

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5057703号
(P5057703)

(45) 発行日 平成24年10月24日(2012.10.24)

(24) 登録日 平成24年8月10日(2012.8.10)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 27/12 (2006.01)	HO 1 L 27/12 B
HO 1 L 21/02 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 2 7 D
HO 1 L 21/336 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 2 7 B
HO 1 L 29/786 (2006.01)	GO 6 K 19/00 K
GO 6 K 19/077 (2006.01)	GO 6 K 19/00 H

請求項の数 7 (全 51 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2006-151079 (P2006-151079)	(73) 特許権者 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
(22) 出願日 平成18年5月31日(2006.5.31)	
(65) 公開番号 特開2007-13128 (P2007-13128A)	
(43) 公開日 平成19年1月18日(2007.1.18)	(72) 発明者 田村 友子 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
審査請求日 平成21年5月2日(2009.5.2)	
(31) 優先権主張番号 特願2005-158761 (P2005-158761)	(72) 発明者 荻田 香 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
(32) 優先日 平成17年5月31日(2005.5.31)	
(33) 優先権主張国 日本国(JP)	(72) 発明者 大力 浩二 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 純矢 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】 半導体装置の作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に金属膜を形成し、
前記金属膜に一酸化二窒素雰囲気下又は一酸化二窒素とアルゴンとの混合気体雰囲気下で
プラズマ処理を行うことによって前記金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、
前記金属酸化膜上に素子形成層を形成し、
前記素子形成層を覆って絶縁膜を形成し、
前記絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、
前記開口部にエッチング剤を導入して前記金属膜および前記金属酸化膜を除去し、
前記基板から前記素子形成層を剥離することを特徴とする半導体装置の作製方法。

10

【請求項2】

基板上に金属膜を形成し、
前記金属膜に一酸化二窒素雰囲気下又は一酸化二窒素とアルゴンとの混合気体雰囲気下で
プラズマ処理を行うことによって前記金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、
前記金属酸化膜上に素子形成層を形成し、
前記素子形成層を覆って絶縁膜を形成し、
前記絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、
前記開口部にエッチング剤を導入して前記金属膜および前記金属酸化膜の少なくとも一部
を残して除去し、
前記基板から前記素子形成層を剥離することを特徴とする半導体装置の作製方法。

20

【請求項 3】

基板上に金属膜を形成し、
 前記金属膜に一酸化二窒素雰囲気下又は一酸化二窒素とアルゴンとの混合気体雰囲気下で
 プラズマ処理を行うことによって前記金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、大気に曝され
 ることなく連続的に前記金属酸化膜上に第 1 の絶縁膜を形成し、
 前記第 1 の絶縁膜上に素子形成層を形成し、
 前記素子形成層を覆って第 2 の絶縁膜を形成し、
 前記第 2 の絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、
 前記開口部にエッチング剤を導入して前記金属膜および前記金属酸化膜を除去し、
 前記基板から前記素子形成層を剥離することを特徴とする半導体装置の作製方法。

10

【請求項 4】

基板上に金属膜を形成し、
 前記金属膜に一酸化二窒素雰囲気下又は一酸化二窒素とアルゴンとの混合気体雰囲気下で
 プラズマ処理を行うことによって前記金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、大気に曝され
 ることなく連続的に前記金属酸化膜上に第 1 の絶縁膜を形成し、
 前記第 1 の絶縁膜上に素子形成層を形成し、
 前記素子形成層を覆って第 2 の絶縁膜を形成し、
 前記第 2 の絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、
 前記開口部にエッチング剤を導入して前記金属膜および前記金属酸化膜の少なくとも一部
 を残して除去し、
 前記基板から前記素子形成層を剥離することを特徴とする半導体装置の作製方法。

20

【請求項 5】

基板上に金属膜を形成し、
 前記金属膜に一酸化二窒素雰囲気下又は一酸化二窒素とアルゴンとの混合気体雰囲気下で
 プラズマ処理を行うことによって前記金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、前記金属酸化
 膜上に第 1 の絶縁膜を形成し、前記第 1 の絶縁膜上に半導体膜を有する素子形成層を形成
 し、
 前記素子形成層を覆って第 2 の絶縁膜を形成し、
 前記第 2 の絶縁膜および前記素子形成層に開口部を形成し、
 前記開口部にエッチング剤を導入して前記金属膜および前記金属酸化膜を除去し、
 前記基板から前記素子形成層を剥離し、
 積層する前記金属酸化膜、前記第 1 の絶縁膜、及び前記半導体膜は大気に曝されることな
 く連続的に形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

30

【請求項 6】

基板上に金属膜を形成し、
 前記金属膜に一酸化二窒素雰囲気下又は一酸化二窒素とアルゴンとの混合気体雰囲気下で
 プラズマ処理を行うことによって前記金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、前記金属酸化
 膜上に第 1 の絶縁膜を形成し、前記第 1 の絶縁膜上に半導体膜を有する素子形成層を形成
 し、
 前記素子形成層を覆って第 2 の絶縁膜を形成し、
 前記第 2 の絶縁膜および前記素子形成層に開口部を形成し、
 前記開口部にエッチング剤を導入して前記金属膜および前記金属酸化膜の少なくとも一部
 を残して除去し、
 前記基板から前記素子形成層を剥離し、
 積層する前記金属酸化膜、前記第 1 の絶縁膜、及び前記半導体膜は大気に曝されることな
 く連続的に形成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】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項において、
 前記金属膜は、タングステン (W)、モリブデン (Mo)、チタン (Ti)、タンタル (Ta)、
 ニオブ (Nb)、ニッケル (Ni)、コバルト (Co)、ジルコニウム (Zr)

50

、亜鉛（Zn）、ルテニウム（Ru）、ロジウム（Rh）、鉛（Pb）、オスミウム（Os）、イリジウム（Ir）から選択された元素または前記元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料を用い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】

本発明は、半導体装置の作製方法に関し、特に支持基板と素子形成層との間に設けられた剥離層を利用して、支持基板から素子形成層の剥離を行うことにより半導体装置を作製する方法に関する。

【背景技術】

10

【0002】

近年、有価証券や商品の管理など、自動認識が必要なあらゆる分野を対象に、非接触でデータの授受が行えるRFID（Radio Frequency Identification）搭載カードや、RFID搭載タグの必要性が高まっている。RFIDを搭載したカードは、カード内部のループアンテナを介して外部の機器と非接触でデータの読み書きをするようになされる。また、RFIDを搭載したカードは、磁気記録方式によりデータを記録する磁気カードに比べて記憶容量が大きく、セキュリティ性に優れているため、最近では様々な分野への利用できる形態が提案されている。

【0003】

一般的に、RFIDはアンテナとICチップとから構成され、ICチップはシリコンウエハ上に設けられたトランジスタ群等を有する素子形成層により形成されている。しかし、近年、より低コスト化、より薄型化が求められており、ガラス基板上等に設けられた素子形成層を用いるRFIDの技術開発が進められ、さらに、ガラス基板上に設けられた素子形成層の基板部分を薄型化あるいはガラス基板から他の支持基板へ分離、転置する技術開発も進められている。これまで、これらの方法として、様々な技術が考えられている。

20

【0004】

例えば、支持基板を研削、研磨することによって薄膜化を行い素子形成層を取り出す方法や、支持基板を化学反応等によって除去する方法または支持基板と素子形成層を剥がす方法等がある。例えば、支持基板上に設けられた素子形成層を剥がす方法としては、非晶質シリコン（またはポリシリコン）からなる分離層を設け、基板を通過させてレーザ光を照射して非晶質シリコンに含まれる水素を放出させることにより、空隙を生じさせて支持基板を分離させる技術がある（特許文献1参照）。また、他にも素子形成層と支持基板の間にシリコンを含む剥離層を設けて、当該剥離層を、フッ化ハロゲンを含む気体を用いて除去することにより、素子形成層を支持基板から分離する技術がある（特許文献2参照）。このように、支持基板上に設けられた素子形成層を分離する方法は多数ある。

30

【0005】

【特許文献1】特開平10-125929号公報

【特許文献2】特開平8-254686号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0006】

しかしながら、支持基板を研削、研磨または溶解によって除去する方法では、応力あるいは振動等の物理的な力による損傷や汚染の問題等が生じる。また、これらの方法では、一度使用した基板を再度利用することが非常に困難であり、コストが増加するという問題がある。

【0007】

また、支持基板と素子形成層の間に設けられた剥離層を除去することによって、支持基板上に設けられた素子形成層を分離する場合、剥離層の性質が重要となる。つまり、剥離層に用いられる材料と当該剥離層を除去するためのエッチング剤の選択により、剥離層の除去に要する時間が左右される。また、剥離層上に薄膜トランジスタ等から構成される素

50

子形成層を設ける場合に、剥離層の材料や膜質によっては、トランジスタの特性に影響を与え半導体装置の信頼性が低下する恐れがある。

【0008】

上記問題を鑑み、本発明では、低コストで信頼性の高い半導体装置の作製方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記問題を解決するために、本発明では以下の手段を用いる。

【0010】

本発明における半導体装置の作製方法は、基板上に金属膜を形成し、金属膜に特定の気体雰囲気下にてプラズマ処理あるいは熱処理を行うことによって金属膜の表面に金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜を形成し、この金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜上に窒化珪素、酸化珪素あるいは窒化酸化珪素等の絶縁膜を形成し、この絶縁膜上に素子形成層を形成し、素子形成層を覆って絶縁膜を形成し、絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、開口部にエッチング剤を導入して金属膜および金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜を除去し、基板から素子形成層を剥離することを特徴としている。また、本発明における素子形成層とは、少なくとも薄膜トランジスタ群(TFT)を有している。当該薄膜トランジスタ群により、CPU(central processing unit)、メモリまたはマイクロプロセッサ等のありとあらゆる集積回路を設けることができる。また、素子形成層は、薄膜トランジスタに加えてアンテナを有した形態もとりうる。例えば、薄膜トランジスタ群で構成される素子形成層は、アンテナで発生した交流の電圧を用いて動作を行い、アンテナに印加する交流の電圧を変調することにより、リーダ/ライタへの送信を行うことができる。なお、アンテナは、薄膜トランジスタ群とともに形成してもよいし、薄膜トランジスタ群とは別個に形成し、後に電氣的に接続するように設けてもよい。

【0011】

本発明における半導体装置の他の作製方法として、基板上に金属膜を形成し、金属膜に特定の気体雰囲気下にてプラズマ処理あるいは熱処理を行うことによって金属膜の表面に金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜を形成し、この金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜上に窒化珪素、酸化珪素あるいは窒化酸化珪素等の絶縁膜を形成し、この絶縁膜上に素子形成層を形成し、素子形成層を覆って絶縁膜を形成し、絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、開口部にエッチング剤を導入して金属膜および金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜の少なくとも一部を残して除去し、基板から素子形成層を物理的手段により剥離することを特徴としている。なお、物理的手段とは化学ではなく、物理学により認識される手段であり、具体的には力学の法則に当てはめることが可能な過程を有する力学的手段または機械的手段を指し、何らかの力学的エネルギー(機械的エネルギー)を変化させる手段を指している。つまり、物理的手段を用いて剥離するとは、例えば人間の手、ノズルから吹付けられるガスの風圧、超音波または楔状の部材を用いた負荷等を用いて外部から衝撃(ストレス)を与えることによって剥離することを言う。

【0012】

金属膜表面に対して金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層を形成する手法のうち、ここではプラズマ処理を用いた場合に関する発現現象の原理的な説明をするが、この原理的な説明は熱処理に関しても同様の考え方が出来る。

【0013】

金属膜表面に対して、単一元素で構成される単一気体雰囲気中あるいは複数元素で構成される混合気体雰囲気中にてプラズマ処理を行うことで、金属膜表面近傍の金属元素がプラズマを構成する元素と化学反応を生じることは容易に予想される。例えば単一酸素気体雰囲気中で金属膜表面をプラズマ処理すれば金属酸化物が形成され、また単一窒素気体雰囲気中で金属膜表面をプラズマ処理すれば金属窒化物が形成される。本発明では、単一

10

20

30

40

50

酸化二窒素気体雰囲気中あるいは一酸化二窒素とアルゴン等の混合気体雰囲気中で、金属膜表面をプラズマ処理するため、表面近傍の金属元素とプラズマ中の窒素元素、酸素元素と化学的な反応を生じることが容易に予想される。このことから、プラズマ処理を開始した直後に金属膜表面あるいは表面近傍では金属酸化物、金属窒化物あるいは金属窒化酸化物が形成されはじめ、さらにプラズマ処理時間の経過とともに金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層を形成していくことも予想できる。この状態での金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層の状態を第1の状態とする。

【0014】

第1の状態に関して、金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層の組成、硬度、膜厚、結合状態、結晶性、配向状態、配列状態、密度等の巨視的および微視的な観点での値とさらにそれら微視的な観点での性質の連続性・不連続性の情報は、単一あるいは複数元素で構成される単一気体雰囲気中あるいは混合気体雰囲気中で処理されるプラズマを励起するエネルギー量、真空度、気体供給量、処理時間、プラズマを形成する容器の構造等の条件に対して変化することが予想される。また、これらの第1の状態での金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層の巨視的な観点で見た凝集力を第1の凝集力とする。さらにこの第1の状態での金属層と金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層との間の密着力を第1の下界面密着力とする。

10

【0015】

本発明ではこの第1の状態の金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層上に、続けて窒化珪素膜、酸化珪素膜あるいは窒化酸化珪素膜等の絶縁膜を形成するが、この際に、形成初段で形成に使用する気体種を構成する元素が金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層と化学的な反応を生じることが予想される。この反応により新たに变化した状態は、第1の状態とは異なった状態となっていることが予想され、この状態での金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層の状態を第2の状態とする。また、この第2の状態での金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層の巨視的な観点で見た凝集力を第2の凝集力とする。さらにこの第2の状態での金属層と金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層との間の密着力を第2の下界面密着力とし、金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層と窒化珪素膜、酸化珪素膜あるいは窒化酸化珪素膜等の絶縁膜との間の密着力を第2の上界面密着力とする。

20

【0016】

金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層上に形成する窒化珪素膜、酸化珪素膜あるいは窒化酸化珪素膜の形成方法は、例えばモノシランガス、一酸化二窒素ガスを使用した化学気層成長(CVD: Chemical Vapor Deposition)法を用いてもよく、またターゲットを珪素とした一酸化二窒素気体単体あるいは一酸化二窒素気体とアルゴン気体との混合気体等を使用するスパッタリング(Sputtering)法等のあらゆる薄膜形成方法を用いれば良い。

30

【0017】

この第2の状態は、その後、絶縁膜上に素子形成層を形成あるいは加工等の過程を経ることで構造が変化し、物理的あるいは機械的状态が変化していくことが予想される。そして最終的に基板から素子形成層を物理的手段により剥離する際の金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層の状態を第Nの状態とする。また、この第Nの状態での金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層の巨視的な観点で見た凝集力を第Nの凝集力とする。さらにこの第Nの状態での金属層と金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層との間の密着力を第Nの下界面密着力とし、金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層と窒化珪素膜、酸化珪素膜あるいは窒化酸化珪素膜等の絶縁膜との間の密着力を第Nの上界面密着力とする。

40

【0018】

第Nの状態に至るまでに生じたさまざまな過程、構造変化等からの影響によって膜全体がそれら変化に相当する量のエネルギーを受けた場合、金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層中の例えば微視的な観点で見た組成の不連続な点あるいはその点の近辺や、

50

別の例で言えば結合状態の規則性の不連続な点あるいはその点の近辺、さらに別の例で言えば密度の変化している点あるいはその点の近辺等が局所的にエネルギーの緩和を生じることが予想される。これら外部からのエネルギーを局所的に緩和する現象の代表例は、地殻の移動あるいは地盤の移動に対して発生する地震などがよい例である。緩和する点が一番構造的に変化しやすい点（地震でいう構造線）であるが、金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層がこの場合に相当すると予想される。金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層はその組成、結合状態等が複数存在するため比較的変動しやすいことが知られている。

【 0 0 1 9 】

第Nの状態での剥離現象の発現は、剥離を生じさせようとする物理的あるいは機械的強度と剥離を生じる層の第Nの凝集力（物理的あるいは機械的強度）あるいは剥離を生じる層近辺（第Nの下界面あるいは第Nの上界面）の密着力（物理的あるいは機械的強度）との関係で前者が上回った際に生じる。従って、物理的手段を用いるまでの段階に剥離を生じる層あるいは層近辺の機械強度が、剥離を生じさせるための物理的あるいは機械的強度よりも低下していれば良い。

10

【 0 0 2 0 】

金属膜表面に金属酸化層、金属窒化層あるいは金属窒化酸化層を形成するための手法としてプラズマ処理に関して説明したが、熱処理に関して同様のことが予想できる。

【 0 0 2 1 】

本発明の半導体装置の作製方法の一は、基板上に金属膜を形成し、金属膜に一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を行うことによって金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、金属酸化膜上に素子形成層を形成し、素子形成層を覆って絶縁膜を形成し、絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、基板から素子形成層を剥離する。

20

【 0 0 2 2 】

本発明の半導体装置の作製方法の一は、基板上に金属膜を形成し、金属膜に一酸化二窒素とアルゴンとの混合気体雰囲気下でプラズマ処理を行うことによって金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、金属酸化膜上に素子形成層を形成し、素子形成層を覆って絶縁膜を形成し、絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、基板から素子形成層を剥離する。

【 0 0 2 3 】

本発明の半導体装置の作製方法の一は、基板上に金属膜を形成し、金属膜に一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を行うことによって金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、大気に曝されることなく連続的に金属酸化膜上に第1の絶縁膜を形成し、第1の絶縁膜上に素子形成層を形成し、素子形成層を覆って第2の絶縁膜を形成し、第2の絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、基板から素子形成層を剥離する。

30

【 0 0 2 4 】

本発明の半導体装置の作製方法の一は、基板上に金属膜を形成し、金属膜に一酸化二窒素とアルゴンとの混合気体雰囲気下でプラズマ処理を行うことによって金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、大気に曝されることなく連続的に金属酸化膜上に第1の絶縁膜を形成し、第1の絶縁膜上に素子形成層を形成し、素子形成層を覆って第2の絶縁膜を形成し、第2の絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、基板から素子形成層を剥離する。

40

【 0 0 2 5 】

本発明の半導体装置の作製方法の一は、基板上に金属膜を形成し、金属膜に一酸化二窒素を含む雰囲気下でプラズマ処理を行うことによって金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、金属酸化膜上に第1の絶縁膜を形成し、第1の絶縁膜上に半導体膜を有する素子形成層を形成し、素子形成層を覆って第2の絶縁膜を形成し、第2の絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、基板から素子形成層を剥離し、積層する金属酸化膜、第1の絶縁膜、及び半導体膜は大気に曝されることなく連続的に形成する。

【 0 0 2 6 】

本発明の半導体装置の作製方法の一は、基板上に金属膜を形成し、金属膜に一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を行うことによって金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、金属

50

酸化膜上に素子形成層を形成し、素子形成層を覆って絶縁膜を形成し、絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、開口部にエッチング剤を導入して金属膜および金属酸化膜を除去し、基板から素子形成層を剥離する。

【0027】

本発明の半導体装置の作製方法の一は、基板上に金属膜を形成し、金属膜に一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を行うことによって金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、金属酸化膜上に素子形成層を形成し、素子形成層を覆って絶縁膜を形成し、絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、開口部にエッチング剤を導入して金属膜および金属酸化膜の少なくとも一部を残して除去し、基板から素子形成層を物理的手段により剥離する。

【0028】

本発明の半導体装置の作製方法の一は、基板上に金属膜を形成し、金属膜に一酸化二窒素とアルゴンとの混合気体雰囲気下でプラズマ処理を行うことによって金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、金属酸化膜上に素子形成層を形成し、素子形成層を覆って絶縁膜を形成し、絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、開口部にエッチング剤を導入して金属膜および金属酸化膜を除去し、基板から素子形成層を剥離する。

【0029】

本発明の半導体装置の作製方法の一は、基板上に金属膜を形成し、金属膜に一酸化二窒素とアルゴンとの混合気体雰囲気下でプラズマ処理を行うことによって金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、金属酸化膜上に素子形成層を形成し、素子形成層を覆って絶縁膜を形成し、絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、開口部にエッチング剤を導入して金属膜および金属酸化膜の少なくとも一部を残して除去し、基板から素子形成層を物理的手段により剥離する。

【0030】

本発明の半導体装置の作製方法の一は、基板上に金属膜を形成し、金属膜に一酸化二窒素を含む雰囲気下でプラズマ処理を行うことによって金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、大気に曝されることなく連続的に金属酸化膜上に第1の絶縁膜を形成し、第1の絶縁膜上に素子形成層を形成し、素子形成層を覆って第2の絶縁膜を形成し、第2の絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、開口部にエッチング剤を導入して金属膜および金属酸化膜を除去し、基板から素子形成層を剥離する。金属酸化膜と第1の絶縁膜とを大気に曝されることなく連続的に成膜できることによって、金属酸化膜と第1の絶縁膜との界面へのごみなどの汚染物の混入を防ぐことができる。よって、ごみに起因する凹凸による成膜不良や、汚染などを防ぐことができ、半導体装置の生産効率や信頼性を向上することができる。

【0031】

また、素子形成層は半導体膜を有する構成とすることができる。この場合、第1の絶縁膜と、第1の絶縁膜上に形成される半導体膜とを大気に曝されることなく連続的に形成することができる。第1の絶縁膜と、半導体膜とはプラズマCVD装置で形成することができるので同一チャンパー内で形成することもできる。本発明の半導体装置の作製方法の一は、基板上に金属膜を形成し、金属膜に一酸化二窒素を含む雰囲気下でプラズマ処理を行うことによって金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、金属酸化膜上に第1の絶縁膜を形成し、第1の絶縁膜上に半導体膜を有する素子形成層を形成し、素子形成層を覆って第2の絶縁膜を形成し、第2の絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、開口部にエッチング剤を導入して金属膜および金属酸化膜を除去し、基板から素子形成層を剥離し、積層する第1の絶縁膜、及び半導体膜は大気に曝されることなく連続的に形成する。第1の絶縁膜と半導体膜とを大気に曝されることなく連続的に成膜できることによって、第1の絶縁膜と半導体膜との界面へのごみなどの汚染物の混入を防ぐことができる。よって、ごみに起因する凹凸による成膜不良や、汚染などを防ぐことができ、半導体装置の生産効率や信頼性を向上することができる。

【0032】

さらに、金属酸化膜と、第1の絶縁膜と、第1の絶縁膜上に形成される半導体膜とを大

10

20

30

40

50

気に曝されることなく連続的に形成することもできる。金属酸化膜と、第1の絶縁膜と、半導体膜とはプラズマCVD装置で形成することができるので同一チャンパー内で形成することもできる。本発明の半導体装置の作製方法の一は、基板上に金属膜を形成し、金属膜に一酸化二窒素を含む雰囲気下でプラズマ処理を行うことによって金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、金属酸化膜上に第1の絶縁膜を形成し、第1の絶縁膜上に半導体膜を有する素子形成層を形成し、素子形成層を覆って第2の絶縁膜を形成し、第2の絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、開口部にエッチング剤を導入して金属膜および金属酸化膜を除去し、基板から素子形成層を剥離し、積層する金属酸化膜、第1の絶縁膜、及び半導体膜は大気に曝されることなく連続的に成膜できることによって、金属酸化膜、第1の絶縁膜、及び半導体膜の界面へのごみなどの汚染物の混入を防ぐことができる。よって、ごみに起因する凹凸による成膜不良や、汚染などを防ぐことができ、半導体装置の生産効率や信頼性を向上することができる。

10

【0033】

本発明の半導体装置の作製方法の一は、基板上に金属膜を形成し、金属膜に一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を行うことによって金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、大気に曝されることなく連続的に金属酸化膜上に第1の絶縁膜を形成し、第1の絶縁膜上に素子形成層を形成し、素子形成層を覆って第2の絶縁膜を形成し、第2の絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、開口部にエッチング剤を導入して金属膜および金属酸化膜の少なくとも一部を残して除去し、基板から素子形成層を物理的手段により剥離する。

20

【0034】

本発明の半導体装置の作製方法の一は、基板上に金属膜を形成し、金属膜に一酸化二窒素とアルゴンとの混合気体雰囲気下でプラズマ処理を行うことによって金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、大気に曝されることなく連続的に金属酸化膜上に第1の絶縁膜を形成し、第1の絶縁膜上に素子形成層を形成し、素子形成層を覆って第2の絶縁膜を形成し、第2の絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、開口部にエッチング剤を導入して金属膜および金属酸化膜を除去し、基板から素子形成層を剥離する。

【0035】

本発明の半導体装置の作製方法の一は、基板上に金属膜を形成し、金属膜に一酸化二窒素とアルゴンとの混合気体雰囲気下でプラズマ処理を行うことによって金属膜の表面に金属酸化膜を形成し、大気に曝されることなく連続的に金属酸化膜上に第1の絶縁膜を形成し、第1の絶縁膜上に素子形成層を形成し、素子形成層を覆って第2の絶縁膜を形成し、第2の絶縁膜および素子形成層に開口部を形成し、開口部にエッチング剤を導入して金属膜および金属酸化膜の少なくとも一部を残して除去し、基板から素子形成層を物理的手段により剥離する。

30

【発明の効果】**【0036】**

本発明を用いることにより、素子形成層として半導体装置を用いれば、最終的に薄型で可撓性を有する基板上に設けられた半導体装置を低コストで提供することができる。また、本発明の半導体装置の作製方法を用いることにより、信頼性の高い半導体装置を得ることができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】**【0037】**

本発明の実施の形態について、図面を用いて以下に説明する。但し、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。従って、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。なお、以下に説明する本発明の構成において、同じものを指す符号は異なる図面間で共通して用いる。

【0038】

(実施の形態1)

50

本実施の形態では、本発明の半導体装置の作製方法の一構成例に関して図面を用いて説明する。

【0039】

まず、基板10の表面に、金属膜11を形成する(図1(A))。金属膜11は、単層で形成してもよいし、複数の層を積層させて形成してもよい。例えば、タングステン(W)膜をスパッタ法を用いて形成する。なお、金属膜11を形成する前に基板10上に絶縁膜を設けてもよい。特に、基板からの汚染が懸念される場合には、基板10と金属膜11との間に絶縁膜を形成するのが好ましい。

【0040】

次に、金属膜11に一酸化二窒素単体あるいは一酸化二窒素とその他のガスとの混合気体雰囲気下でプラズマ処理を行い、金属膜11の表面に金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜12を形成する(図1(B))。金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜12は、当該金属膜11を構成する金属元素との化学反応物で形成される。例えば、金属膜11としてタングステン膜を用いた場合、プラズマ処理を行うことによってタングステン膜の表面に、金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜12としてタングステン酸化膜、タングステン窒化物あるいはタングステン窒化酸化物が形成される。なお、本実施の形態では、金属膜11と金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜12とからなる層を剥離層19とよぶ。

10

【0041】

次に、金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜12上に絶縁膜13を形成する(図1(C))。絶縁膜13は単層で設けてもよいし、複数の膜を積層させて設けてもよい。

20

【0042】

次に、絶縁膜13上に薄膜トランジスタ等から構成される層14(以下、TF T層14とも記す)を形成する。なお、本実施の形態では、絶縁膜13とTF T層14からなる層を素子形成層30とよぶ。続いて、素子形成層30を覆うように保護膜として絶縁膜15を形成する(図1(D))。絶縁膜15は、素子形成層30の側面も覆うように形成することが好ましい。また、ここでは、絶縁膜15は、素子形成層30を覆うように全面に設けられているが、必ずしも全面に設ける必要はなく選択的に設けてもよい。

【0043】

次に、絶縁膜15および素子形成層30に開口部16を形成し、剥離層19を露出させる(図1(E))。開口部16は、素子形成層30を構成する薄膜トランジスタ等を選けた領域や、基板10の端部に設けることが好ましい。また、開口部16は、レーザ光の照射や、試料の端面を研削、切断することにより形成することができる。

30

【0044】

次に、開口部16からエッチング剤を導入して、剥離層19を選択的に除去する(図2(A))。剥離層19は、全て除去してもよいし、剥離層の一部を残すように除去してもよい。剥離層19の一部を残すことによって、剥離層を除去した後も、基板10に素子形成層30を保持させておくことができる。また、剥離層19を全て除去せず処理を行うことにより、エッチング剤の消費量を減らし、処理時間の短縮化ができるため、低コスト化および高効率化を図ることができる。

40

【0045】

次に、絶縁膜15上に第1のシート材17を設ける(図2(B))。第1のシート材17は、少なくとも一方の面が接着性を有しており、素子形成層30と第1のシート材17を貼り合わせることによって設ける。

【0046】

次に、基板10から素子形成層30を剥離する(図2(C))。基板10と素子形成層30との間に剥離層19が一部残っている場合は、物理的手段を用いて基板10から素子形成層30を剥離する。この場合、上述した方法で設けられた剥離層19を用いているため、剥離しようとした段階ですでにある程度の工程が経過し、構造も変化していることに

50

よって、素子形成層 30 と剥離層 19 の密着性が低下しているため、物理的手段を用いても容易に基板 10 から素子形成層 30 を剥離することができる。

【0047】

次に、基板 10 から剥離した素子形成層 30 の面に第 2 のシート材 18 を設ける。(図 2(D))。第 2 のシート材 18 は、素子形成層 30 に接着させた後、加熱処理と加圧処理の一方又は両方を行うことにより設ける。第 2 のシート材を設けることによって、素子形成層 30 の強度を補強し、水分や汚染物等の侵入を防ぐことができる。なお、素子形成層の第 2 のシート材が設けられた反対側にも、第 2 のシート材と同様のシート材を設けて封止を行ってもよい。この場合、半導体装置をより薄く形成したい場合には、第 1 のシート材を除去した後に新たにシート材を設けて封止することが好ましい。

10

【0048】

以上の工程を経て、可撓性を有する半導体装置を作製することができる。以下に、各工程における材料等に関して具体的に説明する。

【0049】

基板 10 は、ガラス基板、石英基板、金属基板やステンレス基板の一表面に絶縁膜を形成したものの、本工程の処理温度に耐えうる耐熱性があるプラスチック基板等を用いるとよい。このような基板であれば、その面積や形状に大きな制限はないため、基板 10 として、例えば、1 辺が 1 メートル以上であって、矩形状のものを用いれば、生産性を格段に向上させることができる。このような利点は、円形のシリコン基板を用いる場合と比較すると、大きな優位点である。また、本実施の形態では、剥離された基板 10 は再利用することができたため、より低コストで半導体装置を作製することができる。例えば、原価の高い石英基板を用いた場合であっても、繰り返し石英基板を利用することにより、低コストで半導体装置を作製することができるといった利点を有している。

20

【0050】

金属膜 11 は、タングステン(W)、モリブデン(Mo)、チタン(Ti)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、ニッケル(Ni)、コバルト(Co)、ジルコニウム(Zr)、亜鉛(Zn)、ルテニウム(Ru)、ロジウム(Rh)、鉛(Pb)、オスミウム(Os)、イリジウム(Ir)から選択された元素または前記元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料からなる膜を、単層又は積層して形成する。また、これらの材料は、公知の手段(スパッタ法やプラズマCVD法等の各種CVD法)を用いて形成することが

30

【0051】

基板 10 と金属膜 11 との間に設ける絶縁膜は、酸化珪素(SiO_x)、窒化珪素(SiN_x)、酸化窒化珪素(SiO_xN_y)(x>y)、窒化酸化珪素(SiN_xO_y)(x>y)等の酸素または窒素を有する絶縁膜の単層構造、またはこれらの積層構造を用いることができる。これらの絶縁膜は、公知の手段(スパッタ法やプラズマCVD法等の各種CVD法)を用いて形成することができる。

【0052】

金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜 12 は、金属膜 11 の表面に一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を行うことによって、金属膜 11 の表面に形成する。例えば、金属膜 11 としてスパッタ法により形成したタングステン膜を設けた場合、タングステン膜に一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を行うことによって、タングステン膜表面にタングステン酸化物、タングステン窒化物あるいはタングステン窒化酸化物を形成することができる。

40

【0053】

絶縁膜 13 は、公知の手段(スパッタ法やプラズマCVD法等)により、酸化珪素(SiO_x)、窒化珪素(SiN_x)、酸化窒化珪素(SiO_xN_y)(x>y)、窒化酸化珪素(SiN_xO_y)(x>y)等の酸素または窒素を有する絶縁膜の単層構造、またはこれらの積層構造を用いて形成することができる。例えば、絶縁膜 13 を 2 層構造で設ける場合、1 層目の絶縁膜として窒化酸化珪素膜を形成し、2 層目の絶縁膜として酸化窒化

50

珪素膜を形成するとよい。また、絶縁膜 1 3 を 3 層構造で設ける場合、1 層目の絶縁膜として酸化窒化珪素膜を形成し、2 層目の絶縁膜として窒化酸化珪素膜を形成し、3 層目の絶縁膜として酸化窒化珪素膜を形成するとよい。または、1 層目の絶縁膜として酸化珪素膜を形成し、2 層目の絶縁膜として窒化酸化珪素膜を形成し、3 層目の絶縁膜として酸化窒化珪素膜を形成するとよい。

【 0 0 5 4 】

T F T 層 1 4 は、少なくとも薄膜トランジスタ (T F T) 等を有している。T F T 層 1 4 は、当該薄膜トランジスタによって、C P U、メモリまたはマイクロプロセッサ等の様々な集積回路を設けることができる。また、T F T 層 1 4 は、薄膜トランジスタに加えてアンテナを有した形態もとりうる。例えば、薄膜トランジスタで構成される集積回路は、アンテナで発生した交流の電圧を用いて動作を行い、アンテナに印加する交流の電圧を変調することにより、リーダ/ライタへの送信を行うことができる。なお、アンテナは、薄膜トランジスタとともに形成してもよいし、薄膜トランジスタとは別個に形成し、後に電氣的に接続するようにして設けてもよい。

10

【 0 0 5 5 】

また、薄膜トランジスタとして、非晶質半導体または結晶質半導体を用いることができるが、より特性の高い薄膜トランジスタを用いる場合には、結晶質半導体を用いて薄膜トランジスタを設けることが好ましい。この場合、絶縁膜 1 3 上に公知の手段 (スパッタ法、L P C V D 法、プラズマ C V D 法等) により非晶質半導体膜を形成し、続いて、非晶質半導体膜を公知の結晶化法 (レーザ結晶化、R T A またはファーネスアニール炉を用いる熱結晶化法、結晶化を助長する金属元素を用いる熱結晶化法、結晶化を助長する金属元素を用いる熱結晶化法とレーザ結晶化法を組み合わせた方法等) により結晶化して、結晶質半導体膜を形成する。

20

【 0 0 5 6 】

また、薄膜トランジスタを構成する半導体膜の構造もどのような構成としてもよく、例えば不純物領域 (ソース領域、ドレイン領域、L D D 領域を含む) を形成してもよいし、p チャネル型、n チャネル型または C M O S 回路で設けてもよい。また、半導体膜の上方に設けられるゲート電極の側面と接するように絶縁膜 (サイドウォール) を形成してもよいし、ソース領域及びドレイン領域とゲート電極との一方または両方に、ニッケル、モリブデンまたはコバルト等のシリサイド層を形成してもよい。

30

【 0 0 5 7 】

絶縁膜 1 5 は、D L C (ダイヤモンドライクカーボン) 等の炭素を含む膜、窒化珪素を含む膜、窒化酸化珪素を含む膜、エポキシ等の樹脂材料やその他の有機材料からなる膜等で形成する。なお、絶縁膜 1 5 は、これらの膜を公知の手段 (スパッタ法、プラズマ C V D 法等の各種 C V D 法、スピニング法、液滴吐出法または印刷法) を用いて形成することができる。

【 0 0 5 8 】

エッチング剤は、三フッ化塩素ガス等のフッ化ハロゲンまたはハロゲン間化合物を含む気体や液体を使用することができる。他にも、C F ₄、S F ₆、N F ₃、F ₂ 等を用いることもできる。

40

【 0 0 5 9 】

第 1 のシート材 1 7 は、可撓性のフィルムを利用することができ、少なくとも一方の面に粘着剤を有する面が設けてある。例えば、ポリエステル等の基材として用いるベースフィルム上に粘着剤が設けてあるシート材を利用することができる。粘着剤としては、アクリル樹脂等を含んだ樹脂材料または合成ゴム材料からなる材料を用いることができる。

【 0 0 6 0 】

第 2 のシート材 1 8 は、可撓性のフィルムを利用することができ、例えば、ポリプロピレン、ポリエステル、ビニル、ポリフッ化ビニル、塩化ビニルなどからなるフィルム、繊維質な材料からなる紙、基材フィルム (ポリエステル、ポリアミド、無機蒸着フィルム、紙類等) と接着性合成樹脂フィルム (アクリル系合成樹脂、エポキシ系合成樹脂等) との

50

積層フィルム等を利用することができる。また、フィルムは、被処理体と加熱処理と加圧処理が行われるものであり、加熱処理と加圧処理を行う際には、フィルムの最表面に設けられた接着層か、または最外層に設けられた層（接着層ではない）を加熱処理によって溶かし、加圧により接着する。また、第1のシート材17と第2のシート材18とで素子形成層を封止する場合には、第1のシート材も同様の材料を用いて封止を行えばよい。

【0061】

以上のように、本実施の形態によって、一度ガラス等の剛性を有する基板上に素子形成層を設けた後に、当該基板から素子形成層を剥離することによって、可撓性を有する半導体装置を作製することができる。さらに、本実施の形態で示した方法を用いて、剥離層を形成し且つ剥離を行うことによって、低コストで信頼性の高い半導体装置を作製することができる。

10

【0062】

（実施の形態2）

本実施の形態では、上記実施の形態と異なる半導体装置の作製方法に関して、図面を用いて説明する。

【0063】

まず、基板10の表面に、金属膜11を形成する（図4（A））。金属膜11は、単層で形成してもよいし、複数の層を積層させて形成してもよい。例えば、タングステン（W）膜をスパッタ法を用いて形成する。なお、金属膜11を形成する前に基板10上に絶縁膜を設けてもよい。特に、基板からの汚染が懸念される場合には、基板10と金属膜11との間に絶縁膜を形成するのが好ましい。

20

【0064】

次に、本実施の形態では、一酸化二窒素単体あるいは一酸化二窒素とその他のガスとの混合気体雰囲気下にて、RTAやファーネスアニール炉等を用いた熱処理を行うことによって、金属膜11を酸化、窒化あるいは窒化酸化させて、金属膜11の表面に金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜22を形成する。ここでは、RTAにより熱処理を行う例に関して示す。（図4（B））。図4（B）は、試料を加熱する装置であり、チャンパー70、支持台71、熱源体72および断熱材73等を有している。熱源体72としては、ニッケルクロム線（ニクロム線）や鉄クロム線等の電熱線や、赤外線ランプやハロゲンランプ等のランプを用いる。

30

【0065】

まず、チャンパー70内の支持台71に金属膜11が設けられた基板10を配置する。そして、熱源体72を用いて加温することにより、一酸化二窒素単体あるいは一酸化二窒素とその他のガスとの混合気体雰囲気下で金属膜11に熱処理を行い金属膜11の表面に金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜22を形成する。熱処理の温度や時間を制御することにより、金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜22の膜厚を調整することができる。

【0066】

なお、図4に示したのはあくまで一例であり、基板上に形成された金属膜に加熱処理を行い、表面に金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜を形成できるのであれば、どのような装置を用いてもよい。つまり、本実施の形態では、基板上に形成された金属膜に加熱処理を行うことによって、金属膜の表面に金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜を形成することが重要である。また、基板は1枚ごと処理してもよいし、多くの枚数を同時に処理してもよい。特に、一度に多くの基板を処理したい場合には、バッチ式のファーネスアニール炉を用いることができる。

40

【0067】

その後、上記実施の形態に示した図1（C）～図2（D）と同様の工程を経ることによって、半導体装置を作製することができる。

【0068】

なお、本実施の形態は上記実施の形態と自由に組み合わせて行うことができる。つまり

50

、上記実施の形態で示した材料や形成方法は、本実施の形態でも自由に組み合わせて利用することができる。

【0069】

(実施の形態3)

本実施の形態では、上記実施の形態と異なる半導体装置の作製方法に関して図面を用いて説明する。

【0070】

まず、基板10の表面に、一酸化二窒素単体あるいは一酸化二窒素とその他のガスとの混合気体雰囲気下でスパッタ法を行うことによって、金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜31を形成する(図5(A))。例えば、一酸化二窒素単体あるいはアルゴンと一酸化二窒素との混合気体の雰囲気下等でタングステンをターゲットとしてスパッタを行うことにより、タングステン酸化膜(WO_x)、タングステン窒化膜(WN_x)あるいはタングステン窒化酸化膜(WN_xO_y)を基板10上に形成することができる。また、タングステンの他にも、モリブデン(Mo)、チタン(Ti)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、ニッケル(Ni)、コバルト(Co)、ジルコニウム(Zr)、亜鉛(Zn)、ルテニウム(Ru)、ロジウム(Rh)、鉛(Pb)、オスmium(Os)、イリジウム(Ir)、から選択された元素または前記元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料からなる膜を、単層又は積層して形成する。また上記材料に珪素(Si)を含んでいてもよい。

10

【0071】

次に、金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜31上に絶縁膜13を形成する(図5(B))。絶縁膜13は単層で設けてよいし、複数の膜を積層させて設けてもよい。

20

【0072】

次に、絶縁膜13上に薄膜トランジスタ等から構成される層14(TFT層14)を形成する。なお、本実施の形態では、絶縁膜13とTFT層14からなる層を便宜上、素子形成層30とよぶ。続いて、素子形成層30を覆うように保護膜として絶縁膜15を形成する(図5(C))。絶縁膜15は、素子形成層30の側面も覆うように形成することが好ましい。また、ここでは、絶縁膜15は、素子形成層30を覆うように全面に設けられているが、必ずしも全面に設ける必要はなく選択的に設けてもよい。

30

【0073】

次に、絶縁膜15および素子形成層30に開口部16を形成し剥離層19を露出させる(図5(D))。開口部16は、素子形成層30を構成する薄膜トランジスタ等を避けた領域や、基板10の端部に設けることが好ましい。また、開口部16は、レーザー光の照射や、試料の端面を研削、切断することにより形成することができる。

【0074】

次に、開口部16から、三フッ化塩素ガス等のフッ化ハロゲン等のエッチング剤を導入して、選択的に金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜31の除去を行う(図5(E))。金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜31は、全て除去してもよいし、一部分を残すように除去してもよい。金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜31の一部を残すことによって、金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜31を除去した後であっても、基板10に素子形成層30を保持させておくことができる。また、金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜31を全て除去せず処理を行うことにより、エッチング剤の消費量を減らし、処理時間の短縮化ができるため、低コスト化および高効率化を図ることができる。

40

【0075】

その後、上記実施の形態で示したように、素子形成層30に第1のシート材を設けて基板10から素子形成層30を分離することができる。本実施の形態では、金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜31が剥離層として機能している。

【0076】

50

なお、本実施の形態では、基板10の表面上に直接一酸化二窒素単体あるいは一酸化二窒素とその他のガスとの混合気体雰囲気下でスパッタを行うことによって、金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜31を形成する例を示したが、あらかじめ基板10上に金属膜を設け、当該金属膜上に金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜31を設けてもよい。この場合、金属膜と金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜に含まれる金属元素が異なってもよい。

【0077】

なお、本実施の形態は上記実施の形態と自由に組み合わせて行うことができる。つまり、上記実施の形態で示した材料や形成方法は、本実施の形態でも自由に組み合わせて利用することができる。

【0078】

(実施の形態4)

上記実施の形態では、金属膜、金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜、絶縁膜、素子形成層を構成する薄膜トランジスタの非晶質半導体膜を順次形成することにより作製する例を示した。本実施の形態では、このように、導電膜、絶縁膜または半導体膜を成膜する際に、連続して成膜する場合に関して図面を用いて説明する。

【0079】

複数のチャンバーを備えた装置の一例を図3(A)に示す。なお、図3(A)は、本実施の形態で示す装置(連続成膜システム)の一構成例を上面からみた図である。

【0080】

図3(A)に示す装置は、第1のチャンバー111、第2のチャンバー112、第3のチャンバー113、第4のチャンバー114、ロードロック室110、115、共通室120を有しており、それぞれのチャンバーは気密性を有している。各チャンバーには、真空排気ポンプ、不活性ガスの導入系が備えられている。

【0081】

ロードロック室110、115は、試料(処理基板)をシステムに搬入するための部屋である。また、第1~第4のチャンバーは、基板10に導電膜、絶縁膜または半導体膜の成膜や、エッチングやプラズマ処理等を行うための部屋である。共通室120は、それぞれのロードロック室110、115および第1~第4のチャンバーに対して共通に配置された試料の共通室120である。また、共通室120とロードロック室110、115、第1~第4のチャンバー111~114の間にはゲート弁122~127が設けられている。なお、共通室120には、ロボットアーム121が設けてあり、ロボットアーム121によって、処理基板が各部屋へ運ばれる。

【0082】

以下に、具体例として、基板10に対して、第1のチャンバー111において金属膜11を成膜し、第2のチャンバー112において金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜12を形成し、第3のチャンバー113において絶縁膜13を成膜し、第4のチャンバーにおいて非晶質半導体膜を成膜する例を示す。

【0083】

まず、基板10は多数枚が収納されたカセット128ごとロードロック室110に搬入される。カセット128の搬入後、ロードロック室110の搬入扉を閉鎖する。この状態において、ゲート弁122を開けてカセット128から処理基板を1枚取り出し、ロボットアーム121によって共通室120に配置させる。この際、共通室120において基板10の位置合わせが行われる。

【0084】

次に、ゲート弁122を閉鎖し、ついでゲート弁124を開ける。そして、第1のチャンバー111へ基板10を移送する。第1のチャンバー111内で、成膜処理を行うことによって、基板10上に金属膜11を形成する。例えば、第1のチャンバー111において、プラズマCVD法やWをターゲットとして用いたスパッタ法によりタングステン(W)膜を形成することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 5 】

次に、金属膜 1 1 を成膜した後、基板 1 0 はロボットアーム 1 2 1 によって共通室 1 2 0 に引き出され、第 2 のチャンバー 1 1 2 に移送される。第 2 のチャンバー 1 1 2 内では、金属膜 1 1 に対して一酸化二窒素単体あるいは一酸化二窒素とその他のガスとの混合気体雰囲気下でプラズマ処理を行うことによって、金属膜 1 1 の表面に金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜 1 2 を形成する。例えば、第 2 のチャンバー 1 1 2 において、タングステン膜にプラズマ処理を行うことによってタングステン酸化物 (WO_x)、タングステン窒化膜 (WN_x) あるいはタングステン窒化酸化膜 (WNO_x) を形成することができる。

【 0 0 8 6 】

次に、金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜 1 2 を形成後、基板 1 0 はロボットアーム 1 2 1 によって共通室 1 2 0 に引き出され、第 3 のチャンバー 1 1 3 に移送される。第 3 のチャンバー 1 1 3 内では、150 ~ 300 の温度で成膜処理を行い、絶縁膜 1 3 を形成する。絶縁膜 1 3 としては、酸化珪素、窒化珪素、酸化窒化珪素、窒化酸化珪素等の酸素または窒素を有する絶縁膜の単層膜またはこれらの積層膜を形成することができる。例えば、第 3 のチャンバー 1 1 3 において、プラズマ CVD 法により、1 層目の絶縁膜として窒化酸化珪素膜を形成し、2 層目の絶縁膜として窒化酸化珪素膜を形成し、3 層目の絶縁膜として酸化窒化珪素膜を形成することができる。なお、プラズマ CVD 法に限られず、ターゲットを用いたスパッタ法により形成してもよい。

【 0 0 8 7 】

次に、絶縁膜 1 3 を成膜した後、基板 1 0 はロボットアーム 1 2 1 によって共通室 1 2 0 に引き出され、第 4 のチャンバー 1 1 4 に移送される。第 4 のチャンバー 1 1 4 内では、150 ~ 300 の温度で成膜処理を行い、プラズマ CVD 法により非晶質半導体膜を形成する。なお、非晶質半導体膜としては、微結晶半導体膜、非晶質ゲルマニウム膜、非晶質シリコンゲルマニウム膜またはこれらの積層膜等を使用することができる。また、非晶質半導体膜の形成温度を 350 ~ 500 として水素濃度を低減するための熱処理を省略してもよい。なお、ここではプラズマ CVD 法を用いて形成する例を示したが、ターゲットを用いたスパッタ法を用いて形成してもよい。

【 0 0 8 8 】

以上のように、非晶質半導体膜を成膜した後、基板 1 0 はロボットアーム 1 2 1 によってロードロック室 1 1 5 に移送されカセット 1 2 9 に収納される。

【 0 0 8 9 】

なお、図 3 (A) に示したのはあくまで一例であり、例えば、チャンバーの数を増やしてさらに非晶質半導体膜を形成した後に続けて導電膜や絶縁膜を形成してもよいし、上記実施の形態 2 に示したように、第 2 のチャンバー 1 1 2 において、熱処理を行うことによって金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜 2 2 を形成してもよい。また、上記実施の形態 3 に示したように、第 1 のチャンバー 1 1 1 において、一酸化二窒素単体あるいは一酸化二窒素とその他のガスとの混合気体雰囲気下でスパッタを行うことによって基板 1 0 上に金属酸化物、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜 3 1 を形成することもできる。つまり、上記実施の形態で示した工程や材料を用いて自由に図 3 (A) に示した装置と組み合わせる行うことができる。また、図 3 (A) において第 1 ~ 第 4 のチャンバー 1 1 1 ~ 1 1 4 はシングル型のチャンバーを用いた例を示したが、バッチ型のチャンバーを用いて多数枚を一度に処理する構成としてもよい。

【 0 0 9 0 】

次に、上記図 3 (A) とは異なる構成を有する場合に関して図 3 (B) を用いて説明する。具体的には、図 3 (A) では、複数のチャンバーを用いて連続的に積層して形成する例を示したが、図 3 (B) では 1 つのチャンバー内で真空を保ったまま連続的に成膜する例を示す。

【 0 0 9 1 】

図 3 (B) に示す装置は、ロードロック室 1 4 4、1 4 6、チャンバー 1 4 5、共通室

10

20

30

40

50

150を有している。また、各部屋には、真空排気ポンプ、不活性ガスの導入系が備えられている。また、共通室150は、ロードロック室144、145、チャンバー145対して共通に配置された試料の共通室である。また、共通室150とロードロック室144、146、チャンバー145との間にはゲート弁147～149が設けられている。なお、共通室150には、ロボットアーム151が設けてあり、ロボットアーム151によって、処理基板が各部屋へ運ばれる。

【0092】

以下に、具体例として、基板10に対して、金属膜11、金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜12、絶縁膜13および非晶質半導体膜を成膜する例を示す。

【0093】

まず、基板10は多数枚が収納されたカセット142ごとロードロック室144に搬入される。カセット142の搬入後、ロードロック室144の搬入扉を閉鎖する。この状態において、ゲート弁147を開けてカセット142から処理基板を1枚取り出し、ロボットアーム151によって共通室150に配置させる。この際、共通室150において基板10の位置合わせが行われる。

【0094】

次に、ゲート弁147を閉鎖し、ついでゲート弁149を開ける。そして、ロボットアーム151によってチャンバー145へ基板10を移送する。チャンバー145は、複数のターゲットを備えており順次反応ガスを入れ替えることによって、基板10上に金属膜11、金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜12、絶縁膜13、非晶質半導体膜を連続して積層させて形成することができる。

【0095】

その後、基板10はロボットアーム151によってロードロック室146に移送されカセット143に収納される。

【0096】

なお、図3(B)に示したのはあくまで一例であり、例えば、非晶質半導体膜を形成した後に続けて導電膜や絶縁膜を形成してもよいし、上記実施の形態2に示したように、熱処理を行うことによって金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜22を形成してもよい。また、上記実施の形態3に示したように、一酸化二窒素単体あるいは一酸化二窒素とその他のガスとの混合気体雰囲気下でスパッタを行うことによって基板10上に金属酸化物、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜31を形成することもできる。つまり、上記実施の形態で示した工程や材料を用いて自由に図3(B)に示した装置と組み合わせを行うことができる。また、図3(B)においてチャンバー145はシングル型のチャンバーを用いた例を示したが、バッチ型のチャンバーを用いて多数枚を一度に処理する構成としてもよい。

【0097】

図3(B)に示す装置を用いることによって、同一チャンバー内で連続して膜を形成するため、基板の搬送時に生じる汚染等を防止することができる。

【0098】

本実施の形態で示した装置を用いることによって、大気に一度も曝されることなく導電膜、絶縁膜または半導体膜を連続して形成することができる。そのため、汚染物の混入の防止や生産効率の向上を実現することができる。

【0099】

(実施の形態5)

本実施の形態では、薄膜トランジスタ、記憶素子及びアンテナを含む本発明の半導体装置の作製方法について、図面を参照して説明する。

【0100】

まず、基板701の一表面に、剥離層702を形成する(図6(A))。基板701は、ガラス基板、石英基板、金属基板やステンレス基板の一表面に絶縁膜を形成したもの、本工程の処理温度に耐えうる耐熱性があるプラスチック基板等を用いるとよい。このよう

10

20

30

40

50

な基板 701 であれば、その面積や形状に大きな制限はないため、基板 701 として、例えば、1 辺が 1 メートル以上であって、矩形のものを用いれば、生産性を格段に向上させることができる。このような利点は、円形のシリコン基板を用いる場合と比較すると、大きな優位点である。なお、本工程では、剥離層 702 は、基板 701 の全面に設けているが、必要に応じて、基板 701 の全面に剥離層を設けた後に、フォトリソグラフィ法により加工して、選択的に設けてもよい。また、基板 701 に接するように剥離層 702 を形成しているが、必要に応じて、基板 701 に接するように下地となる絶縁膜を形成し、当該絶縁膜に接するように剥離層 702 を形成してもよい。

【0101】

剥離層 702 は、金属膜と当該金属酸化膜、当該金属窒化膜あるいは当該金属窒化酸化膜により形成されている。金属膜は、公知の手段（スパッタリング法やプラズマ CVD 法等）により、タングステン（W）、モリブデン（Mo）、チタン（Ti）、タンタル（Ta）、ニオブ（Nb）、ニッケル（Ni）、コバルト（Co）、ジルコニウム（Zr）、亜鉛（Zn）、ルテニウム（Ru）、ロジウム（Rh）、鉛（Pb）、オスミウム（Os）、イリジウム（Ir）から選択された元素または前記元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料からなる層を、単層又は積層して形成する。金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜は、金属膜に一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を行うか、金属膜に一酸化二窒素雰囲気下で熱処理を行うことによって金属膜の表面に形成する。

10

【0102】

金属膜が単層構造の場合、例えば、タングステン層、モリブデン層またはタングステンとモリブデンの混合物を含む層を形成する。そして、金属膜の表面に、タングステンの酸化物、窒化物あるいは窒化酸化物を含む層、モリブデンの酸化物、窒化物あるいは窒化酸化物を含む層またはタングステンとモリブデンの混合物の酸化物、窒化物あるいは窒化酸化物を含む層を形成する。なお、タングステンとモリブデンの混合物とは、例えば、タングステンとモリブデンの合金に相当する。

20

【0103】

また、剥離層 702 として、基板 701 上に金属膜を形成した後に、一酸化二窒素雰囲気下で上記金属膜の材料をターゲットとして、スパッタ法により金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜を形成してもよい。この場合、金属膜と金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜を別の金属元素を用いて形成することもできる。なお、基板 701 上に、直接金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜を形成しこれを剥離層 702 として用いてもよい。

30

【0104】

次に、剥離層 702 を覆うように、下地となる絶縁膜 703 を形成する。絶縁膜 703 は、公知の手段（スパッタ法やプラズマ CVD 法等）により、珪素の酸化物または珪素の窒化物を含む膜を、単層又は積層で形成する。下地となる絶縁膜が 2 層構造の場合、例えば、1 層目として窒化酸化珪素膜を形成し、2 層目として酸化窒化珪素膜を形成するとよい。下地となる絶縁膜が 3 層構造の場合、1 層目の絶縁膜として酸化珪素膜を形成し、2 層目の絶縁膜として窒化酸化珪素膜を形成し、3 層目の絶縁膜として酸化窒化珪素膜を形成するとよい。または、1 層目の絶縁膜として酸化窒化珪素膜を形成し、2 層目の絶縁膜として窒化酸化珪素膜を形成し、3 層目の絶縁膜として酸化窒化珪素膜を形成するとよい。下地となる絶縁膜は、基板 701 からの不純物の侵入を防止するブロッキング膜として機能する。

40

【0105】

次に、絶縁膜 703 上に、非晶質半導体膜 704（例えば非晶質珪素を含む膜）を形成する。非晶質半導体膜 704 は、公知の手段（スパッタ法、LPCVD 法、プラズマ CVD 法等）により、25 ~ 200 nm（好ましくは 30 ~ 150 nm）の厚さで形成する。続いて、非晶質半導体膜 704 を公知の結晶化法（レーザ結晶化法、RTA 又はファーネスアニール炉を用いる熱結晶化法、結晶化を助長する金属元素を用いる熱結晶化法、結晶化を助長する金属元素を用いる熱結晶化法とレーザ結晶化法を組み合わせた方法等）によ

50

り結晶化して、結晶質半導体膜を形成する。その後、得られた結晶質半導体膜を所望の形状に加工して、結晶質半導体膜706~710を形成する(図6(B))。なお、剥離層702、絶縁膜703および非晶質半導体膜704は、上記図3で示したように連続して形成することができる。

【0106】

結晶質半導体膜706~710の作製工程の一例を以下に簡単に説明すると、まず、プラズマCVD法を用いて、膜厚66nmの非晶質半導体膜を形成する。次に、結晶化を助長する金属元素であるニッケルを含む溶液を非晶質半導体膜上に保持させた後、非晶質半導体膜に脱水素化の処理(500、1時間)と、熱結晶化の処理(550、4時間)を行って結晶質半導体膜を形成する。その後、必要に応じてレーザー光を照射し、フォトリソグラフィ法を用いた加工処理によって結晶質半導体膜706~710を形成する。

10

【0107】

レーザー結晶化法で結晶質半導体膜を形成する場合、連続発振またはパルス発振の気体レーザー又は固体レーザーを用いる。気体レーザーとしては、エキシマレーザー、YAGレーザー、YVO₄レーザー、YLFレーザー、YAlO₃レーザー、ガラスレーザー、ルビーレーザー、Ti:サファイアレーザー等を用いる。固体レーザーとしては、Cr、Nd、Er、Ho、Ce、Co、Ti又はTmがドーピングされたYAG、YVO₄、YLF、YAlO₃などの結晶を使ったレーザーを用いる。特に、連続発振のレーザーの基本波、及び当該基本波の第2高調波から第4高調波のレーザーを照射することで、大粒径の結晶を得ることができる。例えば、Nd:YVO₄レーザー(基本波1064nm)の第2高調波(532nm)や第3高調波(355nm)を用いることができる。なお連続発振の基本波のレーザー光と連続発振の高調波のレーザー光とを照射するようにしてもよいし、連続発振の基本波のレーザー光とパルス発振の高調波のレーザー光とを照射するようにしてもよい。複数のレーザー光を照射することにより、エネルギーを補うことができる。またパルス発振型のレーザーであって、半導体膜がレーザー光によって溶融してから固化するまでに、次のパルスのレーザー光を照射できるような発振周波数でレーザー光を発振させることで、走査方向に向かって連続的に成長した結晶粒を得ることができる。すなわち、パルス発振の周期が、半導体膜が溶融してから完全に固化するまでの時間よりも短くなるように、発振の周波数の下限を定めたパルス発振のレーザーを使用することができる。このようなレーザーとして、発振周波数が10MHz以上のパルス発振のレーザー光を用いてもよい。

20

30

【0108】

また、結晶化を助長する金属元素を用いて非晶質半導体膜の結晶化を行うと、低温で短時間の結晶化が可能となるうえ、結晶の方向が揃うという利点がある一方、金属元素が結晶質半導体膜に残存するためにオフ電流が上昇し、特性が安定しないという欠点がある。そこで、結晶質半導体膜上に、ゲッターリングサイトとして機能する非晶質半導体膜を形成するとよい。ゲッターリングサイトとなる非晶質半導体膜には、リンやアルゴンの不純物元素を含有させる必要があるため、好適には、アルゴンを高濃度に含有させることが可能なスパッタ法で形成するとよい。その後、加熱処理(RTA法やファーネスアニール炉を用いた熱アニール等)を行って、非晶質半導体膜中に金属元素を拡散させ、続いて、当該金属元素を含む非晶質半導体膜を除去する。そうすると、結晶質半導体膜中の金属元素の含有量を低減又は除去することができる。

40

【0109】

次に、結晶質半導体膜706~710を覆うゲート絶縁膜705を形成する。ゲート絶縁膜705は、公知の手段(プラズマCVD法やスパッタ法)により、珪素の酸化物又は珪素の窒化物を含む膜を、単層又は積層して形成する。具体的には、酸化珪素を含む膜、酸化窒化珪素を含む膜、窒化酸化珪素を含む膜を、単層又は積層して形成する。

【0110】

また、基板、絶縁膜、半導体膜、ゲート絶縁膜、層間絶縁膜、その他半導体装置を構成する絶縁膜などを形成した後、プラズマ処理を用いて酸化または窒化を行うことにより前記基板、絶縁膜、半導体膜、ゲート絶縁膜、層間絶縁膜表面を酸化または窒化してもよ

50

い。プラズマ処理を用いて半導体膜や絶縁膜を酸化または窒化すると、当該半導体膜や絶縁膜の表面が改質され、CVD法やスパッタ法により形成した絶縁膜と比較してより緻密な絶縁膜とすることができる。よって、ピンホール等の欠陥を抑制し半導体装置の特性等を向上させることが可能となる。また上記の様なプラズマ処理は、ゲート電極膜、ソース配線、ドレイン配線などの導電膜などにも行うことができ、窒化又は酸化を行うことによって表面に窒化膜、酸化膜を形成することができる。

【0111】

本実施の形態では、ゲート絶縁膜705を形成後、プラズマ処理を行い、ゲート絶縁膜705を酸化、又は窒化する。図示しないがプラズマ処理によって、ゲート絶縁膜705上には酸化膜又は窒化膜が形成される。ゲート絶縁膜705として酸化珪素(SiO_x)または酸化窒化珪素(SiO_xN_y)($x > y$)を用いた場合、酸素雰囲気下でプラズマ処理を行いゲート絶縁膜705を酸化することによって、ゲート絶縁膜の表面にはCVD法やスパッタ法等により形成されたゲート絶縁膜と比較してピンホール等の欠陥の少ない緻密な膜を形成することができる。一方、窒素雰囲気下でプラズマ処理を行いゲート絶縁膜705を窒化すると、ゲート絶縁膜705の表面に絶縁膜として窒化酸化珪素(SiN_xO_y)($x > y$)を設けることができる。また、一旦酸素雰囲気下でプラズマ処理を行うことによりゲート絶縁膜705を酸化させた後に、再度窒素雰囲気下でプラズマ処理を行うことにより窒化させてもよい。

【0112】

なお、プラズマ処理により膜を酸化する場合には、酸素雰囲気下(例えば、酸素(O_2)と希ガス(He、Ne、Ar、Kr、Xeの少なくとも一つを含む)雰囲気下または酸素と水素(H_2)と希ガス雰囲気下または一酸化二窒素と希ガス雰囲気下)でプラズマ処理を行う。一方、プラズマ処理により膜を窒化する場合には、窒素雰囲気下(例えば、窒素(N_2)と希ガス(He、Ne、Ar、Kr、Xeの少なくとも一つを含む)雰囲気下または窒素と水素と希ガス雰囲気下または NH_3 と希ガス雰囲気下)でプラズマ処理を行う。希ガスとしては、例えばArを用いることができる。また、ArとKrを混合したガスを用いてもよい。そのため、プラズマ処理によって形成される絶縁膜は、プラズマ処理に用いた希ガス(He、Ne、Ar、Kr、Xeの少なくとも一つを含む)を含んでおり、Arを用いた場合には絶縁膜にArが含まれている。

【0113】

また、プラズマ処理は、上記ガスの雰囲気中において、電子密度が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上であり、プラズマの電子温度が 1.5 eV 以下で行う。より詳しくいうと、電子密度が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 以下で、プラズマの電子温度が 0.5 eV 以上 1.5 eV 以下で行う。プラズマの電子密度が高密度であり、基板上に形成された被処理物(ここでは、ゲート絶縁膜705)付近での電子温度が低いため、被処理物に対するプラズマによる損傷を防止することができる。また、プラズマの電子密度が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上と高密度であるため、プラズマ処理を用いて、被照射物を酸化または窒化することによって形成される酸化物または窒化膜は、CVD法やスパッタ法等により形成された膜と比較して膜厚等が均一性に優れ、且つ緻密な膜を形成することができる。また、プラズマの電子温度が 1.5 eV 以下と低いため、従来のプラズマ処理や熱酸化法と比較して低温度で酸化または窒化処理を行うことができる。たとえば、ガラス基板の歪点よりも 100 度以上低い温度でプラズマ処理を行っても十分に酸化または窒化処理を行うことができる。なお、プラズマを形成するための周波数としては、マイクロ波(2.45 GHz)等の高周波を用いることができる。なお、以下に特に断らない場合は、プラズマ処理として上記条件を用いて行うものとする。

【0114】

このように、ゲート電極膜を形成する前にプラズマ処理を行うことによって、半導体膜の端部においてゲート絶縁膜の被覆不良が生じた場合であっても、被覆不良により露出した半導体膜を酸化または窒化することができるため、半導体膜の端部におけるゲート絶縁膜の被覆不良に起因するゲート電極膜と半導体膜とのショート等を防止することができ

10

20

30

40

50

る。

【0115】

次に、ゲート絶縁膜705上に、第1の導電膜と第2の導電膜とを積層して形成する。第1の導電膜は、公知の手段（プラズマCVD法やスパッタリング法）により、20～100nmの厚さで形成する。第2の導電膜は、公知の手段により、100～400nmの厚さで形成する。第1の導電膜と第2の導電膜は、タンタル（Ta）、タングステン（W）、チタン（Ti）、モリブデン（Mo）、アルミニウム（Al）、銅（Cu）、クロム（Cr）、ニオブ（Nb）等から選択された元素又はこれらの元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料で形成する。または、リン等の不純物元素をドーピングした多結晶珪素に代表される半導体材料により形成する。第1の導電膜と第2の導電膜の組み合わせの例を挙げると、窒化タンタル（Ta₂N₅）膜とタングステン（W）膜、窒化タングステン（WN）膜とタングステン膜、窒化モリブデン（Mo₂N₃）膜とモリブデン（Mo）膜等が挙げられる。タングステンや窒化タンタルは、耐熱性が高いため、第1の導電膜と第2の導電膜を形成した後に、熱活性化を目的とした加熱処理を行うことができる。また、2層構造ではなく、3層構造の場合は、モリブデン膜とアルミニウム膜とモリブデン膜の積層構造を採用するとよい。

10

【0116】

次に、フォトリソグラフィ法を用いてレジストからなるマスクを形成し、ゲート電極とゲート線を形成するためのエッチング処理を行って、ゲート電極として機能する導電膜（ゲート電極ともよぶ）716～725を形成する。

20

【0117】

次に、フォトリソグラフィ法により、レジストからなるマスクを形成して、結晶質半導体膜706、708～710に、イオンドープ法又はイオン注入法により、N型を付与する不純物元素を低濃度に添加して、N型不純物領域711、713～715とチャンネル形成領域780、782～784を形成する。N型を付与する不純物元素は、15族に属する元素を用いれば良く、例えばリン（P）、砒素（As）を用いる。

【0118】

次に、フォトリソグラフィ法によりレジストからなるマスクを形成して、結晶質半導体膜707に、P型を付与する不純物元素を添加して、P型不純物領域712とチャンネル形成領域781を形成する。P型を付与する不純物元素は、例えばボロン（B）を用いる。

30

【0119】

次に、ゲート絶縁膜705と導電膜716～725を覆うように、絶縁膜を形成する。絶縁膜は、公知の手段（プラズマCVD法やスパッタ法）により、珪素、珪素の酸化物又は珪素の窒化物の無機材料を含む膜や、有機樹脂などの有機材料を含む膜を、単層又は積層して形成する。次に、絶縁膜を、垂直方向を主体とした異方性エッチングにより選択的にエッチングして、導電膜716～725の側面に接する絶縁膜（サイドウォールともよばれる）739～743を形成する（図6（C））。また、絶縁膜739～743の作製と同時に、ゲート絶縁膜705がエッチングされた絶縁膜734～738を形成する。絶縁膜739～743は、後にLDD（Lightly Doped drain）領域を形成する際のドーピング用のマスクとして用いる。

40

【0120】

次に、フォトリソグラフィ法により形成したレジストからなるマスクと、絶縁膜739～743をマスクとして用いて、結晶質半導体膜706、708～710にN型を付与する不純物元素を添加して、第1のN型不純物領域（LDD領域ともよぶ）727、729、731、733と、第2のN型不純物領域726、728、730、732とを形成する。第1のN型不純物領域727、729、731、733が含む不純物元素の濃度は、第2のN型不純物領域726、728、730、732の不純物元素の濃度よりも低い。上記工程を経て、N型の薄膜トランジスタ744、746～748と、P型の薄膜トランジスタ745が完成する。

【0121】

50

なお、LDD領域を形成するためには、ゲート電極を2層以上の積層構造として、当該ゲート電極に端部がテーパを有する形状となるようなエッチングや異方性エッチングを行って、当該ゲート電極を構成する下層の導電膜をマスクとして用いる手法と、サイドウォールの絶縁膜をマスクとして用いる手法がある。前者の手法を採用して形成された薄膜トランジスタは、ゲート絶縁膜を介してLDD領域をゲート電極と重ねて配置させた構造となっているが、この構造は、ゲート電極の端部がテーパを有する形状となるようなエッチングや異方性エッチングを利用するために、LDD領域の幅を制御することが難しく、エッチング工程が良好に行われなければ、LDD領域を形成することが出来ない場合がある。一方、後者のサイドウォールの絶縁膜をマスクとして用いる手法は、前者の手法と比較すると、LDD領域の幅の制御が容易であり、また、LDD領域を確実に形成することができ

10

【0122】

続いて、薄膜トランジスタ744~748を覆うように、絶縁膜を単層又は積層して形成する(図7(A))。薄膜トランジスタ744~748を覆う絶縁膜は、公知の手段(SOG法、液滴吐出法等)により、珪素の酸化物や珪素の窒化物等の無機材料、ポリイミド、ポリアミド、ベンゾシクロブテン、アクリル、エポキシ、シロキサン等の有機材料等により、単層又は積層で形成する。シロキサン系の材料とは、例えば、シリコンと酸素との結合で骨格構造が構成され、置換基に少なくとも水素を含む物質、又は、シリコンと酸素との結合で骨格構造が構成され、置換基にフッ素、アルキル基、芳香族炭化水素の少なくとも1つを含む物質に相当する。例えば、薄膜トランジスタ744~748を覆う絶縁膜が3層構造の場合、1層目の絶縁膜749として酸化珪素を含む膜を形成し、2層目の絶縁膜750として樹脂を含む膜を形成し、3層目の絶縁膜751として窒化珪素を含む膜を形成するとよい。

20

【0123】

なお、絶縁膜749~751を形成する前、又は絶縁膜749~751のうちの1つ又は複数の薄膜を形成した後に、半導体膜の結晶性の回復や半導体膜に添加された不純物元素の活性化、半導体膜の水素化を目的とした加熱処理を行うとよい。加熱処理には、熱アニール、レーザアニール法又はRTA法などを適用するとよい。

【0124】

次に、フォトリソグラフィ法により絶縁膜749~751をエッチングして、N型不純物領域726、728~732、P型不純物領域785を露出させるコンタクトホールを形成する。続いて、コンタクトホールを充填するように、導電膜を形成し、当該導電膜をパターン加工して、ソースドレイン配線として機能する導電膜752~761を形成する。

30

【0125】

導電膜752~761は、公知の手段(プラズマCVD法やスパッタリング法)により、チタン(Ti)、アルミニウム(Al)、ネオジウム(Nd)から選択された元素、又はこれらの元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料で、単層又は積層で形成する。アルミニウムを主成分とする合金材料とは、例えば、アルミニウムを主成分としニッケルを含む材料、又は、アルミニウムを主成分とし、ニッケルと、炭素と珪素の一方又は両方とを含む合金材料に相当する。導電膜752~761は、例えば、バリア膜とアルミニウムシリコン(Al-Si)膜とバリア膜の積層構造、バリア膜とアルミニウムシリコン(Al-Si)膜と窒化チタン(TiN)膜とバリア膜の積層構造を採用するとよい。なお、バリア膜とは、チタン、チタンの窒化物、モリブデン、又はモリブデンの窒化物からなる薄膜に相当する。アルミニウムやアルミニウムシリコンは抵抗値が低く、安価であるため、導電膜752~761を形成する材料として最適である。また、上層と下層のバリア層を設けると、アルミニウムやアルミニウムシリコンのヒロックの発生を防止することができる。また、還元性の高い元素であるチタンからなるバリア膜を形成すると、結晶質半導体膜上に薄い自然酸化膜ができていたとしても、この自然酸化膜を還元し、結晶質半導体膜と良好なコンタクトをとることができる。

40

50

【0126】

次に、導電膜752～761を覆うように、絶縁膜762を形成する(図7(B))。絶縁膜762は、公知の手段(SOG法、液滴吐出法等)を用いて、無機材料又は有機材料により、単層又は積層で形成する。また、絶縁膜762は、好適には、 $0.75\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$ の厚さで形成する。

【0127】

続いて、フォトリソグラフィ法により絶縁膜762をエッチングして、導電膜757、759、761を露出させるコンタクトホールを形成する。続いて、コンタクトホールを充填するように、導電膜を形成する。導電膜は、公知の手段(プラズマCVD法やスパッタリング法)を用いて、導電性材料により形成する。次に、導電膜をパターン加工して、導電膜763～765を形成する。なお、導電膜763～765は、記憶素子が含む一対の導電膜のうち一方の導電膜となる。従って、好適には、導電膜763～765は、チタン、又はチタンを主成分とする合金材料若しくは化合物材料により、単層又は積層で形成するとよい。チタンは、抵抗値が低いため、記憶素子のサイズの縮小につながり、高集積化を実現することができる。また、導電膜763～765を形成するためのフォトリソグラフィ工程においては、下層の薄膜トランジスタ744～748にダメージを与えないために、ウエットエッチング加工を行うとよく、エッチング剤にはフッ化水素(HF)又はアンモニアと過酸化水素水とからなる溶液を用いるとよい。

10

【0128】

次に、導電膜763～765を覆うように、絶縁膜766を形成する。絶縁膜766は、公知の手段(SOG法、液滴吐出法等)を用いて、無機材料又は有機材料により、単層又は積層で形成する。また、絶縁膜766は、好適には、 $0.75\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$ の厚さで形成する。続いて、フォトリソグラフィ法により、絶縁膜766をエッチングして、導電膜763～765を露出させるコンタクトホール767～769を形成する。

20

【0129】

次に、導電膜765に接し、アンテナとして機能する導電膜786を形成する(図8(A))。導電膜786は、公知の手段(プラズマCVD法、スパッタリング法、印刷法、液滴吐出法)を用いて、導電性材料により形成する。好ましくは、導電膜786は、アルミニウム(Al)、チタン(Ti)、銀(Ag)、銅(Cu)から選択された元素、又はこれらの元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料で、単層又は積層で形成する。具体的には、導電膜786は、スクリーン印刷法により、銀を含むペーストを用いて形成し、その後、 $50 \sim 350$ 度の加熱処理を行って形成する。又は、スパッタリング法によりアルミニウム膜を形成し、当該アルミニウム膜をパターン加工することにより形成する。アルミニウム膜のパターン加工は、ウエットエッチング加工を用いるとよく、ウエットエッチング加工後は $200 \sim 300$ 度の加熱処理を行うとよい。

30

【0130】

次に、導電膜763、764に接するように有機化合物層787を形成する(図8(B))。有機化合物層787は、公知の手段(液滴吐出法や蒸着法等)により形成する。続いて、有機化合物層787に接するように、導電膜771を形成する。導電膜771は、公知の手段(スパッタリング法や蒸着法)により形成する。

40

【0131】

以上の工程を経て、導電膜763、有機化合物層787及び導電膜771の積層体からなる記憶素子部789と、導電膜764、有機化合物層787及び導電膜771の積層体からなる記憶素子部790が完成する。

【0132】

なお、上記の作製工程では、有機化合物層787の耐熱性が強くないため、アンテナとして機能する導電膜786を形成する工程の後に、有機化合物層787を形成する工程を行うことを特徴とする。

【0133】

次に、記憶素子部789、790、アンテナとして機能する導電膜786を覆うように

50

、公知の手段（SOG法、液滴吐出法等）により、保護膜として機能する絶縁膜772を形成する。絶縁膜772は、DLC（ダイヤモンドライクカーボン）などの炭素を含む膜、窒化珪素を含む膜、窒化酸化珪素を含む膜、有機材料により形成し、好ましくはエポキシ樹脂により形成する。

【0134】

次に、剥離層702が露出するように、フォトリソグラフィ法またはレーザー光の照射により絶縁膜をエッチングして、開口部773、774を形成する（図9（A））。

【0135】

次に、開口部773、774にエッチング剤を導入して、剥離層702を除去する（図9（B））。エッチング剤は、フッ化ハロゲンまたはハロゲン間化合物を含む気体又は液体を使用する。例えば、フッ化ハロゲンを含む気体として三フッ化塩素（ CF_3 ）を使用する。そうすると、素子形成層791は、基板701から剥離された状態となる。なお、素子形成層791とは、ここでは、薄膜トランジスタ744～748、記憶素子部789、790の素子群と、アンテナとして機能する導電膜786を合わせたものとする。なお、剥離層702は、全て除去せず一部分を残存させてもよい。こうすることによって、エッチング剤の消費量を抑え剥離層の除去に要する処理時間を短縮することが可能となる。また、剥離層702の除去を行った後にも、基板701上に素子形成層791を保持しておくことが可能となる。

【0136】

素子形成層791が剥離された基板701は、コストの削減のために、再利用するとよい。また、絶縁膜772は、剥離層702を除去した後に、素子形成層791が飛散しないように形成したものである。素子形成層791は小さく薄く軽いために、剥離層702を除去した後は、基板701に密着していないために飛散しやすい。しかしながら、素子形成層791上に絶縁膜772を形成することで、素子形成層791に重みが付き、基板701からの飛散を防止することができる。また、素子形成層791単体では薄くて軽いですが、絶縁膜772を形成することで、基板701から剥離した素子形成層791が応力等により巻かれた形状になることがなく、ある程度の強度を確保することができる。

【0137】

次に、素子形成層791の一方の面を、第1のシート材775に接着させて基板701から完全に剥離する（図10（A））。剥離層702を全て除去せず一部を残した場合には、物理的手段を用いて基板701から素子形成層を剥離する。続いて、素子形成層791の他方の面に、第2のシート材776を設け、その後加熱処理と加圧処理の一方または両方を行って、第2のシート材776を貼り合わせる。また、第2のシート材776を設けると同時にまたは設けた後に第1のシート材775を剥離し、代わりに第3のシート材777を設ける。そして、加熱処理と加圧処理の一方または両方を行って、第3のシート材777を貼り合わせる。そうすると、第2のシート材776と第3のシート材777により封止された半導体装置が完成する（図10（B））。

【0138】

なお、第1のシート材775と第2のシート材776によって封止を行っても良いが、基板701から素子形成層791を剥離するためのシート材と素子形成層791を封止するためのシート材に異なるシート材を用いる場合には、上述したように、第2のシート材776と第3のシート材777で素子形成層791を封止する。これは、例えば、基板701から素子形成層791を剥離する際に、第1のシート材775が素子形成層791のみならず基板701への接着が懸念される場合等、粘着力が弱いシート材を利用したいときに有効となる。

【0139】

封止に用いる第2のシート材776、第3のシート材777として、ポリプロピレン、ポリエステル、ビニル、ポリフッ化ビニル、塩化ビニルなどからなるフィルム、繊維質な材料からなる紙、基材フィルム（ポリエステル、ポリアミド、無機蒸着フィルム、紙類等）と接着性合成樹脂フィルム（アクリル系合成樹脂、エポキシ系合成樹脂等）との積層フ

10

20

30

40

50

フィルム等を利用することができる。また、フィルムは、被処理体と加熱処理と加圧処理が行われるものであり、加熱処理と加圧処理を行う際には、フィルムの最表面に設けられた接着層か、又は最外層に設けられた層（接着層ではない）を加熱処理によって溶かし、加圧により接着する。また、第2のシート材776と第3のシート材777の表面には接着層が設けられていてもよいし、接着層が設けられていなくてもよい。接着層は、熱硬化樹脂、紫外線硬化樹脂、エポキシ樹脂系接着剤、樹脂添加剤等の接着剤を含む層に相当する。また、封止後に内部への水分等の侵入を防ぐために封止するシート材にシリカコートを行うことが好ましく、例えば、接着層とポリエステル等のフィルムとシリカコートを積層指せたシート材を利用することができる。

【0140】

なお、本実施の形態は、上記実施の形態と自由に組み合わせることができる。つまり、上記実施の形態で示した材料や形成方法は、本実施の形態でも利用することができるし、本実施の形態で示した材料や形成方法は上記実施の形態でも利用することができる。

【0141】

（実施の形態6）

本発明の半導体装置を構成する要素の一つとして、スタティックRAM（SRAM）を構成する一例について、図19乃至図21を参照して説明する。

【0142】

図19（A）で示す半導体膜660、651はシリコン若しくはシリコンを成分とする結晶性の半導体で形成することが好ましい。例えば、シリコン膜をレーザアニールなどによって結晶化された多結晶シリコン、単結晶シリコンなどが適用される。その他にも半導体特性を示す、金属酸化物半導体、アモルファスシリコン、有機半導体を適用することも可能である。

【0143】

いずれにしても、最初に形成する半導体膜は絶縁表面を有する基板の全面若しくは一部（トランジスタの半導体領域として確定されるよりも広い面積を有する領域）に形成する。そして、フォトリソグラフィ技術によって、半導体膜上にマスクパターンを形成する。そのマスクパターンを利用して半導体膜をエッチング処理することにより、TFETのソース及びドレイン領域及びチャネル形成領域を含む特定形状の島状の半導体膜660、661を形成する。その半導体膜660、661はレイアウトの適切さを考慮して決められる。

【0144】

図19（A）で示す半導体膜660、661を形成するためのフォトマスクは、図19（B）に示すマスクパターン670を備えている。このマスクパターン670は、フォトリソグラフィ工程で用いるレジストがポジ型かネガ型かで異なる。ポジ型レジストを用いる場合には、図19（B）で示すマスクパターン670は、遮光部として作製される。マスクパターン670は、多角形の頂部Aを削除した形状となっている。また、屈曲部Bにおいては、その角部が直角とならないように複数段に渡って屈曲する形状となっている。このフォトマスクのパターンは、例えば、パターンの角部であって（直角三角形）の一辺が10 μ m以下の大きさに角部を削除している。

【0145】

図19（B）で示すマスクパターン670は、その形状が、図19（A）で示す半導体膜660、661に反映される。その場合、マスクパターン670と相似の形状が転写されても良いが、マスクパターン670の角部がさらに丸みを帯びるように転写されていても良い。すなわち、マスクパターン670よりもさらにパターン形状をなめらかにした、丸め部を設けても良い。

【0146】

半導体膜660、661の上には、酸化シリコン若しくは窒化シリコンを少なくとも一部に含む絶縁膜が形成される。この絶縁膜を形成する目的の一つはゲート絶縁膜である。そして、図20（A）で示すように、半導体膜と一部が重なるようにゲート配線662、

10

20

30

40

50

663、664を形成する。ゲート配線662は半導体膜660に対応して形成される。ゲート配線663は半導体膜660、661に対応して形成される。また、ゲート配線664は半導体膜660、661に対応して形成される。ゲート配線は、金属膜又は導電性の高い半導体膜を成膜し、フォトリソグラフィ技術によってその形状を絶縁膜上に作り込む。

【0147】

このゲート配線を形成するためのフォトマスクは、図20(B)に示すマスクパターン671を備えている。このマスクパターン671は、角部であって、(直角三角形)の一边が10 μ m以下、または、配線の線幅の1/2以下で、線幅の1/5以上の大きさに角部を削除している。図20(B)で示すマスクパターン671は、その形状が、図20(A)で示すゲート配線662、663、664に反映される。その場合、マスクパターン671と相似の形状が転写されても良いが、マスクパターン671の角部がさらに丸みを帯びるように転写されていても良い。すなわち、マスクパターン671よりもさらにパターン形状をなめらかにした、丸め部を設けても良い。すなわち、ゲート配線662、663、664の角部は、線幅の1/2以下であって1/5以上にコーナー部に丸みをおびさせる。凸部はプラズマによるドライエッチの際、異常放電による微粉の発生を抑え、凹部では、洗浄のときに、たとえできた微粉であっても、それが角に集まりやすいのを洗い流す結果として歩留まり向上が甚だしく期待できるという効果を有する。

【0148】

層間絶縁膜はゲート配線662、663、664の次に形成される膜である。層間絶縁膜は酸化シリコンなどの無機絶縁材料若しくはポリイミドやアクリル樹脂などを使った有機絶縁材料を使って形成する。この層間絶縁膜とゲート配線662、663、664の間には窒化シリコン若しくは窒化酸化シリコンなどの絶縁膜を介在させても良い。また、層間絶縁膜上にも窒化シリコン若しくは窒化酸化シリコンなどの絶縁膜を設けても良い。この絶縁膜は、外因性の金属イオンや水分などTFEにとっては良くない不純物により半導体膜やゲート絶縁膜を汚染するのを防ぐことができる。

【0149】

層間絶縁膜には所定の位置に開孔が形成されている。例えば、下層にあるゲート配線や半導体膜に対応して設けられる。金属若しくは金属化合物の一層若しくは複数層で形成される配線層は、フォトリソグラフィ技術によってマスクパターンが形成され、エッチング加工により所定のパターンに形成される。そして、図21(A)で示すように、半導体膜と一部が重なるように配線675~680を形成する。配線はある特定の素子間を連結する。配線は特定の素子と素子の間を直線で結ぶのではなく、レイアウトの制約上屈曲部が含まれる。また、コンタクト部やその他の領域において配線幅が変化する。コンタクト部では、コンタクトホールが配線幅と同等若しくは大きい場合には、その部分で配線幅が広がるように変化する。

【0150】

この配線675~680を形成するためのフォトマスクは、図21(B)に示すマスクパターン672を備えている。この場合においても、配線は、そのコーナー部であって(直角三角形)の一边が10 μ m以下、または、配線の線幅の1/2以下で、線幅の1/5以上の大きさに角部を削除し、コーナー部を丸みをおびるパターンを有せしめる。角部は、線幅の1/2以下で、1/5以上にコーナー部に丸みをおびさせる。このような配線は、凸部はプラズマによるドライエッチの際、異常放電による微粉の発生を抑え、凹部では、洗浄のときに、たとえできた微粉であっても、それが角に集まりやすいのを洗い流す結果として歩留まり向上が甚だしく期待できるという効果を有する。配線の角部がラウンドをとることにより、電氣的にも伝導させることが期待できる。また、多数の平行配線では、ゴミを洗い流すのにはきわめて好都合である。

【0151】

図21(A)には、nチャネル型トランジスタ681~684、pチャネル型トランジスタ685、686が形成されている。nチャネル型トランジスタ683とpチャネル型

10

20

30

40

50

トランジスタ 685 及び n チャンネル型トランジスタ 684 と p チャンネル型トランジスタ 686 はインバータを構成している。この 6 つのトランジスタを含む回路は S R A M を形成している。これらのトランジスタの上層には、窒化シリコンや酸化シリコンなどの絶縁膜が形成されていても良い。

【0152】

なお、本実施の形態は、上記実施の形態と自由に組み合わせることができる。つまり、上記実施の形態で示した材料や形成方法は、本実施の形態でも利用することができるし、本実施の形態で示した材料や形成方法は上記実施の形態でも利用することができる。

【0153】

(実施の形態 7)

本実施の形態では本発明の半導体装置を作製する際用いることができる形状の加工方法について説明する。

【0154】

本実施の形態では、半導体装置の集積回路で用いられる薄膜トランジスタ、容量、配線等を形成する際、レジストを露光マスクによってエッチング加工したレジストパターンを用いる。

【0155】

本実施の形態で用いる、回折格子パターン或いは半透膜からなる光強度低減機能を有する補助パターンを設置した露光マスクについて図 22 を用いて説明する。

【0156】

図 22 (A) は、露光マスクの一部を拡大した上面図である。また、図 22 (A) に対応する露光マスクの一部の断面図を図 22 (B) に示す。図 22 (B) には露光マスクと、レジストが全面に塗布形成された基板とを対応させて図示している。

【0157】

また図 22 は図 23 と対応しており、図 22 で作製したレジストパターン 519 は図 23 におけるダブルゲート T F T 510 を作製するために用いられている。

【0158】

図 22 (A) において、露光マスクは、Cr などの金属膜からなる遮光部 601a、601b と、補助パターンとして、半透膜 602 が設けられた部分とが設置されている。遮光部 601a の幅は、 t_1 と示し、遮光部 601b の幅は、 t_2 と示し、半透膜 602 が設けられた部分の幅は S_1 と示している。遮光部 601b と遮光部 601b との間隔が S_1 とも言える。

【0159】

図 22 (B) において、露光マスクは、透光性の基体 600 に MoSiN からなる半透膜 602 を設け、半透膜 602 と積層するように Cr などの金属膜からなる遮光部 601a、601b を設けている。半透膜 402 は他に MoSi、MoSiO、MoSiON、CrSi などを用いて形成することができる。

【0160】

図 22 (A) 及び図 22 (B) に示す露光マスクを用いてレジスト膜の露光を行うと、非露光領域 603a と露光領域 603b が形成される。露光時には光が、遮光部の回り込みや半透膜を通過することによって図 22 (B) に示す露光領域 603b が形成される。

【0161】

そして、現像を行うと、露光領域 603b が除去されて、図 23 (A) に示すレジストパターン 519 が得られる。

【0162】

また、他の露光マスクの例として、複数のスリットを有する回折格子パターン 612 を遮光部 601b と遮光部 601b との間に設けた露光マスクの上面図を図 22 (C) に示す。図 22 (C) に示す露光マスクを用いても同様に図 23 (A) に示すレジストパターン 519 が得られる。

【0163】

10

20

30

40

50

また、他の露光マスクの例として、遮光部 601b と遮光部 601b との間に露光限界以下の間隔を設けた露光マスクの上面図を図 22 (D) に示す。例えば、 t_1 を $6\ \mu\text{m}$ 、 t_2 を $6\ \mu\text{m}$ 、 S_1 を $1\ \mu\text{m}$ とした露光マスクを用いて最適な露光条件で露光した後、実施の形態 1 の作製工程に従えば、2 つのチャネル形成領域の間隔が $2\ \mu\text{m}$ 未満であるダブルゲート構造の T F T を作製することができる。図 22 (D) に示す露光マスクを用いても同様に図 23 (A) に示すレジストパターン 519 が得られる。

【0164】

このように図 22 に示す方法でレジスト膜を加工すると、工程を増やさずに選択的に微細な加工ができ、多様なレジストパターンが得られる。このようなレジストパターンを用いて、ダブルゲート T F T 510、シングルゲート T F T 520、容量 530、配線 540 を作製した例を図 23 に示す。

10

【0165】

図 23 (A) において、基板 500、絶縁膜 508 上に半導体膜 501、半導体膜 502、半導体膜 503 が形成されている。半導体膜 501、半導体膜 502、半導体膜 503 を覆うようにゲート絶縁膜 504、第 1 の導電膜 505、第 2 の導電膜 506 が形成され、図 22 で示したように作製された形状の異なるレジストパターン 519、レジストパターン 529、レジストパターン 539、レジストパターン 549 が形成されている。

【0166】

レジストパターン 519 は 2 個所の凸部を有する形状であり、レジストパターン 529 は側端部になだらかな段差を有する形状であり、レジストパターン 539 は凸部が中央よりずれた位置にある形状であり、レジストパターン 549 は段差も凹凸もない形状である。

20

【0167】

レジストパターン 519、レジストパターン 529、レジストパターン 539、レジストパターン 549 を用いてエッチング処理による加工を行い、第 1 のゲート電極 511、第 2 のゲート電極 512a、第 2 のゲート電極 512b、第 1 のゲート電極 521、第 2 のゲート電極 522、第 1 のゲート電極 531、第 2 のゲート電極 532、第 1 の配線 541、及び第 2 の配線 542 を形成する。第 2 のゲート電極 512a、第 2 のゲート電極 512b、第 2 のゲート電極 522、及び第 2 のゲート電極 532 をマスクとして、半導体膜 501、半導体膜 502、半導体膜 503 に一導電型を有する不純物元素を添加し、低濃度不純物領域 514a、低濃度不純物領域 514b、低濃度不純物領域 514c、低濃度不純物領域 524a、低濃度不純物領域 524b、低濃度不純物領域 534a、低濃度不純物領域 534b を形成する (図 23 (B) 参照。)。

30

【0168】

さらに、第 1 のゲート電極 511、第 2 のゲート電極 512a、第 2 のゲート電極 512b、第 1 のゲート電極 521、第 2 のゲート電極 522、第 1 のゲート電極 531、第 2 のゲート電極 532 をマスクとして、半導体膜 501、半導体膜 502、半導体膜 503 に一導電型を有する不純物元素を添加し、高濃度不純物領域 515a、高濃度不純物領域 515b、低濃度不純物領域 516a、低濃度不純物領域 516b、高濃度不純物領域 525a、高濃度不純物領域 525b、低濃度不純物領域 526a、低濃度不純物領域 526b、高濃度不純物領域 535a、高濃度不純物領域 535b、低濃度不純物領域 536a、低濃度不純物領域 536b を形成する。また、レジストパターン 513a、レジストパターン 513b、レジストパターン 523、レジストパターン 533、レジストパターン 543 を除去し、ダブルゲート T F T 510、シングルゲート T F T 520、容量 530、配線 540 が作製される (図 23 (C) 参照。)。

40

【0169】

添加する一導電型を付与する不純物元素として n 型を付与する不純物元素 (例えばリン (P)) とすれば、n 型を有する不純物領域を有する n チャネル型 T F T を作製ことができ、添加する一導電型を付与する不純物元素として p 型を付与する不純物元素 (例えばボロン (B)) とすれば、p 型を有する不純物領域を有する p チャネル型 T F T を作

50

製することができる。

【0170】

また、一導電型を付与する不純物元素を添加するドーピング条件などを制御すれば、低濃度不純物領域を形成せず、全ての不純物領域を高濃度不純物領域とすることができる。本実施の形態では、2段階にわたり一導電型を付与する不純物元素を添加して異なる濃度の不純物領域を形成する例を示したが、一回の一導電型を付与する不純物元素を添加する工程で、図23(C)のような低濃度不純物領域と高濃度不純物領域を有するTFET、容量を作製することができる。

【0171】

同一工程で、ダブルゲートTFET510、シングルゲートTFET520の2種類のTFETを作製することができる。ダブルゲートTFET510は、第1のゲート電極511上に隣接する第2のゲート電極512a、第2のゲート電極512bを有している。第2のゲート電極512a、第2のゲート電極512bの間隔を短く形成することができるので、低濃度不純物領域514bの幅を狭くすることができ、TFETのサイズも小さくすることができる。よって微細化が可能なり、半導体装置の精密化、高性能化、軽量化などを達成することができる。

【0172】

容量530は、第1のゲート電極531を第2のゲート電極より幅広い形状に形成できるので、低濃度不純物領域536bの領域を広く形成することができる。低濃度不純物領域とゲート電極間で形成される容量の方が、不純物元素が添加されない領域537とゲート電極間で形成される容量よりも大きいので、第1のゲート電極531下の低濃度不純物領域536bを広く形成すると大きな容量を得ることができる。

【0173】

配線540は、他のゲート電極のように幅が狭くなることもなく第1の配線541と第2の配線542とがほぼ同じ幅で積層して形成することができるので、低抵抗な配線を作製することができる。また、微細な配線を作製することができる。

【0174】

このように、本実施の形態を用いると、同一な工程で、所望とする性能に合わせた異なる形状で導電膜や絶縁膜の加工をすることができる。よって、異なる種類のTFETや、サイズの異なる配線などを、工程を増加することなく作製することができる。本実施の形態は、上記実施の形態1乃至7のそれぞれと自由に組み合わせることができる。

【0175】

(実施の形態8)

本実施の形態では、本発明の半導体装置を非接触でデータの送受信が可能であるRFIDとして利用した場合の一実施形態に関して図11を用いて説明する。

【0176】

RFID220は、非接触でデータを交信する機能を有し、電源回路211、クロック発生回路212、データ復調/変調回路213、他の回路を制御する制御回路214、インターフェース回路215、メモリ216、データバス217、アンテナ(アンテナコイル)218を有する(図11(A))。

【0177】

電源回路211は、アンテナ218から入力された交流信号を基に、半導体装置の内部の各回路に供給する各種電源を生成する回路である。クロック発生回路212は、アンテナ218から入力された交流信号を基に、半導体装置内の各回路に供給する各種クロック信号を生成する回路である。データ復調/変調回路213は、リーダライタ219と交信するデータを復調/変調する機能を有する。制御回路214は、メモリ216を制御する機能を有する。アンテナ218は、電磁波或いは電波の送受信を行う機能を有する。リーダライタ219は、半導体装置との交信、制御及びそのデータに関する処理を制御する。なお、RFIDは上記構成に制約されず、例えば、電源電圧のリミッタ回路や暗号処理専用ハードウェアといった他の要素を追加した構成であってもよい。

10

20

30

40

50

【0178】

また、RFIDは、各回路への電源電圧の供給を電源（バッテリー）を搭載せず電波により行うタイプとしてもよいし、各回路への電源電圧の供給をアンテナの代わりに電源（バッテリー）を搭載させて行うタイプとしてもよいし、電波と電源により電源電圧を供給するタイプとしてもよい。

【0179】

本発明の半導体装置をRFID等を利用した場合、非接触で通信を行う点、複数読取りが可能である点、データの書き込みが可能である点、様々な形状に加工可能である点、選択する周波数によっては、指向性が広く、認識範囲が広い点等の利点を有する。RFIDは、非接触による無線通信で人や物の個々の情報を識別可能なICタグ、ラベル加工を施して目標物への貼り付けを可能としたラベル、イベントやアミューズメント向けのリストバンド等に適用することができる。また、RFIDを樹脂材料により成型加工してもよいし、無線通信を阻害する金属に直接固定してもよい。さらに、RFIDは、入退室管理システムや精算システムといった、システムの運用に活用することができる。

10

【0180】

次に、本発明の半導体装置をRFIDとして実際に使用するときの一形態について説明する。表示部321を含む携帯端末の側面には、リーダライタ320が設けられ、品物322の側面にはRFID323が設けられる（図11（B））。品物322が含むRFID323にリーダライタ320をかざすと、表示部321に品物の原材料や原産地、生産工程ごとの検査結果や流通過程の履歴等、更に商品の説明等の商品に関する情報が表示される。また、商品326をベルトコンベアにより搬送する際に、リーダライタ324と、商品326に設けられたRFID325を用いて、該商品326の検品を行うことができる（図11（C））。このように、システムにRFIDを活用することで、情報の取得を簡単に行うことができ、高機能化と高付加価値化を実現する。

20

【0181】

なお、本実施の形態は、上記実施の形態と自由に組み合わせて行うことができる。

【0182】

（実施の形態9）

本発明の半導体装置の用途は広範にわたるが、例えば、電子機器に用いることができる。電子機器として、例えばテレビ受像器、コンピュータ、携帯電話をはじめとする携帯情報端末、デジタルカメラ、ビデオカメラ、ナビゲーションシステム等に利用することができる。本発明の半導体装置を携帯電話に適用した場合に関して図12を用いて説明する。

30

【0183】

携帯電話は、筐体2700、2706、パネル2701、ハウジング2702、プリント配線基板2703、操作ボタン2704、バッテリー2705とを有する。パネル2701はハウジング2702に脱着自在に組み込まれ、ハウジング2702はプリント配線基板2703に嵌着される。ハウジング2702はパネル2701が組み込まれる電子機器に合わせて、形状や寸法が適宜変更される。プリント配線基板2703には、パッケージングされた複数の半導体装置が実装されており、このうちの1つとして、本発明の半導体装置を用いることができる。プリント配線基板2703に実装される複数の半導体装置は、コントローラ、中央処理ユニット（CPU、Central Processing Unit）、メモリ、電源回路、音声処理回路、送受信回路等のいずれかの機能を有する。

40

【0184】

パネル2701は、接続フィルム2708を介して、プリント配線基板2703と組み合わせられる。上記のパネル2701、ハウジング2702、プリント配線基板2703は、操作ボタン2704やバッテリー2705と共に、筐体2700、2706の内部に収納される。パネル2701が含む画素領域2709は、筐体2700に設けられた開口窓から視認できるように配置されている。

【0185】

50

本発明の半導体装置は、小型、薄型、軽量であることを特徴としており、上記特徴により、電子機器の筐体 2700、2706 内部の限られた空間を有効に利用することができる。

【0186】

また、本発明の半導体装置はRFIDとしても利用可能であり、例えば、紙幣、硬貨、有価証券類、証書類、無記名債券類、包装用容器類、書籍類、記録媒体、身の回り品、乗物類、食品類、衣類、保健用品類、生活用品類、薬品類及び電子機器等に設けて使用することができる。これらの例に関して図13を用いて説明する。

【0187】

紙幣、硬貨とは、市場に流通する金銭であり、特定の地域で貨幣と同じように通用するもの（金券）、記念コイン等を含む。有価証券類とは、小切手、証券、約束手形等を指す（図13（A））。証書類とは、運転免許証、住民票等を指す（図10（B））。無記名債券類とは、切手、おこめ券、各種ギフト券等を指す（図10（C））。包装用容器類とは、お弁当等の包装紙、ペットボトル等を指す（図10（D））。書籍類とは、書物、本等を指す（図10（E））。記録媒体とは、DVDソフト、ビデオテープ等を指す（図10（F））。乗物類とは、自転車等の車両、船舶等を指す（図10（G））。身の回り品とは、鞆、眼鏡等を指す（図10（H））。食品類とは、食料品、飲料等を指す。衣類とは、衣服、履物等を指す。保健用品類とは、医療器具、健康器具等を指す。生活用品類とは、家具、照明器具等を指す。薬品類とは、医薬品、農薬等を指す。電子機器とは、液晶表示装置、EL表示装置、テレビジョン装置（テレビ受像機、薄型テレビ受像機）、携帯電話等を指す。

10

20

【0188】

紙幣、硬貨、有価証券類、証書類、無記名債券類等にRFIDを設けることにより、偽造を防止することができる。また、包装用容器類、書籍類、記録媒体等、身の回り品、食品類、生活用品類、電子機器等にRFIDを設けることにより、検品システムやレンタル店のシステムなどの効率化を図ることができる。乗物類、保健用品類、薬品類等にRFIDを設けることにより、偽造や盗難の防止、薬品類ならば、薬の服用の間違いを防止することができる。RFIDの設け方としては、物品の表面に貼ったり、物品に埋め込んだりして設ける。例えば、本ならば紙に埋め込んだり、有機樹脂からなるパッケージなら当該有機樹脂に埋め込んだりするとよい。

30

【0189】

このように、包装用容器類、記録媒体、身の回り品、食品類、衣類、生活用品類、電子機器等にRFIDを設けることにより、検品システムやレンタル店のシステムなどの効率化を図ることができる。また乗物類にRFIDを設けることにより、偽造や盗難を防止することができる。また、動物等の生き物に埋め込むことによつて、個々の生き物の識別を容易に行うことができる。例えば、家畜等の生き物にRFIDを埋め込むことによつて、生まれた年や性別または種類等を容易に識別することが可能となる。

【0190】

以上のように、本発明の半導体装置は物品あればどのようなものにでも設けて使用することができる。なお、本実施の形態は、上記実施の形態と自由に組み合わせて行うことができる。

40

【実施例1】

【0191】

本発明の半導体装置が含む電源回路と遅延回路の構成と、その動作の計算結果について、図14、図15を参照して説明する。

【0192】

本発明の半導体装置は、少なくとも電源回路430と遅延回路443を有する（図14）。

【0193】

電源回路430は、受信した搬送波（図15（A））を整流して平滑化した信号（図1

50

5 (B)) を生成する整流回路と、整流回路が生成した信号を保持するための容量素子を有する。整流回路が生成した信号は、遅延回路 4 4 3 に供給される。

【 0 1 9 4 】

遅延回路 4 4 3 は、交流電源 4 3 1、容量素子 4 3 2、N型トランジスタ 4 3 3、4 3 4、容量素子 4 3 5、インバータ 4 3 6、4 3 7、抵抗素子 4 3 8、容量素子 4 3 9、インバータ 4 4 0、4 4 1、容量素子 4 4 2 を有する。容量素子 4 3 2、4 3 5、4 3 9、4 4 2 や抵抗素子 4 3 8 は、導電膜、半導体膜、リンやボロン等の不純物がドーピングされた半導体膜等から構成される。

【 0 1 9 5 】

遅延回路 4 4 3 は、電源回路 4 3 0 から入力される信号 (図 1 5 (B)) を用いてリセット信号 (図 1 5 (C)) を生成し、なおかつ、生成したリセット信号を各回路に供給する。遅延回路 4 4 3 が生成するリセット信号は、ある動作とある動作の間に、回路 4 4 4 に供給する信号である。また、リセット信号が供給される回路 4 4 4 とは、半導体装置が含む各回路であり、例えば、クロック信号生成回路、補正回路、判定回路、コントローラ回路、符号化回路等である。

【 0 1 9 6 】

遅延回路 4 4 3 のリセット信号の生成が早すぎると、各回路に対する電源の供給が不安定となり、各回路がリセット動作を行わない場合がある。一方、遅延回路 4 4 3 のリセット信号の生成が遅すぎると、各回路はリセット動作を行わずに次の動作を開始してしまう場合がある。このように、遅延回路 4 4 3 が所望のタイミングでリセット信号を生成しない場合、各回路が正常に機能しない場合があるため、遅延回路 4 4 3 は所望のタイミングでリセット信号を生成する必要がある。

【 0 1 9 7 】

遅延回路 4 4 3 のリセット信号の生成のタイミングは、遅延回路 4 4 3 内の抵抗値と容量値にも依存する。より具体的には、抵抗素子 4 3 8 の抵抗値と、容量素子 4 3 9 の容量値に依存する。そこで、本発明は、抵抗素子 4 3 8 の抵抗値と容量素子 4 3 9 の値を最適化することにより、リセット信号を所望のタイミングで生成する。

【 0 1 9 8 】

より詳しくは、リセット信号の生成が早すぎるという不具合があったため、抵抗素子 4 3 8 の抵抗値を 1 0 0 k から 4 0 0 k に最適化する。その結果、搬送波が半導体装置に入力されてから、リセット信号の生成までの時間が m 秒であった ($m > 0$ 、図 1 5 (C) の 1 点鎖線の波形参照) とおろそ、 n 秒 ($n > 0$ 、図 1 5 (C) の点線の波形参照) にまで遅延することができた。このように、リセット信号の生成のタイミングを遅延させて、各回路に所望のタイミングでリセット信号を供給することにより、半導体装置を正常に動作させることができた。

【 実施例 2 】

【 0 1 9 9 】

本発明での半導体装置作製時の素子形成層の結晶化状況と剥離性に関する実験結果を図 1 6、図 1 7、図 1 8 を用いて説明する。

【 0 2 0 0 】

基板 1 6 0 0 上に金属膜 1 6 0 1 を形成する。基板 1 6 0 0 には旭硝子株式会社製 AN - 1 0 0 基板 (1 2 6 . 6 mm × 1 2 6 . 6 mm、0 . 7 mm t) を使用した。

【 0 2 0 1 】

金属膜 1 6 0 1 は、スパッタリング装置により、タングステン膜を形成した (図 1 6 (A) 参照) 。形成は、Ar ガスを 0 . 0 2 S L M 導入し、圧力 0 . 2 Pa、電力 1 kW、基板温度 2 0 0 となるような状態で膜厚 3 0 nm となるように成膜した。なお、1 S L M は 1 0 0 0 s c c m、即ち、0 . 0 6 m³ / h である。

【 0 2 0 2 】

この後金属膜 1 6 0 1 表面に対して、一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を行い、金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜 1 6 0 2 を形成した (図 1 6 (B) 参照) 。

プラズマ処理はPE-CVD装置にて、基板温度345 となるような状態で、一酸化二窒素ガス流量0.4SLM、圧力240Pa、電力50Wにて60sec処理を行った。このほかとして、図17に示す条件でも一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を試験した。今回は一酸化二窒素ガスの流量は全て0.4SLM、基板温度も345 で処理した。

【0203】

続いて金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜1602上に絶縁膜1603を形成した。絶縁膜1603はPE-CVD装置にて窒化酸化珪素膜を形成した。成膜条件は、RF周波数13.56MHz、基板温度が345 になるような状態で、モノシランガスを0.015SLM、水素ガスを1.2SLM、アンモニアガスを0.15SLM、一酸化二窒素ガスを0.02SLM、電力250W、圧力40Paとし、このときの成膜レートは13nm/minで膜厚50nmとなるように成膜した。

10

【0204】

続いて絶縁膜1603上に絶縁膜1604を形成した。絶縁膜1604はPE-CVD装置にて酸化窒化珪素膜を、RF周波数13.56MHz、温度345 となるような状態で、モノシランガスを0.03SLM、一酸化二窒素ガスを1.2SLM、電力50W、圧力40Paとし、このときの成膜レートは44nm/minで膜厚100nmとなるように成膜した。

【0205】

続いて絶縁膜1604上に非晶質珪素膜1605を形成した(図16(C)参照)。非晶質珪素膜1605は、RF周波数13.56MHz、基板温度345 となるような状態で、モノシランガスを0.28SLM、水素ガスを0.3SLM、電力60W、圧力170Paとし、膜厚が66nmとなるように成膜した。

20

【0206】

この後、図示しないが、非晶質珪素膜1605表面のゴミ除去を目的として洗浄を行い、さらにその後非晶質珪素膜中に含まれる水素元素を放出させるために、650 75secのGRTA(Gas Rapid Thermal Annealing)処理を行った。

【0207】

この後、GRTA処理によって形成された酸化珪素膜を除去するため、0.5%HF水溶液にて90sec処理を行った。

30

【0208】

この後非晶質珪素膜1605の結晶化を行った(図16(D)参照)。結晶化は、レーザー出力12.5Wから18.0Wまでを0.5W刻みでさらに18.4Wを加えた13条件で、また、ステージ速度を0.2m/sec、0.35m/sec、0.5m/secで走査して処理を行った。使用したレーザーは、波長532nmの固体(YVO₄)パルスレーザーで、発振周波数は80MHz、パルス幅15pssecという特徴を示す。

【0209】

この後、絶縁膜1603、絶縁膜1604および結晶性珪素膜が剥離可能かどうかをテープ剥離試験にて評価した。結晶化の状況とテープ剥離試験の結果とをまとめて図18に示す。

40

【0210】

図18で膜が裂けたものとは、非晶質珪素膜の結晶処理としてレーザーを照射した際に珪素膜が裂けてしまった状態をさし、結晶化可能とはレーザーの照射された範囲全体が大きな粒径を持つ結晶性珪素膜に変質している状態をさし、結晶化不足とはレーザーが照射された範囲内全体が大きな粒径を持つ結晶性珪素膜に変質していない状態をさす。テープ剥離試験での丸印判定は、一度でも剥離可能であったことをさす。

【実施例3】

【0211】

本実施例では、本発明の半導体装置作製工程において用いる剥離層について実験データを用いて説明する。

50

【 0 2 1 2 】

試料として基板 8 0 0 上に金属膜 8 0 1 を形成し、金属膜 8 0 1 表面に対して、一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を行い、剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）を形成した。剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）8 0 2 上に C V D 法によって 3 層の絶縁膜を形成し、絶縁膜上に半導体膜を形成した。その後、試料に 4 5 0 で 3 0 分間大気中で加熱処理を行った。本実施例では、金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜を剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）8 0 2 と呼ぶ。

【 0 2 1 3 】

金属膜 8 0 1 として膜厚 3 0 n m のタングステン膜をスパッタ法で形成し、剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）8 0 2 として酸化タングステン膜、窒化タングステン膜、窒化酸化タングステン膜を一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を行い形成し、絶縁膜 8 0 3 として膜厚 1 8 0 n m の酸化窒化珪素膜、膜厚 7 5 n m の窒化タングステン膜、膜厚 7 5 n m の窒化酸化タングステン膜を積層し、半導体膜として膜厚 6 6 n m の非晶質珪素膜を形成した。絶縁膜と半導体膜は連続的に C V D 法で形成した。本実施例では絶縁膜と半導体膜とを素子とする。

【 0 2 1 4 】

加熱処理後の試料の半導体膜上に接着剤を数十 μ m 形成し、対向基板となるガラス基板を接着させ、素子である絶縁膜及び半導体膜を、基板 8 0 0 より対向基板側に剥離した。図 2 4 に剥離前の試料、図 2 5 に剥離後の基板側の試料、図 2 6 に剥離後の素子側の試料の透過型電子顕微鏡（以下 T E M : T r a n s m i s s i o n E l e c t r o n M i c r o s c o p e ともいう）による断面写真をそれぞれ示す。

【 0 2 1 5 】

図 2 4 で示すように、基板 8 0 0 上に金属膜 8 0 1、剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）8 0 2、絶縁膜 8 0 3 が積層されている。金属膜 8 0 1 は黒色に近い濃い灰色であり、金属膜 8 0 1 上の剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）8 0 2 は薄い灰色となっている。図 2 5 は剥離後の基板側であり、基板 8 0 0 上に金属膜 8 0 1 が積層され、金属膜 8 0 1 上に剥離工程によって分断された剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）8 0 5 a が残存し、形成されている。一方、図 2 6 は剥離後の素子側であり、絶縁膜 8 0 3 上に剥離工程によって分断された剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）8 0 5 b が残存し、形成されている。図 2 5 及び図 2 6 に示すように、剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）8 0 2 は剥離工程によって基板側と素子側に分断され、より基板 8 0 0 側の剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）8 0 2 上に多く（膜厚が厚く）残存する。

【 0 2 1 6 】

剥離前の剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）8 0 2、剥離後の剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）8 0 5 a、剥離後の剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）8 0 5 b に X 線反射率（X R R : X - r a y R e f l e c t i v i t y）測定を行い、それぞれの密度、膜厚、ラフネス（表面粗さ）を求めた。結果を表 1 に示す。

【 0 2 1 7 】

【表 1】

試料	密度(g/cm ³)	膜厚(nm)	ラフネス(nm)
剥離後基板側剥離層	10.14	1.437	0.78
剥離後素子側剥離層	6.9	3.75	1.14
剥離前剥離層	10.3	5.2	4

【 0 2 1 8 】

表 1 で示すように、剥離後の基板側剥離層の膜厚の方が、素子側剥離層の膜厚より厚く、

10

20

30

40

50

残存している。基板側剥離層と素子側剥離層の膜厚の合計がほぼ剥離前剥離層と同じであり、剥離前剥離層が基板側と素子側とに分断されたことがわかる。また、剥離後基板側剥離層の密度と剥離前の剥離層の密度とほぼ同じ数値を示した。

【0219】

次に剥離後基板側の剥離層と素子側の剥離層に、X線光電子分光分析法(ESCA: Electron Spectroscopy for Chemical Analysis、XPS: X-ray Photoelectron Spectroscopy)測定を行い、各層中に含まれる元素の定量比を求めた。結果を表2及び図27(A)乃至(C)に示す。図27(A)は剥離層中に含まれる元素と定量比の関係であり、図27(B)は剥離層中の酸素の組成とその定量比の関係であり、図27(C)は剥離層中のタングステンの組成とその定量比の関係である。図27(A)乃至(C)において、黒丸のドットは基板側剥離層における検出量を、ばつ印のドットは素子側剥離層における検出量をそれぞれ示す。

【0220】

【表2】

試料	W(atomic%)				O(atomic%)			N (atomic%)	Si (atomic%)	C (atomic%)
	W1	W2	W3	W4	O1	O2	O3			
剥離後基板側剥離層	39.4				40			11.3	0	9.3
	49.9	13.3	11.3	25.5	61.2	29	9.8			
剥離後素子側剥離層	25.5				47.3			13.8	4	9.3
	0	14.5	37.4	48.1	57.6	25.5	16.9			

W1...金属W

W2...WO₂、WN_x

W3...WO₂₋₃、WN_xO_y

W4...WO₃等

O1...WO_x

O2...W_{(OH)_x}、WO_xN_y

O3...C=O、O-C-O、Si-O等

【0221】

表2の解析方法は、タングステン(W)においてはW4fの結合エネルギーより、酸素(O)においてはO1sの結合エネルギーより、以下の組成を帰属した。表2においてW1は金属W、W2はWO₂、又はWN_x、W3はWO₂₋₃、又はWN_xO_y、W4はWO₃等であり、O1はWO_x、O2はW_{(OH)_x}、又はWO_xN_y、O3はC=O、O-C-O、又はSi-O等である。表2において各試料中の元素の組成比を示しておりW、O、N、Si、及びCで約100%となる。また、W及びOにおいては、それぞれW又はOにおける組成の割合を示しており、WはW1乃至4で約100%、OはO1乃至3で約100%となっている。

【0222】

なお、基板上に金属膜を形成し、金属膜表面に一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を行い剥離層(金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜)を形成した直後の剥離層に含まれる元素の定量比は、タングステン(W)が22.7%(W1が2.9%、W2が0.1%、W3が6.7%、W4が90.2%)、酸素(O)が62.6%(O1が68.5%、O2が24.4%、O3が7.2%)、窒素(N)が1.7%、珪素(Si)が1.3%、炭素(C)が11.7%であった。

【0223】

加熱処理後の基板側剥離層及び素子側剥離層ともに窒素の含有量が増えている。また、剥離後の基板側剥離層と素子側剥離層とでは、表1で示したように基板側剥離層と素子側剥離層とでは密度が異なっていたように、図27(C)に示すように各組成の割合も異なっていた。

【0224】

X線光電子分光分析法により、加熱処理前後の剥離層中の膜厚方向の各層中に含まれる元素の組成の定量比を測定し、加熱処理前後での剥離層内の組織変化を調べた。結果を図28乃至図32に示す。図29及び図31は加熱処理前、図30及び図32は加熱処理後の剥離層中の元素の含有量を示すスペクトルであり、図31は加熱処理前、図32は加熱処

理後の剥離層中のタングステンの組成の含有量を示すスペクトルである。図29及び図31のデータを解析し求めたW1に対するW2、W3、及びW4の変化を図28に示す。剥離層中のW1はタングステン膜に近づく程多くなるので、W1の変化は膜厚方向の深さに比例するため、W1を基準としている。図28において、白丸のドットは加熱前の剥離層のW2、黒丸のドットは加熱後の剥離層のW2、白三角形のドットは加熱前の剥離層のW3、黒三角形のドットは加熱後の剥離層のW3、白四角形のドットは加熱前の剥離層のW4、黒四角形のドットは加熱後の剥離層のW4をそれぞれ示す。W3とW4においては、加熱前より加熱後の剥離層の方が含まれる量が減少していたが、W2だけは加熱前より加熱後の剥離層の方が含まれる量が増加していた。W2はWNに起因するピークであるので、このことから、剥離層に加熱処理を行うことによって、WNの組成が増加しているといえる。

10

【0225】

以上のように、剥離層において剥離後の基板側と素子側でのそれぞれの物性の変化、及び加熱前後での剥離層の組成の変化について調べることができた。

【実施例4】

【0226】

本実施例では、本発明の半導体装置作製工程において用いる剥離層について実験データを用いて説明する。

【0227】

試料4-1として基板850上に金属膜851を形成し、金属膜851表面に対して、一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を行い、剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）852上にCVD法によって3層の絶縁膜を形成し、絶縁膜上に半導体膜を形成した。本実施例では、金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜を剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）852と呼ぶ。

20

【0228】

金属膜851として膜厚50nmのチタン膜をスパッタ法で形成し、剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）852として酸化チタン膜、窒化チタン膜、窒化酸化チタン膜を一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を行い形成し、絶縁膜853として膜厚200nmの酸化窒化珪素膜、絶縁膜854として膜厚50nmの窒化酸化珪素膜、絶縁膜855として膜厚100nmの酸化窒化珪素膜を積層し、半導体膜856として膜厚66nmの非晶質珪素膜を形成し試料4-1とした。絶縁膜と半導体膜は連続的にCVD法で形成した。

30

【0229】

試料4-1の一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理の条件は、一酸化二窒素ガス流量500sccm、パワー200W、圧力100Pa、時間60秒で行った。図26(A)(B)に試料4-1の走査透過型電子顕微鏡(STEM: Scanning Transmission Electron Microscopy)法で観察した試料4-1断面のSTEM写真をそれぞれ示す。図33(B)は図33(A)の拡大図である。

40

【0230】

図33で示すように、基板850上に金属膜851、剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）852、絶縁膜853、854、855、半導体膜856が積層されている。金属膜851は黒色に近い濃い灰色であり、金属膜851上の剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）852は薄い灰色となっている。

【0231】

図34に、図33(B)に対応する図34(A)と、図34(A)の断面写真におけるa~dのエネルギー分散型X線分光EDX(EDX: Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy)法による元素組成分析を行った。EDX測定の結果を図34(B1)~(B4)に示す。図34(B1)はチタン膜である金属膜851であるので、チタンのピークが確認でき、図34(B2)は酸化チタン膜を含む剥離

50

層 8 5 2 であるのでチタンと酸素のピークが確認でき、図 3 4 (B 3) は酸化窒化珪素を含む絶縁層 8 5 3 であるので珪素と酸素のピークが確認でき、図 3 4 (B 4) はガラス基板 8 5 0 であるのでガラスの成分である珪素と酸素のピークがそれぞれ確認できた。よって、本実施例において、金属膜としてチタン膜を用いて、一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を行うと、剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）として酸化チタン膜である金属酸化膜が形成されることが確認できた。

【実施例 5】

【 0 2 3 2 】

本実施例では、本発明の半導体装置作製工程において用いる剥離層について実験データを用いて説明する。

10

【 0 2 3 3 】

試料としてガラス基板上に金属膜を形成し、金属膜表面に対して、一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を行い、剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）を形成した。剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）上に C V D 法によって 3 層の絶縁膜を形成し、絶縁膜上に半導体膜を形成した。本実施例では、金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜を剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）と呼ぶ。

【 0 2 3 4 】

金属膜として膜厚 5 0 n m のチタン膜をスパッタ法で形成し、剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）として酸化チタン膜、窒化チタン膜、窒化酸化チタン膜を一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を行い形成し、絶縁膜として膜厚 2 0 0 n m の酸化窒化珪素膜、絶縁膜として膜厚 5 0 n m の窒化酸化珪素膜、絶縁膜として膜厚 1 0 0 n m の酸化窒化珪素膜を積層し、半導体膜として膜厚 6 6 n m の非晶質珪素膜を形成した。絶縁膜と半導体膜は連続的に C V D 法で形成した。試料は試料 5 - 1 ~ 試料 5 - 5 の 5 種類作成し、試料 1 は試料作成後加熱処理を行わなかったもので、他の試料 2 ~ 試料 5 は 5 0 0 で 1 時間加熱処理を行った。

20

【 0 2 3 5 】

試料 5 - 1 の一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理の条件は、一酸化二窒素ガス流量 5 0 0 s c c m 、パワー 4 0 0 W 、圧力 5 0 P a 、時間 6 0 秒で行った。試料 5 - 2 の一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理の条件は、一酸化二窒素ガス流量 5 0 0 s c c m 、パワー 5 0 W 、圧力 2 0 0 P a 、時間 6 0 秒で行った。試料 5 - 3 の一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理の条件は、一酸化二窒素ガス流量 5 0 0 s c c m 、パワー 2 0 0 W 、圧力 1 0 0 P a 、時間 6 0 秒で行った。試料 5 - 4 の一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理の条件は、一酸化二窒素ガス流量 5 0 0 s c c m 、パワー 4 0 0 W 、圧力 5 0 P a 、時間 6 0 秒で行った。試料 5 - 5 の一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理の条件は、一酸化二窒素ガス流量 5 0 0 s c c m 、パワー 4 0 0 W 、圧力 5 0 P a 、時間 3 0 0 秒で行った。

30

【 0 2 3 6 】

試料 5 - 1 ~ 試料 5 - 5 に対し、テープによる剥離試験を行った結果、試料 5 - 1 ~ 試料 5 - 5 すべてにおいて、半導体膜がテープによって剥離され、金属膜が基板上に残った。よって、本実施例において、金属膜としてチタン膜を用いて、一酸化二窒素雰囲気下でプラズマ処理を行い、剥離層（金属酸化膜、金属窒化膜あるいは金属窒化酸化膜）を作製した試料において半導体膜の剥離が可能なが確認できた。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 2 3 7 】

【図 1】本発明の半導体装置の作製方法を示す図。

【図 2】本発明の半導体装置の作製方法を示す図。

【図 3】本発明の連続成膜装置を示す図。

【図 4】本発明の半導体装置の作製方法を示す図。

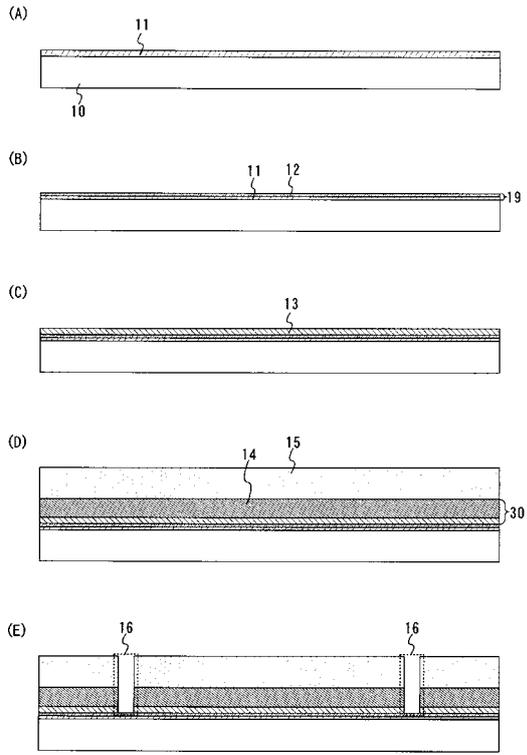
【図 5】本発明の半導体装置の作製方法を示す図。

【図 6】本発明の半導体装置の作製方法を示す図。

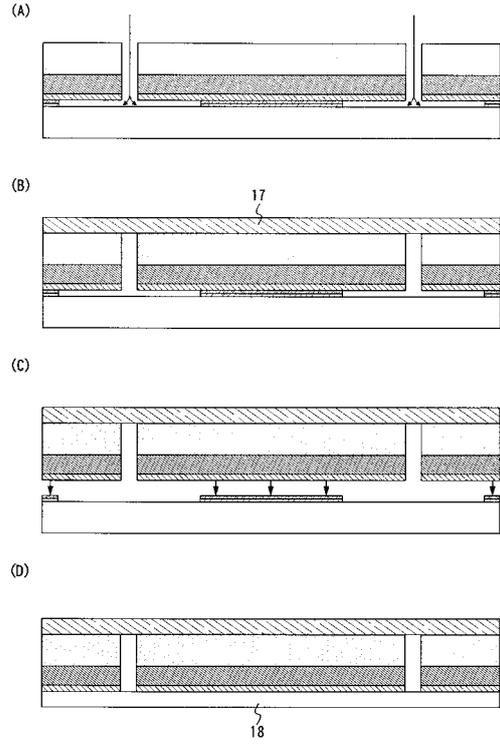
50

- 【図7】本発明の半導体装置の作製方法を示す図。
- 【図8】本発明の半導体装置の作製方法を示す図。
- 【図9】本発明の半導体装置の作製方法を示す図。
- 【図10】本発明の半導体装置の作製方法を示す図。
- 【図11】本発明の半導体装置の使用形態を説明する図。
- 【図12】本発明の半導体装置の使用形態を説明する図。
- 【図13】本発明の半導体装置の使用形態を説明する図。
- 【図14】本発明の半導体装置の構成を説明する図。
- 【図15】計算結果を示す図。
- 【図16】本発明の半導体装置の実施例を説明する図 10
- 【図17】本発明の半導体装置の実施例を説明する図
- 【図18】本発明の半導体装置の実施例を説明する図
- 【図19】本発明の半導体装置の作製方法を示す図。
- 【図20】本発明の半導体装置の作製方法を示す図。
- 【図21】本発明の半導体装置の作製方法を示す図。
- 【図22】本発明の半導体装置の作製方法を示す図。
- 【図23】本発明の半導体装置の作製方法を示す図。
- 【図24】実施例3の実験データを示す図。
- 【図25】実施例3の実験データを示す図。
- 【図26】実施例3の実験データを示す図。 20
- 【図27】実施例3の実験データを示す図。
- 【図28】実施例3の実験データを示す図。
- 【図29】実施例3の実験データを示す図。
- 【図30】実施例3の実験データを示す図。
- 【図31】実施例3の実験データを示す図。
- 【図32】実施例3の実験データを示す図。
- 【図33】実施例4の実験データを示す図。
- 【図34】実施例5の実験データを示す図。

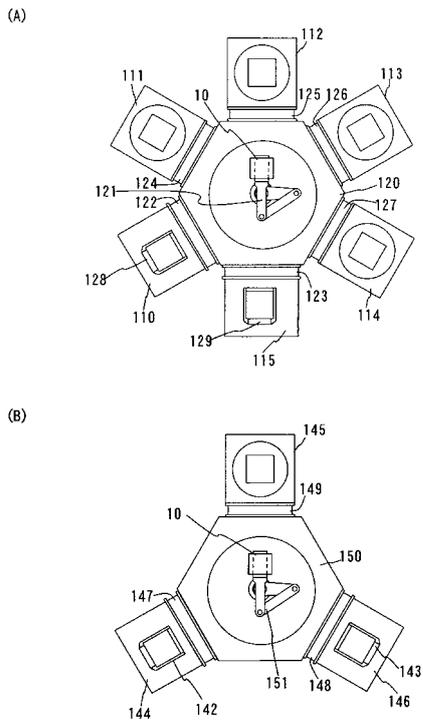
【図 1】



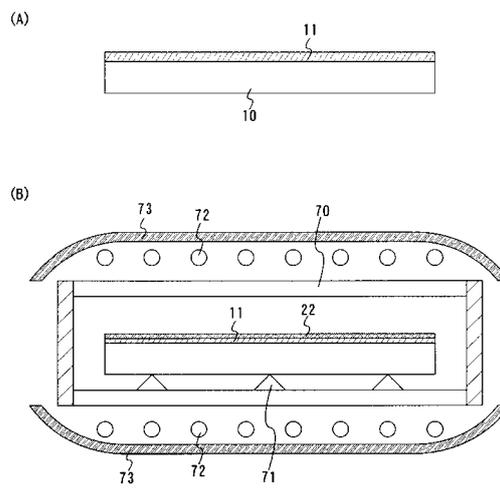
【図 2】



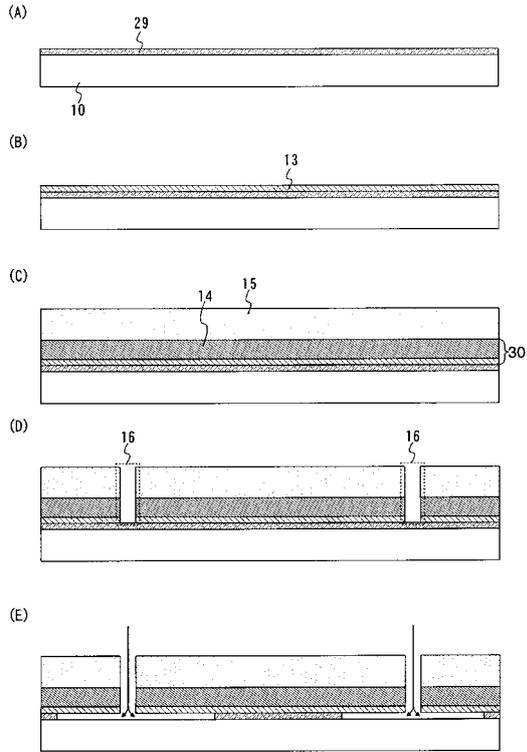
【図 3】



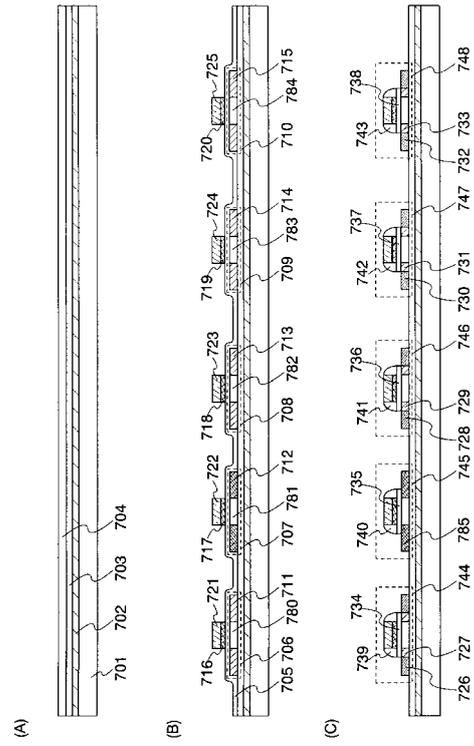
【図 4】



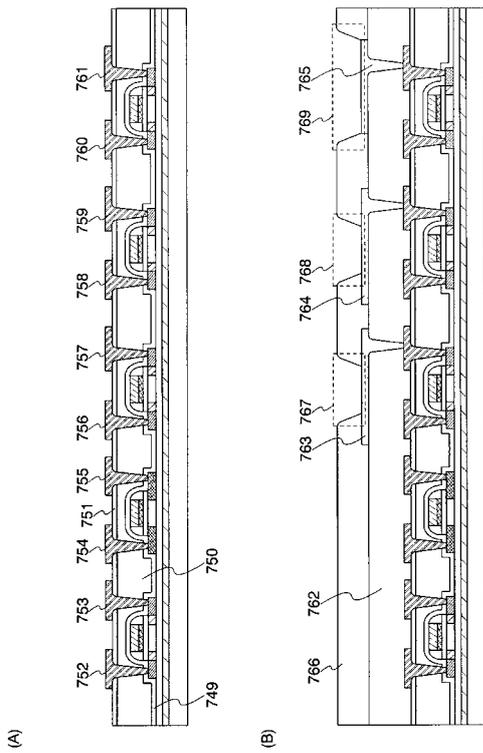
【 図 5 】



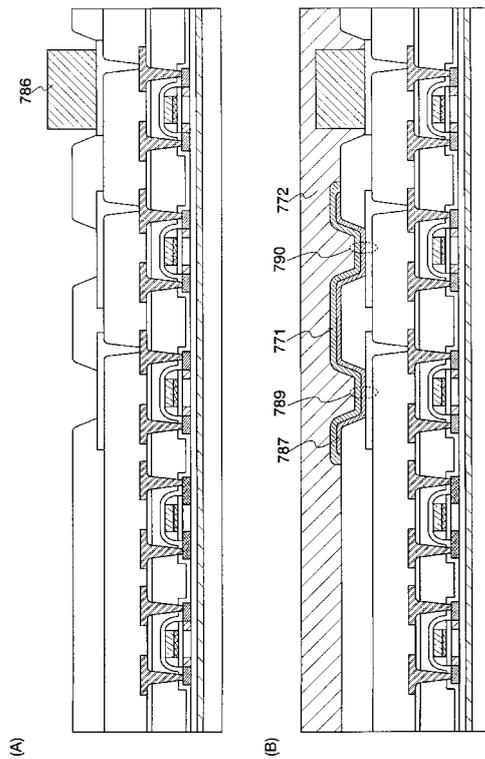
【 図 6 】



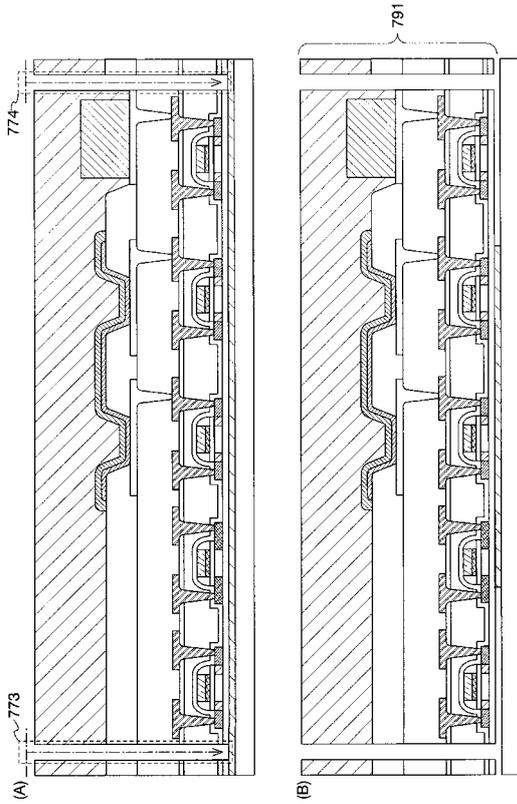
【 図 7 】



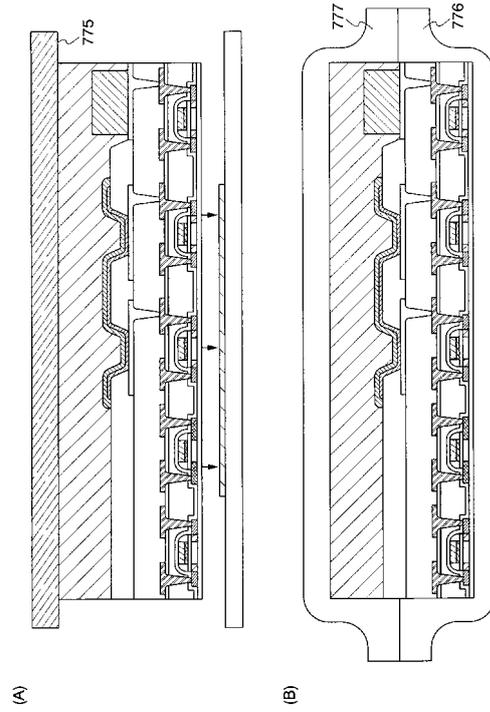
【 図 8 】



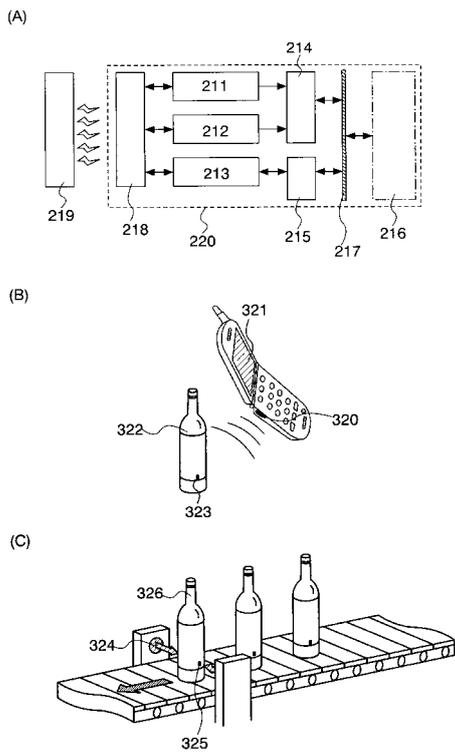
【図9】



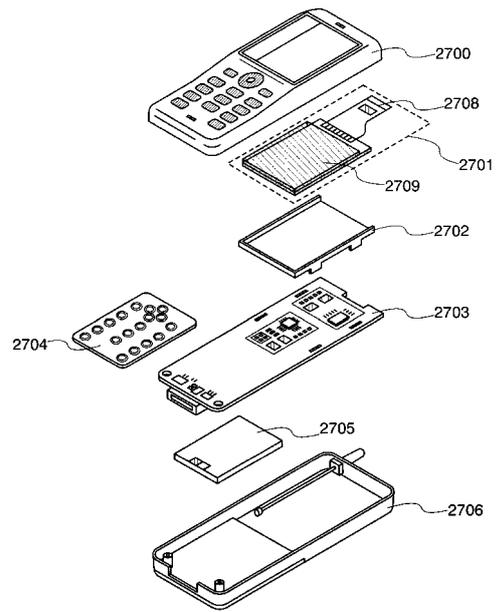
【図10】



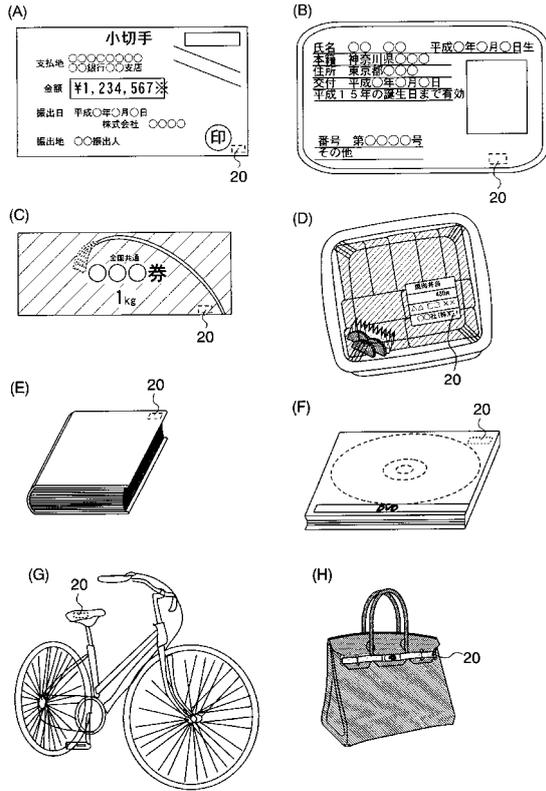
【図11】



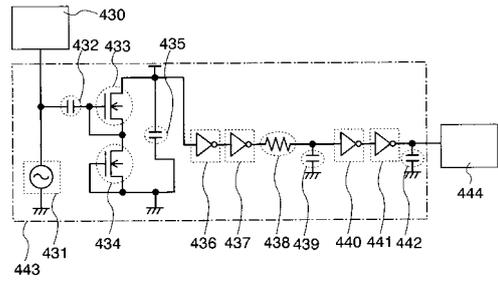
【図12】



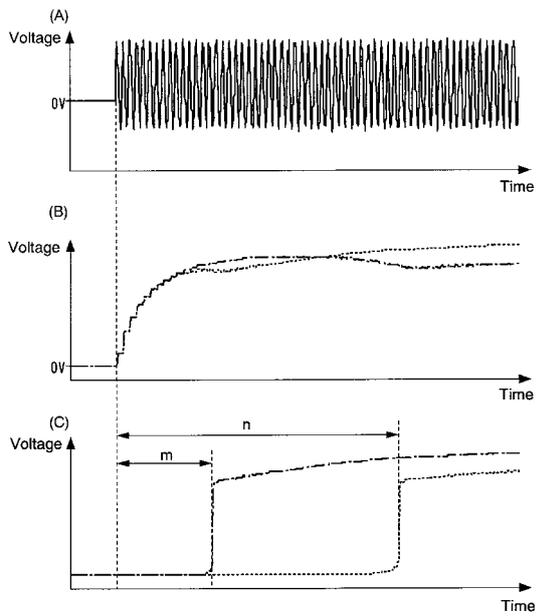
【図13】



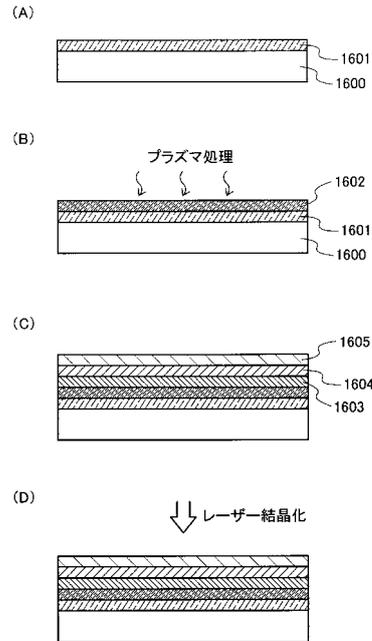
【図14】



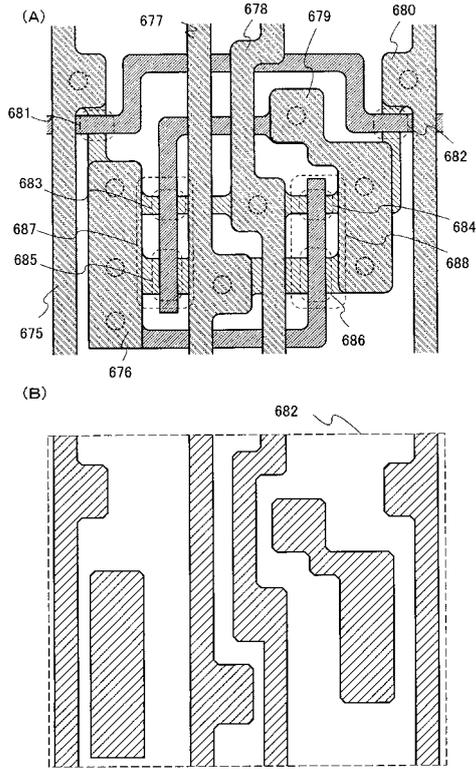
【図15】



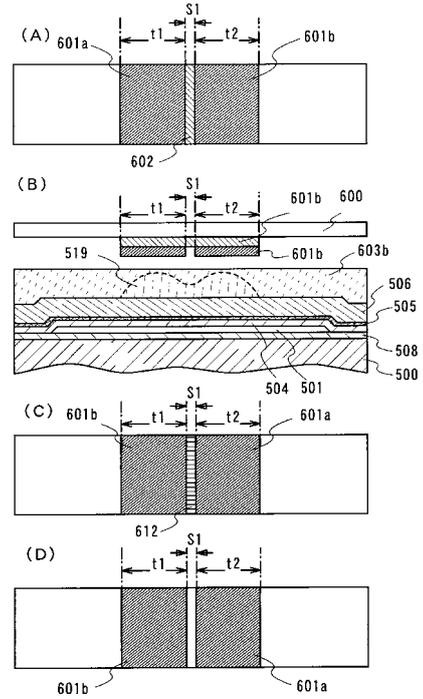
【図16】



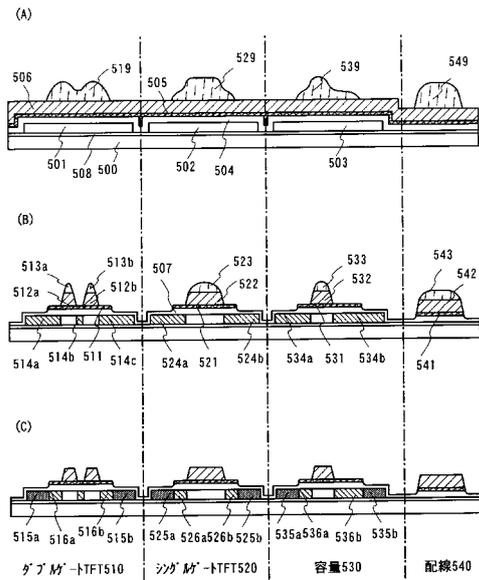
【図21】



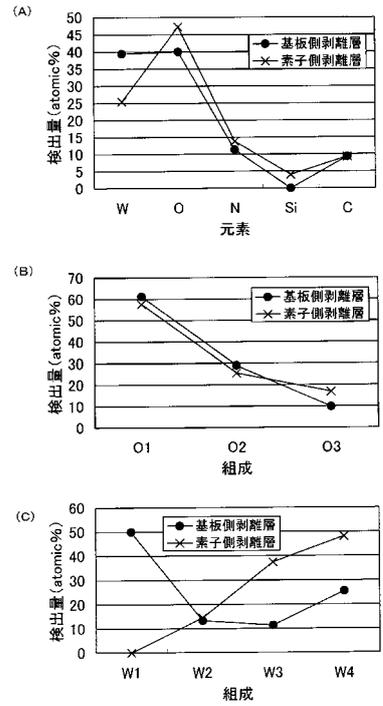
【図22】



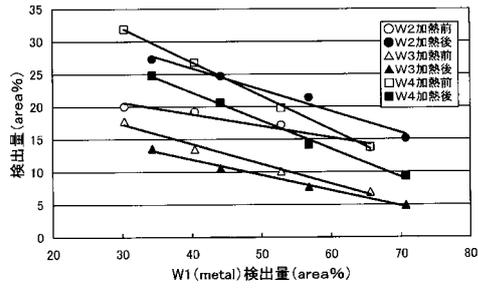
【図23】



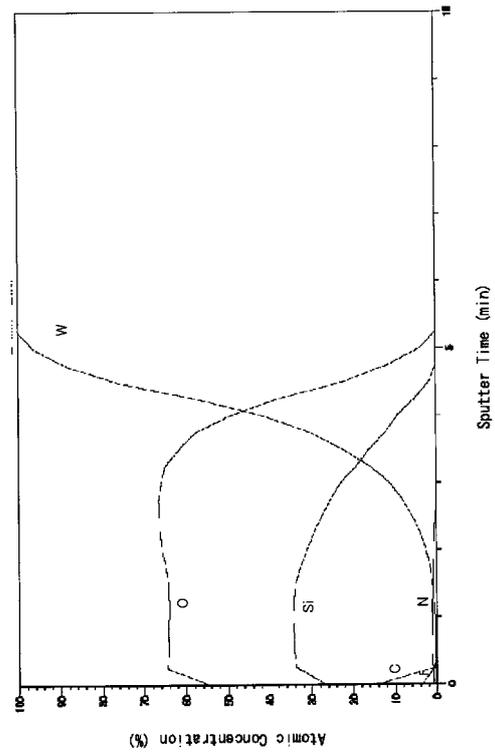
【図27】



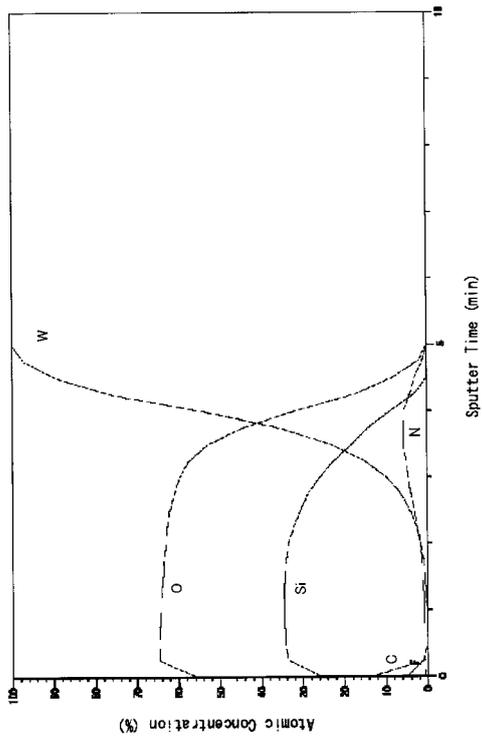
【 図 28 】



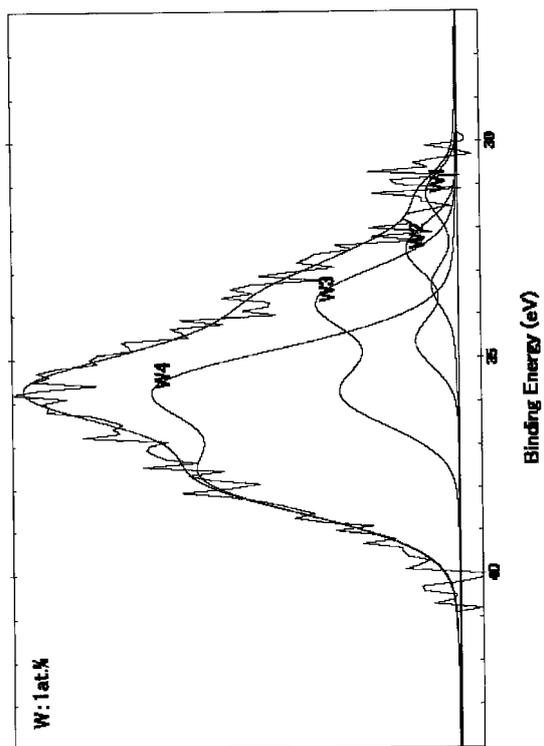
【 図 29 】



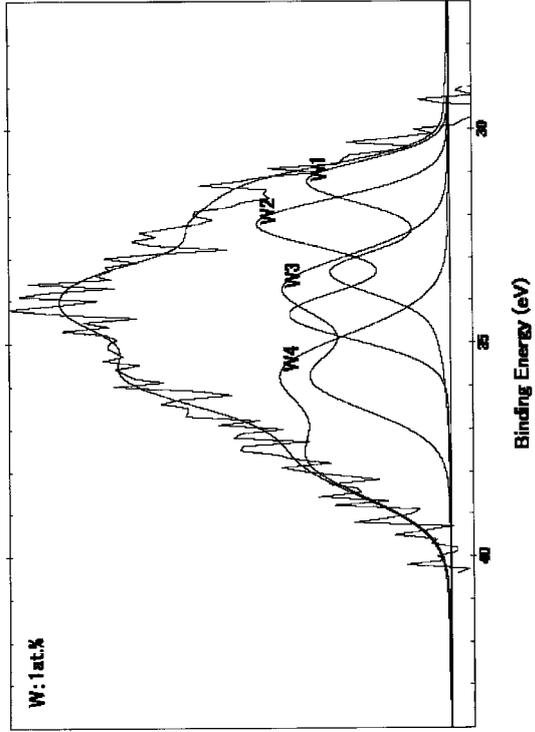
【 図 30 】



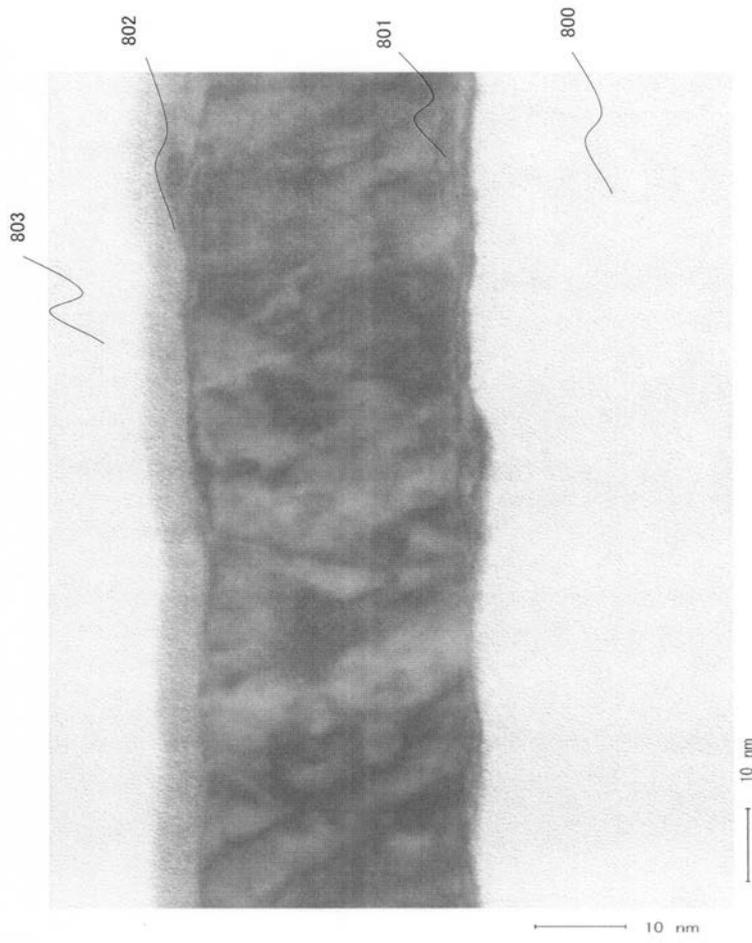
【 図 31 】



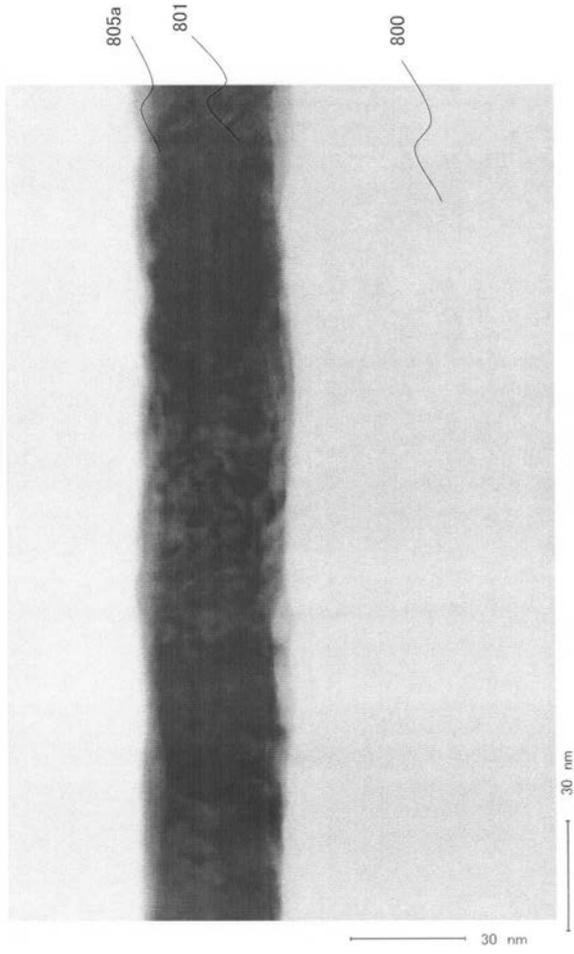
【 3 2 】



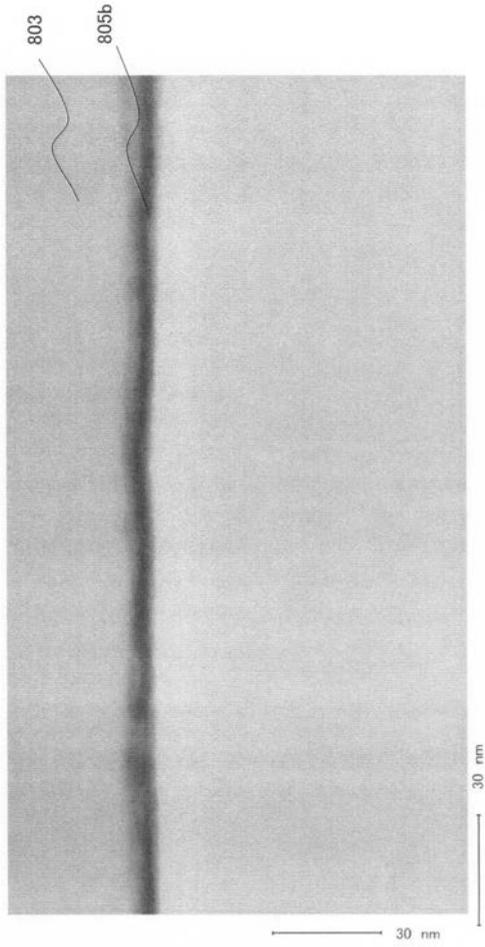
【 図 2 4 】



【 2 5 】

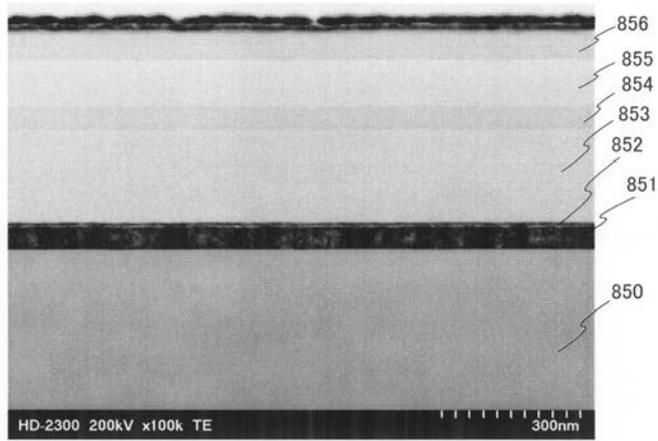


【 図 26 】

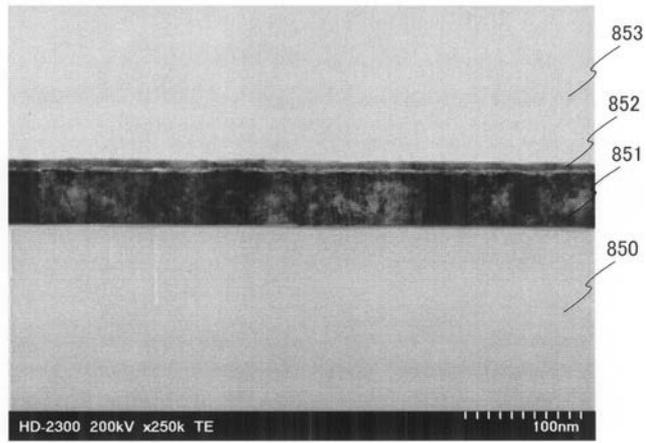


【 3 3 】

(A)

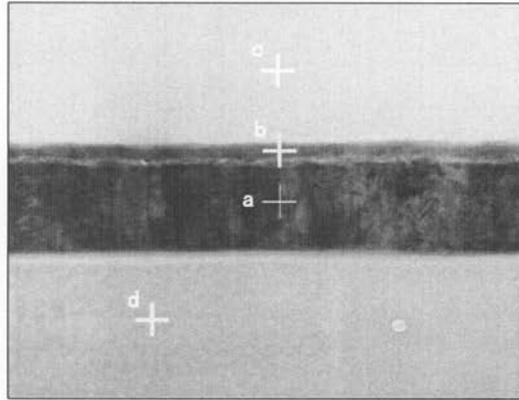


(B)

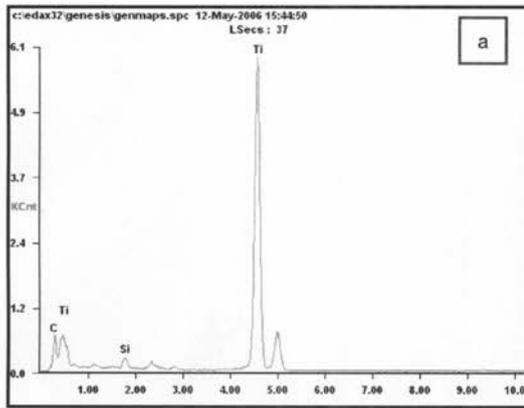


【 図 3 4 】

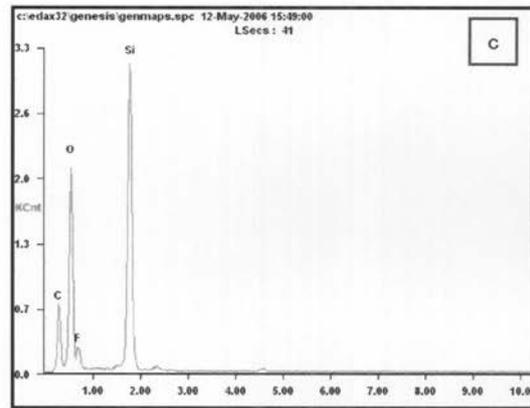
(A)



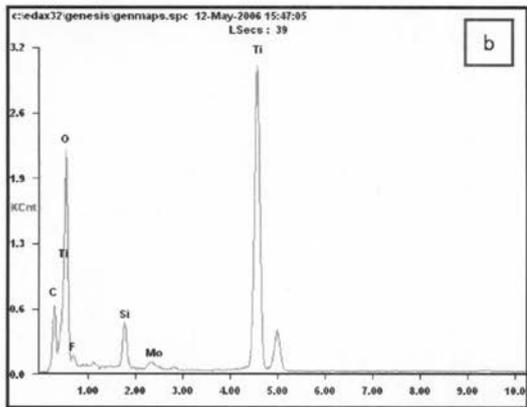
(B1)



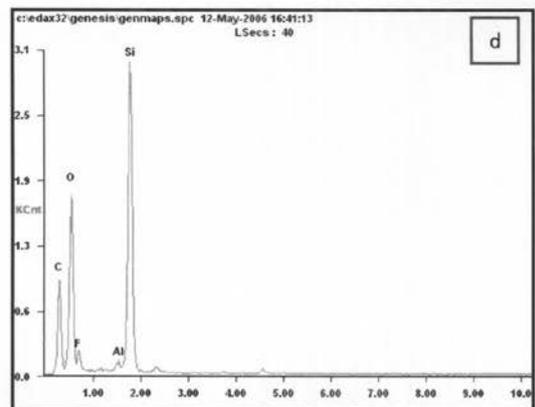
(B3)



(B2)



(B4)



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

G 0 6 K 19/07 (2006.01)

審査官 岩本 勉

(56)参考文献 特開2004-282063(JP,A)
特開2005-057227(JP,A)
特開2001-272923(JP,A)
特開2004-282050(JP,A)
特開2006-186347(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 L 2 7 / 1 2
H 0 1 L 2 1 / 0 2
H 0 1 L 2 1 / 3 3 6
H 0 1 L 2 9 / 7 8 6