

(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 1

HO1L 21/28	(2006.01)	HO1L 21/28	301B
HO1L 29/786	(2006.01)	HO1L 29/78	616K
HO1L 21/336	(2006.01)	HO1L 29/78	618B
HO1L 21/285	(2006.01)	HO1L 29/78	616V
HO1L 29/417	(2006.01)	HO1L 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)
 (86) (22) 出願日 平成23年10月18日 (2011.10.18)
 (65) 公表番号 特表2014-502038 (P2014-502038A)
 (43) 公表日 平成26年1月23日 (2014.1.23)
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2011/068191
 (87) 國際公開番号 WO2012/055728
 (87) 國際公開日 平成24年5月3日 (2012.5.3)
 審査請求日 平成26年7月9日 (2014.7.9)
 (31) 優先権主張番号 10189508.4
 (32) 優先日 平成22年10月29日 (2010.10.29)
 (33) 優先権主張国 歐州特許庁 (EP)

早期審査対象出願

(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
 APPPLIED MATERIALS, INCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタ クララ バウアーズ 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 義教
 (72) 発明者 ピエラリージ, ファビオ
 ドイツ国 63739 アシャッフェンブルク, ヒンター テア アイヒ 4
 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有し、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ッ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。

【0007】

40

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考する。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使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、またはマグネッ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。

10

【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に留意されたい。

20

【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。

30

【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。

40

【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。

50

【0022】

処理環境は、Ar、H₂、Ar/H₂、NH₃、Ar/NH₃、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。スパッタリング処理は、マグネッ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ッ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。

【0023】

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ます。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、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、またはCu₂O、CuAlO₂、Cu₂SiO₂、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。

【0024】

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。

【0025】

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、エッティング停止層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。

【0026】

本明細書に記載の他の実施形態と組み合わせ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ます。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。

【0027】

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。

【0028】

本明細書に記載の他の実施形態と組み合わせ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。

【0029】

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、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10¹⁹原子/cm³にすることができます。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、以下の等式によつて得られる。

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

【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プされていない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、In₂O₃、SnO₂、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 Cu₂O、CuAlO₂、Cu₂SrO₂、CuGaO₂、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ッ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、エッティング停止層 406 の画定後に実行される。この処理に適当な雰囲気は、n 型 TCO 膜に対するドナー材料を提供する Ar / H₂ もしくは Ar / NH₃ 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 N₂、Ar / N₂、Ar / N₂O 雰囲気とすることができます。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、インシトウ H₂ 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せしめ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。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ッ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

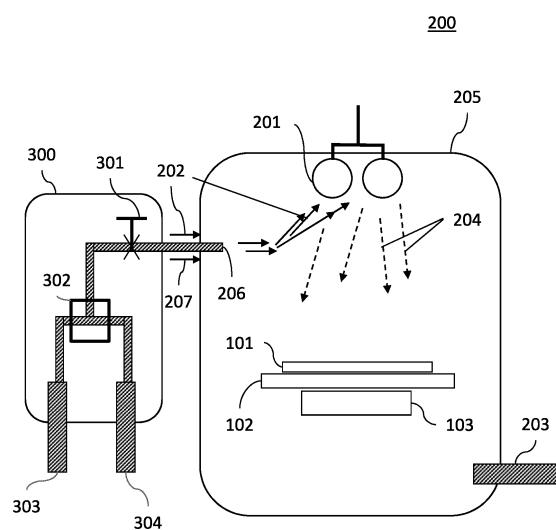
30

40

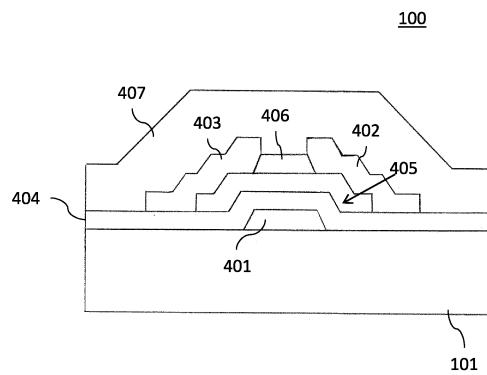
50

求の範囲によって決定される。

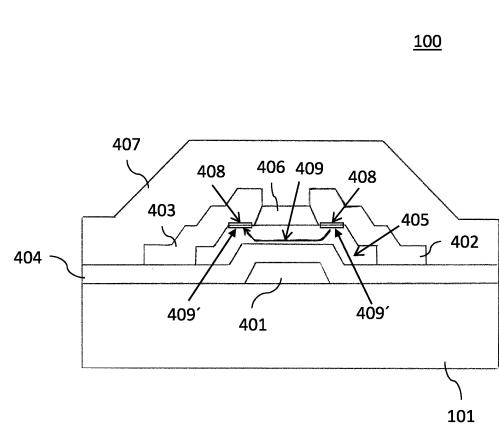
【図1】



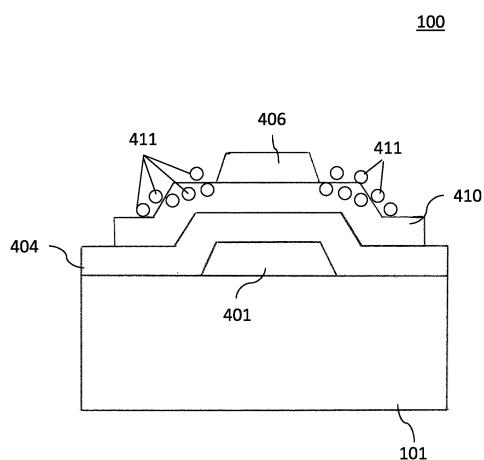
【図2】



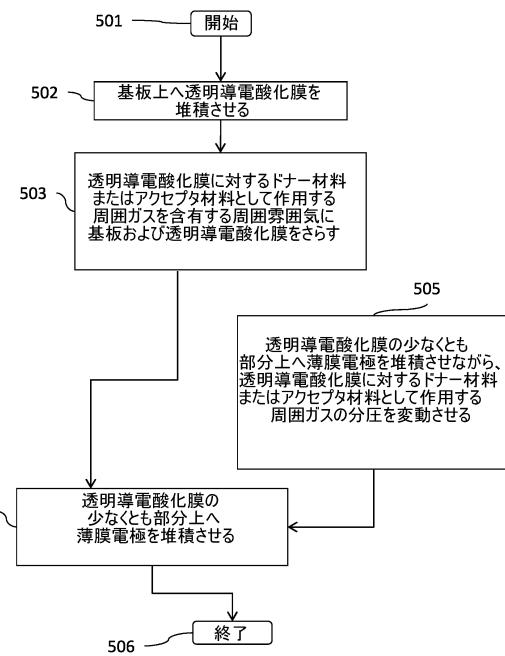
【図3】



【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2008-124269 (JP, A)

特開2010-258423 (JP, A)

特開2007-250983 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB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