

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-294785

(P2005-294785A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int.Cl.⁷

H O 1 L 29/786

H O 1 L 51/00

F I

H O 1 L 29/78

H O 1 L 29/78

H O 1 L 29/28

H O 1 L 29/78

6 1 8 B

6 1 6 V

6 1 6 U

テーマコード (参考)

5 F 1 1 O

審査請求 未請求 請求項の数 13 書面 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2004-134881 (P2004-134881)

(22) 出願日 平成16年3月31日 (2004.3.31)

(71) 出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(74) 代理人 100117226

弁理士 吉村 俊一

(72) 発明者 半那 純一

神奈川県横浜市緑区上山町541-4

(72) 発明者 前田 博己

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(72) 発明者 仲佐 昭彦

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

最終頁に続く

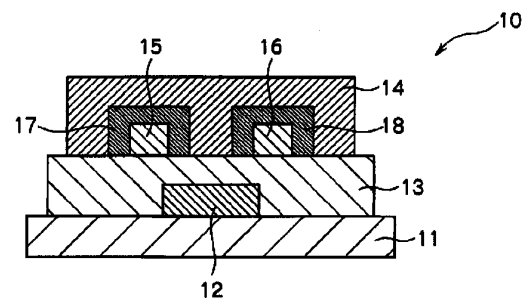
(54) 【発明の名称】 有機半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 有機半導体層への電荷注入が容易で、電荷移動特性のよい有機半導体層を備えた有機半導体装置を提供する。

【解決手段】 対向する第1の電極及び第2の電極と、第1の電極及び第2の電極の間に設けられた有機半導体層とを有する有機半導体装置であって、第1の電極及び第2の電極のうち少なくとも一方の電極と有機半導体層との間に、電荷注入促進層が形成されている有機半導体装置により、上記課題を解決した。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

互いに対向する第 1 の電極及び第 2 の電極と、当該第 1 の電極及び当該第 2 の電極の間に設けられた有機半導体層とを有する有機半導体装置であって、

前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極のうち少なくとも一方の電極と前記有機半導体層との間に、電荷注入促進層が形成されていることを特徴とする有機半導体装置。

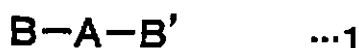
【請求項 2】

前記有機半導体層が液晶性有機半導体材料で形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の有機半導体装置。

【請求項 3】

前記液晶性有機半導体材料が下記化学式 1 で表される液晶性分子からなることを特徴とする請求項 2 に記載の有機半導体装置。

【化 1】



(式中 A は、L 個の 6π 電子系環、M 個の 8π 電子系環、N 個の 10π 電子系環、O 個の 12π 電子系環、P 個の 14π 電子系環、Q 個の 16π 電子系環、R 個の 18π 電子系環、S 個の 20π 電子系環、T 個の 22π 電子系環、U 個の 24π 電子系環、V 個の 26π 電子系環 (但し、L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U 及び V は、それぞれ 0 ~ 12 の整数を表し、 $L + M + N + O + P + Q + R + S + T + U + V = 1 \sim 12$ とする。) を含む骨格構造を有するコア部位を表す。また、式中 B 及び B' は、屈曲性の高い鎖状構造、又は、水素若しくはハロゲン等の官能基を表す。)

【請求項 4】

前記液晶性有機半導体材料が、サーモトロピック液晶相状態及びリोटロピック液晶相状態のうち少なくとも一方を有することを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の有機半導体装置。

【請求項 5】

前記サーモトロピック液晶相状態がスメクティック液晶相状態であることを特徴とする請求項 4 に記載の有機半導体装置。

【請求項 6】

前記有機半導体層が、 $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ 以上の電荷移動度を示すことを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の有機半導体装置。

【請求項 7】

前記電荷注入促進層が、双極子モーメントを有する有機薄膜であることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の有機半導体装置。

【請求項 8】

前記電荷注入促進層が、絶対値で 1 デバイ以上 50 デバイ以下の間に絶対値を持つベクトルで表される電気双極子モーメントを有する有機化合物で形成されており、

前記ベクトルの向きは、前記有機化合物の正極が前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極のうち正孔を注入する電極側に位置し、前記有機化合物の負極が前記有機半導体層側に位置することになる向きであることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の有機半導体装置。

【請求項 9】

前記電荷注入促進層が、絶対値で 1 デバイ以上 50 デバイ以下の間に絶対値を持つベクトルで表される電気双極子モーメントを有する有機化合物で形成されており、

前記ベクトルの向きは、前記有機化合物の負極が前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極のうち電子を注入する電極側に位置し、前記有機化合物の正極が前記有機半導体層側に位置することになる向きであることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の有機半導体装置。

【請求項 10】

10

20

30

40

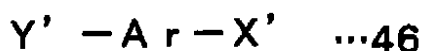
50

前記電荷注入促進層が下記の化学式 4 4 に示す有機化合物及び下記の化学式 4 6 に示す有機化合物のいずれか一方からなる有機薄膜であることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の有機半導体装置。

【化 2】



【化 3】



(式 4 4 及び式 4 6 中、Ar は芳香族炭化水素環又は芳香族複素環を表す、Y は及び Y' は電極若しくは電極近傍に存在する反応性基との連結基を表す、X 及び X' は置換基を表す。)

【請求項 1 1】

前記第 1 の電極がソース電極であり、前記第 2 の電極がドレイン電極であり、前記有機半導体層が前記ソース電極及び前記ドレイン電極の間のチャンネル領域に形成されており、基板、ゲート電極及びゲート絶縁層を更に有することを特徴とする請求項 1 ~ 1 0 のいずれか 1 項に記載の有機半導体装置。

【請求項 1 2】

前記基板上に前記ソース電極及び前記ドレイン電極が形成されており、

前記電荷注入促進層が、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の電極上、又は、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の電極の近傍の前記チャンネル領域内に形成されていることを特徴とする請求項 1 1 に記載の有機半導体装置。

【請求項 1 3】

前記基板は前記ソース電極が形成された第 1 の電極基板であり、前記ドレイン電極が形成された第 2 の電極基板を更に備え、前記第 1 の電極基板と前記第 2 の電極基板とが対向して設けられており、

前記電荷注入促進層が、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の電極上、又は、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の電極の近傍の前記チャンネル領域内に形成されていることを特徴とする請求項 1 1 に記載の有機半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、有機半導体装置に関し、更に詳しくは、電荷移動度に優れた液晶性有機半導体材料を含む有機半導体層を有する有機半導体装置に関するものである。

【背景技術】

【0 0 0 2】

図 8 は、従来の有機半導体装置の一例を示す断面図である。従来の有機半導体装置 1 0 0 は、基板 1 0 1、ゲート電極 1 0 2、ゲート絶縁層 1 0 3、有機半導体層 1 0 4、ソース電極 1 0 5 及びドレイン電極 1 0 6 で構成されている。こうした構成からなる有機半導体装置においては、有機半導体層が十分な電荷移動度を有することが要求されており、近年電荷移動度の高い有機半導体材料についての研究がなされている。

【0 0 0 3】

高い電荷移動度を有する材料としては液晶性有機半導体材料が知られており、例えば H a a r e r らにより、代表的なディスコティック液晶である長鎖トリフェニレン系化合物のメゾフェーズにおいて $10^{-1} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ という高速な正孔の移動度を示すことが報告され(例えば、非特許文献 1 を参照。)、半那らにより、フェニルナフタレン骨格を有する棒状液晶がスメクティック E (S m E) 相が $10^{-2} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ という高い電荷移動度を示すことが報告されている(例えば、非特許文献 2 を参照。)。これらの液晶性有機半導体材料は、有機半導体素子用のチャンネル領域を構成する成膜材料として期待されている。

10

20

30

40

50

【非特許文献 1】Nature, Vol. 371, p. 141 (1994)

【非特許文献 2】Appl. Phys. Lett., Vol. 73, No. 25, p. 3733 (1998)

【特許文献 1】特開 2002 - 270369 号公報

【特許文献 2】特表 2001 - 5122145 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述したような電荷移動度の高い有機半導体層においては、その前提として有機半導体層に十分な量の電荷（正孔、電子）が効率的かつ速やかに供給（注入）されることが必要である。しかし、電荷を供給するソース電極と有機半導体層とはエネルギーギャップが大きいので、有機半導体層に電荷が容易に注入されないという問題がある。

【0005】

ところで、有機エレクトロルミネセンス（以下、有機 EL という。）の分野では、上記特許文献 1 に示したように、陽極の発光層側の表面に電気二重層の効果を持つ双極子モーメントを有する有機薄膜が正孔注入促進層として形成された有機 EL 素子が報告されている。この報告には、その双極子モーメントを有する有機薄膜の作用により電極と発光層とのエネルギーギャップを小さくして陽極から発光層への正孔注入を容易にし、駆動電圧の低電圧化を達成できると記載されている。また、上記特許文献 2 に示したように、陽極の発光層側の表面に π 電子系等の官能基を有した双極子化合物からなる有機薄膜が正孔注入促進層として形成された有機 EL 素子が報告されている。この報告には、その有機薄膜が電極と発光層とのエネルギーギャップを小さくする電気二重層として作用して、電極から発光層への電荷の注入を容易にすることが記載されている。

【0006】

本発明は、有機半導体装置における上述した問題を解決するためになされたものであって、その目的は、有機半導体層への電荷注入が容易で、電荷移動特性のよい有機半導体層を備えた有機半導体装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するための本発明の有機半導体装置は、対向する第 1 の電極及び第 2 の電極と、当該第 1 の電極及び当該第 2 の電極の間に設けられた有機半導体層とを有する有機半導体装置であって、前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極のうち少なくとも一方の電極と前記有機半導体層との間に、電荷注入促進層が形成されていることを特徴とする。

【0008】

この発明によれば、第 1 の電極及び第 2 の電極のうち少なくとも一方と有機半導体層との間に電荷注入促進層を形成したので、電荷注入促進層の作用により有機半導体層への電荷の注入が容易となる。

【0009】

本発明の有機半導体装置において、前記有機半導体層が液晶性有機半導体材料で形成されていることが好ましい。

【0010】

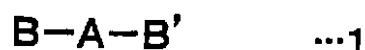
この発明によれば、有機半導体層が液晶性有機半導体材料で形成されているので、電荷移動度のよい有機半導体層の形成が可能となる。

【0011】

本発明の有機半導体装置において、前記液晶性有機半導体材料が下記化学式 1 で表される液晶性分子からなることが好ましい。

【0012】

【化 1】



【0013】

(式中Aは、L個の6π電子系環、M個の8π電子系環、N個の10π電子系環、O個の12π電子系環、P個の14π電子系環、Q個の16π電子系環、R個の18π電子系環、S個の20π電子系環、T個の22π電子系環、U個の24π電子系環、V個の26π電子系環(但し、L、M、N、O、P、Q、R、S、T、U及びVは、それぞれ0~12の整数を表し、 $L + M + N + O + P + Q + R + S + T + U + V = 1 \sim 12$ とする。))を含む骨格構造を有するコア部位を表す。また、式中B及びB'は、屈曲性の高い鎖状構造、又は、水素若しくはハロゲン等の官能基を表す。)

【0014】

この発明において、液晶性分子は、その骨格構造が隣接するように存在し、その鎖状分子が隣接するように存在するので、骨格構造が隣接する領域は、高い自己組織性を有した分子凝集部分となっている。その結果、その分子凝集部分では、電子や正孔がホッピング伝導を起こし易いので、このような液晶性分子を有する液晶性有機半導体材料で形成された有機半導体層は高い電荷移動度を有する。

10

【0015】

本発明の有機半導体装置において、前記液晶性有機半導体材料が、サーモトロピック液晶相状態及びリोटロピック液晶相状態のうち少なくとも一方を有することが好ましい。

【0016】

本発明の有機半導体装置において、前記サーモトロピック液晶相状態がスメクティック液晶相状態であることが好ましい。

20

【0017】

本発明の有機半導体装置において、前記有機半導体層が、 $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ 以上の電荷移動度を示すことが好ましい。

【0018】

本発明の有機半導体装置において、前記電荷注入促進層が双極子モーメントを有する有機薄膜であることが好ましい。

【0019】

この発明によれば、前記電荷注入促進層が双極子モーメントを有する有機薄膜であるので、電極の仕事関数と有機半導体層の仕事関数との差を小さくすることができる(すなわち両者の間に存在する電荷注入障壁を小さくすることができる)。その結果、その有機薄膜の作用により有機半導体層への電荷の注入が容易となる。

30

【0020】

本発明の有機半導体装置において、(A)前記電荷注入促進層が、絶対値で1デバイ以上50デバイ以下の間に絶対値を持つベクトルで表される電気双極子モーメントを有する有機化合物で形成されており、前記ベクトルの向きは、前記有機化合物の正極が前記第1の電極及び前記第2の電極のうち正孔を注入する電極側に位置し、前記有機化合物の負極が前記有機半導体層側に位置することになる向きであること、(B)前記電荷注入促進層が、絶対値で1デバイ以上50デバイ以下の間に絶対値を持つベクトルで表される電気双極子モーメントを有する有機化合物で形成されており、前記ベクトルの向きは、前記有機化合物の負極が前記第1の電極及び前記第2の電極のうち電子を注入する電極側に位置し、前記有機化合物の正極が前記有機半導体層側に位置することになる向きであること、が好ましい。

40

【0021】

これらの発明によれば、電荷を注入する電極に上記の電気双極子モーメントを有する有機化合物が化学的に結合することにより双極子モーメントを有する有機薄膜(電荷注入促進層)が形成されるので、そのような電極から有機半導体層への電荷の注入を容易に促進させることができる。

【0022】

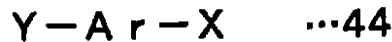
本発明の有機半導体装置において、前記電荷注入促進層が下記の化学式44に示す有機化合物及び下記の化学式46に示す有機化合物のいずれか一方からなる有機薄膜であるこ

50

とが好ましい。

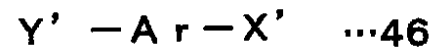
【 0 0 2 3 】

【 化 2 】



【 0 0 2 4 】

【 化 3 】



【 0 0 2 5 】

(式 4 4 及び式 4 6 中、Ar は芳香族炭化水素環又は芳香族複素環を表す、Y は及び Y ' は電極若しくは電極近傍に存在する反応性基との連結基を表す、X 及び X ' は置換基を表す。)

【 0 0 2 6 】

本発明の有機半導体装置において、前記第 1 の電極がソース電極であり、前記第 2 の電極がドレイン電極であり、前記有機半導体層が前記ソース電極及び前記ドレイン電極の間のチャネル領域に形成されており、基板、ゲート電極及びゲート絶縁層を更に有することが好ましい。

【 0 0 2 7 】

本発明の有機半導体装置において、前記基板上に前記ソース電極及び前記ドレイン電極が形成されており、前記電荷注入促進層が、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の電極上、又は、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の電極の近傍の前記チャネル領域内に形成されていることが好ましい。

【 0 0 2 8 】

本発明の有機半導体装置において、前記基板は前記ソース電極が形成された第 1 の電極基板であり、前記ドレイン電極が形成された第 2 の電極基板を更に備え、前記第 1 の電極基板と前記第 2 の電極基板とが対向して設けられており、前記電荷注入促進層が、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の電極上、又は、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の電極の近傍の前記チャネル領域内に形成されていることが好ましい。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 9 】

本発明の有機半導体装置によれば、互いに対向した第 1 の電極及び第 2 の電極のうち少なくとも一方の電極と有機半導体層との間に電荷注入促進層が設けられているので、有機半導体層への電荷の注入が容易となる。その結果、電荷移動に十分な量の電荷が有機半導体層に効率的かつ速やかに供給される。特に、液晶性有機半導体材料により形成された有機半導体層には十分な量の電荷が供給されるので、そのような有機半導体層を有する有機半導体装置は、多くの電荷を高速で移動させることができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 3 0 】

本発明の有機半導体装置は、対向する第 1 の電極及び第 2 の電極と、前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極の間に設けられた有機半導体層とを有し、前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極のうち少なくとも一方と前記有機半導体層との間には電荷注入促進層が形成されている。

【 0 0 3 1 】

以下、本発明の有機半導体装置を、有機トランジスタ素子を例にして詳しく説明する。

【 0 0 3 2 】

図 1 は、本発明の有機半導体装置（有機トランジスタ素子）の層構成の一例を示す断面模式図である。本発明の有機半導体装置（有機トランジスタ素子）10 は、図 1 に示すように、基板 11 上に、ゲート電極 12 と、ゲート絶縁層 13 と、ソース電極 15 及びドレ

10

20

30

40

50

イン電極 16 と、有機半導体層 14 とがこの順に積層されたコプラナー構造を有し、ソース電極 15 及びドレイン電極 16 のうち少なくとも一方の電極と有機半導体層 14 の間に電荷注入促進層が設けられていることに特徴がある。

【0033】

こうした構成からなる有機半導体装置 10 は、ゲート電極 12 に印加される電圧の極性に応じて、蓄積状態又は空乏状態の何れかで動作する。例えば、ゲート電極にマイナスの電圧が印加された場合には、有機半導体層において電子が空乏状態となり、ソース電極 15 からドレイン電極 16 に電子が移動することで、電流が流れる。このようにして、ゲート電極への電圧の印加により電流の変調が可能となる。

【0034】

10

(基板)

基板 11 は、絶縁性の材料であれば広い範囲の材料から選択することができる。例えば、ガラス、アルミナ焼結体などの無機材料、ポリイミド膜、ポリエステル膜、ポリエチレン膜、ポリフェニレンスルフィド膜、ポリパラキシレン膜等の各種の絶縁性材料を挙げることができる。特に、高分子化合物からなる膜を用いると、軽量でフレキシブルな有機半導体装置を作製することができるので、極めて有用である。なお、本発明で適用される基板 11 の厚さは、 $25\mu\text{m} \sim 1.5\text{mm}$ 程度である。

【0035】

(ゲート電極)

ゲート電極 12 は、ポリアニリン、ポリチオフェン等の有機材料からなる電極又は導電性インキを塗布して形成した電極であることが好ましい。これらの電極は、有機材料や導電性インキを塗布して形成できるので、電極形成プロセスが極めて簡便となるという利点がある。塗布法の具体的な手法としては、スピンコート法、キャスト法、引き上げ法等のほか、インクジェット印刷法、スクリーン印刷法、グラビア印刷法等の印刷法が挙げられ、これらの印刷法によりパターン印刷することもできる。

20

【0036】

なお、既存のフォトリソグラフ法を用いて電極を形成してもよい。この場合には、金、白金、クロム、パラジウム、アルミニウム、インジウム、モリブデン、タンタル、ニッケル等の金属、これら金属を用いた合金、ポリシリコン、アモルファスシリコン、錫酸化物、酸化インジウム、インジウム・錫酸化物 (ITO) 等の無機材料を、電極形成用の材料として挙げることができる。また、これらの材料を 2 種以上併用してもよい。

30

【0037】

ゲート電極の膜厚は、その材質の導電率によるが、 $50 \sim 1000\text{nm}$ 程度であることが好ましい。ゲート電極の厚さの下限は、電極材料の導電率及び下地基板との密着強度によって異なる。ゲート電極の厚さの上限は、後述のゲート絶縁層及びソース・ドレイン電極対を設けた際に、下地基板とゲート電極の段差部分におけるゲート絶縁層による絶縁被覆が十分で、かつその上に形成する電極パターンに断線を生ぜしめないことが必要である。特に、可とう性がある基板を使用した場合には、応力のバランスを考慮する必要がある。

【0038】

40

(ゲート絶縁層)

ゲート絶縁層 13 は、上記のゲート電極 12 と同じように、有機系材料を塗布して形成したものであることが好ましく、使用される有機系材料としては、ポリクロロピレン、ポリエチレンテレフタレート、ポリオキシメチレン、ポリビニルクロライド、ポリフッ化ビニリデン、シアノエチルプurlan、ポリメチルメタクリレート、ポリサルフォン、ポリカーボネート、ポリビニルフェノール、ポリスチレン、ポリイミド等を挙げることができる。塗布法の具体的な手法としては、スピンコート法、キャスト法、引き上げ法等のほか、インクジェット印刷法、スクリーン印刷法、グラビア印刷法、フレキソ印刷法等の印刷法が挙げられ、これらの印刷法によりパターン印刷することもできる。

【0039】

50

なお、CVD法等の既存パターンプロセスを用いてもよく、その場合には、 SiO_2 、 SiNx 、 Al_2O_3 等の無機系材料が好ましく使用される。また、これらの材料を2種以上併用してもよい。

【0040】

ゲート絶縁層13は、十分な絶縁性を有し（すなわちリーク電流が十分小さく）、且つ、単位体積当たりの静電容量が大きいことが好ましく、ゲート絶縁層の膜厚は両者の観点から設定される。ゲート絶縁層13の膜厚は、そのような観点から、ゲート絶縁層13が有機系材料で形成されている場合には $50 \sim 300 \mu\text{m}$ であることが好ましく、ゲート絶縁層が無機系材料で形成されている場合には $200 \sim 1000 \mu\text{m}$ であることが好ましい。また、いずれの材料で形成されている場合も、ゲート絶縁層13の絶縁耐圧は、 2 MV/cm 以上であることが望ましい。

【0041】

（ソース電極及びドレイン電極）

ソース電極は有機半導体層に電荷を注入するものであり、ドレイン電極はソース電極から注入された電荷を取り込むものである。

【0042】

ソース電極15及びドレイン電極16は、通常、アルミニウム、金、銀、ニッケル、パラジウム、白金等の金属、インジウム及び/又はスズの酸化物などの金属酸化物等により形成される。

【0043】

ソース電極15及びドレイン電極16の形成方法としては、通常、スパッタリング法、真空蒸着法などの方法を挙げることができる。また、ソース電極15及びドレイン電極16は、塗布法やディップ法等の湿式法により形成されてもよく、この場合には、上記に挙げた金属及び金属酸化物のほか、カーボン等の導電性ペーストや導電性高分子で形成される。ソース電極15及びドレイン電極16の厚さは、 $50 \sim 100 \text{ nm}$ 程度である。

【0044】

なお、従来の有機半導体装置においては、電荷注入特性の観点から、ドレイン電極を仕事関数の大きな材料で形成し、ソース電極を仕事関数の小さな材料で形成することが望ましいものとされていたが、本発明の有機半導体装置においては、これらの電極上に電荷注入促進層を設けることにより各電極の仕事関数を変化させることができるので、電荷注入特性を向上させることができる。

【0045】

（有機半導体層）

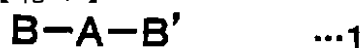
有機半導体層14は、図1に示すようにドレイン電極16又はソース電極15との間のチャネル領域（電荷輸送経路領域）に形成されている。

【0046】

有機半導体層14は、高い電荷移動特性を有する液晶性有機半導体材料により形成されていることが好ましく、特に下記化学式1で表される液晶性分子からなる有機半導体材料で形成されていることが好ましい。

【0047】

【化4】



【0048】

（式中Aは、L個の 6π 電子系環、M個の 8π 電子系環、N個の 10π 電子系環、O個の 12π 電子系環、P個の 14π 電子系環、Q個の 16π 電子系環、R個の 18π 電子系環、S個の 20π 電子系環、T個の 22π 電子系環、U個の 24π 電子系環、V個の 26π 電子系環（但し、L、M、N、O、P、Q、R、S、T、U及びVは、それぞれ $0 \sim 12$ の整数を表し、 $L + M + N + O + P + Q + R + S + T + U + V = 1 \sim 12$ とする。）を含む骨格構造を有するコア部位を表す。また、式中B及びB'は、屈曲性の高い鎖状構造

10

20

30

40

50

、又は、水素若しくはハロゲン等の官能基を表す。)

【0049】

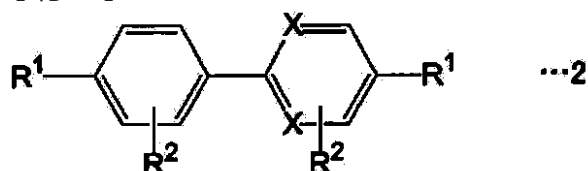
上記化学式1に示す液晶性分子のAにおいて、6 π 電子系環としては、例えば、ベンゼン環、フラン環、チオフェン環、ピロール環、2H-ピラン環、4H-チオピラン環、ピリジン環、オキサゾール環、イソオキサゾール環、チアゾール環、イソチアゾール環、フラザン環、イミダゾール環、ピラゾール環、ピラジン環、ピリミジン環、ピリタジン環、トロポロン環を挙げることができ、8 π 電子系環としては、例えば、ペンタレン環、インデン環、インドリジン環、4H-キノリジン環を挙げることができ、10 π 電子系環としては、例えば、ナフタレン環、アズレン環、ベンゾフラン環、イソベンゾフラン環、1-ベンゾチオフェン環、2-ベンゾチオフェン環、インドール環、イソインドール環、2H-クロメン環、1H-2-ベンゾピラン環、キノリン環、イソキノリン環、1,8-ナフチリジン環、ベンゾイミダゾール環、1H-インダゾール環、ベンゾオキサゾール環、ベンゾチアゾール環、キノキサリン環、キナゾリン環、シンノリン環、プテリジン環、プリン環、フタラジン環を挙げることができ、12 π 電子系環としては、例えば、ヘプタレン環、ビフェニレン環、as-インダセン環、s-インダセン環、アナナフチレン環、フルオレン環、フェナレン環を挙げることができ、14 π 電子系環としては、例えば、フェナントレン環、アントラセン環、カルバゾール環、キサンテン環、アクリジン環、フェナントリジン環、ペリミジン環、1,10-フェナントロリン環、フェナジン環、フェナルサジン環、テトラチアフルバレン環を挙げることができ、16 π 電子系環としては、例えば、フルオランテン環、アセフェナントリレン環、アセアントリレン環、ピレン環、チアントレン環、フェノキサチン環、フェノキサジン環、フェノチアジン環を挙げることができ、18 π 電子系環としては、例えば、トリフェニレン環、クリセン環、ナフタセン環、ブレイアデン環を挙げることができ、20 π 電子系環としては、例えば、ペリレン環を挙げることができ、22 π 電子系環としては、例えば、ビスエン環、ペンタフェン環、ペンタセン環、を挙げることができ、24 π 電子系環としては、例えば、テトラフェニレン環、コロネン環、を挙げることができ、26 π 電子系環としては、例えば、ヘキサフェン環、ヘキサセン環、ルビスエン環等を挙げることができる。

【0050】

これらの電子系環を構造の一部に有する骨格構造としては、例えば、下記化学式2～36に示すような構造を挙げることができる。

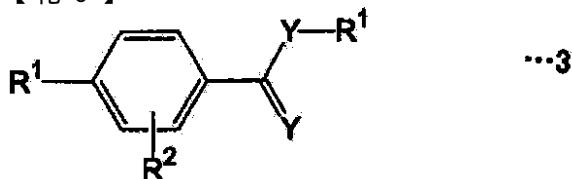
【0051】

【化5】



【0052】

【化6】



【0053】

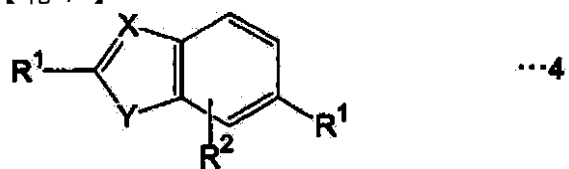
10

20

30

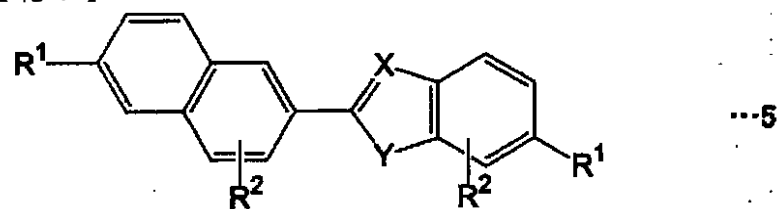
40

【化7】



【0054】

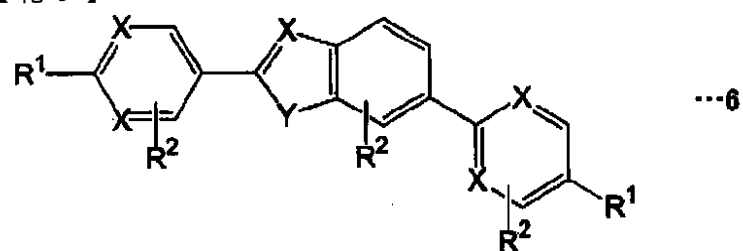
【化8】



10

【0055】

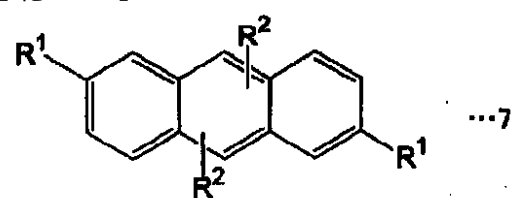
【化9】



20

【0056】

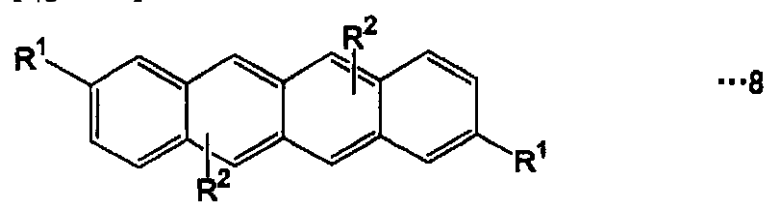
【化10】



30

【0057】

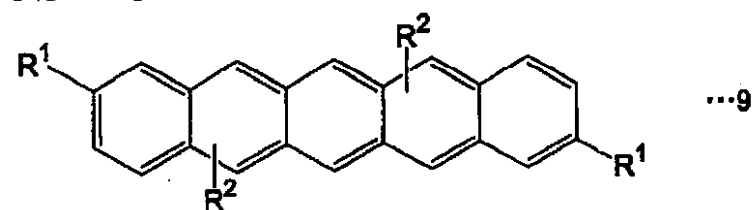
【化11】



40

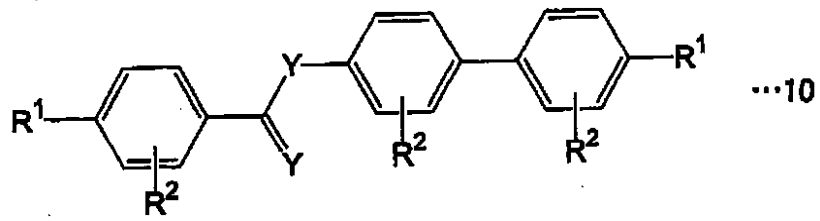
【0058】

【化12】



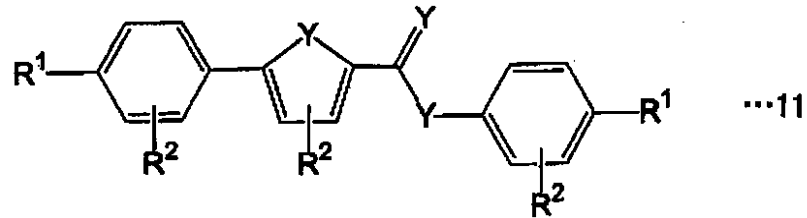
【0059】

【化 1 3】



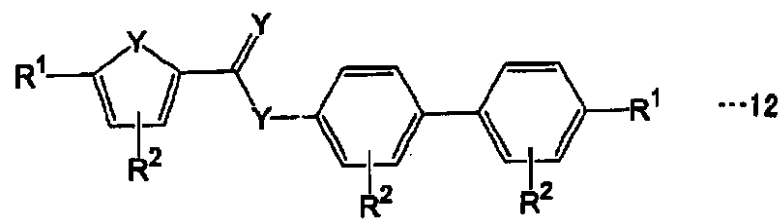
【 0 0 6 0】

【化 1 4】



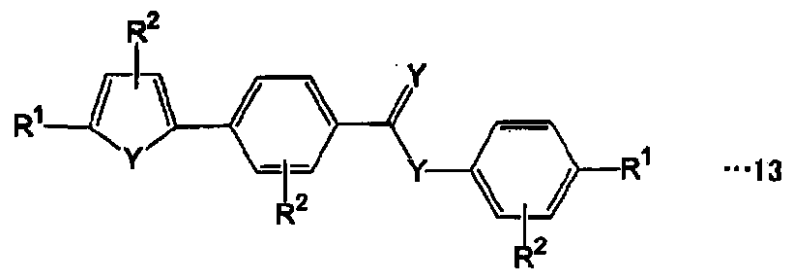
【 0 0 6 1】

【化 1 5】



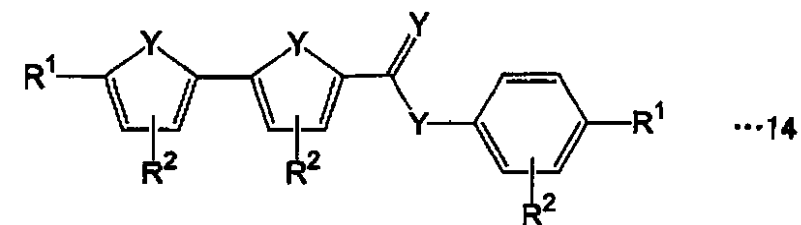
【 0 0 6 2】

【化 1 6】



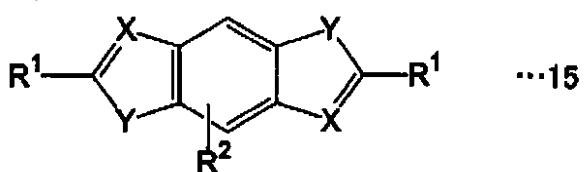
【 0 0 6 3】

【化 1 7】



【 0 0 6 4】

【化 1 8】



【 0 0 6 5】

10

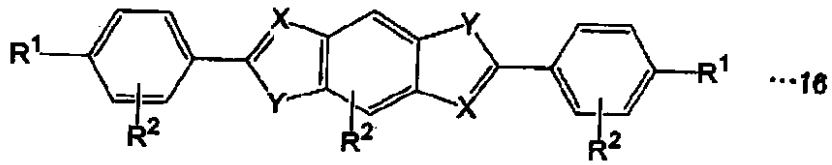
20

30

40

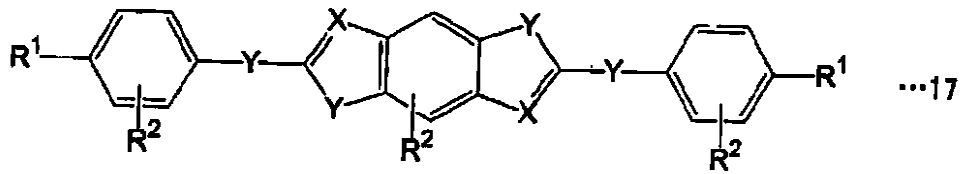
50

【化 1 9】



【 0 0 6 6】

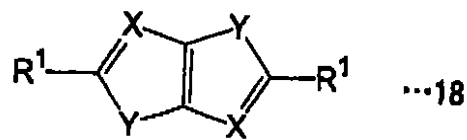
【化 2 0】



10

【 0 0 6 7】

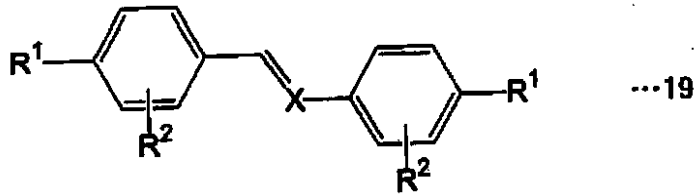
【化 2 1】



20

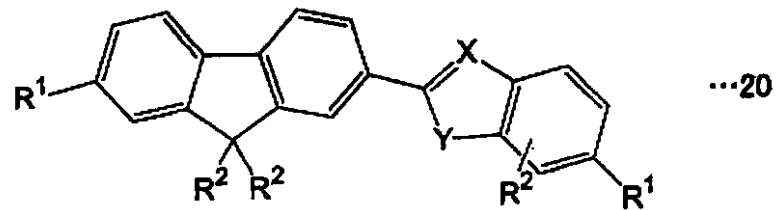
【 0 0 6 8】

【化 2 2】



【 0 0 6 9】

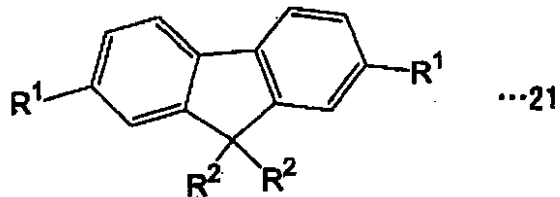
【化 2 3】



30

【 0 0 7 0】

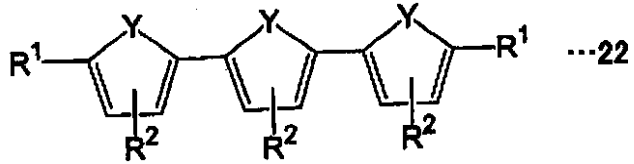
【化 2 4】



40

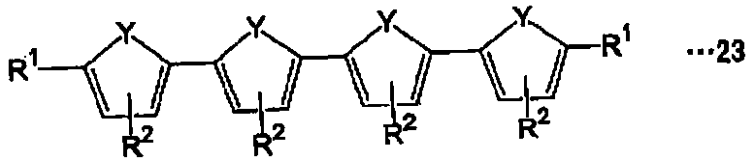
【 0 0 7 1】

【化 2 5】



【 0 0 7 2】

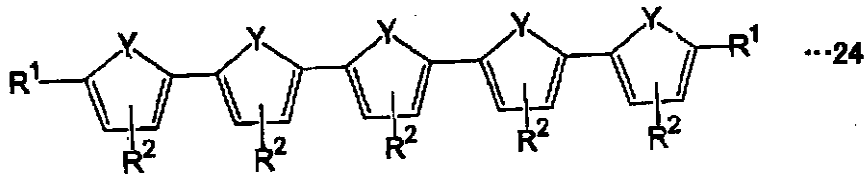
【化 2 6】



10

【 0 0 7 3】

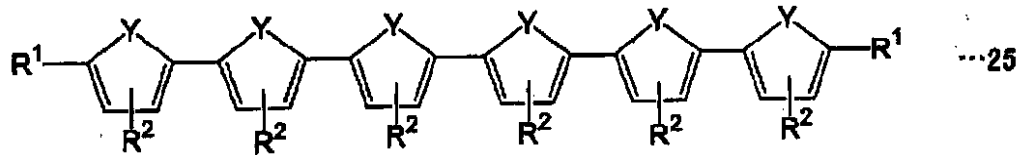
【化 2 7】



20

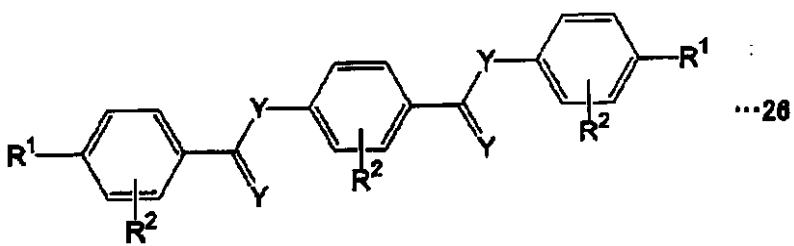
【 0 0 7 4】

【化 2 8】



【 0 0 7 5】

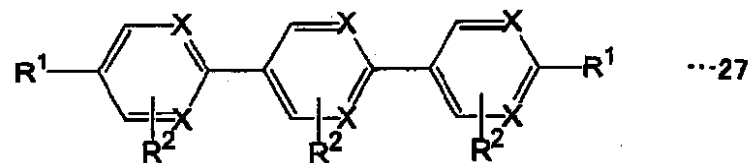
【化 2 9】



30

【 0 0 7 6】

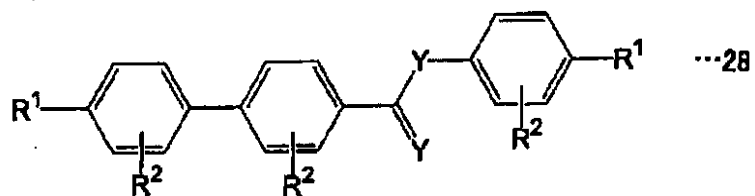
【化 3 0】



40

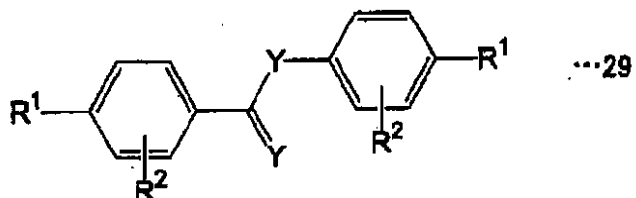
【 0 0 7 7】

【化 3 1】



【 0 0 7 8 】

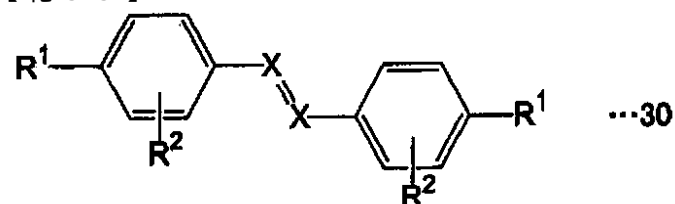
【化 3 2】



10

【 0 0 7 9 】

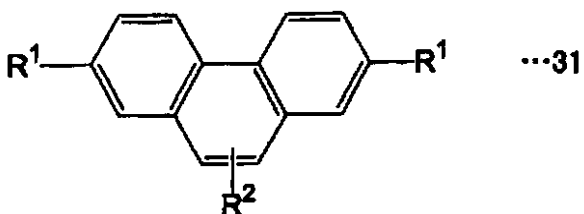
【化 3 3】



20

【 0 0 8 0 】

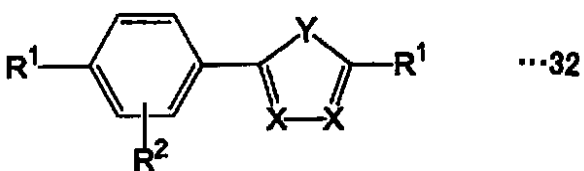
【化 3 4】



30

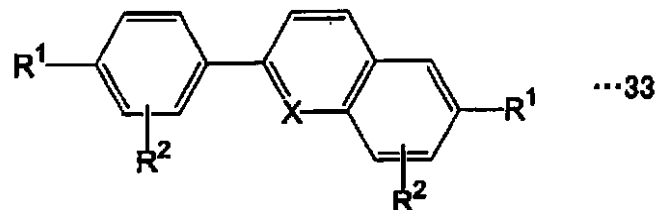
【 0 0 8 1 】

【化 3 5】



【 0 0 8 2 】

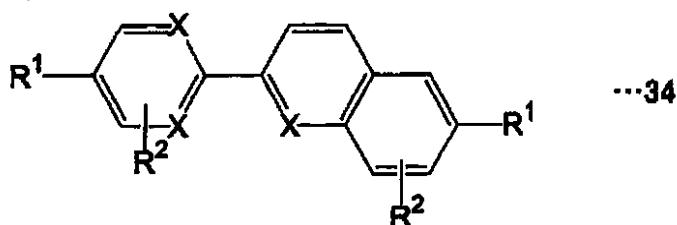
【化 3 6】



40

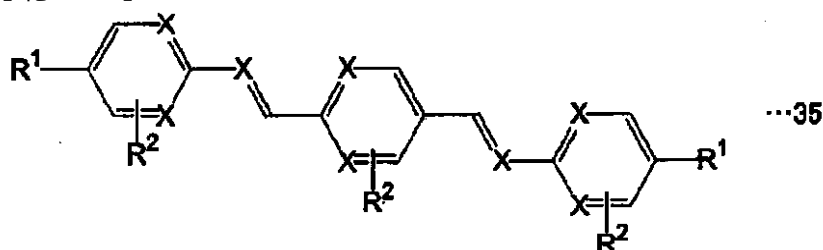
【 0 0 8 3 】

【化 3 7】



【 0 0 8 4 】

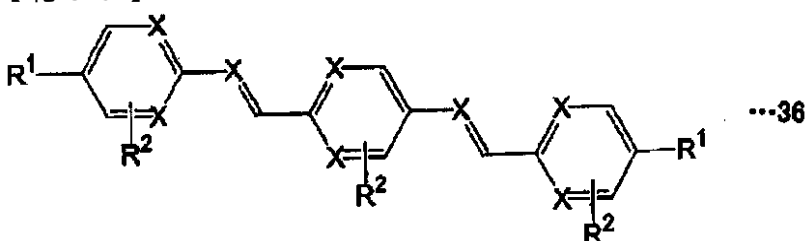
【化 3 8】



10

【 0 0 8 5 】

【化 3 9】



20

【 0 0 8 6 】

ここで、上記化学式 2 ~ 3 6 中の R^1 は下記化学式 3 7 に示すような 2 価の構造を示し、別の骨格と連結する連結基を示す。これらの液晶性分子に R^1 が複数個ある場合には、それぞれが同一でもよいし、異なってもよい。また、これらの液晶性分子に R^1 はなくてもよい。上記化学式 2 ~ 3 6 中の R^2 は下記化学式 3 8 に示すような官能基を示す。これらの液晶性分子に R^2 が複数個ある場合には、それぞれが同一でもよいし、異なってもよい。また、上記化学式 2 ~ 3 6 中の X は C H 又は N を示し、上記化学式 2 ~ 3 6 中の Y は S 又は O を示す。

30

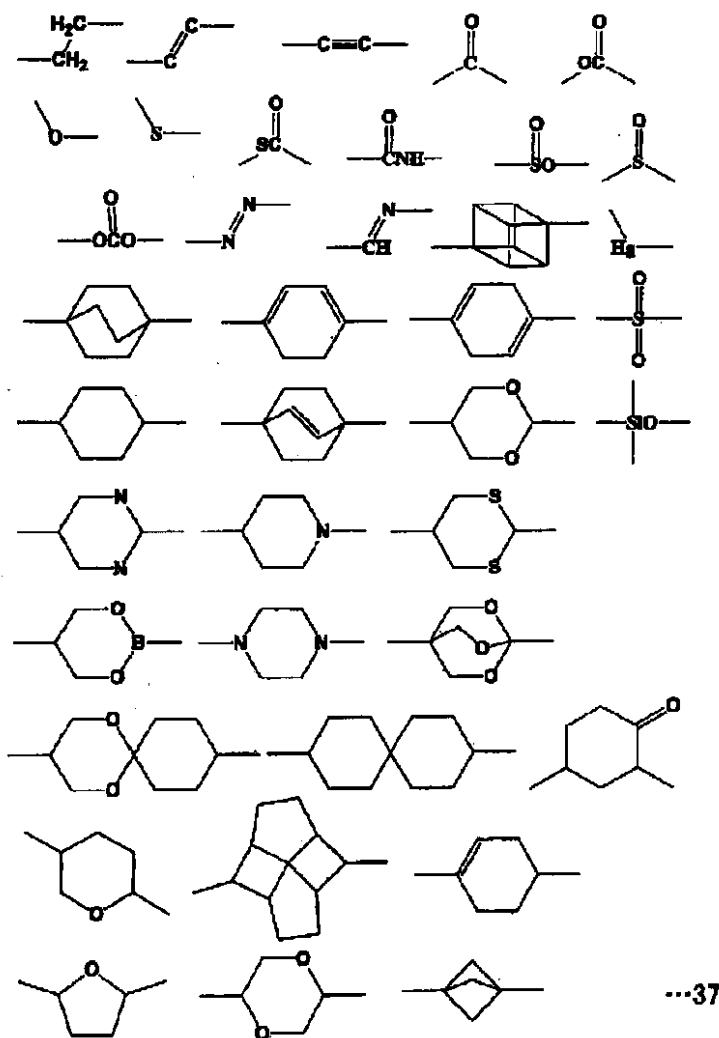
【 0 0 8 7 】

上記化学式 1 の B 及び B' は、屈曲性の高い鎖状構造、又は、水素若しくはハロゲン等の官能基である。屈曲性の高い鎖状構造は、基本的には直鎖状アルキル鎖又は分岐鎖状アルキル鎖であるが、このようなアルキル鎖には下記化学式 3 7 に示す 3 9 個の 2 価の構造の群から選択される構造が含まれていてもよい。また、屈曲性の高い鎖状構造は、下記化学式 3 7 に示す 3 9 個の 2 価の構造の群から選択された構造のみで構成されてもよく、この場合にはこの群から選択された 1 つの構造で構成されてもよいし、この群から選択された複数の構造が直鎖状又は分岐状に連結して構成されていてもよい。また、これらの屈曲性の高い鎖状構造は、置換基として下記化学式 3 8 に例示した 2 1 個の官能基の群から選択された官能基を有していてもよい。なお、上記化学式 1 中の B 及び B' は、屈曲性の高い鎖状構造をとらない場合に、下記化学式 3 8 に例示した 2 1 個の官能基のいずれかとなる。

40

【 0 0 8 8 】

【化 4 0】

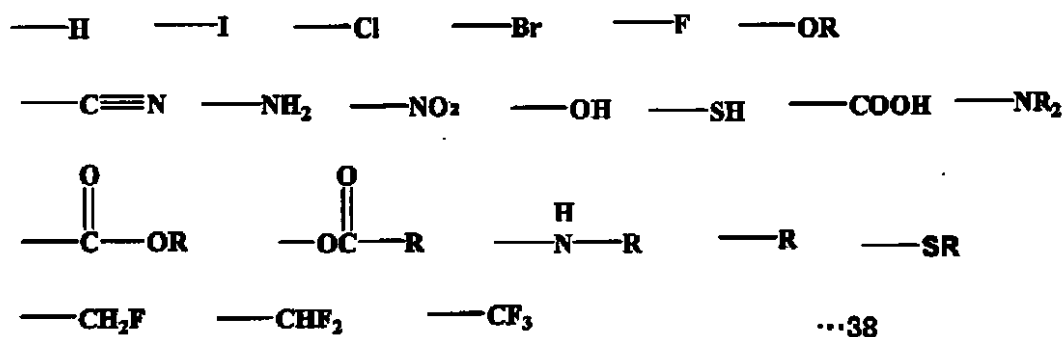


10

20

【 0 0 8 9 】

【化 4 1】



40

【 0 0 9 0 】

但し、上記化学式 38 中の R は、炭素数 1 ~ 40 の直鎖アルキル基又は分岐アルキル基を表す。

【 0 0 9 1 】

本発明に適用される液晶性有機半導体材料には、上記化学式 1 に示した液晶性分子のうち、熱分解温度以下の温度において、少なくとも一種類の液晶状態を持つものが用いられる。「熱分解温度以下の温度において」とは、その材料がそれ自身分解されない状態を意味するものである。熱分解温度は、適用される材料により異なる。また、「少なくとも一種類の液晶状態を持つもの」とは、最低一種類の液晶状態を持つものが使用されるという意味である。例えば、後述するスメクティック液晶相（以下、S_mともいう）においては

50

、S m A 相、S m B 相、S m C 相等の複数種類の液晶状態を有し、そのうちの少なくとも一種類の液晶状態を持つことである。

【0092】

液晶性有機半導体材料は、少なくとも一種類のサーモトロピック液晶状態を持つ有機半導体材料、及び、少なくとも一種類のリオトロピック液晶状態を持つ有機半導体材料に分けることができる。なお、サーモトロピック液晶 (Thermotropic LC) とは、ある温度範囲で液晶になる物質であり、本発明においては、分子配列の違いにより、スメクティック液晶及びネマティック液晶が含まれる。また、リオトロピック液晶 (ライオトロピック液晶ともいう。Liotropic LC) とは、溶媒の存在下で液晶となるものであり、特に温度によらずに濃度変化だけで起こることがあり、濃度転移方液晶と呼ばれることもある。

10

【0093】

液晶性有機半導体材料は、上述の材料のうち、ロッド状のスメクティック液晶状態を持つ材料であることが好ましい。液晶は自己組織化機能を有するので自発的に分子秩序が形成され、特にこのようなスメクティック液晶相状態を持つ液晶性有機半導体材料を用いて形成された有機半導体層14は、分子結晶の様な優れた電荷輸送特性を示すことができる。有機半導体層14は、そのような観点から、高次のスメクティック相状態を持つ液晶性有機半導体材料で形成されていることが好ましい。

【0094】

このような液晶性有機半導体材料により形成された有機半導体層14は、ホッピング伝導に基づいた高い電子と正孔についていずれも高速の電荷輸送能が発現する、という電荷移動特性に関する顕著な効果を有している。すなわち、有機半導体層14を構成する液晶性分子は、骨格構造の片末端又は両末端に導入されているアルキル鎖等の鎖状分子の存在により自己組織化を起こし、極めて秩序的に配向するので、有機半導体層14には液晶性分子により高い自己組織性を有した分子凝集部分である領域が形成される。その領域においては、液晶性分子の π 電子芳香環を有する骨格構造部位が、隣接する分子間と極めて小さな距離で隣接する。その結果、液晶性分子の領域では、 π 電子軌道の重なりが大きくなることにより、ホッピング伝導に基づいた高速の電子伝導と高速のホール伝導が起こるので、形成された有機半導体層は、高い電荷輸送特性を示すこととなる。なお、この場合における骨格構造同士の間隔は0.3~0.5nm程度である。形成された有機半導体層は、液晶性分子の自己組織化により剛直な π 電子芳香環がかなりの長距離にわたり連続して重なり合う領域を有するので、電子やホールのホッピング伝導を容易に起こすことになる。これに対し、微結晶のように高い分子秩序が長距離にわたって実現していない有機半導体の場合には、結晶粒界でトラップが生成し、高い伝導性は期待できない。

20

30

【0095】

一方で、スメクティック液晶相を呈する有機半導体層14は、鎖状構造がリッチとなる領域を持っている。この領域は、上述した領域 (液晶性分子により高い自己組織性を有した分子凝集部分である領域) の電荷の輸送経路となる層を隔てる緩衝層として機能し、大きな電荷輸送異方性を発現させる効果を有する。

【0096】

スメクティック液晶相状態を持つ液晶性分子の具体例としては、フェニルナフタレン骨格を有する下記の化学式39の2-(4'-octylphenyl)-6-dodecyl oxynaphthalene (8-PNP-O12と略す) 及び化学式40の2-(4'-octylphenyl)-6-butyl oxynaphthalene (8-PNP-O4と略す)、ターチオフェン骨格を有する下記の化学式41のdidodecyl terthiophene 及び化学式42のdihexyl terthiophene、フェニルベンゾチアゾール骨格を有する下記の化学式43の2-(4'-heptyl oxyphe nyl)-6-dodecyl thiobenzothiazole で表される液晶性分子を例示することができる。これらの液晶性分子からなる液晶性有機半導体材料は、同一相内で、電子輸送性及び正孔輸送性のどちらも有し (すなわち輸送の両

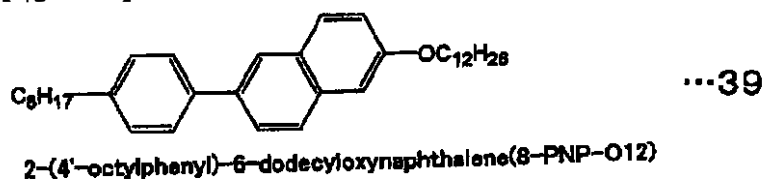
40

50

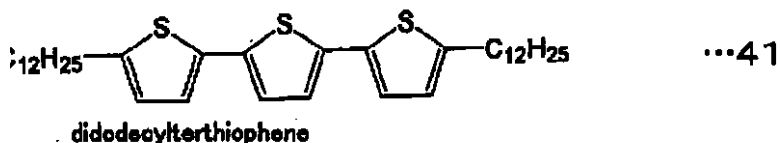
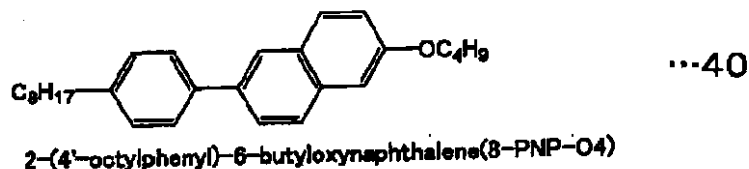
極性を有し)、いずれの輸送性も、ホッピング伝導による電荷移動度が電界強度及び温度に依存しない。

【 0 0 9 7 】

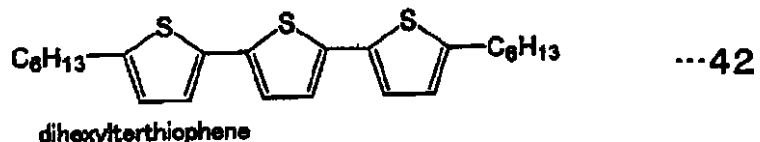
【 化 4 2 】



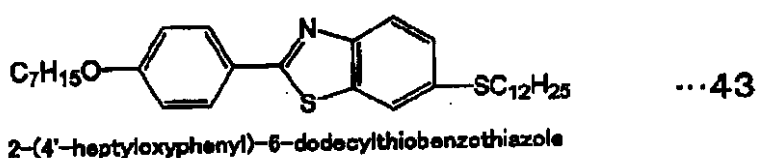
10



20



30



【 0 0 9 8 】

少なくとも一種のサーモトロピック液晶状態を持つ有機半導体材料（以下、有機半導体材料Ⅰということもある。）からなる有機半導体層は、この有機半導体材料Ⅰをサーモトロピック液晶相を維持又は経由できる温度に保持した後にその温度から冷却することにより形成される。このときの冷却を速やかに行った場合（すなわち急冷した場合）には、高次の構造（高い構造型）を有する相（好ましくはスメクティック相）がガラス状態に固定された有機半導体層を得ることができる。このようにして形成された有機半導体層は、高い電荷移動特性を有している。また、このときの冷却を緩やかに行った場合（すなわち徐冷した場合）には、少なくとも一部が結晶状態となった高い秩序性を有する有機半導体層を得ることができる。このようにして得られた有機半導体層は、有機半導体材料の結晶サイズが大きくなり、高い電荷移動度を発現する。特に、その結晶サイズが電荷移動に与する電極間距離よりも大きい場合に、より高い電荷移動度が得られる。なお、本明細書において「結晶相」又は「結晶状態」とは、液晶性有機半導体材料が液晶-結晶相転移温度以下の凝集状態になっていることをいう。

40

50

【0099】

また、少なくとも一種類のリオトロピック液晶状態を持つ有機半導体材料（以下、有機半導体材料Ⅰということもある。）からなる有機半導体層は、その有機半導体材料ⅠⅠをリオトロピック液晶相を呈する濃度に保持した後に溶媒を徐々に除くことにより形成される。このようにして形成された有機半導体層は、良好な配向状態を有しており広い範囲で高い配向性の実現され、また、高い電荷移動度を発現する。

【0100】

有機半導体材料Ⅰは、液晶状態を維持する温度において流動性を有するので、その状態で塗布することができる。また、有機半導体材料ⅠⅠは、溶媒を除去する前において流動性を有するので、その状態で塗布することができる。こうした方法によれば、電荷移動度が均一で大面積の有機半導体層を極めて容易に形成することができる。このときの塗布方法としては、スピンコート法又はダイコート法等の塗布方法のほか、インクジェット法等の印刷方法を用いることができる。なお、有機半導体材料Ⅰを用いて有機半導体層を形成する場合には、有機半導体材料Ⅰを溶媒で希釈した溶液を塗布することもできる。このような場合に、溶媒の乾燥状況により塗膜に多様なモホロジが生ずることがあるが、塗布後に液晶性を利用した熱アニール処理を施すことにより、有機半導体層の膜質の均一化を図ることができる。有機半導体層14の層厚は、0.05～1.0 μm程度である。

10

【0101】

本発明の有機半導体装置10において、有機半導体層14は、 $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ 以上の電荷移動度を示すことが好ましい。

20

【0102】

なお、液晶性分子は一定の向きに配向し易いので、有機半導体層において液晶性分子を分子結晶のように規則正しく配列させることができ、液晶性分子のスメクティック相由来の分子層内における分子間距離の平均値を0.3～0.4 nmと極めて小さくすることもできる。液晶性分子の配向態様としては、（イ）図2に示すように、ゲート絶縁層13の上に形成されたドレイン電極16とソース電極15の膜厚方向に平行に配向している態様、又は、（ロ）図3に示すように、ゲート絶縁層13の上に形成されたドレイン電極16とソース電極15の膜厚方向に直交し、かつ、当該ドレイン電極16とソース電極15の間に横列するように配向している態様、等を挙げることができる。また、液晶性分子の配向手段としては、有機半導体層14が形成される基材（例えば、ゲート絶縁層13の表面等。）に、液晶配向層を形成したり、ラビング処理等の配向処理をしたり、あるいは、配向処理を施した層と接触させたりする手段を挙げることができる。こうした分子間距離で結晶状態を形成した有機半導体層は、分子相互の電子相関が極めて大きくなり、キャリアのホッピング確率が大きく、高い電荷輸送特性を示すという効果がある。例えば、上述の化学式25のスメクティック液晶性を有する液晶性分子の分子間距離の平均値が0.3～0.4 nmの場合においては、電荷移動度が $10^{-3} \sim 10^{-2} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ という高い電荷輸送特性を有する。

30

【0103】

（電荷注入促進層）

電荷注入促進層17、18は、有機半導体層14とソース電極15及びドレイン電極16のうち少なくとも一方の電極との間に設けられるものであり、電極15、16の仕事関数と有機半導体層14の仕事関数との差を小さくするように作用する。すなわち、有機半導体層14とソース電極15及びドレイン電極16のうち少なくとも一方の電極との間に存在する電荷注入障壁を小さくするように作用する。このような作用により、電極から有機半導体層への電荷の注入が容易に促進される。

40

【0104】

電荷注入促進層は、通常、電荷を注入するソース電極15側に設けられている。有機半導体層14が正孔の輸送経路として作用する場合には、ソース電極15側に形成された電荷注入促進層17を、ソース電極15から有機半導体層14に正孔を注入し易くさせる層として機能させることができる。また、有機半導体層14が電子の輸送経路として作用す

50

る場合には、ソース電極 15 側に形成された電荷注入促進層 17 を、ソース電極 15 から有機半導体層 14 に電子を注入し易くさせる層として機能させることができる。

【0105】

また、電荷注入促進層は、ドレイン電極 16 側にも設けられていることが好ましい。ドレイン電極 16 側に設けられた電荷注入促進層 18 がソース電極 15 側に設けられた電荷注入促進層 17 と同種のものである場合（すなわち電荷注入促進層 17 及び 18 の双方が正孔の注入を促進させる層である場合や電荷注入促進層 17 及び 18 の双方が電子の注入を促進させる層である場合）には、ソース電極 15 とドレイン電極 16 の機能を入れ替えることができることにより、有機半導体装置 10 を、その装置に接続する負荷への電荷の書き込み及び引き抜きに利用することができる。一方、ドレイン電極 16 側に設けられた電荷注入促進層 18 がソース電極 15 側に設けられた電荷注入促進層 17 と異種のものである場合（すなわち電荷注入促進層 17 及び 18 の一方が正孔の注入を促進させる層であり他方が電子の注入を促進させる層である場合）には、有機半導体装置 10 をより低電流で駆動させることができる。

10

【0106】

本発明に適用される電荷注入促進層は、双極子モーメントを有する有機薄膜である。このような有機薄膜は電気双極子モーメントを有する有機化合物で形成される。

【0107】

まず、正孔の注入を促進させる層として電荷注入促進層を機能させる場合について説明する。以下、正孔の注入を促進させる電荷注入促進層を「正孔注入促進層」ということもある。

20

【0108】

正孔注入促進層は、1 デバイ以上 50 デバイ以下の間に絶対値を持つベクトルで表される電気双極子モーメントを有した有機化合物で形成され、そのベクトルの向きは、有機化合物の正極が正バイアスされる電極側に位置し、その有機化合物の負極が有機半導体層側に位置することになる向きである。ここで、正バイアスされる電極は、正孔を注入する電極であり、通常ソース電極 15 である。また、負バイアスされる電極は、注入された正孔を取り込む電極であり、通常ドレイン電極 16 である。このような電気双極子モーメントを持つ有機化合物が正バイアスされる電極に化学的に結合することにより電気二重層が形成されるので、正バイアスされた電極から有機半導体層 14 に正孔を容易に注入できる。

30

【0109】

具体的には、上述した有機半導体層 14 の HOMO レベルに合わせて、正孔注入促進層形成用材料（1 デバイ～50 デバイの間に絶対値を持つベクトルで表される電気双極子モーメントを有した有機化合物）が選択される。例えば、上記化学式 40 の液晶性分子（8-PNP-O4）からなる液晶性有機半導体材料で形成された有機半導体層 14 の HOMO の値は 6.0 eV であり、ITO で形成されたソース電極 15 の仕事関数は 4.7 eV である。そのため、有機半導体層とソース電極 15 のエネルギーギャップである約 1.7 eV の注入障壁を小さくする材料が選択される。

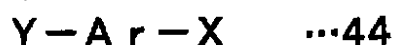
【0110】

本発明では例えばソース電極 15 の有機半導体層側の界面に、下記化学式 44 で表される有機化合物が集合してなる双極子モーメントを有する有機薄膜が形成される。ここで、Y は電極又は電極近傍の反応性基との連結基であり、X は置換基であり、Ar は、芳香族炭化水素環又は芳香族複素環である。

40

【0111】

【化 43】



【0112】

式 44 において、連結基 Y は例えばソース電極 15 の表面と結合し、これが集合することにより双極子モーメントを有する有機薄膜が形成される。ここで、「双極子モーメント

50

を有する有機薄膜」とは、厚さが分子 1 個の大きさに相当する薄膜を意味する。なお、式 44 で表される構造が一部共有結合して 2 量体、3 量体又はオリゴマー状の構造を形成していてもよいが、その層の厚さは分子 1 個分である。

【0113】

連結基 Y は、通常、ソース電極 15 の表面に存在する反応性官能基（多くの場合は水酸基）と反応して連結する。図 4 は、芳香族炭化水素環又は芳香族複素環からなる Ar の両側に連結基 Y と置換基 X が配位することにより付与される双極子モーメントを有する有機薄膜（正孔注入促進層）17 がソース電極 15 の表面に形成された模式図である。この正孔注入促進層 17 が備える電気二重層による電場により、ソース電極 15 の仕事関数を増加させることができる。

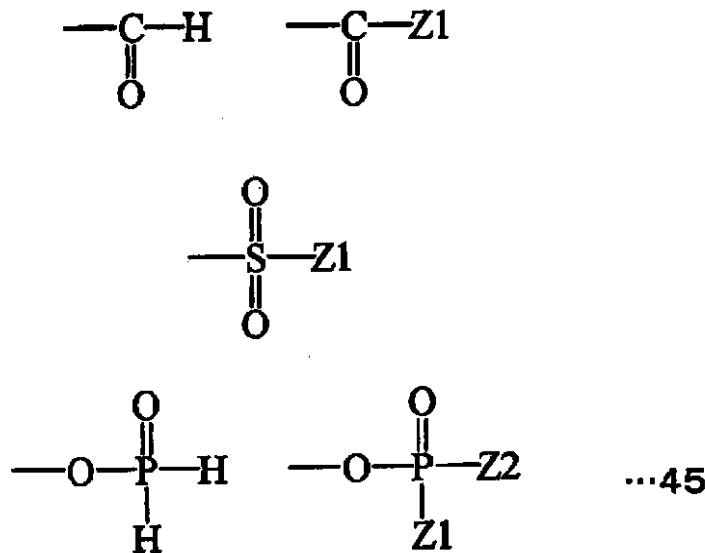
10

【0114】

連結基 Y は、少なくとも酸素原子とハロゲン原子を含有する基であるが、好ましくは、下記化学式 45 に示す 5 個の基から選ばれる。

【0115】

【化 44】



20

30

【0116】

この式 45 中、Z1 及び Z2 は、各々独立にハロゲン原子を表し、特に塩素原子が好ましい。

【0117】

Ar は、置換基 X を有する 2 価の芳香族炭化水素環又は芳香族複素環を表し、5 ~ 6 員環の単環、又は 2 ~ 3 個縮合もしくは直接結合してなる 2 価の基であることが好ましい。特に、ベンゼン、ナフタレン、ピフェニル、アントラセン、チオフェン、フラン、ピリジン等であることが好ましい。

【0118】

置換基 X は、好ましくは、水素原子、塩素原子等のハロゲン原子；ニトロ基；メチル基、エチル基等の炭素数 1 ~ 6 のアルキル基；ベンジル基等のアラルキル基；ビニル基等のアルケニル基；シアノ基；アセチレン等のアルキニル基；アミド基；アセチル基等のアシル基；メトキシカルボニル基、エトキシカルボニル基等の炭素数 1 ~ 6 のアルコキシカルボニル基；カルボキシ基；メトキシ基、エトキシ基等の炭素数 1 ~ 6 のアルコキシ基；フェノキシ基、ベンジロキシ基などのアリーロキシ基；トリフルオロメチル基等のハロアルキル基；チオシアノ基；メタンスルフォニル基等のアルキルスルフォニル基；スルフォンアミド基を好ましく挙げることができる。特に好ましくは、ハロゲン原子、ハロアルキル基、シアノ基、ニトロ基から選ばれる。

40

【0119】

置換基 X としては、上述した基の中でも特に電子吸引性基が好ましく選択される。ここ

50

で電子吸引性基とは、ハメット定数 (σ_m 、 σ_p) が正の値を有する置換基である。本発明では、Arの部分でπ共役系である化合物41を採用しているために、この部分が非共役系の直鎖アルキル化合物におけるような絶縁体形成はなく、電気二重層の効果を十分に引き出すことができる。

【0120】

次に、電子の注入を促進させる層として電荷注入促進層を機能させる場合について説明する。以下、電子の注入を促進させる層である電荷注入促進層を「電子注入促進層」ということもある。

【0121】

電子注入促進層は、1デバイ以上50デバイ以下の間に絶対値を持つベクトルで表される電気双極子モーメントを有した有機化合物で形成され、そのベクトルの向きは、有機化合物の負極が負バイアスされた電極側に位置し、その有機化合物の正極が有機半導体層側に位置することになる向きである。ここで、負バイアスされた電極は、電子を注入する電極であり、通常ソース電極15である。また、正バイアスされた電極は、注入された電子を取り込む電極であり、通常ドレイン電極16である。このような電気双極子モーメントを持つ有機化合物が負バイアスされる電極に化学的に結合することにより電気二重層が形成されるので、負バイアスされた電極から有機半導体層14に電子を容易に注入できる。

10

【0122】

具体的には、上述した有機半導体層14のLUMOレベルに合わせて、その双極子モーメントを有する電子注入促進層形成用材料(1デバイ~50デバイの間に絶対値を持つベクトルで表される電気双極子モーメントを有した有機化合物)が選択される。例えば、上記化学式40の液晶性分子(8-PNP-O4)からなる液晶性有機半導体材料で形成された有機半導体層14のLUMOの値は1.6eVであり、ITOで形成されたソース電極15の仕事関数は5.0eVである。そのため、有機半導体層とソース電極15のエネルギーギャップである約3.4eVの注入障壁を小さくする注入材料が選択される。

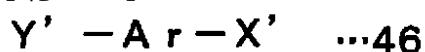
20

【0123】

本発明では、例えばソース電極15の有機半導体層側の界面に、下記化学式46で表される有機化合物が集合してなる電子注入促進層17が形成される。

【0124】

【化45】



30

【0125】

式46において、連結基Y'は電極の表面と結合し、これが集合することにより双極子モーメントを有する有機薄膜が形成される。この場合の「単分子膜」も上記同様、厚さが分子1個の大きさに相当する薄膜を意味する。なお、式43で表される構造が一部共有結合して2量体、3量体又はオリゴマー状の構造を形成していてもよいが、その層の厚さは分子1個分である。

【0126】

連結基Y'は、通常、ソース電極の表面に存在する反応性官能基(多くの場合は水酸基)と反応して連結する。図5は、芳香族炭化水素環又は芳香族複素環からなるArの両側に連結基Y'と置換基X'が配位することにより付与される双極子モーメントを有する有機薄膜(電子注入促進層)17がソース電極15の表面に形成された模式図である。この電子注入促進層17が備える電気二重層による電場により、ソース電極15の仕事関数を減少させることができる。

40

【0127】

連結基Y'は、少なくとも酸素原子とハロゲン原子を含有する基であるが、好ましくは、上記同様に化学式45に示す基から選ばれる。

【0128】

Arは、置換基Xを有する2価の芳香族炭化水素環又は芳香族複素環を表し、5~6員

50

環の単環、又は2～3個縮合もしくは直接結合してなる2価の基であることが好ましい。特に、ベンゼン、ナフタレン、ビフェニル、アントラセン、チオフェン、フラン、ピリジン等であることが好ましい。

【0129】

置換基X'は、好ましくは、水素原子、塩素原子等のハロゲン原子；ニトロ基；メチル基、エチル基等の炭素数1～6のアルキル基；ベンジル基等のアラルキル基；ビニル基等のアルケニル基；シアノ基；アセチレン等のアルキニル基；アミド基；アセチル基等のアシル基；メトキシカルボニル基、エトキシカルボニル基等の炭素数1～6のアルコキシカルボニル基；カルボキシ基；メトキシ基、エトキシ基等の炭素数1～6のアルコキシ基；フェノキシ基、ベンジルオキシ基などのアリールオキシ基；トリフルオロメチル基等のハロアルキル基；チオシアノ基；メタンスルフォニル基等のアルキルスルフォニル基；スルホンアミド基を好ましく挙げることができる。特に好ましくは、ハロゲン原子、ハロアルキル基、シアノ基、ニトロ基から選ばれる。

10

【0130】

置換基X'としては、上述した基の中でも特に電子供与性基が好ましく選択される。ここで電子供与性基とは、ハメット定数(σ_m 、 σ_p)が負の値を有する置換基である。本発明では、Arの部分が π 共役系である化合物43を採用しているために、この部分が非共役系の直鎖アルキル化合物におけるような絶縁体形成はなく、電気二重層の効果を十分に引き出すことができる。

【0131】

電荷注入促進層17、18は、電極と有機半導体層の間に設けられており、具体的にはソース電極15及びドレイン電極16の少なくとも一方の電極上、又は、ソース電極15及びドレイン電極16の少なくとも一方の電極の近傍のチャンネル領域内に設けられている。ここで「電極の近傍のチャンネル領域内」とは、電極の端部等少なくとも一部と接していることで有機半導体層への電荷の注入を促進することができる領域内を意味する。

20

【0132】

電荷注入促進層17、18は、例えば有機半導体層形成前にソース電極15及びドレイン電極16上に、電荷注入促進層形成用溶液を塗布又は蒸着することにより形成される。この場合に、有機半導体層14は通常、電荷注入促進層17、18が形成された後に形成される。その双極子モーメントを有する電荷注入促進層形成用溶液の組成は、0.01～

30

【0133】

(層間絶縁層)

有機半導体装置10には、層間絶縁層を設けることが望ましい。層間絶縁層は、ゲート絶縁層13上にソース電極15及びドレイン電極16を形成する際に、ゲート電極12の表面の汚染を防ぐことを目的として形成される。したがって、層間絶縁層は、ソース電極15及びドレイン電極16を形成する前にゲート絶縁層13の上に形成される。そして、ソース電極15及びドレイン電極16が形成された後においては、チャンネル領域上方に位置する部分を完全に除去又は一部を除去するように加工される。除去される層間絶縁層領域は、ゲート電極12のサイズと同等であることが望ましい。

40

【0134】

層間絶縁層を構成する材料としては、ケイ素酸化物、ケイ素窒化物、酸化アルミニウム等の無機材料や、ポリクロロピレン、ポリエチレンテレフタレート、ポリオキシメチレン、ポリビニルクロライド、ポリフッ化ビニリデン、シアノエチルプルラン、ポリメチルメタクリレート、ポリスルホン、ポリカーボネート、ポリイミド等の有機材料が挙げられる。

【0135】

(有機半導体装置)

上記のような構成を有する本発明の有機半導体装置10においては、ソース電極15及びドレイン電極16のうち少なくとも一方の電極と有機半導体層14との間に電荷注入促

50

進層 17, 18 が形成されているので、有機半導体層 14 に容易に電荷が注入される。特に、有機半導体層 14 が液晶性有機半導体材料により形成された場合には、この層に十分な量の電荷が供給されるので、多くの電荷が高速で移動する有機半導体装置 10 となる。さらに、有機半導体装置 10 では、有機半導体層 14 とソース電極 15 及びドレイン電極 16 との間のオーミックコンタクトの改善が求められているが、本発明の有機半導体装置では、電極の仕事関数と有機半導体層の仕事関数との差を小さくすることができるので、良好なオーミックコンタクトの形成を実現することができ、その結果、有機半導体装置が動作するしきい電圧を低減させることができる。

【0136】

なお、上記では図 1 に示すコプラナー構造の有機トランジスタ素子を例にして説明したが、本発明は他の構造を有する有機トランジスタ素子にも適用できる。他の構造を有する有機トランジスタとしては、例えば、図 6 や図 7 に示す有機トランジスタ素子が挙げられる。

【0137】

図 6 に示す有機トランジスタ素子は、第 1 の基板 11 と、ゲート電極 12 と、ゲート絶縁層 13 と、有機半導体層 14 と、電荷注入促進層 17 及び 18 と、ソース電極 15 及びドレイン電極 16 と、第 2 の電極基板 11' とがこの順で積層されているスタガ型の構造を有する。また、図 7 に示す有機トランジスタ素子は、第 1 の基板 11 と、ゲート電極 12 と、ゲート絶縁層 13 と、ソース電極 15 と、電荷注入促進層 17 と、有機半導体層 14 と、電荷注入促進層 18 と、ドレイン電極 16 と、第 2 の電極基板 11' とがこの順で積層されている構造を有し、有機半導体層の層厚方向の電荷輸送を利用するものである。

【0138】

また、本発明は有機トランジスタ素子のような 3 極の有機半導体装置だけではなく、有機ダイオード素子のような 2 極の有機半導体装置にも適用できる。

【実施例】

【0139】

次に、本発明を実施例によって更に具体的に説明する。本発明はその要旨を超えない限り、以下の実施例の記載に限定されるものではない。

【0140】

(実施例 1)

実施例 1 の有機半導体装置として、スタガ型の有機トランジスタ素子を作成した。

【0141】

無アルカリガラス基板 (コーニング社製、製品番号: 1737) 上に、スパッタ法によりシート抵抗 $10 \Omega/\text{cm}$ の ITO 薄膜を形成し、フォトリソグラフィ法にてチャンネル長 $50 \mu\text{m}$ 、チャンネル幅 1mm のソース・ドレイン電極対を形成した。ソース・ドレイン電極対が形成されたガラス基板には、所望でない導電経路由来のリーク電流を抑制するために、有機トランジスタ素子の形成領域のみが露出するように、フォトリソグラフィ法及びリフトオフ法により SiO_2 スパッタ膜からなるパッシベーション膜を設けた。

【0142】

ソース電極及びドレイン電極が形成されたガラス基板を、電荷注入促進層の形成の前に、アセトン、アルカリ洗剤 (フルウチ化学社製、商品名: セミコクリーン 56)、純水、イソプロピルアルコールの順でそれぞれ 10 分ずつ超音波洗浄し、イソプロピルアルコールで煮沸処理し、 120°C で 30 分間の条件下で乾燥させた。さらに、電荷注入促進層を形成する直前に、このガラス基板を 15 分間紫外線とオゾンにより洗浄処理した。

【0143】

その後、脱水 1, 2 - ジクロロメタンに 4 - Chlorophenyl - Phosphorodichloridate (以下、ClBP と記す) を 5 ミリモル / リットルの濃度で溶解させて電荷注入促進層用形成溶液を調製し、その溶液に洗浄後のガラス基板を 5 分間浸漬した後、溶液中から基板を取り出した。そして、ソース・ドレイン電極及びそれらの電極近傍に吸着した ClBP 以外の、電荷注入の促進に寄与しない過剰な ClBP を

10

20

30

40

50

除去するために、基板を脱水 1, 2 - ジクロロメタン溶液で洗浄し窒素雰囲気下で乾燥させた。以上の操作により、ガラス基板に設けられたソース・ドレイン電極上に正孔を注入し易くするための C I B P の主に単分子層である電荷注入促進層を形成した。

【0144】

続いて、このガラス基板の電荷注入促進層が形成された面に、上記化学式 40 のフェニルナフタレン骨格の有機半導体材料 6 - (4 ' - o c t y l p h e n y l) - 2 - b u t h v l o x v n a p h t h a l e n e (以下、8 - P N P - O 4 と記す) を約 110 にすることにより液晶状態にして、この材料を上記ガラス基板の電荷注入促進層が形成された面にキャスト法により塗布した。以下、有機半導体層用形成溶液の塗膜まで形成されたガラス基板を「基板 A」という。

10

【0145】

次に、無アルカリガラス基板 (コーニング社製、製品番号 ; 1737) 上に、メタルマスクを介したスパッタ法により、パターン状に製膜されたタンタルからなるゲート電極を形成した。このガラス基板のゲート電極が形成された面に、感光性ポリイミド (東レ社製、商品名 ; U R - 3100) をスピンコート塗布し、フォトリソグラフィ法によりゲート電極端子を露出させた後、焼成してゲート絶縁層 (膜厚 1 μ m) を形成した。この焼成は、感光性ポリイミドの未硬化成分を除去するために、高真空 300 の条件の下で行った。その後、チャンネル領域で電荷が輸送される方向と直交方向にゲート絶縁層表面をラビング処理した。以下、ゲート絶縁層まで形成されたガラス基板を「基板 B」という。

【0146】

20

その後、基板 A をホットプレート上で 150 まで加熱して、基板 A の有機半導体層用形成溶液の塗膜を溶融させ、基板 A の塗膜が形成された面と基板 B のゲート絶縁層が形成された面とを、電極の位置を合わせて重ねた。次に、重ね合わせた基板 A 及び基板 B を加圧治具により加圧しながら冷却した。このときの加圧条件は、150、加圧力 1.5 a t m、加圧時間 30 分間とした。

【0147】

このようにして、実施例 1 の有機半導体装置 (電極配置がスタガ型の有機トランジスタ素子) を得た。この有機半導体装置の有機半導体層は室温で結晶相を呈していた。また、有機半導体装置の静電容量を測定した結果、有機半導体層の膜厚は 0.5 μ m 程度であった。

30

【0148】

(実施例 2)

実施例 2 の有機半導体装置として、コプラナー型に電極が配置された有機トランジスタ素子を作製した。

【0149】

まず、高ドーブされた n 型シリコン基板上に熱酸化にて S i O₂ 層を 300 n m 形成し、ゲート絶縁層を備えたゲート電極基板を得た。このゲート電極基板は、ゲート電極と基板とを兼ねるものである。次に、この基板のゲート絶縁層が形成された面に、スパッタ法によりシート抵抗 10 Ω c m の I T O 薄膜を形成し、フォトリソグラフィ法にてチャンネル長 50 μ m、チャンネル幅 1 m m のソース・ドレイン電極対を形成した。ソース・ドレイン電極対が形成されたガラス基板には、実施例 1 と同様にしてパッシベーション膜を設けた。

40

【0150】

ソース電極及びドレイン電極が形成されたゲート電極基板を実施例 1 と同様の方法により洗浄した後、実施例 1 と同様の方法によりゲート電極基板のソース電極及びドレイン電極が形成された面に正孔を注入し易くするための C I B P の主に単分子層である電荷注入促進層を形成した。

【0151】

続いて、このゲート電極基板の電荷注入促進層が形成された面に、8 - P N P - O 4 をメタルマスクを介して蒸着させることにより有機半導体層を形成して、実施例 2 の有機半

50

導体装置（電極配置がコプラナー型の有機トランジスタ素子）を得た。この有機半導体装置の有機半導体層は室温で結晶相を呈していた。また、X線回折により有機半導体層を解析した結果、この有機半導体層を構成する液晶性分子はゲート電極基板に対して垂直に配向していることが確認された。

【0152】

（実施例3）

実施例3の有機半導体装置として、有機半導体層の厚さ方向に電荷を輸送する有機トランジスタ素子を作製した。

【0153】

まず、実施例2と同様の手順により、ゲート絶縁層を備えたゲート電極基板を得た。次に、この基板のゲート絶縁層が形成された面に、スパッタ法によりシート抵抗 $10 \Omega \text{ cm}$ のITO薄膜を形成して、ソース電極を形成した。ソース電極が形成されたガラス基板には、実施例1と同様にしてパッシベーション膜を設けた。

【0154】

ソース電極が形成されたゲート電極基板を実施例1と同様の方法により洗浄した後、実施例1と同様の方法によりゲート電極基板のソース電極及びドレイン電極が形成された面に正孔を注入し易くするためのCLBPの主に単分子層である電荷注入促進層を形成した。また、実施例1と同様にして上記ゲート電極基板の電荷注入促進層が形成された面に有機半導体層用形成溶液の塗膜を形成した。以下、有機半導体層用形成溶液の塗膜まで形成されたゲート電極基板を「基板C」という。

【0155】

次に、無アルカリガラス基板（コーニング社製、製品番号；1737）上に、スパッタ法によりシート抵抗 $10 \Omega \text{ cm}$ のITO薄膜を形成して、ドレイン電極を形成した。以下、ドレイン電極が形成されたこのガラス基板を「基板B」という。

【0156】

その後、基板Cをホットプレート上で150℃まで加熱して、基板Cの有機半導体層用形成溶液の塗膜を溶融させ、基板Cの塗膜が形成された面と基板Dのゲート絶縁層が形成された面とを、電極の位置を合わせて重ねた。次に、重ね合わせた基板C及び基板Dを実施例1と同様の加圧条件で加圧治具により加圧しながら冷却した。

【0157】

このようにして、実施例1の有機半導体装置（有機半導体層の厚さ方向に電荷を輸送する有機トランジスタ素子）を得た。この有機半導体装置の有機半導体層は室温で結晶相を呈していた。また、有機半導体装置の静電容量を測定した結果、有機半導体層の膜厚は $0.5 \mu \text{ m}$ 程度であった。

【0158】

（実施例4）

実施例4の有機半導体装置として、有機ダイオード素子を作製した。

【0159】

2枚の基板（コーニング社製、製品番号；1737）上に、スパッタ法によりシート抵抗 $10 \Omega \text{ cm}$ のITO薄膜をそれぞれ形成して、電極が形成された2枚の基板を作製した。このうち一方の基板を実施例1と同様の方法により洗浄した後、実施例1と同様の方法によりCLBPの主に単分子層である正孔注入促進層を形成した。また、実施例1と同様にして上記ゲート電極基板の正孔注入促進層が形成された面に有機半導体層用形成溶液の塗膜を形成した。以下、有機半導体層用形成溶液の塗膜まで形成された基板を「基板E」という。

【0160】

また、他方の基板を実施例1と同様の方法により洗浄した。次に、脱水1,2-ジクロロメタンに $\text{fluorenylmethyl chloroformate}$ （以下、FCClと記す）を1ミリモル/リットルの濃度で溶解させて電子注入促進層用形成溶液を調製し、その溶液に洗浄後の基板を5分間浸漬した後、溶液中から基板を取り出した。以上

10

20

30

40

50

の操作により、F C C Lの主に単分子層である電子注入促進層を形成した。以下、電子注入促進層まで形成したこの基板を「基板F」という。

【0161】

次に、基板Eをホットプレート上で150℃まで加熱して、基板Eの有機半導体層用形成溶液の塗膜を溶融させ、基板Eの塗膜が形成された面と基板Fの電子注入促進層が形成された面とを、電極の位置を合わせて重ねた。次に、重ね合わせた基板E及び基板Fを加圧治具により実施例1と同様の加圧条件で加圧しながら冷却した。このようにして、実施例4の有機半導体装置（有機ダイオード素子）を得た。

【0162】

（比較例1）

実施例1の有機半導体装置の作製において、電荷注入促進層を形成しない以外は実施例1と同様にして、比較例1の有機半導体装置を得た。この有機半導体装置の有機半導体層は室温で結晶相を呈していた。また、有機半導体装置の静電容量を測定した結果、有機半導体層の膜厚は0.5 μm程度であった。

10

【0163】

（比較例2）

実施例2の有機半導体装置の作製において、電荷注入促進層を形成しない以外は実施例2と同様にして、比較例2の有機半導体装置を得た。この有機半導体装置の有機半導体層は室温で結晶相を呈していた。また、X線回折により有機半導体層を解析した結果、この有機半導体層を構成する液晶性分子はゲート電極基板に対して垂直に配向していることが

20

【0164】

（比較例3）

実施例3の有機半導体装置の作製において、電荷注入促進層を形成しない以外は実施例3と同様にして、比較例3の有機半導体装置を得た。この有機半導体装置の有機半導体層は室温で結晶相を呈していた。また、有機半導体装置の静電容量を測定した結果、有機半導体層の膜厚は0.5 μm程度であった。

【0165】

（電荷注入促進層の仕事関数とXPS測定）

正孔を注入し易くするためのC1BPからなる電荷注入促進層が形成された電極及びそのような電荷注入促進層が形成されていない電極の仕事関数を測定した。

30

【0166】

まず、ITO電極が設けられたガラス基板を実施例1～4と同様にして洗浄した。以下、ITO電極が形成されたガラス基板を「ガラス基板G」という。次に、実施例1～4と同様にして電荷注入促進層用形成溶液を調整し、この溶液を用いて、ガラス基板G上に形成されたITO電極の直径1cmの円形状の領域にC1BPの主に単分子層である電荷注入促進層を形成した。

【0167】

この電荷注入促進層が形成されたITO電極のイオン化ポテンシャルをAC-1（大気雰囲気型紫外光電子分析装置、理研計器社製）で測定した。また、ガラス基板G上に設けられたITO電極（電荷注入促進層は形成されていない）をのイオン化ポテンシャルを同様の方法で測定した。その結果、電荷注入促進層が形成されていない電極の仕事関数が5.0 eVであったのに対し、上記の電荷注入促進層が形成された電極の仕事関数は5.5 eVであった。

40

【0168】

電荷注入促進層の存在をXPS（X線光電子分光分析）により確認した。その結果、C1BPに起因するC1（塩素）とP（りん）の各元素が確認され、ITO電極上に電荷注入促進層が形成されていることが確認された。

【0169】

（有機半導体装置の特性評価）

50

実施例及び比較例の有機半導体装置を用い、ゲート電極及びソース電極 - ドレイン電極間に電圧を印加して、ドレイン - ソース電圧を一定に保った際のゲート電圧 - ドレイン電流特性を評価した。測定の温度条件は、有機半導体層を構成する 8 - PNP - O4 がスメクティック液晶相 (S m E 相) を示す温度 (90) 及び室温 (30) とした。

【0170】

図9は実施例1及び比較例1の有機半導体装置におけるゲート電圧 (V_g) - ドレイン電流 (I_d) 特性を示すグラフであり、図10は実施例2及び比較例2の有機半導体装置におけるゲート電圧 - ドレイン電流特性を示すグラフであり、図11は実施例3及び比較例3の有機半導体装置におけるゲート電圧 - ドレイン電流特性を示すグラフである。また、図9～11中のSは室温での各実施例の有機半導体装置の結果を表し、図9～11中のLは90 での各実施例の有機半導体装置の結果を表し、図9～11中のS'は室温での各比較例の有機半導体装置の結果を表す。

10

【0171】

図9のS及びS'から明らかなように、電荷注入促進層が設けられていない比較例1の有機半導体装置ではドレイン - ソース電圧がマイナス100Vのときゲート電圧をマイナス100V印加した際にもドレイン電流の変調が見られないのに対し、実施例1の有機半導体装置ではしきい電圧がマイナス30V～マイナス100Vの範囲でドレイン電流の電流値2桁程度の変調が観測され、電荷注入促進層をソース電極近傍に導入することにより電荷の注入が向上しているのが確認された。

【0172】

また、実施例1の有機半導体装置において、S m E 液晶相を呈する有機半導体層のしきい電圧はマイナス48Vであるのに対し、結晶相を呈する有機半導体層のしきい電圧はマイナス35Vであった。更に、S m E 液晶相を呈する有機半導体層の電界効果移動度は $7 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であるのに対し、結晶相を呈する有機半導体層の電界効果移動度は $1.2 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。これにより、液晶相を経由して形成された結晶相を呈する有機半導体層の電荷輸送特性の改善が認められた。なお、しきい電圧及び電界効果移動度は、図9におけるゲート電圧 - ドレイン電流の急峻さから求めた。

20

【0173】

図10のS及びS'から明らかなように、電荷注入促進層が設けられていない比較例2の有機半導体装置ではドレイン - ソース電圧がマイナス100Vのときゲート電圧をマイナス100V印加した際にもドレイン電流の変調が見られないのに対し、実施例2の有機半導体装置ではしきい電圧がマイナス20V～マイナス100Vの範囲でドレイン電流の電流値4桁程度の変調が観測され、電荷注入促進層をソース電極近傍に導入することにより電荷の注入が向上しているのが確認された。

30

【0174】

また、実施例2の有機半導体装置において、S m E 液晶相を呈する有機半導体層のしきい電圧はマイナス35Vであるのに対し、結晶相を呈する有機半導体層のしきい電圧はマイナス20Vであった。更に、S m E 液晶相を呈する有機半導体層の電界効果移動度は $3 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であるのに対し、結晶相を呈する有機半導体層の電界効果移動度は $1.3 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であった。これにより、液晶相を経由して形成された結晶相を呈する有機半導体層の電荷輸送特性の改善が認められた。

40

【0175】

図11のS及びS'から明らかなように、電荷注入促進層が設けられていない比較例3の有機半導体装置ではソース - ドレイン電圧をマイナス50Vに保ってゲート電圧を50V印加した際にもドレイン電流の変調が見られないのに対し、実施例3の有機半導体装置ではしきい電圧がマイナス20V以上でドレイン電流の変調が観測され、電荷注入促進層をソース電極近傍に導入することにより電荷の注入が向上しているのが確認された。また、液晶相を経由して形成された結晶相を呈する有機半導体層の電荷輸送特性の改善が認められた。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 1 7 6 】

【図 1】本発明の有機半導体装置の一例を示す断面図である。

【図 2】本発明の有機半導体装置における液晶性分子の配向態様の一例を示す斜視図である。

【図 3】本発明の有機半導体装置における液晶性分子の配向態様の一例を示す斜視図である。

【図 4】ソース電極上に形成された電荷（正孔）注入促進層の説明図である。

【図 5】ソース電極上に形成された電荷（電子）注入促進層の説明図である。

【図 6】本発明の有機半導体装置の他の一例を示す断面図である。

【図 7】本発明の有機半導体装置の他の一例を示す断面図である。

10

【図 8】従来の有機半導体装置の一例を示す断面図である。

【図 9】実施例 1 及び比較例 1 の有機半導体装置におけるゲート電圧 - ドレイン電流特性を示すグラフである。

【図 10】実施例 2 及び比較例 2 の有機半導体装置におけるゲート電圧 - ドレイン電流特性を示すグラフである。

【図 11】実施例 3 及び比較例 3 の有機半導体装置におけるゲート電圧 - ドレイン電流特性を示すグラフである。

【符号の説明】

【 0 1 7 7 】

1 0 有機半導体装置

20

1 1 基板

1 2 ゲート電極

1 3 ゲート絶縁層

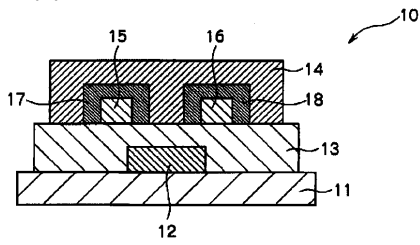
1 4 有機半導体層

1 5 ソース電極

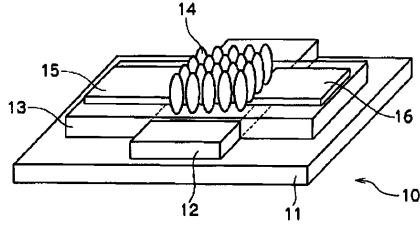
1 6 ドレイン電極

1 7 , 1 8 電荷注入促進層

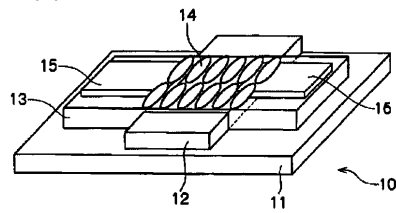
【図 1】



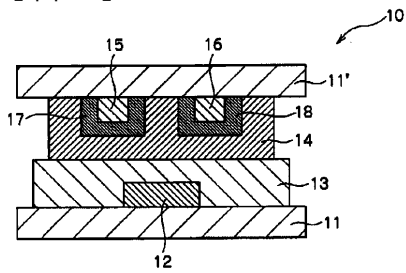
【図 2】



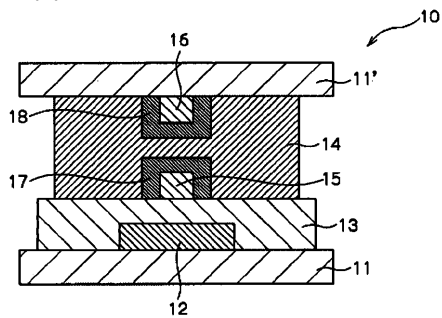
【図 3】



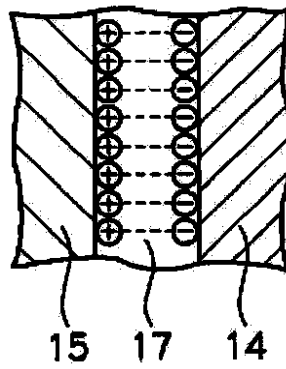
【図 6】



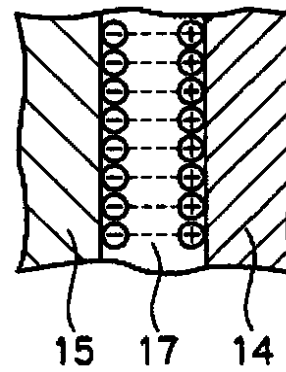
【図 7】



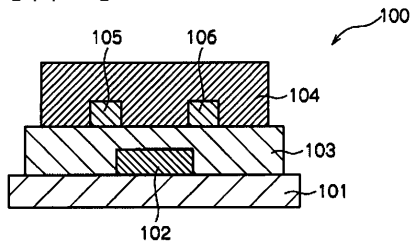
【図 4】



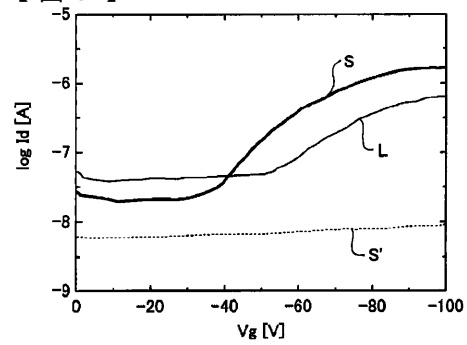
【図 5】



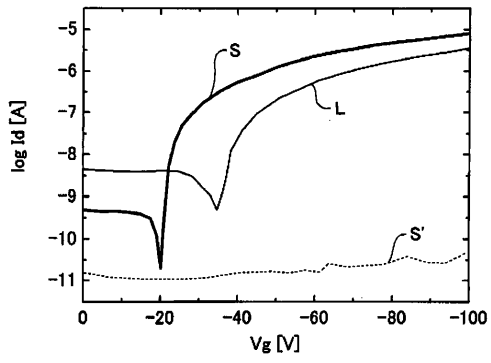
【図 8】



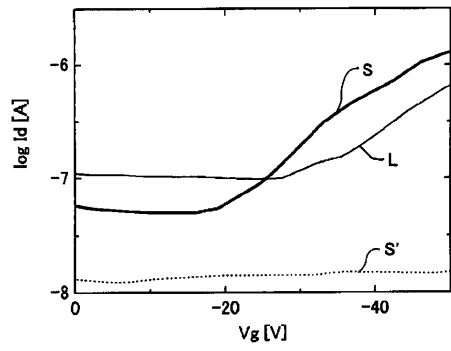
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 中川 未浩

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内

Fターム(参考) 5F110 AA01 CC03 CC07 DD01 DD02 EE01 EE02 EE03 EE04 EE07
EE09 EE42 FF01 FF02 FF03 FF27 FF29 GG05 GG24 GG28
GG29 GG42 GG58 HK01 HK02 HK03 HK07 HK17 HK21 HK32
HK33 NN02 NN22 NN23 NN24 NN27 QQ14