

(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
2018年3月8日(08.03.2018)



(10) 国際公開番号

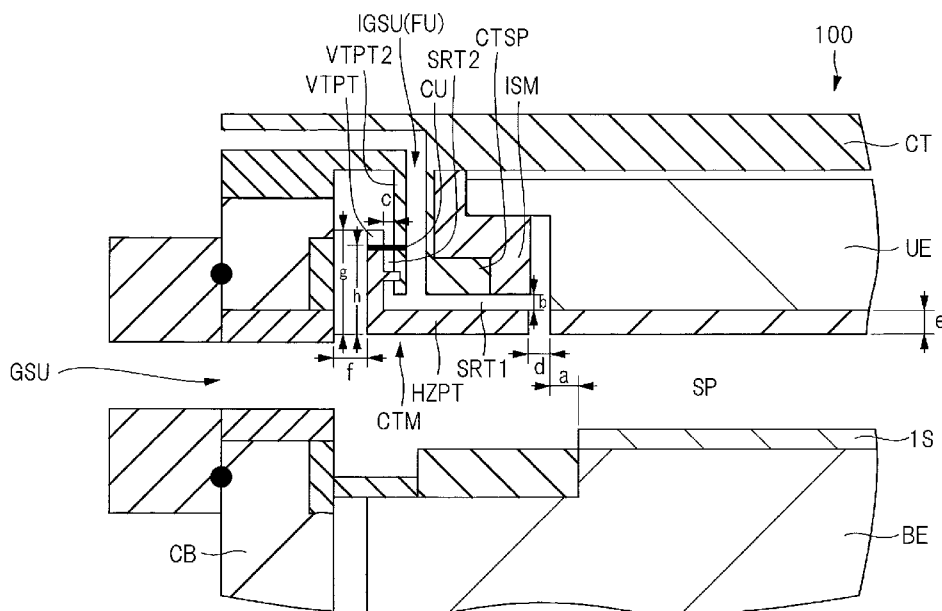
WO 2018/042754 A1

- (51) 国際特許分類:
C23C 16/44 (2006.01) H01L 51/50 (2006.01)
C23C 16/455 (2006.01) H05B 33/04 (2006.01)
H01L 21/31 (2006.01) H05B 33/10 (2006.01)
H01L 21/316 (2006.01) H05H 1/46 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/016187
- (22) 国際出願日: 2017年4月24日(24.04.2017)
- (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 2016-168992 2016年8月31日(31.08.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社日本製鋼所 (THE JAPAN STEEL WORKS, LTD.) [JP/JP]; 〒1410032 東京都品川区大崎一丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 鷲尾 圭亮 (WASHIO, Keisuke); 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦2丁目2番1号 株式会社日本製鋼所内 Kanagawa (JP).
松本 竜弥 (MATSUMOTO, Tatsuya); 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦2丁目2番1号 株式会社日本製鋼所内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人筒井国際特許事務所 (TSUTSUI & ASSOCIATES); 〒1600022 東京都新宿区新宿2丁目3番10号 新宿御苑ビル3階 Tokyo (JP).

(54) Title: PLASMA ATOMIC LAYER GROWTH DEVICE AND ATOMIC LAYER GROWTH METHOD

(54) 発明の名称: プラズマ原子層成長装置および原子層成長方法

図 5



(57) Abstract: Provided is a plasma atomic layer growth device whereby film properties of a film formed on a substrate can be enhanced. The atomic layer growth device according to the present invention forms a film in atomic layer units on a substrate 1S by generating a plasma discharge between a lower electrode BE for retaining the substrate 1S and an upper electrode UE disposed facing the lower electrode BE, the plasma atomic layer growth device being provided with an adhesion prevention member CTM comprising an insulating body for surrounding the upper electrode UE at a distance



(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, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

from the upper electrode UE in plan view.

(57) 要約: 基板上に形成される膜の膜質を向上することができるプラズマ原子層成長装置を提供する。原子層成長装置は、基板1Sを保持する下部電極BEと、下部電極BEと対向配置された上部電極UEとの間にプラズマ放電を生じさせることにより、基板1S上に原子層単位で膜を成膜するプラズマ原子層成長装置であって、平面視において、上部電極UEを離間して囲む絶縁体からなる防着部材CTMを備える。

明 細 書

発明の名称： プラズマ原子層成長装置および原子層成長方法

技術分野

[0001] 本発明は、原子層成長技術に関する。

背景技術

[0002] 特開２００６－３５１６５５号公報（特許文献１）には、ＣＶＤ法（Chemical Vapor Deposition）やスパッタリング法を使用した成膜装置において、防着板を使用するとともに、チャンバの内壁に堆積した堆積物を非晶質膜で覆う技術が記載されている。

[0003] 特開２００９－６２５７９号公報（特許文献２）には、成膜室内の複数の側面部に対応させて複数の防着板を配置し、かつ、防着板を複数に分割して、近接する防着板同士の間隙に隙間を設ける技術が記載されている。

[0004] 特開２０１２－５２２２１号公報（特許文献３）には、スパッタリング空間の圧力値に基づいて、スパッタリング空間内に導入されるガス流量と、真空チャンバの内壁と防着板との間の空間に導入されるガス流量との流量比を制御する技術が記載されている。

[0005] 特開２０１４－１３３９２７号公報（特許文献４）には、複数の貫通孔が形成された一对の防着板を処理室の内壁に近接して配置する技術が記載されている。

[0006] 特開２００１－３１６７９７号公報（特許文献５）には、基板キャリアの表面への膜の付着を防止する防着部材を、基板キャリアの底面に取り付ける技術が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献１：特開２００６－３５１６５５号公報

特許文献２：特開２００９－６２５７９号公報

特許文献３：特開２０１２－５２２２１号公報

特許文献4：特開2014-133927号公報

特許文献5：特開2001-316797号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 原子層成長法は、原料ガスと反応ガスとを基板上に交互に供給することにより、基板上に原子層単位で膜を形成する成膜方法である。この原子層成長法は、原子層単位で膜を形成することから、段差被覆性や膜厚制御性に優れているという利点を有している。一方、原子層成長法を具現化する原子層成長装置では、段差被覆性に優れている利点の裏返しとして、成膜条件の変化を伴うことなく除去することが困難な場所にも容易に膜が形成されやすい。このことから、原子層成長装置では、成膜条件の変化を伴うことなく除去することが困難な場所に形成された膜の剥離に起因する異物の発生によって、基板上に形成される膜の膜質が劣化することが懸念される。

[0009] その他の課題と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

課題を解決するための手段

[0010] 一実施の形態における原子層成長装置は、基板を保持する第1電極と、第1電極と対向配置された第2電極との間にプラズマ放電を生じさせることにより、基板上に原子層単位で膜を成膜する原子層成長装置であって、平面視において、第2電極を離間して囲む絶縁体からなる防着部材を備える。

発明の効果

[0011] 一実施の形態における原子層成長装置によれば、基板上に形成される膜の膜質を向上することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施の形態におけるプラズマ原子層成長装置の全体構成を模式的に示す断面図である。

[図2]上部電極を離間して囲むように設けられた本実施の形態における防着部

材の構成を模式的に示す図である。

[図3]実施の形態における防着部材の構成態様例を示す模式図である。

[図4]実施の形態における防着部材の他の構成態様例を示す模式図である。

[図5]上部電極を支持する部分の詳細構成を模式的に示す図である。

[図6]プラズマ原子層成長装置において、上部電極を支持する部分の断面構成と平面構成との対応関係を模式的に示す図である。

[図7]実施の形態における原子層成長方法を説明するフローチャートである。

[図8] (a) ~ (e) は、基板上に膜を形成する工程を模式的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] <原子層成長装置に特有の改善の余地>

例えば、プラズマCVD装置では、基板を保持する下部電極と、下部電極と対向配置される上部電極との間に複数の原料ガスを供給しながら、下部電極と上部電極との間にプラズマ放電を生じさせる。これにより、プラズマCVD装置では、プラズマ放電で生じた活性種（ラジカル）による化学反応により、基板上に膜を形成する。このとき、プラズマCVD装置では、主にプラズマ放電が形成されている領域（放電空間）に膜が形成される。これは、プラズマCVD装置で使用される原料ガスとして、放電空間に局在化させるために拡散しにくい性質を有している原料ガスが使用されるとともに、複数の原料ガスからプラズマ放電によって活性種（ラジカル）が生じて初めて膜材料が形成されるからである。したがって、プラズマCVD装置では、放電空間から離れた場所（プラズマ放電が生じない場所）には膜が形成されにくい傾向を示すことになる。

[0014] これに対し、例えば、プラズマ原子層成長装置では、基板を保持する下部電極と、下部電極と対向配置される上部電極との間に、原料ガスと反応ガスを交互に供給し、かつ、反応ガスを供給する際にプラズマ放電することにより、基板上に原子層単位で膜を形成する。このとき、プラズマ原子層成長装置では、原子層単位で膜を形成することにより、段差被覆性に優れた膜を

形成することができる。特に、プラズマ原子層成長装置では、段差被覆性を良好にするため、原料ガスとして拡散しやすい材料が使用されるとともに、それぞれのガス（原料ガスやパージガスや反応ガス）が成膜容器内に十分に拡散するだけの時間を確保しながら、それぞれのガスを交互に供給している。このため、例えば、原料ガスや反応ガスは、基板上だけでなく、成膜容器の隅々まで行き渡ることになる。さらには、プラズマ原子層成長装置においては、反応ガスをプラズマ放電させることにより活性種（ラジカル）を形成して、この活性種と基板に吸着した原料ガスとが反応して膜が形成されるだけでなく、プラズマ放電によって活性種（ラジカル）が生じない状態においても、原料ガスと反応ガスとが反応しやすい傾向がある。したがって、プラズマ原子層成長装置では、プラズマ放電が生じていない成膜容器の微細な隙間においても、原料ガスと反応ガスが反応して膜が形成されることになる。つまり、原子層成長装置では、（１）原子層単位で膜を形成すること、（２）成膜容器の隅々まで原料ガスや反応ガスが行き渡ること、（３）プラズマ放電が生じていない場所でも原料ガスと反応ガスとが反応しやすいことという特徴を有する結果、微細な隙間にも膜が形成されることになる。

[0015] このようにプラズマ原子層成長装置においては、基板上だけでなく、微細な隙間を含む成膜容器内の隅々まで膜が形成されてしまうという性質があることになる。そして、この性質に起因して、プラズマ原子層成長装置に特有の改善の余地が存在することを本発明者は見出したので、以下に、この改善の余地について説明することにする。

[0016] 例えば、プラズマ原子層成長装置において、上部電極は、例えば、絶縁支持部材で支持される。ここで、上述したように、プラズマ原子層成長装置では、成膜容器の隅々まで膜が形成されてしまうことから、絶縁支持部材にも膜が形成されることになる。そして、絶縁支持部材に付着した膜の膜厚が厚くなると、付着した膜の一部が絶縁支持部材から剥離して異物となる。この異物は、基板上に形成される膜の膜質を劣化させる要因となる。このことから、基板上に形成される膜の膜質（品質）を向上するためには、絶縁支持部

材に付着した膜を除去する必要がある。

[0017] この点に関し、例えば、成膜容器内に、例えば、 NF_3 ガスなどから構成されるクリーニングガスを導入してドライエッチングを実施することにより、絶縁支持部材に付着した膜を除去することが考えられる。ところが、プラズマ原子層成長装置では、微細な隙間を含む成膜容器の隅々まで膜が形成される一方、クリーニングガスによるドライエッチングでは、プラズマ放電が生じている場所しか膜の除去が行なわれないとともに、クリーニングガスが微細な隙間を含む成膜容器の隅々まで行き渡ることは困難である。さらには、例えば、プラズマ原子層成長装置で形成する膜として、酸化アルミニウム膜 (Al_2O_3 膜) を一例として挙げることができるが、この酸化アルミニウム膜は、ドライエッチングで除去することが困難である。したがって、プラズマ原子層成長装置においては、クリーニングガスを使用したドライエッチングでは、成膜容器の隅々まで形成された膜を除去することは困難であることから、例えば、絶縁支持部材に付着した膜の除去にもドライエッチングを使用することは困難となる。

[0018] そこで、例えば、上部電極を固定する絶縁支持部材を取り外して、絶縁支持部材に付着した膜をウェットエッチングにより除去することが考えられる。ところが、絶縁支持部材を取り外して、ウェットエッチングを施した後、再び、絶縁支持部材を取り付けると、上部電極の取り付け位置が以前の取り付け位置と異なることになる。この場合、上部電極と下部電極との間のプラズマ放電の状態が変化する。つまり、絶縁支持部材を取り外して、ウェットエッチングでクリーニングする方法では、絶縁支持部材の取り付け位置を再現できなくなる結果、絶縁支持部材で支持される上部電極の取り付け位置が変わり、プラズマ放電の状態に代表される成膜条件が変化してしまう。この場合、基板上に形成される膜の品質が変動するおそれがある。さらには、絶縁支持部材に付着した膜をウェットエッチングにより除去する方法では、成膜容器内を大気圧に開放した後、絶縁支持部材を取り出す必要があり、メンテナンス作業性が低下することになる。

[0019] 以上のことから、プラズマ原子層成長装置では、特に、基板上に形成される膜の膜質を向上し、かつ、成膜条件を変えることなく、上部電極を支持する絶縁支持部材に付着した膜を除去することが困難であることがわかる。そこで、本実施の形態では、上部電極を支持する絶縁支持部材に付着した膜を除去する工夫を施している。以下では、この工夫を施した本実施の形態における技術的思想について説明することにする。

[0020] <プラズマ原子層成長装置の全体構成>

図1は、本実施の形態におけるプラズマ原子層成長装置100の全体構成を模式的に示す断面図である。本実施の形態におけるプラズマ原子層成長装置100は、原料ガスと反応ガスとを交互に供給することにより、基板1S上に原子層単位で膜を形成するように構成されている。その際、反応活性を高めるため、基板1Sを加熱することができる。

[0021] 本実施の形態では、原料として、TMA (Tri-Methyl-Aluminum) を使用し、反応活性を高めるため、プラズマ放電が行なわれる。本実施の形態では、プラズマ放電を行なうため、平行平板電極が使用される。

[0022] 図1に示すように、本実施の形態におけるプラズマ原子層成長装置100は、成膜容器CBを有している。この成膜容器CBには、基板1Sを保持するステージが配置されており、このステージは、下部電極BEとして機能する。また、ステージは、ヒータを備え、基板1Sの温度を調整することができるように構成されている。例えば、本実施の形態におけるプラズマ原子層成長装置100の場合、ステージ上に保持される基板1Sは、50℃～200℃に加熱される。そして、成膜容器CBは、真空中に維持される。

[0023] 次に、図1に示すように、成膜容器CBには、原料ガスやパージガスや反応ガスを供給するガス供給部GSUが設けられているとともに、原料ガスやパージガスや反応ガスを排気するガス排気部GVUが設けられている。例えば、ガス供給部GSUとガス排気部GVUとは、互いに対向する位置に設けられており、ガス供給部GSUから供給されたガスは、成膜容器CB内の放電空間SPを通して、ガス排気部GVUから排気される。

[0024] さらに、成膜容器C B内には、下部電極B E上に搭載されている基板1 Sの上方に位置する放電空間を挟んで、上部電極U Eが配置されている。すなわち、上部電極U Eは、基板1 Sが搭載された下部電極B Eと対向するように配置されている。そして、上部電極U Eの上方に天板C Tが配置されており、この天板C Tには、上部電極U Eを支持するための天板支持部C T S Pが設けられている。さらに、天板支持部C T S Pと密着するように絶縁支持部材I S Mが配置されており、この絶縁支持部材I S Mによって、上部電極U Eが支持されている。そして、図1に示すように、本実施の形態におけるプラズマ原子層成長装置1 0 0は、平面視において、上部電極U Eを離間して囲む絶縁体からなる防着部材C T Mを有しており、平面視において、防着部材C T Mは、絶縁支持部材I S Mと重なるように配置されている。

[0025] 続いて、図1に示すように、天板C Tには、成膜容器C B内に窒素ガスなどの不活性ガスを供給する不活性ガス供給部I G S Uが設けられている。このように、本実施の形態におけるプラズマ原子層成長装置1 0 0には、原料ガスやパージガスや反応ガスを供給するガス供給部G S Uの他に、不活性ガスを供給する不活性ガス供給部I G S Uが別個に設けられている。

[0026] <防着部材の構成>

次に、本実施の形態における防着部材C T Mの構成について説明する。図2は、上部電極U Eを離間して囲むように設けられた本実施の形態における防着部材C T Mの構成を模式的に示す図である。図2において、二点鎖線で示す直方体が上部電極U Eの模式的な構成を示している。図2に示す上部電極U Eは、図1に示す下部電極B Eと対向する表面S U Rと、表面S U Rと交差する側面S S 1と、側面S S 1の反対側に位置する側面S S 2と、表面S U Rおよび側面S S 1と交差する側面S S 3と、側面S S 3の反対側に位置する側面S S 4とを有する。そして、図2に示すように、本実施の形態における防着部材C T Mは、上部電極U Eを離間して取り囲むように構成されている。具体的に、本実施の形態における防着部材C T Mは、上部電極U Eの側面S S 1と対向する部位(part)P T 1と、上部電極U Eの側面S S 2

と対向する部位 P T 2 と、上部電極 U E の側面 S S 3 と対向する部位 P T 3 と、上部電極 U E の側面 S S 4 と対向する部位 P T 4 とを有する。一方、本実施の形態における防着部材 C T M は、図 2 に示すように、上部電極 U E の表面 S U R を露出するように、防着部材 C T M の底部に開口部が形成されている。この結果、図 2 に示すように、本実施の形態における防着部材 C T M の部位 P T 1 ～ P T 4 のそれぞれは、水平部位と垂直部位とを有する L 字形状をしていることになる。

[0027] ここで、防着部材 C T M の部位 P T 1 ～ P T 4 のそれぞれには、固定部材を埋め込む複数の固定穴 S H と、固定部材を支持する複数の凸部 S U とが形成されている。これにより、防着部材 C T M は、図 2 では図示されない固定部材で支持されることになる。このようにして、本実施の形態におけるプラズマ原子層成長装置には、上部電極 U E を囲む防着部材 C T M が設けられていることになる。

[0028] <防着部材の第 1 構成態様（一体化）>

図 3 は、本実施の形態における防着部材 C T M の構成態様例を示す模式図である。図 3 に示す防着部材 C T M の構成態様では、防着部材 C T M を構成する部位 P T 1 ～ P T 4 が一体的に形成されている。すなわち、図 3 に示す防着部材 C T M の部位 P T 1 ～ P T 4 は、継ぎ目のない一体物として形成されている。これにより、一体化された部位 P T 1 ～ P T 4 から構成される防着部材 C T M によれば、以下に示す利点を得ることができる。

[0029] すなわち、<原子層成長装置に特有の改善の余地>の欄で説明したように、プラズマ原子層成長装置では、放電空間から離れたプラズマ放電が生成されない場所においても膜が形成され、かつ、原子層単位で成膜されることに起因して、微細な隙間まで膜が形成されてしまう性質がある。このことから、プラズマ原子層成長装置では、例えば、上部電極を覆う防着部材 C T M にも膜が付着する。この点に関し、図 3 に示す防着部材 C T M の部位 P T 1 ～ P T 4 は、継ぎ目のない一体物として形成されている。したがって、図 3 に示す防着部材 C T M には、防着部材 C T M に微細な隙間が形成されないこと

から、微細な隙間に膜が形成されて剥離することによる異物の発生を抑制することができる。つまり、成膜空間の隅々まで異物の発生源となる膜が形成されるプラズマ原子層成長装置では、異物の発生を極力低減できる部材を使用することが望まれている。この観点から、継ぎ目のない一体物として形成されている防着部材CTMは、異物の発生源を極力省いた望ましい部材といえることができる。なぜなら、図3に示すように、防着部材CTMを継ぎ目のない一体物から構成する場合、そもそも、膜の除去が困難な微細な隙間が存在しないことから、微細な隙間に形成された膜の剥離に起因する異物の発生ポテンシャルを無くすることができるからである。つまり、継ぎ目のない一体物からなる防着部材CTMによれば、取り外して付着した膜を除去することにより、異物の発生ポテンシャルの低い防着部材CTMを提供することができる。この結果、図3に示す継ぎ目のない一体物からなる防着部材CTMによれば、基板上に異物が付着することを防止できることから、基板上に形成される膜の膜質（品質）を向上することができる。

[0030] さらに、プラズマ原子層成長装置では、平坦面と比べて微細な隙間に膜が形成されやすい性質がある。このため、継ぎ目のない一体物からなる防着部材CTMによれば、膜が形成されやすい微細な隙間が存在しないため、防着部材CTMのメンテナンス周期を長くすることができる利点を得ることができる。

[0031] <防着部材の第2構成態様（分割）>

図4は、本実施の形態における防着部材CTMの他の構成態様例を示す模式図である。図4に示す防着部材CTMの構成態様では、防着部材CTMを構成する部位PT1～PT4は、別々の部品（piece）から構成されている。すなわち、図4に示す防着部材CTMは、部位PT1に対応する部品PCE1と、部位PT2に対応する部品PCE2と、部位PT3に対応する部品PCE3と、部位PT4に対応する部品PCE4とから構成されている。このように、本実施の形態における防着部材CTMは、図3に示す継ぎ目のない一体物として構成するだけでなく、図4に示す別部品の組み合わせからも構

成できる。

[0032] ここで、図4に示す防着部材CTMは、別部品の組み合わせからも構成されているため、部品間に継ぎ目が存在することになる。このことから、図4に示す防着部材CTMでは、部品間に微細な隙間が存在することになり、この微細な隙間にも膜が形成されることになる。この結果、図4に示す防着部材CTMでは、微細な隙間に形成された膜の剥離に起因する異物の発生ポテンシャルが大きくなると考えられる。

[0033] この点に関し、図4に示す防着部材CTMでは、微細な隙間が形成されるが、図4に示す防着部材CTMを別部品の組み合わせから構成するという点によって、微細な隙間に形成された膜の剥離に起因する異物の発生ポテンシャルは低減することができるのである。

[0034] 以下に、この点について説明する。別部品の組み合わせから防着部材CTMを形成する場合、確かに、部品間の継ぎ目に微細な隙間が形成されることから、微細な隙間に形成された膜の剥離に起因する異物の発生ポテンシャルが大きくなると考えられる。ただし、実際には、別部品の組み合わせから防着部材CTMを構成する場合、防着部材CTMは、それぞれの部品に分解して取り外すことができる。このように個々の部品に分解してしまえば、部品同士を組み合わせた場合に生じる微細な隙間は存在なくなり、個々の部品をウェットエッチングすることで、微細な隙間に対応した部分に付着した膜を除去することができる。つまり、防着部材CTMが別部品の組み合わせから構成されている場合、組み合わせた段階では微細な隙間が存在するが、防着部材CTMを分解して取り外すことができる。このため、分解した部品ごとにウェットエッチングを施すことによって、微細な隙間に対応する個々の部品の部位に付着した膜でも充分に除去することができる。

[0035] 上述したように、防着部材CTMを別部品の組み合わせから構成する場合、取り外した後に分解してウェットエッチングを施すことにより、異物の発生ポテンシャルの低い防着部材CTMを実現することができる。ただし、この場合、分解した部品を再度組み合わせると、分解前の防着部材CTMの取

り付け形状や取り付け位置と、分解後の防着部材CTMの取り付け形状や取り付け位置とが微妙に異なることが考えられる。しかし、防着部材CTM自体は、上部電極や下部電極のように、プラズマ放電に直接関連性を有する部位ではないことから、防着部材CTMの取り付け形状や取り付け位置が分解前と分解後で微妙に相違しても、プラズマ放電特性に代表される成膜条件に及ぼす影響は大きくないと考えられる。このことから、防着部材CTMを別部品の組み合わせから構成する場合であっても、取り付け形状や取り付け位置が微妙に異なることに起因する成膜条件の変化はほとんどないものと考えることができる。たとえ、部品の取り付け形状や取り付け位置が微妙に異なることに起因する成膜条件の変化が生じるにしても、それは無視できるレベルと考えることができる。したがって、図4に示すように、防着部材CTMを別部品の組み合わせから構成する場合であっても、成膜条件を大幅に変化させることなく、部品に付着した膜の除去が可能であり、かつ、異物の発生ポテンシャルをある程度低くできる点で有用である。すなわち、防着部材CTMからの異物の発生を抑制する観点からは、図3に示す継ぎ目のない一体物からなる防着部材CTMが望ましい一方、図4に示す別部品の組み合わせからなる防着部材CTMによっても、基板上に異物が付着することを防止できることから、基板上に形成される膜の膜質（品質）を向上することができる。

[0036] ただし、上述したように、プラズマ原子層成長装置では、平坦面と比べて微細な隙間に膜が形成されやすい性質がある。このことから、防着部材CTMを別部品の組み合わせから構成すると、防着部材CTMを継ぎ目のない一体物から構成する場合に比べて、膜が形成されやすい微細な隙間が存在する分だけ、異物の発生ポテンシャルが高くなる。この結果、防着部材CTMのメンテナンス周期が短くなる。つまり、メンテナンス周期を長くする観点からは、防着部材CTMを別部品の組み合わせから構成する場合よりも、防着部材CTMを継ぎ目のない一体物から構成する場合のほうが望ましいといえる。

[0037] 一方、図4に示すように、防着部材CTMを別部品の組み合わせから構成する場合には、以下に示す利点を得ることができる点で有用な面もある。まず、第1の利点としては、部品間の継ぎ目に微細な隙間が形成されるが、これにより、例えば、防着部材CTMが成膜容器内の加熱によって、部品のそれぞれが体積膨張する場合であっても、この体積膨張を部品間の微細な隙間で吸収することができる結果、成膜容器内の加熱に起因する防着部材CTMの変形を抑制することができる。このことは、防着部材CTMと、防着部材CTMを固定する固定部材との接続部位にかかる応力の増大を抑制することができることを意味し、これによって、防着部材CTMの取り付け安定性を向上することができる。

[0038] 続いて、第2の利点は、例えば、プラズマ原子層成長装置の大型化に伴って、上部電極のサイズが大きくなることに対応して、上部電極を囲む防着部材CTMのサイズが大きくなる場合であっても、防着部材CTMが複数の別部品から構成されている結果、防着部材CTMの製造容易性を確保することができる。なぜなら、防着部材CTMは、絶縁体から構成されており、例えば、セラミックを加工することにより形成される。この場合、防着部材CTMを一体物から構成すると、大きなサイズの加工が必要となり、特に、セラミックの加工の観点から製造困難性が大きくなる。この点に関し、防着部材CTMを複数の別部部品から構成すると、複数の部品のそれぞれのサイズは小さくて済むことから、加工容易性が向上するのである。つまり、図4に示すように、防着部材CTMを別部品の組み合わせから構成する場合には、防着部材CTM自体の製造容易性を向上できる利点が得られる。

[0039] さらに、第3の利点は、防着部材CTMを一体物から構成すると、防着部材CTM自体の質量が大きくなる結果、プラズマ原子層成長装置に取り付ける際の負担が大きくなる。これに対し、防着部材CTMを複数の別部部品から構成する場合、個々の部品自体は取扱いが容易になることから、防着部材CTMの取り付け容易性およびメンテナンス作業性を向上することができる。以上のことから、図4に示すように、防着部材CTMを別部品の組み合わ

せから構成する場合には、防着部材 C T M 自体の製造容易性の向上や、防着部材 C T M の取り付け容易性およびメンテナンス作業容易性を向上できる点で有用である。

[0040] なお、部品間の継ぎ目に形成される微細な隙間は、例えば、0.001 mm 以上 20 mm 以下の範囲の値であることが望ましい。特に、この微細な隙間は、取り付け精度を考慮した部品間の干渉による破損防止の観点と、隙間への不必要な膜の形成をできるだけ抑制する観点とを総合的に考慮して決定することが望ましい。

[0041] <上部電極を支持する部分の詳細構成>

次に、上部電極を支持する部分の詳細構成について説明する。図5は、図1のうちの上部電極 U E を支持する部分の詳細構成を模式的に示す図である。図5において、天板 C T から突出する天板支持部 C T S P には、絶縁支持部材 I S M が密着しており、この絶縁支持部材 I S M によって、上部電極 U E が支持されている。このとき、図5に示すように、垂直方向（図5の上下方向）において、上部電極 U E は、絶縁支持部材 I S M によって支持されている一方、水平方向（図5の左右方向）の一部において、上部電極 U E と絶縁支持部材 I S M との間には隙間が設けられている。これは、上部電極 U E が導体から構成される一方、絶縁支持部材 I S M がセラミックに代表される絶縁体から構成されており、熱膨張率が大きく異なるからである。すなわち、水平方向の全体にわたって、導体から構成される上部電極 U E と、絶縁体から構成される絶縁支持部材 I S M とを密着させると、上部電極 U E の熱膨張率と絶縁支持部材 I S M の熱膨張率の大きな相違から、上部電極 U E および絶縁支持部材 I S M に大きな変形が生じることになる。この場合、例えば、上部電極 U E が変形すると、プラズマ放電の状態（成膜条件）が変化することが考えられる。そこで、図5に示すように、本実施の形態では、水平方向（図5の左右方向）の一部において、上部電極 U E と絶縁支持部材 I S M との間に隙間を設けている。これにより、上部電極 U E の体積膨張を吸収することができ、これによって、上部電極 U E の変形に伴うプラズマ放電の状

態変化（成膜条件の変化）を抑制することができる。

[0042] 続いて、図5に示すように、天板CTには、成膜容器の内部に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部IGSUが設けられており、この不活性ガス供給部IGSUは、天板支持部CTSPに隣接するように形成されている。そして、本実施の形態におけるプラズマ原子層成長装置100は、図5に示すように、平面視において、上部電極UEを離間して囲む防着部材CTMを有する。このとき、平面視において、防着部材CTMは、絶縁支持部材ISM、天板支持部CTSPおよび不活性ガス供給部IGSUと重なるように配置されている。ここで、不活性ガス供給部IGSUは、上部電極UEと防着部材CTMとの隙間に不活性ガスを供給するように構成されている。そして、防着部材CTMと不活性ガス供給部IGSUとの間には、不活性ガスが流れる不活性ガス供給路が形成されている。具体的には、図5に示すように、上述した不活性ガス供給路は、上部電極UEに近づく方向に不活性ガスが流れる不活性ガス供給路SRT1と、上部電極UEから遠ざかる方向に不活性ガスが流れる不活性ガス供給路SRT2とを有する。特に、図5に示すように、不活性ガス供給路SRT2は、垂直方向（図5の上下方向）に不活性ガスが流れる垂直流路を有し、垂直流路を挟む防着部材の垂直部位VTPTと不活性ガス供給部IGSUの垂直部位VTPT2とが固定部材で接続されている。つまり、図5に示すように、防着部材CTMは、水平部位HZPTと垂直部位VTPTとを有するL字形状をしており、防着部材CTMの垂直部位VTPTと不活性ガス供給部IGSUの垂直部位VTPT2とが固定部材で接続されている。言い換えれば、不活性ガス供給部IGSUは、防着部材CTMを固定する固定部FUとして機能し、この固定部FUの垂直部位VTPT2と防着部材CTMの垂直部位VTPTとは、接続部CUで接続されている。以上のようにして、上部電極UEを支持する部分が構成されていることになる。

[0043] <上部電極を支持する部分の断面構成と平面構成との対応関係>

次に、上部電極を支持する部分の断面構成と平面構成との対応関係について

て説明する。図6は、プラズマ原子層成長装置100において、上部電極UEを支持する部分の断面構成と平面構成との対応関係を模式的に示す図である。図6のうちの上図が断面図に対応し、図6のうちの中央図が防着部材CTMを透視して下側から見た平面図に対応し、図6のうちの下図が防着部材CTMを省略せずに下側から見た平面図に対応する。

[0044] 図6のうちの中央図において、矩形形状をした上部電極UEを離間して囲むように絶縁支持部材ISMが設けられており、この支持部材ISMを囲むように、不活性ガス供給部IGSUが設けられている、この不活性ガス供給部IGSUには、不活性ガスを供給する複数の供給口FOが形成されている。そして、図6のうちの下図においては、上部電極UEを離間して囲むように防着部材CTMが設けられている。したがって、図6のうちの中央図と図6のうちの下図を重ねるとわかるように、平面視において、防着部材CTMは、絶縁支持部材ISMと不活性ガス供給部IGSUとを内包するように配置されている。

[0045] <実施の形態における構造上の特徴>

本実施の形態におけるプラズマ原子層成長装置100は、上記のように構成されており、以下に、その特徴点について説明する。

[0046] 本実施の形態における第1特徴点は、例えば、図2に示すように、平面視において、上部電極UEを囲むように防着部材CTMが設けられている点にある。これにより、上部電極UEの周囲に設けられた部材に膜が付着することを防止できる。すなわち、プラズマ原子層成長装置では、(1)原子層単位で膜を形成すること、(2)成膜容器の隅々まで原料ガスや反応ガスが行き渡ること、(3)プラズマ放電が生じていない場所でも原料ガスと反応ガスとが反応しやすいことという性質を有することから、上部電極UEと下部電極BEで挟まれた放電空間から離れた場所に設けられている部材においても膜が付着する。特に、上部電極UEの周囲に設けられた部材は、放電空間に近いこともあり、膜の付着が生じやすい。したがって、本実施の形態では、平面視において、上部電極UEの周囲を囲むように防着部材CTMを設け

ている。これにより、上部電極U Eの周囲に配置された部材に膜が付着することを効果的に防止することができる。

[0047] 特に、上部電極U Eの周囲を囲むように防着部材C T Mを設けている技術的意義は、以下の点にある。例えば、平面視において、上部電極U Eの周囲に設けられた部材と重なるように防着部材C T Mを設けない場合、上部電極U Eの周囲に設けられた部材に膜が付着する。そして、上部電極U Eの周囲に設けられた部材に付着した膜の厚さが厚くなると、付着した膜の一部が剥離して異物となる。特に、上部電極U Eの周囲に設けられた部材は、放電空間の上方に配置される上部電極U Eに近接して設けられており、上部電極U Eの周囲に設けられた部材から剥離した異物は、容易に、放電空間の下方に位置する下部電極B E上に搭載された基板1 S上に付着しやすくなる。この場合、異物によって、基板1 S上に形成される膜の膜質（品質）が劣化するおそれがある。つまり、基板1 S上に形成する膜の膜質を向上するためには、上部電極U Eの周囲に設けられた部材から発生する異物が基板1 Sに付着することを抑制することが重要なのである。すなわち、上部電極U Eの周囲に設けられた部材は、上部電極U Eに近接して設けられており、このことは、平面的に下部電極B E上に搭載されている基板1 Sの上方に、上部電極U Eの周囲に設けられた部材が近接して配置されていることを意味する。この結果、上部電極U Eの周囲に設けられた部材に付着した膜の剥離により生じた異物によって、基板1 Sに形成される膜の膜質が大きく影響を受けることになる。したがって、基板1 Sに形成される膜の膜質を向上するためには、上部電極U Eの周囲に設けられた部材への膜の付着を防止することが重要であり、このことを実現するために、本実施の形態では、平面視において、上部電極U Eを囲むように防着部材C T Mを設けているのである。つまり、本実施の形態における第1特徴点は、上部電極U Eの周囲に設けられた部材への膜の付着を防止するという技術的意義を有しており、これによって、基板1 Sに形成される膜の膜質の劣化を抑制できる。

[0048] ここで、本実施の形態における第1特徴点によれば、上部電極U Eの周囲

に設けられた部材への膜の付着が防止される一方、上部電極UEを囲むように設けられた防着部材CTMには膜が付着する。したがって、防着部材CTMに付着した膜の一部が剥離して異物となる可能性がある。ただし、防着部材CTMは、取り外し可能なように構成されている。このため、例えば、防着部材CTMに付着した膜の厚さが所定の厚さに達した場合には、防着部材CTMを取り外した後、ウットエッチングなどによって、防着部材CTMに付着した膜を除去して、再び、膜を除去した防着部材CTMを取り付けるメンテナンス作業を実施することにより、防着部材CTMからの異物の発生を抑制することができる。

[0049] この点に関し、防着部材CTMを設けることなく、上部電極UEの周囲に設けられた部材を取り外した後、ウットエッチングなどによって、防着部材CTMに付着した膜を除去して、再び、膜を除去した防着部材CTMを取り付けることが考えられる。この場合も、上部電極UEの周囲に設けられた部材からの異物の発生を抑制できると考えられる。

[0050] ただし、この場合、以下に示す副作用が生じるのである。この点について、例えば、図5に示すように、上部電極UEの周囲に設けられた部材の一例として、上部電極UEを支持する絶縁支持部材ISMを取り上げて説明することにする。図5に示すように、上部電極UEは、絶縁支持部材ISMで支持されている。このことから、例えば、絶縁支持部材ISMに付着した膜を除去するために、上部電極UEを固定する絶縁支持部材ISMを取り外して、絶縁支持部材ISMに付着した膜をウェットエッチングにより除去することが考えられる。ところが、絶縁支持部材ISMを取り外して、ウェットエッチングを施した後、再び、絶縁支持部材ISMを取り付けると、上部電極UEの取り付け位置が以前の取り付け位置と異なることになるのである。この場合、上部電極UEと下部電極BEとの間のプラズマ放電の状態が変化する。つまり、絶縁支持部材ISMを取り外して、ウェットエッチングでクリーニングする方法では、絶縁支持部材ISMの取り付け位置を再現できなくなる結果、絶縁支持部材ISMで支持される上部電極UEの取り付け位置が

変わり、プラズマ放電の状態に代表される成膜条件が変化してしまうという副作用が生じるのである。この場合、基板上に形成される膜の品質が変動するおそれがある。

[0051] これに対し、本実施の形態では、例えば、図5に示すように、上部電極UEの周囲に上部電極UEを支持する絶縁支持部材ISMが設けられており、この絶縁支持部材ISMに膜が付着することを防止するために、上部電極UEを囲むように防着部材CTMを設けている。具体的には、図6に示すように、平面視において、防着部材CTMは、絶縁支持部材ISMと重なるように配置されている。これにより、本実施の形態によれば、絶縁支持部材ISMに膜が付着することを防止できる結果、絶縁支持部材ISMを取り外す必要性がなくなることになる。したがって、本実施の形態によれば、絶縁支持部材ISMを取り外して、ウェットエッチングを施した後、再び、絶縁支持部材ISMを取り付けるということが不要となり、上部電極UEの取り付け位置が以前の取り付け位置と異なることに起因する成膜条件の変化という副作用を防止することができるのである。

[0052] 一方、本実施の形態では、防着部材CTMに関して、防着部材CTMを取り外した後、ウェットエッチングなどによって、防着部材CTMに付着した膜を除去して、再び、膜を除去した防着部材CTMを取り付けることを実施する。この点に関し、たとえ、防着部材CTMを取り外した後、防着部材CTMに付着した膜を除去して、再び、膜を除去した防着部材CTMを取り付けることを行なったとしても、例えば、図5に示すように、防着部材CTM自体は、上部電極UEを支持している部材ではないので、上部電極UEの取り付け位置が以前の取り付け位置と異なることは生じない。すなわち、防着部材CTMを取り外した後、防着部材CTMに付着した膜を除去して、再び、膜を除去した防着部材CTMを取り付けることを行なったとしても、上部電極UEの取り付け位置が以前の取り付け位置と異なることに起因する成膜条件の変化という副作用は生じないのである。このことから、本実施の形態における第1特徴点によれば、成膜条件を変化させることなく、基板上に形成

される膜の品質を向上することができるという顕著な効果を得ることができる。

[0053] 続いて、本実施の形態における第2特徴点は、例えば、図2や図5に示すように、上部電極UEを離間して囲むように防着部材CTMを設けている点にある。これにより、上部電極UEおよび防着部材CTMのそれぞれの変形や破損を防止することができる。例えば、上部電極UEは、導体から構成される一方、防着部材CTMは、絶縁体（セラミック）から構成される。したがって、上部電極UEの熱膨張率と、防着部材CTMの熱膨張率は大きく相違する。この場合、例えば、上部電極UEを密着して囲むように防着部材CTMを形成すると、上部電極UEの熱膨張率と、防着部材CTMの熱膨張率との相違によって、上部電極UEおよび防着部材CTMのそれぞれに歪みが発生して変形するおそれがある。そして、歪みが大きくなると、特に、セラミックから構成されている防着部材CTMが破損するおそれがある。このため、本実施の形態では、例えば、図5に示すように、上部電極UEを離間して囲むように防着部材CTMを設けている。言い換えれば、上部電極UEと防着部材CTMとの間に隙間を設けている。これにより、本実施の形態における第2特徴点によれば、成膜容器内が加熱される場合であっても、上部電極UEおよび防着部材CTMのそれぞれの体積膨張が隙間によって吸収されるため、上部電極UEおよび防着部材CTMの変形および破損を抑制することができる。

[0054] ただし、本実施の形態における第2特徴点を実現すると、図5に示すように、必然的に、上部電極UEと防着部材CTMとの間に隙間が形成されることになる。この場合、微細な隙間を含む成膜容器内の隅々まで膜が形成されてしまうというプラズマ原子層成長装置の特性から、上部電極UEと防着部材CTMとの隙間に膜が形成されてしまうことになる。特に、図5に示すように、熱膨張率の相違に起因する変形や破損を防止するため、防着部材CTMと上部電極UEとの間に隙間を設ける同じ理由で、絶縁支持部材ISMの一部分と上部電極UEとの間にも隙間が設けられている。したがって、これ

らの隙間に原料ガスや反応ガスが侵入することによって、隙間から露出する絶縁支持部材 I S M の一部に膜が形成されてしまうことが懸念される。すなわち、平面視において、上部電極 U E を囲むように防着部材 C T M を設けるという第 1 特徴点を具現化する際、部材間の熱膨張率の相違を考慮して、上部電極 U E を「離間して」囲むように防着部材 C T M を設けるという第 2 特徴点を採用すると、例えば、上部電極 U E を支持する絶縁支持部材 I S M の一部分に不要な膜が付着してしまう可能性があるのである。つまり、上部電極 U E を支持する絶縁支持部材 I S M に膜が付着することをほぼ完全に防止して、絶縁支持部材 I S M のメンテナンスフリー化を実現する観点からは、上述した第 2 特徴点の構成では、充分とは言えず、さらなる改善のための工夫が必要とされるのである。そこで、本実施の形態では、上述した第 2 特徴点の構成を採用しながら、上部電極 U E を支持する絶縁支持部材 I S M に膜が付着することをほぼ完全に防止するために工夫を施しており、この工夫点が本実施の形態における第 3 特徴点である。以下では、この本実施の形態における第 3 特徴点について説明することにする。

[0055] 本実施の形態における第 3 特徴点は、例えば、図 5 に示すように、上部電極 U E と防着部材 C T M との隙間に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部 I G S U を有する点にある。具体的には、図 5 に示すように、上部電極 U E を支持する絶縁支持部材 I S M を固定する天板支持部 C T S P の外側に天板 C T を加工して形成された不活性ガス供給部 I G S U が設けられている。そして、不活性ガス供給部 I G S U は、防着部材 C T M と天板支持部 C T S P との隙間および防着部材 C T M と絶縁支持部材 I S M との隙間からなる不活性ガス供給路 S R T 1 と繋がっている。この不活性ガス供給路 S R T 1 は、不活性ガス供給部 I G S U から供給される不活性ガスを上部電極 U E に近づく方向に流す経路として機能しており、防着部材 C T M と上部電極 U E との間の隙間および絶縁支持部材 I S M と上部電極 U E との間の隙間に繋がっている。

[0056] これにより、本実施の形態における第 3 特徴点によれば、不活性ガス供給

部 I G S U から供給された不活性ガスは、不活性ガス供給路 S R T 1 を通って、防着部材 C T M と上部電極 U E との間の隙間および絶縁支持部材 I S M と上部電極 U E との間の隙間に充填される。このため、たとえ、本実施の形態における第 2 特徴点を採用する結果、防着部材 C T M と上部電極 U E との間および絶縁支持部材 I S M の一部分と上部電極 U E との間に隙間が形成されることになっても、これらの隙間に不活性ガスが充填されることになる。言い換えれば、不活性ガス供給部 I G S U から供給される不活性ガスによって、防着部材 C T M と上部電極 U E との間および絶縁支持部材 I S M の一部分と上部電極 U E との間に形成される隙間に原料ガスや反応ガスが侵入することが阻止される。この結果、絶縁支持部材 I S M の一部分と上部電極 U E との間に形成される隙間を設けても、この隙間に原料ガスや反応ガスが侵入することを抑制できることから、この隙間から露出する絶縁支持部材 I S M の一部分に膜が付着することを防止できる。

[0057] 以上のことから、本実施の形態における第 3 特徴点によれば、部材間の熱膨張率の相違を考慮して、上部電極 U E を「離間して」囲むように防着部材 C T M を設けるといふ本実施の形態における第 2 特徴点を採用しながらも、例えば、上部電極 U E を支持する絶縁支持部材 I S M の一部分に不要な膜が付着することを防止できる。つまり、本実施の形態における第 2 特徴点と第 3 特徴点の両方を採用することにより、部材の変形や破損のポテンシャルを低くしながら、上部電極 U E を支持する絶縁支持部材 I S M に膜が付着することをほぼ完全に防止することができる。このことは、本実施の形態における第 2 特徴点と第 3 特徴点との採用によって、絶縁支持部材 I S M のメンテナンスフリー化をほぼ完全に実現できることを意味する。この結果、上部電極 U E の取り付け位置が以前の取り付け位置と異なることに起因する成膜条件の変化という副作用を生じさせることなく、基板上に形成される膜の品質を向上することができるという顕著な効果を得ることができる。

[0058] 次に、本実施の形態における第 4 特徴点について説明する。例えば、図 5 において、防着部材 C T M の固定方法として、不活性ガス供給路 S R T 1 を

挟む天板支持部C T S Pと防着部材C T Mとを固定部材（ビス）で固定することによって、防着部材C T Mを天板支持部C T S Pに固定することが考えられる。ところが、天板支持部C T S Pと防着部材C T Mで挟まれる不活性ガス供給路S R T 1は、放電空間に近い位置に配置されているため、不活性ガス供給部I G S Uからの不活性ガスの供給が不十分な場合には、不活性ガス供給路S R T 1に原料ガスや反応ガス（活性種）が侵入しやすくなると考えられる。このとき、例えば、天板支持部C T S Pと防着部材C T Mの両方にビス穴を設けて、ビス（固定部材）で固定することになる。ところが、プラズマ原子層成長装置では、ビス穴の微細な隙間にも膜が付着するため、ビス穴に付着した膜によってビスが強固に固定されることになる。このことから、ビス穴に膜が付着すると、ビスの取り外しに大きな力が必要とされることになり、これによって、ビス自体や防着部材C T Mが破損するおそれがある。

[0059] したがって、ビス自体や防着部材C T Mの破損を防止するために、防着版C T Mの固定は、なるべく放電空間から離れた場所で行なうことが望ましい。なぜなら、放電空間から離れた場所に防着部材C T Mを固定するための固定部を設ける場合には、不活性ガス供給部I G S Uからの不活性ガスの供給が不十分な場合であっても、防着版C T Mの固定部まで原料ガスや反応ガス（活性種）が届きにくくなるからである。すなわち、防着版C T Mの固定部まで原料ガスや反応ガスが届きにくくなれば、ビス穴の微細な隙間に膜が付着しにくくなって、ビスが強固に固定されることを抑制できることになり、この結果、ビス自体や防着部材C T Mの破損を防止することができるからである。

[0060] そこで、本実施の形態では、なるべく放電空間から離れた場所に防着部材C T Mを固定するための固定部を設ける工夫を施しており、この工夫点が本実施の形態における第4特徴点である。すなわち、本実施の形態における第4特徴点は、例えば、図5に示すように、防着部材C T Mの形状を水平部位H Z P Tと垂直部位V T P Tとを有するL字形状から構成することにより、

上部電極U E から遠ざかる方向に不活性ガスが流れる不活性ガス供給路S R T 2 を設けることを前提構成とする。そして、本実施の形態における第4 特徴点は、上述した前提構成によって、不活性ガス供給路S R T 2 に垂直流路が構成されることを利用して、この垂直流路に防着部材C T M と不活性ガス供給部I G S U とを接続する接続部C U を設ける点にある。具体的に、本実施の形態における第4 特徴点は、例えば、防着部材C T M の垂直部位V T P T と、不活性ガス供給部I G S U の垂直部位V T P T 2 との両方にビス穴を設けてビスで固定する接続部C U を形成する点にある。

[0061] これにより、本実施の形態における第4 特徴点によれば、防着版C T M を固定する固定部（接続部）がなるべく放電空間から離れた場所に形成されることになる。この結果、例えば、不活性ガス供給部I G S U からの不活性ガスの供給が不十分な場合であっても、防着版C T M の固定部（接続部）まで原料ガスや反応ガス（活性種）が届きにくくすることができることになり、これによって、ビス穴の微細な隙間に膜が付着しにくくなる。したがって、本実施の形態における第4 特徴点によれば、ビスが強固に固定されることを抑制できることになることによって、ビス自体や防着部材C T M の破損を防止できる。

[0062] なお、例えば、図2 に示すように、防着部材C T M の垂直部位に固定穴（ビス穴）S H だけでなく、凸部S U を設けてもよい。これにより、防着部材C T M の垂直部位と不活性ガス供給部の垂直部位との接続が、固定穴S H にビスを挿入することにより固定手段と、凸部S U による固定手段の両方で行なわれることになり、防着部材C T M と不活性ガス供給部I G S U との接続信頼性を向上することができる。

[0063] 続いて、本実施の形態における第5 特徴点は、例えば、図5 に示すように、原料ガスや反応ガスを成膜容器内に供給するガス供給部G S U とは別個に、不活性ガスを供給する不活性ガス供給部I G S U を設けている点にある。これにより、特に、ガス供給部G S U の配置位置に左右されることなく、不要な膜の付着を防止したい場所に効率良く不活性ガスを供給することができ

るように不活性ガス供給部 I G S U を設ける位置を設計することができる。さらには、原料ガスや反応ガスを供給するガス供給部 G S U とは別経路で不活性ガスを供給することができるため、放電空間 S P に供給される原料ガスや反応ガスの流れに対して、不活性ガスの流れが悪影響を及ぼすことを抑制することができる。この結果、本実施の形態における第 5 特徴点によれば、不活性ガスを成膜容器内に供給することに起因する原料ガスおよび反応ガスの基板 1 S 上での均一性の低下を抑制することができ、これによって、不活性ガスを供給しながらも、基板 1 S 上に形成される膜の均一性の低下を防止することができる。

[0064] <具体的な数値例>

次に、本実施の形態におけるプラズマ原子層成長装置において、本実施の形態における特徴と関連する具体的な寸法例について図 5 を参照しながら説明する。

[0065] まず、平面視において、基板 1 S の外周端面と上部電極の外周端面との間の距離「a」は、0.1 mm 以上であることが望ましく、例えば、本実施の形態におけるプラズマ原子層成長装置 100 では、50 mm としている。距離「a」が小さくなり過ぎると、基板 1 S 上に供給される原料ガスや反応ガスの流れが、不活性ガスの流れの影響を受けやすくなり、原料ガスおよび反応ガスの基板 1 S 上での均一性が低下することが懸念される。一方、距離「a」が大きくなり過ぎると、プラズマ原子層成長装置 100 の装置サイズが大きくなってしまうため、望ましい許容範囲が存在することになる。

[0066] 続いて、不活性ガス供給路 S R T 1 の径を示す距離「b」と、不活性ガス供給路 S R T 2 の径を示す距離「c」は、例えば、20 mm 以下にすることができる。なお、防着部材 C T M の内面が粗面（例えば、R a（算術平均粗さ = $3\ \mu\text{m}$ ~ $6\ \mu\text{m}$ ）から構成されている場合には、距離「b」および距離「c」をほぼ 0 とすることもできる。なぜなら、この場合、距離「b」および距離「c」をほぼ 0 としても、防着部材 C T M の内面が粗面形状をしていることによって、不活性ガスが流れる経路が確保されるからである。

[0067] 次に、上部電極UEの下面に形成されている防着部材CTMとの間の距離「d」は、0.1mm以上20mm以下の範囲が望ましく、例えば、本実施の形態におけるプラズマ原子層成長装置100では、2mmとしている。このように、距離「d」が小さいことにより、原料ガスおよび反応ガスが不活性ガス供給路SRT1の内部に侵入して、絶縁支持部材ISMや天板支持部CTSPに膜が付着することを防止できる。

[0068] 続いて、防着部材CTMの厚さや、上部電極UEの下面に形成されている防着部材の厚さである距離「e」は、2mm以上100mm以下であることが望ましく、例えば、本実施の形態におけるプラズマ原子層成長装置100では、10mmとしている。この距離「e」を大きくすることにより、原料ガスおよび反応ガスが不活性ガス供給路SRT1の内部に侵入して、絶縁支持部材ISMや天板支持部CTSPに膜が付着することを防止できる。ただし、距離「e」が大きすぎる場合には、例えば、防着部材CTMの重量や、上部電極UEの下面に形成されている防着部材の重量が重くなるため、メンテナンス作業性が低下することから、望ましい許容範囲が存在することになる。

[0069] 次に、防着部材CTMとガス供給部GSUとの間の距離「f」は、0.1mm以上50mm以下の範囲が望ましく、例えば、本実施の形態におけるプラズマ原子層成長装置100では、10mmとしている。距離「f」が小さいことにより、原料ガスおよび反応ガスが不活性ガス供給路SRT2の内部に侵入することを防止できる。ただし、距離「f」が小さすぎる場合には、メンテナンス作業時に行なう天板CTと成膜容器との着脱の際、成膜容器と防着部材CTMとが接触して、防着部材CTMが破損するおそれがあるため、望ましい許容範囲が存在することになる。

[0070] 続いて、防着部材CTMの垂直部位VTPTの長さを示す距離「g」は、2mm以上200mm以下の範囲が望ましく、例えば、本実施の形態におけるプラズマ原子層成長装置100では、50mmとしている。距離「g」が大きいことにより、原料ガスおよび反応ガスが不活性ガス供給路SRT2の

内部に侵入することを防止できる。

[0071] また、防着部材CTMの底面から接続部CUの取り付け位置までの距離「h」は、2mm以上200mm以下の範囲が望ましく、例えば、本実施の形態におけるプラズマ原子層成長装置100では、40mmとしている。距離「h」が大きいことにより、原料ガスおよび反応ガスが不活性ガス供給路SRT2の内部に侵入することによる接続部への膜の付着を防止することができる。

[0072] <原子層成長方法>

次に、本実施の形態における原子層成長方法について説明する。図7は、本実施の形態における原子層成長方法を説明するフローチャートであり、図8(a)～(e)は、基板上に膜を形成する工程を模式的に示す図である。

[0073] まず、図8(a)に示す基板1Sを準備した後、図5に示すプラズマ原子層成長装置100の下部電極BE(ステージ)上に基板1Sを搭載する(図7のS101)。続いて、図5に示すプラズマ原子層成長装置100のガス供給部GSUから成膜容器の内部に原料ガスを供給するとともに、不活性ガス供給部IGSUから不活性ガスを不活性ガス供給路SRT1および不活性ガス供給路SRT2に供給する(図7のS102)。このとき、原料ガスは、例えば、0.1秒間、成膜容器の内部に供給される。これにより、図8(b)に示すように、成膜容器内に不活性ガスIGと原料ガスSGとが供給され、かつ、基板1S上に原料ガスSGが吸着して吸着層ABLが形成される。

[0074] 続いて、原料ガスの供給を停止した後、ガス供給部GSUからパージガスを供給するとともに、不活性ガス供給部IGSUから不活性ガスを不活性ガス供給路SRT1および不活性ガス供給路SRT2に供給する(図7のS103)。これにより、パージガスは、成膜容器の内部に供給される一方、原料ガスは、排気部から成膜容器の外部に排出される。パージガスは、例えば、0.1秒間、成膜容器の内部に供給される。そして、排気部は、例えば、2秒間、成膜容器内の原料ガスやパージガスを排気する。これにより、図8

(c) に示すように、成膜容器内に不活性ガス I G とパージガス P G 1 とが供給され、かつ、基板 1 S 上に吸着していない原料ガス S G が成膜容器からパージされる。

[0075] 次に、ガス供給部 G S U から反応ガスを供給するとともに、不活性ガス供給部 I G S U から不活性ガスを不活性ガス供給路 S R T 1 および不活性ガス供給路 S R T 2 に供給する (図 7 の S 1 0 4) 。これにより、反応ガスは、成膜容器の内部に供給される。反応ガスは、例えば、1 秒間、成膜容器の内部に供給される。この反応ガスを供給する工程において、図 5 に示す上部電極 U E と下部電極 B E との間に放電電圧を印加することにより、プラズマ放電を生じさせる。この結果、反応ガスにラジカル (活性種) が生成される。このようにして、図 8 (d) に示すように、成膜容器内に不活性ガス I G と反応 R A G とが供給され、かつ、基板 1 S 上に吸着している吸着層が反応ガス R A G と化学反応することにより、原子層 A T L からなる薄膜層が形成されることになる。

[0076] 続いて、反応ガスの供給を停止した後、ガス供給部 G S U からパージガスを供給するとともに、不活性ガス供給部 I G S U から不活性ガスを不活性ガス供給路 S R T 1 および不活性ガス供給路 S R T 2 に供給する (図 7 の S 1 0 5) 。これにより、パージガスは、成膜容器の内部に供給される一方、反応ガスは、排気部から成膜容器の外部に排出される。反応ガスは、例えば、0. 1 秒間、成膜容器の内部に供給される。そして、排気部は、例えば、2 秒間、成膜容器内の原料ガスやパージガスを排気する。これにより、図 8 (e) に示すように、成膜容器内に不活性ガス I G とパージガス P G 2 とが供給され、かつ、反応に使用されない余分な反応ガス R A G が成膜容器からパージされる。

[0077] 以上のようにして、基板 1 S 上に一層の原子層 A T L からなる薄膜層が形成される。その後、上述したステップ (図 7 の S 1 0 2 ~ 図 7 の S 1 0 5) を所定回数繰り返すことにより (図 7 の S 1 0 6) 、複数の原子層 A T L からなる薄膜層を形成する。これにより、成膜処理が終了する (図 7 の S 1 0

7)。

[0078] <実施の形態における製法上の特徴>

本実施の形態における原子層成長方法は、プラズマを使用して基板上に膜を形成する。ここで、本実施の形態における原子層成長方法は、(a) 基板が配置された成膜容器内に原料ガスを供給する工程と、(b) (a) 工程の後、成膜容器内に第1パージガスを供給する工程と、(c) (b) 工程の後、成膜容器内に反応ガスを供給する工程と、(d) (c) 工程の後、成膜容器内に第2パージガスを供給する工程とを備える。このとき、本実施の形態における製法上の特徴点は、(a) 工程と(b) 工程と(c) 工程と(d) 工程とにわたって、さらに、成膜容器内に不活性ガスを供給する点にある。

[0079] これにより、成膜容器内に異物の発生源となる不要な膜の形成がされにくくなる利点を得ることができる。特に、本実施の形態における原子層成長方法を具現化した図5に示すプラズマ原子層成長装置では、原料ガスとパージガスと反応ガスとは、ガス供給部GSUから供給される一方、不活性ガスは、ガス供給部GSUと異なる不活性ガス供給部IGSUから供給される。これにより、ガス供給部GSUの配置位置に左右されることなく、不要な膜の付着を防止したい場所(基板1S上に形成される膜の膜質に大きな影響を与える場所)に効率良く不活性ガスを供給することができる。このことから、本実施の形態によれば、基板1S上に形成される膜の膜質を向上することができる。

[0080] さらに、本実施の形態における原子層成長方法によれば、(a) 工程と(b) 工程と(c) 工程と(d) 工程とにわたる成膜容器内の圧力変動が、不活性ガスを供給しない場合の成膜容器内の圧力変動に比べて、小さくすることができる。なぜなら、原料ガスの流量とパージガスの流量と反応ガスの流量との相違が、(a) 工程と(b) 工程と(c) 工程と(d) 工程とにわたって成膜容器内に供給される不活性ガスの流量によって緩和されるからである。すなわち、本実施の形態では、原料ガスと不活性ガスとを合わせた流量と、パージガスと不活性ガスとを合わせた流量と、反応ガスと不活性ガスと

を合わせた流量とがほぼ等しくなるように、（a）工程と（b）工程と（c）工程と（d）工程とにわたって成膜容器内に供給される不活性ガスの流量を調整する。この結果、本実施の形態における原子層成長方法によれば、（a）工程と（b）工程と（c）工程と（d）工程とにわたる成膜容器内の圧力変動が、不活性ガスを供給しない場合の成膜容器内の圧力変動に比べて、小さくなる。これにより、成膜容器内の圧力変動に起因する異物の発生を抑制することができる。なぜなら、原子層成長方法では、成膜容器内における不要な部分への膜の付着が生じ、この付着した膜の一部が剥離することによって異物が発生するが、成膜容器内の圧力変動が大きくなると、圧力変動に起因する膜の振動が生じて、膜の剥離が進みやすくなるからである。言い換えれば、本実施の形態では、成膜容器内の圧力変動を小さくすることができる結果、異物の発生要因となる膜の剥離の進行を抑制することができるのである。したがって、本実施の形態における製法上の特徴点によれば、異物の発生を抑制することから、異物の発生によって、基板上に形成される膜の膜質が低下することを抑制できる。

[0081] <原子層成長方法の適用例>

本実施の形態における原子層成長方法では、例えば、TMAを原料として使用し、かつ、酸素ガスを反応ガスとして使用し、かつ、窒素ガスをパージガスとして使用することにより、酸化アルミニウム膜を形成することができる。特に、基板上に形成される酸化アルミニウム膜は、有機EL素子の発光層を保護する保護膜の一部を構成する膜として形成することができる。

[0082] また、基板上に形成される膜は、酸化アルミニウム膜だけでなく、酸化シリコン膜に代表される様々な種類の膜とすることができる。例えば、本実施の形態における原子層成長方法によって、基板上に形成される膜は、電界効果トランジスタ（半導体素子）のゲート絶縁膜を構成する膜としても形成することができる。

[0083] 以上、本発明者によってなされた発明をその実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨

を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

[0084] 例えば、前記実施の形態では、基板を下部電極上に搭載し、かつ、下部電極と対向する上部電極を囲むように防着部材を設ける構成について説明したが、前記実施の形態における技術的思想は、これに限らず、基板を上部電極上に支持し、かつ、上部電極と対向する下部電極を囲むように防着部材を設ける構成にも適用することができる。

符号の説明

[0085] 100 プラズマ原子層成長装置

BE 下部電極

CTM 防着部材

CU 接続部

FU 固定部

GSU ガス供給部

HZPT 水平部位

IGSU 不活性ガス供給部

ISM 絶縁支持部材

PCE1 部品

PCE2 部品

PCE3 部品

PCE4 部品

PT1 部位

PT2 部位

PT3 部位

PT4 部位

SRT1 不活性ガス供給路

SRT2 不活性ガス供給路

SS1 側面

SS2 側面

S S 3 側面

S S 4 側面

S U R 表面

U E 上部電極

V T P T 垂直部位

V T P T 2 垂直部位

請求の範囲

- [請求項1] 基板上に膜を形成するプラズマ原子層成長装置であって、
前記基板を保持する第1電極と、
前記第1電極と対向し、かつ、前記第1電極との間でプラズマ放電を発生させるための第2電極と、
平面視において、前記第2電極を離間して囲む絶縁体からなる防着部材と、
を備える、プラズマ原子層成長装置。
- [請求項2] 請求項1に記載のプラズマ原子層成長装置において、
前記プラズマ原子層成長装置は、前記第2電極を支持する絶縁支持部材を有し、
平面視において、前記防着部材は、前記絶縁支持部材と重なるように配置されている、プラズマ原子層成長装置。
- [請求項3] 請求項1に記載のプラズマ原子層成長装置において、
前記第2電極は、
前記第1電極と対向する表面と、
前記表面と交差する第1側面と、
前記第1側面の反対側に位置する第2側面と、
前記表面および前記第1側面と交差する第3側面と、
前記第3側面の反対側に位置する第4側面と、
を有し、
前記防着部材は、
前記第2電極の前記第1側面と対向する第1部位と、
前記第2電極の前記第2側面と対向する第2部位と、
前記第2電極の前記第3側面と対向する第3部位と、
前記第2電極の前記第4側面と対向する第4部位と、
を有し、
前記第2電極の前記表面は、前記防着部材から露出している、プラ

ズマ原子層成長装置。

[請求項4] 請求項3に記載のプラズマ原子層成長装置において、
前記第1部位と前記第2部位と前記第3部位と前記第4部位とは、
一体的に形成されている、プラズマ原子層成長装置。

[請求項5] 請求項3に記載のプラズマ原子層成長装置において、
前記防着部材は、
前記第1部位に対応する第1部品と、
前記第2部位に対応する第2部品と、
前記第3部位に対応する第3部品と、
前記第4部位に対応する第4部品と、
から構成されている、プラズマ原子層成長装置。

[請求項6] 請求項3に記載のプラズマ原子層成長装置において、
前記第1部位は、第1水平部位と第1垂直部位とを有するL字形状
をしており、
前記第2部位は、第2水平部位と第2垂直部位とを有するL字形状
をしており、
前記第3部位は、第3水平部位と第3垂直部位とを有するL字形状
をしており、
前記第4部位は、第4水平部位と第4垂直部位とを有するL字形状
をしている、プラズマ原子層成長装置。

[請求項7] 請求項6に記載のプラズマ原子層成長装置において、
前記プラズマ原子層成長装置は、前記防着部材を固定する固定部を
有し、
前記防着部材と前記固定部とは、
前記第1垂直部位と前記固定部との第1接続部と、
前記第2垂直部位と前記固定部との第2接続部と、
前記第3垂直部位と前記固定部との第3接続部と、
前記第4垂直部位と前記固定部との第4接続部と、

によって接続されている、プラズマ原子層成長装置。

[請求項8]

請求項1に記載のプラズマ原子層成長装置において、

前記プラズマ原子層成長装置は、前記第2電極と前記防着部材との隙間に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部を有する、プラズマ原子層成長装置。

[請求項9]

請求項8に記載のプラズマ原子層成長装置において、

前記防着部材は、前記不活性ガス供給部に固定されている、プラズマ原子層成長装置。

[請求項10]

請求項8に記載のプラズマ原子層成長装置において、

平面視において、前記防着部材は、前記不活性ガス供給部と重なるように配置されている、プラズマ原子層成長装置。

[請求項11]

請求項8に記載のプラズマ原子層成長装置において、

前記防着部材と前記不活性ガス供給部との間には、前記不活性ガスが流れる不活性ガス供給路が形成されている、プラズマ原子層成長装置。

[請求項12]

請求項11に記載のプラズマ原子層成長装置において、

前記不活性ガス供給路は、

前記第2電極に近づく方向に前記不活性ガスが流れる第1不活性ガス供給路と、

前記第2電極から遠ざかる方向に前記不活性ガスが流れる第2不活性ガス供給路と、

を有する、プラズマ原子層成長装置。

[請求項13]

請求項12に記載のプラズマ原子層成長装置において、

前記第2不活性ガス供給路は、垂直方向に前記不活性ガスが流れる垂直流路を有し、

前記垂直流路を挟む前記防着部材の垂直部位と前記不活性ガス供給部の垂直部位とが固定部材で接続されている、プラズマ原子層成長装置。

- [請求項14] 請求項8に記載のプラズマ原子層成長装置において、
前記プラズマ原子層成長装置は、前記基板上に前記膜を形成するための原料ガスを供給する原料ガス供給部を有し、
不活性ガス供給部は、前記原料ガス供給部と異なる、プラズマ原子層成長装置。
- [請求項15] プラズマを使用して基板上に膜を形成する原子層成長方法であって、
、
（a）前記基板が配置された成膜容器内に原料ガスを供給する工程、
、
（b）前記（a）工程の後、前記成膜容器内に第1パージガスを供給する工程、
（c）前記（b）工程の後、前記成膜容器内に反応ガスを供給する工程、
（d）前記（c）工程の後、前記成膜容器内に第2パージガスを供給する工程、
を備え、
前記（a）工程と前記（b）工程と前記（c）工程と前記（d）工程とにわたって、さらに、前記成膜容器内に不活性ガスを供給する、
原子層成長方法。
- [請求項16] 請求項15に記載の原子層成長方法において、
前記原料ガスと前記第1パージガスと前記反応ガスと前記第2パージガスとは、第1供給経路で供給される一方、前記不活性ガスは、前記第1供給経路と異なる第2供給経路から供給される。原子層成長方法。
- [請求項17] 請求項15に記載の原子層成長方法において、
前記（a）工程と前記（b）工程と前記（c）工程と前記（d）工程とにわたる前記成膜容器内の圧力変動は、前記不活性ガスを供給しない場合の前記成膜容器内の圧力変動に比べて、小さい、原子層成長

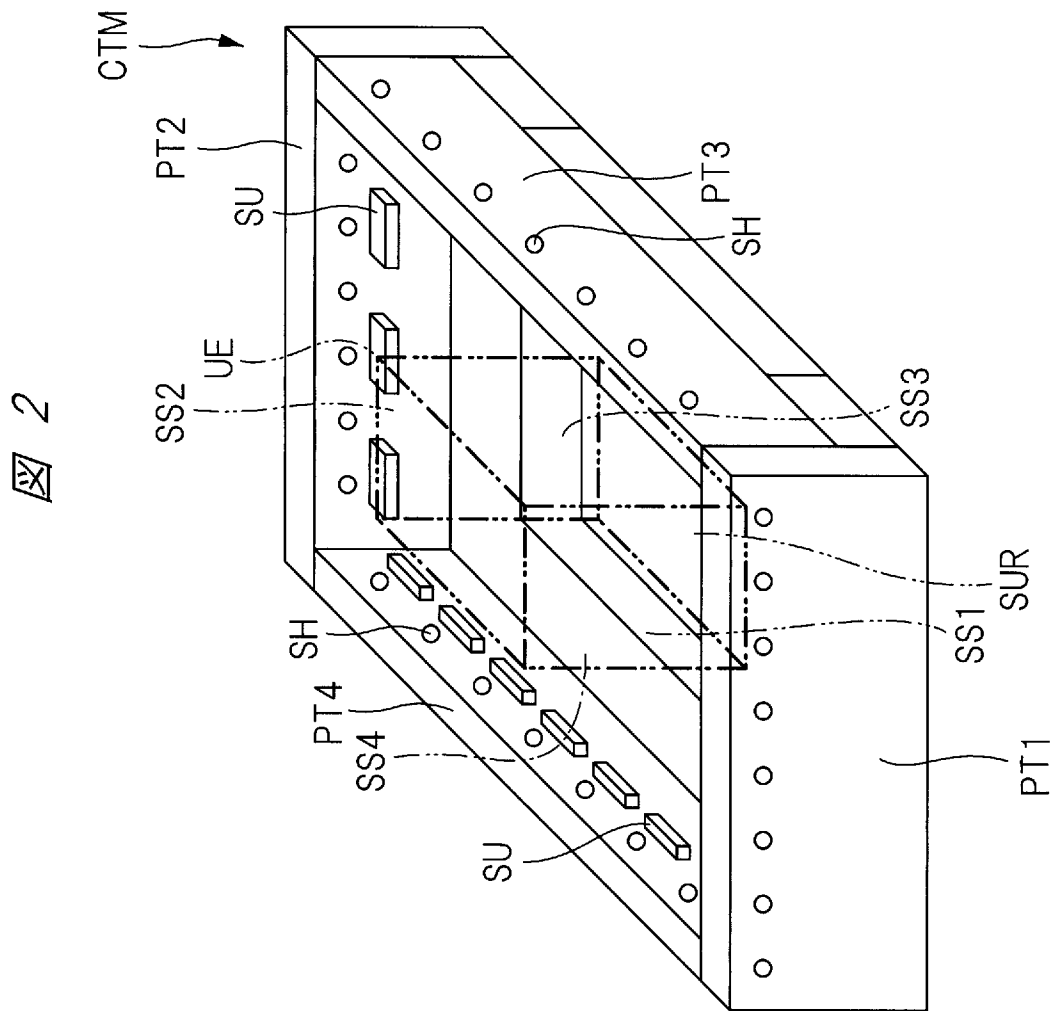
方法。

[請求項18]

請求項 1 5 に記載の原子層成長方法において、

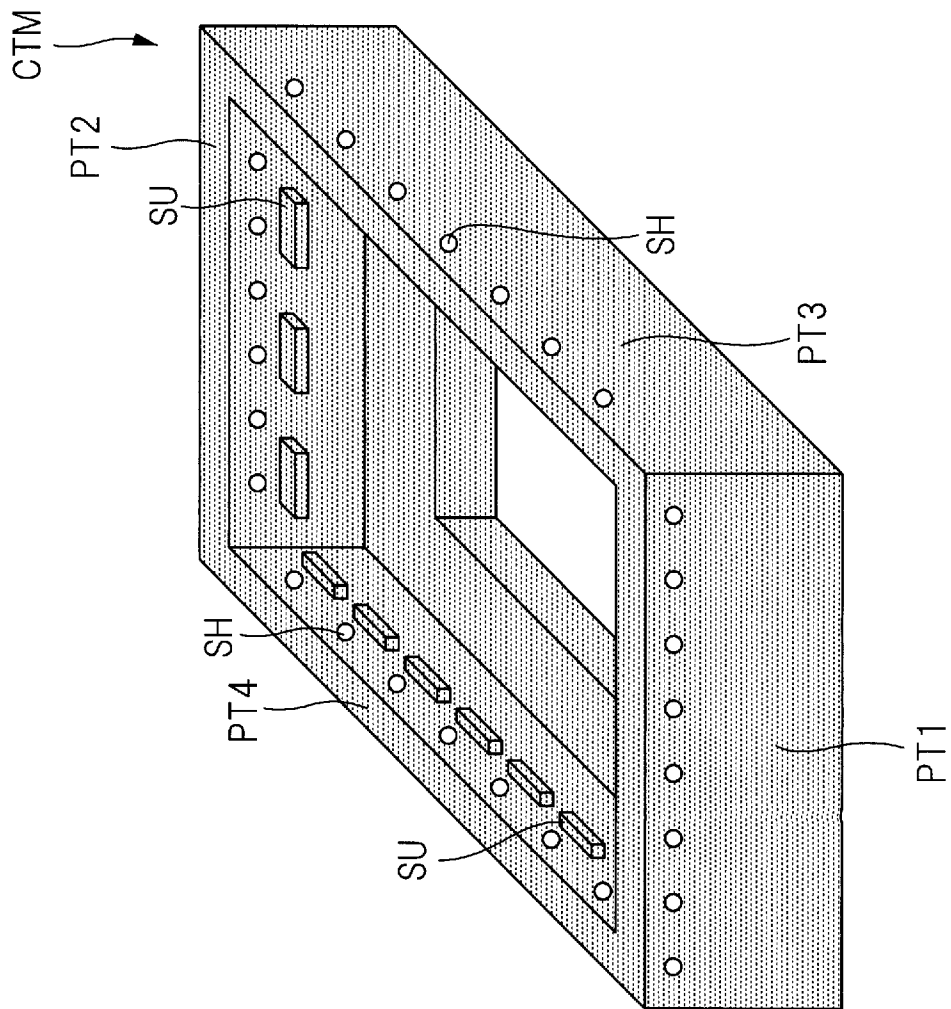
前記基板上に形成される前記膜は、有機 E L 素子の発光層を保護する保護膜の一部を構成する膜である、原子層成長方法。

[図2]

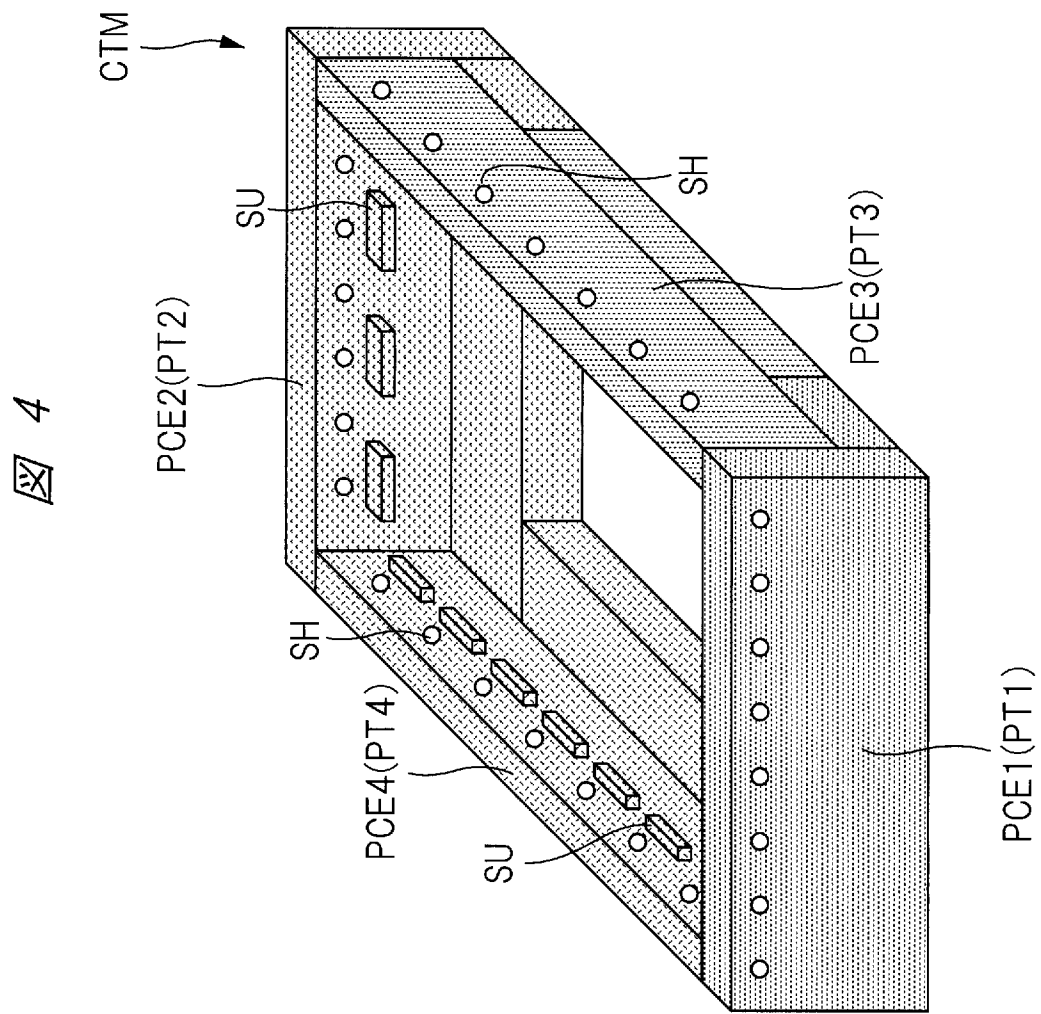


[図3]

図 3

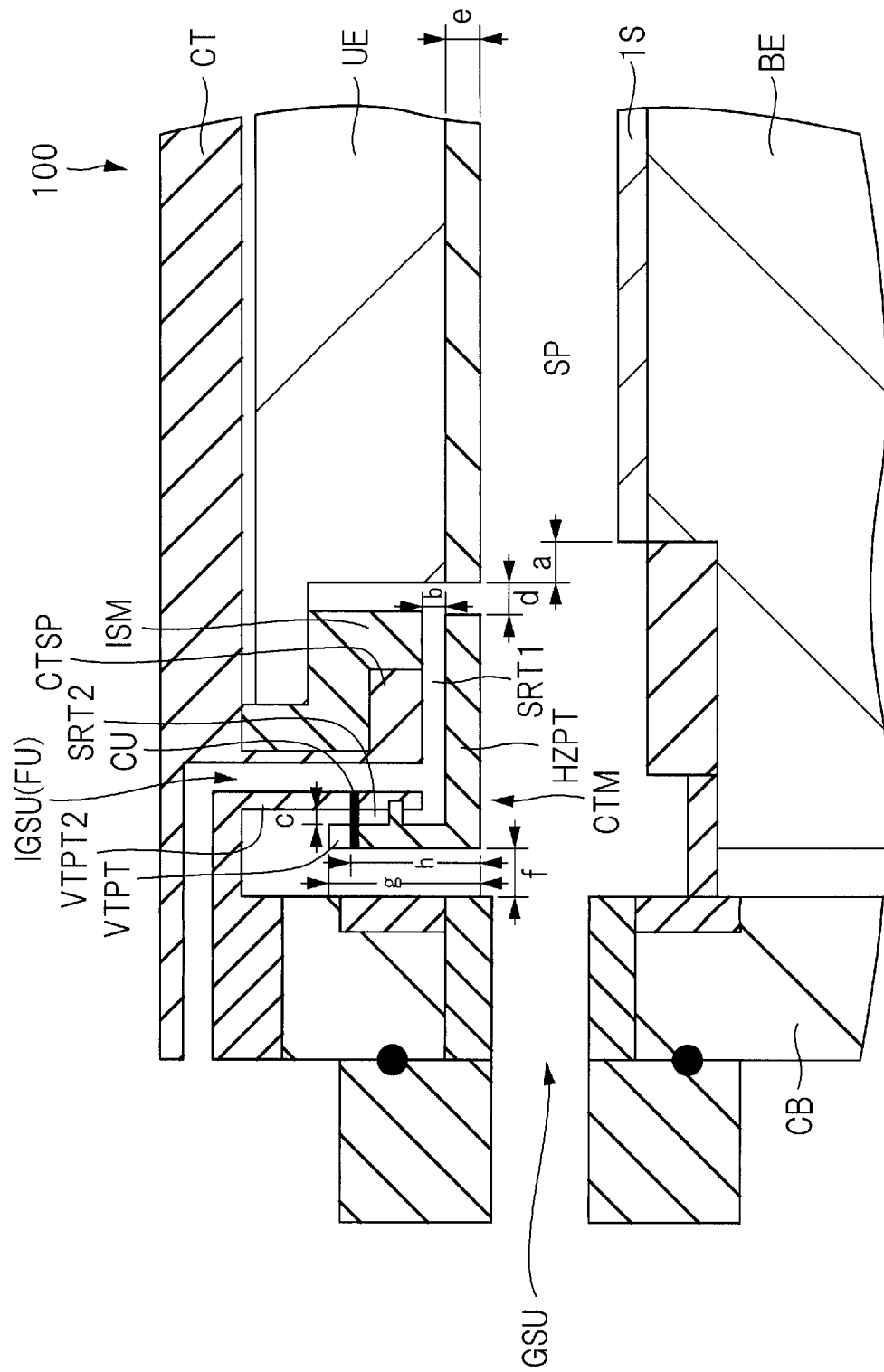


[図4]



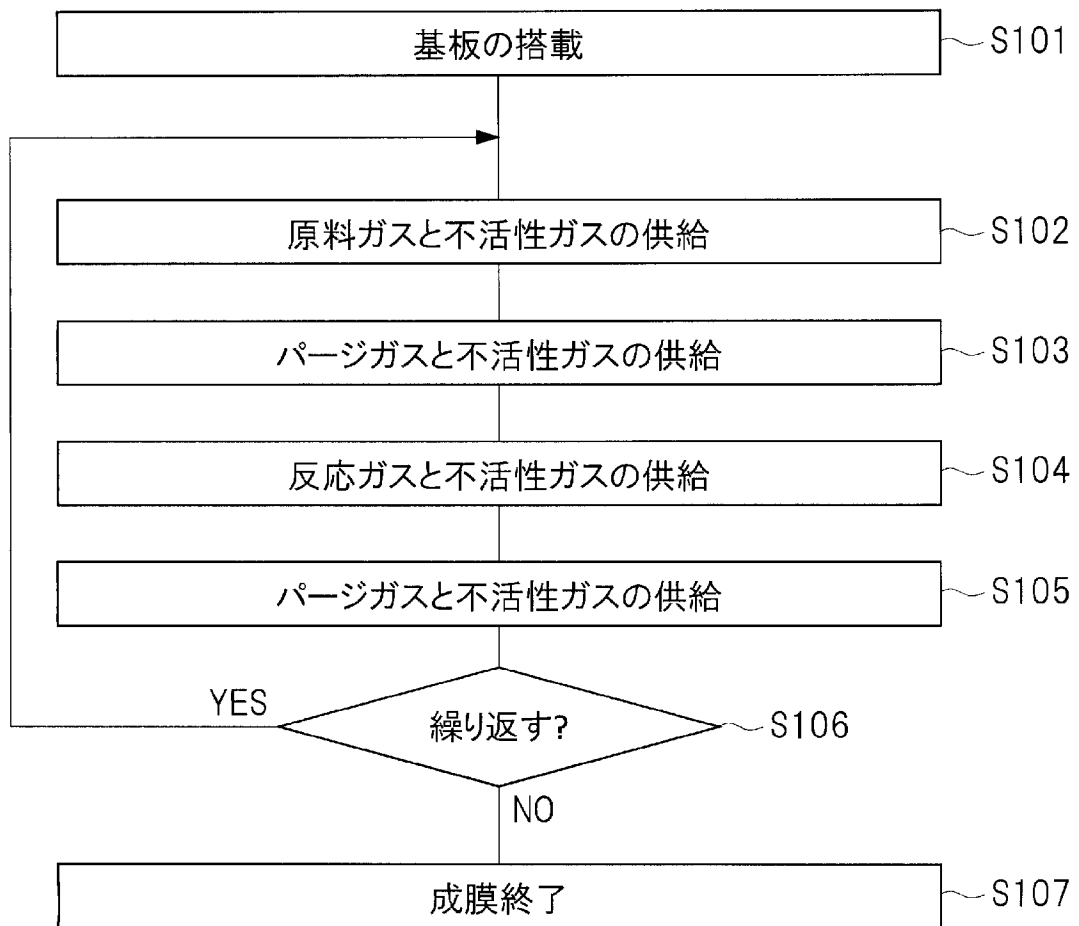
[図5]

5



[図7]

図 7



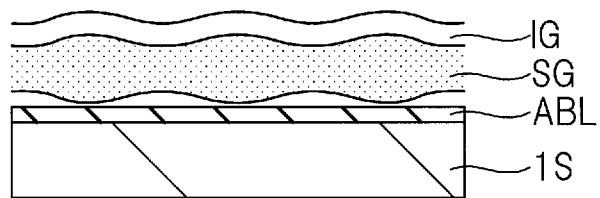
[図8]

図 8

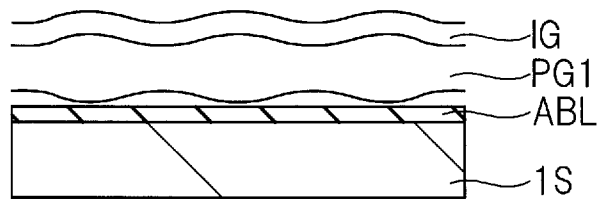
(a)



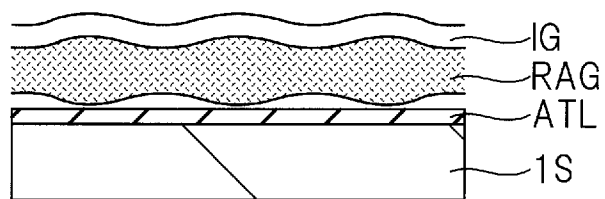
(b)



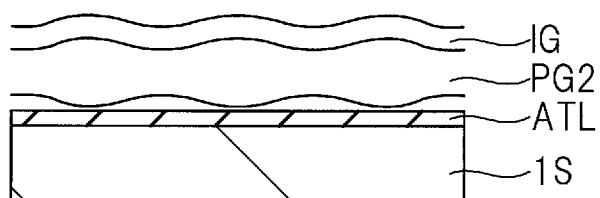
(c)



(d)



(e)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/016187

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C16/44(2006.01)i, C23C16/455(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)i, H01L21/316(2006.01)i, H01L51/50(2006.01)i, H05B33/04(2006.01)i, H05B33/10(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)

C23C16/44, C23C16/455, H01L21/31, H01L21/316, H01L51/50, H05B33/04, H05B33/10, H05H1/46

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2016-63221 A (Lam Research Corp.), 25 April 2016 (25.04.2016), paragraphs [0010] to [0019], [0032] to [0049]; fig. 5, 6	1-6, 8-11, 14-17
Y	& US 2016/0079036 A1	18
A	fig. 5, 6; paragraphs [0010] to [0019], [0032] to [0049]	7, 12-13
X	JP 2016-149526 A (ASM IP Holding B.V.), 18 August 2016 (18.08.2016), paragraphs [0011] to [0017]; fig. 1, 4	1-7
A	& US 2016/0237559 A1 fig. 1, 4; paragraphs [0022] to [0028]	8-18

☒ 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
19 July 2017 (19.07.17)

Date of mailing of the international search report
01 August 2017 (01.08.17)

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/JP2017/016187

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2016-111291 A (JOLED Inc.), 20 June 2016 (20.06.2016), paragraphs [0004], [0028], [0035]; fig. 1 (Family: none)	1, 3-7 18 2, 8-17
X A	JP 2013-529254 A (Applied Materials Inc.), 18 July 2013 (18.07.2013), paragraphs [0010] to [0015], [0026], [0027]; fig. 1, 5 & US 2011/0284100 A1 fig. 1, 5; paragraphs [0019] to [0024], [0035], [0036] & CN 102918180 A	1, 3, 5-6 2, 4, 7-18
A	JP 2016-25238 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 08 February 2016 (08.02.2016), & US 2016/0024650 A1	1-18
A	JP 2004-335892 A (Nippon ASM Kabushiki Kaisha), 25 November 2004 (25.11.2004), & US 2004/0221808 A1	1-18
A	US 2009/0156015 A1 (ASM GENITECH KOREA LTD.), 18 June 2009 (18.06.2009), (Family: none)	1-18

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C23C16/44(2006.01)i, C23C16/455(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)i, H01L21/316(2006.01)i, H01L51/50(2006.01)i, H05B33/04(2006.01)i, H05B33/10(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. C23C16/44, C23C16/455, H01L21/31, H01L21/316, H01L51/50, H05B33/04, H05B33/10, 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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2016-63221 A (ラム リサーチ コーポレーション) 2016.04.25, [0010]-[0019], [0032]-[0049], 図5、図6 & US 2016/0079036 A1, FIG. 5, FIG. 6, [0010]-[0019], [0032]-[0049]	1-6, 8-11, 14-17 18 7, 12-13
X A	JP 2016-149526 A (エーエスエム アイピー ホールディング ビー. ブイ.) 2016.08.18, [0011]-[0017], 図1、図4 & US 2016/0237559 A1, FIG. 1, FIG. 4, [0022]-[0028]	1-7 8-18

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19.07.2017

国際調査報告の発送日

01.08.2017

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)

吉野 涼

4G

5371

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

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
X Y A	JP 2016-111291 A (株式会社 J O L E D) 2016. 06. 20, [0 0 0 4]、 [0 0 2 8]、[0 0 3 5]、図 1 (ファミリーなし)	1, 3-7 18 2, 8-17
X A	JP 2013-529254 A (アプライド マテリアルズ インコーポレイテ ッド) 2013. 07. 18, [0 0 1 0]-[0 0 1 5]、[0 0 2 6]、[0 0 2 7]、図 1、図 5 & US 2011/0284100 A1, FIG. 1, FIG. 5, [0019]-[0024], [0035], [0036] & CN 102918180 A	1, 3, 5-6 2, 4, 7-18
A	JP 2016-25238 A (株式会社日立国際電気) 2016. 02. 08, & US 2016/0024650 A1	1-18
A	JP 2004-335892 A (日本エー・エス・エム株式会社) 2004. 11. 25, & US 2004/0221808 A1	1-18
A	US 2009/0156015 A1 (ASM GENITECH KOREA LTD.) 2009. 06. 18, (フ ァミリーなし)	1-18