

(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.

H01L 21/336 (2006.01)  
H01L 29/786 (2006.01)

F 1

H01L 29/78  
H01L 29/78  
H01L 29/78627F  
618B  
618F

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2018-536291 (P2018-536291)  
 (86) (22) 出願日 平成29年1月10日 (2017.1.10)  
 (65) 公表番号 特表2019-508883 (P2019-508883A)  
 (43) 公表日 平成31年3月28日 (2019.3.28)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2017/012872  
 (87) 國際公開番号 WO2017/123552  
 (87) 國際公開日 平成29年7月20日 (2017.7.20)  
 審査請求日 令和2年1月10日 (2020.1.10)  
 (31) 優先権主張番号 62/278, 955  
 (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)  
 (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)

(73) 特許権者 390040660  
アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド  
APPLIED MATERIALS, INCORPORATED  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタクララ, パウアーズ  
アヴェニュー 3050  
(74) 代理人 110002077  
園田・小林特許業務法人  
(72) 発明者 シュー, ハオーチェン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95112, 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】フッ素処理によるIGZOパッシバ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 ( s c c m ) から 6000 s c c m 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 W / cm<sup>2</sup> から 0.6 W / cm<sup>2</sup> 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 mTorr から 900 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、NF<sub>3</sub>、CF<sub>4</sub>、又はF<sub>2</sub>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 ( ZnO ) 及びインジウムガリウム酸化亜鉛 ( I G Z O ) 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

FT)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】別の実装形態では、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、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3E-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TFTの概略断面図である。

【図4A-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TFTの概略断面図である。

【図4D-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TFTの概略断面図である。

【図4F】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TFTの概略断面図である。

【図5A】本明細書に開示された実施形態に係る、図3Aから図3Gで示されたTFTを形成するプロセスを示すフロー図である。 10

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

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

#### 【0011】

[0015] 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】

#### 【0012】

[0016] 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、TFTがより安定化し、TFT内の負の閾値電圧が防止される。 20

#### 【0013】

[0017] 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(PVD)チャンバ100の概略断面図である。チャンバ100は、真空ポンプ114によって排気され得る。チャンバ100の内部では、基板102は、ターゲット104に対向するように配置され得る。基板102は、チャンバ100の内部でサセプタ106上に配置され得る。サセプタ106は、アクチュエータ112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106は、基板102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102をチャンバ100から取り除くことができるよう下降することができる。サセプタ106が下降位置にあるとき、リフトピン108が基板102をサセプタ106の上方に上昇させる。接地ストラップ110は、処理中にサセプタ106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106を引き上げてもよい。 30

#### 【0014】

[0018] ターゲット104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104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104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104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104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104は、ボンディング層(図示せず)によってバッキング板116に結合され得る。1つ又は複数のマグネットロン118が、バッキング板116の上に配置され得る。マグネットロン118は、直線移動で又は2次元経路でバッキング板116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120及びチャンバシールド122によって堆積から遮蔽され得る。 40

#### 【0015】

[0019] 基板102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

10

20

30

40

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、Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、Al<sub>x</sub>O<sub>y</sub>、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 チャンバー 100 に導入され得る。フッ素含有ガスは、NF<sub>3</sub>、CF<sub>4</sub>、又はF<sub>2</sub>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 チャンバー 100 に導入される遠隔プラズマであり得る。NF<sub>3</sub>、CF<sub>4</sub>、又はF<sub>2</sub>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) チャンバー 200 の概略断面図である。PECVD チャンバー 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 チャンバー 200 を出入りするよう移送することができる。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 によってバッキング板 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 によってバッキング板 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、バッキング板 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 チャンバー 200 に連結される。RF 源 228 が、整合ネットワーク 290 を通して、バッキング板 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 とバッキング板 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 チャンバー 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 チャンバー 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】

10

20

30

40

50

【0028】シャワーヘッド206は、さらにシャワーヘッドサスペンション234によって、バッキング板212に連結され得る。一実装形態では、シャワーヘッドサスペンション234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234は、シャワーヘッド206が置くことができるリップ236を有し得る。PECVDチャンバ200を密封するために、バッキング板212は、壁202と連結したレジジ214の上面に置かれ得る。

【0025】

【0029】図3Aから図3G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TFT300の概略断面図である。TFT300は、基板302を含み得る。一実施形態では、基板302は、ガラスであってもよい。別の実施形態では、基板302は、ポリマーであってもよい。別の実施形態では、基板302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302は、ステンレス鋼板などの金属であってもよい。

10

【0026】

【0030】基板の上にゲート電極304が形成され得る。熱酸化物層が、ゲート電極304と基板302との間に存在し得る。ゲート電極304は、TFT300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304は、アルミニウム、モリブデン、タンクステン、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304は、スパッタリング、リソグラフィ、及びエッティ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304は、基板302の上に導電層をプ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ニングされ得る。ゲート電極304は、導電層のマスキングされていない部分をエッティング除去し、基板302の上のゲート電極304を残すことによって形成され得る。

20

【0027】

【0031】図3Bで示すように、ゲート電極304の上には、ゲート誘電体層306が堆積され得る。ゲート誘電体層306は、ゲート電極304に直接堆積され得る。ゲート誘電体層306は、TFT300の閾値下のスイング又はスロープ及び閾値電圧(Vth)に影響を与える。シリコンベースのTFT(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TFT)では、ゲート誘電体層306は、酸化シリコンを含むことはできない。なぜなら、Vth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TFTの性能が低くなるからである。しかしながら、金属酸化物TFTについては、酸化シリコンは、効果的なゲート誘電体層306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で、TFT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306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306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306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306は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を含んでもよい。ゲート誘電体層306は、PECVD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306は、PVDによって堆積され得る。

30

【0028】

【0032】図3Cに示すように、金属酸化物層310が、ゲート誘電体層306上に、且つ、ゲート誘電体層306と直接接触するように堆積され得る。金属酸化物層310は、最終的なTFT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310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310は、ZnOを含み得る。一実施形態では、金属酸化物層310は、IGZOである。金属酸化物層310は、図1に示すPVDチャンバ100を用いて、スパッタリングによって堆積され得る。

40

50

## 【0029】

[0033] 金属酸化物層310が堆積された後、金属酸化物層310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310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310が堆積された基板の温度を、約1時間にわたって摂氏約350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310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310から離れることを防止するために、金属酸化物層310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。

## 【0030】

[0034] 図3Dに示すように、金属酸化物層310の処理は、金属酸化物層310をフッ素含有ガス又はプラズマ308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310から離れることを防止するために金属酸化物層310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310の処理プロセスは、金属酸化物層310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310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310は、NF<sub>3</sub>、CF<sub>4</sub>、又はF<sub>2</sub>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310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、遠隔又はインシトウで形成され得る。フッ素含有プラズマは、NF<sub>3</sub>、CF<sub>4</sub>、又はF<sub>2</sub>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310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）又は処理チャンバの内側（すなわち、インシトウ）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。

## 【0031】

[0035] フッ素含有ガス又はプラズマによる金属酸化物層310の処理時間、すなわち、金属酸化物層310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10秒から約100秒（例えば、約20秒から約60秒）の範囲であり得る。金属酸化物層310の処理は、図1で示すPVDチャンバ100のような、金属酸化物層310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310の処理は、図2で示すPECVDチャンバ200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。一実装形態では、金属酸化物層310は、遠隔プラズマを用いるPECVDチャンバ200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、NF<sub>3</sub>及びArガスは、遠隔プラズマ源230などの遠隔プラズマ源内に流し込まれる。NF<sub>3</sub>ガスは、約2000立方センチメートル毎分（sccm）から約6000scmの範囲内の流量を有し得、Arガスは、約2000scmから約6000scmの範囲内の流量を有し得る。一実施形態では、NF<sub>3</sub>ガスの流量及びArガスの流量は、両方とも4000scmである。遠隔プラズマ源は、約0.2W/cm<sup>2</sup>から約0.6W/cm<sup>2</sup>の範囲内（例えば、約0.4W/cm<sup>2</sup>）の電力密度を有し得る。PECVDチャンバの内部の圧力は、約200mTから約900mTの範囲（例えば、約500mTから約600mT）であり得る。金属酸化物層310が堆積された基板は、摂氏約150度から摂氏約350度（例えば、摂氏約220度から摂氏約240度）の範囲内の温度まで加熱され得る。

## 【0032】

[0036] 次に、図3Eに示すように、エッチング停止層312が、フッ素で処理された金属酸化物層310に堆積され得る。エッチング停止層312は、金属酸化物層310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312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。エッティング停止層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3Eに示すように、導電層314が、エッティング停止層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、タンゲステン、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3Fに示すように、導電層314が堆積された後、導電層314の一部をエッティ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ティ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。エッティング停止層312は、エッティングの間の過度のプラズマ曝露からアクティブチャネル319を保護するように機能する。

【0034】

[0038] 次に、図3G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。TFT300は、ボトムゲートTFT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TFT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TFTの金属酸化物層に対して行われる。

【0035】

[0039] 図4Aから図4F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TFT400の概略断面図である。TFT400は、トップゲートTFT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TFT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3D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。

【0036】

[0040] 次に、図4Cに示すように、フッ素で処理された金属酸化物層408は、エッティ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の一部をエッティングした後、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3D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

10

20

30

40

50

を行うことができる。

【0037】

【0041】次に、図4Dに示すように、ゲート誘電体層414が、処理された金属酸化物層408に堆積され得る。ゲート誘電体層414は、ゲート誘電体層306と同じ材料で作られ得る。ゲートコンタクト層416が、ゲート誘電体層414に堆積され得、ゲートコンタクト層416は、ゲート電極304と同じ材料で作られ得る。ゲート誘電体層414及びゲートコンタクト層416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414及びゲートコンタクト層416がパターニングされてもよく、金属酸化物層408の一部が露出される。層間誘電体(ILD)層418が、露出した酸化シリコン層406、露出した金属酸化物層408、及びゲートコンタクト層416に堆積され得る。ILD層418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よい。

【0038】

【0042】図4Eに示すように、複数のコンタクトホール419、421、423がILD層418内に形成され得る。コンタクトホール419、421、423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408の一部は、複数のコンタクトホール419、421の形成に起因して露出し得、ゲートコンタクト層416の一部は、複数のコンタクトホール423の形成によって露出し得る。図4Eに示すように、コンタクトホール419、421、423は、金属で充填されて、それぞれ、コンタクト426、428、430を形成することができる。複数のコンタクト426、428、430は、ゲート電極304と同じ材料で作られ得る。複数のコンタクト426、428は、金属酸化物層408と直接接触し得、複数のコンタクト430は、ゲートコンタクト層416と直接接触し得る。金属層がILD層418に堆積され得る。金属層は、ソース電極420、ドレイン電極422、及びゲート電極424を画定するためにパターニングされ得る。ソース電極420、ドレイン電極422、及びゲート電極424は、ゲート電極304と同じ材料で作られ得る。ソース電極420は、複数のコンタクト426と直接接触し得、ドレイン電極422は、複数のコンタクト428と直接接触し得、ゲート電極424は、複数のコンタクト430と直接接触し得る。ゲート電極424が金属酸化物層408の上に形成され得るので、TFT400は、トップゲートTFTであり得る。

【0039】

【0043】図5Aから図5Cは、本明細書に開示された実施形態に係る、図3Aから図3Gで示されたTFT300を形成するプロセスを示すフロー図である。図5Aに示すように、プロセス500は、ブロック502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504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506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508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510に示すように、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512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。

【0040】

【0044】図5Bに示すように、プロセス514は、ブロック516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518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520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522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

10

20

30

40

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】

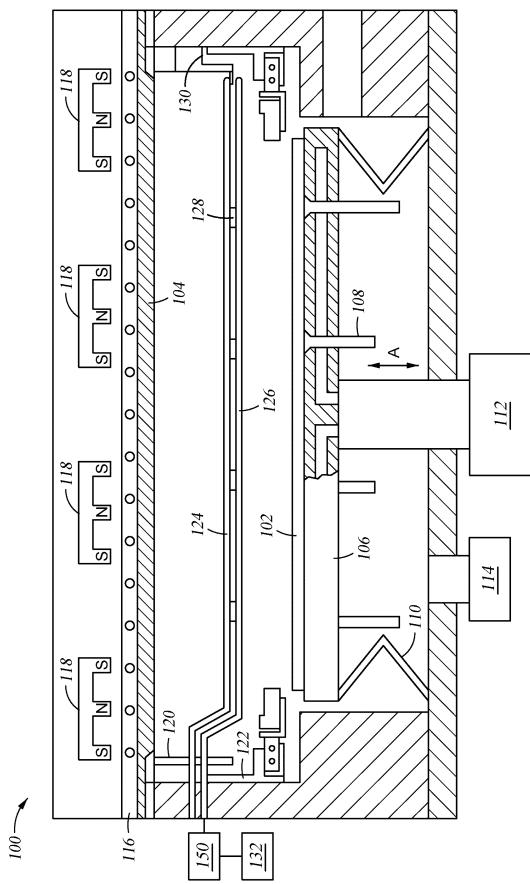
[0047] 以上の記述は本開示の実施形態を対象としているが、本開示の基本的な範囲から逸脱することなく、本開示の他の実施形態及びさらなる実施形態を考案してもよい。本開示の範囲は、下記の特許請求の範囲によって決定される。

10

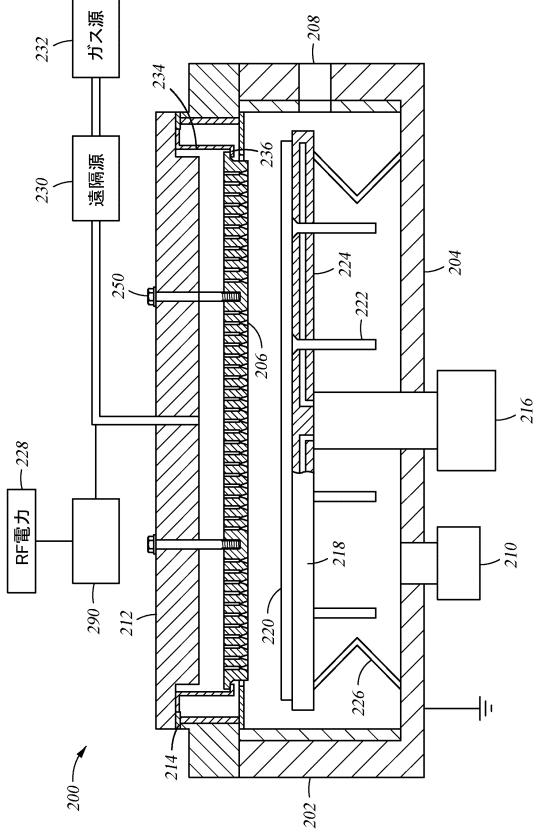
20

30

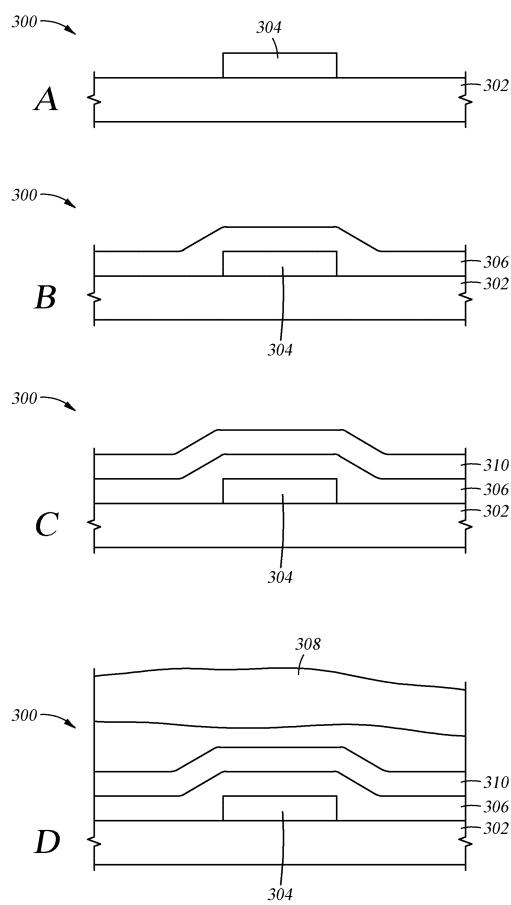
【図1】



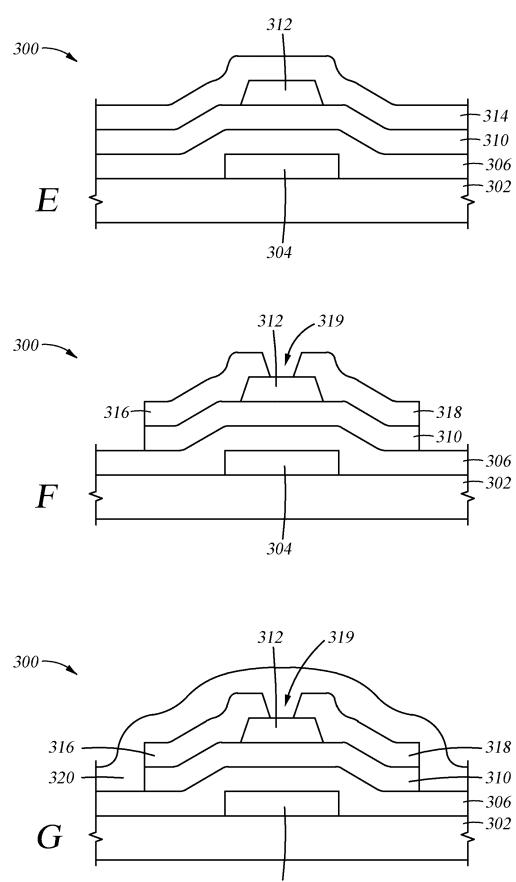
【図2】



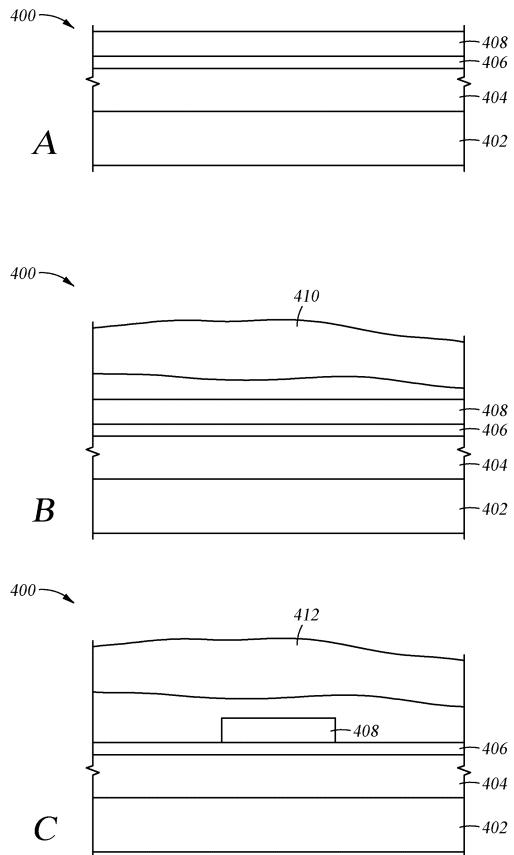
【図3 A - D】



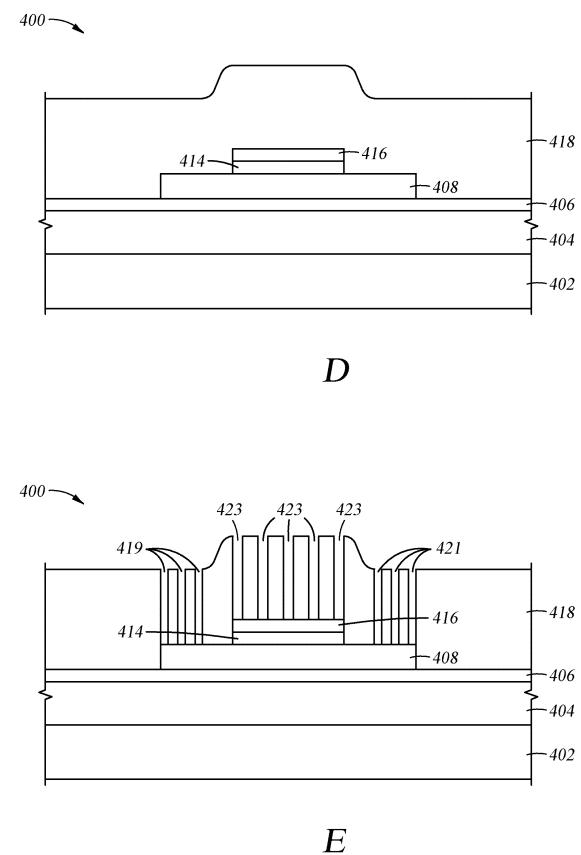
【図3 E - G】



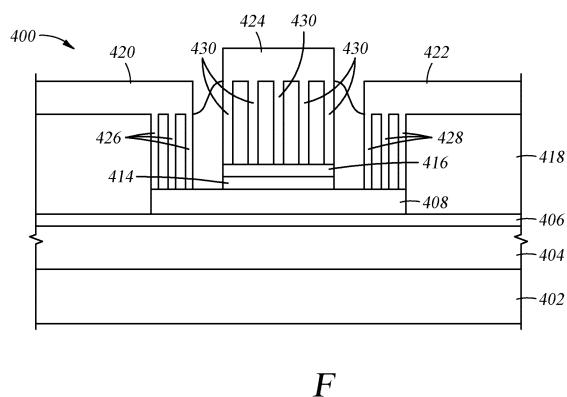
【図 4 A - C】



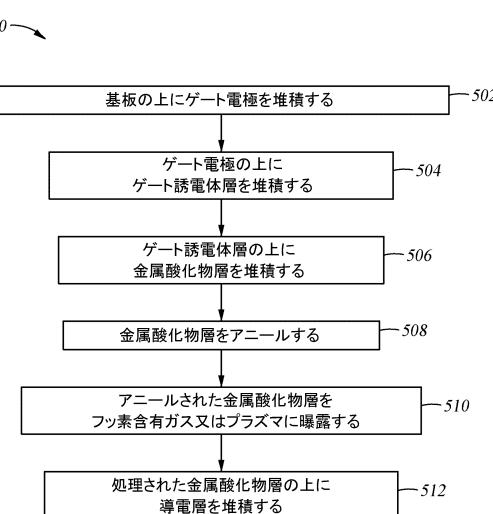
【図 4 D - E】



【図 4 F】

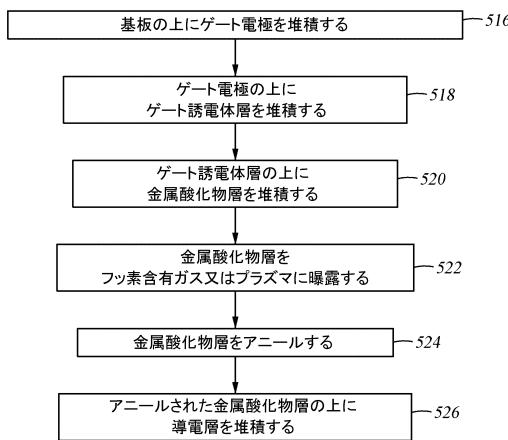


【図 5 A】



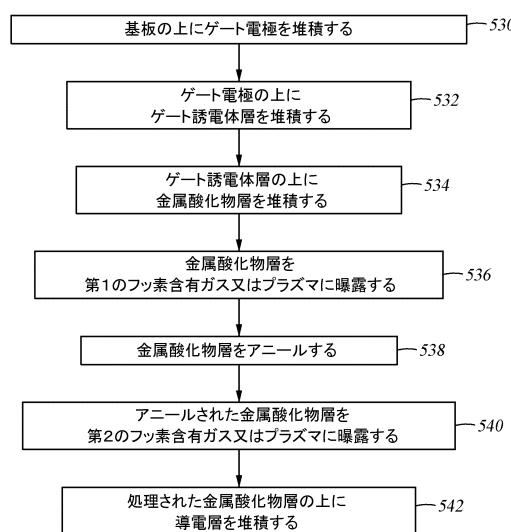
【図5B】

514



【図5C】

528



---

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 , ブンギドン , 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