

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6486137号
(P6486137)

(45) 発行日 平成31年3月20日 (2019. 3. 20)

(24) 登録日 平成31年3月1日 (2019. 3. 1)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006. 01)

H O 1 L 21/302 I O 5 A

H O 1 L 21/768 (2006. 01)

H O 1 L 21/90 A

H O 1 L 21/90 C

請求項の数 13 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2015-27943 (P2015-27943)
 (22) 出願日 平成27年2月16日 (2015. 2. 16)
 (65) 公開番号 特開2016-152275 (P2016-152275A)
 (43) 公開日 平成28年8月22日 (2016. 8. 22)
 審査請求日 平成30年2月7日 (2018. 2. 7)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康德
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (74) 代理人 100130409
 弁理士 下山 治
 (74) 代理人 100134175
 弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の高さと前記第1の高さよりも高い第2の高さとを有する構造の上に絶縁部材を形成する工程と、

前記絶縁部材に複数の開口を形成する工程と、を有し、

前記複数の開口を形成する工程は、

前記絶縁部材のエッチングを、開口の大きさが大きいものほど前記絶縁部材のエッチング量が大きくなる条件で行う第1工程と、

前記第1工程の後に、前記絶縁部材のエッチングを、開口の大きさが小さいものほど前記絶縁部材のエッチング量が大きくなる条件で行う第2工程と、

を含んでおり、

前記第1工程では、

前記構造の前記第1の高さの上面の上に、第1の幅を有する第1の開口であってその底面が前記第2の高さよりも高い第1の開口を形成し、

前記構造の前記第2の高さの上面の上に、第2の幅を有する第2の開口であってその底面が前記第2の高さよりも高い第2の開口を形成し、

前記構造の前記第1の高さの上面の上かつ前記第1の開口とは異なる位置に、前記第1の幅および前記第2の幅よりも大きい第3の幅を有する第3の開口であってその底面が前記第2の高さよりも高い第3の開口を形成し、

前記第2工程では、前記絶縁部材のうちの前記第3の開口の下の部分を残存させながら

10

20

、前記絶縁部材のうちの前記第 1 の開口および前記第 2 の開口のそれぞれの下部分を前記構造の前記第 1 の高さおよび前記第 2 の高さのそれぞれの上面が露出するように除去する

ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】

前記構造は、半導体基板と該半導体基板に形成された MOS トランジスタとを含み、
前記第 1 の高さと同前記第 2 の高さにより形成される前記構造の上面の高低差は、前記 MOS トランジスタのゲート電極の厚さにしたがつ

ことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】

前記第 2 工程では、前記絶縁部材のエッチング量が前記構造のエッチング量よりも大きくなる条件でエッチングを行う

ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】

前記構造は、その表面が、前記絶縁部材とは異なる材料で構成された絶縁性の膜で覆われており、

前記第 2 工程では、前記絶縁性の膜はエッチングストップとして作用する

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

前記絶縁部材は酸化シリコンで構成され、前記絶縁性の膜は窒化シリコンで構成されている

ことを特徴とする請求項 4 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】

前記第 1 工程では、 C_4F_8 および Ar を含むガス雰囲気の下でエッチングを行い、

前記第 2 工程では、 C_4F_6 および O_2 を含むガスの雰囲気の下でエッチングを行う

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】

前記第 1 の幅および前記第 2 の幅は、 $0.15\text{ }\mu\text{m}$ から $0.4\text{ }\mu\text{m}$ の範囲内であり、

前記第 3 の幅は、 $0.4\text{ }\mu\text{m}$ から $2\text{ }\mu\text{m}$ の範囲内である

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】

前記複数の開口を形成する工程の後に前記複数の開口に金属部材を形成する工程をさらに有する

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 9】

前記金属部材を形成する工程では、

前記複数の開口を形成する工程で形成された開口であつて前記第 1 の開口に対応する開口と、前記複数の開口を形成する工程で形成された開口であつて前記第 2 の開口に対応する開口とを金属部材で埋め、且つ、

前記複数の開口を形成する工程で形成された開口であつて前記第 3 の開口に対応する開口に、金属部材を、該金属部材が該開口の側面および底部を覆いながら凹形状の上面を形成するように形成する

ことを特徴とする請求項 8 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 10】

前記金属部材を形成する工程は、

前記複数の開口が形成された前記絶縁部材の上に、金属部材を、前記第 3 の開口に対

10

20

30

40

50

応する前記開口の深さよりも小さい厚さで堆積する工程と、

前記堆積された金属部材の一部を、前記絶縁部材の上面が露出するように化学機械研磨によって除去する工程と、を含む

ことを特徴とする請求項 8 または請求項 9 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 11】

前記第 3 の開口に対応する前記開口に形成された金属部材は、アライメントマークを成す

ことを特徴とする請求項 8 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 12】

前記第 3 の開口に対応する前記開口に形成された金属部材は、ガードリングを成す

ことを特徴とする請求項 8 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 13】

前記半導体装置は、光電変換部を備える固体撮像装置であり、

前記第 3 の開口に対応する前記開口に形成された金属部材は、光を制限するための遮光部材を成す

ことを特徴とする請求項 8 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体製造工程において、層間絶縁膜等の絶縁部材に、開口（例えばコンタクトプラグ用の開口）を形成しながら該開口より幅（大きさ）が大きく且つ深さが小さい他の開口を形成する技術が求められる。例えば、該他の開口に金属部材を形成することによって、アライメントマーク、ガードリング等を形成することができる。また、光電変換部を備える固体撮像装置の場合には、例えば、該他の開口に金属部材を形成することによって、半導体基板の上面に近い位置に遮光部材を形成することもできる。

【0003】

ところで、互いに幅が異なる複数の開口をドライエッチングにより絶縁部材に形成する場合、エッチング条件によっては、幅の大きい開口の方が幅の小さい開口より絶縁部材のエッチング量が大きくなる場合がある（マイクロローディング現象）。一方、他のエッチング条件によっては、幅の小さい開口の方が幅の大きい開口より絶縁部材のエッチング量が大きくなる場合がある（逆マイクロローディング現象）。そのため、互いに幅が異なる複数の開口を、それらの深さまで考慮しながら絶縁部材に形成することは容易ではない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2010 - 287823 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 は、深さが互いに等しく且つ幅が互いに異なる複数の開口を、マイクロローディング現象を伴うエッチングと、逆マイクロローディング現象を伴うエッチングとを用いて形成する技術を開示している。

【0006】

10

20

30

40

50

本願の発明者は、上述の２種類のエッチングを用いて、絶縁部材にコンタクトプラグ用の開口を形成しながらアライメントマーク用の開口（コンタクトプラグ用の開口より幅が大きく且つ深さが小さい他の開口）を形成することを試みた。ここで、絶縁部材の下地となる構造は、半導体基板に形成されたトランジスタのゲート電極等により、一般に、上面に凹凸（高低差）を有する。この場合、絶縁部材は厚さが互いに異なる部分を有し、具体的には、絶縁部材のうち、該構造の凸部の上の部分の厚さは該構造の凹部の上の部分の厚さよりも小さい。そのため、該構造の凸部及び凹部のそれぞれの上にコンタクトプラグ用の開口を形成する際には、該構造の凸部が先に露出され、該構造の凹部が露出するまでの間に該構造の凸部での損傷が大きくなる可能性がある。

【０００７】

10

本発明は、上述の２種類のエッチングを用いて絶縁部材に開口と該開口より幅が大きく且つ深さが小さい他の開口とを形成する際に、絶縁部材の下地である構造のうち該開口によって露出される部分の損傷を低減するのに有利な技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

本発明の一つの側面は半導体装置の製造方法にかかり、前記半導体装置の製造方法は、第１の高さと前記第１の高さよりも高い第２の高さとを有する構造の上に絶縁部材を形成する工程と、前記絶縁部材に複数の開口を形成する工程と、を有し、前記複数の開口を形成する工程は、前記絶縁部材のエッチングを、開口の大きさが大きいものほど前記絶縁部材のエッチング量が大きくなる条件で行う第１工程と、前記第１工程の後に、前記絶縁部材のエッチングを、開口の大きさが小さいものほど前記絶縁部材のエッチング量が大きくなる条件で行う第２工程と、を含んでおり、前記第１工程では、前記構造の前記第１の高さの上面の上に、第１の幅を有する第１の開口であってその底面が前記第２の高さよりも高い第１の開口を形成し、前記構造の前記第２の高さの上面の上に、第２の幅を有する第２の開口であってその底面が前記第２の高さよりも高い第２の開口を形成し、前記構造の前記第１の高さの上面の上かつ前記第１の開口とは異なる位置に、前記第１の幅および前記第２の幅よりも大きい第３の幅を有する第３の開口であってその底面が前記第２の高さよりも高い第３の開口を形成し、前記第２工程では、前記絶縁部材のうちの前記第３の開口の下部分を残存させながら、前記絶縁部材のうちの前記第１の開口および前記第２の開口のそれぞれの下の部分を前記構造の前記第１の高さおよび前記第２の高さのそれぞれ

20

30

【発明の効果】

【０００９】

本発明によれば、絶縁部材に開口と該開口より幅が大きく且つ深さが小さい他の開口とを形成する際に、絶縁部材の下地である構造のうち該開口によって露出される部分の損傷を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】半導体装置の構造の例を説明するための図である。

【図２】絶縁部材に形成する開口の形状の例を説明するための図である。

40

【図３】半導体装置の製造方法の例を説明するための図である。

【図４】マイクロローディング現象および逆マイクロローディング現象を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

図１は、半導体装置Ⅰの製造工程の途中における構造を説明するための模式図である。半導体装置Ⅰは、構造ＳＴと、構造ＳＴの上に形成された絶縁部材ＯＸとを備える。構造ＳＴは、その上面に高低差を有しており、第１の高さＨ１と、高さＨ１よりも高い第２の高さＨ２とを有する。構造ＳＴは、例えば、半導体基板ＳＵＢと、基板ＳＵＢに形成されたＭＯＳトランジスタ（ここではゲート電極Ｇのみ図示）と、それらを覆う絶縁性の膜Ｆ

50

とを含む。構造 S T の上面の高低差は、ゲート電極 G の厚さにしたがう。ゲート電極 G の厚さは例えば 50 ~ 200 nm 程度である。

【0012】

絶縁部材 O X は、例えば、複数の層間絶縁膜のうちの第 1 層の絶縁膜である。絶縁部材 O X は、開口 O P 1 ~ O P 3 を含む複数の開口を有しており、これらの開口 O P 1 ~ O P 3 には、後に金属部材がそれぞれ設けられる。開口 O P 1 の深さは、開口 O P 2 および開口 O P 3 のそれぞれの深さよりも大きい。開口 O P 3 の深さは、典型的には、開口 O P 2 の深さより小さいが、開口 O P 2 の深さより大きくてもよい。

【0013】

より詳細には、絶縁部材 O X は、図 1 に例示されるように、ゲート電極 G によって厚さが互いに異なる 2 つの部分（即ち、ゲート電極 G が存在しない部分の上に位置し且つ厚さが大きくなっている部分、及び、ゲート電極 G が存在する部分の上に位置し且つ厚さが小さくなっている部分）を有する。例えば、厚さが大きくなっている部分の厚さは、300 ~ 700 nm 程度である。開口 O P 1 は、絶縁部材 O X のうち該厚さが大きくなっている部分に形成される。開口 O P 1 の深さは、該厚さが大きくなっている部分の厚さと等しく、又は、それより大きい。一方、開口 O P 2 は、絶縁部材 O X のうち、厚さが小さくなっている部分に形成される。該厚さが小さくなっている部分の厚さは、実質的には、上述の厚さが大きくなっている部分の厚さから構造 S T の上面の高低差を差し引いた値（例えば、200 ~ 600 nm 程度、典型的には 300 ~ 500 nm 程度）である。

【0014】

開口 O P 1 に設けられる金属部材は、例えば、上記トランジスタのソース又はドレインに接続されたコンタクトプラグを形成する（「成す」と表現してもよい。）。開口 O P 2 に設けられる金属部材は、ゲート電極 G に接続されたコンタクトプラグを形成する。また、開口 O P 3 に設けられる金属部材は、例えば、アライメントマーク（又はその一部）を形成する。

【0015】

ここで、アライメントマーク用の開口 O P 3 の深さについて述べる。例えば露光装置を用いて半導体ウェハ等の対象物に対して露光処理を行う際には、アライメントマークを用いて露光位置を調整する。具体的には、アライメントマークを有する対象物に光を照射し、その反射光に基づいて該アライメントマークが検出される。より具体的には、アライメントマークは高低差を有しており、該高低差によって反射光の位相がずれる（高さが高い部分からの反射光と、高さが低い部分からの反射光とで位相がずれる）ため、コントラストが生じる。アライメントマークは、このコントラストに基づいて検出されうる。アライメントマークを検出しやすくするため、例えば、アライメントマークの高低差（即ち、開口 O P 3 の深さ）を、50 nm より大きくするとよく、典型的には、100 nm 程度またはそれ以上にするとよい。また、該高低差を 400 nm 以下に抑えてもよい。

【0016】

図 2 は、アライメントマーク用の開口 O P 3 の例を示す模式図である。図 2 (a 1) は、開口 O P 3 の形状の第 1 の例の上面図を示しており、図 2 (b 1) は、カットライン A - A ' での断面構造を示している。図 2 (a 2) は、開口 O P 3 の形状の第 2 の例の上面図を示しており、図 2 (b 2) は、カットライン B - B ' での断面構造を示している。開口 O P 3 は、所定の溝を有していればよく、平面視（基板 S U B の上面に対する平面視）において、円形状、多角形状、ライン状、その他任意の形状をとりうる。例えば、平面視において、開口 O P 3 は、図 2 (a 1) 及び (b 1) に示されるようにリング状に形成されてもよいし、図 2 (a 2) 及び (b 2) に示されるように矩形形状に形成されてもよい。

【0017】

本例では、開口 O P 3 に設けられる金属部材がアライメントマークを形成する例を示したが、この例に限られるものではない。例えば、該金属部材は、半導体装置 I（又は半導体チップ）の外周に沿って設けられるガードリング（又はその一部）を形成してもよい。

或いは、半導体装置 I が、光電変換部を備える固体撮像装置の場合には、該金属部材は、光電変換部への光を制限し又は光電変換部以外の部分への光を制限するための遮光部材（又はその一部）を形成してもよい。なお、該光電変換部以外の部分は、例えば、CMOS イメージセンサにおける増幅トランジスタなどの画素トランジスタや、グローバル電子シャッター構造の CMOS イメージセンサにおける光電変換部で生成された信号電荷を保持するための電荷保持部を含む。

【0018】

なお、絶縁部材 OX および各開口 OP1 ~ OP3 に設けられる金属部材の上には、配線パターン（第1の配線層又はそれより上の配線層）や他の絶縁部材（第2層又はそれより上の層の層間絶縁膜）等が配されうるが、ここでは説明を容易にするため不図示とする。

10

【0019】

以下、図3を参照しながら、半導体装置 I の製造方法のうち、主に上述の開口 OP1 ~ OP3 を形成する工程を、実施例の1つとして述べる。半導体装置 I は、公知の半導体製造プロセスを用いて製造することが可能である。

【0020】

図3(a)の工程では、シリコン等で構成された基板 SUB に MOS トランジスタ等の各素子を形成した後、該トランジスタのゲート電極 G と基板 SUB とを覆うように絶縁性の膜 F を形成する。膜 F は、例えば窒化シリコン等で構成されればよく、膜 F は、後述するようにエッチングストッパとして作用しうる他、半導体装置 I が固体撮像装置の場合には、光電変換部の上に配されることによって反射防止膜としても作用しうる。これにより構造 ST が得られる。

20

【0021】

さらに、構造 ST の上には、絶縁部材 OX が形成される。絶縁部材 OX は、例えば酸化シリコン等で構成され、堆積法により形成された後に化学機械研磨 (CMP) によってその上面が平坦化されればよい。

【0022】

図3(b)の工程では、絶縁部材 OX の上にレジストパターン R を形成する。レジストパターン R は、開口 OP10、OP20 及び OP30 を有する。レジストパターン R の開口 OP10 は、絶縁部材 OX に形成される前述の開口 OP1 に対応する。同様に、レジストパターン R の開口 OP20 及び OP30 は、絶縁部材 OX に形成される前述の開口 OP2 及び OP3 にそれぞれ対応する。

30

【0023】

図3(c)の工程（「工程 S1」とする）では、絶縁部材 OX に対して第1のエッチングを行い、該エッチングは、マイクロローディング現象を伴う条件の下で為される。マイクロローディング現象を伴うエッチングとは、図4(a)に例示されるように、具体的には、開口の幅（大きさ）が大きいものほど絶縁部材 OX のエッチング量が大きくなる条件でエッチングをいう。この現象は、幅の小さい開口の場合、その底部に到達するエッチングガス、イオン、ラジカル等の量が、幅の大きい開口の場合に対して少なくなることに起因すると考えられる。

【0024】

40

例えば、工程 S1 では、 C_4F_8 および Ar を含むガス雰囲気の下でエッチングを行うとよい。この条件の下、工程 S1 では、絶縁部材 OX に、開口 OP11、OP21 及び OP31 を形成する。開口 OP11 は、構造 ST の高さ H1 の上面の上に形成され、第1の幅 W1 を有する。開口 OP21 は、構造 ST の高さ H2 の上面の上に形成され、第2の幅 W2 を有する。開口 OP31 は、構造 ST の高さ H1 の上面の上かつ開口 OP11 とは異なる位置に形成され、第3の幅 W3 を有する。典型的には、幅 W1 および幅 W2 は、 $0.15\mu m$ から $0.4\mu m$ の範囲内であり、幅 W3 は、 $0.4\mu m$ から $2\mu m$ の範囲内である。幅 W3 は、幅 W1 および幅 W2 よりも大きい。幅 W1 と幅 W2 とは互いに等しくてもよいし、互いに異なってもよい。なお、開口 OP11、OP21 及び OP31 の各々はテーパ形状を有していてもよく、この場合、開口 OP11、OP21 及び OP31 の

50

各々の幅の大小関係は、絶縁部材OXの上面での幅について比較されればよい。開口OP11、OP21及びOP31の底面はいずれも高さH2よりも高くに位置し、また、工程S1のエッチング条件によると、開口OP31の底面は開口OP11及びOP21の底面よりも高くに位置する。

【0025】

その後、図3(d)の工程(「工程S2」とする)では、絶縁部材OXに対して第2のエッチングを行い、該エッチングは、逆マイクロローディング現象を伴う条件の下で為される。逆マイクロローディング現象を伴うエッチングとは、図4(b)に例示されるように、具体的には、開口の幅が小さいものほど絶縁部材OXのエッチング量が大きくなる条件でエッチングをいう。この現象は、幅の大きい開口の場合、その底部に形成され且つエッチングを妨げうる反応生成物の量が、幅の小さい開口の場合に対して多くなることに起因すると考えられる。

10

【0026】

例えば、工程S2では、 C_4F_6 および O_2 を含むガスの雰囲気の下でエッチングを行うとよい。この条件の下、工程S2では、絶縁部材OXのうち、開口OP31の下部分を残存させながら、開口OP11及びOP21のそれぞれの下部分を、構造STの高さH1及びH2のそれぞれの上面が露出するように除去する。工程S2により、開口OP12、OP22及びOP32が形成される。

【0027】

工程S2のエッチング条件は、絶縁部材OXのエッチング量が構造STのエッチング量よりも大きくなるように設定される(即ち、絶縁部材OXの選択比を大きくする。)。本例では、絶縁部材OX(酸化シリコン)の下地である構造STは、その表面を覆う膜Fであって絶縁部材OXとは異なる材料で構成された絶縁性の膜F(窒化シリコン)を含む。この膜Fは、工程S2のエッチング条件の下では、エッチングストッパとして作用する。

20

【0028】

なお、開口OP12、OP22及びOP32は、前述の工程S1で形成された開口OP11、OP21及びOP31にそれぞれ対応する。換言すると、工程S1で形成された開口OP11、OP21及びOP31は、工程S2によって開口OP12、OP22及びOP32にそれぞれ成形されるとも言える。

【0029】

なお、工程S2のエッチング条件の下では、開口OP31での絶縁部材OXのエッチング量は比較的少ないが、該エッチング量は実質的になくてもよく、その場合、開口OP31の深さと開口OP32の深さとは互いに実質的に等しくてもよい。

30

【0030】

図3(e)の工程では、膜Fのうち各開口により露出された部分をエッチングにより除去して、各開口に対応するゲート電極Gの上面および基板SUBの上面を露出させる。図1を参照しながら述べた開口OP1、OP2及びOP3は、本工程によって形成され、前述の工程S2で形成された開口OP12、OP22及びOP32にそれぞれ対応する。換言すると、工程S2で形成された開口OP12、OP22及びOP32は、本工程によって開口OP1、OP2及びOP3にそれぞれ成形されるとも言える。

40

【0031】

その後、図3(f)~(g)の工程では、開口OP1~OP3に金属部材を形成する。具体的には、開口OP1及びOP2を金属部材でそれぞれ埋めて、コンタクトプラグCT1及びCT2を形成する。また、開口OP3に、金属部材を、該金属部材が開口OP3の側面および底部を覆いながら凹形状の上面を形成するように形成し、アライメントマークの一部である部分PT3を形成する。より具体的には、まず、図3(f)に例示されるように、開口OP1~OP3が形成された絶縁部材OXの上に、開口OP3の深さよりも小さい厚さの金属部材M0を堆積する。その後、図3(g)に例示されるように、該堆積された金属部材M0の一部を、絶縁部材OXの上面が露出するようにCMPによって除去する。なお、金属部材M0は、各素子の端子を所定の配線パターンに電氣的に接続するため

50

の金属（タングステンや銅等）の他、バリアメタル（チタンや窒化チタン等）を含んでもよい。

【 0 0 3 2 】

最後に、図 3（h）に例示されるように、配線パターン等を形成するための金属部材 M 1 を堆積する。金属部材 M 1 は、その上面に、絶縁部材 O X の上面と、部分 P T 3 が形成された開口 O P 3 とにしたがって形成された高低差を有し、該高低差によってアライメントマークの検出が可能になる。その後、金属部材 M 1 のパターニングを行えばよい。なお、この金属部材 M 1 は、アルミニウムや銅等で構成された第 1 部分 M 1 1 と、該第 1 部分の下面および上面に配され且つチタンや窒化チタン等で構成された第 2 部分 M 1 2 とを含んでもよい。部分 M 1 2 は、バリアメタルや反射防止膜として作用しうる。

10

【 0 0 3 3 】

上述の実施例によると、開口 O P 1 ~ O P 3 を形成する工程は、主に 2 つのエッチング工程 S 1 及び S 2 を含み、工程 S 1 ではマイクロローディング現象を伴うエッチングを行い、工程 S 2 では逆マイクロローディング現象を伴うエッチングを行う。

【 0 0 3 4 】

開口 O P 1 ~ O P 3 を、逆マイクロローディング現象を伴うエッチングのみで（マイクロローディング現象を伴うエッチングを用いないで）形成しようとする、開口 O P 3 を十分な深さを確保しながら形成することが難しい。図 4（b）は、幅の大きい開口を形成している間に、幅の小さい開口でのエッチングが進み、ゲート電極 G が損傷した態様を例示している。そこで、マイクロローディング現象を伴うエッチングおよび逆マイクロローディング現象を伴うエッチングの双方を用いることにより、開口 O P 1 及び O P 2 を形成すると共に、開口 O P 3 を十分な深さを確保しながら形成することができる。

20

【 0 0 3 5 】

また、逆マイクロローディング現象を伴うエッチングでは、構造 S T（本例では膜 F）に対する絶縁部材 O X の選択比が、マイクロローディング現象を伴うエッチングの場合よりも大きい。そこで、先にマイクロローディング現象を伴うエッチングを行い、その後、逆マイクロローディング現象を伴うエッチングを行う。例えば、高さ H 2 から絶縁部材 O X の上面までの大きさが 3 5 0 n m 程度の場合には、工程 S 1 のエッチングを、絶縁部材 O X のエッチング量を 3 0 0 n m 以下に抑えて中止し、その後、工程 S 2 のエッチングを開始するとよい。これにより、ゲート電極 G の上面の損傷を防ぐことができ、一般に、工程 S 1 及び S 2 の順序を逆にした場合に比べて、構造 S T の高さ H 1 の上面の損傷を低減することができる。

30

【 0 0 3 6 】

なお、本発明は上述の実施例に限られるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、その一部（例えば、上述の実施例において示されたパラメータ、材料等）は、適宜、変更されてもよい。

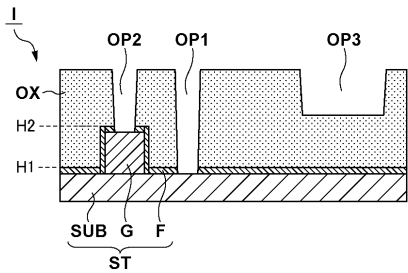
【 符号の説明 】

【 0 0 3 7 】

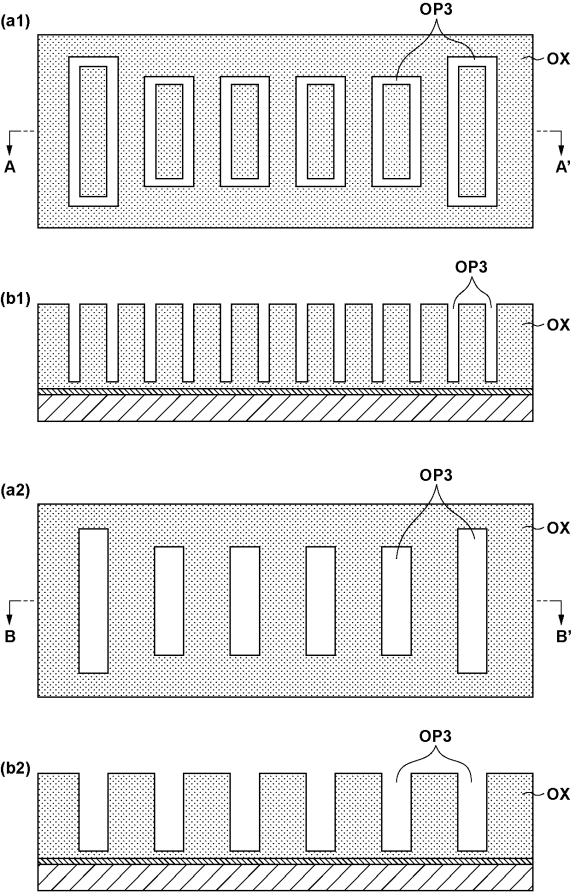
I：半導体装置、H 1：第 1 の高さ、H 2：第 2 の高さ、S T：構造、O X：絶縁部材。

40

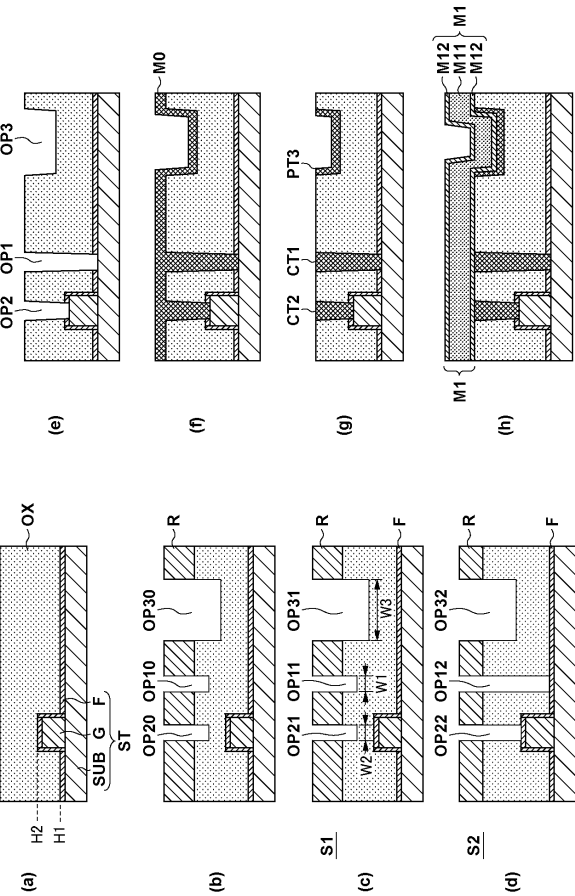
【図 1】



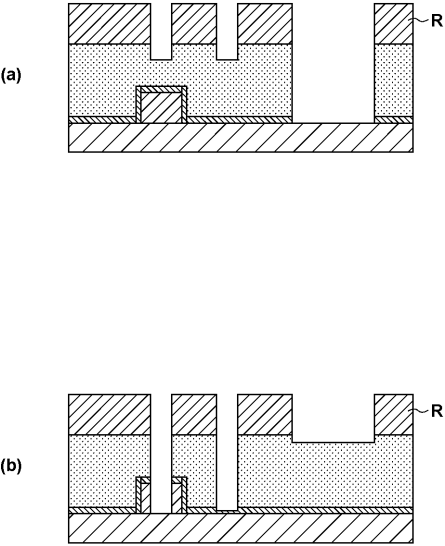
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 鹿海 敦
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
- (72)発明者 碓井 崇
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 長谷川 直也

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2013/0273742 (US, A1)
特表2007-521630 (JP, A)
特開2002-319619 (JP, A)
特開2001-284204 (JP, A)
特開2014-096475 (JP, A)
特開2001-313337 (JP, A)
特開平11-074174 (JP, A)
特開2010-161156 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/302、21/3065、21/311、
21/3205-21/3213、21/461、21/768、
23/52-23/522