が「20V」の場合に、非常に高い発光効率（0.91%）を示すことを確認できる。

10

20

30

40

50

## 【図面の簡単な説明】

## 【0057】

【図1】本発明の実施形態に係る垂直型有機薄膜トランジスタの一例を示す概略断面図である。

【図2】図1に示した垂直型有機薄膜トランジスタの平面図である。

【図3】図1に示した垂直型有機薄膜トランジスタのゲート電極の微細パターン形成のための金属マスクの構成図である。

【図4】本発明の実施形態に係る垂直型有機発光トランジスタの一例を示す概略断面図である。

【図5a】実施例1の有機垂直型薄膜トランジスタの電流-電圧特性を示すグラフである  
10 (ドレイン-ソース電圧)。

【図5b】実施例1の有機垂直型薄膜トランジスタの電流-電圧特性を示すグラフである  
(ゲート電圧)。

【図6a】実施例2の有機垂直型薄膜トランジスタの電流-電圧特性を示すグラフである  
(ドレイン-ソース電圧)。

【図6b】実施例2の有機垂直型薄膜トランジスタの電流-電圧特性を示すグラフである  
(ゲート電圧)。

【図7a】比較例1の有機垂直型薄膜トランジスタの電流-電圧特性を示すグラフである  
(ドレイン-ソース電圧)。

【図7b】比較例1の有機垂直型薄膜トランジスタの電流-電圧特性を示すグラフである  
20 (ゲート電圧)。

【図8a】比較例2の有機垂直型薄膜トランジスタの電流-電圧特性を示すグラフである  
(ドレイン-ソース電圧)。

【図8b】比較例2の有機垂直型薄膜トランジスタの電流-電圧特性を示すグラフである  
(ゲート電圧)。

【図9a】実施例1・2の垂直型有機発光トランジスタの電流-電圧特性を示すグラフである。

【図9b】実施例1・2の垂直型有機発光トランジスタの発光特性を示すグラフである。

## 【符号の説明】

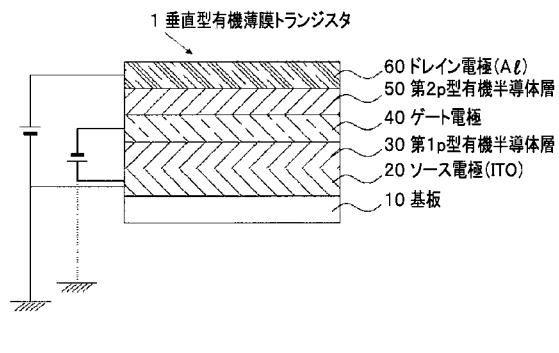
## 【0058】

30

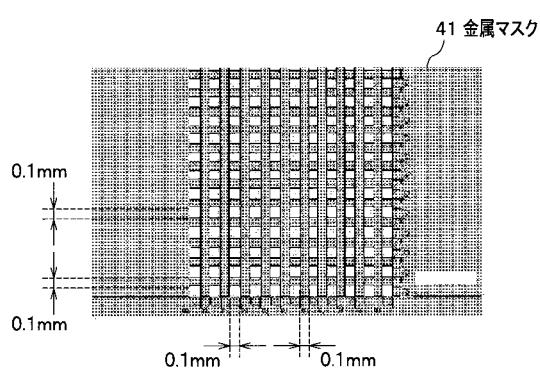
- 1 垂直型有機薄膜トランジスタ
- 2 垂直型有機発光トランジスタ
- 10 基板
- 20 ソース電極
- 30 第1p型有機半導体層(活性層)
- 40 ゲート電極
- 41 金属マスク
- 50 第2p型有機半導体層(活性層)
- 60 ドレイン電極
- 70 発光有機物層

40

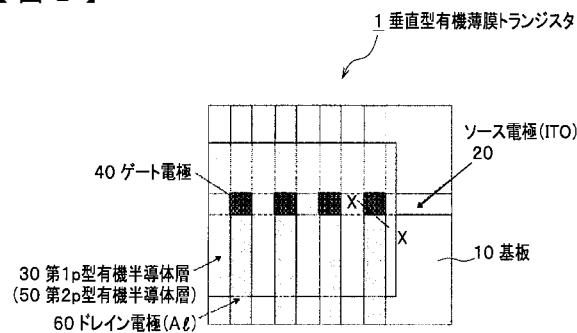
【図1】



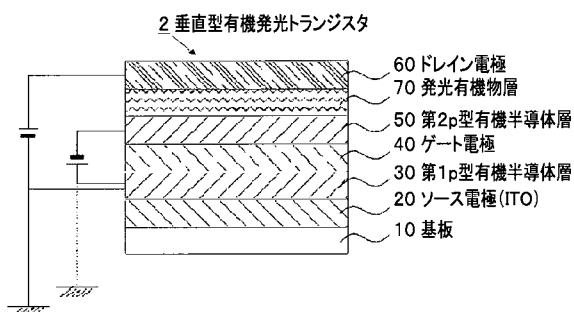
【図3】



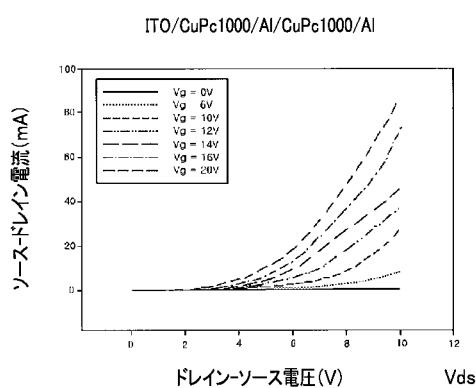
【図2】



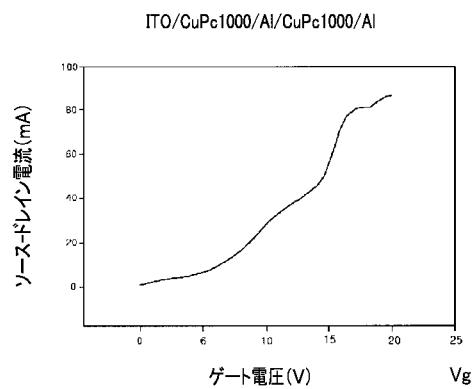
【図4】



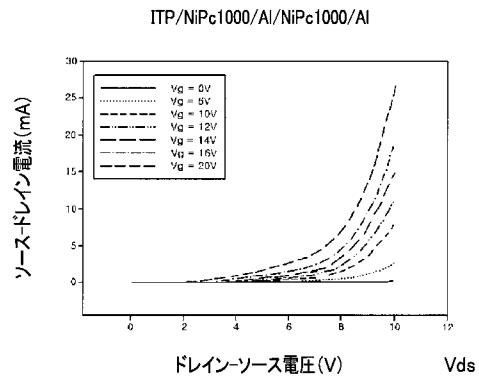
【図5 a】



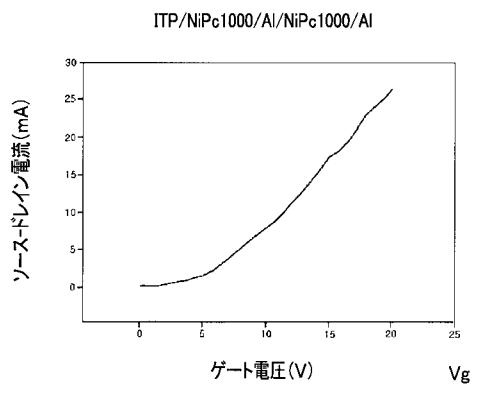
【図5 b】



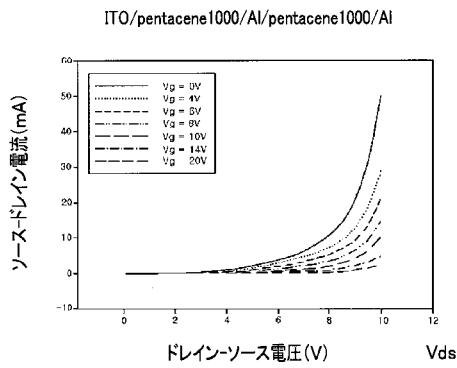
【図6 a】



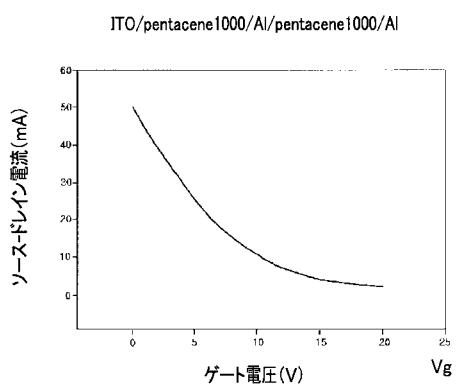
【図6 b】



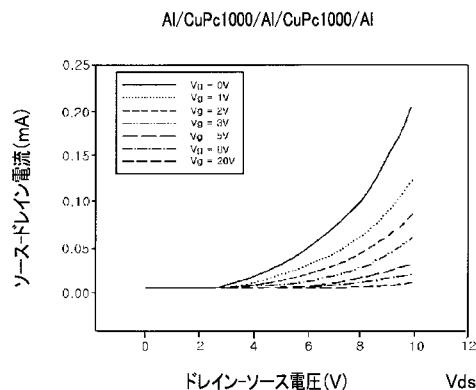
【図7 a】



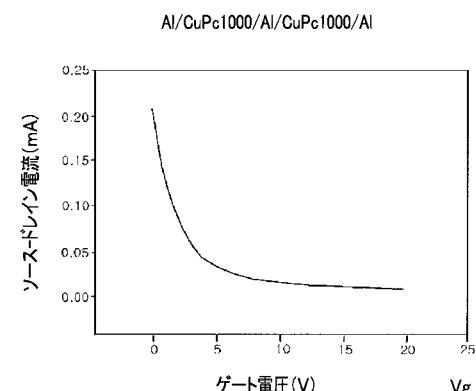
【図7 b】



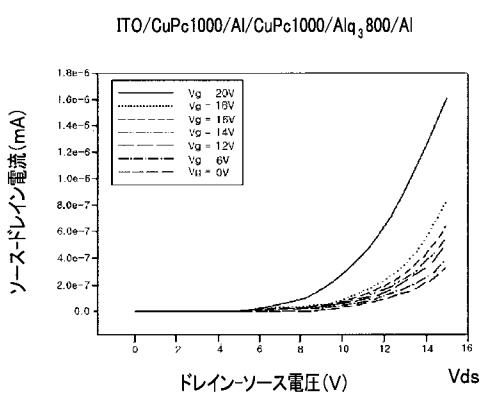
【図8 a】



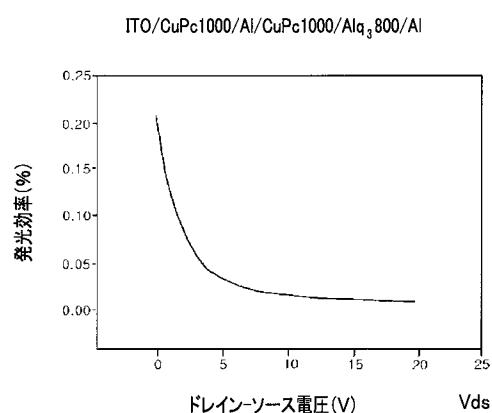
【図8 b】



【図9 a】



【図9 b】



---

フロントページの続き

(72)発明者 李 相 潤

大韓民国 ソウル特別市 瑞草區 瑞草4洞  
号

三豊 アパート 13棟 707

(72)発明者 具 本 原

大韓民国 京畿道 水原市 靈通區 網浦洞  
01棟 1108号

東水原 エルジー ビレッジ 1

(72)発明者 姜 仁 男

大韓民国 京畿道 安山市 常 緑 區 月陂洞  
号

漢陽 アパート 17棟 502

(72)発明者 金 昌 柱

大韓民国 京畿道 安養市 萬安區 石水2洞  
9棟 801号

石水 エルジー ビレッジ 10

(72)発明者 吳 世 庸

大韓民国 ソウル特別市 瑞草區 蠶院洞  
棟 1206号

新盤浦 宇成 アパート 101

F ターム(参考) 3K007 AB05 BA06 DB03 GA00

专利名称(译)	垂直型有机薄膜晶体管，垂直型有机发光晶体管和显示元件		
公开(公告)号	<a href="#">JP2006191044A</a>	公开(公告)日	2006-07-20
申请号	JP2005372038	申请日	2005-12-26
[标]申请(专利权)人(译)	三星电子株式会社		
申请(专利权)人(译)	三星电子株式会社		
[标]发明人	李相潤 具本原 姜仁男 金昌柱 吳世庸		
发明人	李相潤 具本原 姜仁男 金昌柱 ▲吳世庸▼		
IPC分类号	H01L51/05 H01L51/30 H01L51/50		
CPC分类号	H01L51/057 H01L27/3244 H01L51/0078 H01L51/0097		
FI分类号	H01L29/28.100.A H01L29/28.250.F H01L29/28.250.G H05B33/14.A		
F-TERM分类号	3K007/AB05 3K007/BA06 3K007/DB03 3K007/GA00 3K107/AA01 3K107/AA02 3K107/BB01 3K107/CC04 3K107/CC45 3K107/DD12 3K107/DD14 3K107/DD16 3K107/DD59 3K107/DD64 3K107/DD71 3K107/DD80 3K107/EE04 3K107/FF04 3K107/FF15		
代理人(译)	悦生田田		
优先权	1020050000848 2005-01-05 KR		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

## 摘要(译)

要解决的问题：提供具有增加型特性的垂直有机薄膜晶体管，其中源极 - 漏极电流随着有机薄膜晶体管的电流 - 电压特性中的栅极电压的增加而增加。SOLUTION：在垂直有机薄膜晶体管1中，有源层30和50由介电常数为3.5或更大的p型活性有机半导体化合物制成，源电极20由具有不同功的金属制成用于形成漏电极60的功能

