(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年5月22日(22.05.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/100339 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/3065 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/025449

(22) 国際出願日： 2019年6月26日(26.06.2019)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 株式会社日立ハイテク (**HITACHI HIGH-TECH CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1056409 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 谷山 雅章 (**TANIYAMA, Masaaki**); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 桑原 謙一(**KUWAHARA, Kenichi**); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 宇根 聡(**UNE, Satoshi**); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP).

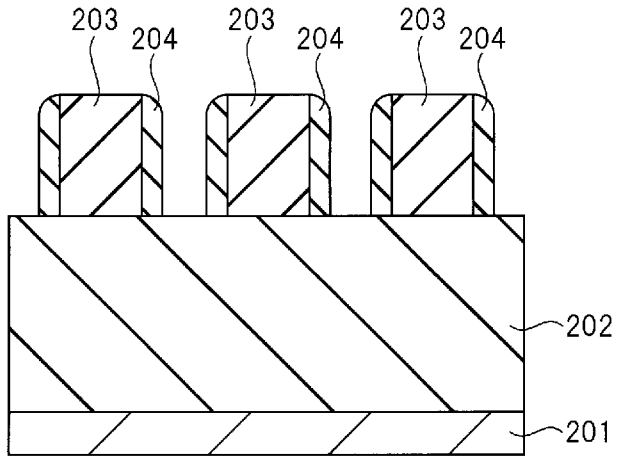
(74) 代理人: 特許業務法人筒井国際特許事務所(**TSUTSUI & ASSOCIATES**); 〒1600022 東京都新宿区新宿2丁目3番10号 新宿御苑ビル3階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) **Title:** PLASMA PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称： プラズマ処理方法

図 3



(57) **Abstract:** The present invention is a plasma processing method for plasma etching a film to be etched using a mask, said method being characterized by comprising: a deposition step in which a deposition film containing elemental boron is deposited on the mask while supplying high-frequency power to a sample table on which a sample having the film to be etched formed thereupon is placed; and an etching step that is implemented subsequent to the deposition step, in which the film to be etched is etched using plasma.

WO 2020/100339 A1

[続葉有]

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正を受理した際には再公開される。(規則48.2(h))

— 出願人の請求に基づく第２１条(2)(a)による期間経過前の公開。

(57) 要約:本発明は、マスクを用いて被エッチング膜をプラズマエッチングするプラズマ処理方法において、前記被エッチング膜が成膜された試料が載置される試料台に高周波電力を供給しながらホウ素元素を含有する堆積膜を前記マスクに堆積させる堆積工程と、前記堆積工程後、プラズマを用いて前記被エッチング膜をエッチングするエッチング工程と、を有することを特徴とする。

明　細　書

発明の名称 ： プラズマ処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、プラズマ処理技術に関し、例えば、マスクパターンの側壁に保護膜を形成した後、被エッチング膜をエッチングする技術に適用して有効な技術に関する。

背景技術

[0002] 特開２００９－２０００８０号公報（特許文献１）には、酸素を含むガスと、硫黄を含み酸素を含まないガスとを含む混合ガスを用いてエッチングすることで側壁を保護し、所望寸法及び所望形状を得るエッチング技術が記載されている。

[0003] 特開２０１８－５６３４５号公報（特許文献２）には、被処理基板に形成された酸化シリコン膜を含む膜に対してドライエッチングする際のエッチングマスクとして、ボロン系膜を有するハードマスクを用いる技術が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００９－２０００８０号公報

特許文献2：特開２０１８－５６３４５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 近年では、半導体デバイスの微細化が進んできている結果、加工技術の高密度化が要求されている。このような状況下で、極端紫外線露光技術（ＥＵＶ技術）を代表とする次世代リソグラフィ技術においては、マスクパターンの微細化に伴って、マスクパターンを構成するレジスト膜の薄膜が進んでいる。この結果、マスクパターンと被エッチング膜との間でのエッチング選択比の低下や、リソグラフィ技術の限界に起因するホールパターン等の穴径に

縮小化に限界が顕在化してきている。

[0006] 前述の課題に対して、マスクパターンに保護膜を形成し、マスクパターンと保護膜をマスクにして、被エッチング膜をエッチングする技術が提案されている。この技術によれば、マスクパターンに保護膜が形成される結果、マスクパターンの寸法精度よりも微細な加工精度で被エッチング膜を加工できるという利点が得られる。

[0007] ところが、マスクパターンに保護膜を形成する技術においては、保護膜がエッチングマスクの一部として機能する。このことから、例えば、被エッチング膜をプラズマエッチング技術で加工する場合、エッチングマスクの一部を構成する保護膜には、プラズマに対する耐性が要求される。しかし、保護膜に使用されている材料が、プラズマに対する耐性が充分ではない場合、被エッチング膜に対する加工寸法の制御性の低下を招く。したがって、被エッチング膜に対する加工寸法の制御性を向上する観点から、マスクパターンに形成される保護膜に対して、プラズマに対する耐性を向上させることが要求される。本発明は、プラズマに対する耐性の高いボロンを含有する保護膜をマスクパターンの側壁に形成することにより、被エッチング膜に対する加工寸法の制御性を向上させる技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0008] 一実施の形態におけるプラズマ処理方法は、マスクを用いて被エッチング膜をプラズマエッチングするプラズマ処理方法であり、前記被エッチング膜が成膜された試料が載置される試料台に高周波電力を供給しながらホウ素元素を含有する堆積膜を前記マスクに堆積させる堆積工程と、前記堆積工程後、プラズマを用いて前記被エッチング膜をエッチングするエッチング工程と、を有することを特徴とする。

発明の効果

[0009] 一実施の形態におけるプラズマ処理方法によれば、加工寸法精度を向上できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施の形態におけるプラズマエッチング装置の構成を示す図である。

[図2]実施の形態におけるプラズマエッチング工程を示す断面図である。

[図3]実施の形態におけるプラズマエッチング工程を示す断面図である。

[図4]レジストパターンの側壁に形成される保護膜の膜厚とプラズマ処理時間との関係を示す図である。

[図5]実施の形態におけるプラズマエッチング工程を示す断面図である。

[図6]実施の形態におけるプラズマエッチング工程を示す断面図である。

[図7]実施の形態におけるプラズマエッチング工程を示す断面図である。

[図8]実施の形態におけるプラズマエッチング工程を示す断面図である。

[図9]実施の形態におけるプラズマエッチング工程を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0011] 実施の形態を説明するための全図において、同一の部材には原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。なお、図面をわかりやすくするために平面図であってもハッチングを付す場合がある。

＜プラズマエッチング装置＞

図１は、本実施の形態におけるプラズマエッチング装置の模式的な構成を示す図である。

[0012] 図１において、本実施の形態におけるプラズマエッチング装置１００は、例えば、マイクロ波ＥＣＲ（Electron Cyclotron Resonance）放電エッチング装置から構成される。

[0013] 本実施の形態におけるプラズマエッチング装置１００は、チャンバ１０１と、被処理基板１０２を配置するウェハ配置電極であるステージ（試料台）１０３と、チャンバの上面に配置され、かつ、エッチングガスを導入するためのシャワープレート１０４と、マイクロ波を透過する誘電体窓１０５とを有する。本実施の形態におけるプラズマエッチング装置１００では、チャンバ１０１の内部に、上述したステージ１０３とシャワープレート１０４と誘電体窓１０５とが密閉されて処理室１０６が構成される。この処理室１０６の内部は、高真空状態にすることができる。

[0014] 被処理基板１０２は、例えば、シリコン基板と、シリコン基板上に形成された被エッチング膜と、被エッチング膜上に形成されたマスクパターンから構成される。シリコン基板は、例えば、ウェハと呼ばれる平面略円形状の半導体基板である。また、被エッチング膜は、例えば、ポリシリコン膜とポリシリコン膜上に形成された酸化シリコン膜との積層膜から形成されている。さらに、マスクパターンは、例えば、リソグラフィ技術によりパターニングされたレジスト膜から構成される。

[0015] シャワープレート１０４には、処理室１０６にエッチングガスを供給するためのガス供給装置１０７が接続されている。また、プラズマを生成するための電力を処理室１０６に伝送するため、誘電体窓１０５の上方には、プラズマ生成用高周波である電磁波を放射する導波管１０８が設けられている。導波管１０８に伝送される電磁波は、電磁波発生用電源１０９から発振される。このとき、電磁波の周波数は、特に限定されないが、例えば、２．４５ＧＨｚのマイクロ波を使用することができる。

[0016] そして、処理室１０６の外周部には、磁場を発生する磁場発生コイル１１０が配置されており、電磁波発生用電源１０９から発振された電力が、磁場発生コイル１１０によって発生した磁場と相互作用することによって、処理室１０６の内部に高密度なプラズマ１１１が生成される。なお、ステージ１０３の表面は、溶射膜（図示せず）で被覆されている。

[0017] 処理室１０６の内部に搬入された被処理基板１０２は、直流電源１１２から印加される直流電圧に起因する静電気力によってステージ１０３上に吸着されて温度調整される。

[0018] ガス供給装置１０７によって、処理室１０６の内部に所望のエッチングガスを供給した後、処理室１０６の内部の圧力を所定の圧力にする。そして、この状態で、処理室１０６の内部にプラズマ１１１を発生させる。ここで、ステージ１０３に接続された高周波電源１１３からバイアス用高周波電力を印加することにより、プラズマ１１１から被処理基板１０２にイオンが引き込まれて、被処理基板１０２に対してプラズマ処理が実施される。

[0019] なお、本実施の形態におけるプラズマエッチング装置として、例えば、マイクロ波ＥＣＲ放電エッチング装置を例に挙げて説明したが、本実施の形態におけるプラズマエッチング装置は、これに限らず、例えば、ヘリコン波プラズマエッチング装置や、誘導結合型プラズマエッチング装置や、容量結合型プラズマエッチング装置などから構成できる。

＜本発明者が見出した新たな知見＞

[0020] 次に、上述したプラズマエッチング装置を使用したプラズマエッチング方法を実施するにあたって、本発明者が新たに見出した知見について説明する。

[0021] 例えば、上述したプラズマエッチング装置によって、以下に示すプラズマエッチング方法が実現される。すなわち、まず、プラズマエッチング装置に、被エッチング膜と被エッチング膜上に形成されたマスクパターンとを有する基板を搬入する。そして、このプラズマエッチング装置において、マスクパターンの側壁に保護膜を形成する。これにより、マスクパターンと保護膜との組み合わせをマスクとすれば、マスクパターンを単独で使用する場合に比べて、高精度のマスクパターンを形成することができる。なぜなら、例えば、マスクパターンを構成する第１パターンと第２パターンとの間の間隔に着目する。この場合、第１パターンの側壁に保護膜を形成し、かつ、第２パターンの側壁に保護膜を形成すると、第１パターンの側壁に形成された保護膜と第２パターンの側壁に形成された保護膜との間の間隔は、第１パターンと第２パターンとの間の間隔よりも狭くなる。この結果、例えば、第１パターンの側壁に形成された保護膜と第２パターンの側壁に形成された保護膜との間から露出する被エッチング膜を加工することにより形成されるホールパターンの径は、第１パターンと第２パターンとをマスクにして被エッチング膜を加工することにより形成されるホールパターンの径よりも小さくなる。このことは、マスクパターンの側壁に保護膜を形成することにより、マスクパターンを単独で使用するよりも微細なホールパターンを形成できることを意味する。したがって、マスクパターンの側壁に保護膜を形成したマスクを

使用することにより、単独のマスクパターンの限界を超えた微細なホールパターンを形成することができることがわかる。つまり、マスクパターンの側壁に保護膜を形成する技術を使用することにより、単独のマスクパターンでは実現することが困難な微細な加工を行なうことができることになる。

[0022] ここで、本発明者が、マスクパターンの側壁に保護膜を形成する技術について検討した結果、以下に示す新規な知見を獲得したので、この点について説明する。

[0023] 例えば、マスクパターンの側壁に保護膜を形成することにより、このマスクパターンと保護膜との組み合わせをマスクにして、被エッチング膜をプラズマエッチングする。この際、マスクパターンだけでなく、保護膜もプラズマ雰囲気に曝される。したがって、保護膜には、プラズマに対する耐性が要求される。

[0024] この点に関し、例えば、プラズマに対する耐性が充分ではない保護膜を使用して、被エッチング膜のプラズマエッチングを実施すると、保護膜がプラズマによるダメージを受ける結果、例えば、保護膜の消失が生じて、保護膜がマスクとして充分に機能しなくなる。このことから、保護膜がプラズマに対する耐性が低いと、被エッチング膜の加工精度を確保することが困難になる。つまり、マスクパターンの側壁に保護膜を形成したマスクを使用して、被エッチング膜のプラズマエッチングを実施しても、保護膜のプラズマに対する耐性が低いと、たとえ、保護膜を使用して被エッチング膜の加工精度を向上しようとしても、充分な効果を得ることができないのである。

[0025] そこで、プラズマ耐性の高い保護膜を実現するために検討した結果、本発明者は、マスクパターンに対して、ボロン（Ｂ）を含有する膜を保護膜として使用することにより、保護膜のプラズマに対する耐性を向上できることを新規に見出した。すなわち、本発明者が見出した新規な知見とは、マスクパターンの側壁に保護膜を形成することにより、プラズマエッチングによる被エッチング膜の微細加工を実現するためには、保護膜のプラズマに対する耐性を向上することが重要であることを前提として、ボロン（Ｂ）を含有する

膜を保護膜として使用するという知見である。そして、本発明者は、この新たな知見をプラズマエッチング技術に適用することにより、以下に示す本実施の形態におけるプラズマエッチング方法を具現化している。以下では、この本実施の形態におけるプラズマエッチング方法について、図面を参照しながら説明することにする。

＜実施の形態におけるプラズマエッチング方法＞

[0026] まず、図２は、本実施の形態におけるプラズマエッチング方法が実施される被対象物である基板を示す図である。図２に示すように、本実施の形態における基板２０１は、例えば、シリコン基板であり、この基板２０１上に、被エッチング膜２０２が形成されている。被エッチング膜２０２は、例えば、レジスト膜やポリシリコン膜や酸化シリコン膜や窒化シリコン膜から形成されている。そして、被エッチング膜２０２上には、例えば、予めパターニングされているレジストパターン２０３が形成されている。このレジストパターン２０３は、本実施の形態におけるマスクパターンの一例である。このように構成されている基板２０１は、例えば、図１に示すプラズマエッチング装置１００の処理室１０６に搬入されて、処理室１０６の内部に配置されているステージ１０３上に配置される。

[0027] 次に、ステージ１０３上に配置された基板２０１に対して、レジストパターン２０３の側壁にボロンを含有する保護膜２０４を形成する。すなわち、本実施の形態では、被エッチング膜をプラズマエッチングするためのプラズマエッチング装置において、図３に示すように、レジストパターン２０３の側壁にボロンを含有する保護膜２０４を形成する。

[0028] 具体的に、プラズマエッチング装置における保護膜２０４の形成工程は、基板２０１の温度を１０℃以上１００℃以下に維持しながら、処理室内にボロンを含有するガスとエッチングガスとを含む混合ガスに基づいてプラズマを生成することにより行なわれる。例えば、ボロンを含有するガスは、堆積性ガスであり、ボロンを含有する膜の原料ガスとなる。一方、本実施の形態では、堆積性ガスであるボロンを含有するガスとともに、エッチングガスも

導入している。このとき、エッチングガスは、堆積膜を除去する機能を有している。したがって、堆積性ガスであるボロンを含有するガスとエッチングガスとの添加比率を調整することにより、堆積物の生成量を制御することができる。ここで、堆積性ガスとしては、ボロンを含有するガスとともに、窒素を含有するガスを添加してもよい。この場合、保護膜には、窒化ボロンも含まれることになる。一方、エッチングガスとしては、例えば、フッ素を含有するガスや塩素を含有するガスを使用することができる。

[0029] さらに、このとき、図１に示すプラズマエッチング装置１００のステージ１０３に接続された高周波電源１１３からＲＦバイアス（高周波電力）を基板２０１（図１の被処理基板１０２に相当）に印加する。これにより、プラズマに含まれるイオンが被エッチング膜２０２の表面上に形成されている保護膜２０４にスパッタリングされることで、被エッチング膜２０２上に形成されている保護膜２０４を除去し、レジストパターン２０３の側壁に選択的にボロンを含有する保護膜を形成することができる。ただし、ＲＦバイアスを基板２０１に印加する場合、レジストパターン２０３にもダメージを与えることになる。このことから、レジストパターン２０３に与えるダメージを抑制しながら、被エッチング膜２０２の表面上に形成されている保護膜２０４を除去するために、基板２０１に印加されるＲＦバイアスを調整して、イオンの入射エネルギーを５０ｅＶ～５００ｅＶ程度にすることが望ましい。

[0030] 例えば、本実施の形態における保護膜２０４の形成工程は、以下示す処理条件で実施される。具体的に、この処理条件としては、マイクロ波の電力を５００Wとし、かつ、ＲＦバイアスを３０Wで印加する。そして、５０ｍｌ／ｍｉｎで処理室に導入されるBCl_3ガスと、５０ｍｌ／ｍｉｎで処理室に導入されるN_2ガスと、５０ｍｌ／ｍｉｎで処理室に導入されるCF_4ガスと、５０ｍｌ／ｍｉｎで処理室に導入されるＡｒガスとの混合ガスが使用される。また、処理条件としては、処理室の内圧を０．５Ｐａに保ちながら、基板２０１（ウェハ）の温度を４０℃に維持した条件が使用される。このようにして、レジストパターン２０３の側壁にボロンを含有する膜から構成され

る保護膜２０４を形成することができる。

[0031] ここで、図４は、例えば、多層レジスト構造のホールサンプルを使用して、上述した処理条件を適用した場合において、レジストパターン２０３の側壁に形成される保護膜２０４の膜厚とプラズマ処理時間との関係を示す図である。図４において、横軸は、処理時間（ｓｅｃ）を示し、縦軸は、保護膜２０４の膜厚（ｎｍ）を示している。図４に示すように、処理時間によって、保護膜２０４の膜厚が変化することがわかる。具体的には、処理時間を１０秒から４０秒の範囲で変化させた場合、保護膜２０４の膜厚は、６ｎｍから１３ｎｍ程度に変化することがわかる。つまり、図４から、処理時間を長くすると、保護膜２０４の膜厚が増加することがわかる。したがって、本実施の形態における保護膜２０４の形成工程では、プラズマを発生させる時間（処理時間）を調整することにより、保護膜２０４の膜厚を調整することができることがわかる。すなわち、本実施の形態における保護膜２０４の形成工程では、図４の関係に基づいて処理時間を調整することにより、保護膜２０４の膜厚を制御して、所望のホール径を実現することができる。

[0032] 続いて、図５に示すように、プラズマエッチング装置において、レジストパターン２０３と保護膜２０４をマスクにして、被エッチング膜２０２をエッチングする。これにより、保護膜２０４に整合して、被エッチング膜２０２にホールパターン２０５を形成できる。

[0033] 例えば、本実施の形態におけるホールパターン２０５の形成工程は、以下示す処理条件で実施される。具体的に、この処理条件としては、マイクロ波電力を９００Ｗとし、かつ、ＲＦバイアスを１５０Ｗで印加する。そして、２００ｍｌ／ｍｉｎで処理室に導入されるSO_2ガスと、１００ｍｌ／ｍｉｎで処理室に導入されるO_2ガスと、５００ｍｌ／ｍｉｎで処理室に導入されるＨｅガスとの混合ガスが使用される。また、処理条件として、処理室の内圧を２．４Ｐａに保ちながら、基板２０１（ウェハ）の温度を４０℃に維持した条件が使用される。このようにして、レジストパターン２０３と保護膜２０４とをマスクにした被エッチング膜２０２のプラズマエッチングにより、

ホールパターン２０５を形成することができる。

[0034] ここで、本実施の形態におけるプラズマエッチング方法では、保護膜２０４がボロンを含有する膜から形成されていることから、例えば、レジストパターン２０３よりもプラズマに対する耐性の高い保護膜２０４を実現することができる。また、ボロンを含有する膜は、炭素含有膜とシリコン含有膜のいずれの膜よりもプラズマに対する耐性が高い。したがって、本実施の形態によれば、保護膜２０４として、ボロンを含有する膜を使用することにより、保護膜２０４をマスクとして形成されるホールパターン２０５のホール径の微細加工精度を安定して実現することができる。

[0035] なお、本実施の形態におけるプラズマエッチング方法を実現するにあたって、処理装置（プラズマエッチング装置）の種類や処理条件については、レジストパターン２０３と保護膜２０４の組み合わせで形成されるマスクに対して、被エッチング膜２０２との選択比を有し、かつ、所望のホール径を得ることができるものであれば、特に、限定されない。ただし、本実施の形態のように、１つのプラズマエッチング装置において、保護膜２０４を形成する工程と、被エッチング膜２０２をプラズマエッチングする工程を連続して一括処理する構成を採用する場合、生産性を向上できる効果を得ることができる。

＜実施の形態における特徴＞

次に、本実施の形態における特徴点について説明する。

[0036] 本実施の形態における特徴点は、基板に形成されている被エッチング膜に対してプラズマエッチングを実施するプラズマエッチング装置において、被エッチング膜に対してプラズマエッチングを実施する前に、被エッチング膜上に形成されているレジストパターンの側壁にボロンを含有する保護膜を形成する点にある。つまり、本実施の形態における特徴点は、プラズマエッチングする機能を有するプラズマエッチング装置において、ボロンを含有する保護膜を形成する点にある。

[0037] これにより、レジストパターンの側壁に形成するボロンを含有する保護膜

をプラズマ処理で形成することができるため、基板の温度を１０℃以上１００℃以下に維持した状態で保護膜を形成することができる。

[0038] 例えば、「背景技術」に記載した特許文献２には、ボロン系膜を有するハードマスクに関する技術が記載されている。そして、この特許文献２では、例えば、ＣＶＤ装置を使用してボロン系膜を有するハードマスクを形成することが記載されている。この点に関し、特許文献２の段落〔００２６〕には、ＣＶＤ法によりボロン膜を成膜する際の温度は、２００℃～５００℃の範囲であることが好ましい旨が記載されている。

[0039] この点に関し、ハードマスクの耐熱温度は高いため、２００℃～５００℃の温度範囲のＣＶＤ法でボロン系膜を形成することができるが、ハードマスクではなく、レジストパターンの存在を前提とすると、一般的なレジストパターンを構成するレジスト膜の耐熱温度は、１００℃～２００℃程度である。このため、特許文献２に記載された技術を使用して、レジストパターンの側壁にボロンを含有する保護膜を形成することは困難である。

[0040] なぜなら、特許文献２に記載された技術におけるボロン系膜の成膜温度が、レジストパターンを構成するレジスト膜の耐熱温度よりも高くなるからである。したがって、例えば、特許文献２に記載されたＣＶＤ法を使用することにより、レジストパターンにボロンを含有する膜を形成すると、レジストパターンが熱分解することや、レジストパターンに硬化層が形成されることにより、レジストパターンの初期寸法を保持したまま、レジストパターンにボロンを含有する膜を形成することは困難となる。

[0041] これに対し、本実施の形態における特徴点によれば、ＣＶＤ装置ではなく、プラズマエッチング装置におけるプラズマ処理を使用して、レジストパターンの側壁にボロンを含有する保護膜を形成しているため、基板の温度をレジストパターンの耐熱温度よりも低くすることができる。すなわち、本実施の形態における特徴点によれば、基板の温度をレジストパターンの耐熱温度よりも低い温度に維持した状態で、レジストパターンの側壁にボロンを含有する保護膜を形成できる。このことから、本実施の形態における特徴点を採

用すると、ハードマスクだけでなく、レジストパターンからなるマスクにおいても、ボロンを含有する保護膜を使用できる。つまり、本実施の形態における特徴点によれば、マスクの種類を問わず、幅広い種類のマスク全般にわたって、マスク材料を変質させることなく、マスクパターンの側壁にボロンを含有する保護膜を形成することができる。このように、本実施の形態における特徴点は、マスクの種類を問わず、汎用性の高い技術的思想を提供できる点である。

[0042] 例えば、ハードマスクは、レジストパターンからなるマスクよりも、被エッチング膜とのエッチング選択比を高くすることによって、例えば、アスペクト比の高いホールパターンなどを形成する際に使用される一方、レジストパターンからなるマスクは、微細加工全般のパターニング技術に使用される。このことから、レジストパターンからなるマスクの使用用途は、ハードマスクの使用用途よりも大きいということができる。

[0043] さらには、ハードマスクを使用して被エッチング膜をエッチングする工程では、まず、レジストパターンを形成した後、このレジストパターンを使用して、ハードマスクを形成する。その後、このハードマスクを使用して、被エッチング膜をエッチングすることになる。したがって、ハードマスクを使用して被エッチング膜をエッチングする工程では、レジストパターンの形成工程とハードマスクの形成工程と被エッチング膜のエッチング工程とが必要となる。これに対し、レジストパターンを使用して被エッチング膜をエッチングする工程では、レジストパターンを形成した後、このレジストパターンをマスクにして被エッチング膜をエッチングすればよい。すなわち、レジストパターンを使用して被エッチング膜をエッチングする工程は、レジストパターンの形成工程と被エッチング膜のエッチング工程だけが必要となる。このことから、レジストパターンを使用して被エッチング膜をエッチングする工程は、ハードマスクを使用して被エッチング膜をエッチングする工程よりも工程数を削減することができる。

[0044] 以上のことから、ハードマスクにだけ適用できる特許文献２に記載された

技術に対して、ハードマスクに適用できるだけでなく、レジストパターンにも適用できる本実施の形態におけるプラズマエッチング方法は、汎用性の高いレジストパターンにも適用可能という点で、非常に優れた優位性を有しているということができる。

[0045] さらには、本実施の形態では、通常、被エッチング膜のエッチングにだけ使用されるプラズマエッチング装置を使用して、レジストパターンの側壁にボロンを含有する保護膜を形成しているという点で非常に優れている。特に、プラズマエッチング装置では、堆積性ガスとエッチングガスとを含む混合ガスを使用することにより、レジストパターンの側壁に選択的にボロンを含有する保護膜を形成できるように調整できる点に優位性がある。

[0046] 例えば、マスクパターンの側壁にボロンを含有する保護膜を形成する際、例えば、ＣＶＤ装置を使用すると、まず、マスクパターンを覆うように保護膜を形成した後、異方性エッチングを施すことにより、マスクパターンの側壁にだけ保護膜を残すようにする必要がある。これに対し、プラズマエッチング装置では、堆積性ガスとエッチングガスの比率とプラズマより得られるイオンの入射エネルギーとを調整することにより、マスクパターンの側壁にだけボロンを含有する保護膜を形成することができる。このことは、プラズマエッチング装置を使用してマスクパターンの側壁にボロンを含有する保護膜を形成する工程は、ＣＶＤ装置を使用してマスクパターンの側壁にボロンを含有する保護膜を形成する工程よりも簡略化できることを意味する。

[0047] そして、プラズマエッチング装置を使用して、マスクパターンの側壁にボロンを含有する保護膜を形成する構成では、マスクパターンの側壁にボロンを含有する保護膜を形成した後、処理室を開放することなく、連続して、マスクパターンと保護膜とをマスクにして、被エッチング膜のプラズマエッチングを実施できる。特に、ボロンを含有する保護膜が、大気に曝されると、保護膜が大気中の酸素や水分と反応して変質する可能性がある。この点に関し、本実施の形態によれば、上述したように、１つのプラズマエッチング装置の処理室で、処理室を大気開放することなく、マスクパターンの側壁にボ

ロンを含有する保護膜を形成する工程と、マスクパターンと保護膜とをマスクにした被エッチング膜のプラズマエッチング工程とが連続して行なわれる。このことから、本実施の形態によれば、プラズマに対する耐性の高い保護膜の品質を維持した状態で、被エッチング膜のプラズマエッチングを実施できる点で有用な技術的思想である。

＜さらなる工夫点＞

[0048] 上述した本実施の形態におけるプラズマエッチング方法では、ボロンを含有するガスを含む堆積性ガスとエッチングガスとの混合ガスで発生させたプラズマにおいて、堆積性ガスとエッチングガスとの比率と、プラズマから得られるイオンの入射エネルギーとを調整することにより、マスクパターンの側壁にだけボロンを含有する保護膜を形成している。この点に関し、例えば、マスクパターンにパターン密度の高い領域とパターン密度の低い領域とが存在し、かつ、パターン密度の疎密差が大きい場合、パターン密度の高い領域では、マスクパターンの側壁にだけボロンを含有する保護膜が形成される一方、パターン密度の低い領域では、マスクパターンの側壁だけでなく、被エッチング膜の表面にも保護膜が形成されてしまうことが生じる。なぜなら、パターン密度の高い領域における表面積に比べて、パターン密度の低い領域における表面積は相対的に小さくなる結果、パターン密度の低い領域における単位表面積当たりの堆積膜の膜厚は、パターン密度の高い領域における単位表面積当たりの堆積膜の膜厚よりも厚くなるからである。

[0049] したがって、本実施の形態におけるプラズマエッチング方法では、マスクパターンにパターン密度の高い領域とパターン密度の低い領域とが存在し、かつ、パターン密度の疎密差が大きい場合、パターン密度の低い領域においては、被エッチング膜上にボロンを含有する保護膜が完全に除去されずに残存することが起こりうる。この場合、パターン密度の低い領域においては、被エッチング膜上に残存するボロンを含有する保護膜によって、被エッチング膜のプラズマエッチングが実施できなくなる可能性がある。

[0050] そこで、本実施の形態では、マスクパターンにパターン密度の高い領域と

パターン密度の低い領域とが存在し、かつ、パターン密度の疎密差が大きい場合を想定して、さらなる工夫を施している。以下では、この工夫点について説明する。

[0051] 図６は、被エッチング膜と被エッチング膜上に形成されたレジストパターンとを有する基板であって、レジストパターンにパターン密度の高い領域とパターン密度の低い領域とが存在する基板を模式的に示す図である。

[0052] ここで、図６に示すように、基板３０１上には、被エッチング膜３０２が形成されており、この被エッチング膜３０２上には、レジストパターン３０３が形成されている。このとき、図６に示すように、領域ＲＡにおいては、被エッチング膜３０２上に形成されているレジストパターン３０３のパターン密度が高くなっている。一方、領域ＲＢにおいては、被エッチング膜３０２上に形成されているレジストパターン３０３のパターン密度が低くなっている。つまり、被エッチング膜３０２上に形成されているレジストパターン３０３には、パターン密度の疎密差が存在する。このように構成されている基板３０１は、例えば、図１に示すプラズマエッチング装置１００の処理室１０６に搬入されて、処理室１０６の内部に配置されているステージ１０３上に配置される。

[0053] 次に、図７に示すように、ステージ１０３上に配置された基板３０１に対して、レジストパターン３０３の側壁にボロンを含有する保護膜３０４を形成する。すなわち、本実施の形態では、レジストパターン３０３の側壁にボロンを含有する保護膜３０４を形成する。

[0054] このとき、プラズマエッチング装置における保護膜３０４の形成工程は、基板３０１の温度を１０℃以上１００℃以下に維持しながら、処理室内にボロンを含有するガス（堆積性ガス）とエッチングガスとを含む混合ガスに基づいてプラズマを生成することにより行なわれる。そして、本実施の形態では、堆積性ガスであるボロンを含有するガスとエッチングガスとの添加比率が調整されている。さらに、保護膜３０４の形成工程では、例えば、図１に示すプラズマエッチング装置１００のステージ１０３に接続された高周波電

源１１３からＲＦバイアス（高周波電力）を基板３０１（図１の被処理基板１０２に相当）に印加する。これにより、プラズマから得られるイオンの入射エネルギーが調整される。このようにして、堆積性ガスであるボロンを含有するガスとエッチングガスとの添加比率と、プラズマから得られるイオンの入射エネルギーとが調整される。この結果、図７に示すように、領域ＲＡにおいては、プラズマに含まれるイオンが被エッチング膜３０２の表面上に形成されている保護膜３０４にスパッタリングすることで、被エッチング膜３０２上に形成されている保護膜３０４を除去することができる。一方、図７に示すように、領域ＲＢにおいては、領域ＲＡよりも被エッチング膜３０２の表面上に形成されている保護膜３０４の膜厚が厚いことから、被エッチング膜３０２上に形成されている保護膜３０４が残存する。

[0055] すなわち、図７に示すように、レジストパターン３０３のパターン密度が高い領域ＲＡにおいては、レジストパターン３０３の側壁に選択的にボロンを含有する保護膜３０４が形成される。一方、図７に示すように、レジストパターン３０３のパターン密度が低い領域ＲＢにおいては、レジストパターン３０３の側壁にボロンを含有する保護膜３０４が形成されるだけでなく、露出する被エッチング膜３０２の表面（上面）にもボロンを含有する保護膜３０４が形成される。これは、パターン密度の高い領域ＲＡにおける表面積に比べて、パターン密度の低い領域ＲＢにおける表面積が相対的に小さくなる結果、パターン密度の低い領域ＲＢにおける単位表面積当たりの保護膜３０４の膜厚が、パターン密度の高い領域ＲＡにおける単位表面積当たりの保護膜３０４の膜厚よりも厚くなるからである。

[0056] 続いて、図８に示すように、パターン密度の低い領域ＲＢの被エッチング膜３０２上に形成されている保護膜３０４を除去する。この工程が、本実施の形態におけるプラズマエッチング工程のさらなる工夫点である。

[0057] さらなる工夫点としては、パターン密度の低い領域ＲＢの被エッチング膜３０２上に形成されている保護膜３０４を除去するために、以下に示すプラズマエッチング工程が採用される。具体的に、以下示す処理条件でのプラズ

マエッチングが実施される。例えば、この処理条件としては、マイクロ波の電力を５００Ｗとし、かつ、ＲＦバイアスを１０Ｗで印加し、かつ、１００ｍｌ／ｍｉｎで処理室に導入されるCF_4ガスと、５０ｍｌ／ｍｉｎで処理室に導入されるＨＢｒガスと、５０ｍｌ／ｍｉｎで処理室に導入されるＡｒガスとの混合ガスが使用される。また、処理条件としては、処理室の内圧を０．５Ｐａに保ちながら、基板２０１（ウェハ）の温度を４０℃に維持した条件が使用される。このようにして、図８に示すように、パターン密度の低い領域ＲＢにおいて、被エッチング膜３０２の表面上に形成されている保護膜３０４を除去することができる。

[0058] ここで、例えば、図７に示す保護膜３０４を形成する工程を実施した後、基板３０１の表面を大気中に曝すと、大気中に含まれる酸素や水分と保護膜３０４とが反応して、保護膜の表面が変質する可能性がある。このことから、図７に示す保護膜３０４を形成する工程と、図８で示されるパターン密度の低い領域ＲＢの被エッチング膜３０２上に形成されている保護膜３０４を除去する工程とは、処理室（チャンバ）を開放せずに連続して実施することが望ましい。

[0059] 以上のようして、本実施の形態におけるプラズマエッチング工程のさらなる工夫点を採用することによって、パターン密度の低い領域ＲＢの被エッチング膜３０２上に形成されている保護膜３０４を除去することができる。その後、図９に示すように、プラズマエッチング装置において、パターン密度の高い領域ＲＡでは、レジストパターン３０３と保護膜３０４とをマスクにして、被エッチング膜３０２をエッチングする。これにより、保護膜３０４に整合して、被エッチング膜３０２にホールパターン３０５を形成できる。一方、パターン密度の低い領域ＲＢにおいては、被エッチング膜３０２の表面に形成されている保護膜３０４が除去されているため、領域ＲＢにおいても、レジストパターン３０３と保護膜３０４とをマスクにして、被エッチング膜３０２をエッチングすることができる。この結果、領域ＲＢでも、保護膜３０４に整合して、被エッチング膜３０２にホールパターン３０６を形成

できる。

[0060] 以上、本発明者によってなされた発明をその実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は上述の実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

[0061] 例えば、上述の実施の形態では、ボロン元素を含有するガスとして、BCl_3ガスを使用する例について説明したが、これに限らず、BF_3ガスやBBr_3ガスなどを使用できる。

[0062] また、上述の実施の形態では、窒素元素を含有するガスとして、N_2ガスを使用する例について説明したが、これに限らず、NH_3ガスやNF_3ガスなどを使用できる。

[0063] さらに、上述の実施の形態では、フッ素元素を含有するガスとして、CF_4ガスを使用する例について説明したが、これに限らず、CHF_3ガスやCH_2F_2ガスやCH_3FガスやC_4F_8ガスなどを使用できる。

符号の説明

[0064] １００ プラズマエッチング装置
１０１ チャンバ
１０２ 被処理基板
１０３ ステージ
１０４ シャワープレート
１０５ 誘電体窓
１０６ 処理室
１０７ ガス供給装置
１０８ 導波管
１０９ 電磁波発生用電源
１１０ 磁場発生コイル
１１１ プラズマ
１１２ 直流電源
１１３ 高周波電源

２０１　基板

２０２　被エッチング膜

２０３　レジストパターン

２０４　保護膜

２０５　ホールパターン

３０１　基板

３０２　被エッチング膜

３０３　レジストパターン

３０４　保護膜

３０５　ホールパターン

３０６　ホールパターン

請求の範囲

[請求項1] マスクを用いて被エッチング膜をプラズマエッチングするプラズマ処理方法において、

前記被エッチング膜が成膜された試料が載置される試料台に高周波電力を供給しながらホウ素元素を含有する堆積膜を前記マスクに堆積させる堆積工程と、

前記堆積工程後、プラズマを用いて前記被エッチング膜をエッチングするエッチング工程と、を有することを特徴とするプラズマ処理方法。

[請求項2] 請求項１に記載のプラズマ処理方法において、

前記被エッチング膜に堆積した堆積膜をプラズマを用いて除去する除去工程をさらに有し、

前記除去工程は、前記堆積工程と前記エッチング工程の間に行われることを特徴とするプラズマ処理方法。

[請求項3] 請求項２に記載のプラズマ処理方法において、

前記除去工程のプラズマは、臭化水素ガスとフッ素元素含有ガスの混合ガスを用いて生成されることを特徴とするプラズマ処理方法。

[請求項4] 請求項１に記載のプラズマ処理方法において、

前記堆積工程は、ホウ素元素含有ガスと窒素元素含有ガスの混合ガスを用いて生成されたプラズマを用いて行われることを特徴とするプラズマ処理方法。

[請求項5] 請求項２に記載のプラズマ処理方法において、

前記堆積工程は、ホウ素元素含有ガスと窒素元素含有ガスの混合ガスを用いて生成されたプラズマを用いて行われることを特徴とするプラズマ処理方法。

[請求項6] 請求項３に記載のプラズマ処理方法において、

前記堆積工程は、ホウ素元素含有ガスと窒素元素含有ガスの混合ガスを用いて生成されたプラズマを用いて行われることを特徴とするプ

ラズマ処理方法。

[請求項7] 請求項４に記載のプラズマ処理方法において、

前記ホウ素元素含有ガスは、三塩化ホウ素ガスであり、

前記窒素元素含有ガスは、窒素ガスであることを特徴とするプラズマ処理方法。

[請求項8] 請求項１に記載のプラズマ処理方法において、

前記堆積工程は、BCl_3ガスとN_2ガスとCF_4ガスとＡｒガスの混合ガスを用いて生成されたプラズマを用いて行われることを特徴とするプラズマ処理方法。

[請求項9] 請求項３に記載のプラズマ処理方法において、

前記フッ素元素含有ガスは、CF_4ガスであることを特徴とするプラズマ処理方法。

[請求項10] 請求項２に記載のプラズマ処理方法において、

前記除去工程のプラズマは、CF_4ガスとＨＢｒガスとＡｒガスの混合ガスを用いて生成されることを特徴とするプラズマ処理方法。

[請求項11] 請求項８に記載のプラズマ処理方法において、

前記被エッチング膜に堆積した堆積膜をCF_4ガスとＨＢｒガスとＡｒガスの混合ガスにより生成されたプラズマを用いて除去する除去工程をさらに有し、

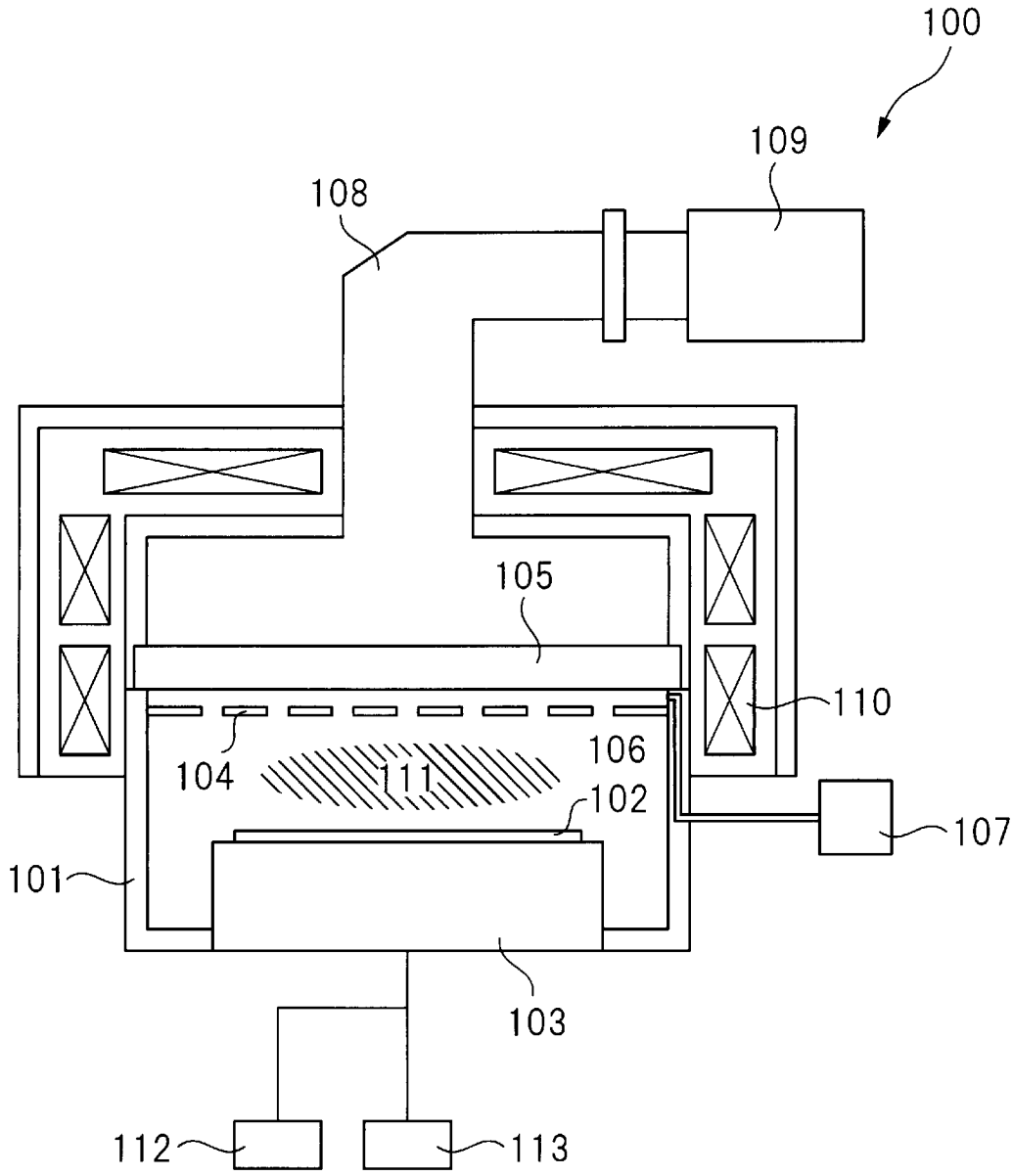
前記除去工程は、前記堆積工程と前記エッチング工程の間に行われることを特徴とするプラズマ処理方法。

[請求項12] 請求項１ないし請求項１１のいずれか一項に記載のプラズマ処理方法において、

前記被エッチング膜は、ポリシリコン膜、酸化シリコン膜または窒化シリコン膜であることを特徴とするプラズマ処理方法。

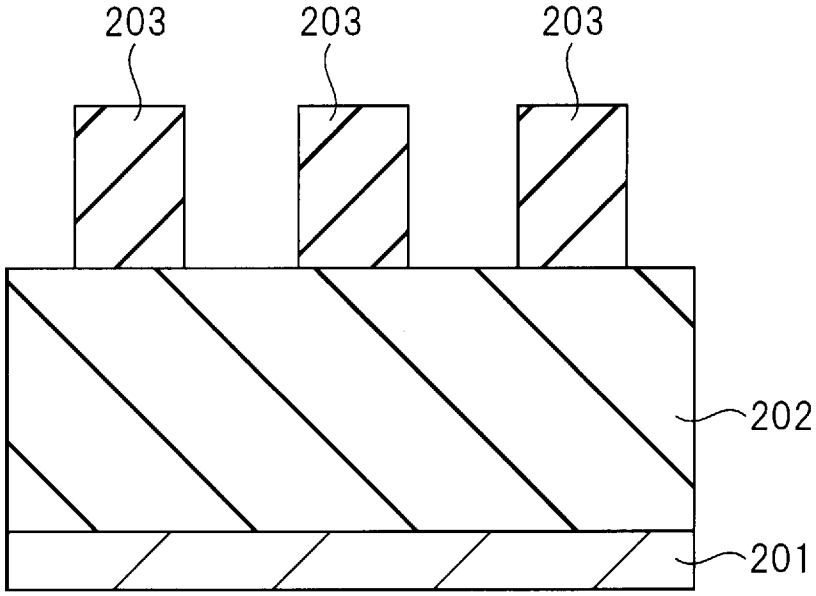
[図1]

図 1



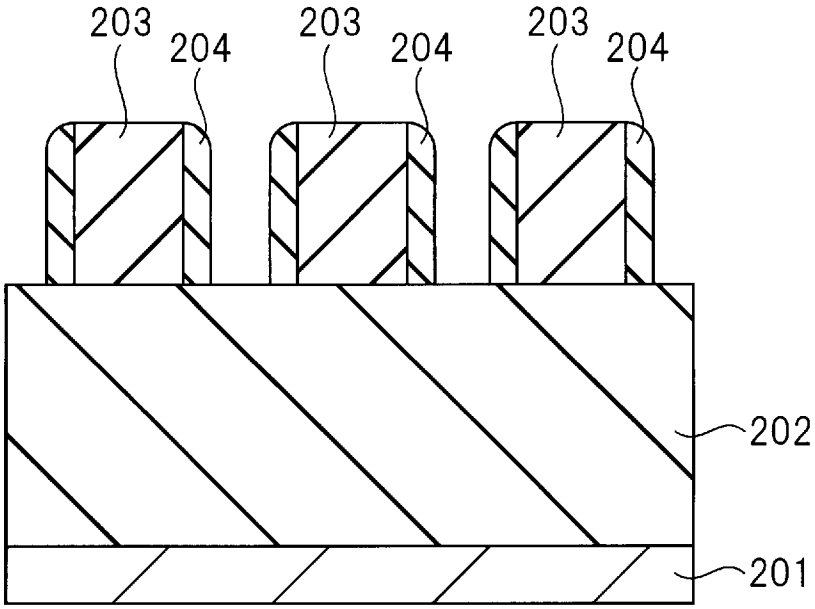
[図2]

図 2



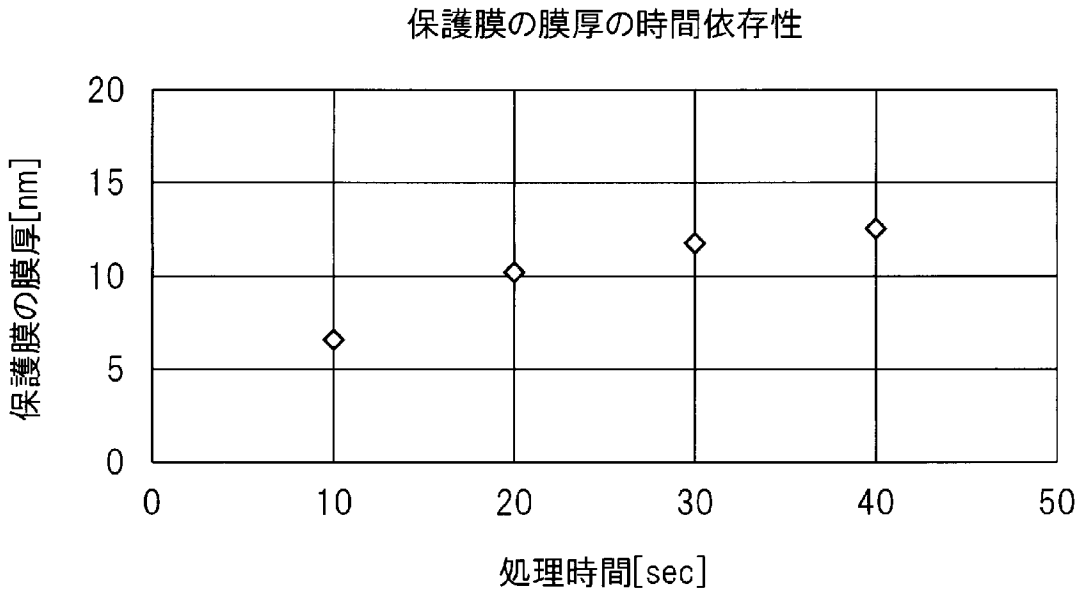
[図3]

図 3



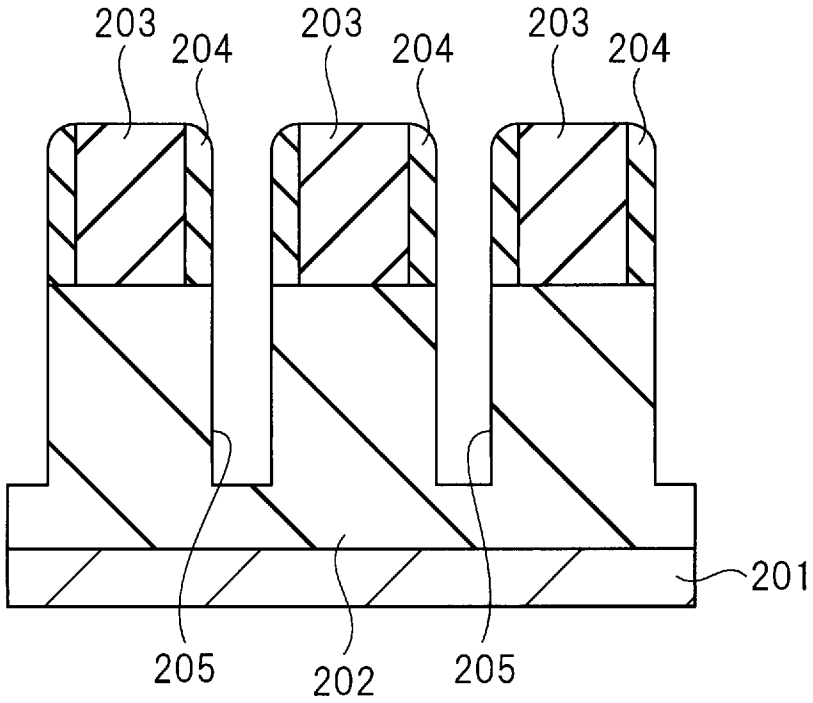
[図4]

図 4



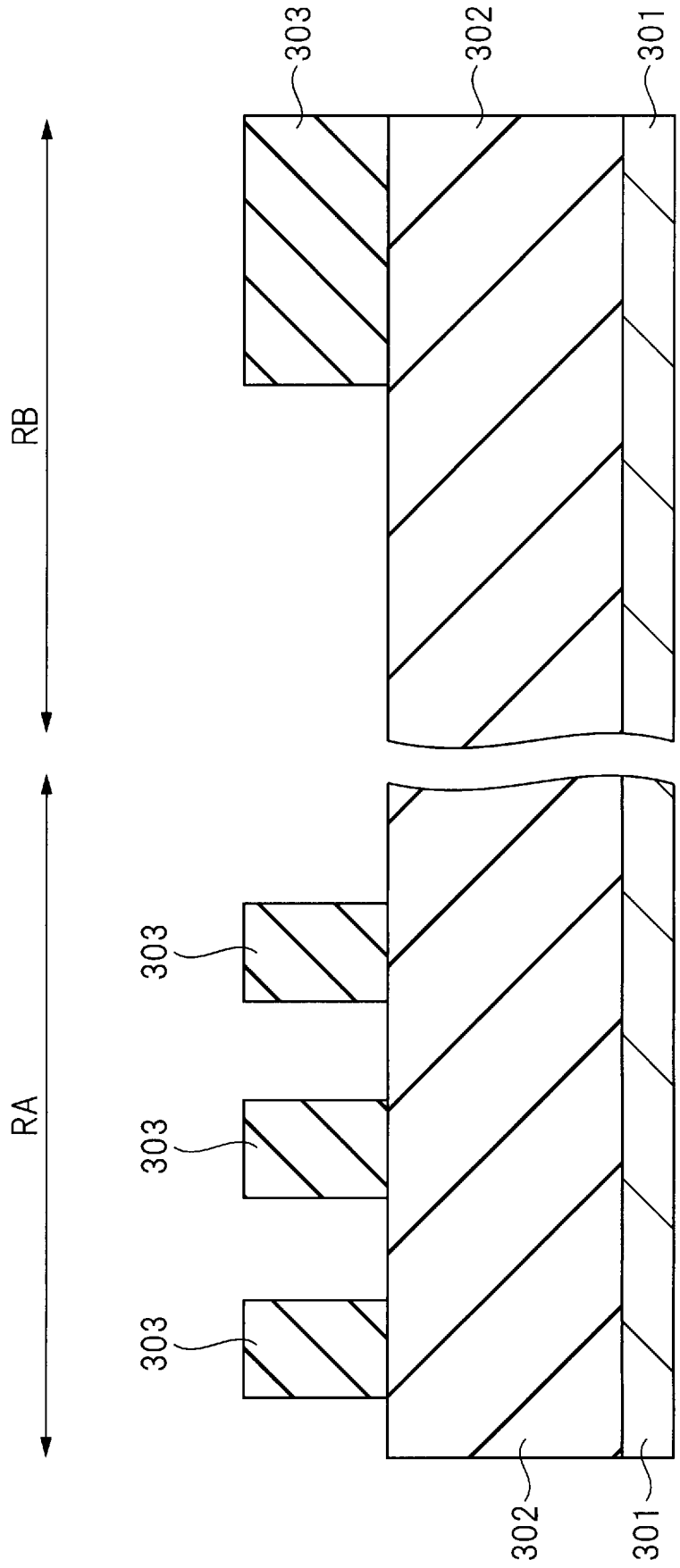
[図5]

図 5



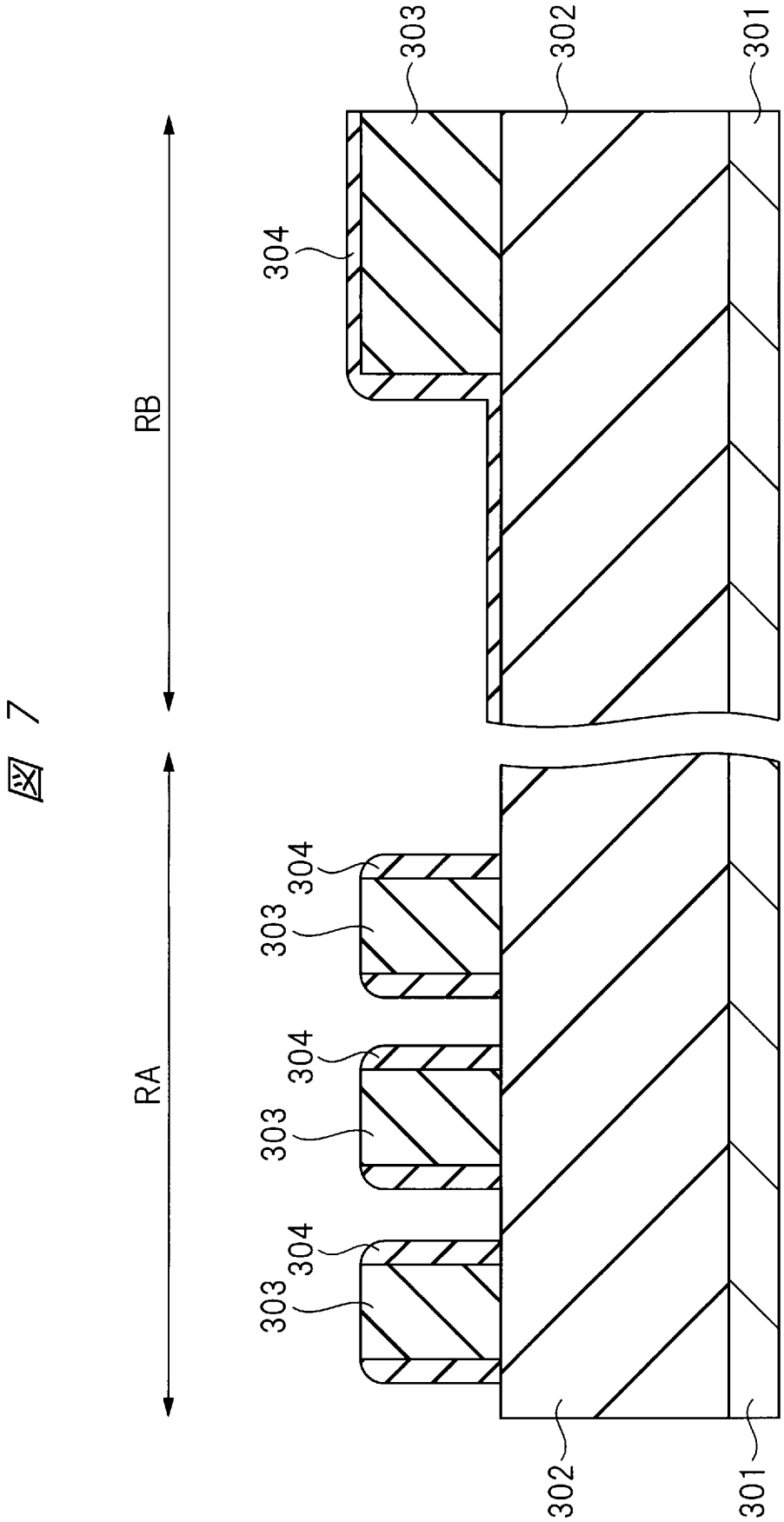
[図6]

図 6



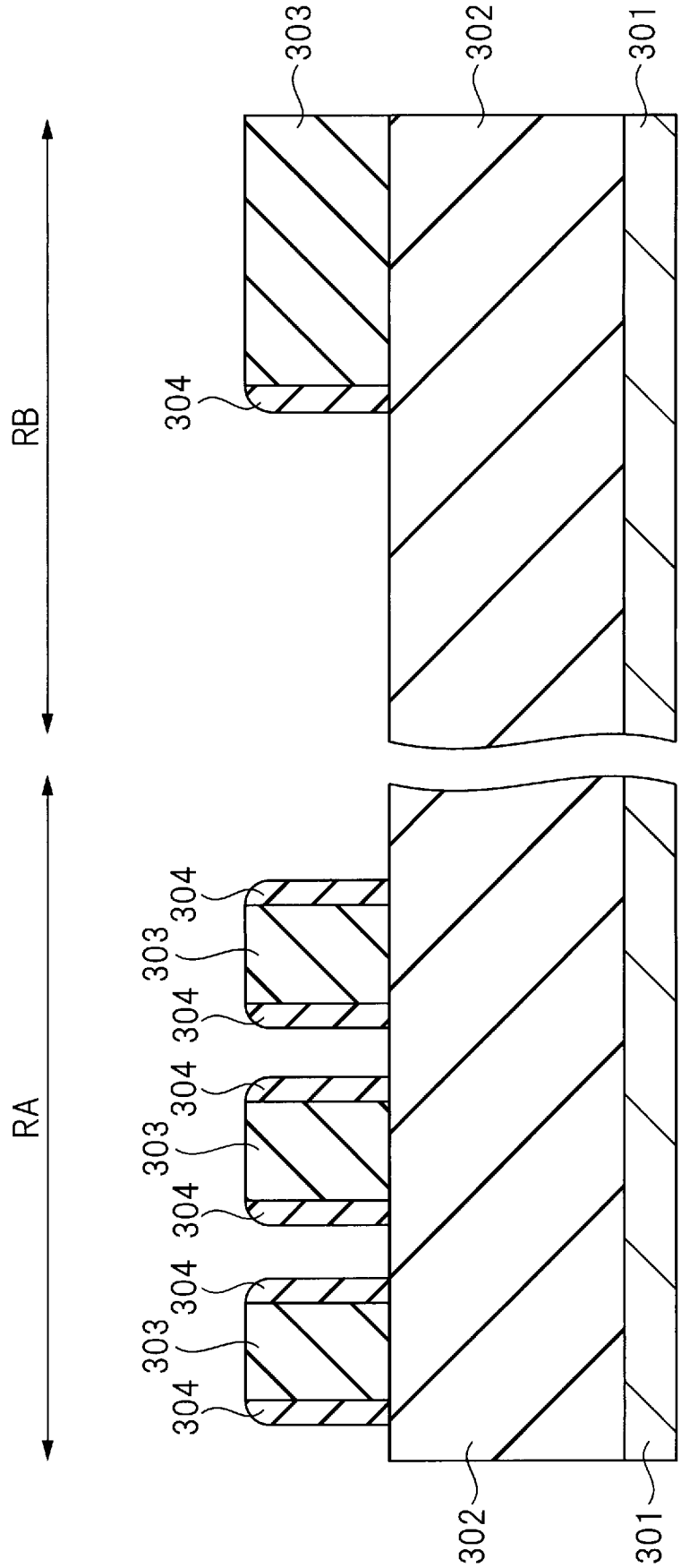
[図7]

図 7



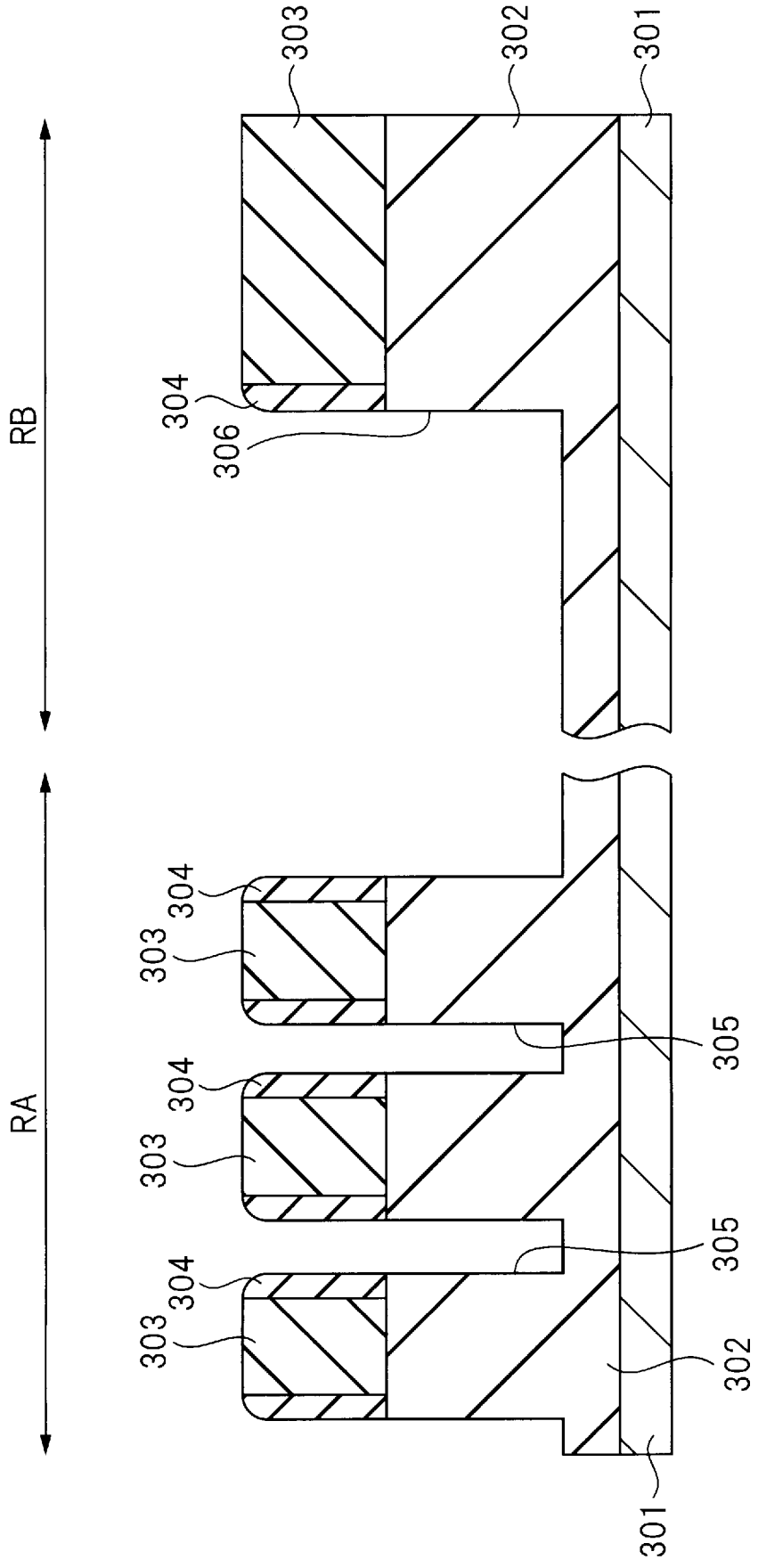
[図8]

図 8



[図9]

図 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/025449

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. H01L21/3065(2006.01)i
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. H01L21/3065

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2011-521452 A (APPLIED MATERIALS, INC.) 21 July 2011, paragraphs [0012]-[0052] & US 2009/0286402 A1, paragraphs [0024]-[0064] & WO 2009/140094 A2 & KR 10-2011-0016916 A & CN 102027572 A & TW 201007832 A	1-7, 9-12 8
Y	JP 7-235590 A (NEC CORP.) 05 September 1995, paragraph [0008] (Family: none)	8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
14 August 2019 (14.08.2019)	27 August 2019 (27.08.2019)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/025449

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2019-503082 A (APPLIED MATERIALS, INC.) 31 January 2019 & US 2017/0207088 A1 & WO 2017/127233 A1 & TW 201736947 A & CN 108475640 A & KR 10-2018-0097763 A	1-12
A	JP 2007-507091 A (MICRON TECHNOLOGY, INC.) 22 March 2007 & US 2005/0042879 A1 & WO 2005/022617 A1 & KR 10-2006-0032648 A & CN 1839465 A & TW 200529293 A	1-12
A	JP 2012-227440 A (ULVAC, INC.) 15 November 2012 (Family: none)	1-12

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／０２５４４９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L21/3065(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L21/3065

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X Y	JP 2011-521452 A（アプライド　マテリアルズ　インコーポレイテッド）2011.07.21, [0012]-[0052] & US 2009/0286402 A1,[0024]-[0064] & WO 2009/140094 A2 & KR 10-2011-0016916 A & CN 102027572 A & TW 201007832 A	1-7,9-12 8
Y	JP 7-235590 A（日本電気株式会社）1995.09.05, [0008]（ファミリーなし）	8

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１４．０８．２０１９	２７．０８．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｏ　３１２５
宇多川　勉
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５５９

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2019-503082 A (アプライド　マテリアルズ　インコーポレイテッド) 2019.01.31, & US 2017/0207088 A1 & WO 2017/127233 A1 & TW 201736947 A & CN 108475640 A & KR 10-2018-0097763 A	1-12
A	JP 2007-507091 A (マイクロン・テクノロジー・インコーポレイテッド) 2007.03.22, & US 2005/0042879 A1 & WO 2005/022617 A1 & KR 10-2006-0032648 A & CN 1839465 A & TW 200529293 A	1-12
A	JP 2012-227440 A (株式会社アルバック) 2012.11.15, (ファミリーなし)	1-12