

(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
2011 年 9 月 1 日(01.09.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/105158 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/205 (2006.01) C23C 16/509 (2006.01)
C23C 16/455 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/051601
- (22) 国際出願日: 2011 年 1 月 27 日(27.01.2011)
- (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 2010-043154 2010 年 2 月 26 日(26.02.2010) JP
特願 2010-074867 2010 年 3 月 29 日(29.03.2010) JP
特願 2010-092336 2010 年 4 月 13 日(13.04.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三洋電機株式会社(SANYO Electric Co., Ltd.) [JP/JP]; 〒5708677 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 黒田 晃弘 (KURODA Akihiro) [JP/JP]; 〒5708677 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号三洋電機株式会社内 Osaka (JP). 桐畑 豊 (KIRIHATA Yutaka)

[JP/JP]; 〒5708677 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号三洋電機株式会社内 Osaka (JP). 綾 洋一郎(Aya Youichirou) [JP/JP]; 〒5708677 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号三洋電機株式会社内 Osaka (JP). 黒川 喜寛(KUROKAWA Yoshihiro) [JP/JP]; 〒5708677 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号三洋電機株式会社内 Osaka (JP).

(74) 代理人: ▲角▼谷 浩(KADOYA Hiroshi); 〒5708677 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号三洋電機株式会社内 Osaka (JP).

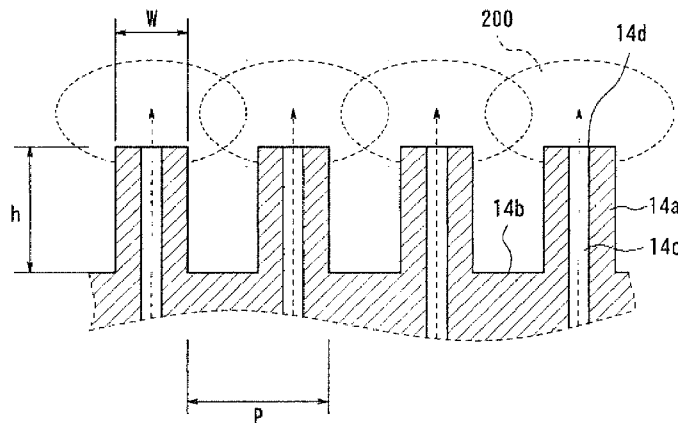
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

[続葉有]

(54) Title: PLASMA PROCESSING APPARATUS

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置

[図4]



(57) Abstract: Disclosed is a plasma processing apparatus wherein an electrical field between the electrodes is strengthened. In the plasma processing apparatus 100, the upper electrode 12 which can hold a substrate 102, and the lower electrode 14 disposed to face the upper electrode 12, are provided in a vacuum chamber 10. On a lower electrode 14 portion facing the upper electrode 12, a plurality of columnar protruding sections 14a are formed toward the upper electrode 12, and the columnar protruding sections 14a are disposed on the lower electrode 14, satisfying the relationship having a P/W ratio of 1.3 or more, where (P) is the pitch with which the columnar protruding sections 14a are disposed, and (W) is the width of the leading end portion of the columnar protruding sections.

(57) 要約: 【課題】プラズマ処理装置における電極間の電界をより強くする。【解決手段】プラズマ処理装置 100 では、真空チャンバ 10 内に、基板 102 を保持することが可能な上部電極 12 と、上部電極 12 と対向するように配置された下部電極 14 と、を設ける。そして、下部電極 14 には上部電極 12 と対向する部分に上部電極 12 に向かって複数の柱状凸部 14a が形成され、下部電極 14 に柱状凸部 14a が、柱状凸部 14a の配置のピッチ P と先端部の幅 W との比 P/W を 1.3 以上となる関係を満たすようにして配置される。

WO 2011/105158 A1



(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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： プラズマ処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、プラズマ処理装置に関する。

背景技術

[0002] 基板に対してプラズマによる成膜、エッチング等の処理を施すために、基板を保持することが可能な第1電極と、その第1電極と対向するように配置された第2電極とを備えた平行平板型のプラズマ処理装置が知られている（特許文献1～3参照）。

[0003] また、第2電極の第1電極に対向する面に複数の凹部と複数の凸部とを形成し、凹部又は凸部の一方にガス供給口を形成し、他方にガス排気口を形成したプラズマ処理装置の構成も開示されている（特許文献4参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平11-330520号公報

特許文献2：特開平7-228965号公報

特許文献3：特開平11-145499号公報

特許文献4：特開2006-237490号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] このようなプラズマ処理装置では、プラズマによる処理能力を高めるためにプラズマの密度をより高くすることが重要である。プラズマの密度を高めるためには、第1電極と第2電極との間の電界を大きくする必要がある。

[0006] 本発明は、電極間の電界をより強めたプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の1つの態様は、基板を保持することが可能な第1電極と、第1電

極と対向するように配置され、第 1 電極と対向する部分に第 1 電極に向かって複数の柱状凸部が形成された第 2 電極と、を備え、柱状凸部の配置のピッチ P と、柱状凸部の先端部の幅 W と、の比 P/W が 1.3 以上である、プラズマ処理装置である。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、電極間の電界を強めたプラズマ処理装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の実施形態におけるプラズマ処理装置の構成を示す概略図である。

[図2]本発明の実施形態におけるプラズマ処理装置の上部電極及び下部電極の周辺の構成を示す拡大正面図である。

[図3]本発明の実施形態における下部電極の構造を示す平面図である。

[図4]本発明の実施形態における下部電極の構造を示す断面図である。

[図5]本発明の実施形態における下部電極の柱状凸部のピッチ／幅の比に対する放電開始電圧の関係を示す図である。

[図6]本発明の他の実施形態に係るプラズマ処理装置を示した概略図である。

[図7]図 6 に示した他の実施形態に係るプラズマ処理装置の上部電極を示した概略図である。

[図8]図 6 に示した他の実施形態に係るプラズマ処理装置の上部電極の参考例を示した概略図である。

[図9]他の実施形態に係るプラズマ処理装置で作成した太陽電池の拡大断面図である。

[図10]図 6 に示した他の実施形態に係るプラズマ処理装置の上部電極を示した概略図である。

発明を実施するための形態

[0010] 図 1 は、本発明の実施形態におけるプラズマ処理装置 200 を示した概略図である。図 2 は、プラズマ処理装置 200 の上部電極及び下部電極の周辺

の拡大図である。図 3 及び図 4 は、プラズマ処理装置 200 の下部電極の構造を詳細に説明するための平面図及び断面図である。

[0011] プラズマ処理装置 200 は、図 1 に示すように、真空チャンバ 10 内に、上部電極 12 と下部電極 14 とが互いに対向するように設置された平行型構造を有する。また、上部電極 12 及び下部電極 14 は、それぞれ本発明における「第 1 電極」及び「第 2 電極」に相当する。上部電極 12 及び下部電極 14 の対向する面の面積は、例えば、約 600 mm × 約 600 mm とされる。また、上部電極 12 には、下部電極 14 と対向する側に成膜又はエッチングを施す基板 102 を保持するための基板保持部 12a が形成されている。基板 102 は、例えば、約 400 mm × 約 300 mm の矩形形状を有している。また、上部電極 12 は、X 方向に揺動可能な機能が設けられている。また、上部電極 12 は、基板 102 を所定の温度に保持するための加熱冷却機構部（図示せず）を備えてもよい。

[0012] 下部電極 14 は、図 2 に示すように、上部電極 12 と対向する面に柱状凸部 14a が形成されている。これにより、成膜時に柱状凸部 14a を中心として高密度なプラズマを発生させることが可能となる。また、図 4 に示す柱状凸部 14a の先端部から柱状凸部 14a の間の底面 14b までの高さ h は、5 mm ~ 10 mm 程度とすることが好適である。

[0013] また、図 3 及び図 4 に示すように、柱状凸部 14a は根元部から先端部に向かって幅が一定の四角柱とすることが好適である。ただし、これに限定されるものではなく、円柱としてもよいし、根元部から先端部に向かって細くなるように形成された柱形状としてもよい。これにより、柱状凸部 14a の幅の小さい先端部に電界をより集中させることが可能となるので、より高密度なプラズマを発生させることが可能となる。

[0014] また、柱状凸部 14a は、下部電極 14 の全面に均一な密度で形成することが好適である。このとき、柱状凸部 14a の配置のピッチ P は、図 4 に示すように、隣接する柱状凸部 14a 間で、プラズマ発生領域 150 がオーバーラップするように配置することが好適である。例えば、柱状凸部 14a は、

図3に示すX方向及びY方向にそれぞれ5mm以上20mm以下のピッチPで配置することが好適である。これにより、上部電極12と下部電極14との間に発生するプラズマの密度を略均一にすることができる。

[0015] また、下部電極14の柱状凸部14aには、プラズマにガスを供給するためのガス供給口14cが設けられている。また、柱状凸部14aのガス供給口14cの先端部14dは、半径が約0.5mm以下の曲面形状を有するように形成されている。これにより、ガス供給口14cから供給されるガスを柱状凸部14aの先端付近で滞留させることが可能となるので、プラズマ発生領域150における原料ガスの滞留時間を長くすることが可能となる。

[0016] このような構成とすることにより、例えば、プラズマ処理装置200を成膜に用いた場合にはより多くの成膜種を生成することが可能となり、成膜速度をより大きくすることが可能となる。

[0017] また、図1に示すように、真空チャンバ10は、側方に排気口10aを有するとともに、その排気口10aは、排気流量調整バルブ16を介して真空排気設備18に接続されている。この真空排気設備18は、ターボ分子ポンプ(TMP)18a及び油回転ポンプ(RP)18bによって構成されている。また、下部電極14のガス供給口14cは、原料ガス供給源20に接続されている。

[0018] 下部電極14において上部電極12と対向する面に複数の柱状凸部14aを設けることによって、下部電極14の柱状凸部14aの先端部に電界を集中させることができる。これによって、下部電極14の柱状凸部14aに高密度なプラズマを発生させることができる。その結果、プラズマ化されるガスの分解効率を向上させることができる。プラズマ処理装置200を成膜に用いる場合には成膜速度を向上させることができ、エッチングに用いる場合にはエッチング速度を向上させることができる。

[0019] また、柱状凸部14aを四角柱とすることによって、柱状凸部14aが円錐又は四角錐形状におけるテーパ部を設ける分の面積が必要になる場合に比べて柱状凸部14aの間の空間が広く保たれ真空チャンバ10の排気口10

aからのガスの排気をスムーズに行うことが可能となる。さらに、柱状凸部14aを四角柱とすることによって、下部電極14の表面に縦及び横に矩形断面形状の溝を形成するだけで柱状凸部14aを形成することができ、加工が容易になる利点もある。

[0020] また、柱状凸部14aの先端部を中心とするプラズマ発生領域150が隣接する柱状凸部14aを中心とするプラズマ発生領域150とオーバーラップするように、柱状凸部14aのピッチPを設定することによって、隣接する柱状凸部14a間の領域にもプラズマ発生領域150が広がる。これにより、プラズマ発生領域150を下部電極14の全面により均一に近い密度で広げることができる。その結果、下部電極14の全面での膜の膜厚や膜質の不均一性を低減したり、エッチングの速度の不均一性を低減したりすることができる。

[0021] また、上部電極12及び基板102をX方向に揺動可能に設け、上部電極12及び基板102を揺動させることによって、プラズマ密度の高い下部電極14の柱状凸部14aの先端領域のプラズマを基板102の表面に均一に触れさせることができる。これによって、不連続な柱状凸部14aを設けた構成であっても成膜の膜厚及び膜質やエッチングの速度が不均一になることを抑制することができる。

[0022] また、柱状凸部14aの配置のピッチPと柱状凸部14aの先端部の幅Wとの比 P/W が1.3以上となるように設定することが好適である。このような比 P/W の関係とすることによって、プラズマ処理装置200で発生されるプラズマの密度をより高くすることができる。

[0023] 図5は、下部電極14に形成する柱状凸部14aの配置のピッチPと先端部の幅Wとの比 P/W に対する放電開始電圧の関係を示す。図5は、プラズマ処理装置200においてシリコン薄膜を形成する際のプラズマの放電開始電圧（パッシェンミニマム値）をシミュレーション及び実験で得た結果を示す。図5において、クロスマーク（×）がシミュレーション結果を示し、白抜き菱形マーク（◇）が実験結果を示す。

- [0024] 以下、図5に示す実験結果を得るために行った実験の手順を示す。図1に示すように、プラズマ処理装置200の上部電極12の基板保持部12aに基板102を固定した後、真空チャンバ10の排気口10aに接続された真空排気設備18により真空チャンバ10内を真空排気した。上部電極12と下部電極14との距離は15mmとした。また、基板102は230℃に加熱した状態で保持した。
- [0025] 次に、上部電極12と下部電極14との間に、原料ガス供給源20に接続された下部電極14のガス供給口14cから原料ガスである水素(H_2)とシラン(SiH_4)を供給した。ここでは、水素(H_2)を100sccm及びシラン(SiH_4)を8sccmの流量で真空チャンバ10内の圧力が1Torrとなるように供給した。そして、下部電極14に高周波電力を供給することにより、下部電極14の柱状凸部14aを中心としてプラズマを発生させた。ここで、高周波電力としては総ての条件において同一の電力を供給し、周波数は70MHzとした。原料ガスがプラズマにより分解されて成膜種が生成され、成膜種が基板102上に堆積することによって、基板102上にシリコン薄膜が形成された。利用されなかった原料ガスは、真空チャンバ10の排気口10aから排気した。
- [0026] ここで、下部電極14の柱状凸部14aの先端幅WとピッチPとの組み合わせは表1に示すものとした。表1に示した先端幅WとピッチPとの組み合わせについて、それぞれ上記の成膜条件下において放電開始電圧（パッシェンミニマム値）を計算及び測定した。放電開始電圧が低いほどより低電圧で安定放電が可能であり、ガスの分解反応がより効率良く行われていることを示している。

[0027] [表1]

先端幅W (mm)	ピッチP (mm)	P/W
1.00	6.50	6.50
2.00	6.50	3.25
3.00	6.50	2.17
3.00	9.50	3.17
3.00	12.5	4.17

[0028] 図5に示すように、先端幅 W とピッチ P との比 P/W が1.3未満では放電開始電圧の低下はみられず、1.3以上となると急激に放電開始電圧が低下する。すなわち、先端幅 W とピッチ P との比 P/W を1.3以下とすることによって、より低電圧で安定放電が可能となり、ガスの分解反応をより効率良く行うことができる。これにより、プラズマ処理装置200による成膜速度やエッチング速度の向上を図ることができる。

[0029] なお、本実施形態は、制限的なものではなく、例えば、柱状凸部14aにガス供給口を設けるとともに、柱状凸部14aに挟まれた底部14bにガス吸引口を設けてもよい。また、下部電極14の柱状凸部14aにガス吸引口を設けるとともに、柱状凸部14aに挟まれた底部14bにガス供給口を設けてもよい。このようにすることにより、大面積において均一な成膜又はエッチングが可能となる。

[0030] また、上記実施形態では、上部電極12を X 方向に揺動させることによって基板102との相対的な位置を変化させる例を示したが、本発明はこれに限らず、上部電極12又は基板102を X 方向以外のたとえば Y 方向に沿って揺動してもよい。このようにすることにより、局所的な領域において、均一な成膜又はエッチングが可能となる。なお、上部電極12及び基板102の揺動幅は、凸部のピッチ（約7mm）以上に設定するのが望ましい。

[0031] 上記に記載した凸部の配置のピッチ P と凸部の先端部の幅 W との比 P/W が1.3以上となるように設定したプラズマ処理装置は、太陽電池の製造装置としても好適に利用できる。以下に、太陽電池を製造する際に好適なプラズマ処理装置300の実施形態を示す。

[0032] 〈プラズマ処理装置の構成〉

以下に、本実施形態におけるプラズマ処理装置300について、プラズマ処理装置300を示した概略図である図6、およびこのプラズマ処理装置300の上部電極13のシャワープレート40を示した概略図である図7を用いて説明する。

[0033] 図6に示すように、真空チャンバ10内には実施形態の「処理室」、「第

1 電極」および「第 2 電極」の一例である。なお、第 2 実施形態によるプラズマ処理装置 300 は、上部電極 13 より原料ガスを供給するとともに電圧を印加し、下部電極 15 を所定の電圧とする点で上記実施形態と異なる。

[0034] また、真空チャンバ 10 は、側方に排気口 10a を有するとともに、その排気口 10a は、排気流量調整バルブ 16 を介して真空排気設備 18 に接続される。本実施形態では、真空排気設備 18 は、ターボ分子ポンプ (TMP) 18a および油回転ポンプ (RP) 18b によって構成される。

[0035] 下部電極 15 は、上部電極 13 と対向する側に基板 102 を保持するための基板保持部 15a が形成される。この下部電極 15 は、基板 102 を所定の温度に保持するための図示しない加熱冷却機構部を含む。上部電極 13 および下部電極 15 のそれぞれが対向する表面は、約 1500mm×1500mm の面積を有する。また、基板 102 は、約 1400mm×1100mm の面積を有する。

[0036] また、上部電極 13 は、下部電極 15 上に保持された基板 102 に対向するように配置されたシャワープレート 40 を有する。シャワープレート 40 には、図 7 (a) に示した上面図のように、X-Y 方向に整列する略格子状に配置された複数の凸部 41・・・が設けられる。この凸部 41 の先端部は、X-Y 面と平行な面を有するように形成され、中心には原料ガス供給源 20 に接続されたガス供給口 42 が設けられる。なお、X 方向および Y 方向に隣接するガス供給口 42 は、1cm 程度の間隔となるように等間隔に配置される。

[0037] また、図 7 (a) の A-B 断面を示した図 7 (b) のように、凸部 41a～41e の先端部は、X-Y 面と平行な面が形成され、いずれの先端部の平面は Z 軸において面一となるように形成されている。なお、ここでの面一とは凸部 41a～41e の先端部の平面が完全に同一の X-Y 平面上に位置するもののみでなく、凸部 41a～41e の先端部の平面が Z 軸方向に約 1mm 以内の高低差を有するものをも含む。つまり、本発明における面一とは、本発明の所期の目的を達成する範囲で実質的に面一である状態を含む。

- [0038] 凸部 4 1 a ~ 4 1 e の先端部の X 方向における幅 $H_a \sim H_e$ は、シャワープレート 4 0 の中央部に比べて外周部に位置するものの方が小さくなるように形成される。本実施形態では、凸部 4 1 a ~ 4 1 e の先端部の X 方向における幅 $H_a \sim H_e$ は、 $H_a > H_b > H_c > H_d > H_e$ のように、シャワープレート 4 0 の中央部から外周部に向かって順々に小さくなるものとしたが、例えば $H_a = H_b > H_c = H_d > H_e$ のように段階的に小さくなるようにしても良い。
- [0039] 一方、隣接する凸部 4 1 a ~ 4 1 e の間に形成された凹部 4 3 a ~ 4 3 d の X 方向における幅 $h_a \sim h_d$ は、シャワープレート 4 0 の中央部に比べて外周部に位置するものの方が大きくなるように形成される。つまり、シャワープレート 4 0 は中央部から外周部に向かって、凸部 4 1 a ~ 4 1 e の先端部の幅 $H_a \sim H_e$ が小さくなった分、凹部 4 3 a ~ 4 3 d の幅を大きくすることにより、凸部 4 1 a ~ 4 1 e の先端部の中央部に設けられた各々のガス供給口 4 2 の間隔を一定とすることができる。本実施形態では、凹部 4 3 a ~ 4 3 d の X 方向における幅 $h_a \sim h_d$ は、 $h_a < h_b < h_c < h_d$ のように、シャワープレート 4 0 の中央部から外周部に向かって順々に大きくなるものとしたが、例えば $h_a = h_b < h_c = h_d$ のように段階的に小さくなるようにしても良い。
- [0040] なお、凹部 4 3 a ~ 4 3 d の底部までの深さは、シャワープレート 4 0 の中央部および外周部に亘って、Z 方向に同じ深さを有するように形成される。
- [0041] 上記の記載では、X 方向における凸部 4 1 a ~ 4 1 e および凹部 4 3 a ~ 4 3 d の幅の関係を説明したが、Y 方向においても同様の関係となるようにシャワープレート 4 0 が形成される。
- [0042] なお、本実施形態は図 7 (a) に記載したシャワープレート 4 0 の全面に複数の凸部 4 1 . . . を形成したものに限らず、図 8 に記載したようにシャワープレート 4 0 の外周部の領域にだけ複数の凸部 4 1 . . . を形成したものとしても良い。
- [0043] シャワープレート 4 0 としては、A 1 板を用いる。このシャワープレート

40は導電性部材であればよく、本実施形態で用いたAlの代わりに、Cu、SUSなどを用いても良い。

〈作用および効果〉

本実施形態に係るプラズマ処理装置300によれば、基板102全面に渡って均一な膜質と膜厚を有する膜を成膜することができる。このような効果について、以下に詳説する。

[0044] (1) 本実施形態に係るプラズマ処理装置300では、中央部から外周部に向かってX/Y方向に対する先端部の幅が小さくなった凸部41a～41eが設けられたシャワープレート40を用いる。これにより、凸部41a～41eの先端部に電界を集中させることが可能となり、先端部付近に高密度なプラズマからなるプラズマ発生領域200を発生させることができる。さらには、シャワープレート40の中央部に比べて外周部に位置する凸部41の先端部の幅を小さくすることにより、中央部に位置する凸部41aに比べて外周部に位置する凸部41eの方がより良く電界を集中させることが可能となり、より活性なプラズマ発生領域200を発生させることができる。これにより、中央部に比べて原料ガス濃度が希釈され易い外周部においても、このプラズマ発生領域200で効率良く原料ガスを分解し、より多くの活性種を生成することが可能となるので、外周部における成膜速度を向上させることができる。

[0045] (2) シャワープレート40に設けられた隣接する凸部41a～41eの間に形成された凹部43a～43dを、シャワープレート40の中央部に比べ、外周部の方がX/Y方向への幅が大きくなるように形成する。つまり、本実施形態では基板102とそれぞれの凹部43a～43dで形成されるガスが流れる空間を、基板102の中央部のA側に比べて外周部B側の方が広くなるようにする。これにより、原料ガスを大量供給した場合であっても、基板102中央部に比べて外周部でのガスの流速が速くなることを抑制し、基板102の中央部と外周部におけるガスの流速が一定となるようにすることができる。したがって、本実施形態のプラズマ処理装置300では、基板

１０２中央部と外周部において、ガスの流速をほぼ一定にすることにより、膜質および膜厚が不均一になることを抑制することができる。

[0046] （３）シャワープレート４０に設けられた凸部４１ａ～４１ｅを、略格子状に形成しているので、基板１０２の中央部から外周部に向かってより良くガスが流れやすくすることができ、より早く成膜することができる。

[0047] （４）隣接する凸部４１ａ～４１ｅの中心（ガス供給口４２）間は、凸部４１ａ～４１ｅを中心とする隣接し合うプラズマ発生領域２００、８とがオーバーラップするように１ｃｍ程度とする。これにより、上部電極１３の全面に配置されたプラズマ発生領域２００、２００…により、基板１０２の全面で成膜種を生成することができるので、膜質および膜厚が不均一になるのを有効に抑制することができる。

[0048] 〈太陽電池の構成〉

次に、プラズマ処理装置３００を用いて太陽電池１２０を製造する方法について説明する。

[0049] 本実施形態で製造される太陽電池１２０は、図９に示すように、基板１０２上に透明導電膜１０４と光電変換ユニット１０６および１０８と裏面電極１１０とを順次積層される。

[0050] 基板１０２は、ガラス等の光透過性の部材により構成され、太陽電池の単一基板である。この基板１０２の光入射側と反対の裏面側に複数の光起電力素子が形成される。

[0051] 透明導電膜１０４（基板側電極）は、基板１０２上に形成される。透明導電膜１０４として、本実施形態では高い光透過性、低抵抗性、可塑性を有し、低価格であるため好適なＺｎＯを用いる。

[0052] 光電変換ユニット１０６および１０８は、透明導電膜１０４上に形成され、光電変換ユニット１０６および１０８は、それぞれ非晶質シリコン半導体および微結晶シリコン半導体により構成される。なお、本明細書において、「微結晶」の用語は、完全な結晶状態のみならず、部分的に非結晶状態を含む状態をも意味するものとする。

[0053] 裏面電極 110（裏面側電極）は、Ag等の導電性部材により構成され、光電変換ユニット106および108上に形成される。なお、裏面電極110と光電変換ユニット108の間に透明導電材料からなる層を介在させても良い。

[0054] 上記の実施形態では、非晶質シリコン半導体と微結晶シリコン半導体とが順次積層された光電変換ユニット106および108を用いたが、微結晶又は非晶質光電変換ユニットの単層又は3層以上の積層体を用いても良い。また、第1光起電力素子と第2光起電力素子の間にZnO、SnO₂、SiO₂、MgZnOからなる中間層を設け、光学的特性を向上させた構造としても良い。さらに、透明導電膜104は、本実施形態で用いたZnOの他、In₂O₃、SnO₂、TiO₂、Zn₂SnO₄の金属酸化物より選択された一種類あるいは複数種類の積層体により構成しても良い。

[0055] 〈太陽電池の製造方法〉

以下に、プラズマ処理装置300を用いた上述の太陽電池120の製造方法について説明する。

[0056] 初めに、4mm厚のガラス基板102上に、スパッタにより600nm厚のZnO電極104を形成する。

[0057] 次に、上記実施形態のプラズマ処理装置により、光電変換ユニット106および13を形成する。

[0058] 詳述すると図6に示すように、プラズマ処理装置300の下部電極15の上部電極13と対向する面に形成された基板保持部15aに基板102を固定した後、真空排気設備18により真空チャンバ10内を真空排気する。

[0059] そして、上部電極13と下部電極15との間に、図7に示すように、原料ガス供給源20（図6参照）に接続された上部電極13のガス供給口42から原料ガスを供給する。この後、上部電極13に高周波電力を供給することにより、上部電極13の凸部41a～41eを中心としてプラズマを発生させる。これにより、原料ガスがプラズマにより分解されて成膜種が生成される。原料ガスがプラズマにより分解されて生成された成膜種が基板102上

に堆積することによって、基板 102 上に所定の膜（図示せず）が形成される。

[0060] 光電変換ユニット 106 は、プラズマ処理装置 300 により、 SiH_4 、 CH_4 、 H_2 および B_2H_6 との混合ガスを原料ガスとして膜厚 10 nm の p 型非晶質シリコン半導体層を、 SiH_4 と H_2 との混合ガスを原料ガスとして膜厚 300 nm の i 型非晶質シリコン半導体層を、 SiH_4 、 H_2 および PH_4 との混合ガスを原料ガスとして膜厚 20 nm の n 型非晶質シリコン半導体層を形成し順次積層する。又、光電変換ユニット 108 は、プラズマ処理装置 300 により、 SiH_4 、 H_2 および B_2H_6 との混合ガスを原料ガスとして膜厚 10 nm の p 型微結晶シリコン半導体層を、 SiH_4 と H_2 との混合ガスを原料ガスとして膜厚 2000 nm の i 型微結晶シリコン半導体層を、 SiH_4 、 H_2 および PH_4 との混合ガスを原料ガスとして膜厚 20 nm の n 型微結晶シリコン半導体層を形成し順次積層する。以下にプラズマ処理装置の諸条件の詳細を表 2 に示す。

[0061]

[表2]

	層	基板温度 (°C)	ガス流量 (sccm)	反応圧力 (Pa)	RF パワー (W)	膜厚 (nm)
非晶質 Si 膜	p 層	180	SiH ₄ :300 CH ₄ :300 H ₂ :2000 B ₂ H ₆ :3	106	10	10
	i 層	200	SiH ₄ :300 H ₂ :2000	106	20	300
	n 層	180	SiH ₄ :300 H ₂ :2000 PH ₄ :5	133	20	20
微結晶 Si 膜	p 層	180	SiH ₄ :10 H ₂ :2000 B ₂ H ₆ :3	106	10	10
	i 層	200	SiH ₄ :100 H ₂ :2000	133	20	2000
	n 層	200	SiH ₄ :10 H ₂ :2000 PH ₄ :5	133	20	20

[0062] 次に、200nm厚のAg電極110を、光電変換ユニット108上にスパッタにより形成する。

[0063] 以上により、ガラス基板102上に太陽電池120を形成する。そして、この太陽電池120の裏面電極110上には、図9で示すようにEVA（エチレン・ビニル・アセテート）等からなる充填剤112、およびPET/AI箔/PET等からなるバックシート114を設け、太陽電池モジュールとする。

[0064] なお、上記実施形態では、光電変換ユニット106および108の全てをプラズマ処理装置300によって形成する例を示したが、本発明はこれに限

らない。本発明では、光電変換ユニット１０６および１０８の少なくとも一部をプラズマ処理装置３００によって形成すればよい。

〈作用および効果〉

本実施形態の太陽電池１２０の製造方法では、成膜速度を大きくしても膜質および膜厚が不均一になることを抑制できるため、所望の良好な膜を形成することができる。この結果、膜質および膜厚の不均一に起因する変換効率の低下を防止することができ、より大きな電力を取り出すことができる。即ち、本実施形態の太陽電池の製造方法では、成膜速度の向上と太陽電池の変換効率の低下防止を両立することができる。

[0065] さらに、シャワープレート４０の代わりに、下記のシャワープレート５０を太陽電池製造装置に適用することもできる。シャワープレート５０について、以下に説明する。

[0066] シャワープレート５０には、図１０（ａ）に示した上面図のように、同心円状に形成された凸部５１ａ～５１ｅが設けられる。この凸部５１ａ～５１ｅの先端部は、Ｘ－Ｙ面と平行な面を有し、Ｘ／Ｙ方向にいずれも３ｍｍ程度の幅となるように形成される。凸部５１ａ～５１ｅの先端部のＸ－Ｙ平面の中心には、ガス供給口５２を設けられ、このガス供給口５２は原料ガス供給源２０に接続される。

[0067] また、図１０（ａ）のＡ－Ｂ断面を示した図１０（ｂ）のように、凸部５１ａ～５１ｅの先端部は、Ｘ－Ｙ面と平行な面が形成され、いずれの先端部の平面はＺ軸において面一となるように形成されている。なお、ここでの面一とは凸部５１ａ～５１ｅの先端部の平面が完全に同一のＸ－Ｙ平面上に位置するもののみでなく、凸部５１ａ～５１ｅの先端部の平面がＺ軸方向に約１ｍｍ以内の高低差を有するものをも含む。

[0068] さらに、隣接する凸部５１ａ～５１ｅの間に形成された凹部５３ａ～５３ｄの底部までの深さは、シャワープレート５０の中央部に比べ、外周部の方が先端部からのＺ方向に深くなるように形成される。本実施形態では、凹部５３ａ～５３ｄの底部までの深さは、 $53a = 53b < 53c < 53d$ のよ

うに段階的に基板 102 中央部の A 側から外周部の B 側に向かって深くなるように形成したが、例えば $53a < 53b < 53c < 53d < 45e$ のように基板 102 中央部から外周部に向かって順々に先端部から底部までの深さが深くなるように形成しても良い。

[0069] シャワープレート 50 は、Al 板を用いる。このシャワープレート 50 は導電性部材であればよく、本実施形態で用いた Al の代わりに、Cu、SUS などを用いても良い。

〈作用および効果〉

シャワープレート 50 を用いたプラズマ処理装置 300 によれば、基板 102 全面に渡って均一な膜質と膜厚を有する膜を成膜することができる。このような効果について、以下に詳説する。

[0070] (1) 本実施形態に係るプラズマ処理装置 300 では、凸部 51a ~ 51e が設けられたシャワープレート 50 を用いる。これにより、凸部 51a ~ 51e の先端部に電界を集中させることが可能となり、先端部付近に高密度なプラズマからなるプラズマ発生領域 200 を発生させることができる。このプラズマ発生領域 200 で効率良く原料ガスを分解してより多くの成膜種を生成することが可能となるので、成膜速度を向上させることができる。

[0071] (2) さらに、シャワープレート 50 に設けられた隣接する凸部 51a ~ 51e の間に形成された凹部 53a ~ 53d を、シャワープレート 50 の中央部に比べ、外周部の方が先端部からの Z 方向への深さが深くなるように形成される。つまり、本実施形態では基板 102 とそれぞれの凹部 53a ~ 53d で形成されるガスが流れる空間を、基板 102 の中央部の A 側に比べて外周部の B 側の方が広くなるようにする。これにより、原料ガスを大量供給した場合であっても、基板 102 中央部に比べて外周部でのガスの流速が速くなることを抑制し、基板 102 の中央部と外周部におけるガス流速が一定となるようにすることができる。したがって、本実施形態のプラズマ処理装置 300 では、基板 102 中央部と外周部において、ガス流速をほぼ一定にすることにより、膜質および膜厚が不均一になることを抑制することができる。

る。

[0072] (3) また、シャワープレート50に設けられた凸部51a～51eは、同心円状に形成される。これにより、基板102の中央部から外周部に向かってより良くガスが流れやすくすることができ、より早く成膜することができる。

[0073] (4) さらに、隣接する凸部51a～51eの中心間は、1cm程度とする。これにより、凸部51a～51eを中心とする隣接し合うプラズマ発生領域200、200とがオーバーラップする。上部電極13の全面に配置されたプラズマ発生領域200、200…により、基板102の全面で成膜種を生成することができるので、膜質および膜厚が不均一になるのを有効に抑制することができる。

符号の説明

[0074] 10 真空チャンバ
10a 排気口
12、13 上部電極
12a、15a 基板保持部
14、15 下部電極
14a、41、41a～41e、51a～51e 凸部
14b 底部
14c、42、52 ガス供給口
14d 先端部
40、50 シャワープレート
43、43a～43d、53a～53d 凹部
16 排気流量調整バルブ
18 真空排気設備
20 原料ガス供給源
102 基板
100、300 プラズマ処理装置

200 プラズマ発生領域

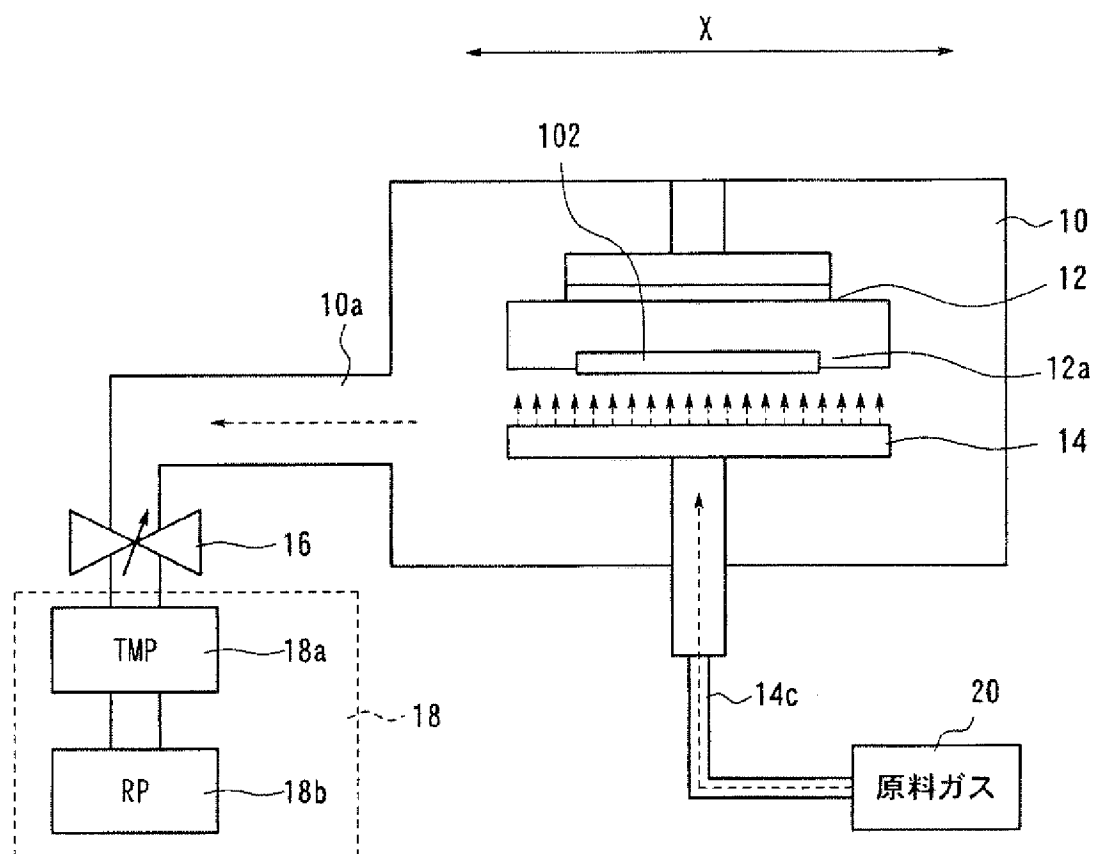
産業上の利用可能性

[0075] 本発明は、プラズマ処理装置に利用可能である。

請求の範囲

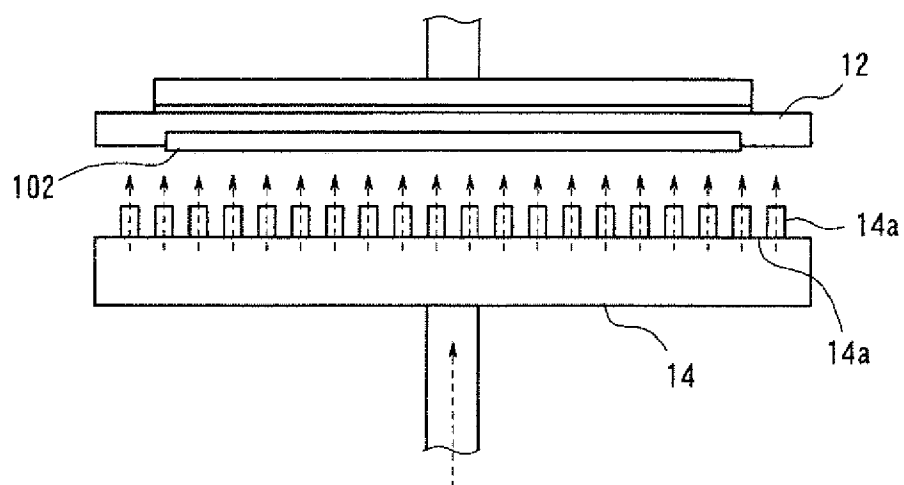
- [請求項1] 基板を保持することが可能な第1電極と、
 前記第1電極と対向するように配置され、前記第1電極と対向する部分に前記第1電極
 に向かって複数の柱状凸部が形成された第2電極と、を備え、
 前記柱状凸部の配置のピッチPと、前記柱状凸部の先端部の幅Wと、
 の比 P/W が1.3以上であることを特徴とするプラズマ処理装置
 。
- [請求項2] 請求項1に記載のプラズマ処理装置であって、
 前記柱状凸部は、四角柱であることを特徴とするプラズマ処理装置
 。
- [請求項3] 請求項1又は2に記載のプラズマ処理装置であって、
 前記柱状凸部には、先端部からガスを供給するためのガス供給口が
 形成されていること
 を特徴とするプラズマ処理装置。

[図1]

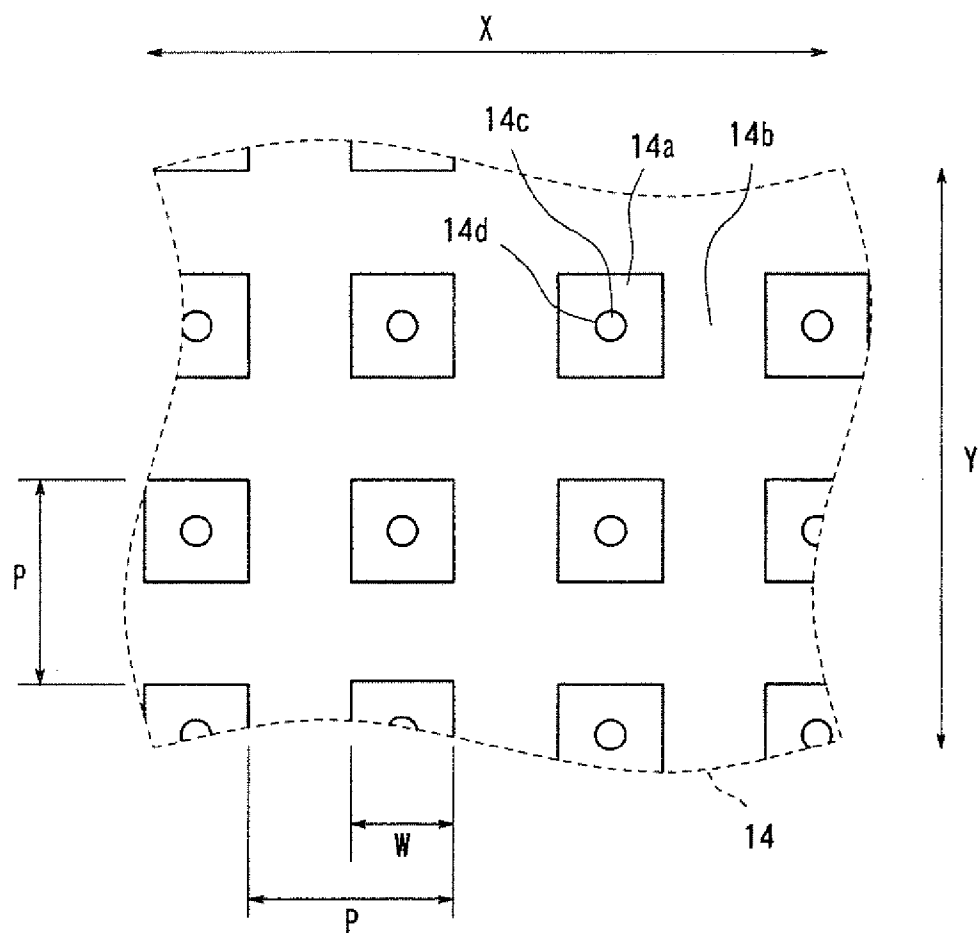


100

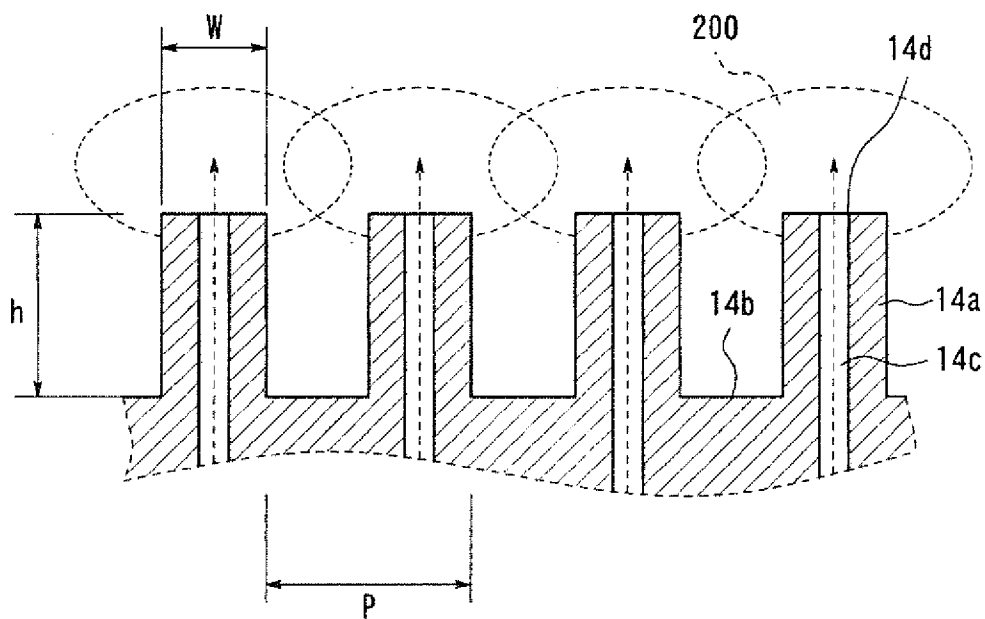
[図2]



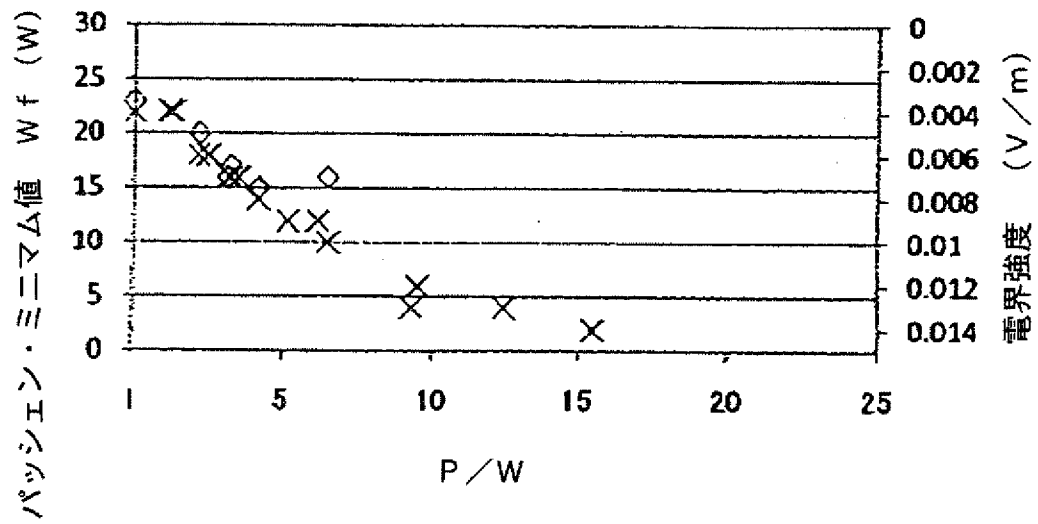
[図3]



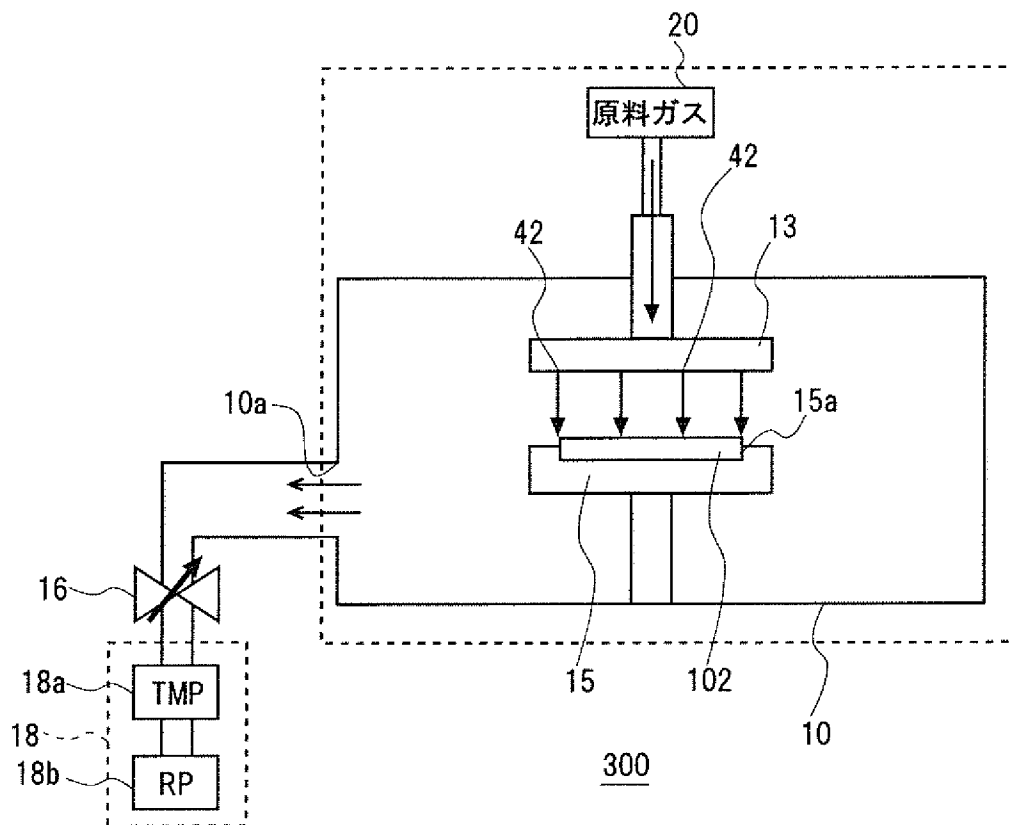
[図4]



[図5]

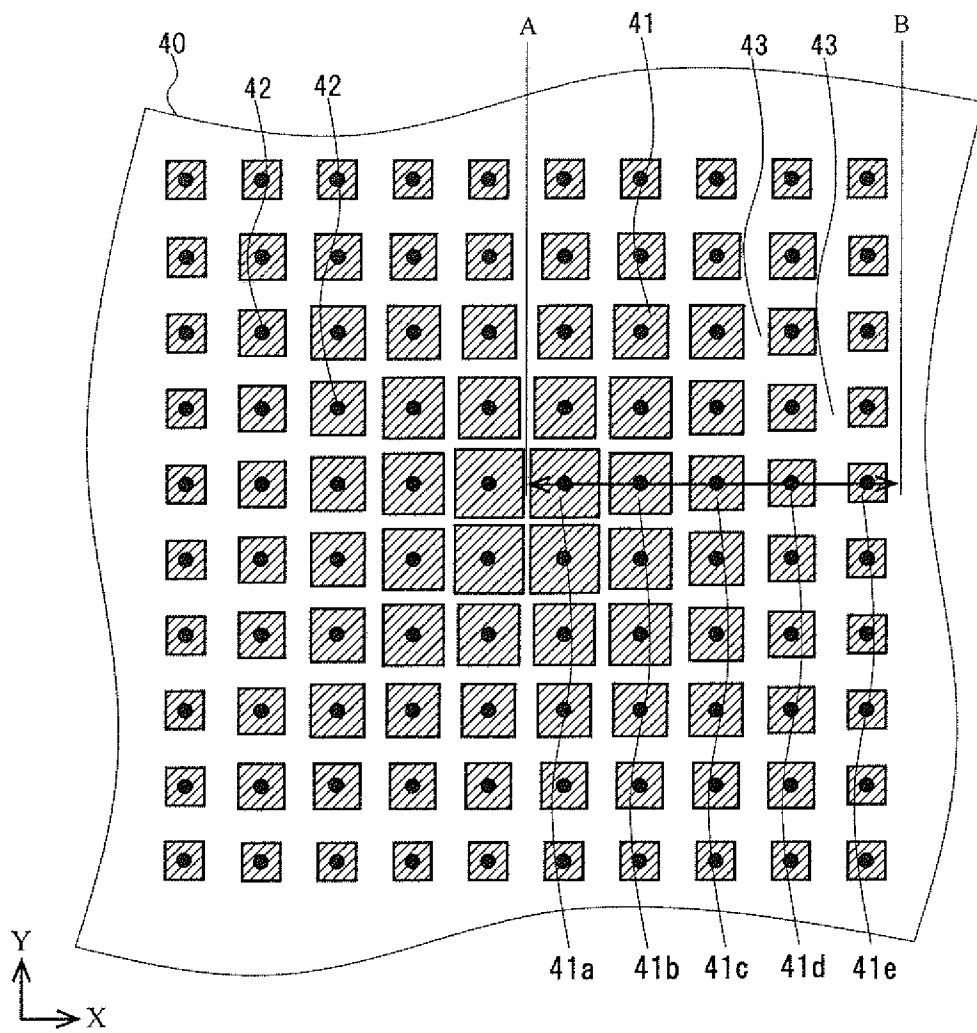


[図6]

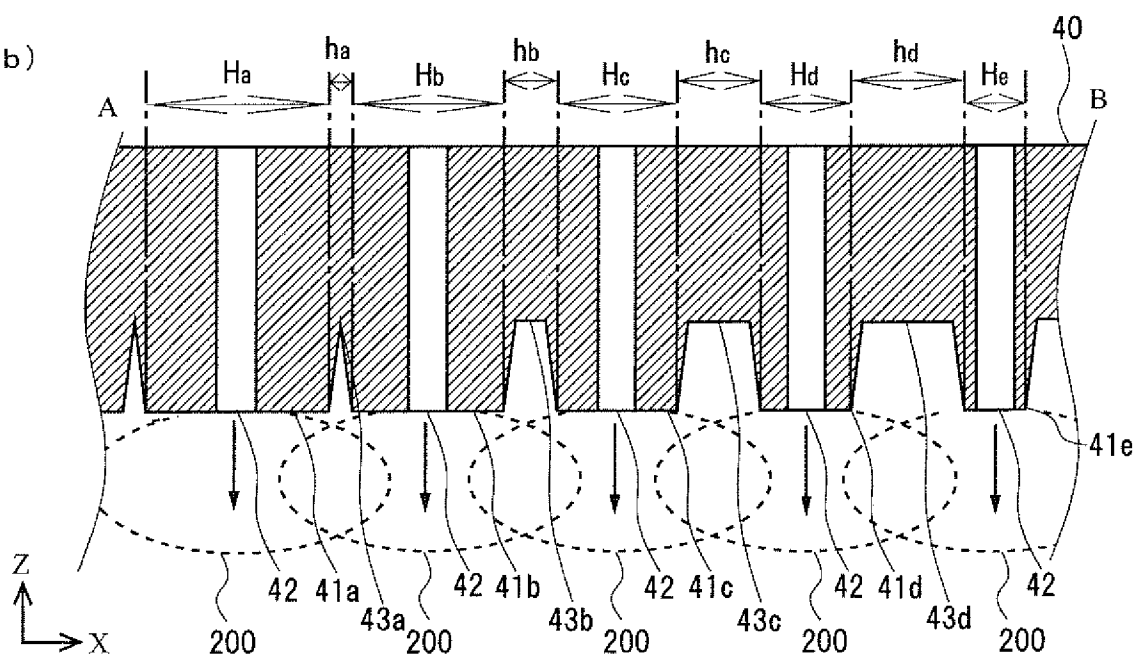


[図7]

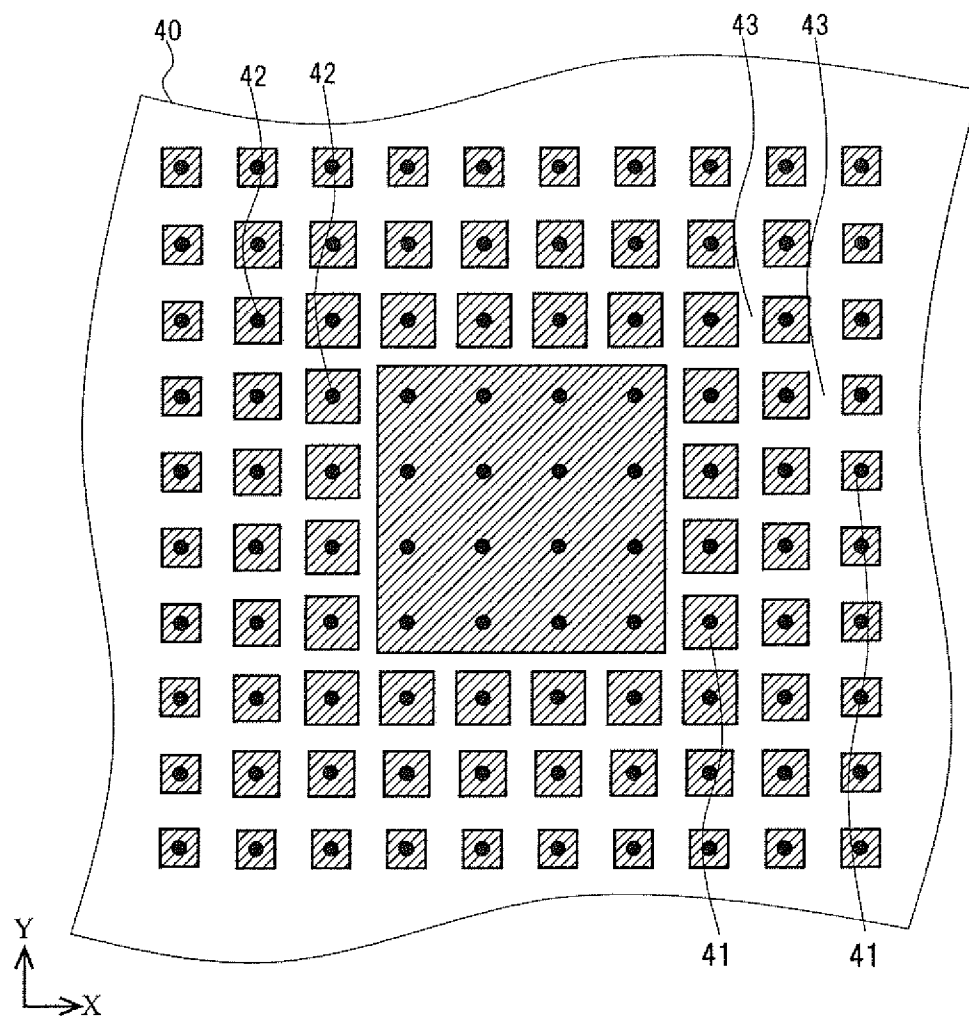
(a)



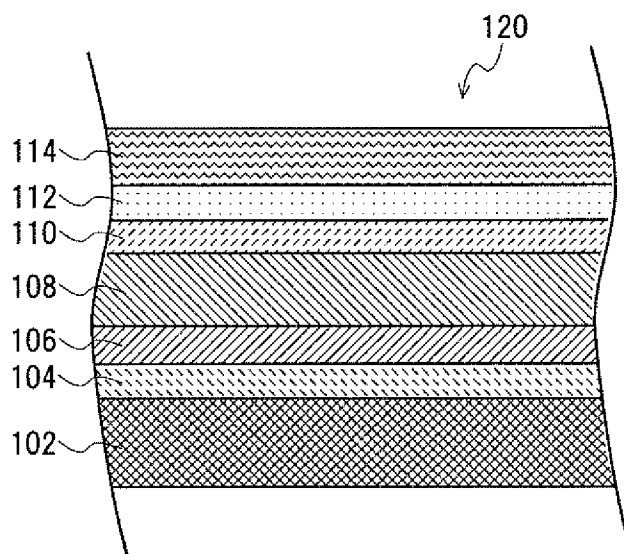
(b)



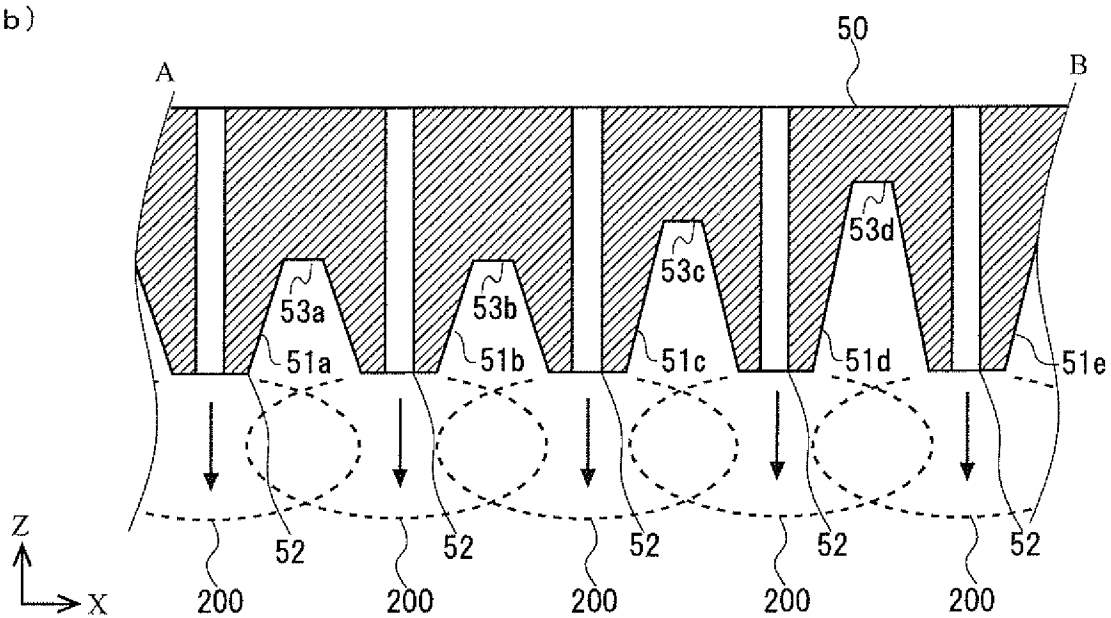
[図8]



[図9]



(a)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/051601

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/205(2006.01)i, C23C16/455(2006.01)i, C23C16/509(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)

H01L21/205, C23C16/455, C23C16/509

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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 09-129563 A (ULVAC Japan Ltd.), 16 May 1997 (16.05.1997), paragraphs [0012] to [0046]; fig. 10 to 13 (Family: none)	1-3
X	JP 2009-253102 A (Shimadzu Corp.), 29 October 2009 (29.10.2009), paragraphs [0046] to [0135]; fig. 1 to 25 (Family: none)	1-2

☐ 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
18 February, 2011 (18.02.11)

Date of mailing of the international search report
01 March, 2011 (01.03.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/205 (2006.01) i, C23C16/455 (2006.01) i, C23C16/509 (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. H01L21/205, C23C16/455, C23C16/509

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 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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	JP 09-129563 A（日本真空技術株式会社）1997.05.16, 段落【0012】 - 【0046】, 図 10-図 13（ファミリーなし）	1-3
X	JP 2009-253102 A（株式会社島津製作所）2009.10.29, 段落【0046】 - 【0135】, 図 1-図 25（ファミリーなし）	1-2

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

1 8 . 0 2 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

0 1 . 0 3 . 2 0 1 1

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）

山本 雄一

4 R

3 1 2 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 1