

(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2005-294530

(P2005-294530A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H01L 29/786

H01L 21/208

H01L 21/336

H01L 51/00

F I

H01L 29/78

H01L 21/208

H01L 29/28

H01L 29/78 618A

テーマコード (参考)

5F053

5F110

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2004-107515 (P2004-107515)

(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2丁目29番12号

(72) 発明者 飯野 裕明

千葉県我孫子市台田3丁目22番15号

(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

Fターム(参考) 5F053 AA50 DD19 FF01 GG10 HH04 PP20

最終頁に続く

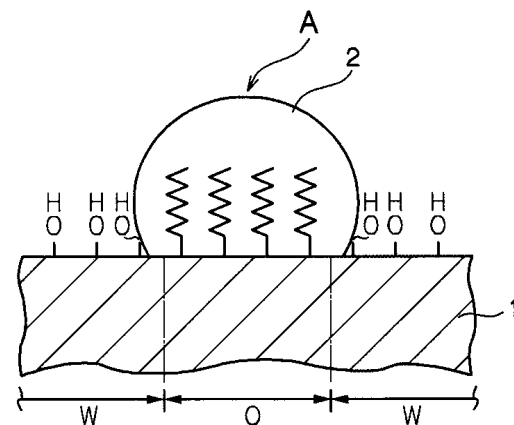
(54) 【発明の名称】 有機半導体構造物、その製造方法及び有機半導体装置

## (57) 【要約】

【課題】 大きな面積において均一な電荷輸送特性を持つ有機半導体層を形成してなる有機半導体構造物の製造方法、その製造方法により製造された有機半導体構造物及び有機半導体装置を提供する。

【解決手段】 基材上に液晶性有機半導体材料からなる有機半導体層を有する有機半導体構造物の製造方法であって、基材に撥油性領域及び当該撥油性領域で囲まれた親油性領域を形成する工程と、液晶性有機半導体材料及び溶媒を含む有機半導体層形成溶液をその親油性領域に塗布する工程と、親油性領域に塗布された有機半導体層形成溶液中の溶媒を蒸発させて液晶性有機半導体材料を結晶化させる工程とにより有機半導体層を形成して、上記課題を解決した。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

基材上に液晶性有機半導体材料からなる有機半導体層を有する有機半導体構造物の製造方法であって、

前記基材に撥油性領域及び当該撥油性領域で囲まれた親油性領域を形成する工程と、前記液晶性有機半導体材料及び溶媒を含む有機半導体層形成溶液を前記親油性領域に塗布する工程と、前記親油性領域に塗布された前記有機半導体層形成溶液中の前記溶媒を蒸発させて前記液晶性有機半導体材料を結晶化させる工程と、を有することを特徴とする有機半導体構造物の製造方法。

**【請求項 2】**

基材上に、液晶性有機半導体材料からなる結晶相の有機半導体層が形成された有機半導体構造物であって、

前記基材が撥油性領域と当該撥油性領域で囲まれた親油性領域とを有し、前記有機半導体層が前記親油性領域に形成されていることを特徴とする有機半導体構造物。

**【請求項 3】**

前記基材の前記有機半導体層が形成された面が配向処理されていることを特徴とする請求項 2 に記載の有機半導体構造物。

**【請求項 4】**

少なくとも基板、ゲート電極、ゲート絶縁層、前記基板上に形成される液晶性有機半導体材料からなる結晶相の有機半導体層、ドレイン電極及びソース電極で構成される有機半導体装置であって、

前記基板が撥油性領域及び当該撥油性領域で囲まれた親油性領域を有し、前記有機半導体層が前記親油性領域に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 5】**

少なくとも基板、ゲート電極、ゲート絶縁層、前記ゲート絶縁層に形成される液晶性有機半導体材料からなる結晶相の有機半導体層、ドレイン電極及びソース電極で構成される有機半導体装置であって、

前記ゲート絶縁層が撥油性領域及び当該撥油性領域で囲まれた親油性領域とを有し、前記有機半導体層が前記親油性領域に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 6】**

前記液晶性有機半導体材料中の液晶性分子が、前記ゲート絶縁層上に形成された前記ドレイン電極と前記ソース電極との膜厚方向に並行に配向していることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の有機半導体装置。

**【請求項 7】**

前記液晶性有機半導体材料中の液晶性分子が、前記ゲート絶縁層上に形成された前記ドレイン電極と前記ソース電極との膜厚方向に直交し、かつ、当該ドレイン電極と当該ソース電極との間に横列するように配向していることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の有機半導体装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、液晶性の有機半導体材料を用いて有機半導体層を形成してなる有機半導体構造物の製造方法、その製造方法により製造された有機半導体構造物及び有機半導体装置に関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

有機半導体装置の代表的なものとして、有機半導体を活性層（以下、有機半導体層という。）に利用した有機電界効果トランジスタ（有機 FET ともいう。）が挙げられる。有機 FET は、薄膜大面積デバイスの実現のために、十分大きな面積において均一な電荷輸送特性と高い移動度を有することが求められている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 3 】

この有機 F E T において、有機半導体層は、ペンタセンに代表される分子性結晶を真空製膜して形成されている。真空製膜による有機半導体層の形成方法では、製膜条件の最適化により、 $1 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$  を超える高い電荷移動度の有機半導体層が得られると報告されている（非特許文献 1 を参照）。

【非特許文献 1】Y.-Y.Lin, D.J.Gundlach, S.Nelson, and T.N.Jackson, "Stacked Pentacene Layer Organic Thin-Film Transistors with Improved Characteristics", IEEE Electron Device Lett., 18, 606 (1997).

【非特許文献 2】D.Adam, F.Closs, T.Frey, D. Funhoff, D.Haarer, H.Ringsdorf, P.Schunaher, and K. Siemensmyer, Phys. Rev. Lett., 70, 457 (1993)

【非特許文献 3】M.Funahashi and J.Hanna, Jpn. J. Appl. Phys., 35, L703-L705 (1996)

## 【 発 明 の 開 示 】

## 【 発 明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

## 【 0 0 0 4 】

しかしながら、上述した真空製膜により形成された有機半導体層は、一般に、微結晶が集合した多結晶状態となつて多くの粒界が存在し易い上、欠陥が生じ易く、そうした粒界や欠陥が電荷の輸送を阻害する。そのため、有機半導体層を真空製膜により形成する場合においては、有機半導体装置の構成素子である有機半導体層を、十分広い面積にわたって均一な性能で連続的に作ることは事実上困難であった。

## 【 0 0 0 5 】

一方、高い電荷移動度を示す材料として、ディスコティック液晶が知られている（非特許文献 2 を参照）。しかしながら、このディスコティック液晶は、カラム状の分子配向に沿った一次元の電荷輸送機構に基づいて電荷の輸送が行われるので、厳密な分子配向の制御が要求され、工業的な利用が難しいという問題があった。このディスコティック液晶を有機半導体層の構成材料に使った薄膜トランジスタの成功例は、未だ報告されていない。

## 【 0 0 0 6 】

また、フェニルベンゾチアゾール誘導体等の棒状（ロッド状）の液晶性材料も、液晶状態で高い電荷移動度を示すことは既に報告されている（非特許文献 2 を参照）。しかしながら、棒状の液晶性材料を有機半導体層に利用した薄膜トランジスタの成功例は未だ報告されていない。なお、棒状の液晶性材料は、いくつかの液晶状態を有しているが、この液晶性材料の構造規則性が高くなるにつれて電荷の移動度は上昇する傾向にある。しかし、この液晶性材料がより構造規則性の高い結晶状態に転移すると、電荷の移動度が逆に低下しないし観測されず、当然、薄膜トランジスタの性能を発現することはなかった。

## 【 0 0 0 7 】

また、分子分散系の高分子材料を有機半導体材料として使用する場合においては、この有機半導体材料を塗布することにより大面積にわたって均一な電荷輸送特性を有する有機半導体層を形成することができる。しかしながら、形成された有機半導体層は、電荷の移動度が  $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$  と低く、しかも温度依存性や電場依存性があるという問題がある。

## 【 0 0 0 8 】

本発明は、上記の問題を解決したものであって、従来困難とされていた比較的大きな面積で均一で高い電荷輸送特性を持つ有機半導体構造物の製造方法、その製造方法により製造された有機半導体構造物及び有機半導体装置を提供するものである。

## 【 課 題 を 解 決 す る た め の 手 段 】

## 【 0 0 0 9 】

上記課題を解決する本発明の有機半導体構造物の製造方法は、基材上に液晶性有機半導体材料からなる有機半導体層を有する有機半導体構造物の製造方法であつて、前記基材に撥油性領域及び当該撥油性領域で囲まれた親油性領域を形成する工程と、前記液晶性有機半導体材料及び溶媒を含む有機半導体層形成溶液を前記親油性領域に塗布する工程と、前

10

20

30

40

50

記親油性領域に塗布された前記有機半導体層形成溶液中の前記溶媒を蒸発させて前記液晶性有機半導体材料を結晶化させる工程と、を有することを特徴とする。

【0010】

この発明によれば、液晶性有機半導体材料と溶媒を含む有機半導体層形成溶液を、撥油性領域で囲まれた親油性領域に塗布するので、塗布された溶液は、撥油性領域に流れ出し難く、その形状は液滴形状（半円弧状）となる。このような状態で塗布された溶液中の溶媒を蒸発させると、溶液濃度の高い部分である液滴表面から溶媒が蒸発して結晶化が開始するため、溶液と外部気相との接触面積が小さくなり、溶媒の蒸発速度と結晶化速度を非常に遅くすることができる。その結果、構造欠陥の少ない大きな結晶が得られ、大きな面積において均一化した電荷輸送特性を示す有機半導体層を形成することができる。また、この発明によれば、塗布された有機半導体層形成溶液は、撥油性領域には流れ出さずに親油性領域に形成されるので、あらかじめ設計された親油性領域パターンどおりの形状に有機半導体層を形成することができる。

10

【0011】

上記課題を解決するための本発明の有機半導体構造物は、基材上に、液晶性有機半導体材料からなる結晶相の有機半導体層が形成された有機半導体構造物であって、前記基材が撥油性領域と当該撥油性領域で囲まれた親油性領域とを有し、前記有機半導体層が前記親油性領域に形成されていることを特徴とする。

【0012】

この発明によれば、基材の親油性領域に例えば溶液キャスト法（本願明細書では、基材に液晶性有機半導体材料の溶液を塗布し、その溶液に含まれる溶媒を蒸発させることによって製膜する方法をいう。）によって有機半導体層を製膜することができるので、構造欠陥の少ない大きな結晶を得易くなる。したがって、本発明の有機半導体構造物は、大きな面積において均一化した電荷輸送特性を有する有機半導体層を備えることができるので、薄膜大面積デバイスの実現に大きく寄与することができる。

20

【0013】

上述した本発明の有機半導体構造物においては、前記基材の前記有機半導体層が形成された面が配向処理されていることが好ましい。

【0014】

この発明によれば、前記有機半導体層が、配向処理された基材上に形成されているので、液晶性分子を特定の向き又は方向に配向させることができる。

30

【0015】

上記課題を解決するための本発明の第1の形態に係る有機半導体装置は、少なくとも基板、ゲート電極、ゲート絶縁層、前記基板上に形成される液晶性有機半導体材料からなる結晶相の有機半導体層、ドレイン電極及びソース電極で構成される有機半導体装置であって、前記基板が撥油性領域及び当該撥油性領域で囲まれた親油性領域を有し、前記有機半導体層が前記親油性領域に形成されていることを特徴とする。

【0016】

上記課題を解決するための本発明の第2の形態に係る有機半導体装置は、少なくとも基板、ゲート電極、ゲート絶縁層、前記ゲート絶縁層に形成される液晶性有機半導体材料からなる結晶相の有機半導体層、ドレイン電極及びソース電極で構成される有機半導体装置であって、前記ゲート絶縁層が撥油性領域及び当該撥油性領域で囲まれた親油性領域とを有し、前記有機半導体層が前記親油性領域に形成されていることを特徴とする。

40

【0017】

これらの発明によれば、有機半導体層は、例えば溶液キャスト法により基板又はゲート絶縁層の親油性領域に形成することができるので、構造欠陥の少ない大きな結晶を得易くなる。したがって、本発明の第1及び第2の形態に係る有機半導体装置は、ドレイン電極及びソース電極間で均一化した電荷輸送特性を有する有機半導体層を備えることができるので、薄膜大面積デバイスの実現に大きく寄与することができる。

【0018】

50

上述した本発明の有機半導体装置においては、前記液晶性有機半導体材料中の液晶性分子が、前記ゲート絶縁層上に形成された前記ドレイン電極と前記ソース電極との膜厚方向に並行に配向していることが好ましい。

【0019】

上述した本発明の半導体装置においては、前記液晶性有機半導体材料中の液晶性分子が、前記ゲート絶縁層上に形成された前記ドレイン電極と前記ソース電極との膜厚方向に直交し、かつ、当該ドレイン電極と当該ソース電極との間に横列するように配向していることが好ましい。

【発明の効果】

【0020】

本発明の有機半導体構造物の製造方法によれば、構造欠陥の少ない大きな結晶からなる有機半導体層を形成することができるので、有機半導体層の電荷輸送特性を大きな面積において均一化させることができる。また、有機半導体層を、電子回路や有機半導体装置に応じたあらかじめ設計された親油性領域パターンに従った形状に形成することができる。加えて、有機半導体材料の溶液の塗布により有機半導体層を形成することが可能になるので、大きな面積において電荷輸送特性が均一化された有機半導体層を形成することが容易になる。

【0021】

本発明の有機半導体構造物及び有機半導体装置によれば、大きな面積において電荷輸送特性が均一化された有機半導体層を得易くなるので、薄膜大面積デバイスの実現に大きく寄与できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、本発明を図面に基いて説明する。なお、これにより本発明が限定されるものではない。

【0023】

#### 1. 有機半導体装置

本発明の有機半導体装置10は、図1及び図2に示すように、少なくとも基板11、ゲート電極12、ゲート絶縁層13、液晶性有機半導体材料（以下、有機半導体材料という場合もある。）からなる結晶相の有機半導体層14、ドレイン電極15及びソース電極16で構成される。

【0024】

構成の一例としては、基板11上に、ゲート電極12、ゲート絶縁層13、液晶性有機半導体材料からなる結晶相の有機半導体層14、ドレイン電極15とソース電極16、保護膜（図示しない。）の順に構成される逆スタガー構造、又は、基板11上に、ゲート電極12、ゲート絶縁層13、ドレイン電極15とソース電極16、液晶性有機半導体材料からなる結晶状態の有機半導体層14、保護膜（図示しない。）の順に構成されるコプレーナ構造、を挙げることができる。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。

【0025】

（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、アルミナ焼結体等の無機材料、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  $\mu\text{m}$  ~ 1.5 mm程度である。

【0026】

（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

10

20

30

40

50

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、引き上げ法等が挙げられる。

#### 【0027】

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、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、アモリファスシリコン、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。

10

#### 【0028】

ゲート電極の膜厚は、その材質の導電率によるが、50～1000nm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。

#### 【0029】

（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、シアノエチルブルラン、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、ポリイミド、ポリビニルアルコール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、引き上げ法等が挙げられる。

20

#### 【0030】

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、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiNx}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等の無機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。

30

#### 【0031】

有機半導体装置の移動度は電界強度に依存するので、ゲート絶縁層の膜厚は、50～200nm程度であることが好ましい。このときの絶縁耐圧は、2MV/cm以上であることが望ましい。

#### 【0032】

（ドレイン電極及びソース電極）

ドレイン電極15及びソース電極16は、仕事関数の大きい金属で形成されることが好ましい。その理由としては、液晶性有機半導体材料は、電荷を輸送するキャリアがホールであることから、有機半導体層14とオーミック接触をとることが必要となるからである。ここでいう仕事関数とは、固体中の電子を外に取り出すのに必要な電位差であり、真空準位とフェルミ準位のエネルギー差を電荷量で割った値として定義される。好ましい仕事関数としては、4.6～5.2eV程度であり、具体的には、金、白金、透明導電膜（インジウム・スズ酸化物、インジウム・亜鉛酸化物等）等が挙げられる。透明導電膜は、スパッタリング法、電子ビーム（EB）蒸着法で形成することができる。なお、本発明で適用されるドレイン電極15及びソース電極16の厚さは、50～100nm程度である。

40

#### 【0033】

（有機半導体層）

有機半導体層14は、液晶性有機半導体材料により形成された結晶相からなる層である。

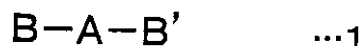
50

## 【0034】

本発明に適用される有機半導体材料は、下記化学式1に示す液晶性分子からなる。

## 【0035】

## 【化1】



## 【0036】

ここで、式中Aは、L個の6電子系環、M個の8電子系環、N個の10電子系環、O個の12電子系環、P個の14電子系環、Q個の16電子系環、R個の18電子系環、S個の20電子系環、T個の22電子系環、U個の24電子系環、V個の26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。

10

## 【0037】

上記化学式1に示す液晶性分子のAにおいて、6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電子系環としては、例えば、ヘプタレン環、ピフェニレン環、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、フェノキサチイン環、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電子系環としては、例えば、ピセン環、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、ルピセン環等を挙げることができる。

20

30

40

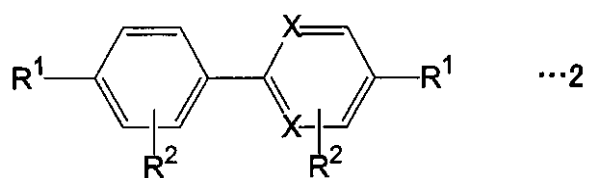
## 【0038】

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、「少なくとも一種の液晶状態を持つもの」とは、最低一種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、Smともいう）においては、SmA相、SmB相、SmC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の液晶状態を持つことである。そのような液晶性分子としては、上記化学式1中のAが下記化学式2～36に示すような骨格構造を有する液晶性分子が挙げられる。

50

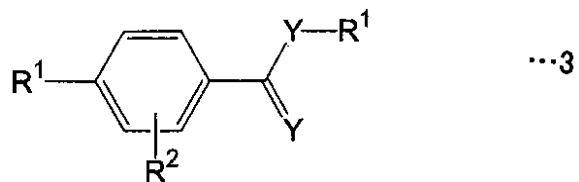
【 0 0 3 9 】

【 化 2 】



【 0 0 4 0 】

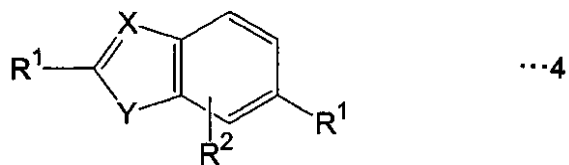
【 化 3 】



10

【 0 0 4 1 】

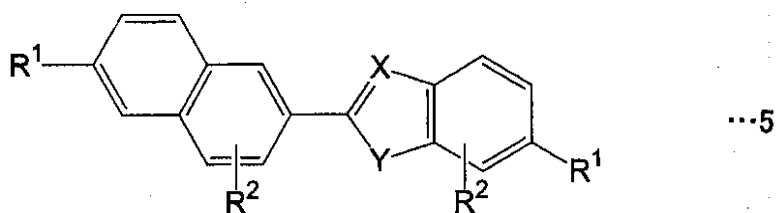
【 化 4 】



20

【 0 0 4 2 】

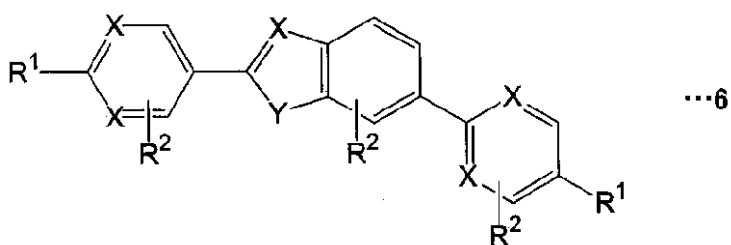
【 化 5 】



30

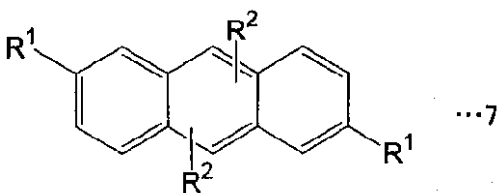
【 0 0 4 3 】

【 化 6 】



【 0 0 4 4 】

【 化 7 】

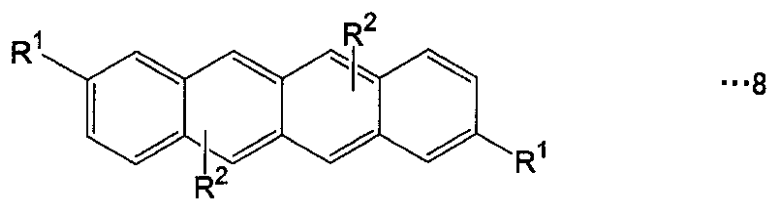


40

【 0 0 4 5 】

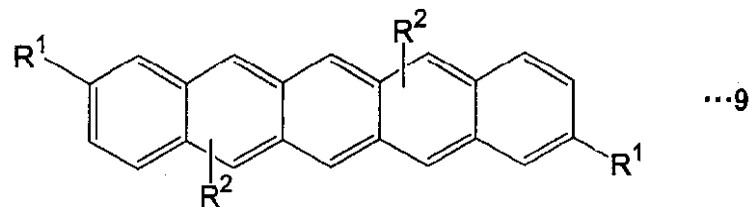


【化 8】



【 0 0 4 6 】

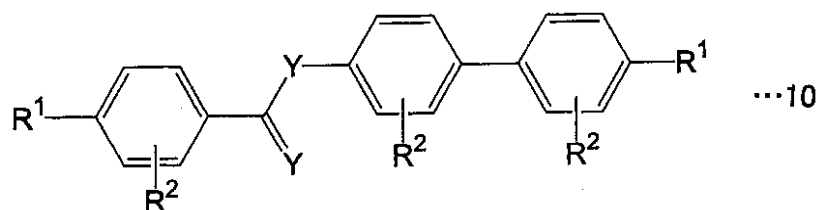
【化 9】



10

【 0 0 4 7 】

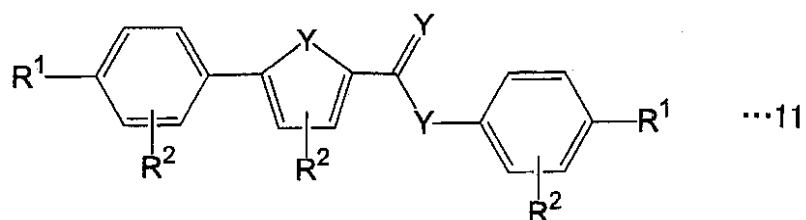
【化 1 0】



20

【 0 0 4 8 】

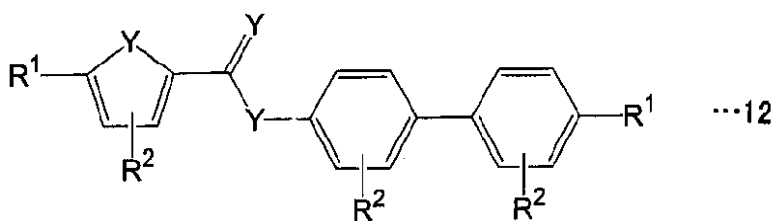
【化 1 1】



30

【 0 0 4 9 】

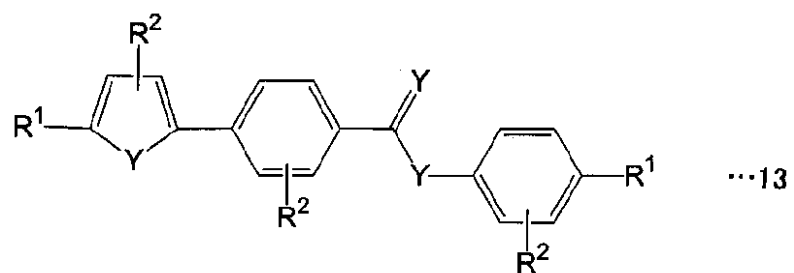
【化 1 2】



40

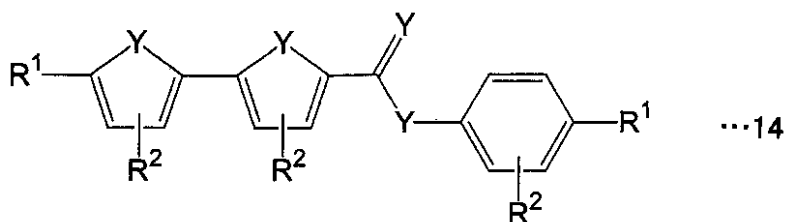
【 0 0 5 0 】

【化 1 3】



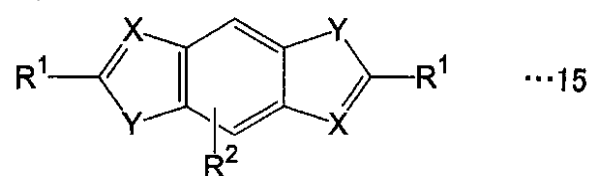
【 0 0 5 1】

【化 1 4】



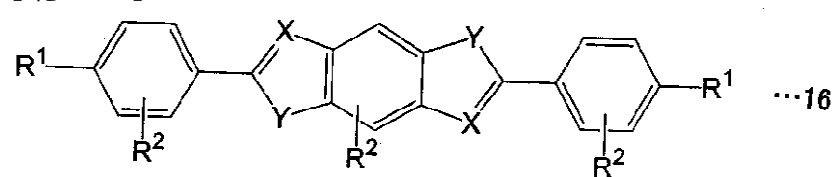
【 0 0 5 2】

【化 1 5】



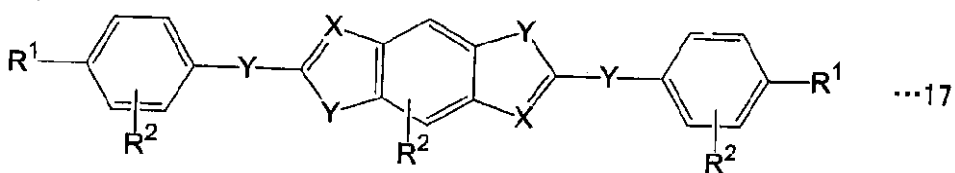
【 0 0 5 3】

【化 1 6】



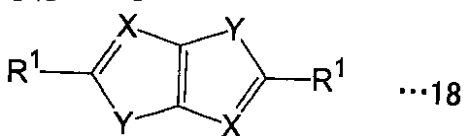
【 0 0 5 4】

【化 1 7】



【 0 0 5 5】

【化 1 8】



【 0 0 5 6】

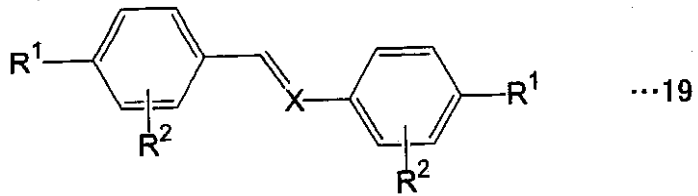
10

20

30

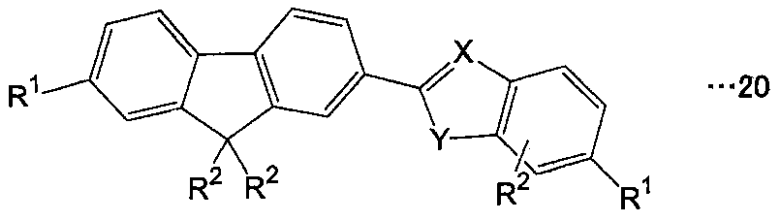
40

【化 1 9】



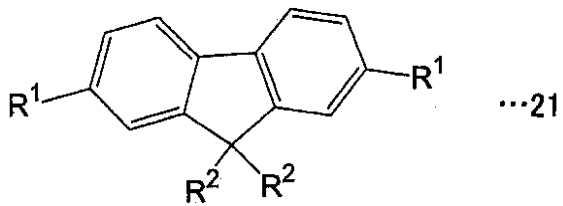
【 0 0 5 7 】

【化 2 0】



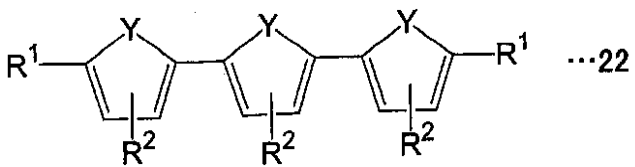
【 0 0 5 8 】

【化 2 1】



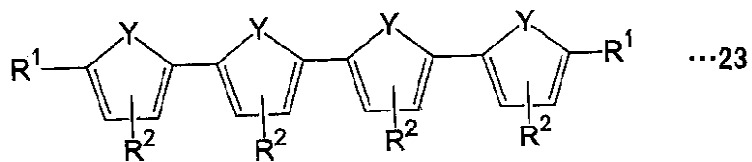
【 0 0 5 9 】

【化 2 2】



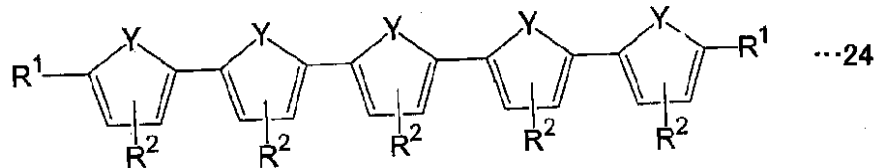
【 0 0 6 0 】

【化 2 3】



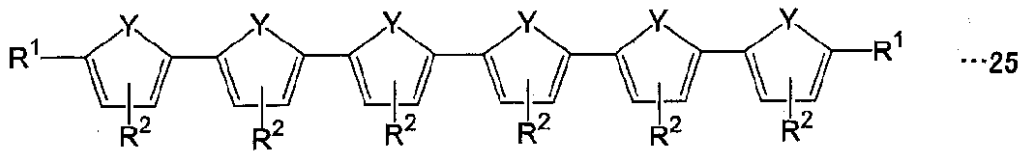
【 0 0 6 1 】

【化 2 4】



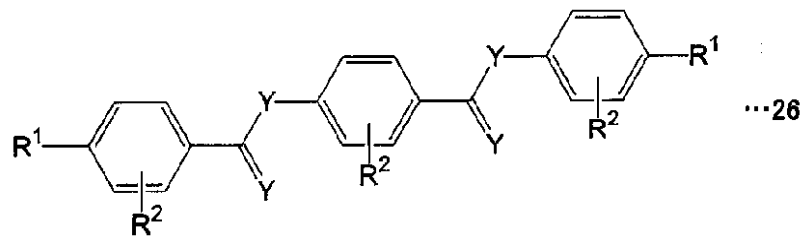
【 0 0 6 2 】

【化 2 5】



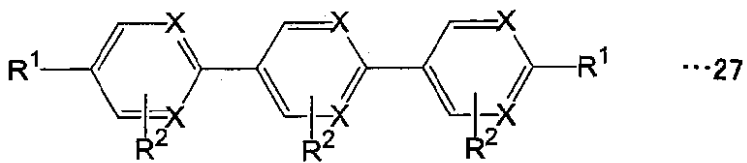
【 0 0 6 3】

【化 2 6】



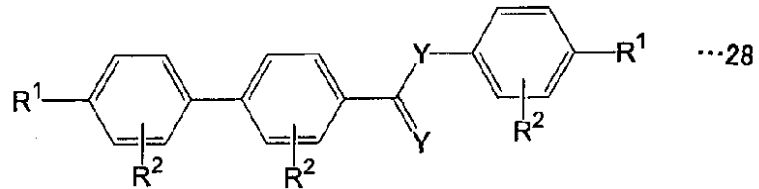
【 0 0 6 4】

【化 2 7】



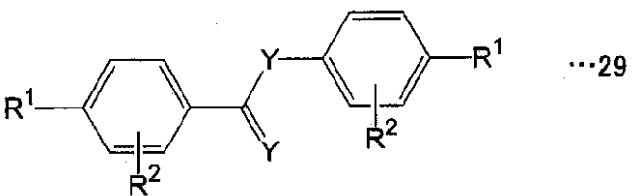
【 0 0 6 5】

【化 2 8】



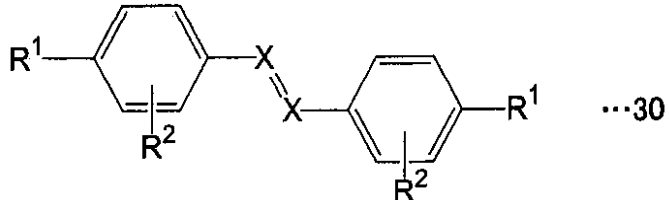
【 0 0 6 6】

【化 2 9】



【 0 0 6 7】

【化 3 0】



【 0 0 6 8】

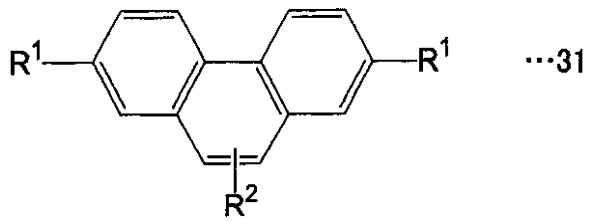
10

20

30

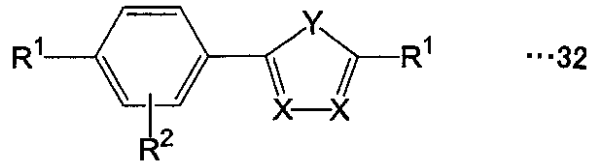
40

【化 3 1】



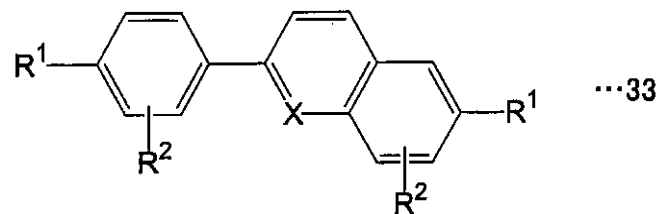
【 0 0 6 9 】

【化 3 2】



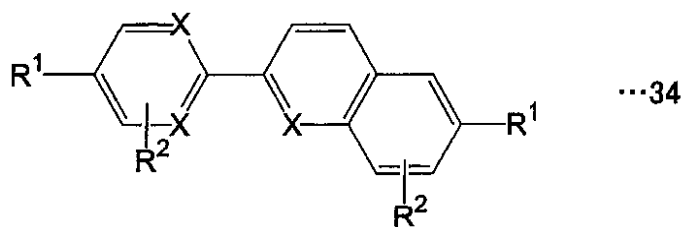
【 0 0 7 0 】

【化 3 3】



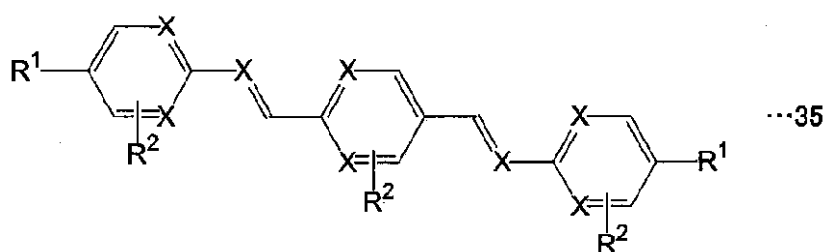
【 0 0 7 1 】

【化 3 4】



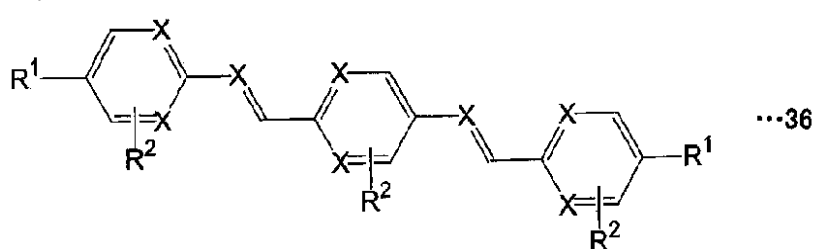
【 0 0 7 2 】

【化 3 5】



【 0 0 7 3 】

【化 3 6】



【 0 0 7 4 】

10

20

30

40

50

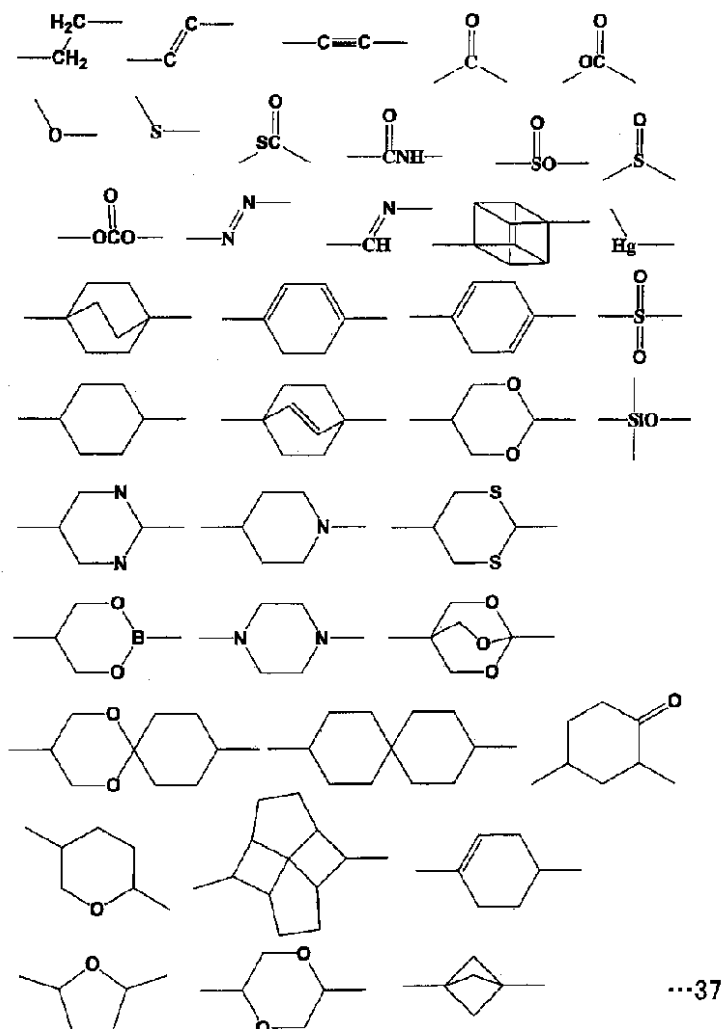
ここで、上記化学式 2 ~ 36 中の  $R^1$  は下記化学式 37 に示すような 2 価の構造を示し、別の骨格と連結する連結基を示す。これらの液晶性分子に  $R^1$  が複数個ある場合には、それぞれが同一でもよいし、異なってもよい。また、これらの液晶性分子に  $R^1$  はなくてもよい。上記化学式 2 ~ 36 中の  $R^2$  は下記化学式 38 に示すような官能基を示す。これらの液晶性分子に  $R^2$  が複数個ある場合には、それぞれが同一でもよいし、異なってもよい。また、上記化学式 2 ~ 36 中の  $X$  は  $CH$  又は  $N$  を示し、上記化学式 2 ~ 36 中の  $Y$  は  $S$  又は  $O$  を示す。

## 【 0 0 7 5 】

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 37 に示す 39 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 37 に示す 39 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 38 に例示した 21 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 38 に例示した 21 個の官能基のいずれかとなる。

## 【 0 0 7 6 】

## 【 化 3 7 】



...37

## 【 0 0 7 7 】

10

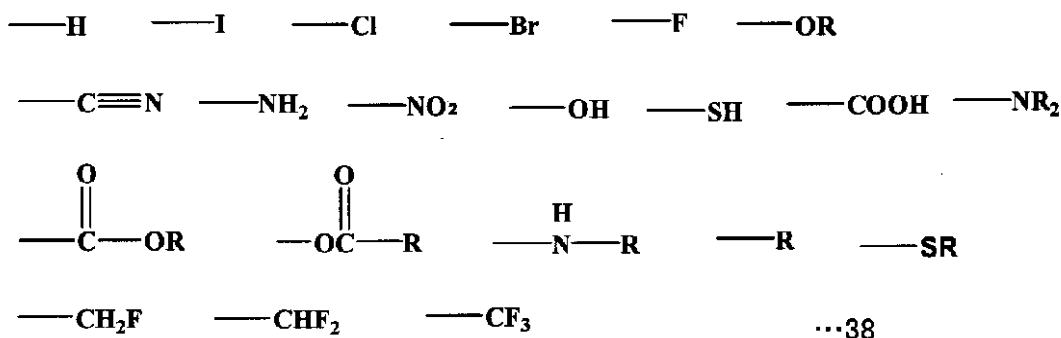
20

30

40

50

## 【化 3 8】



10

## 【0078】

但し、上記化学式 3 8 中の R は、炭素数 1 ~ 4 0 の直鎖アルキル基又は分岐アルキル基を表す。

## 【0079】

本発明に適用される有機半導体材料は、上述した液晶性分子からなる有機半導体材料のうち、この有機半導体材料と有機溶媒を含む有機半導体層形成溶液を、親油性領域パターン及び撥油性領域パターンが形成された基材に塗布して溶媒を蒸発させることにより結晶相とした場合に、大きな面積において構造欠陥の少ない結晶となるものが該当する。なお、本願明細書において「基材」とは、有機半導体層が形成される被形成部材をいい、具体的には、有機半導体装置を構成する基板 1 1 やゲート絶縁層 1 3 等である。

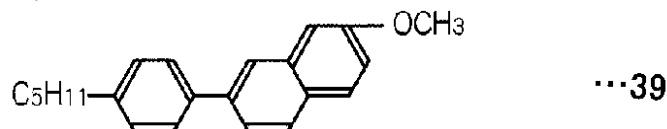
20

## 【0080】

本発明に適用される有機半導体材料の一例としては、例えば下記の化学式で示す化合物 3 9 , 4 0 を挙げることができる。

## 【0081】

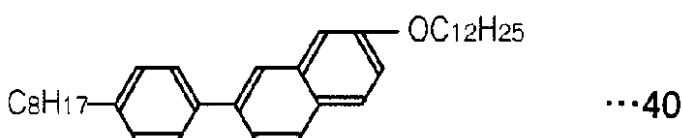
## 【化 3 9】



30

## 【0082】

## 【化 4 0】



## 【0083】

上述した有機溶媒は、有機半導体材料の溶解度が、構造欠陥の少ない大きな結晶の成長が可能な程度に大きいものが好ましい。この有機溶媒は、使用する有機半導体材料の溶解度との関係から選択され、例えば、有機半導体材料に上記化学式 3 9 又は上記化学式 4 0 の化合物を使用するときは、キシレン、トルエン、ヘキサン、ブタノール、アセトン、クロロホルム等の有機溶媒を選択することができる。

40

## 【0084】

有機半導体材料と有機溶媒を含む有機半導体層形成溶液の濃度は、構造欠陥の少ない大きな結晶の成長が可能な程度の濃度であることが好ましく、使用する有機半導体材料や有機溶媒に応じて最適な濃度が選択される。

## 【0085】

本発明の有機半導体装置 1 0 において、有機半導体層は、親油性領域及び撥油性領域を有する基材（例えばゲート絶縁層 1 3 の表面等。）の親油性領域に形成されている。また、有機半導体層 1 4 が形成されている親油性領域は、少なくとも撥油性領域に囲まれてい

50

る状態となっている。本願の明細書においては、「親油性領域及び撥油性領域を有する」とは、有機溶媒の濡れ性が互いに異なる領域を有することをいい、本発明の有機半導体装置10においては、親油性領域と撥油性領域が区別される程度に、有機溶媒の濡れ性に差があることが好ましい。親油性領域と撥油性領域が区別される程度に有機溶媒の濡れ性に差があれば、基材の親油性領域（濡れ性が大きい領域）に有機半導体層形成溶液を塗布したときに、その親油性領域を囲む撥油性領域（濡れ性が小さい領域）にその塗布溶液が流れ出し難くなり（後述の図3を参照。）、あらかじめ設計した親油性領域パターンどおりに有機半導体層14を形成させることができる。なお、この親油性領域パターンは、電子回路や半導体構造物に応じて設計される。

#### 【0086】

基材への親油性領域及び撥油性領域の形成は、まず基材（例えば、ゲート絶縁層13等。）の全面をあらかじめアルカリ処理により撥油化し、シランカップリング剤等を塗布することによりアルキル鎖を化学吸着させて親油化処理する。その後、マスクパターン（親油化処理パターン）が形成されたマスクでマスクし、ポリスチレン等を含む溶剤を塗布することにより上記アルキル鎖を保護し、上記マスクをはずし、その後アルカリ処理することにより、撥油化したい領域のアルキル鎖を除去して撥油性領域とする。最後に、上記ポリスチレン等を溶かしてマスクしていない領域を親油性領域とすることにより、親油性領域及び撥油性領域を形成することができる。

#### 【0087】

また、基材への親油性領域及び撥油性領域の形成は、表面処理を施すことによって有機溶媒の濡れ性が相対的に高い領域と相対的に低い領域を形成することが可能な樹脂を基材（例えば、ゲート絶縁層等。）上にスピンコート等の塗布手段や各種の印刷手段で塗布し、その後、その樹脂に所定の表面処理を施すことによって行うことができる。この場合、有機溶媒の濡れ性が相対的に高い領域が親油性領域となり、有機溶媒の濡れ性が相対的に低い領域が撥油性領域となる。

#### 【0088】

表面処理によって親油性領域と撥油性領域を形成することが可能な樹脂としては、例えば垂直配向膜形成用のポリイミド樹脂や、フッ素系シリコン樹脂等の撥油性樹脂等を挙げることができる。

#### 【0089】

例えば、上記のポリイミド樹脂を用いた場合の表面処理方法としては、(i)ポリイミド樹脂を塗布した基材を、マスクパターン（撥油化処理パターン）が形成され光触媒層を有するマスクで露光することにより、露光された部分のみを親水化してここを撥油性領域とする方法、(ii)光触媒を含有するポリイミド樹脂を塗布した基材を、マスクパターン（撥油化処理パターン）が形成されたマスクで露光することにより、露光された部分のみを親水化してここを撥油性領域とする方法等を挙げることができる。フッ素系シリコン樹脂等の撥油性樹脂を用いた場合においても、上記(i)又は(ii)の方法により表面処理を施すことができる。この場合、露光により親水化された領域が親油性領域となり、非露光領域が撥油性領域となる。いずれにしても、上記(i)又は(ii)の方法で使用する光触媒としては、酸化チタンや酸化亜鉛等の微粒子を用いることができる。

#### 【0090】

有機半導体層14は、上記の有機半導体層形成溶液を、親油性領域と撥油性領域を有する基材の親油性領域に塗布し、有機半導体層形成溶液中の溶媒を蒸発させることによって、液晶性有機半導体材料が結晶化されたものである。この有機半導体層14は、構造欠陥の少ない大きな結晶からなり、あらかじめ設計された親油性領域パターンに従って形成されている。この結晶の面積は、 $20\text{ mm}^2$ 以上であり、例えばおよそ $80\text{ mm}^2$ 程度である。また、バルク中の構造欠陥密度及び基材との界面での構造欠陥密度は $10^{13}\text{ cm}^{-3}$ 以下であり、例えばおよそ $2 \times 10^{12}\text{ cm}^{-3}$ 程度である。なお、有機半導体層14が形成される雰囲気や温度や圧力等は、使用する有機半導体材料や溶媒等に応じて、構造欠陥の少ない大きな結晶が成長するように制御される。このような温度や圧力は、蒸発速

10

20

30

40

50



度すなわち結晶成長速度を決定する因子となる。

【0091】

次に、構造欠陥の少ない大きな結晶からなる有機半導体層14が形成されるメカニズムについて考察する。

【0092】

図3は、親油性領域パターン及び撥油性領域パターンが形成された基材の親油性領域に塗布された有機半導体層形成溶液の形状の一例を示す模式図であり、図4は、撥油性領域が形成されていない基材の親油性領域に塗布された有機半導体層形成溶液の形状の一例を示す模式図である。

【0093】

図3に示すように、基材1における撥油性領域Wに囲まれた親油性領域Oに塗布された有機半導体層形成溶液2は、液滴形状（半円弧状）となっている。このような状態でその溶媒を蒸発させると、溶液濃度の高い部分である液滴形状の上部（図3のA）から蒸発が始まって、結晶化が開始する。このとき、外部雰囲気条件設定によって比較的少数の結晶核が液滴上部に生成し、これを核として溶液表面を覆うように結晶化が進む。そのため、溶液と外部気相との接触面積が小さくなり、その蒸発速度は非常に遅くなる。このようにして、溶媒の蒸発速度が遅くなることにより、有機半導体材料の結晶化速度が遅くなる。その結果、大面積において構造欠陥の少ない結晶からなる有機半導体層14が形成される。なお、このような疎水領域を有しない基材1'に有機半導体層形成溶液を塗布した場合には、図4に示すように、その有機半導体層形成溶液2'は流動し易いので平らでぬれの良い形状となり、溶媒の蒸発及び結晶化は有機半導体層形成溶液2'の裾部（図4のB）から始まるため、このような結晶は得られない。

10

20

【0094】

有機半導体層14は、構造欠陥の少ない大きな結晶から形成されているので、キャリアが構造欠陥に捕捉され難く、大きな面積において均一な電荷輸送特性を示すという効果がある。また、この有機半導体層14は、電荷移動度が $10^{-3} \sim 10^{-1} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ という高い電荷輸送特性を示すという効果もある。例えば、化学式1に示す化合物を有機半導体材料とし、p-キシレンを有機溶媒に用いた場合の電荷移動度は、 $10^{-3} \sim 10^{-2} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ 以上となる。

【0095】

また、有機半導体層14は、電子回路や半導体装置に応じてあらかじめ設計された親油性領域パターンどおりの形状に形成できるという効果がある。この効果は液晶性の有機半導体材料のみに見られる。図5は、液晶性有機半導体材料（化学式1の化合物）を、基材の撥油性領域に囲まれた親油性領域に溶液キャスト法により製膜した場合の有機半導体層の偏光顕微鏡写真であり、図7は、液晶性でない有機半導体材料（アントラセン）を、基材の撥油性領域に囲まれた親油性領域に溶液キャスト法により製膜した場合の有機半導体層の偏光顕微鏡写真である。図5に示すように、液晶性有機半導体材料からなる有機半導体層は、親油性領域全面に形成されているが、図7に示すように、液晶性でない有機半導体材料からなる有機半導体層は、親油性領域全面ではなく一部に凝集した結晶となり、親油性領域パターンどおりの形状を有する有機半導体層は得られない。

30

40

【0096】

本発明の有機半導体装置10においては、上述した有機半導体層14は、配向手段により特定の向き又は方向に配向した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い。配向処理されて結晶状態となった有機半導体層14は、従来知られている有機半導体層に比べても、クラックの発生等がなく、電荷輸送特性を均一にし、クラックに基づく電荷輸送速度の低下等の弊害が生じないという優れた効果を有している。

【0097】

液晶性分子の配向態様としては、（イ）図1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15とソース電極16の膜厚方向に並行に配向している態様、又は、（ロ）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15とソー

50

ス電極 16 の膜厚方向に直交し、且つ、当該ドレイン電極 15 とソース電極 16 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。

【0098】

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。なお、この基材には、この配向処理のほかに上述した親油性領域及び撥油性領域を形成するための処理を行うが、これら処理はどちらを先に行ってもよい。

【0099】

（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 上にドレイン電極 15 及びソース電極 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、ドレイン電極 15 及びソース電極 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。

【0100】

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。

【0101】

（有機半導体装置）

本発明の有機半導体装置においては、構成 1：基板／ゲート電極／ゲート絶縁層（液晶配向層を兼ねる。）／ソース・ドレイン電極／液晶性有機半導体層（／保護層）、構成 2：基板／ゲート電極／ゲート絶縁層／ソース・ドレイン電極／液晶配向層／液晶性有機半導体層（／保護層）、構成 3：基板／ゲート電極／ゲート絶縁層（液晶配向層を兼ねる。）／液晶性有機半導体層／ソース・ドレイン電極（パタニング）／保護層、構成 4：基板／ソース・ドレイン電極／液晶性有機半導体層／ゲート絶縁層／ゲート電極／保護層兼基板、とすることもできる。

【0102】

本発明の有機半導体装置では、構造欠陥の少ない大きな結晶から形成されている有機半導体層を形成し易いので、大きな面積において電荷輸送特性が均一で電荷移動度が高いという優れた効果を発揮する有機半導体装置を易くなる。

【実施例】

【0103】

以下、本発明を実施例と比較例に基づいてさらに詳しく説明する。なお、本発明は下記の実施例に限定されるものではない。

【0104】

（実施例 1）

有機半導体材料として、上記化学式 39 の化合物であるフェニルナフタレン誘導体（2 - (4' - P e n t y l p h e n y l) - 6 - m e t y l o x y n a p h t h a l e n e。以下、5 - P N P - O 1 と略することがある。）を用いて、有機半導体装置を作製した。また、有機半導体材料としてこの材料を用いて、有機半導体層を作製し、各特性評価を行った。

【0105】

（有機半導体装置の作製）

有機半導体材料として、上記の 5 - P N P - O 1 を用い、基板／ゲート電極／親油性領

10

20

30

40

50

域パターン及び撥油性領域パターンが形成されたゲート絶縁層（液晶配向層を兼ねる。）／ソース・ドレイン電極／有機半導体層（／保護層）からなる実施例１の有機半導体装置を作製した。

【０１０６】

<基板>中性洗剤、純水、アセトン、IPAを順に用いて超音波洗浄したガラス基板（厚さ１．１mm、コーニング１７３７）を用いた。

【０１０７】

<ゲート電極>ゲート電極は、上記の基板の上に、Au（厚さ３００nm）の短冊状パターン（電極幅１００μm、電極間５mm）をメタルマスクを介して抵抗加熱蒸着して形成した。なお、同様の電極パターンとしては、ITO電極をウェットプロセスにてパタニングしても形成できる。

【０１０８】

<ゲート絶縁層>

（１）配向処理：

まず、ゲート絶縁層を形成し、これに配向処理を行った。

【０１０９】

（a）有機半導体材料の構成分子を基板面に並行に配向させた場合（図２を参照。）；ゲート絶縁層として、感光性ポリイミド（東レ：UR-3140を１０gとり、それをn-メチルピロリドン２５gで希釈したもの。）をスピン塗布し、１００℃にて乾燥後露光現像することによりゲート電極端子を露出させた。その後、最高温度３５０℃で焼成した後、膜厚３００nmのゲート絶縁層を形成した。

【０１１０】

こうして形成したポリイミド膜の表面をラビング（４８mmのローラーに巻き付けたポリエステルをラビング布に用い、１２００rpm、基板移動速度６００mm/min）にて配向処理した。ラビング方向は、チャンネル長方向（電荷輸送方向）に対して並行となる方向、直交する方向にてそれぞれ行った。

【０１１１】

（b）液晶性有機半導体材料の構成分子を基板面に垂直（すなわち基板面と直角方向）に配向させた場合（図１を参照。）；

【０１１２】

RFスパッタ法にて上記ゲート電極を配した基板の上に、SiO<sub>2</sub>膜１００nmを形成（出力１００W×３０分）した。この基板上で、本実施例で用いた液晶性有機半導体材料は垂直配向するので、TFTを構成した際の電荷は分子長軸に垂直な方向に輸送されるものが支配的となる。

【０１１３】

（２）親油性領域パターン及び撥油性領域パターンの形成処理：

次に、配向処理したゲート絶縁層に、以下に示す親油性領域パターン及び撥油性領域パターンの形成処理をした。

【０１１４】

配向処理したゲート絶縁層の全面に、炭酸ナトリウム溶液による超音波洗浄を２０分間行って、ゲート絶縁層面全体を親水化した。次に、シランカップリング剤を塗布してから、１２０℃で２時間加熱することにより、ゲート絶縁層面全体にアルキル鎖を化学吸着させて疎水化した。その後、このゲート絶縁層面を、４mm×１００μmの長方形のマスクパターンが形成されたマスクで、後に形成するソース・ドレイン電極間にチャンネルが形成される配置となるようにマスクし、その上からポリスチレン（５wt%トルエン溶液）をスピンコート法により塗布して上記アルキル鎖を保護した後、上記マスクをはずし、５wt%水酸化ナトリウム水溶液に６０分間浸すことにより、マスクされていた領域のアルキル鎖を除去して撥油性領域とした。最後に上記ポリスチレンをジクロロメチルで溶かしてマスクされていなかった領域を親油性領域とした。

【０１１５】

10

20

30

40

50

### <ソース・ドレイン電極>

ソース・ドレイン電極パッド（チャンネル長 $50\mu\text{m}$ 、チャンネル幅 $4\text{mm}$ ）として、Ptを抵抗加熱蒸着にてメタルマスクを用いて形成した（電極厚さ $20\text{nm}$ ）。なお、ソース・ドレイン電極パッドからの引き出し電極線として、Alを用いた。

#### 【0116】

### <液晶性有機半導体層>

液晶性有機半導体材料として、5-PNP-O1を使用し、溶媒をp-キシレンとして1wt%の有機半導体層形成溶液を調製した。この有機半導体層形成溶液を、大気圧下雰囲気温度 $15^\circ\text{C}$ にて、ゲート絶縁層上の親油性領域に滴下し、溶媒を約5時間かけて蒸発させることにより結晶を形成させて、厚さ $400\text{nm}$ の有機半導体層を得た。

10

#### 【0117】

### （電荷移動度の評価）

有機半導体層の電荷輸送特性を評価するために、実施例1の有機半導体装置の電界効果移動度（層面に平行方向）の測定を行った。

#### 【0118】

電荷輸送特性の評価を行うための実施例1の有機半導体装置は、液晶性有機半導体材料の構成分子を基板面に垂直に配向させた上記の有機半導体装置である（図1を参照。）。

#### 【0119】

この有機半導体装置について、ソース・ドレイン間電圧 $V_{ds}$ ： $0\sim-30\text{V}$ 、ゲート電圧 $V_g$ ： $0\sim-30\text{V}$ の範囲で電圧を印加し、ソース・ドレイン間の電流 $I_{ds}$ がゲート電圧 $V_g$ の印加によって変化する挙動を測定し、評価した。

20

#### 【0120】

その結果、電荷移動度として、 $10^{-3}\sim10^{-2}\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ という高い数値が得られた。

#### 【0121】

### （結晶状態の評価）

有機半導体層の結晶状態を評価するために、実施例1の有機半導体層について、偏光顕微鏡写真を観察した。

#### 【0122】

この特性評価のための有機半導体層は、マスクパターンとして $1\text{cm}\times1\text{cm}$ の正方形パターンを用いて、上記の有機半導体装置の作製における親油性領域パターン及び撥油性領域パターンの形成処理と同様の処理をガラス基板上に施し、大気圧下、雰囲気温度 $10^\circ\text{C}$ にて、このガラス基板上の親油性領域に5-PNP-O1の1wt%p-キシレン溶液を滴下し、溶媒を約7時間かけて蒸発させることによって作製した。

30

#### 【0123】

この結晶状態の評価は、偏光顕微鏡（NIKON社製、型番OPTIPHOT2-POL）を用いて行った。

#### 【0124】

図5は、実施例1の有機半導体層の偏光顕微鏡写真である。この偏光顕微鏡写真の観察により、実施例1の有機半導体層は、透明度が高く、ミリメートルオーダーの面積の大きな結晶で形成されていることが分かった。

40

#### 【0125】

### （構造欠陥密度の評価）

有機半導体層の構造欠陥密度を評価するために、実施例1の有機半導体層について、定常光電流の測定結果を考察した。

#### 【0126】

この特性評価のための有機半導体層は、くし型ITO電極（くし間 $L=30\mu\text{m}$ 、くし幅 $W=10\text{mm}$ ）が形成されたガラス基板に、マスクパターンとして $4\text{mm}\times100\mu\text{m}$ の長方形パターンを用いて、上記の有機半導体装置の作製における親油性領域パターン及び撥油性領域パターンの形成処理と同様の処理を施し、大気圧下、雰囲気温度 $10^\circ\text{C}$ にて

50

、このガラス基板上の親油性領域に 5 - P N P - O 1 の 1 w t % p - キシレン溶液を滴下し、溶媒を約 7 時間かけて蒸発させることによって作製した。

#### 【 0 1 2 7 】

次に、それらの有機半導体層について、上記くし型 I T O 電極に定電圧をかけ、波長 300 ~ 400 nm の光を当てて、光電流が時間の経過によって変化する挙動を評価した。

#### 【 0 1 2 8 】

図 8 の C は、実施例 1 の有機半導体層についての定常光電流測定結果である。この図より、光電流の立ち上がり立下りは急峻であることが分かる。このことから、実施例 1 の有機半導体層を形成する結晶は、構造欠陥が少ないものと考えられる。

#### 【 0 1 2 9 】

( 結晶系の評価 )

結晶状態の評価の際に用いた実施例 1 の有機半導体層について、X 線回折装置 ( R I G A K U 社製、型番 ; R A D - B ) によって結晶構造の解析を行った。図 9 は、実施例 1 の有機半導体層の X 線回折結果である。この結果より、実施例 1 の有機半導体層を形成する液晶性分子は、基材に対して垂直に立っていることが示唆された。実施例 1 の有機半導体層を形成する液晶がこのような結晶となる理由は、塗布された溶液中の液晶性有機半導体材料の液晶性分子が、基材上に垂直に形成された疎水基に沿って配向するためだと思われる。したがって、実施例 1 の有機半導体装置においては、配向処理を施さなくても、液晶性分子がドレイン電極とソース電極の膜厚方向に並行に配向して結晶化されているものと考えられる。

10

20

#### 【 0 1 3 0 】

( 実施例 2 )

有機半導体材料として上記化学式 40 の化合物であるフェニルナフタレン誘導体 ( 2 - ( 4 ' - O c t y l p h e n y l ) - 6 - d o d e c y l o x y n a p h t h a l e n e 。以下、8 - P N P - O 1 2 と略することがある。 ) を用いた実施例 2 の有機半導体層について、実施例 1 と同様の各特性評価を行った。

#### 【 0 1 3 1 】

電荷移動度の評価及び構造欠陥密度の評価のための有機半導体層は、くし型 A u 電極 ( くし間  $L = 200 \mu m$ 、くし幅  $W = 28 mm$  ) が形成されたガラス基板に、マスクパターンとして  $4 mm \times 100 \mu m$  の長方形パターンを用いて、上記実施例 1 の有機半導体装置の作製における親油性領域パターン及び撥油性領域パターンの形成処理と同様の処理を施し、大気圧下雰囲気温度 10 にて、このガラス基板上の親油性領域に 8 - P N P - O 1 2 の 1 w t % p - キシレン溶液を滴下し、溶媒を約 7 時間かけて蒸発させることによって作製した。

30

#### 【 0 1 3 2 】

結晶状態の評価及び結晶系の評価のための有機半導体層は、マスクパターンとして  $1 cm \times 1 cm$  の正方形パターンを用いて、上記実施例 1 の有機半導体装置の作製における親油性領域パターン及び撥油性領域パターンの形成処理と同様の処理をガラス基板に施し、大気圧下、雰囲気温度 10 にて、このガラス基板上の親油性領域に 8 - P N P - O 1 2 の 1 w t % p - キシレン溶液を滴下し、溶媒を約 7 時間かけて蒸発させることによって作製した。

40

#### 【 0 1 3 3 】

各特性評価の結果を以下に示す。

#### 【 0 1 3 4 】

電荷移動度の評価において、電圧印加に伴い非線形電流成分が増加してトラップフリーの空間電荷制限電流が観測される領域での電荷移動度は、 $3 \times 10^{-3} cm^2 / V \cdot s$  という高い値であった。

#### 【 0 1 3 5 】

結晶状態の評価において、実施例 2 の有機半導体層は、図 6 に示すように、透明度が高く、ミリメートルオーダーの面積の大きな結晶で形成されていることが分かった。

50

## 【 0 1 3 6 】

構造欠陥密度の評価において、実施例 2 の有機半導体層の定常光電流は、図 8 の D に示すように、立ち上がり立下りが急峻であることが分かった。このことから、実施例 2 の有機半導体層を形成する結晶は、構造欠陥が少ないものと考えられる。

## 【 0 1 3 7 】

結晶系の評価において、実施例 2 の有機半導体層を形成する液晶性分子は、図 10 により、実施例 1 の場合と同様、基材に対して垂直に立っていることが示唆された。したがって、実施例 2 の有機半導体装置においても、配向処理を施さなくても、液晶性分子がドレイン電極とソース電極の膜厚方向に並行に配向して結晶化されるものと考えられる。

## 【図面の簡単な説明】

10

## 【 0 1 3 8 】

【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の他の一例を示す断面図である。

【図 3】親油性領域パターン及び撥油性領域パターンが形成された基材の親油性領域に塗布された有機半導体層形成溶液の形状の一例を示す模式図である。

【図 4】撥油性領域が形成されていない基材の親油性領域に塗布された有機半導体層形成溶液の形状の一例を示す模式図である。

【図 5】実施例 1 の有機半導体層の偏光顕微鏡写真である。

【図 6】実施例 2 の有機半導体層の偏光顕微鏡写真である。

【図 7】アントラセンを材料として基材の撥油性領域に囲まれた親油性領域に溶液キャスト法により形成された有機半導体層の偏光顕微鏡写真である。

20

【図 8】図 8 中の C は実施例 1 の有機半導体層の定常光電流の測定結果であり、図 8 中の D は実施例 2 の有機半導体層の定常光電流の測定結果である。

【図 9】実施例 1 の有機半導体層の X 線回折結果である。

【図 10】実施例 2 の有機半導体層の X 線回折結果である。

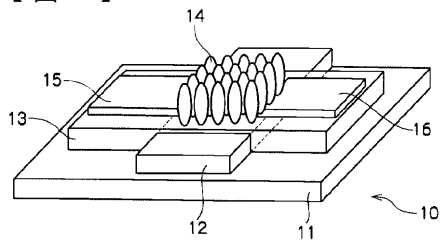
## 【符号の説明】

## 【 0 1 3 9 】

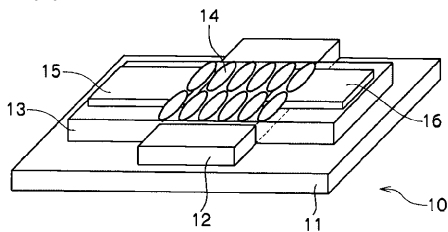
- 1 基材
- 2 有機半導体層形成溶液
- 10 有機半導体装置
- 11 基板
- 12 ゲート電極
- 13 ゲート絶縁層
- 14 有機半導体層
- 15 ドレイン電極
- 16 ソース電極

30

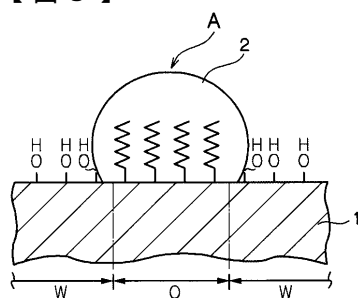
【 図 1 】



【 図 2 】



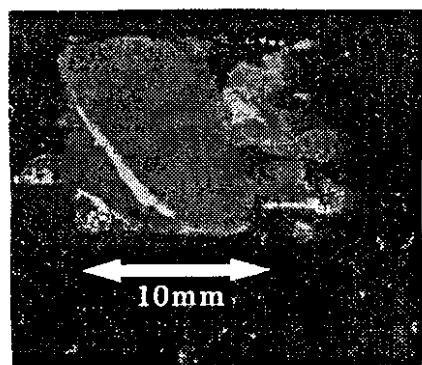
【 図 3 】



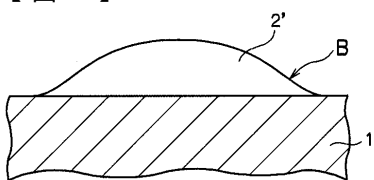
【 図 6 】



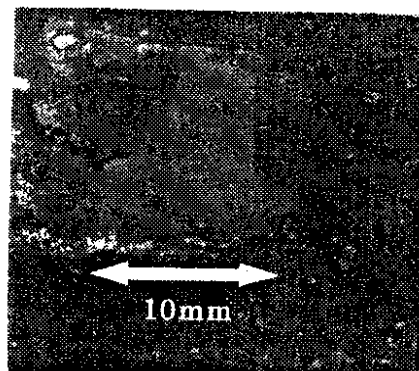
【 図 7 】



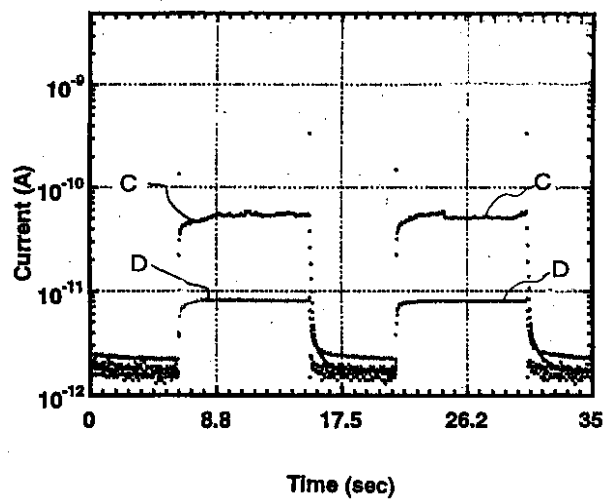
【 図 4 】



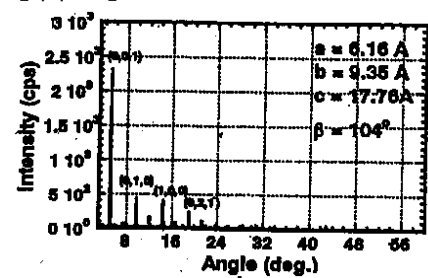
【 図 5 】

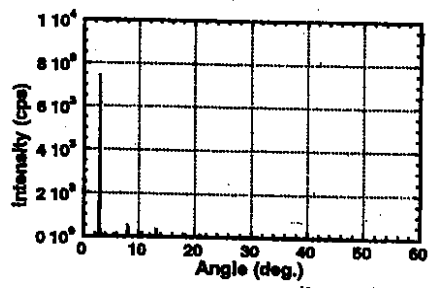


【 図 8 】



【 図 9 】



【☒ 1 0】



---

フロントページの続き

F ターム(参考) 5F110 AA28 CC03 CC07 DD01 DD02 EE01 EE02 EE03 EE04 EE07  
EE42 FF01 FF02 FF03 FF27 FF29 GG05 GG13 GG42 GG57  
HK02 HK07 HK32 NN02 NN22 NN23 NN24 NN27

【要約の続き】