

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6125072号  
(P6125072)

(45) 発行日 平成29年5月10日(2017.5.10)

(24) 登録日 平成29年4月14日(2017.4.14)

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

請求項の数 3 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2016-87133 (P2016-87133)	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成28年4月25日(2016.4.25)		株式会社半導体エネルギー研究所
(62) 分割の表示	特願2012-64035 (P2012-64035)		神奈川県厚木市長谷398番地
	の分割	(72) 発明者	井本 裕己
原出願日	平成24年3月21日(2012.3.21)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(65) 公開番号	特開2016-154261 (P2016-154261A)		半導体エネルギー研究所内
(43) 公開日	平成28年8月25日(2016.8.25)	(72) 発明者	佐藤 裕平
審査請求日	平成28年4月26日(2016.4.26)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2011-74049 (P2011-74049)		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成23年3月30日(2011.3.30)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	審査官	岩本 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

酸素を含む絶縁性酸化物でなる第1の絶縁膜を形成し、  
前記第1の絶縁膜上に第2の絶縁膜を形成し、  
第1の加熱処理により、前記第1の絶縁膜及び前記第2の絶縁膜から水及び水素を脱離させ、

前記第1の加熱処理後、前記第2の絶縁膜上に酸化物半導体膜を形成し、  
第2の加熱処理により、前記第1の絶縁膜から前記第2の絶縁膜を介して前記酸化物半導体膜に酸素を供給し、

前記第2の絶縁膜の酸素の拡散係数は、前記第1の絶縁膜の酸素の拡散係数よりも小さいことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項2】

酸素を含む絶縁性酸化物でなる第1の絶縁膜を形成し、  
前記第1の絶縁膜のTDS分析による酸素の脱離量は、 $1.0 \times 10^{-18}$  atoms/cm<sup>3</sup>以上であり、

前記第1の絶縁膜上に第2の絶縁膜を形成し、  
第1の加熱処理により、前記第1の絶縁膜及び前記第2の絶縁膜から水及び水素を脱離させ、

前記第1の加熱処理後、前記第2の絶縁膜上に酸化物半導体膜を形成し、  
第2の加熱処理により、前記第1の絶縁膜から前記第2の絶縁膜を介して前記酸化物半

10

20

導体膜に酸素を供給し、

前記第2の絶縁膜の酸素の拡散係数は、前記第1の絶縁膜の酸素の拡散係数よりも小さいことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項3】

請求項1または請求項2において、

前記酸化物半導体膜は、インジウムと、ガリウムと、亜鉛とを有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

技術分野は半導体装置の作製方法に関する。なお、本明細書において、半導体装置とは、半導体素子自体または半導体素子を含むものをいい、このような半導体素子として、例えばトランジスタ（薄膜トランジスタなど）が挙げられる。また、液晶表示装置などの表示装置も半導体装置に含まれる。

【背景技術】

【0002】

近年、酸化物半導体膜をチャネル形成領域に用いた半導体装置が大変注目されている（例えば、特許文献1及び特許文献2）。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0003】

【特許文献1】特開2007-123861号公報

【特許文献2】特開2007-96055号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

酸化物半導体膜をチャネル形成領域に用いた半導体装置は、シリコン膜をチャネル形成領域に用いた半導体装置と比較して、非常に高い電界効果移動度を有するなどの良好な電気的特性を有する。しかし、信頼性の面において課題がある。酸化物半導体膜をチャネル形成領域に用いた半導体装置の信頼性を低下させる要因の一つとして、酸化物半導体膜に含まれる水及び水素が挙げられる。従って、酸化物半導体膜における水及び水素の含有量は少なくすることが肝要である。

30

【0005】

一方、酸化物半導体膜をチャネル形成領域に用いた半導体装置では、酸化物半導体膜に含まれる酸素欠損が多いと、酸素欠損の存在する領域が低抵抗化し、ソースとドレインの間にリーク電流を生じさせる原因となる。従って、酸化物半導体膜の酸素欠損を低減することが好ましく、酸素欠損を低減するためには外部から酸素を供給すればよい。

【0006】

酸化物半導体膜における水及び水素の含有量を少なくし、酸素欠損を低減するために酸素を供給する手段の一つとして、酸化物半導体膜に接して酸素を含む下地膜が設けられた状態で行う加熱処理が挙げられる。下地膜における水及び水素の含有量を少なくし、酸素の含有量を多くして加熱処理すると、酸化物半導体膜への水及び水素の混入を抑制しつつ、酸化物半導体膜に酸素を供給することができる。

40

【0007】

下地膜における水及び水素の含有量を少なくするためには、CVD法またはスパッタリング法などにより下地膜を形成した後酸化物半導体膜を形成する前に、加熱処理を行えばよい。しかし、単に加熱処理を行うと、水及び水素とともに酸素も脱離してしまうという問題がある。

【0008】

そこで、本発明の一態様は、酸化物半導体膜に接して設けられる下地膜における水及び

50

水素の含有量を少なくし、酸素の含有量を多くすることで、酸化物半導体膜における水及び水素の含有量を少なくし、前記下地膜から前記酸化物半導体膜に酸素欠損を低減するための酸素を供給することが可能な半導体装置の作製方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様は、酸化物半導体膜をチャネル形成領域に用いた半導体装置の作製方法である。本発明の一態様である半導体装置の作製方法は、積層下地膜を形成し、第1の加熱処理を行い、前記積層下地膜上に接して酸化物半導体膜を形成し、第2の加熱処理を行い、前記積層下地膜では、第1の下地膜と第2の下地膜がこの順に積層されており、前記第1の下地膜は、前記第2の加熱処理により酸素を放出する絶縁性の酸化物膜であり、前記第2の下地膜における酸素の拡散係数は、前記第1の下地膜における酸素の拡散係数よりも小さいことを特徴とする。ここで、前記第1の加熱処理は、前記積層下地膜からの酸素の脱離を抑制しつつ水及び水素を脱離させる工程であり、前記第2の加熱処理は、前記第1の下地膜を酸素の供給源として前記第2の下地膜に酸素を供給する工程である。

10

【0010】

本発明の一態様は、基板上に酸素を含む第1の下地膜を形成し、前記第1の下地膜上に第2の下地膜を形成し、前記基板に第1の加熱処理を行って前記第1の下地膜及び前記第2の下地膜中の水及び水素を除去し、前記第2の下地膜上に酸化物半導体膜を形成し、前記基板に第2の加熱処理を行って前記第1の下地膜から前記第2の下地膜を介して前記酸化物半導体膜に酸素を供給し、前記酸化物半導体膜を加工することで島状の酸化物半導体膜を形成し、前記島状の酸化物半導体膜を覆ってゲート絶縁膜を形成し、前記島状の酸化物半導体膜の一部と重畳して前記ゲート絶縁膜上にゲート電極を形成し、前記島状の酸化物半導体膜に接続されたソース電極及びドレイン電極を形成し、前記第2の下地膜における酸素の拡散係数が、前記第1の下地膜における酸素の拡散係数よりも小さいことを特徴とする半導体装置の作製方法である。

20

【0011】

本発明の一態様は、基板上に酸素を含む第1の下地膜を形成し、前記第1の下地膜上に第2の下地膜を形成し、前記基板に250以上350以下で第1の加熱処理を行い、前記第2の下地膜上に酸化物半導体膜を形成し、前記基板に前記第1の加熱処理よりも高温且つ450以下の温度で第2の加熱処理を行い、前記酸化物半導体膜を加工することで島状の酸化物半導体膜を形成し、前記島状の酸化物半導体膜を覆ってゲート絶縁膜を形成し、前記島状の酸化物半導体膜の一部と重畳して前記ゲート絶縁膜上にゲート電極を形成し、前記島状の酸化物半導体膜に接続されたソース電極及びドレイン電極を形成し、前記第2の下地膜における酸素の拡散係数が、前記第1の下地膜における酸素の拡散係数よりも小さいことを特徴とする半導体装置の作製方法である。

30

【0012】

前記構成において、前記第2の下地膜の厚さが、1nm以上20nm以下、3nm以上10nm以下であることが好ましい。

【0013】

前記構成において、前記第1の下地膜としては、酸化シリコン膜を用いることができる。

40

【0014】

前記構成において、前記第2の下地膜としては、例えば、絶縁性の金属酸化物膜を用いることができる。前記金属酸化物膜は、酸化イットリウム膜、酸化ジルコニウム膜、酸化アルミニウム膜、酸化イットリウムが添加された酸化ジルコニウム膜のいずれかであることが好ましい。

【発明の効果】

【0015】

本発明の一態様により、酸化物半導体膜における水及び水素の含有量を少なくし、酸化物半導体膜に酸素欠損を低減するための酸素を供給することができるため、信頼性の高い

50

半導体装置を作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の一態様である半導体装置の作製方法を説明する図。

【図2】本発明の一態様である半導体装置の作製方法を説明する図。

【図3】本発明の一態様である半導体装置の作製方法を説明する図。

【図4】本発明の一態様である半導体装置を説明する図。

【図5】本発明の一態様である半導体装置を説明する図。

【図6】本発明の一態様である半導体装置を説明する図。

【図7】基板温度に対するTDSにおけるイオン強度を説明する図。

10

【図8】基板温度に対するTDSにおけるイオン強度を説明する図。

【図9】基板温度に対するTDSにおけるイオン強度を説明する図。

【図10】基板温度に対するTDSにおけるイオン強度を説明する図。

【図11】基板温度に対するTDSにおけるイオン強度を説明する図。

【図12】基板温度に対するTDSにおけるイオン強度を説明する図。

【図13】図10乃至図12を補足する図。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下では、本発明の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。ただし、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは、当業者であれば容易に理解される。したがって、本発明は、以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

20

【0018】

(実施の形態1)

本実施の形態では、本発明の一態様である半導体装置の作製方法について説明する。

【0019】

まず、基板100上に、第1の下地膜102及び第2の下地膜104からなる積層下地膜を形成する(図1(A))。そして、第2の下地膜104を形成した後に第1の加熱処理を行う。第1の加熱処理は、積層下地膜からの酸素の脱離を抑制しつつ水及び水素を脱離させる工程である。

30

【0020】

基板100としては、ガラス基板(好ましくは、無アルカリガラス基板)、石英基板、セラミック基板またはプラスチック基板などを適宜用いることができる。または、基板100として、可とう性を有するガラス基板または可とう性を有するプラスチック基板を用いることができる。プラスチック基板の材料としては、屈折率異方性の小さい材料を用いることが好ましい。例えば、ポリエーテルサルフォン(PES)、ポリイミドフィルム、ポリエチレンナフタレート(PEN)、ポリビニルフルオライド(PVF)、ポリエステル、ポリカーボネート(PC)、アクリル樹脂または半硬化した有機樹脂中に繊維体を含むプリプレグなどを用いることができる。

【0021】

40

第1の下地膜102は、少なくとも表面に酸素を含み、酸素の一部が加熱処理により脱離する絶縁性酸化物により形成する。酸素の一部が加熱処理により脱離する絶縁性酸化物としては、化学量論比よりも多くの酸素を含むものを用いることが好ましい。これは、加熱処理により、第1の下地膜102に接する酸化物半導体膜に酸素を拡散させることができるためである。

【0022】

化学量論比よりも多くの酸素を含む絶縁性酸化物としては、例えば、 $\text{SiO}_x$ において $x > 2$ である酸化シリコンが挙げられる。ただし、これに限定されず、第1の下地膜102は、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、酸化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム、酸化ガリウム、酸化ハフニウムまたは酸化イットリウムなどで形成して

50

もよい。

【 0 0 2 3 】

なお、「窒化酸化シリコン」とは、その組成として、酸素よりも窒素の含有量が多いものをいう。

【 0 0 2 4 】

なお、「酸化窒化シリコン」とは、その組成として、窒素よりも酸素の含有量が多いものをいう。

【 0 0 2 5 】

なお、第1の下地膜102は、積層膜であってもよい。第1の下地膜102としては、例えば、窒化シリコン膜上に酸化シリコン膜が設けられた積層膜が挙げられる。

10

【 0 0 2 6 】

ところで、化学量論比よりも多くの酸素を含む絶縁性酸化物では、酸素の一部が加熱処理により脱離しやすい。化学量論比よりも多くの酸素を含む絶縁性酸化物のTDS分析による酸素の脱離量（酸素原子に換算した値）は、 $1.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、好ましくは $1.0 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、より好ましくは $3.0 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であるとよい。

【 0 0 2 7 】

ここで、TDS分析の方法について説明する。TDS分析における気体の脱離量は、イオン強度の時間積分値に比例する。このため、絶縁性酸化物におけるこの時間積分値と、リファレンスとなる標準試料の基準値から、気体の脱離量を計算することができる。標準試料の基準値は、ある特定の原子を含む試料（標準試料）におけるイオン強度の時間積分値に対する原子密度の割合である。

20

【 0 0 2 8 】

例えば、所定の密度の水素を含むシリコンウェハ（標準試料）のイオン強度の時間積分値と絶縁性酸化物のイオン強度の時間積分値から、絶縁性酸化物の酸素分子（ $\text{O}_2$ ）の脱離量（ $N_{\text{O}_2}$ ）は、以下の式（1）で求めることができる。

【 0 0 2 9 】

（数1）

$$N_{\text{O}_2} = (N_{\text{H}_2} / S_{\text{H}_2}) \times S_{\text{O}_2} \times \quad (1)$$

【 0 0 3 0 】

$N_{\text{H}_2}$ は、標準試料から脱離した水素分子（ $\text{H}_2$ ）を密度に換算した値である。 $S_{\text{H}_2}$ は、標準試料の水素分子（ $\text{H}_2$ ）のイオン強度の時間積分値である。すなわち、 $N_{\text{H}_2} / S_{\text{H}_2}$ を標準試料の基準値とする。 $S_{\text{O}_2}$ は、絶縁性酸化物の酸素分子（ $\text{O}_2$ ）のイオン強度の時間積分値である。 $\alpha$ は、イオン強度に影響する係数である。前記式（1）の詳細に関しては、特開平06-275697号公報を参照されたい。

30

【 0 0 3 1 】

なお、以下の説明において、TDS分析による酸素の脱離量（酸素原子に換算した値）は、電子科学株式会社製の昇温脱離分析装置EMD-WA1000S/Wを用い、標準試料として $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ の水素原子を含むシリコンウェハを用いたときの値である。

40

【 0 0 3 2 】

なお、TDS分析において、酸素の一部は酸素原子として検出される。酸素分子と酸素原子の比率は、酸素分子のイオン化率から算出することができる。なお、前記係数 $\alpha$ は酸素分子のイオン化率を含んでいるため、酸素分子の放出量を評価することで、酸素原子の放出量についても算出することができる。

【 0 0 3 3 】

なお、 $N_{\text{O}_2}$ は酸素分子（ $\text{O}_2$ ）の脱離量である。そのため、酸素原子で換算した酸素の脱離量は、酸素分子（ $\text{O}_2$ ）の脱離量の2倍である。

【 0 0 3 4 】

以上説明したように、酸素原子の脱離量を明らかにすることができる。

50

## 【0035】

ところで、第1の下地膜102は、スパッタリング法またはCVD法などにより形成すればよいが、好ましくはスパッタリング法を用いる。第1の下地膜102として酸化シリコン膜を形成する場合には、ターゲットとして石英（好ましくは合成石英）ターゲット、スパッタリングガスとしてアルゴンガスを用いればよい。または、ターゲットとしてシリコンターゲット、スパッタリングガスとして酸素を含むガスを用いてもよい。なお、酸素を含むガスとしては、アルゴンガスと酸素ガスの混合ガスでもよいし、酸素ガスのみであってもよい。

## 【0036】

第1の下地膜102の厚さは、50nm以上600nm以下、好ましくは150nm以上500nm以下とするとよい。

10

## 【0037】

第2の下地膜104は、酸素を含む絶縁膜（好ましくは絶縁性の金属酸化物膜）であり、第2の下地膜104における酸素の拡散係数は、第1の下地膜102における酸素の拡散係数よりも小さい。ここで、拡散係数は、第2の加熱処理時の温度における値とする。

## 【0038】

後に説明するように、第2の加熱処理時の温度における酸素の拡散係数が大きい第1の下地膜102（後の説明では酸化シリコン膜）上に第2の加熱処理時の温度における酸素の拡散係数が第1の下地膜102より小さい第2の下地膜104（後の説明では酸化アルミニウム膜）が設けられていることで、第1の下地膜102のみが設けられている場合よりも高温で、第2の下地膜104から酸素が放出されるようにすることができる。ここで、仮に、第2の加熱処理時の温度において、第2の下地膜104における酸素の拡散係数が第1の下地膜102における酸素の拡散係数よりも大きい場合には、第2の加熱処理時の温度よりも低温で第2の下地膜104中の酸素が放出されてしまうことになる。

20

## 【0039】

第2の下地膜104を形成する材料膜としては、例えば、酸化クロム膜、酸化ハフニウム膜、酸化イットリウム膜、酸化ジルコニウム膜、酸化タンタル膜、酸化マグネシウム膜、酸化アルミニウム膜、酸化イットリウムが添加された酸化ジルコニウム（YSZ）膜のいずれかを挙げることができるが、酸化イットリウム膜、酸化ジルコニウム膜、酸化アルミニウム膜、酸化イットリウムが添加された酸化ジルコニウム膜のいずれかであることが好ましい。

30

## 【0040】

第2の下地膜104は、スパッタリング法またはCVD法などにより形成すればよいが、好ましくはスパッタリング法を用いる。

## 【0041】

第2の下地膜104の厚さは、1nm以上20nm以下、好ましくは3nm以上10nm以下とすればよい。

## 【0042】

第1の加熱処理は、第1の下地膜102及び第2の下地膜104からの酸素の脱離を抑制しつつ、水及び水素を脱離させる工程である。第1の加熱処理の温度は、250以上350以下とするとよい。

40

## 【0043】

なお、本実施の形態においては、第1の下地膜102を酸化シリコン膜とし、第2の下地膜104を酸化アルミニウム膜とすることが特に好ましい。すなわち、第1の下地膜102と第2の下地膜104が積層して設けられた積層下地膜は、酸化シリコン膜上に酸化アルミニウム膜が設けられた積層膜であることが特に好ましい。

## 【0044】

ここで、特に好ましい形態である酸化シリコン膜上に酸化アルミニウム膜が設けられた積層膜について、実験データを参照しつつ説明する。

## 【0045】

50

まず、基板 100 上に第 1 の下地膜 102 として酸化シリコン膜を形成し、第 2 の下地膜 104 として酸化アルミニウム膜を形成し、第 1 の加熱処理を行った。

【0046】

基板 100 としては無アルカリガラス基板を用いた。

【0047】

第 1 の加熱処理としては、チャンバー内に基板 100 を搬入し、チャンバー内を真空とし、基板 100 を 400 で 10 分間加熱した。

【0048】

第 1 の下地膜 102 である酸化シリコン膜は、スパッタリング法により形成した。スパッタリングターゲットとしては、酸化シリコンターゲットを用いた。チャンバー内にアルゴンガスを 25 sccm、酸素ガスを 25 sccm で導入し、チャンバー内の圧力を 0.4 Pa とし、電力を 2.0 kW とし、基板 100 の温度を 100 としてスパッタリングを行い、基板 100 上に第 1 の下地膜 102 である酸化シリコン膜を 300 nm の厚さで形成した。

10

【0049】

第 2 の下地膜 104 である酸化アルミニウム膜も、スパッタリング法により形成した。スパッタリングターゲットとしては、酸化アルミニウムターゲットを用いた。チャンバー内にアルゴンガスを 25 sccm、酸素ガスを 25 sccm で導入し、チャンバー内の圧力を 0.4 Pa とし、電力を 1.5 kW とし、基板 100 の温度を 250 としてスパッタリングを行い、基板 100 上に第 2 の下地膜 104 である酸化アルミニウム膜を形成した。

20

【0050】

ここで、第 1 の試料には、第 2 の下地膜 104 である酸化アルミニウム膜を形成しなかった。

【0051】

第 2 の試料には、第 2 の下地膜 104 である酸化アルミニウム膜を 5 nm の厚さで形成した。

【0052】

第 3 の試料には、第 2 の下地膜 104 である酸化アルミニウム膜を 10 nm の厚さで形成した。

30

【0053】

第 4 の試料には、第 2 の下地膜 104 である酸化アルミニウム膜を 30 nm の厚さで形成した。

【0054】

これら第 1 乃至第 4 の試料の基板 100 を室温から 400 まで、30 / 分で昇温して加熱していき、TDS 分析を行った。TDS 分析結果を図 7 (A) 乃至図 9 (B) に示す。図 7 (A) 乃至図 9 (B) では、横軸は基板温度 (セルシウス温度) を示し、縦軸はイオン強度 (A は Absolute の略であり、絶対値を示す。)、すなわち脱離量を示す。なお、M/z 値 = 1 を水素原子、M/z 値 = 18 を水分子、M/z 値 = 17 を水酸基、M/z 値 = 16 を酸素原子、M/z 値 = 32 を酸素分子とする。

40

【0055】

図 7 (A) は、水素原子についての基板温度に対するイオン強度を示す。

【0056】

図 7 (B) は、水分子についての基板温度に対するイオン強度を示す。

【0057】

図 8 は、水酸基についての基板温度に対するイオン強度を示す。

【0058】

図 9 (A) は、酸素原子についての基板温度に対するイオン強度を示す。

【0059】

図 9 (B) は、酸素分子についての基板温度に対するイオン強度を示す。

50

## 【 0 0 6 0 】

なお、図 7 ( A ) 乃至図 9 ( B ) において、第 1 の試料は  $\text{SiO}_x = 300 \text{ nm}$  と表記する。第 2 の試料は  $\text{SiO}_x \setminus \text{AlO}_x = 300 \setminus 5 \text{ nm}$  と表記する。第 3 の試料は  $\text{SiO}_x \setminus \text{AlO}_x = 300 \setminus 10 \text{ nm}$  と表記する。第 4 の試料は  $\text{SiO}_x \setminus \text{AlO}_x = 300 \setminus 30 \text{ nm}$  と表記する。

## 【 0 0 6 1 】

図 7 ( A )、図 7 ( B ) 及び図 8 では、第 1 乃至第 4 の試料に大きな違いは見られない。一方で、図 9 ( A ) ( 酸素原子のイオン強度 ) では、第 1 の試料は  $200 \sim 250$  にピークを有し、第 2 の試料は約  $300$  にピークを有し、第 3 の試料は約  $400$  にピークを有し、第 4 の試料はピークを有していない。図 9 ( B ) ( 酸素分子のイオン強度 ) でも同様に、第 1 の試料は  $200 \sim 250$  にピークを有し、第 2 の試料は約  $300$  にピークを有し、第 3 の試料は約  $400$  にピークを有し、第 4 の試料は測定範囲 (  $400$  まで ) にピークを有していない。

10

## 【 0 0 6 2 】

このように、酸化シリコン膜上に酸化アルミニウム膜が設けられていることで、水素原子、水分子、水酸基の脱離量を変化させることなく、酸素分子及び酸素原子の脱離量を調整することができる。例えば、第 2 の試料では、 $250 \sim 300$  で第 1 の加熱処理を行うことで、積層下地膜中の酸素の脱離を抑制しつつ水素原子、水分子、水酸基を脱離させることができるといえる。第 3 の試料では、 $250 \sim 350$  で第 1 の加熱処理を行うことで、積層下地膜中の酸素の脱離を抑制しつつ水素原子、水分子、水酸基を脱離させることができるといえる。第 4 の試料では、 $250 \sim 400$  で ( 場合によっては  $400$  を越えてもよい。 ) 第 1 の加熱処理を行うことで、積層下地膜中の酸素の脱離を抑制しつつ水素原子、水分子、水酸基を脱離することができるといえる。第 2 の下地膜  $104$  が設けられ、その厚さが厚くなることで、水素原子、水分子、水酸基を脱離する温度を変化させずに酸素が多量に放出される温度を高温側にシフトさせることができる。

20

## 【 0 0 6 3 】

ただし、第 4 の試料のように第 2 の下地膜  $104$  を厚くしすぎると、後の工程で積層下地膜から酸化物半導体膜に酸素を供給する際に、積層下地膜から酸素を引き抜くために  $400$  よりも高温にする必要があり、後の第 2 の加熱処理において酸化物半導体膜への酸素の供給が困難になる。従って、第 2 の下地膜  $104$  である酸化アルミニウム膜の厚さは、好ましくは試料 3 のように  $10 \text{ nm}$  以下、最も好ましくは  $5 \text{ nm}$  程度とする。

30

## 【 0 0 6 4 】

ところで、第 2 の下地膜  $104$  である酸化アルミニウム膜の厚さを最も好ましい  $5 \text{ nm}$  程度とした場合には、第 1 の加熱処理は  $250 \sim 300$  で行うことができる。ここで、第 1 の加熱処理を行わずに TDS 分析を行った試料 ( 試料 A とする。 ) について比較する。TDS 分析結果を図 10 ( A ) 乃至図 12 ( B ) に示す。図 10 ( A ) 乃至図 12 ( B ) では、横軸は基板温度 ( セルシウス温度 ) を示し、縦軸はイオン強度 ( A は  $\text{Absolute}$  の略であり、絶対値を示す。 )、すなわち脱離量を示す。なお、 $M/z$  値 =  $1$  を水素原子、 $M/z$  値 =  $18$  を水分子、 $M/z$  値 =  $17$  を水酸基、 $M/z$  値 =  $16$  を酸素原子、 $M/z$  値 =  $32$  を酸素分子とする。

40

## 【 0 0 6 5 】

図 10 ( A ) は、水素原子についての基板温度に対するイオン強度を示す。

## 【 0 0 6 6 】

図 10 ( B ) は、水分子についての基板温度に対するイオン強度を示す。

## 【 0 0 6 7 】

図 11 は、水酸基についての基板温度に対するイオン強度を示す。

## 【 0 0 6 8 】

図 12 ( A ) は、酸素原子についての基板温度に対するイオン強度を示す。

## 【 0 0 6 9 】

図 12 ( B ) は、酸素分子についての基板温度に対するイオン強度を示す。

50



## 【 0 0 7 0 】

なお、図 1 0 ( A ) 乃至図 1 2 ( B ) において、第 1 の加熱処理を行わなかった試料 A は  $\text{SiO}_x \setminus \text{AlO}_x = 300 \setminus 5 \text{ nm}$  と表記する。第 1 の加熱処理を 300 で行った試料 B は  $\text{SiO}_x \setminus \text{AlO}_x (300 \text{ ベーク}) = 300 \setminus 5 \text{ nm}$  と表記する。

## 【 0 0 7 1 】

ここで、試料 A は第 2 の下地膜 1 0 4 である酸化アルミニウム膜を厚さ 5 nm で形成した後に第 1 の加熱処理を行わなかった試料である。試料 B は第 2 の下地膜 1 0 4 である酸化アルミニウム膜を厚さ 5 nm で形成した後に第 1 の加熱処理を 300 で行った試料である。

## 【 0 0 7 2 】

10

ここで、脱離量の定量は次のように行った。すなわち、イオン強度を表す曲線 2 0 0 と 2 点 ( 第 1 の接点 2 0 4 と第 2 の接点 2 0 6 ) で接する直線 2 0 8 を描き、曲線 2 0 0 と直線 2 0 8 によって囲まれた閉領域 2 0 2 を脱離量とした ( 図 1 3 )。

## 【 0 0 7 3 】

図 1 0 ( B ) によれば、試料 B では試料 A よりも、昇温による水分子の脱離量が小さい。これは、第 1 の加熱処理 ( 加熱温度 300 ) によって、試料 B から水分子が予め除去されているからである。図 1 2 ( A ) 及び ( B ) ( 酸素原子及び酸素分子の脱離量 ) によれば、第 1 の加熱処理後でも試料 B の酸素原子及び酸素分子の脱離量は十分に存在する。

## 【 0 0 7 4 】

従って、第 1 の加熱処理により第 2 の加熱処理時における水などの放出量を抑制することができ、第 2 の加熱処理において供給する酸素も十分に確保することができるといえる。本実施の形態において、最も好ましくは、第 2 の下地膜 1 0 4 である酸化アルミニウム膜を 5 nm で形成し、第 1 の加熱処理を 300 で行う。

20

## 【 0 0 7 5 】

次に、第 1 の加熱処理を行った第 2 の下地膜 1 0 4 上に酸化物半導体膜 1 0 6 を形成する ( 図 1 ( B ) )。更には、第 2 の加熱処理を行う。第 2 の加熱処理は、第 1 の下地膜 1 0 2 を酸素の供給源として第 2 の下地膜 1 0 4 に酸素を供給する工程である。ただし、第 2 の加熱処理を行うタイミングはこれに限定されず、酸化物半導体膜 1 0 6 を加工した後に第 2 の加熱処理を行ってもよい。

## 【 0 0 7 6 】

30

酸化物半導体膜 1 0 6 は、四元系金属酸化物である  $\text{In} - \text{Sn} - \text{Ga} - \text{Zn} - \text{O}$  系金属酸化物、三元系金属酸化物である  $\text{In} - \text{Ga} - \text{Zn} - \text{O}$  系金属酸化物、 $\text{In} - \text{Sn} - \text{Zn} - \text{O}$  系金属酸化物、 $\text{In} - \text{Al} - \text{Zn} - \text{O}$  系金属酸化物、 $\text{Sn} - \text{Ga} - \text{Zn} - \text{O}$  系金属酸化物、 $\text{Al} - \text{Ga} - \text{Zn} - \text{O}$  系金属酸化物若しくは  $\text{Sn} - \text{Al} - \text{Zn} - \text{O}$  系金属酸化物、または二元系金属酸化物である  $\text{In} - \text{Zn} - \text{O}$  系金属酸化物、 $\text{Sn} - \text{Zn} - \text{O}$  系金属酸化物、 $\text{Al} - \text{Zn} - \text{O}$  系金属酸化物、 $\text{Zn} - \text{Mg} - \text{O}$  系金属酸化物、 $\text{Sn} - \text{Mg} - \text{O}$  系金属酸化物、 $\text{In} - \text{Mg} - \text{O}$  系金属酸化物若しくは  $\text{In} - \text{Ga} - \text{O}$  系金属酸化物などを用いて形成されていけばよい。または、 $\text{In} - \text{O}$  系金属酸化物、 $\text{Sn} - \text{O}$  系金属酸化物、 $\text{Zn} - \text{O}$  系金属酸化物などを用いて形成されていてもよい。なお、「 $n$  元系金属酸化物」は  $n$  種類の金属酸化物で構成されるものである。ここで、例えば、 $\text{In} - \text{Ga} - \text{Zn} - \text{O}$  系金属酸化物は、インジウム (  $\text{In}$  )、ガリウム (  $\text{Ga}$  )、亜鉛 (  $\text{Zn}$  ) を有する酸化物という意味であり、その組成比は特に問わない。また、 $\text{In}$  と  $\text{Ga}$  と  $\text{Zn}$  以外の元素が含まれていてもよい。

40

## 【 0 0 7 7 】

なお、前記金属酸化物では、これらの化学量論比に対し、酸素 (  $\text{O}$  ) を過剰に含ませることが好ましい。酸素 (  $\text{O}$  ) を過剰に含ませると、形成される酸化物半導体膜 1 0 6 の酸素欠損によるキャリアの生成を抑制することができる。

## 【 0 0 7 8 】

なお、一例として、酸化物半導体膜 1 0 6 を  $\text{In} - \text{Zn} - \text{O}$  系金属酸化物により形成する場合には、ターゲットの組成を原子数比で、 $\text{In} / \text{Zn} = 1 \sim 100$ 、好ましくは  $\text{In}$

50

$I n / Z n = 1 \sim 20$ 、さらに好ましくは  $I n / Z n = 1 \sim 10$  とする。 $Z n$  に対する  $I n$  の原子数比を好ましい前記範囲とすることで、電界効果移動度を向上させることができる。ここで、酸素 (O) を過剰に含ませるために、化合物の原子数比  $I n : Z n : O = X : Y : Z$  を、 $Z > 1.5 X + Y$  とすることが好ましい。

【0079】

なお、酸化物半導体膜 106 に適用することができる金属酸化物は、エネルギーギャップが  $2 \text{ eV}$  以上、好ましくは  $2.5 \text{ eV}$  以上、更に好ましくは  $3 \text{ eV}$  以上であるとよい。このように、バンドギャップの広い金属酸化物を用いると、トランジスタのオフ電流を低減することができる。

【0080】

10

なお、酸化物半導体膜 106 には、水素が含まれる。この水素は、水素原子の他、水素分子、水、水酸基、またはその他の水素化物として含まれる場合もある。酸化物半導体膜 106 に含まれる水素は、極力少ないことが好ましい。

【0081】

なお、酸化物半導体膜 106 のアルカリ金属及びアルカリ土類金属の濃度は小さくすることが好ましく、これらの濃度は、好ましくは  $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$  以下、更に好ましくは  $2 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$  以下とする。アルカリ金属及びアルカリ土類金属が酸化物半導体と結合すると、キャリアが生成することがあり、トランジスタのオフ電流を増大させる原因となるからである。

【0082】

20

なお、酸化物半導体膜 106 の形成方法及び厚さは特に限定されず、作製するトランジスタのサイズなどに応じて決めればよい。酸化物半導体膜 106 の形成方法としては、例えば、スパッタリング法、塗布法、印刷法またはパルスレーザー蒸着法などが挙げられる。酸化物半導体膜 106 の厚さは、 $3 \text{ nm}$  以上  $50 \text{ nm}$  以下とすればよい。

【0083】

ここでは、好ましい一例として、 $I n - G a - Z n - O$  系金属酸化物ターゲットを用いたスパッタリング法により酸化物半導体膜 106 を形成する。ここで、スパッタリングガスとしては、希ガス (例えばアルゴン)、酸素ガスまたは希ガスと酸素ガスの混合ガスを用いればよい。

【0084】

30

なお、酸化物半導体膜 106 を形成する際に用いるスパッタリングガスとしては、水素、水、水酸基または水素化物などが除去された高純度ガスを用いることが好ましい。また、基板 100 を高温に保持した状態で酸化物半導体膜 106 を形成すると酸化物半導体膜 106 に含まれる不純物濃度を低減することができる。ここで、基板 100 の温度は、 $100$  以上  $600$  以下、好ましくは  $200$  以上  $400$  以下とすればよい。

【0085】

なお、酸化物半導体膜 106 は、非晶質構造であってもよいし、結晶構造を有していてもよい。酸化物半導体膜 106 が結晶構造を有する場合には、 $c$  軸方向に配向した結晶性の (C Axis Aligned Crystalline: CAAC) 酸化物半導体膜とすることが好ましい。酸化物半導体膜 106 を CAAC 酸化物半導体膜とすることで、トランジスタの信頼性を高めることができる。

40

【0086】

なお、CAAC 酸化物半導体膜とは、結晶が  $c$  軸配向し、且つ  $ab$  面、表面または界面の方向から見て三角形または六角形の原子配列を有し、 $c$  軸においては、金属原子が層状に配列し、または金属原子と酸素原子が層状に配列し、 $ab$  面 (あるいは表面または界面) においては、 $a$  軸または  $b$  軸の向きが異なる ( $c$  軸を中心に回転した) 結晶を含む酸化物半導体膜をいう。

【0087】

なお、広義には、CAAC 酸化物半導体膜とは、非単結晶であって、その  $ab$  面に垂直な方向から見て、三角形もしくは六角形、または正三角形もしくは正六角形の原子配列を

50

有し、且つc軸方向に垂直な方向から見て金属原子が層状に配列した相、または金属原子と酸素原子が層状に配列した相を含む酸化物半導体膜をいう。

【0088】

なお、CAAC酸化物半導体膜は単結晶ではないが、非晶質のみから形成されているものでもない。また、CAAC酸化物半導体膜は結晶化した部分（結晶部分）を含むが、一つの結晶部分と他の結晶部分の境界を明確に判別できなくてもよい。

【0089】

また、CAAC酸化物半導体膜を構成する酸素の一部が窒素で置換されていてもよい。また、CAAC酸化物半導体膜を構成する個々の結晶部分のc軸は一定の方向（例えば、CAAC酸化物半導体膜を支持する基板面またはCAAC酸化物半導体膜の表面、若しくは界面などに垂直な方向）に揃えられていてもよい。または、CAAC酸化物半導体膜を構成する個々の結晶部分のab面の法線は一定の方向（例えば、基板面、表面、若しくは界面などに垂直な方向）であってもよい。

【0090】

なお、CAAC酸化物半導体膜は、その組成などに応じて、導体であってもよいし、半導体であってもよいし、絶縁体であってもよい。また、CAAC酸化物半導体膜は、その組成などに応じて、可視光に対して透明であってもよいし、不透明であってもよい。

【0091】

ここで、CAAC酸化物半導体膜の形成方法について説明する。

【0092】

まず、酸化物半導体膜をスパッタリング法、分子線エピタキシー法、原子層堆積法またはパルスレーザー蒸着法によって形成する。なお、基板100を高温に保持しつつ酸化物半導体膜の形成を行うことで、非晶質部分よりも結晶部分の占める割合を大きくすることができる。このとき、基板100の温度は、例えば、150 以上450 以下とすればよく、好ましくは200 以上350 以下とする。

【0093】

ここで、形成された酸化物半導体膜に対して加熱処理を行ってもよい。この加熱処理によって、非晶質部分よりも結晶部分の占める割合を大きくすることができる。この加熱処理時の基板100の温度は、例えば、200 以上基板100の歪み点未満とすればよく、好ましくは250 以上450 以下とすればよい。この加熱処理の時間は3分以上とすればよく、24時間以下とすることが好ましい。この加熱処理の時間を長くすると非晶質部分よりも結晶部分の占める割合を大きくすることができるが、生産性の低下を招くことになるからである。なお、ここでの加熱処理は、酸化性雰囲気または不活性雰囲気で行えばよいが、これらに限定されるものではない。また、ここでの加熱処理は減圧下で行われてもよい。

【0094】

本実施の形態において、酸化性雰囲気は、酸化性ガスを含む雰囲気である。酸化性ガスとしては、例えば、酸素、オゾンまたは亜酸化窒素などを例示することができる。酸化性雰囲気からは、酸化物半導体膜に含まれないことが好ましい成分（例えば、水及び水素）が極力除去されていることが好ましい。例えば、酸素、オゾンまたは亜酸化窒素の純度を、8N（99.999999%）以上、好ましくは9N（99.9999999%）以上とすればよい。

【0095】

なお、酸化性雰囲気には、希ガスなどの不活性ガスが含まれていてもよい。ただし、酸化性雰囲気には、10ppm以上の酸化性ガスが含まれているものとする。

【0096】

なお、不活性雰囲気には、不活性ガス（窒素ガスまたは希ガスなど）が含まれ、酸化性ガスなどの反応性ガスが10ppm未満で含まれているものとする。

【0097】

なお、本実施の形態における加熱処理は、RTA（Rapid Thermal An

10

20

30

40

50

neal)装置を用いて行えばよい。RTA装置を用いることで、短時間であれば、基板100の歪み点以上の温度で熱処理を行うこともできる。そのため、非晶質部分よりも結晶部分の占める割合の大きい酸化物半導体膜を形成することができ、生産性の低下を抑制することができる。

#### 【0098】

ただし、本実施の形態における加熱処理に用いられる装置はRTA装置に限定されず、例えば、抵抗発熱体などからの熱伝導または熱輻射によって、被処理物を加熱する機構が備えられた装置を用いればよい。本実施の形態における加熱処理に用いられる加熱処理装置としては、例えば、電気炉を挙げることができる。または、GRTA(Gas Rapid Thermal Anneal)装置、LRTA(Lamp Rapid Thermal Anneal)装置などのRTA(Rapid Thermal Anneal)装置などを用いることもできる。なお、LRTA装置は、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンアークランプ、カーボンアークランプ、高圧ナトリウムランプまたは高圧水銀ランプなどのランプから発せられる光(電磁波)の輻射により、被処理物を加熱する装置である。GRTA装置は、高温のガスを熱媒体として用いて被処理物を加熱する装置である。ここで、高温のガスは、被処理物の加熱温度よりも高いことが好ましい。

#### 【0099】

なお、窒素の濃度が $1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であるIn-Ga-Zn-O系金属酸化物を用いると、c軸配向した六方晶の結晶構造を含む金属酸化物膜が形成され、一または複数のGa及びZnを有する層が、二層のIn-Oの結晶面(インジウムと酸素を含む結晶面)の間に配される。

#### 【0100】

以上説明したようにCAAC酸化物半導体膜を形成することができる。

#### 【0101】

CAAC酸化物半導体膜は、非晶質構造の酸化物半導体膜と比較して、金属と酸素の結合の秩序性が高い。すなわち、酸化物半導体膜が非晶質構造の場合には、隣接する金属原子に配位する酸素原子の数が異なるが、CAAC酸化物半導体膜では金属原子に配位する酸素原子の数はほぼ一定となる。そのため、微視的なレベルにおいても酸素欠損がほぼ見られず、水素原子(水素イオンを含む)やアルカリ金属原子などによる電荷の移動や電気伝導性の不安定さを抑制することができる。

#### 【0102】

従って、CAAC酸化物半導体膜を用いたチャネル形成領域によってトランジスタを作製すると、トランジスタへの光照射またはバイアス-熱ストレス(BT)試験を行った後に生じる、トランジスタのしきい値電圧の変化を抑制することができ、安定した電気的特性を有するトランジスタを作製することができる。

#### 【0103】

次に、酸化物半導体膜106の所定の位置に第1のマスク108を形成する(図1(C))。

#### 【0104】

第1のマスク108は、レジスト材料により形成すればよい。ただし、これに限定されず、酸化物半導体膜106を加工する際にマスクとして機能するものであればよい。

#### 【0105】

次に、第1のマスク108を用いて酸化物半導体膜106を加工して島状の酸化物半導体膜110を形成し、その後第1のマスク108を除去する(図2(A))。

#### 【0106】

ここで、酸化物半導体膜106の加工は、ドライエッチングにより行えばよい。ドライエッチングに用いるエッチングガスとしては、例えば、塩素ガス、または三塩化ホウ素ガスと塩素ガスの混合ガスを用いればよい。ただし、これに限定されず、ウェットエッチングを用いてもよいし、酸化物半導体膜106を加工することができる他の手段を用いても

10

20

30

40

50

よい。

【0107】

なお、第1のマスク108がレジスト材料により形成されている場合には、第1のマスク108はレジスト剥離液により除去すればよいが、アッシングのみで除去してもよい。

【0108】

次に、島状の酸化物半導体膜110を覆ってゲート絶縁膜112を形成し、ゲート絶縁膜112上に第1の導電膜114を形成し、第1の導電膜114上に第2のマスク116を形成する(図2(B))。

【0109】

ゲート絶縁膜112は、少なくとも島状の酸化物半導体膜110に接する部分に酸素を含み、酸素の一部が加熱により脱離する絶縁性酸化物により形成することが好ましい。すなわち、第1の下地膜102の材料として例示した前記材料により形成することが好ましい。ゲート絶縁膜112の島状の酸化物半導体膜110と接する部分を酸化シリコンにより形成すると、島状の酸化物半導体膜110に酸素を拡散させることができ、トランジスタの低抵抗化を防止することができる。

10

【0110】

なお、ゲート絶縁膜112として、ハフニウムシリケート( $\text{HfSiO}_x$ )、窒素が添加されたハフニウムシリケート( $\text{HfSi}_x\text{O}_y\text{N}_z$ )、窒素が添加されたハフニウムアルミネート( $\text{HfAl}_x\text{O}_y\text{N}_z$ )、酸化ハフニウムまたは酸化イットリウムなどのhigh-k材料を用いると、ゲートリーク電流を低減することができる。ここで、ゲートリーク電流とは、ゲート電極とソース電極またはドレイン電極の間に流れるリーク電流をいう。更には、前記high-k材料により形成される層と、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化シリコン、窒化酸化シリコン、酸化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム及び酸化ガリウムにより形成される層が積層された積層膜であってもよい。ただし、ゲート絶縁膜112を積層膜とする場合であっても、島状の酸化物半導体膜110に接する部分は、絶縁性酸化物であることが好ましい。

20

【0111】

ゲート絶縁膜112は、スパッタリング法により形成すればよい。また、ゲート絶縁膜112の厚さは、1nm以上300nm以下、好ましくは5nm以上50nm以下とすればよい。ゲート絶縁膜112の厚さを5nm以上とすると、ゲートリーク電流を特に小さくすることができる。

30

【0112】

なお、ゲート絶縁膜112を形成する前に、島状の酸化物半導体膜110の表面を酸化性ガスのプラズマに曝して島状の酸化物半導体膜110の表面の酸素欠損を少なくすることが好ましい。

【0113】

第1の導電膜114は、導電性材料により単層で、または複数の層を積層して形成すればよい。ここで、導電性材料としては、アルミニウム、クロム、銅、タンタル、チタン、モリブデン、タングステン、マンガン、マグネシウム、ベリリウム若しくはジルコニウムなどの金属、または前記金属の一種または複数種を成分として含む合金を挙げることができる。例えば、シリコンを含むアルミニウム膜の単層膜、アルミニウム膜上にチタン膜が設けられた二層の積層膜、窒化チタン膜上にチタン膜が設けられた二層の積層膜、窒化チタン膜上にタングステン膜が設けられた二層の積層膜、窒化タンタル膜上にタングステン膜が設けられた二層の積層膜、または、アルミニウム膜をチタン膜で挟持した三層の積層膜などが挙げられる。

40

【0114】

なお、第1の導電膜114を銅により形成すると、第1の導電膜114を加工して形成される配線を低抵抗にすることができるため、好ましい。ここで、第1の導電膜114が積層膜である場合には、第1の導電膜114のうち少なくとも一層が銅により形成されていればよい。

50

## 【0115】

または、第1の導電膜114は、インジウム錫酸化物、酸化タングステンを含むインジウム酸化物、酸化タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物、インジウム亜鉛酸化物または酸化シリコンを添加したインジウム錫酸化物などの透光性を有する導電性材料により形成されているいてもよい。

## 【0116】

または、第1の導電膜114は、前記透光性を有する導電性材料膜と前記金属膜が積層して形成されているいてもよい。

## 【0117】

なお、第1の導電膜114の形成方法及び厚さは特に限定されず、作製するトランジスタのサイズなどに応じて決めればよい。第1の導電膜114の形成方法としては、例えば、スパッタリング法またはCVD法などが挙げられる。第1の導電膜114の厚さは、例えば100nm以上300nm以下とすればよい。

## 【0118】

第2のマスク116は、レジスト材料により形成すればよい。ただし、これに限定されず、第1の導電膜114を加工する際にマスクとして機能するものであればよい。

## 【0119】

次に、第2のマスク116を用いて第1の導電膜114を加工してゲート電極118を形成し、その後第2のマスク116を除去する(図2(C))。

## 【0120】

ここで、第1の導電膜114の加工は、ドライエッチングにより行えばよい。ドライエッチングに用いるエッチングガスとしては、例えば塩素ガス、または三塩化ホウ素ガスと塩素ガスの混合ガスを用いればよい。ただし、これに限定されず、ウエットエッチングを用いてもよいし、第1の導電膜114を加工することができる他の手段を用いてもよい。

## 【0121】

なお、第2のマスク116がレジスト材料により形成されている場合には、第2のマスク116はレジスト剥離液により除去すればよいが、アッシングのみで除去してもよい。

## 【0122】

なお、図示していないが、第2のマスク116を除去した後にゲート電極118をマスクとして、島状の酸化物半導体膜110にドーパントを添加してソース領域及びドレイン領域を形成することが好ましい。

## 【0123】

ここで、ドーパントの添加は、イオンインプランテーション法またはイオンドーピング法により行えばよい。または、ドーパントを含むガス雰囲気中でプラズマ処理を行うことでドーパントの添加を行ってもよい。また、添加するドーパントとしては、水素、希ガス、窒素、リンまたはヒ素などを用いればよい。

## 【0124】

次に、ゲート絶縁膜112上及びゲート電極118を覆って第1の保護膜120を形成し、第1の保護膜120上に第2の保護膜122を形成する(図3(A))。

## 【0125】

第1の保護膜120は、第1の下地膜102及びゲート絶縁膜112と同様の材料及び同様の方法により形成すればよく、絶縁性酸化膜であることが好ましい。

## 【0126】

第1の保護膜120は、少なくともパッシベーション膜として機能する。なお、第1の保護膜120は設けられていなくてもよい。

## 【0127】

第2の保護膜122は、例えば、感光性ポリイミド、アクリルまたはエポキシ樹脂などの有機樹脂材料により形成すればよく、表面が概略平坦になる方法(例えば、スピンコート法)などにより形成される膜であることが好ましい。ここで「概略平坦」とは、第2の

10

20

30

40

50

保護膜 1 2 2 上に形成される膜の形成不良を防止することができる程度のものであればよく、高い平坦性が要求されるわけではない。

【 0 1 2 8 】

第 2 の保護膜 1 2 2 は、少なくとも平坦化膜として機能する。なお、第 2 の保護膜 1 2 2 は設けられていなくてもよい。

【 0 1 2 9 】

次に、第 2 の保護膜 1 2 2 の所定の位置において、第 1 の保護膜 1 2 0 及びゲート絶縁膜 1 1 2 を加工することで開口部 1 2 4 a 及び開口部 1 2 4 b を形成し、開口部 1 2 4 a 及び開口部 1 2 4 b を介して島状の酸化物半導体膜 1 1 0 に接続されるように第 2 の導電膜 1 2 6 を形成し、第 2 の導電膜 1 2 6 上の所定の位置に第 3 のマスク 1 2 8 を形成する（図 3（B））。

10

【 0 1 3 0 】

ここで、開口部 1 2 4 a 及び開口部 1 2 4 b の形成は、特定の方法に限定されず、例えば、所定の位置にマスクを形成してドライエッチングを行ってもよいし、第 2 の保護膜 1 2 2 が感光性材料により形成されている場合には、第 2 の保護膜 1 2 2 の所定の位置を露光して現像し、第 2 の保護膜 1 2 2 をマスクとして用いてドライエッチングを行ってもよい。ドライエッチングに用いるエッチングガスとしては、例えば塩素ガス、または三塩化ホウ素ガスと塩素ガスの混合ガスを用いればよい。ただし、これに限定されず、ウェットエッチングを用いてもよい。

【 0 1 3 1 】

20

第 2 の導電膜 1 2 6 は、第 1 の導電膜 1 1 4 と同様の材料及び同様の方法により形成すればよいし、第 1 の導電膜 1 1 4 と同程度の厚さとするればよい。

【 0 1 3 2 】

第 3 のマスク 1 2 8 は、レジスト材料により形成すればよい。ただし、これに限定されず、第 2 の導電膜 1 2 6 を加工する際にマスクとして機能するものであればよい。

【 0 1 3 3 】

次に、第 3 のマスク 1 2 8 を用いて第 2 の導電膜 1 2 6 を加工してソース電極 1 3 0 a 及びドレイン電極 1 3 0 b を形成し、その後第 3 のマスク 1 2 8 を除去する（図 3（C））。

【 0 1 3 4 】

30

本実施の形態にて説明した本発明の一態様である半導体装置の作製方法により、島状の酸化物半導体膜に接して設けられる下地膜の水及び水素の含有量を少なくし、酸素の含有量を多くすることで、酸化物半導体膜における水及び水素の含有量を少なくし、酸化物半導体膜に酸素欠損を低減するための酸素を供給することができるため、信頼性の高い半導体装置を得ることができる。

【 0 1 3 5 】

（実施の形態 2）

実施の形態 1 で説明した半導体装置（トランジスタ）は、表示装置の画素トランジスタとして用いることができる。

【 0 1 3 6 】

40

本実施の形態の画素トランジスタの作製方法は、実施の形態 1 にて説明した作製方法を適用して作製したトランジスタの少なくともソース電極 1 3 0 a 及びドレイン電極 1 3 0 b の一方と接続されるように、画素電極として機能する島状の透明導電膜を位置選択的に形成すればよい。

【 0 1 3 7 】

ただし、これに限定されず、ソース電極 1 3 0 a 及びドレイン電極 1 3 0 b の一方と接続されるように、インクジェット法により島状の透明導電膜を位置選択的に形成してもよい。

【 0 1 3 8 】

透明導電膜は、透光性を有する導電性高分子（導電性ポリマーともいう。）を含む導電

50

性組成物を用いて形成することができる。導電性組成物を用いて形成された透明導電膜では、シート抵抗が $10000 \text{ } \Omega/\square$ 以下であり、且つ波長 $550 \text{ nm}$ における透光率が $70\%$ 以上であることが好ましい。また、導電性組成物に含まれる導電性高分子の抵抗率が $0.1 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ 以下であることが好ましい。

#### 【0139】

なお、導電性高分子としては、いわゆる電子共役系導電性高分子を用いることができる。例えば、ポリアニリン若しくはその誘導体、ポリピロール若しくはその誘導体、ポリチオフェン若しくはその誘導体、または、アニリン、ピロール及びチオフェンの2種以上の共重合体若しくはその誘導体などがあげられる。

#### 【0140】

透明導電膜は、例えば、インジウム錫酸化物、酸化タングステンを含むインジウム酸化物、酸化タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物、インジウム亜鉛酸化物または酸化シリコンを添加したインジウム錫酸化物などにより形成されていればよい。

#### 【0141】

##### (実施の形態3)

実施の形態1及び実施の形態2の半導体装置を応用した本発明の一態様である半導体装置としては、電子ペーパーが挙げられる。電子ペーパーは、情報を表示するものであればあらゆる分野の電子機器に用いることが可能である。例えば、電子ペーパーを用いて、電子書籍(電子ブック)、ポスター、デジタルサイネージ、PID(Public Information Display)、電車などの乗り物の車内広告、クレジットカードなどの各種カードにおける表示部などに適用することができる。電子機器の一例を図4に示す。

#### 【0142】

図4は、電子書籍の一例を示している。例えば、電子書籍300は、筐体301及び筐体303の2つの筐体で構成されている。筐体301及び筐体303は、軸部311により一体とされており、該軸部311を軸として開閉動作を行うことができる。このような構成により、紙の書籍と同様に取り扱うことが可能となる。

#### 【0143】

筐体301には表示部305及び光電変換装置306が組み込まれ、筐体303には表示部307及び光電変換装置308が組み込まれている。表示部305及び表示部307は、続き画面を表示する構成としてもよいし、異なる画面を表示する構成としてもよい。異なる画面を表示する構成とすることで、例えば右側の表示部(図4では表示部305)に文章を表示し、左側の表示部(図4では表示部307)に画像を表示することができる。

#### 【0144】

また、図4では、筐体301に操作部などを備えた例を示している。例えば、筐体301において、電源321、操作キー323、スピーカ325などを備えている。操作キー323により、頁を送ることができる。なお、筐体の表示部と同一面にキーボードやポインティングデバイスなどを備える構成としてもよい。また、筐体の裏面や側面に、外部接続用端子(イヤホン端子、USB端子、またはACアダプタ及びUSBケーブルなどの各種ケーブルと接続可能な端子など)、記録媒体挿入部などを備える構成としてもよい。さらに、電子書籍300は、電子辞書としての機能を持たせた構成としてもよい。

#### 【0145】

また、電子書籍300は、無線で情報を送受信できる構成としてもよい。無線により、電子書籍サーバから、所望の書籍データなどを購入し、ダウンロードする構成とすることも可能である。

#### 【0146】

##### (実施の形態4)

実施の形態1及び実施の形態2の半導体装置を応用した本発明の一態様である半導体装

10

20

30

40

50



置としては、電子ペーパー以外にもさまざまな電子機器（遊技機も含む）が挙げられる。電子機器としては、例えば、テレビジョン装置（テレビ、またはテレビジョン受信機ともいう）、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機（携帯電話、携帯電話装置ともいう）、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。

【 0 1 4 7 】

図 5（A）は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置 4 0 0 は、筐体 4 0 1 に表示部 4 0 3 が組み込まれている。表示部 4 0 3 により、映像を表示することが可能である。また、ここでは、スタンド 4 0 5 により筐体 4 0 1 を支持した構成を示している。

10

【 0 1 4 8 】

テレビジョン装置 4 0 0 の操作は、筐体 4 0 1 が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機 4 1 0 により行うことができる。リモコン操作機 4 1 0 が備える操作キー 4 0 9 により、チャンネルや音量の操作を行うことができ、表示部 4 0 3 に表示される映像を操作することができる。また、リモコン操作機 4 1 0 に、当該リモコン操作機 4 1 0 から出力する情報を表示する表示部 4 0 7 を設ける構成としてもよい。

【 0 1 4 9 】

なお、テレビジョン装置 4 0 0 は、受信機やモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般のテレビ放送の受信を行うことができ、さらにモデムを介して有線または無線による通信ネットワークに接続することにより、一方向（送信者から受信者）または双方向（送信者と受信者間、あるいは受信者間同士など）の情報通信を行うことも可能である。

20

【 0 1 5 0 】

図 5（B）は、デジタルフォトフレームの一例を示している。例えば、デジタルフォトフレーム 4 2 0 は、筐体 4 2 1 に表示部 4 2 3 が組み込まれている。表示部 4 2 3 は、各種画像を表示することが可能であり、例えばデジタルカメラなどで撮影した画像データを表示させることで、通常の写真立てと同様に機能させることができる。

【 0 1 5 1 】

なお、デジタルフォトフレーム 4 2 0 は、操作部、外部接続用端子（U S B 端子、U S B ケーブルなどの各種ケーブルと接続可能な端子など）、記録媒体挿入部などを備える構成とする。これらの構成は、表示部と同一面に組み込まれていてもよいが、側面や裏面に備えるとデザイン性が向上するため好ましい。例えば、デジタルフォトフレームの記録媒体挿入部に、デジタルカメラで撮影した画像データを記憶したメモリを挿入して画像データを取り込み、取り込んだ画像データを表示部 4 2 3 に表示させることができる。

30

【 0 1 5 2 】

また、デジタルフォトフレーム 4 2 0 は、無線で情報を送受信できる構成としてもよい。無線により、所望の画像データを取り込み、表示させる構成とすることもできる。

【 0 1 5 3 】

図 6 は携帯型のコンピュータの一例を示す斜視図である。

【 0 1 5 4 】

図 6 の携帯型のコンピュータは、上部筐体 4 4 1 と下部筐体 4 4 2 とを接続するヒンジユニットを閉状態として表示部 4 4 3 を有する上部筐体 4 4 1 と、キーボード 4 4 4 を有する下部筐体 4 4 2 とを重ねた状態とすることができ、持ち運ぶことが便利であるとともに、使用者がキーボード入力する場合には、ヒンジユニットを開状態として、表示部 4 4 3 を見て入力操作を行うことができる。

40

【 0 1 5 5 】

また、下部筐体 4 4 2 はキーボード 4 4 4 の他に入力操作を行うポインティングデバイス 4 4 6 を有する。また、表示部 4 4 3 をタッチ入力パネルとすれば、表示部の一部に触れることで入力操作を行うこともできる。また、下部筐体 4 4 2 は C P U やハードディスクなどの演算機能部を有している。また、下部筐体 4 4 2 は他の機器、例えば U S B の通信規格に準拠した通信ケーブルが差し込まれる外部接続ポート 4 4 5 を有している。

50

## 【 0 1 5 6 】

上部筐体 4 4 1 には更に上部筐体 4 4 1 内部にスライドさせて収納可能な表示部 4 4 7 を有しており、広い表示画面を実現することができる。また、収納可能な表示部 4 4 7 の画面の向きを使用者は調節できる。また、収納可能な表示部 4 4 7 をタッチ入力パネルとすれば、収納可能な表示部の一部に触れることで入力操作を行うこともできる。

## 【 0 1 5 7 】

表示部 4 4 3 または収納可能な表示部 4 4 7 は、液晶表示パネル、有機発光素子または無機発光素子などの発光表示パネルなどの映像表示装置を用いる。

## 【 0 1 5 8 】

また、図 6 の携帯型のコンピュータは、受信機などを備えた構成として、テレビ放送を受信して映像を表示部に表示することができる。また、上部筐体 4 4 1 と下部筐体 4 4 2 とを接続するヒンジユニットを閉状態としたまま、表示部 4 4 7 をスライドさせて画面全面を露出させ、画面角度を調節して使用者がテレビ放送を見ることが出来る。この場合には、ヒンジユニットを閉状態として表示部 4 4 3 を表示させず、さらにテレビ放送を表示するだけの回路の起動のみを行うため、最小限の消費電力とすることができ、バッテリー容量の限られている携帯型のコンピュータにおいて有用である。

## 【 符号の説明 】

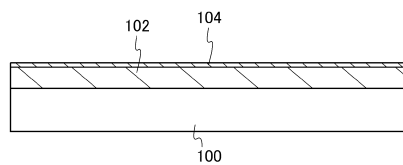
## 【 0 1 5 9 】

1 0 0	基板	
1 0 2	第 1 の下地膜	20
1 0 4	第 2 の下地膜	
1 0 6	酸化物半導体膜	
1 0 8	第 1 のマスク	
1 1 0	島状の酸化物半導体膜	
1 1 2	ゲート絶縁膜	
1 1 4	第 1 の導電膜	
1 1 6	第 2 のマスク	
1 1 8	ゲート電極	
1 2 0	第 1 の保護膜	
1 2 2	第 2 の保護膜	30
1 2 4 a	開口部	
1 2 4 b	開口部	
1 2 6	第 2 の導電膜	
1 2 8	第 3 のマスク	
1 3 0 a	ソース電極	
1 3 0 b	ドレイン電極	
2 0 0	曲線	
2 0 2	閉領域	
2 0 4	第 1 の接点	
2 0 6	第 2 の接点	40
2 0 8	直線	
3 0 0	電子書籍	
3 0 1	筐体	
3 0 3	筐体	
3 0 5	表示部	
3 0 6	光電変換装置	
3 0 7	表示部	
3 0 8	光電変換装置	
3 1 1	軸部	
3 2 1	電源	50

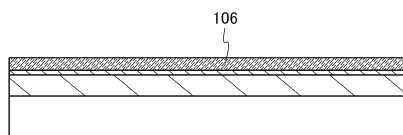
3 2 3	操作キー
3 2 5	スピーカ
4 0 0	テレビジョン装置
4 0 1	筐体
4 0 3	表示部
4 0 5	スタンド
4 0 7	表示部
4 0 9	操作キー
4 1 0	リモコン操作機
4 2 0	デジタルフォトフレーム
4 2 1	筐体
4 2 3	表示部
4 4 1	上部筐体
4 4 2	下部筐体
4 4 3	表示部
4 4 4	キーボード
4 4 5	外部接続ポート
4 4 6	ポインティングデバイス
4 4 7	表示部

【図 1】

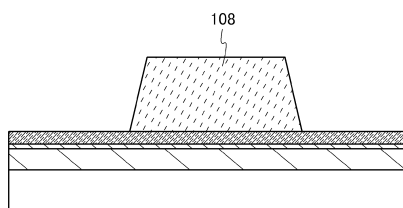
(A)



(B)

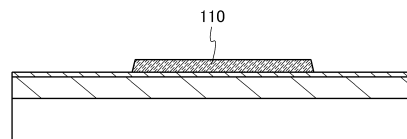


(C)

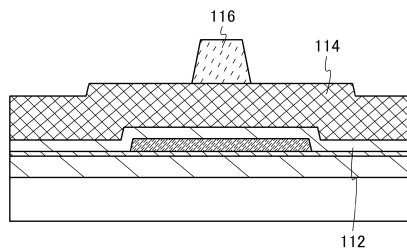


【図 2】

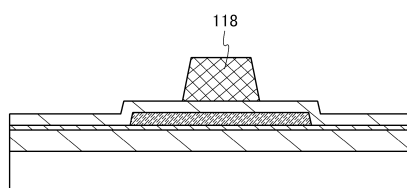
(A)



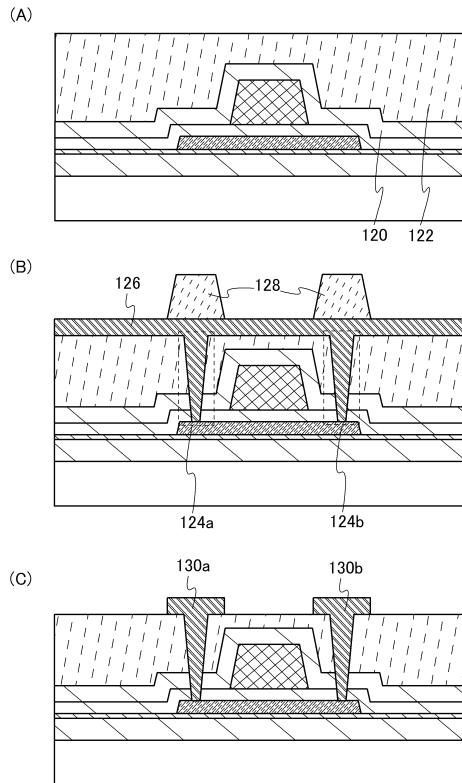
(B)



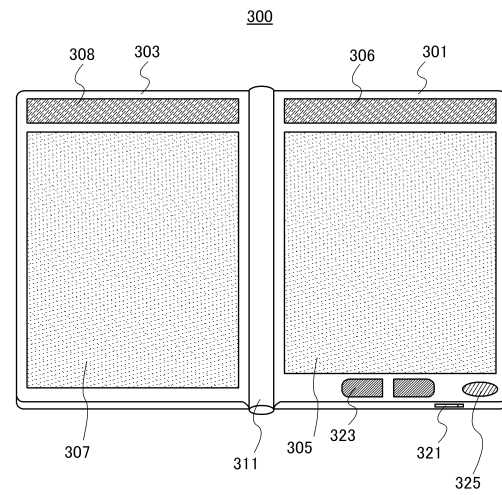
(C)



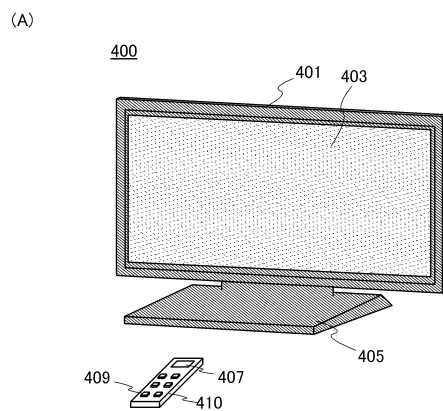
【図 3】



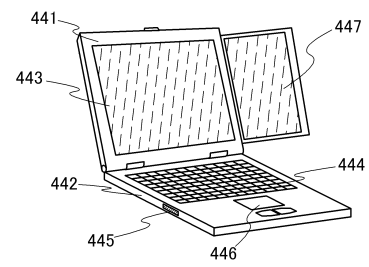
【図 4】



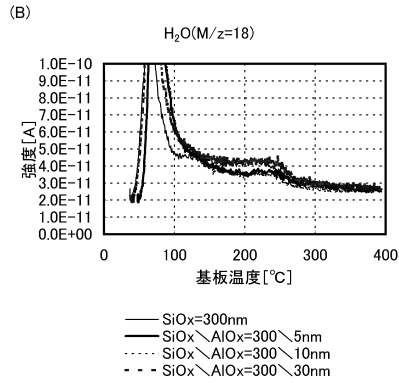
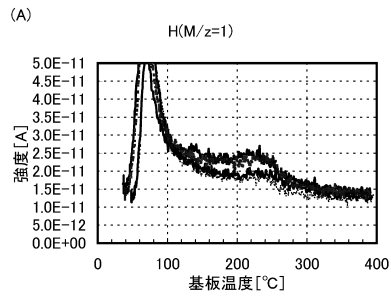
【図 5】



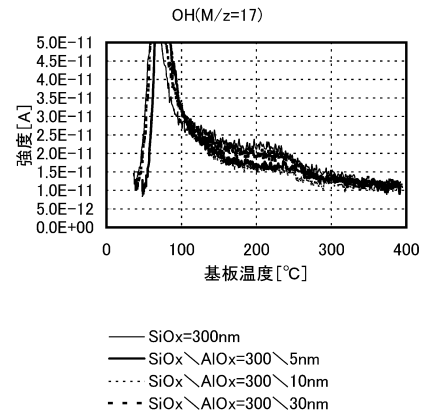
【図 6】



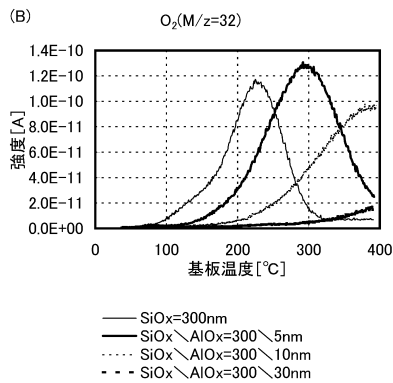
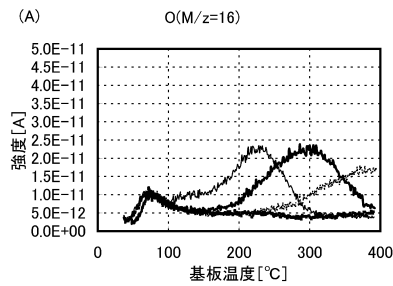
【図 7】



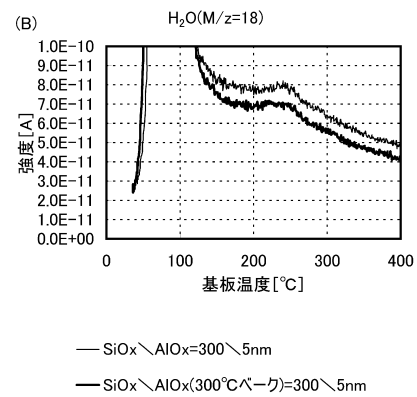
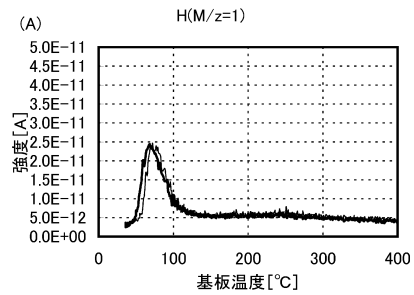
【図 8】



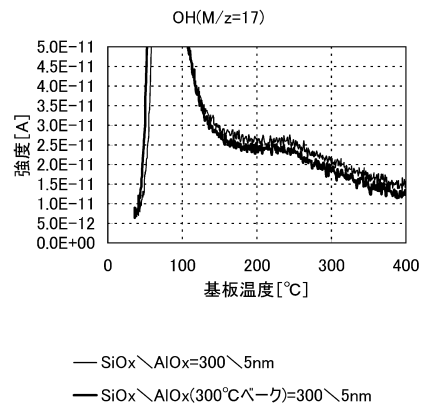
【図 9】



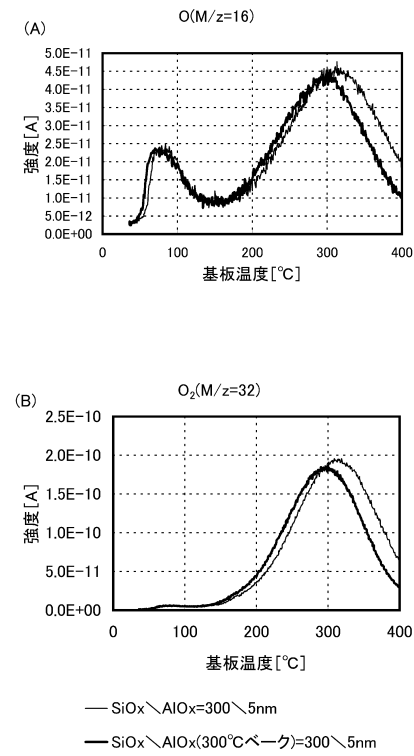
【図 10】



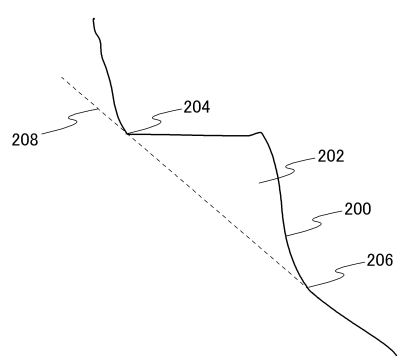
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-205987(JP,A)  
米国特許出願公開第2010/0224871(US,A1)  
特開2005-033172(JP,A)  
特開2010-272663(JP,A)  
米国特許出願公開第2010/0295037(US,A1)  
特開2010-114413(JP,A)  
米国特許出願公開第2011/0180802(US,A1)  
特開2011-029629(JP,A)  
米国特許出願公開第2011/0003430(US,A1)  
特開2010-080947(JP,A)  
米国特許出願公開第2010/0051940(US,A1)  
特開2009-135380(JP,A)  
米国特許出願公開第2010/0065837(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/336  
H01L 29/786