

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5164338号
(P5164338)

(45) 発行日 平成25年3月21日 (2013. 3. 21)

(24) 登録日 平成24年12月28日 (2012. 12. 28)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L 29/786 (2006. 01)
HO 1 L 21/28 (2006. 01)
HO 1 L 29/417 (2006. 01)
HO 1 L 51/05 (2006. 01)
HO 1 L 51/30 (2006. 01)

HO 1 L 29/78 6 1 6 V
HO 1 L 29/78 6 1 8 B
HO 1 L 29/78 6 1 6 U
HO 1 L 21/28 3 0 1 B
HO 1 L 29/50 M

請求項の数 9 (全 46 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2006-117418 (P2006-117418)
(22) 出願日 平成18年4月21日 (2006. 4. 21)
(65) 公開番号 特開2006-332613 (P2006-332613A)
(43) 公開日 平成18年12月7日 (2006. 12. 7)
審査請求日 平成21年4月14日 (2009. 4. 14)
(31) 優先権主張番号 特願2005-125811 (P2005-125811)
(32) 優先日 平成17年4月22日 (2005. 4. 22)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)
(31) 優先権主張番号 特願2005-125904 (P2005-125904)
(32) 優先日 平成17年4月25日 (2005. 4. 25)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000153878
株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地
(72) 発明者 今林 良太
神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
半導体エネルギー研究所内
(72) 発明者 古川 忍
神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
半導体エネルギー研究所内
(72) 発明者 山崎 舜平
神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
半導体エネルギー研究所内

審査官 棚田 一也

最終頁に続く

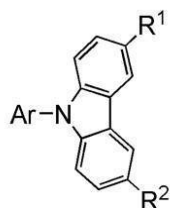
(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

有機半導体材料を含む半導体層と、
ソース電極及びドレイン電極と、を有し、
前記ソース電極及び前記ドレイン電極の少なくとも一方は、有機化合物及び遷移金属酸化物を含む混合層を有し、
前記有機化合物は下記一般式 (2) 乃至 (4) で表されるいずれか 1 つであることを特徴とする半導体装置。

【化 1】



(2)

(但し、式中 Ar は炭素数 6 以上 4 2 以下の 1 価の芳香族炭化水素基を表し、R¹ は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリール基を表し、R² は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリール基を表す。)

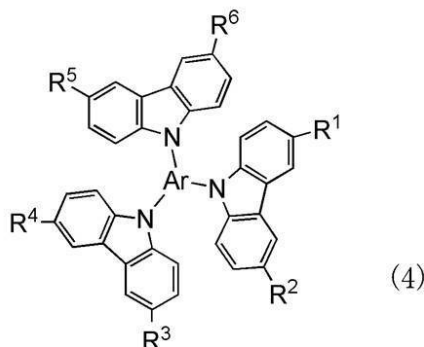
【化 2】



(但し、式中 Ar は炭素数 6 以上 4 2 以下の 2 価の芳香族炭化水素基を表し、 R^1 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリール基を表し、 R^2 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリール基を表し、 R^3 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリール基を表し、 R^4 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリール基を表す。)

10

【化 3】



20

(但し、式中 Ar は炭素数 6 以上 4 2 以下の 3 価の芳香族炭化水素基を表し、 R^1 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリール基を表し、 R^2 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリール基を表し、 R^3 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリール基を表し、 R^4 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリール基を表し、 R^5 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリール基を表し、 R^6 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリール基を表す。)

30

【請求項 2】

ゲート電極と、

前記ゲート電極上に形成されたゲート絶縁膜と、

前記ゲート絶縁膜上に形成されたソース電極及びドレイン電極と、

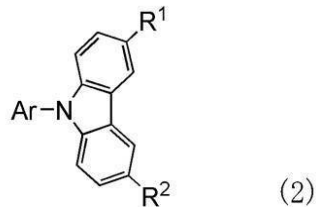
前記ゲート絶縁膜、前記ソース電極及び前記ドレイン電極上に形成された有機半導体材料を含む半導体層と、を有し、

40

前記ソース電極及び前記ドレイン電極の少なくとも一方は、導電層と、前記導電層上に形成された有機化合物及び遷移金属酸化物を含む混合層と、を有し、

前記有機化合物は下記一般式 (2) 乃至 (4) で表されるいずれか 1 つであることを特徴とする半導体装置。

【化 4】



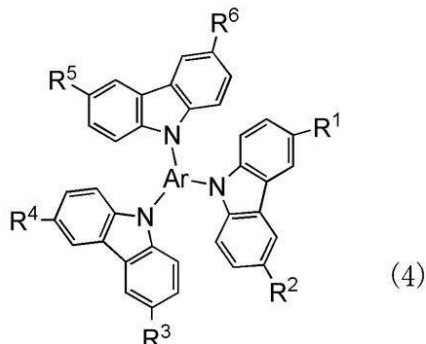
(但し、式中 Ar は炭素数 6 以上 42 以下の 1 価の芳香族炭化水素基を表し、 R^1 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^2 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表す。)

【化 5】



(但し、式中 Ar は炭素数 6 以上 42 以下の 2 価の芳香族炭化水素基を表し、 R^1 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^2 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^3 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^4 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表す。)

【化 6】



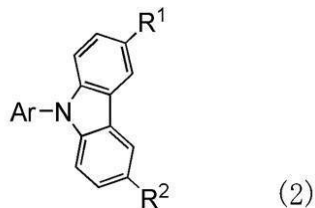
(但し、式中 Ar は炭素数 6 以上 42 以下の 3 価の芳香族炭化水素基を表し、 R^1 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^2 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^3 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^4 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^5 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^6 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表す。)

【請求項 3】

ゲート電極と、
前記ゲート電極上に形成されたゲート絶縁膜と、

前記ゲート絶縁膜上に形成された有機半導体材料を含む半導体層と、
 前記半導体層上に形成されたソース電極及びドレイン電極と、を有し、
 前記ソース電極及び前記ドレイン電極の少なくとも一方は、有機化合物及び遷移金属酸化物を含む混合層と、前記混合層上に形成された導電層と、を有し、
 前記有機化合物は下記一般式(2)乃至(4)で表されるいずれか1つであることを特徴とする半導体装置。

【化7】



10

(但し、式中Arは炭素数6以上42以下の1価の芳香族炭化水素基を表し、R¹は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表し、R²は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表す。)

【化8】

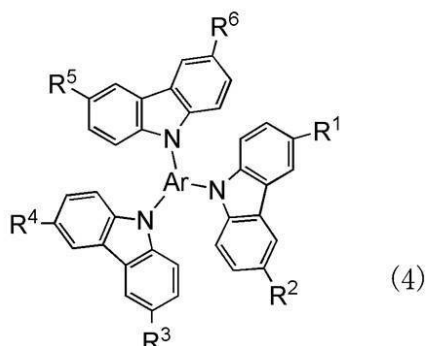


20

(但し、式中Arは炭素数6以上42以下の2価の芳香族炭化水素基を表し、R¹は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表し、R²は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表し、R³は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表し、R⁴は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表す。)

30

【化9】



40

(但し、式中Arは炭素数6以上42以下の3価の芳香族炭化水素基を表し、R¹は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表し、R²は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表し、R³は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表し、R⁴は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表し、R⁵は水素、または炭素数1

50

以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^6 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表す。)

【請求項 4】

ソース電極及びドレイン電極と、

前記ソース電極及び前記ドレイン電極上に形成された有機半導体材料を含む半導体層と

、
前記半導体層上に形成されたゲート絶縁膜と、

前記ゲート絶縁膜上に形成されたゲート電極と、を有し、

前記ソース電極及び前記ドレイン電極の少なくとも一方は、導電層と、前記導電層上に形成された有機化合物及び遷移金属酸化物を含む混合層と、を有し、

前記有機化合物は下記一般式 (2) 乃至 (4) で表されるいずれか 1 つであることを特徴とする半導体装置。

【化 10】



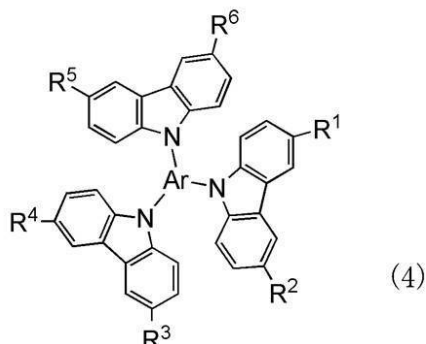
(但し、式中 Ar は炭素数 6 以上 12 以下の 1 個の芳香族炭化水素基を表し、 R^1 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^2 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表す。)

【化 11】



(但し、式中 Ar は炭素数 6 以上 12 以下の 2 個の芳香族炭化水素基を表し、 R^1 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^2 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^3 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^4 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表す。)

【化 12】



(但し、式中 Ar は炭素数 6 以上 42 以下の 3 価の芳香族炭化水素基を表し、 R^1 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^2 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^3 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^4 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^5 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^6 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表す。)

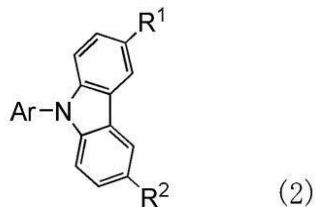
10

【請求項 5】

有機半導体材料を含む半導体層と、
前記半導体層上に形成されたソース電極及びドレイン電極と、
前記半導体層、前記ソース電極及び前記ドレイン電極上に形成されたゲート絶縁膜と、
前記ゲート絶縁膜上に形成されたゲート電極と、を有し、
前記ソース電極及び前記ドレイン電極の少なくとも一方は、有機化合物及び遷移金属酸化物を含む混合層と、前記混合層上に形成された導電層と、を有し、
前記有機化合物は下記一般式 (2) 乃至 (4) で表されるいずれか 1 つであることを特徴とする半導体装置。

【化 13】

20



(但し、式中 Ar は炭素数 6 以上 42 以下の 1 価の芳香族炭化水素基を表し、 R^1 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^2 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表す。)

30

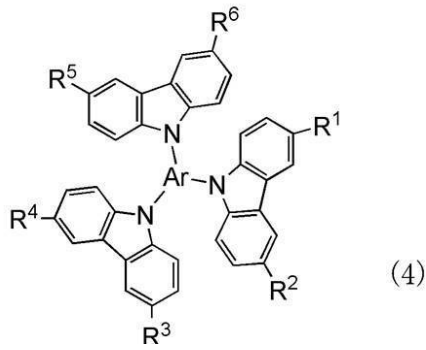
【化 14】



(但し、式中 Ar は炭素数 6 以上 42 以下の 2 価の芳香族炭化水素基を表し、 R^1 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^2 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^3 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^4 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表す。)

40

【化 15】



10

(但し、式中 Ar は炭素数 6 以上 42 以下の 3 価の芳香族炭化水素基を表し、 R^1 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^2 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^3 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^4 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^5 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表し、 R^6 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表す。)

20

【請求項 6】

請求項 2 乃至請求項 5 のいずれかーにおいて、

前記ソース電極及び前記ドレイン電極は、前記半導体層と前記混合層との間に、電子輸送性を有する有機化合物と、アルカリ金属、アルカリ土類金属、アルカリ金属若しくはアルカリ土類金属を含む酸化物、又はアルカリ金属若しくはアルカリ土類金属を含む窒化物と、を含む層をさらに有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 7】

請求項 2 乃至請求項 6 のいずれかーにおいて、

前記導電層の端面又は前記半導体層の端面が前記混合層で覆われており、前記導電層と前記半導体層とは接しないことを特徴とする半導体装置。

30

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれかーにおいて、

前記遷移金属酸化物は、バナジウム酸化物、タンタル酸化物、モリブデン酸化物、タングステン酸化物、レニウム酸化物、又はルテニウム酸化物からなることを特徴とする半導体装置。

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 8 のいずれかーにおいて、

前記混合層が含む有機化合物と前記半導体層が含む有機半導体材料とが同一材料であることを特徴とする半導体装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スイッチング素子や増幅素子として利用できるトランジスタに関するものである。

【背景技術】

【0002】

電界効果トランジスタは、ソース電極とドレイン電極の 2 つの電極間に設けられている半導体層の電気伝導度をゲート電極に印加する電圧で制御するものである。基本的には、p 型あるいは n 型のいずれか一方のキャリア（正孔あるいは電子）が電荷を輸送する、ユ

50

ニポラ素子の代表的なものである。

【 0 0 0 3 】

これらのトランジスタは、その組み合わせによって種々のスイッチング素子や増幅素子を形成することができるため、様々な分野で応用されている。例えば、アクティブマトリクス型ディスプレイにおける画素のスイッチング素子などがその応用例として挙げられる。

【 0 0 0 4 】

これまで、このようなトランジスタに用いる半導体材料としては、シリコンに代表される無機半導体材料が広く用いられてきた。しかしながら、無機半導体材料を半導体層として成膜するためには高温で処理する必要がある。そのため、基板にプラスチック基板やフ

10

【 0 0 0 5 】

これに対し、有機半導体材料を半導体層として用いると、比較的低温度でも成膜が可能である。その結果、ガラス基板のみならずプラスチックなどの熱耐久性の小さい基板上面にも原理的にトランジスタを作製が可能となる。

【 0 0 0 6 】

このように、有機半導体材料を半導体層としたトランジスタ（以下、「有機トランジスタ」と記す）の例として、二酸化ケイ素（ SiO_2 ）をゲート絶縁層とし、ペンタセンを半導体層としたもの（下記非特許文献 1 参照）が挙げられる。この報告では電界効果移動度が $1 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ と報告されており、有機半導体材料を半導体層としても、アモルファスシリコンに匹敵するトランジスタ性能が得られることが報告されている。

20

【 0 0 0 7 】

ところで、有機トランジスタでは、ソース電極又はドレイン電極と半導体層との間でキャリアの受け渡しがされる。その界面に大きなエネルギー障壁が存在すると電界効果移動度などのトランジスタ特性が低下してしまう。これを改善するため、ソース電極またはドレイン電極と半導体層との界面にフッ化リチウム層を用いること（下記特許文献 1 参照）が提案されている。しかし、フッ化リチウム層は n チャネル型の有機トランジスタにしか適用することができない。そのため、有機半導体材料の種類は n 型のものに限られてくる。また、導電性付与剤を半導体層にドーピングすること（下記特許文献 2 参照）も提案されているが、導電性付与剤は化学的安定性に乏しいという問題がある。さらに、これら電極材料と有機半導体材料との密着性も、耐久性に優れたトランジスタを得るためには重要である。

30

【 0 0 0 8 】

また、一般的に、p 型有機トランジスタのキャリア移動度に比べ、n 型有機トランジスタのキャリア移動度は小さいといわれている。なお、p 型有機トランジスタのキャリアは正孔であり、n 型有機トランジスタのキャリアは電子である。キャリア移動度に差のある有機トランジスタを組み合わせると種々のスイッチング素子や増幅素子を形成すると、それらの特性に問題が生じるおそれがある。

【 0 0 0 9 】

以上のことから、種々の有機半導体材料を用いた有機トランジスタに対して用いることができ、化学的に安定で、有機半導体材料との密着性に優れたソース電極及びドレイン電極が必要である。このようなソース電極及びドレイン電極を適用することで、トランジスタ特性が良好で、耐久性に優れた有機トランジスタが得られるためである。

40

【 0 0 1 0 】

また、有機トランジスタにおいては、ソース電極及びドレイン電極は配線も兼用していることが多いため、高い導電性が必要となる。しかしながら、上述したような特性と高い導電性を兼ね備えたソース電極及びドレイン電極の報告は少ない。

【非特許文献 1】Y. Y. Lin, D. J. Gundlach, S. F. Nelson, T. N. Jackson, IEEE Electron Device Letters, Vol. 18, 606 - 608 (1997)

50

【特許文献１】特開２００３－２９８０５６号公報

【特許文献２】特開２００４－２２８３７１号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００１１】

本発明は、有機半導体材料を用いた半導体層を有する電界効果トランジスタ（本発明では有機トランジスタと称する）において、半導体層との界面のエネルギー障壁を低減できる有機トランジスタ用電極を提供することを課題とする。また、種々の有機半導体材料に対して使用可能な有機トランジスタ用電極を提供することを課題とする。また、化学的に安定な有機トランジスタ用電極を提供することを課題とする。また、半導体層との密着性に優れた有機トランジスタ用電極を提供することを課題とする。

10

【００１２】

また、上述したような特性を有する上に導電性にも優れており、配線と兼用することのできる有機トランジスタ用電極を提供することを課題とする。

【００１３】

また、本発明は、しきい値シフトの小さい有機トランジスタ用電極を提供することを課題とする。

【００１４】

また、有機トランジスタにおいて、キャリアを効率よく注入するためにその電極の選択において仕事関数を考慮することが必要となっている。その制約は厳しく、現状、ごく一部の条件を満たす導電性材料しか使用することが出来ない。例えば、p型有機トランジスタの電極として良く用いられている導電性材料に金が挙げられるが、このように高価な貴金属を用いるか、もしくはタンゲステンやタンタルなどスパッタ法など成膜面にダメージを与える成膜方法を採用しなければいけないような高融点金属を用いて、仕事関数を満足させることが必要となっている。

20

【００１５】

そこで本発明では有機トランジスタ用電極の一部として導電性の材料を用いた場合、その選択において仕事関数に支配されない構成を有する有機トランジスタ用の電極、有機トランジスタ、または半導体装置を提供することを課題とする。

【００１６】

さらに本発明では、電界効果移動度が良好な有機トランジスタまたは半導体装置を提供することを課題とする。また、耐久性に優れた有機トランジスタまたは半導体装置を提供することを課題とする。

30

【課題を解決するための手段】

【００１７】

本発明者は、鋭意検討を重ねた結果、有機トランジスタ用の電極、すなわち有機トランジスタにおけるソース電極又はドレイン電極の少なくとも一方の一部に、有機化合物と無機化合物とを含む複合層を用いると、当該電極と半導体層との界面のエネルギー障壁が低減し、トランジスタ特性が向上することを見出した。また、キャリア移動度が向上することを見出した。

40

【００１８】

また本発明者は、そのような構成の電極が、有機トランジスタのソース電極又はドレイン電極として用いられた場合化学的に安定で、半導体層との密着性に優れていることを見出した。さらに、駆動電圧を低くすることができ、しきい値シフトが小さくできることを見出した。なお、p型有機トランジスタの場合はキャリアは正孔であり、n型有機トランジスタの場合はキャリアは電子である。

【００１９】

したがって本発明の構成の一つは、ソース電極又はドレイン電極として用いられる有機トランジスタ用電極がその一部に有機化合物と無機化合物とを含む複合層を有することを特徴とする。

50

【 0 0 2 0 】

この時、前記有機化合物としては、下記一般式(1)～(4)で表されるカルバゾール誘導体もしくは芳香族炭化水素及びその誘導体が好ましい。下記一般式(1)乃至(4)のいずれかで表されるカルバゾール誘導体の具体例としては、N-(2-ナフチル)カルバゾール(略称：NCz)、4,4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル(略称：CBP)、9,10-ビス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]アントラセン(略称：BCPA)、3,5-ビス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]ビフェニル(略称：BCPBi)、1,3,5-トリス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]ベンゼン(略称：TCPB)等を挙げることができる。また、芳香族炭化水素の具体例としては、アントラセン、9,10-ジフェニルアントラセン(略称：DPA)、2-tert-ブチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称：t-BuDNA)、テトラセン、ルブレン、ペンタセン等を挙げることができる。

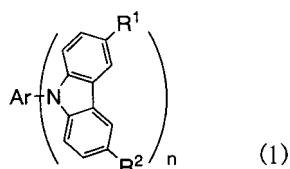
10

【 0 0 2 1 】

また、前記無機化合物は遷移金属の酸化物もしくは窒化物を用いることができ、好ましくは周期表における4～8属に属する金属の酸化物もしくは窒化物が望ましい。特にバナジウム酸化物、タンタル酸化物、モリブデン酸化物、タングステン酸化物、レニウム酸化物及びルテニウム酸化物を好適に用いることができる。

【 0 0 2 2 】

【化1】

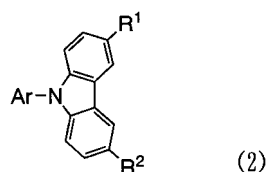


20

式中Arは炭素数6以上42以下の芳香族炭化水素基を表し、nは1以上3以下の自然数を表し、R¹、R²は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表す。

【 0 0 2 3 】

【化2】

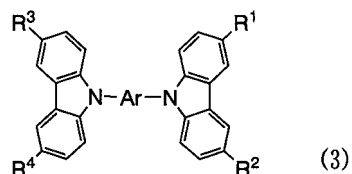


30

ただし、式中Arは炭素数6以上42以下の1価の芳香族炭化水素基を表し、R¹、R²は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表す。

【 0 0 2 4 】

【化3】



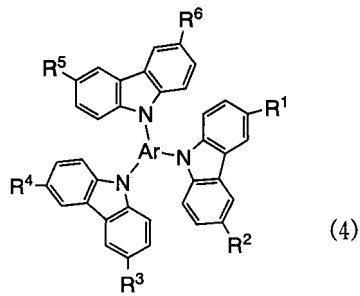
40

ただし、式中Arは炭素数6以上42以下の2価の芳香族炭化水素基を表し、R¹～R⁴は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表す。

【 0 0 2 5 】

50

【化 4】



10

ただし、式中 Ar は炭素数 6 以上 42 以下の 3 価の芳香族炭化水素基を表し、 $R^1 \sim R^6$ は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表す。

【0026】

なお、上述した本発明の有機トランジスタ用ソース電極及びドレイン電極は、導電性材料をさらに有することが好ましい。それにより、導電性にも優れ、配線と兼用することのできるソース電極及びドレイン電極を得ることができる。

【0027】

また、本発明の他の構成は、有機トランジスタの電極が、その一部に第 1 の無機化合物と電子輸送性を有する第 1 の有機化合物とを含む第 1 の複合層と、第 2 の有機化合物と第 2 の無機化合物とを含む第 2 の複合層と、を有することを特徴とする。

20

【0028】

この時、第 1 の複合層に含まれる第 1 の無機化合物は、アルカリ金属及びアルカリ土類金属、もしくはそれらを含む酸化物や窒化物が望ましい。

【0029】

また、第 2 の複合層に含まれる第 2 の有機化合物としては、下記一般式 (1) ~ (4) で表されるカルバゾール誘導体もしくは芳香族炭化水素及びその誘導体が好ましい。上記一般式 (1) ~ (4) のいずれかで表されるカルバゾール誘導体の具体例としては、N-(2-ナフチル)カルバゾール(略称: NCz)、4,4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル(略称: CBP)、9,10-ビス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]アントラセン(略称: BCPA)、3,5-ビス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]ビフェニル(略称: BCPBi)、1,3,5-トリス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]ベンゼン(略称: TCPB)等を挙げることができる。また、芳香族炭化水素の具体例としては、アントラセン、9,10-ジフェニルアントラセン(略称: DPA)、2-tert-ブチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称: t-BuDNA)、テトラセン、ルブレン、ペンタセン等を挙げることができる。

30

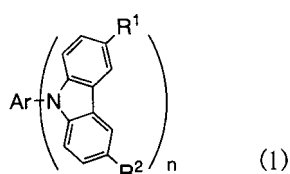
【0030】

また、前記第 2 の無機化合物は遷移金属の酸化物もしくは窒化物を用いることができる。好ましくは周期表における 4 ~ 8 属に属する金属の酸化物もしくは窒化物が望ましい。特にバナジウム酸化物、タンタル酸化物、モリブデン酸化物、タングステン酸化物、レニウム酸化物及びルテニウム酸化物を好適に用いることができる。

40

【0031】

【化 5】



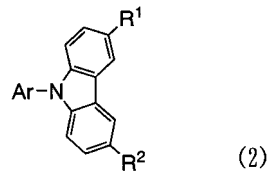
式中 Ar は炭素数 6 以上 42 以下の芳香族炭化水素基を表し、n は 1 以上 3 以下の自然数

50

を表し、 R^1 、 R^2 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表す。

【0032】

【化6】

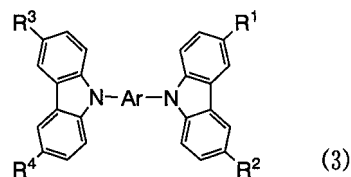


10

ただし、式中 Ar は炭素数 6 以上 12 以下の 1 価の芳香族炭化水素基を表し、 R^1 、 R^2 は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表す。

【0033】

【化7】

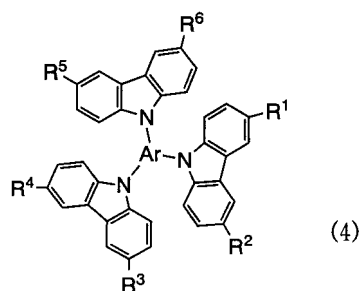


20

ただし、式中 Ar は炭素数 6 以上 12 以下の 2 価の芳香族炭化水素基を表し、 $R^1 \sim R^4$ は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表す。

【0034】

【化8】



30

ただし、式中 Ar は炭素数 6 以上 12 以下の 3 価の芳香族炭化水素基を表し、 $R^1 \sim R^6$ は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表す。

【0035】

また、本発明の有機トランジスタ用の電極は、前記第 1 の複合層と前記第 2 の複合層、前記第 2 の複合層と前記導電層とはそれぞれ接して設けられていることが好ましい。

40

【0036】

なお、上述した本発明の有機トランジスタ用ソース電極及びドレイン電極は、導電性材料をさらに有することが好ましい。それにより、導電性にも優れ、配線と兼用することのできるソース電極及びドレイン電極を得ることができる。

【0037】

以上で述べたようなソース電極及びドレイン電極を用いた有機トランジスタも、本発明の一態様である。すなわち本発明の構成の一つは、有機トランジスタにおいて、有機半導体材料を含む半導体層と、ソース電極及びドレイン電極と、を有し、前記ソース電極及び前記ドレイン電極の少なくとも一方が、有機化合物と無機化合物とを含む複合層を有する

50

ことを特徴とする。

【 0 0 3 8 】

この時、前記有機化合物としては、下記一般式 (1) ~ (4) で表されるカルバゾール誘導体もしくは芳香族炭化水素及びその誘導体が好ましい。下記一般式 (1) 乃至 (4) のいずれかで表されるカルバゾール誘導体の具体例としては、N - (2 - ナフチル) カルバゾール (略称 : N C z)、4 , 4 ' - ジ (N - カルバゾリル) ビフェニル (略称 : C B P)、9 , 1 0 - ビス [4 - (N - カルバゾリル) フェニル] アントラセン (略称 : B C P A)、3 , 5 - ビス [4 - (N - カルバゾリル) フェニル] ビフェニル (略称 : B C P B i)、1 , 3 , 5 - トリス [4 - (N - カルバゾリル) フェニル] ベンゼン (略称 : T C P B) 等を挙げることができる。また、芳香族炭化水素の具体例としては、アントラセン、9 , 1 0 - ジフェニルアントラセン (略称 : D P A)、2 - t e r t - ブチル - 9 , 1 0 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称 : t - B u D N A)、テトラセン、ルブレ

10

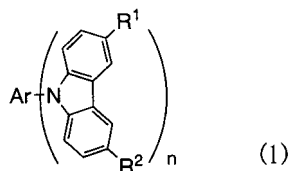
【 0 0 3 9 】

また、前記無機化合物は遷移金属の酸化物もしくは窒化物を用いることができ、好ましくは周期表における 4 ~ 8 属に属する金属の酸化物もしくは窒化物が望ましい。特にバナジウム酸化物、タンタル酸化物、モリブデン酸化物、タングステン酸化物、レニウム酸化物及びルテニウム酸化物を好適に用いることができる。

【 0 0 4 0 】

【 化 9 】

20

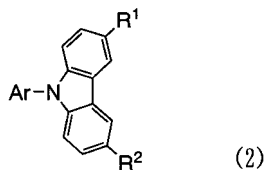


式中 A r は炭素数 6 以上 4 2 以下の芳香族炭化水素基を表し、n は 1 以上 3 以下の自然数を表し、R¹、R² は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリール基を表す。

【 0 0 4 1 】

【 化 1 0 】

30

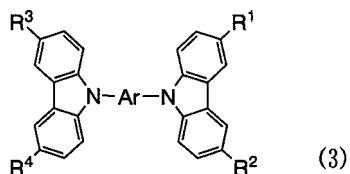


ただし、式中 A r は炭素数 6 以上 4 2 以下の 1 価の芳香族炭化水素基を表し、R¹、R² は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリール基を表す。

【 0 0 4 2 】

【 化 1 1 】

40

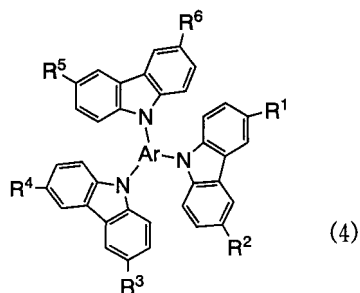


ただし、式中 A r は炭素数 6 以上 4 2 以下の 2 価の芳香族炭化水素基を表し、R¹ ~ R⁴ は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリール基を表す。

【 0 0 4 3 】

50

【化 1 2】



ただし、式中 Ar は炭素数 6 以上 4 2 以下の 3 価の芳香族炭化水素基を表し、 $R^1 \sim R^6$ は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリール基を表す。また、複合層は、前記半導体層と接して設けられている構成が好ましい。

【0044】

また、本発明の他の構成は、前記有機半導体材料が、前記複合層に含まれる有機化合物と同一であることも特徴とする。

【0045】

なお、上述した複合層において、前記有機化合物と前記無機化合物との混合比は、モル比で有機化合物 / 無機化合物 = 0 . 1 ~ 1 0、好ましくは 0 . 5 ~ 2 の範囲であることが好ましい。

【0046】

また、本発明の他の構成は、導電性材料をさらに有することも特徴とする。また、当該導電性材料の側端部が有機化合物と無機化合物とを含む複合層で覆われていることも特徴とする。

【0047】

また、本発明の他の構成は、有機トランジスタにおいて、有機半導体材料を含む半導体層と、ソース電極及びドレイン電極と、を有し、前記ソース電極及び前記ドレイン電極の少なくとも一方が、第 1 の無機化合物と電子輸送性を有する第 1 の有機化合物とを含む第 1 の複合層と、第 2 の有機化合物と第 2 の無機化合物とを含む第 2 の複合層と、を有することを特徴とする。

【0048】

この時、第 1 の複合層に含まれる第 1 の無機化合物は、アルカリ金属及びアルカリ土類金属、もしくはそれらを含む酸化物や窒化物が望ましい。

【0049】

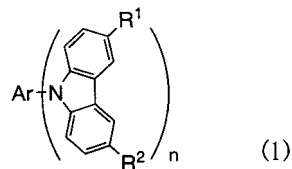
また、第 2 の複合層に含まれる第 2 の有機化合物としては、下記一般式 (1) ~ (4) で表されるカルバゾール誘導体もしくは芳香族炭化水素及びその誘導体が好ましい。上記一般式 (1) ~ (4) のいずれかで表されるカルバゾール誘導体の具体例としては、N - (2 - ナフチル) カルバゾール (略称 : NCz)、4 , 4 ' - ジ (N - カルバゾリル) ビフェニル (略称 : CBP)、9 , 10 - ビス [4 - (N - カルバゾリル) フェニル] アントラセン (略称 : BCPA)、3 , 5 - ビス [4 - (N - カルバゾリル) フェニル] ビフェニル (略称 : BCPBi)、1 , 3 , 5 - トリス [4 - (N - カルバゾリル) フェニル] ベンゼン (略称 : TCPB) 等を挙げることができる。また、芳香族炭化水素の具体例としては、アントラセン、9 , 10 - ジフェニルアントラセン (略称 : DPA)、2 - tert - ブチル - 9 , 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称 : t - BuDNA)、テトラセン、ルブレン、ペンタセン等を挙げることができる。

【0050】

また、前記第 2 の無機化合物は遷移金属の酸化物もしくは窒化物を用いることができる。好ましくは周期表における 4 ~ 8 属に属する金属の酸化物もしくは窒化物が望ましい。特にバナジウム酸化物、タンタル酸化物、モリブデン酸化物、タングステン酸化物、レニウム酸化物及びルテニウム酸化物を好適に用いることができる。

【 0 0 5 1 】

【 化 1 3 】

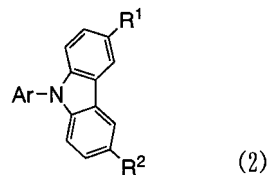


式中 Ar は炭素数 6 以上 4 2 以下の芳香族炭化水素基を表し、n は 1 以上 3 以下の自然数
を表し、R¹、R² は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以
上 1 2 以下のアリール基を表す。

10

【 0 0 5 2 】

【 化 1 4 】

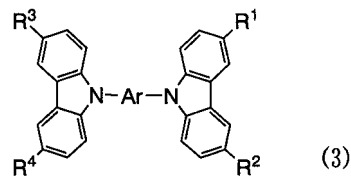


ただし、式中 Ar は炭素数 6 以上 4 2 以下の 1 価の芳香族炭化水素基を表し、R¹、R²
は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリ
ール基を表す。

20

【 0 0 5 3 】

【 化 1 5 】

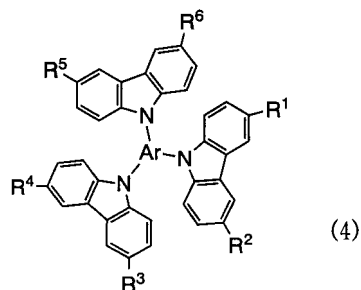


ただし、式中 Ar は炭素数 6 以上 4 2 以下の 2 価の芳香族炭化水素基を表し、R¹ ~ R⁴
は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリ
ール基を表す。

30

【 0 0 5 4 】

【 化 1 6 】



40

ただし、式中 Ar は炭素数 6 以上 4 2 以下の 3 価の芳香族炭化水素基を表し、R¹ ~ R⁶
は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 1 2 以下のアリ
ール基を表す。また、複合層は、前記半導体層と接して設けられている構成が好ましい。

【 0 0 5 5 】

なお、上述した第 2 の複合層において、前記有機化合物と前記無機化合物との混合比は
、モル比で有機化合物 / 無機化合物 = 0 . 1 ~ 1 0、好ましくは 0 . 5 ~ 2 の範囲である
ことが好ましい。

【 0 0 5 6 】

50

また、前記第 1 の複合層と前記第 2 の複合層は接していることが好ましい。

【 0 0 5 7 】

また、本発明の他の構成は、前記有機半導体材料が、前記第 2 の複合層に含まれる有機化合物と同一であることも特徴とする。

【 0 0 5 8 】

また、上述したようなソース電極及びドレイン電極を用いた半導体装置も、本発明の一態様である。すなわち本発明の構成の一つは、半導体装置において、有機半導体材料を含む半導体層と、ソース電極及びドレイン電極と、を有し、前記ソース電極及び前記ドレイン電極の少なくとも一方が、有機化合物と無機化合物とを含む複合層を有することを特徴とする。同様に、本発明の構成の一つは、半導体装置において、有機半導体材料を含む半導体層と、ソース電極及びドレイン電極と、を有し、前記ソース電極及び前記ドレイン電極の少なくとも一方が、第 1 の無機化合物と電子輸送性を有する第 1 の有機化合物とを含む第 1 の複合層と、第 2 の有機化合物と第 2 の無機化合物とを含む第 2 の複合層と、を有することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【 0 0 5 9 】

本発明を実施することで、有機半導体材料を用いた半導体層を有する電界効果トランジスタにおいて、半導体層との界面のエネルギー障壁を低減できるソース電極及びドレイン電極を得ることができる。また、種々の有機半導体材料に対して使用可能なソース電極及びドレイン電極を得ることができる。また、化学的に安定なソース電極及びドレイン電極を得ることができる。また、半導体層との密着性に優れたソース電極及びドレイン電極を得ることができる。

20

【 0 0 6 0 】

また、有機化合物と無機化合物とを含む複合層を一部に有する本発明の有機トランジスタ用電極は、導電性材料として、仕事関数の制約を考えずに選択することが可能となり、選択の範囲が広がり、コスト的にも有利な構成である。また、導電性材料を併用していることで抵抗も小さくすることができ、配線としても好適に用いることが出来るようになる。

【 0 0 6 1 】

さらに本発明を実施することで、電界効果移動度が良好な有機トランジスタを提供することができる。また、耐久性に優れた有機トランジスタを提供することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 6 2 】

有機トランジスタにおいて、優れたトランジスタ特性を得るためには、有機半導体層のキャリア密度が電界効果によって効率よく制御されることが求められる。また、ソース電極から有機半導体層へのキャリアの供給が効率よく起こることで、トランジスタ特性は向上する。さらに、有機半導体層からドレイン電極へのキャリアの排出が効率良く起こることでトランジスタ特性は向上する。したがって、有機トランジスタにおいて、優れたトランジスタ特性を得るためには、ソース電極から有機半導体層へのキャリアの供給、又は有機半導体層からドレイン電極へのキャリアの排出を効率良くすることも求められる。すなわち、ソース電極と有機半導体層との間、又はドレイン電極と有機半導体層との間にエネルギー障壁がないことが望ましい。さらに好ましくは、ソース電極及びドレイン電極と有機半導体層との間にエネルギー障壁がないことが望ましい。しかし、一般に電極金属のフェルミ準位と有機半導体材料の最高被占準位との間にエネルギー差があり、ソース電極と有機半導体層との間、及びドレイン電極との間にはエネルギー障壁が存在する。このことは有機トランジスタの特性を制限する一因になっており、電極の選択に仕事関数を考慮しなければならない理由の一つである。なお、p 型有機トランジスタの場合は正孔がキャリアとなり、n 型有機トランジスタの場合は電子がキャリアとなる。

40

【 0 0 6 3 】

本発明者は、ソース電極の一部に有機化合物と無機化合物とを含む複合層を用いること

50

により、ソース電極と有機半導体層との間のエネルギー障壁が低減することを見出した。そして、ソース電極から有機半導体層へのキャリアの供給が効率良く起こるようになることで、電界効果トランジスタ特性が向上することを見出した。また、ドレイン電極の一部に有機化合物と無機化合物とを含む複合層を用いることにより、ドレイン電極と有機半導体層との間のエネルギー障壁が低減することも見出した。そして、有機半導体層からドレイン電極へのキャリアの排出が効率良く起こるようになることで、電界効果トランジスタ特性が向上することも見出した。

【 0 0 6 4 】

上記のような現象は、有機化合物と無機化合物とを混合した複合層内においてキャリア密度が向上することに起因すると考えられる。

10

【 0 0 6 5 】

以下、本発明の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。ただし、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本発明は以下に示す実施の形態の記述内容に限定して解釈されるものではない。なお、以下に説明する本発明の構成において、同じものを指す符号は異なる図面間で共通して用いる。

【 0 0 6 6 】

(実施の形態 1)

本発明の有機トランジスタの構造例を図 1 に (A) ~ (D) として示す。なお、図中、11 が有機半導体材料を含む半導体層、12 が絶縁層、15 がゲート電極、16 が基板である。ソース電極及びドレイン電極は、複合層 13 a、13 b および導電性材料からなる導電層 17 a、17 b を有している。各層や電極の配置は、素子の用途により適宜選択できる。

20

【 0 0 6 7 】

基板 16 は、ガラス基板、石英基板、結晶性ガラスなどの絶縁性基板や、セラミック基板、ステンレス基板、金属基板 (タンタル、タングステン、モリブデン等)、半導体基板、プラスチック基板 (ポリイミド、アクリル、ポリエチレンテレフタレート、ポリカーボネート、ポリアリレート、ポリエーテルスルホン等) 等を用いることができる。また、これら基板は必要に応じて C M P 等により研磨してから使用しても良い。

【 0 0 6 8 】

絶縁層 12 は、酸化ケイ素、窒化ケイ素、窒素を含む酸化ケイ素及び酸素を含む窒化ケイ素などの無機絶縁材料や、アクリルやポリイミドなどの有機絶縁材料によって形成することができる。その他、珪素と酸素との結合で骨格構造が構成され、置換基として少なくとも水素を含む有機基 (例えばアルキル基、アリール基)、フルオロ基、又は少なくとも水素を含む有機基及びフルオロ基を有する材料、いわゆるシロキサン系の材料によっても形成することができる。また、絶縁層 12 は単層で形成されていてもいいが、複数層により構成されていても良い。

30

【 0 0 6 9 】

なお、これらの絶縁膜はディップ法、スピンコート法、液滴吐出法などの塗布法や、C V D 法、スパッタ法など公知の方法によって成膜することができる。有機材料やシロキサン系の材料は塗布法により成膜することができ、下層の凹凸を緩和することができる。

40

【 0 0 7 0 】

本発明で使用する有機半導体材料はキャリア輸送性があり、かつ電界効果によりキャリア密度の変調が起こりうる有機材料であれば、低分子、中分子、高分子のいずれも用いることができる。その種類は特に限定されるものではないが、多環芳香族化合物、共役二重結合化合物、マクロ環化合物、金属フタロシアニン錯体、電荷移動錯体、縮合環テトラカルボン酸ジイミド類、オリゴチオフェン類、フラーレン類、カーボンナノチューブ、などが挙げられる。例えばポリピロール、ポリチオフェン、ポリ (3 アルキルチオフェン)、ポリエニレンビニレン、ポリ (p - フェニレンビニレン)、ポリアニリン、ポリジアセチレン、ポリアズレン、ポリピレン、ポリカルバゾール、ポリセレノフェン、ポリフラン

50

、ポリ(p-フェニレン)、ポリインドール、ポリピリダジン、ナフタセン、テトラセン、ペンタセン、ヘキサセン、ヘプタセン、ピレン、クリセン、ペリレン、コロネン、テリレン、オバレン、クオテリレン、トリフェノジオキサジン、トリフェノジリアジン、ヘキサセン-6, 15-キノン、ポリビニルカルバゾール、ポリフェニレンスルフィド、ポリピニレンスルフィド、ポリビニルピリジン、ナフタレンテトラカルボン酸ジイミド、アントラセンテトラカルボン酸ジイミド、C60、C70、C76、C78、C84及びこれらの誘導体を用いることができる。また、これらの具体例としては、一般的にP型半導体とされるペンタセン、テトラセン、セクシチオフエン(6T)、銅フタロシアニン、ビス-(1, 2, 5-チアジアゾロ)-p-キノビス(1, 3-ジチオール)、ルブレン、ポリ(2, 5-チエニレンビニレン)(略称: PTV)、ポリ(3-ヘキシルチオフエン-2, 5-ジイル)(略称: P3HT)、ポリ(9, 9'-ジオクチルフルオレン-c-o-ピチオフエン)(略称: F8T2)、一般的にN型半導体とされる7, 7, 8, 8'-テトラシアノキノジメタン(略称: TCNQ)、3, 4, 9, 10-ペリレンテトラカルボン酸二無水物(略称: PTCD A)、1, 4, 5, 8'-ナフタレンテトラカルボン酸二無水物(略称: NTCD A)、N, N'-ジオクチル-3, 4, 9, 10-ペリレンテトラカルボン酸ジイミド(略称: PTCDI-C8H)、銅十六フッ化フタロシアニン(略称: F₁₆CuPc)、3', 4'-ジブチル-5, 5''-ビス(ジシアノメチレン)-5, 5''-ジヒドロ-2, 2': 5', 2''-テルチオフエン)(略称: DCM T)、等がある。なお、有機半導体においてP型やN型の特性はその物質固有のものではなく、キャリアを注入する電極との関係や注入の際の電界の強度に依存する。したがって、どちらかになりやすいという傾向はあるもののP型にもN型にも、バイポーラ型にもなりうる可能性がある。

10

20

【0071】

これらの有機半導体材料は、蒸着法やスピンコート法、液滴吐出法など公知の方法により成膜することができる。

【0072】

本発明に使用するゲート電極15、ソース電極及びドレイン電極の一部に用いている導電性材料からなる導電層17a、17bは特に限定されるものではない。好ましくは、白金、金、アルミニウム、クロム、ニッケル、コバルト、銅、チタン、マグネシウム、カルシウム、バリウム、ナトリウムなどの金属及びそれらを含む合金が挙げられる。その他、ポリアニリン、ポリピロール、ポリチオフエン、ポリアセチレン、ポリジアセチレンなどの導電性高分子化合物、シリコン、ドーパドシリコン、ゲルマニウム、ガリウム砒素などの無機半導体、さらにこれらに酸(ルイス酸も含む)、ハロゲン原子、アルカリ金属やアルカリ土類金属などの金属原子などがドーピングされているものも挙げられる。一般にはソース電極及びドレイン電極の一部に用いる導電性材料としては、金属を用いることが多い。

30

【0073】

これらの電極材料はスパッタリング法や蒸着法などにより成膜した後、エッチングするなど公知の方法により作製すればよい。

【0074】

40

本発明の複合層13a、13bは有機化合物と無機化合物を含み、使用する有機化合物の種類は特に限定されるものではないが、正孔輸送性を有する材料が望ましい。下記一般式(1)~(4)で表されるカルバゾール誘導体もしくは芳香族炭化水素及びその誘導体がさらに好ましい。下記一般式(1)~(4)のいずれかで表されるカルバゾール誘導体の具体例としては、N-(2-ナフチル)カルバゾール(略称: NCz)、4, 4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル(略称: CBP)、9, 10-ビス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]アントラセン(略称: BCPA)、3, 5-ビス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]ビフェニル(略称: BCPBi)、1, 3, 5-トリス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]ベンゼン(略称: TCPB)等を挙げることができる。また、芳香族炭化水素の具体例としては、アントラセン、9, 10-ジフェニルアントラセン(

50

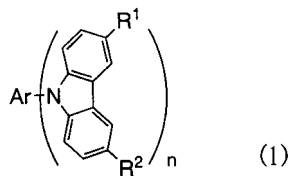
略称：DPA)、2-tert-ブチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称：t-BuDNA)、テトラセン、ルブレン、ペンタセン等を挙げることができる。

【0075】

なお、前記無機化合物は遷移金属の酸化物もしくは窒化物を用いることができ、好ましくは周期表における4～8属に属する金属の酸化物もしくは窒化物が望ましい。特にバナジウム酸化物、タンタル酸化物、モリブデン酸化物、タングステン酸化物、レニウム酸化物及びルテニウム酸化物を好適に用いることができる。

【0076】

【化17】

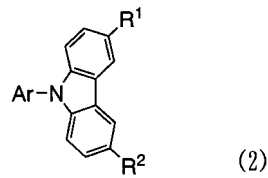


10

式中Arは炭素数6以上42以下の芳香族炭化水素基を表し、nは1以上3以下の自然数を表し、R¹、R²は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表す。

【0077】

【化18】

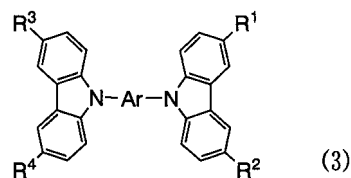


20

ただし、式中Arは炭素数6以上42以下の1価の芳香族炭化水素基を表し、R¹、R²は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表す。

【0078】

【化19】



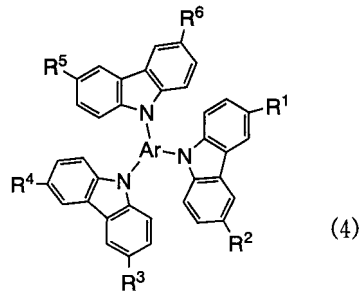
30

ただし、式中Arは炭素数6以上42以下の2価の芳香族炭化水素基を表し、R¹～R⁴は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表す。

【0079】

40

【化 20】



10

ただし、式中 Ar は炭素数 6 以上 42 以下の 3 価の芳香族炭化水素基を表し、 $R^1 \sim R^6$ は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表す。

【0080】

なお、複合層 13a、13b はこれらの材料を用いて、抵抗加熱を用いた共蒸着による成膜や、抵抗加熱蒸着と電子銃蒸着（EB 蒸着）を用いた共蒸着による成膜、スパッタリングと抵抗加熱による同時成膜などにより成膜すればよい。また、ゾルゲル法などによる湿式法により成膜しても良い。

【0081】

また、複合層 13a、13b は電気伝導度が 10^{-5} [S/cm] 程度であり、膜厚を数 nm から数百 nm まで変化させてもトランジスタの抵抗値に変化が少ないため、複合層の膜厚は数 nm から数百 nm 以上まで、作製する素子の用途や形状などに合わせて適宜調製することができる。

20

【0082】

さらに詳しく本発明を説明するため、図 1 (A) から図 1 (D) の構造を例にして説明する。図 1 (A) 及び図 1 (C) は半導体層 11 の下部にソース電極及びドレイン電極が設けられるボトムコンタクト型といわれる構造を有している。図 1 (A) 及び図 1 (B) では、ゲート電極 15 と絶縁層 12 を形成した基板 16 上にソース電極及びドレイン電極を形成する。図 1 (A) に示される構造では、ソース電極及びドレイン電極は、導電層 17a、17b を形成し、形成した導電層 17a、17b の上に、それと重なるように複合層 13a、13b を積層させることにより形成される。最後に半導体層 11 をソース電極とドレイン電極の間に存在するように形成し、有機トランジスタとする。この場合、複合層 13a、13b が半導体層 11 に接して設けられている。図 1 (A) の構造では、導電層 17a、17b を形成させた後に導電層 17a、17b の表面酸化や表面準位の安定化が生じるため、導電層 17a、17b をそのままソース電極及びドレイン電極に用いてしまうと、ソース電極及びドレイン電極と半導体層との間にエネルギー障壁が生じやすくトランジスタ特性が低下しやすい。しかしながら、複合層 13a、13b を有する本構成のソース電極及びドレイン電極を適用することで、半導体層 11 と導電層 17a、17b との間のエネルギー障壁を低減させる効果が生じる。

30

【0083】

図 1 (B)、図 1 (D) は半導体層 11 の上にソース電極及びドレイン電極が形成されているいわゆるトップコンタクトの構造を有する有機トランジスタの例である。複合層 13a、13b が半導体層 11 と導電層 17a、17b の間に形成されており、複合層 13a、13b と半導体層 11 が接して形成されている。

40

【0084】

トップコンタクトの有機トランジスタの場合、半導体層 11 上にソース電極及びドレイン電極を形成しなければいけないため、スパッタ法などによる電極の形成を行うと半導体層 11 にダメージが生じ、トランジスタ特性が低下してしまう場合がある。その為、蒸着法によってダメージの少ない電極の形成方法が採られていたが、蒸着法で成膜でき、さらに仕事関数の制約を満足出来るような電極材料は金などの極僅かな材料のみであった。し

50

かし本発明のように半導体層 11 上に蒸着法で成膜できる複合層 13 a、13 b を形成することによって、トップコンタクトの有機トランジスタであっても半導体層 11 にダメージを与えることなく、簡単にトランジスタ特性の良好な有機トランジスタを得ることができる。なお、複合層 13 a、13 b を先に形成することによって、スパッタ法などによって複合層 13 a、13 b 上に導電層 17 a、17 b を形成しても半導体層 11 にダメージが入ることも防ぐことができる。

【0085】

このように、複合層 13 a、13 b を半導体層 11 と導電層 17 a、17 b との間に挿入した構成のソース電極及びドレイン電極を適用することにより、半導体層 11 とソース電極及びドレイン電極との間のエネルギー障壁が低減し、ソース電極から半導体層へのキャリアの注入と半導体層からドレイン電極へのキャリア排出が潤滑になる。このため、導電層 17 a、17 b を仕事関数の制約無しに選択することが可能となる。

10

【0086】

また、複合層 13 a、13 b は化学的に安定であり、半導体層 11 との密着性も導電層 17 a、17 b に比較して良好である。さらに、本構成のように導電層 17 a、17 b と組み合わせることで、導電性にも優れており、配線と兼用することのできるソース電極及びドレイン電極を提供することができる。

【0087】

以上のことから、本構成のソース電極及びドレイン電極を適用することで、電界効果移動度が良好な有機トランジスタを提供することができる。また、耐久性に優れた有機トランジスタを提供することができる。

20

【0088】

なお、複合層 13 a、13 b を用いることによりソース電極及びドレイン電極と半導体層 11 との間のエネルギー障壁が低減するため、ソース電極及びドレイン電極の材料として、半導体層 11 とのエネルギー障壁が低い材料を選択する必要がない（すなわち、仕事関数の制約を受けない）点も本発明の利点の一つである。

【0089】

（実施の形態 2）

次に、複合層に使用する有機化合物を半導体層にも用いる構造を説明する。この構造では複合層と半導体層に使用する有機化合物が同一のものをを用いるため、製造プロセスが簡便になりコスト的にも有利となる利点がある。さらに、半導体層とソース電極及びドレイン電極との密着性や界面の化学的安定性が向上するため、トランジスタ特性のさらなる向上が見込める。また、有機トランジスタの耐久性の向上が見込める。

30

【0090】

本発明で使用する半導体材料は、特に限定されるものではないが、実施の形態 1 に示した複合層に使用する有機化合物と同一のものを使用する。

【0091】

さらに詳しく本発明を説明するため、図 1 の（A）の構造を例にして説明する。図 1 の（A）が示すように、ゲート電極 15 と絶縁層 12 を形成させた基板 16 上に、ソース電極及びドレイン電極を形成する。ソース電極及びドレイン電極は、導電層 17 a、17 b を形成し、形成した導電層 17 a、17 b の上に、複合層 13 a、13 b を積層させることにより構成される。ただし、複合層 13 a、13 b に使用する有機化合物は、次に形成する半導体層 11 の有機半導体材料と同一のものをを用いる。最後に半導体層 11 をソース電極とドレイン電極の間に存在するように形成させ、有機トランジスタとする。この場合、複合層 13 a、13 b が半導体層 11 に接して設けられている。

40

【0092】

このように、複合層 13 a、13 b を半導体層 11 と導電層 17 a、17 b との間に挿入した構成のソース電極及びドレイン電極を適用することにより、発明の実施の形態 1 で既に記載したように、半導体層 11 とソース電極及びドレイン電極との間のエネルギー障壁が低減する。そして、ソース電極から有機半導体層へのキャリアの注入と半導体層からド

50

レイン電極へのキャリア排出が潤滑になる。また、複合層 13 a、13 b に使用する有機化合物と半導体層 11 に使用する有機半導体材料を同一にすることにより、半導体層 11 とソース電極及びドレイン電極との密着性や界面の化学的安定性が向上するため、複合層 13 a、13 b により半導体層 11 と導電層 17 a、17 b との間のエネルギー障壁を低減させる効果がさらに有効となる構造である。また、トランジスタの耐久性も向上する。

【0093】

なお、本実施の形態は図 1 (A) の構成を参照して説明したが、本実施の形態の構成は図 1 の他の構成にも適用することができる。また、本実施の形態に記載した以外の構成及び材料は実施の形態 1 と同様であるので繰り返しの説明を省略する。実施の形態 1 の説明を参照されたい。

10

【0094】

(実施の形態 3)

本実施の形態では、図 2 を用いて、有機トランジスタの導電層 17 c、17 d の端面を複合層で覆い、導電層 17 c、17 d と半導体層 11 とが直接接しない構成を説明する。図 2 の構成において、実施の形態 1 と異なる部分は、有機トランジスタの導電層 17 c、17 d の端面を複合層で覆う構成のみである。図 2 の構成において、本実施の形態で説明がなされていない部分に関しては実施の形態 1 に準ずることとする。なお、図 2 (A) ~ (D) は図 1 (A) ~ (D) にそれぞれ対応する。

【0095】

有機トランジスタでは、半導体層として使用する有機材料によっては、その配向方向が電流の流れやすさに大きく影響する場合がある。そのため、通常はチャネルが形成される部分におけるキャリアが流れる方向により電流が流れやすいように配向をそろえるように配慮される。

20

【0096】

本実施の形態の構成は先に述べたように、実施の形態 1 に示した有機トランジスタの導電層 17 c、17 d の端面を複合層で覆い、導電層 17 c、17 d と半導体層 11 とを直接接しない構成としている。このような構成とすることによって、電流が流れる方向によりスムーズにキャリアを注入することが出来、有機トランジスタの特性を向上させることができる。

【0097】

なお、本実施の形態に記載した以外の構成及び材料は実施の形態 1 と同様であるので繰り返しの説明を省略する。実施の形態 1 の説明を参照されたい。

30

【0098】

(実施の形態 4)

図 1 (A) に示した本発明の有機トランジスタの作製方法について図 3 を参照しながら以下に説明する。

【0099】

石英基板 16 上にタングステンからなるゲート電極 15 を 100 nm 成膜し、ゲート電極上に二酸化ケイ素 (SiO_2) からなる絶縁層 12 をゲート絶縁層として 100 nm 成膜し、絶縁層 12 上にタングステンからなる導電層 17 a、17 b を 100 nm 成膜する。ゲート電極 15 はタングステンをスパッタ法などにより基板全面に成膜した後、フォトリソグラフィによってマスクを形成し、エッチングを行い所望の形状とすればよい。エッチングはウエットエッチング、ドライエッチングのいずれを用いてもよい。絶縁層 12 は CVD 法により、形成する。また、導電層 17 a、17 b はゲート電極と同様に形成すればよい。そして、導電層 17 a、17 b の上に複合層 13 a、13 b として酸化モリブデン (VI) と芳香族アミン化合物である NPB をモル比で 1 対 1 になるよう抵抗加熱による真空蒸着でマスクを用いて共蒸着して、10 nm 成膜し、導電層 17 a、17 b と複合層 13 a、13 b よりなるソース電極とドレイン電極を形成する。その後、半導体層 11 としてペンタセンをソース電極とドレイン電極の間に蒸着にて成膜し、有機トランジスタとする。半導体層 11 はマスクを用いて蒸着すると良い。

40

50

【0100】

ペンタセンを蒸着法によって形成することによってペンタセンの精製を *in-situ* で行うことができ、材料の純度を向上させる。

【0101】

また、本発明は導電層を仕事関数の制約無しに選択することができる為、ゲート電極15、導電層17a、17bの材料としてアルミニウムを選択し、蒸着することによって形成すれば、絶縁層12以外の形成を全て蒸着法によって形成することができる。

【0102】

図1(B)～(D)の作製方法については基本的に上記した作製順が変わるのみであって大きな違いは無く、図1(B)～(D)に示す有機トランジスタは同様に作製することができる。

10

【0103】

作製した有機トランジスタにゲート電圧を印加したときのドレイン電流を測定し、電界効果移動度を求めると、優れたトランジスタ特性が得られる。ソース電極及びドレイン電極の一部に複合層を用いないものと比較して、より優れたトランジスタ特性が得られる。

【0104】

なお、有機トランジスタの導電層もしくは半導体層の端面を複合層で覆った有機トランジスタを作製する場合には、複合層を作製するマスクの形状を変更することで作製することができる。

(実施の形態5)

20

【0105】

複合層に使用する有機化合物と半導体層に使用する有機半導体材料を同一にする有機トランジスタの作製方法を図3を参照しながら以下に説明する。

【0106】

石英基板16上にタングステンからなるゲート電極15を100nm成膜し、ゲート電極15上に二酸化ケイ素(SiO_2)からなる絶縁層12をゲート絶縁層として100nm成膜し、絶縁層12上にタングステンからなる導電層17a、17bを100nm成膜する。そして、導電層17a、17bの上に複合層13a、13bとして酸化モリブデン(VI)と芳香族アミン化合物であるTPDをモル比で1対1になるよう共蒸着して、10nm成膜し、導電層17a、17bと複合層13a、13bよりなるソース電極とドレイン電極を形成する。その後、半導体層11としてTPDをソース電極とドレイン電極の間に蒸着にて成膜し、有機トランジスタとする。半導体材料及び複合層に用いられる有機化合物は実施の形態1で示したどの半導体層の材料でも良い。例えば半導体層11をペンタセンで作製する場合は複合層に使用する有機化合物はペンタセンを用いる。

30

【0107】

このような構成を有する本実施の形態における有機トランジスタは、半導体層11の材料と、複合層13a、13bに使用する有機化合物の材料が同じである為、複合層13a、13bと半導体層11の密着性がより向上する。そして、半導体層とソース電極もしくはドレイン電極との間で起こるピーリングを原因とする不良の発生を有効に低減させることができるようになる。

40

【0108】

なお、作製方法については実施の形態3と同じである為説明を省略する。

【0109】

作製した有機トランジスタにゲート電圧を印加したときのドレイン電流を測定し、電界効果移動度を求めると、優れたトランジスタ特性が得られる。ソース電極及びドレイン電極の一部に複合層を用いないものと比較して、より優れたトランジスタ特性が得られる。

【0110】

なお、有機トランジスタの導電層もしくは半導体層の端面を複合層で覆った有機トランジスタを作製する場合には、複合層を作製するマスクの形状を変更することで作製することができる。

50

【 0 1 1 1 】

(実施の形態 6)

本実施の形態では、本発明の他の構成を有する有機トランジスタについて図 8、図 9、図 10 を参照しながら説明する。図 8 は図 1 に、図 9、図 10 は図 2 に各々対応する。

【 0 1 1 2 】

本実施の形態の構成は、図 8 においてはバッファ層 1 4 a 及び 1 4 b を複合層 1 3 a、1 3 b と半導体層 1 1 との間に有し、図 9、10 においてはバッファ層 1 4 c 及び 1 4 d を複合層 1 3 c、1 3 d と半導体層 1 1 との間に有する構成である。バッファ層 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d は、4, 4' - ビス{N - [4 - (N, N - ジ - m - トリルアミノ)フェニル] - N - フェニルアミノ}ビフェニル(略称: DNTPD)、4, 4', 4' - トリス[N - (3 - メチルフェニル) - N - フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称: MTDA TA)もしくは酸化バナジウムで形成すると良い。

10

【 0 1 1 3 】

バッファ層を形成することによって、有機トランジスタの特性を向上させることが可能となる。

【 0 1 1 4 】

また、バッファ層を形成することによって、有機トランジスタの信頼性も向上する。

【 0 1 1 5 】

これはバッファ層が形成されたことによって空乏層が形成されジャンクションタイプの接合を形成することができるためである。

20

【 0 1 1 6 】

その他の構成、材料及び効果については、上記実施の形態 1 ~ 3 に準ずるため、繰り返す説明を省略する。

【 0 1 1 7 】

(実施の形態 7)

本実施の形態では、本発明の他の構成を有する有機トランジスタについて、図 4 (A) ~ (D) を用いて具体的な説明を行う。

【 0 1 1 8 】

一般にトランジスタは、半導体層の上にゲート電極がある構造をトップゲート型構造と呼び、半導体層の下にゲート電極がある構造をボトムゲート型構造と呼ぶ。また、有機トランジスタは、半導体層の上にソース電極及びドレイン電極がある構造をトップコンタクト型構造と呼び、半導体層の下にソース電極及びドレイン電極がある構造をボトムコンタクト型構造と呼んでいる。トランジスタの構造は、求められる性能等に合わせて、適宜選択される。図 4 (A) はボトムゲート型、且つボトムコンタクト型構造の有機トランジスタであり、図 4 (B) はボトムゲート型、且つトップコンタクト型構造の有機トランジスタの例である。また、図 4 (C) はトップゲート型、且つボトムコンタクト型構造の有機トランジスタであり、図 4 (D) はトップゲート型、且つトップコンタクト型構造の有機トランジスタの例である。

30

【 0 1 1 9 】

本実施の形態の有機トランジスタは、基板 40、ゲート電極 41、絶縁層 42、有機半導体材料を含む半導体層 43、ソース電極及びドレイン電極 47 a、47 b からなる。また、ソース電極及びドレイン電極 47 a、47 b は、第 1 の複合層 44 a、44 b と、第 2 の複合層 45 a、45 b と、導電層 46 a、46 b とからなる。基板、ゲート電極、絶縁層、半導体層、導電層等は、実施の形態 1 と同様のものを用いればよい。なお、有機トランジスタの各層や電極の配置等の構成は適宜変更可能である。

40

【 0 1 2 0 】

基板 40 としては、ガラス基板、石英基板、結晶性ガラスなどの絶縁性基板や、セラミック基板、ステンレス基板、金属基板(タンタル、タングステン、モリブデン等)、半導体基板、プラスチック基板(ポリイミド、アクリル、ポリエチレンテレフタレート、ポリカーボネート、ポリアリレート、ポリエーテルスルホン等)等を用いればよい。また、こ

50

れら基板は必要に応じてCMP等により研磨してから使用しても良い。

【0121】

絶縁層42は、酸化ケイ素、窒化ケイ素、窒素を含む酸化ケイ素及び酸素を含む窒化ケイ素などの無機絶縁材料や、アクリルやポリイミドなどの有機絶縁材料等を用いて形成すればよい。また、ケイ素と酸素との結合で骨格構造が構成され、置換基として、少なくとも水素を含む有機基（例えばアルキル基、芳香族炭化水素）、またはフルオロ基、または少なくとも水素を含む有機基とフルオロ基とを有する、いわゆるシロキサン系の材料を用いて形成してもよい。また、絶縁層42は単層でもよいし、2つ以上の層からなる複数層としてもよい。

【0122】

なお、これらの絶縁層はディップ法、スピンコート法、液滴吐出法、キャスト法、スピナー法、印刷法などの塗布法や、CVD法、スパッタ法などの方法によって成膜すればよい。また、有機絶縁材料やシロキサン系の材料を塗布法により成膜する場合には、下層の凹凸の緩和や、絶縁層上に形成する有機半導体材料の塗れ性の向上及び配向を良好にすることもできる。

【0123】

半導体層43は、キャリア輸送性があり、かつ電界効果によりキャリア密度の変調が起こりうる有機材料であれば、低分子、中分子、高分子のいずれも用いることができる。その種類は特に限定されるものではないが、多環芳香族化合物、共役二重結合化合物、マクロ環化合物、金属フタロシアニン錯体、電荷移動錯体、縮合環テトラカルボン酸ジイミド類、オリゴチオフェン類、フラーレン類、カーボンナノチューブ、などが挙げられる。例えばポリピロール、ポリチオフェン、ポリ(3-アルキルチオフェン)、ポリイソチアナフテン、ポリチエニレンビニレン、ポリ(p-フェニレンビニレン)、ポリアニリン、ポリジアセチレン、ポリアズレン、ポリピレン、ポリカルバゾール、ポリセレノフェン、ポリフラン、ポリ(p-フェニレン)、ポリインドール、ポリビリダジン、ナフタセン、ヘキサセン、ヘプタセン、ピレン、クリセン、ベリレン、コロネン、テリレン、オバレン、クオテリレン、トリフェノジオキサジン、トリフェノジリアジン、ヘキサセン-6,15-キノン、ポリビニルカルバゾール、ポリフェニレンスルフィド、ポリビニレンスルフィド、ポリビニルピリジン、ナフタレンテトラカルボン酸ジイミド、アントラセンテトラカルボン酸ジイミド、C60、C70、C76、C78、C84及びこれらの誘導体を用いることができる。また、これらの具体例としては、一般的にP型半導体とされるテトラセン、ペンタセン、セクシチオフェン(6T)、銅フタロシアニン、ビス-(1,2,5-チアジアゾロ)-p-キノビス(1,3-ジチオール)、ルブレナ、ポリ(2,5-チエニレンビニレン)(略称:PTV)、ポリ(3-ヘキシルチオフェン-2,5-ジイル)(略称:P3HT)、ポリ(9,9'-ジオクチルフルオレン-co-ピチオフェン)(略称:F8T2)、一般的にN型半導体とされる7,7,8,8'-テトラシアノキノジメタン(略称:TCNQ)、3,4,9,10-ペリレンテトラカルボン酸二無水物(略称:PTCDA)、1,4,5,8'-ナフタレンテトラカルボン酸二無水物(略称:NTCDA)、N,N'-ジオクチル-3,4,9,10-ペリレンテトラカルボン酸ジイミド(略称:PTCDI-C8H)、銅十六フッ化フタロシアニン(略称:F16CuPc)、3',4'-ジブチル-5,5''-ビス(ジシアノメチレン)-5,5''-ジヒドロ-2,2':5',2''-テルチオフェン(略称:DCMT)等がある。なお、有機半導体においてP型やN型の特性はその物質固有のものではなく、キャリアを注入する電極との関係や注入の際の電界の強度に依存し、どちらになりやすいという傾向はあるもののP型にもN型にも、バイポーラ型にもなりうる可能性がある。

【0124】

なお、半導体層43は、これらの有機材料を用いて、蒸着法やスピンコート法、液滴吐出法などの方法により形成すれば良い。

【0125】

ゲート電極41は、金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物金属、化合

10

20

30

40

50

物、合金を用いることができる。例えば、ナトリウム、マグネシウム、アルミニウム、カルシウム、チタン、クロム、コバルト、ニッケル、銅、モリブデン、バリウム、タンタル、タングステン、白金、金、ネオジムなどの金属及びそれらを含む合金が挙げられる。その他、ポリアニリン、ポリピロール、ポリチオフェン、ポリアセチレン、ポリジアセチレンなどの導電性高分子化合物、シリコン、ゲルマニウム、ガリウム砒素などの無機半導体、さらにこれらに酸（ルイス酸も含む）、ハロゲン原子、アルカリ金属やアルカリ土類金属などの金属原子などがドーピングされているものが挙げられる。なお、一般に電極の材料は金属を用いることが多いが、特に金属に限定されるものではなく、導電性を有するものであればよい。なお、ゲート電極 4 1 はスパッタリング法や蒸着法などの方法により形成すればよい。

10

【 0 1 2 6 】

第 1 の複合層 4 4 a、4 4 b は、無機化合物と電子輸送性を有する有機化合物とを複合した材料を用いる。無機化合物としてはアルカリ金属及びアルカリ土類金属、もしくはそれらを含む酸化物や窒化物が望ましい。具体的には、リチウム、ナトリウム、カリウム、セシウム、マグネシウム、カルシウム、ストロンチウム、バリウム、リチウム酸化物、マグネシウム窒化物、カルシウム窒化物であることが好ましい。また、電子輸送性を有する有機化合物としては、ペリレンテトラカルボン酸無水物及びその誘導体、ペリレンテトラカルボキシジイミド誘導体、ナフタレンテトラカルボン酸無水物及びその誘導体、ナフタレンテトラカルボキシジイミド誘導体、金属フタロシアニン誘導体、フラーレン類の他、例えば、トリス（8 - キノリノラト）アルミニウム（略称：A l q 3）、トリス（4 - メチル - 8 - キノリノラト）アルミニウム（略称：A l m q 3）、ビス（10 - ヒドロキシベンゾ[h] - キノリノラト）ベリリウム（略称：B e B q 2）、ビス（2 - メチル - 8 - キノリノラト） - 4 - フェニルフェノラト - アルミニウム（略称：B A l q）等キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等からなる材料を用いることができる。また、この他、ビス[2 - （2 - ヒドロキシフェニル）ベンゾオキサゾラト]亜鉛（略称：Z n（B O X）2）、ビス[2 - （2 - ヒドロキシフェニル）ベンゾチアゾラト]亜鉛（略称：Z n（B T Z）2）などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体などの材料も用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、2 - （4 - ピフェニル） - 5 - （4 - t e r t - ブチルフェニル） - 1, 3, 4 - オキサジアゾール（略称：P B D）、1, 3 - ビス[5 - （p - t e r t - ブチルフェニル） - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - イル]ベンゼン（略称：O X D - 7）、3 - （4 - t e r t - ブチルフェニル） - 4 - フェニル - 5 - （4 - ピフェニル） - 1, 2, 4 - トリアゾール（略称：T A Z）、3 - （4 - t e r t - ブチルフェニル） - 4 - （4 - エチルフェニル） - 5 - （4 - ピフェニル） - 1, 2, 4 - トリアゾール（略称：p - E t T A Z）、バソフェナントロリン（略称：B P h e n）、バソキュプロイン（略称：B C P）等を用いることができる。第 1 の複合層 4 4 a、4 4 b はアルカリ金属及びアルカリ土類金属、もしくはそれらを含む酸化物や窒化物と電子輸送性を有する有機化合物との共蒸着法によって作製することができるが、湿式法やその他どの方法によって形成されていても良い。

20

30

【 0 1 2 7 】

なお、第 1 の複合層 4 4 a、4 4 b は抵抗加熱を用いた共蒸着、抵抗加熱蒸着と電子銃蒸着（E B 蒸着）を用いた共蒸着、またはスパッタリングと抵抗加熱による同時成膜などにより形成すればよい。また、ゾルーゲル法などによる湿式法により形成しても良い。

40

【 0 1 2 8 】

第 2 の複合層 4 5 a、4 5 b は、有機化合物と無機化合物とを含む層であり、実施の形態 1 で説明した複合層に該当する。第 2 の複合層 4 5 a、4 5 b に含まれる有機化合物としては、アリールカルバゾール、芳香族炭化水素等を用いる。例えば、アリールカルバゾールの例として N - （2 - ナフチル）カルバゾール（N C z）、4, 4' - ジ（N - カルバゾリル）ピフェニル（C B P）、9, 10 - ビス[4 - （N - カルバゾリル）フェニル]アントラセン（C z B P A）、3, 5 - ビス[4 - （N - カルバゾリル）フェニル]ピフェニル（B C P B i）、1, 3, 5 - トリス[4 - （N - カルバゾリル）フェニル]ベ

50

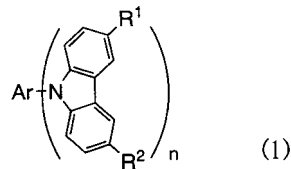
ンゼン、(TCPB)等が挙げられるが、これに限定されない。また、芳香族炭化水素の例として、アントラセン、9,10-ジフェニルアントラセン(DPA)、2-tert-ブチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(t-BuDNA)、テトラセン、ルブレン、ペンタセン等が挙げられるが、これに限定されない。

【0129】

第2の複合層45a、45bの有機化合物として用いられるアリールカルバゾールは、下記一般式(1)~(4)で表される。

【0130】

【化21】



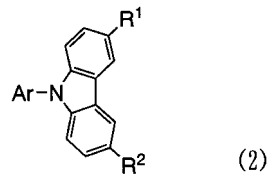
10

【0131】

式中Arは炭素数6以上42以下の芳香族炭化水素基を表し、nは1以上3以下の自然数を表し、R¹、R²は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表す。

【0132】

【化22】



20

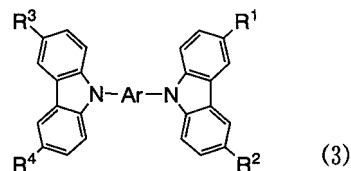
【0133】

ただし、式中Arは炭素数6以上42以下の1価の芳香族炭化水素基を表し、R¹、R²は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表す。

30

【0134】

【化23】



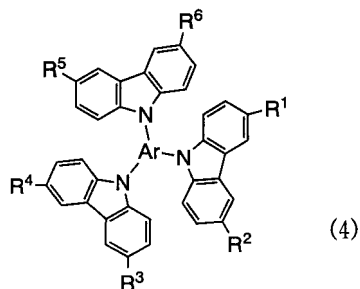
【0135】

ただし、式中Arは炭素数6以上42以下の2価の芳香族炭化水素基を表し、R¹~R⁴は水素、または炭素数1以上4以下のアルキル基、または炭素数6以上12以下のアリール基を表す。

40

【0136】

【化 2 4】



10

【0137】

ただし、式中 Ar は炭素数 6 以上 42 以下の 3 価の芳香族炭化水素基を表し、 $R^1 \sim R^6$ は水素、または炭素数 1 以上 4 以下のアルキル基、または炭素数 6 以上 12 以下のアリール基を表す。

【0138】

なお、上述した一般式 (1) ~ (4) において、アルキル基は好ましくはメチル基、エチル基、イソプロピル基、*t*-ブチル基であり、アリール基は好ましくは、フェニル基、トリル基、2-ピフェニル基、4-ピフェニル基である。

【0139】

また、第 2 の複合層 45 a、45 b に含まれる無機化合物としては、遷移金属の酸化物を用いる。好ましくは周期表における 4 ~ 8 属に属する金属の酸化物が望ましい。例えば、チタン、バナジウム、クロム、ジルコニウム、ニオブウム、モリブデン、ルテニウム、ハフニウム、タンタル、タングステン、レニウム等の酸化物が挙げられる。この中でもモリブデンの酸化物は蒸着がしやすく、安定であることから特に扱いやすい材料である。

20

【0140】

なお、第 2 の複合層 45 a、45 b の作製方法には限定はないが、上記で述べた有機化合物と無機化合物の材料を用いて、抵抗加熱を用いた共蒸着、抵抗加熱蒸着と電子銃蒸着 (EB 蒸着) を用いた共蒸着、またはスパッタリングと抵抗加熱による同時成膜などにより形成すればよい。また、ゾルーゲル法などによる湿式法により形成しても良い。また、有機化合物と無機化合物の混合比は特に限定されないが、モル比で 1 : 0.1 ~ 1 : 10 程度が好ましく、さらに望ましくは 1 : 0.5 ~ 1 : 2 であることが好ましい。混合比は共蒸着法により形成する場合は有機化合物と無機化合物の各々の蒸着レートを調節することによって制御することができる。

30

【0141】

また、第 2 の複合層 45 a、45 b は電気伝導度が 10^{-5} [S/cm] 程度と高く、膜厚を数 nm から数百 nm まで変化させてもトランジスタの抵抗値に変化が少ない。したがって、第 2 の複合層 45 a、45 b の膜厚は数 nm から数百 nm 以上まで、作製する素子の用途や形状などに合わせて適宜調製することができる。

【0142】

ソース電極及びドレイン電極の一部である導電層 46 a、46 b は、ゲート電極 41 と同様の材料を用いればよい。すなわち、金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物金属、化合物、合金を用いることができる。例えば、ナトリウム、マグネシウム、アルミニウム、カルシウム、チタン、クロム、コバルト、ニッケル、銅、モリブデン、バリウム、タンタル、タングステン、白金、金、ネオジムなどの金属及びそれらを含む合金、ポリアニリン、ポリピロール、ポリチオフェン、ポリアセチレン、ポリジアセチレンなどの導電性高分子化合物、シリコン、ゲルマニウム、ガリウム砒素などの無機半導体、さらにこれらに酸 (ルイス酸も含む)、ハロゲン原子、アルカリ金属やアルカリ土類金属などの金属原子などがドーピングされているものを用いればよい。なお、一般に電極の材料は金属を用いることが多いが、特に金属に限定されるものではなく、導電性を示すものであればよい。なお、導電層 46 a、46 b もゲート電極 41 と同様、スパッタリング法や

40

50

蒸着法などの方法により形成すればよい。

【0143】

さらに詳しく本発明を説明するため、図4(A)の構造を例にして説明する。図4(A)の有機トランジスタは基板40上にゲート電極41が形成されている。そして、基板40及びゲート電極41上に絶縁層42が形成され、絶縁層42上に半導体層43が形成されている。さらに半導体層43上にソース電極及びドレイン電極47a、47bが形成されている。

【0144】

ソース電極及びドレイン電極47a、47bは、半導体層43上に第1の複合層44a、44bと、第2の複合層45a、45bと、導電層46a、46bとを積層し、形成されている。図4(A)の場合は、第1の複合層44a、44bが半導体層43に接して形成されている。本発明のようにソース電極及びドレイン電極47a、47bが第1の複合層44a、44bと、第2の複合層45a、45bとを有する構造とすることで、半導体層43とソース電極及びドレイン電極47a、47bとの間のエネルギー障壁を低減させることができる。その結果、ソース電極から半導体層43へのキャリアの注入と半導体層43からドレイン電極へのキャリアの排出がスムーズになり、有機トランジスタの特性を向上させることができるという効果を有する。

【0145】

また、上述したようにソース電極及びドレイン電極47a、47bが第1の複合層44a、44bと、第2の複合層45a、45bとを有することで界面のエネルギー障壁を低減させることができるため、導電層46a、46bの仕事関数を考慮する必要がなくなる。その結果、電極の材料の選択範囲が広がり、コストを削減することもできる。

【0146】

また、本発明で用いる第1の複合層44a、44bおよび第2の複合層45a、45bは化学的に安定であり、導電層46a、46bとを組み合わせることで、導電性にも優れており、配線と兼用することのできるソース電極及びドレイン電極を提供することができる。

【0147】

以上のことから、本構成のソース電極及びドレイン電極を用いることで、ソース電極から半導体層へのキャリアの注入と半導体層からドレイン電極へのキャリアの排出をスムーズにすることができる有機トランジスタを提供することができ、有機トランジスタの特性を向上させることができる。特に、ソース電極から半導体層への電子の注入と半導体層からドレイン電極への電子の排出をスムーズにすることができるn型有機トランジスタを提供することができる。また、キャリア移動度が良好な有機トランジスタを提供することができる。さらに、耐久性に優れた有機トランジスタを提供することができる。

【0148】

(実施の形態8)

本実施の形態では、図5(A)、(C)を用いて、半導体層23の端面を第1の複合層24a、24bで覆い、第1の複合層24a、24bの端面を第2の複合層25a、25bで覆っている有機トランジスタの構成を説明する。なお、図5(A)~(D)は図4(A)~(D)に対応し、図5の構成において説明する部分以外は実施の形態7に準ずることとする。

【0149】

有機トランジスタでは、半導体層として使用する有機材料によっては、その配向方向がキャリアの流れやすさに大きく影響する場合がある。そのため、通常はチャネルが形成される部分においてキャリアが流れやすいように、有機材料の配向をそろえるように配慮される。

【0150】

本実施の形態の構成は先に述べたように、半導体層23の端面を第1の複合層24a、24bで覆い、第1の複合層24a、24bの端面を第2の複合層25a、25bで覆っ

ている構成である。このような構成とすることによって、ソース電極から半導体層へのキャリアの注入と半導体層からドレイン電極へのキャリアの排出をスムーズにすることができ、有機トランジスタの特性を向上させることができる。

【0151】

また、図5(B)、(D)は、導電層26a、26bの一方の端面を第2の複合層25a、25bで覆い、第2の複合層25a、25bの端面を第1の複合層24a、24bで覆うことによって、導電層26a、26bと半導体層23とを直接接しない構成としている。このような構成としても、ソース電極から半導体層へのキャリアの注入と半導体層からドレイン電極へのキャリアの排出をスムーズにすることができ、有機トランジスタの特性を向上させることができる。

10

【0152】

(実施の形態9)

本実施の形態では、図6に示すように、有機トランジスタのソース電極及びドレイン電極において、一方の電極を第1の複合層34aと、第2の複合層35と、導電層36aの積層構造とし、他方の電極を第1の複合層34bと、導電層36bの積層構造とする。なお、図6(A)~(D)は、図4(A)~(D)に対応し、上記ソース電極及びドレイン電極の部分以外の構成は、実施の形態7に準ずることとする。

【0153】

本実施の形態のように、一方の電極を第1の複合層34aと、第2の複合層35と、導電層36aの積層構造とすることで、一方の電極と半導体層との界面のエネルギー障壁を低減することができる。その結果、ソース電極から半導体層33へのキャリアの注入、または半導体層33からドレイン電極へのキャリアの排出をスムーズにすることができる。

20

【0154】

なお、本実施の形態の構造は、実施の形態8に適用してもよい。その場合、一方の電極は半導体層33の端面を第1の複合層34aで覆い、第1の複合層34aの端面を第2の複合層35で覆っている構成とし、他方は半導体層33の端面を第1の複合層34bで覆っている構成とする。また、一方の電極が導電層36aの一方の端面を第2の複合層35で覆い、第2の複合層35の端面を第1の複合層34aで覆っている構成とし、他方の電極が導電層36bの一方の端面を第1の複合層34bで覆っている構成とし、導電層36a、36bと半導体層33とが直接接しない構成としてもよい。このような構成としても、ソース電極から半導体層へのキャリアの注入と半導体層からドレイン電極へのキャリアの排出をスムーズにすることができ、有機トランジスタの特性を向上させることができる。特に、ソース電極から半導体層への電子の注入と半導体層からドレイン電極への電子の排出をスムーズにすることができ、n型有機トランジスタの動作特性を向上させることができる。

30

【0155】

先に述べたように、一方の電極を第1の複合層34aと、第2の複合層35と、導電層36aの積層構造とすることで、電極と半導体層33との界面のエネルギー障壁を低減させることができる。また、ソース電極から半導体層33へのキャリアの注入、または半導体層33からドレイン電極へのキャリアの排出をスムーズにすることができる。また、キャリア移動度を向上できる。その結果、有機トランジスタの動作特性が良好となる。好ましくはソース電極を第1の複合層と、第2の複合層と、導電層の積層構造とし、ソース電極から半導体層へのキャリアの注入をスムーズにするとよい。

40

【0156】

(実施の形態10)

本実施の形態では、半導体層43と同じ有機化合物を第1の複合層44a、44bに含む場合を説明する。本実施の形態では、第1の複合層44a、44bと半導体層43に同一の有機材料を使用するため、製造プロセスが簡便になり、コスト的にも有利となる利点がある。さらに、半導体層43とソース電極及びドレイン電極47a、47bとの密着性や界面の化学的安定性が向上するため、トランジスタ特性のさらなる向上が見込める。ま

50

た、有機トランジスタの耐久性の向上が見込める。

【0157】

本実施の形態を、図4(A)の構造を例にして説明する。図4(A)が示すように、ゲート電極41と絶縁層42を形成させた基板40上に、半導体層43を形成する。次に、半導体層43上にソース電極及びドレイン電極47a、47bを形成して、有機トランジスタとする。ソース電極及びドレイン電極47a、47bは、半導体層43上に第1の複合層44a、44bと、第2の複合層45a、45bと、導電層46a、46bを積層することにより形成されている。本実施の形態では、第1の複合層44a、44b中の有機化合物が半導体層43の有機化合物と同一のものを含むものとする。

【0158】

このように、第1の複合層44a、44bと第2の複合層45a、45bを半導体層43と導電層46a、46bとの間に挿入した構成とすることにより、実施の形態7で既に記載したように、半導体層43とソース電極及びドレイン電極47a、47bとの間のエネルギー障壁が低減する。そして、ソース電極から半導体層へのキャリアの注入と半導体層からドレイン電極へのキャリア排出がスムーズになる。また、第1の複合層44a、44bに含まれる有機化合物と半導体層43に使用する有機化合物を同一のものとすることにより、半導体層43とソース電極及びドレイン電極47a、47bとの密着性や、その界面の化学的安定性が向上する。その結果、第1の複合層44a、44bにより半導体層43と導電層46a、46bとの間のエネルギー障壁を低減させる効果がさらに有効となる。また、トランジスタの耐久性も向上する。

【0159】

(実施の形態11)

本実施の形態では、図4(A)に示した本発明の有機トランジスタの作製方法の一例について、図7(A)～(E)を用いて説明する。

【0160】

まず、基板40上にゲート電極41を形成する。基板の材料としては、ガラス基板、石英基板、結晶性ガラスなどの絶縁性基板や、セラミック基板、ステンレス基板、金属基板(タンタル、タングステン、モリブデン等)、半導体基板、プラスチック基板(ポリイミド、アクリル、ポリエチレンテレフタレート、ポリカーボネート、ポリアリレート、ポリエーテルスルホン等)、フィルム等を用いることができる。少なくともプロセス中に発生する熱に耐えうる材料を使用する。本実施の形態においてはガラス基板を使用する。

【0161】

ゲート電極41は、成膜した導電材料をフォトリソグラフィ法によって所望の形状に加工して形成すれば良い。また、導電材料を含む液滴を液滴吐出法等によって形成しても良い。なお、本発明のゲート電極41の作製方法は、これに限定されるものではない。また、ゲート電極の構造は、単層の構造としても良いし、導電材料を2層以上積層させた複数層の構造としても構わない。複数層とする場合には、導電材料を適宜選択すればよい。本実施の形態では、タングステンを400nm成膜し、フォトリソグラフィ法によってゲート電極41を形成する。

【0162】

次に、ゲート電極41を覆う絶縁層42を形成する。絶縁層42は、ケイ素を含む絶縁層を用いて形成すればよい。例えば、酸化ケイ素、窒化ケイ素、窒素を含む酸化ケイ素及び酸素を含む窒化ケイ素などの無機絶縁材料を用いればよい。また、アクリルやポリイミドなどの有機絶縁材料や、ケイ素と酸素との結合で骨格構造が構成され、置換基として、少なくとも水素を含む有機基(例えばアルキル基、芳香族炭化水素)、またはフルオロ基、または少なくとも水素を含む有機基とフルオロ基とを有する、いわゆるシロキサン系の材料を用いて形成してもよい。本発明の絶縁層はこれらの材料に限定されるものではない。なお、絶縁層42は単層でもよいし、2つ以上の層からなる複数層としても構わない。

【0163】

絶縁層42は、ディップ法、スピコート法、液滴吐出法、キャスト法、スピナー法、

10

20

30

40

50

印刷法などの塗布法や、CVD法、スパッタ法などの方法によって形成すればよい。また、陽極酸化法を用いてゲート電極表面を酸化することにより絶縁層42を形成してもよい。なお、有機絶縁材料やシロキサン系の材料を用いて塗布法により絶縁層42を形成する場合は、下層の凹凸の緩和や、後に絶縁層42上に形成する半導体層43の塗れ性及び配向を良好なものとすることもできる。本実施の形態では、二酸化ケイ素を400nm成膜し、絶縁層42を形成する。

【0164】

次に、絶縁層42上に半導体層43を形成する。半導体層43はキャリア輸送性があり、かつ電界効果によりキャリア密度の変調が起こりうる有機材料を用いて、蒸着法やスピコート法、液滴吐出法などの方法により形成すればよい。本実施の形態では、ペリレンテトラカルボキシリックジアンハイドライド(PTCDA)を抵抗加熱による真空蒸着にてマスクを用いて50nm成膜し、半導体層43を形成する。

10

【0165】

次に、半導体層43上に第1の複合層44a、44bと、第2の複合層45a、45bと、導電層46a、46bを積層形成して、ソース電極及びドレイン電極47a、47bを形成し、有機トランジスタを完成する。第1の複合層44a、44bは、アルカリ金属及びアルカリ土類金属、もしくはそれらを含む酸化物や窒化物等の無機化合物と電子輸送性を有する有機化合物とを複合した材料を用いる。そして、抵抗加熱を用いた共蒸着、抵抗加熱蒸着と電子銃蒸着(EB蒸着)を用いた共蒸着、またはスパッタリングと抵抗加熱による同時成膜などにより、マスクを用いて形成すればよい。

20

【0166】

また、第2の複合層45a、45bは、アリアルカルバゾール、芳香族炭化水素等の有機化合物と、遷移金属の酸化物等の無機化合物とを用いて、抵抗加熱を用いた共蒸着、抵抗加熱蒸着と電子銃蒸着(EB蒸着)を用いた共蒸着、またはスパッタリングと抵抗加熱による同時成膜などにより、マスクを用いて形成すればよい。また、ゾルーゲル法などによる湿式法により形成してもよい。

【0167】

また、導電層46a、46bはゲート電極41と同様の導電材料を用いて、スパッタリング法や蒸着法などの方法により形成すればよい。例えば、導電材料をマスクを用いて成膜してもよいし、成膜した導電材料をフォトリソグラフィ法によって所望の形状に加工して形成してもよい。

30

【0168】

同一マスクを用いて、抵抗加熱を用いた共蒸着により、大気解放せずに第1の複合層44a、44b、第2の複合層45a、45b、導電層46a、46bを連続的に形成して、ソース電極及びドレイン電極47a、47bを形成する。具体例を示すと、まず、リチウム金属と有機化合物であるBCPをモル比で1対1になるように、抵抗加熱による真空蒸着により共蒸着して40nm成膜し、第1の複合層44a、44bを形成する。そのまま大気解放せずに、酸化モリブデンとCBPを1対0.8になるように、共蒸着して40nm成膜し、第2の複合層45a、45bを形成する。さらに、そのまま大気解放せずに、タングステンを共蒸着して400nm成膜し、導電層46a、46bを形成して、ソース電極及びドレイン電極47a、47bを形成し、有機トランジスタとする。

40

【0169】

本実施の形態では図4(A)の作製方法について説明したが、図4(B)~(D)の作製方法については、基本的に上記した作製工程の順序が変わるのみであって大きな違いは無く、同様に作製することができる。ただし、図4(A)、(C)の場合には、半導体層43の上に導電層46a、46bを形成することになるので、導電層46a、46bは蒸着法により形成するのが好ましい。

【0170】

上述したような方法で作製した有機トランジスタにゲート電圧を印加したときのドレイン電流を測定し、移動度を求めると、n型有機トランジスタの優れた動作特性が得られる

50

。ソース電極及びドレイン電極の一部に第１の複合層及び第２の複合層を用いないものと比較して、より優れた動作特性を得ることができる。

【０１７１】

なお、図５（Ａ）～（Ｄ）に示した有機トランジスタは、第１の複合層及び第２の複合層を作製する際に用いるマスクの形状を変更することで作製することができる。

【０１７２】

（実施の形態１２）

本発明の有機トランジスタを用いた液晶装置について、図１１～図１３を用いて説明する。

【０１７３】

図１１は液晶装置の上面から見た模式図である。本実施の形態における液晶装置は、基板５０１と対向基板５０２とが張り合わされ、基板５０１に形成された画素部５０３は対向基板とシール材により封止されている。画素部５０３の周辺に設けられた外部接続部５０４にはフレキシブルプリント配線（ＦＰＣ）５０５が接続され、外部からの信号が入力される。なお、本実施の形態のように、駆動回路とフレキシブルプリント配線とは独立して設けられていてもよいし、または配線パターンが形成されたＦＰＣ上にＩＣチップが実装されたＴＣＰ等の様に複合して設けられていてもよい。

【０１７４】

画素部５０３について特に限定はなく、例えば図１２（Ａ）、図１２（Ｂ）、図１３（Ａ）または図１３（Ｂ）の断面図のように、液晶素子とそれを駆動するためのトランジスタとを有する。

【０１７５】

図１２（Ａ）の断面図で表される液晶装置は、実施の形態３の半導体装置と同様に半導体層５２４の上にソース若しくはドレインとして機能する複合層５４０、５４１と導電層５２５、５２６を有する有機トランジスタ５２７が設けられた基板５２１を有する。ここで、ソースもしくはドレイン電極に複合層５４０、５４１が設けられていることによって、半導体層５２４とソースもしくはドレイン電極とのキャリアの受け渡しがスムーズとなる。また、導電層５２５、５２６の選択において仕事関数に縛られないため、材料の選択範囲が広がる。

【０１７６】

液晶素子は、画素電極５２９と対向電極５３２との間に液晶層５３４を挟んで成る。画素電極５２９、対向電極５３２のそれぞれにおいて液晶層５３４と接する側の表面には、配向膜５３０、５３３が設けられている。液晶層５３４には、スペーサ５３５が分散し、セルギャップを保っている。トランジスタ５２７は、コンタクトホールが設けられた絶縁層５２８によって覆われており、導電層５２６と画素電極５２９とは電氣的に接続している。ここで、対向電極５３２は、対向基板５３１によって支持されている。また、トランジスタ５２７において、半導体層５２４とゲート電極５２２とは、間にゲート絶縁層５２３を挟んでその一部が重なっている。

【０１７７】

また、図１２（Ｂ）の断面図で表される液晶装置は、ソース若しくはドレインとして機能する電極（導電層５５５、５５４及び複合層５７０、５７１よりなる）の少なくとも一部が半導体層５５６によって覆われた構造を有するトランジスタ５５７が設けられた基板５５１を有する。

【０１７８】

ここで、ソースもしくはドレイン電極に複合層５７０、５７１が設けられていることによって、半導体層５５６とソースもしくはドレイン電極とのキャリアの受け渡しがスムーズとなる。また、導電層５５５、５５４の選択において仕事関数に縛られないため、材料の選択範囲が広がる。

【０１７９】

また、液晶素子は、画素電極５５９と対向電極５６２との間に液晶層５６４を挟んで成

10

20

30

40

50

る。画素電極 5 5 9、対向電極 5 6 2 のそれぞれにおいて液晶層 5 6 4 と接する側の表面には、配向膜 5 6 0、5 6 3 が設けられている。液晶層 5 6 4 には、スペーサ 5 6 5 が分散し、セルギャップを保っている。トランジスタ 5 5 7 は、コンタクトホールが設けられた絶縁層 5 5 8 a、5 5 8 b によって覆われており、電極として機能する導電層 5 5 4 と画素電極 5 5 9 とは電氣的に接続している。なお、トランジスタを覆う絶縁層は、図 1 2 (B) のように絶縁層 5 5 8 a と絶縁層 5 5 8 b とから成る多層であってもよいし、または図 1 2 (A) のように絶縁層 5 2 8 から成る単層であってもよい。また、図 1 2 (B) のように、トランジスタを覆う絶縁層は、絶縁層 5 5 8 b のように表面が平坦化された層であってもよい。ここで、対向電極 5 6 2 は、対向基板 5 6 1 によって支持されている。また、トランジスタ 5 5 7 において、半導体層 5 5 6 とゲート電極 5 5 2 とは、間にゲート絶縁層 5 5 3 を挟んで一部重なっている。

10

【 0 1 8 0 】

図 1 3 (A) の断面図で表される液晶装置は、実施の形態 7 の半導体装置と同様に、ゲート電極 7 2 2 と、絶縁層 7 2 3 と、有機半導体層 7 2 4 の上に、第 1 の複合層 7 2 5、7 2 6、第 2 の複合層 7 2 7、7 2 8、導電層 7 3 0、7 3 1 とからなるソース電極及びドレイン電極を有する有機トランジスタ 7 2 9 が設けられた基板 5 2 1 を有する。ここで、ソース電極またはドレイン電極に第 1 の複合層 7 2 5、7 2 6 と第 2 の複合層 7 2 7、7 2 8 が設けられていることによって、有機半導体層 7 2 4 とソース電極及びドレイン電極との界面のエネルギー障壁が低減し、界面におけるキャリアの受け渡しがスムーズとなる。その結果、有機トランジスタ 7 2 9 の動作特性が良好となり、液晶表示装置の信頼性が高まる。また、導電層 7 3 0、7 3 1 の選択において仕事関数を考慮する必要がなくなるため、電極材料の選択範囲が広がる。なお、図 1 3 (A) のその他の構成は、図 1 2 (A) と同様であるので、説明は省略する。

20

【 0 1 8 1 】

また、図 1 3 (B) の断面図で表される液晶装置は、ソース電極又はドレイン電極として機能する電極 (第 1 の複合層 7 5 8、7 5 9、第 2 の複合層 7 5 6、7 5 7、導電層 7 5 4、7 5 5 よりなる) の少なくとも一部が有機半導体層 7 6 0 によって覆われた構造を有する有機トランジスタ 7 7 0 が設けられた基板 5 5 1 を有する。

【 0 1 8 2 】

ここで、ソース電極又はドレイン電極に第 1 の複合層 7 5 8、7 5 9 と、第 2 の複合層 7 5 6、7 5 7 が設けられていることによって、有機半導体層 7 6 0 とソース電極又はドレイン電極とのキャリアの受け渡しがスムーズとなる。また、導電層 7 5 4、7 5 5 の材料の選択において、仕事関数に縛られないため、選択範囲が広がる。なお、図 1 3 (B) のその他の構成は、図 1 2 (B) と同様であるので、説明は省略する。

30

【 0 1 8 3 】

なお、液晶装置の構成について特に限定は無く、本実施の形態で示した態様の他、例えば、基板上に、駆動回路が設けられたものであってもよい。

【 0 1 8 4 】

続いて、本発明の有機トランジスタを用いた発光装置 (E L (エレクトロルミネッセンス) 表示装置) について図 1 4、図 1 5 を参照しながら説明する。発光装置の画素部を形成する発光素子 6 1 7 は、図 1 4 (A) のように画素電極 6 0 9 と共通電極 6 1 1 との間に発光層 6 1 6 を挟んでなる。発光層 6 1 6 は、発光中心となる発光物質として有機化合物を含んでいる。なお、発光層 6 1 6 は、発光中心となる発光物質として無機化合物を含むものでもよい。画素電極 6 0 9 は有機トランジスタ 6 1 5 の電極の一部である導電層 6 0 7 と有機トランジスタ 6 1 5 を覆って形成された層間絶縁膜 6 0 8 に設けられたコンタクトホールを介して電氣的に接続している。有機トランジスタの電極は複合層 6 0 4、6 0 5 と導電層 6 0 6、6 0 7 との積層からなる。半導体層 6 0 3 はペンタセンなど実施の形態 1 に挙げた材料によって設けられており、ゲート絶縁層 6 0 2 を介してゲート電極 6 0 1 と一部が重なっている。ゲート電極 6 0 1 は基板 6 0 0 上に形成され、ゲート電極 6 0 1 と有機トランジスタ 6 1 5 のソース電極及びドレイン電極はゲート絶縁層 6 0 2、半

40

50

導体層 603 を介して一部重なっている。画素電極 609 はその端部を絶縁層 610 で覆われており、絶縁層 610 から露出した部分を覆うように発光層 616 が形成されている。なお、共通電極 611 を覆ってパッシベーション膜 612 が形成されているがパッシベーション膜 612 は形成しなくとも良い。これらの素子が形成された基板 600 は対向基板 614 と画素部の外側において図示しないシール材により封止され、外気から発光素子 617 を隔離する。対向基板 614 と基板 600 との間の空間 613 には乾燥した窒素などの不活性気体を充填しても良いし、シール材の代わりに空間 613 に樹脂などを充填することによって封止を行っても良い。

【0185】

図 14 (B) は図 14 (A) と異なる発光装置の構成である。発光装置の画素部を形成する発光素子 637 は、図 14 (A) と同じように画素電極 630 と共通電極 632 との間に発光層 638 を挟んでなる。発光層 638 は、発光中心となる発光物質として有機化合物を含んでいる。なお、発光層 638 は、発光中心となる発光物質として無機化合物を含むものでもよい。画素電極 630 は有機トランジスタ 636 の電極の一部である導電層 624 と当該有機トランジスタ 636 を覆って形成された第 1 の層間絶縁膜 628、第 2 の層間絶縁膜 629 に設けられたコンタクトホールを介して電氣的に接続している。有機トランジスタ 636 の電極は複合層 625、626 と導電層 623、624 との積層からなる。半導体層 621 はペンタセンなど実施の形態 1 に挙げた材料によって設けられており、ゲート絶縁層 622 を介してゲート電極 619 と一部重なっている。ゲート電極 619 は基板 620 上に形成され、ゲート電極 619 と有機トランジスタ 636 のソース電極及びドレイン電極はゲート絶縁層 622 を介して一部重なっている。画素電極 630 はその端部を絶縁層 631 で覆われており、絶縁層 631 から露出した部分を覆うように発光層 638 が形成されている。なお、共通電極 632 を覆ってパッシベーション膜 612 が形成されているがパッシベーション膜 612 は形成しなくとも構わない。これらの素子が形成された基板 620 は対向基板 635 と画素部の外側において図示しないシール材により封止され、外気から発光素子 637 を隔離する。対向基板 635 と基板 620 との間の空間 634 には乾燥した窒素などの不活性気体を充填しても良いし、シール材の代わりに空間 634 に樹脂などを充填することによって封止を行っても良い。

【0186】

また、有機トランジスタ 636 を覆う層間絶縁膜は、図 14 (B) のように層間絶縁膜 628 と層間絶縁膜 629 とから成る多層構造であってもよいし、または図 14 (A) のように層間絶縁膜 608 のみから成る単層構造であってもよい。また、有機トランジスタ 615 を覆う層間絶縁膜は、図 14 (B) の層間絶縁膜 629 のように表面が平坦化された層であってもよい。

【0187】

図 15 (A) は、図 14 (A) と異なる発光装置の構成である。有機トランジスタ 815 のソース電極及びドレイン電極は第 1 の複合層 804、805、第 2 の複合層 806、807、導電層 808、809 との積層からなる。有機半導体層 803 は、絶縁層 802 を介してゲート電極 801 上に形成されている。ゲート電極 801 は基板 600 上に形成され、ゲート電極 801 と有機トランジスタ 815 のソース電極及びドレイン電極は絶縁層 802、有機半導体層 803 を介して一部重なっている。なお、その他の構成は、図 14 (A) と同様であるので、説明は省略する。

【0188】

図 15 (B) は図 14 (B) と異なる発光装置の構成である。有機トランジスタ 840 のソース電極及びドレイン電極は第 1 の複合層 827、828、第 2 の複合層 825、826、導電層 823、824 との積層からなる。有機半導体層 830 は、絶縁層 822 を介してゲート電極 821 と一部重なっている。ゲート電極 821 は基板 600 上に形成され、ゲート電極 821 と有機トランジスタ 840 のソース電極及びドレイン電極は絶縁層 822 を介して一部重なっている。なお、その他の構成は図 14 (B) と同様であるので、説明は省略する。

【 0 1 8 9 】

なお、発光装置の構成、並びに発光装置の有する本発明の有機トランジスタは、上記構成に限定されない。本実施の形態で示した態様の他、例えば、基板上に、駆動回路が設けられたものであってもよい。

【 0 1 9 0 】

以上のような表示装置は、図 1 6 (A)、(B)、(C) に示すように、電話機や、テレビ受像機等の実装される表示装置として用いることができる。また、IDカードの様な個人情報を管理する機能を有するカード等の実装してもよい。

【 0 1 9 1 】

図 1 6 (A) は本発明の電話機の図であり、本体 5 5 5 2 には表示部 5 5 5 1 と、音声出力部 5 5 5 4、音声入力部 5 5 5 5、操作スイッチ 5 5 5 6、5 5 5 7、アンテナ 5 5 5 3 等によって構成されている。この電話機は、動作特性が良く、信頼性の高いものである。実施の形態 1 乃至 3 等に記載の有機トランジスタを表示部に組み込むことでこのような電話機を完成できる。

10

【 0 1 9 2 】

図 1 6 (B) は、本発明のテレビ受像機であり、表示部 5 5 3 1、筐体 5 5 3 2、スピーカー 5 5 3 3 などによって構成されている。このテレビ受像機は、動作特性が良く、信頼性の高いものである。実施の形態 1 乃至 3 等に記載の有機トランジスタを有する発光装置を表示部として組み込むことでこのようなテレビ受像機を完成できる。

20

【 0 1 9 3 】

図 1 6 (C) は、本発明のIDカードであり、支持体 5 5 4 1、表示部 5 5 4 2、支持体 5 5 4 1 内に組み込まれた集積回路チップ 5 5 4 3 等によって構成されている。なお、表示部 5 5 4 2 を駆動するための集積回路 5 5 4 4、5 5 4 5 についても支持体 5 5 4 1 内に組み込まれている。このIDカードは、信頼性の高いものである。また、例えば、表示部 5 5 4 2 において、集積回路チップ 5 5 4 3 において入出力された情報を表示し、どのような情報が入出力されたかを確認することができる。実施の形態 1 乃至 3 等に記載の有機トランジスタを有する発光装置を表示部として組み込み、または実施の形態 1 乃至 3 等に記載の有機トランジスタを集積回路 5 5 4 4、5 5 4 5 に適用することでこのようなIDカードを得ることができる。

30

【 0 1 9 4 】

(実施の形態 1 3)

本発明の他の実施の形態として実施の形態 1 乃至 1 2 に記載の有機トランジスタを可撓性を有する表示装置に適用した例について図 1 7 を参照しながら示す。

30

【 0 1 9 5 】

図 1 7 に示す本発明の表示装置は筐体に入っても良く、本体 6 1 1 0、画像を表示する画素部 6 1 1 1、ドライバIC 6 1 1 2、受信装置 6 1 1 3、フィルムバッテリー 6 1 1 4 などを含んでいる。ドライバIC 6 1 1 2 や受信装置 6 1 1 3 などは半導体部品を用い実装しても良い。本発明の表示装置は本体 6 1 1 0 を構成する材料をプラスチックやフィルムなど可撓性を有する材料で形成する。これらの様な材料は熱的に脆弱なものが多いが、実施の形態 1 乃至 1 2 に記載の有機トランジスタを用いて画素部のトランジスタを形成することによってこのような熱に弱い材料を用いて表示装置を作成することができるようになる。また、しきい値特性等の電気特性が良好で信頼性の高いコンピュータを得ることができる。さらに、表示部 6 0 1 2 にペーパーディスプレイを用いることにより、紙と同じ読みやすさ、他の表示装置に比べ低消費電力、薄くて軽い形状のコンピュータを得ることができる。

40

【 0 1 9 6 】

このような表示装置は非常に軽く、可撓性を有していることから筒状に丸めることも可能であり、持ち運びに非常に有利な表示装置である。本発明の表示装置により大画面の表示媒体を自由に持ち運びすることができる。

【 0 1 9 7 】

50

またその他にも、ナビゲーションシステム、音響再生装置（カーオーディオ、オーディオコンポ等）、パーソナルコンピュータ、ゲーム機器、携帯情報端末（モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯型ゲーム機または電子書籍等）の表示手段として用いることができる。さらに、冷蔵庫装置、洗濯機、炊飯器、固定電話装置、真空掃除機、体温計など家庭電化製品から、電車内の吊し広告、鉄道駅や空港の発着案内版など大面積のインフォメーションディスプレイまで、主に静止画像を表示する手段として用いることができる。

【0198】

以上のように本発明における好適な実施の形態について特に示したが、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなく、その形態及び詳細を様々に変更し得ることは、当業者であれば容易に理解されるものである。

【図面の簡単な説明】

【0199】

【図1】本発明の有機トランジスタの構造例の模式図である。

【図2】本発明の有機トランジスタの構造例の模式図である。

【図3】本発明の有機トランジスタの作製方法を説明する図。

【図4】本発明の有機トランジスタの構造例の模式図である。

【図5】本発明の有機トランジスタの構造例の模式図である。

【図6】本発明の有機トランジスタの構造例の模式図である。

【図7】本発明の有機トランジスタを作製する方法を説明する図である。

【図8】本発明の有機トランジスタの構造例の模式図である。

【図9】本発明の有機トランジスタの構造例の模式図である。

【図10】本発明の有機トランジスタの構造例の模式図である。

【図11】本発明を用いた液晶表示装置の上面模式図。

【図12】本発明を用いた液晶表示装置の断面模式図。

【図13】本発明を用いた液晶表示装置の断面模式図。

【図14】本発明を用いた発光表示装置の断面模式図。

【図15】本発明を用いた発光表示装置の断面模式図。

【図16】本発明を用いた電子機器の図。

【図17】本発明を用いた電子機器の図。

【符号の説明】

【0200】

11 半導体層

12 絶縁層

13 a 複合層

13 b 複合層

13 c 複合層

14 a バッファ層

14 b バッファ層

14 c バッファ層

14 d バッファ層

15 ゲート電極

16 基板

17 a 導電層

17 b 導電層

17 c 導電層

17 d 導電層

23 半導体層

24 a 第1の複合層

25 a 第2の複合層

26 a 導電層

10

20

30

40

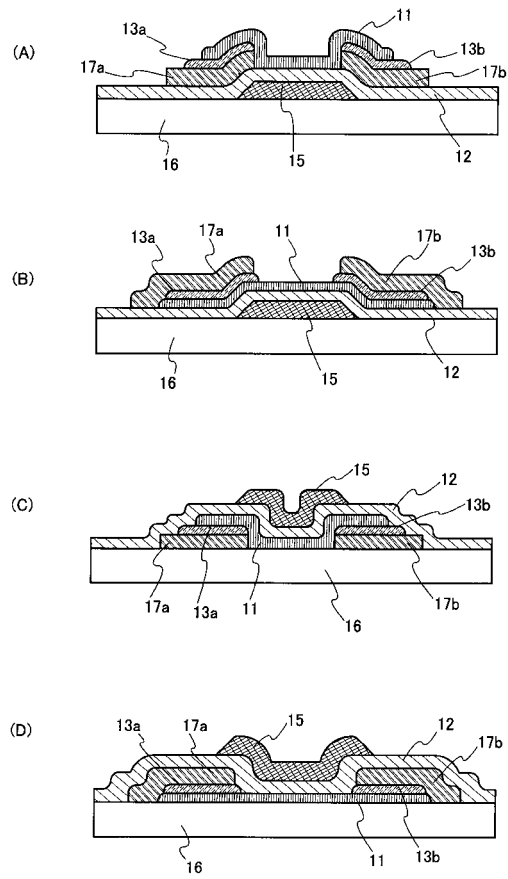
50

3 3	半導体層	
3 4 a	第 1 の複合層	
3 4 b	第 1 の複合層	
3 5	第 2 の複合層	
3 6 a	導電層	
3 6 b	導電層	
4 0	基板	
4 1	ゲート電極	
4 1	ゲート電極	
4 2	絶縁層	10
4 3	半導体層	
4 4 a	第 1 の複合層	
4 4 b	第 1 の複合層	
4 5 a	第 2 の複合層	
4 5 b	第 2 の複合層	
4 6 a	導電層	
4 7 a	ソース電極及びドレイン電極	
5 0 1	基板	
5 0 2	対向基板	
5 0 3	画素部	20
5 0 4	外部接続部	
5 0 5	フレキシブルプリント配線	
5 2 1	基板	
5 2 2	ゲート電極	
5 2 3	ゲート絶縁層	
5 2 4	半導体層	
5 2 5	導電層	
5 2 6	導電層	
5 2 7	トランジスタ	
5 2 8	絶縁層	30
5 2 9	画素電極	
5 3 0	配向膜	
5 3 1	対向基板	
5 3 2	対向電極	
5 3 4	液晶層	
5 3 5	スペーサ	
5 4 0	複合層	
5 5 1	基板	
5 5 2	ゲート電極	
5 5 3	ゲート絶縁層	40
5 5 4	導電層	
5 5 5	導電層	
5 5 6	半導体層	
5 5 7	トランジスタ	
5 5 9	画素電極	
5 6 0	配向膜	
5 6 1	対向基板	
5 6 2	対向電極	
5 6 4	液晶層	
5 6 5	スペーサ	50

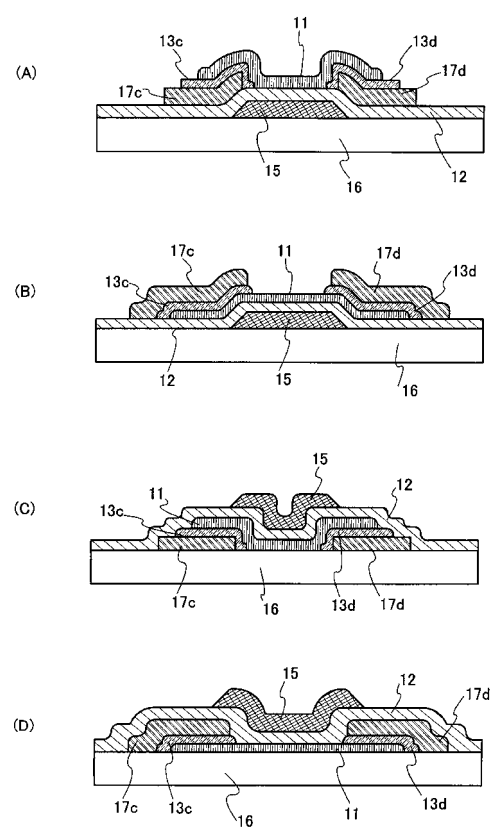
5 7 0	複合層	
6 0 0	基板	
6 0 1	ゲート電極	
6 0 2	ゲート絶縁層	
6 0 3	半導体層	
6 0 4	複合層	
6 0 6	導電層	
6 0 7	導電層	
6 0 8	層間絶縁膜	
6 0 9	画素電極	10
6 1 0	絶縁層	
6 1 1	共通電極	
6 1 2	パッシベーション膜	
6 1 3	空間	
6 1 4	対向基板	
6 1 5	有機トランジスタ	
6 1 6	発光層	
6 1 7	発光素子	
6 1 9	ゲート電極	
6 2 0	基板	20
6 2 1	半導体層	
6 2 2	ゲート絶縁層	
6 2 3	導電層	
6 2 4	導電層	
6 2 5	複合層	
6 2 8	層間絶縁膜	
6 2 9	層間絶縁膜	
6 3 0	画素電極	
6 3 1	絶縁層	
6 3 2	共通電極	30
6 3 4	空間	
6 3 5	対向基板	
6 3 6	有機トランジスタ	
6 3 7	発光素子	
6 3 8	発光層	
7 2 2	ゲート電極	
7 2 3	絶縁層	
7 2 4	有機半導体層	
7 2 5	第1の複合層	
7 2 6	第1の複合層	40
7 2 7	第2の複合層	
7 2 8	第2の複合層	
7 2 9	有機トランジスタ	
7 3 0	導電層	
7 5 4	導電層	
7 5 6	第2の複合層	
7 5 7	第2の複合層	
7 5 8	第1の複合層	
7 5 9	第1の複合層	
7 6 0	有機半導体層	50

7 7 0	有機トランジスタ	
8 0 1	ゲート電極	
8 0 2	絶縁層	
8 0 3	有機半導体層	
8 0 4	第 1 の複合層	
8 0 5	第 1 の複合層	
8 0 6	第 2 の複合層	
8 0 7	第 2 の複合層	
8 0 8	導電層	
8 1 5	有機トランジスタ	10
8 2 1	ゲート電極	
8 2 2	絶縁層	
8 2 3	導電層	
8 2 5	第 2 の複合層	
8 2 6	第 2 の複合層	
8 2 7	第 1 の複合層	
8 2 8	第 1 の複合層	
8 3 0	有機半導体層	
8 4 0	有機トランジスタ	
5 5 3 1	表示部	20
5 5 3 2	筐体	
5 5 3 3	スピーカー	
5 5 4 1	支持体	
5 5 4 2	表示部	
5 5 4 3	集積回路チップ	
5 5 4 4	集積回路	
5 5 5 1	表示部	
5 5 5 2	本体	
5 5 5 3	アンテナ	
5 5 5 4	音声出力部	30
5 5 5 5	音声入力部	
5 5 5 6	操作スイッチ	
5 5 8 a	絶縁層	
5 5 8 b	絶縁層	
6 0 1 2	表示部	
6 1 1 0	本体	
6 1 1 1	画素部	
6 1 1 2	ドライバ I C	
6 1 1 3	受信装置	
6 1 1 4	フィルムバッテリー	40

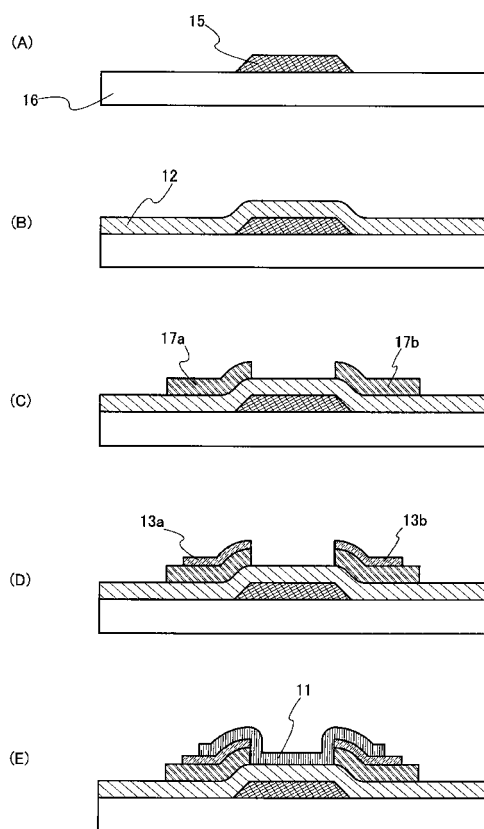
【図 1】



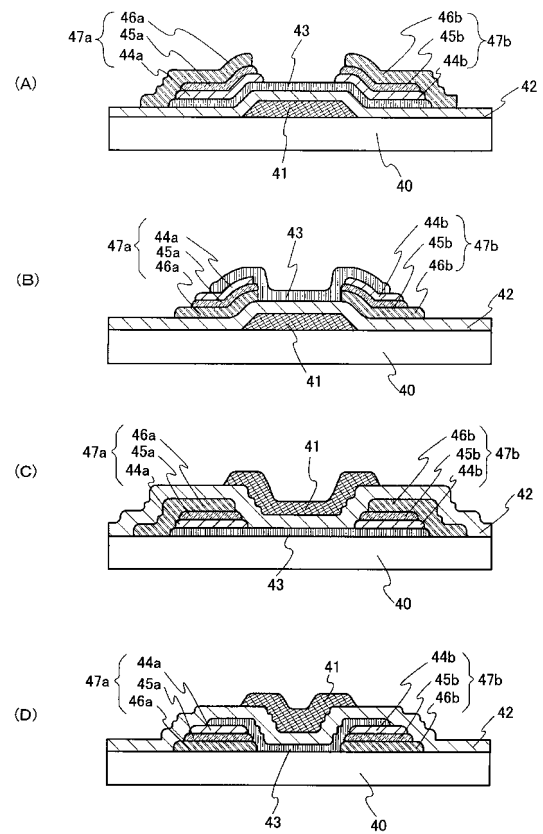
【図 2】



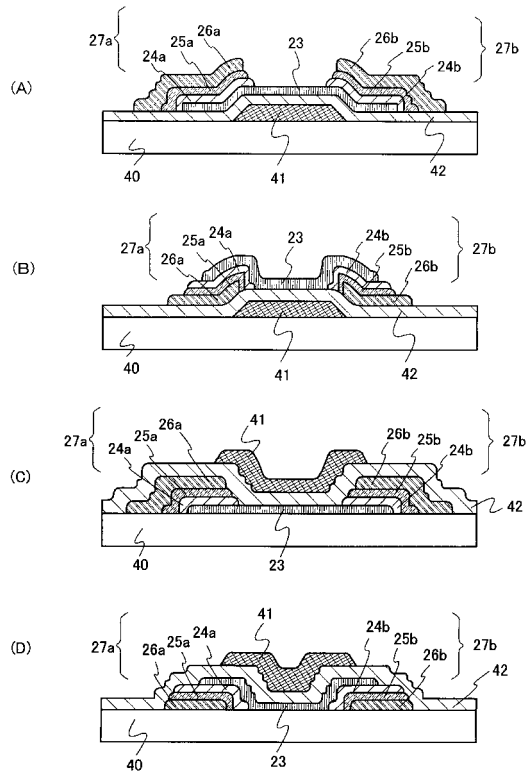
【図 3】



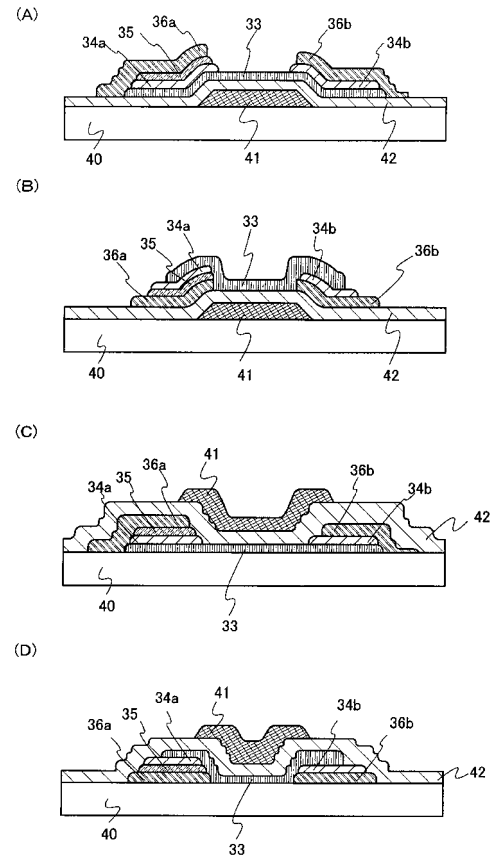
【図 4】



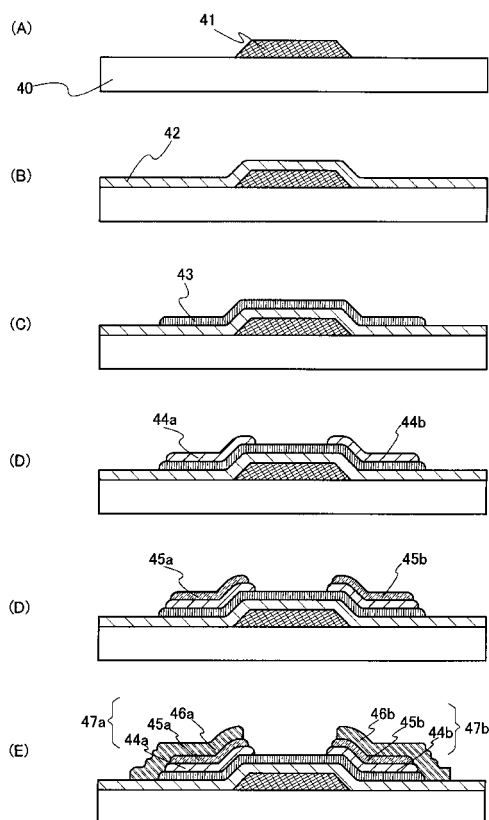
【図 5】



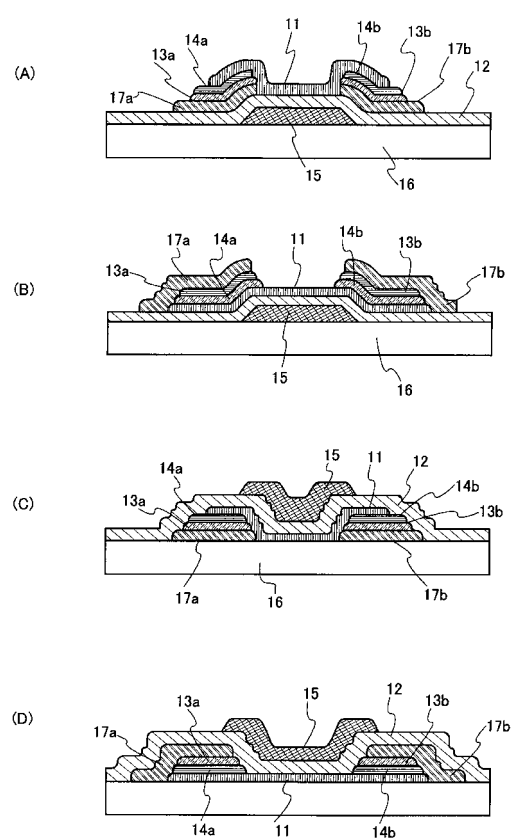
【図 6】



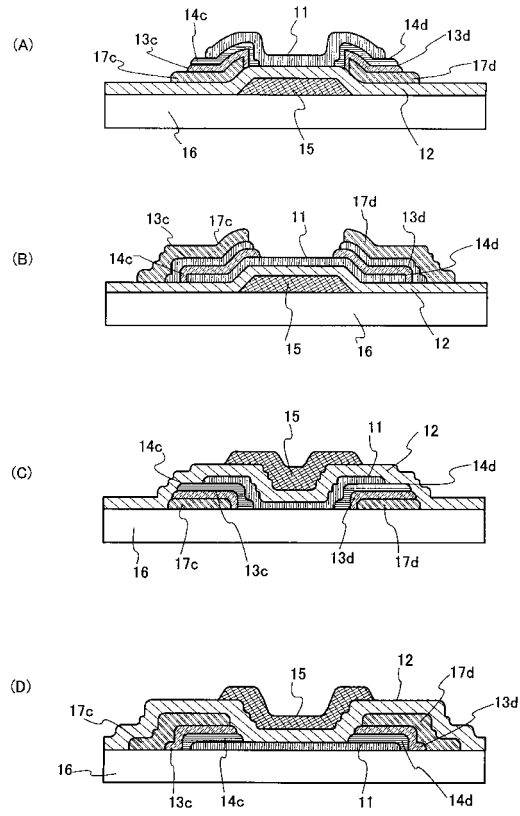
【図 7】



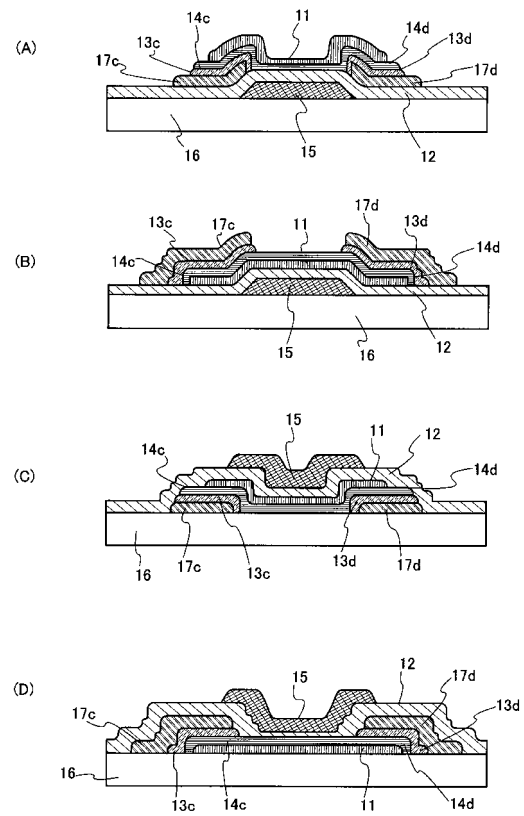
【図 8】



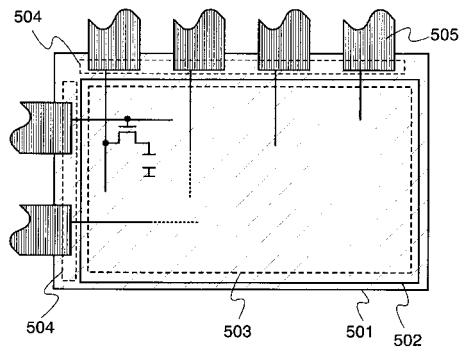
【図 9】



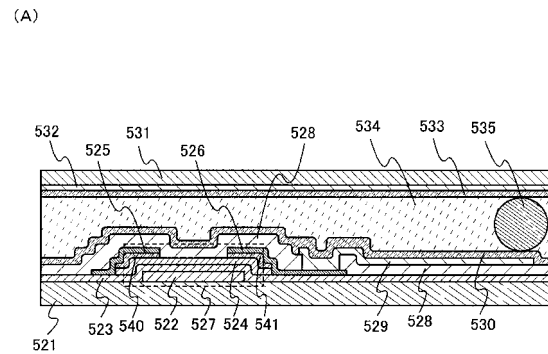
【図 10】



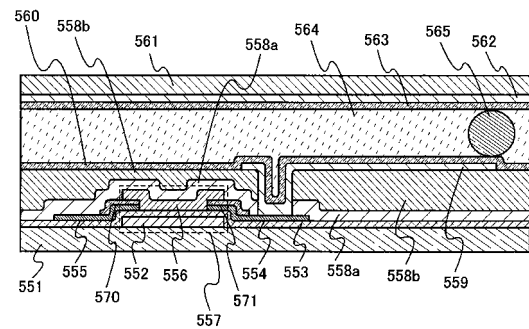
【図 11】



【図 12】

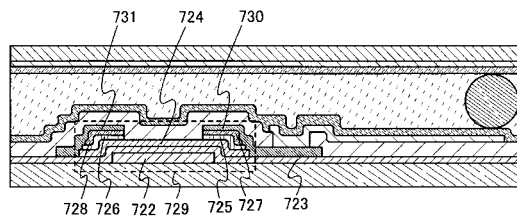


(B)

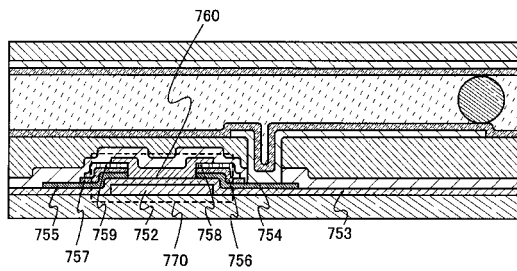


【図 13】

(A)

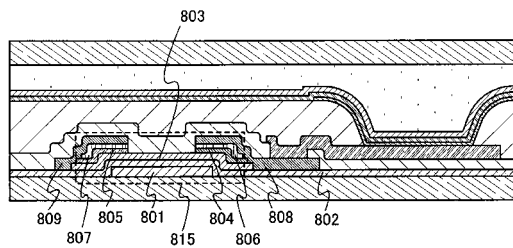


(B)

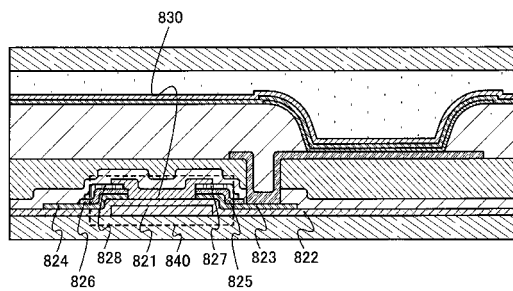


【図 15】

(A)

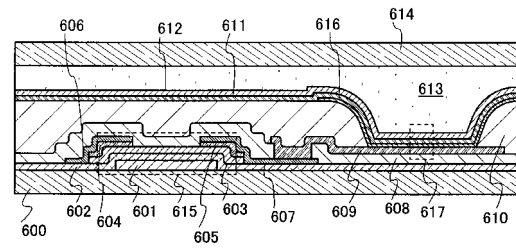


(B)

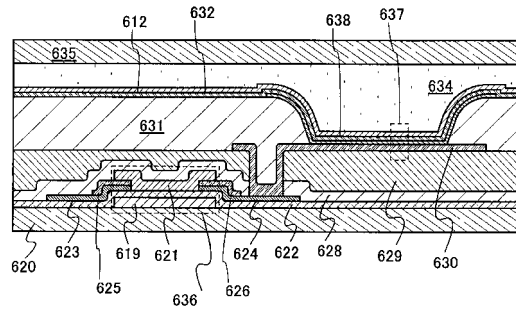


【図 14】

(A)

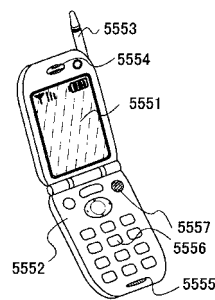


(B)

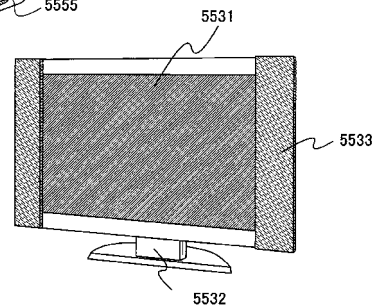


【図 16】

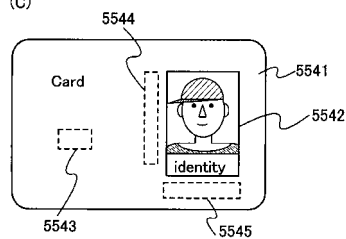
(A)



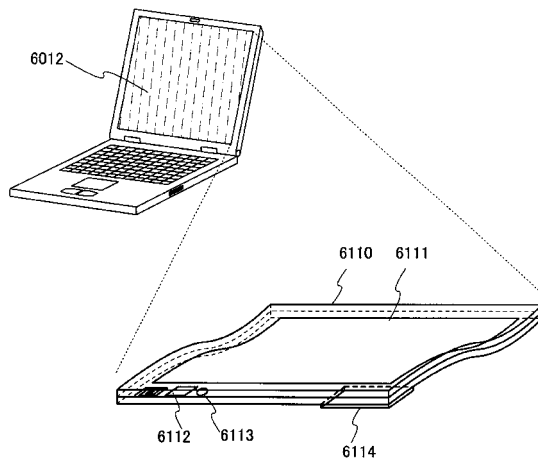
(B)



(C)



【図 17】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
<i>H 0 1 L 51/50 (2006.01)</i>		H 0 1 L 29/28	1 0 0 A
		H 0 1 L 29/28	2 5 0 H
		H 0 5 B 33/14	A

(56)参考文献 特開平 0 7 - 0 2 2 6 7 0 (J P , A)
 特開平 1 0 - 2 7 0 1 7 2 (J P , A)
 特開 2 0 0 5 - 0 4 5 0 3 7 (J P , A)
 特開 2 0 0 2 - 2 0 4 0 1 2 (J P , A)
 特表 2 0 0 6 - 5 1 4 1 4 8 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
 H 0 1 L 2 9 / 7 8 6
 H 0 1 L 2 1 / 2 8
 H 0 1 L 2 9 / 4 1 7
 H 0 1 L 5 1 / 0 5
 H 0 1 L 5 1 / 3 0
 H 0 1 L 5 1 / 5 0