

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7065741号
(P7065741)

(45)発行日 令和4年5月12日(2022.5.12)

(24)登録日 令和4年4月28日(2022.4.28)

(51)国際特許分類		F I	
H 0 1 L	21/312 (2006.01)	H 0 1 L	21/312 A
H 0 1 L	21/768 (2006.01)	H 0 1 L	21/90 N
H 0 1 L	23/532 (2006.01)	H 0 1 L	21/90 S
H 0 1 L	21/31 (2006.01)	H 0 1 L	21/31 B

請求項の数 7 (全18頁)

(21)出願番号	特願2018-178254(P2018-178254)	(73)特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(22)出願日	平成30年9月25日(2018.9.25)	(74)代理人	110002147 特許業務法人酒井国際特許事務所
(65)公開番号	特開2020-53446(P2020-53446A)	(72)発明者	野沢 秀二 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650 東京 エレクトロン テクノロジーソリューシ ヨンス株式会社内
(43)公開日	令和2年4月2日(2020.4.2)	(72)発明者	山口 達也 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650 東京 エレクトロン テクノロジーソリューシ ヨンス株式会社内
審査請求日	令和3年3月3日(2021.3.3)	(72)発明者	佐藤 渚 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B 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】

基板上に設けられ、第1の材料を含む複数の構造物の周囲に、複数種類のモノマーの重合により生成された尿素結合を有する重合体の膜である重合体膜を積層する第1の積層工程と、

前記重合体膜の形状を調整する調整工程と、

前記重合体膜を覆うように前記重合体膜の上に仮封止膜を積層する第2の積層工程と、
前記重合体膜を加熱することにより前記重合体を前記複数種類のモノマーに解重合させ、
解重合された前記複数種類のモノマーを、前記仮封止膜を介して脱離させる加熱工程と、
前記加熱工程の後に、前記仮封止膜を覆うように前記仮封止膜の上に保護膜を積層する第3の積層工程と、

前記保護膜上であって、隣接する前記構造物の間に、第2の材料により構成された部材を埋め込む埋め込み工程と

を含む半導体装置の製造方法。

【請求項2】

前記調整工程では、

エッチングにより、それぞれの前記構造物の側方に前記重合体膜が配置されるように、前記重合体膜の形状が調整される請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】

前記第1の材料は、導電性または半導電性を有する材料であり、

前記第 2 の材料は、絶縁性を有する材料である請求項 1 または 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】

前記第 1 の材料は、絶縁性を有する材料であり、
前記第 2 の材料は、導電性または半導電性を有する材料である請求項 1 または 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

前記第 1 の積層工程では、
第 1 のモノマーを含むガスと、第 2 のモノマーを含むガスとが前記基板が収容された容器内に供給され、前記第 1 のモノマーと前記第 2 のモノマーとの蒸着重合により生成された前記重合体膜が前記複数の構造物の周囲に積層される請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

10

【請求項 6】

前記第 1 の積層工程は、前記加熱工程より低い温度で行われる請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】

前記仮封止膜は、酸化膜または窒化膜である請求項 1 から 6 のいずれか一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】

20

【0001】

本開示の種々の側面および実施形態は、半導体装置の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、多層化された半導体装置において、層間絶縁膜の比誘電率を小さくする手法として、かかる層間絶縁膜で基板上の凹部を埋め込む際に、埋め込み不良として形成される空隙を利用する手法が知られている（例えば、下記特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

30

【文献】特開 2012 - 54307 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、埋め込み不良として形成される空隙の形状および大きさは、凹部の幅や深さに依存する。例えば、凹部の幅が狭い場合、凹部の下部に大きな空隙が形成されるが、凹部の幅が広い場合、凹部の下部には空隙がほとんど形成されないことがある。また、凹部に形成される空隙の形状および大きさは、基板上での凹部の位置や半導体製造装置内での凹部の位置によってばらつくことがある。そのため、任意の形状の凹部に対して、所望の形状および大きさの空隙を形成することが難しい。

40

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示の一側面は、半導体装置の製造方法であって、第 1 の積層工程と、調整工程と、第 2 の積層工程と、加熱工程とを含む。第 1 の積層工程では、基板上に設けられ、第 1 の材料を含む複数の構造物の周囲に、複数種類のモノマーの重合により生成された尿素結合を有する重合体の膜である重合体膜が積層される。調整工程では、重合体膜の形状が調整される。第 2 の積層工程では、重合体膜を覆うように重合体膜の上に仮封止膜が積層される。加熱工程では、重合体膜が加熱されることにより重合体が複数種類のモノマーに解重合し、解重合した複数種類のモノマーが、仮封止膜を介して脱離する。

【発明の効果】

50

【 0 0 0 6 】

本開示の種々の側面および実施形態によれば、半導体装置内に所望の形状および大きさの空隙を形成することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 7 】

【 図 1 】 図 1 は、本開示の第 1 の実施形態における半導体装置の製造方法の一例を示すフローチャートである。

【 図 2 】 図 2 は、被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 3 】 図 3 は、エッチング後の被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 4 】 図 4 は、下地膜が積層された被処理体の一例を示す断面図である。

10

【 図 5 】 図 5 は、配線材料が埋め込まれた被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 6 】 図 6 は、絶縁膜が除去された被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 7 】 図 7 は、被処理体上に重合体膜を積層するための成膜装置の一例を示す概略断面図である。

【 図 8 】 図 8 は、重合体膜が積層された被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 9 】 図 9 は、重合体膜の形状が調整された被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 1 0 】 図 1 0 は、酸化膜が積層された被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 1 1 】 図 1 1 は、アニール装置の一例を示す概略断面図である。

【 図 1 2 】 図 1 2 は、重合体膜が除去された被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 1 3 】 図 1 3 は、保護膜が積層された被処理体の一例を示す断面図である。

20

【 図 1 4 】 図 1 4 は、層間絶縁膜が積層された被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 1 5 】 図 1 5 は、比較例における被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 1 6 】 図 1 6 は、本開示の第 2 の実施形態における半導体装置の製造方法の一例を示すフローチャートである。

【 図 1 7 】 図 1 7 は、重合体膜が積層された被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 1 8 】 図 1 8 は、重合体膜の形状が調整された被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 1 9 】 図 1 9 は、酸化膜が積層された被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 2 0 】 図 2 0 は、重合体膜が除去された被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 2 1 】 図 2 1 は、下地膜が積層された被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 2 2 】 図 2 2 は、配線材料が埋め込まれた被処理体の一例を示す断面図である。

30

【 図 2 3 】 図 2 3 は、層間絶縁膜が積層された被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 2 4 】 図 2 4 は、重合体膜が積層された被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 2 5 】 図 2 5 は、レジスト膜が形成された被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 2 6 】 図 2 6 は、重合体膜の形状が調整された被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 2 7 】 図 2 7 は、レジスト膜が除去された被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 2 8 】 図 2 8 は、酸化膜が積層された被処理体の一例を示す断面図である。

【 図 2 9 】 図 2 9 は、重合体膜が除去された被処理体の一例を示す断面図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 0 8 】

以下、添付図面を参照して、本願が開示する半導体装置の製造方法の実施形態を詳細に説明する。なお、以下に示す実施形態により本開示の技術が限定されるものではない。また、図面は模式的なものであり、各要素の寸法の関係、各要素の比率などは、現実と異なる場合があることに留意する必要がある。さらに、図面の相互間においても、互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれている場合がある。

40

【 0 0 0 9 】

(第 1 の実施形態)

[半導体装置の製造方法]

図 1 は、本開示の第 1 の実施形態における半導体装置の製造方法の一例を示すフローチャートである。また、図 2 ~ 図 6、図 8 ~ 図 1 0、および図 1 2 ~ 図 1 4 は、それぞれの工程における被処理体 W の状態の一例を示す断面図である。

50

【 0 0 1 0 】

まず、例えば図 2 に示された被処理体 W が準備される (S 1 0 0)。被処理体 W は、例えば図 2 に示されるように、ベース基板 1 0 上に、絶縁膜 1 1、ハードマスク膜 1 2、反射防止膜 1 3、およびレジスト膜 1 4 がこの順番で積層された構造を有する。本実施形態において、ベース基板 1 0 は、例えば窒素添加シリコンカーバイド (S i C N) で構成され、絶縁膜 1 1 は、例えば酸化ケイ素 (S i O 2) で構成され、ハードマスク膜 1 2 は、例えば窒化チタン (T i N) で構成される。ベース基板 1 0 は、基板の一例である。レジスト膜 1 4 は、配線材料が埋め込まれる領域に対応する所定のパターンに成形されている。

【 0 0 1 1 】

次に、図 2 に示された被処理体 W がエッチング装置内に搬入され、レジスト膜 1 4 の形状に沿って、反射防止膜 1 3、ハードマスク膜 1 2、および絶縁膜 1 1 が、例えばプラズマを用いてエッチングされる (S 1 0 1)。これにより、例えば図 3 に示されるように、反射防止膜 1 3、ハードマスク膜 1 2、および絶縁膜 1 1 において、レジスト膜 1 4 に覆われていない部分がエッチングされ、凹部 1 5 が形成される。そして、アッシングにより、レジスト膜 1 4 が除去される。

10

【 0 0 1 2 】

次に、エッチングされた後の被処理体 W が、成膜装置内に搬入され、例えば図 4 に示されるように、被処理体 W の表面に、バリア膜およびシード膜を含む下地膜 1 6 が積層される (S 1 0 2)。下地膜 1 6 は、例えばスパッタリング等により被処理体 W 上に積層される。バリア膜は、例えばチタン (T i) や窒化チタン (T i N) 等で構成され、シード膜は、例えば銅 (C u) 等によって構成される。

20

【 0 0 1 3 】

次に、下地膜 1 6 が積層された被処理体 W が、埋め込み装置内に搬入され、被処理体 W の凹部 1 5 に、配線材料 1 7 が埋め込まれる (S 1 0 3)。配線材料 1 7 は、導電性を有する第 1 の材料の一例である。本実施形態において、配線材料 1 7 は、例えば C u である。配線材料 1 7 は、例えばめっきにより凹部 1 5 に埋め込まれる。そして、配線材料 1 7 が埋め込まれた被処理体 W の上面が、CMP (Chemical Mechanical Polishing) により研磨される。配線材料 1 7 が埋め込まれて表面が研磨された後の被処理体 W の断面は、例えば図 5 のようになる。

【 0 0 1 4 】

次に、被処理体 W がエッチング装置内に搬入され、エッチングにより絶縁膜 1 1 が除去される (S 1 0 4)。被処理体 W の絶縁膜 1 1 は、例えばフッ酸 (H F) を用いたウエットエッチングにより除去される。絶縁膜 1 1 が除去された後の被処理体 W の断面は、例えば図 6 のようになる。これにより、配線材料 1 7 を含む複数の構造物がベース基板 1 0 上に形成される。下地膜 1 6 で囲まれた配線材料 1 7 は、構造物の一例である。

30

【 0 0 1 5 】

次に、絶縁膜 1 1 が除去された被処理体 W が成膜装置 4 内に搬入され、被処理体 W 上に重合体膜 1 8 が積層される (S 1 0 5)。ステップ S 1 0 5 は、第 1 の積層工程の一例である。図 7 は、被処理体 W 上に重合体膜 1 8 を積層するための成膜装置 4 の一例を示す概略断面図である。本実施形態において、成膜装置 4 は、例えば C V D (Chemical Vapor Deposition) 装置である。

40

【 0 0 1 6 】

成膜装置 4 は、容器 4 0 と、排気装置 4 1 とを有する。排気装置 4 1 は、容器 4 0 内のガスを排気する。容器 4 0 内は、排気装置 4 1 によって所定の真空雰囲気とされる。

【 0 0 1 7 】

容器 4 0 には、原料モノマーであるイソシアネートを液体で収容する原料供給源 4 2 a が、供給管 4 3 a を介して接続されている。また、容器 4 0 には、原料モノマーであるアミンを液体で収容する原料供給源 4 2 b が、供給管 4 3 b を介して接続されている。イソシアネートは、第 1 のモノマーの一例であり、アミンは、第 2 のモノマーの一例である。

【 0 0 1 8 】

50

原料供給源 4 2 a から供給されたイソシアネートの液体は、供給管 4 3 a に介在する気化器 4 4 a により気化される。そして、イソシアネートの蒸気が、供給管 4 3 a を介して、ガス吐出部であるシャワーヘッド 4 5 に導入される。また、原料供給源 4 2 b から供給されたアミンの液体は、供給管 4 3 b に介在する気化器 4 4 b により気化される。そして、アミンの蒸気が、シャワーヘッド 4 5 に導入される。

【 0 0 1 9 】

シャワーヘッド 4 5 は、例えば容器 4 0 の上部に設けられ、下面に多数の吐出孔が形成されている。シャワーヘッド 4 5 は、供給管 4 3 a および供給管 4 3 b を介して導入されたイソシアネートの蒸気およびアミンの蒸気を、別々の吐出孔から容器 4 0 内にシャワー状に吐出する。

10

【 0 0 2 0 】

容器 4 0 内には、図示しない温度調節機構を有する載置台 4 6 が設けられている。載置台 4 6 には被処理体 W が載置される。載置台 4 6 は、温度調節機構により被処理体 W の温度が所定温度となるように制御する。被処理体 W 上に重合体膜 1 8 が成膜される場合、載置台 4 6 は、原料供給源 4 2 a および原料供給源 4 2 b からそれぞれ供給された原料モノマーの蒸着重合に適した温度となるように、被処理体 W の温度を制御する。蒸着重合に適した温度は、原料モノマーの種類に応じて定めることができ、例えば、4 0 ~ 1 5 0 とすることができる。

【 0 0 2 1 】

このような成膜装置 4 を用いて、被処理体 W の表面において 2 種類の原料モノマーの蒸着重合反応を起こすことにより、例えば図 8 に示されるように、被処理体 W の表面に重合体膜 1 8 を積層することができる。2 種類の原料モノマーがイソシアネートおよびアミンである場合、被処理体 W の表面には、ポリ尿素の重合体膜 1 8 が積層される。

20

【 0 0 2 2 】

次に、重合体膜 1 8 が積層された被処理体 W がエッチング装置内に搬入され、重合体膜 1 8 の形状が調整される (S 1 0 6)。ステップ S 1 0 6 では、例えば配線材料 1 7 の側方に積層された重合体膜 1 8 を残すように、プラズマを用いた異方性エッチング等により重合体膜 1 8 がエッチングされる。ステップ S 1 0 6 は、調整工程の一例である。これにより、被処理体 W は、例えば図 9 のようになる。エッチングの条件を調整することにより、配線材料 1 7 の側方に残る重合体膜 1 8 の厚さを制御することができる。

30

【 0 0 2 3 】

次に、重合体膜 1 8 の形状が調整された被処理体 W が成膜装置内に搬入され、例えば図 1 0 に示されるように、被処理体 W 上に酸化膜 1 9 が積層される (S 1 0 7)。ステップ S 1 0 7 は、第 2 の積層工程の一例である。酸化膜 1 9 は、例えば A L D (Atomic Layer Deposition) により被処理体 W 上に積層される。本実施形態において、酸化膜 1 9 は、S i O₂ で構成された低温酸化膜 (L T O : Low Temperature Oxide) であり、高温で形成される熱酸化膜に比べて疎な膜である。酸化膜 1 9 は、仮封止膜の一例である。

【 0 0 2 4 】

次に、酸化膜 1 9 が積層された被処理体 W がアニール装置 5 内に搬入され、アニールされる (S 1 0 8)。ステップ S 1 0 8 は、加熱工程の一例である。図 1 1 は、アニール装置 5 の一例を示す概略断面図である。アニール装置 5 は、容器 5 1 と、排気管 5 2 とを有する。容器 5 1 内には、供給管 5 3 を介して不活性ガスが供給される。本実施形態において、不活性ガスは、例えば窒素 (N₂) ガスである。容器 5 1 内のガスは、排気管 5 2 から排気される。本実施形態において、容器 5 1 内は常圧雰囲気であるが、他の形態として、容器 5 1 内は真空雰囲気であってもよい。

40

【 0 0 2 5 】

容器 5 1 内には、被処理体 W が載置される載置台 5 4 が設けられている。被処理体 W が載置される載置台 5 4 の面と対向する位置には、ランプハウス 5 5 が設けられている。ランプハウス 5 5 内には、赤外線ランプ 5 6 が配置されている。

【 0 0 2 6 】

50

載置台 5 4 上に被処理体 W が載置された状態で、容器 5 1 内に不活性ガスが供給される。そして、赤外線ランプ 5 6 を点灯させることにより、被処理体 W が加熱される。被処理体 W に形成された重合体膜 1 8 が、解重合反応を起こす温度になると、重合体膜 1 8 が 2 種類の原料モノマーに解重合する。本実施形態において、重合体膜 1 8 はポリ尿素であるため、被処理体 W が 3 0 0 以上、例えば 3 5 0 に加熱されることにより、重合体膜 1 8 が原料モノマーであるイソシアネートとアミンとに解重合する。そして、解重合によって発生したイソシアネートおよびアミンが、疎な膜である酸化膜 1 9 を通過することにより、酸化膜 1 9 と下地膜 1 6 との間から脱離する。これにより、例えば図 1 2 に示されるように、配線材料 1 7 の側方であって、下地膜 1 6 と酸化膜 1 9 との間に空隙 1 8 ' が形成される。

10

【 0 0 2 7 】

次に、アニール後の被処理体 W が成膜装置内に搬入され、例えば図 1 3 に示されるように、被処理体 W 上に保護膜 2 0 が積層される (S 1 0 9)。ステップ S 1 0 9 は、第 3 の積層工程の一例である。保護膜 2 0 は、例えば窒化シリコン (S i N) 膜等のパッシベーション膜である。

【 0 0 2 8 】

次に、保護膜 2 0 が積層された被処理体 W 上に、例えば図 1 4 に示されるように、層間絶縁膜 2 1 が積層される (S 1 1 0)。ステップ S 1 1 0 は、埋め込み工程の一例である。層間絶縁膜 2 1 は、例えば S i O₂ で構成される。層間絶縁膜 2 1 は、絶縁性を有する第 2 の材料により構成された部材の一例である。例えば図 1 4 に示された被処理体 W の一部が、半導体装置の一部を構成する。

20

【 0 0 2 9 】

図 1 4 から明らかのように、本実施形態の被処理体 W では、配線材料 1 7 の側方に、重合体膜 1 8 の形状に対応した空隙 1 8 ' が形成されている。これにより、配線材料 1 7 の周囲の部材の比誘電率を所望の値に低減させることができる。これにより、配線材料 1 7 によって構成される配線の寄生容量を低減することができる。

【 0 0 3 0 】

ここで、例えば図 6 に示された、絶縁膜 1 1 が除去された後の被処理体 W 上に、意図的にステップカバレッジが悪くなる条件で層間絶縁膜 2 1 を積層することで、例えば図 1 5 に示されるように、配線材料 1 7 の側方に空隙 2 2 を形成することも可能である。図 1 5 は、比較例における被処理体 W ' の一例を示す断面図である。

30

【 0 0 3 1 】

しかし、ステップカバレッジが悪くなる条件で積層された層間絶縁膜 2 1 によって形成された空隙 2 2 の形状および大きさは、空隙 2 2 が形成される凹部の幅や深さに依存する。例えば、凹部の幅が狭く深い場合、凹部には大きな空隙 2 2 が形成されるが、凹部の幅が広く浅い場合、凹部の下部には小さな空隙 2 2 が形成されるか、空隙 2 2 が形成されないことがある。

【 0 0 3 2 】

また、凹部に形成される空隙 2 2 の形状および大きさは、例えば図 1 5 に示されるように、被処理体 W ' 上での凹部の位置や、層間絶縁膜 2 1 を成膜する成膜装置内での凹部の位置によってばらつくことがある。また、被処理体 W ' 上での凹部の位置や成膜装置内での凹部の位置が同じであっても、凹部に形成される空隙 2 2 の形状および大きさは、被処理体 W ' の間でばらつくことがある。そのため、任意の形状の凹部に対して、所望の形状および大きさの空隙 2 2 を安定的に形成することは難しい。

40

【 0 0 3 3 】

これに対し、本実施形態では、所望の空隙 1 8 ' の形状に対応する形状となるように、重合体膜 1 8 の形状が調整される (図 9 参照)。そして、酸化膜 1 9 が積層された後に重合体膜 1 8 が除去される (図 1 2 参照)。これにより、重合体膜 1 8 の形状を調整することにより、凹部の幅や深さに依存することなく、凹部に任意の形状の空隙 1 8 ' を形成することができる。そのため、本実施形態の半導体装置の製造方法によれば、電気的な特性および

50

機械的な強度を考慮した任意の形状の空隙 18' を被処理体 W の凹部に形成することができる。

【0034】

以上、第1の実施形態における半導体装置の製造方法について説明した。本実施形態における製造方法は、第1の積層工程(S105)と、調整工程(S106)と、第2の積層工程(S107)と、加熱工程(S108)とを含む。第1の積層工程では、基板(10)上に設けられ、第1の材料を含む複数の構造物(16、17)の周囲に、複数種類のモノマー(イソシアネートおよびアミン)の重合により生成された尿素結合を有する重合体の膜である重合体膜(18)が積層される。調整工程では、重合体膜の形状が調整される。第2の積層工程では、重合体膜を覆うように重合体膜の上に仮封止膜(19)が積層される。加熱工程では、重合体膜が加熱されることにより重合体が複数種類のモノマーに解重合し、解重合した複数種類のモノマーが、仮封止膜を介して脱離する。これにより、構造物の周辺に任意の形状の空隙を形成することができる。

10

【0035】

また、上記した実施形態における調整工程では、エッチングにより、それぞれの構造物(16、17)の側方に重合体膜が配置されるように、重合体膜の形状が調整される。これにより、重合体膜の形状を容易に調整することができる。

【0036】

また、上記した実施形態における製造方法には、加熱工程の後に行われる第3の積層工程(S109)と、埋め込み工程(S110)とがさらに含まれる。第3の積層工程では、仮封止膜を覆うように仮封止膜の上に保護膜(20)が積層される。埋め込み工程では、保護膜上であって、隣接する構造物の間に、第2の材料により構成された部材(21)が埋め込まれる。これにより、複数の構造物の間に第2の材料により構成された部材が配置された半導体装置を製造することができる。

20

【0037】

また、上記した実施形態では、第1の材料が導電性を有する材料であり、第2の材料が絶縁性を有する材料である。これにより、半導体装置の配線として機能する導電性の材料を含む構造物の側方に、任意の形状の空隙を形成することができる。これにより、電気的な特性および機械的な強度を考慮した任意の形状の空隙を構造物の側方に形成することができる。

30

【0038】

また、上記した実施形態における第1の積層工程では、第1のモノマー(イソシアネート)を含むガスと、第2のモノマー(アミン)を含むガスとが基板が収容された容器(40)内に供給される。そして、第1のモノマーと第2のモノマーとの蒸着重合により生成された重合体膜(ポリ尿素)が複数の構造物の周囲に積層される。これにより、複数の構造物の周囲に重合体膜を容易に積層させることができる。

【0039】

また、上記した実施形態において、第1の積層工程は、加熱工程より低い温度で行われる。これにより、複数の構造物の周囲に重合体膜を形成することができ、加熱工程において重合体膜を解重合させることで、複数の構造物の周囲から重合体膜を除去することができる。

40

【0040】

(第2の実施形態)

第1の実施形態では、配線材料17を含む複数の構造物が形成された後に、それぞれの構造物の側方に空隙18'が形成され、それぞれの構造物の間に層間絶縁膜21が埋め込まれた。これに対し、本実施形態では、絶縁性を有する部材により構成された複数の構造物が形成された後に、それぞれの構造物の側方に空隙が形成され、それぞれの構造物の間に配線材料17が埋め込まれる点が第1の実施形態とは異なる。

【0041】

[半導体装置の製造方法]

50

図 16 は、本開示の第 2 の実施形態における半導体装置の製造方法の一例を示すフローチャートである。また、図 17 ~ 図 24 は、本実施形態の製造方法に含まれるそれぞれの工程における被処理体 W の状態の一例を示す断面図である。なお、以下の説明では、図 2 および図 3 も参照される。また、以下の説明において、第 1 の実施形態と同様の内容については、重複する説明を省略する。

【 0 0 4 2 】

まず、例えば図 2 に示された被処理体 W が準備される (S 2 0 0)。そして、図 2 に示された被処理体 W がエッチング装置内に搬入され、例えば図 3 に示されたように、レジスト膜 14 の形状に沿って、反射防止膜 13、ハードマスク膜 12、および絶縁膜 11 がエッチングされる (S 2 0 1)。そして、アッシングにより、レジスト膜 14 が除去される。これにより、絶縁膜 11、ハードマスク膜 12、および反射防止膜 13 を含む複数の構造物がベース基板 10 上に形成される。本実施形態において、絶縁膜 11 は、絶縁性を有する第 1 の材料の一例である。

10

【 0 0 4 3 】

次に、レジスト膜 14 の形状に沿ってエッチングされた被処理体 W が、例えば図 7 に示された成膜装置 4 の容器 40 内に搬入され、被処理体 W 上に重合体膜 18 が積層される (S 2 0 2)。これにより、例えば図 17 に示されるように、絶縁膜 11、ハードマスク膜 12、および反射防止膜 13 を含む複数の構造物上に重合体膜 18 が積層される。

【 0 0 4 4 】

次に、重合体膜 18 が積層された被処理体 W がエッチング装置内に搬入され、重合体膜 18 の形状が調整される (S 2 0 3)。例えば図 18 に示されるように、絶縁膜 11、ハードマスク膜 12、および反射防止膜 13 を含むそれぞれの構造物の側方に積層された重合体膜 18 が残るように、異方性エッチングにより重合体膜 18 がエッチングされる。エッチングの条件を調整することにより、絶縁膜 11、ハードマスク膜 12、および反射防止膜 13 を含むそれぞれの構造物の側方に残る重合体膜 18 の厚さを制御することができる。

20

【 0 0 4 5 】

次に、重合体膜 18 の形状が調整された被処理体 W が成膜装置内に搬入され、例えば図 19 に示されるように、被処理体 W 上に酸化膜 19 が積層される (S 2 0 4)。

【 0 0 4 6 】

次に、酸化膜 19 が積層された被処理体 W が、例えば図 11 に示されたアニール装置 5 内に搬入され、アニールされる (S 2 0 5)。これにより、重合体膜 18 が原料モノマーに解重合し、原料モノマーが酸化膜 19 を介して離脱する。これにより、例えば図 20 に示されるように、絶縁膜 11、ハードマスク膜 12、および反射防止膜 13 を含む構造物の側方に、重合体膜 18 の形状に対応する空隙 18' が形成される。

30

【 0 0 4 7 】

次に、アニール後の被処理体 W が成膜装置内に搬入され、例えば図 21 に示されるように、被処理体 W 上にバリア膜およびシード膜を含む下地膜 16 が積層される (S 2 0 6)。

【 0 0 4 8 】

次に、下地膜 16 が積層された被処理体 W が埋め込み装置内に搬入され、被処理体 W の凹部 15 に、配線材料 17 が埋め込まれる (S 2 0 7)。本実施形態において、配線材料 17 は、導電性を有する第 2 の材料の一例である。そして、配線材料 17 が埋め込まれた被処理体 W の上面が、CMP により研磨される。配線材料 17 が埋め込まれて表面が研磨された後の被処理体 W の断面は、例えば図 22 のようになる。

40

【 0 0 4 9 】

次に、配線材料 17 が埋め込まれた被処理体 W が成膜装置内に搬入され、例えば図 23 に示されるように、被処理体 W 上に層間絶縁膜 21 が積層される (S 2 0 8)。例えば図 23 に示された被処理体 W の一部が、半導体装置の一部を構成する。

【 0 0 5 0 】

以上、第 2 の実施形態における半導体装置の製造方法について説明した。本実施形態の製造方法においても、重合体膜 18 の形状を調整することにより、配線材料 17 の側方に任

50

意の形状の空隙 18' を形成することができる。そのため、本実施形態の製造方法によれば、電気的な特性および機械的な強度を考慮した任意の形状の空隙 18' を配線材料 17 の側方に形成することができる。

【0051】

また、本実施形態では、配線材料 17 の周囲に配置される構造物が先に形成され、形成された構造物の間に配線材料 17 が埋め込まれる。これにより、絶縁膜 11 を除去する工程（図 1 のステップ S104）を省くことができる。これにより、半導体装置をより迅速に製造することができる。

【0052】

（第 3 の実施形態）

上記した各実施形態では、配線材料 17 の側方に重合体膜 18 の形状に応じた空隙 18' が形成される。これに対し、本実施形態では、ソース、ドレイン、およびゲートを有する構造体において、ゲートの上方に重合体膜 18 の形状に応じた空隙 18' が形成される。以下、本実施形態における半導体装置の製造方法の一例について、図 24 ~ 図 29 を参照しながら説明する。

【0053】

まず、被処理体 W において、ソース領域 10s およびドレイン領域 10d が形成されたベース基板 10 上に、所定の材料がドーピングされたゲートシリコン膜 23 が積層され、ゲートシリコン膜 23 上に絶縁膜 11 が積層される。ゲートシリコン膜 23 は、半導電性を有する材料により構成された構造物の一例である。そして、異方性エッチングにより、絶縁膜 11 およびゲートシリコン膜 23 が所定の形状に成形される。そして、被処理体 W が、例えば図 7 に示された成膜装置 4 の容器 40 内に搬入される。そして、例えば図 24 に示されるように、被処理体 W 上に重合体膜 18 が積層される。

【0054】

次に、重合体膜 18 が積層された被処理体 W において、例えば図 25 に示されるように、重合体膜 18 上にレジスト膜 14 が積層され、ゲートシリコン膜 23 の上方の重合体膜 18 が残るように、レジスト膜 14 の形状が調整される。そして、異方性エッチングにより、レジスト膜 14 をマスクとして重合体膜 18 をエッチングすることにより、例えば図 26 に示されるように、重合体膜 18 の形状が調整される。そして、例えば図 27 に示されるように、重合体膜 18 上のレジスト膜 14 が除去される。

【0055】

次に、重合体膜 18 の形状が調整された被処理体 W が成膜装置内に搬入され、例えば図 28 に示されるように、被処理体 W 上に酸化膜 19 が積層される。

【0056】

次に、酸化膜 19 が積層された被処理体 W が、例えば図 11 に示されたアニール装置 5 内に搬入され、アニールされる。これにより、重合体膜 18 が原料モノマーに解重合し、原料モノマーが酸化膜 19 を介して離脱する。これにより、例えば図 29 に示されるように、絶縁膜 11 の上方に、重合体膜 18 の形状に対応する空隙 18' が形成される。

【0057】

以上、第 3 の実施形態における半導体装置の製造方法について説明した。本実施形態の製造方法によれば、重合体膜 18 の形状を調整することにより、ゲートシリコン膜 23 の上方に任意の形状の空隙 18' を形成することができる。

【0058】

[その他]

なお、本願に開示された技術は、上記した実施形態に限定されるものではなく、その要旨の範囲内で数々の変形が可能である。

【0059】

例えば、上記した各実施形態において、重合体膜 18 は、2 種類の原料モノマーの蒸気を用いた蒸着重合により積層されたが、開示の技術はこれに限られない。例えば、重合体膜 18 は、液体の重合体が被処理体 W 上に塗布されることにより、被処理体 W 上に積層され

10

20

30

40

50

てもよい。

【 0 0 6 0 】

また、上記した各実施形態では、重合体膜 1 8 を構成する重合体の一例としてポリ尿素を用いるが、ポリ尿素以外の重合体が用いられてもよい。ポリ尿素以外の重合体としては、ウレタン結合を有するポリウレタン等が挙げられる。ポリウレタンは、例えば、アルコール基を有するモノマーとイソシアネート基を有するモノマーとを共重合させることにより合成することができる。また、ポリウレタンは、所定の温度に加熱されることにより、アルコール基を有するモノマーとイソシアネート基を有するモノマーとに解重合する。

【 0 0 6 1 】

また、上記した各実施形態では、重合体膜 1 8 を封止する仮封止膜として、S i O₂ で構成された低温酸化膜である酸化膜 1 9 を例に説明したが、仮封止膜としては、シリコンの低温酸化膜の他、シリコンの低温窒化膜が用いられてもよい。低温窒化膜は、例えばプラズマ C V D 等により低温（例えば 1 0 0 程度）で成膜され、高温（数百）で成膜されたシリコン窒化膜よりも疎な膜である。低温窒化膜としては、低温酸化膜に近いストイキオメトリの値を有し、機械的強度が低温酸化膜と同等かそれ以上のシリコン窒化膜が好ましい。また、仮封止膜は、解重合したモノマーが通過可能な膜であれば、炭素添加シリコン酸化膜（S i O C）やポリイミド膜のような多孔質膜であってもよい。

10

【 0 0 6 2 】

なお、今回開示された実施形態は全ての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。実に、上記した実施形態は多様な形態で具現され得る。また、上記の実施形態は、添付の特許請求の範囲およびその趣旨を逸脱することなく、様々な形態で省略、置換、変更されてもよい。

20

【符号の説明】

【 0 0 6 3 】

W 被処理体

1 0 ベース基板

1 0 s ソース領域

1 0 d ドレイン領域

1 1 絶縁膜

1 2 ハードマスク膜

1 3 反射防止膜

1 4 レジスト膜

1 5 凹部

1 6 下地膜

1 7 配線材料

1 8 重合体膜

1 8 ' 空隙

1 9 酸化膜

2 0 保護膜

2 1 層間絶縁膜

2 2 空隙

2 3 ゲートシリコン膜

4 成膜装置

5 アニール装置

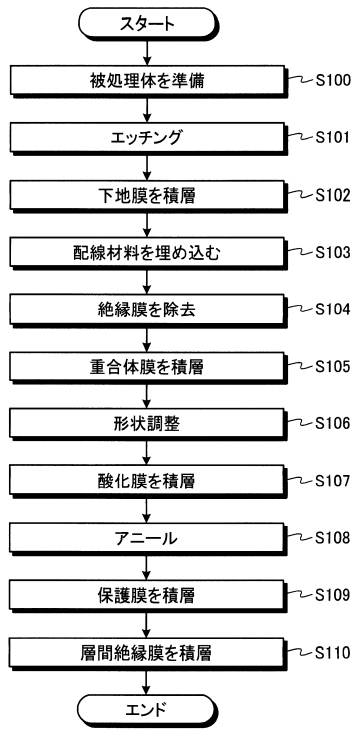
30

40

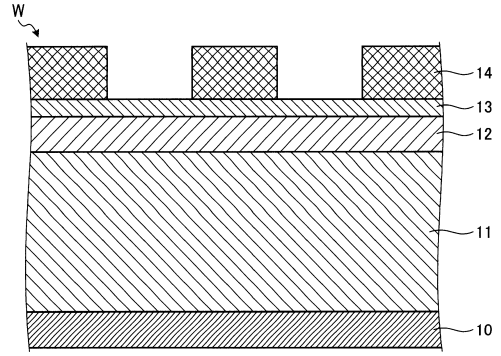
50

【図面】

【図 1】



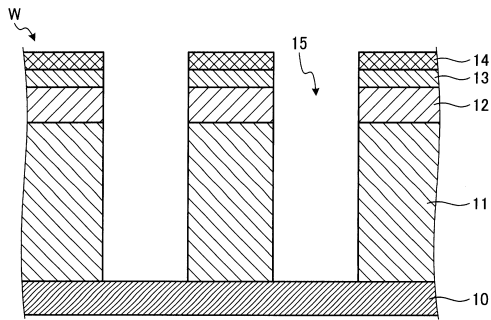
【図 2】



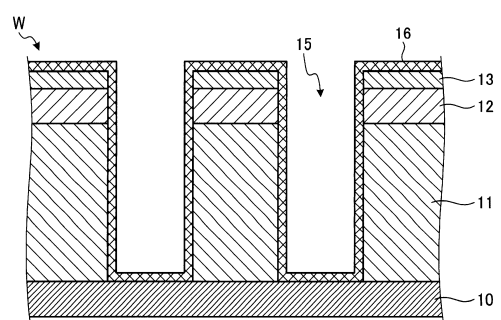
10

20

【図 3】



【図 4】

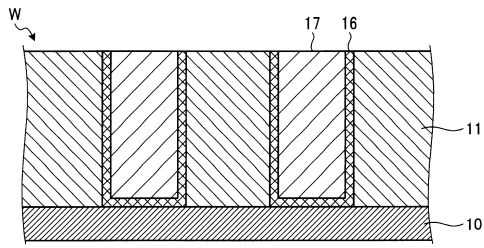


30

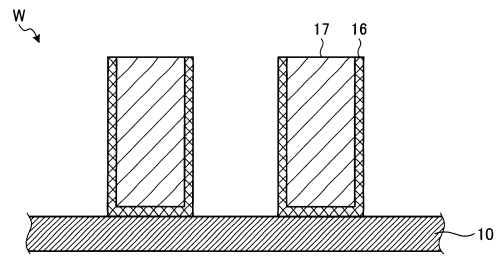
40

50

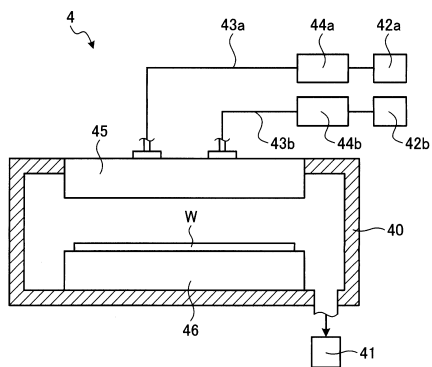
【図 5】



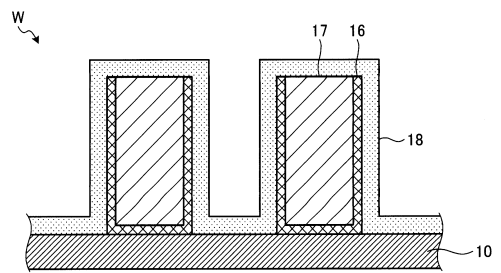
【図 6】



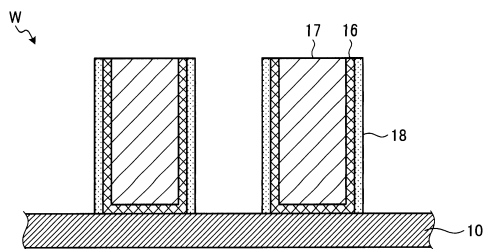
【図 7】



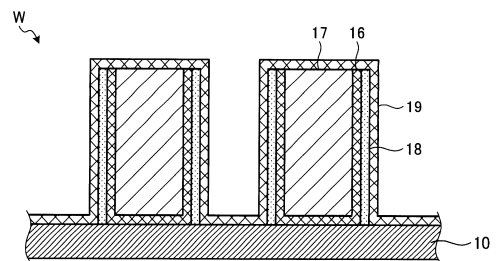
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

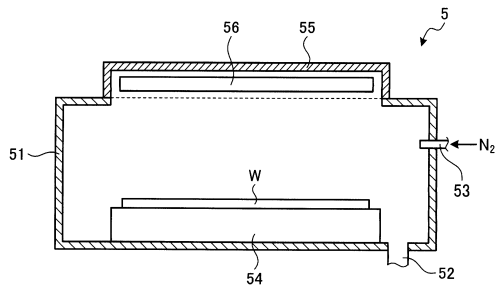
20

30

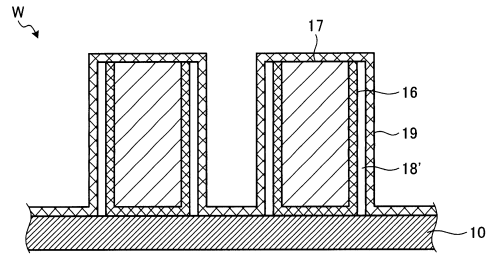
40

50

【図 1 1】

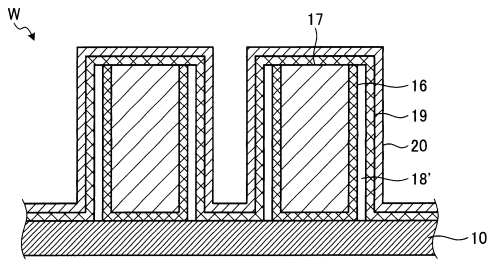


【図 1 2】

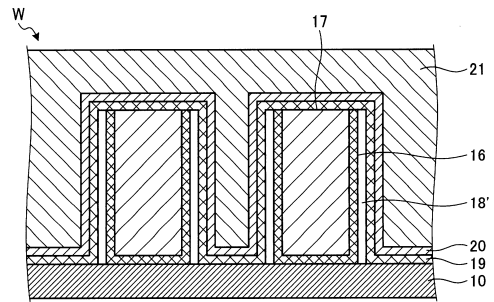


10

【図 1 3】



【図 1 4】



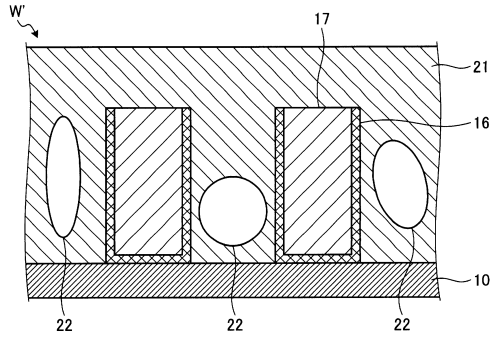
20

30

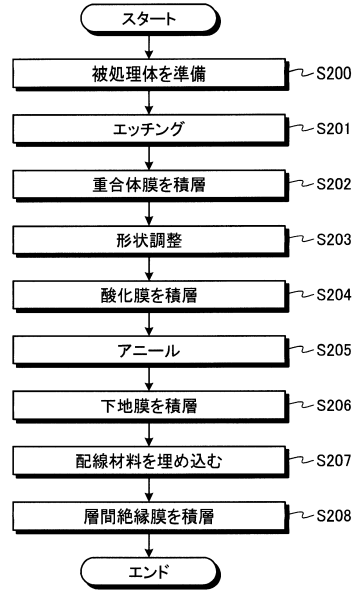
40

50

【図 15】



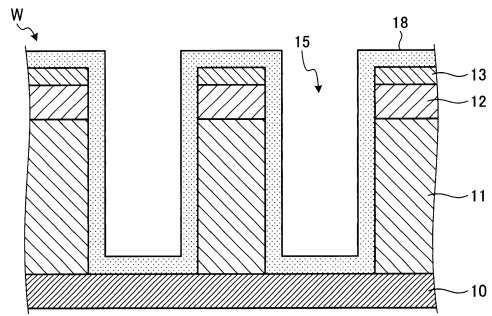
【図 16】



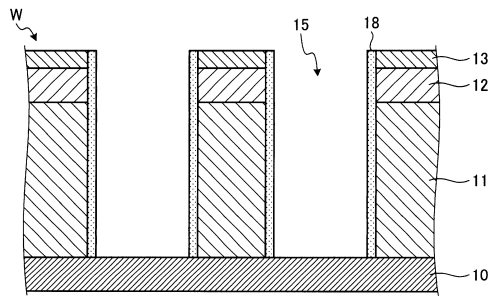
10

20

【図 17】



【図 18】

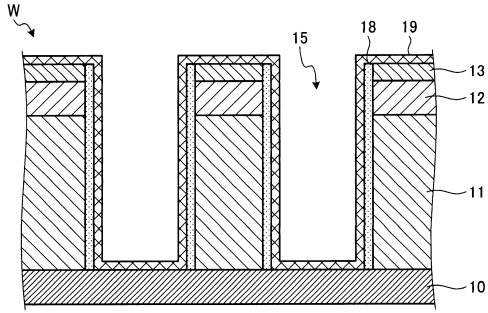


30

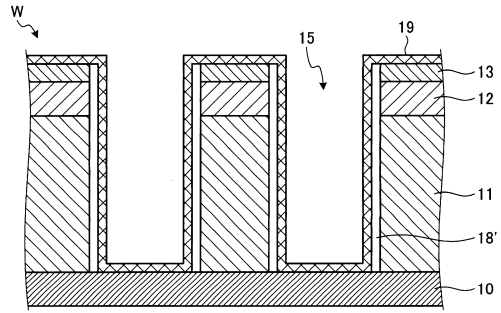
40

50

【図 19】

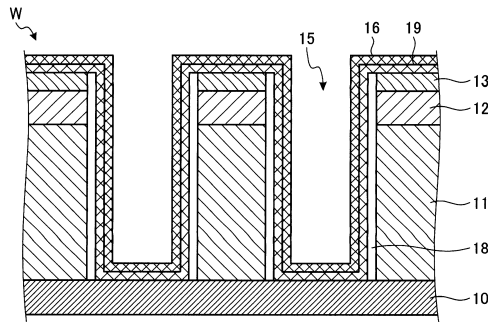


【図 20】

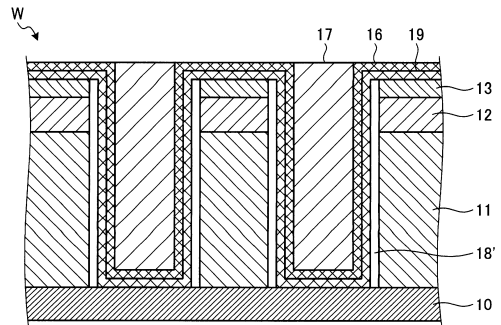


10

【図 21】



【図 22】



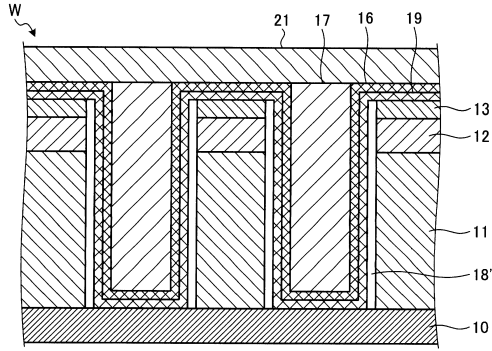
20

30

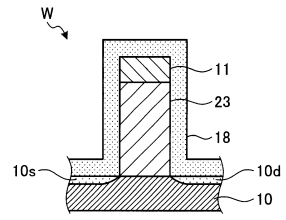
40

50

【 2 3 】



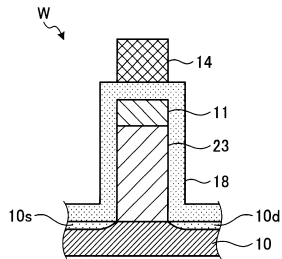
【 2 4 】



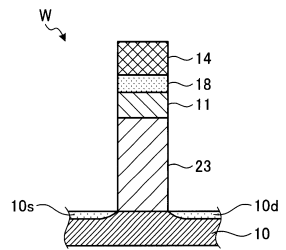
10

20

【 2 5 】



【 2 6 】

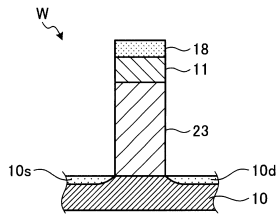


30

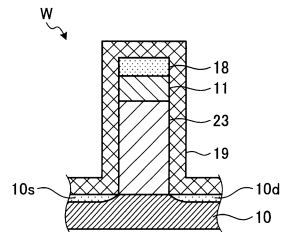
40

50

【 図 2 7 】

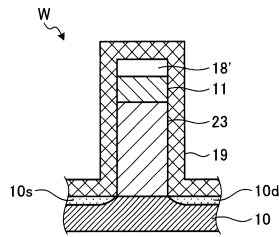


【 図 2 8 】



10

【 図 2 9 】



20

30

40

50

フロントページの続き

i z タワー 東京エレクトロン株式会社内

審査官 長谷川 直也

(56)参考文献 特開2004-266244(JP,A)
特開平08-083839(JP,A)
特開2010-147495(JP,A)
特開2018-098220(JP,A)
特開平08-222569(JP,A)
特開平09-143681(JP,A)
特開2003-342375(JP,A)
特開平07-258370(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01L 21/312

H01L 21/768

H01L 21/31