

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6916186号  
(P6916186)

(45) 発行日 令和3年8月11日 (2021.8.11)

(24) 登録日 令和3年7月19日 (2021.7.19)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/336 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 2 7 F
HO 1 L 29/786 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 1 8 B
	HO 1 L 29/78 6 1 8 F

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2018-536291 (P2018-536291)	(73) 特許権者	390040660
(86) (22) 出願日	平成29年1月10日 (2017.1.10)		アプライド マテリアルズ インコーポレ イテッド
(65) 公表番号	特表2019-508883 (P2019-508883A)		APPLIED MATERIALS, I NCORPORATED
(43) 公表日	平成31年3月28日 (2019.3.28)		アメリカ合衆国 カリフォルニア 950 54, サンタ クララ, パウアーズ アヴェニュー 3050
(86) 国際出願番号	PCT/US2017/012872		
(87) 国際公開番号	W02017/123552	(74) 代理人	110002077
(87) 国際公開日	平成29年7月20日 (2017.7.20)		園田・小林特許業務法人
審査請求日	令和2年1月10日 (2020.1.10)	(72) 発明者	シュー, ハオーチェン
(31) 優先権主張番号	62/278, 955		アメリカ合衆国 カリフォルニア 951 12, サン ノゼ, イースト テイラ ー ストリート 350, アパートメン ト 3220
(32) 優先日	平成28年1月14日 (2016.1.14)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		最終頁に続く
(31) 優先権主張番号	15/359, 325		
(32) 優先日	平成28年11月22日 (2016.11.22)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		

(54) 【発明の名称】 フッ素処理による IGZOパッシベーションの酸素空孔

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板の上にゲート電極を形成することと、  
 前記ゲート電極の上にゲート誘電体層を堆積することと、  
 前記ゲート誘電体層の上に金属酸化物の半導体層を堆積することと、次に、  
 前記金属酸化物の半導体層をアニールすることと、次に、  
 第1のフッ素ラジカルに前記金属酸化物の半導体層を曝露し、酸素空孔を充填することと、次に、

前記金属酸化物の半導体層の上に導電層を堆積することと  
 を含み、

前記金属酸化物の半導体層をアニールする前に、第2のフッ素ラジカルに前記金属酸化物の半導体層を曝露し、酸素空孔を充填することをさらに含み、前記第2のフッ素ラジカルが、第2の遠隔プラズマ内で生成される、方法。

【請求項 2】

基板の上にゲート電極を形成することと、  
 前記ゲート電極の上にゲート誘電体層を堆積することと、  
 前記ゲート誘電体層の上に金属酸化物の半導体層を堆積することと、次に、  
 前記金属酸化物の半導体層をアニールすることと、次に、  
 第1のフッ素ラジカルに前記金属酸化物の半導体層を曝露し、酸素空孔を充填することと、次に、

10

20

前記金属酸化物の半導体層の上に導電層を堆積することとを含み、

前記金属酸化物の半導体層をアニールする前に、第2のフッ素ラジカルに前記金属酸化物の半導体層を曝露し、酸素空孔を充填することをさらに含み、前記第2のフッ素ラジカルが、前記金属酸化物の半導体層が配置されたチャンバの内部で点火された第2のプラズマ内で生成される、方法。

【請求項3】

前記第1のフッ素ラジカルが、第1の遠隔プラズマ内で生成される、請求項1または2に記載の方法。

【請求項4】

前記第1のフッ素ラジカルが、前記金属酸化物の半導体層が配置されたチャンバの内部で点火された第1のプラズマ内で生成される、請求項1または2に記載の方法。

【請求項5】

前記第1のフッ素ラジカルに前記金属酸化物の半導体層を曝露し、酸素空孔を充填することが、

$2000$ 立方センチメートル毎分(ccm)から $6000$ ccmの範囲内の流量のフッ素含有ガスを遠隔プラズマ源内に流し込むことと、

$0.2\text{ W/cm}^2$ から $0.6\text{ W/cm}^2$ の範囲内の電力密度を有する前記遠隔プラズマ源内で、酸素もシリコンも含有しないフッ素含有プラズマを形成することと、

前記フッ素含有プラズマを処理領域内に流し込むこととを含み、前記基板が摂氏約 $150$ 度から摂氏 $350$ 度の範囲内の温度である、請求項1または2に記載の方法。

【請求項6】

第1のフッ素ラジカルに前記金属酸化物の半導体層を曝露し、酸素空孔を充填することが、プラズマ化学気相堆積チャンバで行われ、前記プラズマ化学気相堆積チャンバ内部の圧力が $200\text{ mTorr}$ から $900\text{ mTorr}$ の範囲内である、請求項5に記載の方法。

【請求項7】

基板の上にゲート電極を形成することと、

前記ゲート電極の上にゲート誘電体層を堆積することと、

前記ゲート誘電体層の上に金属酸化物の半導体層を堆積することと、次に、

前記金属酸化物の半導体層をアニールすることと、次に、

第1のフッ素含有ガスに前記金属酸化物の半導体層を曝露し、酸素空孔を充填することと、次に、

前記金属酸化物の半導体層の上に導電層を堆積することとを含み、

前記金属酸化物の半導体層をアニールする前に、第2のフッ素含有ガスに前記金属酸化物の半導体層を曝露し、酸素空孔を充填することをさらに含む、方法。

【請求項8】

前記第1のフッ素含有ガスが、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{CF}_4$ 、又は $\text{F}_2$ を含む、請求項7に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

【0001】本開示の実施形態は、概して、薄膜トランジスタ(TFT)を形成する方法に関し、より具体的には、酸化金属層を有するTFTを形成する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

【0002】酸化亜鉛( $\text{ZnO}$ )及びインジウムガリウム酸化亜鉛(IGZO)などの金属酸化物半導体は、その高いキャリア移動度、低処理温度、及び光透過性により、デバイス製造において魅力的な物質である。金属酸化物半導体から作られたTFT(MO-T

10

20

30

40

50

F T)は、光学ディスプレイのためのスキームに対処するアクティブマトリックスにおいて特に有用である。金属酸化物半導体の低処理温度により、ポリエチレンテレフタレート(PET)及びポリエチレンナフタレート(PEN)などの安価なプラスチック基板上でのディスプレイバックプレーンの形成が可能となる。酸化物半導体TFTの透明度により、画素開口が改善され、ディスプレイがより明るくなる。

【0003】

【0003】しかしながら、金属酸化物チャネル層などの金属酸化物層は、層内の酸素空孔の形成の影響を受けやすく、酸素空孔の形成により、TFTが不安定になる。さらに、酸素空孔は金属酸化物材料においてドナーであるため、酸素空孔の形成によって負の閾値電圧がさらに生じてしまう。

10

【0004】

【0004】したがって、当該技術分野では、安定した金属酸化物TFTを形成する必要がある。

【発明の概要】

【0005】

【0005】本開示の実施態様は、概して、酸化金属層を有するTFTを形成する方法に関する。当該方法は、金属酸化物層を形成することと、フッ素含有ガス又はプラズマを用いて金属酸化物層を処理することとを含み得る。金属酸化物層のフッ素処理によって、金属酸化物チャネル層内の任意の酸素空孔が充填され、TFTがより安定化し、TFT内の負の閾値電圧が防止される。

20

【0006】

【0006】一実装形態では、当該方法は、基板の上にゲート電極を形成することと、ゲート電極の上にゲート誘電体層を堆積することと、ゲート誘電体層の上に金属酸化物層を堆積することと、第1のフッ素ラジカルを用いて金属酸化物層を処理することと、金属酸化物層の上に導電層を堆積することとを含む。

【0007】

【0007】別の実施形態では、当該方法は、基板の上に金属酸化物層を堆積することと、第1のフッ素ラジカル又は第1のフッ素含有ガスを用いて金属酸化物層を処理することと、金属酸化物層にゲート誘電体層を堆積することと、金属酸化物層の上に層間誘電体層を堆積することと、層間誘電体層に金属層を堆積することとを含む。

30

【0008】

【0008】別の実装形態では、当該方法は、基板の上にゲート電極を形成することと、ゲート電極の上にゲート誘電体層を堆積することと、ゲート誘電体層の上に金属酸化物層を堆積することと、フッ素含有ガスを用いて金属酸化物層を処理することと、金属酸化物層の上に導電層を堆積することとを含む。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【0009】本開示の上述の特徴を詳細に理解することができるように、上記で簡単に要約された本開示のより具体的な説明は、実施形態を参照することによって、得ることができる。そのうちの幾つかの実施形態は添付の図面で例示されている。しかしながら、本開示は他の等しく有効な実施形態も許容し得るため、添付の図面は、本開示の典型的な実施形態のみを示しており、したがって、本発明の範囲を限定すると見なすべきではないことに留意されたい。

40

【0010】

【図1】本明細書に開示された実施形態に係る、物理的気相堆積チャンバの概略断面図である。

【図2】本明細書に開示された実施形態に係る、プラズマ化学気相堆積チャンバの概略断面図である。

【図3A-D】本明細書に開示された実施形態に係る、製造の諸段階におけるTFTの概略断面図である。

50

【図 3 E - G】本明細書に開示された実施形態に係る、製造の諸段階における T F T の概略断面図である。

【図 4 A - C】本明細書に開示された実施形態に係る、製造の諸段階における T F T の概略断面図である。

【図 4 D - E】本明細書に開示された実施形態に係る、製造の諸段階における T F T の概略断面図である。

【図 4 F】本明細書に開示された実施形態に係る、製造の一段階における T F T の概略断面図である。

【図 5 A】本明細書に開示された実施形態に係る、図 3 A から図 3 G で示された T F T を形成するプロセスを示すフロー図である。

10

【図 5 B】本明細書に開示された実施形態に係る、図 3 A から図 3 G で示された T F T を形成するプロセスを示すフロー図である。

【図 5 C】本明細書に開示された実施形態に係る、図 3 A から図 3 G で示された T F T を形成するプロセスを示すフロー図である。

【 0 0 1 1 】

【 0 0 1 5 】理解を容易にするため、可能な場合、図に共通する同一の要素を指し示すために同一の参照番号が使用された。さらに、ある実施形態の要素を、本明細書に記載された他の実施形態で利用するために有利に適合させてもよい。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

20

【 0 0 1 6 】本開示の実施態様は、概して、酸化金属層を有する T F T を形成する方法に関する。当該方法は、金属酸化物層を形成することと、フッ素含有ガス又はプラズマを用いて金属酸化物層を処理することとを含み得る。金属酸化物層のフッ素処理は、金属酸化物チャネル層内の酸素空孔の充填に役立ち、それにより、T F T がより安定化し、T F T 内の負の閾値電圧が防止される。

【 0 0 1 3 】

【 0 0 1 7 】図 1 は、本明細書に開示された実施形態に係る、物理的気相堆積 ( P V D ) チャンバ 1 0 0 の概略断面図である。チャンバ 1 0 0 は、真空ポンプ 1 1 4 によって排気され得る。チャンバ 1 0 0 の内部では、基板 1 0 2 は、ターゲット 1 0 4 に対向するように配置され得る。基板 1 0 2 は、チャンバ 1 0 0 の内部でサセプタ 1 0 6 上に配置され得る。サセプタ 1 0 6 は、アクチュエータ 1 1 2 によって、矢印 A で示すように、上昇且つ下降させられ得る。サセプタ 1 0 6 は、基板 1 0 2 を処理位置に引き上げるために上昇することができ、基板 1 0 2 をチャンバ 1 0 0 から取り除くことができるように下降することができる。サセプタ 1 0 6 が下降位置にあるとき、リフトピン 1 0 8 が基板 1 0 2 をサセプタ 1 0 6 の上方に上昇させる。接地ストラップ 1 1 0 は、処理中にサセプタ 1 0 6 を接地させる。均一な堆積を支援するために、処理中にサセプタ 1 0 6 を引き上げてよい。

30

【 0 0 1 4 】

【 0 0 1 8 】ターゲット 1 0 4 は、1 つ又は複数のターゲットを含み得る。一実施形態では、ターゲット 1 0 4 は、大面積スパッタリングターゲットであり得る。別の実施形態では、ターゲット 1 0 4 は、複数のタイルであり得る。さらに別の実施形態では、ターゲット 1 0 4 は、複数のターゲットストリップであり得る。さらに別の実施形態では、ターゲット 1 0 4 は、1 つ又は複数の円筒状の回転式ターゲットであり得る。ターゲット 1 0 4 は、ボンディング層 ( 図示せず ) によってバックング板 1 1 6 に結合され得る。1 つ又は複数のマグネトロン 1 1 8 が、バックング板 1 1 6 の上に配置され得る。マグネトロン 1 1 8 は、直線移動で又は 2 次元経路でバックング板 1 1 6 全体をスキャンすることができる。チャンバの壁は、暗部シールド 1 2 0 及びチャンバシールド 1 2 2 によって堆積から遮蔽され得る。

40

【 0 0 1 5 】

【 0 0 1 9 】基板 1 0 2 全体にわたって均一なスパッタリング堆積をもたらすことを助

50

けるため、ターゲット104と基板102との間にアノード124が配置され得る。一実装形態では、アノード124は、アーク溶射されたアルミニウムでコーティングされた、ビーズブラスト処理が施されたステンレス鋼であり得る。一実装形態では、アノード124の一端は、ブラケット130によってチャンバ壁に取り付けられ得る。アノード124は、ターゲット104に対向して電荷を供給し、それにより、荷電イオンが、典型的に接地電位にあるチャンバ壁よりもターゲット104に引き付けられる。ターゲット104と基板102との間にアノード124を設けることにより、プラズマはより均一になり得、堆積を支援することができる。剥離を減らすために、1つ又は複数のアノード124を通して冷却流体が供給され得る。アノード124の膨張及び収縮の量を減らすことにより、アノード124からの材料の剥離を減らすことができる。より小さな基板、ひいてはより小さな処理チャンバでは、チャンバ壁が、接地する経路を設け、均一なプラズマ分配をもたらすのに十分であり得るので、処理空間にまたがるアノード124は必要ではない場合がある。

10

#### 【0016】

【0020】反応性スパッタリングでは、反応性ガスをチャンバ100内に供給することが有益であり得る。さらに、1つ又は複数のガス導入チューブ126が、ターゲット104と基板102との間の、チャンバ100にわたる距離にまたがる場合がある。より小さな基板、ひいてはより小さなチャンバでは、従来のガス導入手段を通してガスの均一な分配が可能であり得るので、処理空間にまたがるガス導入チューブ126は必要でない場合がある。ガス導入チューブ126は、ガスパネル132からスパッタリングガスを導入することができる。幾つかの実施形態では、遠隔プラズマ源150は、ガスパネル132とガス導入チューブ126との間で連結され得る。ガス導入チューブ126は、遠隔プラズマ源150によって生成された遠隔プラズマをチャンバ100の中に導入するために使用され得る。ガス導入チューブ126は、1つ又は複数のカップリング128によってアノード124に連結され得る。カップリング128は、ガス導入チューブ126の導電的冷却を許容するために熱伝導性材料から作られてもよい。さらに、ガス導入チューブ126が接地されて、アノードとして機能するように、カップリング128も同様に導電性であり得る。

20

#### 【0017】

【0021】反応性スパッタリング処理は、PVDチャンバ100内で基板の対向側に亜鉛スパッタリングターゲットを配置することを含み得る。亜鉛スパッタリングターゲットは、亜鉛、又は、亜鉛及びドーピング元素を実質的に含み得る。使用することができる適切なドーパントには、Al、Sn、Ga、Ca、Si、Ti、Cu、Ge、In、Ni、Mn、Cr、V、Mg、SixNy、AlxOy、及びSiCが含まれる。一実装形態では、ドーパントは、アルミニウムを含む。一方で、基板は、プラスチック、紙、ポリマー、ガラス、ステンレス鋼、及びこれらの組み合わせであり得る。基板がプラスチックであるとき、反応性スパッタリングは、摂氏約180 未満の温度で起こり得る。

30

#### 【0018】

【0022】スパッタリング処理の間、亜鉛ターゲットを反応性スパッタリングするために、アルゴン、窒素含有ガス、及び酸素含有ガスがチャンバに供給され得る。B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、CO<sub>2</sub>、CO、CH<sub>4</sub>、及びこれらの組み合わせなどの追加の添加物が、さらにスパッタリングの間に供給され得る。一実施形態では、窒素含有ガスは、N<sub>2</sub>を含む。別の実施形態では、窒素含有ガスは、N<sub>2</sub>O、NH<sub>3</sub>、又はこれらの組み合わせを含む。一実施形態では、酸素含有ガスは、O<sub>2</sub>を含む。別の実施形態では、酸素含有ガスは、N<sub>2</sub>Oを含む。窒素含有ガスの窒素及び酸素含有ガスの酸素は、スパッタリングターゲットからの亜鉛と反応し、基板上に亜鉛、酸素、及び窒素を含む金属酸化物層が形成される。一実装形態では、金属酸化物層は、IGZO層である。

40

#### 【0019】

【0023】金属酸化物層を形成した後、金属酸化物層は、PVDチャンバ100内でフッ素含有ガス又はプラズマによって処理され得る。フッ素含有ガスは、ガスパネル13

50

2によって、PVDチャンバ100に導入され得る。フッ素含有ガスは、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{CF}_4$ 、又は $\text{F}_2$ などの任意の適切なフッ素含有ガスを含み得る。フッ素含有プラズマは、遠隔プラズマ源150によってPVDチャンバ100に導入される遠隔プラズマであり得る。 $\text{NF}_3$ 、 $\text{CF}_4$ 、又は $\text{F}_2$ などのフッ素含有ガス、又は、任意の適切なフッ素含有ガスは、ガスパネル132から遠隔プラズマ源150の中に流し込まれてもよく、フッ素ラジカルを有するフッ素含有プラズマを形成するように励起され得る。フッ素含有プラズマは、ガス導入チューブ126を介して金属酸化物層を処理するために使用され得る。

#### 【0020】

【0024】図2は、本明細書に開示された実施形態に係る、プラズマ化学気相堆積(PECVD)チャンバ200の概略断面図である。PECVDチャンバ200は、概して、処理領域を画定する、壁202、底部204、及びシャワーヘッド206を含む。基板支持体218が、処理容量内に配置される。処理領域は、スリットバルブ開口208を通してアクセスされ、それにより、基板220がPECVDチャンバ200を出入りすることができる。基板支持体218を昇降させるために、基板支持体218をアクチュエータ216に連結することができる。基板220を基板支持体218の基板受容面へと及び基板受容面から動かすために、リフトピン222が、基板支持体218を貫通するように可動式に配置される。基板支持体218は、基板支持体218を所定温度に維持するための、加熱素子及び/又は冷却素子224をさらに含み得る。基板支持体218は、基板支持体218の周縁にRFリターンパスを設けるためのRFリターンストラップ226をさらに含み得る。

#### 【0021】

【0025】シャワーヘッド206は、締着機構250によってバックギング板212に連結される。シャワーヘッド206は、1つ又は複数の締着機構250によってバックギング板212に連結され得、それにより、たわみ防止が促進され、且つ/又は、シャワーヘッド206の真直度/湾曲が制御される。

#### 【0022】

【0026】ガス源232は、バックギング板212に連結され、シャワーヘッド206内のガス通路を通して、ガスをシャワーヘッド206と基板220との間の処理領域に供給する。処理領域を所定の圧力で制御するために、真空ポンプ210がPECVDチャンバ200に連結される。RF源228が、整合ネットワーク290を通して、バックギング板212及び/又はシャワーヘッド206に連結され、RF電流がシャワーヘッド206に供給される。RF電流がシャワーヘッド206と基板支持体218との間に電界を生成し、それにより、プラズマがシャワーヘッド206と基板支持体218との間のガスから生成され得る。一実装形態では、ガス源232によってフッ素含有ガスが処理領域に供給され、フッ素含有ガスは、基板220上の金属酸化物層を処理するために使用され得る。別の実施形態では、フッ素含有ガスは、RF源228によって励起され得、シャワーヘッド206に供給され、処理領域内でフッ素含有プラズマが形成され、フッ素ラジカルは、基板220上の金属酸化物層を処理するために使用され得る。

#### 【0023】

【0027】誘導結合遠隔プラズマ源230などの遠隔プラズマ源230もガス源232とバックギング板212との間で連結されてもよい。基板の処理と処理との間に、洗浄ガスが遠隔プラズマ源230に供給され、遠隔プラズマが生成され得る。PECVDチャンバ200の部品を洗浄するために、遠隔プラズマからのラジカルがPECVDチャンバ200に供給され得る。洗浄ガスは、RF源228によってさらに励起され、シャワーヘッド206に供給され得る。幾つかの実施形態では、遠隔プラズマ源230は、フッ素含有ガスを励起して、フッ素含有プラズマを形成するために使用され得、遠隔で形成されたフッ素含有プラズマは、シャワーヘッド206を介して、処理領域に入ることができる。遠隔で形成されたフッ素含有プラズマ内のフッ素ラジカルは、基板220上の金属酸化物層を処理するために使用され得る。

#### 【0024】

【 0 0 2 8 】 シャワーヘッド 2 0 6 は、さらにシャワーヘッドサスペンション 2 3 4 によって、バックリング板 2 1 2 に連結され得る。一実施形態では、シャワーヘッドサスペンション 2 3 4 は、可撓性の金属スカート (metal skirt) である。シャワーヘッドサスペンション 2 3 4 は、シャワーヘッド 2 0 6 が置くことができるリップ 2 3 6 を有し得る。P E C V D チャンバ 2 0 0 を密封するために、バックリング板 2 1 2 は、壁 2 0 2 と連結したレッジ 2 1 4 の上面に置かれ得る。

【 0 0 2 5 】

【 0 0 2 9 】 図 3 A から図 3 G は、本明細書に開示された実施形態に係る、製造の諸段階における T F T 3 0 0 の概略断面図である。T F T 3 0 0 は、基板 3 0 2 を含み得る。一実施形態では、基板 3 0 2 は、ガラスであってもよい。別の実施形態では、基板 3 0 2 は、ポリマーであってもよい。別の実施形態では、基板 3 0 2 は、プラスチックであってもよい。さらに別の実施形態では、基板 3 0 2 は、ステンレス鋼板などの金属であってもよい。

10

【 0 0 2 6 】

【 0 0 3 0 】 基板の上にゲート電極 3 0 4 が形成され得る。熱酸化物層が、ゲート電極 3 0 4 と基板 3 0 2 との間に存在し得る。ゲート電極 3 0 4 は、T F T 3 0 0 内の電荷担体の動きを制御する導電層であり得る。ゲート電極 3 0 4 は、アルミニウム、モリブデン、タングステン、クロム、タンタル、又はこれらの組み合わせなどの金属から作られ得る。ゲート電極 3 0 4 は、スパッタリング、リソグラフィ、及びエッチングを含む従来の堆積技法を用いて形成され得る。ゲート電極 3 0 4 は、基板 3 0 2 の上に導電層をブランケット堆積することによって形成され得る。導電層は、スパッタリングによって堆積され得る。その後、導電層の上にフォトレジスト層が堆積され得る。マスクを形成するために、フォトレジスト層がパターンニングされ得る。ゲート電極 3 0 4 は、導電層のマスキングされていない部分をエッチング除去し、基板 3 0 2 の上のゲート電極 3 0 4 を残すことによって形成され得る。

20

【 0 0 2 7 】

【 0 0 3 1 】 図 3 B で示すように、ゲート電極 3 0 4 の上には、ゲート誘電体層 3 0 6 が堆積され得る。ゲート誘電体層 3 0 6 は、ゲート電極 3 0 4 に直接堆積され得る。ゲート誘電体層 3 0 6 は、T F T 3 0 0 の閾値下のシング又はスロープ及び閾値電圧 ( $V_{th}$ ) に影響を与える。シリコンベースの T F T (すなわち、アモルファスシリコンなどのシリコンベースの半導体層を有する T F T) では、ゲート誘電体層 3 0 6 は、酸化シリコンを含むことはできない。なぜなら、 $V_{th}$  はゲート電圧のゼロボルトから遠く離れており、これにより T F T の性能が低くなるからである。しかしながら、金属酸化物 T F T については、酸化シリコンは、効果的なゲート誘電体層 3 0 6 として機能し得ることが発見された。酸化シリコン内の酸素は、金属酸化物層に有害な変化を与えないので、T F T が破損することはないであろう。一実施形態では、ゲート誘電体層 3 0 6 は、窒化シリコンを含んでもよい。別の実施形態では、ゲート誘電体層 3 0 6 は、酸化シリコンを含んでもよい。別の実施形態では、ゲート誘電体層 3 0 6 は、酸窒化シリコンを含んでもよい。別の実施形態では、ゲート誘電体層 3 0 6 は、 $Al_2O_3$  を含んでもよい。ゲート誘電体層 3 0 6 は、P E C V D を含む周知の堆積技法を用いて堆積され得る。一実施形態では、ゲート誘電体層 3 0 6 は、P V D によって堆積され得る。

30

40

【 0 0 2 8 】

【 0 0 3 2 】 図 3 C に示すように、金属酸化物層 3 1 0 が、ゲート誘電体層 3 0 6 上に、且つ、ゲート誘電体層 3 0 6 と直接接触するように堆積され得る。金属酸化物層 3 1 0 は、最終的な T F T 構造におけるアクティブチャネルであり得る。金属酸化物層 3 1 0 は、酸素、窒素、並びに亜鉛、ガリウム、カドミウム、インジウム、スズ、及びこれらの組み合わせからなる群から選択された 1 つ又は複数の元素を含み得る。一実施形態では、金属酸化物層 3 1 0 は、 $ZnO$  を含み得る。一実施形態では、金属酸化物層 3 1 0 は、I G Z O である。金属酸化物層 3 1 0 は、図 1 に示す P V D チャンバ 1 0 0 を用いて、スパッタリングによって堆積され得る。

50

## 【 0 0 2 9 】

【 0 0 3 3 】金属酸化物層 3 1 0 が堆積された後、金属酸化物層 3 1 0 に対してアニール処理が実行され得る。アニール処理は、金属酸化物層 3 1 0 が堆積されたチャンバ内で実行され得る。アニール処理は、基板表面の全面に空気を流しながら、金属酸化物層 3 1 0 が堆積された基板の温度を、約 1 時間にわたって摂氏約 3 5 0 度に維持することを含み得る。アニール処理の前か後のいずれかにおいて、酸素が金属酸化物層 3 1 0 から離れる場合があり、酸素空孔が形成される。酸素空孔を充填し、且つ / 又は、酸素が金属酸化物層 3 1 0 から離れることを防止するために、金属酸化物層 3 1 0 をフッ素含有ガス又はプラズマで処理することができる。

## 【 0 0 3 0 】

【 0 0 3 4 】図 3 D に示すように、金属酸化物層 3 1 0 の処理は、金属酸化物層 3 1 0 をフッ素含有ガス又はプラズマ 3 0 8 に曝露することを含み得る。フッ素含有ガスからのフッ素ガス分子又はフッ素含有プラズマからのフッ素ラジカルは、酸素空孔を充填することができ、且つ、酸素分子が金属酸化物層 3 1 0 から離れることを防止するために金属酸化物層 3 1 0 をパッシベーションすることができる。この金属酸化物層 3 1 0 の処理プロセスは、金属酸化物層 3 1 0 の表面に材料の層を形成しない。この処理プロセスは、フッ素ガス分子又はフッ素ラジカルを金属酸化物層 3 1 0 内に拡散させることを含み得る。一実施形態では、金属酸化物層 3 1 0 は、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{CF}_4$ 、又は  $\text{F}_2$  などのフッ素含有ガス、又は任意の適切なフッ素含有ガスに曝露され得る。フッ素含有ガスは、酸素非含有又はシリコン非含有であり得る。別の実施形態では、金属酸化物層 3 1 0 は、フッ素ラジカルを含むプラズマに曝露され得る。フッ素含有プラズマは、遠隔で又はインシトゥで形成され得る。フッ素含有プラズマは、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{CF}_4$ 、又は  $\text{F}_2$  などのフッ素含有ガス、又は任意の適切なフッ素含有ガスを、遠隔プラズマ源又は金属酸化物層 3 1 0 が堆積された処理チャンバの中に流すことによって形成することができる。次いで、フッ素含有ガスが RF 電力によって励起され、処理チャンバの外側（すなわち、遠隔）で又は処理チャンバの内側（すなわち、インシトゥ）でフッ素含有プラズマが形成される。フッ素含有プラズマは、酸素非含有又はシリコン非含有であり得る。

## 【 0 0 3 1 】

【 0 0 3 5 】フッ素含有ガス又はプラズマによる金属酸化物層 3 1 0 の処理時間、すなわち、金属酸化物層 3 1 0 がフッ素含有ガス又はフッ素含有プラズマに曝露される時間は、約 1 0 秒から約 1 0 0 秒（例えば、約 2 0 秒から約 6 0 秒）の範囲であり得る。金属酸化物層 3 1 0 の処理は、図 1 で示す PVD チャンバ 1 0 0 のような、金属酸化物層 3 1 0 が堆積されたチャンバ内で実行され得る。代替的に、金属酸化物層 3 1 0 の処理は、図 2 で示す PECVD チャンバ 2 0 0 のような、後続の層が堆積されたチャンバ内で実行され得る。一実施形態では、金属酸化物層 3 1 0 は、遠隔プラズマを用いる PECVD チャンバ 2 0 0 と類似する PECVD チャンバ内で処理される。この実施形態では、 $\text{NF}_3$  及び Ar ガスは、遠隔プラズマ源 2 3 0 などの遠隔プラズマ源内に流し込まれる。 $\text{NF}_3$  ガスは、約 2 0 0 0 立方センチメートル毎分（sccm）から約 6 0 0 0 sccm の範囲内の流量を有し得、Ar ガスは、約 2 0 0 0 sccm から約 6 0 0 0 sccm の範囲内の流量を有し得る。一実施形態では、 $\text{NF}_3$  ガスの流量及び Ar ガスの流量は、両方とも 4 0 0 0 sccm である。遠隔プラズマ源は、約  $0.2 \text{ W/cm}^2$  から約  $0.6 \text{ W/cm}^2$  の範囲内（例えば、約  $0.4 \text{ W/cm}^2$ ）の電力密度を有し得る。PECVD チャンバの内部の圧力は、約 2 0 0 mT から約 9 0 0 mT の範囲（例えば、約 5 0 0 mT から約 6 0 0 mT）であり得る。金属酸化物層 3 1 0 が堆積された基板は、摂氏約 1 5 0 度から摂氏約 3 5 0 度（例えば、摂氏約 2 2 0 度から摂氏約 2 4 0 度）の範囲内の温度まで加熱され得る。

## 【 0 0 3 2 】

【 0 0 3 6 】次に、図 3 E に示すように、エッチング停止層 3 1 2 が、フッ素で処理された金属酸化物層 3 1 0 に堆積され得る。エッチング停止層 3 1 2 は、金属酸化物層 3 1 0 の一部を覆うためにパターニングされ得る。エッチング停止層 3 1 2 は、酸化シリコン

10

20

30

40

50

、酸化アルミニウム、窒化シリコン、又はその他の適切な材料などの誘電材料から作られてもよい。エッチング停止層 312 は、図 1 に示す PVD チャンバ 100 のような PVD チャンバ又は図 2 に示す PECVD チャンバ 200 のような PECVD チャンバの中で堆積され得る。図 3 E に示すように、導電層 314 が、エッチング停止層 312 及び処理された金属酸化物層 310 に堆積され得る。導電層 314 は、アルミニウム、タングステン、モリブデン、クロム、タンタル、又はこれらの組み合わせなどの導電性金属から作られ得る。導電層 314 は、PVD によって堆積され得る。

【0033】

【0037】図 3 F に示すように、導電層 314 が堆積された後、導電層 314 の一部をエッチング除去することにより、ソース電極 316、ドレイン電極 318、及びアクティブチャンネル 319 が画定され得る。フッ素で処理された金属酸化物層 310 の一部をさらにエッチングによって取り除くことができ、ゲート誘電体層 306 の一部が露出される。エッチング停止層 312 は、エッチングの間の過度のプラズマ曝露からアクティブチャンネル 319 を保護するように機能する。

10

【0034】

【0038】次に、図 3 G に示すように、パッシベーション層 320 が、ゲート誘電体層 306 の露出部分に堆積され、ソース電極 316、ドレイン電極 318、及びパッシベーション層 320 もさらにアクティブチャンネル 319 内で堆積される。パッシベーション層 320 は、酸化シリコン、酸窒化シリコン、炭化シリコン、アモルファスカーボン、又は他の任意の適切な材料を含み得る。TF T 300 は、ボトムゲート TF T であってもよい。フッ素含有ガス又はプラズマによる処理は、任意の適切な TF T で金属酸化物層に対して行われ得る。幾つかの実施形態では、フッ素含有ガス又はプラズマによる処理は、トップゲート TF T の金属酸化物層に対して行われる。

20

【0035】

【0039】図 4 A から図 4 F は、本明細書に開示された実施形態に係る、製造の諸段階における TF T 400 の概略断面図である。TF T 400 は、トップゲート TF T であってもよく、基板 402 を含み得る。基板 402 は、基板 302 と同じ材料で作られ得る。熱酸化物層 404 が、基板 402 上に形成され得る。熱酸化物層 404 は、基板 402 と直接接触し得る。酸化シリコン層 406 が、熱酸化物層 404 上に形成され得る。酸化シリコン層 406 は、熱酸化物層 404 と直接接触し得る。金属酸化物層 408 が、酸化シリコン層 406 の上に且つ酸化シリコン層 406 と直接接触するように、基板 402 に堆積され得る。金属酸化物層 408 は、最終的な TF T 構造におけるアクティブチャンネルであり得る。金属酸化物層 408 は、金属酸化物層 310 と同じ材料で作られてもよく、金属酸化物層 310 の堆積で用いられた処理と同じ処理によって堆積され得る。金属酸化物層 408 を堆積した後、酸素空孔を充填し、且つ / 又は、酸素が金属酸化物層 408 から離れることを防止するために、金属酸化物層 408 をフッ素含有ガス又はプラズマで処理することができる。図 4 B に示すように、金属酸化物層 408 をフッ素含有ガス又はプラズマ 410 に曝露するなどの、金属酸化物層 408 のフッ素ガス又はプラズマによる処理は、金属酸化物層 310 のフッ素ガス又はプラズマによる処理と同じであってもよい。フッ素含有ガス又はプラズマ 410 は、図 3 D に示すフッ素含有ガス又はプラズマ 308 と同じであってもよい。

30

40

【0036】

【0040】次に、図 4 C に示すように、フッ素で処理された金属酸化物層 408 は、エッチングなどによってパターニングされてもよく、それにより、金属酸化物層 408 の一部が取り除かれ、酸化シリコン層 406 の一部が露出する。金属酸化物層 408 の一部をエッチングした後、金属酸化物層 408 は、フッ素含有ガス又はプラズマ 412 によって再度処理され得る。フッ素含有ガス又はプラズマ 412 は、図 3 D に示すフッ素含有ガス又はプラズマ 308 と同じであってもよい。金属酸化物層 408 の処理プロセス条件は、金属酸化物層 310 の処理プロセス条件と同じであってもよい。第 2 のフッ素含有ガス又はプラズマによる処理の前に、パターニングされた金属酸化物層 408 にアニール処理

50

を行うことができる。

【 0 0 3 7 】

[ 0 0 4 1 ] 次に、図 4 D に示すように、ゲート誘電体層 4 1 4 が、処理された金属酸化物層 4 0 8 に堆積され得る。ゲート誘電体層 4 1 4 は、ゲート誘電体層 3 0 6 と同じ材料で作られ得る。ゲートコンタクト層 4 1 6 が、ゲート誘電体層 4 1 4 に堆積され得、ゲートコンタクト層 4 1 6 は、ゲート電極 3 0 4 と同じ材料で作られ得る。ゲート誘電体層 4 1 4 及びゲートコンタクト層 4 1 6 の一部を取り除くために、エッチングなどによって、ゲート誘電体層 4 1 4 及びゲートコンタクト層 4 1 6 がパターンニングされてもよく、金属酸化物層 4 0 8 の一部が露出される。層間誘電体 ( I L D ) 層 4 1 8 が、露出した酸化シリコン層 4 0 6 、露出した金属酸化物層 4 0 8 、及びゲートコンタクト層 4 1 6 に堆積され得る。I L D 層 4 1 8 は、酸化シリコンなどの任意の適切な誘電材料から作られてもよい。

10

【 0 0 3 8 】

[ 0 0 4 2 ] 図 4 E に示すように、複数のコンタクトホール 4 1 9 、 4 2 1 、 4 2 3 が I L D 層 4 1 8 内に形成され得る。コンタクトホール 4 1 9 、 4 2 1 、 4 2 3 は、エッチングなどの任意の適切な方法によって形成され得る。金属酸化物層 4 0 8 の一部は、複数のコンタクトホール 4 1 9 、 4 2 1 の形成に起因して露出し得、ゲートコンタクト層 4 1 6 の一部は、複数のコンタクトホール 4 2 3 の形成によって露出し得る。図 4 E に示すように、コンタクトホール 4 1 9 、 4 2 1 、 4 2 3 は、金属で充填されて、それぞれ、コンタクト 4 2 6 、 4 2 8 、 4 3 0 を形成することができる。複数のコンタクト 4 2 6 、 4 2 8 、 4 3 0 は、ゲート電極 3 0 4 と同じ材料で作られ得る。複数のコンタクト 4 2 6 、 4 2 8 は、金属酸化物層 4 0 8 と直接接触し得、複数のコンタクト 4 3 0 は、ゲートコンタクト層 4 1 6 と直接接触し得る。金属層が I L D 層 4 1 8 に堆積され得る。金属層は、ソース電極 4 2 0 、ドレイン電極 4 2 2 、及びゲート電極 4 2 4 を画定するためにパターンニングされ得る。ソース電極 4 2 0 、ドレイン電極 4 2 2 、及びゲート電極 4 2 4 は、ゲート電極 3 0 4 と同じ材料で作られ得る。ソース電極 4 2 0 は、複数のコンタクト 4 2 6 と直接接触し得、ドレイン電極 4 2 2 は、複数のコンタクト 4 2 8 と直接接触し得、ゲート電極 4 2 4 は、複数のコンタクト 4 3 0 と直接接触し得る。ゲート電極 4 2 4 が金属酸化物層 4 0 8 の上に形成され得るので、T F T 4 0 0 は、トップゲート T F T であり得る。

20

【 0 0 3 9 】

[ 0 0 4 3 ] 図 5 A から図 5 C は、本明細書に開示された実施形態に係る、図 3 A から図 3 G で示された T F T 3 0 0 を形成するプロセスを示すフロー図である。図 5 A に示すように、プロセス 5 0 0 は、ブロック 5 0 2 で始まり、基板の上にゲート電極が堆積される。ゲート電極は、ゲート電極 3 0 4 であってもよく、基板は、図 3 A に示す基板 3 0 2 であってもよい。次に、ブロック 5 0 4 では、ゲート電極の上にゲート誘電体層が堆積される。ゲート誘電体層は、図 3 B に示すゲート誘電体層 3 0 6 であってもよい。ブロック 5 0 6 に示すように、ゲート誘電体層の上に、図 3 C に示す金属酸化物層 3 1 0 のような金属酸化物層が堆積され得る。ブロック 5 0 8 に示すように、金属酸化物層の堆積の後、金属酸化物層はアニールされ得る。次に、ブロック 5 1 0 に示すように、金属酸化物層は、図 3 D に示すフッ素含有ガス又はプラズマ 3 0 8 などのフッ素含有ガス又はプラズマに曝露される。最後に、ブロック 5 1 2 に示すように、処理された金属酸化物層の上に導電層 3 1 4 などの導電層が堆積され得る。

30

40

【 0 0 4 0 】

[ 0 0 4 4 ] 図 5 B に示すように、プロセス 5 1 4 は、ブロック 5 1 6 で始まり、基板の上にゲート電極が堆積される。ゲート電極は、ゲート電極 3 0 4 であってもよく、基板は、図 3 A に示す基板 3 0 2 であってもよい。次に、ブロック 5 1 8 では、ゲート電極の上にゲート誘電体層が堆積される。ゲート誘電体層は、図 3 B に示すゲート誘電体層 3 0 6 であってもよい。ブロック 5 2 0 に示すように、ゲート誘電体層の上に、図 3 C に示す金属酸化物層 3 1 0 のような金属酸化物層が堆積され得る。ブロック 5 2 2 に示すように、金属酸化物層の堆積の後、金属酸化物層は、図 3 D に示すフッ素含有ガス又はプラズマ

50

308などのフッ素含有ガス又はプラズマに曝露され得る。次に、ブロック524に示すように、処理された金属酸化物層はアニールされ得る。最後に、ブロック526に示すように、処理且つアニールされた金属酸化物層の上に導電層314などの導電層が堆積され得る。

【0041】

[0045] 図5Cに示すように、プロセス528は、ブロック530で始まり、基板の上にゲート電極が堆積される。ゲート電極は、ゲート電極304であってもよく、基板は、図3Aに示す基板302であってもよい。次に、ブロック532では、ゲート電極の上にゲート誘電体層が堆積される。ゲート誘電体層は、図3Bに示すゲート誘電体層306であってもよい。ブロック534に示すように、ゲート誘電体層の上に、図3Cに示す金属酸化物層310のような金属酸化物層が堆積され得る。ブロック536に示すように、金属酸化物層の堆積の後、金属酸化物層は、図3Dに示すフッ素含有ガス又はプラズマ308などの第1のフッ素含有ガス又はプラズマに曝露され得る。次に、ブロック538に示すように、処理された金属酸化物層はアニールされ得る。ブロック540に示すように、処理された金属酸化物層のアニールの後、アニールされた金属酸化物層は、図3Dに示すフッ素含有ガス又はプラズマ308などの第2のフッ素含有ガス又はプラズマに再度曝露され得る。最後に、ブロック542に示すように、処理された金属酸化物層の上に導電層314などの導電層が堆積され得る。

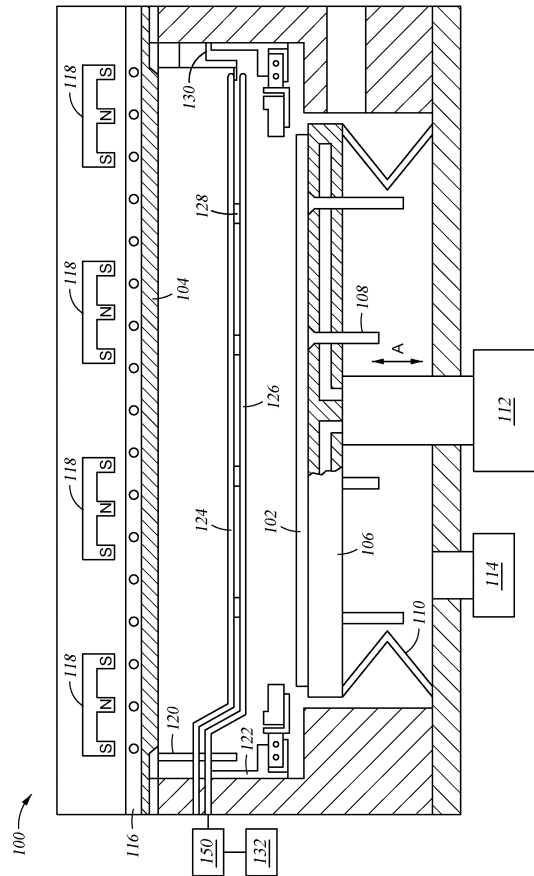
【0042】

[0046] 要約すると、TFTを形成する方法は、フッ素含有ガス又はプラズマを用いて金属酸化物層を処理することを含む。フッ素含有ガス又はプラズマによる処理は、金属酸化物層に対して行われるアニール処理の前に、その後に、又はその前と後の両方の時点で実行されてもよい。フッ素含有ガス又はプラズマによる処理は、酸素分子が金属酸化物層から離れることを防止するために、酸素空孔を充填し、金属酸化物層をパッシベーションすることに役立つ。酸素空孔を減少させることにより、負の閾値電圧の発生が防止され、より安定したTFTが生じる。

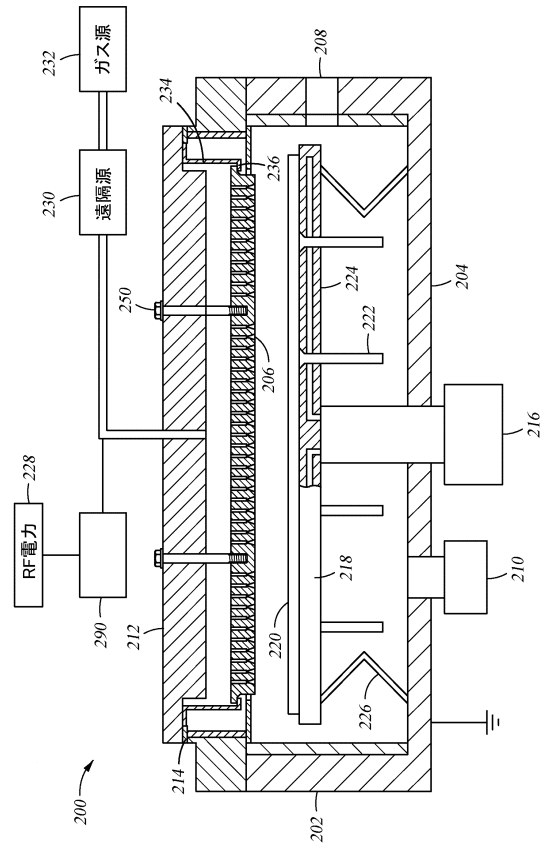
【0043】

[0047] 以上の記述は本開示の実施形態を対象としているが、本開示の基本的な範囲から逸脱することなく、本開示の他の実施形態及びさらなる実施形態を考案してもよい。本開示の範囲は、下記の特許請求の範囲によって決定される。

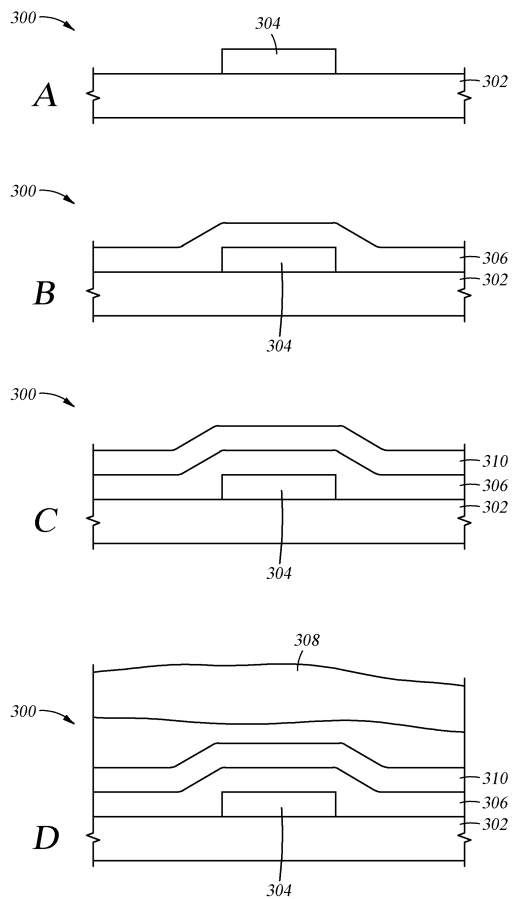
【 図 1 】



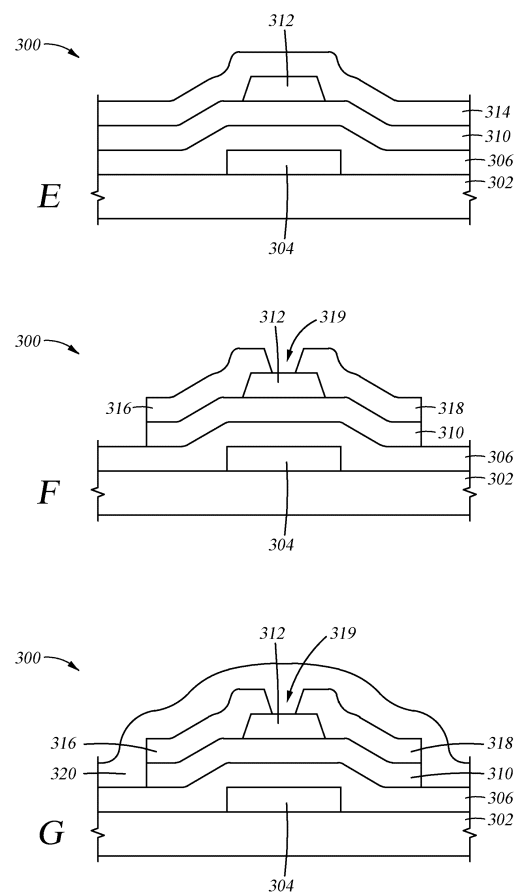
【圖 2】



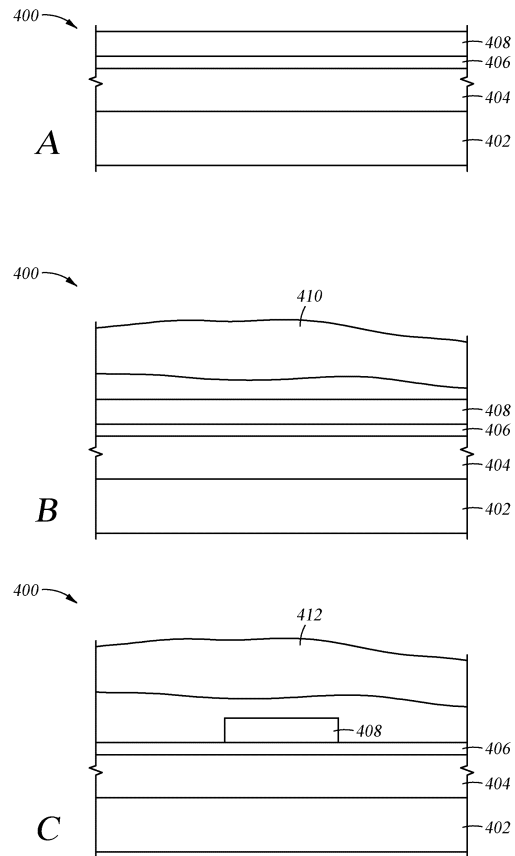
【 図 3 A - D 】



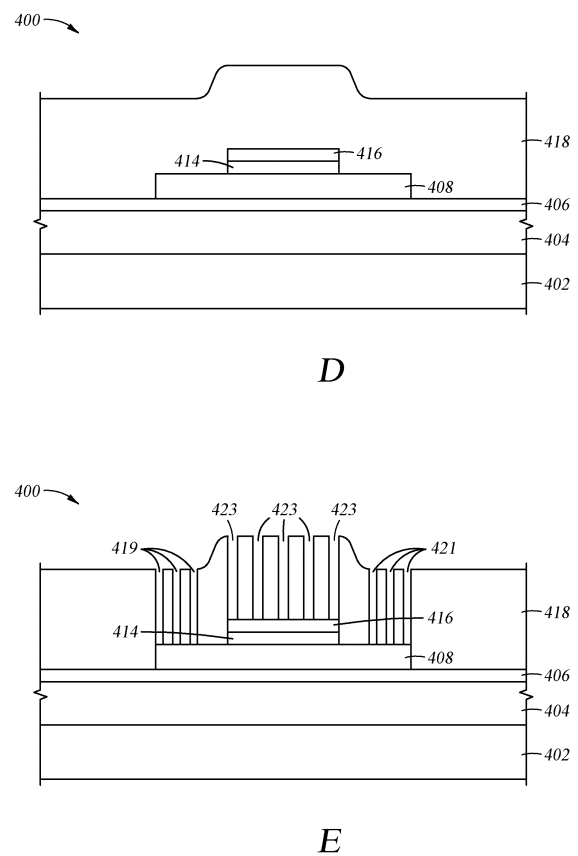
【 図 3 E - G 】



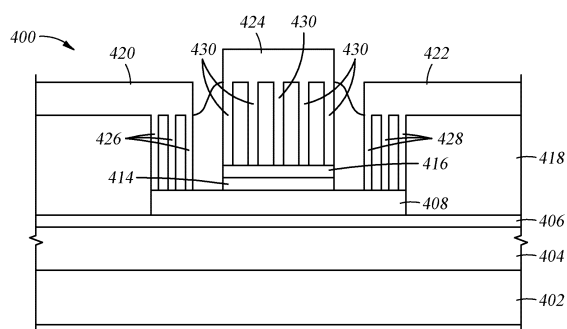
【 図 4 A - C 】



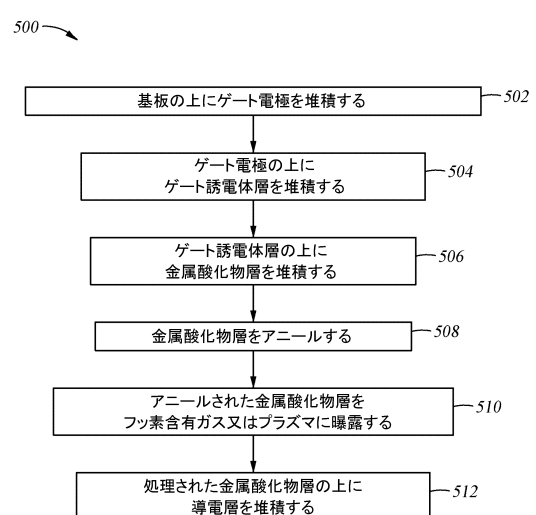
【 図 4 D - E 】



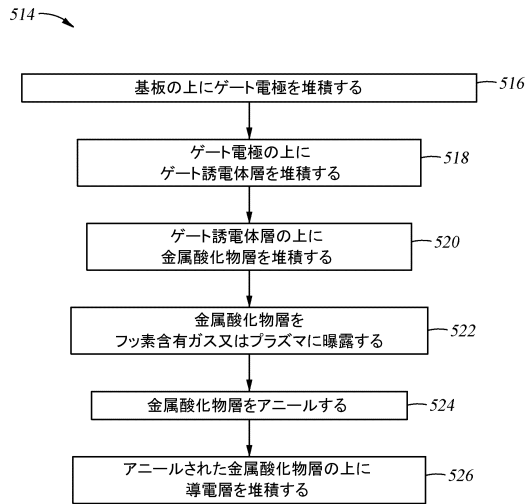
【 図 4 F 】



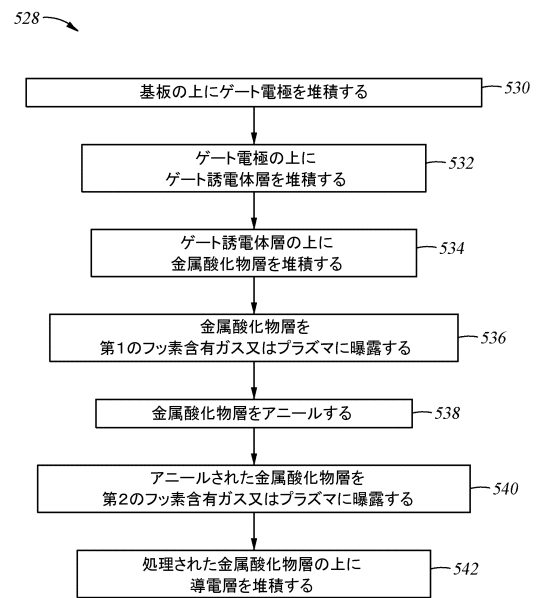
【 図 5 A 】



【図 5 B】



【図 5 C】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 イム, ドンギル  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94566, プレザントン, パセオ サンタ マリア 6  
333
- (72)発明者 ウォン, テギョン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95129, サン ノゼ, ベルヴェディア レーン 10  
54
- (72)発明者 チャン, シュエナ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95124, サン ノゼ, ロス ガトス アルマデン ロ  
ード 1791
- (72)発明者 ソン, ウォンホ  
大韓民国 336-750 チュンチョンナム-ド, アサン-シ, プンギドン, ドンイル  
ハイビル アパート 114 404
- (72)発明者 リム, ロドニー シュンロン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94015, デーリー シティ, セント フランシス ブ  
ールバード 324

審査官 綿引 隆

- (56)参考文献 特開2012-033911(JP, A)  
特開2001-007093(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 21/336  
H01L 29/786