

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5188355号
(P5188355)

(45) 発行日 平成25年4月24日 (2013. 4. 24)

(24) 登録日 平成25年2月1日 (2013. 2. 1)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L 21/318 (2006. 01)
 HO 1 L 21/336 (2006. 01)
 HO 1 L 29/786 (2006. 01)
 HO 1 L 21/768 (2006. 01)
 HO 1 L 23/532 (2006. 01)

HO 1 L 21/318 M
 HO 1 L 29/78 6 1 9 A
 HO 1 L 21/318 C
 HO 1 L 21/90 M

請求項の数 11 (全 43 頁)

(21) 出願番号 特願2008-267510 (P2008-267510)
 (22) 出願日 平成20年10月16日 (2008. 10. 16)
 (65) 公開番号 特開2009-117821 (P2009-117821A)
 (43) 公開日 平成21年5月28日 (2009. 5. 28)
 審査請求日 平成23年9月15日 (2011. 9. 15)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-271683 (P2007-271683)
 (32) 優先日 平成19年10月18日 (2007. 10. 18)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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 3 9 8 番地
 (72) 発明者 鳥海 聡志
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 鈴木 規悦
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内

審査官 栗野 正明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の作製方法、半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に半導体層を有する半導体装置の作製方法であって、
 窒素を含有する第 1 の絶縁体の堆積と、窒素及びフッ素を含有する第 2 の絶縁体の堆積を複数回繰り返すことにより、前記半導体層上に、窒素を含有する第 1 の領域と、窒素及びフッ素を含有する第 2 の領域を交互に有する絶縁層を形成し、
 前記第 1 の絶縁体の堆積は、窒素及び珪素を含有するガスを原料ガスとして用いたプラズマ C V D 法により行われ、
 前記第 2 の絶縁体の堆積は、前記第 1 の絶縁体の堆積に用いられる原料ガスにフッ素を添加したガスを原料ガスとして用いたプラズマ C V D 法により行われ、
 前記第 1 の絶縁体の堆積と、前記第 2 の絶縁体の堆積とは、同一装置内において連続的に行われることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 2】

請求項 1 において、
 前記第 1 の絶縁体は、酸化窒化珪素又は窒化酸化珪素であり、
 前記第 2 の絶縁体は、フッ素を含有する酸化窒化珪素又はフッ素を含有する窒化酸化珪素であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 において、
 前記絶縁層の最上面は前記第 1 の絶縁体により形成されることを特徴とする半導体装置

の作製方法。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか一において、

前記第 1 の領域を、下部から上部に向かうにつれて厚くなるように形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか一において、

前記第 2 の領域を、下部から上部に向かうにつれて薄くなるように形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか一において、

前記第 2 の領域におけるフッ素の濃度を、 $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とすることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか一において、

前記絶縁層を、ドライエッチングを用いて加工することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 8】

基板上の半導体層と、

前記半導体層上の絶縁層を有し、

前記絶縁層は、窒素を含有する第 1 の絶縁体からなる第 1 の領域と、窒素及びフッ素を含有する第 2 の絶縁体からなる第 2 の領域を交互に複数有し、

前記第 1 の絶縁体は、酸化窒化珪素又は窒化酸化珪素であり、

前記第 2 の絶縁体は、フッ素を含有する酸化窒化珪素又はフッ素を含有する窒化酸化珪素であり、

前記絶縁層の最上面は前記第 1 の絶縁体からなり、

前記第 1 の領域は、下部から上部に向かうにつれて厚くなるように形成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 9】

請求項 8 において、

前記第 2 の領域は、下部から上部に向かうにつれて薄くなるように形成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 10】

請求項 8 又は 9 において、

前記絶縁層の深さ方向の元素濃度のプロファイルにおいて、フッ素の濃度は前記第 2 の領域においてピークを有し、窒素の濃度は前記第 2 の領域においてピークを有しないことを特徴とする半導体装置。

【請求項 11】

請求項 8 乃至 10 のいずれか一において、

前記第 2 の領域におけるフッ素の濃度は、 $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ であることを特徴とする半導体装置。

【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、半導体装置及び電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、表示装置等の半導体装置には様々な絶縁材料が用いられてきている。半導体装置において、絶縁材料は絶縁層の形態で用いられることが多いが、該絶縁層の役割は多岐にわたる。例えば、トランジスタのゲート絶縁層には、ゲート電極と半導体層との絶縁

10

20

30

40

50

性を確保するという役割が求められる。また、層間絶縁層には、層と層との間の絶縁性を確保するという役割に加えて、表面の平坦性を保つという役割が求められることもある。また、パッシベーション膜として機能する絶縁層には、不純物の半導体層への侵入を防ぐ役割が求められる。

【0003】

前述のように、絶縁層に求められる役割は様々であるから、絶縁層毎に必要とされる特性も大きく異なる。例えば、層間絶縁層として用いることを目的とする場合には、高い絶縁破壊耐圧特性に加えて、低い誘電率、及び、低い吸湿性が求められるといえる。ここで、低い誘電率が求められるのは、配線間の容量を低減して高速動作を可能とするためである。また、低い吸湿性が求められるのは、吸湿による絶縁層の膨張を防ぎ、表面の平坦性を確保して半導体装置の信頼性を保つためである。

10

【0004】

このような絶縁層としては、珪素を含有する無機材料を用いることが多い。例えば、珪素を含有する無機材料である酸化珪素を用いて層間絶縁層を形成することができる。層間絶縁層には、上記の理由から、低誘電率特性が求められるが、この低誘電率特性を実現するための方法の一つとして、絶縁層中にフッ素を添加する方法が提案されている（例えば、特許文献1）。

【特許文献1】特開平8-236519号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0005】

上述のように、絶縁層中にフッ素を添加することにより、誘電率を小さくすることが可能である。しかしながら、フッ素を添加することにより、フッ素を添加しない場合と比較して吸湿し易くなるという問題が生じてしまう。また、絶縁層中のフッ素と水とが反応することにより、絶縁層がポラスになってしまい、絶縁破壊耐圧や機械的強度が低下するという問題も生じる。

【0006】

上述の如き問題点に鑑み、高い絶縁破壊耐圧特性、低い誘電率及び低い吸湿性を備えた絶縁層を有する半導体装置を提供することを課題とする。また、該半導体装置を用いた高性能且つ信頼性の高い電子機器を提供することを課題とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

開示される発明においては、酸化窒化珪素や窒化酸化珪素のような窒素を含有する絶縁体と、フッ素が添加された酸化窒化珪素やフッ素が添加された窒化酸化珪素のような窒素及びフッ素を含有する絶縁体とを交互に複数回堆積させて、窒素を含有する第1の領域と、窒素及びフッ素を含有する第2の領域を交互に複数有する絶縁層を形成する。窒素及びフッ素を含有する絶縁体を、窒素を含有する絶縁体により挟み込むことで、窒素及びフッ素を含有する絶縁体の吸湿を防ぐことができ、絶縁破壊耐圧を向上することができる。また、フッ素を含有させることにより、誘電率を低減することができる。

【0008】

40

開示に係る半導体装置の作製方法の一は、基板上に半導体層を有する半導体装置の作製方法であって、窒素を含有する第1の絶縁体の堆積と、窒素及びフッ素を含有する第2の絶縁体の堆積を複数回繰り返すことにより、半導体層上に、窒素を含有する第1の領域と、窒素及びフッ素を含有する第2の領域を交互に有する絶縁層を形成することを特徴としている。ここで、複数回とは2回以上を意味する。すなわち、4以上の領域を有する構造の絶縁層を形成する。また、半導体層上とは、半導体層の上方に存在していればよく、半導体層上に接して設けられていることに限られない。もちろん、半導体層の下方に設けられた構成とすることも可能である。

【0009】

上記において、第1の絶縁体の堆積は、窒素を含有するガスを原料ガスとして用いたプ

50

ラズマCVD法により行われ、第2の絶縁体の堆積は、窒素を含有するガス及びフッ素を含有するガスを原料ガスとして用いたプラズマCVD法により行われるようにするとよい。

【0010】

また、上記において、窒素を含有するガスに対して、フッ素を含有するガスの添加（及び不添加）を選択的に行うことにより、第1の絶縁体の堆積と、第2の絶縁体の堆積を同一装置内において連続的に行うことが好ましい。

【0011】

開示に係る半導体装置の作製方法の他の一は、基板上に半導体層を有する半導体装置の作製方法であって、窒素を含有する第1の絶縁体の堆積と、窒素及びフッ素を含有する第2の絶縁体の堆積を複数回繰り返すことにより、半導体層上に、窒素を含有する第1の領域と、窒素及びフッ素を含有する第2の領域を交互に有する絶縁層を形成し、第1の絶縁体の堆積は、窒素及び珪素を含有するガスを原料ガスとして用いたプラズマCVD法により行われ、第2の絶縁体の堆積は、第1の絶縁体の堆積に用いられる原料ガスにフッ素を添加したガスを原料ガスとして用いたプラズマCVD法により行われ、第1の絶縁体の堆積と、第2の絶縁体の堆積とは、同一装置内において連続的に行われることを特徴としている。

10

【0012】

上記において、第1の絶縁体は、酸化窒化珪素又は窒化酸化珪素とし、第2の絶縁体は、フッ素を含有する酸化窒化珪素又はフッ素を含有する窒化酸化珪素とすることができる。

20

【0013】

なお、上記において、絶縁層の最上面は第1の絶縁体により形成されることが好ましい。また、第1の絶縁体は、下部から上部に向かうにつれて厚くなるように形成するとよい。また、第2の絶縁体は、下部から上部に向かうにつれて薄くなるように形成するとよい。

【0014】

また、第2の領域におけるフッ素の濃度を、 $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とすることが好ましい。上述の絶縁層は、ドライエッチングを用いて加工することもできる。

30

【0015】

開示に係る半導体装置の一は、基板上の半導体層と、半導体層上の絶縁層を有し、絶縁層は、窒素を含有する第1の絶縁体からなる第1の領域と、窒素及びフッ素を含有する第2の絶縁体からなる第2の領域を交互に複数有することを特徴としている。ここで、複数とは、第1の領域と第2の領域をそれぞれ2以上有すること（すなわち、4以上の領域を有すること）を意味する。

【0016】

上記において、第1の絶縁体は、酸化窒化珪素又は窒化酸化珪素とし、第2の絶縁体は、フッ素を含有する酸化窒化珪素又はフッ素を含有する窒化酸化珪素とすることができる。

40

【0017】

なお、上記において、絶縁層の最上面は第1の絶縁体からなることが好ましい。また、第1の絶縁体は、下層から上層に向かうにつれて厚くなるように形成するとよい。また、第2の絶縁体は、下層から上層に向かうにつれて薄くなるように形成するとよい。

【0018】

ここで、絶縁層の深さ方向の元素濃度のプロファイルにおいて、フッ素の濃度は第2の領域においてピークを有し、窒素の濃度（又は珪素の濃度）は第2の領域においてピークを有しない。また、第1の領域における窒素の濃度（又は珪素の濃度）と、第2の領域における窒素の濃度（又は珪素の濃度）は等しい。ここで、等しいとは、完全に等しい状態に限定されず、実質的に等しい状態が含まれる。また、実質的とは、測定における誤差程

50

度の濃度変化は許容することを意味する。

【0019】

また、第2の領域におけるフッ素の濃度は、 $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ であることが好ましい。

【0020】

上記の半導体装置を用いて、各種電子機器を提供することができる。

【0021】

なお、本明細書において、半導体装置とは、液晶表示装置やエレクトロルミネッセンス表示装置をはじめとする表示装置、RFID (Radio Frequency Identification) タグ、RFタグ、RFチップ、無線プロセッサ、無線メモリ、IC (Integrated Circuit) タグ、ICラベル、電子タグ、電子チップ等と呼ばれる無線タグ、中央処理装置 (Central Processing Unit (CPU)) をはじめとするマイクロプロセッサ、集積回路、その他、半導体層を有する半導体装置全般を言うものとする。

【発明の効果】

【0022】

開示される発明では、絶縁層中に窒素を含有する絶縁体を設けることにより、フッ素を含有する絶縁体の吸湿を防ぐことができる。これにより、絶縁層の膜厚の変動を防ぐことができ、また、絶縁破壊耐圧や機械的強度の低下を防止できる。また、フッ素を含有することにより、誘電率が低い絶縁層を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

開示に係る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、開示に係る発明は以下の説明に限定されず、その趣旨及び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、開示に係る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こととする。

【0024】

(実施の形態1)

本実施の形態では、開示発明に係る絶縁層について、図1乃至6を参照して説明する。

【0025】

はじめに、被処理体100の表面（被処理表面ともいう）に窒素を含有する絶縁体102を形成する（図1（A）参照）。被処理体100は特に限定されないが、例えば、半導体装置の作製に用いる基板とすることができる。該基板としては、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス、アルミノシリケートガラスなどの無アルカリガラス基板、セラミック基板等を用いることができる。耐熱性が許せば、プラスチック基板等を用いてもよい。また、ステンレス合金などの金属基板や、単結晶半導体基板、石英基板等を用いることもできる。基板の大きさについては特に限定されず、 $320 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$ 、 $370 \text{ mm} \times 470 \text{ mm}$ 、 $550 \text{ mm} \times 650 \text{ mm}$ 、 $600 \text{ mm} \times 720 \text{ mm}$ 、 $680 \text{ mm} \times 880 \text{ mm}$ 、 $730 \text{ mm} \times 920 \text{ mm}$ 、 $1000 \text{ mm} \times 1200 \text{ mm}$ 、 $1100 \text{ mm} \times 1250 \text{ mm}$ 、 $1150 \text{ mm} \times 1300 \text{ mm}$ 、 $1500 \text{ mm} \times 1800 \text{ mm}$ 、 $1900 \text{ mm} \times 2200 \text{ mm}$ 、 $2160 \text{ mm} \times 2460 \text{ mm}$ 、 $2400 \text{ mm} \times 2800 \text{ mm}$ 、 $2850 \text{ mm} \times 3050 \text{ mm}$ 等の基板を適宜用いることができる。

【0026】

もちろん、被処理体100は基板に限定されず、絶縁層であっても良いし、半導体層であっても良いし、配線等を形成する導電体層であっても良い。すなわち、開示発明に係る絶縁層は、いかなる表面に形成しても良い。

【0027】

窒素を含有する絶縁体102としては、例えば、CVD法やスパッタリング法等を用い

て、酸化窒化珪素や、窒化酸化珪素等を形成することができる。

【0028】

ここで、酸化窒化物とは、その組成において、窒素よりも酸素の含有量が多いものを示し、例えば、酸化窒化珪素とは、酸素が50原子%以上70原子%以下、窒素が0.5原子%以上15原子%以下、珪素が25原子%以上35原子%以下、水素が0.1原子%以上10原子%以下の範囲で含まれるものをいう。また、窒化酸化物とは、その組成において、酸素よりも窒素の含有量が多いものを示し、例えば、窒化酸化珪素とは、酸素が5原子%以上30原子%以下、窒素が20原子%以上55原子%以下、珪素が25原子%以上35原子%以下、水素が10原子%以上30原子%以下の範囲で含まれるものをいう。但し、上記範囲は、ラザフォード後方散乱法（RBS：Rutherford Backscattering Spectrometry）や、水素前方散乱法（HFS：Hydrogen Forward Scattering）を用いて測定した場合のものである。また、構成元素の含有比率の合計は、100原子%を超えない。

【0029】

なお、本実施の形態においては、プラズマCVD法を用いて酸化窒化珪素を形成する場合を例に挙げて説明するが、開示発明はこれに限定して解釈されるものではない。

【0030】

図2は、本実施の形態の絶縁層の作製に用いることができるプラズマCVD装置の一例である。図2に示すプラズマCVD装置200は、下部電極202、上部電極204、ガス導入部206、排気口208を有する処理室210を備えている。下部電極202及び上部電極204は、平行に配置されている。下部電極202は接地電位となっており、上部電極204は接地電位から浮いた電位となっている。そして、高周波電源212からの高周波電力により、下部電極202及び上部電極204の間でプラズマを発生させる。なお、処理室210中において、被処理体は、下部電極202に保持されている。

【0031】

本実施の形態においては、原料ガスとしてモノシランと亜酸化窒素を用いて酸化窒化珪素を形成した。より詳細には、原料ガスの流量比を、モノシラン：亜酸化窒素＝1：200とし、出力：60W、周波数：13.56MHzの高周波電源を用いて酸化窒化珪素を形成した。処理室の圧力は133Pa、上部電極と下部電極との間隔は20mm、基板温度は300℃であった。上記の条件により、吸湿性が低い酸化窒化珪素を形成することができた。なお、上記の条件は一例に過ぎず、開示発明は上記の条件に限定して解釈されるものではない。

【0032】

次に、窒素を含有する絶縁体102の表面に窒素及びフッ素を含有する絶縁体104を形成する（図1（B）参照）。

【0033】

窒素及びフッ素を含有する絶縁体104の形成方法としては、窒素を含有する絶縁体102と同様、CVD法やスパッタリング法等を挙げることができる。本実施の形態においては、プラズマCVD法を用いてフッ素を添加した酸化窒化珪素を形成することにするが、これに限られない。

【0034】

なお、フッ素の含有を実効あるものとするためには、フッ素の濃度を、 $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上（好ましくは $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上）とすればよい。また、フッ素濃度（上限）は $5 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 以下（好ましくは $1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 以下）程度とすればよい。ただし、上記の濃度範囲は、窒素を含有する絶縁体102中に微量のフッ素が含有されていることを排除するものではない。ここで、微量とは、窒素及びフッ素を含有する絶縁体104との比較において少ないことを意味し、その値は、窒素及びフッ素を含有する絶縁体104中のフッ素濃度を基準として判断される。つまり、窒素を含有する絶縁体102中のフッ素濃度が上記の範囲内に含まれる場合もあり得るということである。例えば、窒素及びフッ素を含有する絶縁体10

4 中のフッ素濃度が $5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であり、窒素を含有する絶縁体 102 中のフッ素濃度が $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ である場合などは許容される。これは、開示発明の本質が、相対的なフッ素濃度の大小にあると考えられるためである。もちろん、窒素を含有する絶縁体 102 におけるフッ素濃度は、 $5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 未満、さらには $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 未満であれば極めて好ましい。特に、上部又は下部に形成される絶縁体 102 は、水の侵入を排除するという役割が大きくなるから、フッ素濃度は小さい方が好ましいといえる。

【0035】

本実施の形態のように、プラズマ CVD 法を用いてフッ素を含有する酸化窒化珪素を形成する場合には、上記の窒素を含有する絶縁体 102（本実施の形態においては酸化窒化珪素）を形成する場合と同様に行うことが可能である。具体的には、原料ガスとして、モノシランと亜酸化窒素と三フッ化窒素を用いればよい。つまり、酸化窒化珪素を作製する場合の原料ガスに、三フッ化窒素を添加することでフッ素を含有する酸化窒化珪素を作製することができる。なお、原料ガス以外の条件について特に変更する必要はないが、最適な条件が別に存在する場合には適宜変更しても構わない。本実施の形態においては、原料ガスの流量比を、モノシラン：亜酸化窒素：三フッ化窒素＝1：200：2とし、それ以外の条件については、酸化窒化珪素を形成する場合と同じにした。もちろん、開示発明はこれに限定して解釈されるものではない。

【0036】

上記のように、フッ素を含有するガスの添加の有無により、窒素を含有する絶縁体 102 と、窒素及びフッ素を含有する絶縁体 104 とを選択的に堆積させることができる。つまり、同一チャンバー内で上記の絶縁体を連続的に堆積させることができる。同一チャンバー内で連続的に堆積させることにより、窒素を含有する絶縁体 102 と、窒素及びフッ素を含有する絶縁体 104 とを効率的に作製することができる。また、大気に晒すことなく上記の絶縁体を堆積することができるため、絶縁体中の不純物低減という観点からも好ましい。特に、フッ素を含有する絶縁体 104 は、大気中の水と容易に反応してしまうため、同一チャンバー内で連続的に堆積させることが好ましい。ここで、同一チャンバー内で連続的に絶縁体を堆積した場合には、異なる材料からなる絶縁体どうしを隔てる界面が存在しない。このように絶縁体どうしを隔てる界面が存在しない場合に、各領域を「膜」、「層」といった文言で表現することは適当でない。そこで、本明細書においては「部」、「領域」といった文言を用いて表現する。なお、大気中の不純物等の影響が無視できる場合などには、同一チャンバー内で連続的に堆積させることに限られない。連続的に堆積しない場合には領域毎に界面が形成されるが、「部」、「領域」といった文言を用いる場合であっても、上述の界面を有する場合を除外するものではない。

【0037】

なお、上述のように同一チャンバー内で連続的に絶縁体を堆積した場合には、絶縁層の元素濃度のプロファイル（横軸：深さ、縦軸：元素濃度）が特徴的なものになる。つまり、フッ素濃度は第 2 の領域においてピーク（極大値）を有するのに対して、他の元素（例えば、窒素や珪素）の濃度は第 2 の領域においてピークを有しない。また、他の元素に関しては、第 1 の領域における濃度と第 2 の領域における濃度がほぼ等しい（正確には、フッ素濃度が増大している分だけその他の元素については減少していることになるが、フッ素濃度の増加量は、絶縁体の組成からすれば極めて僅かである。）。これは、第 2 の領域は第 1 の領域の組成にフッ素を添加したものであること、及び、第 1 の領域と第 2 の領域の境界部分に界面が存在しないことによる。なお、深さ方向の元素濃度プロファイルの分析方法としては、二次イオン質量分析法（SIMS（Secondary Ion Mass Spectrometry））を挙げることができる。

【0038】

その後、さらに、窒素を含有する絶縁体と、窒素及びフッ素を含有する絶縁体とを交互に堆積させることにより、窒素を含有する領域と、窒素及びフッ素を含有する領域とを交互に有する絶縁層 106 を完成させることができる（図 1（C）参照）。なお、本実施の

形態においては、絶縁層 106 の最上部と最下部に窒素を含有する絶縁体を設ける構成とした。これは、吸湿性の低い領域（窒素を含有する絶縁体）で吸湿性の高い領域（窒素及びフッ素を含有する絶縁体）を挟み込むことによって、吸湿性の高い領域が水分を取り込んでしまうことを防ぐことができるためである。一方で、絶縁層 106 の上下からの水分の侵入が大きな問題とならない場合には、絶縁層 106 の最上部や最下部を、窒素を含有する絶縁体とすることに限られない。

【0039】

なお、窒素及びフッ素を含有する絶縁体を水分から保護するために、酸化窒化珪素や窒化酸化珪素と比較してさらに吸湿性（又は水分の透過性）の小さい材料を用いて、窒素及びフッ素を含有する絶縁体を挟むことも考えられる。このような吸湿性の小さい材料としては、例えば、窒化珪素がある。

10

【0040】

確かに、窒化珪素は密な材料であるから、窒化珪素を用いてフッ素を含有する酸化窒化珪素を覆うことにより、フッ素を含有する酸化窒化珪素への、水分の透過や侵入を十分に防ぐことが可能になる。しかしながら、酸化窒化珪素（フッ素含有）と窒化珪素とではエッチングレートが大きく異なっている。つまり、窒化珪素は酸化窒化珪素と比較してエッチングされにくいいため、基板 300 上のフッ素を含有する酸化窒化珪素 302 と、フッ素を含有する酸化窒化珪素 302 を覆うように形成した窒化珪素 304 とで絶縁層 306 を形成し（図 3（A）参照）、該絶縁層 306 に対してレジストマスク 308 を用いてエッチングを行った場合には、ひさし状にエッチングされてしまうという問題が生じる（図 3（B）参照）。このように、ひさし状となった場合には、その後に形成した構造 310 との間に間隙 312 が形成され、絶縁破壊耐圧が低下することになる（図 3（C）参照）。また、上記のような間隙 312 は水分の侵入経路となるため、この場合にも、結局は吸湿の問題が生じることになる。

20

【0041】

上記のような不具合を生じさせないためには、エッチングレートが近い材料を用いた構造とすることが好ましい。つまり、本実施の形態において示したように、酸化窒化珪素と、フッ素を含有する酸化窒化珪素のように、フッ素の添加の有無のみが異なる材料を用いることが好ましい。これにより、エッチングレートを概ね同等にし、間隙の発生を抑えることが可能となる。

30

【0042】

なお、本実施の形態においては、吸湿性の点で窒化珪素にやや劣る酸化窒化珪素を用いているが、絶縁層の構造を工夫することによりこの欠点を補っている。つまり、最上部の酸化窒化珪素を保護領域として用いることで、その他の領域への水の侵入を防いでいる。最上部の酸化窒化珪素は、吸湿により厚さが僅かに変化するが、最上部の酸化窒化珪素自体の厚さは小さく、絶縁層 106 全体で見た膜厚の変化量はごく僅かである。このように、絶縁層 106 を総合して見た場合には、半導体装置の絶縁層として非常に好ましい特性を有しているといえる。

【0043】

また、本実施の形態においては、誘電率を低下させるために、フッ素を含有する酸化窒化珪素を設けている。ここで、フッ素を含有する酸化窒化珪素を厚くすることにより、誘電率を一層低下させることができるが、本実施の形態においては、フッ素を含有する酸化窒化珪素の厚さの合計は、絶縁層 106 の厚さの 70% 以下程度に抑えることが好ましい。これは、保護領域として機能する酸化窒化珪素の厚さが一定以下の場合には、水の侵入を十分に防ぐことが困難となるためである。一方で、誘電率低減の効果を実効あるものとするためには、フッ素を含有する酸化窒化珪素の厚さの合計を、絶縁層 106 の厚さの 10% 以上とすることが好ましい。

40

【0044】

効果的に水の侵入を防ぎ、且つ、低い誘電率特性を得るためには、例えば、最上部の酸化窒化珪素を厚く形成し、下部の酸化窒化珪素を薄く形成する構成を用いるとよい。これ

50

により、半導体装置の上方からの水の侵入を十分に防ぐことができる。また、ピンホールなどの存在によって、仮に、絶縁層106中への水の侵入を許した場合であっても、少なくとも、絶縁層106の他の領域に存在する酸化窒化珪素により、水の侵入を食い止めることができる。

【0045】

上述の如き絶縁層の構成の一例として、最上部の酸化窒化珪素400の厚さが、酸化窒化珪素の厚さの合計の50%以上となるようにし、その他の酸化窒化珪素402を同程度の厚さとすることができる(図4(A)参照)。もちろん、下部から上部に向かうにつれて、酸化窒化珪素404を徐々に厚くする構成(上部から下部に向かうにつれて、酸化窒化珪素404を徐々に薄くする構成)としても良い(図4(B)参照)。なお、図4においては、フッ素を含有する酸化窒化珪素の厚さを同程度としたが、これに限られない。フッ素を含有する酸化窒化珪素の厚さは任意に設定することができる。また、図4においては7つの領域からなる絶縁層について示したが、該構成に限定して解釈されるものではない。

10

【0046】

フッ素を含有する酸化窒化珪素に関しても同様に、最下部のフッ素を含有する酸化窒化珪素500に、フッ素を含有する酸化窒化珪素の厚さの合計の50%以上を配分し、その他の酸化窒化珪素502を同程度の厚さとすることができる(図5(A)参照)。もちろん、下部から上部に向かうにつれて、フッ素を含有する酸化窒化珪素504を徐々に薄くする構成(上部から下部に向かうにつれて、フッ素を含有する酸化窒化珪素504を徐々に厚くする構成)としてもよい(図5(B)参照)。なお、図5においては、酸化窒化珪素の厚さを同程度としたが、これに限られない。酸化窒化珪素の厚さは任意に設定することができる。また、図5においては7つの領域からなる絶縁層について示したが、該構成に限定して解釈されるものではない。

20

【0047】

もちろん、図4における酸化窒化珪素の構成と、図5におけるフッ素を含有する酸化窒化珪素の構成を組み合わせても良い。例えば、酸化窒化珪素については上部から下部に向かうにつれて厚さが減少する構成とし、フッ素を含有する酸化窒化珪素については上部から下部に向かうにつれて厚が増大する構成とすることができる(図6(A)参照)。このように、上部に保護領域として機能する絶縁体を厚く形成し、下部に誘電率を低減させることができる絶縁体を厚く形成することで、上方からの水の侵入による不具合を十分に防止し、且つ、誘電率を効果的に低減することができる。

30

【0048】

また、極薄い窒化珪素を最上部に設ける構成としても良い。具体的には、5nm以下程度の厚さの窒化珪素600を設ける(図6(B)参照)。このように、窒化珪素を設ける場合であっても、厚さを十分に小さくした場合には、エッチングによる不具合の発生を抑えることができる。また、窒化珪素は非常に薄く形成した場合であっても水の侵入を防ぐ効果が高い。このため最上部に極薄い窒化珪素を設けることにより、耐水性をより一層向上させることができる。ただし、この場合には、最上部が窒化珪素、上から2番目の領域が酸化窒化珪素、上から3番目の領域がフッ素を含有する酸化窒化珪素、上から4番目の領域が酸化窒化珪素、上から5番目の領域がフッ素を含有する酸化窒化珪素、というように、最上部のみが変則的に窒化珪素により形成された絶縁層となる。なお、薄い窒化珪素を設ける場合についても、図4、図5、図6(A)等の構成と適宜組み合わせることができる。

40

【0049】

なお、本実施の形態においては、酸化窒化珪素、及びフッ素を含有する酸化窒化珪素を用いる場合について説明したが、開示発明がこれに限定して解釈されるものではない。窒化酸化珪素、及びフッ素を含有する窒化酸化珪素を用いても良いし、その他の窒素を含有する絶縁体、並びに、窒素及びフッ素を含有する絶縁体を用いても良い。

【0050】

50

本実施の形態に示した絶縁層は、窒素を含有する絶縁体からなる領域を複数有することにより、窒素及びフッ素を含有する絶縁体の吸湿を効果的に防ぐことができる。これにより、絶縁層としての膜厚の変動を十分に抑えることができ、また、絶縁破壊耐圧や機械的強度の低下を防止することができる。また、窒素及びフッ素を含有する絶縁体を有していることにより、誘電率が低い絶縁層を実現することができる。また、エッチングレートが近い材料を用いた構造としているため、エッチングによる不具合が生じにくく、絶縁破壊耐圧の低下等を防止することができる。

【0051】

また、ドライエッチングを適用して加工した場合でもテーパー形状を形成しやすく、絶縁層の表面を覆って形成する膜の被覆を良好に行うことができる。なお、ドライエッチングを用いてテーパー形状を良好に形成することができるのは、チャンバー内におけるフッ素の濃度が徐々に増加することにより、上部の絶縁体におけるフッ素濃度が大きくなっているためと考えられる。この意味において、上部の絶縁体は、下部の絶縁体と比較してより多くのフッ素を含有しているということができる。

【0052】

以上のように、本実施の形態における構成を用いることにより、良好な絶縁層を形成することができる。これにより、高性能且つ高信頼性の半導体装置を提供することができる。

【0053】

(実施の形態2)

本実施の形態では、開示発明の絶縁層を用いた半導体装置の一例について、図7乃至11を参照して説明する。

【0054】

ここでは、いわゆるSOI（シリコン・オン・インシュレーター）基板を用いた半導体装置について説明する。SOI基板は、絶縁表面に薄い単結晶半導体層を設けた構成を有している。これを用いることにより、高性能な半導体装置を実現することができる。本実施の形態においては、ガラス材料等を用いたベース基板上に、接合層として機能する絶縁層を介して、単結晶半導体層を設けた構成のSOI基板を用いることとする。なお、本実施の形態において用いるSOI基板は、イオンを導入した領域において単結晶半導体基板を分離させ、ベース基板上に単結晶半導体層を形成したものである。

【0055】

なお、本実施の形態においては、SOI基板を用いた半導体装置について説明しているが、開示発明の半導体装置がSOI基板を用いた半導体装置に限定して解釈されるものではない。単結晶半導体基板を用いた半導体装置や、ガラス基板等に非晶質半導体、微結晶半導体、多結晶半導体等を設けた構成の半導体装置に対しても同様に開示発明に係る構成を適用することができる。

【0056】

はじめに、本実施の形態において用いる半導体基板（SOI基板）の製造方法について、図7及び8を用いて説明する。ここでは、図7を用いて、単結晶半導体基板側に接合層として機能する絶縁層を設ける場合について説明し、図8を用いて、ベース基板（以下、絶縁表面を有する基板ともいう）側に接合層として機能する絶縁層を設ける場合について説明する。

【0057】

はじめに、単結晶半導体基板700を用意する。そして、単結晶半導体基板700の主表面から所定の深さにイオンを導入し、脆化層702及び単結晶半導体層704を形成する（図7（A）参照）。脆化層702の形成方法としては、半導体層への不純物元素の添加に用いられる方法（以下、イオンドーピング法という）や、イオン化したガスを質量分離して選択的に半導体層に注入する方法（以下、イオン注入法という）等が挙げられる。イオンの照射は、形成される単結晶半導体層704の厚さを考慮して行えば良い。該単結晶半導体層704の厚さは5nm乃至500nm程度とすればよく、10nm乃至200

10

20

30

40

50

nmの厚さとするより好ましい。イオンを照射する際の加速電圧は上記の厚さを考慮して決定することができる。

【0058】

単結晶半導体基板700は、単結晶半導体からなる基板であれば特に限られないが、本実施の形態においては一例として、単結晶シリコン基板を用いることとする。その他、ゲルマニウム、ガリウムヒ素、インジウムリンなどの半導体による基板を適用することもできる。

【0059】

照射するイオンとしては、フッ素に代表されるハロゲンや、水素、ヘリウム等のイオンが挙げられる。ハロゲンのイオンとしてフッ素イオンを照射する場合には、原料ガスとしてBF₃を用いれば良い。たとえば、単結晶半導体基板700として単結晶シリコン基板を用いて、該単結晶シリコン基板にフッ素イオンのようなハロゲンイオンを照射した場合には、脆化層702には微小な空洞が形成される。これは、照射されたハロゲンイオンがシリコン結晶格子内のシリコン原子を追い出すためと考えられている。このようにして形成された微小な空洞の体積を変化させることにより、単結晶シリコン基板を分離させることができる。具体的には、低温の熱処理によって微小な空洞の体積変化を誘起する。なお、フッ素イオンを照射した後に、水素イオンを照射して空洞内に水素を含ませるようにしても良い。

【0060】

また、同一の原子から成り、質量数の異なる複数のイオンを照射してもよい。例えば、水素イオンを照射する場合には、H⁺、H₂⁺、H₃⁺イオンを含ませると共に、H₃⁺イオンの割合を高めておくことが良い。H₃⁺イオンの割合を高めることで照射効率を高めることができるため、照射時間を短縮することができる。脆化層702に含まれる水素は、熱処理による急激な反応により、単結晶半導体基板700から単結晶半導体層704を分離させるものと考えられる。

【0061】

例えば、原料として水素ガスを用いたイオンドーピング法により、加速電圧が40kVの条件で、 $2.2 \times 10^{16} \text{ ions/cm}^2$ のイオンを照射することができる。加速電圧は20kV乃至100kV程度とすればよく、この場合には、 $1.8 \times 10^{16} \text{ ions/cm}^2$ 乃至 $2.6 \times 10^{16} \text{ ions/cm}^2$ 程度のイオンが照射される。

【0062】

なお、単結晶半導体層704の表面にプラズマ処理を行ってもよい。具体的には、水素雰囲気下、酸素雰囲気下、又は酸素と水素の混合雰囲気下にてプラズマ処理を行う。水素雰囲気下にてプラズマ処理を行うことにより、表面をエッチングし、汚染物を除去することができる。また、単結晶半導体層704の表面の一部を除去し、内部の密な領域を表出させることができる。また、水素により単結晶半導体層中のダングリングボンドを終端することができる。また、酸素雰囲気下にてプラズマ処理を行うことにより、表面に密な酸化膜を形成することができる。すなわち、これらの雰囲気下においてプラズマ処理を行うことにより、単結晶半導体層704と、後に、単結晶半導体層704上に形成される絶縁層との界面を清浄に保ち、欠陥を低減することができる。なお、上記の雰囲気に希ガス元素を加えても、同様の効果を得ることができる。

【0063】

なお、界面の欠陥を低減する方法としては、熱酸化法による酸化膜の形成という方法も考えられる。しかしながら、熱酸化に必要な高温条件は本実施の形態において示す作製方法には適さない。すなわち、本実施の形態において示す作製方法は加熱処理により単結晶半導体層を分離させるものであるが、該加熱の温度条件は400℃以上600℃以下程度と比較的低温である。一方、熱酸化に必要な温度条件は800℃以上であり、本実施の形態においてこのような高温プロセスを採用した場合には、単結晶半導体層704の分離が進行してしまうのである。以上のような理由から、本実施の形態における界面の欠陥低減方法としてはプラズマ処理が好適であることが分かる。

【0064】

なお、上記のプラズマ処理としては、高周波（マイクロ波等）を用いて高密度（好ましくは $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 以下）且つ低電子温度（0.2 eV 以上 2.0 eV 以下（より好ましくは 0.5 eV 以上 1.5 eV 以下））の条件下で行うプラズマ処理（以下「高密度プラズマ処理」という）が好ましい。低電子温度が特徴である高密度プラズマ処理は、活性種の運動エネルギーが低いため、通常のプラズマ処理に比べてプラズマによるダメージが少ない。このため、通常のプラズマ処理に比べて、一層良質な界面を形成することができる。なお、高密度プラズマ処理においては、水素と希ガス（ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン等）の混合雰囲気、又は酸素と水素と希ガスの混合雰囲気とすることが好ましい。

10

【0065】

なお、本実施の形態においては、プラズマ処理として、水素又は酸素を少なくとも有する雰囲気にて行うものを挙げたが、開示発明はこれに限定して解釈されない。例えば、酸化窒素、アンモニア、窒素等を含む雰囲気下、又はこれらと水素、酸素、希ガス等の混合雰囲気下にて行っても良い。

【0066】

次に、単結晶半導体層 704 上に、接合層として機能する絶縁層 706 を形成する（図 7（B）参照）。絶縁層 706 としては、酸化シリコン膜を、有機シランガスを用いて化学気相成長法（CVD 法）により形成すると良い。その他に、シランガスを用いて化学気相成長法により作製される酸化シリコン膜を適用することもできる。化学気相成長法を用いる場合には、脆化層 702 から脱ガスが起こらない温度条件で成膜する必要がある。なお、単結晶半導体基板 700 から単結晶半導体層 704 を分離させるための熱処理には、成膜温度よりも高い温度が適用される。

20

【0067】

なお、有機シランガスとしては、珪酸エチル（TEOS）、トリメチルシラン、テトラメチルシラン、テトラメチルシクロテトラシロキサン（TMCTS）、オクタメチルシクロテトラシロキサン（OMCTS）、ヘキサメチルジシラザン（HMDS）、トリエトキシシラン、トリスジメチルアミノシラン等を用いることができる。

【0068】

また、絶縁層 706 としては、モノシランと二酸化窒素を原料ガスとして用いて、LPCVD 法により酸化窒化シリコン膜を形成してもよい。これにより、300℃以上 400℃以下の低温条件においても、良質な絶縁層 706 を形成することができる。例えば、モノシランの流量が 40 sccm、二酸化窒素の流量が 400 sccm、圧力が 266.6 Pa、温度が 350℃の条件において良好な絶縁層を形成することが可能である。

30

【0069】

上記絶縁層 706 は、5 nm 乃至 500 nm 程度の厚さで設けられる。前述の厚さとすることにより、絶縁層 706 の成長表面の平滑性を確保することが可能である。また、接合する基板との歪みを緩和することができる。なお、後の絶縁表面を有する基板にも同様の絶縁層を設けておくことができる。このように、接合を形成する面の一方、又は双方を、有機シランを原材料として成膜した酸化シリコン膜とすることで、接合を非常に強固なものとすることができる。

40

【0070】

なお、単結晶半導体層 704 と絶縁層 706 の間に窒素含有絶縁層を設ける構成としてもよい。窒素含有絶縁層は窒化シリコン、窒化酸化シリコン又は酸化窒化シリコン等を用いて形成することができる。なお、窒素含有絶縁層は単層構造でも良いし積層構造でも良い。例えば、単結晶半導体層 704 側から酸化窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜を積層して窒素含有絶縁層とすることができる。窒素含有絶縁層は、アルカリ金属、アルカリ土類金属のような可動イオンや水分等の不純物が単結晶半導体層 704 に侵入することを防ぐために設けられる。なお、不純物の侵入を防ぐことができるのであれば、窒素含有絶縁層以外の絶縁層を設けても良い。また、窒素含有絶縁層を設ける場合には、絶縁層 70

50

6と窒素含有絶縁層を合わせて絶縁層と呼ぶこともできる。

【0071】

次に、絶縁表面を有する基板710（ベース基板）と、絶縁層706とを密接させる（図7（C）参照）。絶縁表面を有する基板710と絶縁層706とを密接させて圧力をかけることで、強固な接合を形成することが可能である。なお、絶縁層706を介して絶縁表面を有する基板710と単結晶半導体基板700を貼り合わせた後には、加熱処理を行うことが好ましい。加熱処理を行うことで接合強度をさらに向上させることができる。

【0072】

良好な接合を形成するために、接合が形成される表面を活性化しておいても良い。例えば、接合を形成する面に原子ビーム又はイオンビームを照射する。原子ビーム又はイオンビームを利用する場合には、アルゴン等の不活性ガス原子ビームや不活性ガスイオンビームを用いることができる。その他に、プラズマ処理又はラジカル処理を行っても良い。このような表面処理により、200℃乃至400℃程度の低温で異種材料間の接合を形成することができる。

【0073】

なお、絶縁表面を有する基板710としては、アルミノシリケートガラス、アルミノホウケイ酸ガラス、バリウムホウケイ酸ガラスのような電子工業用に使われる各種ガラス基板、石英基板、セラミック基板、サファイヤ基板等を用いることができる。好ましくはガラス基板を用いるのがよく、例えば第6世代（1500mm×1850mm）、第7世代（1870mm×2200mm）、第8世代（2200mm×2400mm）といわれる大面積のマザーガラス基板を用いることもできる。大面積のマザーガラス基板を、絶縁表面を有する基板710として用いることで、半導体基板の大面積化が実現できる。なお、絶縁表面を有する基板710は上記の基板に限定されるものではない。例えば、耐熱温度が許せば樹脂材料からなる基板を用いることも可能である。本実施の形態の作製方法においては、高温プロセスが不要であるため、耐熱温度が低い基板を用いることが可能となっている。

【0074】

また、絶縁表面を有する基板710上にバリア層として機能する絶縁層を設ける構成としても良い。該絶縁層を設けることにより、単結晶半導体層704へのアルカリ金属やアルカリ土類金属のような不純物の侵入を防ぐことができる。もちろん、絶縁表面を有する基板710から単結晶半導体層704への不純物の侵入が問題とならない場合には、バリア層として機能する絶縁層を設ける必要はない。

【0075】

上記の絶縁層は、酸化シリコン、窒化シリコン、窒化酸化シリコン、酸化窒化シリコン等から選択された一又は複数の材料を用いて形成することができる。絶縁層は単層構造でも良いし積層構造でも良い。一例としては、絶縁表面を有する基板710側から、窒化シリコンと酸化シリコンとを順に積層した構成の絶縁層を用いることができる。なお、不純物の侵入を防ぐことができるのであれば、上記材料を用いて形成することに限られない。

【0076】

次に、加熱処理を行い、脆化層702において単結晶半導体層704を単結晶半導体基板700から分離する（図7（D）参照）。例えば、400℃乃至600℃の熱処理を行うことにより、脆化層702に形成された微小な空洞内の圧力が上昇し、体積膨張を誘起して分離させることができる。絶縁層706は絶縁表面を有する基板710と接合しているので、絶縁表面を有する基板710上には単結晶半導体基板700と同じ結晶性の単結晶半導体層704が残存することとなる。

【0077】

なお、上記の加熱処理前に、150℃以上350℃以下程度の温度範囲にて加熱処理を施すことにより、接合界面を強化することができる。これにより、異なる熱膨張係数を有する材料を接合させた場合であっても、接合界面からの分離を抑制することができる。例えば、200℃、2時間の加熱処理を適用すればよい。

【0078】

絶縁表面を有する基板710としてガラス基板を用いる場合には、ガラス基板の歪み点近傍、具体的には歪み点±50℃で加熱を行えば良い。より具体的には、例えば、580℃以上680℃以下程度で行えばよい。なお、ガラス基板は加熱によって収縮するという性質を有する。このため、あらかじめガラス基板を歪み点近傍、具体的には歪み点±50℃程度（又はそれ以上）で加熱処理した後に冷却しておくこと、その後の加熱処理における収縮を抑制することができる。これにより、熱膨張率の異なる単結晶半導体層を接合したガラス基板に加熱処理を行う場合であっても、ガラス基板からの単結晶半導体層の剥離を防ぐことができる。また、ガラス基板及び単結晶半導体層の反りなどの変形を防止することもできる。

10

【0079】

なお、ガラス基板を用いる場合には、加熱終了時の急速な冷却を避けることが好ましい。具体的には2℃/分以下、好ましくは1℃/分以上2℃/分以下の速度で、歪み点以下の温度まで冷却するとよい。降温速度を小さくすることにより、ガラス基板が縮む際に生じる局所的な応力を緩和することができる。該加熱処理は大気圧下で行っても良いし、減圧下で行っても良い。雰囲気についても、窒素雰囲気や、酸素雰囲気など、適宜設定することができる。なお、該加熱処理は、加熱後に収縮する性質を有する基板を用いる場合であればガラス基板に限らず適用することができる。具体的には、200℃、2時間の加熱処理の後、600℃、2時間の加熱処理を行えばよい。

20

【0080】

なお、接合の工程に係る加熱処理と、分離の工程に係る加熱処理とを同時に行うこともできる。この場合、1度の加熱処理で二つの工程を行うことができるため、低コストに半導体基板を作製することができる。

【0081】

上記の工程によって得られた単結晶半導体層704については、その表面を平坦化するため、化学的機械的研磨（Chemical Mechanical Polishing：CMP）を行うことが好ましい。表面を平坦化する方法としては、その他にも、エッチング処理や、エッチバック処理、レーザー光の照射等が挙げられる。このような方法を用いて単結晶半導体層704の平坦性を向上することにより、後に形成する半導体素子のばらつきを抑えることができる。なお、所望の特性が得られるようであれば、CMP、エッチング処理、エッチバック処理、レーザー光の照射等は省略してもかまわない。また、再度の加熱を行うことにより、単結晶半導体層704の特性を向上させても良い。なお、加熱処理時の温度は、絶縁表面を有する基板710の耐熱温度を目安とすることができる。絶縁表面を有する基板710としてガラス基板を用いる場合には、ガラス基板の歪み点を目安とすればよい。具体的には、歪み点±50℃（例えば、580℃以上680℃以下）程度の温度にて加熱処理を行えばよい。

30

【0082】

レーザー光の照射には、例えば、連続発振のレーザー（CWレーザー）や、パルス発振レーザー（10Hz以上100Hz以下程度の発振周波数であることが好ましい）を用いることができる。具体的には、連続発振のレーザーとして、Arレーザー、Krレーザー、CO₂レーザー、YAGレーザー、YVO₄レーザー、YLFレーザー、YAlO₃レーザー、GdVO₄レーザー、Y₂O₃レーザー、ルビーレーザー、アレキサンドライトレーザー、Ti：サファイアレーザー、ヘリウムカドミウムレーザー等を用いることができる。また、パルス発振レーザーとして、Arレーザー、Krレーザー、エキシマ（ArF、KrF、XeCl）レーザー、CO₂レーザー、YAGレーザー、YVO₄レーザー、YLFレーザー、YAlO₃レーザー、GdVO₄レーザー、Y₂O₃レーザー、ルビーレーザー、アレキサンドライトレーザー、Ti：サファイアレーザー、銅蒸気レーザーまたは金蒸気レーザー等を用いることができる。

40

【0083】

特に、酸素濃度が10ppm以下の低酸素濃度雰囲気下でレーザー光を照射して、少な

50

くとも単結晶半導体層の上部を溶融させることにより、単結晶半導体層の表面を効果的に平坦化することができる。もちろん、レーザー光の照射、CMP、エッチング処理、エッチバック処理等を組み合わせて用いることもできる。

【0084】

次に、絶縁表面を有する基板710側に接合層として機能する絶縁層706を設ける場合について、図8を用いて説明する。なお、脆化層702の作製工程については図7に示す場合と同様であるため、詳細については省略する。プラズマ処理を行う場合にも、上記を参照すればよい。

【0085】

脆化層702を形成した後に（図8（A）参照）、絶縁表面を有する基板710上に形成された、接合層として機能する絶縁層706と、単結晶半導体層704とを密着させ、接合させる（図8（B）参照）。なお、絶縁表面を有する基板710上にバリア層として機能する絶縁層を形成した後に、絶縁層706を形成する構成としても良い。バリア層として機能する絶縁層を設けることにより、単結晶半導体層704へのアルカリ金属やアルカリ土類金属のような不純物の侵入を防ぐことができる。もちろん、絶縁表面を有する基板710から単結晶半導体層704への不純物の侵入が問題とならない場合には、バリア層として機能する絶縁層を設ける必要はない。

【0086】

上記のバリア層として機能する絶縁層は、酸化シリコン、窒化シリコン、窒化酸化シリコン、酸化窒化シリコン等から選択された一又は複数の材料を用いて形成することができる。絶縁層は単層構造でも良いし積層構造でも良い。一例としては、絶縁表面を有する基板710側から、窒化シリコンと酸化シリコンとを順に積層した構成の絶縁層を用いることができる。なお、不純物の侵入を防ぐことができるのであれば、上記材料を用いて形成することに限られない。

【0087】

その後、単結晶半導体基板700を分離させる（図8（C）参照）。単結晶半導体基板700を分離させる際の熱処理は、図7（D）の場合と同様にして行うことができるため、詳細については省略する。このようにして、図8（C）に示す半導体基板を得ることができる。

【0088】

図8（C）に示す半導体基板に対しても、化学的機械的研磨（Chemical Mechanical Polishing：CMP）や、エッチング処理、エッチバック処理、レーザー光の照射等を行うことが好ましい。なお、所望の特性が得られるようであれば、CMP、エッチング処理、エッチバック処理、レーザー光の照射等は省略してもかまわない。

【0089】

また、再度の加熱を行うことにより、単結晶半導体層704の特性を向上させても良い。加熱処理時の温度等については、上記を参照できるため、ここでは省略する。

【0090】

なお、単結晶半導体層704の表面にプラズマ処理を行ってもよい。これにより、極めて高品質な半導体基板を提供することが可能となる。

【0091】

次に、上記の半導体基板を用いて半導体装置を製造する方法の一例について、図9乃至11を参照して説明する。なお、ここでは、nチャネル型トランジスタとpチャネル型トランジスタとを用いた半導体装置の一例として、相補型半導体装置（いわゆるCMOS）を例に挙げて説明する。

【0092】

まず、半導体基板を用意する（図9（A）参照）。ここでは、絶縁表面を有する基板900の上に接合層として機能する絶縁層902、単結晶半導体層904を順に設けた構成（図7（D）と同様の構成）を用いて説明するが、開示発明はこれに限られるものではない

10

20

30

40

50

い。

【0093】

次に、単結晶半導体層904及び絶縁層902を所望の形状にパターニングして、島状の単結晶半導体層を形成する。なお、絶縁層902が残存するように、選択的にパターニングしても良い。絶縁層902をより多く残存させることにより、絶縁表面を有する基板900からの不純物の侵入をより低減することができる。

【0094】

なお、パターニングの際のエッチング加工としては、プラズマエッチング（ドライエッチング）、ウェットエッチングのどちらを採用しても良いが、大面積基板を処理するにはプラズマエッチングが適している。エッチングガスとしては、 CF_4 、 NF_3 、 Cl_2 、 BCl_3 、などのフッ素系又は塩素系のガスを用い、HeやArなどの不活性ガスを適宜加えても良い。また、大気圧放電のエッチング加工を適用すれば、局所的な放電加工も可能であり、基板の全面にマスク層を形成することなくエッチングを行うことができる。

【0095】

単結晶半導体層904及び絶縁層902をパターニングした後には、しきい値電圧を制御するために、硼素、アルミニウム、ガリウムなどのp型不純物を添加しても良い。例えば、p型不純物として、硼素を $5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下の濃度で添加することができる。

【0096】

なお、本実施の形態においては示さないが、絶縁表面を有する基板900上に、バリア層として機能する絶縁層を設ける構成としても良い。バリア層として機能する絶縁層としては、例えば、窒化シリコン膜と酸化シリコン膜の積層構造を適用することができる。バリア層として機能する絶縁層を設けることで、絶縁表面を有する基板900からの可動イオンによる、単結晶半導体層904の汚染を防止できる。なお、窒化シリコンに代えて、窒化酸化シリコン、窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウムを適用しても良い。

【0097】

次に、島状の単結晶半導体層を覆うゲート絶縁層906を形成する（図9（B）参照）。なお、ここでは便宜上、パターニングによって形成された島状の単結晶半導体層をそれぞれ単結晶半導体層908、単結晶半導体層910と呼ぶことにする。

【0098】

ゲート絶縁層906はプラズマCVD法またはスパッタ法などを用い、厚さを10nm以上150nm以下として珪素を含む絶縁膜で形成する。具体的には、窒化シリコン、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコンに代表される珪素の酸化物材料又は窒化物材料等の材料で形成すればよい。なお、ゲート絶縁層906は単層構造であっても良いし、積層構造としても良い。さらに、単結晶半導体層とゲート絶縁層との間に、膜厚1nm以上100nm以下、好ましくは1nm以上10nm以下、より好ましくは2nm以上5nm以下の薄い酸化シリコン膜を形成してもよい。なお、低い温度でリーク電流の少ないゲート絶縁膜を形成するために、アルゴンなどの希ガス元素を反応ガスに含ませても良い。

【0099】

次に、ゲート絶縁層906上にゲート電極層として用いる導電膜を形成する。導電膜の膜厚は、50nm以上400nm以下程度とすれば良い。また、導電膜は、スパッタリング法、蒸着法、CVD法等の手法により形成することができる。導電膜は、タンタル、タングステン、チタン、モリブデン、アルミニウム、銅、クロム、ネオジム等から選ばれた元素、又は前記の元素を主成分とする合金材料もしくは化合物材料等を用いて形成すればよい。また、導電膜として、リン等の不純物元素をドーピングした多結晶シリコン膜に代表される半導体膜や、AgPdCu合金などを用いてもよい。なお、本実施の形態においては単層構造を用いて説明しているが、開示発明はこれに限定されない。2層以上の積層構造としても良い。

【0100】

次に、フォトリソグラフィ法を用いてレジスト材料からなるマスクを形成し、該マスクを用いて導電膜を所望の形状に加工する。これにより、ゲート電極層 912 及びゲート電極層 914 が形成される（図 9（C）参照）。なお、ゲート電極層 912 及びゲート電極層 914 を形成した後に、前述のマスクは除去する。

【0101】

導電膜の加工の際には、ICP（Inductively Coupled Plasma：誘導結合型プラズマ）エッチング法を用い、エッチング条件（コイル型の電極層に印加される電力量、基板側の電極層に印加される電力量、基板側の電極温度等）を適宜調節することにより、所望のテーパ形状となるようにエッチングを行うことができる。また、マスクの形状によって、テーパの角度等を制御することもできる。なお、エッチング用ガスとしては、 Cl_2 、 BCl_3 、 SiCl_4 もしくは CCl_4 などを代表とする塩素系ガス、 CF_4 、 SF_6 もしくは NF_3 などを代表とするフッ素系ガス、又は O_2 を適宜用いることができる。

【0102】

次に、フォトリソグラフィ法を用いて、単結晶半導体層 910 を覆うように、レジスト材料からなるマスク 916 を形成する。そして、ゲート電極層 912 及びマスク 916 をマスクとして用いて、n 型を付与する不純物元素を添加する（図 9（D）参照）。これにより、n 型不純物領域 918、n 型不純物領域 920、及びチャネル形成領域 922 が形成される。本実施の形態では、不純物元素を含むドーピングガスとしてホスフィン（ PH_3 ）を用いてドーピングを行う。ここでは、n 型を付与する不純物元素であるリン（P）が、 $1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 以下程度の濃度で含まれるようにする。

【0103】

なお、本実施の形態においては示さないが、いわゆる LDD（Lightly Doped Drain）領域を設ける構成としても良い。ゲート電極層と重なる LDD 領域を設けることで、ホットキャリアによるオン電流の低下を防止することができる。また、ゲート電極層と重ならない LDD 領域を設けることで、オフ電流を低減することができる。

【0104】

次に、マスク 916 を除去し、単結晶半導体層 908 を覆うマスク 924 を形成する。そして、ゲート電極層 914 及びマスク 924 をマスクとして用いて、p 型を付与する不純物元素を添加する（図 10（A）参照）。これにより、p 型不純物領域 926、p 型不純物領域 928、及びチャネル形成領域 930 が形成される。本実施の形態では、不純物元素を含むドーピングガスとしてジボラン（ B_2H_6 ）を用いてドーピングを行う。ここでは、p 型を付与する不純物元素である硼素（B）が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $5 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 以下程度の濃度で含まれるようにする。なお、上記と同様に、いわゆる LDD 領域を設ける構成としても良い。p 型を付与する不純物元素を添加した後に、マスク 924 は除去する。

【0105】

次いで、ゲート絶縁層 906、ゲート電極層 912、ゲート電極層 914 を覆う絶縁層 932 を形成する（図 10（B）参照）。絶縁層 932 は、実施の形態 1 において示した材料、作製方法により形成することができる。なお、本実施の形態において、絶縁層 932 は 7 つの領域を有する構造としているが、開示発明がこれに限られるものではない。また、実施の形態 1 に示すように、各領域の厚さを適宜変更しても良い。絶縁層 932 の厚さとしては、 100 nm 以上 $3 \mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。本実施の形態においては、絶縁層 932 の膜厚を $1 \mu\text{m}$ とした。

【0106】

絶縁層 932 を形成する前、又は、形成した後に、別の絶縁層を形成しても良い。該絶縁層は、酸化シリコンや窒化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム、窒素含有量が酸素含有量よりも多い窒化酸化アルミニウムまたは酸化アルミニウム、ダイヤモンドライクカーボン（DLC

）、窒素含有炭素膜その他の無機絶縁性材料を含む物質から選ばれた材料を用いて形成することができる。また、シロキサン樹脂を用いてもよい。なお、シロキサン樹脂とは、 $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ 結合を含む樹脂をいう。シロキサンは、シリコン（ Si ）と酸素（ O ）との結合で骨格構造が構成される。置換基として、少なくとも水素を含む有機基（例えばアルキル基、アリール基）が用いられる。有機基は、フルオロ基を含んでいてもよい。また、ポリイミド、アクリルポリマー、ポリアミド、ポリイミドアミド、ベンゾシクロブテン系材料、ポリシラザン等の有機絶縁性材料を用いることもできる。

【0107】

次に、レジスト材料からなるマスクを用いて、ゲート絶縁層906、絶縁層932にコンタクトホール（開口部）を形成する。その後、開口部を覆うように導電膜を形成し、該導電膜をエッチングする。これにより、ソース電極層又はドレイン電極層934、ソース電極層又はドレイン電極層936、ソース電極層又はドレイン電極層938を形成する（図10（C）参照）。ソース電極層又はドレイン電極層には、アルミニウム、タンタル、チタン、モリブデン、タングステン、ネオジウム、クロム、ニッケル、白金、金、銀、銅、マグネシウム、スカンジウム、コバルト、ニッケル、亜鉛、ニオブ、シリコン、リン、硼素、ヒ素、ガリウム、インジウム、錫などから選択された一つ又は複数の元素、または、前記元素を成分として含有する化合物や合金材料（例えば、インジウム錫酸化物（ ITO ）、インジウム亜鉛酸化物（ IZO ）、酸化シリコンを添加したインジウム錫酸化物（ ITSO ）、酸化亜鉛、アルミニウムネオジウム（ Al-Nd ）、マグネシウム銀（ Mg-Ag ）など）、もしくは、これらの化合物を組み合わせた物質等が用いられる。その他にも、シリサイド（例えば、アルミシリコン、モリブデンシリコン、ニッケルシリサイド）や、窒素を含有する化合物（例えば、窒化チタン、窒化タンタル、窒化モリブデン）、リン（ P ）等の不純物元素をドーピングしたシリコン（ Si ）等を用いることもできる。

【0108】

以上の工程で、 n チャネル型トランジスタ940と p チャネル型トランジスタ942とがソース電極層又はドレイン電極層936によって接続された構成の相補型半導体装置（いわゆる CMOS ）を作製することができる。

【0109】

図11に、上記の工程により作製した相補型半導体装置の平面図と断面図の関係を示す。図11（A）は相補型半導体装置の平面図であり、図11（B）は相補型半導体装置の断面図である。ここで、図11（A）のA-Bにおける断面が、図11（B）に対応している。図11（C）は相補型半導体装置の回路図である。図11において、 n チャネル型トランジスタ1100と p チャネル型トランジスタ1102のゲート電極1104（ゲート配線ともいう）は共通している。

【0110】

本実施の形態の半導体装置は、実施の形態1において示した構造の絶縁層、つまり、窒素を含有する絶縁体からなる領域と、窒素及びフッ素を含有する絶縁体からなる領域を複数有する絶縁層を有している。これにより、窒素及びフッ素を含有する絶縁体の吸湿を効果的に防ぐことができ、絶縁層932の膜厚の変動を抑えることができる。また、絶縁破壊耐圧や機械的強度の低下を防止することができる。つまり、半導体装置の信頼性を向上することができる。また、フッ素を含有する絶縁体を有していることにより、誘電率が低い絶縁層932を実現することができる。つまり、寄生容量を低減した高性能な半導体装置を提供することができる。また、エッチングレートが近い材料を用いた構造としているため、エッチングによる不具合が生じにくく、絶縁破壊耐圧の低下等を防止することができる。

【0111】

本実施の形態は、実施の形態1と適宜組み合わせて用いることができる。

【0112】

（実施の形態3）

本実施の形態では、開示発明に係る絶縁層を用いた半導体装置の一例として、液晶表示

10

20

30

40

50

装置の製造方法の一例について図12乃至15を参照して説明する。

【0113】

はじめに、実施の形態1に示した方法等を用いて、絶縁表面を有する基板上に単結晶半導体層を形成する(図12(A)参照)。ここでは、絶縁表面を有する基板1200の上にバリア層として機能する絶縁層1202、接合層として機能する絶縁層1204、単結晶半導体層1206を順に設けた構成を用いて説明するが、開示発明はこれに限られるものではない。次に、単結晶半導体層1206及び絶縁層1204を所望の形状にパターニングして、島状の単結晶半導体層を形成する。

【0114】

なお、パターニングの際のエッチング加工としては、プラズマエッチング(ドライエッチング)、ウェットエッチングのどちらを採用しても良いが、大面積基板を処理するにはプラズマエッチングが適している。エッチングガスとしては、 CF_4 、 NF_3 、 Cl_2 、 BCl_3 、などのフッ素系又は塩素系のガスを用い、 He や Ar などの不活性ガスを適宜加えても良い。また、大気圧放電のエッチング加工を適用すれば、局所的な放電加工も可能であり、基板の全面にマスク層を形成することなくエッチングを行うことができる。

【0115】

単結晶半導体層1206及び絶縁層1204をパターニングした後は、しきい値電圧を制御するために、硼素、アルミニウム、ガリウムなどのp型不純物を添加すると良い。例えば、p型不純物として、硼素を $5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以下の濃度で添加することができる。

【0116】

絶縁表面を有する基板1200上には、絶縁層1202として窒化シリコン膜と酸化シリコン膜が積層構造で形成されている。絶縁層1202を設けることで、単結晶半導体層1206の可動イオンによる汚染を防止できる。なお、窒化シリコンに代えて、窒化酸化シリコン、窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウムを適用しても良い。

【0117】

次に、島状の単結晶半導体層を覆うゲート絶縁層1208を形成する(図12(B)参照)。なお、ここでは便宜上、パターニングによって形成された島状の単結晶半導体層をそれぞれ単結晶半導体層1210、単結晶半導体層1212、単結晶半導体層1214と呼ぶことにする。ゲート絶縁層1208はプラズマCVD法またはスパッタ法などを用い、厚さを10nm以上150nm以下として珪素を含む絶縁膜で形成する。具体的には、窒化シリコン、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコンに代表される珪素の酸化物材料又は窒化物材料等の材料で形成すればよい。なお、ゲート絶縁層1208は単層構造であっても良いし、積層構造としても良い。さらに、単結晶半導体層とゲート絶縁層との間に、膜厚1nm以上100nm以下、好ましくは1nm以上10nm以下、より好ましくは2nm以上5nm以下の薄い酸化シリコン膜を形成してもよい。なお、低い温度でリーク電流の少ないゲート絶縁膜を形成するために、アルゴンなどの希ガス元素を反応ガスに含ませても良い。

【0118】

次に、ゲート絶縁層1208上にゲート電極層として用いる第1の導電膜と第2の導電膜とを積層して形成する。第1の導電膜の膜厚は20nm以上100nm以下程度、第2の導電膜の膜厚は100nm以上400nm以下程度とすれば良い。また、第1の導電膜及び第2の導電膜は、スパッタリング法、蒸着法、CVD法等の手法により形成することができる。第1の導電膜及び第2の導電膜は、タンタル、タングステン、チタン、モリブデン、アルミニウム、銅、クロム、ネオジム等から選ばれた元素、又は前記の元素を主成分とする合金材料もしくは化合物材料等を用いて形成すればよい。また、第1の導電膜及び第2の導電膜としてリン等の不純物元素をドーピングした多結晶シリコン膜に代表される半導体膜や、 AgPdCu 合金などを用いてもよい。なお、本実施の形態においては2層構造を用いて説明しているが、開示発明はこれに限定されない。3層以上の積層構造としても良いし、単層構造であっても良い。

【0119】

次に、フォトリソグラフィ法を用いてレジスト材料からなるマスク1216a、マスク1216b、マスク1216c、マスク1216d、及びマスク1216eを形成する。そして、前記のマスクを用いて第1の導電膜及び第2の導電膜を所望の形状に加工し、第1のゲート電極層1218a、第1のゲート電極層1218b、第1のゲート電極層1218c、第1のゲート電極層1218d、第1の導電層1218e、導電層1220a、導電層1220b、導電層1220c、導電層1220d、及び導電層1220eを形成する（図12（C）参照）。

【0120】

ここで、ICP（Inductively Coupled Plasma：誘導結合型プラズマ）エッチング法を用い、エッチング条件（コイル型の電極層に印加される電力量、基板側の電極層に印加される電力量、基板側の電極温度等）を適宜調節することにより、所望のテーパ形状となるようにエッチングを行うことができる。また、マスクの形状によって、テーパの角度等を制御することもできる。なお、エッチング用ガスとしては、 Cl_2 、 BCl_3 、 SiCl_4 もしくは CCl_4 などを代表とする塩素系ガス、 CF_4 、 SF_6 もしくは NF_3 などを代表とするフッ素系ガス、又は O_2 を適宜用いることができる。本実施の形態では、 CF_4 、 Cl_2 、 O_2 からなるエッチング用ガスを用いて第2の導電膜のエッチングを行い、連続して CF_4 、 Cl_2 からなるエッチング用ガスを用いて第1の導電膜をエッチングする。

【0121】

次に、マスク1216a、マスク1216b、マスク1216c、マスク1216d、及びマスク1216eを用いて、導電層1220a、導電層1220b、導電層1220c、導電層1220d、及び導電層1220eを所望の形状に加工する。このとき、上記導電層を形成する第2の導電膜と、第1のゲート電極層及び第1の導電層を形成する第1の導電膜との選択比が高いエッチング条件でエッチングする。このエッチングによって、第2のゲート電極層1222a、第2のゲート電極層1222b、第2のゲート電極層1222c、第2のゲート電極層1222d、及び第2の導電層1222eを形成する（図12（D）参照）。本実施の形態では、上記第2のゲート電極層及び第2の導電層もテーパ形状を有しているが、そのテーパ角は、第1のゲート電極層1218a、第1のゲート電極層1218b、第1のゲート電極層1218c、第1のゲート電極層1218d、及び第1の導電層1218eの有するテーパ角より大きい。なお、テーパ角とは対象物の底面と側面とが作る角度を言うものとする。よって、テーパ角が90度の場合、導電層は底面に対して垂直な側面を有することになる。テーパ角を90度未満とすることにより、積層される膜の被覆性が向上するため、欠陥を低減することが可能となる。なお、本実施の形態では、第2のゲート電極層及び第2の導電層を形成するためのエッチング用ガスとして Cl_2 、 SF_6 、 O_2 を用いる。

【0122】

以上の工程によって、周辺駆動回路領域1280に、ゲート電極層1224a、ゲート電極層1224b、画素領域1282に、ゲート電極層1224c、ゲート電極層1224d、及び導電層1224eを形成することができる。なお、マスク1216a、マスク1216b、マスク1216c、マスク1216d、及びマスク1216eは、上記工程の後に除去する。

【0123】

次に、ゲート電極層1224a、ゲート電極層1224b、ゲート電極層1224c、ゲート電極層1224dをマスクとして、n型を付与する不純物元素を添加し、第1のn型不純物領域1226a、第1のn型不純物領域1226b、第1のn型不純物領域1228a、第1のn型不純物領域1228b、第1のn型不純物領域1230a、第1のn型不純物領域1230b、第1のn型不純物領域1230cを形成する（図13（A）参照）。本実施の形態では、不純物元素を含むドーピングガスとしてホスフィン（ PH_3 ）を用いてドーピングを行う。ここでは、第1のn型不純物領域に、n型を付与する不純物

元素であるリン（P）が $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以下程度の濃度で含まれるようにする。

【0124】

次に、単結晶半導体層1210、単結晶半導体層1214の一部を覆うマスク1232a、マスク1232b、マスク1232cを形成する。そして、マスク1232a、マスク1232b、マスク1232c、及び第2のゲート電極層1222bをマスクとしてn型を付与する不純物元素を添加する。これにより、第2のn型不純物領域1234a、第2のn型不純物領域1234b、第3のn型不純物領域1236a、第3のn型不純物領域1236b、第2のn型不純物領域1240a、第2のn型不純物領域1240b、第2のn型不純物領域1240c、第3のn型不純物領域1242a、第3のn型不純物領域1242b、第3のn型不純物領域1242c、第3のn型不純物領域1242dが形成される。本実施の形態では、不純物元素を含むドーピングガスとしてホスフィン（PH₃）を用いてドーピングを行う。ここでは、第2のn型不純物領域にn型を付与する不純物元素であるリン（P）が $1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 以下程度の濃度で含まれるようにする。第3のn型不純物領域1236a、第3のn型不純物領域1236bには、第3のn型不純物領域1242a、第3のn型不純物領域1242b、第3のn型不純物領域1242c、第3のn型不純物領域1242dと同程度、もしくは少し高めの濃度でn型を付与する不純物元素が添加される。また、チャネル形成領域1238、チャネル形成領域1244a及びチャネル形成領域1244bが形成される（図13（B）参照）。

【0125】

第2のn型不純物領域は高濃度不純物領域であり、ソース又はドレインとして機能する。一方、第3のn型不純物領域は低濃度不純物領域であり、いわゆるLDD（Lightly Doped Drain）領域となる。第3のn型不純物領域1236a、第3のn型不純物領域1236bは、第1のゲート電極層1218bと重なる領域に形成されている。これにより、ソース又はドレイン近傍の電界を緩和して、ホットキャリアによるオン電流の劣化を防止することができる。一方、第3のn型不純物領域1242a、第3のn型不純物領域1242b、第3のn型不純物領域1242c、第3のn型不純物領域1242dはゲート電極層1224c、ゲート電極層1224dと重なっておらず、オフ電流を低減する効果がある。

【0126】

次に、マスク1232a、マスク1232b、マスク1232cを除去し、単結晶半導体層1212、単結晶半導体層1214を覆うマスク1246a、マスク1246bを形成する。そして、マスク1246a、マスク1246b、ゲート電極層1224aをマスクとしてp型を付与する不純物元素を添加する。これにより、第1のp型不純物領域1248a、第1のp型不純物領域1248b、第2のp型不純物領域1250a、第2のp型不純物領域1250bが形成される。本実施の形態では、不純物元素を含むドーピングガスとしてジボラン（B₂H₆）を用いてドーピングを行う。ここでは、第1のp型不純物領域、及び第2のp型不純物領域にp型を付与する不純物元素である硼素（B）が $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $5 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 以下程度の濃度で含まれるようにする。また、チャネル形成領域1252が形成される（図13（C）参照）。

【0127】

第1のp型不純物領域は高濃度不純物領域であり、ソース又はドレインとして機能する。一方、第2のp型不純物領域は低濃度不純物領域であり、いわゆるLDD（Lightly Doped Drain）領域となる。

【0128】

その後、マスク1246a、マスク1246bを除去する。マスクを除去した後に、ゲート電極層の側面を覆うように絶縁膜を形成してもよい。該絶縁膜は、プラズマCVD法や減圧CVD（LPCVD）法を用いて形成することができる。また、不純物元素を活性化するために、加熱処理、強光の照射、レーザー光の照射等を行ってもよい。

【0129】

次いで、ゲート電極層、及びゲート絶縁層を覆う第1の層間絶縁層を形成する。本実施の形態では、実施の形態1において示した材料、作製方法等を用いて、第1の層間絶縁層として機能する絶縁層1254を形成する（図14（A）参照）。なお、本実施の形態において、絶縁層1254は7の領域を有する構造としているが、開示発明はこれに限られるものではない。また、実施の形態1に示すように、各領域の厚さを適宜変更しても良い。絶縁層1254の厚さとしては、100nm以上5 μ m以下とすることが好ましい。本実施の形態においては、絶縁層1254の膜厚を1 μ mとした。

【0130】

次いで、レジスト材料からなるマスクを用いて絶縁層1254、ゲート絶縁層1208に単結晶半導体層及びゲート電極層に達するコンタクトホール（開口部）を形成する。なお、図14に示す断面においては、ゲート電極層に達するコンタクトホールは図示していない。コンタクトホールの形成に係るエッチングは、用いる材料の選択比によって、一回で行っても複数回行っても良い。

【0131】

その後、開口部を覆うように導電膜を形成し、該導電膜をエッチングする。これにより、各ソース領域又はドレイン領域の一部とそれぞれ電氣的に接続するソース電極層又はドレイン電極層1258a、ソース電極層又はドレイン電極層1258b、ソース電極層又はドレイン電極層1260a、ソース電極層又はドレイン電極層1260b、ソース電極層又はドレイン電極層1262a、ソース電極層又はドレイン電極層1262bを形成する。ソース電極層又はドレイン電極層には、アルミニウム、タンタル、チタン、モリブデン、タングステン、ネオジム、クロム、ニッケル、白金、金、銀、銅、マグネシウム、スカンジウム、コバルト、亜鉛、ニオブ、シリコン、リン、硼素、ヒ素、ガリウム、インジウム、錫などから選択された一つ又は複数の元素、または、前記元素を成分として含有する化合物や合金材料（例えば、インジウム錫酸化物（ITO）、インジウム亜鉛酸化物（IZO）、酸化シリコンを添加したインジウム錫酸化物（ITSO）、酸化亜鉛、アルミニウムネオジム（Al-Nd）、マグネシウム銀（Mg-Ag）など）、もしくは、これらの化合物を組み合わせた物質等が用いられる。その他にも、シリサイド（例えば、アルミシリコン、モリブデンシリコン、ニッケルシリサイド）や、窒素を含有する化合物（例えば、窒化チタン、窒化タンタル、窒化モリブデン）、リン（P）等の不純物元素をドーピングしたシリコン（Si）等を用いることもできる。

【0132】

以上の工程で周辺駆動回路領域1280にpチャネル型薄膜トランジスタ1264、及びnチャネル型薄膜トランジスタ1266を、画素領域1282にnチャネル型薄膜トランジスタ1268、容量配線1270が形成される（図12（B）参照）。

【0133】

次に、第2の層間絶縁層として絶縁層1272を形成する。絶縁層1272は、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム、窒素含有量が酸素含有量よりも多い窒化酸化アルミニウムまたは酸化アルミニウム、ダイヤモンドライクカーボン（DLC）、窒素含有炭素膜、PSG（リンガラス）、BPSG（リンボロンガラス）、アルミナ膜、ポリシラザン、その他の無機絶縁性材料を含む物質から選ばれた材料で形成することができる。また、シロキサン樹脂を用いてもよい。ポリイミド、アクリル、ポリアミド、ポリイミドアミド、ベンゾシクロブテン等の有機絶縁性材料を用いることもできる。なお、本実施の形態においては、第1の層間絶縁層として窒素を含有する絶縁体と窒素及びフッ素を含有する絶縁体の積層構造を用いているが、第2の層間絶縁層として開示発明に係る積層構造の絶縁層を用いても良い。

【0134】

次に、画素領域1282の絶縁層1272にコンタクトホールを形成し、画素電極層1274を形成する（図12（C）参照）。画素電極層1274は、インジウム錫酸化物（

I T O)、酸化インジウムに酸化亜鉛を混合した I Z O (i n d i u m z i n c o x i d e)、酸化インジウムに酸化シリコンを混合した導電性材料、有機インジウム、有機スズ、酸化タングステンを含むインジウム酸化物、酸化タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物、又はタングステン、モリブデン、ジルコニウム、ハフニウム、バナジウム、ニオブ、タンタル、クロム、コバルト、ニッケル、チタン、白金、アルミニウム、銅、銀等の金属又はその合金、若しくはその金属窒化物を用いて形成することができる。

【0135】

また、画素電極層 1 2 7 4 としては導電性高分子(導電性ポリマーともいう)を含む導電性組成物を用いることもできる。導電性組成物は、薄膜におけるシート抵抗が 1 0 0 0 0 Ω / sq 以下であることが好ましい。また、光透過性を有する画素電極層として薄膜を形成する場合には、波長 5 5 0 nm における透光率が 7 0 % 以上であることが好ましい。また、含まれる導電性高分子の抵抗率が 0 . 1 $\Omega \cdot cm$ 以下であることが好ましい。

【0136】

上記の導電性高分子としては、いわゆる π 電子共役系導電性高分子を用いることができる。例えば、ポリアニリン及びその誘導体、ポリピロール及びその誘導体、ポリチオフェン及びその誘導体、又は、これらの共重合体等が挙げられる。

【0137】

共役系導電性高分子の具体例としては、ポリピロール、ポリ(3-メチルピロール)、ポリ(3-ブチルピロール)、ポリ(3-オクチルピロール)、ポリ(3-デシルピロール)、ポリ(3, 4-ジメチルピロール)、ポリ(3, 4-ジブチルピロール)、ポリ(3-ヒドロキシピロール)、ポリ(3-メチル-4-ヒドロキシピロール)、ポリ(3-メトキシピロール)、ポリ(3-エトキシピロール)、ポリ(3-オクトキシピロール)、ポリ(3-カルボキシピロール)、ポリ(3-メチル-4-カルボキシピロール)、ポリN-メチルピロール、ポリチオフェン、ポリ(3-メチルチオフェン)、ポリ(3-ブチルチオフェン)、ポリ(3-オクチルチオフェン)、ポリ(3-デシルチオフェン)、ポリ(3-ドデシルチオフェン)、ポリ(3-メトキシチオフェン)、ポリ(3-エトキシチオフェン)、ポリ(3-オクトキシチオフェン)、ポリ(3-カルボキシチオフェン)、ポリ(3-メチル-4-カルボキシチオフェン)、ポリ(3, 4-エチレンジオキシチオフェン)、ポリアニリン、ポリ(2-メチルアニリン)、ポリ(2-オクチルアニリン)、ポリ(2-イソブチルアニリン)、ポリ(3-イソブチルアニリン)、ポリ(2-アニリンスルホン酸)、ポリ(3-アニリンスルホン酸)等が挙げられる。

【0138】

上記の導電性高分子を、単独で用いても良いし、膜の特性を調整するために有機樹脂を添加して使用しても良い。

【0139】

なお、有機樹脂は、導電性高分子と相溶または混合分散可能であれば熱硬化性樹脂であってもよく、熱可塑性樹脂であってもよく、光硬化性樹脂であってもよい。例えば、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート等のポリエステル系樹脂、ポリイミド、ポリアミドイミド等のポリイミド系樹脂、ポリアミド 6、ポリアミド 6, 6、ポリアミド 1 2、ポリアミド 1 1 等のポリアミド樹脂、ポリフッ化ビニリデン、ポリフッ化ビニル、ポリテトラフルオロエチレン、エチレンテトラフルオロエチレンコポリマー、ポリクロロトリフルオロエチレン等のフッ素樹脂、ポリビニルアルコール、ポリビニルエーテル、ポリビニルブチラール、ポリ酢酸ビニル、ポリ塩化ビニル等のビニル樹脂、エポキシ樹脂、キシレン樹脂、アラミド樹脂、ポリウレタン系樹脂、ポリウレア系樹脂、メラミン樹脂、フェノール系樹脂、ポリエーテル、アクリル系樹脂及びこれらの共重合体等が挙げられる。

【0140】

さらに、導電性組成物にアクセプタ性のドーパントやドナー性のドーパントをドーピングすることで、共役導電性高分子の共役電子の酸化還元電位を変化させ、電気伝導度を調

10

20

30

40

50

節してもよい。

【0141】

上述の如き導電性組成物を水または有機溶剤（アルコール系溶剤、ケトン系溶剤、エステル系溶剤、炭化水素系溶剤、芳香族系溶剤など）に溶解させて、塗布法、コーティング法、液滴吐出法（インクジェット法ともいう）、印刷法等を用いることにより画素電極層1274となる薄膜を形成することができる。

【0142】

次に、画素電極層1274及び絶縁層1272を覆うように、配向膜と呼ばれる絶縁層1502を形成する（図15（B）参照）。絶縁層1502は、スクリーン印刷法やオフセット印刷法を用いて形成することができる。なお、図15は、半導体装置の平面図及び断面図を示しており、図15（A）は半導体装置の平面図、図15（B）は図15（A）のC-Dにおける断面図である。半導体装置には、外部端子接続領域1276、封止領域1278、周辺駆動回路領域1280、画素領域1282が設けられる。

【0143】

絶縁層1502を形成した後、ラビング処理を行う。配向膜として機能する絶縁層1506についても、絶縁層1502と同様にして形成することができる。

【0144】

その後、対向基板1500と、絶縁性表面を有する基板1200とを、シール材1514及びスペーサ1516を介して貼り合わせ、その空隙に液晶層1504を設ける。なお、対向基板1500には、配向膜として機能する絶縁層1506、対向電極として機能する導電層1508、カラーフィルターとして機能する着色層1510、偏光子1512（偏光板ともいう）等が設けられている。なお、絶縁性表面を有する基板1200にも偏光子1518（偏光板）を設けるが、開示発明はこれに限られない。例えば、反射型の液晶表示装置においては、偏光子は、一方に設ければ良い。

【0145】

続いて、画素領域と電氣的に接続されている端子電極層1520に、異方性導電体層1522を介して、FPC1524を接続する。FPC1524は、外部からの信号を伝達する役目を担う。上記の工程により、液晶表示装置を作製することができる。

【0146】

本実施の形態の液晶表示装置は、実施の形態1において示した構造の絶縁層、つまり、窒素を含有する絶縁体からなる領域と、窒素及びフッ素を含有する絶縁体からなる領域を複数有する絶縁層を有している。これにより、窒素及びフッ素を含有する絶縁体の吸湿を効果的に防ぐことができ、膜厚の変動を抑えることができる。また、絶縁破壊耐圧や機械的強度の低下を防止することができる。つまり、半導体装置の信頼性を向上することができる。また、フッ素を含有する絶縁体を有していることにより、誘電率が低い絶縁層を実現することができる。つまり、寄生容量を低減した高性能な液晶表示装置を提供することができる。また、エッチングレートが近い材料を用いた構造としているため、エッチングによる不具合が生じにくく、絶縁破壊耐圧の低下等を防止することができる。

【0147】

なお、本実施の形態においては液晶表示装置を作製する方法について説明したが、開示発明はこれに限られるものではない。また、第1の層間絶縁層として窒素を含有する絶縁体と窒素及びフッ素を含有する絶縁体の積層構造を用いる場合について示したが、開示発明はこれに限定されない。第2の層間絶縁層として開示発明に係る積層構造の絶縁層を用いても良いし、ゲート絶縁層その他の絶縁層として用いても良い。本実施の形態は、実施の形態1又は2と適宜組み合わせて用いることができる。

【0148】

（実施の形態4）

本実施の形態では、開示発明に係る発光素子を有する半導体装置（エレクトロルミネッセンス表示装置）について説明する。なお、周辺回路領域や画素領域等に用いられるトランジスタの作製方法は、実施の形態3等を参照することができるため、詳細については省

10

20

30

40

50

略する。

【0149】

なお、発光素子を有する半導体装置には、下面放射、上面放射、両面放射のいずれかの方式が用いられる。本実施の形態では、下面放射方式を用いた半導体装置について、図16を用いて説明するが、開示発明はこれに限られるものではない。

【0150】

図16の半導体装置は、下方（図中の矢印の方向）に光を放射する。ここで、図16（A）は半導体装置の平面図であり、図16（B）は、図16（A）のE－Fにおける断面図である。図16において半導体装置は、外部端子接続領域1630、封止領域1632、駆動回路領域1634、画素領域1636を有している。

10

【0151】

図16に示す半導体装置は、基板1600、絶縁膜1602、薄膜トランジスタ1650、薄膜トランジスタ1652、薄膜トランジスタ1654、薄膜トランジスタ1656、発光素子1660、絶縁層1668、充填材1670、シール材1672、配線層1674、端子電極層1676、異方性導電層1678、FPC1680、封止基板1690などによって構成されている。なお、発光素子1660は、第1の電極層1662と発光層1664と第2の電極層1666とを含む。

【0152】

第1の電極層1662としては、発光層1664より放射する光を透過できるように、光透過性を有する導電性材料を用いる。一方、第2の電極層1666としては、発光層1664より放射する光を反射することができる導電性材料を用いる。

20

【0153】

第1の電極層1662としては、酸化タングステンを含むインジウム酸化物、酸化タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物等を用いることができる。勿論、インジウム錫酸化物（ITO）、インジウム亜鉛酸化物（IZO）、酸化ケイ素を添加したインジウム錫酸化物（ITSO）等を用いても良い。

【0154】

また、第1の電極層1662としては、導電性高分子（導電性ポリマーともいう）を含む導電性組成物を用いることもできる。なお、詳細については実施の形態3を参照することができるため、ここでは省略する。

30

【0155】

第2の電極層1666としては、チタン、タングステン、ニッケル、金、白金、銀、銅、タンタル、モリブデン、アルミニウム、マグネシウム、カルシウム、リチウム、およびそれらの合金からなる導電膜などを用いることができる。可視光の領域で反射性が高い物質を用いることがよく、本実施の形態では、アルミニウム膜を用いることとする。

【0156】

なお、上面放射、両面放射の各方式を用いる場合には、適宜電極層の設計を変更してやれば良い。具体的には、上面放射の場合には、反射性を有する材料を用いて第1の電極層1662を形成し、光透過性を有する材料を用いて第2の電極層1666を形成する。両面放射の場合には、光透過性を有する材料を用いて第1の電極層1662及び第2の電極層1666を形成すれば良い。なお、下面放射、上面放射においては、光透過性を有する材料を用いて一方の電極層を形成し、光透過性を有する材料と光反射性を有する材料の積層構造により、他方の電極層を形成する構成としても良い。電極層に用いることができる材料は下面放射の場合と同様であるため、ここでは省略する。

40

【0157】

なお、一般に、光透過性を有さないと考えられる金属のような材料であっても、膜厚を小さく（5nm以上30nm以下程度）することにより、光を透過させることができる。これにより、上述の光反射性材料を用いて、光を透過する電極層を作製することも可能である。

50

【0158】

また、封止基板1690にカラーフィルター（着色層）を形成する構成としてもよい。カラーフィルター（着色層）は、蒸着法や液滴吐出法によって形成することができる。また、色変換層を用いる構成であっても良い。

【0159】

本実施の形態のエレクトロルミネッセンス表示装置は、実施の形態1において示した構造の絶縁層、つまり、窒素を含有する絶縁体からなる領域と、窒素及びフッ素を含有する絶縁体からなる領域を複数有する絶縁層を有している。これにより、窒素及びフッ素を含有する絶縁体の吸湿を効果的に防ぐことができ、膜厚の変動を抑えることができる。また、絶縁破壊耐圧や機械的強度の低下を防止することができる。つまり、半導体装置の信頼性を向上することができる。また、フッ素を含有する絶縁体を有していることにより、誘電率が低い絶縁層を実現することができる。つまり、寄生容量を低減した高性能なエレクトロルミネッセンス表示装置を提供することができる。また、エッチングレートが近い材料を用いた構造としているため、エッチングによる不具合が生じにくく、絶縁破壊耐圧の低下等を防止することができる。

10

【0160】

なお、本実施の形態ではエレクトロルミネッセンス表示装置を用いて説明したが、開示発明はこれに限られるものではない。本実施の形態は、実施の形態1乃至3と適宜組み合わせる用いることができる。

20

【0161】

（実施の形態5）

本実施の形態では、開示発明に係る半導体装置の別の例について、図17及び18を参照して説明する。なお、本実施の形態においては、マイクロプロセッサ及び電子タグを例に挙げて説明するが、開示発明に係る半導体装置はこれらに限られるものではない。

20

【0162】

図17に、開示発明に係るマイクロプロセッサの構成の一例を示す。図17のマイクロプロセッサ1700は、開示発明の半導体基板を用いて製造されるものである。該マイクロプロセッサ1700は、演算回路1701（Arithmetic logic unit（ALU））、演算回路制御部1702（ALU Controller）、命令解析部1703（Instruction Decoder）、割り込み制御部1704（Interrupt Controller）、タイミング制御部1705（Timing Controller）、レジスタ1706（Register）、レジスタ制御部1707（Register Controller）、バスインターフェース1708（Bus I/F）、ROM1709（Read Only Memory、読み出し専用メモリ）、及びROMインターフェース1710（ROM I/F）を有している。

30

【0163】

バスインターフェース1708を介してマイクロプロセッサ1700に入力された命令は、命令解析部1703に入力され、デコードされた後、演算回路制御部1702、割り込み制御部1704、レジスタ制御部1707、タイミング制御部1705に入力される。演算回路制御部1702、割り込み制御部1704、レジスタ制御部1707、タイミング制御部1705は、デコードされた命令に基づき各種制御を行う。具体的には、演算回路制御部1702は、演算回路1701の動作を制御するための信号を生成する。また、割り込み制御部1704は、マイクロプロセッサ1700のプログラム実行中に、外部の入出力装置や周辺回路からの割り込み要求を、その優先度等から判断して処理する。レジスタ制御部1707は、レジスタ1706のアドレスを生成し、マイクロプロセッサ1700の状態に応じてレジスタ1706の読み出しや書き込みを行う。タイミング制御部1705は、演算回路1701、演算回路制御部1702、命令解析部1703、割り込み制御部1704、レジスタ制御部1707の動作のタイミングを制御する信号を生成する。例えばタイミング制御部1705は、基準クロック信号CLK1を元に、内部クロック信号CLK2を生成する内部クロック生成部を備えており、クロック信号CLK2を上

40

50

記各種回路に供給する。なお、図17に示すマイクロプロセッサ1700の構成は、あくまで一例であり、その用途によって適宜構成を変更することができる。

【0164】

本実施の形態におけるマイクロプロセッサは、窒素を含有する絶縁体からなる領域と、窒素及びフッ素を含有する絶縁体からなる領域を複数有する絶縁層を有している。これにより、絶縁層の膜厚の変動を抑え、絶縁破壊耐圧や機械的強度の低下を防止することができる。つまり、信頼性の高いマイクロプロセッサを提供することができる。また、フッ素を含有する絶縁層を有していることにより、誘電率が低い絶縁層を実現することができる。つまり、寄生容量を低減した高性能なマイクロプロセッサを提供することができる。

【0165】

以上のように、開示発明を用いることにより、信頼性を向上しつつ、高性能化したマイクロプロセッサを提供することが可能である。

【0166】

次に、非接触でデータの送受信を行うことのできる演算機能を備えた半導体装置の一例について図18を参照して説明する。図18は無線通信により外部装置と信号の送受信を行って動作する無線タグの一例である。なお、開示発明の無線タグは内部に中央処理装置(CPU)を有しており、いわば小型のコンピュータである。無線タグ1800は、アナログ回路部1801とデジタル回路部1802を有している。アナログ回路部1801として、共振容量を有する共振回路1803、整流回路1804、定電圧回路1805、リセット回路1806、発振回路1807、復調回路1808、変調回路1809を有している。デジタル回路部1802は、RFインターフェース1810、制御レジスタ1811、クロックコントローラ1812、CPUインターフェース1813、CPU1814、RAM1815、ROM1816を有している。

【0167】

このような構成の無線タグ1800の動作は以下の通りである。アンテナ1817が外部から信号を受けると、共振回路1803は該信号を元に誘導起電力を発生する。整流回路1804を経た誘導起電力により、容量部1818が充電される。この容量部1818はセラミックコンデンサや電気二重層コンデンサなどのキャパシタで形成されていることが好ましい。容量部1818は無線タグ1800と一体にて形成されていても良いし、別の部品として無線タグ1800を構成する絶縁表面を有する基板に取り付けられていても良い。

【0168】

リセット回路1806は、デジタル回路部1802をリセットし初期化する信号を生成する。例えば、電源電圧の上昇のタイミングから遅れて立ち上がる信号をリセット信号として生成する。発振回路1807は、定電圧回路1805により生成される制御信号に応じて、クロック信号の周波数とデューティ比を変更する。ローパスフィルタで形成される復調回路1808は、例えば振幅変調(ASK)方式の受信信号の振幅の変動を二値化する。変調回路1809は、振幅変調(ASK)方式の送信信号の振幅を変動させて送信する。変調回路1809は、共振回路1803の共振点を変化させることにより通信信号の振幅を変化させている。クロックコントローラ1812は、電源電圧又はCPU1814における消費電流に応じてクロック信号の周波数とデューティ比を変更するための制御信号を生成している。電源電圧の監視は電源管理回路1819が行っている。

【0169】

アンテナ1817から無線タグ1800に入力された信号は復調回路1808で復調された後、RFインターフェース1810で制御コマンドやデータなどに分けられる。制御コマンドは制御レジスタ1811に格納される。制御コマンドには、ROM1816に記憶されているデータの読み出し命令、RAM1815へのデータの書き込み命令、CPU1814への演算命令などが含まれている。CPU1814は、CPUインターフェース1813を介してROM1816、RAM1815、制御レジスタ1811にアクセスする。CPUインターフェース1813は、CPU1814が要求するアドレスより、RO

10

20

30

40

50

M1816、RAM1815、制御レジスタ1811のいずれかに対するアクセス信号を生成する機能を有している。

【0170】

CPU1814の演算方式は、ROM1816にOS（オペレーティングシステム）を記憶させておき、起動とともにプログラムを読み出し実行する方式を採用することができる。また、演算回路を構成して、演算処理をハードウェア的に処理する方式を採用することもできる。ハードウェアとソフトウェアを併用する方式では、専用の演算回路で一部の処理を行い、残りの演算を、プログラムを用いてCPU1814が実行する方式を適用することができる。

【0171】

本実施の形態における無線タグは、窒素を含有する絶縁体からなる領域と、窒素及びフッ素を含有する絶縁体からなる領域を複数有する絶縁層を有している。これにより、絶縁層の膜厚の変動を抑え、絶縁破壊耐圧や機械的強度の低下を防止することができる。つまり、信頼性の高い無線タグを提供することができる。また、フッ素を含有する絶縁体を有していることにより、誘電率が低い絶縁層を実現することができる。つまり、寄生容量を低減した高性能な無線タグを提供することができる。

【0172】

以上のように、開示発明を用いることにより、信頼性を向上しつつ、高性能化した無線タグを提供することが可能である。

【0173】

なお、本実施の形態は、実施の形態1乃至4と適宜組み合わせて用いることができる。

【0174】

（実施の形態6）

本実施の形態では、開示発明に係る半導体装置、特に表示装置を用いた電子機器について、図19を参照して説明する。

【0175】

開示発明に係る半導体装置を用いて作製される電子機器として、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ゴーグル型ディスプレイ（ヘッドマウントディスプレイ）、ナビゲーションシステム、音響再生装置（カーオーディオコンポ等）、コンピュータ、ゲーム機器、携帯情報端末（モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯型ゲーム機または電子書籍等）、記録媒体を備えた画像再生装置（具体的にはDigital Versatile Disc（DVD）等の記録媒体を再生し、その画像を表示しうるディスプレイを備えた装置）などが挙げられる。

【0176】

図19（A）はテレビ受像器又はパーソナルコンピュータのモニタである。筐体1901、支持台1902、表示部1903、スピーカー部1904、ビデオ入力端子1905等を含む。表示部1903には、開示発明に係る半導体装置が用いられている。開示発明により、信頼性が高く高性能なテレビ受像器又はパーソナルコンピュータのモニタを提供することができる。

【0177】

図19（B）はデジタルカメラである。本体1911の正面部分には受像部1913が設けられており、本体1911の上面部分にはシャッターボタン1916が設けられている。また、本体1911の背面部分には、表示部1912、操作キー1914、及び外部接続ポート1915が設けられている。表示部1912には、開示発明に係る半導体装置が用いられている。開示発明により、信頼性が高く高性能なデジタルカメラを提供することができる。

【0178】

図19（C）はノート型パーソナルコンピュータである。本体1921には、キーボード1924、外部接続ポート1925、ポインティングデバイス1926が設けられている。また、本体1921には、表示部1923を有する筐体1922が取り付けられてい

10

20

30

40

50

る。表示部 1923 には、開示発明に係る半導体装置が用いられている。開示発明により、信頼性が高く高性能なノート型パーソナルコンピュータを提供することができる。

【0179】

図 19 (D) はモバイルコンピュータであり、本体 1931、表示部 1932、スイッチ 1933、操作キー 1934、赤外線ポート 1935 等を含む。表示部 1932 にはアクティブマトリクス表示装置が設けられている。表示部 1932 には、開示発明に係る半導体装置が用いられている。開示発明により、信頼性が高く高性能なモバイルコンピュータを提供することができる。

【0180】

図 19 (E) は画像再生装置である。本体 1941 には、表示部 1944、記録媒体読み込み部 1945 及び操作キー 1946 が設けられている。また、本体 1941 には、スピーカー部 1947 及び表示部 1943 それぞれを有する筐体 1942 が取り付けられている。表示部 1943 及び表示部 1944 それぞれには、開示発明に係る半導体装置が用いられている。開示発明により、信頼性が高く高性能な画像再生装置を提供することができる。

10

【0181】

図 19 (F) は電子書籍である。本体 1951 には操作キー 1953 が設けられている。また、本体 1951 には複数の表示部 1952 が取り付けられている。表示部 1952 には、開示発明に係る半導体装置が用いられている。開示発明により、信頼性が高く高性能な電子書籍を提供することができる。

20

【0182】

図 19 (G) はビデオカメラであり、本体 1961 には外部接続ポート 1964、リモコン受信部 1965、受像部 1966、バッテリー 1967、音声入力部 1968、操作キー 1969 が設けられている、また、本体 1961 には、表示部 1962 を有する筐体 1963 が取り付けられている。表示部 1962 には、開示発明に係る半導体装置が用いられている。開示発明により、信頼性が高く高性能なビデオカメラを提供することができる。

【0183】

図 19 (H) は携帯電話であり、本体 1971、筐体 1972、表示部 1973、音声入力部 1974、音声出力部 1975、操作キー 1976、外部接続ポート 1977、アンテナ 1978 等を含む。表示部 1973 には、開示発明に係る半導体装置が用いられている。開示発明により、信頼性が高く高性能な携帯電話を提供することができる。

30

【0184】

以上の様に、開示発明の適用範囲は極めて広く、あらゆる分野の電子機器に用いることが可能である。なお、本実施の形態は、実施の形態 1 乃至 5 と適宜組み合わせて用いることができる。

【0185】

(実施の形態 7)

本実施の形態では、開示発明に係る半導体装置、特に無線タグの使用例について、図 20 を参照して説明する。

40

【0186】

開示発明により無線タグとして機能する半導体装置を形成することができる。無線タグの用途は多岐にわたるが、例えば、紙幣、硬貨、有価証券類、無記名債券類、証書類（運転免許証や住民票等、図 20 (A) 参照）、包装用容器類（包装紙やボトル等、図 20 (C) 参照）、記録媒体（DVD ソフトやビデオテープ等、図 20 (B) 参照）、乗物類（自転車等、図 20 (D) 参照）、身の回り品（鞆や眼鏡等）、食品類、植物類、衣類、生活用品類、電子機器等の商品や荷物の荷札（図 20 (E)、(F) 参照）等の物品に設けて使用することができる。なお、図 20 において、無線タグは 2000 で示すものである。

【0187】

50

なお、電子機器とは、例えば、液晶表示装置、E L表示装置、テレビジョン装置（単にテレビ、テレビ受像機、テレビジョン受像機とも呼ぶ）、携帯電話の他、実施の形態5にて示した物品等を指す。また、上記半導体装置を、動物類、人体等に用いることができる。

【0188】

無線タグは、物品の表面に貼ったり、物品に埋め込んだりして、物品に固定される。例えば、本であれば紙に埋め込み、有機樹脂からなる包装用容器等であれば当該有機樹脂に埋め込むとよい。紙幣、硬貨、有価証券類、無記名債券類、証書類等に無線タグ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、記録媒体、身の回り品、食品類、衣類、生活用品類、電子機器等に無線タグ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。開示発明により作製することが可能な無線タグは、高い性能と高い信頼性を併せ持っており、さまざまな物品に対して適用することができる。

10

【0189】

開示発明により形成することが可能な無線タグを、物の管理や流通のシステムに応用することで、システムの高機能化を図ることができる。例えば、荷札に設けられる無線タグに記録された情報を、ベルトコンベアの脇に設けられたリーダライタで読み取ることで、流通過程及び配達先等の情報が読み出され、商品の検品や荷物の分配を容易に行うことができる。

【0190】

以上の様に、開示発明の適用範囲は極めて広く、あらゆる物品に対して用いることができる。なお、本実施の形態は、実施の形態1乃至6と適宜組み合わせて用いることができる。

20

【実施例1】

【0191】

本実施例では、開示発明の絶縁層の特性について、図21及び22を参照して説明する。なお、本実施例においては、9つの領域を有する絶縁層について調査した結果を示すが、開示発明は該構造に限定して解釈されるものではない。

【0192】

はじめに、本実施例において用いた9つの領域を有する絶縁層について説明する。本実施例においては、CVD法を用いて、原料ガスとしてモノシランと亜酸化窒素を用いた「酸化窒化珪素膜」を形成し、モノシランと亜酸化窒素と三フッ化窒素を用いた「フッ素を含有する酸化窒化珪素膜」を形成した。具体的な成膜のフローを図21に示す。

30

【0193】

はじめに、原料ガスの流量比を、モノシラン：亜酸化窒素＝1：200とし、出力：60W、周波数：13.56MHzの高周波電源を用いて、基板上に酸化窒化珪素膜を形成した（S2100参照）。この時の処理室の圧力は133Pa、上部電極と下部電極との間隔は20mm、基板温度は300℃であった。

【0194】

次に、原料ガスの流量比を、モノシラン：亜酸化窒素：三フッ化窒素＝1：200：2とし、出力：60W、周波数：13.56MHzの高周波電源を用いてフッ素を含有する酸化窒化珪素膜を形成した（S2102参照）。この時の処理室の圧力は133Pa、上部電極と下部電極との間隔は20mm、基板温度は300℃であった。つまり、成膜条件としては、原料ガスとして三フッ化窒素を添加した点のみにおいて、酸化窒化珪素膜の形成条件と異なることが分かる。

40

【0195】

その後、8つの領域が形成されるまで、上記の工程を繰り返す（S2104参照）。

【0196】

第9の領域の作製条件についても、第1の領域等と同様である（S2106参照）。以上により、最上部及び最下部が酸化窒化珪素膜である絶縁層が形成される。

50

【0197】

上記の工程により作製した9つの領域を有する絶縁層の初期膜厚は112.9nm、初期屈折率は1.47であった。吸湿による膜厚変化及び、屈折率変化を観察するため、当該絶縁層に対して加速試験を行った。具体的には、温度：130℃、湿度：85%、時間：8時間、の条件で試験を行った。

【0198】

なお、酸化窒化珪素からなる絶縁層と、フッ素を含有する酸化窒化珪素からなる絶縁層を比較対象として用意した。それぞれ、初期膜厚が102.6nm、115.5nmであり、初期屈折率が1.506、1.505であった。

【0199】

加速試験前後の各絶縁層のパラメータを図22に示す。図22から分かるように、加速試験後の膜厚の変化量は、フッ素含有酸化窒化珪素からなる絶縁層>酸化窒化珪素からなる絶縁層>9つの領域を有する絶縁層、の順であった。この傾向は初期膜厚を考慮しても変わりはない。これにより、開示発明の絶縁層は吸湿が少なく、膜厚の変化が小さいことがわかる。なお、純粋な酸化窒化珪素からなる絶縁層と比較した場合にも開示発明の絶縁層は優位であるが、その原因の詳細については不明である。複数の領域を有する構造が何らの寄与をしているものと考えられる。

【0200】

屈折率の変化量についても同様の傾向が読み取れる。なお、酸化窒化珪素からなる絶縁層とフッ素を含有する酸化窒化珪素からなる絶縁層の屈折率を比較した場合、屈折率は同等のように思われるが、膜厚を考慮した場合にはフッ素を含有する酸化窒化珪素からなる絶縁層の屈折率は、酸化窒化珪素からなる絶縁層の屈折率と比較して1割程度小さいことがわかる。なお、屈折率は誘電率の平方根に比例する。また、酸化窒化珪素からなる絶縁層とフッ素を含有する酸化窒化珪素からなる絶縁層は、加速試験後に屈折率が小さくなっているが、これは、吸湿に起因するものと考えられ、信頼性の面から好ましいとはいえない。

【0201】

以上のように、開示発明の絶縁層は酸化窒化珪素からなる絶縁層、フッ素を含有する酸化窒化珪素からなる絶縁層などと比較して好ましい特性を有している。このことは、複数の領域を有する構造を採用したことによる各領域の相乗的な効果に起因するものと考えられる。

【0202】

本実施例は、実施の形態1乃至7と適宜組み合わせて用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0203】

【図1】絶縁層の作製工程を示す図である。

【図2】絶縁層の作製に用いることができる装置の一例を示す図である。

【図3】従来の絶縁層について示す図である。

【図4】絶縁層の構成の一例を示す図である。

【図5】絶縁層の構成の一例を示す図である。

【図6】絶縁層の構成の一例を示す図である。

【図7】半導体基板の作製工程を示す図である。

【図8】半導体基板の作製工程を示す図である。

【図9】半導体装置の作製方法の一例を示す図である。

【図10】半導体装置の作製方法の一例を示す図である。

【図11】半導体装置の平面図及び断面図である。

【図12】半導体装置の作製工程の一例を示す図である。

【図13】半導体装置の作製工程の一例を示す図である。

【図14】半導体装置の作製工程の一例を示す図である。

【図15】半導体装置の平面図及び断面図である。

10

20

30

40

50

- 【図 1 6】半導体装置の平面図及び断面図である。
 【図 1 7】半導体装置の構成の一例を示す図である。
 【図 1 8】半導体装置の構成の一例を示す図である。
 【図 1 9】半導体装置を用いた電子機器を示す図である。
 【図 2 0】半導体装置の使用例を示す図である。
 【図 2 1】実施例における絶縁層の成膜フローを示す図である。
 【図 2 2】加速試験前後における各絶縁層のパラメータを示す図である。

【符号の説明】

【0204】

100	被処理体	10
102	絶縁体	
104	絶縁体	
106	絶縁層	
200	プラズマ C V D 装置	
202	下部電極	
204	上部電極	
206	ガス導入部	
208	排気口	
210	処理室	
212	高周波電源	20
300	基板	
302	酸化窒化珪素	
304	窒化珪素	
306	絶縁層	
308	レジストマスク	
310	構造	
312	間隙	
400	酸化窒化珪素	
402	酸化窒化珪素	
404	酸化窒化珪素	30
500	酸化窒化珪素	
502	酸化窒化珪素	
504	酸化窒化珪素	
600	窒化珪素	
700	単結晶半導体基板	
702	脆化層	
704	単結晶半導体層	
706	絶縁層	
710	基板	
900	基板	40
902	絶縁層	
904	単結晶半導体層	
906	ゲート絶縁層	
908	単結晶半導体層	
910	単結晶半導体層	
912	ゲート電極層	
914	ゲート電極層	
916	マスク	
918	n 型不純物領域	
920	n 型不純物領域	50

9 2 2	チャネル形成領域	
9 2 4	マスク	
9 2 6	p型不純物領域	
9 2 8	p型不純物領域	
9 3 0	チャネル形成領域	
9 3 2	絶縁層	
9 3 4	ドレイン電極層	
9 3 6	ドレイン電極層	
9 3 8	ドレイン電極層	
9 4 0	nチャネル型トランジスタ	10
9 4 2	pチャネル型トランジスタ	
1 1 0 0	nチャネル型トランジスタ	
1 1 0 2	pチャネル型トランジスタ	
1 1 0 4	ゲート電極	
1 2 0 0	基板	
1 2 0 2	絶縁層	
1 2 0 4	絶縁層	
1 2 0 6	単結晶半導体層	
1 2 0 8	ゲート絶縁層	
1 2 1 0	単結晶半導体層	20
1 2 1 2	単結晶半導体層	
1 2 1 4	単結晶半導体層	
1 2 1 6 a	マスク	
1 2 1 6 b	マスク	
1 2 1 6 c	マスク	
1 2 1 6 d	マスク	
1 2 1 6 e	マスク	
1 2 1 8 a	ゲート電極層	
1 2 1 8 b	ゲート電極層	
1 2 1 8 c	ゲート電極層	30
1 2 1 8 d	ゲート電極層	
1 2 1 8 e	導電層	
1 2 2 0 a	導電層	
1 2 2 0 b	導電層	
1 2 2 0 c	導電層	
1 2 2 0 d	導電層	
1 2 2 0 e	導電層	
1 2 2 2 a	ゲート電極層	
1 2 2 2 b	ゲート電極層	
1 2 2 2 c	ゲート電極層	40
1 2 2 2 d	ゲート電極層	
1 2 2 2 e	導電層	
1 2 2 4 a	ゲート電極層	
1 2 2 4 b	ゲート電極層	
1 2 2 4 c	ゲート電極層	
1 2 2 4 d	ゲート電極層	
1 2 2 4 e	導電層	
1 2 2 6 a	n型不純物領域	
1 2 2 6 b	n型不純物領域	
1 2 2 8 a	n型不純物領域	50

1 2 2 8 b	n型不純物領域	
1 2 3 0 a	n型不純物領域	
1 2 3 0 b	n型不純物領域	
1 2 3 0 c	n型不純物領域	
1 2 3 2 a	マスク	
1 2 3 2 b	マスク	
1 2 3 2 c	マスク	
1 2 3 4 a	n型不純物領域	
1 2 3 4 b	n型不純物領域	
1 2 3 6 a	n型不純物領域	10
1 2 3 6 b	n型不純物領域	
1 2 3 8	チャネル形成領域	
1 2 4 0 a	n型不純物領域	
1 2 4 0 b	n型不純物領域	
1 2 4 0 c	n型不純物領域	
1 2 4 2 a	n型不純物領域	
1 2 4 2 b	n型不純物領域	
1 2 4 2 c	n型不純物領域	
1 2 4 2 d	n型不純物領域	
1 2 4 4 a	チャネル形成領域	20
1 2 4 4 b	チャネル形成領域	
1 2 4 6 a	マスク	
1 2 4 6 b	マスク	
1 2 4 8 a	p型不純物領域	
1 2 4 8 b	p型不純物領域	
1 2 5 0 a	p型不純物領域	
1 2 5 0 b	p型不純物領域	
1 2 5 2	チャネル形成領域	
1 2 5 4	絶縁層	
1 2 5 8 a	ドレイン電極層	30
1 2 5 8 b	ドレイン電極層	
1 2 6 0 a	ドレイン電極層	
1 2 6 0 b	ドレイン電極層	
1 2 6 2 a	ドレイン電極層	
1 2 6 2 b	ドレイン電極層	
1 2 6 4	pチャネル型薄膜トランジスタ	
1 2 6 6	nチャネル型薄膜トランジスタ	
1 2 6 8	nチャネル型薄膜トランジスタ	
1 2 7 0	容量配線	
1 2 7 2	絶縁層	40
1 2 7 4	画素電極層	
1 2 7 6	外部端子接続領域	
1 2 7 8	封止領域	
1 2 8 0	周辺駆動回路領域	
1 2 8 2	画素領域	
1 5 0 0	対向基板	
1 5 0 2	絶縁層	
1 5 0 4	液晶層	
1 5 0 6	絶縁層	
1 5 0 8	導電層	50

1 5 1 0	着色層	
1 5 1 2	偏光子	
1 5 1 4	シール材	
1 5 1 6	スペーサ	
1 5 1 8	偏光子	
1 5 2 0	端子電極層	
1 5 2 2	異方性導電体層	
1 5 2 4	F P C	
1 6 0 0	基板	
1 6 0 2	絶縁膜	10
1 6 3 0	外部端子接続領域	
1 6 3 2	封止領域	
1 6 3 4	駆動回路領域	
1 6 3 6	画素領域	
1 6 5 0	薄膜トランジスタ	
1 6 5 2	薄膜トランジスタ	
1 6 5 4	薄膜トランジスタ	
1 6 5 6	薄膜トランジスタ	
1 6 6 0	発光素子	
1 6 6 2	電極層	20
1 6 6 4	発光層	
1 6 6 6	電極層	
1 6 6 8	絶縁層	
1 6 7 0	充填材	
1 6 7 2	シール材	
1 6 7 4	配線層	
1 6 7 6	端子電極層	
1 6 7 8	異方性導電層	
1 6 8 0	F P C	
1 6 9 0	封止基板	30
1 7 0 0	マイクロプロセッサ	
1 7 0 1	演算回路	
1 7 0 2	演算回路制御部	
1 7 0 3	命令解析部	
1 7 0 4	制御部	
1 7 0 5	タイミング制御部	
1 7 0 6	レジスタ	
1 7 0 7	レジスタ制御部	
1 7 0 8	バスインターフェース	
1 7 0 9	R O M	40
1 7 1 0	R O Mインターフェース	
1 8 0 0	無線タグ	
1 8 0 1	アナログ回路部	
1 8 0 2	デジタル回路部	
1 8 0 3	共振回路	
1 8 0 4	整流回路	
1 8 0 5	定電圧回路	
1 8 0 6	リセット回路	
1 8 0 7	発振回路	
1 8 0 8	復調回路	50

1 8 0 9	変調回路	
1 8 1 0	R F インターフェース	
1 8 1 1	制御レジスタ	
1 8 1 2	クロックコントローラ	
1 8 1 3	C P U インターフェース	
1 8 1 4	C P U	
1 8 1 5	R A M	
1 8 1 6	R O M	
1 8 1 7	アンテナ	
1 8 1 8	容量部	10
1 8 1 9	電源管理回路	
1 9 0 1	筐体	
1 9 0 2	支持台	
1 9 0 3	表示部	
1 9 0 4	スピーカ部	
1 9 0 5	ビデオ入力端子	
1 9 1 1	本体	
1 9 1 2	表示部	
1 9 1 3	受像部	
1 9 1 4	操作キー	20
1 9 1 5	外部接続ポート	
1 9 1 6	シャッターボタン	
1 9 2 1	本体	
1 9 2 2	筐体	
1 9 2 3	表示部	
1 9 2 4	キーボード	
1 9 2 5	外部接続ポート	
1 9 2 6	ポインティングデバイス	
1 9 3 1	本体	
1 9 3 2	表示部	30
1 9 3 3	スイッチ	
1 9 3 4	操作キー	
1 9 3 5	赤外線ポート	
1 9 4 1	本体	
1 9 4 2	筐体	
1 9 4 3	表示部	
1 9 4 4	表示部	
1 9 4 5	記録媒体読み込み部	
1 9 4 6	操作キー	
1 9 4 7	スピーカ部	40
1 9 5 1	本体	
1 9 5 2	表示部	
1 9 5 3	操作キー	
1 9 6 1	本体	
1 9 6 2	表示部	
1 9 6 3	筐体	
1 9 6 4	外部接続ポート	
1 9 6 5	リモコン受信部	
1 9 6 6	受像部	
1 9 6 7	バッテリー	50

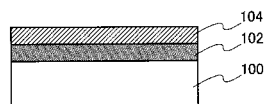
1968	音声入力部
1969	操作キー
1971	本体
1972	筐体
1973	表示部
1974	音声入力部
1975	音声出力部
1976	操作キー
1977	外部接続ポート
1978	アンテナ
S2100	ステップ
S2102	ステップ
S2104	ステップ
S2106	ステップ

【図1】

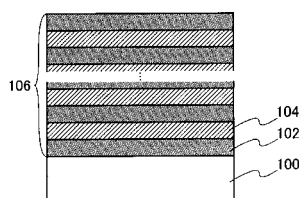
(A)



(B)

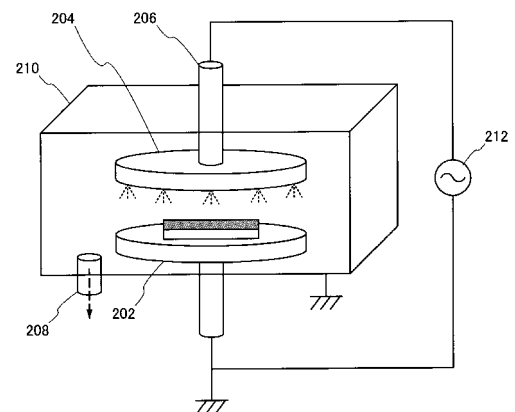


(C)



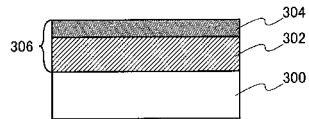
【図2】

200

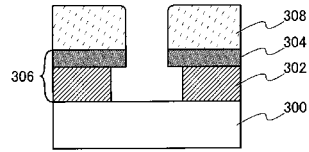


【図 3】

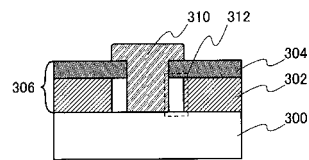
(A)



(B)

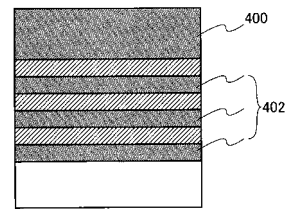


(C)

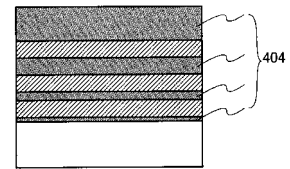


【図 4】

(A)

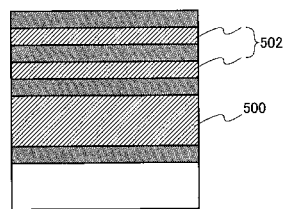


(B)

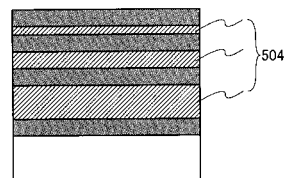


【図 5】

(A)

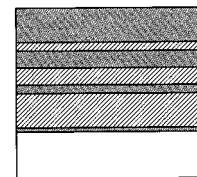


(B)

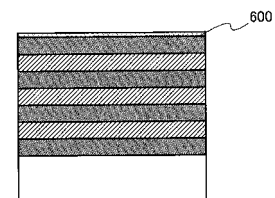


【図 6】

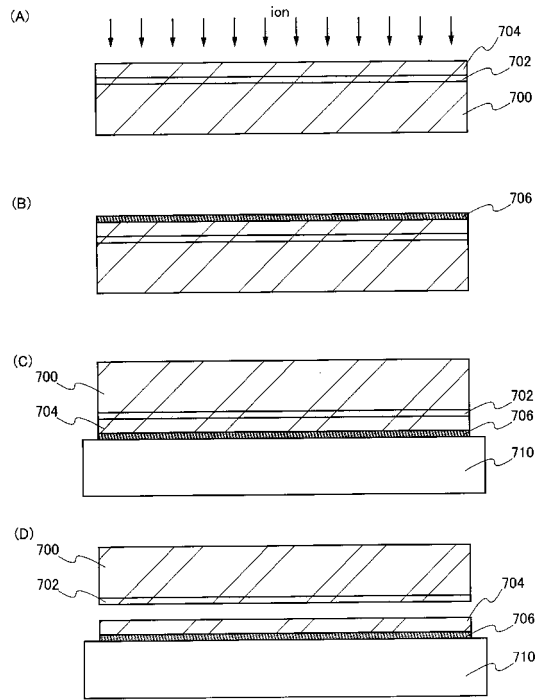
(A)



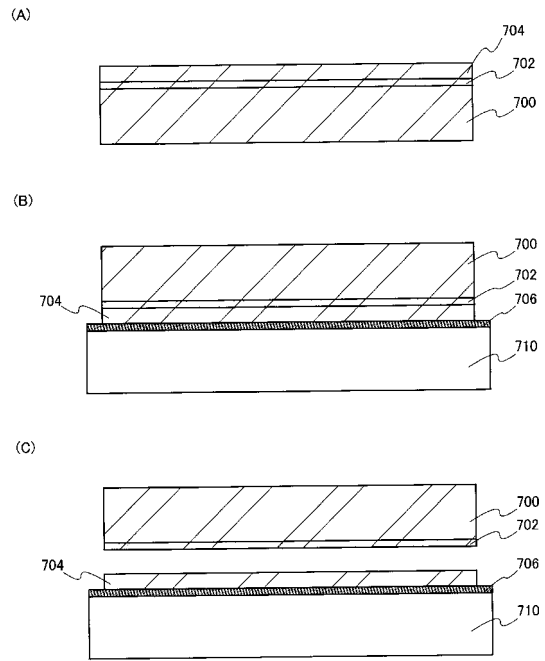
(B)



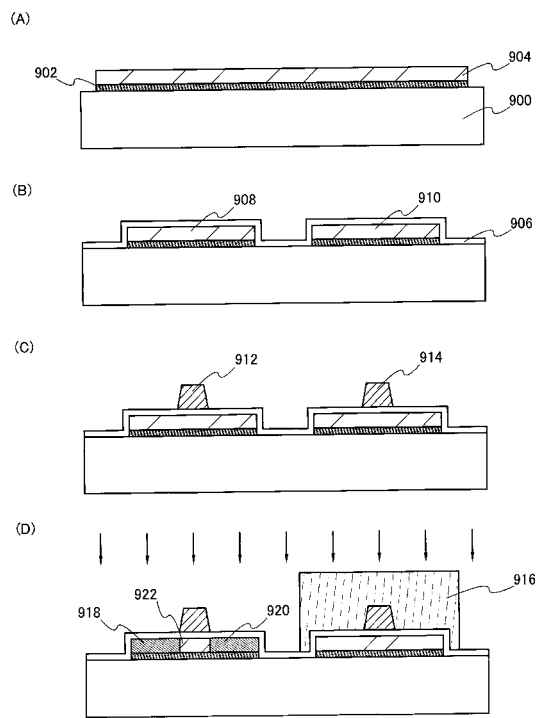
【図 7】



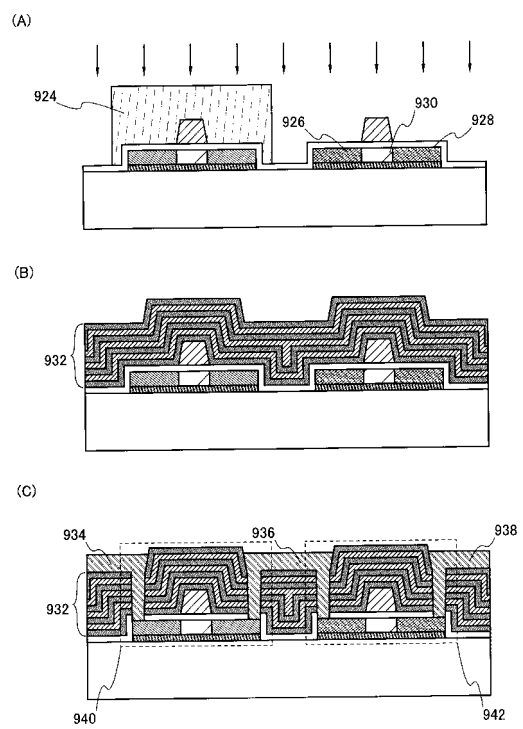
【図 8】



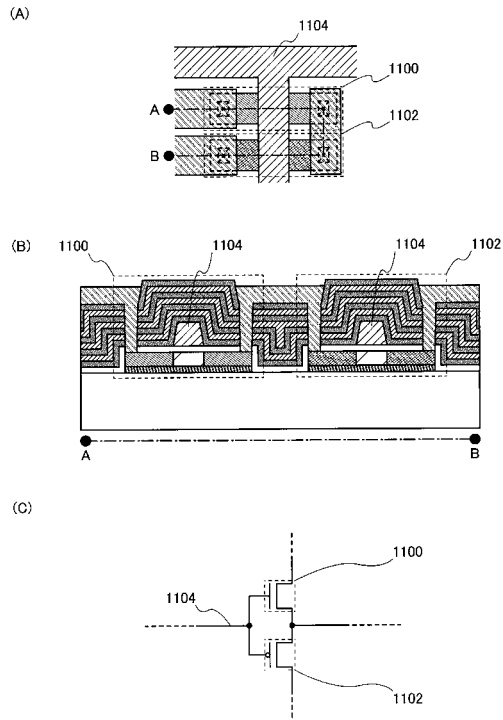
【図 9】



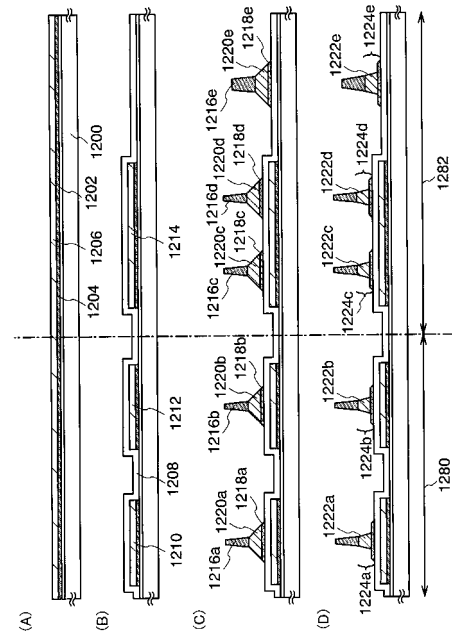
【図 10】



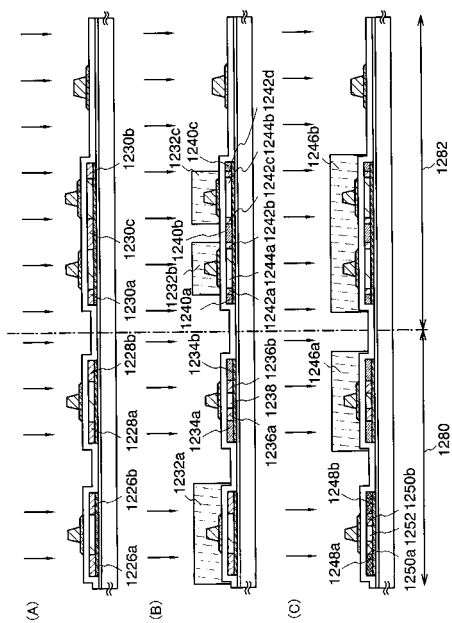
【図 1 1】



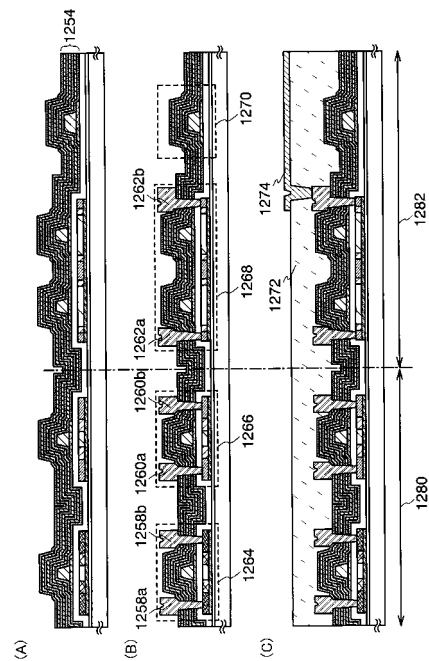
【図 1 2】



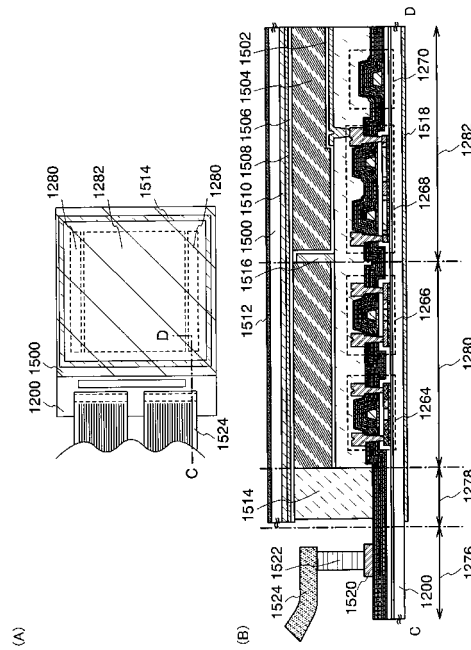
【図 1 3】



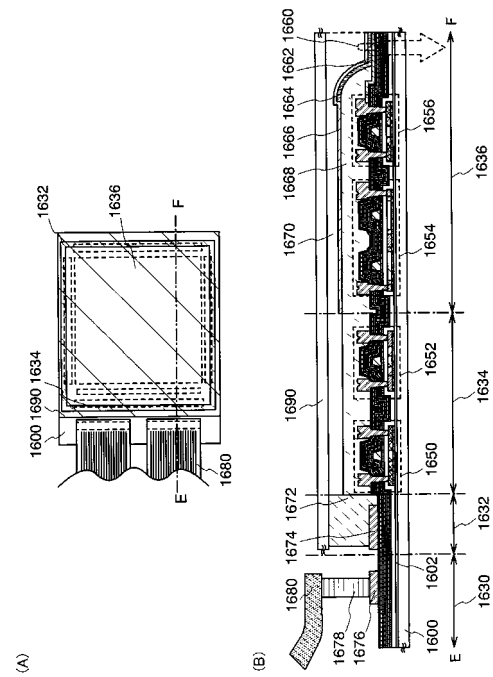
【図 1 4】



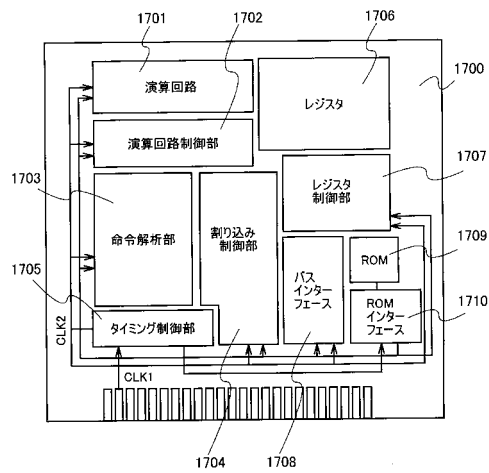
【図 15】



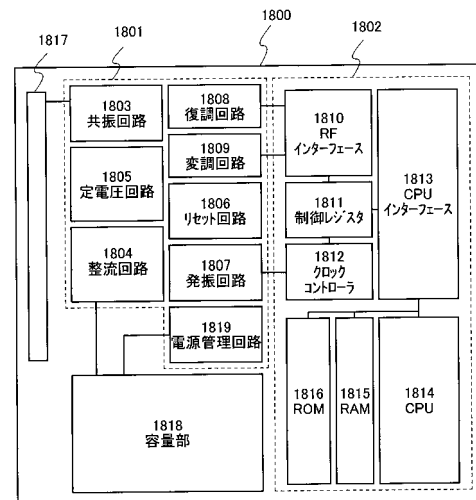
【図 16】



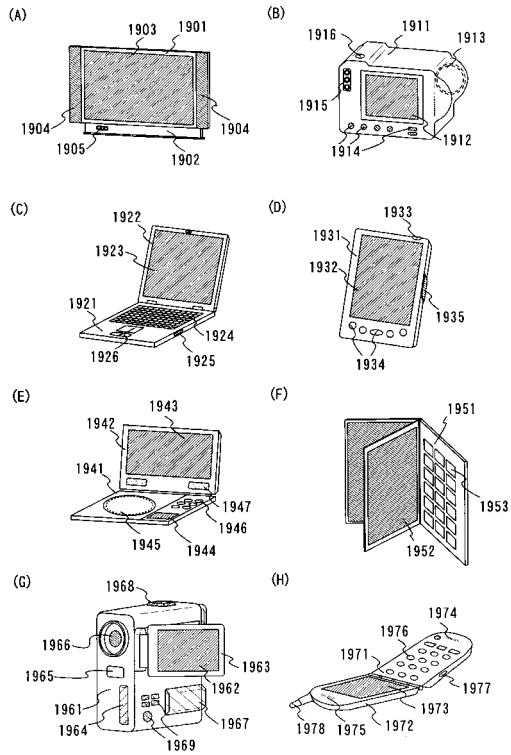
【図 17】



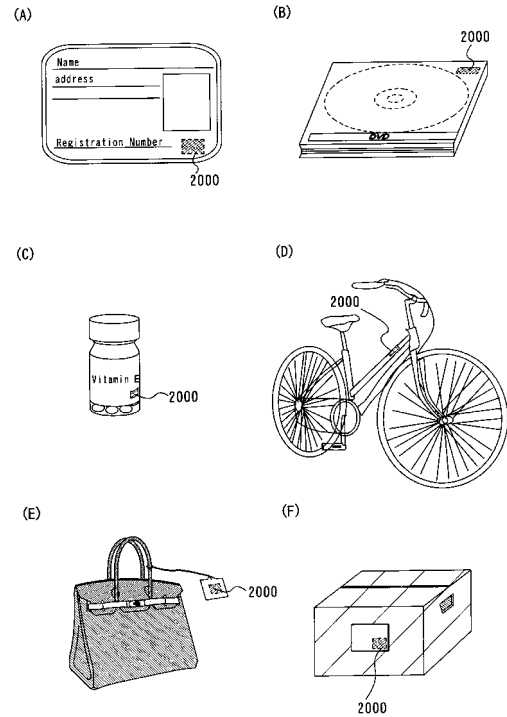
【図 18】



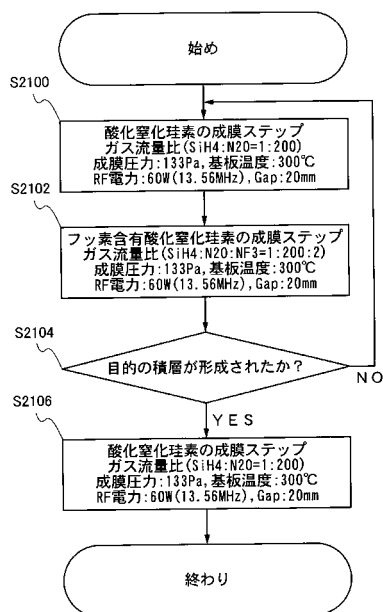
【図 19】



【図 20】



【図 21】



【図 22】

	酸化窒化珪素 からなる絶縁層	フッ素含有 酸化窒化珪素 からなる絶縁層	9つの領域を有する 絶縁層
初期の膜厚 (nm)	102.8	115.5	112.9
加速試験後の膜厚 (nm)	108.2	123.2	116.3
膜厚の変化量	5.6	7.7	3.4
初期の屈折率	1.506	1.505	1.47
加速試験後の屈折率	1.458	1.455	1.463
屈折率の変化量	0.048	0.05	0.007

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07-169833 (JP, A)
特開平07-029975 (JP, A)
特開2001-085420 (JP, A)
特開平07-130731 (JP, A)
特開2003-045959 (JP, A)
特開昭62-174927 (JP, A)
特開平08-236519 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/318
H01L 21/336
H01L 21/768
H01L 23/532
H01L 29/786