

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2013-541192

(P2013-541192A)

(43) 公表日 平成25年11月7日 (2013.11.7)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H01L 29/786 (2006.01)</b>	H01L 29/78 616U	4M104
<b>H01L 21/336 (2006.01)</b>	H01L 29/78 616V	5F058
<b>H01L 29/417 (2006.01)</b>	H01L 29/78 617L	5F110
<b>H01L 21/28 (2006.01)</b>	H01L 29/78 617M	
<b>H01L 21/316 (2006.01)</b>	H01L 29/78 627F	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 15 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2013-526392 (P2013-526392)  
 (86) (22) 出願日 平成23年8月9日 (2011.8.9)  
 (85) 翻訳文提出日 平成25年4月9日 (2013.4.9)  
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2011/063712  
 (87) 国際公開番号 W02012/028432  
 (87) 国際公開日 平成24年3月8日 (2012.3.8)  
 (31) 優先権主張番号 10175294.7  
 (32) 優先日 平成22年9月3日 (2010.9.3)  
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(71) 出願人 390040660  
 アプライド マテリアルズ インコーポレ  
 イテッド  
 APPLIED MATERIALS, I  
 NCORPORATED  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95  
 054 サンタ クララ パウアーズ ア  
 ベニュー 3050  
 (74) 代理人 100109726  
 弁理士 園田 吉隆  
 (74) 代理人 100101199  
 弁理士 小林 義敦  
 (72) 発明者 ピエラリージ, ファビオ  
 ドイツ国 63739 アシャッフエンブ  
 ルク, ヒンター デア アイヒ 4  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スタガー薄膜トランジスタおよびその形成方法

## (57) 【要約】

スタガー薄膜トランジスタと、スタガー薄膜トランジスタの形成方法とが提供される。薄膜トランジスタは、酸化物含有層と、導電酸化物層上に堆積させた銅合金層と、銅含有酸化物層と、銅含有層とを含むアニール層スタックを含む。

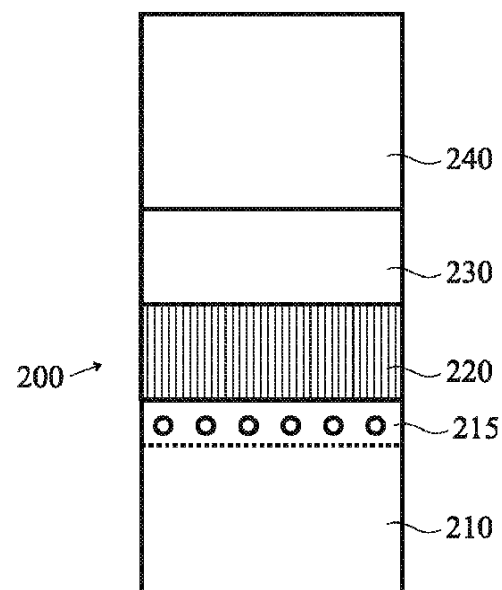


Fig. 3

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

酸化物含有層（210）と、  
前記酸化物含有層上に堆積させた銅合金層（220）と、  
銅含有酸化物層（230）と、  
銅含有層（240）と  
を備えるアニール層スタック（200）  
を備えるスタガー薄膜トランジスタ。

**【請求項 2】**

前記スタガー薄膜トランジスタが反転スタガー薄膜トランジスタである、請求項 1 に記載のスタガー薄膜トランジスタ。

10

**【請求項 3】**

前記酸化物含有層が導電酸化物層である、請求項 1 または 2 に記載のスタガー薄膜トランジスタ。

**【請求項 4】**

前記導電酸化物層が透明酸化物層、詳細には ZnO 含有層または IGZO 含有層である、請求項 3 に記載のスタガー薄膜トランジスタ。

**【請求項 5】**

前記銅合金層、前記銅含有酸化物層、および前記銅含有層が、前記薄膜トランジスタの能動チャネル領域を形成する前記酸化物含有層に接触する前記薄膜トランジスタの電極を形成する、請求項 1 ないし 4 のいずれか一項に記載のスタガー薄膜トランジスタ。

20

**【請求項 6】**

前記銅合金層、前記銅含有酸化物層、および前記銅含有層が、前記薄膜トランジスタの基板の少なくとも一部を形成する前記酸化物含有層に接触する前記薄膜トランジスタのゲート電極を形成する、請求項 1 または 2 に記載のスタガー薄膜トランジスタ。

**【請求項 7】**

前記酸化物含有層および前記銅含有酸化物層から選択される少なくとも 1 つの層が、前記銅合金層に隣接する酸素空乏ゾーン（215）を有する、請求項 1 ないし 6 のいずれか一項に記載のスタガー薄膜トランジスタ。

**【請求項 8】**

前記銅合金層が、少なくとも部分酸化した Cu、Mn、Mg、Cr、Mo、Ca の合金材料、Cu、Mn、Mg、Cr、Mo、Ca の酸化物、およびこれらの組合せからなる群から選択される少なくとも 1 つの材料を含む、請求項 1 ないし 7 のいずれか一項に記載のスタガー薄膜トランジスタ。

30

**【請求項 9】**

スタガー薄膜トランジスタの形成方法であって、  
前記薄膜トランジスタの酸化物含有層（210）を設けることと、  
前記酸化物含有層上に銅合金層（220）を堆積させることと、  
前記銅合金層上に銅含有酸化物層（230）を堆積させることと、  
前記銅含有酸化物層上に銅含有層（240）を堆積させることと、  
前記酸化物含有層、前記銅合金層、前記銅含有酸化物層、および前記銅含有層をアニールすることと  
を含む方法。

40

**【請求項 10】**

前記アニールすることが、前記銅合金層の少なくとも 1 つの合金材料を、前記酸化物含有層および前記銅含有酸化物層から選択される少なくとも 1 つの層からの酸素で酸化させることを含む、請求項 9 に記載の方法。

**【請求項 11】**

前記銅合金層を堆積させることが、銅合金のスパッタリング、任意選択で前記銅合金のマグネトロンスパッタリングを含み、前記銅合金の前記合金材料が、Mn、Mg、Cr、

50

Mo、Ca、およびこれらの混合物から任意選択で選択される、請求項 9 または 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記銅含有酸化物層を堆積させることが、酸素含有ガス環境内、任意選択で Ar および O<sub>2</sub> を含むガス環境内での、銅のスパッタリング、任意選択で銅のマグネトロンスパッタリングを含む、請求項 9 ないし 11 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 13】

前記銅含有層を堆積させることが、不活性ガス環境内、任意選択で Ar を含む不活性ガス環境内での、銅のスパッタリング、任意選択で銅のマグネトロンスパッタリングを含む、請求項 9 ないし 12 のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 14】

前記酸化物含有層が導電酸化物層であり、前記銅合金層、前記銅含有酸化物層、および前記銅含有層が、前記薄膜トランジスタの前記能動チャネル領域を形成する前記導電酸化物層に接触する前記薄膜トランジスタの電極を形成する、請求項 9 ないし 13 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 15】

前記スタガー薄膜トランジスタの基板上にゲート電極金属化を堆積させることと、前記基板からの酸素によって前記ゲート電極金属化を少なくとも部分的に酸化させるように前記ゲート電極金属化をアニールすることとをさらに含む、請求項 9 ないし 14 のいずれか一項に記載の方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、薄膜トランジスタと、薄膜トランジスタの形成方法に関する。具体的には、本発明は、スタガー、詳細には反転スタガー薄膜トランジスタ、たとえば反転スタガー透明酸化物薄膜トランジスタ、およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

薄膜トランジスタ(TFT)は、液晶表示の適用分野および他の業界で重要な役割を担っている。従来の反転スタガー透明酸化物TFTでは、能動チャネルアイランド上に直接、ソースおよびドレイン電極が堆積される。

30

【0003】

しかし、デバイス性能は、ソースと能動チャネルとの間、またはドレインと能動チャネルとの間で、接触抵抗を受ける可能性がある。

【0004】

したがって、改善された薄膜トランジスタを開発することが望ましい。

【発明の概要】

【0005】

上記を考慮して、本明細書に記載の実施形態によれば、スタガー薄膜トランジスタが提供される。この薄膜トランジスタは、酸化物含有層と、酸化物含有層上に堆積させた銅合金層と、銅含有酸化物層と、銅含有層とを含むアニール層スタックを含む。

40

【0006】

さらなる実施形態では、スタガー薄膜トランジスタを形成する方法が提供される。この方法は、薄膜トランジスタの酸化物含有層を設けることと、酸化物含有層上に銅合金層を堆積させることと、銅合金層上に銅含有酸化物層を堆積させることと、銅含有酸化物層上に銅含有層を堆積させることとを含む。この方法は、酸化物含有層、銅合金層、銅含有酸化物層、および銅含有層をアニールすることをさらに含む。

【0007】

実施形態はまた、スタガー薄膜トランジスタを使用および操作する方法を対象とする。これらの方法ステップは、手動で実行することができ、または自動化することができ、た

50

例えば、上記２つの任意の組合せによって、または任意の他の方式によって、適当なソフトウェアによってプログラムされたコンピュータによって制御することができる。

【０００８】

本明細書に記載の実施形態と組み合わせることができるさらなる利点、特徴、態様、および詳細は、従属請求項、説明、および図面から明らかである。

【０００９】

本発明の上記の特徴を詳細に理解できるように、実施形態を参照することによって、上記で簡単に要約した本発明のより詳細な説明を得ることができる。添付の図面は本発明の実施形態に関するものであり、それについて以下に説明する。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】反転スタガー薄膜トランジスタ構造を示す図である。

【図２】本明細書に記載の実施形態によるアニール層スタックを示す図である。

【図３】本明細書に記載の実施形態によるアニール層スタックを示す図である。

【図４】本明細書に記載の実施形態による薄膜トランジスタを製造する方法を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

本発明の様々な実施形態について、次に詳細に参照を説明し、図にはこれらの実施形態の１つまたは複数の例を示す。各例は、本発明の説明を目的として提供されるものであり、本発明を限定するものではない。たとえば、一実施形態の一部として図示または記載する特徴を他の実施形態で、または他の実施形態とともに使用して、さらなる実施形態を得ることができる。本発明は、そのような修正形態および変形形態を含むものとする。

【００１２】

「スタガーＴＦＴ」という表現は、ＴＦＴのボトムゲート版とトップゲート版の両方を含むのに対して、「反転スタガーＴＦＴ」は、ボトムゲートＴＦＴを指すものとする。以下、反転スタガー構造について説明する。本発明の実施形態は、共平面ＴＦＴなどのスタガーおよび他のＴＦＴ構造に適用することができる。ＴＦＴの１つの層は、材料（複数可）からなるＴＦＴの一領域である。本明細書では、１つの層の少なくとも１つの物理的または化学的特性は、ＴＦＴの隣接する層と比較すると異なる。

【００１３】

以下の図面の説明では、同じ参照番号は同じ構成要素を指す。個々の実施形態に関する違いのみについて説明する。図面は、必ずしも原寸に比例するものではなく、説明のために特徴を強調することもある。

【００１４】

図１は、反転スタガー薄膜トランジスタ１００の構造を示す。ＴＦＴ１００は基板１１０を含む。基板はガラス基板とすることができる。別法として、基板は、プラスチック基板、セラミック基板、または金属基板とすることができ、場合によっては、酸化ケイ素などの絶縁膜を備えることができる。基板は、酸化ケイ素、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス、アルミノケイ酸ガラス、およびこれらの組合せから選択される少なくとも１つの材料を含むことができる。

【００１５】

基板１１０上に、ゲート１２０が形成される。ゲート１２０は、銅、チタン、モリブデン、クロム、タンタル、タングステン、アルミニウム、銀、金、ＩＴＯ、これらの合金材料、たとえばアルミニウム - ネオジウム合金またはアルミニウム - セレン合金、およびこれらの組合せから選択される少なくとも１つの材料を含むことができる。ゲートは、たとえばマグネトロンスパッタリングなどのスパッタリングによって、基板上に堆積させることができる。ＴＦＴ１００は、ゲート１２０および基板１１０上に形成されたゲート誘電体１３０を含む。ゲート誘電体は、酸化ケイ素、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素、酸化アルミニウム、酸化チタン、およびこれらの組合せから選択される少なくとも１つの材料を含む

10

20

30

40

50

ことができる。

【0016】

さらに、TFT100は、能動チャネル領域140、たとえば透明酸化物を含む能動チャネルアイランドを含む。能動チャネル領域140は、ゲート誘電体130上に形成される。能動チャネル領域は、透明酸化物、酸化亜鉛、亜鉛スズ酸化物、亜鉛インジウムスズ酸化物、インジウム亜鉛酸化物、インジウムガリウム亜鉛酸化物、ハフニウムインジウム亜鉛酸化物、アルミニウム亜鉛スズ酸化物、酸化銅、およびこれらの組合せから選択される少なくとも1つの材料を含むことができる。能動チャネル140上には、エッチング停止層150を形成することができる。エッチング停止層は、酸化ケイ素、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素、酸化アルミニウム、酸化チタン、およびこれらの組合せから選択される少なくとも1つの材料を含むことができる。

10

【0017】

能動チャネル140上には、ソース160およびドレイン170が形成される。ソースおよびドレインは、銅、チタン、モリブデン、クロム、タンタル、タングステン、アルミニウム、銀、金、ITO、これらの合金、およびこれらの組合せから選択される少なくとも1つの材料を含むことができる。エッチング停止層150は、ソース160とドレイン170との間に位置することができる。さらに、全構造上に、同じくソース160とドレイン170とを分離するパッシベーション層180を形成することができる。パッシベーション層は、酸化ケイ素、窒化ケイ素、酸窒化ケイ素、酸化アルミニウム、酸化チタン、およびこれらの組合せから選択される少なくとも1つの材料を含むことができる。

20

【0018】

ソース160と能動チャネル領域140との間、および/またはドレイン170と能動チャネル領域140との間には、接触抵抗が存在する可能性がある。たとえば、たとえば銅ワイヤへの接続のために電極160、170の金属化が銅ベースであり、能動チャネルが酸化亜鉛などの透明酸化物から作られる場合、接触抵抗が存在する。接触抵抗は、TFTの性能を下げる可能性がある。

【0019】

本明細書に記載の実施形態によれば、薄膜トランジスタが提供される。薄膜トランジスタは、反転スタガーTFTとすることができる。この薄膜トランジスタは、アニール層スタックを含む。アニール層スタックは、導電酸化物層と、銅合金層と、銅含有酸化物層と、銅含有層とを含む。導電酸化物層は、能動チャネル領域とすることができる。

30

【0020】

銅合金層、銅含有酸化物層、および銅含有層は、ソースまたはドレイン電極の副層とすることができる。銅合金層は、導電酸化物層上に堆積させることができる。別法として、銅含有酸化物層をなくすこともできる。銅含有酸化物層が存在する場合、銅合金層上に堆積させることができる。銅含有層は、銅含有酸化物層上に堆積させることができ、または銅含有酸化物層が存在しない場合、銅合金層上に堆積させることができる。

【0021】

図2は、このタイプの層スタック200を示す。層スタック200は導電酸化物層210を含み、導電酸化物層210は、たとえば能動チャネル140と同一のものとすることができる。層スタック200は、銅合金層220と、銅含有酸化物層230と、銅含有層240とをさらに含む。層220、230、240は、たとえば、ソース電極160またはドレイン電極170の副層とすることができる。

40

【0022】

図2に示す層スタック200は、たとえば、図1に示すTFT構造の一部とすることができる。図1に破線の枠で表す領域1または2に対応することができる。TFT構造は、本明細書に記載の実施形態による2つ以上の層スタック、たとえば、ソース/能動チャネル層スタックおよびドレイン/能動チャネル層スタックに対応する、図1に破線の枠1および2で表す少なくとも2つの別個の層スタックを含むことができる。

【0023】

50

図 2 では、導電酸化物層 2 1 0 上に銅合金層 2 2 0 が形成され、導電酸化物層 2 1 0 に接触する。銅合金層 2 2 0 上には銅含有酸化物層 2 3 0 が形成され、銅合金層 2 2 0 に接触する。銅含有酸化物層 2 3 0 上には銅含有層 2 4 0 が形成され、銅含有酸化物層 2 3 0 に接触する。

【 0 0 2 4 】

導電酸化物層は、透明酸化物層、詳細には Z n O 含有層、Z T O 含有層、Z I T O 含有層、I Z O 含有層、I G Z O 含有層、H I Z O 含有層、A Z T O 含有層、C u <sub>2</sub> O 含有層、およびこれらの組合せとすることができる。導電酸化物層は、図 1 に示すように、たとえばゲート誘電体上に形成することができる。

【 0 0 2 5 】

銅合金層は、たとえばエッチング停止層の形成後、導電酸化物層上に形成することができる。銅合金層は、第 1 の緩衝膜を堆積させることによって、たとえば C u 合金をスパッタリングすることによって形成することができる、その合金材料は、M n、M g、C r、M o、C a、およびこれらの組合せとすることができる。スパッタリングは、マグネトロンスパッタリング、たとえば静的マグネトロンスパッタリング、反応マグネトロンスパッタリング、または静的反応マグネトロンスパッタリングとすることができる。銅ターゲットは、たとえば C u 4 N とすることができる。

【 0 0 2 6 】

少なくとも、導電酸化物層および第 1 の緩衝膜をアニールすることができる。少なくとも導電酸化物層および第 1 の緩衝膜をアニールすることによって、第 1 の緩衝膜は少なくとも部分酸化する。詳細には、合金元素を酸化させることができる。本明細書では、導電酸化物層内に含有される酸素は、合金元素を酸化させることができる。この処理を、銅合金自己形成障壁処理と呼ぶ。

【 0 0 2 7 】

銅合金層は、少なくとも部分酸化した C u、M n、M g、C r、M o、C a の合金材料、C u、M n、M g、C r、M o、C a の酸化物、およびこれらの組合せからなる群から選択される少なくとも 1 つの材料を含むことができる。銅合金層は、スパッタリングしたアニール銅合金層とすることができる。アニールは、真空アニールとすることができる。銅合金層は、酸化または部分酸化銅合金層、たとえば、合金材料（複数可）を酸化させた部分酸化銅合金層とすることができる。銅合金層は、少なくとも 8 0 重量 % の銅、または少なくとも 9 0 重量 % の銅、または少なくとも 9 5 重量 % の銅、またはさらに少なくとも 9 9 . 5 重量 % の銅を含むことができる。銅合金層は、たとえば、多くても 2 0 重量 % の銅以外の材料、または多くても 1 0 重量 % の銅以外の材料、たとえば合金材料、または多くても 5 重量 %、またはさらに多くても 0 . 5 重量 % を含むことができる。

【 0 0 2 8 】

アニールは、たとえば本明細書に記載の実施形態による層スタック全体を形成した後に、または少なくともいくつかのさらなる層を形成した後に実施することができる。「アニール層スタック」とは、銅合金層に加えて少なくとも 1 つの層、より具体的には第 1 の緩衝層に加えて少なくとも 1 つの層がアニールされた層スタックを指すものとする。

【 0 0 2 9 】

いくつかの実施形態によれば、銅含有酸化物層は第 1 の緩衝膜上に形成され、これらの層はそれぞれ導電酸化物層上に形成される。銅含有酸化物層は、第 2 の緩衝膜とすることができる。銅含有酸化物層は、たとえば反応マグネトロンスパッタリングなどのスパッタリングによって堆積させることができる。たとえば、C u 4 N などの実質上純粋な銅を、アルゴンおよび酸素を含むガス雰囲気中でスパッタリングすることができる。銅含有酸化物層は、C u O、C u <sub>2</sub> O、およびこれらの組合せから選択される少なくとも 1 つの材料を含むことができる。銅含有酸化物層は、少なくとも 7 9 重量 % の銅、または少なくとも 9 0 重量 % の銅、またはさらに少なくとも 9 9 . 9 重量 % の銅を含むことができる。銅含有酸化物層は、たとえば、多くても 2 0 重量 % の銅以外の材料、たとえば酸素、または多くても 1 0 重量 %、またはさらに多くても 0 . 1 重量 % を含むことができる。

10

20

30

40

50

## 【0030】

層スタックをアニールするとき、銅含有酸化物層からの酸素で銅合金層を酸化させることができる。この処理は、導電酸化物層からの酸素による酸化に対する追加または別法として行うことができる。導電酸化物層および銅含有酸化物層から選択される少なくとも1つの層は、銅合金層に隣接して酸素空乏ゾーンを有することができる。詳細には、酸素空乏ゾーンは、導電酸化物層および/または銅含有酸化物層の境界面におけるCu合金自己形成障壁処理のために生じることができる。Cu合金層の厚さは、Cu合金層が自己形成障壁処理後に完全に酸化するような厚さとすることができる。これを実現するために、厚さを非常に薄くすることができる。

## 【0031】

10

銅含有層は、銅含有酸化物層上に、たとえばスパッタリングによって形成することができる。詳細には、スパッタリングは、たとえば純粋なアルゴン雰囲気中で銅含有酸化物層上に直接スパッタリングすることによって実施することができる。銅含有酸化物層をスパッタリングする場合と同じスパッタリングターゲット、たとえば回転スパッタリングターゲットを使用することができる。スパッタリングターゲットは、銅含有酸化物層の形成と銅含有層の形成との間にスパッタリング洗浄を行うことなく使用することができる。たとえば、スパッタリングターゲットとしてCu<sub>4</sub>Nを使用することができる。銅含有層は、少なくとも90重量%の銅、または少なくとも95重量%の銅、またはさらに少なくとも99.99重量%の銅を含むことができる。銅含有酸化物層は、たとえば、多くても10重量%の銅以外の材料、または多くても5重量%、またはさらに多くても0.01重量%を含むことができる。銅含有層は、実質上銅からなることができる。本明細書では、「実質上銅からなる」とは、不純物の他に銅からなることを意味する。

20

## 【0032】

この銅含有層は、スパッタリングガス雰囲気への酸素供給を停止するには十分であろう。それによって、形成処理は簡略化される。銅含有層は、銅含有酸化物層および/または銅合金層より厚くすることができる。銅含有層は、ソースもしくはドレイン電極の主要部分、または銅ワイヤなどの回路用の端子を形成することができる。

## 【0033】

図3は、導電酸化物層210を含むアニール層スタック200を示す。導電酸化物層210は、銅合金層220との接触領域に隣接して酸素空乏ゾーン215を含む。酸素空乏を、ゾーン215内に白丸によって概略的に示し、銅合金層220の少なくとも部分酸化を垂直線のパターンによって示す。銅含有酸化物層230はまた、銅合金層に隣接して酸素空乏ゾーンを含むことができる。図3に示す層スタック200は、層210~240の形成後にアニールされる。

30

## 【0034】

これらの層は、いくつかの実施形態による次の範囲内の厚さを有することができる。導電酸化物層は、20nm~150nmの厚さを有することができる。銅合金層は、2nm~30nmの厚さを有することができる。銅含有酸化物層は、2nm~50nm、たとえば2nm~30nmの厚さを有することができる。銅含有層は、50nm~500nm、たとえば100nm~400nmの厚さを有することができる。酸素空乏ゾーンの厚さは、0.1nm~3nmの範囲内とすることができる。

40

## 【0035】

接触抵抗は、接触する層の材料特性に依存する。たとえば、導電酸化物層、たとえばZnOなどの透明酸化物層の導電性は、その材料内の酸素空位の濃度に依存する。導電性は、空位の濃度に比例することがある。導電酸化物層内で銅合金層との接触領域に酸素欠乏層（酸素空乏ゾーン）を作ることによって、Cu合金自己形成障壁処理を通じて導電酸化物層の導電性を制御することができる。別法または追加として、他の層の境界における導電性も制御することができる。このようにして、接触抵抗を低減させることができ、TFTの性能を増大させることができる。

## 【0036】

50

詳細には、導電酸化物層および／または銅含有酸化物層の酸素含有量は、銅合金層の所望の酸化が実現されるように適合させることができる。銅合金層、詳細には１つまたは複数の合金元素の特性は、銅合金の所望の酸化が実現されるように適合させることができる。これらの層の酸素の付与または受容特性は、それぞれの層の酸素空乏ゾーン内で酸素空位の所望の濃度が実現されるように適合させることができる。

【 0 0 3 7 】

これらの層の堆積パラメータおよびアニールパラメータを制御することによって、さらなる制御が提供される。たとえば、スパッタリングカソードの電力、スパッタリングガスの圧力またはスパッタリングガスの分圧、アルゴン／酸素混合物などのスパッタリングガスの組成、および堆積時間を変動させることができる。追加または別法として、アニール時間および／またはアニール温度を制御することができる。このようにして、接触抵抗の低減の程度および接着／障壁層の特性を制御して、ＴＦＴ生産の処理要件に適合させることができる。

【 0 0 3 8 】

層スタックの１対の層間の抵抗特性は、接触抵抗が低くなるように整合させることができる。これを、接触抵抗の整合またはＲＣ整合と呼ぶ。具体的には、接触抵抗は、アニールによって整合させることができる。ＲＣ整合された層間の接触抵抗、または実際に値（ $R_c \cdot W$ ）は、たとえば１～１００００ cmとすることができる。詳細には、導電酸化物層と銅合金層をＲＣ整合させることができる。

【 0 0 3 9 】

任意選択で、導電酸化物層の酸素空乏ゾーンが、銅合金層へのＲＣ整合を提供する。導電酸化物層の酸素空乏ゾーンからの酸素による銅合金層の酸化は、ＲＣ整合にさらに寄与することができる。いくつかの実施形態では、銅合金層と銅含有酸化物層がＲＣ整合される。ここで、銅含有酸化物層の酸素空乏ゾーンは、銅合金層へのＲＣ整合を提供することができる。銅含有酸化物層の酸素空乏ゾーンからの酸素による銅合金層の酸化は、ＲＣ整合にさらに寄与することができる。

【 0 0 4 0 】

酸素空乏ゾーンはいずれも、対応する隣接層の抵抗特性を整合させるように適合させることができ、すなわち、ＲＣ整合させるように適合させることができる。アニール層スタックは、ＲＣ整合されたアニール層スタックとすることができる。本明細書では、導電酸化物層／銅合金層の対および銅合金層／銅含有酸化物層の対から選択される少なくとも１対の層がＲＣ整合される場合、その層スタックはＲＣ整合されているという。

【 0 0 4 1 】

さらなる実施形態によれば、スタガー薄膜トランジスタを形成する方法が提供される。この方法は、薄膜トランジスタの導電酸化物層を設けることと、導電酸化物層上に銅合金層を堆積させることと、銅合金層上に銅含有酸化物層を堆積させることと、銅含有酸化物層上に銅含有層を堆積させることとを含む。この方法は、銅合金層、ならびに導電酸化物層、銅含有酸化物層、および銅含有層から選択される層の少なくとも１つをアニールすることをさらに含む。アニールは、導電酸化物層、銅合金層、銅含有酸化物層、および銅含有層をアニールすることを含むことができる。

【 0 0 4 2 】

アニールは、銅合金層の少なくとも１つの合金材料を、導電酸化物層および銅含有酸化物層から選択される少なくとも１つの層からの酸素で酸化させることを含むことができる。銅合金層、詳細には銅合金層の１つまたは複数の合金元素は、導電酸化物層および／または銅含有酸化物層からの酸素で排他的に酸化させることができる。アニールは、導電酸化物層および／または銅含有酸化物層内に少なくとも１つの酸素空乏ゾーンを形成することを含むことができる。本明細書では、酸素空乏ゾーンは、導電酸化物層と銅合金層をＲＣ整合させるように、および／または銅合金層と銅含有酸化物層をＲＣ整合させるように適合させることができる。アニールは、ＲＣ整合された層スタックを形成することを含むことができ、ＲＣ整合された層スタックは、本明細書に記載の実施形態による任意の層ス

10

20

30

40

50



タックとすることができる。

【0043】

銅合金層の堆積は、銅合金のスパッタリングを含むことができる。スパッタリングは、銅合金の静的および／または反応マグネトロンスパッタリングなどのマグネトロンスパッタリングとすることができる。本明細書では、銅合金は、たとえばMn、Mg、Cr、またはこれらの混合物から選択することができる。

【0044】

銅含有酸化物層の堆積は、酸素含有ガス環境内での銅のスパッタリングを含むことができる。このガス環境は、ArおよびO<sub>2</sub>を含むことができる。スパッタリングは、銅のマグネトロンスパッタリング、たとえば回転ターゲットによる反応マグネトロンなどの反応マグネトロンスパッタリングを含むことができる。

10

【0045】

銅含有層の堆積は、不活性ガス環境内での銅のスパッタリングを含むことができる。いくつかの実施形態では、この不活性ガス環境はArを含む。スパッタリングは、銅のマグネトロンスパッタリング、たとえば回転ターゲットによる反応マグネトロンなどの反応マグネトロンスパッタリングを含むことができる。本明細書では、銅含有層のスパッタリングは、銅含有酸化物層のスパッタリングと同じターゲットによるスパッタリングを含むことができる。これらのターゲットは、銅含有酸化物層のスパッタリングと銅含有層のスパッタリングとの間に処理（詳細には、洗浄）しなくてもよい。

【0046】

20

銅合金層、銅含有酸化物層、および銅含有層は、薄膜トランジスタの能動チャネル領域を形成する導電酸化物層に接触する薄膜トランジスタの電極を形成することができる。しかし、本発明の実施形態はこれに限定されるものではない。障壁層および／または少なくとも1つの酸素空乏ゾーンの自己形成は、TFE構造の他の層にも同様に適用することができる。

【0047】

本明細書に記載の実施形態のいずれかと組み合わせることができるさらなる実施形態によれば、ゲート金属化を形成する方法が提供される。この方法は、薄膜トランジスタの基板上にゲート電極金属化を堆積させることを含む。薄膜トランジスタは、本明細書に記載の実施形態による薄膜トランジスタ、詳細には本明細書に記載の層スタックを有するスタガー／反転スタガーTFEとすることができる。

30

【0048】

ゲート金属化を形成する方法は、基板からの酸素によってゲート電極金属化を少なくとも部分酸化させるようにゲート電極金属化をアニールすることをさらに含むことができる。ゲート電極金属化のアニールは、層スタックのアニールと同一のものとすることができる、または別個のアニールとすることができる。

【0049】

上述した実施形態によるアニール層スタックはまた、薄膜トランジスタの基板とゲート電極との間の境界面に位置することもできる。この場合、導電酸化物層は基板に置き換えられる。基板は、上記に記載の基板材料から作ることができ、酸素を含有する。詳細には、基板は、酸化ケイ素などの酸化物の形で酸素を含有することができる。次いで、基板および／または銅含有酸化物層からの酸素によって、銅合金層を酸化させることができる。銅合金層、銅含有酸化物層、および銅含有層の間のみで、RC整合が行われる。これらの3つの層は、ゲート電極またはその一部を形成する。ゲート電極は多層電極とすることができる。

40

【0050】

図2および図3はこれらの実施形態も示し、ここでは、参照符号210を有する層は基板または基板の酸素含有被覆、たとえば図1の基板110である。銅合金層220、銅含有酸化物層230、および銅含有層240は、たとえば図1のゲート電極120内に含むことができる。

50

## 【 0 0 5 1 】

さらなる実施形態によれば、アニール層スタックは、酸素含有層、詳細には酸化物含有層を含む。酸化物含有層は、上記の導電酸化物層とすることができる。酸化物含有層は、基板、または基板の被覆などの基板の一部とすることができる。アニール層スタックは、上記の特性を有することができる銅合金層、銅含有酸化物層、および銅含有層を含む。酸化物含有層が導電酸化物層である場合、これらの3つの層は、薄膜トランジスタのソースおよび/またはドレイン電極の一部とすることができる。酸化物含有層が基板または基板の一部である場合、これらの3つの層は、ゲート電極またはその一部を形成することができる。

## 【 0 0 5 2 】

さらなる実施形態によれば、薄膜トランジスタは、本明細書に記載の実施形態による少なくとも2つのアニール層スタックを含むことができる。詳細には、薄膜トランジスタは、基板とゲート電極の境界面に位置する第1のアニール層スタックと、能動チャネルとソース/ドレイン電極(複数可)の境界面に位置する第2のアニール層スタックとを含むことができる。さらに、第1のアニール層スタックと第2のアニール層スタックを形成する方法は、実質上同じものとしてすることができる(酸化物含有層は、第1のアニール層スタック内では基板になり、第2のアニール層スタック内では能動チャネルの導電酸化物層になる)。

## 【 0 0 5 3 】

アニール層スタックおよびその形成方法を、ドレイン/ソース電極とゲート電極の両方に採用できることは、利点である。このようにして、生産処理の複雑さを低減させることができる。たとえば、薄膜トランジスタのこれらの部分の形成に、同じ装置を使用することができる。生産コスト、ならびに生産拠点の機器のコストを下げ、スループットを増大させることができる。

## 【 0 0 5 4 】

図4は、薄膜トランジスタを形成する方法を概略的に示す。この方法は、基板を設けること410と、基板上にゲート電極を形成すること420とを含む。ゲート電極を形成することは、基板上に銅合金層を堆積させること422と、銅合金層上に銅含有酸化物層を堆積させること424と、銅含有酸化物層上に銅含有層を堆積させること426とを含むことができる。この方法は、基板、銅合金層、銅含有酸化物層、および銅含有層をアニールすること428を含むことができる。

## 【 0 0 5 5 】

この方法は、基板およびゲート電極上にゲート誘電体を形成すること430と、ゲート誘電体上に能動チャネル領域を形成すること440とをさらに含むことができる。本明細書では、ゲート誘電体は、ゲート電極と能動チャネル領域との間に電気的絶縁を提供するように形成される。能動チャネル領域は導電酸化物層を含み、または導電酸化物層からなる。この方法は、能動チャネル領域上にエッチング停止層を形成すること450を含むことができる。

## 【 0 0 5 6 】

この方法は、ソース電極を形成し、能動チャネル領域の導電酸化物層上にドレイン電極を形成すること460をさらに含むことができる。ソースおよびドレイン電極を形成することは、電極層を形成し、エッチング停止層へのエッチングなどのエッチングによって、この電極層をソース電極とドレイン電極に分離することを含むことができる。それぞれ電極層を形成するソース電極およびドレイン電極を形成することは、導電酸化物層上に第2の銅合金層を堆積させること462と、第2の銅合金層上に第2の銅含有酸化物層を堆積させること464と、第2の銅含有酸化物層上に第2の銅含有層を堆積させること466とを含むことができる。この方法は、導電酸化物層、第2の銅合金層、第2の銅含有酸化物層、および第2の銅含有層をアニールすること468を含むことができる。

## 【 0 0 5 7 】

この方法は、ソース電極、ドレイン電極、および/またはエッチング停止層上にパッシ

10

20

30

40

50

ベーション層を形成してソース電極とドレイン電極を分離すること４８０を含むことができる。

【００５８】

この方法は、ゲート電極の形成ステップ４２０～４２６もしくはドレイン／ソース電極の形成ステップ４６０～４６６のいずれかを含み、または形成ステップ４２０～４２６と形成ステップ４６０～４６６の両方を含む。この方法は、少なくとも１つのアニールステップ、たとえばステップ４２８もしくはステップ４６８、または両方を含む。

【００５９】

上記は本発明の実施形態を対象とするが、本発明の基本的な範囲から逸脱することなく、本発明の他のさらなる実施形態を考えることができ、本発明の範囲は、以下の特許請求の範囲によって決定される。

10

【図１】

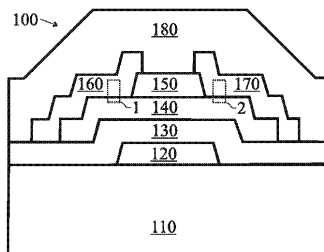


Fig. 1

【図２】

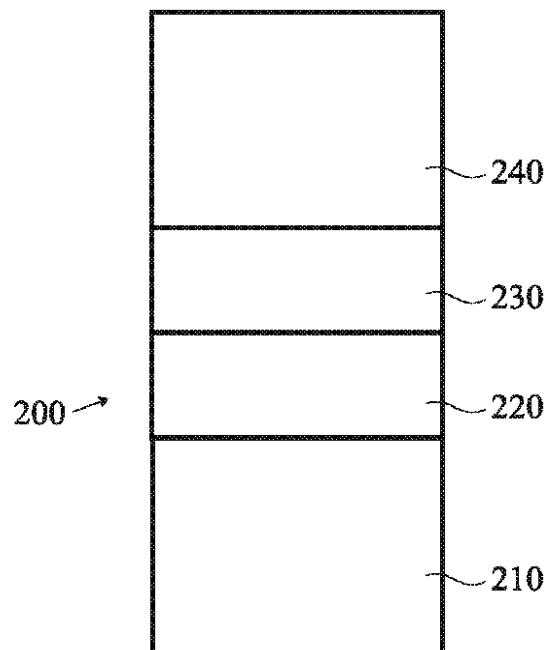


Fig. 2

【 図 3 】

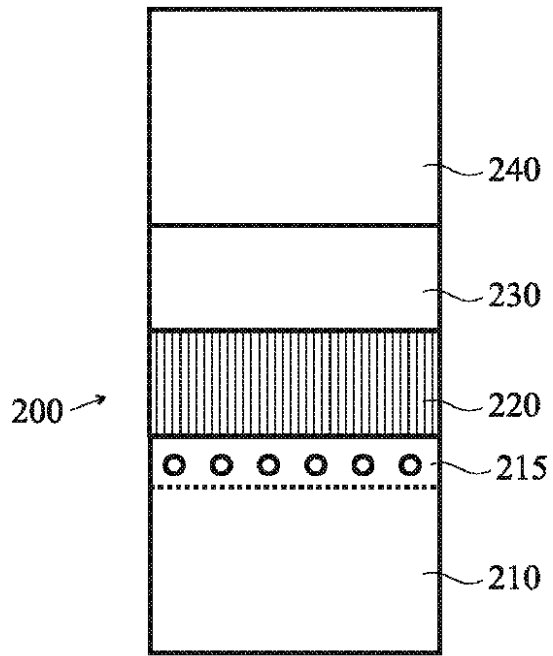


Fig. 3

【 図 4 】

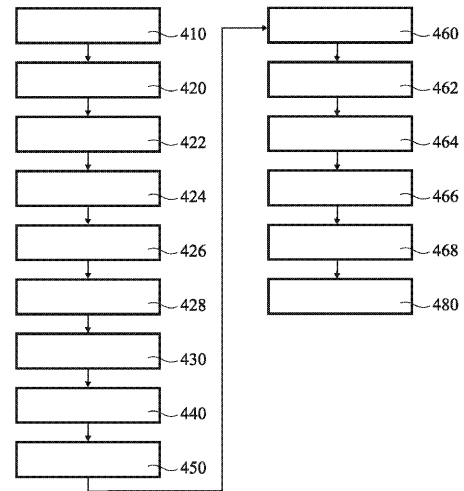


Fig. 4

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2011/063712

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01L29/45 H01L29/49 H01L29/786 H01L23/532  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A A A	<p>JP 6 333925 A (NIPPON STEEL CORP) 2 December 1994 (1994-12-02) abstract</p> <p>-----</p> <p>US 2010/051934 A1 (CHOUNG JONG-HYUN [KR] ET AL) 4 March 2010 (2010-03-04) paragraph [0042] - paragraph [0044]; figure 2</p> <p>-----</p> <p>US 2009/090942 A1 (KIM KYONG-SUB [KR] ET AL) 9 April 2009 (2009-04-09) paragraph [0057] - paragraph [0072]; figure 10</p> <p>-----</p>	<p>1,2,6, 8-13,15 3-5,7,14</p> <p>1-15</p> <p>1-15</p>

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 August 2011

Date of mailing of the international search report

30/08/2011

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Juhl, Andreas

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/063712

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 6333925	A	02-12-1994	NONE	
US 2010051934	A1	04-03-2010	KR 20100024569 A	08-03-2010
US 2009090942	A1	09-04-2009	KR 20090024500 A	09-03-2009

## フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 L	29/78	6 1 8 B
H 0 1 L	29/78	6 1 6 K
H 0 1 L	29/78	6 1 7 J
H 0 1 L	29/50	M
H 0 1 L	21/28	3 0 1 B
H 0 1 L	21/28	3 0 1 R
H 0 1 L	21/316	Y

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, T M), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, R S, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, I D, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO , NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM

F ターム(参考) 4M104 AA03 AA09 BB02 BB04 BB08 BB09 BB13 BB14 BB16 BB17  
 BB18 BB36 BB39 CC01 DD37 DD63 DD72 DD78 EE17 FF04  
 FF13 GG08 HH08 HH15  
 5F058 BC03 BF13 BH01  
 5F110 AA03 BB01 CC05 CC07 DD01 DD02 EE01 EE02 EE03 EE04  
 EE06 EE07 EE44 EE48 FF01 FF02 FF03 FF04 GG01 HJ30  
 HK01 HK02 HK03 HK04 HK06 HK07 HK17 HK22 HK31 HK33  
 HK42 NN02 NN16 NN22 NN23 NN24