

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5615442号
(P5615442)

(45) 発行日 平成26年10月29日 (2014. 10. 29)

(24) 登録日 平成26年9月19日 (2014. 9. 19)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/28 (2006. 01)	HO 1 L 21/28 3 O 1 B
HO 1 L 29/786 (2006. 01)	HO 1 L 29/78 6 1 6 K
HO 1 L 21/336 (2006. 01)	HO 1 L 29/78 6 1 8 B
HO 1 L 21/285 (2006. 01)	HO 1 L 29/78 6 1 6 V
HO 1 L 29/417 (2006. 01)	HO 1 L 21/285 S

請求項の数 9 (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2013-535360 (P2013-535360)	(73) 特許権者	390040660
(86) (22) 出願日	平成23年10月18日 (2011. 10. 18)		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2014-502038 (P2014-502038A)		APPLIED MATERIALS, INCORPORATED
(43) 公表日	平成26年1月23日 (2014. 1. 23)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタ クララ パウアーズ アベニュー 3050
(86) 国際出願番号	PCT/EP2011/068191		
(87) 国際公開番号	W02012/055728	(74) 代理人	100109726
(87) 国際公開日	平成24年5月3日 (2012. 5. 3)		弁理士 園田 吉隆
審査請求日	平成26年7月9日 (2014. 7. 9)	(74) 代理人	100101199
(31) 優先権主張番号	10189508.4		弁理士 小林 義敦
(32) 優先日	平成22年10月29日 (2010. 10. 29)	(72) 発明者	ピエラリージ, ファビオ
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)		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
早期審査対象出願			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜電極および薄膜スタックを堆積させる方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透明導電酸化膜上へ薄膜電極を堆積させる方法であって、前記方法は、
基板上へ前記透明導電酸化膜を堆積させることと、
スパッタリングガスと、前記透明導電酸化膜に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用する処理ガスとを含有する処理環境に、前記基板および前記透明導電酸化膜をさらすことと、

前記透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ前記薄膜電極を堆積させることとを含み、
前記透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ前記薄膜電極を堆積させながら、前記透明導電酸化膜に対する前記ドナー材料または前記アクセプタ材料として作用する前記処理ガスの分圧を前記スパッタリングガスの圧力に対して変動させる、方法。

【請求項 2】

前記処理環境が、Ar、H₂、Ar/H₂、NH₃、Ar/NH₃、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択されるガス組成物を含み、または前記処理環境が、Ar、N₂、Ar/N₂、Ar/N₂O、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択されるガス組成物を含むか、または前記処理環境が、Ar、H₂、Ar/H₂、Ar/N₂O、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択されるガス組成物を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記薄膜電極を堆積させる前に、前記透明導電酸化膜上へ前駆体層を堆積させることを

さらに含む、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記薄膜堆積処理中に少なくとも 1 つの堆積パラメータが制御され、前記少なくとも 1 つの堆積パラメータが、スパッタリングカソードに印加される電力、スパッタリングガスの圧力、堆積混合ガスの組成、基板温度、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択される、請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記スパッタリングガスに対する前記ドナー材料または前記アクセプタ材料として作用する前記処理ガスの流量比が、0.5%～60%の範囲内で変動される、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 6】

前記前駆体層が、Mo、Ti、MoTi、Al、Cu、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択される金属をスパッタリングすることによって堆積される、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 7】

透明導電酸化膜上へ薄膜電極を堆積させるように適合された堆積装置であって、前記堆積装置は、

処理すべき基板を保持するように適合された基板キャリアと、

前記基板上へ前記透明導電酸化膜をスパッタリングし、前記透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ少なくとも 1 つの薄膜電極をスパッタリングするように適合されたスパッタリングデバイスと、

20

ガスミキサを有し、スパッタリングガスおよびドナーガスまたはアクセプタガスの所望のガス流を前記スパッタリングデバイス内へ提供し且つ前記基板および前記透明導電酸化膜の処理環境の組成を制御するように適合されたガス流コントローラであって、前記処理環境が前記スパッタリングガスおよび処理ガスを含む、前記処理ガスが前記透明導電酸化膜に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用する、ガス流コントローラとを備え、

前記ガス流コントローラが、前記透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ前記薄膜電極を堆積させながら、前記透明導電酸化膜に対する前記ドナー材料またはアクセプタ材料として作用する前記処理ガスの分圧を前記スパッタリングガスの圧力に対して変動させるようにさらに適合される、堆積装置。

30

【請求項 8】

処理すべき前記基板を加熱するように適合された加熱デバイスをさらに備える、請求項 7 に記載の堆積装置。

【請求項 9】

前記スパッタリングデバイスが、Mo、Ti、MoTi、Al、Cu、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択される金属をスパッタリングするように適合されたマグネトロンスパッタリングユニットとして提供される、請求項 7 または 8 に記載の堆積装置。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、透明酸化物薄膜トランジスタを製造する処理ステップを実施するスパッタ堆積システムに関する。詳細には、本発明の実施形態は、薄膜トランジスタに適した透明導電酸化膜上へ薄膜電極を堆積させるように適合された堆積装置に関する。さらに、本発明の実施形態は、薄膜トランジスタでの使用に適合された薄膜スタックに関する。さらに、本発明の実施形態は、透明導電酸化膜上へ薄膜電極を堆積させる方法に関する。

【背景技術】

【0002】

50

薄膜トランジスタ（ＴＦＴ）は、たとえば表示デバイス内でスイッチング要素として広く使用されている。したがって薄膜トランジスタは、表示技術において濃度値を制御することができ、様々な表示デバイスを駆動することができる。従来の表示デバイスでは、各ピクセルを駆動する半導体要素は、少なくとも１つの活性層を有する薄膜トランジスタから形成される。ＴＦＴで使用するための薄膜スタックは、基板上へ堆積した透明導電酸化物（ＴＣＯ）膜を含むことができる。ＴＣＯ膜は広い用途を有し、これらのＴＣＯ膜は、液晶ディスプレイ、タッチパネルデバイス、光起電セル、および透明薄膜トランジスタなどの電子デバイスに使用することができる。多くの電子デバイスでは薄膜トランジスタがますます重要になっているため、電気特性およびデバイス性能を改善することが問題である。

10

【発明の概要】

【０００３】

上記に照らして、透明導電酸化膜上へ薄膜電極を堆積させる独立請求項１に記載の方法が提供される。さらに、透明導電酸化膜上へ薄膜電極を堆積させるように適合された独立請求項７に記載の堆積装置が提供される。上記に加えて、薄膜トランジスタでの使用に適合された独立請求項１０に記載の薄膜スタックが提供される。

【０００４】

一実施形態によれば、透明導電酸化膜上へ薄膜電極を堆積させる方法が提供され、この方法は、基板上へ透明導電酸化膜を堆積させることと、透明導電酸化膜に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用する処理ガスを含有する処理環境に、基板および透明導電酸化膜をさらすことと、透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ薄膜電極を堆積させることを含み、透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ薄膜電極を堆積させながら、透明導電酸化膜に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用する処理ガスの分圧を変動させる。

20

【０００５】

さらなる実施形態によれば、透明導電酸化膜上へ薄膜電極を堆積させるように適合された堆積装置が提供され、堆積装置は、処理すべき基板を保持するように適合された基板キャリアと、基板上へ透明導電酸化膜をスパッタリングし、透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ少なくとも１つの薄膜電極をスパッタリングするように適合されたスパッタリングデバイスと、基板および透明導電酸化膜の処理環境の組成を制御するように適合されたガス流コントローラであって、処理環境が透明導電酸化膜に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用する処理ガスを含有する、ガス流コントローラとを含み、透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ薄膜電極を堆積させながら、透明導電酸化膜に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用する処理ガスの分圧を変動させる。

30

【０００６】

さらなる実施形態によれば、薄膜トランジスタでの使用に適合された薄膜スタックが提供され、薄膜スタックは、基板と、基板上へ堆積した透明導電酸化膜と、透明導電酸化膜上へ堆積した前駆体層と、透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ堆積した薄膜電極とを含む。

40

【０００７】

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】

【０００８】

【図１】典型的な実施形態によるスパッタ堆積システムの概略ブロック図である。

【図２】別の典型的な実施形態による薄膜トランジスタでの使用に適合された薄膜スタックの側面断面図である。

【図３】界面抵抗および体抵抗の発生を示す、図２に示す薄膜スタックの側面断面図である

50

【図４】さらに別の典型的な実施形態による、透明導電酸化膜内へのガスの取込みを示す薄膜スタックの側面断面図である。

【図５】薄膜トランジスタで使用するための薄膜電極を透明導電膜上へ堆積させる方法を示す流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【０００９】

本発明の様々な実施形態を詳細に参照し、図にはこれらの実施形態の１つまたは複数の例を示す。以下の図面の説明の範囲内では、同じ参照番号は同じ構成要素を指す。全体として、個々の実施形態に関する違いのみについて説明する。各例は、本発明を説明するために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例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。

10

【００１０】

本明細書に記載の実施形態は、とりわけ、透明導電膜上へ薄膜電極を堆積させる方法を参照する。透明導電酸化膜は、ガラス基板などの透明基板上に堆積され、次いで透明導電酸化膜に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用する処理ガスを含有する処理環境にさらされる。透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ薄膜電極が堆積されるとき、透明導電酸化膜に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用する処理ガスの分圧を変動させることができる。このように、薄膜トランジスタで利用できる薄膜スタックが得られる。

20

【００１１】

薄膜スタックは、基板と、基板上へ堆積した透明導電酸化膜と、透明導電酸化膜上へ堆積した前駆体層と、透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ堆積した薄膜電極とを含むことができる。薄膜トランジスタで使用するための薄膜スタックを製造するために、透明導電酸化膜上へ薄膜電極を堆積させるように適合された堆積装置を提供することができる。堆積装置は、処理すべき基板を保持するように適合された基板キャリアを含む。

【００１２】

スパッタリングデバイスは、基板上に透明導電酸化膜をスパッタリングし、透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ少なくとも１つの薄膜電極をスパッタリングするように適合される。ガス流コントローラは、基板および透明導電酸化膜の処理環境の組成を制御するように適合される。処理環境は、透明導電酸化膜に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用する処理ガスを含有することができる。

30

【００１３】

透明導電酸化膜に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用する処理ガスの分圧は、透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ薄膜電極を堆積させながら変動させることができる。したがって、電子薄膜デバイスの良好な電気特性を提供するために、透明導電酸化膜と少なくとも１つの薄膜電極との間の接触抵抗を低減させることを考慮しなければならない。具体的には、薄膜抵抗の半導体層と半導体層上へ被覆されたそれぞれのソース／ドレイン層との間の接触抵抗を低減させることができる。したがって、薄膜トランジスタデバイスは、改善された効率を提示することができる。

40

【００１４】

図１は、典型的な実施形態によるスパッタ堆積システム２００の概略ブロック図である。図１に示すように、スパッタ堆積システム２００は、様々な薄膜を基板１０１上に堆積させることができるスパッタリングリアクタ２０５と、ガス流コントローラ３００とを含む。スパッタリングリアクタ２０５では、処理すべき基板１０１を保持するように適合された基板キャリア１０２が構成される。

【００１５】

スパッタリングリアクタ２０５は、基板キャリア１０２および基板１０１を所望の温度まで加熱するように基板キャリア１０２に隣接して構成された加熱デバイス１０３をさら

50

に含むことができる。スパッタリングリアクタ205の内部には、基板101上へ薄膜を形成する堆積材料204を提供するスパッタリングターゲット201が構成される。スパッタリングガス入り口206を介してスパッタリングリアクタ205内へ導入されるスパッタリングガス202が、スパッタリングターゲット201から堆積材料204をスパッタリングする。

【0016】

スパッタリングリアクタ205内に含まれるスパッタリングシステムは、それだけに限定されるものではないが、DCスパッタリングシステム、RFスパッタリングシステム、またはマグネトロンスパッタリングシステムから形成することができる。スパッタリングリアクタ205は真空ポンプ203に接続され、真空ポンプ203は、スパッタリングリアクタ205内に所望の内圧を提供することができる。スパッタリングガス202およびドナーガスまたはアクセプタガス207は、スパッタリングガス入り口206を介してスパッタリングリアクタ205内へ導入される。

【0017】

スパッタリングガス202およびドナーガスまたはアクセプタガス207は、ガス流コントローラ300によって提供される。ガス流コントローラ300は、とりわけ、スパッタリングガス源303と、ドナーガスまたはアクセプタガス207を提供するガス源304とを含む。スパッタリングガス源303とガス源304はそれぞれ、パイプを介してガスミキサ302へ接続され、ガスミキサ302は、スパッタリングガス202とドナーまたはアクセプタガス207の混合物を提供する。ここでは、スパッタリングガス202内のドナーガスまたはアクセプタガス207の含有量を変動させることができることに留意されたい。

【0018】

ガス流コントローラ300内には、スパッタリングガス202およびドナーガスまたはアクセプタガス207の所望のガス流をスパッタリングリアクタ205内へ提供するために、ガスバルブ301が含まれる。スパッタリングデバイスは、基板101の上に少なくとも1つの透明導電酸化膜(TCO膜)をスパッタリングし、透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ少なくとも1つの薄膜電極(図2および図3に関して本明細書に後述)をスパッタリングするように適合される。

【0019】

ガス流コントローラ300は、スパッタリングリアクタ205の内部で基板101および透明導電酸化膜を取り囲む処理環境の組成の制御を提供する。処理環境は、透明導電酸化膜に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用するドナーガスまたはアクセプタガス207を含有する。

【0020】

透明導電酸化膜に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用する処理ガス、すなわちドナーガスまたはアクセプタガス207の分圧は、透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ薄膜電極を堆積させながら、スパッタリングガス202の圧力に対して変動させることができる(図2、図3、および図4も参照)。ここでは、透明導電酸化膜に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用する処理ガス、すなわちドナーガスまたはアクセプタガス207の分圧は、スパッタリングリアクタ205内へ導入されるガスの流量比によって表すことができることに留意されたい。スパッタリングガス202に対するドナーガスまたはアクセプタガス207の流量比は、0.5%~60%の範囲内で変動させることができ、通常は約10%である。

【0021】

ここでは、詳細には説明しないが、薄膜堆積処理中に少なくとも1つの堆積パラメータを制御することができるに留意されたい。少なくとも1つの堆積パラメータは、スパッタリングカソード(スパッタリングターゲット201)で印加される電力、スパッタリングガス202の圧力、堆積混合ガスの組成、基板温度、堆積時間、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

処理環境は、 Ar 、 H_2 、 Ar/H_2 、 NH_3 、 Ar/NH_3 、 N_2 、 Ar/N_2 およびこれらの任意の組合せからなる群から選択されるガス組成物を含むことができる。スパッタリング処理は、マグネトロンスパッタリング、RFスパッタリング、またはDCスパッタリング、および反応性スパッタリングまたは非反応性スパッタリングによって提供することができる。本明細書に記載の他の実施形態と組み合わせることができる典型的な実施形態によれば、スパッタリング堆積システム 205 は、 Mo 、 Ti 、 MoTi 、 Al 、 Cu 、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択される金属をスパッタリングするように適合されたマグネトロンスパッタリングユニットとして提供することができる。

【 0 0 2 3 】

図 2 は、処理すべき基板 101 上に複数の層を含む薄膜スタック 100 の側面断面図である。図 2 に示すような薄膜スタック 100 は、上下逆さで互い違いに配置した構造における薄膜トランジスタの一部とすることができる。基板 101 は、ガラス基板として提供することができる。基板 101 上へ、ゲート接点 401 が堆積される。ゲート接点 401 および基板表面の残り部分は、ゲート誘電体層 404 によって被覆される。ゲート誘電体層 404 の少なくとも部分上へ、透明導電酸化膜 405 (TCO 膜、TCO 層) が堆積される。透明導電酸化膜 405 は、 ZnO 、 IGZO 、 ITO 、 In_2O_3 、 SnO_2 、 CdO 、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択される n 型材料、または Cu_2O 、 CuAlO_2 、 Cu_2SrO_2 、 CuGaO_2 、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択される p 型材料を含むことができる。

【 0 0 2 4 】

これらの材料における導電性と透光性の共存は、結晶またはアモルファス酸化物構造内の金属カチオンの性質、数、および原子配列、常駐形態、ならびに固有の欠陥または意図的に導入された欠陥の存在にさらに依存することができる。

【 0 0 2 5 】

透明導電酸化膜 405 の少なくとも部分上へ、ドレイン接点 402 およびソース接点 403 などの薄膜電極が堆積される。ソース接点 403 とドレイン接点 402 との間には、エッチング停止層 406 が位置する。薄膜構造全体を保護するために、薄膜構造全体上へパッシベーション層 407 が堆積される。

【 0 0 2 6 】

本明細書に記載の他の実施形態と組み合わせることができる別の典型的な実施形態によれば、薄膜電極 403、402 を堆積させる前に、透明導電酸化膜上へ前駆体層を堆積させることができる。前駆体層は、 Mo 、 Ti 、 MoTi 、 Al 、 Cu 、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択されるスパッタリングされた金属を含むことができる。薄膜電極、たとえばドレイン接点 402 およびソース接点 403 は、 Mo 、 Ti 、 MoTi 、 Al 、 Cu 、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択されるスパッタリングされた金属の形で提供される材料を含むことができる。

【 0 0 2 7 】

図 3 は、典型的な実施形態による薄膜スタック 100 の別の側面断面図であり、図 3 は、体抵抗 $409/409'$ と界面抵抗 408 の組合せの存在を示す。ここでは、図示しないが、薄膜電極 403、402、すなわちソース接点 403 およびドレイン接点 402 を堆積させる前に、前駆体層が堆積されることに留意されたい。

【 0 0 2 8 】

本明細書に記載の他の実施形態と組み合わせることができる典型的な実施形態によれば、前駆体層は、1つの原子層から 100 nm までの範囲内の厚さを有することができ、通常は約 10 nm の厚さを有する。

【 0 0 2 9 】

図 3 に 2 つの矢印で示すドレイン/ソース電極の下での体抵抗 $409'$ は、水素を含有する前駆体層を提供することによって低減させることができる。水素の含有量により、n 型透明導電酸化膜 405 のキャリア濃度を約 10^{19} 原子/cm³ にすることができる。さ

10

20

30

40

50

らに、図3に2つの矢印で示すドレイン/ソース電極の下の体抵抗409'は、窒素を含有する前駆体層を提供することによって低減させることができる。窒素の含有量により、p型透明導電酸化膜405のキャリア濃度を約 10^{19} 原子/cm³にすることができる。抵抗全体、たとえば界面抵抗408と体抵抗409/409'の和は、以下の等式によって得られる。

$$R_c = R_{interface} + R_{bulk} = R_{408} + R_{409} + R_{409'}, \quad (1)$$

【0030】

図4は、本明細書に記載の他の実施形態と組み合わせることができるさらなる実施形態による薄膜スタック100の別の側面断面図である。図4は、透明導電酸化膜405上へ薄膜電極、たとえばドレイン接点402および/またはソース接点403を堆積させる前の状況を示す。図1に関して本明細書に上述したように、ドナーガスまたはアクセプタガス207とスパッタリングガス202を組み合わせるため、薄膜電極を堆積させる前に、ドナーガスまたはアクセプタガス207の少なくとも一部分を前駆体層内に取り込むことができる。

【0031】

図4には、処理すべき基板101を示し、基板101は、ゲート接点401と、ゲート接点401の上のゲート誘電体層404と、処理すべき基板101の表面の残り部分と、ゲート誘電体層404の少なくとも部分上へドナーガスまたはアクセプタガス411を取り込むことによって改質された透明導電酸化膜410と、改質された透明導電酸化膜410の上のエッチング停止層406とを含む層を有する。ここでは、透明導電酸化膜405のうち、エッチング停止層406の下に位置する部分は、ドナーガスまたはアクセプタガス207によって改質されないことに留意されたい。

【0032】

ここでは、「改質された透明導電酸化膜」という用語は、透明導電酸化膜内へドナーガスまたはアクセプタガス207が拡散して体抵抗409'を低減させたことを示すことに留意されたい。スパッタリングリアクタ205(図1参照)内の処理環境内に含有されるドナーガスまたはアクセプタガス207は、透明導電酸化膜410に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用することができる。

【0033】

ドナー材料として、水素を提供することができる。スパッタリングガス入り口206によってスパッタリングリアクタ205内へ導入されるスパッタリングガス202内にドナーガス207として含まれる水素ガスは、体抵抗409'を低減させることに加えて、透明導電酸化膜410と薄膜電極403、404(図4には図示せず)との間の界面の界面抵抗408も低減させる。このように、水素ガスはスパッタリング処理に添加され、水素含有量を有するソース/ドレイン材料から最初のいくつかの原子層を生成し、残りの薄膜電極は、層厚さに対する設定点値に到達するまで、スパッタプロセスガス内に水素がない状態で堆積される。

【0034】

上記のように、透明導電酸化膜405は、ZnO、IGZO、ITO、In₂O₃、SnO₂、CdO、Cu₂O、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択されるn型材料を含むことができる。代替形態として、透明導電酸化膜405は、Cu₂O、CuAlO₂、Cu₂SrO₂、CuGaO₂、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択されるp型材料を含むことができる。具体的には、TFT活性層材料として求めることができるp型TCOとしてCu₂Oが使用される例として、前述の処理は、N₂、N₂O、またはこれらの組合せなどの窒素含有処理ガスをアクセプタガスとして利用することによって適用することができる。窒素は、Cu₂Oに対して有効なp型ドーパントである。このように、前駆体層を提供して、窒素含有ガスのためにドーピングされていないCu₂O内にアクセプタ状態をもたらすことで、接触抵抗を改善することもできる。

【0035】

このように、ソース/ドレイン電極は、活性チャネルアイランド上へ直接堆積されるの

10

20

30

40

50

ではなく、透明導電酸化膜 410 と薄膜電極との間に前駆体層が設けられる。したがって、水素は、たとえば ZnO 、 $IGZO$ 、 ITO 、 In_2O_3 、 SnO_2 、 CdO 、およびこれらの任意の組合せから作られた透明導電酸化膜 410 内でドナーとして作用することができ、スパッタリング処理中の水素の取込みは、本明細書で上述した等式 (1) によって得られる全体的な抵抗に影響を与える。さらに、窒素は、たとえば Cu_2O 、 $CuAlO_2$ 、 Cu_2SrO_2 、 $CuGaO_2$ 、およびこれらの任意の組合せから作られた透明導電酸化膜 410 内でアクセプタとして作用することができ、スパッタリング処理中の窒素の取込みは、本明細書で上述した等式 (1) によって得られる全体的な抵抗に影響を与える。

【0036】

このようにして、全体的な抵抗、すなわち界面抵抗 408 と体抵抗 409 / 409' の和を低減させることができる。界面抵抗 408 と体抵抗 409' はどちらも、水素含有雰囲気または窒素含有雰囲気内の金属化材料をスパッタリングすることによって低減させることができる。薄い前駆体層は、 Mo 、 Ti 、 $MoTi$ 、 Al 、 Cu 、またはこれらの任意の組合せなどの純粋なソース/ドレイン金属の静的反応性マグネトロンスパッタリングによって堆積させることができ、薄い前駆体層の堆積は、エッチング停止層 406 の画定後に実行される。この処理に適切な雰囲気は、 n 型 TCO 膜に対するドナー材料を提供する Ar/H_2 もしくは Ar/NH_3 雰囲気、または p 型 TCO 膜に対するアクセプタ材料を提供する N_2 、 Ar/N_2 、 Ar/N_2O 雰囲気とすることができる。したがって、スパッタリング雰囲気内に存在する水素または窒素は、透明導電酸化膜 410 と、たとえば純粋なアルゴン雰囲気内で前駆体膜上に直接スパッタリングされたソース/ドレイン金属化との間の界面抵抗 408 を低減させることができる。

【0037】

上記に加えて、インシットウ H_2 拡散により、体抵抗 409' を低減させることができる。上記の等式 (1) によって得られる全体的な抵抗 R_c を低減させる範囲は、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、アルゴン/水素またはアルゴン/窒素混合物の組成、堆積時間、基板温度など、前駆体膜の異なる堆積パラメータを制御することによって提供することができる。

【0038】

図 5 は、透明導電酸化膜上へ薄膜電極を堆積させる方法を示す流れ図である。この処理は、ブロック 501 から開始する。次いで、基板 101 上へ透明導電酸化膜 405、410 を堆積させる (ブロック 502)。ブロック 503 で、透明導電酸化膜 405 に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用する処理ガスを含有する処理環境に、基板および基板 101 上へ堆積した透明導電酸化膜をさらす。

【0039】

次いで、透明導電酸化膜 405 の少なくとも部分上へ、薄膜電極、たとえばソース接点 403 およびドレイン接点 402 を堆積させる。薄膜電極の堆積中、ブロック 505 に示すように、透明導電酸化膜に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用する処理ガスの分圧を変動させることができる。ドナーガス 207 の分圧のこの変動は、透明導電酸化膜 405 の少なくとも部分上へ薄膜電極 402、403 を堆積させながら実行される。このように、ドナー材料、たとえば水素、またはアクセプタ材料、たとえば窒素を取り込んで改質された透明導電酸化膜 410 (図 4 参照) が得られる。この手順は、ブロック 506 で終了する。

【0040】

上記に照らして、複数の実施形態について説明した。たとえば、一実施形態によれば、透明導電酸化膜上へ薄膜電極を堆積させる方法が提供され、この方法は、基板上へ透明導電酸化膜を堆積させることと、透明導電酸化膜に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用する処理ガスを含有する処理環境に、基板および透明導電酸化膜をさらすことと、透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ薄膜電極を堆積させることとを含み、透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ薄膜電極を堆積させながら、透明導電酸化膜に対するドナー

10

20

30

40

50

材料またはアクセプタ材料として作用する処理ガスの分圧を変動させる。処理環境は、Ar、H₂、Ar/H₂、NH₃、Ar/NH₃、およびこれらの任意の組合せからなる群、またはAr、N₂、Ar/N₂、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択されるガス組成物を含むことができる。上記の他の実施形態および修正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、この方法は、薄膜電極を堆積させる前に、透明導電酸化膜上へ前駆体層を堆積させることをさらに含むことができる。上記に加えて、前駆体層は、Mo、Ti、MoTi、Al、Cu、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択される金属をスパッタリングすることによって堆積させることができる。さらなる追加または代替の修正形態によれば、薄膜堆積処理中に少なくとも1つの堆積パラメータが制御され、少なくとも1つの堆積パラメータは、スパッタリングカソードで印加される電力、スパッタリングガスの圧力、堆積混合ガスの組成、基板温度、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択される。本発明の任意選択の修正形態によれば、透明導電膜に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用する処理ガスの分圧が変動される。スパッタリングガスに対するドナーガスの流量比は、0.5%~60%の範囲内で変動させることができ、通常は約10%である。別の実施形態によれば、透明導電酸化膜上へ薄膜電極を堆積させるように適合された堆積装置が提供され、堆積装置は、処理すべき基板を保持するように適合された基板キャリアと、基板上へ透明導電酸化膜をスパッタリングし、透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ少なくとも1つの薄膜電極をスパッタリングするように適合されたスパッタリングデバイスと、基板および透明導電酸化膜の処理環境の組成を制御するように適合されたガス流コントローラであって、処理環境が透明導電酸化膜に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用する処理ガスを含む、ガス流コントローラとを含み、透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ薄膜電極を堆積させながら、透明導電酸化膜に対するドナー材料またはアクセプタ材料として作用する処理ガスの分圧を変動させる。さらなる追加または代替の修正形態によれば、堆積装置は、処理すべき基板を加熱するように適合された加熱デバイスを含むことができる。上記の他の実施形態および修正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、スパッタリングデバイスは、Mo、Ti、MoTi、Al、Cu、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択される金属をスパッタリングするように適合されたマグネトロンスパッタリングユニットとして提供される。さらに別の実施形態によれば、薄膜トランジスタでの使用に適合された薄膜スタックが提供され、薄膜スタックは、基板と、基板上へ堆積した透明導電酸化膜と、透明導電酸化膜上へ堆積した前駆体層と、透明導電酸化膜の少なくとも部分上へ堆積した薄膜電極とを含む。上記の他の実施形態および修正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、透明導電酸化膜は、ZnO、IGZO、ITO、In₂O₃、SnO₂、CdO、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択されるn型材料、およびCu₂O、CuAlO₂、Cu₂SrO₂、CuGaO₂、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択されるp型材料を含むことができる。本発明の任意選択の修正形態によれば、前駆体層は、Mo、Ti、MoTi、Al、Cu、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択されるスパッタリングされた金属を含む。さらに、前駆体層は、1つの原子層から100nmまでの範囲内の厚さを有することができ、通常は約10nmの厚さを有する。上記の他の実施形態および修正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、透明導電酸化膜の一部分のキャリア濃度は、10¹⁷原子/cm³~10²⁰原子/cm³の範囲内であり、通常は約10¹⁹原子/cm³である。透明導電酸化膜の別の部分のキャリア濃度は、10¹⁶原子/cm³~10¹⁹原子/cm³の範囲内とすることができ、通常は約10¹⁸原子/cm³である。さらに追加または代替の修正形態によれば、薄膜電極は、Mo、Ti、MoTi、Al、Cu、およびこれらの任意の組合せからなる群から選択されるスパッタリングされた金属を含むことができる。

【0041】

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案することができ、本発明の範囲は、以下の特許請

10

20

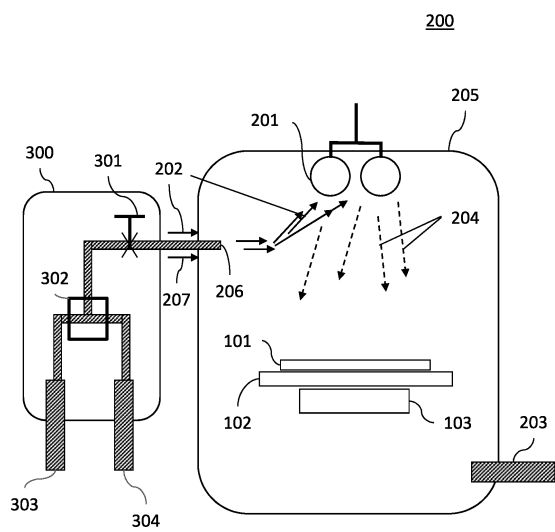
30

40

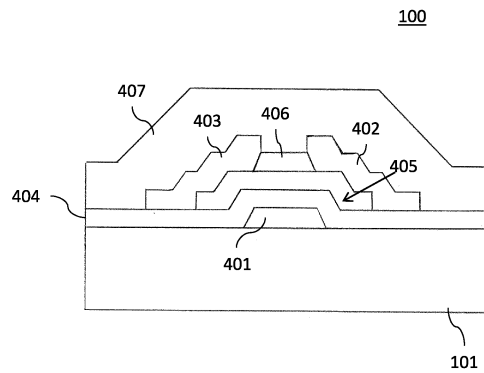
50

求の範囲によって決定される。

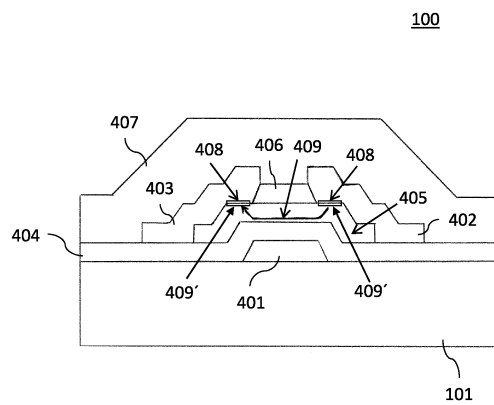
【図 1】



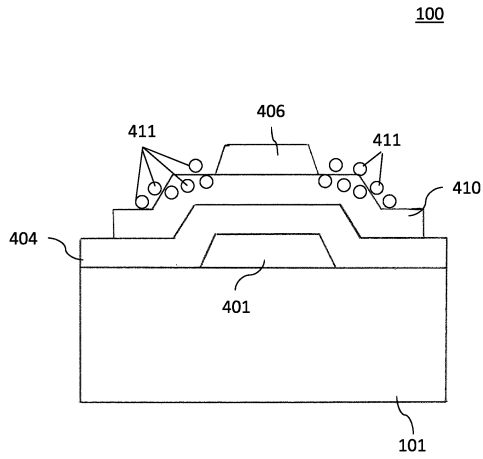
【図 2】



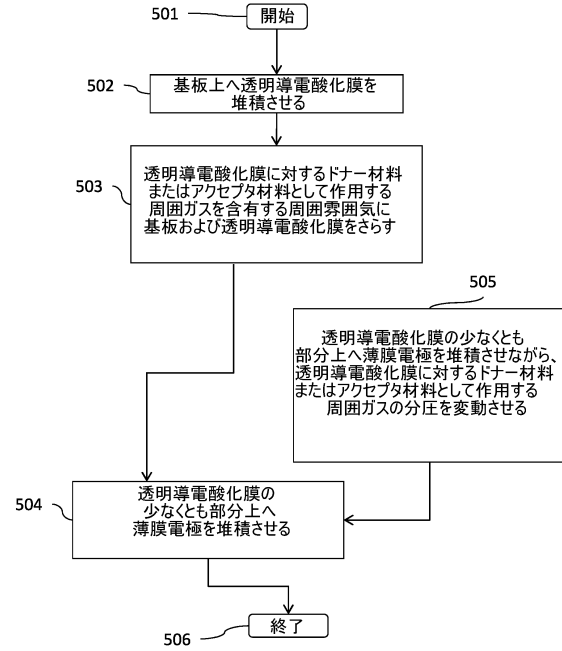
【図 3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
C 2 3 C	14/34	(2006.01)	H 0 1 L 29/50 M
			C 2 3 C 14/34 M

審査官 右田 勝則

(56)参考文献 特開 2 0 0 8 - 1 2 4 2 6 9 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 2 5 8 4 2 3 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 2 5 0 9 8 3 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L	2 1 / 2 8
C 2 3 C	1 4 / 3 4
H 0 1 L	2 1 / 2 8 5
H 0 1 L	2 1 / 3 3 6
H 0 1 L	2 9 / 4 1 7
H 0 1 L	2 9 / 7 8 6