

(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6月18日(18.06.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/121540 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/3065 (2006.01) *H01L 21/31* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/003817

(22) 国際出願日: 2019年2月4日(04.02.2019)

(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: 松井 都(**MATSUI Miyako**); 〒1008280
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
式会社日立製作所内 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). 臼井 建人
(**USUI Tatehito**); 〒1008280 東京都千代田区丸
の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
Tokyo (JP). 小林 浩之(**KOBAYASHI Hiroyuki**);
〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6
号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

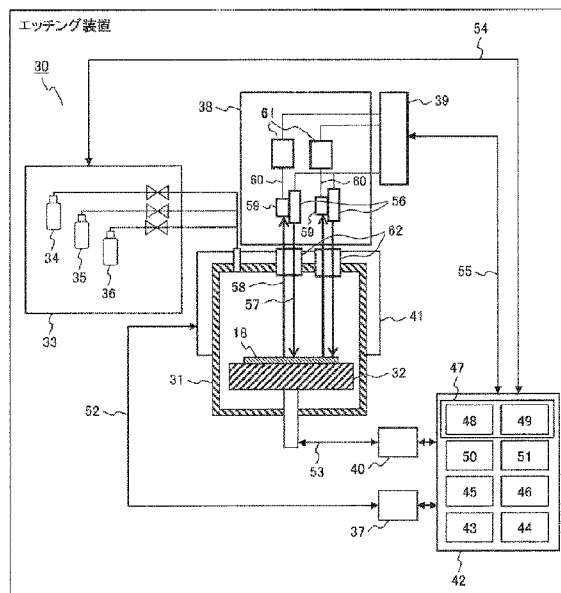
(74) 代理人: ポレール特許業務法人(**POLAIRE
I.P.C.**); 〒1030025 東京都中央区日本橋茅場
町二丁目13番11号 Tokyo (JP).

(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,

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

(54) 発明の名称: プラズマ処理方法及びプラズマ処理装置

図 1



(57) **Abstract:** For patterns having complex structures such as maskless patterns and high aspect ratio patterns, in order to etch a bottom layer etching pattern without the pattern top surface being etched, and to obtain a uniform pattern shape within a wafer surface, this plasma processing method involves plasma etching an etching film formed on a sample to enable a protective layer in which the thickness and pattern width are uniform within the wafer surface to be reproducibly formed on the pattern top surface prior to etching, wherein said method involves performing: a protective film formation

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.

- (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。

step in which the width of the formed protective film is adjusted such that the distribution of the width of the formed protective film within the surface of the sample attains a prescribed distribution; and a step in which plasma etching of the etching film is performed after the protective film formation step.

(57) 要約: マスクレス、及び、高アスペクト比等、複雑な構造を持つパターンにおいて、パターン上面がエッチングされること無く下層の被エッチングパターンのエッチングを実施し、ウエハ面内で均一なパターン形状を得られるように、エッチング前にパターン上面に、厚さとパターン幅がウエハ面内で均一な保護膜を再現性良く形成すること可能にするために、試料上に成膜された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、試料上に形成されたパターンの上部に保護膜を選択的に形成し、この形成された保護膜の幅の試料の面内における分布が所定の分布となるように前記形成された保護膜の幅を調整する保護膜形成工程と、保護膜形成工程後、被エッチング膜をプラズマエッチングする工程とを実行するようにした。

明 細 書

発明の名称： プラズマ処理方法及びプラズマ処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、プラズマ処理方法及びプラズマ処理装置に係り、特にウエハ上のパターンの上面に所望のエッチング保護膜を形成する工程を含むプラズマ処理方法及びプラズマ処理装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体素子等の機能素子製品の微細化により、薄膜のスペーサの側壁をマスクとして用いるマルチパターニングを用いた三次元デバイス加工技術の開発が加速されている。これに伴って、三次元デバイス等の半導体素子の加工工程では、薄膜スペーサやメタル等の各種材料をマスクとした溝やホール加工の技術が重要となっている。

[0003] マスクやゲート絶縁膜、エッチストップ等の厚さは薄くなっており、原子層レベルで形状を制御する加工技術が要求されている。さらに、デバイスの三次元化に伴って、ウエハ表面から異なる深さの層に形成されたパターンを同時に加工したり、開口寸法が深さによって変わるパターンを加工したりする等、複雑な形状を加工する工程が増加している。

[0004] 図2には一例として、マスクパターン無しで、下層の材料を加工する場合の従来技術の一例を示す。例えば、図2に示したようなマスクの無いパターンで、溝パターン213の間の下層の被エッチング層211をエッチングすると、溝パターン213の上面212がエッチングされて溝パターン213の深さが浅くなってしまふ（溝パターン213が低くなってしまふ）という課題があった。

[0005] あるいは、溝パターン213の上面212の上層にマスクがある場合でも、マスクパターンの厚さが非常に薄い場合には、溝パターン213の間の下層の被エッチング層211をエッチングする間にマスクパターンがエッチングされてしまひ、溝パターン213の上面212にまでエッチングが進行し

てしまうという課題があった。

[0006] 一方、パターン上に堆積膜を形成してエッチングする従来技術として、特許文献1では、フルオロカーボンガスやハイドロフルオロカーボンガス等の堆積性の高い混合ガスを使用して、エッチングする技術として、エッチング中にマスク上のデポジション（以下、デポと記す）膜の厚さが許容値内になるようにエッチングパラメータを制御する方法が開示されている。この方法は、マスク上にデポ膜を形成すると同時に下層のエッチングを実施するため、マスク上にはエッチングを抑制するために厚いデポ膜を形成すると同時に、下層表面ではエッチングを進行させることが必要である。

[0007] 次に、非特許文献1では、被エッチング材料上に被エッチング材料と反応性を持つ堆積膜を形成する工程と、イオン照射等によって反応生成物を脱離させる工程とを繰返すことで、原子層レベルの深さ精度でエッチングを実現する手法が知られている。

[0008] また、特許文献2では、マスクパターンの溝幅のばらつきを調整するために、マスクパターン上に堆積膜を形成してからエッチングを実施する技術が開示されている。本手法では、堆積膜のデポレートがウエハ温度に依存することを利用して、溝幅のばらつきに対応した厚さの堆積膜を形成してウエハ面内で溝幅が均一になるように調整している。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開2014-232825号公報

特許文献2：特開2017-212331号公報

非特許文献

[0010] 非特許文献1：Journal of Vacuum Science & Technology A32, 020603 (2014)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0011] 上述したように、三次元デバイスでのパターンの微細化と複雑化とともに、微細な高アスペクト比を持つ構造のエッチングが重要となっている。例えば、図2に示したようなマスクレスの溝パターン213で、この溝パターンにダメージを与えることなく下層の被エッチング層211のエッチングをすることは、従来の方法では困難であった。
- [0012] また、パターン上層にマスクがあるが、マスクが薄くパターン上面のエッチングが防げない場合や、下層の被エッチング層211の材料とマスクの材料が類似材料である場合には、下層の被エッチング層211をエッチングする間に薄いマスクを突き抜けてパターンの上面212をエッチングしてしまい、所望のパターン形状が得られないという問題があった。
- [0013] ここで、下層の被エッチング層211とマスクの材料が類似の材料である場合の例としては、例えば、SiO系の組成の材料に、有機物等のC系材料やH、N、B、P等を含有している材料がある。あるいは、C等を含む有機系の材料に、他の有機物等のC系材料やH、N、B、P等を含有している材料がある。
- [0014] まず、特許文献1では、マスク上にデポ膜を形成すると同時に、下層をエッチングしており、マスク上のデポ膜が所望の厚さとなるように、デポ膜の厚さを膜厚測定器で測定してエッチング条件を制御している。このため、マスク上にデポ膜を形成してデポ膜厚を確保すると同時に、下層のエッチングが進行するようにプラズマを制御して所望の形状を得ることが必要である。
- [0015] しかし、例えば、高アスペクト比のパターン構造を加工する場合には、マスクを保護するためのデポ膜を形成すると同時に、下層のエッチングが進行するように、プラズマのラジカル照射とイオン照射のバランスをとることが困難な場合がある。
- [0016] パターンのアスペクト比が高くなると、プラズマから照射されるイオンのエネルギーを高くして溝パターンの間の下層をエッチングする必要があるが、イオンエネルギーを高くするとマスクのエッチングが進んでしまうため、マスクのエッチングを抑制するためにマスク上のデポ膜を厚くする必要があ

った。マスク上のデポ膜を厚くするとパターンの側壁や底でのデポ膜も増えるため、所望のパターン形状が得られないという課題があった。

[0017] また、マスクレスパターンの場合において、パターン上面と下層の材料が類似、あるいは、同一の場合に、パターン上面のエッチングを抑制し、下層のみをエッチングすることは困難である。

[0018] 次に、非特許文献1に記載されているような、被エッチング材料と反応性を持つ反応層を吸着させる工程と、イオン照射等によって反応生成物を脱離させる工程とを繰返す手法では、吸着工程でのプラズマ条件と、脱離工程でのイオンエネルギー等の条件を分離して制御することができるが、マスク上への吸着と下層の被エッチング材料上への吸着、及び、下層へのイオン照射とマスクへのイオン照射を同時に行うため、アスペクト比が高くなると、下層がエッチングされるためのイオンエネルギーとイオンフラックスを確保すると同時に、マスクのエッチングを防ぐことが困難であった。

[0019] また、マスクレスパターンの場合において、パターン上面と下層の材料が類似、あるいは、同一の場合に、パターン上面のエッチングを抑制し、下層のみをエッチングすることは困難である。

[0020] 特許文献2では、パターンの最小線幅のバラツキを抑制する方法として、エッチング前にマスクパターン上にデポ膜を形成する手法が開示されている。デポ膜のデポレートがウエハ温度に依存することを利用して、予め測定したパターン寸法のばらつきを補正するようにウエハ温度を各領域で変化させることで、溝幅のばらつきを補正する厚さのデポ膜を形成してウエハ面内で溝幅を調整している。しかし、この手法はマスクパターン上にコンフォーマルに薄いデポ膜を形成することによって溝幅を調整しているため、微細なパターンの上面のみにパターン上面のエッチングを抑制するのに十分な厚さのデポ膜を形成することができない。

[0021] 本発明の目的は、上記した従来技術の課題を解決して、マスクレス、及び、高アスペクト比等、複雑な構造を持つパターンにおいて、パターン上面がエッチングされること無く下層の被エッチングパターンのエッチングを実施

し、ウエハ面内で均一なパターン形状を得るために、エッチング前にパターン上面に、厚さとパターン幅がウエハ面内で均一な保護膜を再現性良く形成可能なプラズマ処理方法、及び、プラズマ処理装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0022] 上記した従来技術の課題を解決するために、本発明では、試料に成膜された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を、試料に形成されたパターンの上部に保護膜を選択的に形成し、形成された保護膜の幅の試料の面内における分布が所定の分布となるように形成された保護膜の幅を調整する保護膜形成工程と、保護膜形成工程後、被エッチング膜をプラズマエッチングする工程とを有して構成した。

[0023] また、上記した従来技術の課題を解決するために、本発明では、試料に成膜された被エッチング膜をマスクを用いてプラズマエッチングする処理室と、プラズマを生成するための高周波電力を供給する高周波電源と、試料が載置される試料台とを備えるプラズマ処理装置において、試料上に形成されたパターンの上部に保護膜を選択的に形成し、この形成された保護膜の幅の試料の面内における分布が所定の分布となるように形成された保護膜の幅を調整する保護膜形成工程と、保護膜形成工程後、被エッチング膜をプラズマエッチングする工程とを実行する制御部をさらに備えるようにした。

発明の効果

[0024] 本発明によれば、エッチング処理前に溝パターン上面に、厚さ、及び、パターン幅がウエハ面内で均一な保護膜を再現性良く形成することが可能となり、微細パターンを高精度に再現性良くエッチング加工できる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]本発明のプラズマ処理装置の一例。

[図2]従来方法の課題を説明するための模式図。

[図3]実施例の保護膜形成方法のプロセスフローの一例を示す図。

[図4]実施例の保護膜形成方法のウエハ面内均一化の説明図。

[図5]実施例の保護膜形成方法のウエハ面内均一化の説明図。

[図6]実施例の保護膜のウエハ面内均一性判定方法の一例の説明図。

[図7]実施例に係る参照データベースの一例の説明図。

[図8]実施例に係るプラズマ処理後のパターンの断面図。

[図9]本発明を適用する他のパターンの例の説明図。

発明を実施するための形態

[0026] 本発明者らは、図2に示したようなマスクレスパターンの場合やマスクが薄い場合、パターン上面212に保護膜を形成することができれば、マスクレスパターンにおいてもパターン上面212をエッチングすることなく下層の被エッチング材料を加工することができると考えた。高アスペクト比のパターンを加工する場合には、マスク上面に保護膜を形成することによって、パターン上面をエッチングすることなく、所望の形状を得られると考えた。

[0027] しかし、エッチング前にパターン上面にデポ膜を形成する手法として、下記の課題が明らかになった。

[0028] まず、パターン上面のみにデポ膜を形成するとき、ウエハ面内に均一に保護膜を形成することが課題であった。例えば、エッチングチャンバー内でプラズマを生成して保護膜を形成すると、ウエハ面内で保護膜の膜厚に分布が生じる場合がある。保護膜の膜厚に分布が生じた場合、エッチング工程でパターン上面のエッチングを抑制することはできるが、エッチング後のパターン形状が保護膜の厚さや形状に依存して変化してしまい、ウエハ面内で分布を持ってしまうことが問題となった。

[0029] また、パターン上面に保護膜を形成したときの保護膜がパターンの横方向にも形成されてしまった場合、パターン幅の寸法がウエハ面内でバラツキを持ってしまう場合があった。保護膜のパターン幅の寸法に分布が生じると、エッチング後のパターン形状がウエハ面内で分布を持ってしまうことが問題となった。

[0030] また、堆積性のプラズマを生成すると、エッチングチャンバーの内壁の表面状態が経時変化し、エッチングチャンバー内雰囲気が経時変化し、保護膜を形成するプロセス、及び、エッチングプロセスの再現性が低下するという

課題があった。

- [0031] 本発明は、上記したような課題を解決するものであって、エッチング前に高アスペクト比のパターン、及び、マスクレスパターン等の複雑な構造を持つパターンの溝底に堆積させることなくパターン上面に均一な保護膜を形成することのできる保護膜形成方法に関するものであり、パターンの上面に保護膜を形成する保護膜堆積工程と、保護膜堆積工程で生じた過剰な堆積物を除去して面内均一にする過剰堆積物除去工程とを有する保護膜形成方法を提供する。
- [0032] また、保護膜堆積工程は堆積性ガスの高解離プラズマを用いて行われ、過剰堆積物除去工程は反応性イオンアシストを用いて行われる。
- [0033] また、過剰堆積物除去工程において、ウエハ面内の少なくとも2カ所以上に光を照射してそれぞれの反射スペクトルを取得し、取得した反射スペクトルをマッチングしてウエハ面内の保護膜の均一性を判定する。
- [0034] また、過剰デポ除去の際には、保護膜の不均一性を補正するためのデータベースを持ち、保護膜の不均一性を補正するためのデポ除去条件を決定する。
- [0035] さらに、本発明においては、プラズマ処理装置を、減圧雰囲気内でウエハをプラズマ処理する処理容器と、処理室内に保護膜形成用のガスを供給する第1のガス供給装置と、処理室内に保護膜を除去可能なガスを供給する第2のガス供給装置と、処理室内にエッチング用のガスを供給する第3のガス供給装置と、処理室内に供給されたガスをプラズマ化するプラズマ生成装置と、第1ないし第3のガス供給装置を切り替える切替装置と、第2のガス供給装置に切り替えられるときに、ウエハ面内の少なくとも2カ所以上に光を照射しそれぞれの反射スペクトルを取得する発光スペクトル装置と、取得した反射スペクトルをマッチングしてウエハ面内の保護膜の均一性を判定する判定装置とを備えて構成した。
- [0036] また、過剰堆積物の除去の際に、保護膜の面内不均一性を補正するためにデータベースを持ち、保護膜の不均一性を補正するための反応性イオンアシ

ストを生じさせるバイアス印加装置も備えて構成した。

[0037] 以下、本発明の実施の形態を、図面を用いて詳細に説明する。なお、全ての図において、同一の機能を有するものは同一の符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

実施例

[0038] 本実施例に係るエッチング装置は、ウエハ上に形成された微細なパターン（溝パターン）の表面に保護膜を堆積させ、この堆積させた保護膜のうち過剰堆積物を除去してウエハ面内に均一な保護膜を形成し、溝パターンの間の下層の被エッチング材料をエッチングして除去するものである。

[0039] 図1に、本実施例のプラズマ処理装置の一例の全体構成を示す。プラズマ処理装置であるエッチング装置30は、処理室31、ウエハステージ32、ガス供給部33、光学系38、光学系制御部39、バイアス電源40、高周波印加部41、装置制御部42などを備えている。

[0040] 装置制御部42は、ガス制御部43、排気系制御部44、高周波制御部45、バイアス制御部46、膜厚制御部47、記憶部50、クロック51などの機能ブロックを備えている。これらの装置制御部42を構成する各機能ブロックは、一台のパーソナルコンピュータ（PC）で実現することができる。

[0041] 膜厚制御部47は膜厚算出部48、データベース49を含んでおり、光学系制御部39から送られた信号をデータベース49と参照することによって、膜厚算出部48で膜厚を算出することができる。なお、本実施例において、膜厚制御部47、装置制御部42を総称して、単に制御部42と呼ぶ場合がある。

[0042] エッチング装置30は、処理室31内に設けられたウエハステージ32と、ガスボンベやバルブを備えたガス供給部33が設けられており、装置制御部42からの制御信号54に基づき、保護膜形成用ガス34、保護膜として形成された膜のうち過剰に形成された膜を除去するための過剰堆積物除去用ガス35、エッチング用ガス36、それぞれが、処理ステップに応じて処理

室 3 1 に供給される。

[0043] 処理室 3 1 に供給された処理ガスは、装置制御部 4 2 で制御された高周波電源 3 7 から高周波印加部 4 1 に印加される高周波電力 5 2 によって、処理室 3 1 内でプラズマに分解される。また、処理室 3 1 内の圧力は、処理室 3 1 に接続された、図示を省略した可変コンダクタンスバルブと真空ポンプにより、所望の流量の処理ガスを流した状態で、一定に保つことができる。

[0044] 光学系 3 8 は、ウエハ 1 8 上に堆積して形成された保護膜 2 0 の膜厚情報を取得するためのものであって、光学系 3 8 から発射されてウエハ 1 8 で反射した光スペクトルを光学系 3 8 で取得することによって、保護膜 2 0 の断面形状（膜厚）のウエハ面内分布を取得することができる。

[0045] この保護膜 2 0 の断面形状（膜厚）のウエハ面内分布情報を取得するには、まず、参照データとして所望形状に保護膜 2 0 が形成された参照溝パターンがパターニングされたウエハ 1 8 を処理室 3 1 に導入する。保護膜 2 0 の形状の情報は予め、ウエハ情報としてデータベース 4 9 や、装置制御部 4 2 の記憶部 5 0 などに記憶しておく。

[0046] 次に、光学系 3 8 において、光源 5 6 から発射した入射光 5 7 を、ウエハ 1 8 上の参照溝パターン上に照射する。光源 5 6 として、例えば、190nm から 900nm の波長領域の光が用いられる。参照パターンで反射された反射光（干渉光）5 8 は検出器 5 9 で検出され、光ファイバー 6 0 を通って、分光器 6 1 で分光されて反射スペクトルとして光学系制御部 3 9 に送られる。

[0047] 光学系制御部 3 9 に送られた反射スペクトル情報は、膜厚制御部 4 7 に参照データとして送られて予めデータベース 4 9 として保存されている。

[0048] まず、本実施例のエッチング方法の実施例として、保護膜の堆積工程と過剰堆積物を除去する工程とを実施して、ウエハ面内に均一な保護膜を形成する手法について説明する。

[0049] 図 3 は本実施例の保護膜形成方法のプロセスフローの一例を示す図である。また、図 4、及び、図 5 は本実施例の保護膜形成方法における保護膜のウエハ面内均一化方法の説明図である。

[0050] 本実施例では、被エッチングパターン10の一例として、マスクレスのパターン上に保護膜を形成してエッチングする場合について説明する。被エッチングパターン10は、基板としてのウエハ18上に形成された下地層15の上で溝パターン13の間に下層の非エッチング層14、下層の被エッチング層11が形成されており、溝パターン13の上面12にはマスクが形成されていない。被エッチングパターン10の下層の被エッチング層11のみをエッチングするために、本実施例ではウエハ18の面内に均一な保護膜20を溝パターン13の上面12に形成する手法について、図3のフロー図に基づいて説明する。

[0051] 本実施例では、保護膜のウエハ面内均一性を判定するために、ウエハ18上の少なくとも2カ所に光を照射し、反射光のスペクトルを取得し、保護膜のウエハ面内均一性を判定するための手段を設けた。反射光のスペクトルを取得する位置は、例えば、図4(a)に示したように、ウエハ18の中心部X0とウエハ端Xnを含む少なくとも2カ所で取得することが可能な構成となっている。

[0052] ここで、反射スペクトルの強度は、光源56の出力や光学系38の経時変化によって変動する。また、光源56からの光を処理室31に導入させる際に、光を透過させる石英等の窓62を使用している場合、処理室31内で生成したプラズマ等によって、窓62の表面状態が変化し、入射光57や反射光（干渉光）58のスペクトルに影響を与える可能性がある。

[0053] それらの変動を校正するために、プラズマ処理の前に、リファレンスとなるスペクトルを取得する（S301）。まず、リファレンスとなるウエハを処理室31内に導入し、光源56から発生した入射光57を光透過用の窓62を通して処理室31に導入し、リファレンスウエハに照射する。そして、反射された反射光（干渉光）58は再び窓62を通過し、検出器59で検出される。

[0054] 検出器59で検出された光は、光ファイバー60を通して分光器61で分光される。この分光器61で分光された反射スペクトルはリファレンススペ

クトルとしてデータベース49に保存される。このとき、リファレンススペクトルはウエハ内分布を取得するための計測点毎に取得される。例えば、図4に示したように、ウエハ中央部X0、及び、ウエハ端Xnでウエハ内分布を計測する場合には、リファレンスウエハ上のウエハ中央部X0、及び、ウエハ端Xnで測定される。

[0055] 次に、エッチング用のウエハ18上に形成された溝パターン13と被エッチングパターン10に対して、光学系38で初期の反射スペクトルのウエハ面内分布を測定する(S302)。取得したエッチングウエハの初期の反射スペクトルは、リファレンススペクトルと同様にデータベース49に保存される。

[0056] エッチング用のウエハ18の溝パターン13と被エッチングパターン10の初期バラツキ校正用スペクトルを取得したら、保護膜の堆積工程を開始する(S303)。

[0057] まず、装置制御部42からの制御信号54に基づき、保護膜形成用ガス34が所定の流量で処理室31に供給される。供給された保護膜形成用ガス34は、高周波印加部41に印加される高周波電力52によってプラズマとなり、ラジカル、イオン等に分解される。

[0058] この間の処理室31内の圧力は、可変コンダクタンスバルブと真空ポンプにより、所望の流量の処理ガスを流した状態で、一定に保つことができる。プラズマで生成したラジカルやイオンはウエハ18の表面に到達し、図5の(a)及び(b)に示した保護膜20を形成する。

[0059] 堆積させる保護膜の材料としては、例えば、 SiO_2 、 Si 、 SiN 、 C 、フロロカーボン系ポリマー、 BCl 、 BN 、 BO 、 BC 等を堆積させることができる。

[0060] 例えば、 SiO_2 を保護膜として堆積させる場合には、例えば、ガスとして、 SiF_4 、あるいは、 SiCl_4 等の Si 系ガスと O_2 、 CO_2 、 N_2 等のガス、及び、 Ar 、 He 等の混合ガスが用いられる。 Si を保護膜として堆積させる場合には、例えば、 SiH_4 、 SiF_4 、あるいは、 SiCl_4 等の Si 系

ガスと H_2 、 NH_3 、 CH_3F 等のガス、及び、 Ar 、 He 等の混合ガスが用いられる。 SiN を保護膜として堆積させる場合には、例えば、ガスとして、 SiF_4 、あるいは、 SiCl_4 等の Si 系ガスと N_2 、 NF_3 等のガス、及び、 H_2 、 Ar 、 He 等の混合ガスが用いられる。

[0061] また、 C 系ポリマー、または、 CF 系ポリマーを保護膜として堆積させる場合には、フロロカーボンガス、ハイドロフロロカーボンガスと Ar 、 He 、 Ne 、 Kr 、 Xe 等の希ガスと、 O_2 、 CO_2 、 CF_4 、 N_2 、 H_2 、無水 HF 、 CH_4 、 CHF_3 、 NF_3 、 SF_6 等の混合ガスが用いられる。

[0062] また、 BCl 、 BN 、 BO 、 BC 等を保護膜として堆積させる場合には、 BCl_3 等と Ar 、 He 、 Ne 、 Kr 、 Xe 等の希ガスと、 Cl_2 、 O_2 、 CO_2 、 CF_4 、 N_2 、 H_2 、無水 HF 、 CH_4 、 CHF_3 、 NF_3 、 SF_3 等の混合ガスが用いられる。

[0063] デポする膜は、下層の非エッチング層14、下層の被エッチング層11の材料に対応して、異なる材料をデポすることができる。

[0064] 保護膜堆積工程（S303）後の保護膜20の厚さのウエハ面内分布401の一例を図4(b)に示す。ウエハ面内分布401では、ウエハ中央部 X_0 の保護膜20の膜厚がウエハ端 X_n での保護膜20の膜厚よりも厚く形成されている。

[0065] 図5(a)には、ウエハ中央部 X_0 、及び、ウエハ端 X_n の位置でのパターンの断面図を示す。例えば、ウエハの中心部 X_0 の位置では、溝パターン13の上面12にデポされた保護膜20の厚さ T_{x01} は、ウエハ端 X_n での溝パターン13の上面12にデポされた保護膜20の厚さ T_{xn0} よりも厚くなっている。このとき、ウエハの中心部 X_0 での保護膜20の幅 D_{x01} は溝パターン13の幅 W_{x01} よりも大きくなっている。

[0066] 同様に、ウエハ端 X_n での保護膜20の幅 D_{xn1} は溝パターン13の幅 W_{xn1} よりも大きくなっている。また、ウエハ中心部 X_0 での保護膜20の幅 D_{x01} はウエハ端 X_n での保護膜20の幅 D_{xn1} はよりも厚くなっている。

[0067] 保護膜形成後、反射スペクトルのウエハ面内分布を取得する（S304）

。ウエハ位置 X_0 、及び、 X_n での反射スペクトルを取得し、その情報は膜厚制御部47内の膜厚算出部48に送られる。膜厚算出部48に送られた反射スペクトル情報はステップ1で取得したリファレンススペクトルの情報によって、スペクトルの強度が規格化される。

[0068] さらに、データベース49に予め保存された参照パターンからの反射スペクトルから、保護膜20の厚さ T 、及び、保護膜20のパターン幅 W がスペクトルフィッティングによって算出される。そして、ウエハ内に2カ所以上に設定された測定位置での T 、及び、 W から、それぞれウエハ内の分布が算出される。この分布データは、エッチレートのウエハ面内分布データとしてみることでもある。

[0069] これにより、上記の保護膜20のウエハ面内分布を簡易的に評価することができる。図6には、反射スペクトルの保護膜の断面形状による変化の一例を示す。図6(a)には、保護膜20の厚さが変化したときの反射スペクトル変化の例として、保護膜20をデポする前の溝パターン13からの反射スペクトル22と、溝パターン13上に、例えば、厚さ5nmの SiO_2 膜をデポした時の反射スペクトル23を示す。

[0070] 保護膜20の厚さが変化すると反射スペクトルが変化することから、予め取得した反射スペクトルとスペクトルをマッチングすることによって、保護膜20の厚さの変化のウエハ面内分布を評価することができる。あるいは、予め測定した保護膜20の反射率を用いて計算したスペクトルとマッチングすることによって、保護膜20の厚さのウエハ面内分布を評価することができる。

[0071] また、図6(b)には、保護膜20のパターン幅 D が変化した場合の例として、厚さ5nmの SiO_2 膜を溝パターン13上に形成したとき、保護膜20の幅 D が溝パターン13の幅 W と同じ場合の反射スペクトル24と、保護膜20の幅 D が溝パターン13の幅 W よりも大きい場合の反射スペクトル25を示す。

[0072] 保護膜厚形成工程後において、溝パターン13上に堆積した保護膜20の

幅Dの寸法が変化すると反射スペクトル形状が変化することから、予め取得した反射スペクトルとスペクトルマッチングをすることによって、保護膜20の幅Dの変化のウエハ面内分布を評価することができる。さらに、予め測定した保護膜20の反射率を用いて計算したスペクトルとマッチングすることによって、保護膜20の幅Dの変化のウエハ面内分布を評価することができる。

[0073] 保護膜堆積工程後の反射スペクトルから保護膜20の厚さT、及び、保護膜20の幅Wのウエハ面内分布が算出されたら、データベース49に予め保存されているエッチレート of the ウエハ面内分布から、保護膜20の厚さTのウエハ面内分布を緩和するようなエッチレートの分布（除去条件）を持つ過剰堆積膜除去の条件を探索する（S305）。

[0074] 例えば、過剰堆積物除去工程のエッチング量のウエハ面内分布402は、図4(c)に示したようなエッチレート分布となるように処理条件を設定する。まず、ガス種は保護膜の膜種、及び、下層の非エッチング層14によって決定される。

[0075] まず、測定された保護膜20の幅Dが目標とする溝パターン13の幅 W_0 よりも大きい場合、例えば、ウエハバイアスが V_0 以上に保護膜部分除去条件を決定する。ウエハバイアス V_0 は保護膜20の種類と保護膜20の厚さから決定される。

[0076] さらに、予めデータベース49に記憶してあるウエハバイアス V_0 の場合における保護膜20の幅Dの時間依存性のデータベースから、保護膜20の幅Dが目標値 W_0 となる時間 t_x を算出し、そのときの保護膜20の膜厚のウエハ面内分布を算出する。

[0077] さらに、データベース49に予め保存されているエッチレートのウエハ面内分布から、保護膜20の厚さのウエハ面内分布を緩和するようなエッチレートの面内分布を持つ過剰堆積物除去の条件を探索する。

[0078] 図7(a)には、一例として、保護膜厚分布制御データベース700を示す。過剰堆積物除去工程の処理条件は主に、ガス圧力701、ガス流量702、

マイクロ波パワー 703、マイクロ波 Duty 704、及び、コイル電流 705 に対するエッチレート of ウエハ面内分布からなる膜厚分布制御データベースより、所望のエッチング分布が得られる条件を探索し、最適条件を決定することができる。

[0079] また図 7 (b)には、保護膜 20 の幅 D の制御データベース 710 の一例を示す。保護膜 20 の幅 D の分布 711 を均一にするために、例えば、所望のエッチング時間で保護膜 20 の幅 D が均一となるように、ウエハバイアス電圧 712、及び、Duty 比（図示せず）を決定することができる。

[0080] 過剰堆積物を除去するエッチング条件を決定したら、過剰堆積物除去工程を実施する（S306）。過剰堆積物除去条件工程（S306）が開始すると、過剰堆積物除去用ガス 35 が所定の流量で処理室 31 に供給される。供給された過剰堆積物除去用ガス 35 は高周波印加部 41 に印加される高周波電力 52 によってプラズマとなり、イオンやラジカルに分解され、ウエハ 18 表面に照射される。

[0081] このとき、プラズマから照射されるイオンによってエッチングする場合、例えば、ウエハステージ 32 にバイアス電源 40 から供給されるバイアス電圧 53 を印加して、イオンエネルギーを制御して、保護膜 20 の不均一性を補正するための反応性イオンアシストによるエッチングを行うことができる。

[0082] 過剰堆積物除去工程を実施後の保護膜 20 の厚さのウエハ面内分布 403 の一例を図 4 (d)に、ウエハ内位置 X_0 、及び、 X_n でのパターンの断面形状の一例を図 5 (b)に示す。保護膜 20 の厚さのウエハ面内分布 403 は過剰堆積物除去工程によって均一化され、断面形状の面内分布も保護膜 20 の幅 D_{x02} と D_{xn2} は等しくなり、ウエハ面内に均一な保護膜 20 を形成できた。

[0083] 過剰デポ除去工程（S306）が終了したら、保護膜 20 のウエハ面内分布が所定の範囲内であるかどうか判定するために、ウエハ位置 X_0 、及び、 X_n での反射スペクトルを取得する。例えば、図 4 に示したウエハ内位置 X_0 及び X_n の反射スペクトルが取得され、その情報は膜厚制御部 47 内の膜厚算

出部48に送られる。

[0084] 次に、この取得した反射スペクトルを、予め測定した保護膜20の反射率を用いて計算したスペクトルとマッチングすることによって、保護膜20の幅Dの変化のウエハ面内分布を評価する。マッチングし、マッチングしたときの誤差から、ウエハ面内分布が所定の範囲となったかどうかを判定する（S307）。そして、異なる位置で取得された反射スペクトルが規定値内でのばらつきで一致した場合、ウエハ面内で均一な保護膜20が形成されたと判定できる（S307でYes）。

[0085] ここで、反射スペクトルのマッチング誤差が規定値以上であった場合（S307でNo）、取得した反射スペクトルから保護膜20の厚さのウエハ面内分布を評価する。さらに、予め測定した保護膜20の反射率を用いて計算したスペクトルとマッチングすることによって、保護膜20の幅Dの変化のウエハ面内分布を評価する（S310）。

[0086] S310で保護膜20の厚さのウエハ面内分布と保護膜20の幅Wの変化のウエハ面内分布を評価した結果、過剰デポの除去が十分でなく、保護膜デポ工程後に $T_{x0} > T_{xn}$ であり、過剰デポ工程後も $T_{x0} > T_{xn}$ である場合には、S305に戻り、再び、保護膜20のウエハ面内分布を無くすように、過剰堆積物除去工程で保護膜20のウエハ面内分布を打ち消すことが可能な除去条件を探索し、過剰デポ除去工程（S306）を実行する。

[0087] 一方、過剰デポをエッチングしすぎて、保護膜デポ工程後に $T_{x0} > T_{xn}$ であったが、過剰デポ除去工程後は $T_{x0} < T_{xn}$ となった場合は、保護膜デポ工程（S303）に戻る。これは、ウエハ面内が均一となるまで繰り返される。

[0088] ここで、S310において過剰デポの除去が十分でないと判定されてS305に戻る場合、保護膜20の厚さが薄いため、これ以上過剰堆積物除去工程（S306）でウエハ面内分布をなくす次の条件が探索不可能となる場合がある。そこで、保護膜20の厚さをチェックして（S311）、保護膜20の厚さが不足している場合（S311でNoの場合）は、S302に戻り、リファレンスとなる反射スペクトルを取得した後、保護膜堆積工程（S3

03)へ戻り、保護膜20の堆積工程から再度開始する。

[0089] S307でウエハ内位置 X_0 と X_n からの反射スペクトルのマッチング誤差が所定の範囲内となり、ウエハ面内に均一な保護膜20が形成されたと判定された場合(S307でYesの場合)、さらに、同反射スペクトルをデータベース49に予め保存されている参照データを比較して、保護膜20の厚さ、及び、保護膜20の幅が算出され、予め設定された所定の膜厚に達したかどうか判定される(S308)。

[0090] 算出された厚さが所定の膜厚となっていない場合(S308でNoの場合)、保護膜堆積工程(S303)に戻り、所定の膜厚に達するまで繰り返される。

[0091] 一方、所定の膜厚に達した場合、保護膜形成工程を終了し、形成した保護膜20をマスクとして、下層のエッチング工程が開始される。(S309)

下層のエッチング工程(S309)においては、先ず、装置制御部42でガス供給部33を制御して、エッチング用ガス36を所定の流量で処理室31に供給する。エッチング用ガス36が供給されて処理室31の内部が所定の圧力になった状態で、装置制御部42で高周波電源37を制御して、高周波印加部41に高周波電力52を印加して、処理室31の内部にエッチング用ガス36によるプラズマを発生させる。

[0092] この処理室31の内部に発生させたエッチング用ガス36のプラズマにより、保護膜20が形成されたウエハ18のエッチング処理を行う。このエッチング処理を行いながら、光学系38で保護膜20の膜厚を測定し、所望の深さに到達するまで保護膜20の膜厚を測定し、所定のエッチングの処理時間または、所望の深さに到達した時点で、エッチングを終了する。

[0093] このようなプラズマ処理をウエハ18に施すことにより、溝パターン13の上面12がエッチングされてパターンの深さが浅くなってしまうという従来技術の課題や、下層の被エッチング層11をエッチングする間にマスクパターンがエッチングされてしまい、溝パターン13の上面まで12でエッチングが進行してしまうという課題を解決して、図8に示すような、所望のエ

ッチング形状を得ることができる。

[0094] なお、上記実施例では被エッチングパターン１０として、非エッチング層１４、下層の被エッチング層１１が形成されており、溝パターン１３の上面１２にはマスクが形成されていない場合において、被エッチングパターン１０の下層の被エッチング層１１のみをエッチングする場合について、ウエハ面内に均一な保護膜２０を溝パターン１３の上面１２に形成する手法を述べた。

[0095] 図９には、本実施例の保護膜形成手法を用いてエッチング可能なパターンの他の例を示す。図９(a)には、下地層２８の上に形成された被エッチング層２６の上にマスク１６が形成されているが、マスク１６が薄い場合に高アスペクト比で被エッチング層２６をエッチングする場合、均一な保護膜２０をマスク１６上に形成することで溝パターン１３の上面１２をエッチングすることなく、所望のパターンを加工できるようになった。

[0096] 図９(b)には、マスク１６で形成されたパターンの溝下にストッパー層２７である非エッチング層が形成されており、その下層の被エッチング層をエッチングする場合を示す。この場合、マスク１６上とストッパー層２７上に均一な保護膜２０を形成することによって、段差のある複雑な形状のパターンを加工することができるようになった。

[0097] 図９(c)には、マスク１６で形成されたパターンの溝の中に微細な凸パターンを形成する場合について示す。凸パターンの上面にある非エッチング層１４をエッチングすることなく、下地層２８まで被エッチング層２６をエッチングする場合には、マスク１６上と非エッチング層１４上に均一な保護膜２０を形成することによって、段差のある複雑な形状のパターンを加工することができるようになった。

[0098] 本実施例によれば、ウエハ上に形成されたパターン上部に、保護膜を過剰な堆積物を除去してウエハ面内で均一に形成した状態でウエハをエッチング処理するようにしたことにより、パターン上面がエッチングされてパターンの深さが浅くなってしまいうという課題や、下層の被エッチング材料をエッチ

ングする間にマスクパターンがエッチングされてしまい、パターン上面までエッチングが進行してしまうという課題が解決でき、所望のエッチング形状を得ることができるようになった。

[0099] 以上、本発明者によってなされた発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施例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。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

産業上の利用可能性

[0100] 本発明は、半導体デバイスの製造工程に適用することができ、特に、プラズマを用いてウェハ状に所望のパターンを形成するプラズマ処理工程において利用することができる。

符号の説明

[0101] 10・・・被エッチングパターン 11・・・被エッチング層 12
 ・・・・溝パターンの上面 13・・・溝パターン 14・・・非エッチ
 ング層 15・・・下地層 16・・・マスク 17・・・エッチ
 ング深さ 18・・・ウエハ 20・・・保護膜 26・・・被エッチ
 ング層 27・・・ストッパー層 28・・・下地層 30・・・エ
 ッチング装置 31・・・処理室 32・・・ウエハステージ 33
 ・・・・ガス供給部 34・・・保護膜形成用ガス 35・・・過剰堆積
 物除去用ガス 36・・・エッチング用ガス 37・・・高周波電源
 38・・・光学系 39・・・光学系制御部 40・・・バイアス電
 源 41・・・高周波印加部 42・・・装置制御部 43・・・ガ
 ス制御部 44・・・排気系制御部 45・・・高周波制御部 46
 ・・・・バイアス制御部 47・・・膜厚制御部 48・・・膜厚算出部
 49・・・データベース 50・・・記憶部 51・・・クロック

56 . . . 光源 59 . . . 検出器 60 . . . 光ファイバー
61 . . . 分光器 62 . . . 窓。

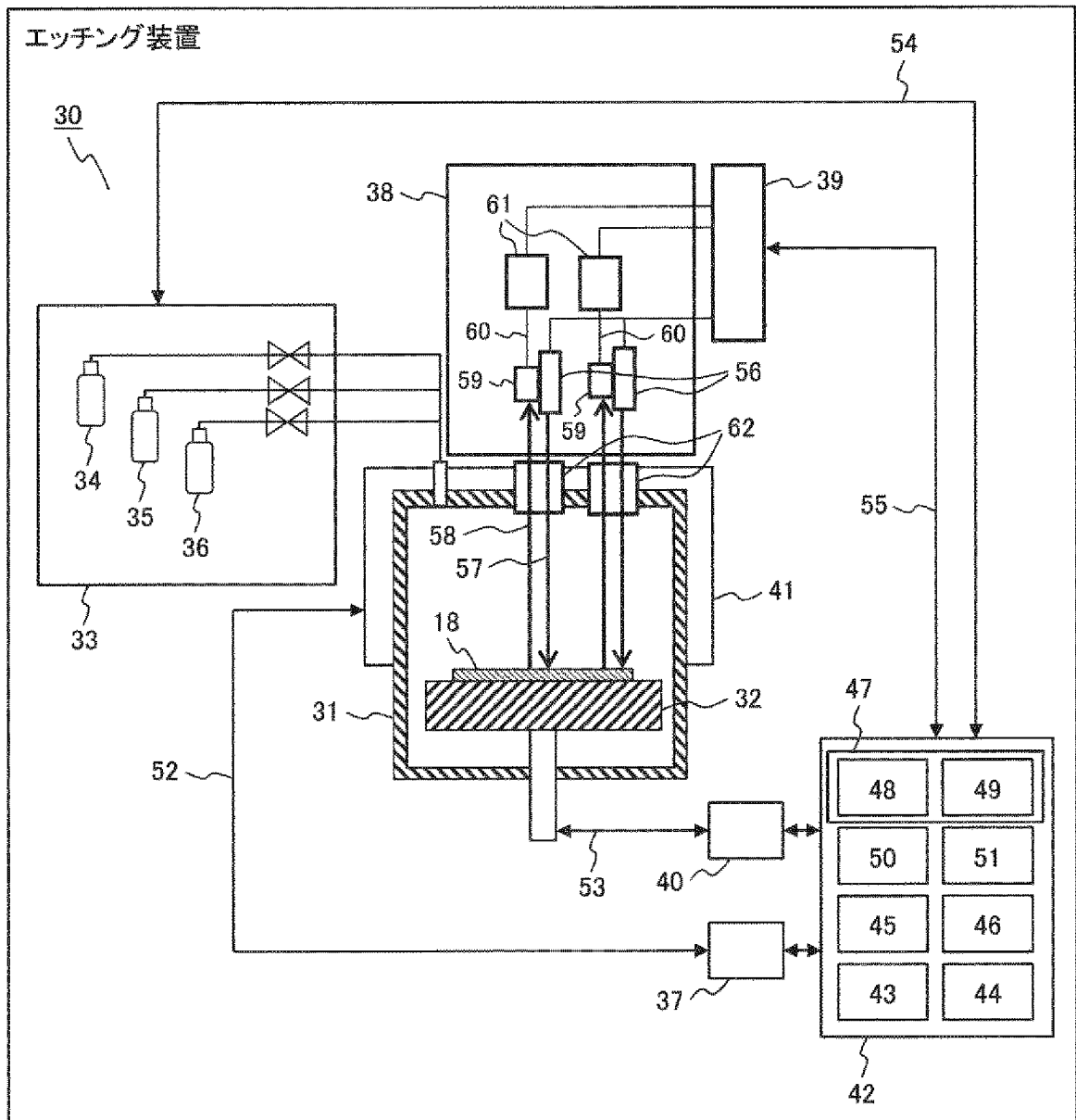
請求の範囲

- [請求項1] 試料に成膜された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、
- 前記試料に形成されたパターンの上部に保護膜を選択的に形成し、前記形成された前記保護膜の幅の前記試料の面内における分布が所定の分布となるように前記形成された前記保護膜の幅を調整する保護膜形成工程と、
- 前記保護膜形成工程後、前記被エッチング膜をプラズマエッチングする工程と
- 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、
- 前記保護膜形成工程は、前記保護膜が形成された前記試料から反射された干渉光のスペクトルをモニタし、前記試料の面内における前記保護膜の幅の分布が所定の分布である場合の前記試料から反射された干渉光のスペクトルのパターンと前記モニタされた前記干渉光のスペクトルのパターンとの比較結果に基づいて前記保護膜の幅を調整することを特徴とするプラズマ処理方法。
- [請求項3] 請求項1に記載のプラズマ処理方法において、
- 前記保護膜形成工程は、前記試料の面内における前記保護膜の膜厚の分布が所定の分布となるように前記保護膜の前記膜厚をさらに調整することを特徴とするプラズマ処理方法。
- [請求項4] 請求項2に記載のプラズマ処理方法において、
- 前記保護膜形成工程は、前記被エッチング膜の前記試料の面内における前記保護膜の膜厚の分布が所定の分布である場合の前記保護膜が形成された前記試料から反射された前記干渉光のスペクトルのパターンと前記モニタされた前記干渉光のスペクトルのパターンとの比較結果に基づいて前記形成された前記保護膜の前記膜厚をさらに調整することを特徴とするプラズマ処理方法。

- [請求項5] 請求項1に記載のプラズマ処理方法において、
前記パターンは、溝のパターンであり、
前記被エッチング膜は、前記溝に埋め込まれていることを特徴とする
プラズマ処理方法。
- [請求項6] 請求項2に記載のプラズマ処理方法において、
上部に前記保護膜を選択的に形成した前記試料上に形成された前記パ
ターンは、溝のパターンであり、
前記被エッチング膜は、前記溝に埋め込まれていることを特徴とする
プラズマ処理方法。
- [請求項7] 請求項1乃至6のいずれか一項に記載のプラズマ処理方法において、
前記所定の分布は、前記試料の面内にて均一な分布であることを特徴
とするプラズマ処理方法。
- [請求項8] 試料に成膜された被エッチング膜をマスクを用いてプラズマエッチ
ングする処理室と、プラズマを生成するための高周波電力を供給する
高周波電源と、前記試料が載置される試料台とを備えるプラズマ処理
装置において、
前記試料に形成されたパターンの上部に保護膜を選択的に形成し、
前記形成された前記保護膜の幅の前記試料の面内における分布が所定
の分布となるように前記形成された前記保護膜の幅を調整する保護膜
形成工程と、前記保護膜形成工程後、前記被エッチング膜をプラズマ
エッチングする工程とを実行する制御部をさらに備えることを特徴と
するプラズマ処理装置。

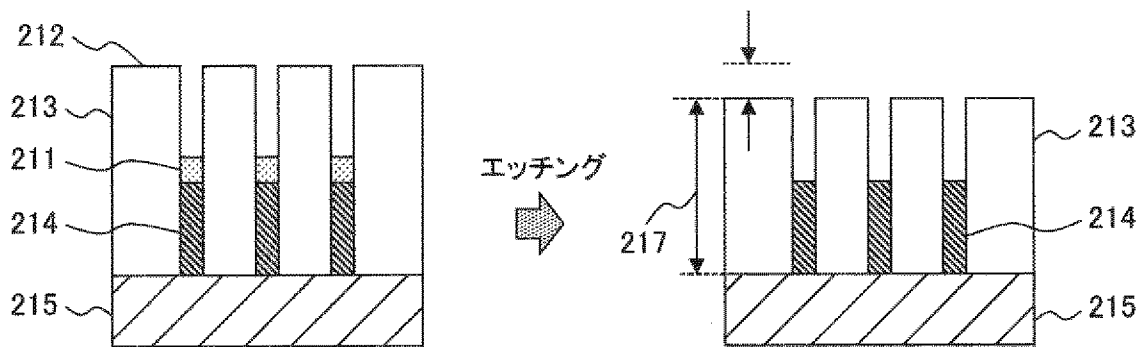
[図1]

図 1



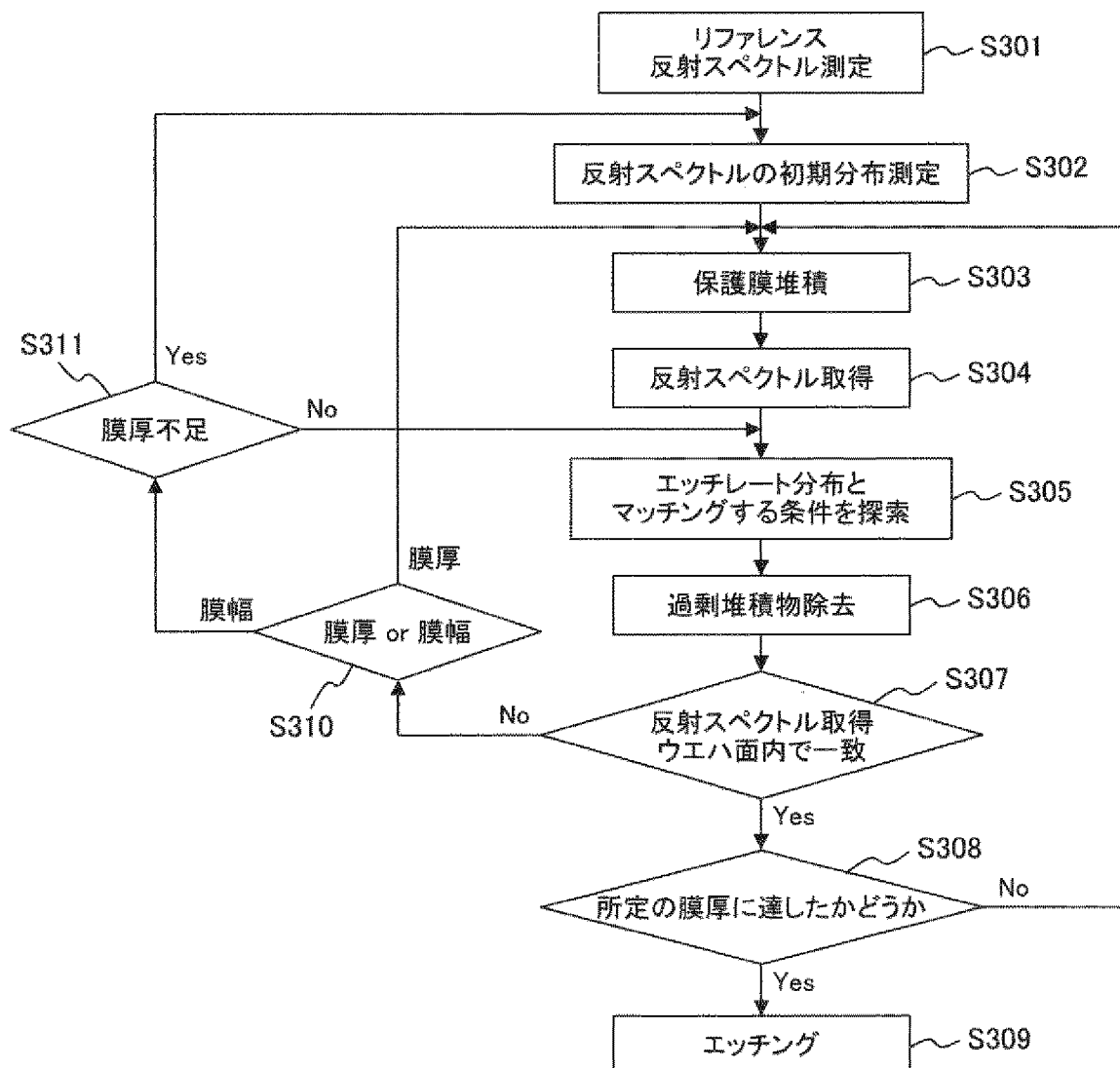
[図2]

図 2



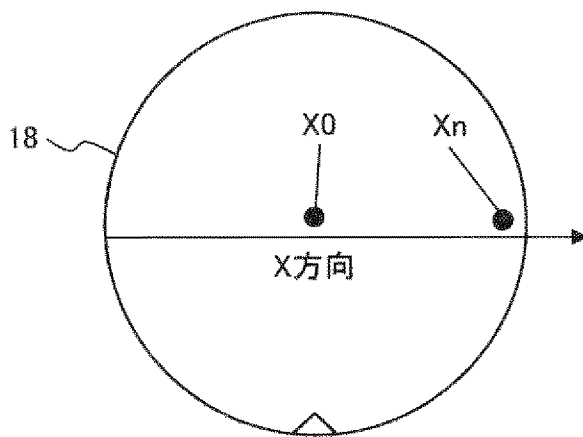
[図3]

図 3

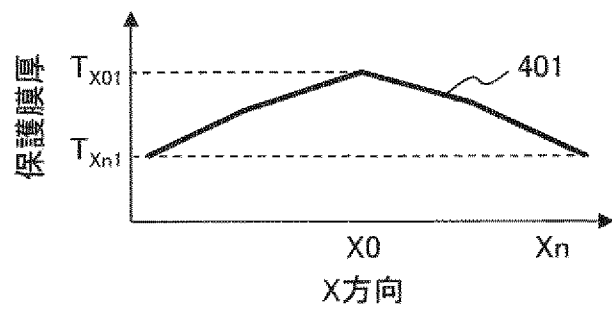


[図4]

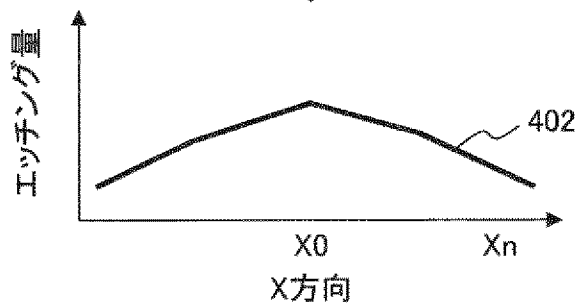
図 4



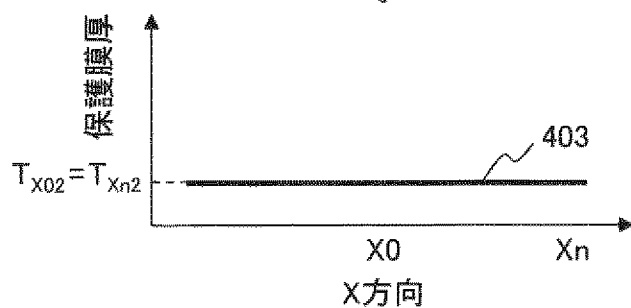
(a) 反射スペクトル測定位置



(b) 保護膜堆積工程



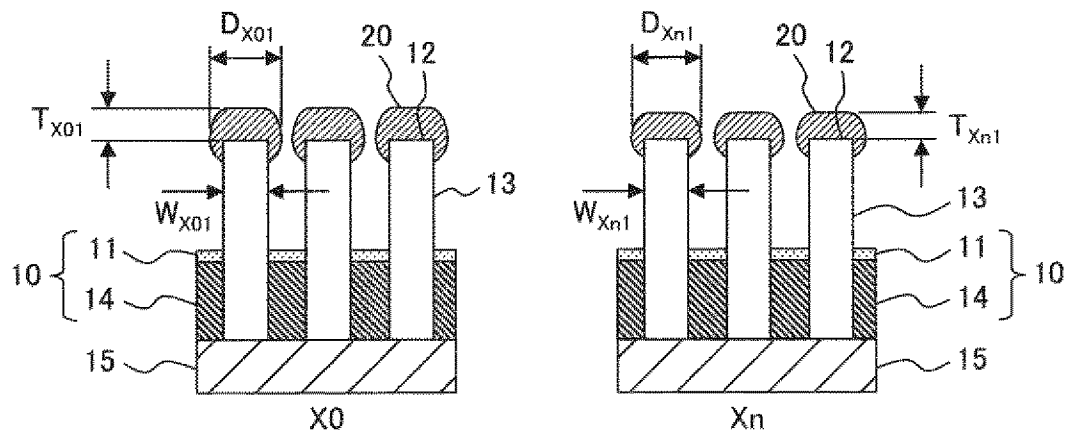
(c) 過剰堆積物除去工程



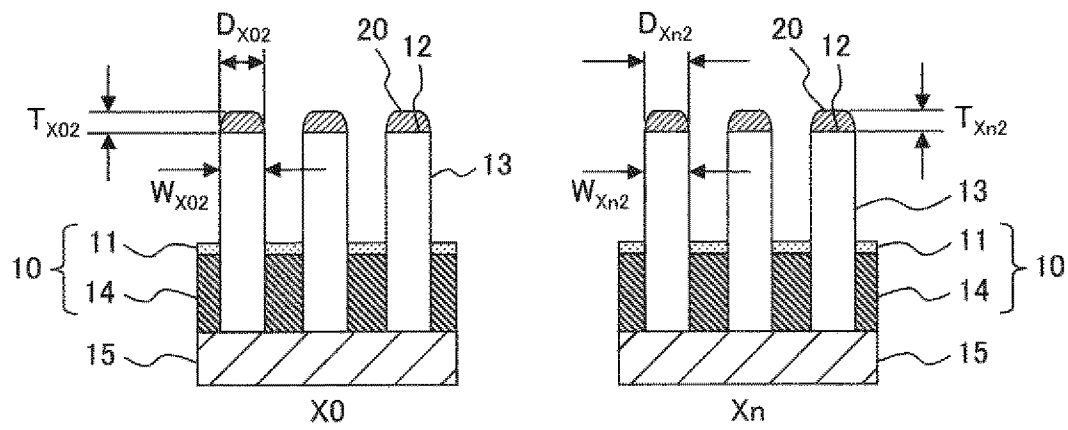
(d) 過剰堆積物除去工程後

[図5]

図 5



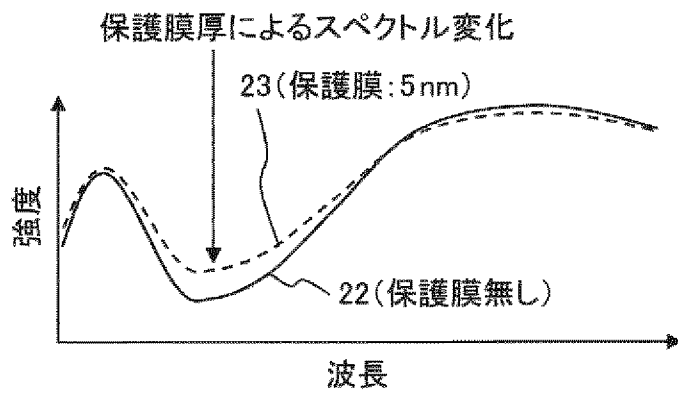
(a) 保護膜形成工程



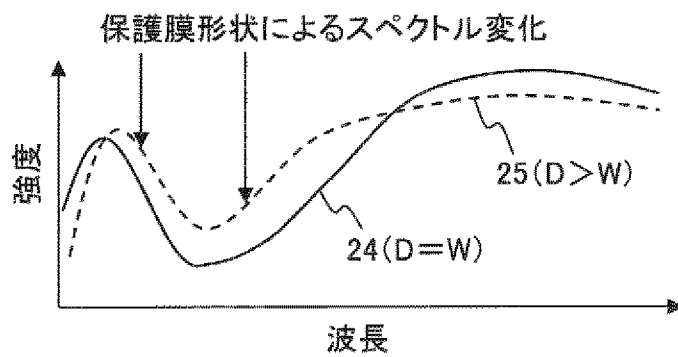
(b) 保護膜部分除去工程

[図6]

図 6



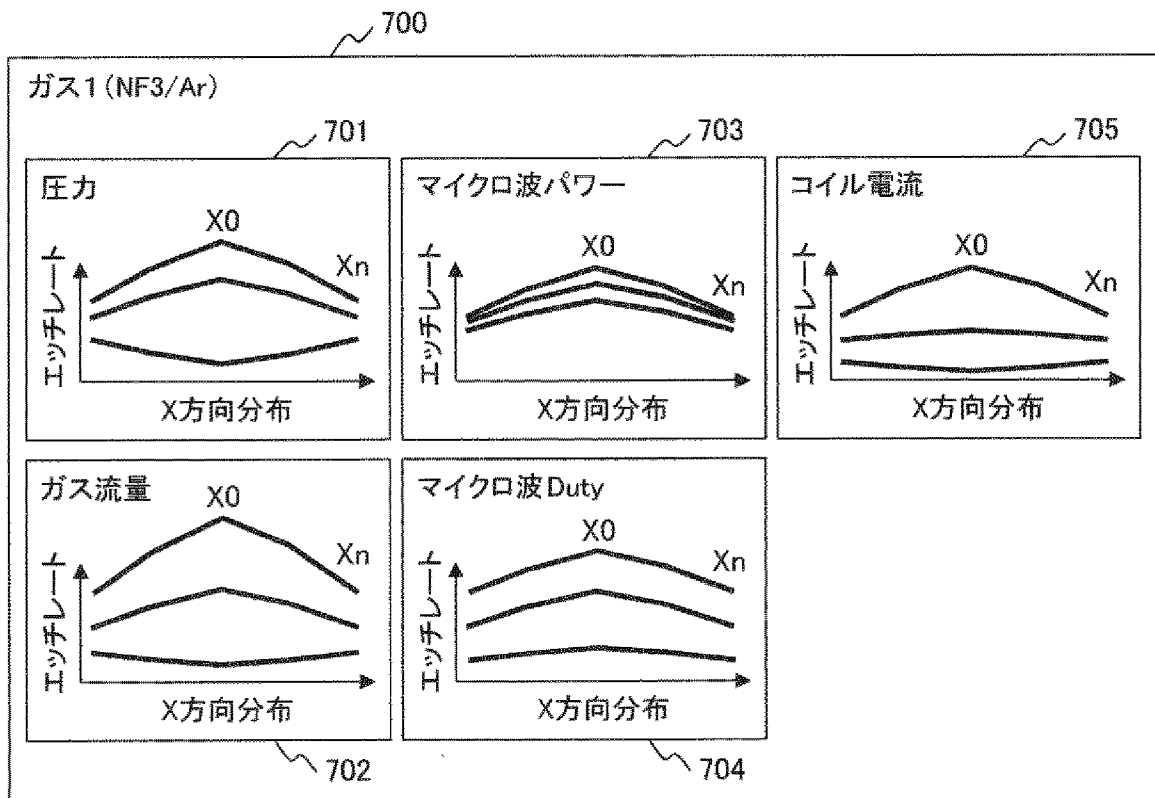
(a) パターン上の保護膜厚が変化した場合



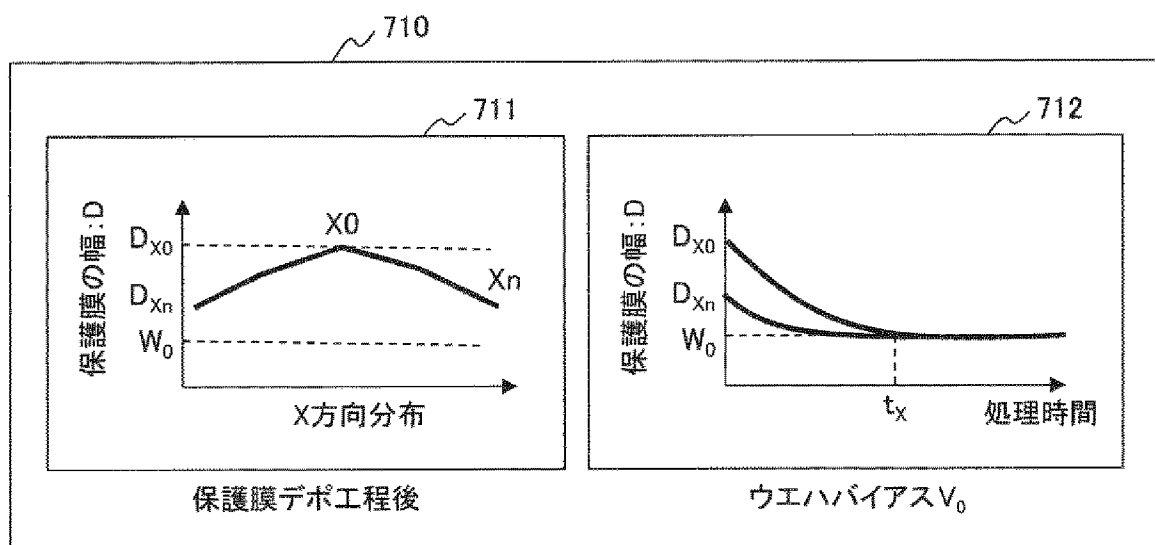
(b) 保護膜が横方向にデボした場合

[図7]

図 7



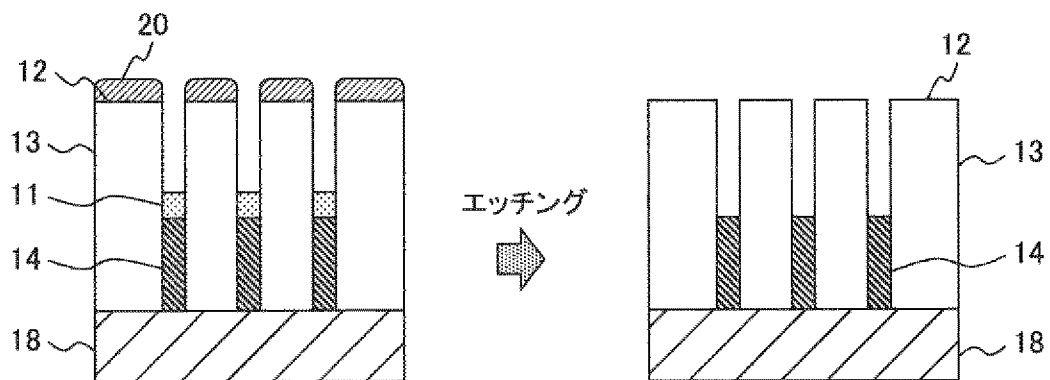
(a) 膜厚分布制御データベースの一例



(b) パターン寸法制御データベースの一例

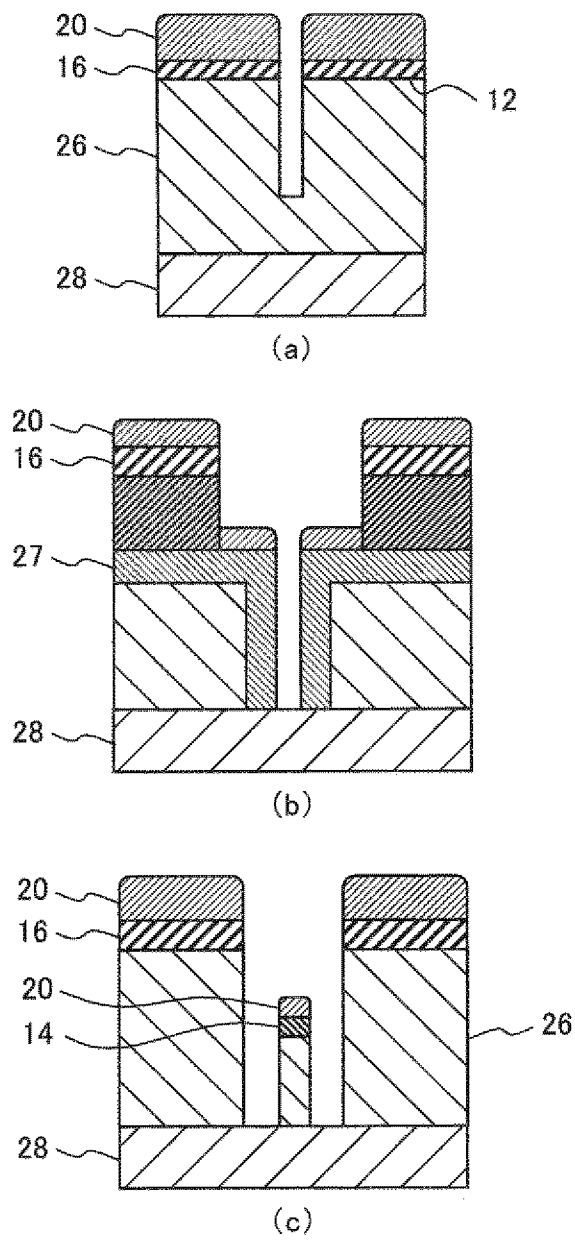
[図8]

図 8



[図9]

図 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/003817

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int. Cl. H01L21/3065(2006.01) i, H01L21/31(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, H01L21/31		
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.
Y A	JP 2008-060566 A (LAM RESEARCH CORPORATION) 13 March 2008, paragraphs [0016]-[0034], [0037]-[0040], [0047]-[0049], fig. 1-3, 7, 8 & US 2007/0026677 A1, paragraphs [0033]-[0051], [0055]-[0060], [0067]-[0070] & CN 101131927 A & KR 10-2008-0018110 A	1, 3, 5, 7, 8 2, 4, 6
Y A	JP 2014-232825 A (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORP.) 11 December 2014, paragraphs [0020]-[0028], fig. 1-5 (Family: none)	1, 3, 5, 7, 8 2, 4, 6
Y A	JP 2007-258586 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 04 October 2007, paragraphs [0034]-[0038], fig. 4, 5 & US 2008/0020584 A1, paragraphs [0058]-[0066]	5 2, 4, 6
☒ 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 09.04.2019		Date of mailing of the international search report 23.04.2019
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/003817

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 2018-157048 A (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORP.) 04 October 2018, entire text, all drawings & US 2018/0269118 A1 & KR 10-2018-0106797 A & TW 201841247 A	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L21/3065 (2006.01) i, H01L21/31 (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 (I P C))

Int.Cl. H01L21/3065, H01L21/31

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

国際調査で利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
Y A	JP 2008-060566 A (ラム リサーチ コーポレーション) 2008.03.13, 段落[0016]-[0034], [0037]-[0040], [0047]-[0049], 図 1-3, 7, 8 & US 2007/0026677 A1, 段落[0033]-[0051], [0055]-[0060], [0067]-[0070] & CN 101131927 A & KR 10-2008-0018110 A	1, 3, 5, 7, 8 2, 4, 6
Y A	JP 2014-232825 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2014.12.11, 段落[0020]-[0028], 図 1-5 (ファミリーなし)	1, 3, 5, 7, 8 2, 4, 6

☒ 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

09.04.2019

国際調査報告の発送日

23.04.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A/J P)

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)

長谷川 直也

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

50

4549

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
Y A	JP 2007-258586 A (東京エレクトロン株式会社) 2007.10.04, 段落[0034]-[0038], 図 4, 5 & US 2008/0020584 A1, 段落[0058]-[0066]	5 2, 4, 6
A	JP 2018-157048 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2018.10.04, 全文, 全図 & US 2018/0269118 A1 & KR 10-2018-0106797 A & TW 201841247 A	1-8