

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5595927号
(P5595927)

(45) 発行日 平成26年9月24日 (2014.9.24)

(24) 登録日 平成26年8月15日 (2014.8.15)

(51) Int. Cl.	F I	
HO 1 L 29/786 (2006.01)	HO 1 L 29/78	6 1 8 B
HO 1 L 51/50 (2006.01)	HO 5 B 33/14	A
HO 5 B 33/12 (2006.01)	HO 5 B 33/12	B
HO 5 B 33/22 (2006.01)	HO 5 B 33/22	Z
HO 5 B 33/10 (2006.01)	HO 5 B 33/10	

請求項の数 16 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2010-538885 (P2010-538885)	(73) 特許権者	597063048
(86) (22) 出願日	平成20年12月17日 (2008.12.17)		ケンブリッジ ディスプレイ テクノロジ ー リミテッド
(65) 公表番号	特表2011-510478 (P2011-510478A)		イギリス国、ピーイー29・2エックスジ ー、ゴッドマンチェスター、カーディナル ・ウェイ、カーディナル・ビジネス・パー ク、ユニット・8、11・アンド・12
(43) 公表日	平成23年3月31日 (2011.3.31)	(74) 代理人	100114188
(86) 国際出願番号	PCT/GB2008/004138		弁理士 小野 誠
(87) 国際公開番号	W02009/077740	(74) 代理人	100119253
(87) 国際公開日	平成21年6月25日 (2009.6.25)		弁理士 金山 賢教
審査請求日	平成23年12月1日 (2011.12.1)	(74) 代理人	100124855
(31) 優先権主張番号	0724774.5		弁理士 坪倉 道明
(32) 優先日	平成19年12月19日 (2007.12.19)	(74) 代理人	100129713
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		弁理士 重森 一輝

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機薄膜トランジスター、アクティブマトリックス有機光学デバイス、およびこれらの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

有機薄膜トランジスターを製造する方法であって、
チャンネル領域を画定するソース電極とドレイン電極を備えた基板を用意することと、
少なくとも前記チャンネル領域を、O₂プラズマ洗浄処理ステップにかけることと、
インクジェット印刷によって前記チャンネル領域内に有機半導体材料を溶液から堆積させ
ることと、

を含み、

前記O₂プラズマ洗浄処理ステップの後にディウエット処理ステップを行い、その後、前記有機半導体材料のインクジェット印刷を行い、

前記有機薄膜トランジスターが、ボトムゲートデバイスであり、

前記基板を用意することが、

ゲート電極を堆積させることと、

前記ゲート電極の上にゲート誘電体を堆積させることと、

前記ゲート誘電体の上に前記ソース電極とドレイン電極を堆積させて前記チャンネル領域を形成することと、

を含み、

前記ゲート誘電体が、前記O₂プラズマ洗浄処理ステップおよび前記ディウエット処理ステップが行われる間、前記チャンネル領域で露出されることを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記誘電材料が有機誘電体である、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記基板を用意するステップの後かつ前記洗浄処理ステップの前に、前記チャンネル領域を囲むウェルを画定する絶縁材料のパターン化層を形成することをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

請求項1に記載の方法に従って製造された有機薄膜トランジスターデバイスであって、電荷移動度が少なくとも $10^{-4} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ であることを特徴とする有機薄膜トランジスターデバイス。

【請求項5】

電荷移動度が少なくとも $10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ である、請求項4に記載の有機薄膜トランジスターデバイス。

10

【請求項6】

電荷移動度が少なくとも $10^{-2} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ である、請求項5に記載の有機薄膜トランジスターデバイス。

【請求項7】

前記ソース電極と前記ドレイン電極の少なくとも一部分を、前記O₂プラズマ洗浄処理ステップにかけることを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項8】

前記O₂プラズマがラジカル促進種を含む、請求項1に記載の方法。

20

【請求項9】

前記ラジカル促進種がハロゲン含有種である、請求項8に記載の方法。

【請求項10】

前記ハロゲン含有種がフッ素含有種である、請求項9に記載の方法。

【請求項11】

前記フッ素含有種がCF₄である、請求項10に記載の方法。

【請求項12】

前記プラズマ処理ステップが少なくとも60秒間行われることを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項13】

前記ディウェッティング処理ステップがプラズマ処理である、請求項1に記載の方法。

30

【請求項14】

前記ディウェッティングプラズマ処理がハロゲン含有プラズマ処理を含む、請求項13に記載の方法。

【請求項15】

前記ハロゲン含有プラズマがフッ素含有プラズマである、請求項14に記載の方法。

【請求項16】

前記フッ素含有プラズマがCF₄である、請求項15に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、有機薄膜トランジスター、アクティブマトリックス有機光学デバイスおよびこれらを製造する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

トランジスターは、バイポーラ接合トランジスターおよび電界効果トランジスターの2つの主要なタイプに分類することができる。両方のタイプとも、3つの電極を備え、これらの間に半導電材料がチャンネル領域に配置されている共通の構造を有する。バイポーラ接合トランジスターの3つの電極は、エミッター、コレクタ、およびベースとして知られている。一方、電界効果トランジスターでは、3つの電極は、ソース、ドレイン、およびゲ

50

ートとして知られている。バイポーラ接合トランジスターは電流動作型デバイスと記述することができる。何故ならば、エミッターとコレクタの間の電流が、ベースとエミッターの間を流れる電流によって制御されるからである。これに対して、電界効果トランジスターは電圧動作型デバイスと記述することができる。何故ならば、ソースとドレインの間を流れる電流が、ゲートとソースの間の電圧によって制御されるからである。

【0003】

トランジスターはp型およびn型と分類することもできる。これは、トランジスターが、それぞれ、正電荷キャリアー（正孔）を導電する半導電材料を含んでいるのか、または負電荷キャリアー（電子）を伝導する半導電材料を含んでいるのかによるものである。半導電材料は、電荷を受容し、伝導し、かつ供与するその能力に従って選択することができる。半導電材料が正孔または電子を受容し、伝導し、かつ供与する能力は、材料をドーピングすることにより高めることができる。ソース電極とドレイン電極に用いられる材料は、正孔または電子を受容しかつ注入するその能力に従って選択することができる。

10

【0004】

例えば、p型トランジスターデバイスは、効率的に正孔を受容し、伝導し、かつ供与する半導電材料を選択すること、ならびに、この半導電材料から効率的に正孔を注入し、かつ受容する、ソース電極とドレイン電極用の材料を選択することにより形成することができる。電極のフェルミ準位と半導電材料のHOMO準位のエネルギー準位を適切に合わせるにより、正孔の注入および受容を高めることができる。これに対して、n型トランジスターデバイスは、効率的に電子を受容し、伝導し、かつ供与する半導電材料を選択すること、ならびに、この半導電材料に効率的に電子を注入し、かつこの半導電材料から効率的に電子を受容する、ソース電極とドレイン電極用の材料を選択することにより形成することができる。電極のフェルミ準位と半導電材料のLUMO準位のエネルギー準位を適切に合わせるにより、電子の注入および受容を高めることができる。n型またはp型として機能することができる両極性デバイスも知られている。

20

【0005】

トランジスターは、成分を薄膜に堆積させて薄膜トランジスター（TFET）を形成することにより形成することができる。こうしたデバイス中で有機材料を半導電材料として用いる場合、これは有機薄膜トランジスター（OTFT）として知られている。

【0006】

有機薄膜トランジスター用の様々な配置が知られている。こうしたデバイスの1つは絶縁ゲート電界効果トランジスターである。これは、ソース電極とドレイン電極を備え、これらの間に半導電材料がチャンネル領域に配置されており、この半導電材料に隣接して配置されたゲート電極、およびこのゲート電極とこの半導電材料との間のチャンネル領域に配置された絶縁材料の層を備える。

30

【0007】

OTFTは、溶液プロセスなどの低コスト、低温の方法によって製造することができる。さらに、OTFTは、軟質プラスチック基板と相性がよく、ロールツーロール法でフレキシブル基板上にOTFTを大規模に製造できる可能性を提供する。

【0008】

こうした有機薄膜トランジスターの一例を図1に示す。図示の構造は、基板1上に堆積させることができ、ソース電極2およびドレイン電極4を備えている。これらの電極は一定間隔で配置されており、その間にチャンネル領域6が設けられている。有機半導体（OSC）8が、チャンネル領域6に堆積されており、ソース電極2およびドレイン電極4の少なくとも一部を覆って延在することができる。誘電材料からなる絶縁層10が、有機半導体8を覆って堆積されており、ソース電極2およびドレイン電極4の少なくとも一部を覆って延在することができる。最後に、ゲート電極12を絶縁層10を覆って堆積させる。ゲート電極12は、チャンネル領域6を覆って設けられており、ソース電極2およびドレイン電極4の少なくとも一部を覆って延在することができる。

40

【0009】

50

上記の構造は、ゲートがデバイスの上側に設けられているので、トップゲート有機薄膜トランジスタとして知られている。別法として、ゲートをデバイスの下側に設けて、いわゆるボトムゲート有機薄膜トランジスタを形成することも知られている。

【0010】

こうしたボトムゲート有機薄膜トランジスタの一例を図2に示す。図1および図2に示した構造の関係をより明らかに示すために、対応する部位には同じ参照番号を付した。図2に示したボトムゲート構造は、基板1上に堆積させたゲート電極12を備えており、これを覆って誘電材料からなる絶縁層10が堆積されている。ソース電極2およびドレイン電極4が、誘電材料からなる絶縁層10を覆って堆積されている。ソース電極2およびドレイン電極4が一定間隔で配置されており、その間にゲート電極を覆ってチャンネル領域6が設けられている。有機半導体(OSC)8が、チャンネル領域6に堆積されており、ソース電極2およびドレイン電極4の少なくとも一部を覆って延在することができる。

10

【0011】

前述の配置に関する1つの問題は、OSCを堆積させる場合にチャンネル領域内にOSCを封じ込める方法である。この問題の解決策は、ウェルを画定する絶縁バンク材料14からなるパターン化(パターニング)された層を設けることである。このウェルには、例えばインクジェット印刷によって溶液からOSC8を堆積させることができる。こうした配置を、それぞれボトムゲート有機薄膜トランジスタおよびトップゲート有機薄膜トランジスタについて、図3および図4に示した。さらに、図1および図2に示した構造と図3および図4に示した構造との関係をより明らかにするために、対応する部位には同じ参照番号を付した。

20

【0012】

特に、絶縁材料14からなるパターン化層によって画定されたウェルの周辺部は、例えばインクジェット印刷によるOSC8の堆積を容易にするために、ソース電極2およびドレイン電極4の間に画定されたチャンネル6の一部またはすべてを囲繞している。さらに、OSC8の堆積前に絶縁層14を堆積させるので、OSCを損傷せずにこれを堆積させ、パターン化することができる。絶縁層14の構造は、ポジレジストまたはネガレジストなどのフォトリソグラフィ、ウェットエッチング、ドライエッチングなどの既知の堆積およびパターニング技術を用いて複製可能な方法で形成することができる。

30

【0013】

ウェル画定用バンク材料のパターン化層を設けたとしても、チャンネル領域内にOSCを封じ込め、OSCの堆積に溶液プロセス技術を用いてチャンネル領域内にOSCの良好なフィルムを形成することには問題がやはり存在することを、本出願人は見出した。OSCを通常堆積させる有機溶媒の接触角は小さいので、ウェル画定用バンク材料の制御しがたい濡れが生じる。最悪のケースでは、OSCがウェルからあふれ出る恐れがある。

【0014】

プラズマ処理などの表面処理ステップを適用することによって濡れ性を制御できることが知られている。しかし、こうした表面処理が、ウェルに露出したOTFTの活性層を損傷する恐れがあることも知られている。例えば、ゲート誘電体がプラズマ処理にさらされると誘電体を損傷する恐れがあることが知られている。実際、本出願人は、図2に示したボトムゲートOTFTデバイスを形成することによって、自分自身で実験を行ってこれが事実であることを確認した。この実験では、誘電体層をプラズマ処理にさらした後、スパインコーティング技術を用いて溶液から有機半導体材料を堆積させた。これらのデバイスの性能を、製造中に誘電体にプラズマ処理を適用していない対応するデバイスと比べた。この結果によれば、製造中に誘電体をプラズマ処理にさらしたOTFTデバイスの性能が著しく低下することが明らかになった。それゆえ、本出願人は、損傷から誘電体層を保護するために、プラズマ処理前に誘電体を覆って保護「プラグ」を堆積させる技術を開発した。

40

【0015】

前述の配置に関する別の問題は、有機半導体材料に十分な電荷キャリアー移動度を与え

50

る方法である。チャンネルの導電性は、ゲートに電圧を印可することによって変えることができる。このようにして、トランジスタは、印加するゲート電圧を用いてオンとオフを切り替えることができる。所与の電圧で達成可能なドレイン電流は、デバイスの活性領域（ソース電極とドレイン電極の間のチャンネル）における有機半導体の電荷キャリアの移動度で左右される。したがって、低い動作電圧で高いドレイン電流を達成するためには、有機薄膜トランジスタは、高移動性の電荷キャリアを有する有機半導体がチャンネル領域になければならない。

【0016】

有機薄膜トランジスタの用途は、現在、有機半導体材料の比較的低い移動度によって限定されている。移動度を向上させる最も有効な手段の1つは、有機材料が配列・整列するように仕向けることであることが分かった。これにより、分子間の間隔が最小限になり、有機半導体の主な導電メカニズムである鎖間ホッピングを促す。薄膜トランジスタにおいて、移動度が最も高い有機半導体材料は、十分な配列および結晶化を示す。これは光学顕微鏡観察およびX線分光法から明白である。

【0017】

上に概要を述べた課題に対処することが本発明の実施形態の目的である。特に、OTFTの有機半導体層における電荷移動度を向上させること、ならびに、溶液から堆積させた場合、有機半導体材料を封じ込めることおよびそのフィルム形成を改善することが、特定の実施形態の目的である。

【発明の概要】

【0018】

本出願人は、背景技術の部で論じたプラズマ処理などの表面処理は、有機半導体材料の堆積に使用する技術にかかわらず、OTFTの活性成分に同様の有害作用を示すであろうことを当然仮定した。それゆえ、本出願人が有機半導体材料のために背景技術の部に記載したスピコーティング技術からインクジェット堆積技術に変更したとき、プラズマ処理中に下にある誘電体層を保護するために保護プラグの使用を継続した。しかし、ここで本出願人は、有機半導体材料を堆積させるためにインクジェット印刷技術を用いた場合、下にある層をプラズマ処理などの洗浄処理ステップにさらした後、その上に有機半導体材料をインクジェット印刷することにより、意外にも、OTFTデバイス性能が事実上めざましく改善されることを見出した。すなわち、スピコーティングしたデバイスとは異なり、チャンネル領域内の下にある表面を洗浄処理ステップにさらしていないインクジェット印刷デバイスと比較した場合、OTFTのチャンネル領域にプラズマ処理などの洗浄処理ステップを適用した後で有機半導体をインクジェット印刷すると、デバイス性能が事実上めざましく改善することが分かった。

【0019】

上記に鑑み、かつ本発明の一実施形態によると、有機薄膜トランジスタの製造方法であって、チャンネル領域を画定するソース電極とドレイン電極を含む基板を用意するステップと、少なくとも前記チャンネル領域を洗浄処理ステップにかけるステップと、インクジェット印刷によって前記チャンネル領域内に有機半導体材料を溶液から堆積させるステップとを含む方法が提供される。

【0020】

インクジェット印刷層のフィルム形成特性が、スピコーティングなどの他の技術によって堆積させた層のフィルム形成特性とは著しく異なることはよく知られている。以前より、有機半導体材料を堆積させるためにインクジェット印刷技術を用いて製造されたOTFTデバイスは、スピコーティングなどの他の堆積技術を有機半導体材料に用いて製造されたデバイスと比較した場合、不十分な性能を示していた。特に、インクジェット印刷された有機半導体フィルムの電荷移動度は低いことが分かっていた。いかなる理論によっても束縛されるつもりはないが、本発明の洗浄処理ステップはチャンネル領域の表面エネルギーに影響を与え、その結果、インクジェット印刷された有機半導体材料の濡れは、チャンネル領域の表面への損傷を補ってなお余りあるような程度まで改善されると考えられる。

実際、チャンネル領域の表面を洗浄処理ステップにさらさずに有機半導体材料をインクジェット堆積したインクジェット印刷OTFTデバイスの電荷移動度と比較して、電荷移動度を少なくとも2桁上昇させることができることが分かった。こうした効果はスピニングしたデバイスには観察されていない。これは、多分、スピコート層のフィルム形成特性が異なることに起因すると思われる。

【0021】

さらに、少なくともソース電極とドレイン電極の一部も洗浄処理ステップにさらすことが好ましい。これにより、これらの電極の表面を汚染するいかなる材料も除去される。これを除去しないと電荷注入/注出が阻害されることになる。電荷注入/注出を改善するためにこれが求められている場合、引き続きこれらの電極上を覆う自己組織化単分子膜を形成する際にも効果がある。こうした層の形成は、電極の表面を汚染する材料の存在によって阻害される。

10

【0022】

洗浄処理ステップは、好ましくはプラズマ処理ステップであり、最も好ましくは O_2 プラズマ処理ステップである。プラズマ処理、特に O_2 プラズマ処理は、続いて堆積されるインクジェット印刷有機半導体層の電荷移動度を上昇させるのに特に効果的であることが見出された。このプラズマは、 O_2 と、ハロゲン含有（好ましくはフッ素含有）種（例えば、 CF_4 ）などのラジカル促進種との両方を含むことができる。

【0023】

プラズマ処理は、好ましくは、いかなる汚染も除去する程度の高いエネルギーを有することが望ましいが、露出面が過度に損傷されない程度の低いエネルギーを有することが好ましい。實際上、露出面の若干の損傷は、有機半導体材料に結晶化部位を提供するために望ましいことでもある。しかし、露出面への過度の損傷は望ましくない。同様に、露出時間もまた、露出面が洗浄/損傷される程度を決める。好ましくは、プラズマ処理は、少なくとも60秒続くことが望ましい。

20

【0024】

洗浄処理ステップの後にディウェッティング処理ステップを行い、その後、有機半導体材料のインクジェット印刷を行うことが好ましい。ディウェッティング処理は、ハロゲン含有（好ましくは、フッ素含有）プラズマ（例えば、 CF_4 プラズマ）などのプラズマ処理であることが好ましい。この追加の処理ステップを設けることにより、インクジェット印刷OTFTデバイスの性能がさらに改善することが分かった。ディウェッティング処理は、露出面の耐濡れ性の回復に加えて、洗浄処理ステップで生じたチャンネル領域へのいかなる損傷をも、少なくとも部分的に修復するような役割を果たすこともできることが想像される。プラズマディウェッティング処理は、好ましくは少なくとも10秒、より好ましくは少なくとも30秒続ける。

30

【0025】

トップゲートOTFTでは、ゲート誘電体がOSCを覆って堆積され、このゲート誘電体を覆ってゲート電極が堆積される。しかし、好ましくは、OTFTはボトムゲートOTFTであり、基板を用意するステップは、ゲート電極を堆積させるステップと、このゲート電極を覆ってゲート誘電体を堆積させるステップと、このゲート誘電体を覆ってソース電極とドレイン電極を堆積させてチャンネル領域を形成するステップとを含む。洗浄処理ステップは、ボトムゲートOTFTのチャンネル領域の露出した誘電材料を処理した後、その上に有機半導体材料をインクジェット印刷するのに、特に効果的であることが分かった。誘電材料は、無機であっても、有機であってもよいが、有機であることが好ましい。さらに、洗浄処理ステップは、チャンネル領域の露出した有機誘電材料の処理に特に効果的であることが分かった。洗浄処理ステップは、有機誘電材料の汚染された上面を除去することができると考えられる。

40

【0026】

インクジェット印刷デバイスについては、有機半導体材料を堆積させることができるウェルを設けることが好ましい。したがって、基板を用意するステップの後に、かつ洗浄処

50

理ステップの前に、チャンネル領域を囲むウェルを画定する絶縁材料のパターン化層を形成することが有利である。このウェル成形ステップは、洗浄ステップ後にチャンネル領域が汚染されるのを回避するために、洗浄処理ステップ前に、かつ有機半導体材料のインクジェット印刷前に行うことが望ましい。実際、本発明の洗浄処理ステップは、ウェル画定材料のパターン化層が提供されるデバイスに特に有用である。何故ならば、こうしたパターン化層を形成するプロセスは、こうしたデバイスの性能に悪影響を及ぼす、チャンネル領域ならびにノあるいはソース電極とドレイン電極の汚染をもたらすからである。洗浄処理ステップにより、ウェル成形プロセスの後にチャンネル領域内およびこれらの電極上に残った汚染物質は除去される。

【0027】

本発明の第2の態様によれば、上記の方法に従って製造された有機薄膜トランジスターデバイスが提供される。このデバイスの電荷移動度は、少なくとも $10^{-4} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 、より好ましくは少なくとも $10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 、特に好ましくは少なくとも $10^{-2} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ である。本発明の洗浄処理ステップ無しでインクジェット印刷を用いて製造した従来のデバイスの電荷移動度は、 $10^{-4} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 未満であることが分かった。

【0028】

本発明の他の態様によれば、上記の方法に従って製造された有機薄膜トランジスターが組み込まれた、アクティブマトリクス有機光学デバイスおよびこれを製造する方法が提供される。

【0029】

次に、本発明を、添付図面を参照して、単に一例としてさらに詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】図1は、既知のトップゲート有機薄膜トランジスター配置を示す図である。

【図2】図2は、既知のトップゲート有機薄膜トランジスター配置を示す図である。

【図3】図3は、有機半導体を封じ込めるウェルを有するボトムゲート有機薄膜トランジスター配置を示す図である。

【図4】図4は、有機半導体を封じ込めるウェルを有するボトムゲート有機薄膜トランジスター配置を示す図である。

【図5】図5は、本発明の一実施形態によるボトムゲート有機薄膜トランジスターの形成に含まれる方法ステップを示す図である。

【図6】図6は、本発明の一実施形態によるトップゲート有機薄膜トランジスターの形成に含まれる方法ステップを示す図である。

【図7】図7は、有機薄膜トランジスターおよび有機発光デバイスを含むアクティブマトリクス有機発光ディスプレイの一部を示す図である。

【図8】図8は、有機薄膜トランジスターおよび有機発光デバイスを含む別のアクティブマトリクス有機発光ディスプレイ配置の一部を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0031】

本発明の実施形態では、OSCがインクジェット印刷で堆積されたデバイスのためのOTFTプロセスフロー中に、追加の洗浄処理ステップが導入される。これにより、インクジェット印刷されたデバイスに優れたOTFT性能がもたらされることが分かった。この性能には、インクジェット堆積させたOSC溶液の優れた濡れ特性およびフィルム形成特性、ならびに得られるOSCフィルムの高い結晶化度、したがって高い電荷移動度が含まれる。

【0032】

図5は、本発明の実施形態によるボトムゲート有機薄膜トランジスターの形成に含まれる方法ステップを示す。図1～図4で用いたものと同じ参照番号を、対応する部位に付した。図5(A)は、OSC堆積前の形成中のデバイス構造を表す。この構造は、基板1上にゲート電極12を堆積させ、このゲート電極12を覆ってゲート誘電体10を堆積させ、

10

20

30

40

50

このゲート誘電体 10 を覆ってソース電極 2 とドレイン電極 4 を堆積させて、ゲート誘電体 10 が露出されるチャンネル領域 6 を画定し、かつ、絶縁バンク材料 14 からなるパターン化層を形成して、チャンネル領域 6 を囲むウェルを画定することにより形成される。図 5 (A) に示した配置では、ウェル画定用バンク 14 はアンダーカット形状を有する。このプロファイルは、溶液からウェルに堆積させた場合に O S C の良好なフィルムを形成するのに有用となりうる。しかし、ウェル画定用バンクは、別法として盛り上がった形状を有することもできる。

【 0 0 3 3 】

図 5 (B) ~ 図 5 (C) に示すように、ウェルに露出した誘電体 10 ならびにソース電極 2 とドレイン電極 4 は、O₂プラズマ処理にかけられた後、CF₄プラズマ処理にかけられる。次いで、O S C 8 をウェル内にインクジェット印刷して図 5 (D) に示した構造を形成する。

【 0 0 3 4 】

図 6 は、本発明の実施形態によるトップゲート有機薄膜トランジスターの形成に含まれる対応する方法ステップを示す。図 1 ~ 図 5 で用いたものと同じ参照番号を、対応する部位に付した。

【 0 0 3 5 】

この方法ステップは、図 6 (A) に示したように異なる出発構造を用いた以外は、ボトムゲート配置について図 5 に示したものと同様である。ここでは、基板 1 は、チャンネル領域 6 を画定するソース電極 2 とドレイン電極 4 を備え、ウェル画定用バンク層がソース電極とドレイン電極を覆って形成されている。次いで、この構造は、図 6 (B) ~ 図 6 (C) に示すように、O₂プラズマ処理にさらされた後、CF₄プラズマ処理にさらされる。次いで、図 6 (D) に示すように O S C 8 をウェル内へインクジェット印刷し、続いて図 6 (E) に示したゲート誘電体 10 およびゲート電極 12 を印刷して図 6 (F) に示した構造を形成する。

【 0 0 3 6 】

本発明の実施形態による O T F T の形成に好適な材料およびプロセスを、以下にさらに詳細に述べる。

【 0 0 3 7 】

< 基板 >

基板は、リジッドであっても、またはフレキシブルであってもよい。リジッド基板はガラスまたはケイ素から選択することができ、フレキシブル基板は薄いガラスまたはポリ(エチレン-テレフタレート)(PET)、ポリ(エチレン-ナフタレート)PEN、ポリカーボネートおよびポリイミドなどのプラスチックを含むことができる。

【 0 0 3 8 】

有機半導体材料は、適切な溶媒の使用によって溶液プロセスで加工可能にすることができる。代表的な溶媒としては、以下ものが挙げられる：トルエンおよびキシレンなどのモノ-またはポリ-アルキルベンゼン；テトラリン；およびクロロホルム。好ましい溶液堆積技術としては、スピンコーティングおよびインクジェット印刷が挙げられる。他の溶液堆積技術としては、浸せきコーティング、ロール印刷およびスクリーン印刷が挙げられる。

【 0 0 3 9 】

< 有機半導体材料 >

好ましい有機半導体材料としては、以下ものが挙げられる：任意選択で置換されたペンタセンなどの低分子化合物；ポリアリーレン、特にポリフルオレンおよびポリチオフェンなどの任意選択で置換されたポリマー；ならびにオリゴマー。異なるタイプの材料のブレンド(例えば、ポリマーと低分子化合物のブレンド)を含めて、材料のブレンドを用いることもできる。

【 0 0 4 0 】

< ソース電極とドレイン電極 >

pチャンネルOTFTについては、ソース電極とドレイン電極は、 3.5 eV を超える仕事関数を有する高仕事関数の材料、好ましくは金属、例えば、金、白金、パラジウム、モリブデン、タングステン、またはクロムを含むことが好ましい。より好ましくは、この金属は、 $4.5 \sim 5.5\text{ eV}$ の範囲の仕事関数を有する。他の好適な化合物、合金および酸化物、例えば三酸化モリブデンおよびインジウムスズ酸化物を使用することもできる。ソース電極とドレイン電極は、熱蒸着によって堆積させ、当技術分野で知られている標準フォトリソグラフィおよびリフトオフ技法を用いてパターン化することができる。

【0041】

また、導電性ポリマーをソース電極とドレイン電極として堆積させることができる。こうした導電性ポリマーの一例はポリ(エチレンジオキシチオフェン)(PEDOT)であるが、他の導電性ポリマーも当技術分野で知られている。こうした導電性ポリマーは、例えばスピンコーティングまたはインクジェット印刷技術および先に述べた他の溶液堆積技術を用いて、溶液から堆積させることができる。

10

【0042】

nチャンネルOTFTについては、ソース電極とドレイン電極は、 3.5 eV 未満の仕事関数を有する材料、例えばカルシウムまたはバリウムなどの金属、あるいは金属化合物の薄層、特にアルカリまたはアルカリ土類金属の酸化物またはフッ化物、例えばフッ化リチウム、フッ化バリウムおよび酸化バリウムを含むことが好ましい。あるいは、導電性ポリマーをソース電極とドレイン電極として堆積させることもできる。

【0043】

ソース電極とドレイン電極は、製造を容易にするために同じ材料から形成することが好ましい。しかし、ソース電極とドレイン電極は、電荷注入および注出をそれぞれ最適化するために異なる材料から形成することもあることは十分に理解されよう。

20

【0044】

ソース電極とドレイン電極の間に画定されるチャンネルの長さは、 500 マイクロメートル以内とすることができるが、この長さは、好ましくは 200 マイクロメートル未満、より好ましくは 100 マイクロメートル未満、特に好ましくは 20 マイクロメートル未満である。

【0045】

<ゲート電極>

ゲート電極は、広範囲の導電材料、例えば金属(例えば金)または金属化合物(例えばインジウムスズ酸化物)から選択することができる。あるいは、導電性ポリマーをゲート電極として堆積させることができる。こうした導電性ポリマーは、例えばスピンコーティングまたはインクジェット印刷技術および先に述べた他の溶液堆積技術を用いて、溶液から堆積させることができる。

30

【0046】

ゲート電極、ソース電極およびドレイン電極の厚みは、例えば、原子間力顕微鏡(AFM)で測定して、 $5 \sim 200\text{ nm}$ の範囲とすることができるが、通常は 50 nm である。

【0047】

<ゲート誘電体>

ゲート誘電体は、高い抵抗率を有する絶縁材料から選択された誘電材料を含む。誘電体の誘電率 k は通常約 $2 \sim 3$ であるが、 k 値の高い材料が望ましい。何故ならば、OTFTで達成可能な静電容量は k に正比例し、ドレイン電流 I_D は静電容量に正比例するからである。したがって、低い動作電圧で高いドレイン電流を得るためには、チャンネル領域内に薄い誘電体層を有するOTFTが好ましい。

40

【0048】

誘電材料は、有機であってもよく、無機であってもよい。好ましい無機材料としては、 SiO_2 、 SiNx およびスピンオンガラス(SOG)が挙げられる。好ましい有機材料は一般にポリマーであり、ポリビニルアルコール(PVA)、ポリビニルピロリジン(PVP)、ポリメチルメタクリレート(PMMA)などのアクリル酸エステル、ダウコーニ

50

ングから市販されているベンゾクロロブタン（BCB）などの絶縁ポリマーが挙げられる。絶縁層は、材料のブレンドから形成してもよく、または多層構造を含むこともできる。

【0049】

誘電材料は、当技術分野で知られているように、熱蒸着、真空加工または積層技術によって堆積させることができる。あるいは、誘電材料は、例えばスピンコーティングまたはインクジェット印刷技術および先に述べた他の溶液堆積技術を用いて、溶液から堆積させることができる。

【0050】

誘電材料を有機半導体上に溶液から堆積させる場合、これが結果的に有機半導体の分解をもたらすことは望ましくない。同様に、有機半導体を溶液から誘電材料上に堆積させる場合も、誘電材料が分解されることは望ましくない。こうした分解を回避する技術としては、以下が挙げられる：直交溶媒の使用、すなわち、最上層を堆積させるために、下にある層を分解させない溶媒を使用すること；ならびに、下にある層の架橋。

【0051】

ゲート誘電体層の厚みは、好ましくは2マイクロメートル未満、より好ましくは500nm未満である。

【0052】

<その他の層>

他の層をデバイスアーキテクチャに含めることができる。例えば、必要とされた場合、自己組織化単分子膜（SAM）を、ゲート、ソースまたはドレイン電極、基板、絶縁層および有機半導体材料上に堆積させて、結晶化を促進し、接触抵抗を低下させ、表面特性を修復し、密着性を向上させることができる。特に、チャネル領域内の誘導体表面に結合領域および有機領域を含む単分子層を設け、特に高k誘導体表面について、例えば有機半導体の形態（特にポリマーの配列および結晶化度）を改善することにより、かつ電荷トラップを覆うことによりデバイス性能を改善することができる。こうした単分子層の代表的な材料としては、長いアルキル鎖を有するクロロ-またはアルコキシ-シラン、例えばオクタデシルトリクロロシランが挙げられる。同様に、ソース電極とドレイン電極にSAMを設けて、有機半導体と電極の間の接触を改善することができる。例えば、金のSD電極に、チオール結合基および接触を改善するための基（高い双極子モーメント、ドーパント、または共役部分を有する基とすることができる）を含むSAMを設けることができる。

【0053】

<OTFTの用途>

本発明の実施形態によるOTFTは広範囲の可能性のある用途を有する。こうした用途の1つは、光学デバイス、好ましくは有機光学デバイスにおいて画素を駆動することである。こうした光学デバイスの例としては、光応答性デバイス、特に光検出器、および発光デバイス、特に有機発光デバイスが挙げられる。OTFTは、アクティブマトリックス有機発光デバイスと共に使用（例えばディスプレイ用途で使用）するのに特に適している。

【0054】

図7は、共通基板21上に製作された、有機薄膜トランジスタおよび隣接する有機発光デバイスを含む画素を示す。OTFTは、ゲート電極22、誘電体層24、ソース電極23sおよびドレイン電極23d、ならびにOSC層25を含む。OLEDは、アノード27、カソード29およびアノードとカソードの間に設けられたエレクトロルミネッセンス層28を含む。電荷輸送、電荷注入または電荷阻止層などのその他の層を、アノードとカソードの間に設置することができる。図7の実施形態では、カソード材料の層がOTFTとOLEDの両方を横切って延在しており、絶縁層26がOSC層25からカソード層29を電気的に分離するために設けられている。この実施形態では、ドレイン電極23dは、有機発光デバイスの発光と非発光状態を切り替えるために有機発光デバイスのアノードに直接接続されている。

【0055】

OTFTとOLEDの活性領域は共通のバンク材料によって画定されている。この共通

10

20

30

40

50

バンク材料は、基板 2 1 上にフォトレジストの層を堆積させ、これをパターン化して基板上に O T F T と O L E D の領域を画定することにより形成される。本発明の一実施形態によれば、O T F T と O L E D の両方を画定するウェルを、図 5 および図 6 に関して記述した方法と同様な方法で製造中に洗浄処理ステップにさらした後、その中に O S C および有機エレクトロルミネッセンス材料を堆積させることができる。次いで、O T F T および O L E D の残りの層をウェル内に堆積させることができる。

【 0 0 5 6 】

図 8 に示した別の配置では、有機薄膜トランジスタは、有機発光デバイスに対して積み重ねられた関係に製作することができる。こうした実施形態では、有機薄膜トランジスタは、トップまたはボトムゲート構造に、上記のように製造される。図 7 の実施形態と同じく、O T F T と O L E D の活性領域はフォトレジスト 3 3 のパターン化層によって画定されている。しかし、この積み重ねられた配置では、2 つの別個のバンク層 3 3 がある。1 つは O L E D のためのものであり、1 つは O T F T のためのものである。本発明の一実施形態によれば、これらの別個の 2 つの層は、製造中に図 5、図 6 および図 7 に関して記述した方法と同様な方法で処理することができる。

【 0 0 5 7 】

平坦化層 3 1 (不活性化層としても知られている)が、O T F T を覆って堆積されている。代表的な不動態化層としては B C B およびパリレンが挙げられる。有機発光デバイスが、不活性化層を覆って製作されている。有機発光デバイスのアノード 3 4 は、不活性化層 3 1 およびバンク層 3 3 を通る導電性バイア 3 2 によって、有機薄膜トランジスタのドレイン電極に電氣的に接続されている。

【 0 0 5 8 】

O T F T および光学活性領域 (例えば、発光または光感知領域) を含む画素回路が別の要素を含むことができることが十分に理解されよう。特に、図 7 および図 8 の O L E D 画素回路は、典型的には、図示の駆動トランジスタに加えて少なくとも 1 つの別のトランジスタ、および少なくとも 1 つのコンデンサーを含む。

【 0 0 5 9 】

本明細書に記載の有機発光デバイスが、トップ発光デバイスであってもよく、ボトム発光デバイスであってもよいことが十分に理解されよう。すなわち、これらのデバイスは、デバイスのアノード側またはカソード側を通して発光することができる。透明なデバイスでは、アノードおよびカソードの両方が透明である。透明カソードデバイスが透明アノードを有する必要がないこと (もちろん、完全に透明なデバイスを所望しない場合)、したがって、ボトム発光デバイスに用いられる透明アノードは、アルミニウムの層などの反射性材料の層と置き換えることができるか、またはこれに反射性材料の層を追加することができることは十分に理解されよう。

【 0 0 6 0 】

透明カソードは、アクティブマトリクスデバイスには特に有利である。何故ならば、こうしたデバイスにおいて透明アノードを通る発光は、図 8 に示した実施形態から見るように、発光性画素の下に設置された O T F T 駆動回路によって少なくとも部分的にブロックされる恐れがあるからである。

【実施例】

【 0 0 6 1 】

図 5 に示したプロセスに従って O T F T を製造した。このデバイスの移動度は、酸素プラズマ処理無しで形成された対応するデバイスより少なくとも 2 桁高かった。

【 0 0 6 2 】

逆に、スピンコーティングしたデバイスの移動度は、酸素および / または C F ₄ プラズマ処理にかけた場合、最大 2 桁の低下を示した。

【 0 0 6 3 】

本発明を、その好ましい実施形態に関して詳細に図示し、かつ記述したが、当業者は、添付した特許請求の範囲に規定された本発明の範囲から逸脱すること無しに、その形態お

10

20

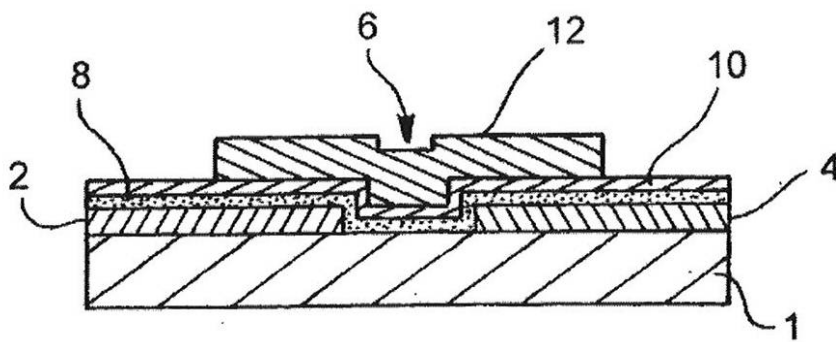
30

40

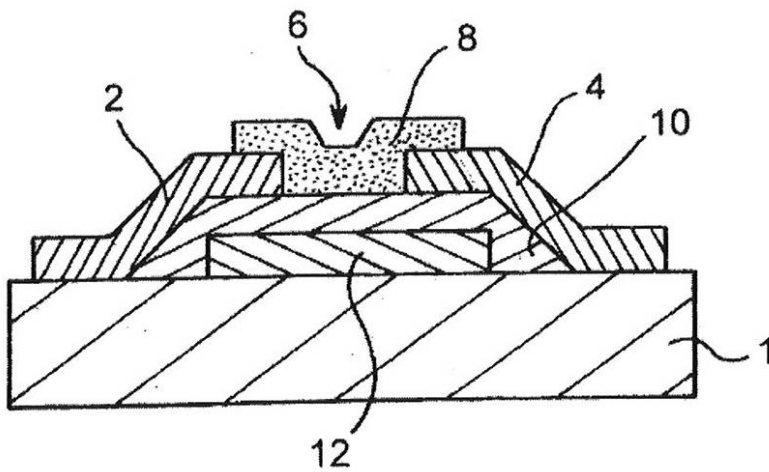
50

よび細部に様々な変更を加えることができることを理解するであろう。

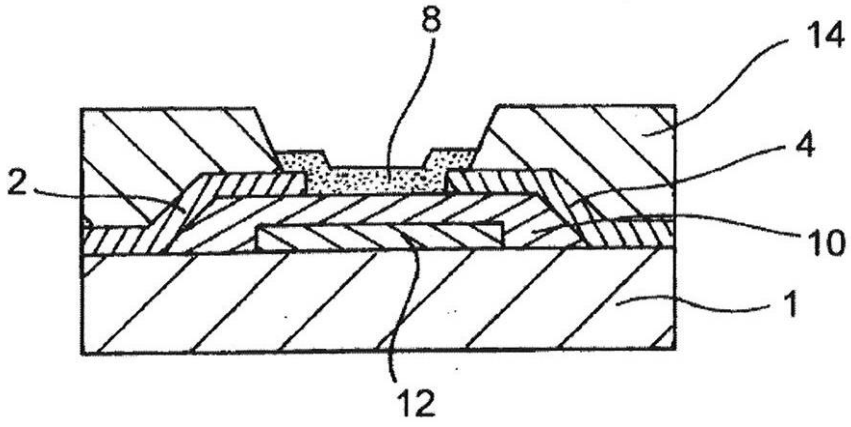
【図1】



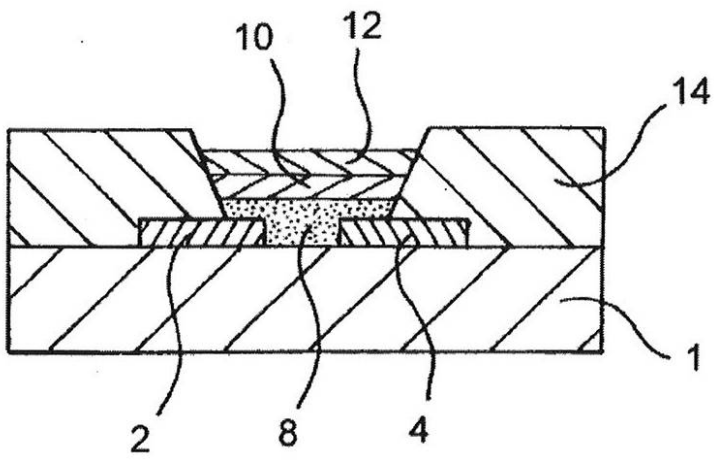
【図2】



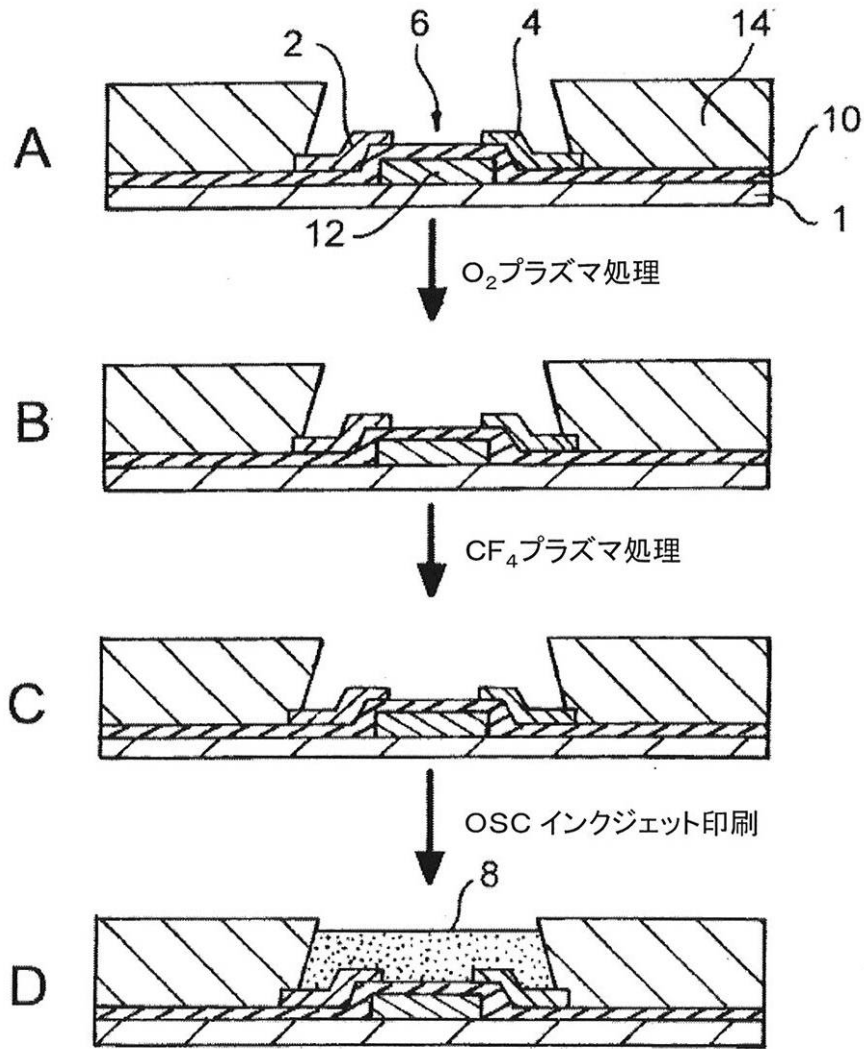
【図3】



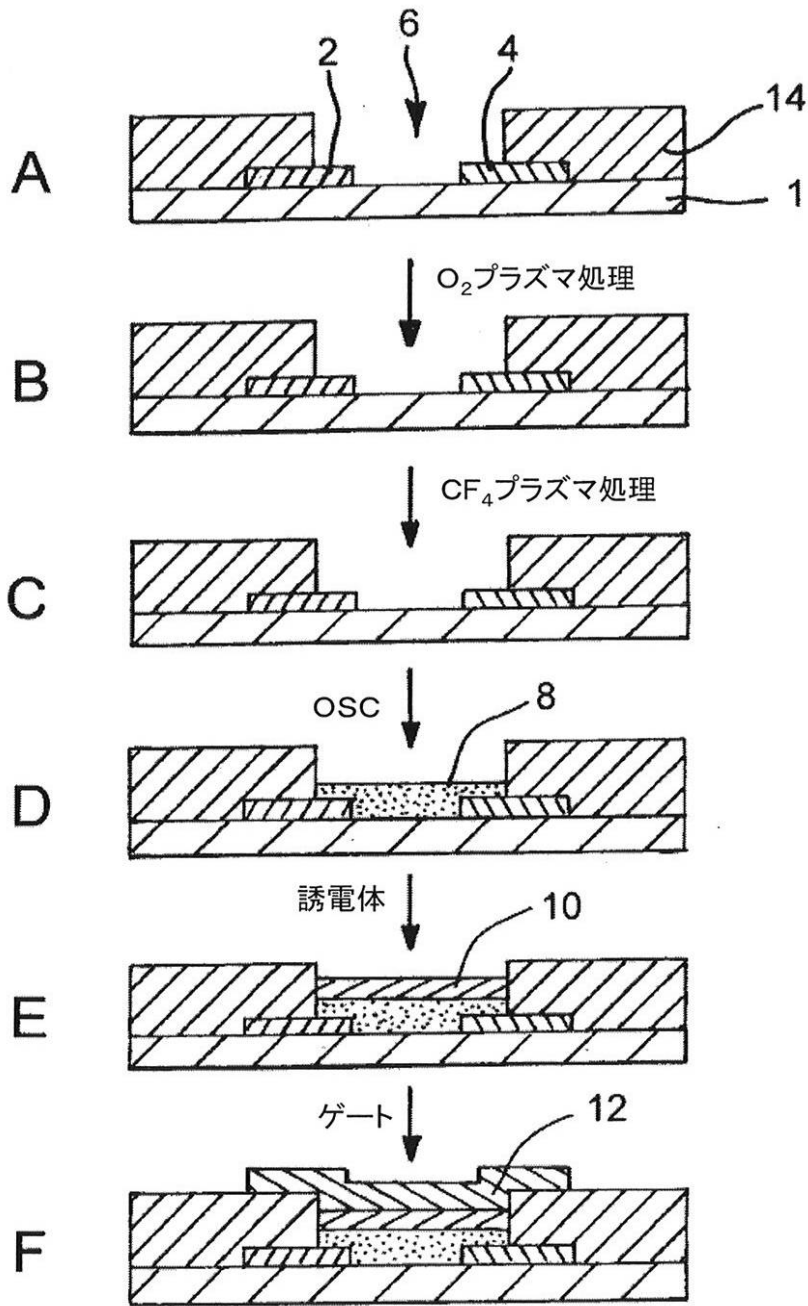
【図4】



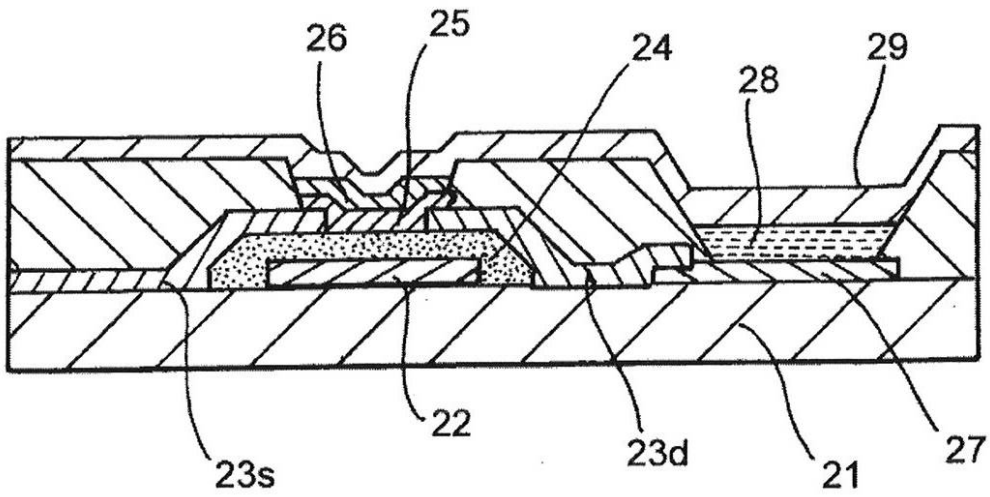
【図5】



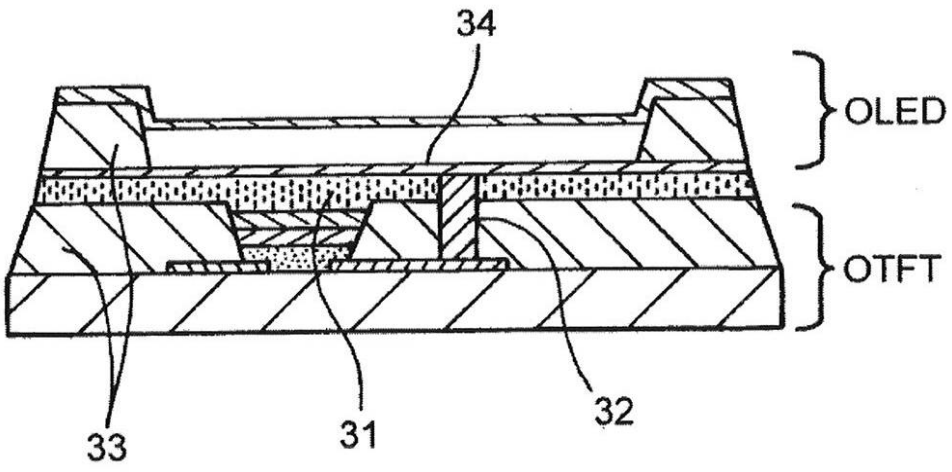
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
<i>H 0 1 L</i>	<i>21/336</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 1 L</i>	<i>29/78</i> <i>6 1 8 A</i>
<i>H 0 1 L</i>	<i>51/05</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 1 L</i>	<i>29/78</i> <i>6 1 7 T</i>
<i>H 0 5 B</i>	<i>33/02</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 1 L</i>	<i>29/28</i> <i>1 0 0 A</i>
			<i>H 0 5 B</i>	<i>33/02</i>

(74)代理人 100137213

弁理士 安藤 健司

(74)代理人 100143823

弁理士 市川 英彦

(74)代理人 100151448

弁理士 青木 孝博

(74)代理人 100183519

弁理士 櫻田 芳恵

(74)代理人 100146318

弁理士 岩瀬 吉和

(74)代理人 230105223

弁護士 城山 康文

(72)発明者 ベイル, マーク

イギリス国 シービー21 4アールピー ケンブリッジシャイア ケンブリッジ, ウエスト ウ
ィックハム, ストリートリー エンド 37

(72)発明者 マーフィー, クレイグ

イギリス国 シービー4 3アールダブリュー ケンブリッジシャイア, ケンブリッジ, ハーディ
ング ウェイ 47

審査官 小田 浩

(56)参考文献 特開2007-305802(JP,A)

特開2005-150640(JP,A)

特開2007-173085(JP,A)

特開2006-332645(JP,A)

特開2007-165889(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 L 2 9 / 7 8 6

H 0 1 L 2 1 / 3 3 6

H 0 1 L 5 1 / 0 5

H 0 1 L 5 1 / 5 0

H 0 5 B 3 3 / 0 2

H 0 5 B 3 3 / 1 0

H 0 5 B 3 3 / 1 2

H 0 5 B 3 3 / 2 2