

(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  
2012年2月9日(09.02.2012)



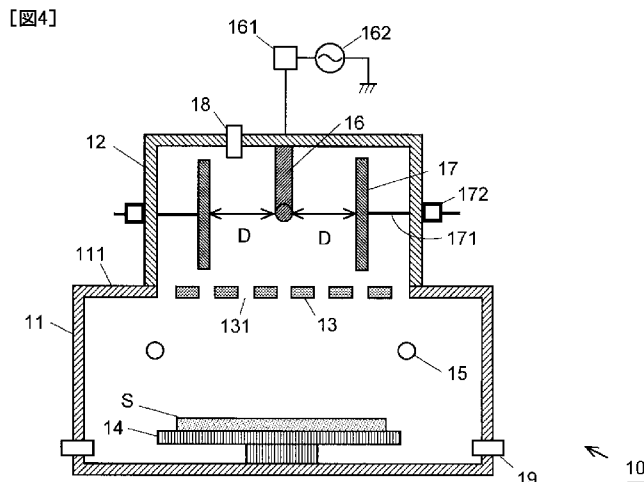
(10) 国際公開番号  
**WO 2012/018024 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*H01L 21/205* (2006.01) *H01L 21/3065* (2006.01)  
*C23C 16/509* (2006.01) *H05H 1/46* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/067698
- (22) 国際出願日: 2011年8月2日(02.08.2011)
- (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 2010-173507 2010年8月2日(02.08.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人大阪大学 (OSAKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 Osaka (JP). 株式会社イー・エム・ディー (EMD Corporation) [JP/JP]; 〒6018355 京都府京都市南区吉祥院石原堂ノ後町36番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 節原 裕一 (SETSUHARA, Yuichi) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). 江部 明憲 (EBE, Akinori) [JP/JP]; 〒6018355 京都府京都市南区吉祥院石原堂ノ後町36番地 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人京都国際特許事務所 (Kyoto International Patent Law Office); 〒6008091 京都府京都市下京区東洞院通四条下ル元恵王子町37番地 豊元四条烏丸ビル Kyoto (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.
- (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,

[続葉有]

(54) Title: PLASMA TREATMENT DEVICE

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置



(57) Abstract: The problem addressed by the present invention is the provision of a plasma treatment device with which it is possible to easily control the electron energy distribution of plasma in accordance with the type of gas molecules to be dissociated and the dissociation energy thereof. A plasma treatment device (10) according to the present invention comprises: a plasma treatment chamber (11); a plasma production chamber (12) that communicates with the plasma treatment chamber (11); a high-frequency antenna (16) for producing plasma; a plasma control plate (17) for controlling the electron energy of the plasma; and an operation rod (171) and a movement mechanism (172) for adjusting the position of the plasma control plate (17). By means of this plasma treatment device (10), it is possible to control the electron energy distribution of the plasma produced inside the plasma production chamber (12) simply by using the movement mechanism (172) to move the operation rod (171) longitudinally in order to adjust the distance between the high-frequency antenna (16) and the plasma control plate (17). It is therefore possible to easily treat plasma in accordance with the type of gas molecules to be dissociated and the dissociation energy thereof.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2012/018024 A1



GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, 添付公開書類:

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).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明の課題は、解離させるガス分子の種類やその解離エネルギーに応じてプラズマ中の電子のエネルギー分布を容易に制御することができるプラズマ処理装置を提供することである。本発明に係るプラズマ処理装置 10 は、プラズマ処理室 11 と、プラズマ処理室 11 と連通するプラズマ生成室 12 と、プラズマを生成するための高周波アンテナ 16 と、プラズマ中の電子のエネルギーを制御するためのプラズマ制御板 17 と、プラズマ制御板 17 の位置を調整するための操作棒 171 及び移動機構 172 と、を備える。このプラズマ処理装置 10 では、移動機構 172 により操作棒 171 を長手方向に動かし、高周波アンテナ 16 とプラズマ制御板 17 の間の距離を調整するだけで、プラズマ生成室 12 内で生成されたプラズマの電子のエネルギー分布を制御することができるため、解離させるガス分子の種類やその解離エネルギーに応じたプラズマ処理を容易に行うことができる。

## 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、被処理基板に対して堆積（製膜）やエッチングなどの所定の処理を行うためのプラズマ処理装置に関する。

### 背景技術

[0002] 従来より、基板上に薄膜を形成する製膜工程や、基板に対するエッチング工程などでは、プラズマ処理装置が用いられている。プラズマ処理装置には容量結合型や誘導結合型など様々な型のものがあるが、それらの中でも誘導結合型プラズマ処理装置は、高密度のプラズマを生成することができるため処理速度が速いという特長を有する（例えば特許文献1を参照）。

[0003] プラズマ処理装置によるシリコン薄膜の形成は、通常、以下のように行われる。まず水素（ $H_2$ ）ガスとシラン（ $SiH_4$ ）ガスを真空容器内に導入し、放電電力を投入することにより真空容器内にプラズマを生成する。この際、水素ガス分子及びシランガス分子に電子が衝突することによりこれら分子が分解され、これにより生成された原子状水素ラジカル及びシラン系ラジカル（ $SiH_3$ ,  $SiH_2$ ,  $SiH$ ,  $Si$ ）が真空容器内で拡散して基板表面に到達し、シリコン薄膜が基板表面に形成される。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：特開2006-286536号公報（[0003]）

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] 上記の手法によりシリコン薄膜を形成する場合、シラン系ラジカルと原子状水素ラジカルを高密度に生成することが重要であるが、特に微結晶シリコン薄膜を形成する場合、アモルファスシリコン薄膜の場合と比べて原子状水素ラジカルを高密度に生成することが不可欠である。

[0006] 電子衝突によって分子を解離するために必要な電子のエネルギーは、水素分子の方が、 $\text{SiH}_4$ 分子の場合よりも高い。従って、水素分子を解離するための高エネルギー電子を増加させたり、あるいはプラズマ密度を高めたりすると、高密度の原子状水素ラジカルの生成と同時にシラン系分子の著しい解離を生じ、 $\text{SiH}_2$ 、 $\text{SiH}$ 、 $\text{Si}$ といった付着係数の高い、すなわち形成中の微結晶シリコン薄膜に付着しやすいラジカルを多く生成させることになる。このような付着係数の高いラジカルが生成されると、膜中に欠陥が形成されたり膜密度が低下するという問題が生じると共に、気相において高次シランラジカル ( $\text{Si}_x\text{H}_y (x>2)$ ) が生成され、それによりさらに膜中に欠陥が形成されてしまうという問題が生じる。

[0007] 従って、膜密度が高く、膜中欠陥（ダングリングボンド）が少ない良質な微結晶シリコン薄膜を形成するには、シラン系分子の過度な分解を抑制することにより、 $\text{SiH}_2$ 、 $\text{SiH}$ 、 $\text{Si}$ よりも付着係数が低い（1/10程度） $\text{SiH}_3$ ラジカルの密度を高めることが重要である。

[0008] しかしながら、従来のプラズマ処理装置ではシラン系分子の過度な分解を抑制しつつ、高密度の原子状水素ラジカルを生成することは困難であった。

[0009] 本発明が解決しようとする課題は、ガス分子の種類やその解離エネルギーに応じてプラズマ中の電子のエネルギー分布を容易に制御することができるプラズマ処理装置を提供することである。

### 課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を解決するために成された本発明に係るプラズマ処理装置は、プラズマ生成室と、前記プラズマ生成室内に設けられた高周波アンテナと、プラズマを生成するためのガスを前記プラズマ生成室内に導入するプラズマ生成ガス導入手段と、前記プラズマ生成室と連通するプラズマ処理室と、前記プラズマ処理室内に処理ガスを導入する処理ガス導入手段と、を備えるプラズマ処理装置において、

前記プラズマ生成室内に設けられ、前記高周波アンテナとの距離を変更可能なプラズマ制御板と、

前記プラズマ制御板を移動させるための移動手段と、  
を備えることを特徴とする。

[0011] なお、前記プラズマ生成室と前記プラズマ処理室の間に差圧を生成する差圧生成手段を用いることが望ましい。差圧生成手段を用いてプラズマ生成室の圧力をプラズマ処理室よりも高くすることにより、プラズマ処理室内の処理ガスがプラズマ生成室内に侵入して処理ガスの解離が過度に進行することを防ぐことができる。差圧生成手段には、貫通孔を多数有する板材を前記プラズマ生成室と前記プラズマ処理室の境界に設けたものや、前記処理ガス導入手段であって前記プラズマ処理室側に孔を有する処理ガス導入管を、隙間を設けて多数、前記プラズマ生成室と前記プラズマ処理室の境界に並べたものを用いることができる。

[0012] また、本発明に係るプラズマ処理装置では、被処理基板の大面积化に対応し、複数のプラズマ生成室を備えることができる。この際、プラズマ生成室がプラズマ処理室の1つの壁面に一定の間隔をおいて配置され、これらのプラズマ生成室の間に、プラズマ処理室内の排気を行う排気手段と排気量を調整する排気量調整手段が設けられているという構成を用いることが望ましい。これらの排気手段及び排気量調整手段は、プラズマ処理室内に導入された処理ガスがプラズマ処理室内に存在する時間をほぼ一定に保つためのものであり、これによりプラズマ生成室で生成されたプラズマによりプラズマ処理室内の処理ガスの解離が進みすぎてしまうことを防ぐことができる。

### 発明の効果

[0013] 本発明に係るプラズマ処理装置は、プラズマ生成室内に設けられたプラズマ制御板を該プラズマ生成室内の高周波アンテナの間の距離を調整することで、プラズマ中の電子のエネルギー分布を制御するというものである。高周波アンテナにプラズマ制御板を近づけると、プラズマ生成室内で生成されたプラズマ中の電子が該プラズマ制御板との衝突によって消滅し、電子密度が低下する。この電子密度の低下によりプラズマ内の電子同士の衝突が減少するため、プラズマ内には高いエネルギーの電子が多く残ることになる。これ

により電子のエネルギー分布において高エネルギー領域の電子の割合が増加する。このようにプラズマ制御板と高周波アンテナの間の距離を調整するだけで電子のエネルギー分布を制御することができる。これを用いて、ガス分子の種類に応じてその解離度を制御することができる。

### 図面の簡単な説明

- [0014] [図1]高周波アンテナとプラズマ制御板の間の距離に対するプラズマ特性の変化を調べるための実験装置を示す概略縦断面図(a)及び概略横断面図(b)。
- [図2]高周波アンテナとプラズマ制御板の間の距離に対する電子温度の変化を示すグラフ(a)、及び電子密度の変化を示すグラフ(b)。
- [図3]高周波アンテナとプラズマ制御板の間の距離に対する電子のエネルギー分布の変化を示すグラフ(a)、及びその相対比の変化を示すグラフ(b)。
- [図4]本発明に係るプラズマ処理装置の第1実施例を示す概略縦断面図。
- [図5]プラズマ生成室とプラズマ処理室の境界に設けられた仕切り板を示す下面図。
- [図6]本発明に係るプラズマ処理装置の第2実施例を示す概略縦断面図。
- [図7]本発明に係るプラズマ処理装置の第3実施例を示す概略縦断面図。
- [図8]第3実施例のプラズマ処理装置の第1の変形例を示す概略縦断面図。
- [図9]第3実施例のプラズマ処理装置の第2の変形例を示す概略縦断面図(a)、及び該変形例で用いた仕切り板を示す下面図(b)。

### 発明を実施するための形態

- [0015] 本願発明者は、高周波アンテナとプラズマ制御板の間の距離に対するプラズマ特性の変化について、図1の概略図に示す実験装置を用いて実験を行った。

この実験装置は、鉛直（以下、「縦」又は「上下」と称す）方向及び水平（以下、「横」と称す）方向に延びる直径150mmの2つの円筒管が互いにクロスした構造を有するステンレス製のクロス管チャンバ51と、クロス管チャンバ51の横方向に延びる円筒管の一方の端部からクロス管チャンバ51内に介挿された、U字形導体から成る高周波アンテナ52と、もう一方の端部

からクロス管チャンバ51内に介挿された、プラズマの各種状態を測定するためのラングミュアプローブ53と、高周波アンテナ52の両側の等間隔の位置に配置した縦280mm、横97mm、厚さ6mmの2枚のアルミニウム製平板から成るプラズマ制御板54と、を有する。

[0016] 高周波アンテナ52は、U字の両端を上下に並べてチャンバ51内に介挿されている。ここで、高周波アンテナ52の一方の端部にはインピーダンス整合器521を介して周波数13.56MHz、最大出力1250Wの高周波電源522が接続されており、もう一方の端部は接地されている。また、アンテナ導体がプラズマにスパッタされることを防ぐため、チャンバ51の内部では高周波アンテナ52は誘電体製のパイプで覆われている。なお、チャンバ51の内部における高周波アンテナ52の寸法は縦55mm、横110mmである。

[0017] プラズマ制御板54は、その面に垂直な方向に延びる操作棒及び移動機構（図示せず）が取り付けられている。この操作棒は移動機構によって長手方向に移動させることができるため、プラズマ制御板54と高周波アンテナ52の距離を自由に調節することができる。

[0018] また、図示していないものの、上下方向に延びる円筒管の上部にはプラズマ生成用のガスをチャンバ51内に導入する導入口が設けられており、下部にはチャンバ51内の真空排気を行う排気口が設けられている。

[0019] 以上の構造の実験装置を用いて、高周波アンテナ52とプラズマ制御板54の間の距離Dに対するプラズマ特性の変化を調べた。その実験結果を図2及び3に示す。実験条件は、プラズマ生成ガスとして水素を流量5sccmで導入し、高周波電源の出力を800W、チャンバ51内の圧力を10Paとした。また、ラングミュアプローブ53の先端と高周波アンテナ52との距離を120mmとしてプラズマの計測を行った。なお、図中に示すD=75mmのデータは、プラズマ制御板54を実験装置から取り除いた場合の実験結果である。

[0020] 図2の(a)及び(b)に示すように、距離Dが短くなるほど電子温度は増加し、電子密度は低下する。さらに、図3の実験データから距離Dが短くなるほど高エネルギー領域の電子の割合が増加していることが分かる。図2の各データ

から、プラズマ中の電子がプラズマ制御板 54 との衝突により消滅し、電子密度が低下することでプラズマ中の電子同士の衝突が減り、その結果、高エネルギーの電子が多く残るためであると推測される。

[0021] 以上の実験結果から、本願発明者はプラズマ中の電子のエネルギー分布の制御に、プラズマ制御板を用いて高周波アンテナとの距離を調整することが有効であるとの知見を得ることができた。以下、本発明に係るプラズマ処理装置の実施例を示す。

### 実施例 1

[0022] 本発明に係るプラズマ処理装置の第 1 実施例を図 4 の概略縦断面図に示す。本実施例のプラズマ処理装置 10 は、直方体状の真空容器から成るプラズマ処理室 11 と、同じく直方体状の真空容器から成る、プラズマ処理室 11 の天板（上壁） 111 に取り付けられたプラズマ生成室 12 とを有する。また、プラズマ処理室 11 とプラズマ生成室 12 の境界には、プラズマ処理室 11 とプラズマ生成室 12 に差圧を生成するための、多数の貫通孔 131 が設けられた仕切り板 13 が配置されている。

[0023] プラズマ処理室 11 内には、仕切り板 13 と対向するように、基板 S を載置するための基板台 14 が設けられている。基板台 14 にはヒータが内蔵されており、必要に応じて薄膜生成中に基板 S を加熱することができる。また、プラズマ処理室 11 内の仕切り板 13 と基板台 14 の間の位置に、プラズマ処理室 11 内に処理ガスを導入するための処理ガス導入口 15 が設けられている。プラズマ処理室 11 の下部には、プラズマ処理室内の排気を行う排気口 19 が設けられている。

[0024] プラズマ生成室 12 内には、棒状の導体を U 字形に曲げて成る高周波アンテナ 16 が設けられている。高周波アンテナ 16 の両端はプラズマ生成室 12 の上壁に取り付けられており、図 1 の実験装置と同様、一端はインピーダンス整合器 161 を介して高周波電源 162 に接続され、他端は接地されている。

[0025] また、高周波アンテナ 16 を挟むように、プラズマ制御板 17 が 2 枚、高



周波アンテナ 16 から等距離の位置に配置されている。プラズマ制御板 17 には操作棒 171 が取り付けられており、移動機構 172 により操作棒 171 を長手方向にプラズマ制御板 17 を移動させることができる。制御板 17 の移動手段であるこれらの操作棒 171 及び移動機構 172 の働きにより、プラズマ制御板 17 と高周波アンテナ 16 の距離を調節することができる。また、プラズマ生成室 12 の壁には、室内にプラズマ生成ガスを導入するためのプラズマ生成ガス導入口 18 が設けられている。

[0026] 第 1 実施例のプラズマ処理装置 10 の動作を、シリコン薄膜を生成する場合を例に説明する。

まず、プラズマ生成室 12 内に、プラズマ生成ガス導入口 18 からプラズマ生成ガスとして水素 ( $H_2$ ) ガスを導入すると共に、プラズマ処理室 11 内に、処理ガス導入口 15 から処理ガスとして  $SiH_4$  ガスを含有する気体を導入する。ここで、プラズマ処理室 11 内の圧力は 1Pa 以下とし、プラズマ生成室 12 内の圧力はプラズマ処理室 11 内よりも高い 2Pa とする。このようにプラズマ処理室 11 とプラズマ生成室 12 に差圧を設けることで、プラズマ処理室 11 内に導入された処理ガス ( $SiH_4$  ガス) が、仕切り板 13 の貫通孔を通してプラズマ生成室 12 内に入り込むことを防ぐことができる。

[0027] 次に、高周波アンテナ 16 に周波数 13.56MHz、電力 1000W の高周波電力を投入する。これにより、プラズマ生成室 12 内において原子状水素ラジカルと電子を含むプラズマが生成される。プラズマ生成室 12 で生成されたプラズマは、仕切り板 13 の貫通孔を通過してプラズマ処理室 11 内に拡散し、同様にプラズマ生成室 12 より拡散してきた電子により処理ガス導入口 15 から導入された  $SiH_4$  ガスが分解して、 $SiH_3$  を含むシラン系ラジカルが生成される。そして、プラズマ生成室で生成され、仕切り板 13 の貫通孔を通過してきた水素ラジカルと、プラズマ処理室で生成されたシラン系ラジカルとにより、基板 S 上にシリコン薄膜が形成される。なお、シリコン薄膜の製膜中には、ヒータにより基板 S の温度が 200℃ に維持される。

[0028] 以上は従来のプラズマ処理装置の動作とほぼ同じであるが、本実施例のプ

ラズマ処理装置 10 に特有の機能として、プラズマ制御板 17 と高周波アンテナ 16 の間の距離を調整することで、プラズマ生成室 12 内のプラズマ中の電子のエネルギー分布を制御することができる。上記の実験で示したように、高周波アンテナ 16 にプラズマ制御板 17 を近づけることで高エネルギー領域の電子の割合が増加する。このため、原子状水素ラジカルの生成を促進させることができる。また、ラジカルの解離反応が進みすぎないようにプラズマの電子温度を微調整することもできる。このようにプラズマ中の電子のエネルギー分布や電子温度を制御・調整することにより、膜質の高い薄膜を製造することが可能となる。

[0029] さらに従来のプラズマ処理装置では実現することが困難な、本実施例のプラズマ処理装置 10 に特有の機能は、プラズマ生成室 12 とプラズマ処理室 11 との間に仕切り板 13 を介し、プラズマ生成室 12 の圧力をプラズマ処理室 11 の圧力よりも高くすることで、プラズマ処理室 11 に導入した  $\text{SiH}_4$  ガスが、高エネルギー電子の割合の高いプラズマ生成室 12 に逆流して該プラズマ生成室 12 内のアンテナ 16 近傍の領域を通過することを抑制し、 $\text{SiH}_4$  分子の過度な解離を抑制できることである。さらに、本実施例のように、プラズマ生成室 12 で生成したプラズマを仕切り板 13 を介してプラズマ処理室 11 に導入した拡散プラズマ中の電子のエネルギー分布は、プラズマ生成室 12 で生成されたプラズマ中の電子のエネルギー分布と比較して、高エネルギー電子の割合が低くなる。このため、プラズマ処理室 11 内における該拡散プラズマによる  $\text{SiH}_4$  ガスの過度な解離は効果的に抑制される。従来のプラズマ処理装置では、高密度の原子状水素ラジカルを生成しようとする、同じプラズマ生成領域を  $\text{SiH}_4$  分子が通過するため  $\text{SiH}_4$  ガスの過度な解離を抑制することが困難であったが、本実施例のプラズマ処理装置 10 では、 $\text{H}_2$  ガスの解離により原子状水素ラジカルを生成する反応領域であるプラズマ生成室 12 と、 $\text{SiH}_4$  ガスを解離する反応領域であるプラズマ処理室 11 とを空間的に分離することが可能である。このため従来は、高密度の原子状水素ラジカルの生成と  $\text{SiH}_4$  ガスの過度な解離の抑制を両立させることが困難であったが、本実施例

のプラズマ処理装置では、高密度の原子状水素ラジカルの生成と $\text{SiH}_4$ ガスの過度な解離抑制を両立させ、基板上で良質のシリコン薄膜を形成することが可能である。

[0030] なお、仕切り板 13 としては、貫通孔 131 のみが設けられたもの（図 5 (a)）の他に、処理ガス導入孔 132 が設けられたもの（図 5 (b)）を用いることもできる。この処理ガス導入孔 132 は、仕切り板 13 のプラズマ処理室 11 側の面にのみ設けられており、板材の中に埋め込まれた処理ガス導入管 1321 に導入された処理ガスをプラズマ処理室 11 内に送ることができる。このような構造を採ることにより、貫通孔 131 の近傍から処理ガスを導入することができるため、貫通孔 131 を通ってプラズマ処理室 11 に導入された拡散プラズマにより、効率良く処理ガスを分解させると共に、処理ガスの過度な解離を抑制することができる。

[0031] また本実施例ではシリコン薄膜を形成する例を挙げているが、酸化膜や窒化膜を形成する場合においても本実施例のプラズマ処理装置 10 を有効に用いることができる。酸化膜を形成する場合、プラズマ生成室 12 に酸素ガスを導入して高密度の原子状酸素ラジカルを生成すると同時に、プラズマ処理室 11 に有機金属ガス（例えば TMAI (tri-methyl-aluminum) : アルミニウムの原料) を導入することにより、基板上で良質な酸化膜を形成することができる。また、窒素膜の場合においてもプラズマ生成室 12 にアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) ガスを導入し高密度の原子状窒素ラジカルを生成し、プラズマ処理室 11 に導入する有機金属ガスと反応させて窒化膜を形成する。

[0032] なお、プラズマ制御板 17 と高周波アンテナ 16 の間の距離は、製膜条件に応じて適宜設定される。例えば、上記距離を変えながら予備実験を行った結果に基づいて該距離を設定しておき、薄膜の作製中には該距離を固定するようにしてもよい。あるいは、ラングミュアプローブを用いてプラズマ生成室 12 内又は／及びプラズマ処理室 11 内の電子のエネルギーを測定しながら随時該距離を変化するようにしてもよい。

## 実施例 2

[0033] 図6に、本発明に係るプラズマ処理装置の第2実施例の概略縦断面図を示す。本実施例のプラズマ処理装置20は、1つのプラズマ処理室11の天板111上に複数のプラズマ生成室22を設けた点を除いて、第1実施例のプラズマ処理装置10と同様の構成を有する。

[0034] 本実施例のプラズマ処理装置20では、各々のプラズマ生成室22において独立にプラズマ制御板17の位置を調節することにより、各プラズマ生成室22内におけるプラズマ中の電子のエネルギーを個別に且つ容易に制御できる。これにより、基板Sの各部の堆積速度が均一になるよう制御することができるため、大面積の基板に対しても均一性が高い薄膜を製造することが可能となる。また、各プラズマ生成室で異なるガスを導入するなど、プラズマの状態を個別に変化させることができ、自由度の高い製膜を行うこともできる。

### 実施例 3

[0035] 図7に、本発明に係るプラズマ処理装置の第3実施例の概略縦断面図を示す。本実施例のプラズマ処理装置30は、第2実施例で示したプラズマ処理装置20において、複数あるプラズマ生成室22の間の天板111に、プラズマ処理室11内の排気を行う上部排気口31を設けたものである。この上部排気口31には、図示しない真空ポンプ（排気手段）及び真空ポンプの排気量の調整を行う排気量調整部が備わっている。

[0036] 通常、プラズマ処理室11内の真空排気は、基板Sよりも下部に配置された排気口（下部排気口）19を通して行われる。これは、製膜に用いられる処理ガスが必要以上に排気されないようにするためである。一方、本実施例のプラズマ処理装置30では、それとは異なる排気口（具体的には上部排気口31）を均等にプラズマ処理室11内に配置し、それぞれの排気量を排気量調整部で調整することでプラズマ処理室11内に導入された処理ガスがプラズマ処理室内に存在する時間をほぼ一定に保つように調整している。これにより、プラズマ生成室で生成されたプラズマによりプラズマ処理室内の処理ガスの解離が進みすぎてしまうことを防ぐことができるため、より膜質が

高い大面積のシリコン薄膜、酸化膜、窒化膜などの半導体膜を基板上に形成することができる。

[0037] なお、この上部排気口 3 1 を設けることは、図 8 に示すプラズマ制御板 1 7 を備えていない構造のプラズマ処理装置に対しても好適に用いることができる。

[0038] また、第 3 実施例の別の変形例として、図 9 に示す構造のプラズマ処理装置を用いることもできる。このプラズマ処理装置は、複数のプラズマ生成室 2 2 を、仕切り板 3 3 を介してプラズマ処理室 1 1 に接続したものである。図 9 (a) の縦断面図及び図 9 (b) の下面図に示すように、仕切り板 3 3 には、各プラズマ生成室 2 2 の直下では貫通孔 3 3 1 及び処理ガス導入孔 3 3 2 が設けられ、各プラズマ生成室 2 2 の間の領域では排気孔 3 3 3 が設けられている。この排気孔 3 3 3 が第 3 実施例の上部排気口 3 1 に相当することになる。排気孔 3 3 3 は、仕切り板 3 3 の板材に埋め込まれた排気管 3 3 3 1 と繋がっており、排気管 3 3 3 1 に設けられた図示しない真空ポンプ及び排気量調整部により、プラズマ処理室 1 1 内に導入された処理ガスがプラズマ処理室内に存在する時間をほぼ一定に保つように調整する。

[0039] 以上、本発明に係るプラズマ処理装置の第 1 ～第 3 実施例を説明したが、本発明はこれらの実施例には限定されない。例えば、上記各実施例では U 字形の高周波アンテナを用いる例を示したが、板状の高周波アンテナや巻回コイルなど、従来の誘導結合型プラズマ処理装置で用いられている高周波アンテナを使用してすることもできる。また、高周波アンテナは、上記実施例ではプラズマ生成室内に 1 個ずつ設けたが、各プラズマ生成室内に複数個設けることもできる。また、プラズマ生成室の外に設けることもできる。

また、上記各実施例では、製膜プロセスについて説明したが、本発明は製膜プロセスには限定されない。例えばエッチングプロセスやアッシングプロセス或いはクリーニングプロセスを始めとするラジカル密度制御が必要なプラズマプロセスにも用いることができる。

## 符号の説明

- [0040] 1 0、2 0、3 0…プラズマ処理装置
- 1 1…プラズマ処理室
    - 1 1 1…天板
  - 1 2、2 2…プラズマ生成室
  - 1 3、3 3…仕切り板
    - 1 3 1、3 3 1…貫通孔
    - 1 3 2、3 3 2…処理ガス導入孔
    - 1 3 2 1、3 3 2 1…処理ガス導入管
    - 1 3 3、3 3 3…排気孔
    - 1 3 3 1、3 3 3 1…排気管
  - 1 4…基板台
  - 1 5…処理ガス導入口
  - 1 6…高周波アンテナ
    - 1 6 1、5 2 1…インピーダンス整合器
    - 1 6 2、5 2 2…高周波電源
  - 1 7、5 4…プラズマ制御板
    - 1 7 1…操作棒
    - 1 7 2…移動機構
  - 1 8…プラズマ生成ガス導入口
  - 1 9…排気口（下部排気口）
  - 3 1…上部排気口
  - 5 1…クロス管チャンバ
  - 5 2…高周波アンテナ

## 請求の範囲

- [請求項1]        プラズマ生成室と、前記プラズマ生成室内に設けられた高周波アンテナと、プラズマを生成するためのガスを前記プラズマ生成室内に導入するプラズマ生成ガス導入手段と、前記プラズマ生成室と連通するプラズマ処理室と、前記プラズマ処理室内に処理ガスを導入する処理ガス導入手段と、を備えるプラズマ処理装置において、
- 前記プラズマ生成室内に設けられ、前記高周波アンテナとの距離を変更可能なプラズマ制御板と、
- 前記プラズマ制御板を移動させるための移動手段と、
- を備えることを特徴とするプラズマ処理装置。
- [請求項2]        前記プラズマ生成室が、複数備わっていることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項3]        前記プラズマ生成室と前記プラズマ処理室の間に差圧を生成する差圧生成手段を備えることを特徴とする請求項1又は2に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項4]        前記差圧生成手段が、貫通孔を多数有する板材を前記プラズマ生成室と前記プラズマ処理室の境界に設けたものであることを特徴とする請求項3に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項5]        前記板材の前記プラズマ処理室側の面に、前記処理ガスを導入するための処理ガス導入孔が設けられていることを特徴とする請求項4に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項6]        前記板材が、前記プラズマ処理室の同一の壁面に一定の間隔をおいて設けられた複数のプラズマ処理室を覆うものであり、該板材の、各プラズマ生成室の間の領域において、プラズマ処理室内の排気を行うための排気手段及び該排気手段の排気量の調整を行うための排気量調整手段が設けられていることを特徴とする請求項4又は5に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項7]        前記複数のプラズマ生成室が、前記プラズマ処理室の壁面に一定の

間隔をおいて設けられ、これらのプラズマ生成室の間に、プラズマ処理室内の排気を行うための排気手段及び該排気手段の排気量の調整を行うための排気量調整手段が設けられていることを特徴とする請求項 2～5 のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

[請求項8] プラズマ生成室と、前記プラズマ生成室内に設けられた高周波アンテナと、プラズマを生成するためのガスを前記プラズマ生成室内に導入するプラズマ生成ガス導入手段と、前記プラズマ生成室と連通するプラズマ処理室と、前記プラズマ処理室内に処理ガスを導入する処理ガス導入手段と、を備えるプラズマ処理装置において、

前記プラズマ生成室が、前記プラズマ処理室の壁面に一定の間隔をおいて複数設けられ、

前記複数のプラズマ生成室の間に、プラズマ処理室内の排気を行うための排気手段及び該排気手段の排気量の調整を行うための排気量調整手段が設けられている

ことを特徴とするプラズマ処理装置。

[請求項9] 前記プラズマ生成室と前記プラズマ処理室の間に差圧を生成する差圧生成手段を備えることを特徴とする請求項 8 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項10] 前記差圧生成手段が、貫通孔を多数有する板材を前記プラズマ生成室と前記プラズマ処理室の境界に設けたものであることを特徴とする請求項 9 に記載のプラズマ処理装置。

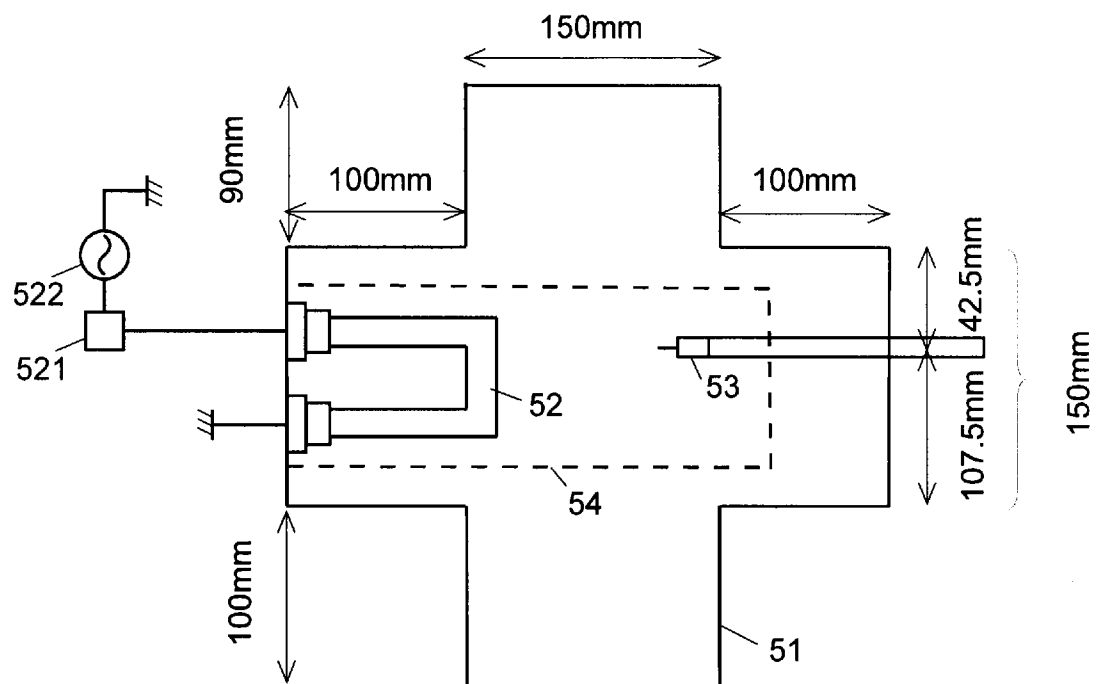
[請求項11] 前記板材の前記プラズマ処理室側の面に、前記処理ガスを導入するための処理ガス導入孔が設けられていることを特徴とする請求項 10 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項12] 前記板材が、前記プラズマ処理室の同一の壁面に設けられた複数のプラズマ処理室を覆うものであることを特徴とする請求項 10 又は 11 に記載のプラズマ処理装置。

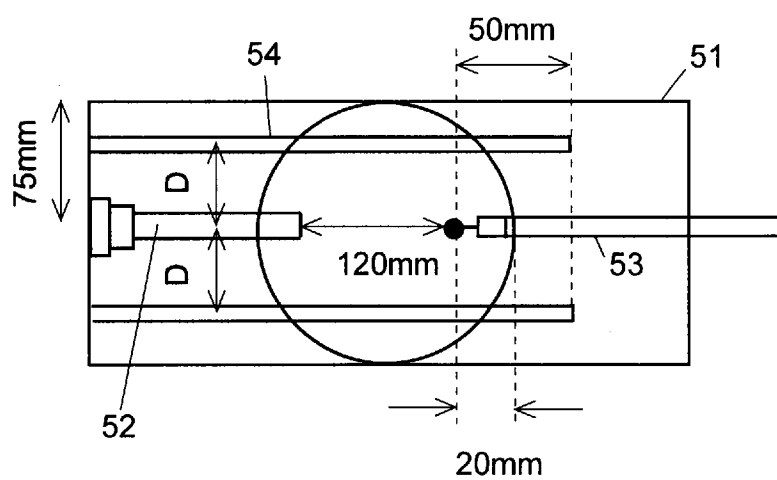


[図1]

(a)

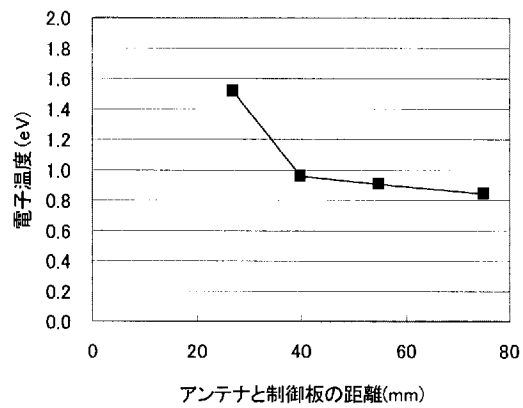


(b)

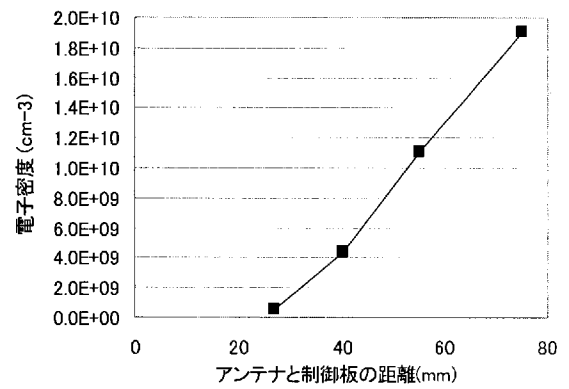


[図2]

(a)

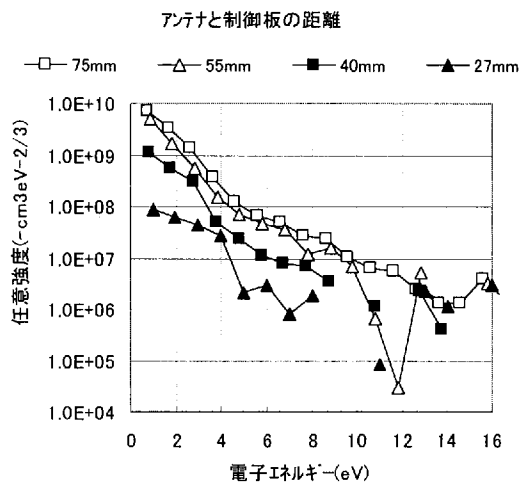


(b)

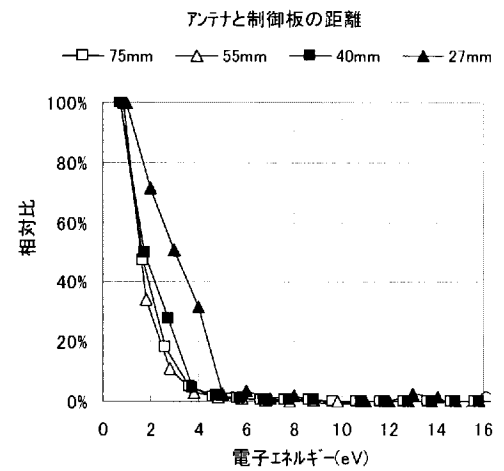


[図3]

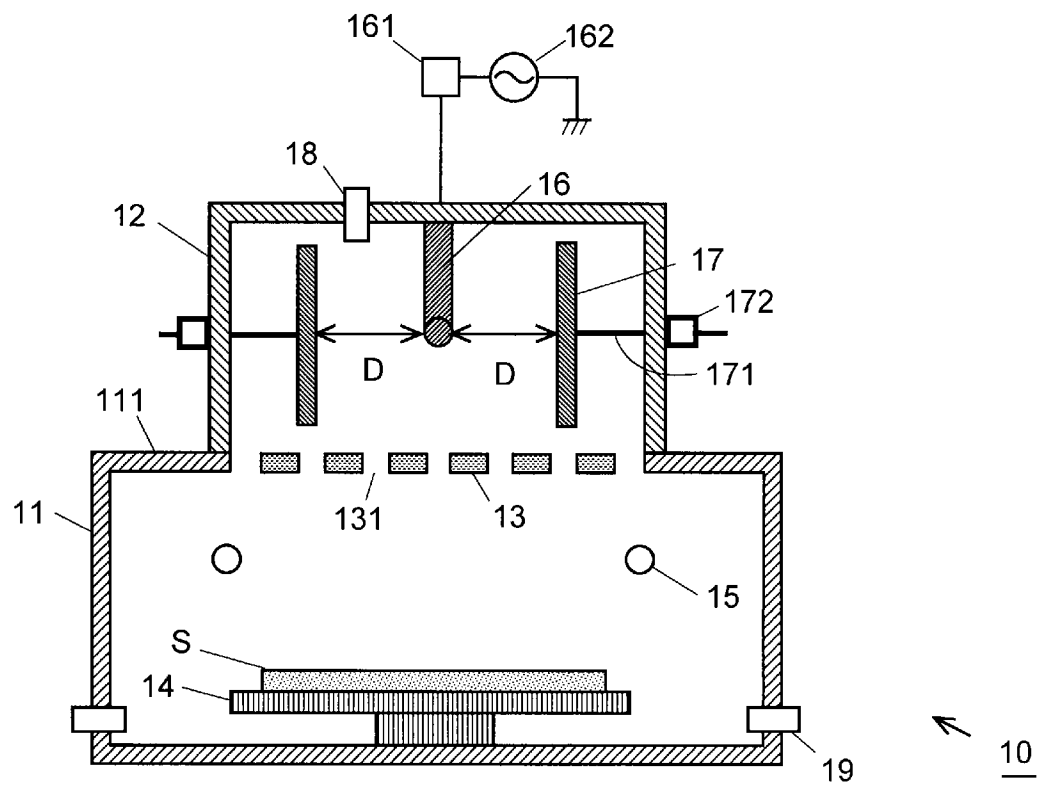
(a)



(b)

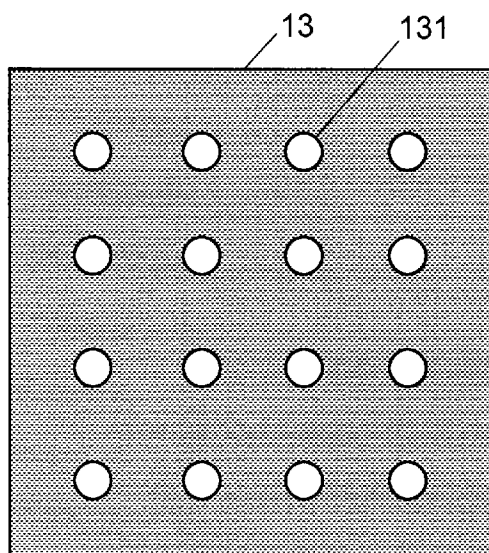


[図4]

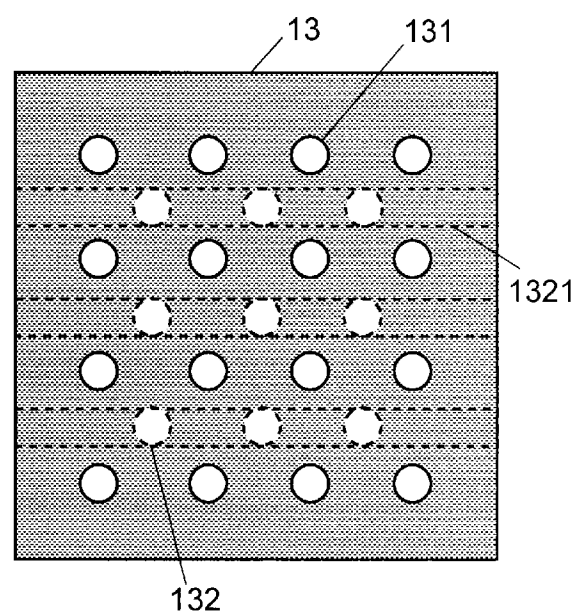


[図5]

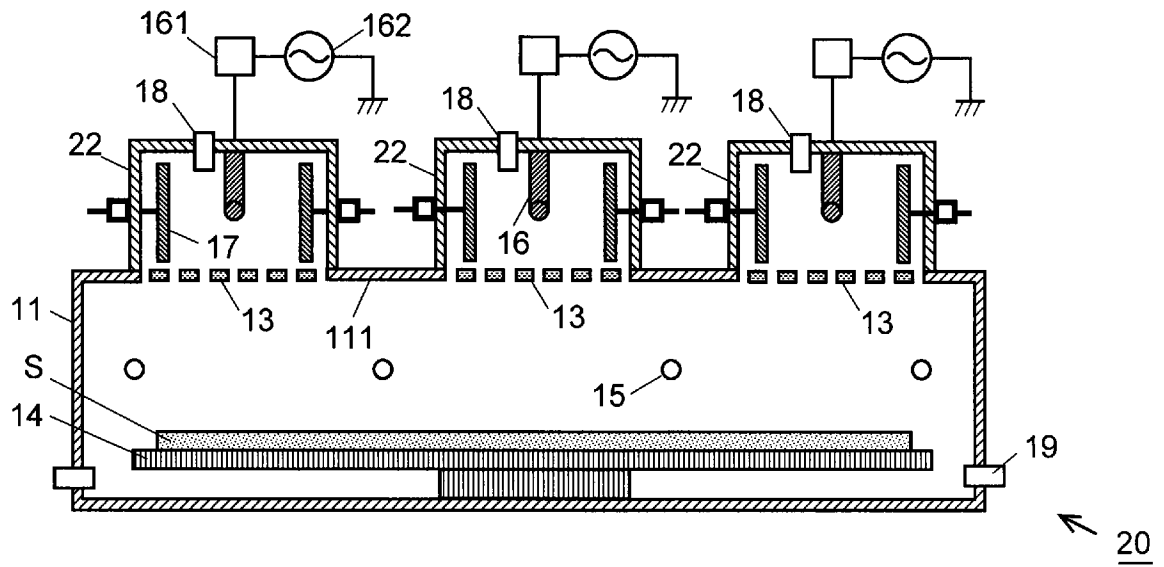
(a)



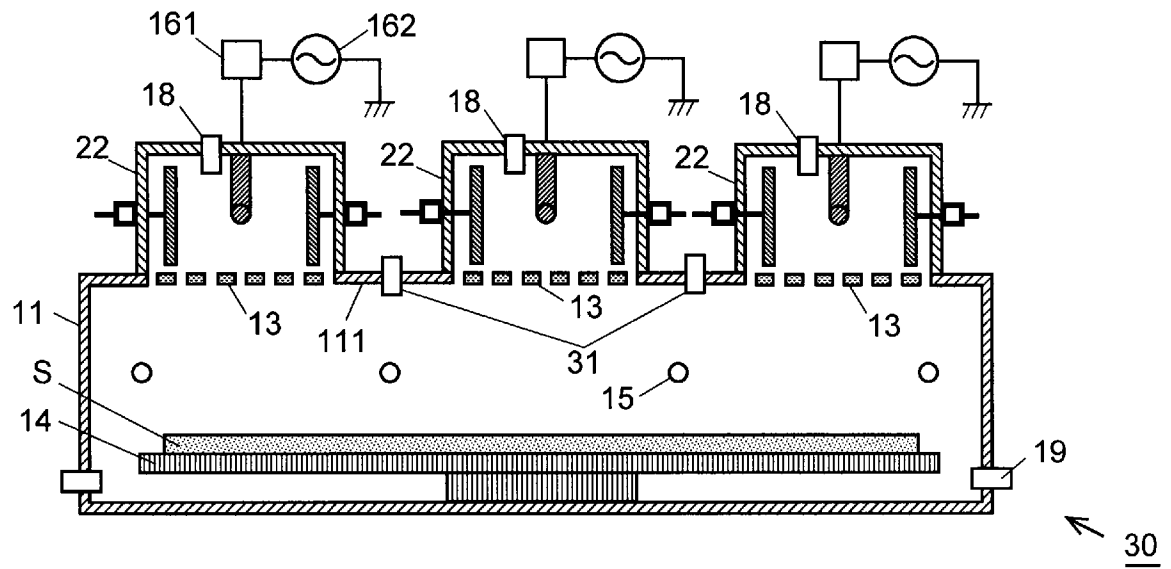
(b)



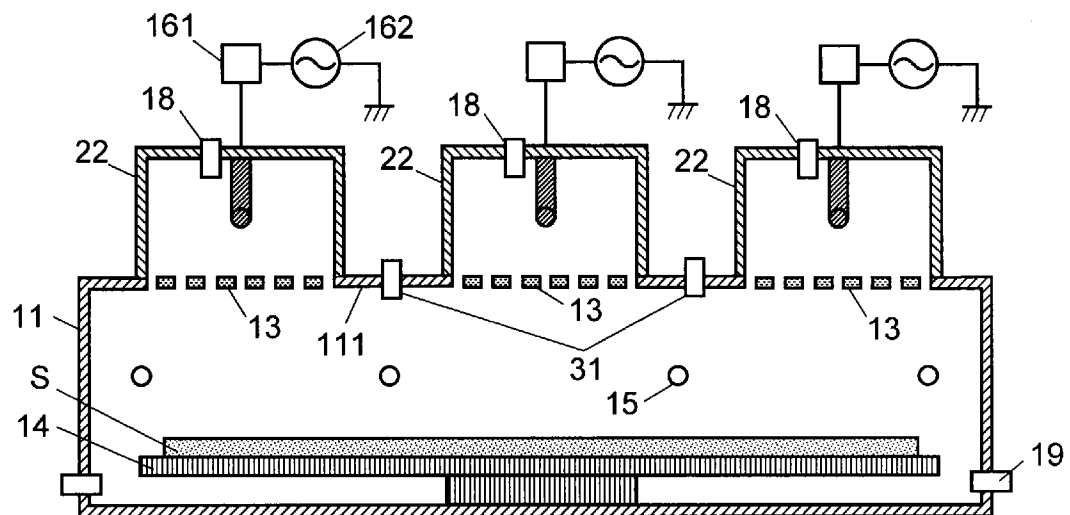
[図6]



[図7]

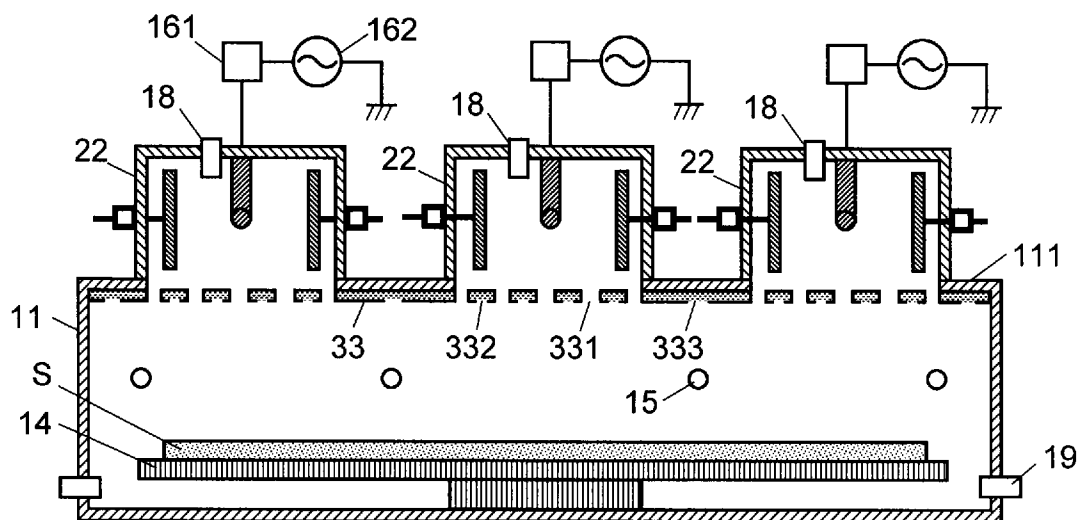


[図8]

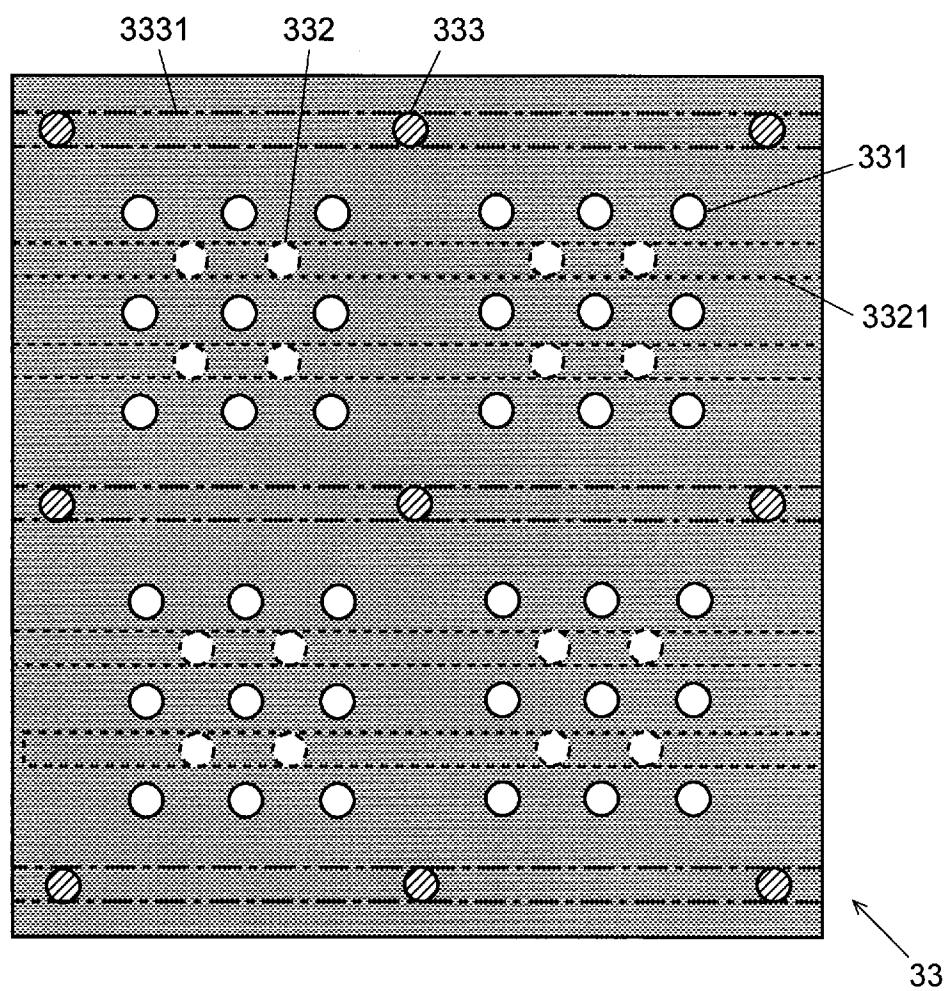


[図9]

(a)



(b)



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/067698

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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

H01L21/205, C23C16/509, H01L21/3065, 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 | 1996-2011 |
| 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<br>A    | JP 2003-332307 A (Tokyo Electron Ltd.),<br>21 November 2003 (21.11.2003),<br>paragraphs [0033] to [0037]; fig. 1 to 2<br>(Family: none)             | 1, 3-5<br>2, 6-12     |
| A         | JP 2003-188154 A (Sharp Corp.),<br>04 July 2003 (04.07.2003),<br>paragraphs [0042] to [0118]; fig. 1<br>(Family: none)                              | 2, 6-12               |
| A         | JP 2007-035411 A (Hitachi High-Technologies Corp.),<br>08 February 2007 (08.02.2007),<br>paragraphs [0014] to [0047]; fig. 1 to 5<br>(Family: none) | 2, 6-12               |

☐

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  
07 October, 2011 (07.10.11)

Date of mailing of the international search report  
18 October, 2011 (18.10.11)

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, C23C16/509 (2006.01)i, 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 (I P C))

Int.Cl. H01L21/205, C23C16/509, 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   | 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<br>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<br>請求項の番号    |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| X<br>A          | JP 2003-332307 A (東京エレクトロン株式会社)<br>2003.11.21, 段落【0033】 - 【0037】, 図 1-2<br>(ファミリーなし)    | 1, 3-5<br>2, 6-12 |
| A               | JP 2003-188154 A (シャープ株式会社)<br>2003.07.04, 段落【0042】 - 【00118】, 図 1<br>(ファミリーなし)         | 2, 6-12           |
| A               | JP 2007-035411 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ)<br>2007.02.08, 段落【0014】 - 【0047】, 図 1-5<br>(ファミリーなし) | 2, 6-12           |

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

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 7 . 1 0 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 8 . 1 0 . 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)

宮本 靖史

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

4 R

3 7 6 0