

(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2月27日(27.02.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/040005 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/3065 (2006.01) H05H 1/46 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/031859
- (22) 国際出願日: 2019年8月13日(13.08.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-157570 2018年8月24日(24.08.2018) JP
- (71) 出願人: 東京エレクトロン株式会社(TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 岩野 光紘 (IWANO Mitsuhiro); 〒9813629 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内 Miyagi (JP). 細谷 正徳 (HOSOYA Masanori); 〒9813629 宮城県黒川郡大和町

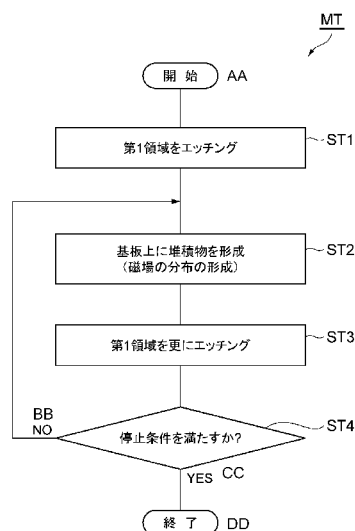
テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内 Miyagi (JP).

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 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, 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: METHOD FOR ETCHING, AND PLASMA PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: エッチングする方法及びプラズマ処理装置



ST1 Etch first region
ST2 Form deposits upon substrate
(form magnetic field distribution)
ST3 Etch first region further
ST4 Has stopping condition been satisfied?
AA Start
BB NO
CC YES
DD End

(57) Abstract: In a method according to an illustrative embodiment of the present invention, a first region is etched by plasma etching such that the top surface of the first region is provided at a deeper position within a substrate than a second region. Next, by generating hydrocarbon gas plasma within a chamber of a plasma processing device, carbon-containing deposits are formed upon the substrate. Then, the first region is further etched by plasma etching. When generating the hydrocarbon gas plasma, a magnetic field distribution wherein a horizontal component present upon the edge side of the substrate is larger than a horizontal component upon the center of the substrate is formed by means of an electromagnet.

(57) 要約: 例示的实施形態に係る方法では、第1領域が第2領域よりも基板内のより深い位置でその上面を提供するよう、プラズマエッチングによって第1領域がエッチングされる。次いで、プラズマ処理装置のチャンバ内で炭化水素ガスのプラズマを生成することにより、基板上に炭素を含む堆積物が形成される。次いで、プラズマエッチングによって、第1領域が更にエッチングされる。炭化水素ガスのプラズマの生成中には、電磁石により、基板の中心の上での水平成分よりも大きい水平成分を基板のエッジ側の上で有する磁場の分布が形成される。

(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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称 : エッチングする方法及びプラズマ処理装置

技術分野

[0001] 本開示の例示的实施形態は、エッチングする方法及びプラズマ処理装置に関するものである。

背景技術

[0002] 電子デバイスの製造においては、プラズマ処理装置を用いたプラズマエッチングが行われる。プラズマエッチングでは、基板の第1領域が当該基板の第2領域に対して選択的にエッチングされる。第2領域は、第1領域の材料とは異なる材料から形成されている。特許文献1には、酸化シリコンから形成された第1領域を、窒化シリコンから形成された第2領域に対して選択的にエッチングする方法が記載されている。

[0003] 特許文献1に記載された方法では、基板上にフルオロカーボンの堆積物が形成される。堆積物を形成するために、プラズマ処理装置のチャンバ内ではフルオロカーボンガスのプラズマが生成される。次いで、希ガスのイオンが基板に供給される。希ガスのイオンを生成するために、チャンバ内で希ガスのプラズマが生成される。希ガスイオンが基板に供給されることにより、堆積物中のフルオロカーボンと第1領域の酸化シリコンとが反応する。その結果、第1領域がエッチングされる。一方、第2領域は、堆積物によって保護される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2016-136606号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 基板に対して適用されるエッチングの選択性及び当該エッチングの面内均一性を向上させることが求められている。

課題を解決するための手段

[0006] 一つの例示的实施形態において、基板の第1領域を第1領域の材料とは異なる材料から形成された基板の第2領域に対して選択的にエッチングする方法が提供される。方法は、第1領域が第2領域よりも基板内のより深い位置でその上面を提供するよう、プラズマエッチングによって第1領域をエッチングする工程を含む。方法は、第1領域をエッチングする工程の実行後に、基板がその中に配置されたプラズマ処理装置のチャンバ内で炭化水素ガスのプラズマを生成することにより、基板上に炭素を含む堆積物を形成する工程を更に含む。方法は、炭化水素ガスのプラズマを生成する工程の実行後に、プラズマエッチングによって、第1領域を更にエッチングする工程を更に含む。堆積物を形成する工程では、電磁石により、基板の中心の上での水平成分よりも大きい水平成分を基板のエッジ側の上で有する磁場の分布が形成される。

発明の効果

[0007] 一つの例示的实施形態によれば、基板に対して適用されるエッチングの選択性及び当該エッチングの面内均一性を向上させることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]一つの例示的实施形態に係るエッチングする方法を示す流れ図である。

[図2]一例の基板の部分断面図である。

[図3]一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図4]図3に示すプラズマ処理装置の接地導体の内部の構成の一例を示す平面図である。

[図5]図1に示す工程ST1及び工程ST3の各々において実行され得る処理の例を示す流れ図である。

[図6]図6の(a)は、方法MTの工程ST1において図5に示す工程STaが適用された一例の基板の部分断面図であり、図6の(b)は、方法MTの工程ST1において図5に示す工程STbが適用された一例の基板の部分断

面図である。

[図7]方法MTの工程ST1が適用された一例の基板の部分断面図である。

[図8]方法MTの工程ST2が適用された一例の基板の部分断面図である。

[図9]図9の(a)は、方法MTの工程ST3において工程STaが適用された一例の基板の部分断面図であり、図9の(b)、は方法MTの工程ST3において工程STbが適用された一例の基板の部分断面図である。

[図10]方法MTの工程ST3が適用された一例の基板の部分断面図である。

[図11]別の例の基板の部分断面図である。

[図12]図12の(a)は、方法MTの工程ST1において工程STaが適用された別の例の基板の部分断面図であり、図12の(b)は、方法MTの工程ST1において工程STbが適用された別の例の基板の部分断面図である。

[図13]方法MTの工程ST1が適用された別の例の基板の部分断面図である。

[図14]方法MTの工程ST2が適用された別の例の基板の部分断面図である。

[図15]図15の(a)は、方法MTの工程ST3において工程STaが適用された別の例の基板の部分断面図であり、図15の(b)は、方法MTの工程ST3において工程STbが適用された別の例の基板の部分断面図である。

[図16]方法MTの工程ST3が適用された別の例の基板の部分断面図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、種々の例示的实施形態について説明する。

[0010] 一つの例示的实施形態において、基板の第1領域を第1領域の材料とは異なる材料から形成された基板の第2領域に対して選択的にエッチングする方法が提供される。方法は、第1領域が第2領域よりも基板内のより深い位置でその上面を提供するよう、プラズマエッチングによって第1領域をエッチ

ングする工程を含む。方法は、第1領域をエッチングする工程の実行後に、基板がその中に配置されたプラズマ処理装置のチャンバ内で炭化水素ガスのプラズマを生成することにより、基板上に炭素を含む堆積物を形成する工程を更に含む。方法は、炭化水素ガスのプラズマを生成する工程の実行後に、プラズマエッチングによって、第1領域を更にエッチングする工程を更に含む。堆積物を形成する工程では、電磁石により、基板の中心の上での水平成分よりも大きい水平成分を基板のエッジ側の上で有する磁場の分布が形成される。

[0011] 上記例示的实施形態に係る方法では、堆積物は、炭化水素ガスのプラズマからの炭素化学種から形成される。また、第1領域は第2領域よりも基板内のより深い位置で延在しているので、堆積物の厚みは、第2領域上では大きく、第1領域上では小さくなる。この堆積物によって第2領域が保護されつつ第1領域が更にエッチングされる。したがって、基板の第2領域に対する基板の第1領域のエッチングの選択性が高くなる。また、炭化水素ガスのプラズマの生成中には、電磁石により、基板の中心の上での水平成分よりも大きい水平成分を基板のエッジ側の上で有する磁場の分布が形成される。したがって、基板のエッジ側の上でプラズマの密度が高められる。その結果、径方向におけるプラズマの密度の分布が均一化される。このような分布を有するプラズマからの炭素化学種が基板上に堆積するので、堆積物の厚みの面内均一性が高められる。故に、基板の第2領域に対する基板の第1領域の選択的なエッチングの面内均一性が高くなる。

[0012] 一つの例示的实施形態において、第1領域は、シリコン含有材料から形成されていてもよい。

[0013] 一つの例示的实施形態において、第2領域は、金属含有材料から形成されていてもよい。

[0014] 一つの例示的实施形態において、第1領域は、酸化シリコンから形成されていてもよく、第2領域は、窒化シリコンから形成されていてもよい。

[0015] 第1領域をエッチングする工程では、基板がその中に配置されたチャンバ

内で、フルオロカーボンガスを含む処理ガスのプラズマが生成されてもよい。

[0016] 第1領域を更にエッチングする工程では、基板がその中に配置されたチャンバ内で、フルオロカーボンガスを含む処理ガスのプラズマが生成されてもよい。

[0017] 一つの例示的实施形態において、第1領域をエッチングする工程及び第1領域を更にエッチングする工程の少なくとも一方は、基板上にフルオロカーボンを含む堆積物を形成するために、基板がその中に配置されたチャンバ内で、フルオロカーボンガスを含む処理ガスのプラズマを生成する工程と、基板に希ガスイオンを供給することにより基板上に形成された堆積物中のフルオロカーボンとシリコン含有材料を反応させて第1領域をエッチングするために、チャンバ内で希ガスのプラズマを生成する工程と、を含んでいてもよい。

[0018] 一つの例示的实施形態において、堆積物を形成する工程の実行と第1領域を更にエッチングする工程とが交互に繰り返されてもよい。

[0019] 別の例示的实施形態においては、基板の第1領域を第1領域の材料とは異なる材料から形成された該基板の第2領域に対して選択的にエッチングするためのプラズマ処理装置が提供される。プラズマ処理装置は、チャンバ、基板支持台、ガス供給部、高周波電源、電磁石、駆動電源、及び制御部を備える。基板支持台は、下部電極を有し、チャンバ内に設けられている。ガス供給部は、チャンバ内にガスを供給するように構成されている。高周波電源は、チャンバ内のガスを励起させるために高周波電力を発生するように構成されている。電磁石は、チャンバの内部空間の中で磁場を形成するように構成されている。駆動電源は、電磁石に電流を供給するように構成されている。制御部は、ガス供給部、高周波電源、及び駆動電源を制御するように構成されている。制御部は、第1の制御、第2の制御、及び第3の制御を実行するように構成されている。第1の制御は、第1領域が第2領域よりも基板内のより深い位置でその上面を提供するよう、プラズマエッチングによって第1領

域をエッチングするために、ガス供給部及び高周波電源を制御することを含む。第2の制御は、第1領域をエッチングした後に、第2領域上に炭素を含む堆積物を形成するために、炭化水素ガスのプラズマを生成するよう、ガス供給部及び高周波電源を制御することを含む。第3の制御は、第2領域上に堆積物を形成した後に、プラズマエッチングによって、第1領域を更にエッチングするために、ガス供給部及び高周波電源を制御することを含む。第2の制御は、炭化水素ガスのプラズマの生成中に、電磁石により、基板の中心の上での水平成分よりも大きい水平成分を基板のエッジ側の上で有する磁場の分布を形成するよう駆動電源を制御することを含む。

[0020] 一つの例示的实施形態において、第1領域はシリコン含有材料から形成されていてもよい。第1の制御は、チャンバ内でフルオロカーボンガスを含む処理ガスのプラズマを生成するよう、ガス供給部及び高周波電源を制御することを含んでいてもよい。第3の制御は、チャンバ内でフルオロカーボンガスを含む処理ガスのプラズマを生成するよう、ガス供給部及び高周波電源を制御することを含んでいてもよい。

[0021] 一つの例示的实施形態において、第1領域はシリコン含有材料から形成されていてもよい。第1の制御及び第3の制御のうち少なくとも一方は、基板上にフルオロカーボンを含む堆積物を形成するために、チャンバ内で、フルオロカーボンガスを含む処理ガスのプラズマを生成するよう、ガス供給部及び高周波電源を制御すること、及び、基板に希ガスイオンを供給することにより基板上に形成された堆積物中のフルオロカーボンとシリコン含有材料を反応させて第1領域をエッチングするために、チャンバ内で希ガスのプラズマを生成するよう、ガス供給部及び高周波電源を制御すること、を含んでいてもよい。

[0022] 一つの例示的实施形態において、制御部は、第2の制御と第3の制御とを交互に繰り返してもよい。

[0023] 以下、図面を参照して種々の例示的实施形態について詳細に説明する。なお、各図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を附することと

する。

[0024] 図1は、一つの例示的实施形態に係るエッチングする方法を示す流れ図である。一実施形態に係るエッチングする方法（以下、「方法MT」という）は、基板の第1領域を第2領域に対して選択的にエッチングするために実行される。

[0025] 図2は、一例の基板の部分断面図である。図2に示す一例の基板Wは、方法MTによって処理され得る。基板Wは、ウエハのように円盤形状を有し得る。基板Wは、第1領域R1及び第2領域R2を有する。基板Wは、下地領域URを更に有していてもよい。第1領域R1及び第2領域R2は、下地領域URの上に設けられている。一実施形態において、第1領域R1は、下地領域UR上に設けられており、第2領域R2は、第1領域R1上に設けられている。第2領域R2は、マスクのようにパターニングされている。即ち、第2領域R2は、開口を提供している。別の実施形態では、第1領域R1は、第2領域R2によって提供される凹部を埋めるように形成されていてもよい。さらに、第1領域R1は、第2領域を覆うように形成されていてもよい。

[0026] 第1領域R1は、選択的にエッチングされるべき領域である。第2領域R2は、第1領域R1の材料とは異なる材料から形成されている。第1領域R1の材料及び第2領域R2の材料は限定されるものではない。第1領域R1は、例えばシリコン含有材料から形成されている。第1領域R1のシリコン含有材料は、例えばSiO₂である。第1領域R1のシリコン含有材料は、低誘電率材料であってもよい。低誘電率材料は、例えばSiOC又はSiOCHである。

[0027] 第2領域R2は、例えば金属含有材料から形成されている。金属含有材料は、例えばチタン、タングステン、ジルコニウム、アルミニウム、タンタル、コバルト、若しくはルテニウムのうち何れかの金属材料、又は当該金属材料の酸化物、窒化物、若しくは炭化物である。第2領域R2は、窒化シリコンから形成されていてもよい。

[0028] 方法MTは、プラズマ処理装置のチャンバ内に基板が配置された状態で実行される。図3は、一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。図3に示すプラズマ処理装置1は、チャンバ10を備えている。チャンバ10は、内部空間10sを提供する容器である。チャンバ10は、略円筒形状を有している。図3に示す中心軸線AXは、チャンバ10及び内部空間10sの中心軸線である。

[0029] チャンバ10は、チャンバ本体12を有する。チャンバ本体12は、略円筒形状を有している。チャンバ10の内部空間10sは、チャンバ本体12の内側に提供されている。チャンバ本体12は、側壁12a及び底部12bを含んでいる。側壁12aは、チャンバ10の側壁を構成している。底部12bは、チャンバ10の底部を構成している。チャンバ本体12は、例えばアルミニウムといった金属から形成されている。チャンバ本体12の内壁面には、耐プラズマ性を有する膜が形成されている。この膜は、アルマイト膜、酸化イットリウム製の膜といったセラミック製の膜であり得る。チャンバ本体12は、接地されている。

[0030] 側壁12aには、通路12pが形成されている。基板Wは、内部空間10sとチャンバ10の外部との間で搬送されるときに、通路12pを通過する。通路12pは、ゲートバルブ12gによって開閉可能である。ゲートバルブ12gは、側壁12aに沿って設けられている。

[0031] 内部空間10sの中には、基板支持台、即ち支持台14が設けられている。支持台14は、支持体15によって支持されている。支持体15は、円筒形状を有している。支持体15は、チャンバ本体12の底部12bから上方に延びている。支持体15は、絶縁性を有している。支持体15は、例えばセラミックから形成されている。

[0032] 支持台14は、基板Wを支持するように構成されている。支持台14は、チャンバ10と中心軸線AXを共有している。支持台14は、載置領域14rを提供している。この載置領域14rの中心は、中心軸線AX上に位置する。基板Wは、その中心が中心軸線AX上に位置するように、載置領域14

r上に載置される。

[0033] 支持台14は、電極プレート16、下部電極18、及び静電チャック20を含んでいる。電極プレート16は、略円盤形状を有している。電極プレート16は、導電性を有している。電極プレート16は、アルミニウムといった金属から形成されている。下部電極18は、円盤形状を有している。下部電極18は、導電性を有している。下部電極18は、アルミニウムといった金属から形成されている。下部電極18は、電極プレート16上に搭載されている。下部電極18は、電極プレート16に電氣的に接続されている。

[0034] 下部電極18の中には、流路18pが形成されている。流路18pは、下部電極18の中で、例えば渦巻状に延びている。流路18pには、熱交換媒体の循環装置22（例えばチラーユニット）から熱交換媒体（例えば冷媒）が供給される。循環装置22は、チャンバ10の外部に設けられている。流路18pに供給された熱交換媒体は、循環装置22に戻される。熱交換媒体と下部電極18との熱交換により、支持台14上に載置された基板Wの温度が制御される。

[0035] 静電チャック20は、下部電極18上に設けられている。静電チャック20は、略円盤形状を有している。静電チャック20は、本体及び電極を有している。静電チャック20の本体は、誘電体製（例えばセラミック製）である。静電チャック20の電極は、導電性の膜であり、静電チャック20の本体の中に設けられている。静電チャック20の電極には、スイッチを介して直流電源24が接続されている。静電チャック20は、上述の載置領域14rを提供している。基板Wが静電チャック20上（載置領域14r上）に載置されている状態で、直流電源24からの直流電圧が静電チャック20の電極に印加されると、基板Wと静電チャック20との間で静電引力が発生する。発生した静電引力によって、基板Wは静電チャック20に引き付けられ、静電チャック20によって保持される。プラズマ処理装置1には、静電チャック20と基板Wの下面との間に伝熱ガス（例えばHeガス）を供給する伝熱ガス供給ラインが設けられていてもよい。

- [0036] 静電チャック20の内部には、一つ以上のヒータ（例えば一つ以上の抵抗加熱素子）が設けられていてもよい。一つ以上のヒータにヒータコントローラからの電力が供給されることにより、当該一つ以上のヒータが発熱し、静電チャック20の温度、ひいては基板Wの温度が調整される。
- [0037] 支持台14上には、フォーカスリングFRが搭載される。フォーカスリングFRは、静電チャック20及び基板Wのエッジを囲むように配置される。フォーカスリングFRは、環状の板であり、シリコン、石英といったシリコン含有材料から形成されている。フォーカスリングFRは、プラズマ処理の均一性を得るために利用される。
- [0038] 支持体15の周りには、筒状の導体26が設けられている。導体26は接地されている。導体26の上方には、支持台14を囲むように筒状の絶縁体28が設けられている。絶縁体28は、石英といったセラミックから形成されている。支持台14とチャンバ本体12の側壁12aとの間には、排気路が形成されている。排気路には、バッフルプレート30が設けられている。バッフルプレート30は、環状の板である。バッフルプレート30には、その板厚方向にバッフルプレート30を貫通する複数の孔が形成されている。バッフルプレート30は、アルミニウムといった金属から形成された部材の表面に、酸化イットリウムといった耐プラズマ性の被膜を形成することにより構成されている。
- [0039] バッフルプレート30の下方では、排気管32がチャンバ本体12の底部12bに接続されている。排気管32は、排気路に連通可能である。排気管32には、排気装置34が接続されている。排気装置34は、自動圧力制御弁、及びターボ分子ポンプといった減圧ポンプを含んでいる。排気装置34が作動されることにより、内部空間10sの圧力が指定された圧力に設定される。
- [0040] 支持台14の上方には、上部電極36が設けられている。上部電極36と支持台14との間には、内部空間10sの一部が介在している。上部電極36は、チャンバ本体12の上部開口を閉じるように設けられている。上部電

極 3 6 とチャンバ本体 1 2 の上端部との間には部材 3 7 が介在している。部材 3 7 は、絶縁性材料から形成されている。部材 3 7 は、セラミック、例えば石英から形成され得る。一実施形態では、上部電極 3 6 とチャンバ本体 1 2 の上端部との間には、部材 3 7 及び後述する接地導体の一部が介在し得る。

[0041] 一実施形態において、上部電極 3 6 は、シャワーヘッドを構成している。上部電極 3 6 は、一実施形態では、天板 3 8 及び支持体 4 0 を含んでいる。天板 3 8 は、例えばシリコンから形成されている。或いは、天板 3 8 は、アルミニウムから形成された部材の表面に、酸化イットリウムといったセラミックから形成された被膜を設けることにより構成される。天板 3 8 には、その板厚方向に天板 3 8 を貫通する複数のガス吐出口 3 8 h が形成されている。

[0042] 支持体 4 0 は、天板 3 8 上に設けられている。支持体 4 0 は、天板 3 8 を着脱自在に支持するように構成されている。支持体 4 0 は、アルミニウムといった導電性材料から形成されている。支持体 4 0 の内部には、ガス拡散室 4 0 d が形成されている。支持体 4 0 には、複数の孔 4 0 h が形成されている。複数の孔 4 0 h は、ガス拡散室 4 0 d から下方に延びている。複数の孔 4 0 h はそれぞれ、複数のガス吐出口 3 8 h に連通している。

[0043] ガス拡散室 4 0 d には、ガス供給部 4 1 が接続されている。ガス供給部 4 1 は、チャンバ 1 0 内に、即ち内部空間 1 0 s にガスを供給するように構成されている。ガス供給部 4 1 は、方法 M T において用いられる複数のガスを出力可能であるように構成されている。一実施形態において、方法 M T で用いられる複数のガスは、フルオロカーボンガス、希ガス、及び炭化水素ガスを含む。フルオロカーボンガスは、例えば C_4F_6 ガス、 C_4F_8 ガス、及び C_6F_8 ガスのうち一つ以上のガスを含むが、他のフルオロカーボンガスであってもよい。希ガスは、例えば Ar ガスであるが、他の希ガスであってもよい。炭化水素ガスは、例えば CH_4 ガスであるが、 CH_4 ガス以外の炭化水素ガスであってもよい。方法 M T で用いられる複数のガスは、その他のガスを更に含

んでいてもよい。方法MTで用いられる複数のガスは、窒素ガス（ N_2 ガス）及び酸素含有ガス（例えば O_2 ガス又はCOガス）のうち一つ以上のガスを更に含んでいてもよい。ガス供給部41は、複数の流量制御器及び複数のバルブを有する。ガス供給部41は、出力すべき一つ以上のガスの流量を個別に調整するように構成されている。ガス供給部41から出力されたガスは、ガス拡散室40d及び複数の孔40hを介して、複数のガス吐出口38hから内部空間10sに吐出される。

[0044] 支持体40には、流路40pが形成されている。流路40pには、チラーユニット42が接続されている。流路40pとチラーユニット42との間では、冷却水といった冷媒が循環される。チラーユニット42から流路40pに供給される冷媒と上部電極36との間の熱交換により、上部電極36の温度が調整される。

[0045] プラズマ処理装置1は、第1の高周波電源43及び第2の高周波電源44を更に備えている。第1の高周波電源43及び第2の高周波電源44は、チャンバ10の外部に設けられている。第1の高周波電源43は、主としてプラズマの生成のための第1の高周波電力を発生するよう構成されている。第1の高周波電力の周波数は、限定されるものではないが、例えば100MHzである。第1の高周波電源43は、整合器45及び給電導体48を介して、上部電極36に電氣的に接続されている。整合器45は、第1の高周波電源43の出力インピーダンスと負荷側（上部電極36側）のインピーダンスとを整合させるための整合回路を有している。給電導体48は、その下端で上部電極36に接続されている。給電導体48は、上部電極36から上方に延びている。給電導体48は筒状又は棒状の導体であり、その中心軸線は中心軸線AXに略一致している。なお、第1の高周波電源43は、上部電極36ではなく、整合器45を介して下部電極18に電氣的に接続されていてもよい。

[0046] 第2の高周波電源44は、主として基板Wにイオンを引き込むための第2の高周波電力、即ち、バイアス用の高周波電力を発生するよう構成されて

いる。第2の高周波電力の周波数は、第1の高周波電力の周波数よりも低い。一実施形態では、第2の高周波電力の周波数は、13.56MHzよりも高くてもよい。一実施形態では、第2の高周波電力の周波数は、40MHz以上であってもよい。一実施形態では、第2の高周波電力の周波数は、60MHz以上であってもよい。第2の高周波電源44は、整合器46を介して、下部電極18に電氣的に接続されている。整合器46は、第2の高周波電源44の出力インピーダンスと負荷側（下部電極18側）のインピーダンスとを整合させるための整合回路を有している。

[0047] プラズマ処理装置1は、接地導体50を更に備えている。接地導体50は、導電性を有する。接地導体50は、アルミニウムといった金属から形成されている。接地導体50は、接地されている。接地導体50は、チャンバ本体12の上方で上部電極36を覆うように延びている。給電導体48は、接地導体50によって囲まれた空間を通して上方へ延びて、接地導体50の外部で整合器45を介して第1の高周波電源43に接続されている。

[0048] プラズマ処理装置1の内部空間10sの中では、基板Wの中心の上では高い電界強度を有し、基板Wのエッジ側の上では低い電界強度を有する電界強度の分布が形成され得る。即ち、内部空間10sの中では、放射方向（即ち、径方向）における中心軸線AXからの距離の増加に応じて電界強度が減少する不均一な電界強度の分布が形成され得る。不均一な電界強度の分布の下では、プラズマの密度は、中心軸線AXの近傍で高く、中心軸線AXから離れた箇所で低くなる。即ち、中心軸線AXに対して放射方向において不均一なプラズマの密度の分布が形成される。プラズマ処理装置1は、均一なプラズマの密度の分布を得るために、電磁石60を更に備えている。

[0049] 図3に示すように、電磁石60は、上部電極36の上方に配置されている。電磁石60は、内部空間10sの中で、中心軸線AX上での水平成分よりも大きい水平成分を中心軸線AXから離れた位置で有する磁場の分布を形成する。即ち、電磁石60は、中心軸線AXから放射方向への距離の増加に応じてその大きさが増加する水平成分を有する磁場の分布を、内部空間10s

の中に形成する。大きい水平成分の磁場が形成されている箇所では、電子の滞在時間が長くなる。その結果、大きい水平成分の磁場が形成されている箇所では、プラズマの密度が上昇する。したがって、プラズマ処理装置 1 によれば、中心軸線 A X に対して放射方向において均一なプラズマ密度の分布が得られる。故に、プラズマ処理装置 1 によれば、基板 W に対する処理の面内均一性が向上される。

[0050] 一実施形態では、電磁石 60 は、ヨーク 62 及びコイル 64 を有している。ヨーク 62 は、磁性材料から形成されている。ヨーク 62 は、ベース部 62a 及び複数の筒状部 62b を有している。ベース部 62a は、略環状且つ略板状をなしており、中心軸線 A X に対して直交する方向に延在している。複数の筒状部 62b の各々は、筒形状を有しており、ベース部 62a から下方に延在している。複数の筒状部 62b は、中心軸線 A X に対して同軸状に設けられている。コイル 64 は、中心軸線 A X の周りで巻かれている。コイル 64 は、径方向において隣り合う二つの筒状部 62b の間に設けられている。なお、電磁石 60 は、一つ以上のコイル 64 を有し得る。電磁石 60 におけるコイル 64 の個数が複数個である場合には、複数個のコイル 64 は、中心軸線 A X に対して同軸状に設けられる。

[0051] 電磁石 60 のコイル 64 は、配線 68 を介して駆動電源 66 に接続されている。駆動電源 66 からの電流がコイル 64 に与えられると、電磁石 60 によって磁場が形成される。電磁石 60 によって形成される磁場のベクトルの角度が 45° である箇所では、放射方向（径方向）における電子の閉じ込め効果（電子の拡散の抑制効果）と、電子の消滅の抑制効果（電極への電子の到達を抑制する効果）とが良好に両立される。したがって、当該箇所ではプラズマの密度が高くなる。故に、基板 W の半径が例えば 150 mm である場合に、電磁石 60 は、磁場のベクトルの角度が 45° である箇所と中心軸線 A X との間の距離が、135 mm 以上、185 mm 以下となるように、構成され得る。一実施形態では、電磁石 60 の一つのコイル 64 の内径と外径の平均値は、中心軸線 A X と基板 W のエッジとの間の距離以上に設定される。

基板Wの半径が150mmである場合には、電磁石60の一つのコイル64の内径と外径の平均値は、150mm以上、250mm以下に設定される。なお、磁場のベクトルの角度は、当該磁場が下方向の成分のみを有する場合には0°であり、放射方向の成分（水平成分）のみを有する場合には90°である。したがって、磁場のベクトルの角度が45°である場合には、当該磁場は、水平成分と垂直成分の双方を有する。

[0052] 電磁石60が、上部電極を覆う接地導体によって囲まれた空間内に配置されると、第1の高周波電力が、電磁石60、及び／又は、電磁石60と電源（駆動電源）とを接続する配線に流入する。その結果、内部空間10sの中での電界強度が局所的に変動する。したがって、電磁石60は、接地導体の外側に配置される。但し、接地導体の上端に対して上方の空間に電磁石60が配置されると、電磁石60から内部空間10sまでの鉛直方向の距離が長くなり、大きな電流をコイル64に与えなければ内部空間10sの中に十分な大きさの磁場を効率的に形成することができない。また、電磁石60が接地導体の側方に（中心軸線から放射方向において接地導体の外側に）に配置されると、大きな水平成分を有する磁場が形成される箇所、或いは、そのベクトルが45°の角度を有する磁場が形成される箇所は内部空間10sの外部の箇所となる。均一なプラズマ密度の分布を得るのに適した磁場の分布を効率的に内部空間10sの中で形成するために、接地導体50は、その中に電磁石60が配置される外部空間ESを提供している。外部空間ESは、接地導体50の上端よりも内部空間10sの近くにあり、上部電極36に対して上方に離れており、且つ、上部電極36に対して接地導体50により遮蔽されている。

[0053] 接地導体50は、第1の部分51、第2の部分52、及び第3の部分53を備えている。第1の部分51は、筒形状を有している。第1の部分51の中心軸線は、中心軸線AXと略一致している。第1の部分51は、チャンバ本体12から上方に延びている。図3に示す例では、第1の部分51は、チャンバ本体12の側壁12aの上端から上方に延びている。第1の部分51

の下端部分は、部材 3 7 と側壁 1 2 a の上端との間に介在している。

[0054] 第 2 の部分 5 2 は、上部電極 3 6 から上方に離間し、且つ、第 1 の部分 5 1 から中心軸線 A X に向けて延びている。第 2 の部分 5 2 は、中心軸線 A X に対して交差又は直交する方向に延びる板状をなしている。第 1 の部分 5 1 と第 2 の部分 5 2 は、上部電極 3 6 の上に第 1 の空間 I S 1 を提供している。第 1 の空間 I S 1 は、接地導体 5 0 の内側（即ち、上部電極 3 6 側）の空間の一部である。この第 1 の空間 I S 1 により、鉛直方向において上部電極 3 6 と接地導体 5 0 との間に距離が確保される。したがって、接地導体 5 0 と上部電極 3 6 との間の容量的結合が抑制される。上部電極 3 6 の上面と接地導体 5 0 の第 2 の部分 5 2 の下面との間の鉛直方向の距離は、例えば 6 0 m m 以上の距離に設定される。

[0055] 第 3 の部分 5 3 は、筒形状を有している。第 3 の部分 5 3 の中心軸線は、中心軸線 A X と略一致している。第 3 の部分 5 3 は、第 1 の部分 5 1 よりも中心軸線の近くで延在している。第 3 の部分 5 3 は、第 2 の部分 5 2 から上方に延びている。第 3 の部分 5 3 は、第 2 の空間 I S 2 を提供している。第 2 の空間 I S 2 は、第 2 の部分 5 2 の内側の空間であり、接地導体 5 0 の内側（即ち、上部電極 3 6 側）の空間の一部である。第 2 の空間 I S 2 は、第 1 の空間 I S 1 に連続している。なお、給電導体 4 8 は、第 1 の空間 I S 1 及び第 2 の空間 I S 2 を通って上方に延びている。

[0056] 外部空間 E S は、第 3 の部分 5 3 の外側、第 2 の部分 5 2 上、且つ、内部空間 1 0 s の上方に接地導体 5 0 によって提供されている。外部空間 E S は、第 3 の部分 5 3 の外側、且つ、第 2 の部分 5 2 上で、中心軸線 A X を中心に周方向に延びている。この外部空間 E S に電磁石 6 0 が配置されている。なお、外部空間 E S の中に配置された電磁石 6 0 の下端と上部電極 3 6 の上面との間の鉛直方向の距離は 6 0 m m より大きい。また、電磁石 6 0 の下端と支持台 1 4 上に載置された基板 W との間の鉛直方向の距離は、2 3 0 m m 以下であり得る。

[0057] 外部空間 E S の中に配置された電磁石 6 0 と内部空間 1 0 s との間の距離

は比較的短い。また、上述したように、電磁石 60 は、中心軸線 A X の近傍では低い水平成分を有し、中心軸線から離れた位置で大きい水平成分を有する磁場の分布を内部空間 10 s の中に形成する。したがって、接地導体 50 に対して外側に配置された電磁石 60 によって、均一なプラズマの密度の分布を得るのに適した磁場の分布が効率的に内部空間 10 s の中に形成され得る。

[0058] 電磁石 60 のコイル 64 には、上述したように駆動電源 66 が接続されている。電磁石 60 及び駆動電源 66 は、接地導体 50 に対して外側に配置されている。したがって、駆動電源 66 への高周波の流入を防止するためのフィルタが、コイル 64 と駆動電源 66 との間に設けられていなくてもよい。

[0059] 一実施形態では、接地導体 50 は、第 4 の部分 54、第 5 の部分 55、及び第 6 の部分 56 を更に有する。第 4 の部分 54 は、第 2 の部分 52 の上方で、中心軸線 A X に対して放射方向に第 3 の部分 53 から延びている。第 4 の部分 54 は、中心軸線 A X に対して交差又は直交する方向に延びる板状をなしている。第 5 の部分 55 は、筒形状を有している。第 5 の部分 55 の中心軸線は、中心軸線 A X に略一致している。第 5 の部分 55 は、第 3 の部分 53 よりも中心軸線から離れており、第 4 の部分 54 から上方に延びている。第 6 の部分 56 は、第 4 の部分 54 の上方で、第 5 の部分 55 から中心軸線 A X に向けて延びている。第 6 の部分 56 は、中心軸線 A X に対して交差又は直交する方向に延びる板状をなしている。一実施形態では、接地導体 50 は、第 6 の部分から給電導体 48 の近傍まで延びる蓋部 57 を更に有している。

[0060] 第 4 の部分 54、第 5 の部分 55、及び第 6 の部分 56 は、第 3 の空間 1 S3 を提供している。第 3 の空間 1 S3 は、第 4 の部分 54、第 5 の部分 55、及び第 6 の部分 56 によって囲まれた空間であり、接地導体 50 の内側の空間の一部である。第 3 の空間 1 S3 は、第 2 の空間 1 S2 に連続している。給電導体 48 は、第 3 の空間 1 S3 を更に通って、上方に延びている。なお、図 3 に示す例では、第 1 ～第 6 の部分は、三つの部材で構成されてい

るが、接地導体 50 を構成する部材の個数は、任意の個数であり得る。

[0061] 以下、図 3 と共に、図 4 を参照する。図 4 は、図 3 に示すプラズマ処理装置の接地導体の内部の構成の一例を示す平面図である。図 4 においては、接地導体 50 の第 5 の部分 55 が水平な面で破断された状態が示されている。一実施形態において、プラズマ処理装置 1 は、図 3 及び図 4 に示すように、管 71 を更に備えている。管 71 は、上部電極 36 から、第 1 の空間 IS1 及び第 2 の空間 IS2 を通って上方に延び、第 3 の空間 IS3 を通って、接地導体 50 に対して側方且つ外側まで延びている。管 71 は、接地導体 50 に対して外側で、チラーユニット 42 に接続される。チラーユニット 42 からの冷媒は、管 71 を介して、流路 40p に供給される。第 3 の空間 IS3 内では、管 71 が、接地導体 50 の第 4 の部分 54 によって上部電極 36 から実質的に遮蔽されている。

[0062] プラズマ処理装置 1 は、管 72 を更に備えている。管 72 は、第 1 の空間 IS1 及び第 2 の空間 IS2 を通って上方に延び、第 3 の空間 IS3 を通って、接地導体 50 に対して側方且つ外側まで延びている。管 72 は、接地導体 50 に対して外側で、チラーユニット 42 に接続される。冷媒は流路 40p から管 72 を介してチラーユニット 42 に戻される。第 3 の空間 IS3 内では、管 72 が、接地導体 50 の第 4 の部分 54 によって上部電極 36 から実質的に遮蔽されている。

[0063] 一実施形態において、プラズマ処理装置 1 は、管 73 を更に備えている。管 73 は、上部電極 36 から、第 1 の空間 IS1 及び第 2 の空間 IS2 を通って上方に延び、第 3 の空間 IS3 を通って、接地導体 50 に対して側方且つ外側まで延びている。管 73 は、接地導体 50 に対して外側で、ガス供給部 41 に接続されている。ガス供給部 41 から出力されるガスは、管 73 を介して、上部電極 36、即ちシャワーヘッドに供給される。第 3 の空間 IS3 内では、管 73 が、接地導体 50 の第 4 の部分 54 によって上部電極 36 から実質的に遮蔽されている。なお、ガス供給部 41 と上部電極 36（即ち、シャワーヘッド）は、複数の管を介して互いに接続されていてもよい。

[0064] 一実施形態において、プラズマ処理装置 1 は直流電源 7 4 及び配線 7 5 を更に備えている。直流電源 7 4 は、上部電極 3 6 に印加される負極性の直流電圧を発生するよう構成されている。配線 7 5 は、直流電源 7 4 と上部電極 3 6 とを互いに接続している。配線 7 5 は、コイル 7 5 c を含み得る。コイル 7 5 c は、第 3 の空間 I S 3 の中に設けられている。配線 7 5 は、上部電極 3 6 から第 1 の空間 I S 1 及び第 2 の空間 I S 2 を通って上方に延び、第 3 の空間 I S 3 を通って、接地導体 5 0 に対して側方且つ外側まで延びている。配線 7 5 は、第 5 の部分 5 5 及び接地導体 5 0 から電氣的に絶縁されている。配線 7 5 は、接地導体 5 0 に対して外側で、直流電源 7 4 に接続されている。第 3 の空間 I S 3 内では、配線 7 5 が、接地導体 5 0 の第 4 の部分 5 4 によって上部電極 3 6 から実質的に遮蔽される。

[0065] 一実施形態において、プラズマ処理装置 1 は、制御部 8 0 を更に備えている。制御部 8 0 は、プラズマ処理装置 1 の各部を制御するように構成されている。制御部 8 0 は、コンピュータ装置であり得る。制御部 8 0 は、プロセッサ、メモリといった記憶装置、キーボード、マウス、タッチパネルといった入力装置、表示装置、制御信号の入出力インタフェース等を有し得る。記憶装置には、制御プログラム及びレシピデータが記憶されている。制御部 8 0 のプロセッサは、制御プログラムを実行し、レシピデータに従って、プラズマ処理装置 1 の各部を制御するために制御信号を送出する。制御部 8 0 は、方法 M T の実行のために、プラズマ処理装置 1 の各部を制御することが可能である。

[0066] 再び図 1 を参照する。また、図 1 に加えて、図 5、図 6 の (a)、図 6 の (b)、図 7、図 8、図 9 の (a)、図 9 の (b)、及び、図 10 を参照する。図 5 は、図 1 に示す工程 S T 1 及び工程 S T 3 の各々において実行され得る処理の例を示す流れ図である。図 6 の (a) は、方法 M T の工程 S T 1 において図 5 に示す工程 S T a が適用された一例の基板の部分断面図であり、図 6 の (b) は、方法 M T の工程 S T 1 において図 5 に示す工程 S T b が適用された一例の基板の部分断面図である。図 7 は、方法 M T の工程 S T 1

が適用された一例の基板の部分断面図である。図 8 は、方法 M T の工程 S T 2 が適用された一例の基板の部分断面図である。図 9 の (a) は、方法 M T の工程 S T 3 において工程 S T a が適用された一例の基板の部分断面図であり、図 9 の (b) は、方法 M T の工程 S T 3 において工程 S T b が適用された一例の基板の部分断面図である。図 10 は、方法 M T の工程 S T 3 が適用された一例の基板の部分断面図である。以下では、プラズマ処理装置 1 を用いて図 2 に示す基板 W に方法 M T が適用される場合を例として、方法 M T について詳細に説明する。また、以下では、制御部 80 によるプラズマ処理装置 1 の各部の制御についても説明する。

[0067] 方法 M T では、基板 W が支持台 14 上（静電チャック 20 上）に載置されて、静電チャック 20 によって保持される。そして、方法 M T では、工程 S T 1 が実行される。工程 S T 1 では、プラズマエッチングによって第 1 領域 R 1 がエッチングされる。工程 S T 1 では、第 1 領域 R 1 は、第 2 領域 R 2 に対して選択的にエッチングされる。また、工程 S T 1 では、第 1 領域 R 1 は、第 2 領域 R 2 よりも基板 W 内のより深い位置でその上面を提供するようにエッチングされる。

[0068] 工程 S T 1 の実行のために、制御部 80 は、第 1 の制御を実行する。第 1 の制御では、制御部 80 は、ガス供給部 41 並びに第 1 の高周波電源 43 及び／又は第 2 の高周波電源 44 を制御する。第 1 の制御では、制御部 80 は、チャンバ 10 内の圧力を調整するよう、排気装置 34 を更に制御する。第 1 の制御の実行により、第 1 領域 R 1 が第 2 領域 R 2 よりも基板 W 内のより深い位置でその上面を提供するよう、プラズマエッチングによって第 1 領域 R 1 がエッチングされる。

[0069] 一実施形態では、図 5 に示す処理 P E が、工程 S T 1 において実行される。処理 P E は、工程 S T a 及び工程 S T b を含む。工程 S T a では、チャンバ 10 内で、フルオロカーボンガスを含む処理ガスのプラズマが生成される。工程 S T a では、生成されたプラズマからのフルオロカーボンが基板 W 上に堆積して、基板 W 上に堆積物 D P F を形成する。工程 S T 1 中の工程 S T

aによれば、例えば図6の(a)に示すように、基板W上に堆積物DPFが形成される。

[0070] 工程STaで用いられるフルオロカーボンガスは、 C_4F_6 ガス、 C_4F_8 ガス、及び C_6F_8 ガスのうち一つ以上のガスを含み得る。工程STaで用いられる処理ガスは、フルオロカーボンガスに加えて、一つ以上の他のガスを更に含んでいてもよい。基板Wの第1領域R1が低誘電率材料（例えばSiOC又はSiOCH）から形成されている場合に、工程STaで用いられる処理ガスは、フルオロカーボンガスに加えて、希ガス（例えばArガス）を更に含んでいてもよい。或いは、基板Wの第1領域R1が低誘電率材料（例えばSiOC又はSiOCH）から形成されている場合に、工程STaで用いられる処理ガスは、フルオロカーボンガスに加えて、希ガス（例えばArガス）及び窒素ガス（ N_2 ガス）を更に含んでいてもよい。

[0071] 基板Wの第1領域R1が SiO_2 から形成されている場合に、工程STaで用いられる処理ガスは、フルオロカーボンガスに加えて、希ガス（例えばArガス）を更に含んでいてもよい。或いは、基板Wの第1領域R1が SiO_2 から形成されている場合に、工程STaで用いられる処理ガスは、フルオロカーボンガスに加えて、希ガス（例えばArガス）及び酸素含有ガス（例えば O_2 ガス又はCOガス）を更に含んでいてもよい。

[0072] 工程STaの実行のための制御部80による制御（以下、「制御A」という）は、チャンバ10内に処理ガスを供給するよう、ガス供給部41を制御し、第1の高周波電力を供給するよう、第1の高周波電源43を制御することを含む。制御Aは、チャンバ10内の圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置34を制御する。また、制御Aは、第2の高周波電力の出力を停止するよう、第2の高周波電源44を制御することを更に含んでいてもよい。或いは、制御Aは、第2の高周波電力を供給するよう、第2の高周波電源44を制御することを更に含んでいてもよい。但し、工程STaにおいては、第2の高周波電力の電力レベルは、後述の工程STbにおける第2の高周波電力の電力レベルよりも低いレベルに設定される。工程ST1において

処理 P E が実行される場合には、第 1 の制御は、制御 A を含む。

[0073] 工程 S T a に続く工程 S T b では、チャンバ 10 内で、希ガスのプラズマが生成される。工程 S T b では、希ガスがチャンバ 10 内に供給される。工程 S T b では、希ガスに加えて N₂ ガス及び／又は O₂ ガスがチャンバ 10 内に供給されてもよい。基板 W の第 1 領域 R 1 のシリコン含有材料が低誘電率材料（例えば S i O C 又は S i O C H）である場合に、工程 S T b では、A r ガス、N₂ ガス及び A r ガスの混合ガス、又は、N₂ ガス、O₂ ガス、及び A r ガスの混合ガスがチャンバ 10 内に供給されてもよい。基板 W の第 1 領域 R 1 のシリコン含有材料が S i O₂ である場合に、工程 S T b では、A r ガスがチャンバ 10 内に供給されてもよい。工程 S T b では、希ガスのプラズマからの希ガスイオンが基板 W に供給される。その結果、第 1 領域 R 1 上に存在する堆積物 D P F 中のフルオロカーボンと第 1 領域 R 1 を構成する材料とが反応して、第 1 領域 R 1 がエッチングされる。一方、第 2 領域 R 2 は、その上に存在する堆積物 D P F によって保護される。工程 S T 1 中の工程 S T b によれば、例えば図 6 の（b）に示すように、第 1 領域 R 1 がエッチングされる。

[0074] 工程 S T b の実行のための制御部 80 による制御（以下、「制御 B」という）は、チャンバ 10 内に希ガスを含む上述のガスを供給するよう、ガス供給部 41 を制御し、第 1 の高周波電力を供給するよう、第 1 の高周波電源 43 を制御することを含む。制御 B は、第 2 の高周波電力を供給するよう、第 2 の高周波電源 44 を制御することを更に含む。また、制御 B は、チャンバ 10 内の圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置 34 を制御することを更に含む。

[0075] 一実施形態では、工程 S T a 及び工程 S T b が交互に繰り返される。この実施形態において、制御部 80 は、工程 S T a 及び工程 S T b を交互に繰り返すよう、制御 A 及び制御 B を含む制御シーケンスを繰り返して実行する。この実施形態では、工程 S T c が実行される。工程 S T c では、停止条件が満たされるか否かが判定される。停止条件は、工程 S T a 及び工程 S T b の

交互の繰り返しを停止させるか否かの判定に用いられる条件である。停止条件は、例えば工程 S T a 及び工程 S T b の交互の繰り返しの回数が所定回数に達している場合に満たされる。工程 S T c において停止条件が満たされていないと判定される場合には、再び工程 S T a と工程 S T b が順に実行される。一方、工程 S T c において停止条件が満たされていると判定される場合には、処理 P E の実行が終了する。なお、処理 P E において、工程 S T a 及び工程 S T b の各々は 1 回だけ実行されてもよい。この場合には、処理 P E は、工程 S T c を含まない。

[0076] 処理 P E によれば、第 2 領域 R 2 は、その上に形成された堆積物 D P F によって保護される。したがって、第 1 領域 R 1 のエッチングに伴う第 2 領域 R 2 のエッチングが抑制される。かかる処理 P E が工程 S T 1 において実行されると、基板 W は図 7 に示すような形状に加工される。即ち、基板 W は、第 1 領域 R 1 が第 2 領域 R 2 よりも基板 W 内のより深い位置でその上面を提供するように加工される。

[0077] 別の実施形態に係る工程 S T 1 では、基板 W がその中に配置されたチャンバ 10 内で、フルオロカーボンガスを含む処理ガスのプラズマが生成されてもよい。この実施形態において、第 1 領域 R 1 は、プラズマから基板 W に衝突するフルオロカーボンの活性種及び／又はフッ素の活性種によってエッチングされ得る。この実施形態の工程 S T 1 の実行のための第 1 の制御では、制御部 80 は、チャンバ 10 内に処理ガスを供給するよう、ガス供給部 41 を制御する。また、この実施形態の工程 S T 1 の実行のための第 1 の制御では、制御部 80 は、チャンバ 10 内の圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置 34 を制御する。さらに、この実施形態の工程 S T 1 の実行のための第 1 の制御では、制御部 80 は、第 1 の高周波電力を供給するよう、第 1 の高周波電源 43 を制御し、第 2 の高周波電力を供給するよう、第 2 の高周波電源 44 を制御する。

[0078] 工程 S T 1 の実行後には、工程 S T 2 が実行される。工程 S T 2 の実行中には、工程 S T 1 が適用された基板 W がチャンバ 10 内に収容されている。

工程 S T 2 では、チャンバ 10 内で炭化水素ガスのプラズマを生成される。
工程 S T 2 では、炭化水素ガスがチャンバ 10 内に供給される。炭化水素ガスは、限定されるものではないが、例えば CH_4 ガスである。工程 S T 2 では、炭化水素ガスに加えて、希ガス（例えば Ar ガス）がチャンバ内に供給されてもよい。工程 S T 2 では、チャンバ 10 内に供給されたガスが励起されて、プラズマが生成される。

[0079] 工程 S T 2 では、プラズマが生成されている際に、電磁石 60 により、チャンバ 10 内で磁場の分布が形成される。具体的には、電磁石 60 により、基板 W の中心の上での水平成分よりも大きい水平成分を基板のエッジ側の上で有する磁場の分布が形成される。

[0080] 工程 S T 2 では、プラズマからの炭素を含む堆積物 D P C が、図 8 に示すように基板 W 上に形成される。工程 S T 1 のプラズマエッチングの結果、第 1 領域 R 1 は第 2 領域 R 2 よりも基板 W 内のより深い位置で延在している。したがって、堆積物 D P C の厚みは、第 2 領域 R 2 上では大きく、第 1 領域 R 1 上では小さくなる。また、電磁石 60 により上述の磁場がチャンバ 10 内で形成されているので、中心軸線 A X に対して放射方向において均一なプラズマ密度の分布が得られる。このような分布を有するプラズマからの炭素化学種が基板 W 上に堆積するので、堆積物 D P C の厚みの面内均一性が高められる。なお、図 8 では、工程 S T 1 の終了後に基板 W 上に残され得る堆積物 D P F は省略されている。

[0081] 工程 S T 2 の実行のために、制御部 80 は、第 2 の制御を実行する。第 2 の制御では、制御部 80 は、チャンバ 10 内に炭化水素ガスを含む上述のガスを供給するよう、ガス供給部 41 を制御し、第 1 の高周波電力を供給するよう、第 1 の高周波電源 43 を制御する。また、第 2 の制御では、制御部 80 は、チャンバ 10 内の圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置 34 を更に制御する。また、第 2 の制御では、制御部 80 は、電磁石 60 により、上述の磁場の分布を形成するよう、駆動電源 66 を更に制御する。第 2 の制御において、制御部 80 は、第 2 の高周波電力の出力を停止するよう、

第2の高周波電源44を更に制御してもよい。或いは、第2の制御において、制御部80は、第2の高周波電力を供給するよう、第2の高周波電源44を更に制御してもよい。但し、第2の制御における第2の高周波電力の電力レベルは、イオンの衝突による基板Wの物理的エッチングを抑制するように、低いレベルに設定される。

[0082] 工程ST2の実行後には、工程ST3が実行される。工程ST3は、工程ST2が適用された基板Wがチャンバ10内に配置された状態で実行され得る。工程ST3では、プラズマエッチングによって、第1領域R1が更にエッチングされる。工程ST3では、第1領域R1は、第2領域R2に対して選択的にエッチングされる。工程ST3の実行のために、制御部80は、第3の制御を実行する。第3の制御では、制御部80は、ガス供給部41並びに第1の高周波電源43及び／又は第2の高周波電源44を制御する。第3の制御では、制御部80は、チャンバ10内の圧力を調整するよう、排気装置34を更に制御する。第3の制御の実行により、プラズマエッチングによって第1領域R1が更にエッチングされる。

[0083] 一実施形態に係る工程ST3では、工程ST1に関連して上述した処理PEが実行されてもよい。工程ST3において処理PEが実行される場合には、工程STaにおいて、チャンバ10内で、フルオロカーボンガスを含む処理ガスのプラズマが生成される。工程STaでは、生成されたプラズマからのフルオロカーボンが基板W上に堆積して、基板W上に堆積物DPFを形成する。工程ST3中の工程STaによれば、例えば図9の(a)に示すように、基板W上に堆積物DPFが形成される。工程ST3中の工程STaの実行のための制御部80による制御は、上述の制御Aである。

[0084] 工程ST3において処理PEが実行される場合には、工程STbにおいて、チャンバ10内で、希ガスのプラズマが生成される。工程STbでは、希ガスがチャンバ10内に供給される。工程STbでは、希ガスに加えてN₂ガス及び／又はO₂ガスがチャンバ10内に供給されてもよい。工程STbでは、希ガスのプラズマからの希ガスイオンが基板Wに供給される。その結果、

第1領域R1上に存在する堆積物DPF中のフルオロカーボンと第1領域R1を構成する材料とが反応して、第1領域R1がエッチングされる。一方、第2領域R2は、その上に存在する堆積物DPFによって保護される。工程ST3中の工程STbによれば、例えば図9の(b)に示すように、第1領域R1がエッチングされる。工程ST3中の工程STbの実行のための制御部80による制御は、上述の制御Bである。

[0085] 工程ST3において処理PEが実行される場合には、工程STa及び工程STbを含むシーケンスが1回以上実行されてもよい。また、工程ST3において処理PEを実行するために、制御部80は、制御A及び制御Bを含む制御シーケンスを1回以上実行してもよい。

[0086] 別の実施形態に係る工程ST3では、基板Wがその中に配置されたチャンバ10内で、フルオロカーボンガスを含む処理ガスのプラズマが生成されてもよい。この実施形態において、第1領域R1は、プラズマから基板Wに衝突するフルオロカーボンの活性種及び／又はフッ素の活性種によってエッチングされ得る。この実施形態の工程ST3の実行のための第3の制御では、制御部80は、チャンバ10内に処理ガスを供給するよう、ガス供給部41を制御する。また、この実施形態の工程ST3の実行のための第3の制御では、制御部80は、チャンバ10内の圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置34を制御する。さらに、この実施形態の工程ST3の実行のための第3の制御では、制御部80は、第1の高周波電力を供給するよう、第1の高周波電源43を制御し、第2の高周波電力を供給するよう、第2の高周波電源44を制御する。

[0087] 一実施形態では、図1に示すように、工程ST2及び工程ST3が交互に繰り返される。この実施形態において、制御部80は、第2の制御及び第3の制御を交互に繰り返して実行する。この実施形態では、工程ST4が実行される。工程ST4では、停止条件が満たされるか否かが判定される。停止条件は、工程ST2及び工程ST3の交互の繰り返しを停止させるか否かの判定に用いられる条件である。停止条件は、例えば工程ST2及び工程ST

3の交互の繰り返しの回数が所定回数に達している場合に満たされる。工程S T 4において停止条件が満たされていないと判定される場合には、再び工程S T 2と工程S T 3が順に実行される。一方、工程S T 4において停止条件が満たされていると判定される場合には、方法M Tが終了する。その結果、図10に示すように、第1領域R 1がエッチングされる。なお、工程S T 2及び工程S T 3の各々は1回だけ実行されてもよい。この場合には、方法M Tは、工程S T 4を含まない。

[0088] 上記例示的实施形態に係る方法M Tでは、堆積物D P Cは、炭化水素ガスのプラズマからの炭素化学種から形成される。また、工程S T 1が適用された基板Wでは、第1領域R 1は第2領域R 2よりも基板W内のより深い位置で延在しているので、堆積物D P Cの厚みは、第2領域R 2上では大きく、第1領域R 1上では小さくなる。この堆積物D P Cによって、第2領域R 2が保護されつつ第1領域R 1が更にエッチングされる。したがって、基板Wの第2領域R 2に対する基板Wの第1領域R 1のエッチングの選択性が高くなる。また、工程S T 2の実行中には、電磁石60により、基板Wの中心の上での水平成分よりも大きい水平成分を基板Wのエッジ側の上で有する磁場の分布が形成される。したがって、基板Wのエッジ側の上でプラズマの密度が高められる。その結果、径方向におけるプラズマの密度の分布が均一化される。このような分布を有するプラズマからの炭素化学種が基板W上に堆積するので、堆積物D P Cの厚みの面内均一性が高められる。故に、基板Wの第2領域R 2に対する基板Wの第1領域R 1の選択的なエッチングの面内均一性が高くなる。

[0089] 一実施形態では、上述したように、工程S T 2と工程S T 3とが交互に繰り返される。即ち、この実施形態では、堆積物D P Cの形成と第1領域R 1のエッチングとが交互に繰り返される。この実施形態によれば、工程S T 3の更なる実行の前に、堆積物D P Cが基板W上に再形成される。したがって、第2領域R 2のエッチングが更に抑制され、第1領域R 1のエッチングの選択性が更に高められる。

[0090] 以下、方法MTが適用され得る別の例に係る基板について説明する。図11は、別の例の基板の部分断面図である。図11に示す基板WAにも方法MTが適用され得る。基板WAは、下地領域UR、第1領域R1、及び第2領域R2を有している。一例において、基板WAは、は、フィン型電界効果トランジスタの製造中に得られる生産物である。

[0091] 下地領域URは、例えば多結晶シリコンから形成されている。下地領域URは、一例においてはフィン領域であり、略直方体形状を有している。基板WAは、複数の突出部PTを有している。複数の突出部PTは、下地領域UR上に設けられており、互いに略平行に配列されている。一例において、複数の突出部PTの各々は、ゲート領域である。

[0092] 第2領域R2は、窒化シリコンから形成されている。第2領域R2は、複数の突出部PT及び下地領域URを覆うように設けられている。第2領域R2は、複数の突出部PTの表面及び隣り合う突出部PTの間の下地領域URの表面に沿って延在している。第2領域R2は、隣り合う突出部PTの間で凹部を提供するように設けられている。

[0093] 第1領域R1は、酸化シリコンから形成されている。第1領域R1は、第2領域R2によって提供されている上述の凹部の中に設けられている。また、第1領域R1は、第2領域R2を覆うように設けられている。第1領域R1上には、マスクMKが設けられている。マスクMKは、第2領域R2によって提供された凹部の上方で開口を提供するように、パターニングされている。マスクMKの開口の幅は、第2領域R2によって提供された凹部の幅よりも大きい。マスクMKは、有機膜から形成されたマスクである。マスクMKは、フォトリソグラフィ技術によって作成することが可能である。

[0094] 以下、図12の(a)及び図12の(b)、図13、図14、図15の(a)、図15の(b)、及び図16を参照する。図12の(a)は、方法MTの工程ST1において工程STaが適用された別の例の基板の部分断面図である。図12の(b)は、方法MTの工程ST1において工程STbが適用された別の例の基板の部分断面図である。図13は、方法MTの工程ST

1 が適用された別の例の基板の部分断面図である。図 1 4 は、方法 M T の工程 S T 2 が適用された別の例の基板の部分断面図である。図 1 5 の (a) は、方法 M T の工程 S T 3 において工程 S T a が適用された別の例の基板の部分断面図である。図 1 5 の (b) は、方法 M T の工程 S T 3 において工程 S T b が適用された別の例の基板の部分断面図である。図 1 6 は、方法 M T の工程 S T 3 が適用された別の例の基板の部分断面図である。

[0095] 図 1 1 に示す基板 W A がプラズマ処理装置 1 のチャンバ 1 0 内に配置されて、方法 M T の工程 S T 1 において処理 P E の工程 S T a が実行されると、基板 W A 上に堆積物 D P F が形成される。図 1 2 の (a) では、工程 S T 1 において第 1 領域 R 1 が基板 W の深さ方向にエッチングされ、工程 S T a が更に実行された後の状態の基板 W A が示されている。工程 S T a が実行されると、図 1 2 の (a) に示すように、基板 W A 上に堆積物 D P F が形成される。続いて工程 S T b が実行されると、図 1 2 の (b) に示すように、堆積物 D P F 中のフルオロカーボンにより第 1 領域 R 1 が更にエッチングされる。そして、工程 S T 1 の実行が終了すると、基板 W A は、図 1 3 に示すような形状に加工される。即ち、工程 S T 1 によって、第 1 領域 R 1 は、第 2 領域 R 2 よりも基板 W 内のより深い位置で上面を有するように加工される。なお、基板 W A に対して適用される工程 S T 1 においても、第 1 領域 R 1 は、フルオロカーボンガスを含む処理ガスのプラズマから基板 W A に照射されるフルオロカーボンの活性種及び／又はフッ素の活性種によってエッチングされてもよい。

[0096] 次いで、工程 S T 2 が実行されると、図 1 4 に示すように、堆積物 D P C が基板 W A 上に形成される。なお、図 1 4 では、工程 S T 1 の終了後に基板 W 上に残され得る堆積物 D P F は省略されている。続く工程 S T 3 において処理 P E の工程 S T a が実行されると、図 1 5 の (a) に示すように、基板 W A 上に堆積物 D P F が形成される。続いて工程 S T b が実行されると、図 1 5 の (b) に示すように、堆積物 D P F 中のフルオロカーボンにより第 1 領域 R 1 が更にエッチングされる。工程 S T 2 と工程 S T 3 を含むシーケン

スの1回以上の実行により、第1領域R1が更にエッチングされて、基板WAは、図16に示すような形状に加工される。なお、基板WAに対して適用される工程ST3においても、第1領域R1は、フルオロカーボンガスを含む処理ガスのプラズマから基板WAに照射されるフルオロカーボンの活性種及び／又はフッ素の活性種によってエッチングされてもよい。

[0097] 以上、種々の例示的实施形態について説明してきたが、上述した例示的实施形態に限定されることなく、様々な省略、置換、及び変更がなされてもよい。また、異なる実施形態における要素を組み合わせることで他の実施形態を形成することが可能である。

[0098] 例えば、工程ST1、工程ST2、及び工程ST3は、それぞれ異なるプラズマ処理装置を用いて実行されてもよい。また、方法MTでは、上述した磁場を形成可能なプラズマ処理装置であれば、別のプラズマ処理装置が用いられてもよい。別のプラズマ処理装置としては、プラズマ処理装置1とは別の容量結合型のプラズマ処理装置、誘導結合型のプラズマ処理装置、又はマイクロ波といった表面波を用いてプラズマを生成するプラズマ処理装置が例示される。

[0099] また、工程ST2において電磁石60によってチャンバ10内で形成された上述の磁場は、工程ST2に加えて他の工程においても、チャンバ10内で生成されてもよい。即ち、当該磁場は、工程ST1、工程ST3、工程ST1中の工程STa、工程ST1中の工程STb、工程ST3中の工程STa、及び工程ST3中の工程STbのうち少なくとも一つの工程においても、チャンバ10内で生成されてもよい。

[0100] 以下、方法MTの評価のために行った実験について説明する。なお、本開示は、以下に説明する実験の内容によって限定されるものではない。

[0101] 実験では、プラズマ処理装置1を用いて、サンプル基板に対して工程ST2を実行した。工程ST2の条件は以下の通りである。なお

<工程ST2の条件>

・チャンバ10内の圧力：10mTorr（1.333）Pa

- ・チャンバ10内に供給したガス：CH₄ガス（25 s c c m）及びArガス（250 s c c m）
- ・第1の高周波電力：60 MHz、300 W
- ・第2の高周波電力：0 W

[0102] 実験では、サンプル基板の表面の二つの直交する直径上の57箇所の各々において、形成された堆積物の厚みを測定し、当該厚みと工程ST2の実行時間から、堆積物の堆積速度を求めた。そして、57箇所の堆積速度の平均値（nm／分）とバラツキ（％）を求めた。バラツキは、以下の式により求めた

$$(\text{Max} - \text{Min}) / (\text{Average} \times 2) \times 100$$

ここで、Maxは、57箇所の堆積速度のうち最大値、Minは、57箇所の堆積速度のうち最小値、Averageは、57箇所の堆積速度の平均値である。実験の結果、57箇所の堆積速度の平均値とバラツキはそれぞれ、21.2 nm／分、2.0％であった。

[0103] また、比較実験において、電磁石60によりチャンバ10内で磁場を形成しなかった点を除いて上記実験と同条件で、サンプル基板上に堆積物を形成した。比較実験においても、同様に、57箇所の堆積速度の平均値（nm／分）とバラツキ（％）を求めた。比較実験の結果、57箇所の堆積速度の平均値とバラツキはそれぞれ、21.4 nm／分、5.0％であった。

[0104] 以上の実験及び比較実験の結果、工程ST2によれば、基板の面内における堆積物の堆積レートのバラツキを低減させることが可能であることが確認された。即ち、電磁石60を用いてチャンバ10内で磁場を形成することにより、基板上への堆積物の堆積レートの面内均一性を向上させることが可能であることが確認された。

[0105] 以上の説明から、本開示の種々の実施形態は、説明の目的で本明細書で説明されており、本開示の範囲及び主旨から逸脱することなく種々の変更をなし得ることが、理解されるであろう。したがって、本明細書に開示した種々の実施形態は限定することを意図しておらず、真の範囲と主旨は、添付の特

許請求の範囲によって示される。

符号の説明

[0106] 1…プラズマ処理装置、10…チャンバ、60…電磁石、W…基板、R1…第1領域、R2…第2領域、DPC…堆積物。

請求の範囲

- [請求項1] 基板の第1領域を該第1領域の材料とは異なる材料から形成された該基板の第2領域に対して選択的にエッチングする方法であって、
- 前記第1領域が前記第2領域よりも前記基板内のより深い位置でその上面を提供するよう、プラズマエッチングによって前記第1領域をエッチングする工程と、
- 前記第1領域をエッチングする前記工程の実行後に、前記基板がその中に配置されたプラズマ処理装置のチャンバ内で炭化水素ガスのプラズマを生成することにより、前記基板上に炭素を含む堆積物を形成する工程と、
- 炭化水素ガスのプラズマを生成する前記工程の実行後に、プラズマエッチングによって、前記第1領域を更にエッチングする工程と、
- を含み、
- 堆積物を形成する前記工程では、電磁石により、前記基板の中心の上での水平成分よりも大きい水平成分を前記基板のエッジ側の上で有する磁場の分布が形成される、
- 方法。
- [請求項2] 前記第1領域は、シリコン含有材料から形成されている、請求項1に記載の方法。
- [請求項3] 前記第2領域は、金属含有材料から形成されている、請求項2に記載の方法。
- [請求項4] 前記第1領域は、酸化シリコンから形成されており、前記第2領域は、窒化シリコンから形成されている、請求項2に記載の方法。
- [請求項5] 前記第1領域をエッチングする前記工程では、前記基板がその中に配置された前記チャンバ内で、フルオロカーボンガスを含む処理ガスのプラズマが生成される、請求項2～4の何れか一項に記載の方法。
- [請求項6] 前記第1領域を更にエッチングする前記工程では、前記基板がその中に配置された前記チャンバ内で、フルオロカーボンガスを含む処理

ガスのプラズマが生成される、請求項5に記載の方法。

[請求項7] 前記第1領域をエッチングする前記工程及び前記第1領域を更にエッチングする前記工程の少なくとも一方は、

前記基板上にフルオロカーボンを含む堆積物を形成するために、前記基板がその中に配置された前記チャンバ内で、フルオロカーボンガスを含む処理ガスのプラズマを生成する工程と、

前記基板に希ガスイオンを供給することにより前記基板上に形成された前記堆積物中のフルオロカーボンと前記シリコン含有材料を反応させて前記第1領域をエッチングするために、前記チャンバ内で希ガスのプラズマを生成する工程と、

を含む、請求項2～4の何れか一項に記載の方法。

[請求項8] 堆積物を形成する前記工程と前記第1領域を更にエッチングする前記工程とが交互に繰り返される、請求項1～7の何れか一項に記載の方法。

[請求項9] 基板の第1領域を該第1領域の材料とは異なる材料から形成された該基板の第2領域に対して選択的にエッチングするためのプラズマ処理装置であって、

チャンバと、

下部電極を有し、前記チャンバ内に設けられた基板支持台と、

前記チャンバ内にガスを供給するように構成されたガス供給部と、

前記チャンバ内のガスを励起させるために高周波電力を発生するように構成された高周波電源と、

前記チャンバの内部空間の中で磁場を形成するよう構成された電磁石と、

前記電磁石に電流を供給するように構成された駆動電源と、

前記ガス供給部、前記高周波電源、及び前記駆動電源を制御するように構成された制御部と、

を備え、

前記制御部は、

前記第 1 領域が前記第 2 領域よりも前記基板内のより深い位置でその上面を提供するよう、プラズマエッチングによって前記第 1 領域をエッチングするために、前記ガス供給部及び前記高周波電源を制御することを含む第 1 の制御を実行し、

前記第 1 領域をエッチングした後に、前記第 2 領域上に炭素を含む堆積物を形成するために、炭化水素ガスのプラズマを生成するよう、前記ガス供給部及び前記高周波電源を制御することを含む第 2 の制御を実行し、

前記第 2 領域上に前記堆積物を形成した後に、プラズマエッチングによって、前記第 1 領域を更にエッチングするために、前記ガス供給部及び前記高周波電源を制御することを含む第 3 の制御を実行する、

よう構成されており、

前記第 2 の制御は、前記炭化水素ガスの前記プラズマの生成中に、前記電磁石により、前記基板の中心の上での水平成分よりも大きい水平成分を前記基板のエッジ側の上で有する磁場の分布を形成するよう前記駆動電源を制御することを含む、
プラズマ処理装置。

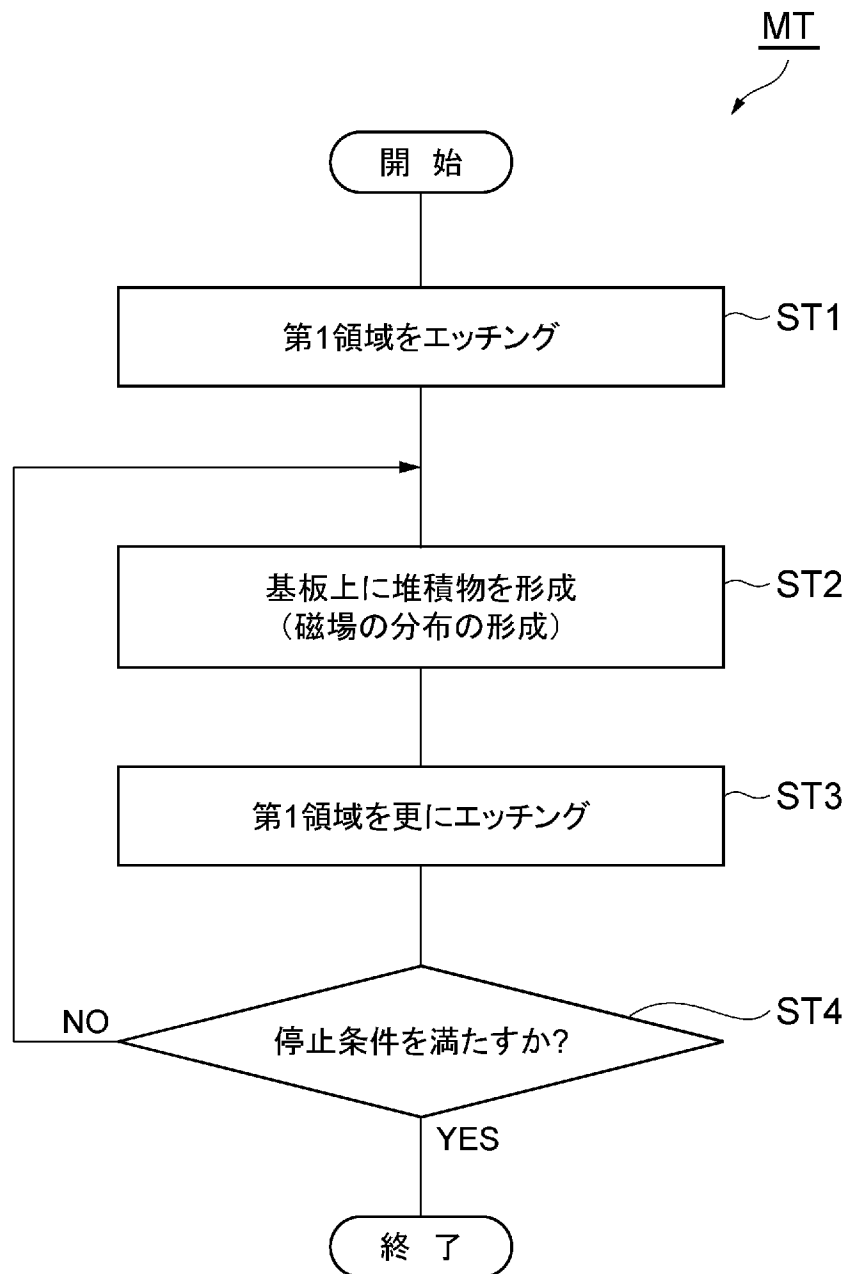
[請求項10] 前記第 1 領域はシリコン含有材料から形成されており、

前記第 1 の制御は、前記チャンバ内でフルオロカーボンガスを含む処理ガスのプラズマを生成するよう、前記ガス供給部及び前記高周波電源を制御することを含む、
請求項 9 に記載のプラズマ処理装置。

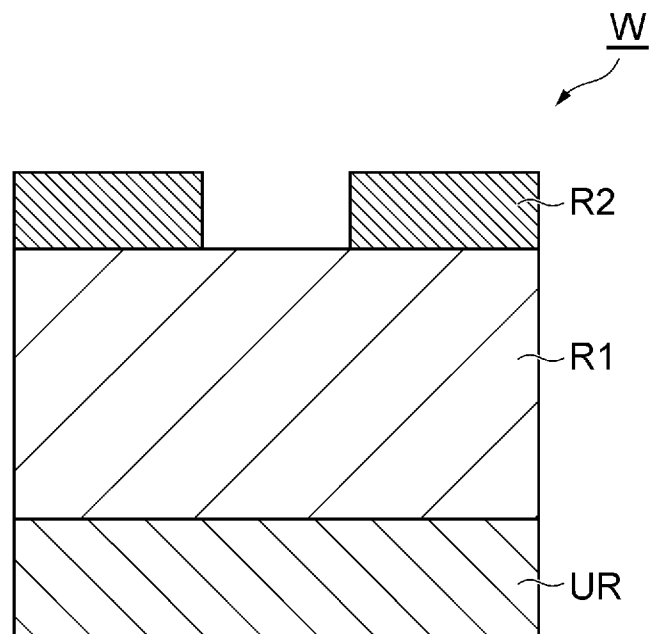
[請求項11] 前記第 3 の制御は、前記チャンバ内でフルオロカーボンガスを含む処理ガスのプラズマを生成するよう、前記ガス供給部及び前記高周波電源を制御することを含む、
請求項 10 に記載のプラズマ処理装置。

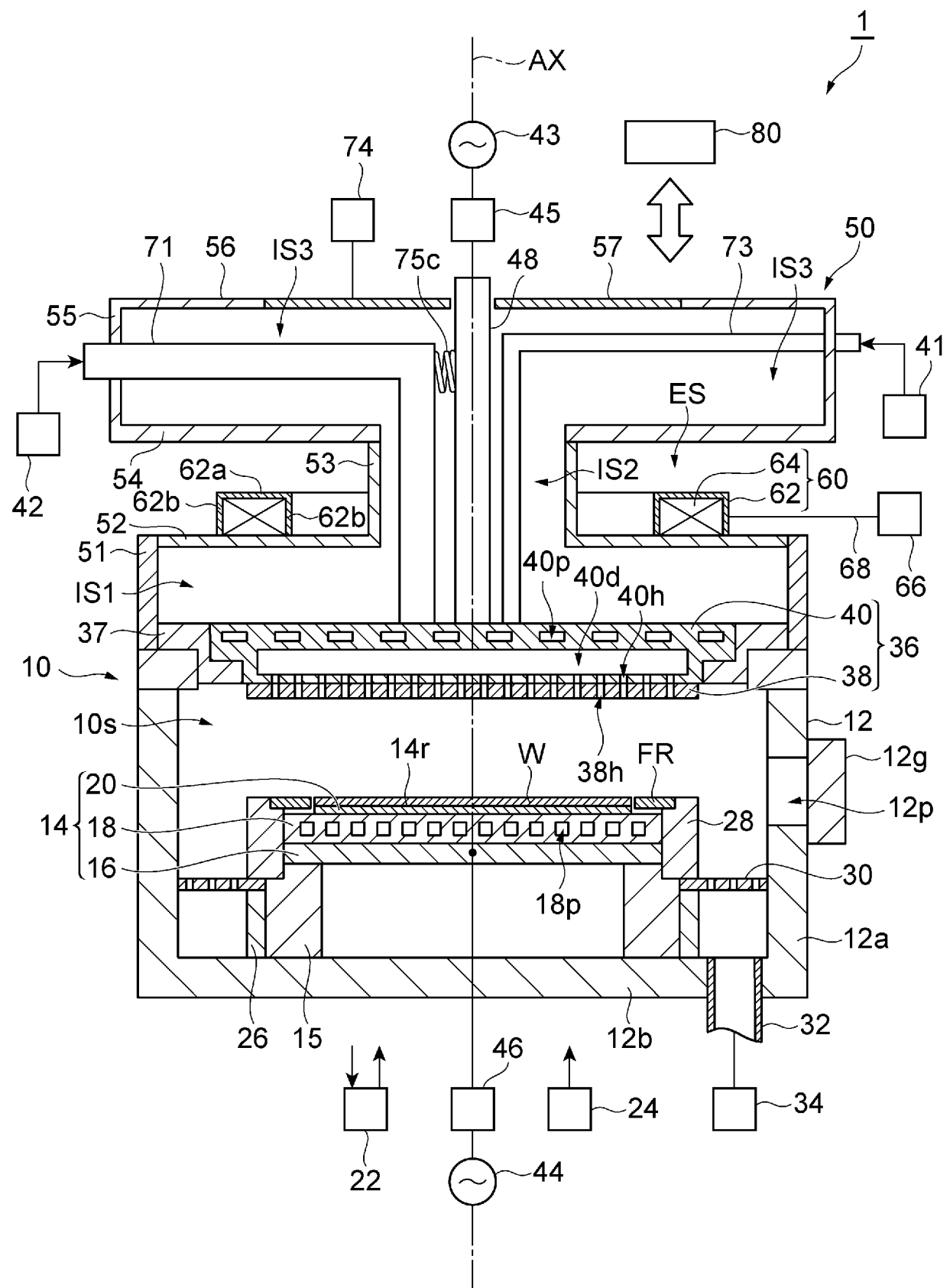
- [請求項12] 前記第1領域はシリコン含有材料から形成されており、
前記第1の制御及び前記第3の制御のうち少なくとも一方は、
前記基板上にフルオロカーボンを含む堆積物を形成するために、
前記チャンバ内で、フルオロカーボンガスを含む処理ガスのプラズマ
を生成するよう、前記ガス供給部及び前記高周波電源を制御すること
、及び、
前記基板に希ガスイオンを供給することにより前記基板上に形成
された前記堆積物中のフルオロカーボンと前記シリコン含有材料を反
応させて前記第1領域をエッチングするために、前記チャンバ内で希
ガスのプラズマを生成するよう、前記ガス供給部及び前記高周波電源
を制御すること、
を含む、
請求項9に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項13] 前記制御部は、前記第2の制御と前記第3の制御とを交互に繰り返
す、請求項9～12の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

[図1]

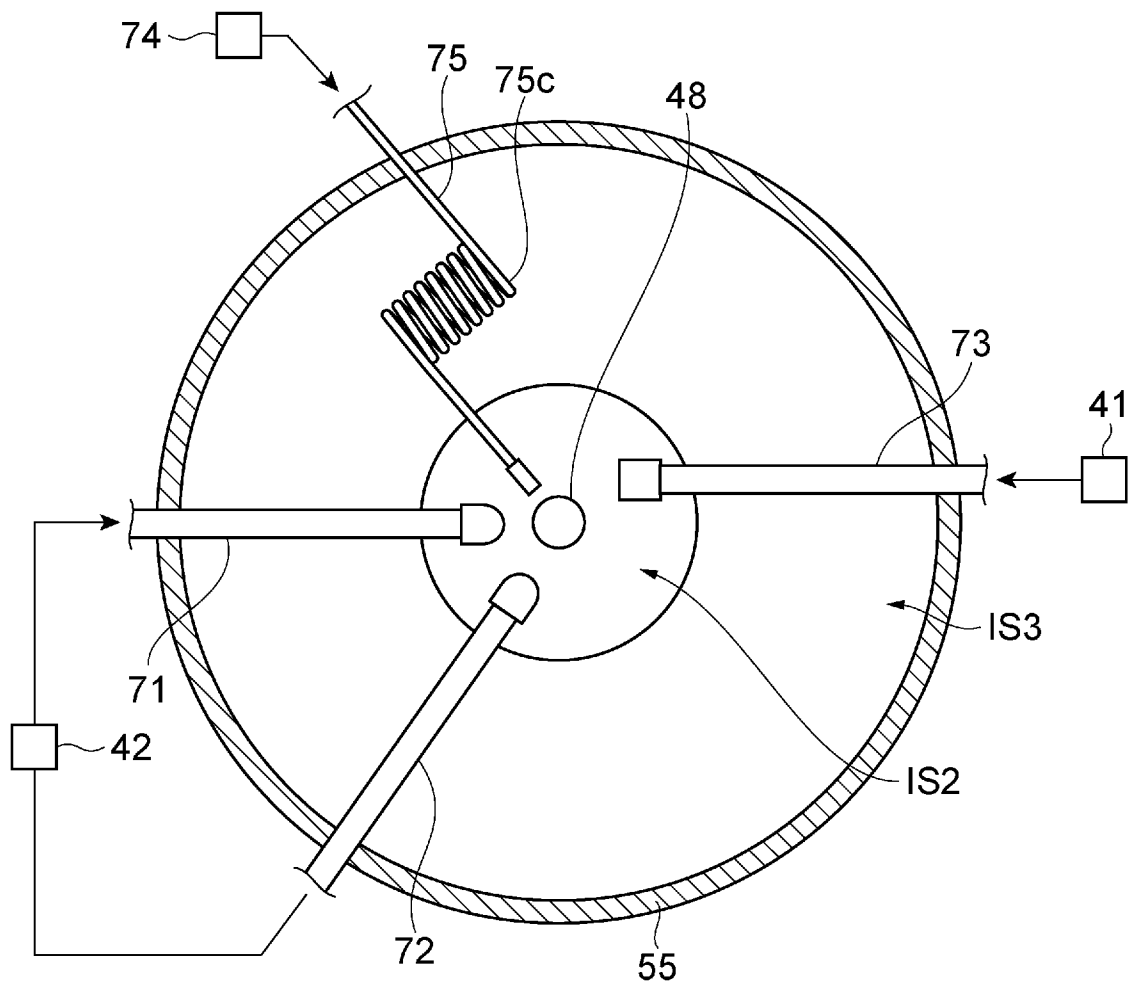


[図2]

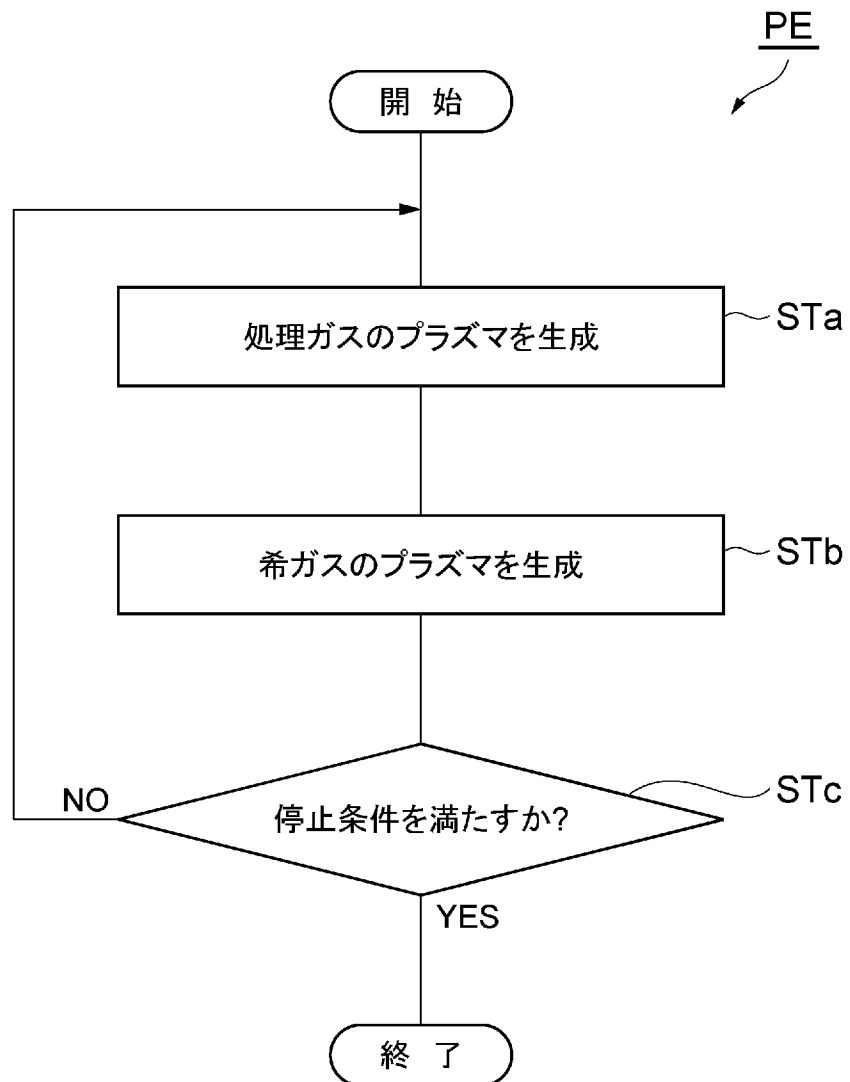




[図4]

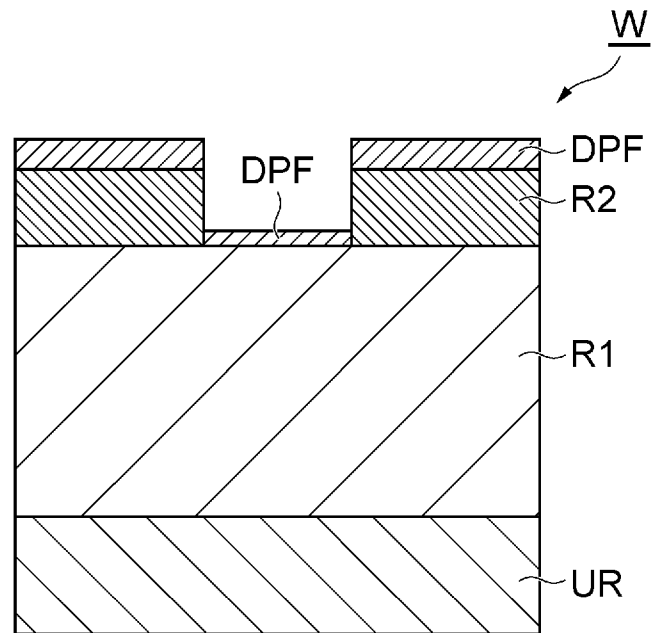


[図5]

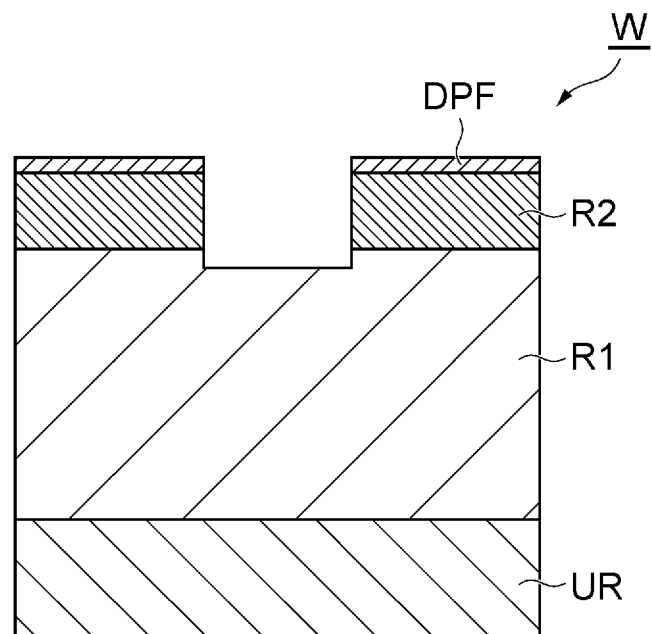


[図6]

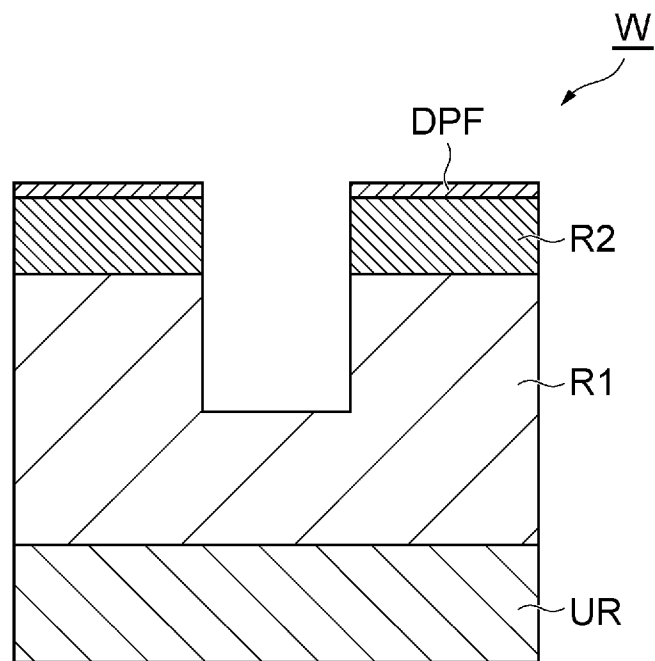
(a)



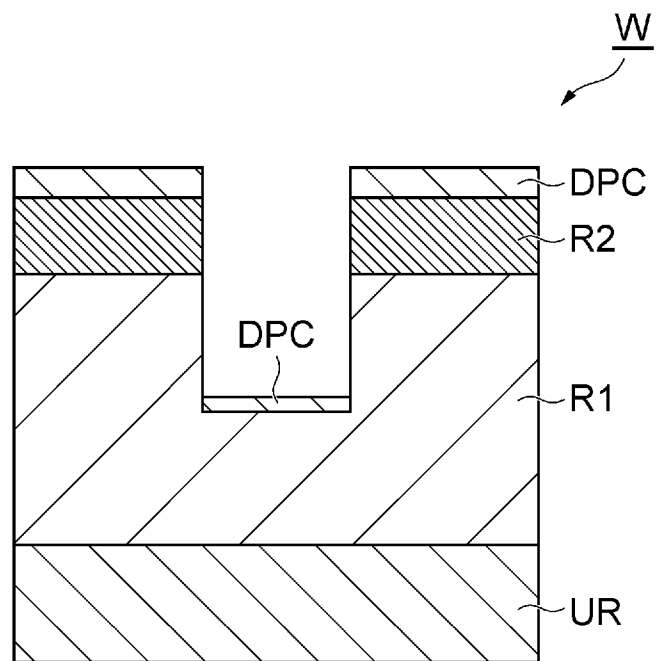
(b)



[図7]

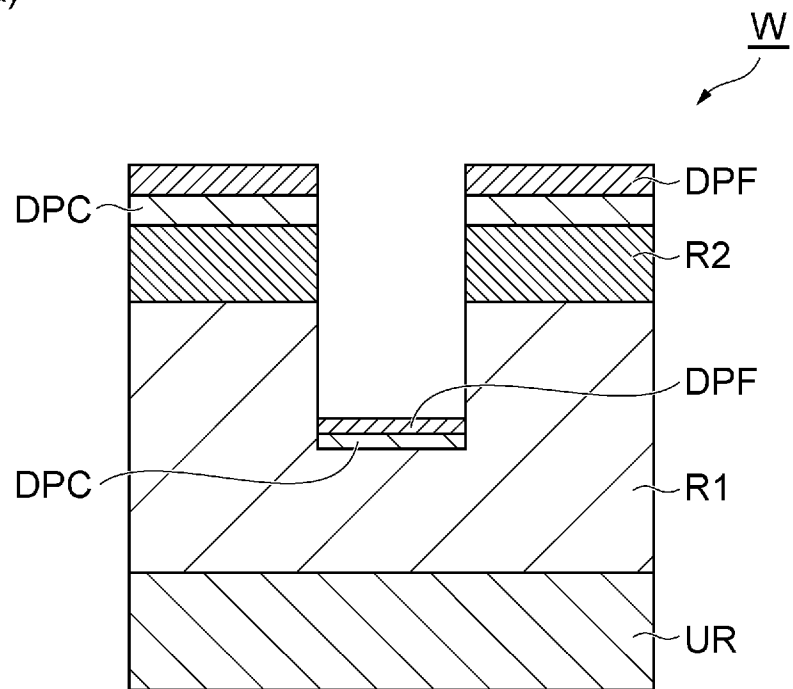


[図8]

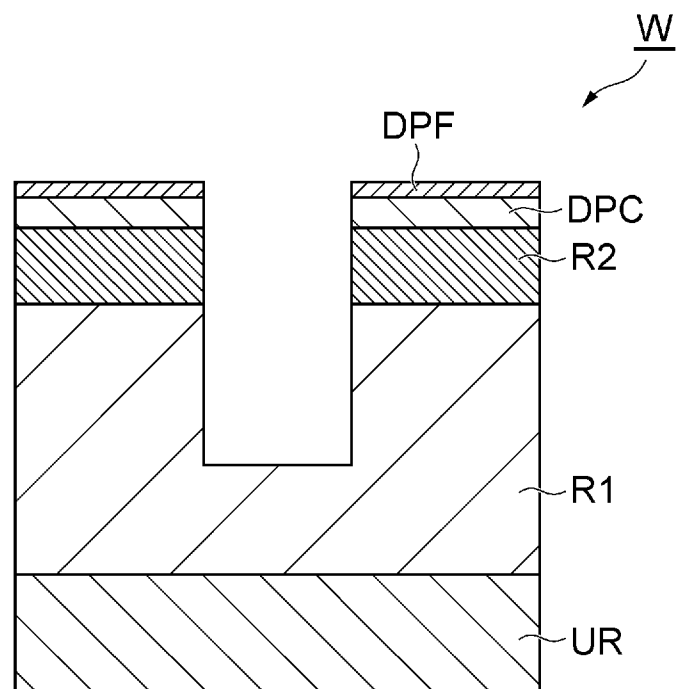


[図9]

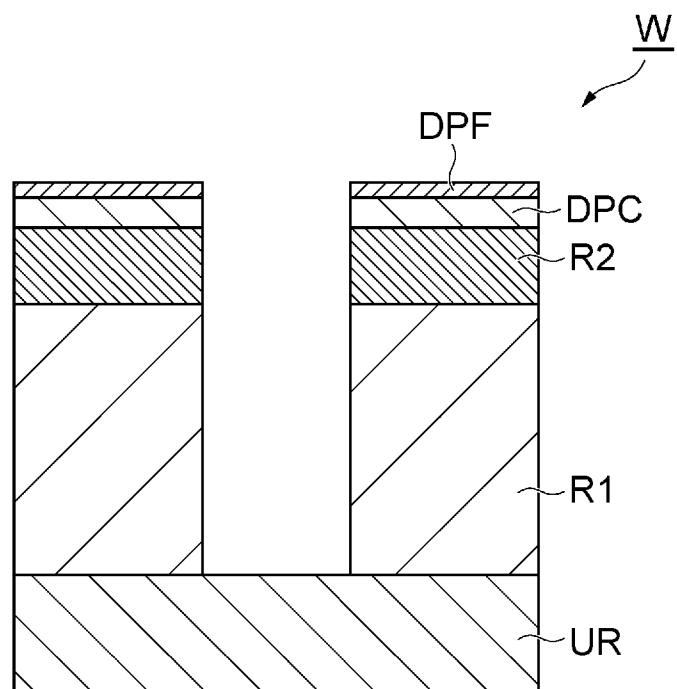
(a)



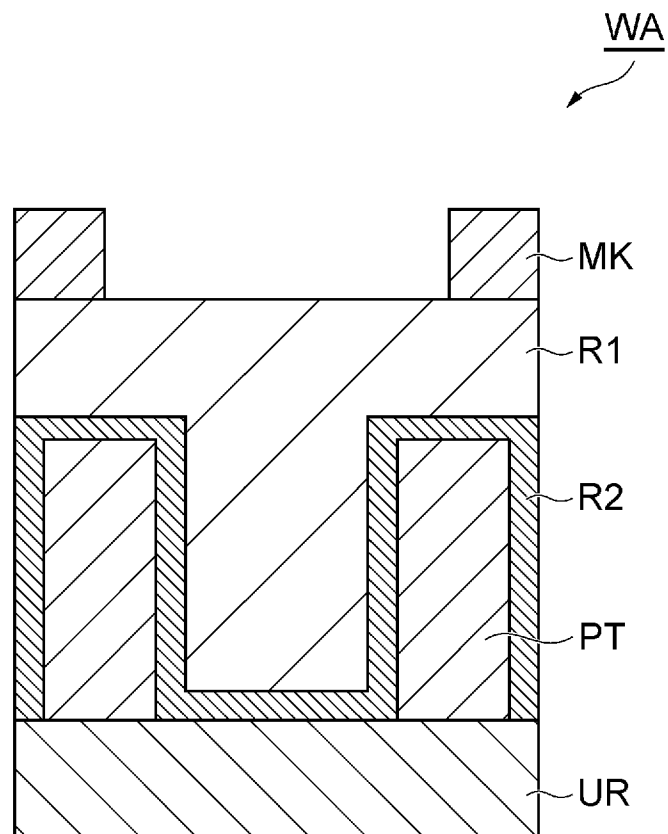
(b)



[図10]

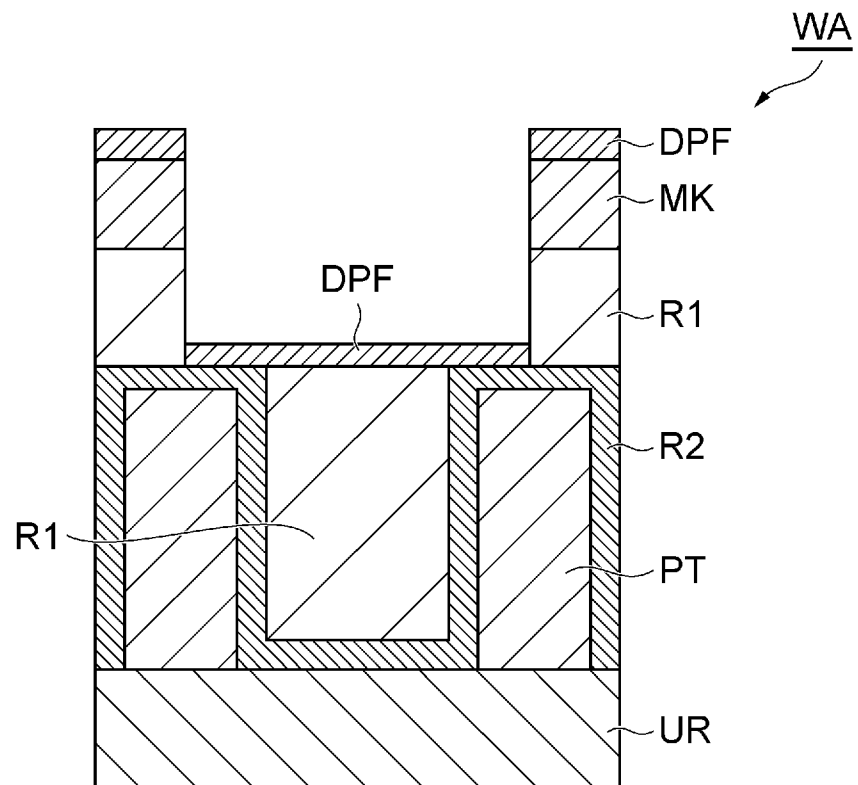


[図11]

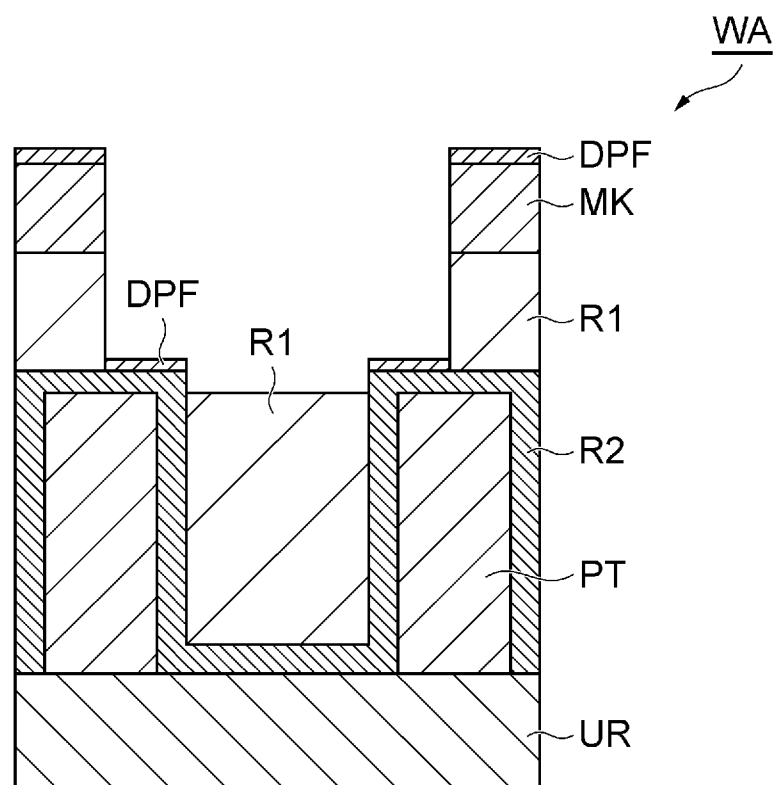


[図12]

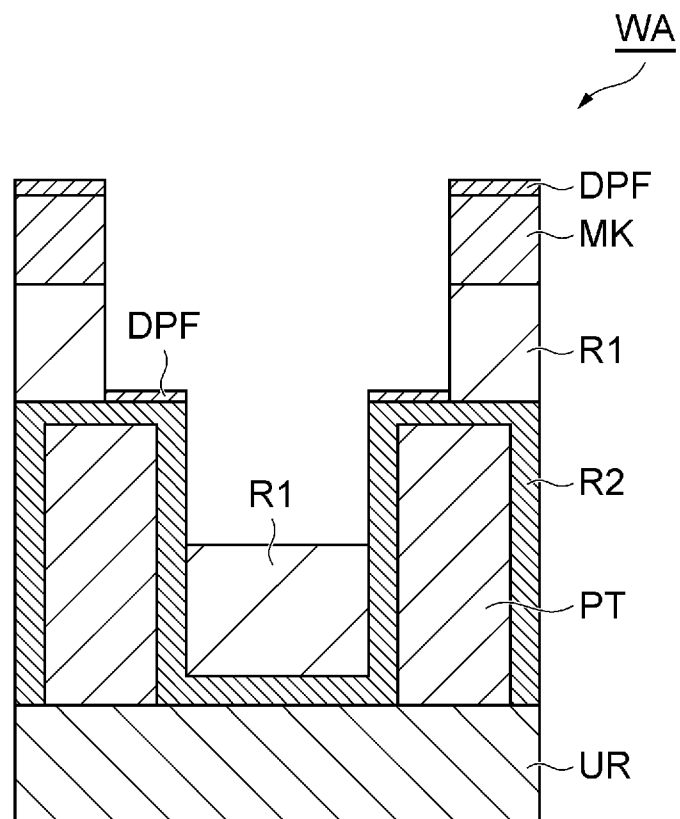
(a)



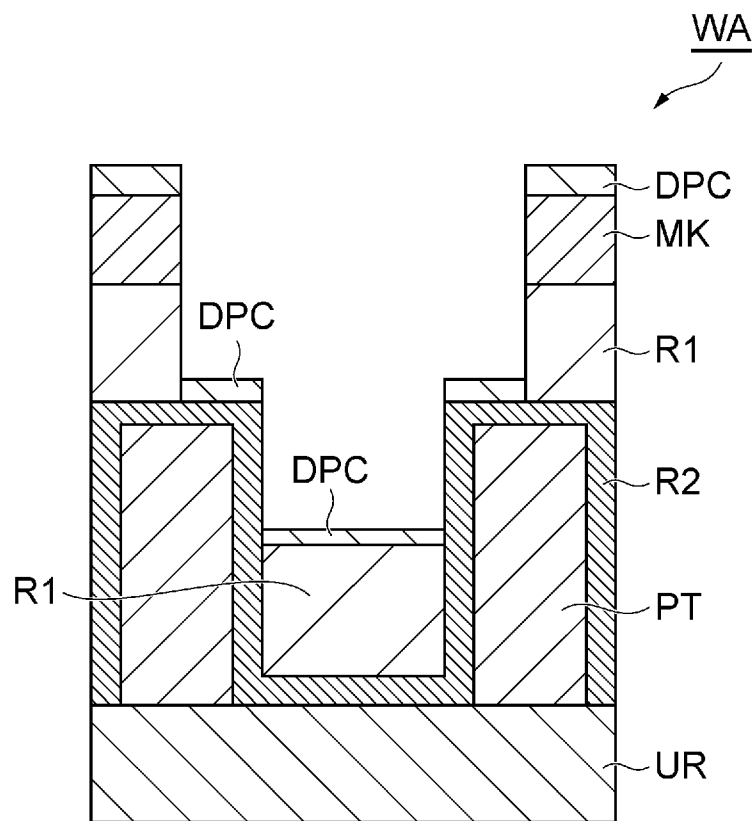
(b)



[図13]

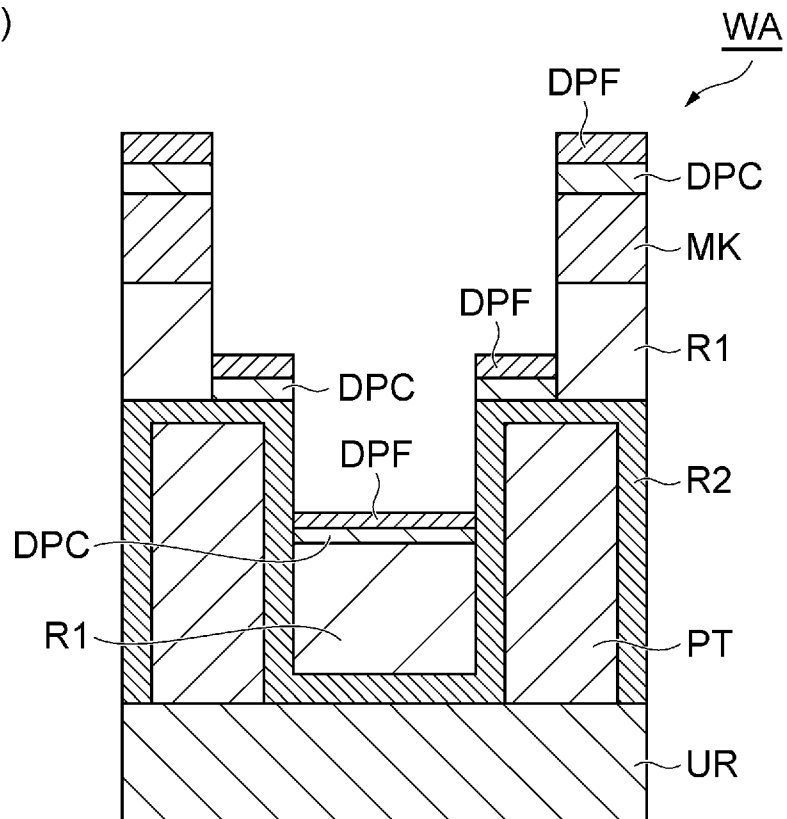


[図14]

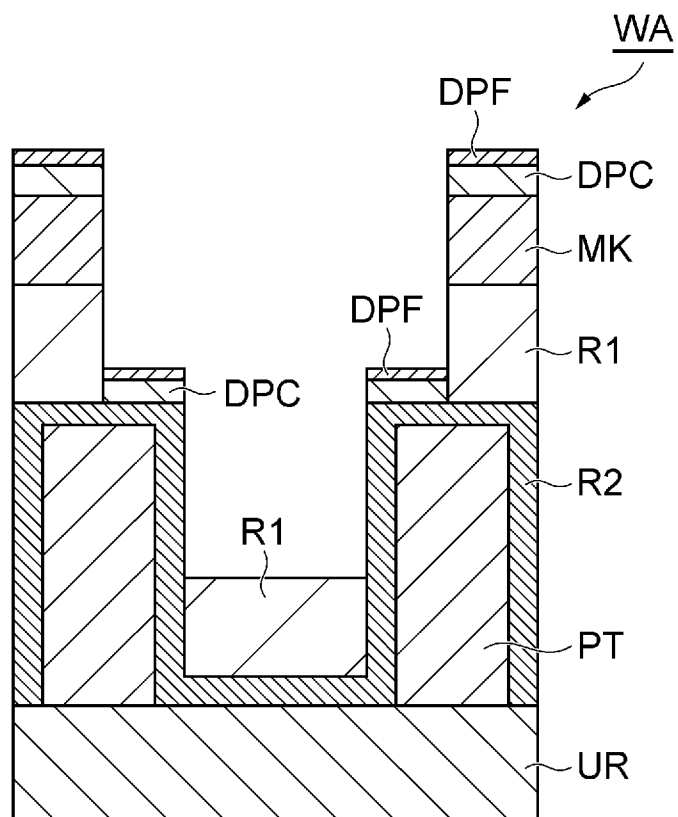


[図15]

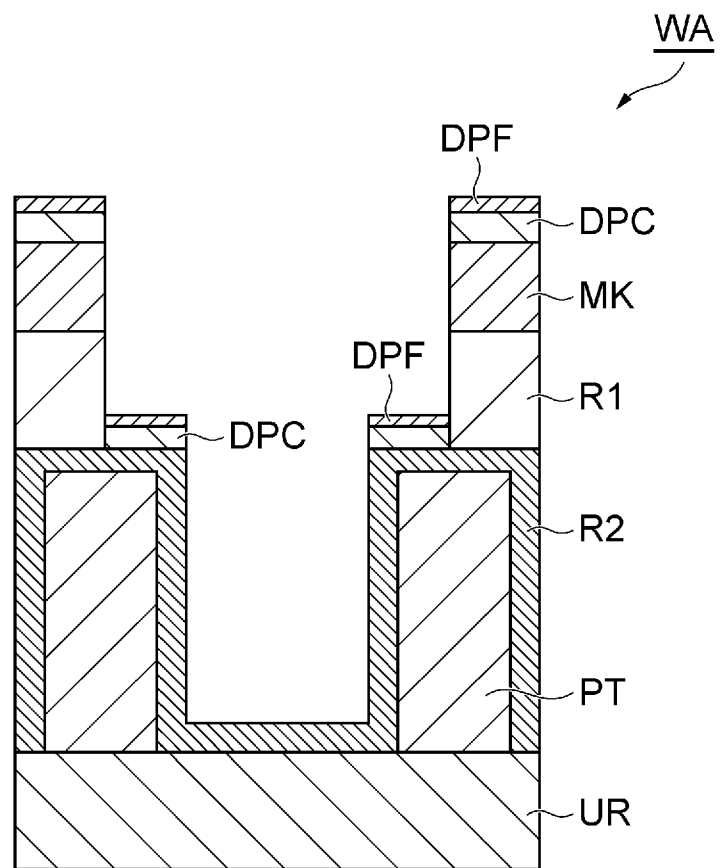
(a)



(b)



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/031859

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. H01L21/3065 (2006.01) i, H05H1/46 (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, H05H1/46 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.
A	JP 2007-284794 A (MAXIM INTEGRATED PRODUCTS, INC.) 01 November 2007 & US 2007/0246354 A1	1-13
A	JP 2001-53061 A (HITACHI, LTD.) 23 February 2001 & US 2004/0058554 A1	1-13
A	JP 9-270416 A (SONY CORP.) 14 October 1997 (Family: none)	1-13
☒ 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 17 October 2019 (17.10.2019)		Date of mailing of the international search report 29 October 2019 (29.10.2019)
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/JP2019/031859

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 2013-4679 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 07 January 2013 & US 9048191 B2 & WO 2012/173122 A1 & TW 201314766 A & KR 10-2014-0036217 A	1-13
A	JP 2018-32720 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 01 March 2018 & US 2018/0061657 A1 & TW 201812072 A	1-13
A	JP 2017-216284 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 07 December 2017 & US 2019/0080917 A1 & WO 2017/208807 A1 & TW 201801180 A & CN 109219867 A & KR 10-2019-0015174 A	1-13

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, H05H1/46(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, H05H1/46

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
A	JP 2007-284794 A (マキシム・インテグレートッド・プロダクツ・インコーポレーテッド) 2007.11.01, & US 2007/0246354 A1	1-13
A	JP 2001-53061 A (株式会社日立製作所) 2001.02.23, & US 2004/0058554 A1	1-13
A	JP 9-270416 A (ソニー株式会社) 1997.10.14, (ファミリーなし)	1-13

☒ 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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

17.10.2019

国際調査報告の発送日

29.10.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/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)

宇多川 勉

50

3125

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 2013-4679 A (東京エレクトロン株式会社) 2013.01.07, & US 9048191 B2 & WO 2012/173122 A1 & TW 201314766 A & KR 10-2014-0036217 A	1-13
A	JP 2018-32720 A (東京エレクトロン株式会社) 2018.03.01, & US 2018/0061657 A1 & TW 201812072 A	1-13
A	JP 2017-216284 A (東京エレクトロン株式会社) 2017.12.07, & US 2019/0080917 A1 & WO 2017/208807 A1 & TW 201801180 A & CN 109219867 A & KR 10-2019-0015174 A	1-13