

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-142311

(P2011-142311A)

(43) 公開日 平成23年7月21日(2011.7.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 29/786 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 1 8 F	5 F 1 1 0
HO 1 L 21/336 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 1 8 B	
HO 1 L 21/324 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 2 7 F	
	HO 1 L 21/324 X	
	HO 1 L 29/78 6 1 8 G	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 42 頁)

(21) 出願番号 特願2010-273202 (P2010-273202)
 (22) 出願日 平成22年12月8日 (2010.12.8)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-281505 (P2009-281505)
 (32) 優先日 平成21年12月11日 (2009.12.11)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000153878
 株式会社半導体エネルギー研究所
 神奈川県厚木市長谷398番地
 (72) 発明者 坂田 淳一郎
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 丸山 哲紀
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 井本 裕己
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内

最終頁に続く

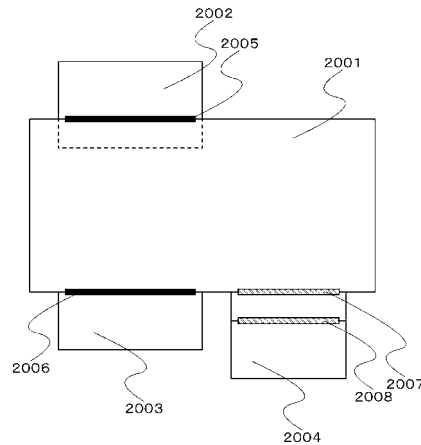
(54) 【発明の名称】 半導体装置及びその作製方法

(57) 【要約】

【課題】シリコン半導体の物性は解明されていることが多いが、酸化物半導体の物性は不明な点が多い。特に、不純物が酸化物半導体に及ぼす影響について未だ明らかにされていない。以上に鑑み、酸化物半導体層を用いた半導体装置の電気特性に影響を与える不純物を防止又は排除した構成を以下に開示する。

【解決手段】ゲート電極と、チャンネル形成領域を有する酸化物半導体層と、前記ゲート電極と前記酸化物半導体層との間に挟まれたゲート絶縁層と、を有し、前記チャンネル形成領域に含まれる窒素濃度は、 1×10^{20} atoms/cm³ 以下である半導体装置である。

【選択図】 図9



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ゲート電極と、チャネル形成領域を有する酸化物半導体層と、前記ゲート電極と前記酸化物半導体層との間に挟まれたゲート絶縁層と、を有し、
前記チャネル形成領域に含まれる窒素濃度は、 1×10^{20} atoms/cm³ 以下であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】

ゲート電極と、
前記ゲート電極上に設けられたゲート絶縁層と、
前記ゲート絶縁層上に設けられチャネル形成領域を有する酸化物半導体層と、
前記酸化物半導体層上に設けられた一对のコンタクト電極と、を有し、
前記チャネル形成領域に含まれる窒素濃度は、 1×10^{20} atoms/cm³ 以下であることを特徴とする半導体装置。

10

【請求項 3】

ゲート電極と、
前記ゲート電極上に設けられたゲート絶縁層と、
前記ゲート絶縁層上に設けられた一对のコンタクト電極と、
前記ゲート絶縁層上及び前記一对のコンタクト電極上に設けられチャネル形成領域を有する酸化物半導体層と、を有し、
前記チャネル形成領域に含まれる窒素濃度は、 1×10^{20} atoms/cm³ 以下であることを特徴とする半導体装置。

20

【請求項 4】

ゲート電極と、
前記ゲート電極上に設けられたゲート絶縁層と、
前記ゲート絶縁層上に設けられチャネル形成領域を有する酸化物半導体層と、
前記酸化物半導体層上に設けられたチャネル保護層と、
前記酸化物半導体層上及び前記チャネル保護層上に設けられた一对のコンタクト電極と、を有し、
前記チャネル形成領域に含まれる窒素濃度は、 1×10^{20} atoms/cm³ 以下であることを特徴とする半導体装置。

30

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項において、
前記チャネル形成領域に含まれる水素濃度は、 6×10^{18} atoms/cm³ 以下であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 6】

ゲート電極と、酸化物半導体層と、前記ゲート電極と前記酸化物半導体層との間に挟まれたゲート絶縁層と、を有する半導体装置の作製方法であって、
窒素濃度が 1×10^{20} atoms/cm³ 以下である前記酸化物半導体層を 350 以上且つ 1 時間以上で加熱処理を行う工程を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

40

【請求項 7】

ゲート電極と、酸化物半導体層と、前記ゲート電極と前記酸化物半導体層との間に挟まれたゲート絶縁層と、を有する半導体装置の作製方法であって、
窒素濃度が 1×10^{20} atoms/cm³ 以下である前記酸化物半導体層を 450 以上且つ 1 時間以上で加熱処理を行う工程を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 8】

ゲート電極と、酸化物半導体層と、前記ゲート電極と前記酸化物半導体層との間に挟まれたゲート絶縁層と、を有する半導体装置の作製方法であって、
窒素濃度が 1×10^{20} atoms/cm³ 以下である前記酸化物半導体層を 550

50

以上且つ1時間以上で加熱処理を行う工程を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項9】

ゲート電極と、酸化物半導体層と、前記ゲート電極と前記酸化物半導体層との間に挟まれたゲート絶縁層と、を有する半導体装置の作製方法であって、

窒素濃度が $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以下である前記酸化物半導体層を650以上且つ3分以上で加熱処理を行う工程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】

10

【0001】

本発明は酸化物半導体に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、酸化物半導体を用いた半導体装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2007-123861号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

シリコン半導体の物性は解明されていることが多いが、酸化物半導体の物性は不明な点が多い。

【0005】

特に、不純物が酸化物半導体に及ぼす影響について未だ明らかにされていない。

【0006】

以上に鑑み、酸化物半導体層を用いた半導体装置の電気特性に影響を与える不純物を防止又は排除した構成を以下に開示する。

【課題を解決するための手段】

30

【0007】

まず、酸化物半導体層のキャリアの要因は2つある。

【0008】

一つ目は、酸化物半導体層中の酸素欠損に起因するキャリアである。

【0009】

二つ目は、酸化物半導体層中のドナー元素又はアクセプター元素に起因するキャリアである。

【0010】

そして、水素元素は酸化物半導体層中においてキャリア(ドナー)となる。

【0011】

40

また、水素元素は還元性を有するので酸素欠損を誘発する元素でもある。

【0012】

よって、水素元素はキャリアを誘発する2つの要因を双方有しているため、水素元素を含む物質は酸化物半導体層を高純度化してI型に近づけることを妨げる元素であるといえる。これは本発明者らが研究により見出した新規な知見である。

【0013】

なお、水素元素を含む物質とは、例えば、水素、水分、水酸化物、水素化物等である。

【0014】

ここで本発明者らが研究を進めた結果、驚くべきことに窒素が酸化物半導体層中に多量に含有されていると、水素が酸化物半導体層中に侵入しやすくなることを見出した。

50

【0015】

逆にいえば、窒素濃度を低減させた酸化物半導体層は、水素が侵入しにくい酸化物半導体層であるといえる。

【0016】

具体的には、二次イオン質量分析法 (SIMS: Secondary Ion Mass Spectrometry) で計測した酸化物半導体層中の窒素濃度を 1×10^{20} atoms/cm³ 以下 (又は、 1×10^{20} atoms/cm³ 未満) とすることによって、水素が侵入しにくい酸化物半導体層を形成することができる。

【0017】

つまり、ゲート電極と、チャンネル形成領域を有する酸化物半導体層と、前記ゲート電極と前記酸化物半導体層との間に挟まれたゲート絶縁層と、を有し、前記チャンネル形成領域に含まれる窒素濃度は、 1×10^{20} atoms/cm³ 以下である半導体装置を提供することができる。

10

【0018】

または、ゲート電極と、前記ゲート電極上に設けられたゲート絶縁層と、前記ゲート絶縁層上に設けられチャンネル形成領域を有する酸化物半導体層と、前記酸化物半導体層上に設けられた一对のコンタクト電極と、を有し、前記チャンネル形成領域に含まれる窒素濃度は、 1×10^{20} atoms/cm³ 以下である半導体装置を提供することができる。

【0019】

または、ゲート電極と、前記ゲート電極上に設けられたゲート絶縁層と、前記ゲート絶縁層上に設けられた一对のコンタクト電極と、前記ゲート絶縁層上及び前記一对のコンタクト電極上に設けられチャンネル形成領域を有する酸化物半導体層と、を有し、前記チャンネル形成領域に含まれる窒素濃度は、 1×10^{20} atoms/cm³ 以下である半導体装置を提供することができる。

20

【0020】

または、ゲート電極と、前記ゲート電極上に設けられたゲート絶縁層と、前記ゲート絶縁層上に設けられチャンネル形成領域を有する酸化物半導体層と、前記酸化物半導体層上に設けられたチャンネル保護層と、前記酸化物半導体層上及び前記チャンネル保護層上に設けられた一对のコンタクト電極と、を有し、前記チャンネル形成領域に含まれる窒素濃度は、 1×10^{20} atoms/cm³ 以下である半導体装置を提供することができる。

30

【0021】

または、上記半導体装置において、前記チャンネル形成領域に含まれる水素濃度が 6×10^{18} atoms/cm³ 以下である半導体装置を提供することができる。

【0022】

または、ゲート電極と、酸化物半導体層と、前記ゲート電極と前記酸化物半導体層との間に挟まれたゲート絶縁層と、を有する半導体装置の作製方法であって、窒素濃度が 1×10^{20} atoms/cm³ 以下である前記酸化物半導体層を 350 以上且つ 1 時間以上で加熱処理を行う工程を有する半導体装置の作製方法を提供することができる。

【0023】

または、ゲート電極と、酸化物半導体層と、前記ゲート電極と前記酸化物半導体層との間に挟まれたゲート絶縁層と、を有する半導体装置の作製方法であって、窒素濃度が 1×10^{20} atoms/cm³ 以下である前記酸化物半導体層を 450 以上且つ 1 時間以上で加熱処理を行う工程を有する半導体装置の作製方法を提供することができる。

40

【0024】

または、ゲート電極と、酸化物半導体層と、前記ゲート電極と前記酸化物半導体層との間に挟まれたゲート絶縁層と、を有する半導体装置の作製方法であって、窒素濃度が 1×10^{20} atoms/cm³ 以下である前記酸化物半導体層を 550 以上且つ 1 時間以上で加熱処理を行う工程を有する半導体装置の作製方法を提供することができる。

【0025】

または、ゲート電極と、酸化物半導体層と、前記ゲート電極と前記酸化物半導体層との

50

間に挟まれたゲート絶縁層と、を有する半導体装置の作製方法であって、窒素濃度が 1×10^{20} atoms/cm³ 以下である前記酸化物半導体層を 650 以上且つ 3 分以上で加熱処理を行う工程を有する半導体装置の作製方法を提供することができる。

【発明の効果】

【0026】

酸化物半導体層中の窒素濃度を低減させることによって、水素が侵入しにくい酸化物半導体層を形成することができる。

【0027】

つまり、酸化物半導体層中の窒素濃度を低減させることによって、水素が酸化物半導体層中に侵入することを防止することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】半導体装置の作製方法の一例

【図2】半導体装置の作製方法の一例

【図3】半導体装置の作製方法の一例

【図4】半導体装置の一例

【図5】半導体装置の作製方法の一例

【図6】半導体装置の作製方法の一例

【図7】半導体装置の作製方法の一例

【図8】半導体装置の作製方法の一例

20

【図9】スパッタ装置の一例

【図10】SIMSデータ

【図11】SIMSデータ

【図12】SIMSデータ

【図13】SIMSデータ

【図14】TDSデータ

【図15】半導体装置の一例

【図16】TEM写真

【発明を実施するための形態】

【0029】

30

実施の形態及び実施例について、図面を用いて詳細に説明する。

【0030】

但し、発明の趣旨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。

【0031】

従って、発明の範囲は以下に示す実施の形態及び実施例の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0032】

なお、以下に説明する構成において、同一部分又は同様な機能を有する部分には同一の符号を異なる図面間で共通して用い、その繰り返しの説明は省略する。

40

【0033】

また、以下の実施の形態及び実施例は、いくつかを適宜組み合わせる実施することができる。

【0034】

(実施の形態1)

半導体装置の作製方法の一例について説明する。

【0035】

まず、絶縁表面を有する基板 100 上にゲート電極 200 を形成し、ゲート電極 200 上にゲート絶縁層 300 を形成し、ゲート絶縁層 300 上に酸化物半導体層 400 を形成する(図1(A))。

50

【0036】

基板は、どのような材料でも良い。例えば、ガラス基板、石英基板、金属基板、プラスチック基板、半導体基板等を用いることができるがこれらに限定されない。

【0037】

基板として絶縁性の基板を用いる場合は、絶縁表面を有しているといえる。

【0038】

一方、基板として金属基板、半導体基板等を用いる場合は、基板上に下地絶縁層を形成することにより、絶縁表面を形成することができる。

【0039】

なお、基板として絶縁性の基板を用いる場合にも、基板上に下地絶縁層を形成しても良い。

10

【0040】

ゲート電極は導電性を有していればどのような材料でも用いることができる。例えば、アルミニウム、チタン、モリブデン、タングステン、金、銀、銅、シリコン、様々な合金、酸化物導電層（代表的にはインジウム錫酸化物等）等を用いることができるがこれらに限定されない。ゲート電極は、単層構造でも積層構造でも良い。

【0041】

ゲート絶縁層は、絶縁性を有していればどのような材料でも用いることができる。例えば、酸化珪素膜、窒化珪素膜、窒素を含む酸化珪素膜、酸素を含む窒化珪素膜、窒化アルミニウム膜、酸化アルミニウム膜、酸化ハフニウム膜等を用いることができるがこれらに

20

【0042】

但し、酸化物半導体層へのキャリア注入を防止するためゲート絶縁層として水素含有量及び窒素含有量が少ない膜とすることが好ましい。

【0043】

水素含有量の少ないゲート絶縁層は、成膜ガスとして水素（H）又は水素化物（例えば、 SiH_4 等）を含ませないで形成することが好ましい。

【0044】

窒素含有量の少ないゲート絶縁層は、成膜ガスとして窒素（N）又は窒素化物（例えば、 N_2O 、 NH_4 等）を含ませないで形成することが好ましい。

30

【0045】

したがって、水素含有量が少ないという点に着目すると、プラズマCVD法は水素化物（例えば、 SiH_4 等）を用いるので、スパッタ法により形成したゲート絶縁膜が好ましい。

【0046】

また、窒素含有量が少ないという点に着目すると、窒素を含まない酸化膜の方が好ましい。

【0047】

但し、プラズマCVD法で形成したゲート絶縁層はスパッタ法で形成したゲート絶縁層よりも欠陥が少なく膜質に優れる。

40

【0048】

そのため、プラズマCVD法で形成したゲート絶縁層を用いた方がトランジスタの特性が高い場合もある。

【0049】

よって、プラズマCVD法、スパッタ法、又は他の方法を必要に応じて適宜使い分ければ良い。

【0050】

なお、プラズマCVD法で形成したゲート絶縁層を用いる場合、加熱処理を行えば水素元素を含む物質がゲート絶縁層から離脱するため、プラズマCVD法を用いるときはゲート絶縁層形成後に加熱処理（200 以上1000 以下（好ましくは300 以上80

50

0 以下)) を行うことが好ましい。

【0051】

なお、水素元素を含む物質とは、例えば、水素、水分、水酸化物、水素化物等である。

【0052】

酸化物半導体層は、例えば In - Ga - Zn - O系酸化物（インジウムとガリウムと亜鉛と酸素とを主成分とする）、In - Sn - Zn - O系酸化物（インジウムと錫と亜鉛と酸素とを主成分とする）、In - Al - Zn - O系酸化物（インジウムとアルミニウムと亜鉛と酸素とを主成分とする）、Sn - Ga - Zn - O系酸化物（錫とガリウムと亜鉛と酸素とを主成分とする）、Al - Ga - Zn - O系酸化物（アルミニウムとガリウムと亜鉛と酸素とを主成分とする）、Sn - Al - Zn - O系酸化物（錫とアルミニウムと亜鉛と酸素とを主成分とする）、In - Zn - O系酸化物（インジウムと亜鉛と酸素とを主成分とする）、Sn - Zn - O系酸化物（錫と亜鉛と酸素とを主成分とする）、Al - Zn - O系酸化物（アルミニウムと亜鉛と酸素とを主成分とする）、In - O系酸化物（インジウム酸化物（酸化インジウム））、Sn - O系酸化物（錫酸化物（酸化錫））、Zn - O系酸化物（亜鉛酸化物（酸化亜鉛））等の酸化物半導体を用いることができるがこれらに限定されない。

10

【0053】

酸化物半導体層は、例えば、スパッタ法、蒸着法等で形成することができる。

【0054】

酸化物半導体層の膜厚は、5 nm ~ 1 μm（好ましくは20 ~ 80 nm）が好ましい。

20

【0055】

酸化物半導体層を形成する場合、酸化物半導体層中に窒素が含まれないように充分注意する。

【0056】

具体的には、成膜時の酸化物半導体層の窒素濃度は、二次イオン質量分析法（SIMS : Secondary Ion Mass Spectrometry）で計測した窒素濃度が 1×10^{20} atoms / cm³ 以下（又は、 1×10^{20} atoms / cm³ 未満）、 5×10^{19} atoms / cm³ 以下（又は、 5×10^{19} atoms / cm³ 未満）、 1×10^{19} atoms / cm³ 以下（又は、 1×10^{19} atoms / cm³ 未満）、 5×10^{18} atoms / cm³ 以下（又は、 5×10^{18} atoms / cm³ 未満）、若しくは、 1×10^{18} atoms / cm³ 以下（又は、 1×10^{18} atoms / cm³ 未満）が好ましい。

30

【0057】

なお、酸化物半導体層に加熱処理を行っても酸化物半導体層中に窒素が侵入しにくい傾向がある。

【0058】

したがって、半導体装置が完成した後の酸化物半導体層の窒素濃度も、二次イオン質量分析法（SIMS : Secondary Ion Mass Spectrometry）で計測した窒素濃度が 1×10^{20} atoms / cm³ 以下（又は、 1×10^{20} atoms / cm³ 未満）、 5×10^{19} atoms / cm³ 以下（又は、 5×10^{19} atoms / cm³ 未満）、 1×10^{19} atoms / cm³ 以下（又は、 1×10^{19} atoms / cm³ 未満）、 5×10^{18} atoms / cm³ 以下（又は、 5×10^{18} atoms / cm³ 未満）、若しくは、 1×10^{18} atoms / cm³ 以下（又は、 1×10^{18} atoms / cm³ 未満）が好ましい。

40

【0059】

なお、窒素濃度の値は、二次イオン質量分析法（SIMS : Secondary Ion Mass Spectrometry）の有効範囲内における平均値を採用できる。

【0060】

また、窒素濃度の値は、二次イオン質量分析法（SIMS : Secondary Ion Mass Spectrometry）の有効範囲内における最大値も採用できる。

50

(有効範囲内における最大値が所定の値より小さければ、有効範囲内における平均値も該所定の値よりも小さくなる。)

【0061】

ここで、スパッタ装置の一例を図9に示す。

【0062】

図9のスパッタ装置は、成膜室2001、蓋2002、ターゲット2003、ポンプ2004を有する。

【0063】

なお、蓋2002に基板を設置して、ターゲット2003をスパッタリングして成膜を行う構成になっている。

【0064】

成膜室2001と蓋2002とは連結されており、連結部にはリング2005が設けられている。

【0065】

成膜室2001とターゲット2003とは連結されており、連結部にはリング2006が設けられている。

【0066】

成膜室2001とポンプ2004とは連結されており、連結部にはメタルガスケット2007及びメタルガスケット2008が設けられている。

【0067】

リング及びメタルガスケットは、いずれも連結部のリークを防止する部材である。つまり、リング及びメタルガスケットにより大気(特に窒素)が成膜室2001へ侵入してしまうことを防止している。

【0068】

リングは、環状のパッキンである。材質は例えばゴム等である。

【0069】

メタルガスケットは、環状の固定用シール材である。材質は例えば金属等である。

【0070】

蓋2002及びターゲット2003は頻繁に開閉されるため着脱が容易なリングを用いている。

【0071】

一方、ポンプは開閉の頻度が非常に稀であるため着脱が困難であるがリングよりも気密性を向上できるメタルガスケットを設けている。

【0072】

よって、リング又はメタルガスケットに傷、ヒビ等がある場合は、リークが生じてしまうので、成膜室2001内に成膜室2001外の大気が侵入してしまう。

【0073】

大気は多量に窒素を含んでいるので、リング又はメタルガスケットに傷、ヒビ等がないように常に留意し、リング又はメタルガスケットに起因する大気(特に窒素)が成膜室2001へ侵入してしまうことを防止する必要がある。

【0074】

また、メンテナンスの手間が増えるが、リングを全て気密性の高いメタルガスケットに置換することも大気(特に窒素)が成膜室2001へ侵入してしまうことを防止する上では有効である。

【0075】

一方、大気(特に窒素)が成膜室2001へ侵入してしまうことを防止しても、成膜室2001の内壁、ターゲット2003表面に窒素が付着又は侵入している場合、若しくは、成膜室2001内に窒素が浮遊している場合は酸化物半導体層中に窒素が混入してしまう場合がある。

【0076】

10

20

30

40

50

そこで、成膜室の内壁に付着又は侵入している窒素を除去するために成膜室を200以上500以下の温度で加熱する。

【0077】

成膜室の加熱によって、成膜室の内壁に付着又は侵入している窒素が成膜室内に放出される。

【0078】

そして、ポンプ2004を用いて成膜室の加熱によって放出された窒素が排気されることによって、成膜室の内壁に付着又は侵入している窒素を除去できる。

【0079】

さらに、成膜室の加熱処理及び排気処理を行った後であって、半導体装置に用いる酸化物半導体層を成膜する前にダミー基板に酸化物半導体層を成膜する処理を行うことが好ましい。

10

【0080】

ダミー基板に酸化物半導体層を成膜する処理を行えば、ターゲット表面に付着又は侵入している窒素を除去できる。

【0081】

また、ダミー基板に酸化物半導体層を成膜する処理によって成膜室内に残存した窒素がダミー基板上の酸化物半導体層に取り込まれるため、半導体装置に用いる酸化物半導体層を成膜する前に成膜室内に残存した窒素を除去できることになる。

【0082】

20

その後、ダミー基板を取り出して、半導体装置に用いる酸化物半導体層を成膜する。

【0083】

なお、ダミー基板への成膜は複数回行った方が効果が高い。

【0084】

以上のように、成膜室のリークの低減、成膜室の内壁の窒素の低減、ダミー基板への成膜等を充分行うことによって、窒素が酸化物半導体層中に混入することを徹底的に排除することができる。

【0085】

次に、フォトリソグラフィ法を用いて酸化物半導体層400を島状にエッチングして酸化物半導体層410を形成する(図1(B))。

30

【0086】

次に、酸化物半導体層の第1の加熱処理(X以上Y未満)を行う。

【0087】

第1の加熱処理の雰囲気は、窒素雰囲気、希ガス雰囲気、酸素雰囲気、酸素と窒素を含む雰囲気、酸素と希ガスを含む雰囲気、窒素と希ガスを含む雰囲気、酸素と窒素と希ガスを含む雰囲気等から適宜選択できる。

【0088】

第1の加熱処理は酸化物半導体層400を島状にエッチングして酸化物半導体層410を形成する前に行っても良い。

【0089】

40

一方、フォトリソグラフィ法を用いて酸化物半導体層400を島状にエッチングして酸化物半導体層410を形成する工程で酸化物半導体層がフォトレジスト並びに剥離液の水分に曝される。

【0090】

したがって、フォトレジスト並びに剥離液に起因する水分を除去するため、酸化物半導体層400を島状にエッチングして酸化物半導体層410を形成した後に第1の加熱処理を行った方が好ましいといえる。

【0091】

第1の加熱処理の下限値(X)は、350以上(又は350超過)、400以上(又は400超過)、450以上(又は450超過)、500以上(又は50

50

0 超過)、550 以上(又は550 超過)、600 以上(又は600 超過)、650 以上(又は650 超過)、700 以上(又は700 超過)、750 以上(又は750 超過)から選ぶことができる。

【0092】

第1の加熱処理は、炉、オーブン、ガスRTA等を用いる加熱方法を用いることが好ましい。

【0093】

ガスRTAとは、高温に暖めたガス内に被処理物を短時間(数分~数十分)入れることにより急速に被処理物を加熱する方式をいう。

【0094】

第1の加熱処理の温度は高い方が好ましいので特に上限を設ける必要はない。

【0095】

但し、第1の加熱処理の上限値(Y)は、基板の耐熱性温度よりも低い温度であると好ましい。

【0096】

また、第1の加熱処理の上限値(Y)を、1000 以下(又は1000 未満)、900 以下(又は900 未満)、800 以下(又は800 未満)、700 以下(又は700 未満)から選ぶこともできる。

【0097】

第1の加熱処理の時間は1時間以上が好ましい。上限は特に限定されないが、処理時間削減の観点から10時間以下、9時間以下、8時間以下から選ぶことができる。

【0098】

第1の加熱処理の時間をガスRTAで行う場合は3分以上が好ましい。上限は特に限定されないが、処理時間削減の観点から1時間以下、50分以下、40分以下から選ぶことができる。

【0099】

なお、昇温脱離ガス分析法(TDS:Thermal Desorption Spectroscopy)で測定したところ、450、1時間のベークを行ったサンプルは300 付近の水分のピークがなくなっていた。ガスRTAで650、3分でベークを行ったサンプルも300 付近の水分のピークがなくなっていた。一方、350、1時間のベークを行ったサンプルは300 付近の水分のピークが残存していた。

【0100】

また、二次イオン質量分析法(SIMS:Secondary Ion Mass Spectrometry)で測定したところ、550、1時間のベークを行ったサンプルは、450、1時間のベークを行ったサンプルと比較して、1桁近く水素濃度が減少していた。

【0101】

つまり、窒素濃度を低減した酸化物半導体層に所定条件の第1の加熱処理を加えることによって、トランジスタの電気特性に悪影響を与える水素元素を含む物質を激減させることができることがわかった。

【0102】

なお、酸化物半導体に与えられるエネルギーが大きいほど水素元素を含む物質が離脱しやすくなるので、加熱温度は高い方が好ましく、加熱時間も多い方が好ましい。

【0103】

第1の加熱処理後の酸化物半導体層の水素濃度は、 6×10^{18} atoms/cm³ 以下(又は、 6×10^{18} atoms/cm³ 未満)、 5×10^{18} atoms/cm³ 以下(又は、 5×10^{18} atoms/cm³ 未満)、 4×10^{18} atoms/cm³ 以下(又は、 4×10^{18} atoms/cm³ 未満)、 3×10^{18} atoms/cm³ 以下(又は、 3×10^{18} atoms/cm³ 未満)、 1×10^{16} atoms/cm³ 以下(又は、 1×10^{16} atoms/cm³ 未満)、 1×10^{14} atoms/cm³ 以

10

20

30

40

50

下（又は、 1×10^{14} atoms/cm³ 未満）、若しくは、 1×10^{12} atoms/cm³ 以下（又は、 1×10^{12} atoms/cm³ 未満）が好ましい。

【0104】

なお、窒素濃度を低減した酸化物半導体層には、第1の加熱処理以降の工程において水素の侵入を防止することができる特性がある。

【0105】

よって、半導体装置が完成した後の酸化物半導体層の水素濃度も、 6×10^{18} atoms/cm³ 以下（又は、 6×10^{18} atoms/cm³ 未満）、 5×10^{18} atoms/cm³ 以下（又は、 5×10^{18} atoms/cm³ 未満）、 4×10^{18} atoms/cm³ 以下（又は、 4×10^{18} atoms/cm³ 未満）、 3×10^{18} atoms/cm³ 以下（又は、 3×10^{18} atoms/cm³ 未満）、 1×10^{16} atoms/cm³ 以下（又は、 1×10^{16} atoms/cm³ 未満）、 1×10^{14} atoms/cm³ 以下（又は、 1×10^{14} atoms/cm³ 未満）、若しくは、 1×10^{12} atoms/cm³ 以下（又は、 1×10^{12} atoms/cm³ 未満）が好ましい。

10

【0106】

なお、水素濃度の値は、二次イオン質量分析法（SIMS：Secondary Ion Mass Spectrometry）の有効範囲内における平均値を採用できる。

【0107】

また、水素濃度の値は、二次イオン質量分析法（SIMS：Secondary Ion Mass Spectrometry）の有効範囲内における最大値も採用できる。（有効範囲内における最大値が所定の値より小さければ、有効範囲内における平均値も該所定の値よりも小さくなる。）

20

【0108】

なお、酸化物半導体層中に含まれる水素元素を含む物質の量が少ないほど、酸化物半導体層を用いたトランジスタの電気特性は向上する。

【0109】

次に、酸化物半導体層410上に導電層500を形成する（図1（C））。

【0110】

導電層は導電性を有していればどのような材料でも用いることができる。例えば、アルミニウム、チタン、モリブデン、タングステン、イットリウム、インジウム、金、銀、銅、シリコン、これらの金属を含む様々な合金、酸化物導電層（代表的にはインジウム錫酸化物等）等を用いることができるがこれらに限定されない。導電層は、単層構造でも積層構造でも良い。

30

【0111】

なお、酸化物半導体層と接する導電層をチタン、インジウム、イットリウム、インジウムと亜鉛との合金、ガリウム合金（窒化ガリウム等）等とすることによって、導電層をエッチングして形成される電極（配線）と酸化物半導体層との接触抵抗を低減することができる。

【0112】

接触抵抗を低減することができる理由は、チタン、インジウム、イットリウム、インジウムと亜鉛との合金、ガリウム合金（窒化ガリウム等）等の電子親和力が、酸化物半導体層の電子親和力よりも低いからである。

40

【0113】

つまり、単層の場合には、酸化物半導体層の電子親和力より低い金属（又は合金、化合物）が好ましい。

【0114】

一方、積層の場合には、酸化物半導体層の電子親和力より低い金属（又は合金、化合物）を酸化物半導体層と接する位置に配置することが好ましい。

【0115】

50

チタン (Ti)、インジウム (In)、イットリウム (Y)、インジウム (In) と亜鉛 (Zn) との合金、ガリウム (Ga) 合金 (窒化ガリウム等) 等は抵抗率が高いので、アルミニウム (Al)、金 (Au)、銀 (Ag)、銅 (Cu)、これらの金属を含む様々な合金等の抵抗率の低い材料を酸化物半導体層と接する位置に配置された導電層上に積層することが好ましい。

【0116】

具体的には、Ti、Alを順次積層した構造、Ti、Al合金を順次積層した構造、Y、Alを順次積層した構造、Y、Al合金を順次積層した構造、Ti、Al、Tiを順次積層した構造、Ti、Al合金、Tiを順次積層した構造、In、Al、Moを順次積層した構造、Y、Al、Tiを順次積層した構造、Mo、Al、Tiを順次積層した構造、Ti、Al合金、Mo、Tiを順次積層した構造等の多くのバリエーションがあるがこれらに限定されない。

10

【0117】

なお、抵抗率の低い合金としては、アルミニウム、金、銀、銅等と、他の物質と、の合金をいう。(例えば、Al-Si、Al-Ti、Al-Nd、Cu-Pb-Fe、Cu-Ni等)

【0118】

なお、酸化物導電層の材料として酸化物半導体層と同様の材料を用いることができる。

【0119】

酸化物導電層はチャネル形成領域に用いる酸化物半導体層よりも抵抗率が低ければ良い。

20

【0120】

ここで、酸化物導電層は、水素元素を含む物質又は酸素欠損を意図的に多く含有させた酸化物である。水素元素を含む物質及び酸素欠損はキャリアを誘発するので酸化物の導電性を上昇させることができる。

【0121】

また、酸化物半導体層は、水素元素を含む物質又は酸素欠損を意図的には含有させていない酸化物である。

【0122】

つまり、酸化物半導体層中の水素元素を含む物質の含有量の調整又は酸素欠損の調整により抵抗率の調整が可能である。

30

【0123】

なお、酸化物導電層とチャネル形成領域に用いる酸化物半導体層との材料が異なることに起因して、酸化物導電層がチャネル形成領域に用いる酸化物半導体層よりも抵抗率が低くなるのであれば、酸化物半導体層中の水素元素を含む物質の含有量の調整又は酸素欠損の調整による抵抗率の調整は不要である。

【0124】

次に、導電層500をエッチングして複数の電極又は複数の配線(ソース電極(コンタクト電極)、ドレイン電極(コンタクト電極)、配線等)を形成する(図2(A))。なお、図2(A)はコンタクト電極510、コンタクト電極520等を図示している。

40

【0125】

図2(A)の工程によりトランジスタが完成する(チャネルエッチ型トランジスタ)。

【0126】

なお、図2の破線8000の部分は導電層500のエッチング時に若干エッチングされる。

【0127】

破線8000の部分は、チャネル形成領域の裏側に配置されているためバックチャネルと呼ばれる。

【0128】

次に、トランジスタを覆う絶縁層600(保護膜、層間絶縁膜)を形成する(図2(B)

50

))。

【0129】

絶縁層は絶縁性を有していればどのような材料でも用いることができる。例えば、酸化珪素膜、窒化珪素膜、窒素を含む酸化珪素膜、酸素を含む窒化珪素膜、窒化アルミニウム膜、酸化アルミニウム膜、シロキサン膜、アクリル膜、ポリイミド膜等を用いることができるがこれらに限定されない。層間絶縁膜は、単層構造でも積層構造でも良い。

【0130】

ここで、絶縁層の種類を変えてトランジスタの電気特性を比較したところ、バックチャネル(破線8000の部分)と接する部分の絶縁層はスパッタガスとして水素元素を含む物質を用いないで形成した膜が良いことが判明した。

10

【0131】

バックチャネルに水素元素を含む物質が含まれると、トランジスタの閾値電圧(V_{th})がマイナス側にシフトする。

【0132】

よって、プラズマCVD法では水素元素を含むガス(代表的には SiH_4 等)を用いているので、プラズマCVD法で絶縁層を形成するとバックチャネルに水素元素を含む物質が添加されてしまう。

【0133】

また、シロキサン膜、アクリル膜、ポリイミド膜等は水分を多量に含有しているため、バックチャネルに水素元素を含む物質が常に供給された状態となってしまう。

20

【0134】

よって、バックチャネルと接する絶縁層は水素元素を含む物質の含有量が少ない膜を用いることが好ましいといえる。

【0135】

なお、図2(B)の工程は、コンタクト電極510上、コンタクト電極520上、バックチャネル(破線8000の部分)上に絶縁層600を形成する工程ともいえる。

【0136】

図2(B)の工程の後、絶縁層600にコンタクトホールを形成し、絶縁層600上に配線810、配線820等を形成しても良い(図3(A))。

【0137】

図2(B)の工程の後、絶縁層600にコンタクトホールを形成し、絶縁層600上に画素電極910を形成しても良い(図3(B))。

30

【0138】

図3(A)のように絶縁層600上に配線を形成した後、配線上に更に絶縁層、配線、トランジスタ、表示素子、又はアンテナ等を形成しても良い。

【0139】

図3(B)のように画素電極910を形成した後、表示素子(EL素子、液晶素子等)を形成することによって、表示装置を形成することができる。

【0140】

また、図3(A)の工程又は図3(B)の工程の後、第2の加熱処理を行うことが好ましい。

40

【0141】

図2(B)の工程と、図3(A)の工程又は図3(B)の工程と、の間に第2の加熱処理を行っても良い。

【0142】

つまり、第2の加熱処理は絶縁層600形成後であればいつ行っても良い。

【0143】

第2の加熱処理の加熱温度は150 以上500 以下(好ましくは200 以上300 以下)が好ましい。

【0144】

50

第2の加熱処理の加熱時間は1時間以上10時間以下が好ましい。

【0145】

第2の加熱処理は、炉、オープン、ガスRTA等を用いることが好ましい。

【0146】

ところで、先に行った第1の加熱処理により酸化物半導体層中の水素が放出されるとともに、酸化物半導体層中の酸素も放出される。

【0147】

つまり、第1の加熱処理によって酸化物半導体層中に酸素欠損が形成されている。

【0148】

そこで、第2の加熱処理を行う際、絶縁層を酸素過剰な状態にしておくことによって、酸化物半導体層中に酸素を供給することができるので、酸化物半導体層中の酸素欠損を低減することができる。

10

【0149】

酸素過剰な絶縁層の形成方法は、例えば、スパッタターゲットとして非酸化物ターゲット（珪素、アルミニウム等）を用い且つスパッタガスとして酸素を用いた反応性スパッタを行う場合において酸素流量を多くする方法、スパッタターゲットとして酸化物ターゲット（酸化珪素、酸化アルミニウム等）を用い且つスパッタガスとして酸素を用いる方法（酸化物ターゲットを用いる場合通常はスパッタガスとして酸素を用いない。）、絶縁層を形成後に絶縁層に酸素をイオン注入又はイオンドーピングする方法等を用いることができるがこれらに限定されない。（なお、反応性スパッタを行う場合、アルゴン等のガスを用いず酸素100%のスパッタガスとすることが好ましい。）

20

【0150】

つまり、絶縁層形成時の成膜ガスに酸素を用いる方法、絶縁層に事後的に酸素を添加する方法等を用いれば良い。勿論、絶縁層形成時の成膜ガスに酸素を用い、且つ、絶縁層に事後的に酸素を添加しても良い。

【0151】

なお、コンタクト電極としてチタンを用いている場合、絶縁層600を形成後、第2の加熱処理を行うことによって、酸化物半導体層とチタンとの間にチタン酸化物を形成することができる。

【0152】

そして、チタン酸化物を形成することによって、酸化物半導体層とチタンとの間のコンタクト抵抗を低減することができる。

30

【0153】

なお、酸化物半導体層とチタンとの間にチタン酸化物が存在すれば酸化物半導体層とチタンとの間のコンタクト抵抗を低減することができるため、コンタクト電極を形成する際にチタン酸化物とチタンとを順次積層した構造を形成しても良い。

【0154】

この場合、チタン酸化物はスパッタ法、蒸着法等により形成することができる。

【0155】

本実施の形態の内容の一部又は全部は、他の全ての実施の形態及び実施例と組み合わせで実施することができる。

40

【0156】

（実施の形態2）

本実施の形態では実施の形態1と異なる構造のトランジスタを有する半導体装置について説明する。

【0157】

なお、各層の材料等は実施の形態1と同様である。

【0158】

図4(A)のトランジスタはボトムゲートボトムコンタクト型(BGBC)であり、絶縁表面を有する基板100上に設けられたゲート電極200と、ゲート電極200上に設

50

けられたゲート絶縁層 300 と、ゲート絶縁層 300 上に設けられたコンタクト電極 510 及びコンタクト電極 520 と、ゲート絶縁層 300 上及びコンタクト電極 510 上及びコンタクト電極 520 上に設けられた酸化物半導体層 410 (島状) と、を有するトランジスタである。

【0159】

なお、トランジスタを覆う絶縁層 600 が設けられている。

【0160】

また、破線 8000 の部分がバックチャネルになる。

【0161】

図 4 (B) のトランジスタはトップゲート型のトランジスタであり、絶縁表面を有する基板 100 上に設けられた酸化物半導体層 410 (島状) と、酸化物半導体層 410 上に設けられたゲート絶縁層 300 と、ゲート絶縁層 300 上に設けられたゲート電極 200 とを有するトランジスタである。

10

【0162】

なお、トランジスタを覆う絶縁層 600 が設けられており、前記絶縁層に設けられたコンタクトホールを介して配線 810、配線 820、配線 830 が設けられている。

【0163】

図 4 (C) のトランジスタはチャンネルストップ型のトランジスタであり、絶縁表面を有する基板 100 上に設けられたゲート電極 200 と、ゲート電極 200 上に設けられたゲート絶縁層 300 と、ゲート絶縁層 300 上に設けられた酸化物半導体層 410 (島状) と、酸化物半導体層 410 上に設けられたチャンネル保護層 700 と、酸化物半導体層 410 上及びチャンネル保護層 700 上に設けられたコンタクト電極 510 及びコンタクト電極 520 と、を有するトランジスタである。

20

【0164】

なお、トランジスタを覆う絶縁層 600 が設けられている。

【0165】

また、破線 8000 の部分がバックチャネルになる。

【0166】

ここで、チャンネル保護層 700 の材料は、実施の形態 1 で説明した絶縁層 600 の材料と同様の材料を用いることができる。チャンネル保護層 700 と絶縁層 600 の材料は同じでも異なっても良い。

30

【0167】

そして、チャンネルストップ型のトランジスタにおいてバックチャネルと接する部分は絶縁層 600 ではなくチャンネル保護層 700 である。

【0168】

よって、チャンネル保護層 700 には水素元素を含む物質の含有量が少ない膜を用いることが好ましい。

【0169】

図 15 (A) のトランジスタはトップゲート型のトランジスタ (TGBC) であり、下地絶縁層 900 上に設けられたコンタクト電極 510 及びコンタクト電極 520 と、下地絶縁層 900 上及びコンタクト電極 510 上及びコンタクト電極 520 上に設けられた酸化物半導体層 410 (島状) と、酸化物半導体層 410 上に設けられたゲート絶縁層 300 と、ゲート絶縁層 300 上に設けられたゲート電極 200 とを有するトランジスタである。

40

【0170】

なお、下地絶縁層 900 は、基板 100 上に設けられている。

【0171】

また、トランジスタを覆う絶縁層 600 が設けられている。

【0172】

また、破線 8000 の部分がバックチャネルになる。

50

【0173】

ここで、下地絶縁層900の材料は、実施の形態1で説明した絶縁層600の材料と同様の材料を用いることができる。下地絶縁層900と絶縁層600の材料は同じでも異なっても良い。

【0174】

そして、トップゲート型のトランジスタにおいてバックチャネルと接する部分は絶縁層600ではなく下地絶縁層900である。

【0175】

よって、下地絶縁層900には水素元素を含む物質の含有量が少ない膜を用いることが好ましい。

10

【0176】

また、実施の形態1に記載した方法と同様の方法を用いて、下地絶縁層900を酸素過剰な絶縁層とすると好ましい。この場合、第1の加熱処理を行うと、酸化物半導体層から酸素が放出されると同時に、下地絶縁層から酸素が酸化物半導体層に供給されることになる。

【0177】

図15(B)のトランジスタはトップゲート型のトランジスタ(TGTC)であり、下地絶縁層900上に設けられた酸化物半導体層410(島状)と、酸化物半導体層410上及び下地絶縁層900上に設けられたコンタクト電極510及びコンタクト電極520と、酸化物半導体層上及びコンタクト電極510上及びコンタクト電極520上に設けられたゲート絶縁層300と、ゲート絶縁層300上に設けられたゲート電極200とを有するトランジスタである。

20

【0178】

なお、下地絶縁層900は、基板100上に設けられている。

【0179】

また、トランジスタを覆う絶縁層600が設けられている。

【0180】

また、破線8000の部分がバックチャネルになる。

【0181】

ここで、下地絶縁層900の材料は、実施の形態1で説明した絶縁層600の材料と同様の材料を用いることができる。下地絶縁層900と絶縁層600の材料は同じでも異なっても良い。

30

【0182】

そして、トップゲート型のトランジスタにおいてバックチャネルと接する部分は絶縁層600ではなく下地絶縁層900である。

【0183】

よって、下地絶縁層900には水素元素を含む物質の含有量が少ない膜を用いることが好ましい。

【0184】

なお、図4(B)のトランジスタでは、チャネル形成領域(ゲート電極と酸化物半導体層とが重なる領域)と、接触領域(配線と酸化物半導体が接触している領域)と、の間に数 μm のオフセット領域が形成されている。

40

【0185】

オフセット領域は、トランジスタのオフ電流を下げる点でメリットがあるが、トランジスタのオン電流も下げてしまうという点でデメリットがある。

【0186】

一方、図15(A)及び図15(B)では、図4(B)のようなオフセット領域が存在しないので、図4(B)と比較してトランジスタのオン電流を向上することができるというメリットがある。

【0187】

50

以上のように、トランジスタはどのような構造でも良い。

【0188】

つまり、トランジスタは、少なくともゲート電極と、酸化物半導体層と、前記ゲート電極と前記酸化物半導体層との間に挟まれたゲート絶縁層を有する構造であればどのような構造を用いても良い。

【0189】

また、第1のゲート電極と、第1のゲート電極上の第1のゲート絶縁層と、第1のゲート絶縁層上の酸化物半導体層と、酸化物半導体層上の第2のゲート絶縁層と、第2のゲート絶縁層上の第2のゲート電極と、を有するデュアルゲート型トランジスタを用いても良い。

10

【0190】

したがって、トランジスタの構造は、実施の形態1及び実施の形態2に列挙した構造に限定されないことを付言しておく。

【0191】

本実施の形態の内容の一部又は全部は、他の全ての実施の形態及び実施例と組み合わせる実施することができる。

【0192】

(実施の形態3)

図4(A)に示す半導体装置の作製方法の一例を示す。

【0193】

なお、材料、加熱処理条件等は他の実施の形態と同様である。

20

【0194】

絶縁表面を有する基板100上にゲート電極200を形成し、ゲート電極200上にゲート絶縁層300を形成し、ゲート絶縁層300上にコンタクト電極510及びコンタクト電極520を形成する(図5(A))。

【0195】

次に、ゲート絶縁層300上及びコンタクト電極510上及びコンタクト電極520上に酸化物半導体層400を形成する(図5(B))。

【0196】

次に、酸化物半導体層の第1の加熱処理を行う。

30

【0197】

第1の加熱処理の条件は実施の形態1と同様である。

【0198】

第1の加熱処理は酸化物半導体層400を島状にエッチングして酸化物半導体層410を形成した後に行っても良い。

【0199】

しかしながら、島状にエッチングして酸化物半導体層410を形成した後であると、コンタクト電極が露出している。

【0200】

コンタクト電極が露出した状態で第1の加熱処理を行うとコンタクト電極表面が酸化して表面の導電性が低下する。

40

【0201】

よって、コンタクト電極が酸化物半導体層400で覆われた状態で第1の加熱処理を行うことが好ましい。

【0202】

次に、酸化物半導体層400を島状にエッチングして酸化物半導体層410を形成し、トランジスタを覆う絶縁層600を形成する(図5(C))。

【0203】

なお、破線8000の部分がバックチャネルとなる。

【0204】

50

図5(C)の工程の後、絶縁層600にコンタクトホールを形成し、絶縁層600上に配線810、配線820等を形成しても良い(図6(A))。

【0205】

図5(C)の工程の後、絶縁層600にコンタクトホールを形成し、絶縁層600上に画素電極910を形成しても良い(図6(B))。

【0206】

図6(A)のように絶縁層600上に配線を形成した後、配線上に更に絶縁層、配線、トランジスタ、表示素子、又はアンテナ等を形成しても良い。

【0207】

図6(B)のように画素電極910を形成した後、表示素子(EL素子、液晶素子等)を形成することによって、表示装置を形成することができる。

10

【0208】

また、図6(A)の工程又は図6(B)の工程の後、第2の加熱処理を行うことが好ましい。

【0209】

なお、図5(C)の工程と、図6(A)の工程又は図6(B)の工程と、の間に第2の加熱処理を行っても良い。

【0210】

第2の加熱処理の条件は実施の形態1と同様である。

【0211】

本実施の形態の内容の一部又は全部は、他の全ての実施の形態及び実施例と組み合わせで実施することができる。

20

【0212】

(実施の形態4)

図4(C)に示す半導体装置の作製方法の一例を示す。

【0213】

なお、材料、加熱処理条件等は他の実施の形態と同様である。

【0214】

まず、実施の形態1と同様に図1(B)の構造を形成する。

【0215】

なお、実施の形態1と同様に第1の加熱処理もおこなっておく。

30

【0216】

次に、チャンネル保護層700(島状)を形成し、チャンネル保護層を覆う導電層500を形成する(図7(A))。

【0217】

次に、導電層500をエッチングしてコンタクト電極510及びコンタクト電極520を形成する(図7(B))。

【0218】

なお、破線8000の部分がバックチャンネルである。

【0219】

そして、チャンネル保護層700が存在することによって、コンタクト電極形成時にバックチャンネルがエッチングされないため、バックチャンネルのダメージを低減することができる。

40

【0220】

ここで、チャンネル保護層700の材料は、実施の形態1で説明した絶縁層600の材料と同様の材料を用いることができる。チャンネル保護層700と絶縁層600の材料は同じでも異なっても良い。

【0221】

そして、チャンネルストップ型のトランジスタにおいてバックチャンネルと接する部分は絶縁層600ではなくチャンネル保護層700である。

50

【0222】

よって、チャンネル保護層700は水素元素を含む物質の含有量が少ない膜を用いることが好ましい。

【0223】

また、実施の形態1に記載した方法と同様の方法を用いて、チャンネル保護層700を酸素過剰な絶縁層とすると好ましい。

【0224】

次に、トランジスタを覆う絶縁層600を形成する(図7(C))。

【0225】

図7(C)の工程の後、絶縁層600にコンタクトホールを形成し、絶縁層600上に配線810、配線820等を形成しても良い(図8(A))。

10

【0226】

図7(C)の工程の後、絶縁層600にコンタクトホールを形成し、絶縁層600上に画素電極910を形成しても良い(図8(B))。

【0227】

図8(A)のように絶縁層600上に配線を形成した後、配線上に更に絶縁層、配線、トランジスタ、表示素子、又はアンテナ等を形成しても良い。

【0228】

図8(B)のように画素電極910を形成した後、表示素子(EL素子、液晶素子等)を形成すると表示装置を形成することができる。

20

【0229】

また、図8(A)の工程又は図8(B)の工程の後、第2の加熱処理を行うことが好ましい。

【0230】

なお、図7(C)の工程と、図8(A)の工程又は図8(B)の工程と、の間に第2の加熱処理を行っても良い。

【0231】

第2の加熱処理の条件は実施の形態1と同様である。

【0232】

本実施の形態の内容の一部又は全部は、他の全ての実施の形態及び実施例と組み合わせ

30

て実施することができる。

【0233】

(実施の形態5)

半導体装置としては、各種集積回路がある。

【0234】

例えば、表示装置(液晶表示装置、エレクトロルミネッセンス表示装置(発光装置)等)、アンテナを介して無線通信を行う半導体装置(RFIDタグ、無線タグ、ICチップ、無線チップ、非接触信号処理装置、半導体集積回路チップ)等があるが、これらに限定されない。

40

【0235】

本実施の形態の内容の一部又は全部は、他の全ての実施の形態及び実施例と組み合わせ

【実施例1】

【0236】

酸化物半導体中の窒素濃度の影響を調査した。

【0237】

まず、ガラス基板上に酸化物半導体層を形成した。

【0238】

そして、酸化物半導体層形成後に加熱処理を行っていない場合と、酸化物半導体層形成後に加熱処理を行った場合と、を比較した。

50

【0239】

比較方法は二次イオン質量分析法（SIMS：Secondary Ion Mass Spectrometry）を用いた。

【0240】

なお、加熱処理は350、1時間とした。

【0241】

加熱雰囲気は大気雰囲気又は窒素雰囲気とした。

【0242】

ここで、酸化物半導体層は、In：Ga：Znが1：1：0.5（原子比）（ In_2O_3 ： Ga_2O_3 ：ZnOが1：1：1（モル比））の酸化物半導体ターゲットをスパッタして形成した。

10

【0243】

なお、酸化物半導体層の成膜前に、成膜室のリークの低減、成膜室の内壁の窒素の低減、ダミー基板への成膜等を充分行い窒素が酸化物半導体層中に混入することを徹底的に排除した。

【0244】

（サンプル1）

スパッタガスの流量が $Ar/N_2 = 40/0$ sccm（ N_2 割合0%）のサンプルをサンプル1とした。なお、サンプル1は3つ用意した。

【0245】

サンプル1のSIMSの測定結果を図10に示す。

20

【0246】

（サンプル2）

スパッタガスの流量が $Ar/N_2 = 35/5$ sccm（ N_2 割合12.5%）のサンプルをサンプル2とした。なお、サンプル2は3つ用意した。

【0247】

サンプル2のSIMSの測定結果を図11に示す。

【0248】

（サンプル3）

スパッタガスの流量が $Ar/N_2 = 0/40$ sccm（ N_2 割合100%）のサンプルをサンプル3とした。なお、サンプル3は3つ用意した。

30

【0249】

サンプル3のSIMSの測定結果を図12に示す。

【0250】

（考察）

図10～図12において、点線3001が加熱処理を行っていないサンプル（as-depo）、太い実線3002が窒素雰囲気加熱したサンプル（ N_2 ベーク）、細い実線3003が大気雰囲気加熱したサンプル（大気ベーク）を示している。

【0251】

また、図10～図12において、（A）は水素濃度であり、（B）は窒素濃度である。

40

【0252】

図10～図12において、縦軸は濃度であり、横軸は酸化物半導体層表面からの深さ（膜厚）である。

【0253】

なお、二次イオン質量分析法（SIMS）の測定結果には有効範囲がある。

【0254】

そして、本実施例の場合、酸化物半導体層の表面付近（図10～図12だと深さが0nm～30nm付近）及び酸化物半導体層とガラス基板との界面付近（図10～図12だと深さが80nm～100nm付近）について正確な値を算出しにくくなっている。

【0255】

50

したがって、本実施例の場合は、深さが30nm～80nmの範囲をSIMSの測定結果の有効範囲とした。

【0256】

ここで、図10(A)の点線3001(as-depo)、図11(A)の点線3001(as-depo)、及び図12(A)の点線3001(as-depo)の有効範囲における水素濃度の平均値を比較すると、図11(A)の方が図10(A)よりも高く、図12(A)の方が図11(A)よりも高いことがわかる。

【0257】

さらに、図10(B)の点線3001(as-depo)、図11(B)の点線3001(as-depo)、及び図12(B)の点線3001(as-depo)の有効範囲における窒素濃度の平均値を比較すると、図11(B)の方が図10(B)よりも高く、図12(B)の方が図11(B)よりも高いことがわかる。

10

【0258】

つまり、as-depo条件において、酸化物半導体層中の窒素濃度が多いほど、酸化物半導体層中の水素濃度が多くなることがわかる。

【0259】

したがって、酸化物半導体層中の窒素濃度が多いほど、酸化物半導体層中に水素が混入しやすくなることがわかった。

【0260】

また、図10(A)を参照すると加熱処理を行うことによって水素濃度が低下していることがわかる。

20

【0261】

一方、図11(A)、図12(A)を参照すると加熱処理を行うことによって水素濃度が上昇していることがわかる。

【0262】

なお、図12(A)において、30nm～60nmの範囲では点線3001(as-depo)、太い実線3002(N₂ベーク)、細かい実線3003(大気ベーク)の水素濃度にあまり差がない。

【0263】

しかしながら、有効範囲である30nm～80nmでの水素濃度の平均値は、太い実線3002(N₂ベーク)及び細かい実線3003(大気ベーク)の方が、点線3001(as-depo)よりも高い。

30

【0264】

よって、酸化物半導体層中の水素の総量を比較した場合、太い実線3002(N₂ベーク)及び細かい実線3003(大気ベーク)の方が、点線3001(as-depo)よりも多いことは明らかである。

【0265】

また、図12(A)において、太い実線3002(N₂ベーク)及び細かい実線3003(大気ベーク)の形状がV字のような形になった理由は、膜表面及びガラス基板から水素が注入されたためであると考察した。

40

【0266】

ここで、サンプル1において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最大値は、 1×10^{20} atoms/cm³以下(1×10^{20} atoms/cm³未満)であった。(図10(B))

【0267】

よって、サンプル1において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の平均値も 1×10^{20} atoms/cm³以下(1×10^{20} atoms/cm³未満)であった(平均値が最大値より大きな値になることはない)。

【0268】

なお、サンプル1のas-depo条件(図10)において、SIMSの測定結果の有

50

効範囲における窒素濃度の最大値は $9.3 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最小値は $1.9 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の平均値は $6.1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

【0269】

また、サンプル1のas-depo条件(図10)において、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の最大値は $6.9 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の最小値は $4.5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の平均値は $5.6 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

10

【0270】

また、サンプル1のN₂ベーク条件(図10)において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最大値は $9.7 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最小値は $3.0 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の平均値は $6.0 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

【0271】

また、サンプル1のN₂ベーク条件(図10)において、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の最大値は $2.3 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の最小値は $6.4 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の平均値は $1.2 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

20

【0272】

また、サンプル1の大気ベーク条件(図10)において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最大値は $3.1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最小値は $4.4 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の平均値は $1.8 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

【0273】

また、サンプル1の大気ベーク条件(図10)において、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の最大値は $6.7 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の最小値は $2.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の平均値は $3.8 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

30

【0274】

一方、サンプル2及びサンプル3において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最小値は、 $1 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であった(図11(B)、図12(B))。

【0275】

よって、サンプル2及びサンプル3において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の平均値も、 $1 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であった(平均値が最小値より小さな値になることはない)。

40

【0276】

なお、サンプル2のas-depo条件(図11)において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最大値は $1.6 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最小値は $1.5 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の平均値は $1.5 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

【0277】

また、サンプル2のas-depo条件(図11)において、SIMSの測定結果の有

50

効範囲における水素濃度の最大値は $1.0 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の最小値は $6.3 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の平均値は $7.8 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

【0278】

また、サンプル2のN₂ベーク条件(図11)において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最大値は $1.5 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最小値は $1.4 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の平均値は $1.5 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

10

【0279】

また、サンプル2のN₂ベーク条件(図11)において、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の最大値は $1.2 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の最小値は $6.5 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の平均値は $7.7 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

【0280】

また、サンプル2の大気ベーク条件(図11)において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最大値は $1.6 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最小値は $1.5 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の平均値は $1.6 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

20

【0281】

また、サンプル2の大気ベーク条件(図11)において、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の最大値は $6.9 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の最小値は $4.4 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の平均値は $5.3 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

【0282】

また、サンプル3のas-depo条件(図12)において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最大値は $3.4 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最小値は $3.1 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の平均値は $3.3 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

30

【0283】

また、サンプル3のas-depo条件(図12)において、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の最大値は $1.9 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の最小値は $1.1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の平均値は $1.4 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

40

【0284】

また、サンプル3のN₂ベーク条件(図12)において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最大値は $3.3 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最小値は $3.2 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の平均値は $3.2 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

【0285】

また、サンプル3のN₂ベーク条件(図12)において、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の最大値は $8.6 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の最小値は $1.4 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ であり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の平均値は $5.3 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

50

あり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の平均値は 2.7×10^{20} atoms/cm³であった。

【0286】

また、サンプル3の大気ベーク条件(図12)において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最大値は 3.5×10^{22} atoms/cm³であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最小値は 3.3×10^{22} atoms/cm³であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の平均値は 3.4×10^{22} atoms/cm³であった。

【0287】

また、サンプル3の大気ベーク条件(図12)において、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の最大値は 1.0×10^{21} atoms/cm³であり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の最小値は 7.6×10^{19} atoms/cm³であり、SIMSの測定結果の有効範囲における水素濃度の平均値は 2.8×10^{20} atoms/cm³であった。

10

【0288】

以上のように、窒素を含有した酸化物半導体層は水素を取り込みやすい性質を有していることがわかった。

【0289】

逆にいえば、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の平均値が 1×10^{20} atoms/cm³以下(1×10^{20} atoms/cm³未満)である酸化物半導体層は、水素に対して緻密な層であるといえる。

20

【0290】

また、サンプル1乃至3において、加熱処理を行っても酸化物半導体層中の窒素濃度は増加しなかった。サンプル1において大気ベークを行ったものでは酸化物半導体層中の窒素濃度は減少していた。

【0291】

ここで、酸化物半導体層中に窒素が取り込まれるメカニズムは、酸化物半導体層の成膜時において酸化物半導体層中の酸素結合の一部が切れてしまい、切れた結合の位置に窒素結合が形成されるためであると推測した。

【0292】

よって、切れた結合の位置に酸素結合が形成されれば、酸化物半導体層中に取り込まれる窒素濃度を低減できるという仮説を立てた。なお、この推測及び仮説が正しければ、In-Ga-Zn-O系以外の酸化物半導体においても窒素は影響を及ぼすことになる。

30

【実施例2】

【0293】

実施例1の推測及び仮説が正しいか実証するためにスパッタガスに酸素を用いて酸化物半導体層を形成した。

【0294】

酸素を供給すれば切れた結合の位置に酸素結合が形成される確率が上がるはずである。

【0295】

酸化物半導体層は、In:Ga:Znが1:1:0.5(原子比)(In₂O₃:Ga₂O₃:ZnOが1:1:1(モル比))の酸化物半導体ターゲットをスパッタして形成した。

40

【0296】

なお、酸化物半導体層の成膜前に、成膜室のリークの低減、成膜室の内壁の窒素の低減、ダミー基板への成膜等を充分行い窒素が酸化物半導体層中に混入することを徹底的に排除した。

【0297】

(サンプル4)

スパッタガスの流量がAr/O₂ = 30/15 sccm(O₂割合33.3%)のサン

50

ブルをサンプル4 (a s - d e p o) とした。

【0298】

サンプル4のSIMSの測定結果(窒素)を図13(A)に示す。

【0299】

(サンプル5)

スパッタガスの流量が $Ar/O_2 = 0/40$ sccm (O_2 割合100%)のサンプルをサンプル5 (a s - d e p o) とした。

【0300】

サンプル5のSIMSの測定結果(窒素)を図13(B)に示す。

【0301】

(考察)

SIMSの測定結果の有効範囲は実施例1と同じである。

【0302】

ここで、サンプル4(図13(A))において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最大値は、 5×10^{19} atoms/cm³以下(5×10^{19} atoms/cm³未満)である。

【0303】

よって、サンプル4(図13(A))において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の平均値も 5×10^{19} atoms/cm³以下(5×10^{19} atoms/cm³未満)である(平均値が最大値より大きな値になることはない)。

【0304】

また、サンプル4(図13(A))において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の平均値を計算したところ、 1×10^{19} atoms/cm³以下(1×10^{19} atoms/cm³未満)であった。

【0305】

また、サンプル5(図13(B))において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最大値は、 2×10^{19} atoms/cm³以下(2×10^{19} atoms/cm³未満)であった。

【0306】

よって、サンプル5(図13(B))において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の平均値は、 1×10^{19} atoms/cm³以下(1×10^{19} atoms/cm³未満)であった。

【0307】

そして、酸素を添加しなかったサンプル1(図10(B))と比較すると、サンプル4(図13(A))及びサンプル5(図13(B))の方が窒素濃度が低い。

【0308】

なお、サンプル4の a s - d e p o 条件(図13(A))において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最大値は 1.6×10^{19} atoms/cm³であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最小値は 2.2×10^{18} atoms/cm³であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の平均値は 4.6×10^{18} atoms/cm³であった。

【0309】

なお、サンプル5の a s - d e p o 条件(図13(B))において、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最大値は 1.6×10^{19} atoms/cm³であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の最小値は 2.3×10^{18} atoms/cm³であり、SIMSの測定結果の有効範囲における窒素濃度の平均値は 7.7×10^{18} atoms/cm³であった。

【0310】

したがって、実施例1の推測及び仮説が正しいことを実証することができた。

【実施例3】

10

20

30

40

50

【0311】

絶縁層600の材料の違いによるトランジスタの電気特性の違いを調査した。

【0312】

(共通条件)

図2(B)に記載のチャンネルエッチ型トランジスタを作製した。

【0313】

酸化物半導体層410は、In:Ga:Znが1:1:0.5(原子比)(In_2O_3 : Ga_2O_3 :ZnOが1:1:1(モル比))の酸化物半導体ターゲットをスパッタして形成した酸化物半導体層を島状にエッチングしたサンプルを用いた。

【0314】

また、図1(B)の工程の終了後、大気雰囲気中で350、1時間の第1の加熱処理を行った。

【0315】

また、図2(B)の工程の終了後、絶縁層600にコンタクトホールを形成し、絶縁層600上に配線を形成した。

【0316】

配線を形成後、大気雰囲気中で350、1時間の第2の加熱処理を行った。

【0317】

(サンプル6)

絶縁層600は、酸化珪素ターゲットを用いてスパッタ法で形成した。

【0318】

成膜条件は、基板温度100、 $\text{Ar}/\text{O}_2 = 40/10 \text{ sccm}$ とした。

【0319】

また、RF電源を用い、電力を1.5kWとした。

【0320】

また、成膜圧力は0.4Paとした。

【0321】

(サンプル7)

絶縁層600は、酸化珪素ターゲットを用いてスパッタ法で形成した。

【0322】

成膜条件は、基板温度250、 $\text{Ar}/\text{O}_2 = 40/10 \text{ sccm}$ で形成した。

【0323】

また、RF電源を用い、電力を1.5kWとした。

【0324】

また、成膜圧力は0.4Paとした。

【0325】

(サンプル8)

絶縁層600は、酸化珪素ターゲットを用いてスパッタ法で形成した。

【0326】

成膜条件は、基板温度100、 $\text{Ar}/\text{H}_2 = 46/4 \text{ sccm}$ で形成した。

【0327】

また、RF電源を用い、電力を1.5kWとした。

【0328】

また、成膜圧力は0.4Paとした。

【0329】

(サンプル9)

絶縁層600は、プラズマCVD法で形成した。

【0330】

成膜条件は、基板温度200、 $\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O} = 25/1000 \text{ sccm}$ とした。

【0331】

10

20

30

40

50

(サンプル 10)

絶縁層 600 は、プラズマ CVD 法で形成した。

【 0332 】

成膜条件は、基板温度 325 、 $\text{SiH}_4 / \text{N}_2\text{O} = 27 / 1000 \text{ sccm}$ とした。

【 0333 】

(サンプル 11)

絶縁層 600 は、シロキサン膜を用いた。

【 0334 】

(サンプル 12)

絶縁層 600 は、アクリル膜を用いた。

10

【 0335 】

(サンプル 13)

絶縁層 600 は、ポリイミド膜を用いた。

【 0336 】

(考察)

サンプル 8 乃至サンプル 13 は、サンプル 6 及びサンプル 7 と比較して、閾値電圧 V_{th} がマイナス側にシフトしていた。

【 0337 】

ここで、スパッタガスとして意図的に水素元素を含む物質を用いた絶縁層 600 は水素元素を含んでいる。

20

【 0338 】

すると、水素を含んだ絶縁層 600 がバックチャネルに接した状態になる。

【 0339 】

また、プラズマ CVD 法で形成した絶縁層 600 は水素及び窒素を含んでいる。

【 0340 】

すると、水素を含んだ絶縁層 600 がバックチャネルに接した状態になる。

【 0341 】

また、シロキサン膜、アクリル膜、ポリイミド膜は、水分を吸収しやすく且つ水分を放出しやすい性質を持つ。

【 0342 】

30

すると、水分を放出する絶縁層 600 がバックチャネルに接した状態になる。

【 0343 】

ここで、計算科学 (厳密には異なるがシミュレーションと呼ばれる場合もある) により、バックチャネルにドナーが存在する場合にどのような挙動をするか計算を行ったところ、ドナーが存在すると閾値電圧がマイナス側にシフトすることがわかった。

【 0344 】

したがって、スパッタガスとして水素を用いない条件で形成した絶縁層 600 を用いることによって閾値電圧のマイナスシフトを防止できることがわかった。

【 0345 】

また、酸化珪素ターゲットを用い且つスパッタガスとして酸素を用いた酸素過剰な絶縁層 600 を用いた場合 (サンプル 6 及びサンプル 7)、第 2 の加熱処理により酸素がバックチャネルに供給されバックチャネルの酸素欠損が低下したと考察した。

40

【 0346 】

なお、本実施例では第 2 の加熱処理として 350 、 1 時間の加熱処理を行った。

【 0347 】

ここで、絶縁層 600 として酸素過剰な絶縁層を用いた場合において、第 2 の加熱処理を行わなかったサンプル A と、第 2 の加熱処理として 250 、 1 時間の加熱処理を行ったサンプル B と、を用意した。そして、サンプル A とサンプル B とを比較した結果、第 2 の加熱処理として 250 、 1 時間の加熱処理を行ったサンプル B の方がトランジスタの電気特性が優れていた。

50

【0348】

また、シリコンターゲットを用いスパッタガスとして酸素のみを用いて形成した絶縁層600を用いたトランジスタを別途作製した。

【0349】

シリコンターゲットを用いスパッタガスとして酸素のみを用いて形成した絶縁層600を形成する際、基板温度を100にした場合と基板温度を200にした場合とで比較すると、基板温度を200にした場合の方がゲートBTストレス試験の結果が優れていた。

【0350】

ゲートBTストレス試験の結果が優れていた理由は、絶縁層600形成時の基板温度を上げることによって、バックチャネル表面の水分を除去できたためであると考察した。

10

【0351】

したがって、絶縁層600形成時の基板温度は200以上が好ましい。(上限は限定されないが、300以下、400以下、500以下、600以下、700以下から選択することができる。)

【実施例4】

【0352】

図2(A)に記載のチャネルエッチ型トランジスタ(In-Ga-Zn-O系のトランジスタ)を作製した。なお、絶縁層600は形成していない。

【0353】

20

そして、トランジスタが形成された基板を浸水した。

【0354】

トランジスタが形成された基板を浸水する前の特性と、トランジスタが形成された基板を浸水した直後の特性と、を比較したところ、トランジスタを浸水した直後ではトランジスタを浸水する前と比較して閾値電圧がマイナス側にシフトし且つオフ電流も上昇していた。

【0355】

次に、浸水した基板を大気雰囲気中で120で3分間加熱して乾燥したところ、若干トランジスタの特性の回復が見られた。

【0356】

30

次に、3分間乾燥した基板を大気雰囲気中で120で10分間加熱したところ(計13分)、さらにトランジスタの特性の回復が見られた。

【0357】

次に、13分間乾燥した基板を大気雰囲気中で120で40分間加熱したところ(計53分)、トランジスタの特性が浸水前とほぼ同じになった。

【0358】

よって、バックチャネルの表面に水分が付着するとトランジスタの特性に影響を与えることがわかった。

【0359】

また、バックチャネルの表面に付着した程度の水分であれば120以上で53分以上加熱すれば除去できることが分かった。

40

【0360】

なお、水分が蒸発できれば良いので温度を上げればより短い時間の乾燥で済むことは明らかである。

【実施例5】

【0361】

酸化物半導体層の加熱処理の効果について昇温脱離ガス分析法(TDS: Thermal Desorption Spectroscopy)を用いて調査した。

【0362】

昇温脱離ガス分析法(TDS: Thermal Desorption Spectr

50

oscopy) は、サンプルを昇温していったときの放出ガスを分析する方法である。

【0363】

本実施例では水蒸気の放出を調べた。

【0364】

(サンプル14)

サンプル14としてガラス基板を用意した。

【0365】

(サンプル15)

サンプル15として、ガラス基板上にIn:Ga:Znが1:1:0.5(原子比)(In_2O_3 : Ga_2O_3 :ZnOが1:1:1(モル比))の酸化物半導体ターゲットをスパッタして形成した酸化物半導体層を形成したサンプルを用意した。

10

【0366】

サンプル15は加熱処理を行っていない(as-depo)。

【0367】

(サンプル16)

サンプル15と同一のサンプルをもう一つ用意し、サンプル16とした。

【0368】

(サンプル17)

サンプル17として、ガラス基板上にIn:Ga:Znが1:1:0.5(原子比)(In_2O_3 : Ga_2O_3 :ZnOが1:1:1(モル比))の酸化物半導体ターゲットをスパッタして形成した酸化物半導体層を形成したサンプルを用意した。

20

【0369】

酸化物半導体層形成後、窒素雰囲気中で250、1時間の加熱処理を行った。

【0370】

(サンプル18)

サンプル18として、ガラス基板上にIn:Ga:Znが1:1:0.5(原子比)(In_2O_3 : Ga_2O_3 :ZnOが1:1:1(モル比))の酸化物半導体ターゲットをスパッタして形成した酸化物半導体層を形成したサンプルを用意した。

【0371】

酸化物半導体層形成後、窒素雰囲気中で350、1時間の加熱処理を行った。

30

【0372】

(サンプル19)

サンプル19として、ガラス基板上にIn:Ga:Znが1:1:0.5(原子比)(In_2O_3 : Ga_2O_3 :ZnOが1:1:1(モル比))の酸化物半導体ターゲットをスパッタして形成した酸化物半導体層を形成したサンプルを用意した。

【0373】

酸化物半導体層形成後、窒素雰囲気中で450、1時間の加熱処理を行った。

【0374】

(考察)

サンプル14及びサンプル15との昇温脱離ガス分析法の結果を図14(A)に示す。

40

【0375】

なお、図14(A)において、グラフ1414がサンプル14(ガラス基板のみ)のグラフに対応し、グラフ1415がサンプル15(ガラス基板及び酸化物半導体層(as-depo))のグラフに対応する。

【0376】

図14(A)において、50付近の水分のピーク1401、100付近の水分のピーク1402、300付近の水分のピーク1403が存在することがわかる。

【0377】

ガラス基板のみのサンプル14は、50付近の水分のピーク1401、100付近の水分のピーク1402だけがあり、300付近の水分のピーク1403は存在しない

50

。

【0378】

一方、酸化物半導体層を有するサンプル15では、50 付近の水分のピーク1401、100 付近の水分のピーク1402、及び300 付近の水分のピーク1403が存在する。

【0379】

したがって、300 付近の水分のピーク1403は酸化物半導体層特有の水分のピークである。

【0380】

よって、300 付近の水分のピーク1403が検出された場合、酸化物半導体層に水分が含まれていると判断できる。

10

【0381】

サンプル16～サンプル19の比較結果を図14(B)に示す。

【0382】

なお、図14(B)において、グラフ1416がサンプル16(as-depo)のグラフに対応し、グラフ1417がサンプル17(250)のグラフに対応し、グラフ1418がサンプル18(350)のグラフに対応し、グラフ1419がサンプル19(450)のグラフに対応する。

【0383】

サンプル17(250)及びサンプル18(350)では300 付近の水分のピーク1403が確認された。

20

【0384】

また、サンプル17(250)及びサンプル18(350)では300 付近の水分のピーク1403のカウント数が、サンプル16(as-depo)よりも下がっていた。

【0385】

よって、加熱処理によってある程度の水分が減少することがわかった。

【0386】

さらに、サンプル19(450)では300 付近の水分のピーク1403が存在していない。

30

【0387】

よって、450 以上且つ1時間以上の加熱処理を行えば水分が完全に離脱するといえる。

【0388】

(サンプル20)

また、サンプル20として、ガラス基板上にIn:Ga:Znが1:1:0.5(原子比)(In_2O_3 : Ga_2O_3 :ZnOが1:1:1(モル比))の酸化物半導体ターゲットをスパッタして形成した酸化物半導体層を形成したサンプルを用意した。

【0389】

そして、サンプル20はガスRTA装置を用い窒素雰囲気中で650、3分の加熱処理を行った。

40

【0390】

サンプル20(650)では300 付近の水分のピークが存在していなかった。

【0391】

よって、650 以上且つ3分以上の加熱処理を行えば水分が完全に離脱するといえる。

。

【0392】

また、ガラス基板上にIn:Ga:Znが1:1:1(原子比)(In_2O_3 : Ga_2O_3 :ZnOが1:1:2(モル比))の酸化物半導体ターゲットをスパッタして形成した酸化物半導体層を形成したサンプルを用意して同様の実験(as-depo、250

50

、350、450の比較)を行った結果、窒素雰囲気中で450 1時間の加熱処理を行ったサンプルのみ300 付近の水分のピークが存在していなかった。

【0393】

また、ガラス基板上にIn:Ga:Znが1:1:4(原子比)(In_2O_3 : Ga_2O_3 :ZnOが1:1:8(モル比))の酸化物半導体ターゲットをスパッタして形成した酸化物半導体層を形成したサンプルを用意して同様の実験(as-depo、250、350、450の比較)を行った結果、窒素雰囲気中で450 1時間の加熱処理を行ったサンプルのみ300 付近の水分のピークが存在していなかった。

【0394】

よって、昇温脱離ガス分析法において300 付近の水分のピークが存在しない酸化物半導体層(100 以上400 以下(好ましくは、250 以上300 以下)においてカウント数が 2×10^{-11} 以下)は、450 以上且つ1時間以上、若しくは、650 以上且つ3分以上で加熱された酸化物半導体層であるといえることができる。

10

【0395】

昇温脱離ガス分析法において300 付近の水分のピークが存在しないということは、昇温脱離ガス分析法において100 以上400 以下の水分のピークが存在しないともいえる。

【0396】

昇温脱離ガス分析法において300 付近の水分のピークが存在しないということは、酸化物半導体層に起因する水分のピークが存在しないともいえる。

20

【0397】

また、第1の加熱処理のみの条件を替えて図2(A)の構造のトランジスタを作製したところ、昇温脱離ガス分析法において300 付近の水分のピークが存在する酸化物半導体層を用いたトランジスタ(250、350)は、昇温脱離ガス分析法において300 付近の水分のピークが存在しない酸化物半導体層を用いたトランジスタ(450)よりも、閾値電圧がマイナス側にシフトしており、且つ、ゲートBTストレス試験における劣化が大きかった。

【0398】

なお、酸化物半導体層は、In:Ga:Znが1:1:0.5(原子比)(In_2O_3 : Ga_2O_3 :ZnOが1:1:1(モル比))の酸化物半導体ターゲットをスパッタして形成した酸化物半導体層を用いた。

30

【0399】

また、酸化物半導体層の成膜前に、成膜室のリークの低減、成膜室の内壁の窒素の低減、ダミー基板への成膜等を充分行い窒素の影響を徹底的に排除した。

【0400】

よって、酸化物半導体層中の水分がトランジスタの電気特性に影響を与えていることが分かった。

【実施例6】

【0401】

昇温脱離ガス分析法(TDS:Thermal Desorption Spectroscopy)を用いて以下のサンプルの脱ガス(水分)を測定した。

40

【0402】

(サンプル21)

ガラス基板上にIn:Ga:Znが1:1:0.5(原子比)(In_2O_3 : Ga_2O_3 :ZnOが1:1:1(モル比))の酸化物半導体ターゲットをスパッタして形成した酸化物半導体層を形成し、酸化物半導体層上にスパッタ法で形成した酸化珪素膜を形成したサンプルを用意した。

【0403】

酸化珪素膜は、酸化珪素をターゲットとして $\text{Ar}/\text{O}_2 = 40/10 \text{ sccm}$ のガス流量で成膜を行った。

50

【0404】

サンプル21は加熱処理を行っていない。

【0405】

(サンプル22)

ガラス基板上にIn:Ga:Znが1:1:0.5(原子比)(In_2O_3 : Ga_2O_3 :ZnOが1:1:1(モル比))の酸化物半導体ターゲットをスパッタして形成した酸化物半導体層を形成し、酸化物半導体層上にスパッタ法で形成した酸化珪素膜を形成したサンプルを用意した。

【0406】

酸化珪素膜は、酸化珪素をターゲットとしてAr/O₂ = 40/10 sccmのガス流量で成膜を行った(スパッタガスとして酸素を用いた)。

10

【0407】

その後、窒素雰囲気中で250、1時間の加熱処理(炉)を行った。

【0408】

(サンプル23)

ガラス基板上にIn:Ga:Znが1:1:0.5(原子比)(In_2O_3 : Ga_2O_3 :ZnOが1:1:1(モル比))の酸化物半導体ターゲットをスパッタして形成した酸化物半導体層を形成し、酸化物半導体層上にスパッタ法で形成した酸化珪素膜を形成したサンプルを用意した。

【0409】

酸化珪素膜は、酸化珪素をターゲットとしてAr/O₂ = 40/10 sccmのガス流量で成膜を行った。(スパッタガスとして酸素を用いた。)

20

【0410】

その後、窒素雰囲気中で350、1時間の加熱処理(炉)を行った。

【0411】

(サンプル24)

ガラス基板上にIn:Ga:Znが1:1:0.5(原子比)(In_2O_3 : Ga_2O_3 :ZnOが1:1:1(モル比))の酸化物半導体ターゲットをスパッタして形成した酸化物半導体層を形成し、酸化物半導体層上にスパッタ法で形成した酸化珪素膜を形成したサンプルを用意した。

30

【0412】

酸化珪素膜は、酸化珪素をターゲットとしてAr/O₂ = 40/10 sccmのガス流量で成膜を行った。(スパッタガスとして酸素を用いた。)

【0413】

その後、窒素雰囲気中で450、1時間の加熱処理(炉)を行った。

【0414】

(考察)

昇温脱離ガス分析法(TDS:Thermal Desorption Spectroscopy)で計測したところ、いずれのサンプルも300付近の水分のピークが観測されなかった。

40

【0415】

実施例5の結果からすると、少なくとも350以下の加熱では水分が完全に離脱しない。

【0416】

つまり、サンプル23及びサンプル24は300付近の水分のピークが観測されるはずであるのに、300付近の水分のピークが確認されなかったことになる。

【0417】

この理由は、スパッタガスとして酸素を用いた酸化珪素膜(酸素過剰な酸化珪素膜)が水分の放出をブロックしてしまったためであると考察した。

【0418】

50

したがって、スパッタガスとして酸素を用いた酸化珪素膜（酸素過剰な酸化珪素膜）には水分の拡散を防止することがわかった。

【0419】

つまり、酸素過剰な酸化珪素膜は水分のブロッキング効果があることがわかった。

【0420】

逆に考えれば、第1の加熱処理を行い水分を放出させた酸化物半導体層上に酸素過剰な酸化珪素膜を形成すれば、外部からの水分の混入を防止することができるということになる。

【実施例7】

【0421】

実施例5より450 以上、1時間以上の加熱で水分が完全に除去されることがわかった。

【0422】

そこで、450 より高い温度で加熱したサンプルの水素濃度について、二次イオン質量分析法（SIMS：Secondary Ion Mass Spectrometry）を用いて調べた。

【0423】

まず、ガラス基板上にIn：Ga：Znが1：1：0.5（原子比）（ In_2O_3 ： Ga_2O_3 ： ZnO が1：1：1（モル比））の酸化物半導体ターゲットをスパッタして形成した酸化物半導体層を形成したサンプルを複数用意した。

【0424】

また、ガラス基板上にIn：Ga：Znが1：1：1（原子比）（ In_2O_3 ： Ga_2O_3 ： ZnO が1：1：2（モル比））の酸化物半導体ターゲットをスパッタして形成した酸化物半導体層を形成したサンプルを複数用意した。

【0425】

なお、酸化物半導体層の成膜前に、成膜室のリークの低減、成膜室の内壁の窒素の低減、ダミー基板への成膜等を充分に行い窒素が酸化物半導体層中に混入することを徹底的に排除した。

【0426】

また、スパッタガスは $\text{Ar}/\text{O}_2 = 30/15 \text{ sccm}$ （ O_2 割合33.3%）とした。

【0427】

そして、加熱処理を450、550、600、650 と条件を変えた複数のサンプルを用意した。なお、複数のサンプルの加熱時間は1時間である。

【0428】

また、加熱処理の雰囲気、窒素雰囲気、酸素雰囲気、窒素と酸素を含む雰囲気（dry Air（窒素：酸素 = 4：1である雰囲気））と条件を変えたサンプルを用意した。

【0429】

比較結果を表1に示す。

【0430】

10

20

30

40

【表 1】

450°C 1時間(炉)		N2	O2	Dry Air
スパッタ装置A	In:Ga:Zn =1:1:0.5(モル比) (In ₂ O ₃ :Ga ₂ O ₃ :ZnO =1:1:1(モル比))	2 × 10 ¹⁹ atoms/cm ³	2 × 10 ¹⁹ atoms/cm ³	2 × 10 ¹⁹ atoms/cm ³
	In:Ga:Zn =1:1:1(モル比) (In ₂ O ₃ :Ga ₂ O ₃ :ZnO =1:1:2(モル比))	3 × 10 ¹⁹ atoms/cm ³	2 × 10 ¹⁹ atoms/cm ³	2 × 10 ¹⁹ atoms/cm ³
スパッタ装置B	In:Ga:Zn =1:1:0.5(モル比) (In ₂ O ₃ :Ga ₂ O ₃ :ZnO =1:1:1(モル比))	3 × 10 ¹⁹ atoms/cm ³	2 × 10 ¹⁹ atoms/cm ³	2 × 10 ¹⁹ atoms/cm ³
	In:Ga:Zn =1:1:1(モル比) (In ₂ O ₃ :Ga ₂ O ₃ :ZnO =1:1:2(モル比))	4 × 10 ¹⁹ atoms/cm ³	2 × 10 ¹⁹ atoms/cm ³	2 × 10 ¹⁹ atoms/cm ³
550°C 1時間(炉)		N2	O2	Dry Air
スパッタ装置A	In:Ga:Zn =1:1:0.5(モル比) (In ₂ O ₃ :Ga ₂ O ₃ :ZnO =1:1:1(モル比))	3 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³
	In:Ga:Zn =1:1:1(モル比) (In ₂ O ₃ :Ga ₂ O ₃ :ZnO =1:1:2(モル比))	3 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³
スパッタ装置B	In:Ga:Zn =1:1:0.5(モル比) (In ₂ O ₃ :Ga ₂ O ₃ :ZnO =1:1:1(モル比))	3 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³
	In:Ga:Zn =1:1:1(モル比) (In ₂ O ₃ :Ga ₂ O ₃ :ZnO =1:1:2(モル比))	3 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³
600°C 1時間(炉)		N2	O2	Dry Air
スパッタ装置A	In:Ga:Zn =1:1:0.5(モル比) (In ₂ O ₃ :Ga ₂ O ₃ :ZnO =1:1:1(モル比))	6 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³
	In:Ga:Zn =1:1:1(モル比) (In ₂ O ₃ :Ga ₂ O ₃ :ZnO =1:1:2(モル比))	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	3 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	3 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³
スパッタ装置B	In:Ga:Zn =1:1:0.5(モル比) (In ₂ O ₃ :Ga ₂ O ₃ :ZnO =1:1:1(モル比))	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	5 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³
	In:Ga:Zn =1:1:1(モル比) (In ₂ O ₃ :Ga ₂ O ₃ :ZnO =1:1:2(モル比))	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³
650°C 1時間(炉)		N2	O2	Dry Air
スパッタ装置A	In:Ga:Zn =1:1:0.5(モル比) (In ₂ O ₃ :Ga ₂ O ₃ :ZnO =1:1:1(モル比))	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³
	In:Ga:Zn =1:1:1(モル比) (In ₂ O ₃ :Ga ₂ O ₃ :ZnO =1:1:2(モル比))	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³
スパッタ装置B	In:Ga:Zn =1:1:0.5(モル比) (In ₂ O ₃ :Ga ₂ O ₃ :ZnO =1:1:1(モル比))	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³
	In:Ga:Zn =1:1:1(モル比) (In ₂ O ₃ :Ga ₂ O ₃ :ZnO =1:1:2(モル比))	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³	4 × 10 ¹⁸ atoms/cm ³

10

20

30

40

【0431】

表1において、二次イオン質量分析法(SIMS: Secondary Ion Mass Spectrometry)の値はSIMSの有効範囲の平均値を示した。

【0432】

表1から、550 以上且つ1時間以上で加熱を行うと酸化物半導体層中の水素濃度が

50

大幅に減少することがわかった。

【0433】

つまり、水素濃度が $6 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下の酸化物半導体層は高温（550 以上且つ1時間以上）で加熱された酸化物半導体層であるということが出来る。

【0434】

なお、第1の加熱処理の条件のみを替えて図2（A）の構造のトランジスタを作製したところ、 $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上の水素を含有する酸化物半導体層を用いたトランジスタ（450）は、 $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 未満の水素を含有する酸化物半導体層を用いた酸化物半導体層を用いたトランジスタ（550、600、650）よりも、閾値電圧がマイナス側にシフトしており、且つ、ゲートBTストレス試験における劣化が大きかった。

10

【0435】

なお、酸化物半導体層は、In : Ga : Znが1 : 1 : 0.5（原子比）（ In_2O_3 : Ga_2O_3 : ZnOが1 : 1 : 1（モル比））の酸化物半導体ターゲットをスパッタして形成した酸化物半導体層を用いた。

【0436】

また、酸化物半導体層の成膜前に、成膜室のリークの低減、成膜室の内壁の窒素の低減、ダミー基板への成膜等を充分に行い窒素の影響を徹底的に排除した。

【0437】

よって、酸化物半導体層中の水素がトランジスタの電気特性に影響を与えていることが

20

分かった。

【実施例8】

【0438】

図16は、In - Ga - Zn - O系酸化物半導体を用いた薄膜トランジスタの断面を、透過型電子顕微鏡（TEM, Hitachi H-9000NAR, 300kV）で観察した写真である。

【0439】

図16に示す薄膜トランジスタは、酸化物半導体層1601としてIn - Ga - Zn - O系酸化物半導体層を50nm成膜後、窒素雰囲気下において第1の加熱処理（650、1時間）を行い、その後金属膜としてチタン層1604を150nm成膜し、さらに窒素雰囲気下において第2の加熱処理（250、1時間）を行ったサンプルである。

30

【0440】

図16において、酸化物半導体層1601とチタン層1604との界面には、インジウムリッチ層1602およびチタン酸化物層1603が確認できる。

【0441】

なお、インジウムリッチ層1602およびチタン酸化物層1603の確認は、FFTM（Fast Fourier Transform Mapping）法を用いて行った。

【0442】

チタン層1604と酸化物半導体層1601が接した状態において第2の加熱処理を行うことによって、酸化物半導体層から酸素が引き抜かれてチタン酸化物層1603が形成されたと考察した。

40

【0443】

また、酸化物半導体層1601において酸素が引き抜かれた箇所はインジウムの結晶が析出したインジウムリッチ層1602になったと考察した。

【0444】

このように、チタン層1604と酸化物半導体層1601が接した状態において第2の加熱処理を行うことによってチタン酸化物層1603を形成することができる。

【0445】

なお、本実施例の反応は酸素とチタン（Ti）の反応であるので、In - Ga - Zn -

50

O系の酸化物半導体層以外でも同様の反応が生じることは明らかである。

【0446】

したがって、第2の加熱処理は250 以上で行うことが好ましい。(上限は限定されないが、300 以下、400 以下、500 以下、600 以下、700 以下から選択することができる。)

【0447】

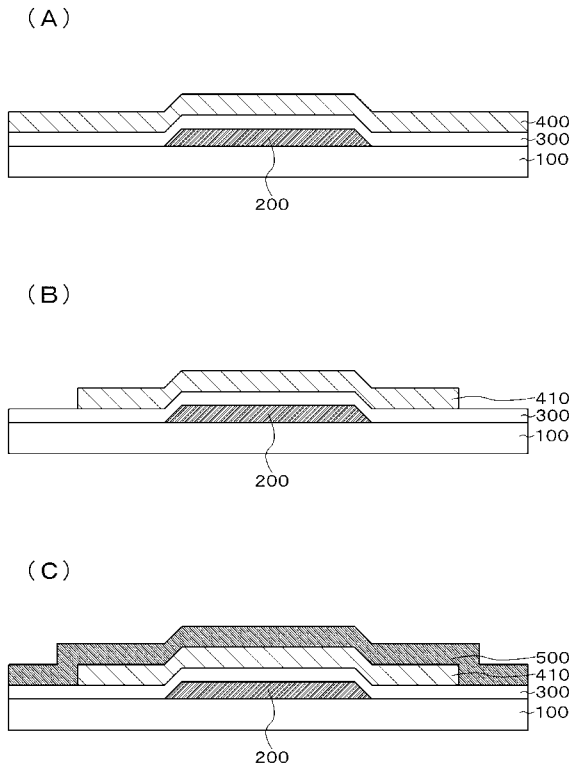
なお、チタン層1604上に低抵抗な材料(アルミニウムを主成分とする膜、銅を主成分とする膜等)を形成すると配線抵抗を下げることができるので好ましい。

【符号の説明】

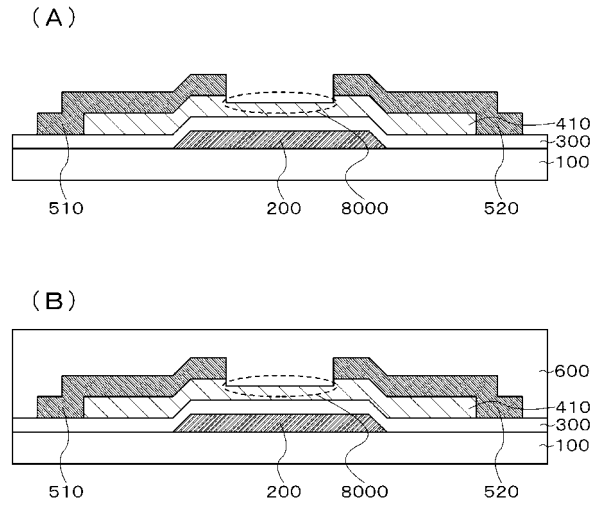
【0448】

100	基板	
200	ゲート電極	
300	ゲート絶縁層	
400	酸化物半導体層	
410	酸化物半導体層	
500	導電層	
510	コンタクト電極	
520	コンタクト電極	
600	絶縁層	
700	チャネル保護層	20
810	配線	
820	配線	
830	配線	
900	下地絶縁層	
1401	ピーク	
1402	ピーク	
1403	ピーク	
1414	グラフ	
1415	グラフ	
1416	グラフ	30
1417	グラフ	
1418	グラフ	
1419	グラフ	
1601	酸化物半導体層	
1602	インジウムリッチ層	
1603	チタン酸化物層	
1604	チタン層	
2001	成膜室	
2002	蓋	
2003	ターゲット	40
2004	ポンプ	
2005	リング	
2006	リング	
2007	メタルガスカート	
2008	メタルガスカート	
3001	点線	
3002	太い実線	
3003	細い実線	
8000	破線	

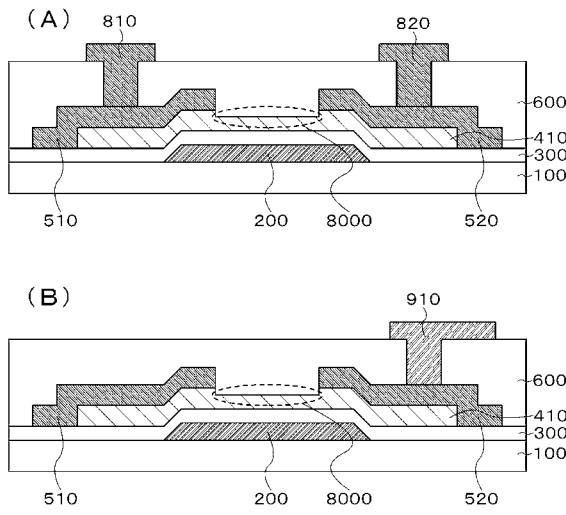
【図 1】



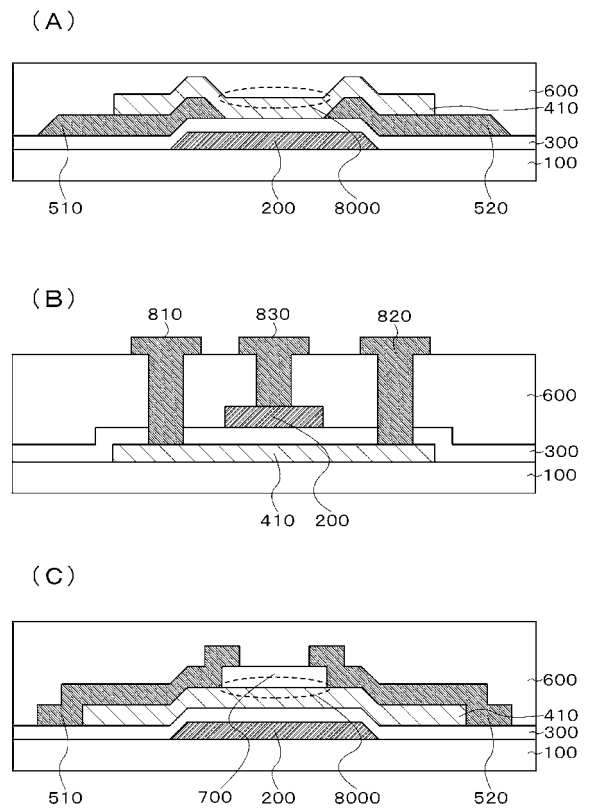
【図 2】



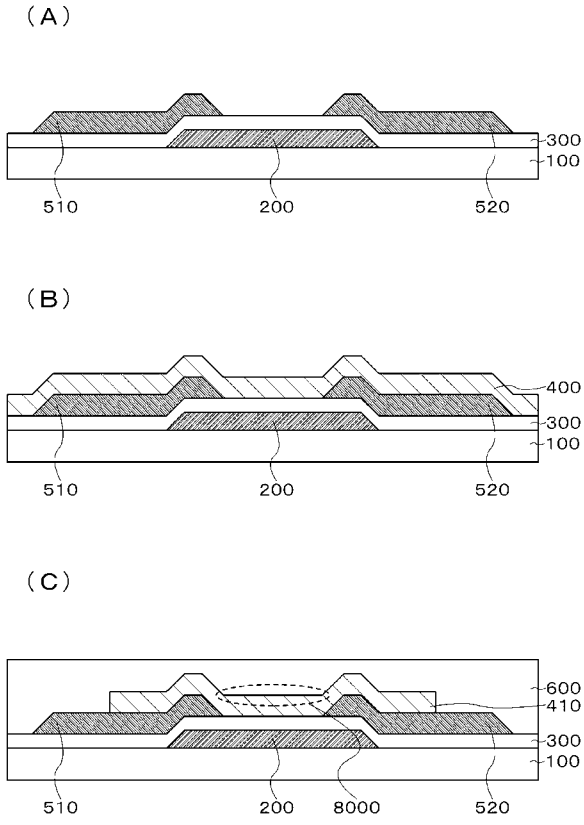
【図 3】



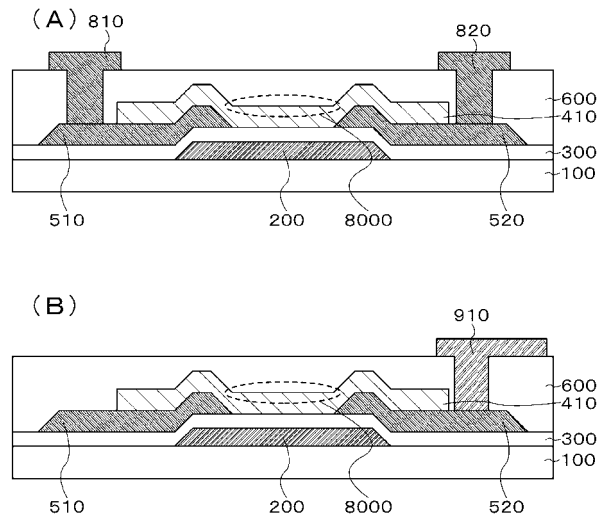
【図 4】



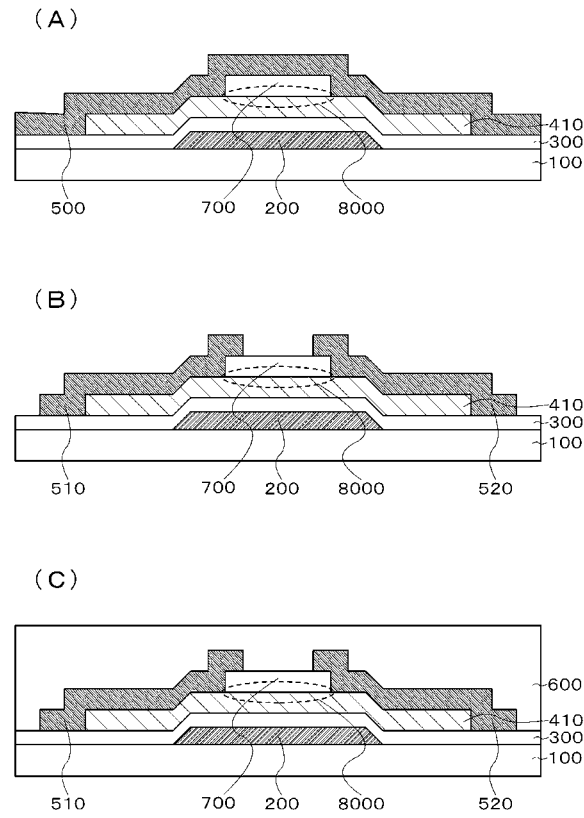
【図 5】



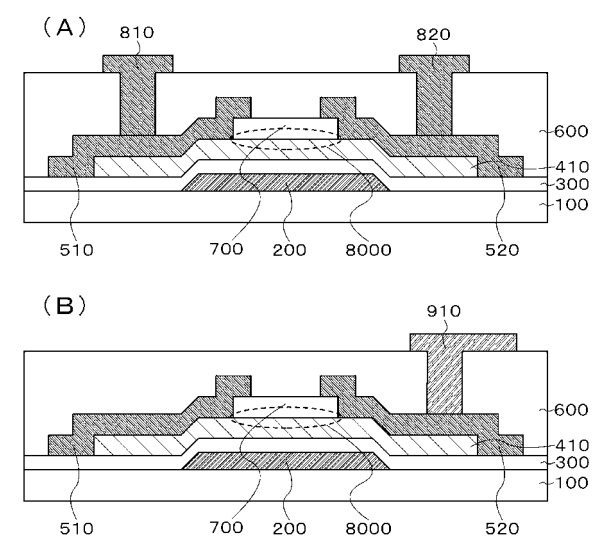
【図 6】



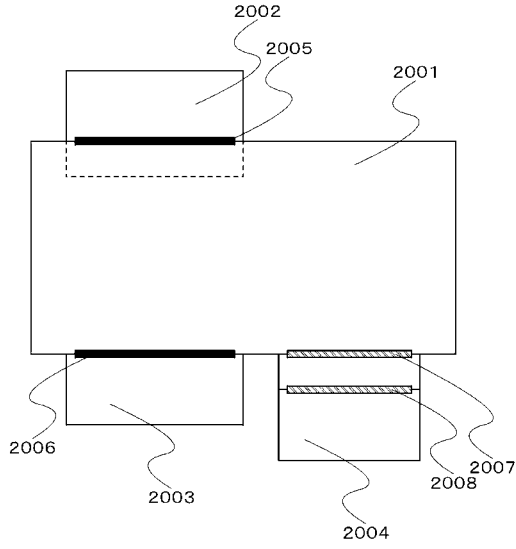
【図 7】



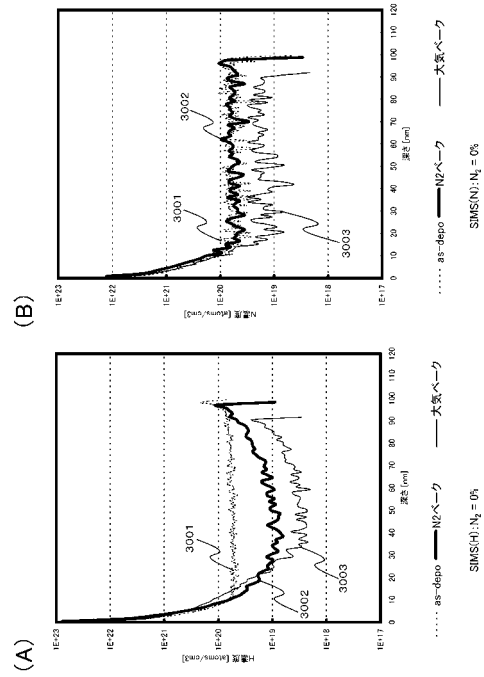
【図 8】



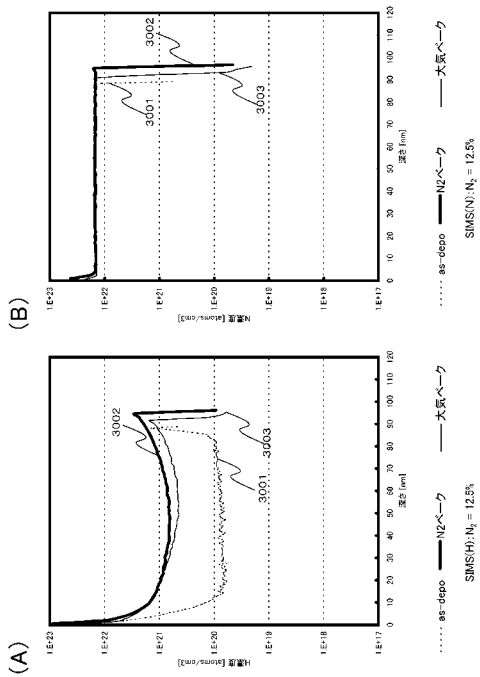
【 図 9 】



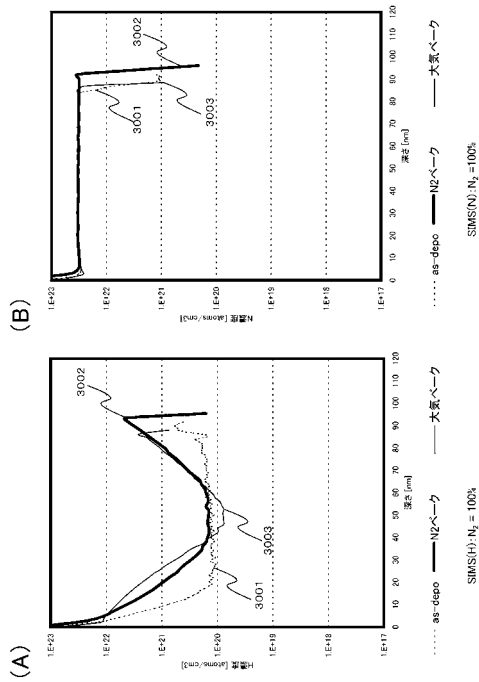
【 図 10 】



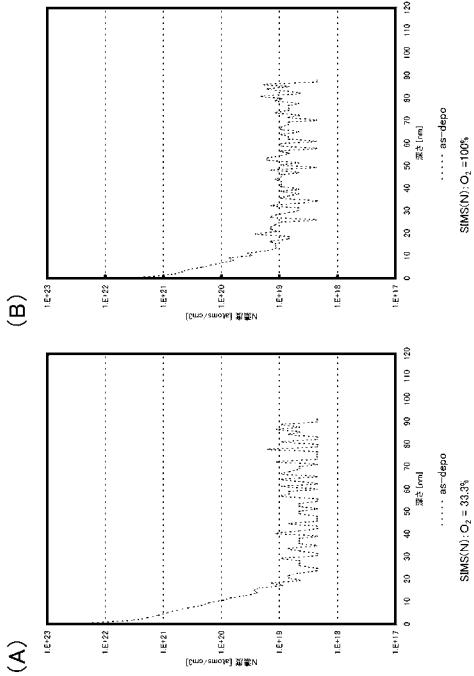
【 図 11 】



【 図 12 】

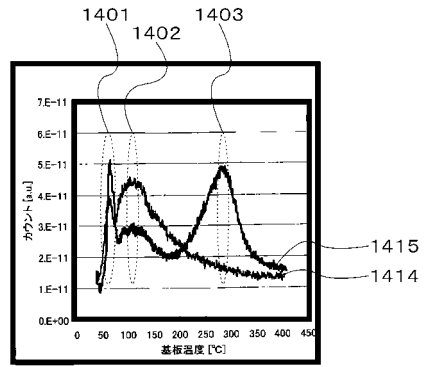


【 図 1 3 】

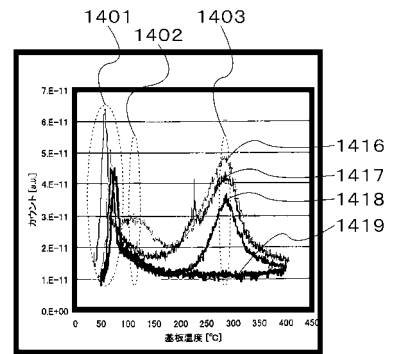


【 図 1 4 】

(A)

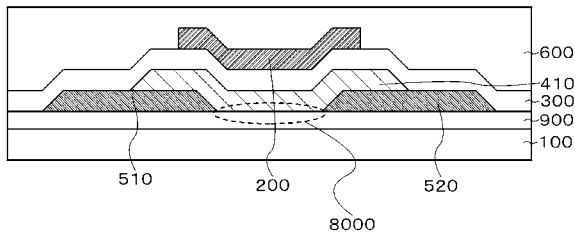


(B)

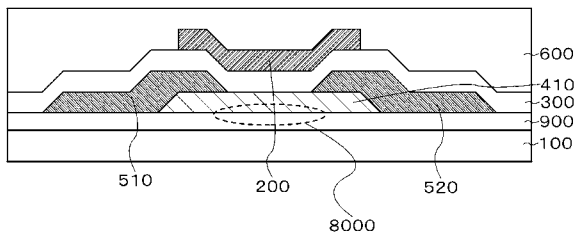


【 図 1 5 】

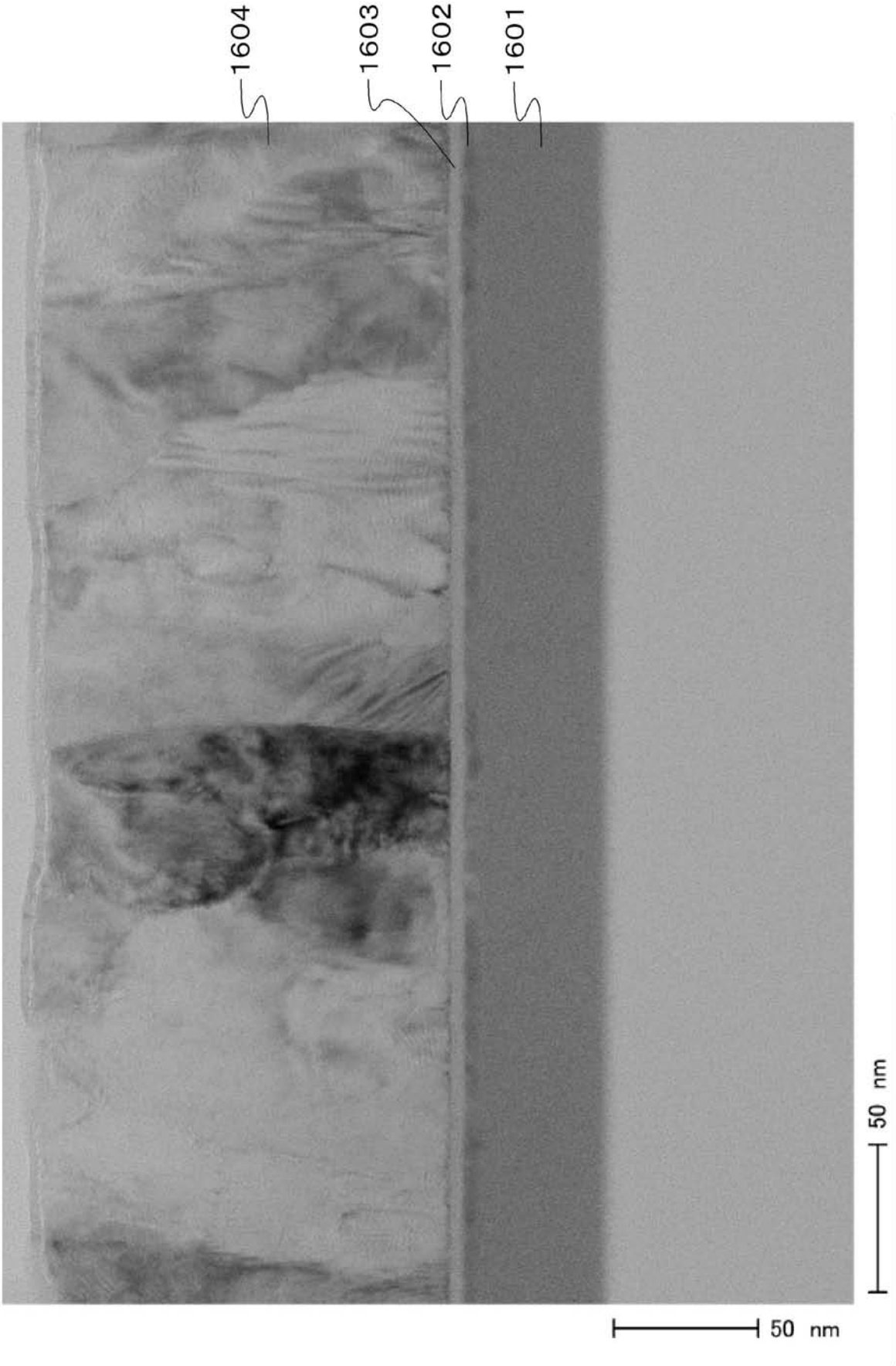
(A)



(B)



【 図 1 6 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F110 AA08 AA14 BB01 CC01 CC03 CC05 CC07 DD01 DD02 DD03
DD05 DD13 EE02 EE03 EE04 EE06 EE07 EE08 EE14 FF01
FF02 FF03 FF04 FF05 FF09 FF28 FF30 FF36 GG01 GG22
GG25 GG33 GG34 GG42 GG43 GG58 HK01 HK02 HK03 HK04
HK06 HK07 HK08 HK17 HK21 HK22 HK32 HK33 NN02 NN03
NN12 NN22 NN23 NN24 NN27 NN28 NN34 NN40