

(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
2014 年 4 月 17 日(17.04.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/057799 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/3065 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/075708

(22) 国際出願日: 2013 年 9 月 24 日(24.09.2013)

(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 2012-227108 2012 年 10 月 12 日(12.10.2012) JP
61/715,988 2012 年 10 月 19 日(19.10.2012) US

(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: 菊池 哲朗(KIKUCHI, Tetsuro); 〒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: 酒井 宏明(SAKAI, Hiroaki); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目 2 番 5 号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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.

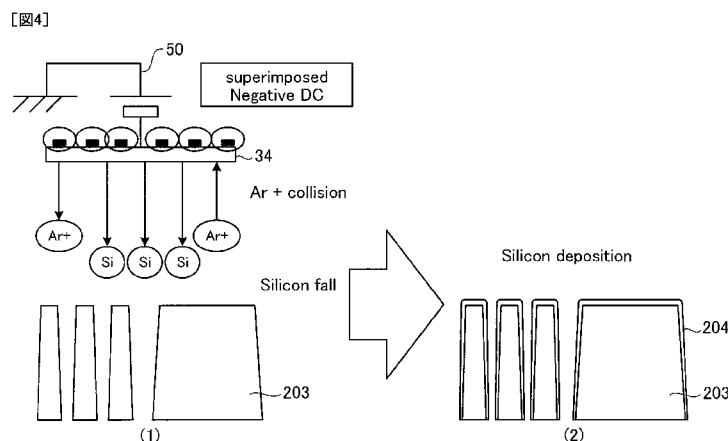
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,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

(54) Title: PLASMA ETCHING METHOD

(54) 発明の名称: プラズマエッチング方法



(57) Abstract: According to one embodiment of a plasma etching method of the present invention, with respect to a substrate to be processed, which has a base layer, a silicon oxide film, and an etching mask formed in this order, said etching mask having an etching pattern formed thereon, and being formed of polysilicon, a silicon-containing deposition material is deposited on a surface of the etching mask using plasma generated from a processing gas, while applying a negative direct current voltage to an upper electrode formed of silicon. Furthermore, according to the one embodiment of the plasma etching method, the silicon oxide film is etched using plasma generated from a first CF-based gas using, as a mask, the etching mask having the silicon-containing deposition material deposited thereon.

(57) 要約: プラズマエッチング方法では、実施形態の一例において、下地層と、シリコン酸化膜と、エッチングパターンが形成されているポリシリコンからなるエッチングマスクとが順に積層されている処理基板に対して、シリコンからなる上部電極に負の直流電圧を印加しながら処理ガスによるプラズマによりエッチングマスク表面にシリコン含有堆積物を堆積させる。また、プラズマエッチング方法では、実施形態の一例において、シリコン含有堆積物が堆積したエッチングマスクをマスクとして第1のCF系ガスによるプラズマでシリコン酸化膜をエッチングする。

WO 2014/057799 A1

明 細 書

発明の名称： プラズマエッチング方法

技術分野

[0001] 本発明の種々の側面及び実施形態は、プラズマエッチング方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、プラズマ処理装置は、例えば、フォトリジストをマスクとしてエッチングを行う。ここで、プラズマ処理装置が、マスクとして用いられるフォトリジストの組成を改質する手法がある。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-097063号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上述の従来技術では、ポリシリコンマスクをマスクとして用いる場合にマスク選択比が低下するという問題がある。

課題を解決するための手段

[0005] 開示するプラズマエッチング方法は、1つの実施態様において、下地層と、シリコン酸化膜と、エッチングパターンが形成されているポリシリコンからなるエッチングマスクとが順に積層されている処理基板に対して、シリコンからなる上部電極に負の直流電圧を印加しながら処理ガスによるプラズマによりエッチングマスク表面にシリコン含有堆積物を堆積させる堆積ステップを含む。また、開示するプラズマエッチング方法は、1つの実施態様において、前記シリコン含有堆積物が堆積したエッチングマスクをマスクとして第1のCF系ガスによるプラズマで前記シリコン酸化膜をエッチングするエッチングステップを含む。

発明の効果

[0006] 開示する測定方法の１つの態様によれば、ポリシリコンマスクをマスクとして用いる場合にマスク選択比を向上可能となるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図１は、第１の実施形態に係るプラズマエッチング方法に適用されるプラズマエッチング装置を単純化して模式的に示す断面図である。

[図2]図２は、第１の実施形態に係るプラズマエッチング方法に適用されるプラズマエッチング装置を示す概略断面図である。

[図3]図３は、第１の実施形態におけるプラズマエッチング装置によるプラズマエッチング処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図4]図４は、第１の実施形態における堆積ステップについて示す図である。

[図5]図５は、実施例１及び比較例１における処理基板の構造の一例を示す図である。

[図6]図６は、比較例１における処理結果を示す図である。

[図7]図７は、実施例２における処理結果を示す図である。

[図8]図８は、実施例３における処理結果を示す図である。

[図9]図９は、実施例４における処理結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下に、開示するプラズマエッチング方法の実施形態について、図面に基づいて詳細に説明する。なお、本実施形態により開示する発明が限定されるものではない。各実施形態は、処理内容を矛盾させない範囲で適宜組み合わせることが可能である。

[0009] (第１の実施形態)

第１の実施形態におけるプラズマエッチング方法は、１つの実施形態において、下地層と、シリコン酸化膜と、エッチングパターンが形成されているポリシリコンからなるエッチングマスクとが順に積層されている処理基板に対して、シリコンからなる上部電極に負の直流電圧を印加しながら処理ガスによるプラズマによりエッチングマスク表面にシリコン含有堆積物を堆積さ

せる堆積ステップを含む。また、第1の実施形態におけるプラズマエッチング方法は、1つの実施形態において、シリコン含有堆積物が堆積したエッチングマスクをマスクとして第1のCF系ガスによるプラズマでシリコン酸化膜をエッチングするエッチングステップを含む。

[0010] また、第1の実施形態におけるプラズマエッチング方法は、1つの実施形態において、処理ガスは、 H_2 / Ar ガス、 $CF_4 / H_2 / Ar$ ガス及び $CF_4 / COS / Ar$ ガスから選択される。

[0011] また、第1の実施形態におけるプラズマエッチング方法は、1つの実施形態において、堆積ステップの後であってエッチングステップの前に、第2のCF系処理ガスによるプラズマによりCF系堆積物を堆積させる堆積ステップを更に含む。

[0012] また、第1の実施形態におけるプラズマエッチング方法は、1つの実施形態において、第1のCF系ガスが $C_4F_6 / C_4F_8 / Ar / O_2$ ガスである。

[0013] また、第1の実施形態におけるプラズマエッチング方法は、1つの実施形態において、第2のCF系ガスが $C_4F_6 / Ar / O_2$ ガスである。

[0014] (第1の実施形態におけるプラズマエッチング装置)

図1は、第1の実施形態に係るプラズマエッチング方法に適用されるプラズマエッチング装置を単純化して模式的に示す断面図である。図1に示すように、プラズマエッチング装置は、下部電極であるサセプタ16に第1の高周波電源89からプラズマ生成用の例えば40MHzの高周波(RF)電力を印加するとともに、第2の高周波電源90からイオン引き込み用の例えば2MHzの高周波(RF)電力を印加する下部RF2周波印加タイプのプラズマエッチング装置であって、図示のように上部電極34に可変直流電源50を接続して所定の直流(DC)電圧が印加されるプラズマエッチング装置である。

[0015] 図2は、第1の実施形態に係るプラズマエッチング方法に適用されるプラズマエッチング装置を示す概略断面図である。プラズマエッチング装置は、

容量結合型平行平板プラズマエッチング装置として構成されており、例えば表面が陽極酸化処理されたアルミニウムからなる略円筒状のチャンバ（処理容器）１０を有している。チャンバ１０は、接地されている。

[0016] チャンバ１０の底部には、セラミックス等からなる絶縁板１２を介して円柱状のサセプタ支持台１４が配置される。サセプタ支持台１４の上には、例えば、アルミニウムからなるサセプタ１６が設けられている。サセプタ１６は、下部電極を構成し、サセプタ１６の上に被処理基板である半導体ウエハＷが載置される。

[0017] サセプタ１６の上面には、半導体ウエハＷを静電力で吸着保持する静電チャック１８が設けられている。静電チャック１８は、導電膜からなる電極２０を一对の絶縁層または絶縁シートで挟んだ構造を有するものであり、電極２０には直流電源２２が電氣的に接続されている。静電チャック１８では、直流電源２２からの直流電圧により生じたクーロン力等の静電力により半導体ウエハＷが吸着保持される。

[0018] 静電チャック１８（半導体ウエハＷ）の周囲でサセプタ１６の上面には、エッチングの均一性を向上させる導電性のフォーカスリング（補正リング）２４が配置されている。フォーカスリング（補正リング）２４は、例えば、シリコンから形成される。サセプタ１６及びサセプタ支持台１４の側面には、例えば、石英からなる円筒状の内壁部材２６が設けられている。

[0019] サセプタ支持台１４の内部には、例えば、円周上に冷媒室２８が設けられている。冷媒室２８には、外部に設けられた図示しないチラーユニットより配管３０ａ、３０ｂを介して、所定温度の冷媒が循環供給される。サセプタ１６上の半導体ウエハＷの処理温度は、冷媒の温度によって制御される。

[0020] また、図示しない伝熱ガス供給機構からの伝熱ガス、例えばＨｅガスが、ガス供給ライン３２を介して静電チャック１８の上面と半導体ウエハＷの裏面との間に供給される。

[0021] 下部電極であるサセプタ１６の上方には、サセプタ１６と対向するように平行に上部電極３４が設けられている。上部及び下部電極３４、１６間の空

間が、プラズマ生成空間となる。上部電極 34 は、下部電極であるサセプタ 16 上の半導体ウエハ W と対向してプラズマ生成空間と接する面、つまり対向面を形成する。

[0022] 上部電極 34 は、絶縁性遮蔽部材 42 を介して、チャンバ 10 の上部に支持される。上部電極 34 は、サセプタ 16 との対向面を構成しかつ多数のガス吐出孔 37 を有する電極板 36 と、電極板 36 を着脱自在に支持して導電性材料からなる水冷構造の電極支持体 38 とによって構成されている。電極支持体 38 を形成する導電性材料は、例えば、表面が陽極酸化処理されたアルミニウムである。電極板 36 は、シリコン含有物質で形成され、例えば、シリコンで形成される。電極支持体 38 の内部には、ガス拡散室 40 が設けられる。ガス拡散室 40 からは、ガス吐出孔 37 に連通する多数のガス通流孔 41 が下方に延びている。

[0023] 電極支持体 38 にはガス拡散室 40 へ処理ガスを導くガス導入口 62 が形成される。ガス導入口 62 には、ガス供給管 64 が接続され、ガス供給管 64 には、処理ガス供給源 66 が接続されている。ガス供給管 64 には、上流側から順にマスフローコントローラ (MFC) 68 及び開閉バルブ 70 が設けられている。処理ガス供給源 66 からは、エッチングのための処理ガスとして、例えば C₄F₈ ガスのようなフロロカーボンガス (C_xF_y) がガス供給管 64 からガス拡散室 40 に至り、ガス通流孔 41 及びガス吐出孔 37 を介してシャワー状にプラズマ生成空間に吐出される。すなわち、上部電極 34 は処理ガスを供給するためのシャワーヘッドとして機能する。

[0024] なお、処理ガス供給源 66 からは、後述するように、シリコン含有堆積物を堆積させる際に用いられる処理ガスや、第 1 の CF 系ガス、第 2 の CF 系ガスなどが供給される。処理ガス供給源 66 により供給されるガスの詳細については、後述する。

[0025] 上部電極 34 には、ローパスフィルタ (LPF) 46a を介して可変直流電源 50 が電氣的に接続されている。可変直流電源 50 はバイポーラ電源であっても良い。可変直流電源 50 は、オン・オフスイッチ 52 により給電の

オン・オフが可能となっている。可変直流電源 50 の極性及び電流・電圧ならびにオン・オフスイッチ 52 のオン・オフはコントローラ（制御装置） 51 により制御されるようになっている。

[0026] ローパスフィルタ（LPF） 46a は、後述する第 1 及び第 2 の高周波電源からの高周波をトラップするためのものであり、好適には LR フィルタまたは LC フィルタで構成される。

[0027] チャンバ 10 の側壁から上部電極 34 の高さ位置よりも上方に延びるように円筒状の接地導体 10a が設けられている。円筒状接地導体 10a は、その上部に天壁を有している。

[0028] 下部電極であるサセプタ 16 には、整合器 87 を介して第 1 の高周波電源 89 が電氣的に接続される。また、サセプタ 16 は、整合器 88 を介して第 2 の高周波電源 90 が電氣的に接続されている。第 1 の高周波電源 89 は、27 MHz 以上の周波数、例えば 40 MHz の高周波電力を出力する。第 2 の高周波電源 90 は、13.56 MHz 以下の周波数、例えば 2 MHz の高周波電力を出力する。

[0029] 整合器 87、88 は、それぞれ第 1 及び第 2 の高周波電源 89、90 の内部（または出力）インピーダンスに負荷インピーダンスを整合させるためのもので、チャンバ 10 内にプラズマが生成されているときに第 1 及び第 2 の高周波電源 89、90 の内部インピーダンスと負荷インピーダンスが見かけ上一致するように機能する。

[0030] チャンバ 10 の底部には排気口 80 が設けられ、排気口 80 に排気管 82 を介して排気装置 84 が接続されている。排気装置 84 は、ターボ分子ポンプなどの真空ポンプを有しており、チャンバ 10 内を所望の真空度まで減圧可能となっている。また、チャンバ 10 の側壁には半導体ウエハ W の搬入出口 85 が設けられる。搬入出口 85 は、ゲートバルブ 86 により開閉可能となっている。また、チャンバ 10 の内壁に沿ってチャンバ 10 にエッチング副生物（デポ）が付着することを防止するためのデポシールド 11 が着脱自在に設けられている。すなわち、デポシールド 11 がチャンバ壁を構成して

いる。また、デポシールド 11 は、内壁部材 26 の外周にも設けられている。チャンバ 10 の底部のチャンバ壁側のデポシールド 11 と内壁部材 26 側のデポシールド 11 との間には排気プレート 83 が設けられている。デポシールド 11 及び排気プレート 83 としては、アルミニウム材に Y2O3 等のセラミックスを被覆したものを好適に用いることができる。

[0031] デポシールド 11 のチャンバ 10 内壁を構成する部分のウエハ W とほぼ同じ高さ部分には、グラウンドに DC 的に接続された導電性部材 (GND ブロック) 91 が設けられており、これにより後述するような異常放電防止効果を発揮する。

[0032] プラズマエッチング装置の各構成部は、制御部 (全体制御装置) 95 に接続されて制御される構成となっている。また、制御部 95 には、工程管理者がプラズマエッチング装置を管理するためにコマンドの入力操作等を行うキーボードや、プラズマ処理装置の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等からなるユーザーインターフェース 96 が接続されている。

[0033] 制御部 95 には、プラズマエッチング装置で実行される各種処理を制御部 95 の制御にて実現するための制御プログラムや、処理条件に応じてプラズマエッチング装置の各構成部に処理を実行させるためのプログラムすなわちレシピが格納された記憶部 97 が接続されている。レシピはハードディスクや半導体メモリーに記憶されていても良いし、CDROM、DVD 等の可搬性のコンピュータにより読み取り可能な記憶媒体に収容された状態で記憶部 97 の所定位置にセットするようになっていても良い。

[0034] プラズマエッチング装置では、必要に応じて、ユーザーインターフェース 96 からの指示等にて任意のレシピを記憶部 97 から呼び出して制御部 95 に実行させることで、制御部 95 の制御下で、プラズマエッチング装置での所望の処理が行われる。

[0035] このように構成されるプラズマエッチング装置においてエッチング処理を行う際には、まず、ゲートバルブ 86 を開状態とし、搬入出口 85 を介してエッチング対象である半導体ウエハ W をチャンバ 10 内に搬入し、サセプタ

16上に載置する。そして、処理ガス供給源66からエッチングのための処理ガスを所定の流量でガス拡散室40へ供給し、ガス通流孔41及びガス吐出孔37を介してチャンバ10内へ供給しつつ、排気装置84によりチャンバ10内を排気し、その中の圧力を例えば0.1~150Paの範囲内の設定値とする。

[0036] このようにチャンバ10内にエッチングガスを導入した状態で、下部電極であるサセプタ16に、第1の高周波電源89からプラズマ生成用の高周波電力を所定のパワーで印加するとともに、第2の高周波電源90よりイオン引き込み用の高周波電力を所定のパワーで印加する。そして、可変直流電源50から所定の直流電圧を上部電極34に印加する。更に、静電チャック18のための直流電源22から直流電圧を静電チャック18の電極20に印加して、半導体ウエハWをサセプタ16に固定する。

[0037] 上部電極34の電極板36に形成されたガス吐出孔37から吐出された処理ガスは、高周波電力により生じた上部電極34と下部電極であるサセプタ16間のグロー放電中でプラズマ化し、プラズマで生成されるラジカルやイオンによって半導体ウエハWの被処理面がエッチングされる。

[0038] プラズマエッチング装置では、下部電極であるサセプタ16に第1の高周波電源89から高い周波数領域（例えば、10MHz以上）の高周波電力を供給しているので、プラズマを好ましい状態で高密度化することができ、より低圧の条件下でも高密度プラズマを形成することができる。

[0039] （第1の実施形態におけるプラズマエッチング方法）

図3は、第1の実施形態におけるプラズマエッチング装置によるプラズマエッチング処理の流れの一例を示すフローチャートである。以下に詳細に説明するように、プラズマエッチング装置は、下地層と、シリコン酸化膜と、エッチングパターンが形成されているポリシリコンからなるエッチングマスクとが順に積層されている処理基板に対して、一連の処理を実行する。

[0040] なお、ここで、下地層とは、ポリシリコン、SiC、SiN、などである。また、シリコン酸化膜とは、例えば、SiO₂、TEOS（Tetraethoxysi

lane、テトラエトキシシラン) などである。

[0041] 図3の説明に戻る。図3に示すように、プラズマエッチング装置は、処理タイミングとなると(ステップS101肯定)、シリコンからなる上部電極に負の直流電圧を印加しながら、処理ガスによるプラズマによりエッチングマスク表面にシリコン含有堆積物を堆積させる堆積ステップを行う(ステップS102)。例えば、プラズマエッチング装置は、処理ガスとして、例えば、 H_2/Ar ガス、 $CF_4/H_2/Ar$ ガス及び $CF_4/COS/Ar$ ガスを用いて、シリコン含有堆積物を堆積させる。

[0042] 図4は、第1の実施形態における堆積ステップについて示す図である。プラズマエッチング装置は、第1の高周波電源89から高周波電力を印加するとともに、上部電極34に可変直流電源50を接続して所定の直流(DC)電圧を印加する。この際、第2の高周波電源90からイオン引き込み用の高周波電力は印加しない。すなわち、図4の(1)に示すように、プラズマエッチング装置は、プラズマが形成される際に、上部電極34に可変直流電源50から所定の極性及び大きさの負の直流電圧を印加する。より好ましくは、プラズマエッチング装置は、印加電極である上部電極34の表面となる電極板36の表面に対する所定の(適度な)スパッタ効果が得られる程度に電極板36の表面の自己バイアス電圧 V_{dc} が深くなるように、つまり、上部電極34表面での V_{dc} の絶対値が大きくなるように、可変直流電源50からの印加電圧を印加する。その上で、プラズマエッチング装置は、処理ガスとして、例えば、 H_2/Ar ガス、 $CF_4/H_2/Ar$ ガス及び $CF_4/COS/Ar$ ガスをチャンバ10内に供給する。

[0043] この結果、図4の(1)に示すように、電極板36の表面に対するイオンの衝突が加速し、上部電極34を形成しているシリコンの降下量や電子ビームの降下量が増加する。例えば、図4の(1)に示す例では、アルゴンイオンが電極板36の表面に衝突し、電極板36を形成するシリコンがエッチングマスク203に降下する。すると、図4の(2)に示すように、ポリシリコンからなるエッチングマスク203の表面にシリコン含有堆積物204が

堆積する。この結果、エッチングマスク 203 の表面荒れを解消され、エッチングマスク 203 の選択比が向上可能となる。更に、堆積ステップを行った後にエッチングを行うことで、ソースセレクトラインの角度をより垂直にすることが可能になったり、エッチング後のラインをより綺麗に作成可能になったりする。

[0044] 図3の説明に戻る。プラズマエッチング装置は、その後、第2のCF系処理ガスによるプラズマによりCF系堆積物を堆積させる堆積ステップを行う（ステップS103）。例えば、プラズマエッチング装置は、C4F6／Ar／O2ガスをを用いて、エッチングマスクの上部にCF系堆積物を堆積する。つまりシリコン含有堆積物の堆積により綺麗になったラインの上にCF系堆積物が堆積する。

[0045] より詳細な一例をあげて説明する。プラズマエッチング装置は、第1の高周波電源89から高周波電力を印加するとともに、上部電極34に可変直流電源50を接続して所定の直流（DC）電圧を印加する。この際、第2の高周波電源90からイオン引き込み用の高周波電力は印加しない。その上で、プラズマエッチング装置は、例えば、C4F6／Ar／O2ガスチャンバ10内に供給する。この結果、CF径堆積物がエッチングマスクの上部に堆積する。

[0046] その後、プラズマエッチング装置は、シリコン含有堆積物が堆積したエッチングマスクをマスクとして、第1のCF系ガスによるプラズマでシリコン酸化膜をエッチングするエッチングステップを行う（ステップS104）。例えば、プラズマエッチング装置は、第1のCF系ガスとして、例えば、C4F6／C4F8／Ar／O2ガスをを用いることで、エッチングを行う。

[0047] なお、図3に示した処理手順は、上記の順番に限定されるものではなく、処理内容を矛盾させない範囲で適宜変更しても良い。例えば、図3に示す例では、堆積ステップの後であってエッチングステップの前に、第2のCF系処理ガスによるプラズマによりCF系堆積物を堆積させる堆積ステップを行う場合を例に説明したが、これに限定されるものではなく、CF系堆積物を

堆積させる堆積ステップを行わなくても良い。

[0048] (第1の実施形態における効果)

このように、第1の実施形態によれば、処理基板に対して、シリコンからなる上部電極に負の直流電圧を印加しながら処理ガスによるプラズマによりエッチングマスク表面にシリコン含有堆積物を堆積させ、シリコン含有堆積物が堆積したエッチングマスクをマスクとして第1のCF系ガスによるプラズマでシリコン酸化膜をエッチングする。この結果、ポリシリコンマスクをマスクとして用いる場合にマスク選択比を向上可能となる。すなわち、この結果、エッチングマスクの表面荒れを解消され、エッチングマスクの選択比が向上可能となる。更に、堆積ステップを行った後にエッチングを行うことで、ソースセレクトラインの角度をより垂直にすることが可能になったり、エッチング後のラインをより綺麗に作成可能になったりする。すなわち、エッチングマスクの耐プラズマ性を高く維持して高選択比でエッチングすることが可能となる。

[0049] また、例えば、第1の実施形態によれば、エッチング前にシリコン堆積物を堆積させることで、抜け性を維持したままマスク選択比を向上可能となる。また、シリコン含有堆積物が堆積する結果マスクが太くなり、ラインを太くエッチング可能となり、ウィグリング(wiggling)に対する耐性を向上可能である。

[0050] また、第1の実施形態によれば、プラズマが形成される際に、上部電極34に可変直流電源50から所定の極性及び大きさの直流電圧が印加される。このとき、印加電極である上部電極34の表面つまり電極板36の表面に対する所定の(適度な)スパッタ効果が得られる程度にその表面の自己バイアス電圧 V_{dc} が深くなるように、つまり上部電極34表面での V_{dc} の絶対値が大きくなるように、可変直流電源50からの印加電圧をコントローラ51により制御することが好ましい。第1の高周波電源89から高周波を印加してプラズマを生成した場合に、上部電極34にポリマーが付着することがあるが、可変直流電源50から適切な直流電圧を印加することにより、上部

電極 3 4 に付着したポリマーがスパッタされ、上部電極 3 4 の表面を清浄化することができる。

[0051] また、第 1 の実施形態によれば、処理ガスは、 H_2 / Ar ガス、 $CF_4 / H_2 / Ar$ ガス及び $CF_4 / COS / Ar$ ガスから選択される。この結果、エッチングマスクにシリコン含有堆積物を確実に堆積させることが可能となる。

[0052] また、第 1 の実施形態によれば、堆積ステップの後であってエッチングステップの前に、第 2 の CF 系処理ガスによるプラズマにより CF 系堆積物を堆積させる。この結果、 CF 系堆積物を堆積させない場合と比較して、マスク選択比を更に向上することが可能となる。

[0053] また、第 1 の実施形態によれば、第 1 の CF 系ガスが $C_4F_6 / C_4F_8 / Ar / O_2$ ガスである。この結果、シリコン含有堆積物が堆積されたエッチングマスクをマスクとして用いて確実にエッチング可能となる。

[0054] また、第 1 の実施形態によれば、第 2 の CF 系ガスが $C_4F_6 / Ar / O_2$ ガスである。この結果、 CF 系堆積物を確実に堆積させることが可能となる。

[0055] (実施例)

以下に、開示のプラズマエッチング方法について、実施例をあげて更に詳細に説明する。ただし、開示のプラズマエッチング方法は、下記の実施例に限定されるものではない。

[0056] (比較例 1)

比較例 1 では、処理基板に対して、下記の条件でエッチングステップを行った。

(エッチングステップ)

処理ガス : $C_4F_6 / C_4F_8 / Ar / Os$ (13 / 24 / 600 / 27 sccm)

圧力 : 2.7 Pa (20 mTorr)

第 1 の高周波電源からの高周波電力 : 750 W

第2の高周波電源からの高周波電力：500W

上部電極への直流電圧：-150V

時間：16.5秒

[0057] (実施例1)

実施例1では、処理基板に対して、シリコン含有堆積物を堆積させる堆積ステップと、CF系堆積物を堆積させる堆積ステップとを順に行った上で、エッチングステップを行った。なお、実施例1におけるエッチングステップは、比較例1と同様に行った。

(シリコン含有堆積物を堆積させる堆積ステップ)

処理ガス：H₂/CF₄/Ar (100/40/800 sccm)

圧力：6.6 Pa (50 mTorr)

第1の高周波電源からの高周波電力：300W

第2の高周波電源からの高周波電力：0W

上部電極への直流電圧：-900V

時間：10秒

(CF系堆積物を堆積させる堆積ステップ)

処理ガス：C₄F₆/Ar/O₂ (40/800/30 sccm)

圧力：3.3 Pa (25 mTorr)

第1の高周波電源からの高周波電力：1250W

第2の高周波電源からの高周波電力：0W

上部電極への直流電圧：-300V

時間：13.7秒

[0058] 図5は、実施例1及び比較例1における処理基板の構造の一例を示す図である。図5では、処理前における処理基板、比較例1におけるエッチング後の処理基板、実施例1におけるシリコン含有堆積物を堆積させた後の処理基板、実施例1におけるエッチング後の処理基板について、それぞれ、断面(Cell)、断面(SSL、ソースセレクトライン)及び上面を35万倍に拡大した写真のトレース図である。なお、図5において、「initial

」は、処理前における処理基板を示す。「堆積なし」は、比較例における処理基板を示す。「堆積あり 堆積後」は、実施例1におけるシリコン含有堆積物を堆積させた後の処理基板を示す。「堆積あり エッチング後」は、実施例1におけるエッチング後の処理基板を示す。なお、断面（C e l l）は、処理基板の中心部を示し、断面（S S L、ソースセレクトライン）は、処理基板の端部を示す。

[0059] ここで、比較例1では、エッチング後におけるエッチングマスクの残量が「19.8nm」であり、SSLにおける角度が「83.7度」であり、LWRとLERとが、「1.3nm」と「2.5nm」とであった。これに対して、実施例1では、エッチング後におけるエッチングマスクの残量が「24.4nm」であり、SSLにおける角度が「84.2度」であり、LWRとLERとが、「1.2nm」と「2.4nm」とであった。ここでLWR（line width roughness）、LER（line edge roughness）は、半導体分野においてゲート電極やラインのような微細パターンの壁面に出来た凹凸の大きさを表す値である。例えば、LWRはラインの表面の凹凸によって生じたパターン幅のバラつきを示している。具体的には、凹凸を含めたライン幅の寸法を異なる場所において複数個所測定し、その標準偏差を計算する。その標準偏差の3倍の値をバラつき具合の値としている。LERは、ラインの端部分においてある基準線を決め、その基準線からラインの端部分の凹凸までの寸法を異なる場所において複数個所測定し、後の計算はLWRと同じでありこれも端部のバラつき具合の値としている。

[0060] このように、実施例1と比較例1との比較により示されるように、実施例1では、シリコン含有堆積物を堆積させることで、シリコン含有堆積物を堆積させない場合と比較してエッチングマスクをより多く残すことが可能となり、マスク選択比を向上可能であった。また、実施例1に示す場合には、更に、SSLにおける角度を比較例1と比較して垂直に近づけることが可能であった。

[0061] (実施例2～実施例4)

実施例2～実施例4では、シリコン堆積ステップにおいて、以下に示す処理ガス及び処理ガスの流量を用いた。その他の点については、実施例1と同様である。

実施例2 : H_2 / Ar (100 / 800 sccm)

実施例3 : $\text{H}_2 / \text{CF}_4 / \text{Ar}$ (100 / 40 / 800 sccm)

実施例4 : $\text{COS} / \text{CF}_4 / \text{Ar}$ (20 / 40 / 800 sccm)

[0062] 図6は、比較例1における処理結果を示す図である。図7は、実施例2における処理結果を示す図である。図8は、実施例3における処理結果を示す図である。図9は、実施例4における処理結果を示す図である。なお、図6～図9では、エッチングを行った後における断面(Ce11)、断面(SS L)、上面を35万倍に拡大した写真のトレース図と併せて、エッチング後に残ったエッチングマスクの高さ、LWR、SWR、LER及びLWRとSWRとLERとを合計した値を併せて示した。なお、ここでSWR(space width roughness)はラインとラインの間のスペースをその凹凸を含めた部分の寸法を測定するもので、LWRなどと同じようにスペース幅のバラつき具合の値としている。エッチングマスクの高さとしては、平均値と、最小値とを示した。また、LWR、SWR、LER及びLWRとSWRとLERとを合計した値は、それぞれ、ラインの綺麗さを示す。

[0063] 図6及び図7に示すように、シリコン堆積ステップにおいて、 H_2 / Ar を用いることで、シリコン堆積ステップを行わない手法と比較して、エッチングマスクをより高く残すことが可能となり、マスク選択比を向上可能になった。また、SS Lにおける角度も垂直に近づけることが可能になった。

[0064] 図6及び図8に示すように、シリコン堆積ステップにおいて、 $\text{H}_2 / \text{CF}_4 / \text{Ar}$ を用いることで、シリコン堆積ステップを行わない手法と比較して、エッチングマスクをより高く残すことが可能となり、マスク選択比を向上可能になった。また、SS Lにおける角度も垂直に近づけることが可能になった。また、シリコン堆積ステップにおいて、 $\text{H}_2 / \text{CF}_4 / \text{Ar}$ を用いる

ことで、ラインの綺麗さを同程度に維持することが可能であった。

[0065] 図6及び図9に示すように、シリコン堆積ステップにおいて、COS/CF4/Arを用いることで、シリコン堆積ステップを行わない手法と比較して、エッチングマスクをより高く残すことが可能となり、マスク選択比を向上可能になった。また、SSLにおける角度は悪化することなく、シリコン堆積ステップを行わない手法と比較して同等の値に維持可能であった。また、シリコン堆積ステップにおいて、COS/CF4/Arを用いることで、ラインの綺麗さを向上することが可能であった。

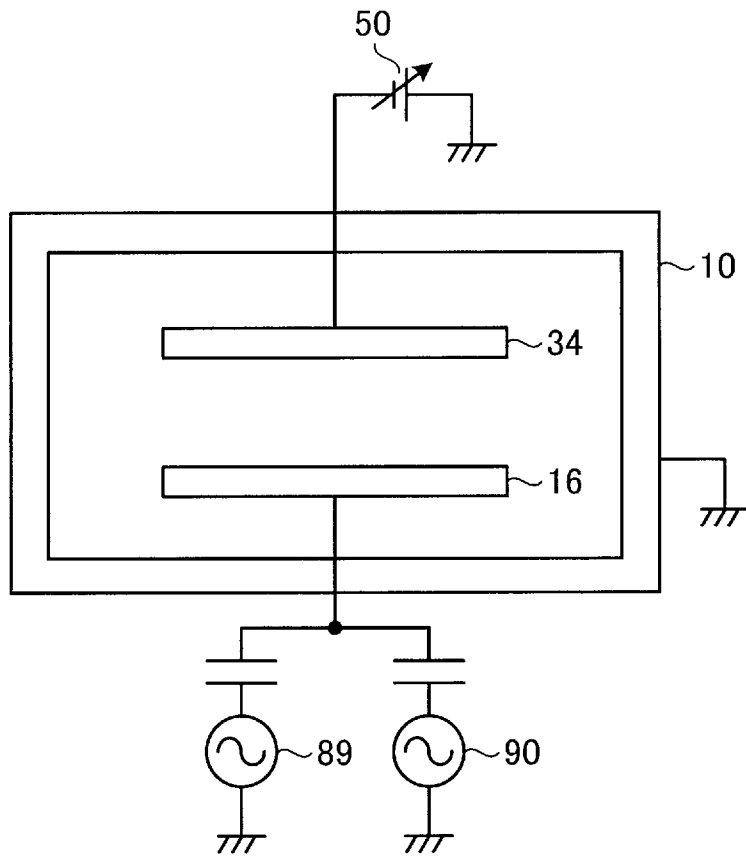
符号の説明

- [0066]
- | | |
|-----|--------------|
| 10 | チャンバ |
| 32 | ガス供給ライン |
| 34 | 上部電極 |
| 36 | 電極板 |
| 50 | 可変直流電源 |
| 51 | コントローラ |
| 87 | 整合器 |
| 88 | 整合器 |
| 89 | 高周波電源 |
| 90 | 高周波電源 |
| 95 | 制御部 |
| 96 | ユーザーインターフェース |
| 97 | 記憶部 |
| 203 | エッチングマスク |
| 204 | シリコン含有堆積物 |

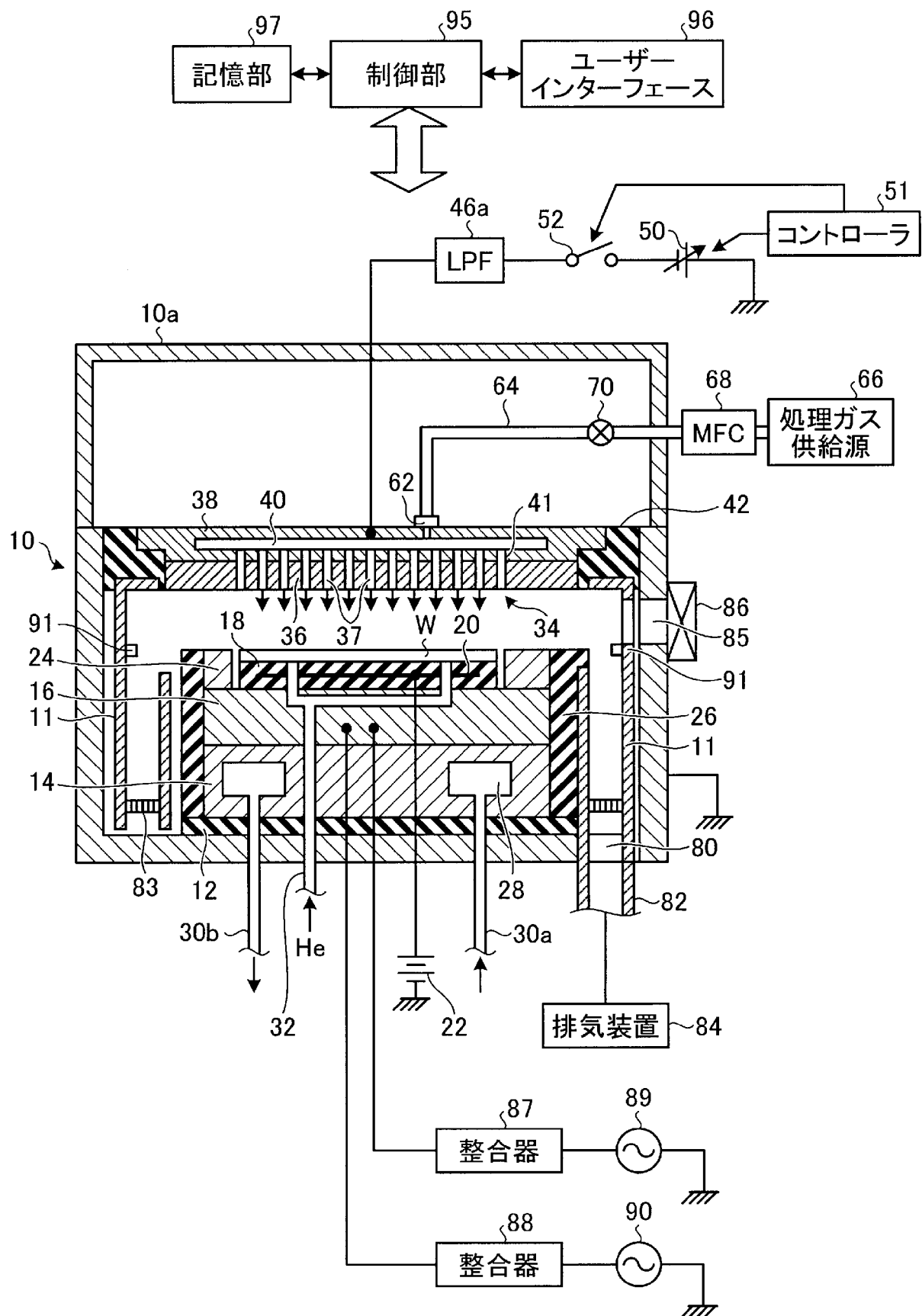
請求の範囲

- [請求項1] 下地層と、シリコン酸化膜と、エッチングパターンが形成されているポリシリコンからなるエッチングマスクとが順に積層されている処理基板に対して、シリコンからなる上部電極に負の直流電圧を印加しながら処理ガスによるプラズマによりエッチングマスク表面にシリコン含有堆積物を堆積させる堆積ステップと、
- 前記シリコン含有堆積物が堆積したエッチングマスクをマスクとして第1のCF系ガスによるプラズマで前記シリコン酸化膜をエッチングするエッチングステップと
- を含むプラズマエッチング方法。
- [請求項2] 前記処理ガスは、 H_2 / Ar ガス、 $CF_4 / H_2 / Ar$ ガス及び $CF_4 / COS / Ar$ ガスから選択されることを特徴とする請求項1に記載のプラズマエッチング方法。
- [請求項3] 前記堆積ステップの後であって前記エッチングステップの前に、第2のCF系処理ガスによるプラズマによりCF系堆積物を堆積させる堆積ステップを更に含むことを特徴とする請求項1に記載のプラズマエッチング方法。
- [請求項4] 前記第1のCF系ガスが $C_4F_6 / C_4F_8 / Ar / O_2$ ガスであることを特徴とする請求項1に記載のプラズマエッチング方法。
- [請求項5] 前記第2のCF系ガスが $C_4F_6 / Ar / O_2$ ガスであることを特徴とする請求項3に記載のプラズマエッチング方法。

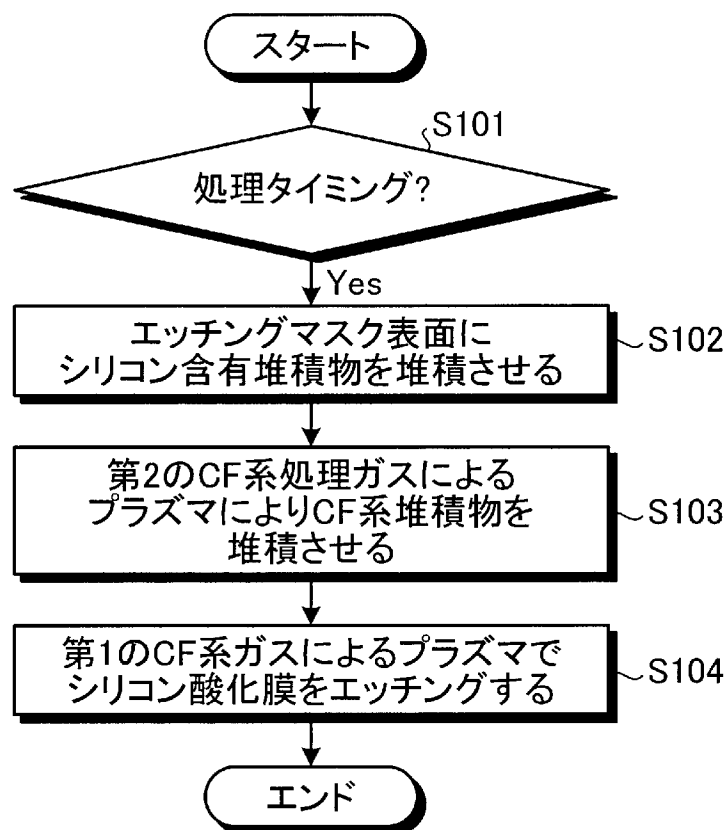
[図1]



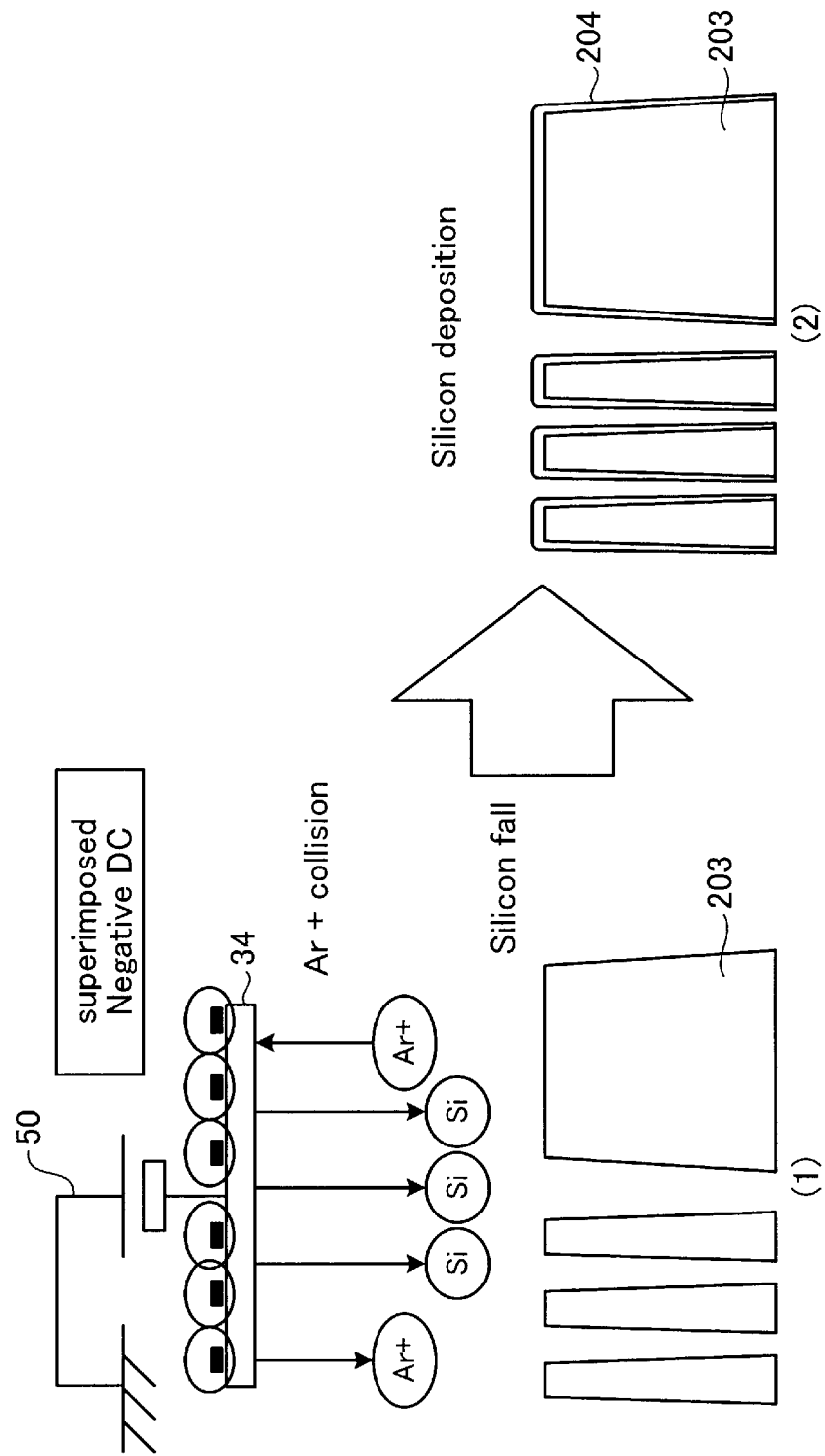
[図2]



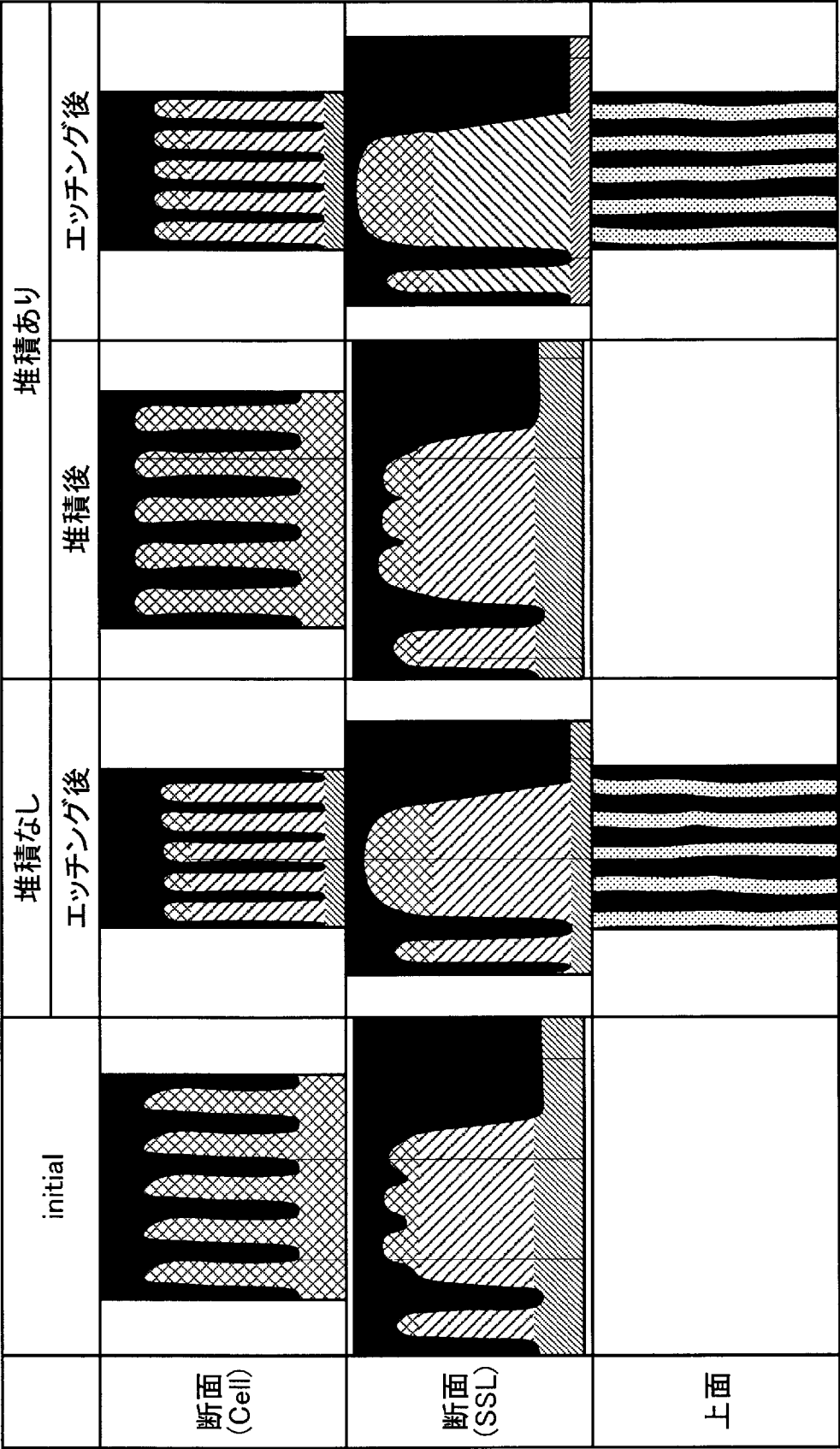
[図3]



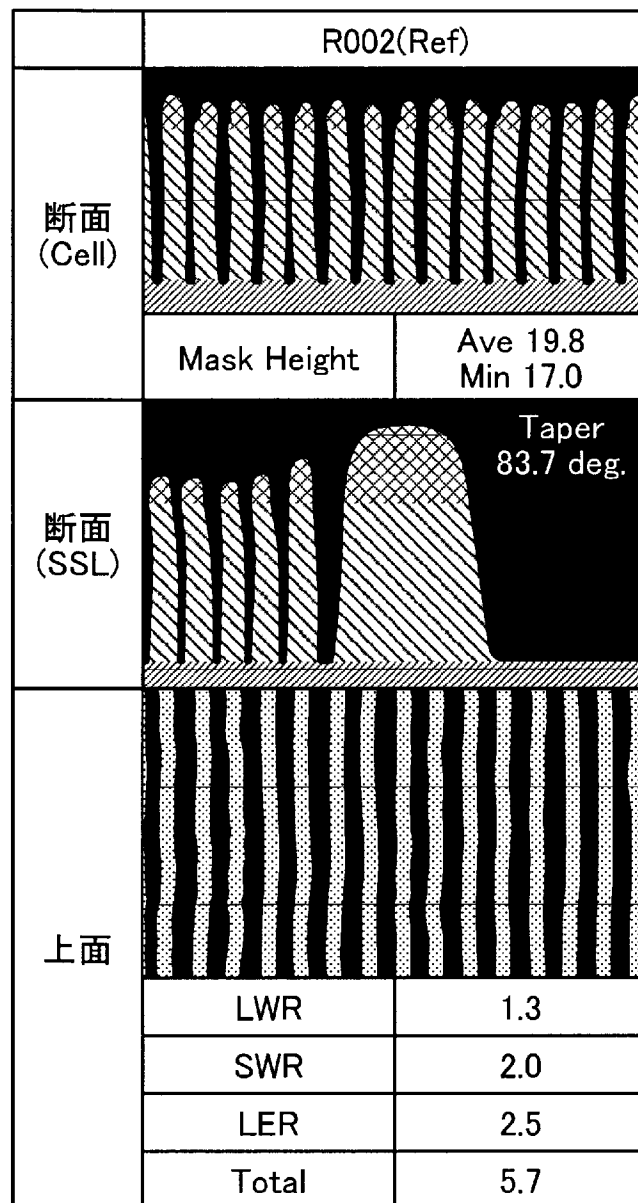
[図4]



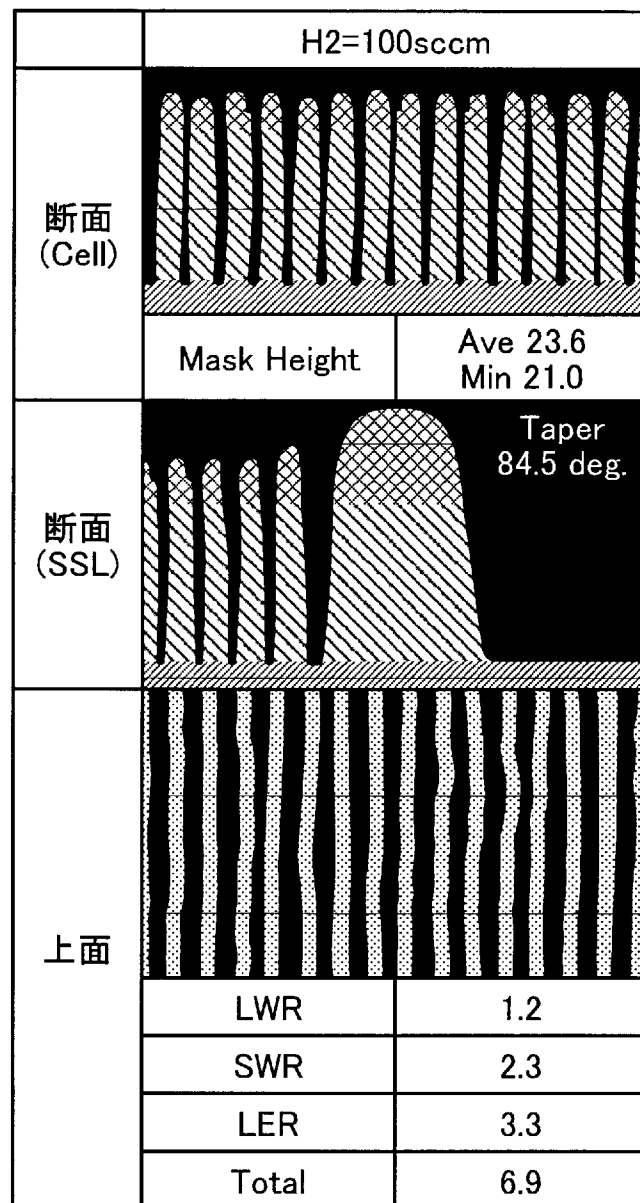
[図5]



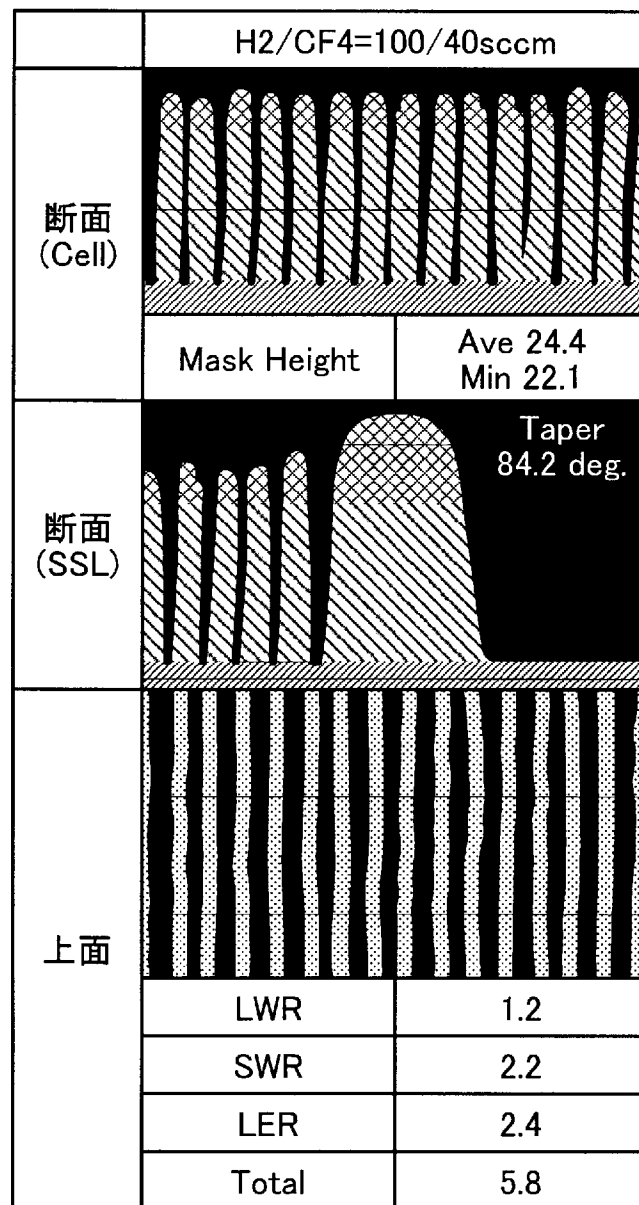
[図6]



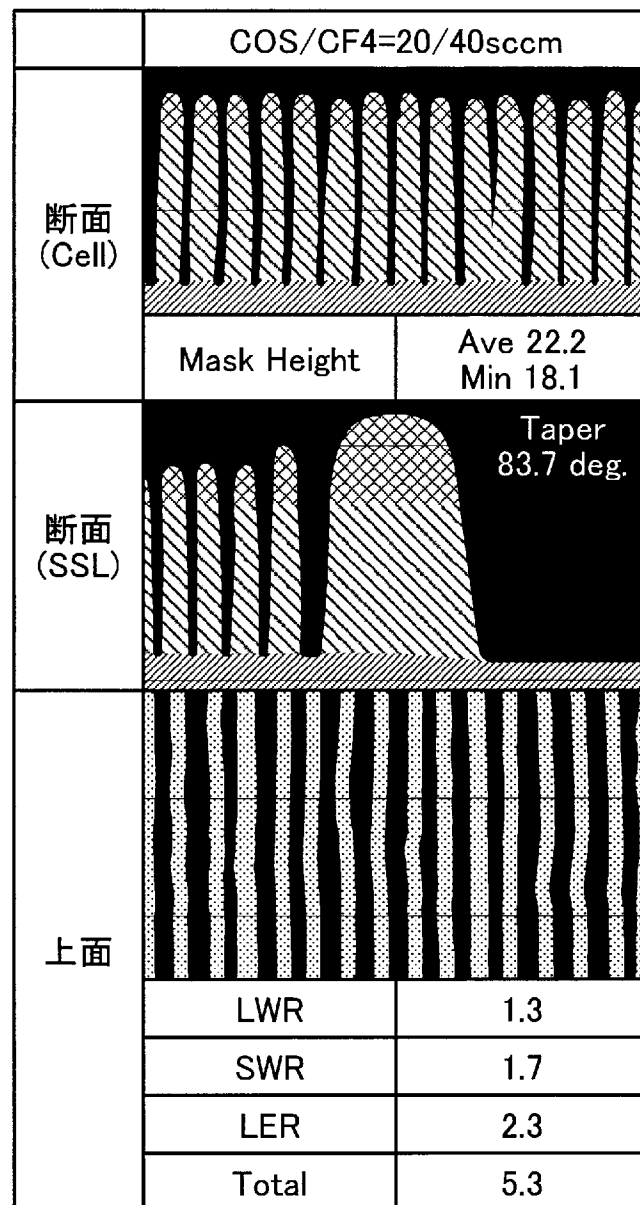
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/075708

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER 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) H01L21/3065		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2013 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013		
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 2011-199243 A (Tokyo Electron Ltd.), 06 October 2011 (06.10.2011), paragraphs [0001], [0026], [0030] to [0102] & US 2011/0244691 A1 & CN 102194689 A & KR 10-2011-0097706 A & TW 201201274 A	1-5
A	JP 2012-195576 A (Tokyo Electron Ltd.), 11 October 2012 (11.10.2012), paragraphs [0001], [0012] to [0057]; fig. 2 & US 2012/0220135 A1 & EP 2492955 A1 & CN 102651336 A & KR 10-2012-0098525 A & TW 201250825 A	1-5
☒ 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 03 December, 2013 (03.12.13)		Date of mailing of the international search report 17 December, 2013 (17.12.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/075708

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 2012-033833 A (Tokyo Electron Ltd.), 16 February 2012 (16.02.2012), paragraphs [0001], [0044] to [0094] & US 2012/0031875 A1 & CN 102347230 A & KR 10-2012-0022582 A & TW 201218269 A	1-5

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		
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		
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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 3 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 3 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 3 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 2011-199243 A（東京エレクトロン株式会社）2011. 10. 06, 第 1, 26, 30-102 段落 & US 2011/0244691 A1 & CN 102194689 A & KR 10-2011-0097706 A & TW 201201274 A	1-5
A	JP 2012-195576 A（東京エレクトロン株式会社）2012. 10. 11, 第 1, 12-57 段落, 第 2 図 & US 2012/0220135 A1 & EP 2492955 A1 & CN 102651336 A & KR 10-2012-0098525 A & TW 201250825 A	1-5
☒ 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 0 3 . 1 2 . 2 0 1 3	国際調査報告の発送日 1 7 . 1 2 . 2 0 1 3	
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 1 0 0 - 8 9 1 5 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） 長谷部 智寿 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 1	4 R 3 3 3 9

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 2012-033833 A (東京エレクトロン株式会社) 2012.02.16, 第 1, 44-94 段落 & US 2012/0031875 A1 & CN 102347230 A & KR 10-2012-0022582 A & TW 201218269 A	1-5