

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-212387

(P2009-212387A)

(43) 公開日 平成21年9月17日(2009.9.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/02 (2006.01)	HO 1 L 27/12 B	
HO 1 L 27/12 (2006.01)	HO 1 L 21/285 Q	
HO 1 L 21/265 (2006.01)		

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2008-55415 (P2008-55415)
 (22) 出願日 平成20年3月5日 (2008.3.5)

(71) 出願人 000153878
 株式会社半導体エネルギー研究所
 神奈川県厚木市長谷398番地
 (72) 発明者 岡本 知広
 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

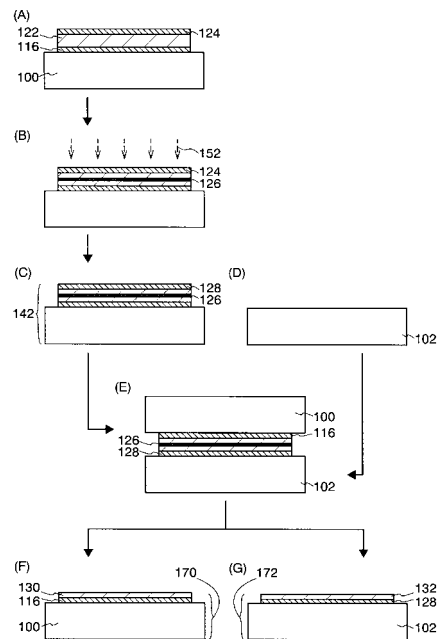
(54) 【発明の名称】 半導体基板の製造方法

(57) 【要約】

【課題】一のボンド基板からの半導体基板の取り数を増大させることを目的の一とする。また、半導体層の品質を保った半導体基板を提供することを目的の一とする。

【解決手段】ボンド基板から分離される半導体層を厚くした半導体基板を作製し、その後、該半導体基板を用いて複数の半導体基板を作製する。ボンド基板から一度に分離される半導体層を厚くすることにより、ボンド基板の研磨処理や加熱処理の回数を低減することができるため、ボンド基板の再利用に好適である。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ボンド基板の一表面にイオンを照射して第 1 の損傷領域を形成し、
 前記ボンド基板の一表面上に第 1 の絶縁層を形成し、
 第 1 のベース基板と前記第 1 の絶縁層の表面とを接触させて、前記第 1 のベース基板と前記ボンド基板を貼り合わせ、
 第 1 の加熱処理を施すことにより、前記第 1 の損傷領域において前記ボンド基板を分離して前記第 1 のベース基板上に第 1 の半導体層を形成し、
 前記第 1 の半導体層の表面を平坦化し、
 前記第 1 の半導体層の一表面にイオンを照射して第 2 の損傷領域を形成し、
 前記第 1 の半導体層の一表面上に第 2 の絶縁層を形成し、
 第 2 のベース基板と前記第 2 の絶縁層の表面とを接触させて、前記第 2 のベース基板と前記第 1 の半導体層を貼り合わせ、
 第 2 の加熱処理を施すことにより、前記第 2 の損傷領域において前記第 1 の半導体層を分離して前記第 1 のベース基板上に第 2 の半導体層を形成し、前記第 2 のベース基板上に第 3 の半導体層を形成することを特徴とする半導体基板の作製方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、
 前記分離したボンド基板の表面を平坦化することで、該ボンド基板を再利用することを特徴とする半導体基板の作製方法。

20

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 において、
 前記イオンを照射する前に、前記ボンド基板の一表面上に保護絶縁層を形成することを特徴とする半導体基板の作製方法。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか一において、
 前記イオンを照射する前に、前記第 1 の半導体層の一表面上に保護絶縁層を形成することを特徴とする半導体基板の作製方法。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか一において、
 前記ボンド基板に照射されるイオンは、 H^+ を主成分として含むことを特徴とする半導体基板の作製方法。

30

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか一において、
 前記第 1 の半導体層に照射されるイオンは、 H_3^+ を主成分として含むことを特徴とする半導体基板の作製方法。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか一において、
 前記平坦化は、エッチング処理、レーザ光の照射処理、加熱処理、研磨処理のいずれかを用いて行われることを特徴とする半導体基板の作製方法。

40

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか一において、
 前記第 2 の半導体層又は前記第 3 の半導体層を用いて複数の半導体基板を作製することを特徴とする半導体基板の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体基板の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

50

近年、バルク状のシリコン基板に代わり、SOI (Silicon On Insulator) 基板を使った集積回路が開発されている。絶縁層上に形成された薄い単結晶シリコン層の特長を生かすことで、集積回路中のトランジスタ同士を完全に分離して形成することができ、またトランジスタを完全空乏型とすることができるため、高集積、高速駆動、低消費電力など付加価値の高い半導体集積回路が実現できる。

【0003】

SOI基板を作製する方法の1つに、水素イオン注入を用いた、いわゆる水素イオン注入剥離法が知られている。水素イオン注入剥離法の代表的な工程を以下に示す。

【0004】

はじめに、ボンド基板となるシリコン基板に水素イオンを注入することで、ボンド基板表面から所定の深さにイオン注入領域を形成する。次に、ベース基板となる別のシリコン基板を酸化して酸化珪素膜を形成する。その後、水素イオンを注入したボンド基板と、ベース基板の酸化珪素膜を密着させて、2枚のシリコン基板を貼り合わせる。そして、加熱処理を行って、イオン注入領域を境にボンド基板を分離する。これにより、ベース基板には酸化珪素膜及びボンド基板から分離した薄膜半導体層が形成される。

【0005】

ここで、分離後のボンド基板は、薄膜半導体層の厚み(500nm以下程度)の分だけ薄くなるものの、その表面付近の欠陥や凹凸などを除去することで、再利用が可能である。未使用のボンド基板の厚みが0.5mm以上1mm以下程度であることを考えれば、理想的な条件では、一のボンド基板を用いて上記工程を100回以上繰り返すことが可能であるといえる。

【0006】

ボンド基板の再利用方法に関しては、これまでも様々な技術が提案されている。一例として、薄膜半導体層分離後にボンド基板の周辺部に残存する残渣を除去し、その後、周辺部の凹凸を除去するための研磨を行う方法(例えば、特許文献1)や、周辺部の凹凸を除去する研磨と、水素を含む還元性雰囲気下の熱処理をあわせて行う方法(例えば、特許文献2)などがある。上記いずれの方法においても、ボンド基板表面に形成された凹凸や欠陥などを十分に低減するために、研磨処理や加熱処理が施されることになる。

【特許文献1】特開平11-297583号公報

【特許文献2】特開平11-307413号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

加熱処理や平坦化処理はボンド基板表面付近に形成された欠陥を低減し、表面凹凸を低減するために必要な処理ではあるが、一方でこれらの処理により、ボンド基板には複数の問題が生じうる。例えば、平坦化の際の研磨処理によって、ボンド基板表面に大きな傷が形成されることがある。また、加熱処理を繰り返すことでボンド基板に割れが生じることがある。さらに、研磨処理などによる傷などが形成されたボンド基板に対して加熱処理を施す場合には、割れの発生確率が著しく高まる。

【0008】

また、半導体基板の製造工程においても、いくつかの加熱処理工程が存在する。ボンド基板の再利用回数が増加すると、必然的にボンド基板に施される熱処理回数は多くなり、ボンド基板の損傷等の問題が生じる可能性が高まる。

【0009】

上記のような損傷等の問題があるボンド基板を再利用することは困難である。万一上記のような問題が生じた場合には、ボンド基板が十分な厚みを残した状態であっても、結局は廃棄等せざるを得ない。このため、現実的には上記のような理想的な再利用回数を達成することは極めて困難であり、一枚のボンド基板からの取り数を十分に大きくすることができなかつた。

【0010】

また、ボンド基板の再利用回数が増加すると、これを用いて作製される半導体層の品質が低下するという問題もあった。

【0011】

上述の問題点に鑑み、本発明では、一のボンド基板からの半導体基板の取り数を増大させることを目的の一とする。また、半導体層の品質を保った半導体基板を提供することを目的の一とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明では、ボンド基板から分離される半導体層を厚くした半導体基板を作製し、その後、該半導体基板を用いて複数の半導体基板を作製する。ボンド基板から一度に分離される半導体層を厚くすることにより、ボンド基板の研磨処理や加熱処理の回数を低減することができるため、ボンド基板の再利用に好適である。

10

【0013】

本発明の半導体基板の作製方法は、ボンド基板の一表面にイオンを照射して第1の損傷領域を形成し、ボンド基板の一表面上に第1の絶縁層を形成し、第1のベース基板と第1の絶縁層の表面とを接触させて、第1のベース基板とボンド基板を貼り合わせ、第1の加熱処理を施すことにより、第1の損傷領域においてボンド基板を分離して第1のベース基板上に第1の半導体層を形成し、第1の半導体層の表面を平坦化し、第1の半導体層の一表面にイオンを照射して第2の損傷領域を形成し、第1の半導体層の一表面上に第2の絶縁層を形成し、第2のベース基板と第2の絶縁層の表面とを接触させて、第2のベース基板と第1の半導体層を貼り合わせ、第2の加熱処理を施すことにより、第2の損傷領域において第1の半導体層を分離して第1のベース基板上に第2の半導体層を形成し、第2のベース基板上に第3の半導体層を形成することを特徴とする。

20

【0014】

上記において、分離したボンド基板の表面を平坦化することで、ボンド基板を再利用することができる。なお、第1の半導体層表面の平坦化や、分離したボンド基板表面の平坦化は、エッチング処理、レーザ光の照射処理、研磨処理のいずれか一又は複数を用いて行うことができる。

【0015】

また、イオンを照射する前に、ボンド基板の一表面上に保護絶縁層を形成しても良いし、イオンを照射する前に、第1の半導体層の一表面上に保護絶縁層を形成しても良い。ボンド基板に照射されるイオンは、 H^+ を主成分として含むものとすることができる。また、第1の半導体層に照射されるイオンは、 H_3^+ を主成分として含むものとすることができる。ここで、「主成分として含む」とは、対象のイオン数が全体のイオン数の50%以上を占めることをいう。

30

【0016】

なお、第2の半導体層又は第3の半導体層のいずれか一方又は双方を用いて、さらに複数の半導体基板を作製することができる。この場合、第2の半導体層又は第3の半導体層を第1の半導体層とみなして上記の方法（第1の半導体層の表面の平坦化以降）を適用すればよい。

40

【0017】

上記方法により作製される半導体基板を用いて様々な半導体装置を作製することができる。また、該半導体装置を用いて様々な電子機器を作製することができる。

【発明の効果】

【0018】

本発明では、ボンド基板から一度に分離される半導体層を厚くすることにより、ボンド基板への研磨処理や加熱処理の回数を低減して、ボンド基板の傷や割れを低減することができる。すなわち、ボンド基板の厚みが十分に残った状態でのボンド基板の破損を抑制することができる。これにより、一のボンド基板から作製することができる半導体基板の数量を増大させることができる。つまり、ボンド基板を有効に活用することができるため、

50

製造コストの低減につながる。

【0019】

また、ボンド基板に施す再生処理の回数を低減することができるため、ボンド基板中の欠陥増加等を最小限に抑制することができ、半導体層の品質を保った半導体基板を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

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こととする。また、本明細書中において半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能しうる装置全般を指すものとする。

10

【0021】

(実施の形態1)

本実施の形態では、本発明の半導体基板の製造方法について、図1及び図2を参照して説明する。

【0022】

はじめに、第1のベース基板100を用意する(図1(A)参照)。第1のベース基板100としては、例えば、液晶表示装置などに使用される可視光透過性を有するガラス基板を用いることができる。ガラス基板としては、歪み点が580以上680以下(好ましくは、600以上680以下)であるものを用いると良い。また、ガラス基板は無アルカリガラス基板であることが好ましい。無アルカリガラス基板には、例えば、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などのガラス材料が用いられている。

20

【0023】

なお、第1のベース基板100としては、ガラス基板の他、セラミック基板、石英基板やサファイア基板などの絶縁体となる絶縁性基板、珪素などの半導体材料となる半導体基板、金属やステンレスなどの導電体となる導電性基板などを用いることもできる。

30

【0024】

本実施の形態においては示さないが、第1のベース基板100の表面に絶縁層を形成しても良い。該絶縁層を設けることにより、第1のベース基板100に半導体を汚染する元素(例えば、アルカリ金属やアルカリ土類金属などをいう。以下、単に「不純物」と呼ぶ。)が含まれている場合であっても、当該不純物が半導体層へ拡散することを防止できる。絶縁層は単層構造でも良いし積層構造でも良い。絶縁層を構成する材料としては、酸化珪素、窒化珪素、酸化窒化珪素、窒化酸化珪素、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、窒化酸化アルミニウムなどを挙げることができる。

【0025】

なお、本明細書において、酸化窒化物とは、その組成として、窒素よりも酸素の含有量が多い物質であり、また、窒化酸化物とは、その組成として、酸素よりも窒素の含有量が多い物質をいう。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物質とすることができる。また、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25原子%以下の範囲で含まれる物質とすることができる。但し、上記組成の範囲は、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は、その合計

40

50

が100原子%を超えない値をとる。

【0026】

次に、ボンド基板110を用意する(図1(B)参照)。ボンド基板110としては、例えば、シリコン、ゲルマニウム、シリコンゲルマニウム、炭化シリコンなどの第4属元素でなる半導体基板を用いることができる。もちろん、ガリウムヒ素、インジウムリンなどの化合物半導体でなる基板を用いてもよい。本実施の形態では、ボンド基板110として、単結晶シリコン基板を用いることとする。ボンド基板110のサイズや形状に制限は無いが、例えば、8インチ(200mm)、12インチ(300mm)、18インチ(450mm)といった円形の半導体基板を、矩形に加工して用いると良い。なお、本明細書において、単結晶とは、結晶構造が一定の規則性を持って形成されており、どの部分にお

10

【0027】

ボンド基板110を洗浄した後、ボンド基板110表面に絶縁層112を形成する。絶縁層112を設けない構成とすることもできるが、後のイオン照射の際のボンド基板110の汚染、ボンド基板110表面の損傷、ボンド基板110表面のエッチング等を防ぐためには、絶縁層112を設けることが好ましい。絶縁層112の厚さは1nm以上400nm以下程度にすると良い。

【0028】

絶縁層112を構成する材料としては、酸化珪素、窒化珪素、酸化窒化珪素、窒化酸化珪素、酸化ゲルマニウム、窒化ゲルマニウム、酸化窒化ゲルマニウム、窒化酸化ゲルマニウムなどの、珪素またはゲルマニウムを組成に含む絶縁材料を挙げることができる。また、酸化アルミニウム、酸化タンタル、酸化ハフニウムなどの金属の酸化物、窒化アルミニウムなどの金属の窒化物、酸化窒化アルミニウムなどの金属の酸化窒化物、窒化酸化アルミニウムなどの金属の窒化酸化物を用いてもよい。絶縁層112の形成方法としては、CVD法、スパッタ法、ボンド基板110の酸化(又は窒化)による方法などがある。

20

【0029】

次に、絶縁層112に、電界で加速されたイオンでなるイオンビーム150を照射し、ボンド基板110の表面から所定の深さの領域に、損傷領域114を形成する(図1(C)参照)。損傷領域114が形成される領域の深さは、イオンに与えるエネルギーとイオンビーム150の入射角によって制御することができる。ここで、損傷領域114は、イオンの平均侵入深さと同程度の深さの領域に形成されることになる。

30

【0030】

上述の損傷領域114が形成される深さにより、ボンド基板110から分離される半導体層の厚さが決定される。本発明では、ボンド基板110から半導体層を分離する回数を低減するために、半導体層を厚く形成する必要がある。具体的には、分離された半導体層から、さらに複数の半導体層を分離することができるように損傷領域114を形成する。すなわち、損傷領域114において分離される半導体層の厚みは、最終的に要求される半導体層の厚みより十分に大きいものとなる。より具体的には、損傷領域114の深さはボンド基板110の表面から400nm以上であり、好ましくは0.5μm以上50μm以下であり、より好ましくは1μm以上10μm以下である。なお、上記損傷領域114の深さは、ボンド基板110の再生可能回数や、ボンド基板110及び分離後の半導体層の平坦化処理における厚みの減少などを考慮して適宜設定することが可能である。本実施の形態においては、損傷領域114の深さが1.2μm程度となるようにイオンを照射する。

40

【0031】

なお、分離される半導体層の厚さを大きくすることには、貼り合わせ不良による空孔(ポイドとも言う。)等の発生を抑制する効果があることを付記しておく。

【0032】

イオンをボンド基板110に照射する際には、例えば、イオン注入装置やイオンドーピ

50

ング装置などを用いることができる。イオン注入装置では、ソースガスを励起してイオンを生成し、生成されたイオンを質量分離して、所定の質量を有するイオンを被処理物に照射する。イオンドーピング装置は、プロセスガスを励起してイオンを生成し、生成されたイオンを質量分離せずに被処理物に照射する。なお、質量分離装置を備えているイオンドーピング装置では、イオン注入装置と同様に、質量分離を伴うイオンの照射を行うこともできる。

【0033】

なお、生産性の観点からは、イオンドーピング装置を用いることが好ましいと言える。これは、イオンドーピング装置では質量分離を伴わないため、生じたイオンの全てを照射することが可能であり、また、質量分離を伴わないことにより、面状にイオンを照射することが可能となるためである。

10

【0034】

イオン照射工程のソースガスには水素を含むガスを用いることができる。該ガスを用いることにより、 H^+ 、 H_2^+ 、 H_3^+ などのイオンを生成することができる。ここで、損傷領域114は、ボンド基板の表面からある程度深い位置に形成しなくてはならないから、イオンをボンド基板の深くにまで到達させることが求められる。 H_2^+ や H_3^+ は、ボンド基板表面との衝突により H や H^+ に分離するという特徴を有しているため、上記ガスをソースガスとして用いる場合には、 H^+ の割合を高めることが好ましいと言える。 H_2^+ や H_3^+ では、 H や H^+ に分離する際にその運動エネルギーが各粒子(H や H^+)に分配されることになり、損傷領域114が浅く形成される傾向となるためである。もちろん、イオンを深くにまで打ち込むことができれば、 H^+ の割合を高めることに特に限定して解釈する必要はない。

20

【0035】

イオン照射工程のソースガスには水素を含むガスの他に、ヘリウムやアルゴンなどの希ガス、フッ素ガスや塩素ガスに代表されるハロゲンガス、フッ素化合物ガス(例えば、 BF_3)などのハロゲン化合物ガスから選ばれた一種または複数種類のガスを用いることができる。ソースガスにヘリウムを用いる場合には、 He^+ の割合が高いイオンビーム150を作り出すことができる。このようなイオンビーム150を用いることで、損傷領域114を効率よく形成することができる。

【0036】

また、複数回のイオン照射工程を行うことで、損傷領域114を形成することもできる。この場合、イオン照射工程毎にソースガスを異ならせても良いし、同じソースガスを用いてもよい。例えば、ソースガスとして希ガスを用いてイオンを照射した後、水素を含むガスをソースガスとして用いてイオンを照射することができる。また、初めにハロゲンガス又はハロゲン化合物ガスを用いてイオン照射を行い、次に、水素ガスを含むガスを用いてイオン照射を行うこともできる。

30

【0037】

上記の損傷領域114を形成した後、絶縁層112を除去し、新たに絶縁層116を形成する(図1(D)参照)。ここで、絶縁層112を除去するのは、上記のイオン照射の際に、絶縁層112が損傷する可能性が高いためである。なお、絶縁層112の損傷が問題とならない場合には絶縁層112を除去する必要はない。この場合、絶縁層112上に新たに絶縁層116を形成しても良いし、絶縁層116を形成しない構成としても良い。

40

【0038】

絶縁層116を構成する材料としては、酸化珪素、窒化珪素、酸化窒化珪素、窒化酸化珪素、酸化ゲルマニウム、窒化ゲルマニウム、酸化窒化ゲルマニウム、窒化酸化ゲルマニウムなどの、珪素またはゲルマニウムを組成に含む絶縁材料を挙げることができる。また、酸化アルミニウム、酸化タンタル、酸化ハフニウムなどの金属の酸化物、窒化アルミニウムなどの金属の窒化物、酸化窒化アルミニウムなどの金属の酸化窒化物、窒化酸化アルミニウムなどの金属の窒化酸化物を用いてもよい。絶縁層116の形成方法としては、CVD法、スパッタ法、ボンド基板110の酸化(又は窒化)による方法などがある。なお

50

、本実施の形態において、絶縁層 116 は単層構造で示しているが、本発明はこれに限定して解釈されない。2層以上の積層構造とすることもできる。

【0039】

絶縁層 116 は、貼り合わせに係る層であるから、その表面は、高い平坦性を有することが好ましい。例えば、表面の算術平均粗さが 0.6 nm 以下（好ましくは 0.3 nm 以下）、二乗平均平方根粗さが 0.7 nm 以下（好ましくは 0.4 nm 以下）の層を形成する。このような絶縁層 116 としては、例えば、有機シランガスを用いて化学気相成長法により形成される酸化珪素膜を用いることができる。

【0040】

以下では説明の便宜上、図 1 (D) に示す構造を基板 140 と呼ぶこととする。

10

【0041】

その後、上記の第 1 のベース基板 100 と基板 140 とを貼り合わせる（図 1 (E) 参照）。具体的には、例えば、第 1 のベース基板 100 及び基板 140 の表面を超音波洗浄（周波数が 50 kHz 乃至 5 MHz の、いわゆるメガソニック洗浄を含む。）などの方法で洗浄し、親水基を付加する薬液（オゾン水や、アンモニア水と過酸化水素水（と水）との混合溶液など。その他の酸化剤でも良い。）を用いて処理した後、第 1 のベース基板 100 の表面と基板 140 の表面（より具体的には、絶縁層 116 の表面）を密着させて圧力をかける。なお、第 1 のベース基板 100 及び基板 140 の表面に施す処理としては、薬液処理以外にも、例えば酸素プラズマ処理などを挙げることができる。

【0042】

20

なお、貼り合わせにはファン・デル・ワールス力や水素結合などが関与していると考えられているため、これらの貼り合わせに係るメカニズムを最大限に利用する方法を用いることが好ましい。例えば、上記のように、貼り合わせを行う前に、第 1 のベース基板 100 及び基板 140 の表面に親水基を付加する薬液を用いた処理や、酸素プラズマ処理などを施すことにより、その表面を親水性にする方法がある。該処理によって、第 1 のベース基板 100 及び基板 140 の表面に親水基が付加されるため、貼り合わせ界面に多数の水素結合を形成することができるようになる。つまり、貼り合わせの強度を向上させることができる。

【0043】

30

なお、貼り合わせの際の雰囲気は、大気雰囲気、窒素雰囲気のような不活性雰囲気、酸素やオゾンを含む雰囲気、または減圧雰囲気とすることができる。不活性雰囲気中や、酸素やオゾンを含む雰囲気中で貼り合わせを行うことにより、第 1 のベース基板 100 及び基板 140 の表面に付加された親水基を有効に利用した貼り合わせが可能である。一方で、減圧雰囲気において貼り合わせを行うことも可能である。この場合には、雰囲気中の汚染物による影響を低減することができるため、貼り合わせに係る界面を清浄に保つことができる。また、貼り合わせの際の空気の閉じ込めを低減することもできる。

【0044】

40

次に、貼り合わせられた第 1 のベース基板 100 及び基板 140 に対して加熱処理を施して、貼り合わせを強固なものとする。当該加熱処理は、可能な限り貼り合わせ直後（基板搬送前）に行うようにする。貼り合わせ後、加熱処理前に基板の搬送を行う場合には、第 1 のベース基板 100 の撓みなどにより基板 140 が剥離する可能性が高くなるためである。

【0045】

上記加熱温度は、第 1 のベース基板の耐熱温度以下、かつ、損傷領域における分離が生じない温度とする必要がある。例えば、150 以上 450 以下、好ましくは 200 以上 400 以下とすることができる。処理時間は、好ましくは 1 分以上 10 時間以下（より好ましくは 3 分以上 3 時間以下）であるが、処理速度と貼り合わせ強度との関係から最適な条件を適宜設定することができる。本実施の形態においては、200、2 時間の加熱処理を施すこととする。なお、基板の貼り合わせに係る領域にのみマイクロ波を照射することで、局所的に加熱することも可能である。

50

【0046】

次に、基板140を絶縁層116及び半導体層118と、基板120とに分離する(図1(F)参照)。基板140の分離は、加熱処理により行う。該加熱処理の温度は、第1のベース基板100の耐熱温度を目安にすることができる。例えば、第1のベース基板100としてガラス基板を用いる場合には、加熱温度は400以上650以下とすることが好ましい。ただし、短時間であれば、400以上700以下の加熱処理を行っても良い。なお、本実施の形態においては、600、2時間の加熱処理を施すこととする。

【0047】

上述のような加熱処理を施すことで、損傷領域114に形成された微小な空孔の体積変化が生じ、損傷領域114に亀裂が生ずる。その結果、損傷領域114に沿って基板140が分離する。絶縁層116は第1のベース基板100と貼り合わせられているので、第1のベース基板100上には分離された半導体層118が残存することになる。本実施の形態においては損傷領域114を1.2 μ m程度の深さに形成しているため、この段階において、半導体層118の膜厚は1.2 μ m以下程度となる。また、この加熱処理で、第1のベース基板100と絶縁層116の接合界面が加熱されるため、接合界面に共有結合が形成され、第1のベース基板100と絶縁層116の結合力が一層向上する。

【0048】

上述のようにして形成された半導体層118の表面には、イオン照射工程や分離工程による欠陥が存在し、また、その平坦性が損なわれている。このように半導体層118中に欠陥が多い状態では、特性が低下し、また、本発明に特徴的な再度の貼り合わせが困難である。そのため、半導体層118の欠陥低減処理及び平坦化処理を行う。

【0049】

本実施の形態において、半導体層118の欠陥低減及び平坦性向上は、エッチング処理、レーザ光の照射処理、加熱処理、研磨処理のいずれか一又は複数を用いて実現される。例えば、加熱処理及びレーザ光の照射処理を行った後、研磨処理を行うというような構成でも良い。

【0050】

上記エッチング処理は、ドライエッチング処理としても良いし、ウェットエッチング処理であっても良い。エッチング処理により、半導体層118の平坦性を向上させることができる。

【0051】

上記レーザ光の照射処理には、例えば、連続発振のレーザ(CWレーザ)や、擬似的なCWレーザ(発振周波数が10MHz以上、好ましくは80MHz以上のパルス発振レーザ)などを用いることができる。具体的には、連続発振のレーザとして、Arレーザ、Krレーザ、CO₂レーザ、YAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YAlO₃レーザ、GdVO₄レーザ、Y₂O₃レーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライトレーザ、Ti:サファイアレーザ、ヘリウムカドミウムレーザ等を用いることができる。また擬似的なCWレーザとして、Arレーザ、Krレーザ、エキシマレーザ、CO₂レーザ、YAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YAlO₃レーザ、GdVO₄レーザ、Y₂O₃レーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライトレーザ、Ti:サファイアレーザ、銅蒸気レーザまたは金蒸気レーザのようなパルス発振レーザを用いることができる。このようなパルス発振レーザは、発振周波数を増加させると、連続発振レーザと同等に扱うことができる。該レーザ光の照射処理によって、半導体層118の欠陥を低減し、また、平坦性を向上させることができる。

【0052】

上記加熱処理は、第1のベース基板100の耐熱温度内の加熱処理であれば特に限定されない。例えば、本実施の形態のようにガラス基板を用いる場合には、650以下の温度条件にて行うことが好ましい。加熱処理によって、半導体層118の欠陥を低減することができる。なお、第1のベース基板100として耐熱性の高い基板(例えば、単結晶シ

10

20

30

40

50

リコン基板など)を用いる場合には、高温の加熱処理(例えば800以上1200以下程度)によって半導体層118の平坦性を向上させることができる。

【0053】

上記研磨処理では、例えば、半導体層118の表面の算術平均粗さが1nm以下(好ましくは0.5nm以下)、二乗平均平方根粗さが1.5nm以下(好ましくは1nm以下)となるように研磨を行うと良い。なお、研磨処理のみを用いる場合には、研磨量(厚さ)が数 μm と大きくなりがちであるから、上記いずれかの処理と組み合わせて用いることが好ましい。これにより、研磨量を0.5 μm 程度にまで低減することが可能である。

【0054】

本実施の形態においては、エッチング処理の後、レーザ光の照射処理を行い、その後、研磨処理を行う構成とする。これにより、第1のベース基板100上には、欠陥が低減し、表面の平坦性が向上した半導体層122が形成される(図1(G)参照)。なお、本実施の形態においては、半導体層122の膜厚は0.5 μm 程度である。

10

【0055】

分離された基板120についても、上記半導体層118に対する処理と同様の処理を行う。これにより、欠陥が低減し、平坦性が向上した再生ボンド基板160が形成される(図1(H)参照)。再生ボンド基板160は、上記工程におけるボンド基板110として繰り返し用いることができる。

【0056】

次に、半導体層122を用いて複数の半導体基板を形成する工程について説明する。はじめに、半導体層122の表面などを洗浄した後、半導体層122表面に絶縁層124を形成する(図2(A)参照)。絶縁層124を設けない構成とすることもできるが、後のイオン照射の際の半導体層122の汚染、半導体層122表面の損傷、半導体層122表面のエッチング等を防ぐためには、絶縁層124を設けることが好ましい。なお、絶縁層124は、絶縁層112と同様に形成することができるため、詳細については省略する。

20

【0057】

次に、絶縁層124に、電界で加速されたイオンでなるイオンビーム152を照射し、半導体層122の表面から所定の深さの領域に、損傷領域126を形成する(図2(B)参照)。イオンビーム152の照射の詳細はイオンビーム150を照射する場合と同様であるため、ここでは省略する。なお、ここでは、損傷領域126の深さが250nm程度となるようにイオンを照射する。

30

【0058】

イオン照射工程のソースガスとして水素を含むガスを用いる場合、 H^+ 、 H_2^+ 、 H_3^+ などのイオンが生成されることになる。ここで、後に形成される半導体素子の特性を考えると、半導体層122から分離して形成される半導体層は薄いことが好ましいと言える。つまり、損傷領域126は、半導体層122の表面から浅い位置に形成すると良い。この場合には、 H_2^+ や H_3^+ (特に H_3^+)の割合を高めることが好ましい。もちろん、イオンを浅く打ち込むことができれば、 H_2^+ や H_3^+ の割合を高めることに特に限定して解釈する必要はない。

40

【0059】

上記の損傷領域126を形成した後、絶縁層124を除去し、新たに絶縁層128を形成する(図2(C)参照)。ここで、絶縁層124を除去するのは、上記のイオン照射の際に、絶縁層124が損傷する可能性が高いためである。なお、絶縁層124の損傷が問題とならない場合には絶縁層124を除去する必要はない。この場合、絶縁層124上に新たに絶縁層128を形成しても良いし、絶縁層128を形成しない構成としても良い。

【0060】

絶縁層128の構成や材料、形成方法などは、絶縁層116と同様であるため、ここでは省略する。絶縁層128も貼り合わせに係る層であるから、その表面は、高い平坦性を有することが好ましい。このような高い平坦性を有する絶縁層128としては、例えば、

50

有機シランガスを用いて化学気相成長法により形成される酸化珪素膜を用いることができる。

【0061】

なお、以下では説明の便宜上、図2(C)に示す構造を基板142と呼ぶこととする。

【0062】

次に、第2のベース基板102を用意する(図2(D)参照)。第2のベース基板102としては第1のベース基板100と同様のものを用いることができるため、詳細は省略する。もちろん、第2の基板102として第1のベース基板100と同様のものを用いることに限定する必要はない。

【0063】

その後、第2のベース基板102と基板142とを貼り合わせる(図2(E)参照)。貼り合わせの詳細は、第1のベース基板100と基板140の貼り合わせと同様であるため、ここでは省略する。

【0064】

次に、貼り合わせられた第2のベース基板102及び基板142に対して加熱処理を施して、貼り合わせを強固なものとする。当該加熱処理は、可能な限り貼り合わせ直後(基板搬送前)に行うようにする。貼り合わせ後、加熱処理前に基板の搬送を行う場合には、第2のベース基板102の撓みなどにより基板142が剥離する可能性が高くなるためである。上記加熱処理の条件についても、第1のベース基板100及び基板140の場合と同様であるため省略する。

【0065】

次に、半導体層122を分離する(図示せず)。半導体層122の分離は、加熱処理により行う。該加熱処理の条件については、基板140の分離の条件と同様であるため省略する。

【0066】

上述のような加熱処理を施すことで、損傷領域126に形成された微小な空孔の体積変化が生じ、損傷領域126に亀裂が生ずる。その結果、損傷領域126に沿って半導体層122が分離する。これにより、第1のベース基板100上には分離された半導体層122の一部が配置され、第2のベース基板102上には分離された半導体層122の別の一部が配置されることになる。なお、ここでは損傷領域126を250nm程度の深さに形成しているため、この段階において、分離された半導体層の膜厚はそれぞれ250nm以下程度となる。また、分離の際の加熱処理で、第2のベース基板102と絶縁層128の結合力が一層向上する。

【0067】

上述のようにして分離された半導体層の表面には、イオン照射工程や分離工程による欠陥が存在し、また、その平坦性が損なわれている。このため、該半導体層の欠陥低減処理及び平坦化処理を行う。欠陥低減処理及び平坦化処理は、半導体層118の欠陥低減処理や平坦性向上処理と同様に行うことができる。欠陥の低減と表面の平坦性向上を効果的に行うためには、特にレーザ光照射処理が好適である。

【0068】

以上により、第1のベース基板100上に半導体層130が形成された半導体基板170及び第2のベース基板102上に半導体層132が形成された半導体基板172が完成する(図2(F)及び図2(G)参照)。なお、本実施の形態において最終的に形成される半導体層130及び半導体層132の膜厚は、100nm以下程度である。

【0069】

上述のように、本実施の形態では、ボンド基板から分離される半導体層を厚くして、分離された一の半導体層から二つの半導体基板を作製している。これにより、ボンド基板の再生処理に係る負担を半減することができる。すなわち、ボンド基板を再生処理する際に必要な加熱処理や研磨処理等の回数を実質的に減らすことができるため、傷や割れなどの問題が生じる可能性を低下させることができる。つまり、一のボンド基板から多数の半導

10

20

30

40

50

体基板を作製することができるため、半導体基板の作製コストを大幅に低減することができる。

【0070】

また、ボンド基板の再生処理の回数が増加すると、ボンド基板から分離される半導体層の品質が低下するという問題が生じる。この問題は、加熱処理や研磨処理による欠陥の増加などに起因するものである。本発明ではボンド基板に施す再生処理の回数を低減することができるため、ボンド基板中の欠陥増加を最小限に抑制することができ、半導体層の品質を保った半導体基板を提供することができる。

【0071】

なお、本実施の形態においては、一の半導体層を用いて二つの半導体基板を作製する場合について説明したが、本発明はこれに限定されない。一の半導体層を用いて3以上の半導体基板を作製しても良い。この場合には、ボンド基板から分離される半導体層をより厚く形成する必要が生じるが、ボンド基板の再生処理に係る負担をより一層低減することが可能である。すなわち、半導体基板の作製コストをより一層低減することが可能である。また、半導体層を厚く形成することにより、半導体層の貼り合わせ不良を低減し、半導体層中の欠陥や空孔の発生を抑制できるため、半導体層の品質を保つことができる。

10

【0072】

(実施の形態2)

本実施の形態では、図3乃至図5を参照して、上述の半導体基板を用いた半導体装置の作製方法について説明する。ここでは、半導体装置の一例として複数のトランジスタ(薄膜トランジスタ)からなる半導体装置の作製方法について説明することとする。なお、以下において示すトランジスタを組み合わせて用いることで、様々な半導体装置を形成することができる。

20

【0073】

図3(A)は、実施の形態1により作製した半導体基板の断面図である。ただし、本実施の形態においては、実施の形態1における絶縁層116又は絶縁層128を2層構造とした場合について示している。

【0074】

半導体層300(実施の形態1における半導体層130及び半導体層132に対応)には、薄膜トランジスタ(以下、TFTという。)の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、若しくはリン、砒素などのn型不純物を添加しても良い。不純物を添加する領域、および添加する不純物の種類は、適宜変更することができる。例えば、nチャネル型TFTの形成領域にはp型不純物を添加し、pチャネル型TFTの形成領域にn型不純物を添加することができる。上述の不純物を添加する際には、ドーズ量が $1 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ 以上 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^2$ 以下程度となるように行えばよい。その後、半導体層300を島状に分離して、半導体層302、及び半導体層304を形成する(図3(B)参照)。

30

【0075】

次に、半導体層302と半導体層304を覆うように、ゲート絶縁層306を形成する(図3(C)参照)。ここでは、プラズマCVD法を用いて、酸化珪素膜を単層で形成することとする。その他にも、酸化窒化珪素、窒化酸化珪素、窒化珪素、酸化ハフニウム、酸化アルミニウム、酸化タンタル等を含む膜を、単層構造又は積層構造で形成することによりゲート絶縁層306としても良い。

40

【0076】

プラズマCVD法以外の作製方法としては、スパッタリング法や、高密度プラズマ処理による酸化または窒化による方法が挙げられる。高密度プラズマ処理は、例えば、ヘリウム、アルゴン、クリプトン、キセノンなどの希ガスと、酸素、酸化窒素、アンモニア、窒素、水素などガスの混合ガスを用いて行う。この場合、プラズマの励起をマイクロ波の導入により行うことで、低電子温度で高密度のプラズマを生成することができる。このような高密度のプラズマで生成された酸素ラジカル(OHラジカルを含む場合もある)や窒素

50

ラジカル（NHラジカルを含む場合もある）によって、半導体層の表面を酸化または窒化することにより、1 nm以上20 nm以下、望ましくは2 nm以上10 nm以下の絶縁層を半導体層に接するように形成する。

【0077】

上述した高密度プラズマ処理による半導体層の酸化または窒化は固相反応であるため、ゲート絶縁層306と半導体層302、ゲート絶縁層306と半導体層304の界面準位密度をきわめて低くすることができる。また、高密度プラズマ処理により半導体層を直接酸化または窒化することで、形成される絶縁層の厚さのばらつきを抑えることができる。また、半導体層が結晶性を有するため、高密度プラズマ処理を用いて半導体層の表面を固相反応で酸化させる場合であっても、結晶粒界における不均一な酸化を抑え、均一性が良

10

【0078】

プラズマ処理による絶縁層の作製方法のより具体的な一例について説明する。亜酸化窒素（ N_2O ）を、アルゴン（Ar）を用いて1倍以上3倍以下（流量比）に希釈し、10 Pa以上30 Pa以下の圧力で3 kW以上5 kW以下のマイクロ波（2.45 GHz）電力を印加して、半導体層302と半導体層304の表面を酸化または窒化させる。この処理により1 nm以上10 nm以下（好ましくは2 nm以上6 nm以下）のゲート絶縁層306の下層を形成する。さらに、亜酸化窒素（ N_2O ）とシラン（ SiH_4 ）を導入し

20

【0079】

或いは、半導体層302と半導体層304を熱酸化させることで、ゲート絶縁層306を形成するようにしても良い。このような熱酸化を用いる場合には、耐熱性の比較的高いベース基板を用いることが好ましい。

【0080】

なお、水素を含むゲート絶縁層306を形成し、その後、350 以上450 以下の温度による加熱処理を行うことで、ゲート絶縁層306中に含まれる水素を半導体層302及び半導体層304中に拡散させるようにしても良い。この場合、ゲート絶縁層306として、プラズマCVD法を用いた窒化シリコン又は窒化酸化シリコンを用いることができる。なお、プロセス温度は350 以下とすると良い。このように、半導体層302及び半導体層304に水素を供給することで、半導体層302中、半導体層304中、ゲート絶縁層306と半導体層302の界面、及びゲート絶縁層306と半導体層304の界面における欠陥を効果的に低減することができる。

30

【0081】

次に、ゲート絶縁層306上に導電層を形成した後、該導電層を所定の形状に加工（パターニング）することで、半導体層302と半導体層304の上方に電極308を形成する（図3（D）参照）。導電層の形成にはCVD法、スパッタリング法等を用いることができる。導電層は、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）等の材料を用いて形成することができる。また、上記金属を主成分とする合金材料を用いても良いし、上記金属を含む化合物を用いても良い。または、半導体に導電性を付与する不純物元素をドーピングした多結晶珪素など、半導体材料を用いて形成しても良い。

40

【0082】

本実施の形態では電極308を単層の導電層で形成しているが、本発明の半導体装置は該構成に限定されない。電極308は積層された複数の導電層で形成されていても良い。

50

2層構造とする場合には、例えば、モリブデン膜、チタン膜、窒化チタン膜等を下層に用い、上層にはアルミニウム膜などを用いればよい。3層構造の場合には、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や、チタン膜とアルミニウム膜とチタン膜の積層構造などを採用するとよい。

【0083】

なお、電極308を形成する際に用いるマスクは、酸化珪素や窒化酸化珪素等の材料を用いて形成してもよい。この場合、酸化珪素膜や窒化酸化珪素膜等をパターンニングしてマスクを形成する工程が加わるが、レジスト材料と比較して、エッチング時におけるマスクの膜減りが少ないため、より正確な形状の電極308を形成することができる。また、マスクを用いずに、液滴吐出法を用いて選択的に電極308を形成しても良い。ここで、液滴吐出法とは、所定の組成物を含む液滴を吐出または噴出することで所定のパターンを形成する方法を意味し、インクジェット法などがその範疇に含まれる。

10

【0084】

また、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) を適宜調節し、所望のテーパ形状を有するように導電層をエッチングすることで、電極308を形成することもできる。また、テーパ形状は、マスクの形状によって制御することもできる。なお、エッチング用ガスとしては、塩素、塩化硼素、塩化珪素もしくは四塩化炭素などの塩素系ガス、四弗化炭素、弗化硫黄もしくは弗化窒素などのフッ素系ガス又は酸素などを適宜用いる

20

【0085】

次に、電極308をマスクとして、一導電型を付与する不純物元素を半導体層302、半導体層304に添加する (図4(A)参照)。本実施の形態では、半導体層302にn型を付与する不純物元素 (例えばリンまたはヒ素) を、半導体層304にp型を付与する不純物元素 (例えばボロン) を添加する。なお、n型を付与する不純物元素を半導体層302に添加する際には、p型の不純物が添加される半導体層304はマスク等で覆い、n型を付与する不純物元素の添加が選択的に行われるようにする。また、p型を付与する不純物元素を半導体層304に添加する際には、n型の不純物が添加される半導体層302はマスク等で覆い、p型を付与する不純物元素の添加が選択的に行われるようにする。又は、半導体層302及び半導体層304に、p型を付与する不純物元素又はn型を付与する不純物元素の一方を添加した後、一方の半導体層のみに、より高い濃度でp型を付与する不純物元素又はn型を付与する不純物元素の他方を添加するようにしても良い。上記不純物の添加により、半導体層302に不純物領域310、半導体層304に不純物領域312が形成される。

30

【0086】

次に、電極308の側面にサイドウォール314を形成する (図4(B)参照)。サイドウォール314は、例えば、ゲート絶縁層306及び電極308を覆うように新たに絶縁層を形成し、垂直方向を主体とした異方性エッチングにより、該絶縁層を部分的にエッチングすることで形成することができる。なお、上記の異方性エッチングにより、ゲート絶縁層306を部分的にエッチングしても良い。サイドウォール314を形成するための絶縁層としては、プラズマCVD法やスパッタリング法等により、珪素、酸化珪素、窒化珪素、酸化窒化珪素、窒化酸化珪素、有機材料などを含む膜を、単層構造又は積層構造で形成すれば良い。本実施の形態では、膜厚100nmの酸化珪素膜をプラズマCVD法によって形成する。また、エッチングガスとしては、 CHF_3 とヘリウムの混合ガスを用いることができる。なお、サイドウォール314を形成する工程は、これらに限定されるものではない。

40

【0087】

次に、ゲート絶縁層306、電極308及びサイドウォール314をマスクとして、半導体層302、半導体層304に一導電型を付与する不純物元素を添加する (図4(C))

50

参照)。なお、半導体層302、半導体層304には、それぞれ先の工程で添加した不純物元素と同じ導電型の不純物元素をより高い濃度で添加する。なお、n型を付与する不純物元素を半導体層302に添加する際には、p型の不純物が添加される半導体層304はマスク等で覆い、n型を付与する不純物元素の添加が選択的に行われるようにする。また、p型を付与する不純物元素を半導体層304に添加する際には、n型の不純物が添加される半導体層302はマスク等で覆い、p型を付与する不純物元素の添加が選択的に行われるようにする。

【0088】

上記不純物元素の添加により、半導体層302に、一对の高濃度不純物領域316と、一对の低濃度不純物領域318と、チャンネル形成領域320とが形成される。また、上記不純物元素の添加により、半導体層304に、一对の高濃度不純物領域322と、一对の低濃度不純物領域324と、チャンネル形成領域326とが形成される。高濃度不純物領域316、高濃度不純物領域322はソース又はドレインとして機能し、低濃度不純物領域318、低濃度不純物領域324はLDD (Lightly Doped Drain) 領域として機能する。

【0089】

なお、半導体層302上に形成されたサイドウォール314と、半導体層304上に形成されたサイドウォール314は、キャリアが移動する方向(いわゆるチャンネル長に平行な方向)の長さが同じになるように形成しても良いが、異なるように形成しても良い。pチャンネル型トランジスタとなる半導体層304上のサイドウォール314の長さは、nチャンネル型トランジスタとなる半導体層302上のサイドウォール314の長さよりも大きくすると良い。なぜならば、pチャンネル型トランジスタにおいてソース及びドレインを形成するために注入されるボロンは拡散しやすく、短チャンネル効果を誘起しやすいためである。pチャンネル型トランジスタにおいて、サイドウォール314の長さをより大きくすることで、ソース及びドレインに高濃度のボロンを添加することが可能となり、ソース及びドレインを低抵抗化することができる。

【0090】

ソース及びドレインをさらに低抵抗化するために、半導体層302及び半導体層304の一部をシリサイド化したシリサイド層を形成しても良い。シリサイド化は、半導体層に金属を接触させ、加熱処理(例えば、GRTA法、LRTA法等)により、半導体層中の珪素と金属とを反応させて行う。シリサイド層としては、コバルトシリサイド又はニッケルシリサイドを用いれば良い。半導体層302や半導体層304が薄い場合には、半導体層302、半導体層304の底部までシリサイド反応を進めても良い。シリサイド化に用いることができる金属材料としては、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、タングステン(W)、モリブデン(Mo)、コバルト(Co)、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、バナジウム(V)、ネオジム(Nb)、クロム(Cr)、白金(Pt)、パラジウム(Pd)等が挙げられる。また、レーザ光の照射などによってもシリサイド層を形成することができる。

【0091】

上述の工程により、nチャンネル型トランジスタ328及びpチャンネル型トランジスタ330が形成される。なお、図4(C)に示す段階では、ソース電極又はドレイン電極として機能する導電層は形成されていないが、これらのソース電極又はドレイン電極として機能する導電層を含めてトランジスタと呼ぶこともある。

【0092】

次に、nチャンネル型トランジスタ328、pチャンネル型トランジスタ330を覆うように絶縁層332を形成する(図4(D)参照)。絶縁層332は必ずしも設ける必要はないが、絶縁層332を形成することで、アルカリ金属やアルカリ土類金属などの不純物がnチャンネル型トランジスタ328、pチャンネル型トランジスタ330に侵入することを防止できる。具体的には、絶縁層332を、酸化珪素、窒化珪素、酸化窒化珪素、窒化酸化珪素、窒化アルミニウム、酸化アルミニウムなどの材料を用いて形成するのが望ましい。

本実施の形態では、膜厚600nm程度の窒化酸化珪素膜を、絶縁層332として用いる。この場合、上述の水素化の工程は、該窒化酸化珪素膜形成後に行っても良い。なお、本実施の形態においては、絶縁層332を単層構造としているが、積層構造としても良いことはいうまでもない。例えば、2層構造とする場合には、酸化窒化珪素膜と窒化酸化珪素膜との積層構造とすることができる。

【0093】

次に、nチャネル型トランジスタ328、pチャネル型トランジスタ330を覆うように、絶縁層332上に絶縁層334を形成する。絶縁層334は、ポリイミド、アクリル、ポリイミド、ベンゾシクロブテン、ポリアミド、エポキシ等の、耐熱性を有する有機材料を用いて形成するとよい。また、上記有機材料の他に、低誘電率材料(Low-k材料)、シロキサン系樹脂、酸化珪素、窒化珪素、酸化窒化珪素、窒化酸化珪素、PSG(リンガラス)、BPSG(リンボロンガラス)、アルミナ等を用いることもできる。ここで、シロキサン系樹脂とは、シロキサン系材料を出発材料として形成されたSi-O-Si結合を含む樹脂に相当する。シロキサン系樹脂は、置換基に水素の他、フッ素、アルキル基、芳香族炭化水素から選ばれる一を有していても良い。なお、これらの材料で形成される絶縁層を複数積層させることで、絶縁層334を形成しても良い。

10

【0094】

絶縁層334の形成には、その材料に応じて、CVD法、スパッタ法、SOG法、スピコート、ディップ、スプレー塗布、液滴吐出法(インクジェット法、スクリーン印刷、オフセット印刷等)、ドクターナイフ、ロールコーター、カーテンコーター、ナイフコーター等を用いることができる。

20

【0095】

次に、半導体層302と半導体層304の一部が露出するように絶縁層332及び絶縁層334にコンタクトホールを形成する。そして、該コンタクトホールを介して半導体層302と半導体層304に接する導電層336、導電層338を形成する(図5(A)参照)。導電層336及び導電層338は、トランジスタのソース電極又はドレイン電極として機能する。なお、本実施の形態においては、コンタクトホール開口時のエッチングに用いるガスとしてCHF₃とHeの混合ガスを用いたが、これに限定されるものではない。

【0096】

導電層336、導電層338は、CVD法やスパッタリング法等により形成することができる。具体的には、導電層336、導電層338として、アルミニウム(Al)、タングステン(W)、チタン(Ti)、 tantalum(Ta)、モリブデン(Mo)、ニッケル(Ni)、白金(Pt)、銅(Cu)、金(Au)、銀(Ag)、マンガン(Mn)、ネオジム(Nd)、炭素(C)、珪素(Si)等を用いることができる。また、上記材料を主成分とする合金を用いても良いし、上記材料を含む化合物を用いても良い。また、導電層336、導電層338は、単層構造としても良いし、積層構造としても良い。

30

【0097】

アルミニウムを主成分とする合金の例としては、アルミニウムを主成分として、ニッケルを含むものを挙げることができる。また、アルミニウムを主成分とし、ニッケルと、炭素または珪素の一方または両方を含むものを挙げることができる。アルミニウムやアルミニウムシリコン(Al-Si)は抵抗値が低く、安価であるため、導電層336、導電層338を形成する材料として適している。特に、アルミニウムシリコンは、パターニングの際のレジストバークによるヒロックの発生を抑制することができるため好ましい。また、珪素の代わりに、アルミニウムに0.5%程度のCuを混入させた材料を用いても良い。

40

【0098】

導電層336、導電層338を積層構造とする場合には、例えば、バリア膜とアルミニウムシリコン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膜と窒化チタン膜とバリア膜の積層構造などを採用するとよい。なお、バリア膜とは、チタン、チタンの

50

窒化物、モリブデンまたはモリブデンの窒化物などを用いて形成された膜である。バリア膜の間にアルミニウムシリコン膜を挟むように導電層を形成すると、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より一層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を用いてバリア膜を形成すると、半導体層 302 と半導体層 304 上に薄い酸化膜が形成されていたとしても、バリア膜に含まれるチタンが該酸化膜を還元し、導電層 336 と半導体層 302、及び導電層 338 と半導体層 304 のコンタクトを良好なものとするることができる。また、バリア膜を複数積層するようにして用いても良い。その場合、例えば、導電層 336、導電層 338 を、下層からチタン、窒化チタン、アルミニウムシリコン、チタン、窒化チタンのように、5 層構造又はそれ以上の積層構造とすることもできる。

10

【0099】

また、導電層 336、導電層 338 として、 WF_6 ガスと SiH_4 ガスから化学気相成長法で形成したタングステンシリサイドを用いても良い。また、 WF_6 を水素還元して形成したタングステンを、導電層 336、導電層 338 として用いても良い。

【0100】

なお、導電層 336 は n チャネル型トランジスタ 328 の高濃度不純物領域 316 に接続されている。導電層 338 は p チャネル型トランジスタ 330 の高濃度不純物領域 322 に接続されている。

【0101】

図 5 (B) に、図 5 (A) に示した n チャネル型トランジスタ 328 及び p チャネル型トランジスタ 330 の平面図を示す。ここで、図 5 (B) の M - N における断面が図 5 (A) に対応している。ただし、図 5 (B) においては、簡単のため、導電層 336、導電層 338、絶縁層 332、絶縁層 334 等を省略している。

20

【0102】

なお、本実施の形態においては、n チャネル型トランジスタ 328 と p チャネル型トランジスタ 330 が、それぞれゲート電極として機能する電極 308 を 1 つずつ有する場合を例示しているが、本発明は該構成に限定されない。本発明で作製されるトランジスタは、ゲート電極として機能する電極を複数有し、なおかつ該複数の電極が電氣的に接続されているマルチゲート構造を有していても良い。

【0103】

本実施の形態では、ボンド基板の再利用回数を向上した半導体基板を用いて半導体装置 (トランジスタ) を作製している。このため、作製コストを十分に低減した安価な半導体装置を提供することができる。また、ボンド基板から分離される半導体層を厚くすることにより、半導体基板の作製工程における貼り合わせ不良を低減することができるため、これを用いて信頼性が高く高性能な半導体装置を提供することが可能となる。

30

【0104】

本実施の形態は、実施の形態 1 と組み合わせて用いることができる。

【0105】

(実施の形態 3)

本実施の形態では、実施の形態 2 において作製した半導体装置を用いた電子機器について、図 6 及び図 7 を参照して説明する。

40

【0106】

半導体装置を用いて作製される電子機器としては、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。

【0107】

50

なお、本発明の半導体基板を用いた半導体装置は、電子機器中の表示部（画素部や駆動回路部を含む）やCPU、メモリなどに適用される。

【0108】

図6(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601、支持台602、表示部603、スピーカー部604、ビデオ入力端子605等を含む。表示部603には、本発明の半導体装置が用いられている。本発明により、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低価格に提供することができる。

【0109】

図6(B)はデジタルカメラである。本体611の正面部分には受像部613が設けられており、本体611の上面部分にはシャッターボタン616が設けられている。また、本体611の背面部分には、表示部612、操作キー614、及び外部接続ポート615が設けられている。表示部612、CPU（図示せず）、メモリ（図示せず）等に本発明の半導体装置が用いられている。本発明により、信頼性が高く高性能なデジタルカメラを低価格に提供することができる。

10

【0110】

図6(C)はノート型パーソナルコンピュータである。本体621には、キーボード624、外部接続ポート625、ポインティングデバイス626が設けられている。また、本体621には、表示部623を有する筐体622が取り付けられている。表示部623、CPU（図示せず）、メモリ（図示せず）等に本発明の半導体装置が用いられている。本発明により、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低価格に提供することができる。

20

【0111】

図6(D)はモバイルコンピュータであり、本体631、表示部632、スイッチ633、操作キー634、赤外線ポート635等を含む。表示部632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632、CPU（図示せず）、メモリ（図示せず）等に本発明の半導体装置が用いられている。本発明により、信頼性が高く高性能なモバイルコンピュータを低価格に提供することができる。

【0112】

図6(E)は画像再生装置である。本体641には、表示部B644、記録媒体読み込み部645及び操作キー646が設けられている。また、本体641には、スピーカー部647及び表示部A643を有する筐体642が取り付けられている。表示部A643及び表示部B644、CPU（図示せず）、メモリ（図示せず）等に本発明の半導体装置が用いられている。本発明により、信頼性が高く高性能な画像再生装置を低価格に提供することができる。

30

【0113】

図6(F)は電子書籍である。本体651には操作キー653が設けられている。また、本体651には複数の表示部652が取り付けられている。表示部652、CPU（図示せず）、メモリ（図示せず）等に本発明の半導体装置が用いられている。本発明により、信頼性が高く高性能な電子書籍を低価格に提供することができる。

40

【0114】

図6(G)はビデオカメラであり、本体661には外部接続ポート664、リモコン受信部665、受像部666、バッテリー667、音声入力部668、操作キー669が設けられている、また、本体661には、表示部662を有する筐体663が取り付けられている。表示部662、受光素子（図示せず）、CPU（図示せず）、メモリ（図示せず）等に本発明の半導体装置が用いられている。本発明により、信頼性が高く高性能なビデオカメラを低価格に提供することができる。

【0115】

図6(H)は携帯電話であり、本体671、筐体672、表示部673、音声入力部674、音声出力部675、操作キー676、外部接続ポート677、アンテナ678等を

50

含む。表示部 673、CPU（図示せず）、メモリ（図示せず）等に本発明の半導体装置が用いられている。本発明により、信頼性が高く高性能な携帯電話を低価格で提供することができる。

【0116】

図7は、電話としての機能と、情報端末としての機能を併せ持った携帯電子機器700の構成の一例である。ここで、図7(A)は正面図、図7(B)は背面図、図7(C)は展開図である。携帯電子機器700は、電話と情報端末の双方の機能を備えており、音声通話以外にも様々なデータ処理が可能な、いわゆるスマートフォンと呼ばれる電子機器である。

【0117】

携帯電子機器700は、筐体701及び筐体702で構成されている。筐体701は、表示部711、スピーカー712、マイクロフォン713、操作キー714、ポインティングデバイス715、カメラ用レンズ716、外部接続端子717等を備え、筐体702は、キーボード721、外部メモリスロット722、カメラ用レンズ723、ライト724、イヤフォン端子725等を備えている。また、アンテナは筐体701内部に内蔵されている。上記構成に加えて、非接触ICチップ、小型記録装置等を内蔵していてもよい。

【0118】

表示部711、受光素子（図示せず）、CPU（図示せず）、メモリ（図示せず）等に本発明の半導体装置が組み込まれている。なお、表示部711に表示される映像（及びその表示方向）は、携帯電子機器700の使用形態に応じて様々に変化する。また、表示部711と同一面にカメラ用レンズ716を備えているため、映像を伴う音声通話（いわゆるテレビ電話）が可能である。なお、スピーカー712及びマイクロフォン713は音声通話に限らず、録音、再生等に用いることが可能である。カメラ用レンズ723（及び、ライト724）を用いて静止画及び動画の撮影を行う場合には、表示部711はファインダーとして用いられることになる。操作キー714は、電話の発信・着信、電子メール等の簡単な情報入力、画面のスクロール、カーソル移動等に用いられる。

【0119】

重なり合った筐体701と筐体702（図7(A)）は、スライドし、図7(C)のように展開し、情報端末として使用できる。この場合には、キーボード721、ポインティングデバイス715を用いた円滑な操作が可能である。外部接続端子717はACアダプタやUSBケーブル等の各種ケーブルと接続可能であり、充電やコンピュータ等とのデータ通信を可能にしている。また、外部メモリスロット722に記録媒体を挿入し、より大容量のデータの保存及び移動に対応できる。上記機能に加えて、赤外線などの電磁波を用いた無線通信機能や、テレビ受信機能等を有していても良い。本発明により、信頼性が高く高性能な携帯電子機器を低価格に提供することができる。

【0120】

以上の様に、本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及び実施の形態2と組み合わせて用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0121】

【図1】半導体基板の製造方法について説明する図である。

【図2】半導体基板の製造方法について説明する図である。

【図3】半導体装置の作製工程を示す図である。

【図4】半導体装置の作製工程を示す図である。

【図5】半導体装置の平面図及び断面図である。

【図6】半導体装置を用いた電子機器を示す図である。

【図7】半導体装置を用いた電子機器を示す図である。

【符号の説明】

【0122】

10

20

30

40

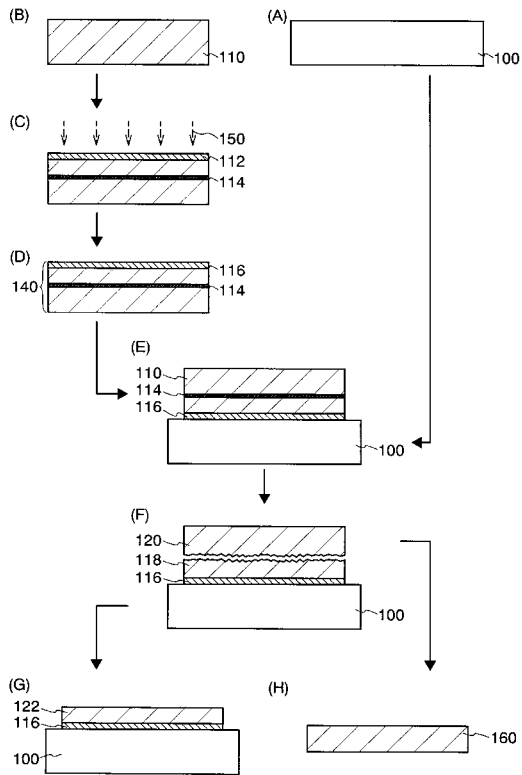
50

1 0 0	ベース基板	
1 0 2	ベース基板	
1 1 0	ボンド基板	
1 1 2	絶縁層	
1 1 4	損傷領域	
1 1 6	絶縁層	
1 1 8	半導体層	
1 2 0	基板	
1 2 2	半導体層	
1 2 4	絶縁層	10
1 2 6	損傷領域	
1 2 8	絶縁層	
1 3 0	半導体層	
1 3 2	半導体層	
1 4 0	基板	
1 4 2	基板	
1 5 0	イオンビーム	
1 5 2	イオンビーム	
1 6 0	再生ボンド基板	
1 7 0	半導体基板	20
1 7 2	半導体基板	
3 0 0	半導体層	
3 0 2	半導体層	
3 0 4	半導体層	
3 0 6	ゲート絶縁層	
3 0 8	電極	
3 1 0	不純物領域	
3 1 2	不純物領域	
3 1 4	サイドウォール	
3 1 6	高濃度不純物領域	30
3 1 8	低濃度不純物領域	
3 2 0	チャンネル形成領域	
3 2 2	高濃度不純物領域	
3 2 4	低濃度不純物領域	
3 2 6	チャンネル形成領域	
3 2 8	nチャンネル型トランジスタ	
3 3 0	pチャンネル型トランジスタ	
3 3 2	絶縁層	
3 3 4	絶縁層	
3 3 6	導電層	40
3 3 8	導電層	
6 0 1	筐体	
6 0 2	支持台	
6 0 3	表示部	
6 0 4	スピーカ一部	
6 0 5	ビデオ入力端子	
6 1 1	本体	
6 1 2	表示部	
6 1 3	受像部	
6 1 4	操作キー	50

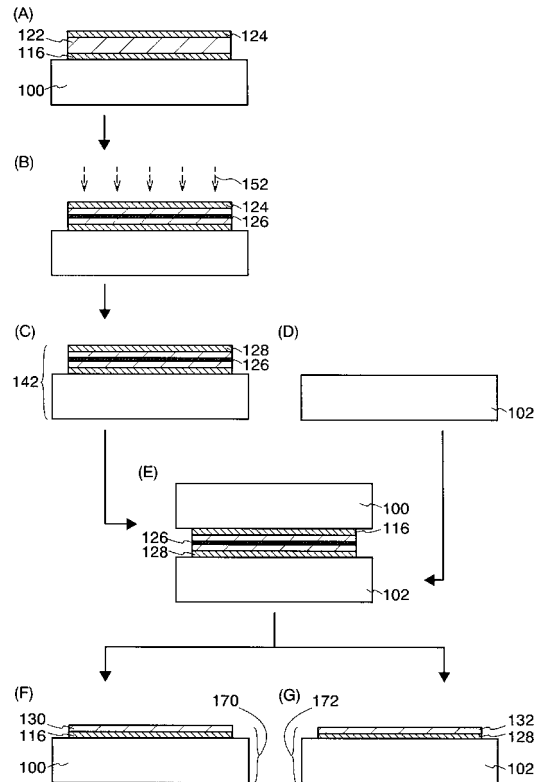
6 1 5	外部接続ポート	
6 1 6	シャッターボタン	
6 2 1	本体	
6 2 2	筐体	
6 2 3	表示部	
6 2 4	キーボード	
6 2 5	外部接続ポート	
6 2 6	ポインティングデバイス	
6 3 1	本体	
6 3 2	表示部	10
6 3 3	スイッチ	
6 3 4	操作キー	
6 3 5	赤外線ポート	
6 4 1	本体	
6 4 2	筐体	
6 4 3	表示部 A	
6 4 4	表示部 B	
6 4 5	記録媒体読み込み部	
6 4 6	操作キー	
6 4 7	スピーカ部	20
6 5 1	本体	
6 5 2	表示部	
6 5 3	操作キー	
6 6 1	本体	
6 6 2	表示部	
6 6 3	筐体	
6 6 4	外部接続ポート	
6 6 5	リモコン受信部	
6 6 6	受像部	
6 6 7	バッテリー	30
6 6 8	音声入力部	
6 6 9	操作キー	
6 7 1	本体	
6 7 2	筐体	
6 7 3	表示部	
6 7 4	音声入力部	
6 7 5	音声出力部	
6 7 6	操作キー	
6 7 7	外部接続ポート	
6 7 8	アンテナ	40
7 0 0	携帯電子機器	
7 0 1	筐体	
7 0 2	筐体	
7 1 1	表示部	
7 1 2	スピーカ	
7 1 3	マイクロフォン	
7 1 4	操作キー	
7 1 5	ポインティングデバイス	
7 1 6	カメラ用レンズ	
7 1 7	外部接続端子	50

- 7 2 1 キーボード
- 7 2 2 外部メモリスロット
- 7 2 3 カメラ用レンズ
- 7 2 4 ライト
- 7 2 5 イヤフォン端子

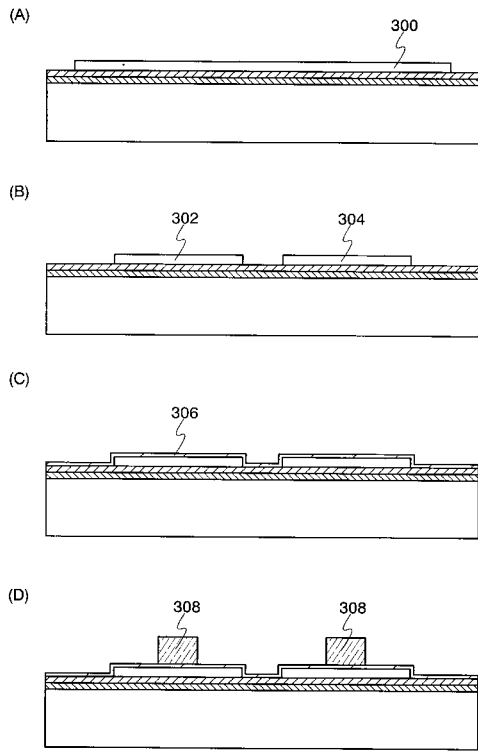
【 図 1 】



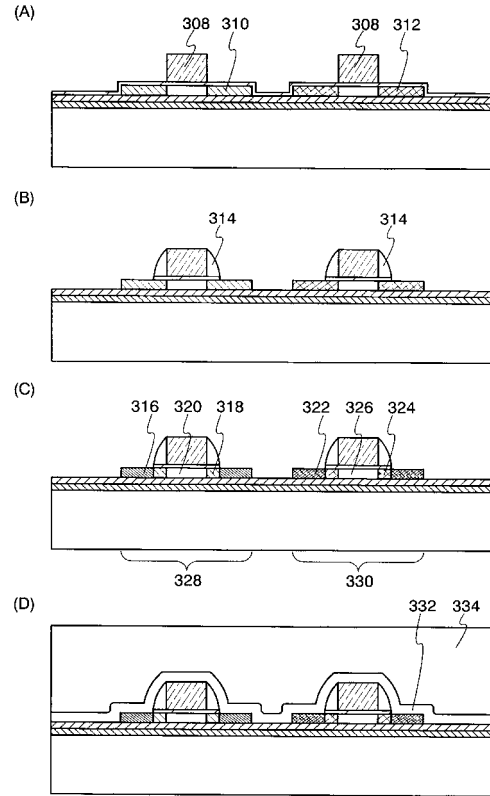
【 図 2 】



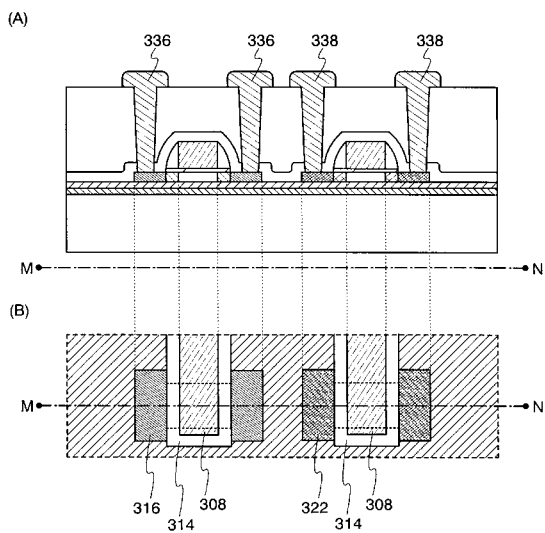
【 図 3 】



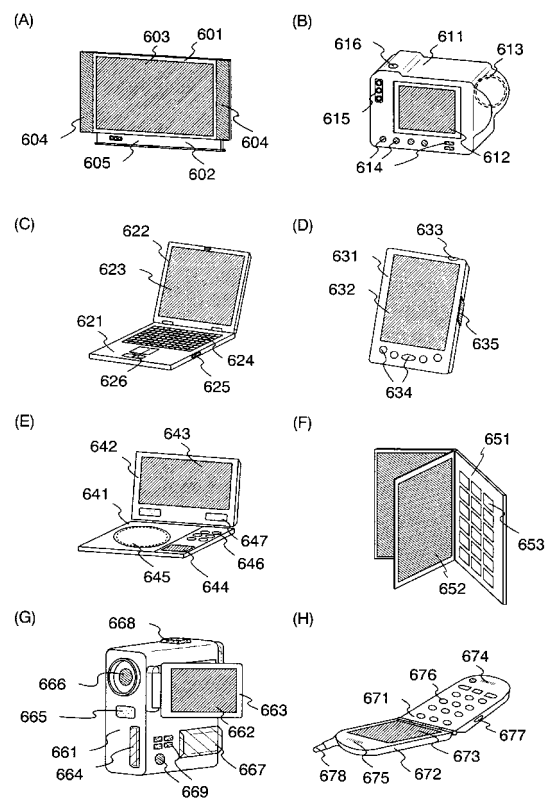
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

