

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6330408号
(P6330408)

(45) 発行日 平成30年5月30日 (2018.5.30)

(24) 登録日 平成30年5月11日 (2018.5.11)

(51) Int.Cl.	F I				
HO 1 L 29/786 (2006.01)	HO 1 L	29/78	6 1 8 B		
HO 1 L 21/28 (2006.01)	HO 1 L	29/78	6 1 6 U		
HO 1 L 29/417 (2006.01)	HO 1 L	29/78	6 1 6 V		
	HO 1 L	21/28	3 0 1 B		
	HO 1 L	29/50		M	

請求項の数 9 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2014-58610 (P2014-58610)
 (22) 出願日 平成26年3月20日 (2014.3.20)
 (65) 公開番号 特開2015-185585 (P2015-185585A)
 (43) 公開日 平成27年10月22日 (2015.10.22)
 審査請求日 平成29年2月21日 (2017.2.21)

(73) 特許権者 000003193
 凸版印刷株式会社
 東京都台東区台東1丁目5番1号
 (74) 代理人 110001276
 特許業務法人 小笠原特許事務所
 (72) 発明者 今村 ちひろ
 東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

審査官 川原 光司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜トランジスタ及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

絶縁基板と

前記絶縁基板上に形成された少なくともゲート電極と、ゲート絶縁層と、ソース電極と、ドレイン電極と、有機半導体を含むチャンネル層とを含み、

前記ソース電極表面及び前記ドレイン電極表面と前記チャンネル層との間に、有機半導体を含む接触層を有し、

前記チャンネル層及び前記接触層が同一の有機半導体材料からなる、
 薄膜トランジスタ。

【請求項2】

前記チャンネル層は結晶性を有する、請求項1に記載の薄膜トランジスタ。

【請求項3】

前記接触層は結晶性を有する、請求項1又は2に記載の薄膜トランジスタ。

【請求項4】

請求項1乃至3のいずれかに記載の薄膜トランジスタの製造方法であって、
 有機半導体材料を含有する塗布液を塗布して前記チャンネル層を形成する工程を含む、
 薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項5】

請求項1乃至3のいずれかに記載の薄膜トランジスタの製造方法であって、
 有機半導体材料を含有する塗布液を用いて前記接触層を形成する工程を含む、薄膜トラン

ジスタの製造方法。

【請求項6】

前記接触層を形成する工程において、前記塗布液の前記ゲート絶縁層表面に対する接触角が、前記ソース電極及び前記ドレイン電極に対する接触角よりも大きくなるように前記塗布液を塗布する、請求項5に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項7】

前記接触層を形成する工程において、前記塗布液の前記絶縁基板表面に対する接触角が、前記ソース電極及び前記ドレイン電極に対する接触角よりも大きくなるように前記塗布液を塗布する、請求項5に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項8】

前記接触層を形成する工程は、前記塗布液の塗布後に、前記塗布液から溶媒成分を除去して、接触層となる有機半導体膜を形成する工程を含む、請求項5乃至7のいずれかに記載の薄膜トランジスタの製造方法。

【請求項9】

前記チャネル層を形成する工程は、
転写用基板上に前記塗布液を塗布する工程と、
前記転写用基板上で前記塗布液が含有する有機半導体材料を結晶化させて有機半導体膜を形成する工程と、
少なくとも前記ソース電極、前記ドレイン電極及び前記接触層が形成された前記絶縁基板上に、前記有機半導体膜を転写してチャネル層を形成する工程とを含む、請求項4に記載の薄膜トランジスタの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、薄膜トランジスタ及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

現在、一般的な平面薄型画像表示装置は非晶質シリコンや多結晶シリコンを半導体層に用いた薄膜トランジスタのアクティブマトリックスにより駆動されている。

【0003】

一方、平面薄型画像表示装置のさらなる薄型化、軽量化、耐破損性の向上を求めて、ガラス基板の代わりに樹脂基板を用いる試みが近年なされている。

【0004】

しかし、上述のシリコンを用いる薄膜トランジスタの製造は、比較的高温の熱工程を要し、一般的に耐熱性の低い樹脂基板上に直接形成することは困難である。

【0005】

そこで、低温形成が可能な有機半導体を用いた薄膜トランジスタの開発が活発に行われている。

【0006】

また、有機半導体は印刷法によってパターンングが可能であるという長所を有する。さらに、有機半導体を用いた薄膜トランジスタは半導体層だけでなく、電極やゲート絶縁層も印刷法によって形成可能な材料を選択することにより、薄膜トランジスタを構成する層を全て印刷により形成することも可能である。

【0007】

印刷法を用いることにより、真空成膜・フォトリソグラフィーにより製造されるシリコン系薄膜とトランジスタと比較して製造コストの大幅な削減が期待される。

【0008】

例えば、ボトムゲート・ボトムコンタクト型TFETの場合、有機半導体膜は、ゲート絶縁層及びソース・ドレイン電極上へ形成される。有機半導体膜の形成方法としては、例えばゲート絶縁層及びソース・ドレイン電極上へ有機半導体材料を含有する塗布液を塗工し

10

20

30

40

50

、その後溶媒を除去して形成する方法や、転写用基板上に有機半導体材料を含有する塗布液を塗布し、転写用基板上で有機半導体材料を結晶化させ、ゲート絶縁層及びソース・ドレイン電極上に、有機半導体膜を転写させて形成する方法等がある（特許文献1、2）。

【0009】

しかし、有機半導体膜を形成する際に、ゲート絶縁層とソース・ドレイン電極の表面エネルギーが異なるため、有機半導体膜はゲート絶縁層上またはソース・ドレイン電極上のどちらか一方に形成されやすく、どちらか一方には形成されにくいという問題がある。有機半導体膜がゲート絶縁層上に十分に形成されない場合、チャンネル内に有機半導体膜が存在しない部分が発生するため、薄膜トランジスタのオン電流が減少し、デバイスを動作させる上で所望の特性が得られないこととなる。またソース・ドレイン電極上に有機半導体膜が十分に形成されない場合においても、有機半導体膜とソース・ドレイン電極との接触面積が小さく、接触抵抗が高くなるため、薄膜トランジスタのオン電流が減少し、デバイスを動作させる上で所望の特性が得られないこととなる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特許第3803342号公報

【特許文献2】特許第4831406号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0011】

本発明は、高いオン電流を得ることのできる薄膜トランジスタ及びその製造方法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】

【0012】

上記課題を解決するための本発明の一局面は、絶縁基板と、絶縁基板上に形成された少なくともゲート電極と、ゲート絶縁層と、ソース電極と、ドレイン電極と、有機半導体を含むチャンネル層とを含み、ソース電極表面及びドレイン電極表面とチャンネル層との間に、有機半導体を含む接触層を有し、チャンネル層及び接触層が同一の有機半導体材料からなる、薄膜トランジスタである。

30

【0013】

また、チャンネル層または接触層が結晶性を有する材料を含んでもよい。

【0015】

また、本発明の他の局面は、有機半導体材料を含む塗布液を用いてチャンネル層及び/又は接触層を形成する工程を含む、薄膜トランジスタの製造方法である。

【0016】

また、接触層を形成する工程において、塗布液のゲート絶縁層表面に対する接触角を、ソース電極及びドレイン電極に対する接触角よりも大きくなるように塗布液を塗布してもよい。

【0017】

40

また、接触層を形成する工程において、塗布液の絶縁基板表面に対する接触角を、ソース電極及びドレイン電極に対する接触角よりも大きくなるように塗布液を塗布してもよい。

【0018】

また、接触層を形成する工程において、塗布液の塗布後に、塗布液から溶媒成分を除去して、接触層となる有機半導体膜を形成する工程を含んでもよい。

【0019】

また、チャンネル層を形成する工程において、転写用基板上に塗布液を塗布する工程と、転写用基板上で塗布液が含有する有機半導体材料を結晶化させて有機半導体膜を形成する工程と、少なくともソース電極、ドレイン電極及び接触層が形成された絶縁基板上に、有

50

機半導体膜を転写してチャンネル層を形成する工程を含んでもよい。

【発明の効果】

【0020】

ソース電極及びドレイン電極表面とチャンネル層の間に、有機半導体材料を含む接触層を有することで、チャンネル層とソース・ドレイン電極間のコンタクト抵抗が低く、高いオン電流が得られる。

【0021】

チャンネル層及び接触層が結晶性を有することで、より高いオン電流を得ることが可能となる。

【0022】

チャンネル層及び接触層が同一の有機半導体材料を含むことで、半導体膜中のキャリアの移動がスムーズに行われ、より高いオン電流を得ることが可能となる。

【0023】

チャンネル層及び接触層を、有機半導体材料を含む塗布液から形成することで、印刷法を用いて製造することが可能となり、低コストな薄膜トランジスタを実現することができる。

【0024】

ボトムゲート - ボトムコンタクト型薄膜トランジスタの場合、接触層となる有機半導体膜を形成する際に、有機半導体材料を含有する塗布液のゲート絶縁層表面に対する接触角を、ソース電極及びドレイン電極表面に対する接触角よりも大きくすることで、塗布液がソース電極及びドレイン電極を十分に濡らし、溶媒が乾燥する際に、ソース電極及びドレイン電極表面に十分に接触層を形成することができる。

【0025】

トップゲート - ボトムコンタクト型薄膜トランジスタの場合、接触層となる有機半導体膜を形成する際に、有機半導体材料を含有する塗布液の絶縁基板表面に対する接触角を、ソース電極及びドレイン電極表面に対する接触角よりも大きくすることで、塗布液がソース電極及びドレイン電極を十分に濡らし、溶媒が乾燥する際に、ソース電極及びドレイン電極表面に十分に接触層を形成することができる。

【0026】

ソース電極及びドレイン電極上に、前述の有機半導体材料を含有する塗布液が塗出される工程と、該塗布液から溶媒成分を除去する工程とにより、ソース電極及びドレイン電極上に接触層となる有機半導体膜を容易に形成することができる。

【0027】

転写用基板上に前述の有機半導体材料を含有する塗布液を塗布する工程と、転写用基板上で有機半導体材料を結晶化させる工程と、ソース電極及びドレイン電極及び接触層が形成された絶縁基板上に、有機半導体膜を転写させる工程とにより、接触層を溶解させずに、ゲート絶縁層表面または絶縁基板上に結晶性の有機半導体膜を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明の第1の実施形態および実施例に係る薄膜トランジスタの断面構造を表す概略図である。

【図2】本発明の第2の実施形態に係る薄膜トランジスタの断面構造を表す概略図である。

【図3】本発明の比較例に係る薄膜トランジスタの断面構造を表す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下、本発明の実施の形態を、図面を参照しつつ説明する。実施の形態において、同一構成要素には同一符号を付け、実施の形態の間において重複する説明は省略する。

【0030】

図1に本発明の薄膜トランジスタの第1の実施形態である、薄膜トランジスタ1を示す

10

20

30

40

50

。絶縁基板 10 上にゲート電極 11、ゲート絶縁層 12、ソース電極 13 およびドレイン電極 14、接触層 15、チャンネル層（半導体層）16 を備えたボトムゲート - ボトムコンタクト構造の薄膜トランジスタである。

【0031】

図 2 に本発明の薄膜トランジスタの第 2 の実施形態である、薄膜トランジスタ 2 を示す。絶縁基板 10 上にゲート電極 11、ゲート絶縁層 12、ソース電極 13 およびドレイン電極 14、接触層 15、チャンネル層 16 を備えたトップゲート - ボトムコンタクト構造の薄膜トランジスタである。

【0032】

本発明の絶縁基板 10 としてガラス基板または樹脂基板を用いることができる。樹脂基板の場合、例えば、ポリイミド、ポリメチルメタクリレート、ポリアクリレート、ポリカーボネート、ポリスチレン、ポリエチレンサルファイド、ポリエーテルスルホン（PES）、ポリオレフィン、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート（PEN）、シクロオレフィンポリマー、ポリエーテルサルフェン、トリアセチルセルロース、ポリビニルフルオライドフィルム、エチレン-テトラフルオロエチレン共重合樹脂、ガラス繊維強化アクリル樹脂フィルム、ガラス繊維強化ポリカーボネート、フッ素系樹脂、環状ポリオレフィン系樹脂等を使用することができる。これらの基板は単独で使用することもでき、2 種以上を積層した複合基板を使用することもできる。

絶縁基板の上にポリビニルピロリドン等の有機物膜や、SiO₂等の無機膜からなるガスバリア層や密着層等を設けてもよい。

【0033】

本発明のゲート電極 11 には、Ag、Cu、Au などの低抵抗金属材料をインキ状、ペースト状にしたものをスクリーン印刷、転写印刷、凸版印刷、インクジェット法等で塗布し、焼成することにより形成することができる。PEDOT（ポリエチレンジオキシチフェン）等の導電性有機材料を用いることもできる。また、Mo、Al、Cu などの低抵抗金属材料を真空成膜し、フォトリソグラフィーを用いてパターニングすることにより形成することもできるが、これらに限定されるものではない。

【0034】

本発明のゲート絶縁層 12 としては、例えば、ポリビニルフェノール、ポリメタクリル酸メチル、ポリイミド、ポリビニルアルコール、パリレン、フッ素樹脂、エポキシ樹脂などの高分子溶液、アルミナやシリカゲル等の粒子を分散させた溶液、または酸化シリコン、窒化シリコン、シリコンオキシナイトライド、酸化アルミニウム、酸化タンタル、酸化イットリウム、酸化ハフニウム、酸化ジルコニウム、酸化チタン等の無機材料の前駆体溶液を、スピンコート法やスリットダイコート法等を用いて塗布し、焼成することにより形成することができる。また、上記無機材料を真空成膜法を用いて形成し、フォトリソグラフィー法でパターニングすることにより形成することもできるが、これらに限定されるものではない。

【0035】

本発明のソース電極 13 及びドレイン電極 14 には、Ag、Cu、Au などの低抵抗金属材料をインキ状、ペースト状にしたものをスクリーン印刷、転写印刷、凸版印刷、インクジェット法等で塗布し、焼成することにより形成することができる。PEDOT（ポリエチレンジオキシチフェン）等の導電性有機材料を用いることもできる。また、Mo、Al、Cu などの低抵抗金属材料を真空成膜し、フォトリソグラフィーを用いてパターニングすることにより形成することもできるが、これらに限定されるものではない。

【0036】

本発明の接触層 15 は、有機半導体材料を含有する塗布液を用いて形成される。具体例としては、有機半導体材料を含有する塗布液を、スクリーン印刷、凸版印刷等の印刷法、またはインクジェット法、ディスペンサ法等を用いてソース電極及びドレイン電極上に塗布し、その後、塗布液から溶媒成分を除去する方法がある。印刷法を用いて製造することにより、低コストな薄膜トランジスタを実現することができる。また、塗布後に塗布液が

10

20

30

40

50

ら溶媒成分を除去する方法により、ソース電極及びドレイン電極上に接触層となる有機半導体膜を容易に形成することができる。接触層15の形成方法は、これに限定されるものではない。接触層15の材料は、より高いオン電流を得ることが可能となるため、結晶性の有機半導体材料である方が好ましいが、非結晶性であっても構わない。ペンタセン、テトラセン、銅フタロシアニン、およびそれらの誘導体のような低分子有機半導体材料や、ポリチオフェン、フルオレンピチオフェン共重合体、およびそれらの誘導体のような高分子有機半導体材料を用いることができる。また、溶媒に適当な分散剤や安定剤等の添加剤を加えてもよい。

【0037】

接触層15は、図1及び図2に示すように、ソース電極13表面及びドレイン電極14表面とチャンネル層16の間に形成される。これにより、チャンネル層とソース・ドレイン電極間のコンタクト抵抗が低く、高いオン電流が得られる

【0038】

図1に示すボトムゲート・ボトムコンタクト型の薄膜トランジスタ1の場合、接触層15となる有機半導体膜を形成する際に、有機半導体材料を含有する塗布液のゲート絶縁層12表面に対する接触角を、ソース電極13及びドレイン電極14表面のゲート絶縁層12に対する接触角よりも大きくすることが好ましい。塗布液がソース電極13及びドレイン電極14を十分に濡らし、溶媒が乾燥する際に、ソース電極13及びドレイン電極14表面に十分に接触層を形成することができるためである。

【0039】

また、図2に示すトップゲート・ボトムコンタクト型の薄膜トランジスタ2の場合、接触層15となる有機半導体膜を形成する際に、絶縁基板10の表面に対する有機半導体材料を含有する塗布液の接触角を、ソース電極13及びドレイン電極14の絶縁基板10の表面に対する接触角よりも大きくすることが好ましい。塗布液がソース電極13及びドレイン電極14を十分に濡らし、溶媒が乾燥する際に、ソース電極13及びドレイン電極14表面に十分に接触層を形成することができるためである。

【0040】

本発明のチャンネル層16は、より高いオン電流を得ることが可能となるため、転写用基板上に結晶性を有する有機半導体材料を含有する塗布液を塗布し、転写用基板上で有機半導体材料を結晶化させ有機半導体膜を形成し、ソース電極13、ドレイン電極14及び接触層15が形成された絶縁基板10上に、有機半導体膜を転写させて形成される。このような工程により、接触層15を溶解させずに、ゲート絶縁層表面または絶縁基板上に結晶性の有機半導体膜を形成することができる。有機半導体膜の転写には、例えば凸版印刷法、反転印刷法、マイクロコンタクトプリンタ法等を用いることができる。チャンネル層16の材料としてはペンタセン、テトラセン、銅フタロシアニン、およびそれらの誘導体のような低分子有機半導体材料が挙げられるがこれに限定されるものではない。塗布液には適当な分散剤や安定剤等の添加剤を加えてもよい。また、半導体膜中のキャリアの移動がスムーズに行われ、より高いオン電流を得ることが可能となるため、接触層15とチャンネル層16は、同一の有機半導体材料を含んでも良い。

【0041】

以下、本発明に係る薄膜トランジスタの具体的な実施例について説明する。なお、本発明は各実施例に限るものではない。

【実施例】

【0042】

(実施例)

図1に示すような断面を有する、実施例に係る薄膜トランジスタを作製した。

絶縁基板10となるポリエチレンナフタレート(PEN)フィルム上に、A1をスパッタリングにて成膜し、フォトリソグラフィ法を用いてゲート電極11を作製した。次に、ゲート絶縁層12となるポリビニルフェノールを、ゲート電極11を含む絶縁基板10上にスピンコート法により成膜し、180℃で1時間で焼成し、ゲート絶縁層12を得た

10

20

30

40

50

。続いて、ゲート絶縁層 12 上にソース電極 13 及びドレイン電極 14 として、Au を蒸着後、フォトリソグラフィ法を用いてパターンを形成し、ソース電極 13 及びドレイン電極 14 を得た。次に、6, 13 - ビス(トリイソプロピルシリルエチニル)ペンタセンをキシレンを含む溶媒に溶解させた塗布液をディスペンサ法を用いてソース電極 13 及びドレイン電極 14 上に塗布し、100 で 60 分乾燥させ、接触層 15 を得た。最後に 6, 13 - ビス(トリイソプロピルシリルエチニル)ペンタセンをトルエンとジメチルテトラリンを含む溶媒に溶解させた塗布液を転写基板上で結晶化させ、凸版印刷法を用いてソース電極 13 及びドレイン電極 14 上の一部を覆うようにしてソース電極 13 及びドレイン電極 14 間に印刷し、100 で 60 分乾燥させて、チャンネル層 16 を形成した。作製した薄膜トランジスタのチャンネル長は 10 μm 、チャンネル幅は 200 μm である。

10

【0043】

以上のようにして作製した実施例に係る薄膜トランジスタの素子特性はオフ電流 1.1×10^{-12} A、オン電流 5.6×10^{-6} A であり、高いオン電流を有する薄膜トランジスタが得られた。

【0044】

(比較例)

図 3 に示すような断面を有する、比較例に係る薄膜トランジスタ 3 を作製した。

絶縁基板 10 となるポリエチレンナフタレート(PEN)フィルム上に、Al をスパッタリングにて成膜し、フォトリソグラフィ法を用いてゲート電極 11 を作製した。次に、ゲート絶縁層 12 となるポリビニルフェノールを、ゲート電極 11 を含む絶縁基板 10 上にスピンコート法により成膜し、180 で 1 時間で焼成し、ゲート絶縁層 12 を得た。続いて、ゲート絶縁層 12 上にソース電極 13 及びドレイン電極 14 として、Au を蒸着後、フォトリソグラフィ法を用いてパターンを形成し、ソース電極 13 及びドレイン電極 14 を得た。最後に 6, 13 - ビス(トリイソプロピルシリルエチニル)ペンタセンをトルエンとジメチルテトラリンを含む溶媒に溶解させた塗布液を転写基板上で結晶化させ、凸版印刷法を用いてソース電極 13 及びドレイン電極 14 上の一部を覆うようにしてソース電極 13 及びドレイン電極 14 間に印刷し、100 で 60 分乾燥させて、チャンネル層 16 を形成した。作製した薄膜トランジスタ 3 のチャンネル長は 10 μm 、チャンネル幅は 200 μm である。

20

【0045】

以上のようにして作製した薄膜トランジスタ 3 の素子特性はオフ電流 1.0×10^{-12} A、オン電流 1.1×10^{-6} A であり、実施例と比較すると、オン電流が低い薄膜トランジスタが得られた。

30

【0046】

以上の結果から、本発明により、高いオン電流の薄膜トランジスタを得ることが確認できた。

【産業上の利用可能性】

【0047】

このような薄膜トランジスタは、フレキシブル電子ペーパー、圧力センサ等のスイッチング素子として利用できる。

40

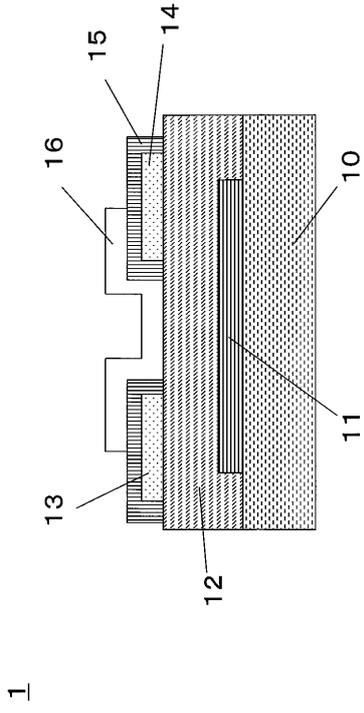
【符号の説明】

【0048】

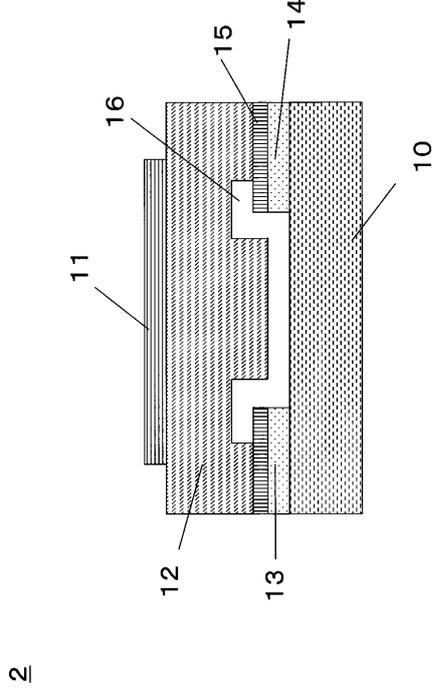
- 1、2、3 薄膜トランジスタ
- 10 絶縁基板
- 11 ゲート電極
- 12 ゲート絶縁層
- 13 ソース電極
- 14 ドレイン電極
- 15 接触層
- 16 チャンネル層

50

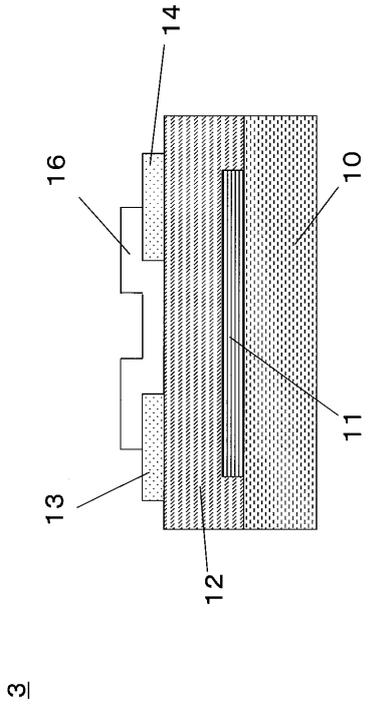
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-266298(JP,A)
特開2004-288836(JP,A)
特開2007-184437(JP,A)
特開2011-035411(JP,A)
特開2006-135109(JP,A)
特開2011-249715(JP,A)
特開2012-004583(JP,A)
特開2008-130920(JP,A)
特開2006-049578(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/28
H01L 21/336
H01L 27/28
H01L 29/417
H01L 29/786
H01L 51/00
H01L 51/05 - 51/40