(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2007-96288
(P2007-96288A)
(43)公開日　平成19年4月12日(2007.4.12)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01L 21/336	(2006.01)	H01L	29/78	618A	4M104
H01L 29/786	(2006.01)	H01L	29/78	618B	5F110
H01L 51/05	(2006.01)	H01L	29/78	627D	
H01L 51/40	(2006.01)	H01L	29/78	616U	
H01L 21/02	(2006.01)	H01L	29/28	100A	

審査請求 未請求　請求項の数 19　ＯＬ　（全 36 頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2006-236198 (P2006-236198)
(22)出願日　平成18年8月31日 (2006.8.31)
(31)優先権主張番号　特願2005-251592 (P2005-251592)
(32)優先日　平成17年8月31日 (2005.8.31)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

（出願人による申告）平成１５年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「高効率有機デバイスの開発事業」委託研究、産業活力再生特別措置法第３０条の適用を受けるもの。

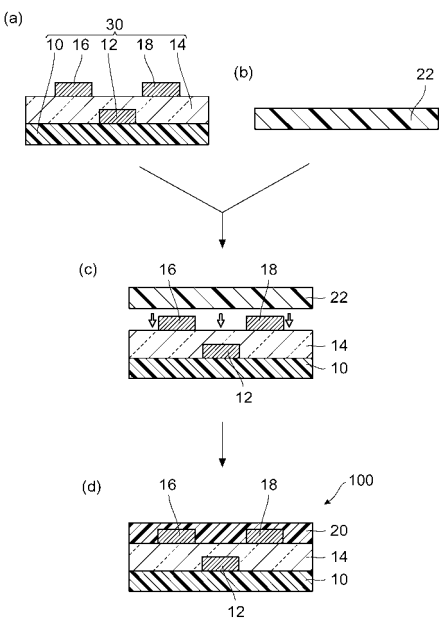
(71)出願人　000002093
住友化学株式会社
東京都中央区新川二丁目２７番１号
(74)代理人　100088155
弁理士　長谷川　芳樹
(74)代理人　100092657
弁理士　寺崎　史朗
(72)発明者　山手　信一
茨城県つくば市北原６番　住友化学株式会社内

Ｆターム(参考)　4M104 AA01 AA09 AA10 BB02 BB04 BB05 BB06 BB08 BB09 BB13 BB14 BB36 CC01 DD22 DD28 EE03 EE16 EE17 EE18 HH20

最終頁に続く

(54)【発明の名称】トランジスタ及びその製造方法、並びに、このトランジスタを有する半導体装置

(57)【要約】
【課題】　簡便な方法によって配向を有する活性層を形成でき、優れたキャリア移動度を有するトランジスタが得られるトランジスタの製造方法を提供すること
【解決手段】　本発明のトランジスタの製造方法は、有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層を有するトランジスタの製造方法であって、半導体膜を延伸する工程と、半導体膜を、活性層を形成させる面に対して加熱及び／又は加圧をしながら貼り付けて活性層を得る工程とを含む。
【選択図】　図７



【特許請求の範囲】
【請求項１】
有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層を有するトランジスタの製造方法であって、
前記半導体膜を延伸する工程と、
前記半導体膜を、前記活性層を形成させる面に対して加熱及び／又は加圧をしながら貼り付けて、前記活性層を得る工程と、
を含む、トランジスタの製造方法。
【請求項２】
有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層を有するトランジスタの製造方法であって、
前記半導体膜を配向させる工程と、
前記半導体膜を、前記活性層を形成させる面に対して加熱及び／又は加圧をしながら貼り付けて、前記活性層を得る工程と、
を含む、トランジスタの製造方法。
【請求項３】
有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層を有するトランジスタの製造方法であって、
前記半導体膜を延伸して配向させる工程と、
前記半導体膜を、前記活性層を形成させる面に対して加熱及び／又は加圧をしながら貼り付けて、前記活性層を得る工程と、
を含む、トランジスタの製造方法。
【請求項４】
前記半導体膜を、前記面との間に施工液を介在させて当該面に貼り付ける、請求項１～３のいずれか一項に記載のトランジスタの製造方法。
【請求項５】
ソース電極及びドレイン電極、これらの間の電流経路となり有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層、前記電流経路を通る電流を制御するゲート電極、並びに、前記活性層と前記ゲート電極との間に配置される絶縁層を有するトランジスタの製造方法であって、
前記半導体膜を延伸する工程と、
前記半導体膜を、加熱及び／又は加圧しながら前記絶縁層と貼りあわせて、前記活性層を得る工程と、
を含む、トランジスタの製造方法。
【請求項６】
ソース電極及びドレイン電極、これらの間の電流経路となり有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層、前記電流経路を通る電流を制御するゲート電極、並びに、前記活性層と前記ゲート電極との間に配置される絶縁層を有するトランジスタの製造方法であって、
前記半導体膜を配向させる工程と、
前記半導体膜を、加熱及び／又は加圧しながら前記絶縁層と貼りあわせて、前記活性層を得る工程と、
を含む、トランジスタの製造方法。
【請求項７】
ソース電極及びドレイン電極、これらの間の電流経路となり有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層、前記電流経路を通る電流を制御するゲート電極、並びに、前記活性層と前記ゲート電極との間に配置される絶縁層を有するトランジスタの製造方法であって、
前記半導体膜を延伸して配向させる工程と、
前記半導体膜を、加熱及び／又は加圧しながら前記絶縁層と貼りあわせて、前記活性層

を得る工程と、
を含む、トランジスタの製造方法。
【請求項８】
前記半導体膜を、前記絶縁層との間に施工液を介在させて当該絶縁層と貼りあわせる、請求項５～７のいずれか一項に記載のトランジスタの製造方法。
【請求項９】
前記トランジスタは、前記ソース電極及び／又は前記ドレイン電極と前記活性層との間に、前記有機半導体化合物とは異なる化合物からなる層を有するものである、請求項５～８のいずれか一項に記載のトランジスタの製造方法。
【請求項１０】
有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層を有するトランジスタであって、
前記活性層は、延伸された前記半導体膜からなり、且つ、前記半導体膜が前記活性層を形成させる面に加熱及び／又は加圧をしながら貼り付けられて形成されたものである、トランジスタ。
【請求項１１】
有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層を有するトランジスタであって、
前記活性層は、配向された前記半導体膜からなり、且つ、前記半導体膜が前記活性層を形成させる面に加熱及び／又は加圧をしながら貼り付けられて形成されたものである、トランジスタ。
【請求項１２】
有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層を有するトランジスタであって、
前記活性層は、延伸して配向された前記半導体膜からなり、且つ、前記半導体膜が前記活性層を形成させる面に加熱及び／又は加圧をしながら貼り付けられて形成されたものである、トランジスタ。
【請求項１３】
前記活性層は、前記半導体膜が前記面との間に施工液を介在させた状態で当該面に貼り付けられて形成されたものである、請求項１０～１２のいずれか一項に記載のトランジスタ。
【請求項１４】
ソース電極及びドレイン電極、これらの間の電流経路となり有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層、前記電流経路を通る電流を制御するゲート電極、並びに、前記活性層と前記ゲート電極との間に配置される絶縁層を有し、
前記活性層は、延伸された前記半導体膜からなり、且つ、前記半導体膜を加熱及び／又は加圧をしながら前記絶縁層と貼りあわせることで形成されたものである、トランジスタ。
【請求項１５】
ソース電極及びドレイン電極、これらの間の電流経路となり有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層、前記電流経路を通る電流を制御するゲート電極、並びに、前記活性層と前記ゲート電極との間に配置される絶縁層を有し、
前記活性層は、配向された前記半導体膜からなり、且つ、前記半導体膜を加熱及び／又は加圧をしながら前記絶縁層と貼りあわせることで形成されたものである、トランジスタ。
【請求項１６】
ソース電極及びドレイン電極、これらの間の電流経路となり有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層、前記電流経路を通る電流を制御するゲート電極、並びに、前記活性層と前記ゲート電極との間に配置される絶縁層を有し、
前記活性層は、延伸により配向された前記半導体膜からなり、且つ、前記半導体膜を、加熱及び／又は加圧しながら前記絶縁層と貼りあわせることで形成されたものである、トランジスタ。
【請求項１７】

前記活性層は、前記半導体膜が前記絶縁層との間に施工液を介在させた状態で当該絶縁層と貼りあわされて形成されたものである、請求項１４～１６のいずれか一項に記載のトランジスタ。
【請求項１８】
前記ソース電極及び／又は前記ドレイン電極と前記活性層との間に、前記有機半導体化合物とは異なる化合物からなる層を有する、請求項１４～１７のいずれか一項に記載のトランジスタ。
【請求項１９】
請求項１０～１８のいずれか一項に記載のトランジスタを有する、半導体装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、トランジスタ及びその製造方法、並びに、このトランジスタを有する半導体装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
トランジスタとしては、バイポーラトランジスタ、電界効果トランジスタ、静電誘導型トランジスタ等の種々のものが知られている。これらのトランジスタのうちの一種である電界効果トランジスタは、一般に、ソース電極及びドレイン電極が接続された半導体材料からなる層（活性層）に、絶縁層を介してゲート電極が設けられた構造を有している。このような電界効果トランジスタのなかでも、活性層に有機半導体化合物を用いた有機トランジスタは、軽量でフレキシブルであるという利点があり、様々な電子デバイスへの応用が期待されている。この有機トランジスタの活性層は、基板上に設けられた絶縁層上に、有機半導体化合物を蒸着するか、或いは、有機半導体化合物を含む溶液をスピンコート、ドロップキャスト又は印刷することによって形成されることが多い（非特許文献１）。
【０００３】
このような有機トランジスタにおいては、活性層に所定の配向性を付与することで、キャリア移動度が向上することが知られている。これは、活性層を構成している有機半導体化合物が一定方向に並ぶことにより、キャリアの移動が有利となるためであると考えられる。このように活性層に配向性を付与し得る有機トランジスタの製造方法としては、基板と活性層との間にラビング膜の配向膜を設ける工程（非特許文献２、３）、活性層をラビングする工程（非特許文献４）、摩擦転写膜からなる活性層を形成する工程（特許文献１）等を含む方法が開示されている。これらの製造方法により得られた有機トランジスタは、未配向の活性層を有するものに比べて優れたキャリア移動度を有することが知られている。
【非特許文献１】「有機トランジスタの動作性向上技術」、技術情報協会、２００３年
【非特許文献２】H. Sirringhaus et al., Appl. Phys. Lett., Vol 77, No.3, p.406-408,2002
【非特許文献３】M. L. Swiggers et al., Appl. Phys. Lett., Vol 79, No. 9,p.1300-1302, 2001
【非特許文献４】H. Heil et al., Appl. Phys. Lett., Vol 93, No.3, p.1636-1641,2003
【特許文献１】特開２００４－３５６４２２号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
しかしながら、配向性を有する活性層を形成することによりキャリア移動度の向上を目指した上記従来の有機トランジスタの製造方法は、いずれも活性層に配向性を付与するための工程が複雑であるため、有機トランジスタの製造が、活性層を配向させない場合に比して顕著に困難となる傾向にあった。

【０００５】
そこで、本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、簡便な方法によって配向を有する活性層を形成でき、優れたキャリア移動度を有するトランジスタが得られるトランジスタの製造方法を提供することを目的とする。また、配向を有する活性層を備え、高いキャリア移動度を有する有機トランジスタを提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
上記目的を達成するため、本発明のトランジスタの製造方法は、有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層を有するトランジスタの製造方法であって、半導体膜を延伸する工程と、半導体膜を、活性層が形成される面に加熱及び／又は加圧をしながら貼り付けて活性層を得る工程とを含むことを特徴とする。
【０００７】
上記の半導体膜を延伸する工程においては、延伸によって半導体膜を構成している有機半導体化合物が延伸方向に並び、これにより半導体膜に所定の配向性を付与することができるようになる。このように、本発明においては、半導体膜を延伸するだけで配向した活性層を得ることができ、従来の方法に比して配向を有する活性層を容易に形成することができる。また、上記本発明の製造方法では、半導体膜を加熱及び／又は加圧しながら活性層を形成させる面上に貼り付けている。そのため、活性層は、これと隣接している層に対して密着し、キャリア移動度等の特性を良好に発揮できるものとなる。
【０００８】
なお、上記本発明の製造方法では、半導体膜を延伸させる工程を先に行い、この延伸された半導体膜を貼り付けるようにしてもよく、未延伸の半導体膜を先に貼り付けた後、この半導体膜を延伸するようにしてもよい。上述した従来技術のような製造方法では、いずれも活性層の形成時、又は、活性層の形成後に配向を付与することが行われていたが、前者のように、延伸後に半導体膜を貼り付ける場合には、活性層となるべき半導体膜に対してあらかじめ適当な配向を付与することが可能であり、所望の配向性を有する活性層を形成し易い傾向にある。
【０００９】
また、本発明のトランジスタの製造方法は、有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層を有するトランジスタの製造方法であって、半導体膜を配向させる工程と、半導体膜を、活性層を形成させる面に対して加熱及び／又は加圧をしながら貼り付けて、活性層を形成する工程とを含むことを特徴としてもよい。このように、本発明においては、加熱及び／又は加圧しながら半導体膜を貼り付けることで、延伸に限らず種々の方法で配向した活性層を良好に形成することが可能となる。
【００１０】
さらに、本発明のトランジスタの製造方法は、有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層を有するトランジスタの製造方法であって、半導体膜を延伸して配向させる工程と、半導体膜を、活性層を形成させる面に対して加熱及び／又は加圧をしながら貼り付けて、活性層を形成する工程とを含むことを特徴としてもよい。このように延伸によって半導体膜を配向させることにより、配向により高いキャリア移動度を発揮し得る活性層を特に容易に形成することができる。
【００１１】
上記本発明のトランジスタの製造方法においては、半導体膜を、活性層を形成させる面との間に施工液を介在させて当該面に貼り付けることが好ましい。こうすれば、半導体膜と上記面との接触面が施工液によって濡らされるため、例えば、半導体膜に反り等がある場合であっても良好な貼り付けが可能となる。また、このように施工液を用いることによって貼り付けが容易となることから、貼り付けの際の加熱や加圧をより温和な条件で行うことが可能となる。したがって、過度の加熱や加圧に起因して生じるおそれのあったトランジスタの変形や不良等の発生をより確実に防止することができるようになる。更には、施工液の使用により、活性層とこれを形成させる面との密着性が向上するようになる。こ

のような施工液としては、活性層を形成させる面との接触角が１２０度以下となるものが好ましい。

【００１２】

より具体的には、本発明のトランジスタの製造方法は、以下のような構成を有するトランジスタの製造に適用されることが好ましい。すなわち、本発明のトランジスタの製造方法は、ソース電極及びドレイン電極、これらの間の電流経路となり有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層、電流経路を通る電流を制御するゲート電極、並びに、活性層とゲート電極との間に配置される絶縁層を有するトランジスタの製造方法であって、半導体膜を延伸する工程と、半導体膜を、加熱及び／又は加圧しながら絶縁層と貼りあわせて活性層を得る工程とを含むことが好ましい。

【００１３】

また、本発明のトランジスタの製造方法は、ソース電極及びドレイン電極、これらの間の電流経路となり有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層、電流経路を通る電流を制御するゲート電極、並びに、活性層とゲート電極との間に配置される絶縁層を有するトランジスタの製造方法であって、半導体膜を配向させる工程と、半導体膜を、加熱及び／又は加圧しながら絶縁層と貼りあわせて、活性層を得る工程とを含むことを特徴としてもよい。

【００１４】

さらに、本発明のトランジスタの製造方法は、ソース電極及びドレイン電極、これらの間の電流経路となり有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層、電流経路を通る電流を制御するゲート電極、並びに、活性層とゲート電極との間に配置される絶縁層を有するトランジスタの製造方法であって、半導体膜を延伸して配向させる工程と、半導体膜を、加熱及び／又は加圧しながら絶縁層と貼りあわせて、活性層を得る工程とを含むことを特徴としてもよい。

【００１５】

これらのトランジスタの製造方法でも、半導体膜を延伸等することによって配向された活性層を容易に形成することができ、また、貼り付けの際に加熱及び／又は加圧を行うことにより、活性層を絶縁層上に良好に形成することができる。これらによって、高いキャリア移動度を有するトランジスタを得ることが可能となる。

【００１６】

上記のトランジスタの製造方法においては、半導体膜を、絶縁層との間に施工液を介在させて当該絶縁層と貼りあわせることが好ましい。こうすることで、半導体膜と絶縁層との貼りあわせが更に良好に行われるため、加熱や加圧の条件を温和にしてトランジスタの変形や不良等の発生を一層低減することが可能となる。

【００１７】

また、本発明の製造方法により製造する上記構成のトランジスタは、ソース電極及び／又はドレイン電極と活性層との間に、有機半導体化合物とは異なる化合物からなる層を有するものであると好ましい。このような他の活性層を更に有することで、有機半導体化合物を含みキャリア輸送層として機能する活性層と、ソース及びドレイン電極との間の接触抵抗を低減してよりキャリア移動度を高めることが可能となる。

【００１８】

本発明はまた、上記本発明のトランジスタの製造方法により良好に得ることができるトランジスタを提供する。すなわち、本発明のトランジスタは、有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層を有し、この活性層は、延伸された半導体膜からなり、且つ、半導体膜が活性層を形成させる面に加熱及び／又は加圧をしながら貼り付けられて形成されたものであることを特徴とする。

【００１９】

かかるトランジスタにおける活性層は、延伸された半導体膜からなるため、所定の配向を有した状態となっている。また、活性層が、活性層が形成される面に対して加熱や加圧をしながら半導体膜を貼り付けて形成されたものであるため、この活性層は、上記面に対

する密着性が良好なものとなる。したがって、このような活性層を有する上記本発明のトランジスタは、キャリア移動度が高く、層間密着性が高く、優れたトランジスタ特性を発揮し得るものとなる。

【００２０】

本発明のトランジスタは、有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層を有し、この活性層が、配向された半導体膜からなり、且つ、半導体膜が活性層を形成させる面に加熱及び／又は加圧をしながら貼り付けられて形成されたものであってもよい。

【００２１】

また、有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層を有し、活性層は、延伸して配向された半導体膜からなり、且つ、半導体膜が活性層を形成させる面に加熱及び／又は加圧をしながら貼り付けられて形成されたものであってもよい。

【００２２】

これらのトランジスタも、配向を有しており、しかも隣接面に対する密着性に優れた活性層が良好に形成されたものであることから、キャリア移動度が高く、層間密着性が高く、優れたトランジスタ特性を発揮し得るものとなる。また、これらのトランジスタも上記と同様に施工液を介した貼り付けにより活性層が形成されたものであると好ましい。

【００２３】

上記本発明のトランジスタとしては、例えば、下記の構成を有するものが特に好適である。すなわち、ソース電極及びドレイン電極、これらの間の電流経路となり有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層、電流経路を通る電流を制御するゲート電極、並びに、活性層とゲート電極との間に配置される絶縁層を有し、活性層は、延伸された半導体膜からなり、且つ、半導体膜を加熱及び／又は加圧をしながら絶縁層と貼りあわせることで形成されたものであると好ましい。

【００２４】

また、ソース電極及びドレイン電極、これらの間の電流経路となり有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層、電流経路を通る電流を制御するゲート電極、並びに、活性層とゲート電極との間に配置される絶縁層を有し、活性層は、配向された半導体膜からなり、且つ、半導体膜を加熱及び／又は加圧をしながら絶縁層と貼りあわせることで形成されたものであってもよい。

【００２５】

さらに、ソース電極及びドレイン電極、これらの間の電流経路となり有機半導体化合物を含む半導体膜からなる活性層、電流経路を通る電流を制御するゲート電極、並びに、活性層とゲート電極との間に配置される絶縁層を有し、活性層は、延伸により配向された半導体膜からなり、且つ、半導体膜を、加熱及び／又は加圧しながら絶縁層と貼りあわせることで形成されたものであってもよい。

【００２６】

これらのトランジスタも、上記本発明のトランジスタと同様、配向を有しており、しかも隣接面に対する密着性に優れた活性層を有していることから、キャリア移動度が高く、層間密着性が高く、これにより優れたトランジスタ特性を発揮し得るものとなる。また、これらのトランジスタも、施工液を用いた貼りあわせにより活性層が形成されたものであると好ましい。さらに、ソース電極及び／又はドレイン電極と活性層との間に、有機半導体化合物とは異なる化合物からなる層を有すると一層好ましい。

【００２７】

また、本発明は、上記本発明のトランジスタを有する半導体装置を提供する。このような半導体装置は、上記本発明のトランジスタによる優れたトランジスタ特性により、良好な特性を発現し得るものとなる。

【発明の効果】

【００２８】

本発明によれば、簡便な方法によって配向を有する活性層を形成でき、優れたキャリア移動度を有するトランジスタが得られるトランジスタの製造方法、及び、配向を有する活

性層を備え、高いキャリア移動度を有する有機トランジスタを提供することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２９】

以下、図面を参照して本発明の好適な実施形態について説明する。なお、図面の説明において、同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面は理解を容易にするために一部を誇張して描いており、寸法比率は説明のものと必ずしも一致しない。

【００３０】

以下、トランジスタ及びその製造方法の好適な実施形態について説明するが、本発明は、電流を増幅またはスイッチ動作させる半導体素子であり、有機半導体化合物を含有する活性層を備えるトランジスタであれば特に制限なく適用できる。そして、トランジスタは、活性層と、この活性層と隣接する他の層とを少なくとも備えた構成を有しており、活性層は上記他の層における当該活性層を形成させる面上に形成されたものである。このようなトランジスタとしては、バイポーラトランジスタ、静電誘導型トランジスタ、電界効果型トランジスタ等が挙げられる。

【００３１】

そして、以下の説明では、特に、ソース電極及びドレイン電極、これらの電極間の電流経路となり有機半導体化合物を含有する活性層、電流経路を通る電流を制御するゲート電極、並びに、必要に応じて活性層とゲート電極との間に配置された絶縁層を備えるトランジスタ及びその製造方法について説明する。このような構成を有するトランジスタとしても、例えば、電界効果トランジスタの場合、プレーナ型、逆スタガ型、スタガ型等の種々の構造のものが挙げられる。

【００３２】

まず、図１～図６を参照して、第１～第６実施形態のトランジスタの構成について説明する。

【００３３】

図１は、第１実施形態に係るトランジスタの模式断面図である。図１に示すトランジスタ１００は、基板１０と、基板１０上に形成されたゲート電極１２と、ゲート電極１２を覆うようにして基板１０上に形成された絶縁層１４と、絶縁層１４上に形成されたソース電極１６及びドレイン電極１８と、ソース電極１６及びドレイン電極１８を覆うように絶縁層１４上に形成された活性層２０と、を備えるものである。

【００３４】

図２は、第２実施形態に係るトランジスタの模式断面図である。図２に示すトランジスタ１０５は、ゲート電極１２と、ゲート電極１２上に形成された絶縁層１４と、絶縁層１４上に形成されたソース電極１６及びドレイン電極１８と、ソース電極１６及びドレイン電極１８を覆うように絶縁層１４上に形成された活性層２０と、を備えるものである。なお、このトランジスタ１０５におけるゲート電極１２は、上記第１実施形態のトランジスタ１００における基板１０の機能も兼ねるものである。

【００３５】

図３は、第３実施形態に係るトランジスタの模式断面図である。図３に示すトランジスタ１１０は、ゲート電極１２と、ゲート電極１２の両面に形成された絶縁層１４と、一方の絶縁層１４上に形成されたソース電極１６及びドレイン電極１８と、ソース電極１６及びドレイン電極１８を覆うように絶縁層１４上に形成された活性層２０と、活性層２０上に形成された支持フィルム５２と、を備えるものである。このトランジスタ１１０におけるゲート電極１２は、上記第１実施形態のトランジスタ１００における基板１０の機能も兼ねるものである。

【００３６】

図４は、第４実施形態に係るトランジスタの模式断面図である。図４に示すトランジスタ１１５は、ゲート電極１２と、ゲート電極１２上に形成された絶縁層１４と、絶縁層１

４上に形成された活性層２０と、活性層２０上に形成されたソース電極１６及びドレイン電極１８と、を備えるものである。

【００３７】

図５は、第５実施形態に係るトランジスタの模式断面図である。このトランジスタ１２０は、静電誘導型有機薄膜トランジスタである。図５に示すトランジスタ１２０は、基板１０と、基板１０上に形成されたソース電極１６と、ソース電極１６上に形成された活性層２０と、活性層２０上に複数（ここでは４つ）形成されたゲート電極１２と、これらのゲート電極１２を覆うように活性層２０上に形成された活性層２４と、この活性層２４上に形成されたドレイン電極１８と、を備えるものである。このトランジスタ１２０において、２つの活性層２０及び２４は、同一の材料により構成される層であってもよく、異なる材料によって構成された層であってもよい。

【００３８】

図６は、第６実施形態に係るトランジスタの模式断面図である。このトランジスタ１２５は、基板１０と、基板１０上に形成されたソース電極１６及びドレイン電極１８と、これらのソース電極１６及びドレイン電極１８を覆うように基板１０上に形成された活性層２０と、活性層２０上に形成された絶縁層１４と、絶縁層１４上に形成されたゲート電極１２と、を備えるものである。

【００３９】

上述した第１～第４及び第６実施形態に係るトランジスタにおいては、いずれも、活性層２０は、有機半導体化合物を含有する層であり、ソース電極１６とドレイン電極１８の間の電流通路（チャネル）となる。また、ゲート電極１２は、電圧を印加することにより活性層２０における電流通路（チャネル）を通る電流を制御する。

【００４０】

また、第５実施形態に係るトランジスタにおいては、活性層２０及び２４が、有機半導体化合物を含有し、ソース電極１６とドレイン電極１８との間の電流通路となる。ゲート電極１２は、上記と同様に電流通路を通る電流を制御する。

【００４１】

以下、上記各実施形態のトランジスタの製造方法を、トランジスタの更に詳細な構成とともに説明する。

【００４２】

（第１実施形態のトランジスタの製造方法）

まず、第１実施形態のトランジスタの製造方法について説明する。図７は、第１実施形態に係るトランジスタの製造方法を示す工程図である。この製造方法では、まず、基板１０と、基板１０上に形成されたゲート電極１２と、ゲート電極１２を覆うようにして基板１０上に形成された絶縁層１４と、絶縁層１４上に形成されたソース電極１６及びドレイン電極１８とを備える素子基板３０を準備する（図７（ａ））。また、これとは別に、有機半導体化合物を含有する活性層２０となるべき半導体膜２２を準備する（図７（ｂ））。

【００４３】

基板１０としては、電界効果トランジスタとしての特性を阻害しないものが用いられ、シリコン基板、ガラス基板、プラスチック基板やステンレスホイル基板が挙げられる。絶縁層１４は、電気の絶縁性が高い材料からなるものであり、例えば、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化タンタル、絶縁性ポリマー等を用いることができる。ここで、絶縁性ポリマーとしては、ポリイミド、ポリ（ビニルフェノール）、ポリエステル、メタクリル樹脂、ポリカーボネイト、ポリスチレン、パリレン等が挙げられる。

【００４４】

絶縁層１４は、その表面が種々の方法により物理的・化学的に修飾されていてもよい。物理的な修飾方法としては、例えば、オゾンＵＶやO_2プラズマによる処理が挙げられる。また、化学的な修飾方法としては、例えば、シランカップリング剤等の表面処理剤による処理が挙げられる。表面処理剤としては、アルキルクロロシラン類、アルキルアルコキ

シシラン類、フッ素化アルキルクロロシラン類、フッ素化アルキルアルコキシシラン類、ヘキサメチルジシラザン等のシリルアミン化合物等が挙げられる。この表面処理は、例えば、上記表面処理剤の溶液や気体に絶縁層１４を接触させ、表面処理剤を絶縁層１４の表面に吸着させることで行うことができる。表面処理前には、絶縁層１４の表面処理を行う面を、オゾンＵＶやO_2プラズマで処理しておくこともできる。

【００４５】

基板１０上への絶縁層１４の形成方法としては、例えば、プラズマＣＶＤ法、熱蒸着法、熱酸化法、陽極酸化法、スピンコート法、キャスティング法、マイクログラビアコート法、グラビアコート法、バーコート法、ロールコート法、ワイヤーバーコート法、ディップコート法、スプレーコート法、スクリーン印刷法、フレキソ印刷法、オフセット印刷法、インクジェット印刷法等の方法が挙げられる。

【００４６】

ゲート電極１２、ソース電極１６及びドレイン電極１８は、導電性材料から構成される。導電性材料としては、アルミニウム、金、白金、銀、銅、クロム、ニッケル、チタン等の金属、ＩＴＯ等の導電性酸化物、ポリ（３，４－エチレンジオキシチオフェン）とポリスチレンスルホン酸の混合高分子等の導電性高分子が例示される。また、金属微粒子、カーボンブラック、グラファイト微粉がバインダー中に分散した導電性材料でもよい。

【００４７】

上記構成を有する素子基板３０は、公知のトランジスタの製造方法により製造することができ、例えば、米国特許６１０７１１７号明細書に記載された方法が適用できる。

【００４８】

一方、活性層２０となるべき半導体膜２２は、有機半導体化合物のみから構成されるものでもよく、有機半導体化合物以外の添加成分を更に含有するものでもよい。有機半導体化合物としては、低分子有機半導体化合物や高分子有機半導体化合物が挙げられる。添加成分としては、ドーパント、活性層２０内のキャリアを調整する調整材料、半導体膜の機械的特性を高めるための高分子材料等が挙げられる。なお、半導体膜２２は、複数種の有機半導体化合物や、複数種の添加成分を含むものであってもよい。有機半導体化合物としては、良好な成膜性を得る観点からは、低分子有機半導体化合物よりも高分子有機半導体化合物の方が好ましい。

【００４９】

低分子有機半導体化合物や高分子有機半導体化合物としては、例えば、下記に例示される化合物がそれぞれ挙げられる。なお、本発明のトランジスタにおける活性層２０に含まれる有機半導体化合物は、必ずしも以下に例示したものには限定されない。

【００５０】

低分子有機半導体化合物としては、アントラセン、テトラセン、ペンタセン、ベンゾペンタセン、ジベンゾペンタセン、テトラベンゾペンタセン、ナフトペンタセン、ヘキサセン、ヘプタセン、ナノアセン等のポリアセン化合物；フェナントレン、ピセン、フルミネン、ピレン、アンタンスレン、ペロピレン、コロネン、ベンゾコロネン、ジベンゾコロネン、ヘキサブンゾコロネン、ベンゾジコロネン、ビニルコロネン等のコロネン化合物；ペリレン、テリレン、ジペリレン、クオテリレン等のペリレン化合物；トリナフチン、ヘプタフェン、オバレン、ルビセン、ビオラントロン、イソビオラントロン、クリセン、サーカムアントラセン、ビスアンテン、ゼスレン、ヘプタゼスレン、ピランスレン、ビオランテン、イソビオランテン、ビフェニル、トリフェニレン、ターフェニル、クォターフェニル、サーコビフェニル、ケクレン、フタロシアニン、ポルフィリン、フラーレン（Ｃ６０、Ｃ７０）、テトラチオフルバレン化合物、キノン化合物、テトラシアノキノジメタン化合物、ポリチオフェンのオリゴマー、ポリピロールのオリゴマー、ポリフェニレンのオリゴマー、ポリフェニレンビニレンのオリゴマー、ポリチエニレンビニレンのオリゴマー、チオフェンとフェニレンとの共重合体オリゴマー、チオフェンとフルオレンとの共重合体オリゴマー等が挙げられる。また、これらの低分子有機半導体化合物の誘導体を用いることもできる。このようなものとしては、例えば、テトラセンのベンゼン環付加誘導体のル

ブレンなどがある。また、フラーレン類の共役系を拡張したカーボンナノチューブ等も例示できる。

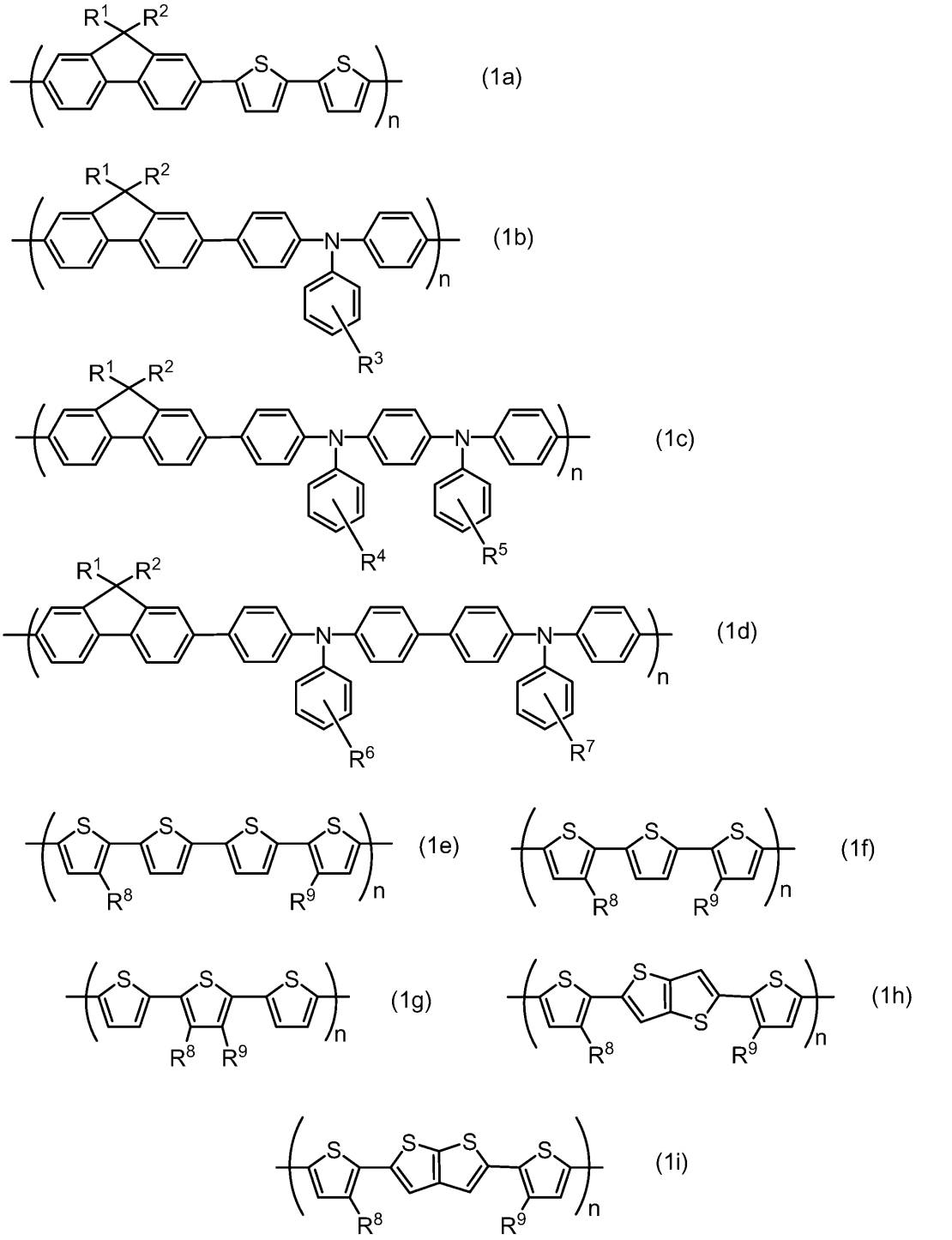
【００５１】

また、高分子有機半導体化合物としては、ポリチオフェン、ポリフェニレン、ポリアニリン、ポリフェニレンビニレン、ポリチエニレンビニレン、ポリアセチレン、ポリジアセチレン、ポリトリフェニルアミン、トリフェニルアミンとフェニレンビニレンとの共重合体、チオフェンとフェニレンとの共重合体、チオフェンとフルオレンとの共重合体等が挙げられる。また、これらの高分子有機半導体化合物の誘導体を用いることもできる。このようなものとしては、例えば、ポリチオフェンのアルキル置換体のポリ（３－ヘキシルチオフェン）等が例示できる。

【００５２】

高分子有機半導体化合物としては、具体的には、下記のような構造を有するものが例示できる。

【化１】



【００５３】

上記式（１ａ）～（１ｉ）中、R^1、R^2、R^3、R^4、R^5、R^6、R^7、R^8及びR^9は、それぞれ独立に、アルキル基、アルコキシ基、アルキルチオ基、アリール基、アリールオキシ基、アリールチオ基、アリールアルキル基、アリールアルコキシ基、アリールアルキルチオ基、アリールアルケニル基、アリールアルキニル基、アミノ基、置換アミノ基、シリル基、置換シリル基、シリルオキシ基、置換シリルオキシ基、１価の複素環基、ハロゲン原子又はシアノ基を表す。ｎは１以上の整数である。

【００５４】

有機半導体化合物以外の添加成分であるドーパントとしては、アクセプター性のドーパ

ントとドナー性のドーパントが挙げられる。

【００５５】

まず、アクセプター性のドーパントとしては、ヨウ素、臭素、塩素、塩化ヨウ素、臭素化ヨウ素等のハロゲン；硫酸、無水硫酸、二酸化硫黄、硫酸塩等の酸化硫黄化合物；硝酸、二酸化窒素、硝酸塩等の酸化窒素化合物；過塩素酸、次亜塩素酸等のハロゲン化化合物；テトラフルオロホウ酸、テトラフルオロホウ酸塩、リン酸、リン酸塩、トリフルオロ酢酸等の酸又はその塩；テトラシアノキノジメタン、テトラクロロテトラシアノキノジメタン、テトラフルオロテトラシアノキノジメタン、テトラシアノエチレン、ジクロロシアノエチレン、ジクロロジシアノキノン、テトラクロロキノン、炭酸ガス、酸素等が例示できる。

【００５６】

また、ドナー性のドーパントとしては、テトラチアフルバレン、テトラメチルテトラチアフルバレン、テトラセレナチアフルバレン；ジフェニルフェニレンジアミン、テトラフェニルフェニレンジアミン、テトラフェニルジアミノジフェニル、ポリビニルカルバゾール等のアミン化合物；アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属やこれらの金属と有機化合物との錯体等が例示できる。

【００５７】

その他、活性層２０内のキャリアを調整する調整材料としては、導電性を有する材料、例えば、アルミ、鉄、銅、ニッケル、亜鉛、銀、白金、金等の遷移金属やこれらの微粒子が挙げられる。

【００５８】

さらに、半導体膜２２の機械的特性を高めるための高分子材料としては、ポリカーボネイト、ポリアクリレート、ポリメチルアクリレート、ポリメチルメタクリレート、ポリスチレン、ポリ塩化ビニル、ポリシロキサン等が挙げられる。

【００５９】

このような半導体膜２２の製造においては、例えば、まず、有機半導体化合物、又は、有機半導体化合物及びこれ以外の添加成分を、有機溶媒に溶解・分散させて溶液とする。次いで、この溶液を、例えば、ポリテトラフルオロエチレン樹脂板上に塗布した後、有機溶媒を揮発させる。これにより、半導体膜２２が得られる。なお、この半導体膜２２を使用する際には、ポリテトラフルオロエチレン樹脂板から半導体膜２２を剥離することが好ましい。

【００６０】

半導体膜２２を製造するための溶液に用いる有機溶媒としては、クロロホルム、塩化メチレン、ジクロロエタン、トリクロロベンゼン等の塩素系溶媒；テトラヒドロフラン等のエーテル系溶媒；トルエン、キシレン、メシチレン、テトラリン、デカリン、ｎ－ブチルベンゼン等の芳香族炭化水素系溶媒；アニソール等のアルコキシ基を有する芳香族系溶媒等が挙げられる。

【００６１】

また、溶液の塗布方法としては、スピンコート法、キャスティング法、マイクログラビアコート法、グラビアコート法、バーコート法、ロールコート法、ワイヤーバーコート法、ディップコート法、スプレーコート法、スクリーン印刷法、フレキソ印刷法、オフセット印刷法、インクジェット印刷法等が例示できる。

【００６２】

第１実施形態のトランジスタの製造方法では、上記構成の半導体膜２２を形成した後、得られた半導体膜２２を延伸する。半導体膜２２の延伸方法としては、１軸延伸、２軸延伸、液中膨潤延伸、ロールを用いた延伸などの方法が例示される。

【００６３】

１軸延伸は、四角形にした半導体膜２２の１対の対辺をそれぞれチャックにはさみ、反対方向に引張り伸ばす方法である。このとき、室温で引っ張ってもよく、適度に加熱しながら引っ張ってもよい。また、引張りは、窒素ガスなどの特定のガス雰囲気下で行うこと

もできる。

【００６４】

また、２軸延伸は、四角形にした半導体膜２２の２対の対辺をそれぞれチャックにはさみ、同時に、または、逐次に、２つの対辺方向にフィルムを引張り伸ばす方法である。このとき、室温で引っ張ってもよく、適度に加熱しながら引っ張ってもよい。また、引張りは、窒素ガスなどの特定のガス雰囲気下で行うこともできる。

【００６５】

さらに、液中膨潤延伸とは、半導体膜２２が溶解せずに膨潤する適当な溶液に、半導体膜２２を浸し、その中で上記１軸延伸や２軸延伸によってフィルムを引っ張り伸ばす方法である。この場合、引っ張りは、室温で行ってもよく、適度に加熱しながら行ってもよい。

【００６６】

このような延伸により、半導体膜２２を構成している有機半導体化合物が、延伸方向に整列されて一定の方法に並ぶこととなる。つまり、上記延伸によって、半導体膜２２が延伸方向に配向される。このように配向された半導体膜２２からなる活性層２０は、キャリア移動度が高いものとなる。したがって、延伸された半導体膜２２から形成した活性層２２を有するトランジスタ１００（後述のトランジスタ１０５、１１０、１１５、１２０、１２５も同様）は、キャリア移動度の点で優れたトランジスタ特性を有するものとなる。

【００６７】

本実施形態では、このように延伸した半導体膜２２を得た後、この延伸後の半導体膜２２を、素子基板３０における絶縁層１４と、加熱及び／又は加圧を行いながら貼りあわせる貼付工程を実施する（図７（ｃ））。この絶縁層１４における半導体膜２２が貼り付けられる面が、活性層２０を形成させる面に該当する。かかる貼りあわせの具体的な方法としては、特に制限されないが、例えば、まず、半導体膜２２を、ソース電極１６及びドレイン電極１８が形成されている絶縁層１４上にのせる。次いで、絶縁層１４上にのせられた半導体膜２２を、加熱及び／又は加圧して、絶縁層１４に密着させる。

【００６８】

貼付工程では、加熱及び加圧のいずれか一方のみを行ってもよく、両方を行ってもよい。また、両方を行う場合、加熱及び加圧を同時に行ってもよく、いずれか一方を先に行い、他方を後に行うようにしてもよい。さらに、貼付工程では、密着性の更なる向上のため、減圧下で貼りあわせを行ってもよい。また、大気下で加熱等を行った場合は、有機半導体化合物の種類によっては酸化される等の好ましくない特性変化を生じる場合がある。そこで、貼付工程は、必要に応じて、減圧下のほか、窒素雰囲気下、遮光下等の光、水分、酸素等がコントロールされた環境下で行ってもよい。

【００６９】

ただし、加熱や加圧は、過剰な条件で行うと、半導体膜２２の特性（例えば配向性）等に変化が生じて、所望の特性を有する活性層２０が得られ難くなるおそれがある。したがって、加熱や加圧は適度な条件で行うことが好ましい。好適な加熱条件としては、室温以上であって、半導体膜２２やこれと貼りあわせる絶縁層１４、或いは素子基板３０等に変形が生じない程度の温度条件が挙げられる。例えば、半導体膜２２が高分子有機半導体化合物からなる場合は、その液晶相又は等方相転移温度以下の温度が好ましい。一方、半導体膜２２が低分子有機化合物からなる場合は、その融点以下の温度が好ましい。なお、これらを超える温度であっても、上記の不都合を生じない程度の短時間の加熱であれば実施することができる。

【００７０】

また、加圧は、半導体膜２２と絶縁層１４との積層方向に行うが、例えば、半導体膜２２の上から荷重をかけるようにしてもよく、ロールを用いて半導体膜２２と素子基板３０の全体を加圧するようにしてもよい。加圧の際の圧力は、半導体膜２２や、素子基板３０を構成している絶縁層１４、基板１０、ソース電極１６やドレイン電極１８の変形や不良が発生しない程度とすることが好ましい。

【００７１】
また、貼付工程においては、半導体膜２２と絶縁層１４との間に施工液を介在させてもよい。施工液としては、絶縁層１４と半導体膜２２の両方を濡らすことができる性質を有する液状の物質（液体）を用いる。これにより、半導体膜２２と絶縁層１４とが良好に濡らされ、両者の密着性を更に向上させることができるようになる。
【００７２】
このような施工液としては、絶縁層１４の活性層２０を形成させる面との接触角が１２０度以下となるものが好ましく、９０度以下となるものがより好ましく、６０度以下となるものがさらに好ましい。ここで、「接触角」とは、空気中で絶縁層１４上に施工液の液滴を形成させた場合に、これら3相の接触点から施工液に引いた接線と絶縁層１４の表面とのなす角のうち、施工液を含む方の角度をいう。
【００７３】
好適な施工液は、絶縁層１４の種類（絶縁層１４との接触角）に応じて適宜選択することが望ましい。例えば、絶縁層１４の表面が酸化シリコン（SiO_2等）である場合や、アルキルトリクロロシラン（オクタデシルトリクロロシラン等）で修飾された酸化シリコンである場合、窒化シリコンである場合、有機系絶縁膜である場合等は、施工液としては、メタノール、エタノール、イソプロパノール等の炭素数１～８のアルコール系溶媒、アセトン等のケトン系溶媒、ジエチルエーテル等のエーテル系溶媒、クロロホルム等のハロゲン系溶媒（より好ましくはアルコールなどを混合したもの）、トルエン等の芳香族炭化水素系溶媒（より好ましくはアルコールなどを混合したもの）、ヘキサン、ヘプタン、オクタン等の脂肪族炭化水素系溶媒、水（より好ましくは界面活性剤を含有するもの）、アセトニトリル等のニトリル系溶媒、酢酸エチル等のエステル系溶媒、アンモニア水等のアミン系化合物を含む溶媒等が好適である。
【００７４】
施工液は、絶縁層１４に対する濡れ性を調節するための界面活性剤等の添加物や、活性層２０によるトランジスタ特性を調節し得るドーパント、活性層２０中のキャリアの濃度を調節するための材料等を更に含んでいてもよい。なお、施工液として例示した上記の溶媒は、単独で用いてもよく、２種又はそれ以上を混合して用いてもよい。
【００７５】
半導体膜２２と絶縁層１４との間に施工液を介在させて、これらを貼りあわせる方法としては、例えば、半導体膜２２及び絶縁層１４のうちの一方の表面上に施工液を塗布した後、他方をこの施工液上に積層する方法が挙げられる。また、これ以外の方法としては、半導体膜２２と絶縁層１４との間を所定のギャップ（隙間）を隔てて保持しておき、このギャップ中に施工液を注入する方法等も例示できる。これらの方法において、施工液が、上述したように絶縁層１４との接触角が１２０度以下となるものであると、絶縁層１４の表面を効率よく濡らすことが可能となり、貼りあわせを一層良好に行うことが可能となる。
【００７６】
なお、施工液を介した貼りあわせの際には、半導体膜２２の全てが施工液中に溶出しないようにする。半導体膜２２の全てが溶出してしまうと、均一な活性層２０を形成することが困難となるからである。半導体膜２２の溶出を避けるためには、施工液として、半導体膜２２の溶解度パラメータ（ＳＰ値）とは異なる溶解度パラメータを持つものを用いることが好ましい。なお、貼りあわせにおいて、半導体膜２２は全てが溶解していなければよく、一部溶解が生じていても問題はない。
【００７７】
そして、以上の方法で貼付工程を実施した後、施工液を用いた場合は、この施工液中の不要な揮発成分を除去する除去工程を実施する。これにより、半導体膜２２と絶縁層１４とが密着し、第１実施形態のトランジスタ１００が得られる（図７（ｄ））。なお、この除去工程において、施工液は全て除去してもよく、一部が残るようにしてもよい。例えば、絶縁層１４と活性層２０との接着性が良好に保たれるのであれば、施工液を全て除去し

てもよい。

【００７８】

トランジスタ１００における活性層２０の厚さは、１０ｎｍ以上であると好ましく、４０ｎｍ以上であるとより好ましく、２００ｎｍ以上であると更に好ましい。活性層２０の厚さが１０ｎｍ以上であると、十分良好なトランジスタ特性が得られるようになり、更に厚い活性層２０とすることで、一層移動度の高いトランジスタが得られ易くなる。また、活性層２０の厚さを厚くすることで、製造時に受ける物理的損傷等による不都合を生じ難くなる傾向にある。所望の厚さの活性層２０を得るには、半導体膜２２の段階で厚さを適宜調整しておくことが好ましい。なお、活性層の好適な厚さは、下記の第２及び第３実施形態のトランジスタにおいても同様である。

【００７９】

以上の第１実施形態のトランジスタの製造方法においては、半導体膜２２の延伸後、これを絶縁層１４と貼りあわせたが、本発明のトランジスタの製造方法はこれに限定されず、半導体膜２２を絶縁層１４と貼りあわせた後に、この半導体膜２２の延伸を行うようにしてもよい。この場合、例えば、半導体膜２２を絶縁層１４と貼りあわせた後、半導体膜２２が貼り付けられた積層基板３０全体を延伸させることで、貼りあわせ後の半導体膜２２の延伸を行うことができる。また、貼りあわせ前の延伸と、貼りあわせ後の延伸の両方を行ってもよい。

【００８０】

ここで、本発明においては、半導体膜２２を延伸させた後に、これを絶縁層１４と貼りあわせることがより好ましい。この場合、あらかじめ半導体膜２２の延伸を行うことによって、この半導体膜２２の配向性を適度に調整することができるようになる。また、本発明では、貼付工程において加熱及び／又は加圧を行っていることから、延伸の操作により半導体膜２２の絶縁層１４等に対する密着性を阻害する要因（半導体膜２２の歪み等）が生じていたとしても、絶縁層１４に対して良好に半導体膜２２を貼り付けることができる。

【００８１】

なお、上述の如く、優れたキャリア移動度を達成するには、半導体膜２２の延伸により当該膜に配向が生じていることが望ましいが、必ずしも配向が生じていなくてもよい。延伸によって半導体膜２２が好適な形状になるなど、配向以外の要因によってもトランジスタのキャリア移動度が向上する場合がある。

【００８２】

（第２実施形態のトランジスタの製造方法）

次に、第２実施形態に係るトランジスタの好適な製造方法について説明する。

【００８３】

図８は、第２実施形態に係るトランジスタの製造方法を示す工程図である。この製造方法においては、まず、ゲート電極１２と、ゲート電極１２上に形成された絶縁層１４と、絶縁層１４上に形成されたソース電極１６及びドレイン電極１８とを備える素子基板３２を準備する（図８（ａ））。ここで、ゲート電極１２は、基板としての機能も兼ねるものである。このようなゲート電極１２としては、例えば、高濃度ドープシリコンやアルミ等の金属基板が好適である。絶縁層１４、ソース及びドレイン電極１６，１８は、上記第１実施形態と同様にして形成することができる。

【００８４】

また、素子基板３２の製造とともに、有機半導体化合物を含有する活性層２０となるべき半導体膜２２を準備する（図８（ｂ））。それから、第１実施形態と同様に半導体膜２２の延伸を行う。そして、半導体膜２２と素子基板３２における絶縁層１４とを、加熱及び／又は加圧を行いながら貼り合わせる貼付工程を行う（図８（ｃ））。この貼付工程において施工液を用いた場合は、必要に応じて施工液中の不要な揮発成分を除去する除去工程を更に行う。これにより、第２実施形態に係るトランジスタ１０５が得られる（図８（ｄ））。

【００８５】
この第２実施形態においても、半導体膜２２の延伸は、絶縁層１４との貼りあわせ前ではなく、貼りあわせ後に行ってもよい。この場合、未延伸の半導体膜２２を絶縁層１４と貼りあわせた後、半導体膜２２が貼り付けられた素子基板３２の全体を所定方向に延伸させる。
【００８６】
（第３実施形態のトランジスタの製造方法）
次に、第３実施形態に係るトランジスタの製造方法を説明する。
【００８７】
図９は、第３実施形態に係るトランジスタの製造方法を示す工程図である。この製造方法においては、活性層を形成するための材料として、半導体膜２２と支持フィルム５２とを貼りあわせた積層体を用いる。
【００８８】
すなわち、本実施形態では、まず、ゲート電極１２と、ゲート電極１２の両面に形成された絶縁層１４と、一方の絶縁層１４上に形成されたソース電極１６及びドレイン電極１８とを備える素子基板３４を準備する（図９（ａ））。また、これとは別に、第１実施形態における半導体膜２２に代えて、積層体５０（支持フィルム５２上に半導体膜２２を積層したもの）を準備する（図９（ｂ））。なお、素子基板３４における絶縁層１４、ソース電極１６及びドレイン電極１８は、上記第１実施形態と同様にして形成可能である。
【００８９】
積層体５０における支持フィルム５２は、無機材料、有機材料いずれからなるものであってもよい。例えば、ポリシロキサン、フッ素系樹脂、ポリエチレン、ポリプロピレン、メチルペンテン樹脂、ポリカーボネイト、ポリイミド、ポリアミド、塩化ビニル、塩化ビニリデン、アクリル樹脂、メタクリル樹脂、ポリスチレン、ナイロン、ポリエステル、ポリビニルアルコール等が例示できる。
【００９０】
ここで、半導体膜２２を絶縁層１４と貼りあわせる前に配向させる場合には、半導体膜２２単独で配向させる方法と、積層体５０の形成後に配向させる方法とが考えられる。後者の場合、支持フィルム５２としては、所定の配向操作に対応できるものが好ましい。このような支持フィルム５２としては、例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン、メチルペンテン樹脂、ポリカーボネイト、ポリイミド、ポリアミド、塩化ビニル、塩化ビニリデン、メタクリル樹脂、ナイロン、ポリエステル、ポリビニルアルコール等が好適である。
【００９１】
また、支持フィルム５２は、支持フィルム５２に積層した半導体膜２２との剥離を促進するような機能性を有する層を備えていてもよい。例えば、このような層としては、光を熱に変換する機能を有する層や熱により膨張する層等が挙げられる。これらの層は、熱によって支持フィルム５２と半導体膜２２との剥離を促進することができる。したがって、支持フィルム５２がこれらの層を有する場合、積層体５０と絶縁層１４とを貼りあわせる貼付工程の後、光の照射や加熱を行うことによって、容易に支持フィルム５２を活性層２０から剥離することができるようになる。
【００９２】
さらに、支持フィルム５２が、上記のような光を熱に変換する機能を有する層や熱により膨張する層を有する場合は、活性層２０のパターニングが容易となる場合がある。すなわち、例えば、積層体５０を絶縁層１４に貼り付けた後、半導体膜２２の所定部分に支持フィルム５２を介して光を照射したり、こてによる加熱を行ったりする。こうすると、半導体膜の光照射部分や加熱部分が絶縁層１４上に転写される一方、これ以外の部分は支持フィルム５２とともに剥離され易くなる。その結果、半導体膜２２の上記所定部分のみが絶縁層１４上に残り、これによりパターニングされた活性層２０が形成されることになる。
【００９３】

積層体５０は、例えば、支持フィルム５２とあらかじめ形成した半導体膜２２との貼り合わせや、支持フィルム５２への有機半導体化合物の直接的付与、支持フィルム５２への有機半導体化合物の溶液の直接的塗布により形成できる。支持フィルム５２への有機半導体化合物の直接的付与は、例えば、固体の有機半導体化合物の場合、支持フィルム５２上への有機半導体化合物の蒸着、溶融物のスプレーコート、昇華付与等により行うことができる。

【００９４】

また、支持フィルム５２への有機半導体化合物の溶液の直接的塗布は、例えば、スピンコート法、キャスティング法、マイクログラビアコート法、グラビアコート法、バーコート法、ロールコート法、ワイヤーバーコート法、ディップコート法、スプレーコート法、スクリーン印刷法、フレキソ印刷法、オフセット印刷法、インクジェット印刷法等により行うことができる。

【００９５】

半導体膜２２を、絶縁層１４への貼り付け前に配向させる場合は、積層体５０の状態で行うことができる。配向は、例えば、上述した第１実施形態と同様、１軸延伸、２軸延伸、液中膨潤延伸などにより行うことができる。この場合、半導体膜２２とともに支持フィルム５２も延伸されることとなる。

【００９６】

また、半導体膜２２を構成している有機半導体化合物が液晶性を有している場合は、延伸のほか、液晶の配向手法として知られているその他の方法で半導体膜２２の配向を行ってもよい。このような方法としては、例えば、「液晶の基礎と応用」（松本正一、角田市良共著、工業調査会１９９１年）第５章、「強誘電性液晶の構造と物性」（福田敦夫、竹添秀男共著、コロナ社、１９９０年）第７章、「液晶」第３巻第１号（１９９９年）３～１６頁等に記載の方法等が挙げられる。これらの配向方法は、前述の第１及び２実施形態や、後述の第４～第６実施形態においても、延伸に代えて行うことができる。

【００９７】

このような配向方法としては、例えば、ラビング法、光配向法、シェアリング法（ずり応力印加法）や引き上げ塗布法が簡便かつ有用で特に利用しやすい。

【００９８】

ラビング法とは、支持フィルム５２を布などで軽く擦る方法である。支持フィルム５２を擦る布としては、ガーゼやポリエステル、コットン、ナイロン、レーヨンなどの布を用いることができる。ラビングに用いる布は、配向させる膜にあわせて適宜選択することができる。この場合、支持フィルム５２上に別途配向膜を形成すると、より配向性能が高くなる。この配向膜としては、ポリイミド、ポリアミド、ポリビニルアルコール、ポリエステル、ナイロンなどが挙げられ、市販の液晶用配向膜も適用できる。配向膜はスピンコート法やフレキソ印刷などで形成することができる。

【００９９】

また、光配向法とは、支持フィルム５２上に配向膜を形成し、偏光ＵＶ光照射あるいはＵＶ光を斜入射照射することによって配向機能を持たせる方法である。配向膜としては、ポリイミド、ポリアミド、ポリビニルシンナメートなどが挙げられ、市販の液晶用配向膜も適用できる。

【０１００】

このようなラビング法や光配向法によって、上記の処理を施した支持フィルム５２上に積層された有機半導体化合物（半導体膜２２）を配向させることができる。この配向は、支持フィルム５２上において、有機半導体化合物が液晶相または等方相の温度となるようにすることで生じる。また、有機半導体化合物を、配向処理を施した後の支持フィルム５２上に付与することによっても、支持フィルム５２上に形成される半導体膜２２を配向させることができる。

【０１０１】

さらに、支持フィルム５２上に有機半導体化合物を塗布する場合、塗布を、有機半導体

化合物を支持フィルム５２上にのせ、そのＴｇ以上か或いは液晶相又は等方相を示すような温度に設定し、ロッドなどで一方向にコーティングすることにより行うことで、配向を生じさせることができる。また、有機半導体化合物を有機溶媒に溶解した溶液を調製し、これをスピンコートやフレキソ印刷などで塗布してもよい。なお、有機半導体化合物が液晶性を持たない場合であっても、蒸着が可能なものであれば、この有機半導体化合物を、配向処理をした支持フィルム５２上にエピタキシアル的に蒸着させることで、配向された有機半導体化合物からなる層（半導体膜２２）を得ることができる。

【０１０２】

また、シェアリング法とは、支持フィルム５２上にのせた有機半導体化合物の上に別の基板をのせ、有機半導体化合物が液晶相又は等方相になる温度下で上方の基板を一方向にずらす方法である。このとき、支持フィルム５２として、上記ラビング法や光配向法で記載したような配向処理を施した支持層を有するものを用いると、より配向度が高い半導体膜２２が得られる。上方の基板としては、ガラスや高分子フィルム等が挙げられ、金属製のロッド等でもよい。

【０１０３】

さらに、引き上げ塗布法とは、支持フィルム５２を有機半導体化合物の溶液に浸し、引き上げることで、配向した有機半導体化合物の層（半導体膜２２）を支持フィルム５２上に形成する方法である。有機半導体化合物の溶液に用いる有機溶剤や、支持フィルム５２の引き上げ速度等の条件は特に限定されないが、所望とする有機半導体化合物の配向度にあわせて選択、調整することが好ましい。

【０１０４】

以上、半導体膜２２の配向方法について幾つか説明したが、第１～第６実施形態のいずれにおいても、簡便性や有用性の観点から、配向は延伸によって行うことが好ましい。

【０１０５】

次いで、素子基板３４及び積層体５０を準備した後には、積層体５０と素子基板３４における絶縁層１４とを、加熱及び／又は加圧をしながら貼りあわせる貼付工程を実施する（図９（ｃ））。この加熱や加圧の条件は、第１実施形態と同様とすることができる。また、貼付工程は、上記加熱及び／又は加圧に加え、密着性の更なる向上や、施工液の除去の更なる促進のため、減圧条件下で行ってもよい。

【０１０６】

そして、第３実施形態のトランジスタの製造方法においても、例えば、貼付工程で施工液を用いた場合は、必要に応じてこの施工液中の不要な揮発成分を除去する除去工程を実施する。その結果、支持フィルム５２が活性層２０上に積層された状態の第３実施形態のトランジスタ１１０が得られる（図９（ｄ））。なお、このトランジスタ１１０の完成後、支持フィルム５２は除去してもよく、実用上問題なければそのまま積層させておいてもよい。支持フィルム５２を積層させておく場合は、この支持フィルム５２としては、活性層２０の特性を低下させる要因（物理的損傷、大気等によるガスの影響、帯電等）から保護できる機能を兼ね備えるものを適用することが好ましい。

【０１０７】

なお、半導体膜２２を配向させる工程と貼付工程とは、上述したようにどちらを先に実施してもよいが、特に延伸以外の方法によって半導体膜２２を配向させる場合は、先に半導体膜２２の配向を行った後に、この配向した半導体膜２２を用いて貼付工程を実施することが好ましい。こうすれば、所望の配向を有する活性層２０がより得られ易くなる傾向にある。

【０１０８】

（第４実施形態のトランジスタの製造方法）

次に、第４実施形態に係るトランジスタの製造方法を説明する。

【０１０９】

図１０は、第４実施形態に係るトランジスタの製造方法を示す工程図である。この製造方法においては、まず、ゲート電極１２と、この上に形成された絶縁層１４とを備える第

１の素子基板３６を準備する（図１０（ａ））。このゲート電極１２は、基板としての機能を兼ね備えるものである。ゲート電極１２及び絶縁層１４の構成及び製造方法は、第２実施形態等と同様にして行うことができる。

【０１１０】

また、第１の素子基板３６の製造とともに、有機半導体化合物を含有する活性層２０となるべき半導体膜２２を準備する（図１０（ｂ））。続いて、適宜、この半導体膜２２の延伸や、その他配向性を付与するための処理を行う。それから、半導体膜２２と第１の素子基板３６における絶縁層１４とを、加熱及び／又は加圧をしながら貼り合わせる貼付工程を行う（図１０（ｃ））。こうして、素子基板３６上に活性層２０が形成された第２の素子基板６０を形成する（図１０（ｄ））。この貼付工程では、半導体膜２２の代わりに、第３実施形態のような積層体５０を用いてもよい。この場合、貼り付け後、積層体５０における支持フィルム５２を除去してから次の操作を行う。

【０１１１】

そして、この第２の素子基板６０における活性層２０上に、第１実施形態等と同様にしてソース電極１６及びドレイン電極１８を形成し、これにより第４実施形態に係るトランジスタ１１５を得る（図１０（ｅ））。

【０１１２】

この第４実施形態のトランジスタの製造においても、半導体膜２２の延伸やその他の配向操作は、半導体膜２２の貼り付け前に行ってもよく、貼り付け後に行ってもよい。

【０１１３】

（第５実施形態のトランジスタの製造方法）

次に、第５実施形態に係るトランジスタの好適な製造方法について説明する。

【０１１４】

図１１及び図１２は、第５実施形態に係るトランジスタの製造方法を示す工程図である。この製造方法では、まず、基板１０と、この上に形成されたソース電極１６を備える第１の素子基板３８を準備する（図１１（ａ））。

【０１１５】

また、これとは別に、有機半導体化合物を含有する活性層２０となるべき半導体膜２２を準備し（図１１（ｂ））、この半導体膜２２に対して延伸やその他の配向操作を行う。それから、この半導体膜２２と第１の素子基板３８におけるソース電極１６とを、加熱及び／又は加圧しながら貼り合わせる第１の貼付工程を行う（図１１（ｃ））。かかる第１の貼付工程は、第１実施形態等と同様にして実施することができる。そして、半導体膜２２を第１の素子基板３８に密着させ、この半導体膜２２から活性層２０を形成する（図１１（ｄ））。

【０１１６】

次に、第１の素子基板３８上に形成された活性層２０上に、複数（ここでは４つ）のゲート電極１２を形成し、これにより第２の素子基板６２を得る（図１１（ｅ））。このゲート電極１２も、第１実施形態等と同様のものを適用できる。

【０１１７】

この第２の素子基板６２（図１２（ｅ））とともに、有機半導体化合物を含有する活性層２４となるべき半導体膜２６を別に準備する（図１２（ｆ））。この半導体膜２６についても、適宜、延伸やその他の配向操作を行う。この半導体膜２６を構成する有機半導体化合物としては、上記の活性層２０と同様のものを適用してもよく、異なるものを適用してもよい。

【０１１８】

それから、この半導体膜２６と、第２の積層基板６２における活性層２０とを、加熱及び／又は加圧しながら貼りあわせる第２の貼付工程を実施する（図１２（ｇ））。これにより、半導体膜２６が、活性層２０上にゲート電極１２を覆うようにして貼り付けられる。この第２の貼付工程も、第１実施形態等と同様に行うことができる。なお、第１及び第２の貼付工程では、上述した実施形態と同様に施工液を用いることができるが、これらの

工程での施工液は、同じものを使用してもよく、異なるものを使用してもよい。

【０１１９】

上記の第２の貼付工程により、半導体膜２６を、ゲート電極１２を挟むように活性層２０に対して密着させ、活性層２４を形成させる（図１２（ｈ））。こうして形成された活性層２４上に、第１実施形態等と同様にしてドレイン電極１８を形成し、これにより第５実施形態に係るトランジスタ１２０を得る（図１２（ｉ））。なお、この第５実施形態のトランジスタの製造工程において、活性層２０及び２４のうちのどちらか一方は、例えば、特開２００４－００６４７６号公報に記載のような方法によって形成してもよい。また、第１や第２の貼付工程では、半導体膜２２の代わりに、第３実施形態のような積層体５０を用いてもよい。この場合、貼り付け後、積層体５０における支持フィルム５２を除去してからその後の操作を行う。

【０１２０】

上記第５実施形態のトランジスタの製造方法では、活性層２０及び２４を形成するための半導体膜２２及び２６の両方について延伸等の配向操作を行ったが、これに限定されず、少なくとも一方の半導体膜について延伸等の処理を行えば、キャリア移動度の向上を図ることができる。また、本実施形態では、各貼付工程において、未延伸の半導体膜２２，２６をそれぞれ貼り付けた後に、これらを貼り付けた後の基板（例えば、第１の素子基板３８や第２の素子基板６２）に対して延伸等の配向操作を行ってもよい。さらに、一方の半導体膜は延伸前に貼り付け、他方の半導体膜は延伸後に貼り付けるようにしてもよい。

【０１２１】

（第６実施形態のトランジスタの製造方法）

次に、第６実施形態に係るトランジスタの好適な製造方法について説明する。

【０１２２】

図１３及び図１４は、第６実施形態に係るトランジスタの製造方法を示す工程図である。この製造方法においては、まず、基板１０と、この上にソース電極１６及びドレイン電極１８を備える素子基板６４を準備する（図１３（ａ））。このソース電極１６及びドレイン電極１８は、第１実施形態等と同様の方法で形成することができる。

【０１２３】

また、素子基板６４の製造とともに、有機半導体化合物を含有する活性層２０となるべき半導体膜２２を準備する（図１３（ｂ））。続いて、この半導体膜２２に、適宜上述したような延伸やその他の配向性を付与するための操作を行う。そして、延伸又は配向後の半導体膜２２と、素子基板６４における基板１０とを、加熱及び／又は加圧しながら貼り合わせる貼付工程を行う（図１３（ｃ））。これにより、基板１０上に、ソース電極１６及びドレイン電極１８を覆うように活性層２０が形成される（図１３（ｄ））。

【０１２４】

それから、この活性層２０上に、第１実施形態等と同様にして絶縁層１４を形成する（図１４（ｅ））。そして、このようにして形成された絶縁層１４上に、第１実施形態と同様にしてゲート電極１２を形成し、これにより第６実施形態に係るトランジスタ１２５を得る（図１４（ｆ））。

【０１２５】

なお、この第６実施形態のトランジスタの製造においても、貼付工程において、半導体膜２２の代わりに、第３実施形態のような積層体５０を用いることができる。この場合、貼り付け後に積層体５０における支持フィルム５２を除去してから続く操作を行う。また、支持フィルム５２が、絶縁層１４としての機能を兼ね備えるものである場合は、支持フィルム５２を除去することなくそのまま絶縁層１４としてもよい。

【０１２６】

以上、好適な有機半導体素子及びその製造方法の例として、第１～第６実施形態のトランジスタ及びその製造方法を説明したが、本発明におけるトランジスタやその製造方法は、必ずしも上述した実施形態に限定されず、適宜変更したものであってもよい。

【０１２７】

例えば、まず、各実施形態のトランジスタにおける活性層２０（第５実施形態にあっては活性層２０及び２４）は、それぞれ単一層のものである必要はなく、複数層からなるものであってもよい。活性層２０，２４が複数層のものである場合、これらの複数の層はそれぞれ同じ材料から構成されるものであっても、異なる材料から構成されるものであってもよい。このような複数層からなる活性層２０，２４は、活性層２０，２４を形成するための半導体膜２２，２６の上に、必要に応じてその上に残っている支持フィルム等を除去した後に、同じ又は異なる種類の半導体膜を更に積層することで形成することができる。

【０１２８】

また、上述した実施形態では、いずれもソース電極１６やドレイン電極１８と、活性層２０又は２４とが直接接した構造となっていたが、これに限定されず、ソース電極１６及び／又はドレイン電極１８と活性層２０，２４との間に、有機半導体化合物とは異なる化合物からなる層が介在していてもよい。これにより、ソース電極１６及びドレイン電極１８と、活性層２０，２４との間の接触抵抗が低減され、トランジスタのキャリア移動度を更に向上させることができるようになる。有機半導体化合物とは異なる化合物としては、ドナー性の化合物、アクセプター性の化合物、チオール基を有する化合物等が挙げられる。

【０１２９】

ここで、ドナー性の化合物としては、テトラチアフルバレン、テトラメチルテトラチアフルバレン、テトラセレナチアフルバレン；ジフェニルフェニレンジアミン、テトラフェニルフェニレンジアミン、テトラフェニルジアミノジフェニル、ポリビニルカルバゾール等のアミン化合物；アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属や、これらの金属と有機化合物との錯体等が挙げられる。

【０１３０】

また、アクセプター性の化合物としては、ヨウ素、臭素、塩素、塩化ヨウ素、臭素化ヨウ素等のハロゲン；硫酸、無水硫酸、二酸化硫黄、硫酸塩等の酸化硫黄化合物；硝酸、二酸化窒素、硝酸塩等の酸化窒素無水物；過塩素酸、次亜塩素酸等のハロゲン化化合物；テトラフルオロホウ酸、テトラフルオロホウ酸塩、リン酸、リン酸塩、トリフルオロ酢酸等の酸又はその塩；テトラシアノキノジメタン、テトラクロロテトラシアノキノジメタン、テトラフルオロテトラシアノキノジメタン、テトラシアノエチレン、ジクロロシアノエチレン、ジクロロジシアノキノン、テトラクロロキノン等が挙げられる。

【０１３１】

さらに、チオール基を有する化合物としては、アルキルチオール類、フッ素化アルキルチオール類等のアルキルチオール化合物、芳香族チオール類、フッ素化アルキル芳香族チオール類、フッ素化芳香族チオール類、ニトロ芳香族チオール類、アミノ芳香族チオール類等の芳香族チオール化合物等が挙げられる。

【０１３２】

これらの化合物からなる層は、例えば、上記化合物の溶液や気体を、ソース電極１６やドレイン電極１８の表面に接触させて、上記化合物をこの接触表面に吸着させることで形成することができる。

【０１３３】

また、上述した各実施形態のトランジスタにおいては、ソース電極１６やドレイン電極１８の厚さは特に制限されない。ただし、第１～第３及び第５実施形態のように、ソース電極１６やドレイン電極１８上に活性層２０や２４等が形成される場合は、活性層２０，２４との密着性を更に良好とするため、ソース電極１６やドレイン電極１８は、これらの電極としての機能が損なわれない範囲でできるだけ薄いことが好ましい。

【０１３４】

さらに、第１～第６実施形態のトランジスタは、上述した素子構成を完成させた後に封止を行い、封止トランジスタとすることができる。これにより、トランジスタが大気から遮断されるほか、物理損傷等からも保護されることとなり、トランジスタの特性の低下を抑えることが可能となる。

【０１３５】
封止の方法としては、素子構成を、絶縁性ポリマー、ＵＶ硬化樹脂、熱硬化樹脂や無機の酸化シリコン膜や窒化シリコン膜等でカバーする方法、素子構成に対し、ガラス板やフィルムをＵＶ硬化樹脂や熱硬化樹脂等で貼りあわせる方法等が挙げられる。大気との遮断を効果的に行うためには、トランジスタを作成した後、封止するまでの工程を大気に曝すことなく（例えば、乾燥した窒素雰囲気中、真空中で保管する。）行うことが好ましい。
【０１３６】
さらにまた、上述したトランジスタは、好適に半導体装置に適用される。半導体装置としては、無線タグ、ディスプレイ、大面センサ等が挙げられる。半導体装置において、例えばトランジスタは、単独で又は他のトランジスタと複数組み合わされることによって論理回路を構成することができる。具体的には、半導体装置であるディスプレイの画素のスイッチング用トランジスタ、信号ドライバー回路素子、メモリ回路素子、信号処理回路素子等として好適である。ディスプレイとしては、電子ペーパー、液晶又は有機ＬＥＤ等、幅広く応用可能である。
【実施例】
【０１３７】
以下、実施例及び比較例に基づき本発明をさらに具体的に説明するが、本発明は以下の実施例に何ら限定されるものではない。
＜有機半導体化合物＞
【０１３８】
ポリ（３－ヘキシルチオフェン）及びポリ（３－オクチルチオフェン）は、アルドリッチ社より購入したものを用いた。また、これらのポリ（３－ヘキシルチオフェン）及びポリ（３－オクチルチオフェン）は、レジオレギュラーなものを用いた。
［トランジスタの製造及びその評価］
【０１３９】
以下に示すように、実施例１～３及び比較例１～５のトランジスタを、それぞれ図１５又は１６に示した工程に準拠して作製し、また、これにより得られた各トランジスタの特性を評価した。
［実施例１］
【０１４０】
（トランジスタの製造）
（１）素子基板の作製
まず、図１５（ａ）に示すように、基板を兼ねるゲート電極となる高濃度にドープされたｎ－型シリコン基板２０１の表面を熱酸化して、シリコン酸化膜からなる絶縁層２０３を２００ｎｍ形成し、これを支持基板とした。次に、図１５（ｂ）に示すように、この基板２０１の一方の絶縁層２０３の表面に、真空蒸着法により金を厚さ６５ｎｍとなるように蒸着し、引き出し線とパッドを有するソース電極２０４ａ及びドレイン電極２０４ｂを形成した。このときの電極のチャネル幅は５００μｍ、チャネル長は２０μｍであった。
【０１４１】
続いて、文献（Ｓ．Ｒ．Ｗａｓｓｅｒｍａｎ，ｅｔ　ａｌ．，Ｌａｎｇｍｕｉｒ，Ｖｏｌ．５，ｐ１０７４，１９８９）に記載の方法を参照して、絶縁層２０３の表面を、オクチルトリクロロシランのオクタン溶液（６ｍｍｏｌ／ｌ）に浸漬して修飾し、これにより素子基板２０６を形成した。
【０１４２】
（２）延伸積層体の作製
一方、素子基板２０６とは別に、活性層形成用の積層体を準備した。すなわち、まず、大気下で、ポリ（３－ヘキシルチオフェン）のクロロホルム溶液（２．０ｗｔ％）を調整した。
【０１４３】
次いで、図１５（ｃ）に示すように、窒素雰囲気のグローブボックス内で、ポリ（３－

ヘキシルチオフェン）のクロロホルム溶液を、支持フィルム２０７であるポリエチレンフィルム上に、スピンコート法（１０００ｒｐｍ）で塗布した。こうして、ポリエチレンの支持フィルム２０７上にポリ（３－ヘキシルチオフェン）膜２０８が積層された積層体２０５を形成した。

【０１４４】

その後、窒素雰囲気下、１００℃でこの積層体２０５を２．５倍に一軸延伸した。これにより、延伸後の支持フィルム２１７及び延伸後のポリ（３－ヘキシルチオフェン）膜２１８からなる延伸積層体２１５を得た（図１５（ｄ））。

【０１４５】

ここで、延伸積層体２１５におけるポリ（３－ヘキシルチオフェン）膜２１８の配向状態を以下に示すようにして確認した。すなわち、まず、延伸積層体２１５の一部を切り取り、これを、そのポリ（３－ヘキシルチオフェン）膜２１８面が接するように、ホットプレート上で６０℃に加熱したスライドガラスに圧着させた。それから、支持フィルム２１７のみをピンセットで剥離することで、ポリ（３－ヘキシルチオフェン）膜２１８をスライドガラスに転写した。この転写されたポリ（３－ヘキシルチオフェン）膜２１８を、偏光顕微鏡により観察した。その結果、ポリ（３－ヘキシルチオフェン）膜２１８は、上述した積層体２０５の延伸方向に配向していることが確認された。

【０１４６】

（３）トランジスタの作製

次いで、図１５（ｅ）に示すように、ソース電極２０４ａ及びドレイン電極２０４ｂが形成されている絶縁層２０３の上に、延伸積層体２１５を、そのポリ（３－ヘキシルチオフェン）膜２１８が、ソース電極２０４ａとドレイン電極２０４ｂとが形成されている絶縁層２０３と対向するようにピンセットでのせた。さらに、延伸積層体２１５の表面を上から、ベンコットン（旭化成）にて非常にやわらかくこすった。この際、延伸積層体２１５の延伸方向は、ソース電極２０４ａとドレイン電極２０４ｂとを結ぶ方向と平行となるようにした。

【０１４７】

その後、延伸積層体２１５をのせた素子基板２０６を、ホットプレートを用いて窒素雰囲気下、８０℃、４０分で加熱した。こうして、実施例１のトランジスタ２００を得た（図１５（ｆ））。

【０１４８】

（Ｉ－Ｖ特性の測定）

得られたトランジスタに対し、シリコン基板２０１をゲート電極として、窒素雰囲気下、ゲート電圧V_Gを＋５０～－４０Ｖ、ソース－ドレイン間電圧V_{SD}を－４０Ｖ印加して、トランジスタ特性の測定を行った。その結果、Ｉ－Ｖ特性から得られた移動度は１．７×10^{-2} ｃｍ^2／Ｖｓであった。

［実施例２］

【０１４９】

（トランジスタの製造）

（３）のトランジスタの作製において、延伸積層体２１５を素子基板２０６にのせた後、これに荷重０．４７ｋｇ／ｃｍ^{2}をかけるとともに、ホットプレートで窒素雰囲気下、８０℃で４０分、さらに９０℃で４５分の加熱を行ったこと以外は、実施例１と同様にして実施例２のトランジスタ２００を得た。

【０１５０】

（Ｉ－Ｖ特性の測定）

得られたトランジスタに対し、シリコン基板２０１をゲート電極として、窒素雰囲気下、ゲート電圧V_Gを＋５０～－４０Ｖ、ソース－ドレイン間電圧V_{SD}を－４０Ｖ印加して、トランジスタ特性の測定を行った。その結果、Ｉ－Ｖ特性から得られた移動度は２．８×10^{-2} ｃｍ^2／Ｖｓであった。

［実施例３］

【０１５１】
（トランジスタの製造）
（３）のトランジスタの作製において、延伸積層体２１５を素子基板２０６にのせた後、これに、窒素雰囲気下で２．７ｋｇ／ｃｍ^{2}の荷重を３０分かける操作のみを行ったこと以外は、実施例１と同様にして実施例３のトランジスタ２００を得た。
【０１５２】
（Ｉ－Ｖ特性の測定）
得られたトランジスタに対し、シリコン基板２０１をゲート電極として、窒素雰囲気下、ゲート電圧$Ｖ_{Ｇ}$を＋５０～－４０Ｖ、ソース－ドレイン間電圧$Ｖ_{ＳＤ}$を－４０Ｖ印加して、トランジスタ特性の測定を行った。その結果、Ｉ－Ｖ特性から得られた移動度は８．１×１０$^{-3}$ｃｍ^{2}／Ｖｓであった。
［比較例１］
【０１５３】
（トランジスタの製造）
（３）のトランジスタの作製において、延伸積層体２１５をのせた素子基板２０６の加熱を行わなかったこと以外は、実施例１と同様にして比較例１のトランジスタ２００を得た。
【０１５４】
（Ｉ－Ｖ特性の測定）
得られたトランジスタに対し、シリコン基板２０１をゲート電極として、窒素雰囲気下、ゲート電圧$Ｖ_{Ｇ}$を＋５０～－４０Ｖ、ソース－ドレイン間電圧$Ｖ_{ＳＤ}$を－４０Ｖ印加して、トランジスタ特性の測定を行った。その結果、Ｉ－Ｖ特性から得られた移動度は２．０×１０$^{-3}$ｃｍ^{2}／Ｖｓであった。
［比較例２］
【０１５５】
（トランジスタの製造）
（１）素子基板の作製
まず、図１５（ａ）及び（ｂ）に示す製造工程に従い、実施例１と同様にして素子基板２０６を得た。
【０１５６】
（２）積層体の作製
一方、素子基板２０６とは別に、図１５（ｃ）に示すように活性層形成用の積層体を準備した。すなわち、まず、大気下で、ポリ（３－ヘキシルチオフェン）のクロロホルム溶液（２．０ｗｔ％）を調整した。
【０１５７】
次いで、窒素雰囲気のグローブボックス内で、ポリ（３－ヘキシルチオフェン）のクロロホルム溶液を、支持フィルム２０７であるポリエチレンフィルム上に、スピンコート法（１０００ｒｐｍ）で塗布した。こうして、ポリエチレンの支持フィルム２０７上にポリ（３－ヘキシルチオフェン）膜２０８が積層された積層体２０５を形成した。そして、比較例２においては、この積層体２０５の延伸は行わずに、そのまま適当な大きさにカットし、トランジスタの作製に用いた。
（３）トランジスタの作製
次いで、図１６（ａ）に示すように、ソース電極２０４ａ及びドレイン電極２０４ｂが形成されている絶縁層２０３の上に、積層体２０５を、そのポリ（３－ヘキシルチオフェン）膜２０８が、ソース電極２０４ａとドレイン電極２０４ｂとが形成されている絶縁層２０３と対向するようにピンセットでのせた。さらに、積層体２０５の表面を上から、ベンコットン（旭化成）にて非常にやわらかくこすった。
【０１５８】
その後、積層体２０５をのせた素子基板２０６に、ホットプレートを用いて窒素雰囲気下、８０℃、４０分の加熱を行った。こうして、ポリ（３－ヘキシルチオフェン）からな

る未延伸の活性層２２８を備える比較例２のトランジスタ２１０を得た（図１６（ｂ））。

【０１５９】

（Ｉ－Ｖ特性の測定）

得られたトランジスタに対し、シリコン基板２０１をゲート電極として、窒素雰囲気下、ゲート電圧V_Gを＋５０～－４０Ｖ、ソース－ドレイン間電圧V_{SD}を－４０Ｖ印加して、トランジスタ特性の測定を行った。その結果、Ｉ－Ｖ特性から得られた移動度は１．１×１０$^{-2}$ｃｍ^2／Ｖｓであった。

［比較例３］

【０１６０】

（トランジスタの製造）

（３）のトランジスタの作製において、積層体２０５を素子基板２０６上にのせた後（図１６（ａ））、これに０．４７ｋｇ／ｃｍ^{2}の荷重をかけるとともに、ホットプレートを用いて窒素雰囲気下、８０℃で４０分、さらに９０℃で４５分の加熱を行ったこと以外は、比較例２と同様にして、ポリ（３－ヘキシルチオフェン）からなる未延伸の活性層２２８を備える比較例３のトランジスタ２１０を得た。

【０１６１】

（Ｉ－Ｖ特性の測定）

得られたトランジスタに対し、シリコン基板２０１をゲート電極として、窒素雰囲気下、ゲート電圧V_Gを＋４０～－４０Ｖ、ソース－ドレイン間電圧V_{SD}を－４０Ｖ印加して、トランジスタ特性の測定を行った。その結果、Ｉ－Ｖ特性から得られた移動度は２．０×１０$^{-2}$ｃｍ^2／Ｖｓであった。

［比較例４］

【０１６２】

（トランジスタの製造）

（３）のトランジスタの作製において、積層体２０５を素子基板２０６上にのせた後（図１６（ａ））、これに、窒素雰囲気下で２．７ｋｇ／ｃｍ^{2}の荷重を３０分間かける操作のみを行ったこと以外は比較例２と同様にして、ポリ（３－ヘキシルチオフェン）からなる未延伸の活性層２２８を備える比較例４のトランジスタ２１０を得た（図１６（ｂ））。

【０１６３】

（Ｉ－Ｖ特性の測定）

得られたトランジスタに対し、シリコン基板２０１をゲート電極として、窒素雰囲気下、ゲート電圧V_Gを＋５０～－４０、ソース－ドレイン間電圧V_{SD}を－４０Ｖ印加して、トランジスタ特性の測定を行った。その結果、Ｉ－Ｖ特性から得られた移動度は７．６×１０$^{-3}$ｃｍ^2／Ｖｓであった。

［比較例５］

【０１６４】

（トランジスタの製造）

（３）のトランジスタの作製において、積層体２０５を素子基板２０６にのせた後（図１６（ａ））、その加熱を行わなかったこと以外は、比較例１と同様にして比較例５のトランジスタ２１０を得た。

【０１６５】

（Ｉ－Ｖ特性の測定）

得られたトランジスタに対し、シリコン基板２０１をゲート電極として、窒素雰囲気下、ゲート電圧V_Gを＋５０～－４０、ソース－ドレイン間電圧V_{SD}を－４０Ｖ印加して、トランジスタ特性の測定を行った。その結果、Ｉ－Ｖ特性から得られた移動度は５．７×１０$^{-3}$ｃｍ^2／Ｖｓであった。

［実施例４］

【０１６６】

（トランジスタの製造）
素子基板として、素子基板２０６におけるソース電極２０４ａ及びドレイン電極２０４ｂ上に、４－（トリフルオロメチル）チオフェノールの層５００を更に形成した素子基板２１６（図１８参照）を用いたこと以外は、実施例１と同様にしてトランジスタの製造を行い、図１７に示すように、ソース電極２０４ａ及びドレイン電極２０４ｂと、活性層２２０との間に４－（トリフルオロメチル）チオフェノールの層５００を有するトランジスタ３００を得た。４－（トリフルオロメチル）チオフェノールの層５００は、素子基板２０６の形成後、これを４－（トリフルオロメチル）チオフェノールのエタノール溶液（１ｍｍｏｌ／Ｌ）に０．５時間浸漬することにより形成した。

【０１６７】

（Ｉ－Ｖ特性の測定）
得られたトランジスタに対し、シリコン基板２０１をゲート電極として、窒素雰囲気下、ゲート電圧V_Gを＋４０～－４０Ｖ、ソース－ドレイン間電圧V_{SD}を－４０Ｖ印加して、トランジスタ特性の測定を行った。その結果、Ｉ－Ｖ特性から得られた移動度は４．１×１０$^{-2}$ｃｍ^2／Ｖｓであった。

［比較例６］

【０１６８】

（トランジスタの製造）
（３）のトランジスタの製造において、延伸積層体２１５に代えて、比較例２と同様の未延伸の積層体２０５を用いたこと以外は、実施例４と同様にしてトランジスタを得た。これにより、活性層２２０及び延伸後の支持フィルム２１７の代わりに、未延伸の活性層２２８及び未延伸の支持フィルム２０７をそれぞれ有すること以外は実施例４のトランジスタ３００と同様の構成を有する比較例６のトランジスタを得た。

【０１６９】

（Ｉ－Ｖ特性の測定）
得られたトランジスタに対し、シリコン基板２０１をゲート電極として、窒素雰囲気下、ゲート電圧V_Gを＋４０～－４０Ｖ、ソース－ドレイン間電圧V_{SD}を－４０Ｖ印加して、トランジスタ特性の測定を行った。その結果、Ｉ－Ｖ特性から得られた移動度は２．７×１０$^{-2}$ｃｍ^2／Ｖｓであった。

［実施例５］

【０１７０】

（トランジスタの製造）
（１）素子基板の作製
まず、実施例１と同様にして素子基板２０６を作製した後、そのソース電極２０４ａ及びドレイン電極２０４ｂ上に、実施例４と同様にして４－（トリフルオロメチル）チオフェノールの層５００を更に形成し、素子基板２１６（図１８）を得た。

【０１７１】

（２）延伸積層体の作製
実施例１と同様にして延伸積層体２１５を得た。

【０１７２】

（３）トランジスタの作製
次いで、図１８に示すように、素子基板２１６における絶縁層２０３の上に、施工液９としてメタノールの液滴をスポイドで置き、この施工液９を介して延伸積層体２１５を、そのポリ（３－ヘキシルチオフェン）膜２１８が、ソース電極２０４ａとドレイン電極２０４ｂとが形成されている絶縁層２０３と対向するようにピンセットでのせた。この際、延伸積層体２１５の延伸方向は、ソース電極２０４ａとドレイン電極２０４ｂとを結ぶ方向と平行となるようにした。そして、施工液９であるメタノールが乾燥除去されるまで静置した。これにより延伸積層体２１５は、ソース電極２０４ａとドレイン電極２０４ｂを覆うようにして、絶縁層２０３上に自然に密着された。次いで、実施例４と同様にして８０℃、４０分の加熱処理を行った。こうして、実施例４のトランジスタ３００と同様の構

成を有する実施例５のトランジスタを得た。

【０１７３】

（Ｉ－Ｖ特性の測定）

得られたトランジスタに対し、シリコン基板２０１をゲート電極として、窒素雰囲気下、ゲート電圧V_Gを＋４０～－４０Ｖ、ソース－ドレイン間電圧V_{SD}を－４０Ｖ印加して、トランジスタ特性の測定を行った。その結果、Ｉ－Ｖ特性から得られた移動度は１．２×10^{-1} ｃｍ^2／Ｖｓであった。

［比較例７］

【０１７４】

（トランジスタの製造）

（３）のトランジスタの製造において、延伸積層体２１５に代えて、比較例２と同様の未延伸の積層体２０５を用いたこと以外は、実施例５と同様にしてトランジスタを得た。これにより、施工液９を介した貼りあわせにより未延伸の活性層２２８が形成された、比較例６と同様の構成を有する比較例７のトランジスタを得た。

【０１７５】

（Ｉ－Ｖ特性の測定）

得られたトランジスタに対し、シリコン基板２０１をゲート電極として、窒素雰囲気下、ゲート電圧V_Gを＋４０～－４０Ｖ、ソース－ドレイン間電圧V_{SD}を－４０Ｖ印加して、トランジスタ特性の測定を行った。その結果、Ｉ－Ｖ特性から得られた移動度は８．８×10^{-2} ｃｍ^2／Ｖｓであった。

【０１７６】

実施例１～５及び比較例１～７で得られたトランジスタの特性を、表１及び表２にまとめて示した。表１は、いずれも活性層を形成すべき半導体膜の延伸を行って得られた実施例１～５及び比較例１のトランジスタで得られた特性を示しており、表２は、半導体膜の延伸を行わなかった比較例２～７のトランジスタで得られた特性を示している。各表中、移動度向上率の値は、いずれも活性層の形成時に加熱及び加圧を行わなかった場合に得られたトランジスタの移動度を１００％として算出した値であり、加熱及び／又は加圧によって移動度が向上した割合を示している。

【０１７７】

【表１】

	活性層形成条件	４－(トリフルオロメチル)チオフェノールの層の有無	移動度（cm^2／Vs）	移動度向上率（%）
比較例１	加熱及び加圧無し	無し	2.0×10^{-3}	100
実施例１	加熱	無し	1.7×10^{-2}	874
実施例２	加熱及び加圧	無し	2.8×10^{-2}	1402
実施例３	加圧	無し	8.1×10^{-3}	408
実施例４	加熱	有り	4.1×10^{-2}	2055
実施例５	加熱及び施工液	有り	1.2×10^{-1}	5779

【０１７８】

【表２】

	活性層形成条件	４－(トリフルオロメチル)チオフェノールの層の有無	移動度（cm^2／Vs）	移動度向上率(%)
比較例５	加熱及び加圧無し	無し	5.7×10^{-3}	100
比較例２	加熱	無し	1.1×10^{-2}	200
比較例３	加熱及び加圧	無し	2.0×10^{-2}	357
比較例４	加圧	無し	7.6×10^{-3}	134
比較例６	加熱	有り	2.7×10^{-2}	480
比較例７	加熱及び施工液	有り	8.8×10^{-2}	1546

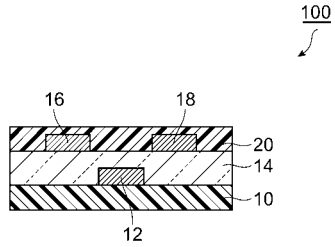
【０１７９】
表１及び表２より、活性層を形成する半導体膜の延伸による配向を行った実施例１～５のトランジスタは、活性層の形成の際に加熱及び／又は加圧を行うことによる移動度の向上が著しく、その結果優れたトランジスタ特性を有することが確認された。
【０１８０】
また、例えば、実施例１と比較例２、実施例２と比較例３、実施例３と比較例４のように、活性層の形成条件を同じとした場合は、延伸を行った各実施例のトランジスタの方が、延伸しなかった比較例のものよりも移動度が高く、優れたトランジスタ特性を発揮し得ることが判明した。さらに、比較例１と比較例５との比較より、延伸だけでは、加熱や加圧を組み合わせて行った場合ほどの移動度の向上が生じないことが確認された。さらにまた、実施例４のようにソース及びドレイン電極と活性層との間に４－（トリフルオロメチル）チオフェノールの層を設けたり、実施例５のように施工液を用いた貼りあわせを行ったりすることで、更なる移動度の向上が生じていた。そして、比較例６、７との比較から、延伸した活性層を有する場合は、未延伸の場合に比して上記効果が顕著に優れるようになることが判明した。
【０１８１】
［実施例６～１１］
（トランジスタの製造）
（２）の延伸積層体の作製において、ポリ（３－ヘキシルチオフェン）に代えて、ポリ（３－オクチルチオフェン）を用い、且つ、積層体２０５を３．５倍に一軸延伸し、且つ加熱時間を1時間としたこと以外は、実施例１と同様にして実施例６～１１のトランジスタを製造した。実施例６～１１においては、積層体５の形成に用いるポリ（３－オクチルチオフェン）のクロロホルム溶液の濃度を変化させることで種々の膜厚を有するポリ（３－ヘキシルチオフェン）膜２０８を形成し、これによりそれぞれ膜厚が異なる活性層２２０を有する各種のトランジスタを得た。
【０１８２】
（Ｉ－Ｖ特性の測定）
得られた各トランジスタに対し、シリコン基板２０１をゲート電極として、窒素雰囲気下、ゲート電圧V_Gを＋４０～－４０Ｖ、ソース－ドレイン間電圧V_{SD}を－４０Ｖ印加して、トランジスタ特性の測定を行い、得られたＩ－Ｖ特性から移動度を算出した。得られた結果を、各実施例のトランジスタにおける活性層２２０の膜厚とともに表３に示す。

【表３】

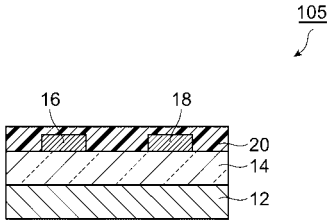
	膜厚(nm)	移動度(cm^2/Vs)
実施例６	10	2.6×10^{-5}
実施例７	21	5.9×10^{-4}
実施例８	36	1.1×10^{-3}
実施例９	47	1.3×10^{-3}
実施例10	151	1.5×10^{-3}
実施例11	258	2.2×10^{-3}

【０１８３】
表３より、活性層の膜厚が大きいほど、高い移動度が得られることが判明した。
【０１８４】
以上より、半導体膜に配向性を付与し、且つ、半導体膜を加熱及び／又は加圧しながら隣接層と貼りあわせることによって、キャリア移動度が高く、優れたトランジスタ特性を有するトランジスタが得られることが確認された。
【図面の簡単な説明】
【０１８５】
【図１】第１実施形態に係るトランジスタの模式断面図である。
【図２】第２実施形態に係るトランジスタの模式断面図である。
【図３】第３実施形態に係るトランジスタの模式断面図である。
【図４】第４実施形態に係るトランジスタの模式断面図である。
【図５】第５実施形態に係るトランジスタの模式断面図である。
【図６】第６実施形態に係るトランジスタの模式断面図である。
【図７】第１実施形態に係るトランジスタの製造方法を示す工程図である。
【図８】第２実施形態に係るトランジスタの製造方法を示す工程図である。
【図９】第３実施形態に係るトランジスタの製造方法を示す工程図である。
【図１０】第４実施形態に係るトランジスタの製造方法を示す工程図である。
【図１１】第５実施形態に係るトランジスタの製造方法を示す工程図である。
【図１２】第５実施形態に係るトランジスタの製造方法を示す工程図である。
【図１３】第６実施形態に係るトランジスタの製造方法を示す工程図である。
【図１４】第６実施形態に係るトランジスタの製造方法を示す工程図である。
【図１５】実施例１～３のトランジスタの製造工程を示す図である。
【図１６】比較例２～５のトランジスタの製造工程の一部を示す図である。
【図１７】実施例４で得られたトランジスタの模式断面図である。
【図１８】実施例６のトランジスタの製造工程の一部を示す図である。
【符号の説明】
【０１８６】
９…施工液、１０…基板、１２…ゲート電極、１４…絶縁層、１６…ソース電極、１８…ドレイン電極、２０，２４…活性層、２２，２６…半導体膜、３０，３２，３４，６４…素子基板、３６，３８…第1の素子基板、４０…施工液、５０…積層体、５２…支持フィルム、６０，６２…第２の素子基板、１００，１０５，１１０，１１５，１２０，１２５，２００，２１０，３００・・・トランジスタ、２０１…ｎ－型シリコン基板、２０３…絶縁層、２０４ａ…ソース電極、２０４ｂ…ドレイン電極、２０５…積層体、２０６，２１６…素子基板、２０７…支持フィルム、２０８…ポリ（３－ヘキシルチオフェン）膜、２１５…延伸積層体、２１７…延伸後の支持フィルム、２１８…延伸後のポリ（３－ヘキシルチオフェン）膜、２２０…延伸後の活性層、２２８…未延伸の活性層、５００…４－（トリフルオロメチル）チオフェノールの層。

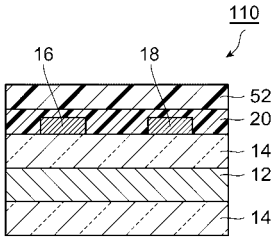
【図１】


100
16
18
20
14
10
12

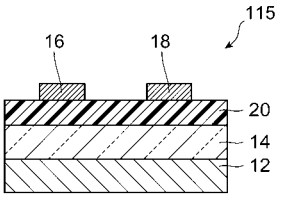
【図２】


105
16
18
20
14
12

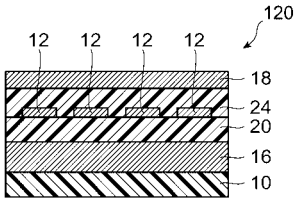
【図３】


110
16
18
52
20
14
12
14

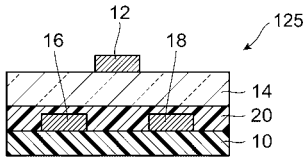
【図４】


115
16
18
20
14
12

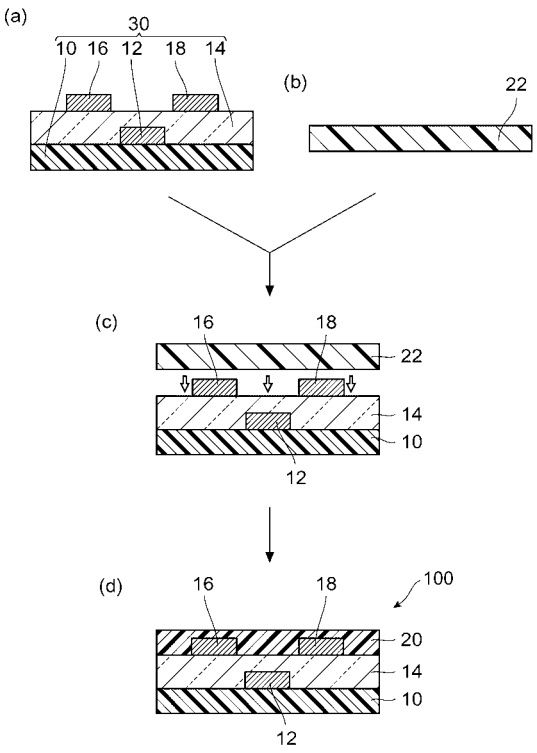
【図５】


120
12
12
12
12
18
24
20
16
10

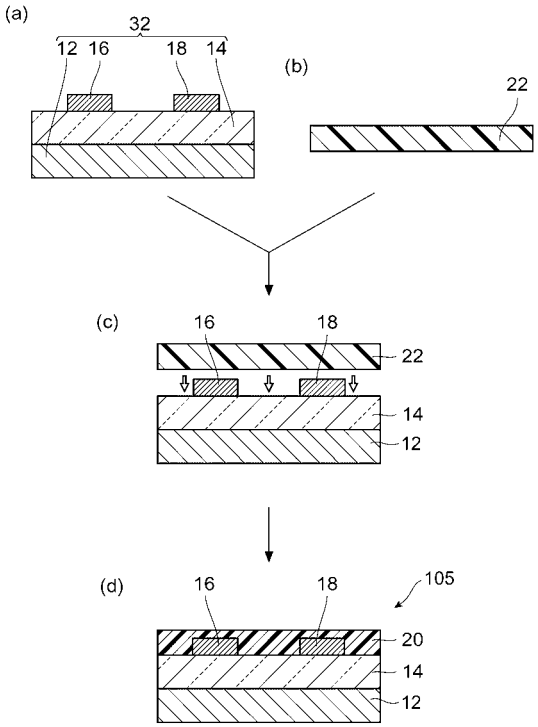
【図６】


12
125
16
18
14
20
10

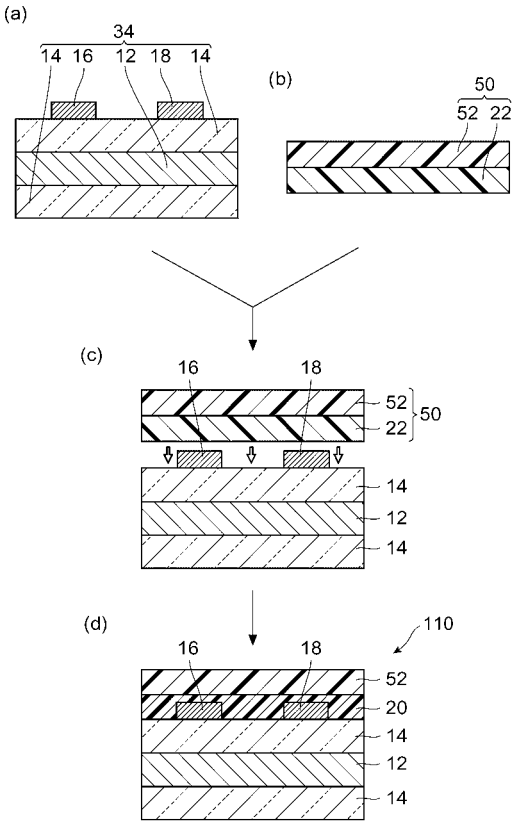
【図７】


(a)
30
10
16
12
18
14
(b)
22
(c)
16
18
22
14
10
12
(d)
16
18
100
20
14
10
12

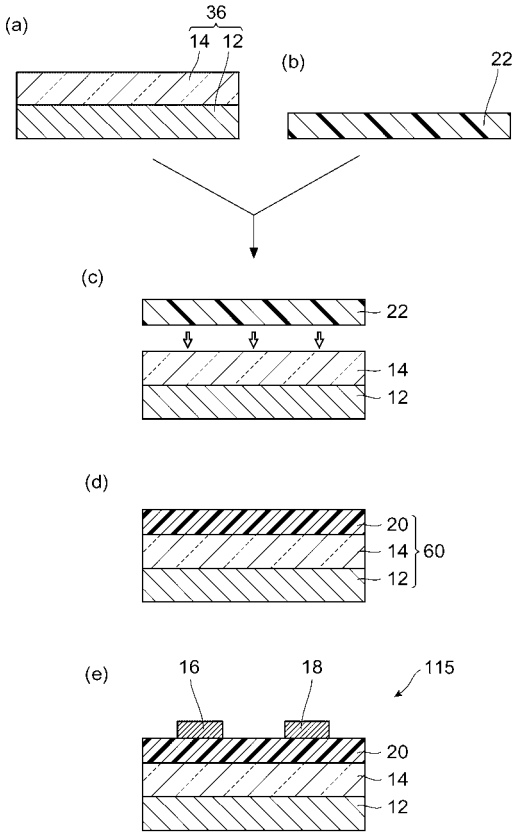
【図８】


(a)
32
12
16
18
14
(b)
22
(c)
16
18
22
14
12
(d)
16
18
105
20
14
12

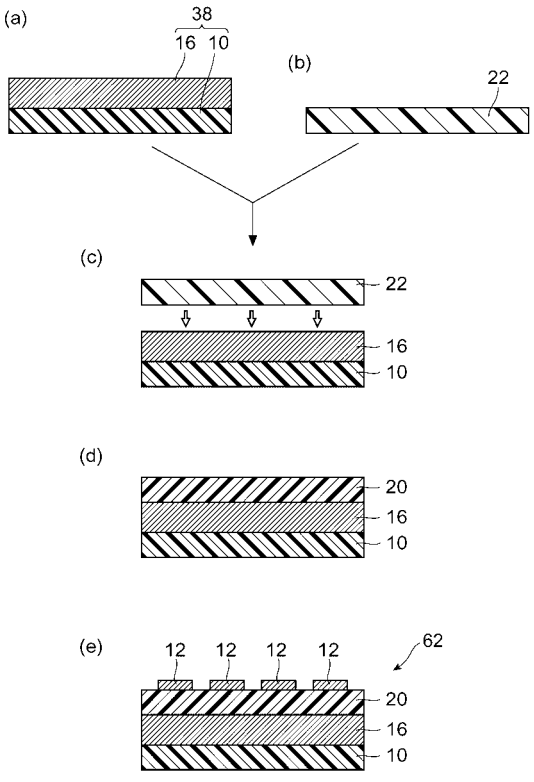
【図９】



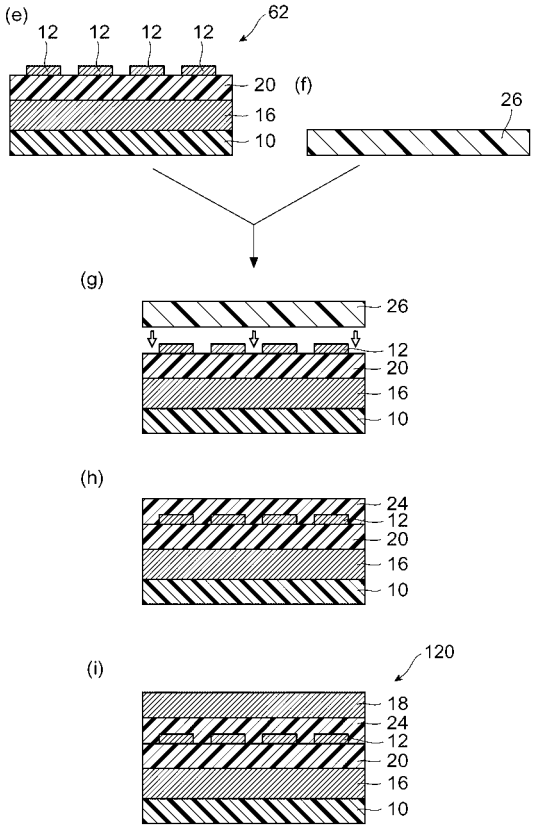
【図１０】



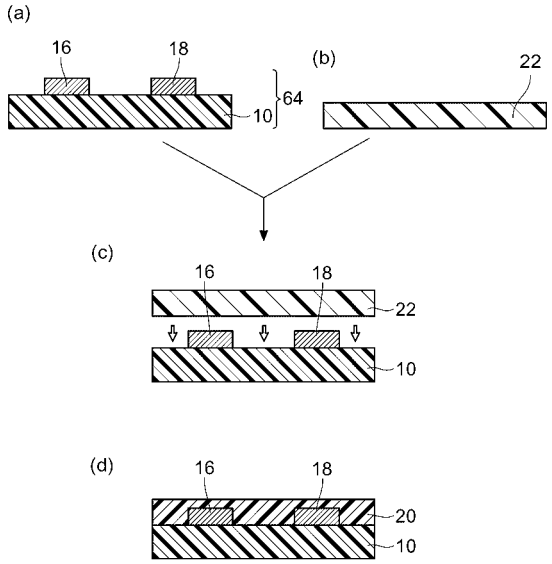
【図１１】



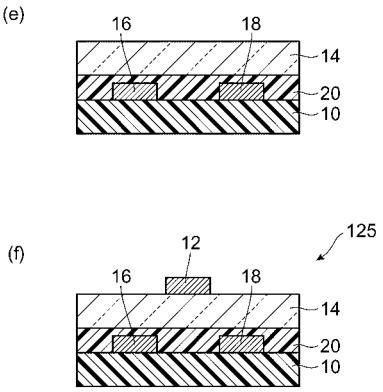
【図１２】



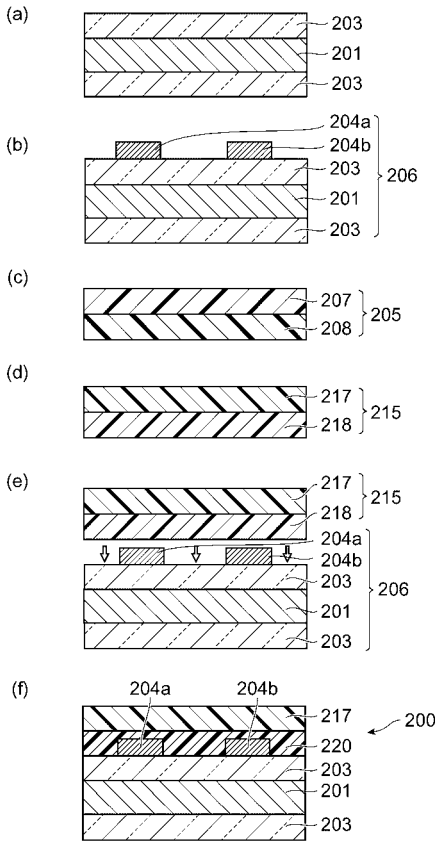
【図１３】



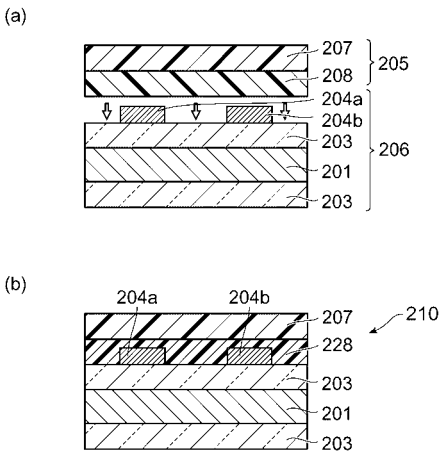
【図１４】



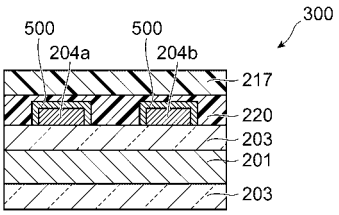
【図１５】



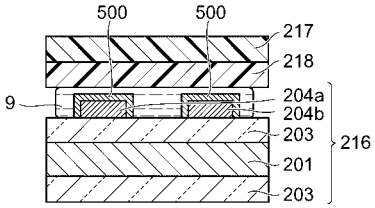
【図１６】



【図１７】


300
500
500
204a
204b
217
220
203
201
203

【図１８】


500
500
217
218
9
204a
204b
203
201
203
216

フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01L 27/12	***(2006.01)***	H01L	29/28	390	
H01L 21/28	***(2006.01)***	H01L	27/12	B	
		H01L	21/28	301B	

Fターム(参考) 5F110 AA01 AA16 BB01 BB03 BB05 BB10 BB20 CC03 CC05 CC07
DD01 DD02 DD05 EE01 EE02 EE03 EE04 EE07 EE08 FF01
FF02 FF03 FF23 FF24 FF27 FF30 FF36 GG05 GG25 GG28
GG29 GG42 GG58 HK01 HK02 HK03 HK04 HK07 HK21 HK32
NN02 NN23 NN24 NN27 QQ06 QQ16