(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
2003 年12 月18 日 (18.12.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/105544 A1

(51) 国際特許分類[7]: H05H 1/46, H01L 21/3065

(21) 国際出願番号: PCT/JP03/06901

(22) 国際出願日: 2003 年5 月30 日 (30.05.2003)

(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2002-165504 2002 年6 月6 日 (06.06.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都 港区 赤坂五丁目３番６号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石橋 清隆 (ISHIBASHI,Kiyotaka) [JP/JP]; 〒660-0891 兵庫県 尼崎市 扶桑町１−８ 東京エレクトロン株式会社内 Hyogo (JP). 野沢 俊久 (NOZAWA,Toshihisa) [JP/JP]; 〒660-0891 兵庫県 尼崎市 扶桑町１−８ 東京エレクトロン株式会社内 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 深見 久郎, 外 (FUKAMI,Hisao et al.); 〒530-0054 大阪府 大阪市 北区南森町２丁目１番２９号 三井住友銀行南森町ビル 深見特許事務所 Osaka (JP).

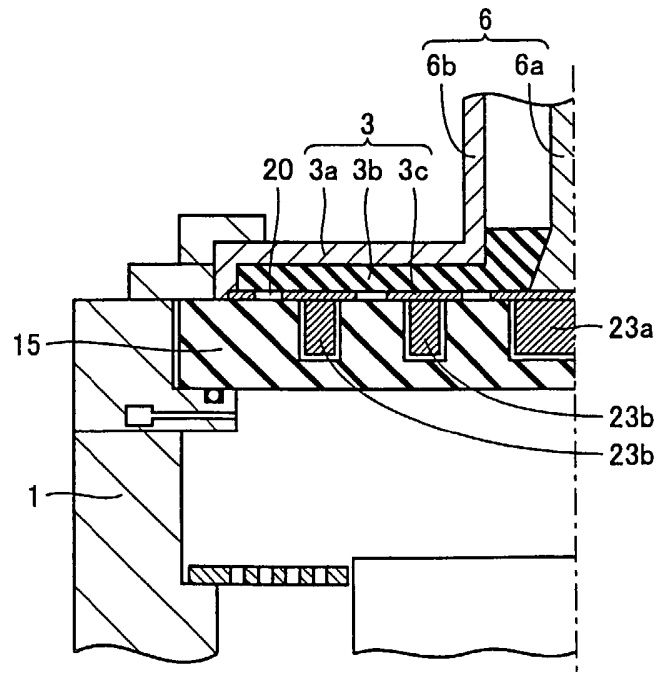
(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: PLASMA PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置



(57) Abstract: A plasma processing device comprises a chamber (1) for performing plasma processing in the inside of the chamber, a top plate (15) for closing the upper side of the chamber (1) and is formed from a dielectric, and an antenna section (3) as high frequency wave supplying means for supplying high frequency waves into the chamber (1) through the top plate (15). The top plate (15) is provided in its inside with reflection members (23a, 23b). Side walls of the reflection members (23a, 23b) act as wave reflection means for reflecting high frequency waves propagated in the top plate (15) in its radial direction. Alternatively, side walls of a concave portion in the top plate (15) can be used as the wave reflection means without using the reflection members.

(57) 要約: プラズマ処理装置は、プラズマ処理を内部で行なうためのチャンバ（１）と、このチャンバ（１）の上側を塞ぐ誘電体からなる天板（１５）と、この天板（１５）を介して高周波をチャンバ（１）内に供給する高周波供給手段としてのアンテナ部（３）とを備える。天板（１５）は、その内部に反射部材（２３ａ，２３ｂ）を備える。反射部材（２３ａ，２３ｂ）の側壁は、天板（１５）内を径方向に伝播する高周波を反射するための波反射手段として作用する。あるいは、反射部材がなく、天板（１５）の凹部の側壁を波反射手段としてもよい。

WO 03/105544 A1

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

プラズマ処理装置

技術分野

本発明は、工作物を配置したチャンバ内にプラズマを生成し、工作物にプラズマ処理を行なうためのプラズマ処理装置に関する。

背景技術

図２１を参照して、従来のプラズマ処理装置の構成について説明する。このプラズマ処理装置は、チャンバ１を備え、その開口した上側を覆うように、高周波供給手段としてのアンテナ部３を備える。アンテナ部３は、アルミニウム合金からなるアンテナカバー３ａと、セラミックからなる遅波板３ｂと、銅合金からなるアンテナ板３ｃとを含む。アンテナ板３ｃには、複数の細長い貫通穴であるスロット穴２０が設けられている。また、アンテナ部３とチャンバ１との間には、たとえば石英やセラミックなどの誘電体からなる天板１５が配置されている。ここでいう「天板」は、「誘電窓」、「マイクロ波透過窓」などと呼ばれる場合もある。天板１５は、天板押さえリング１６でチャンバ１に対して固定されている。アンテナ部３は、アンテナ部押さえリング１７で固定されている。

チャンバ１内にはサセプタ７が配置されており、プラズマ処理を行なう際には、サセプタ７の上面に処理すべき基板１１を載置した後に、真空ポンプ９によってチャンバ１内を排気し、ガス導入口（図示省略）から反応ガスを導入する。高周波発生器５で高周波を発生させる。この高周波は、導波管６を通ってアンテナ部３に伝送され、遅波板３ｂを通じて、アンテナ電極３ｃの複数のスロット穴２０によって一定範囲に分配され、チャンバ１側に向けて供給される。高周波は、天板１５を経て、反応ガスをプラズマ化する。この結果、チャンバ１内にプラズマ１３が発生し、基板１１に対するプラズマ処理が行なわれる。なお、この例では、導波管６は、内側導体６ａと外側導体６ｂとからなる同軸導波管であるが他の形式の導波管もありうる。

チャンバ１内に発生するプラズマ１３が高密度になり、プラズマによるカットオフ周波数が高周波の周波数を上回るほどに高密度となった状態においては、プラズマ密度が高くなるほど、高周波をチャンバ１内に供給しようとする際の天板１５とプラズマ１３との間の界面での高周波の反射の割合が大きくなる。天板１５がある程度以上薄い場合、界面で反射した高周波は、天板１５から再び導波管６に沿って高周波発生器５の方へ戻っていき、アンテナ部３と高周波発生器５との間に通常配置される整合器（図示省略）によって、再びアンテナ部３の方へ反射される。その結果、アンテナ部３から整合器に至る導波管６において、電磁界が非常に強くなり、異常放電や電力ロスの原因となる。

一方、天板１５がある程度以上厚い場合は、反射した高周波は導波管６に沿って戻っていかずに天板１５の外面で反射を繰り返し、天板１５内に閉じ込められ、定在波となる傾向にある。こうして定在波が発生した場合、図２２に示すように天板１５内の強電界領域１８は、天板１５の半径方向に見て局所的に表れる。なお、図２２は、左半分のみを示している。図２２における矢印は、高周波の伝播の向きを示している。この場合、天板１５の中央付近により強い電界を生じる。その結果、チャンバ１内にもその影響が反映される。このときのチャンバ１内のプラズマ密度分布を図２３に示す。すなわち、プラズマ密度がチャンバ１内のうち中央近傍で高くなり、プラズマ密度の均一性が損なわれている。プラズマ密度の均一性が損なわれれば、プラズマ処理の均一性も損なわれる。

また、スロット穴２０からプラズマ１３までの距離が小さいほど、すなわち、天板１５が薄いほど、スロット穴２０で形成される電界がプラズマ１３の表面近傍に強い電界を生成するようになる。したがって、言いかえれば、プラズマへの電力供給効率が高くなる。このこと自体は好ましいことであるが、天板１５は誘電体からなり、実際には石英やセラミックといった材質が用いられていることから、機械的強度が問題となり、天板を薄くするにも限界がある。たとえば、φ３００mmの半導体ウエハをプラズマ処理するためのプラズマ処理装置において天板に石英を用いた場合、機械的強度確保の観点から天板の厚みは少なくとも４０mmにせざるを得ず、このような厚みでは、容易に天板内部に定在波が立ってしまう。天板内部に不所望な定在波が立つことにより、電力供給効率は低下し、チ

ャンバ内におけるプラズマ密度の均一性が損なわれ、プラズマ処理の均一性も損なわれる。

発明の開示

本発明では、異常放電や不所望な定在波を発生させることなく、プラズマ密度の均一性を高めることのできるプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

上記目的を達成するため、本発明に基づくプラズマ処理装置の一つの局面では、プラズマ処理を内部で行なうためのチャンバと、上記チャンバの上側を塞ぐ誘電体からなる天板と、上記天板を介して高周波を上記チャンバ内に供給する高周波供給手段とを備え、上記天板は、上記天板の内部を伝播する高周波を反射するための波反射手段を内部に備える。この構成を採用することにより、天板内部での高周波の不所望な伝播を妨げることができ、天板内の電磁気的状態を好ましい状態にすることができる。

上記発明において好ましくは、上記波反射手段は、上記天板の径方向に伝播する高周波を反射するためのものである。この構成を採用することにより、径方向の高周波の伝播を妨げることができ、中心部と外縁部との間で生じる天板内の電界強度の偏在を是正することができる。

上記発明において好ましくは、上記波反射手段は、上記天板の略中央に配置されている。この構成を採用することにより、天板の中央に電界強度の高い部分が生じることを防止でき、チャンバ内のプラズマ密度分布をより均一にすることができる。

上記発明において好ましくは、上記波反射手段は上記天板を区分する。この構成を採用することにより、天板内部を伝播する高周波が区分された各領域間を行き来することが防止され、各領域ごとに電磁気的状態が定まるようになるので、天板内の各領域における蓄積エネルギーを制御しやすくなる。

上記発明において好ましくは、上記天板と上記高周波供給手段との間にスロット穴を有するアンテナ板を備え、上記天板の上記波反射手段によって区分された各領域内に上記スロット穴が位置する。この構成を採用することにより、区分された各領域ごとにスロット穴を通じて個別に高周波を供給して電界強度を制御す

ることが可能となるので、天板内の各領域における蓄積エネルギーをより確実に制御することができるようになる。

上記発明において好ましくは、上記天板は表裏のうち少なくとも一方の表面から窪んだ凹部を有し、上記波反射手段は、上記凹部の側壁部である。この構成を採用することにより、部品点数を増やすことなく、簡単な構造で波反射手段を実現することができる。

上記発明において好ましくは、上記凹部は、リング状である。この構成を採用することにより、波の径方向の伝播を効率的に防止することができる。

上記発明において好ましくは、上記凹部は、上記天板の上記高周波供給手段に面する側の面にある。この構成を採用することにより、プラズマ発生面を従来と同じ高さに維持したまま、波反射手段を配置することができる。

上記発明において好ましくは、上記凹部は、上記天板の上記チャンバに面する側の面にある。この構成を採用することにより、凹部の内部にプラズマを招き入れることができるので、プラズマ発生面とアンテナ部との間の距離を縮めることができ、その結果、プラズマに対する電力供給効率を上げることができる。

上記発明において好ましくは、上記波反射手段は、上記凹部に入りこんだプラズマである。この構成を採用することにより、天板に特別な部材を設けることなく、プラズマ自体によって波反射手段を実現することができる。

上記発明において好ましくは、上記天板と異なる材料からなる反射部材が天板の内部に配置され、上記反射部材の側壁が上記波反射手段である。この構成を採用することにより、反射部材によって確実に所定の位置で波を反射させることができる。

上記発明において好ましくは、上記天板のうち隣接する上記波反射手段同士に挟まれる部分の長さが上記高周波が上記天板の材質中を伝播するときの波長の１／２倍以上である。この構成を採用することにより、波反射手段同士に挟まれた部分に強い定在波を生じさせることができるので、チャンバ内のプラズマ近傍に強い電界を生じることができる。したがって、プラズマに向けてより効率的に電力を供給することができる。

上記発明において好ましくは、上記凹部の部分における上記天板の厚みが上記

高周波が上記天板の材質中を伝播するときの波長の１／２倍以下である。この構成を採用することにより、凹部が存在することによって天板が薄くなっている部分において定在波が生じることを防止できる。したがって、凹部によって隔てられた隣接する領域同士の間での定在波の発生状況を別個独立に制御することが可能となる。

上記発明において好ましくは、上記凹部の部分における上記天板の厚みが上記高周波が上記天板の材質中を伝播するときの波長の１／４倍以下である。この構成を採用することにより、凹部が存在することによって天板が薄くなっている部分において定在波が生じることをより確実に防止できる。

上記目的を達成するため、本発明に基づくプラズマ処理装置の他の局面では、プラズマ処理を内部で行なうためのチャンバと、上記チャンバの上側を塞ぐ誘電体からなる天板と、上記天板を介して高周波を上記チャンバ内に供給する高周波供給手段と、上記天板と上記高周波供給手段との間にスロット穴を有するアンテナ板とを備え、上記天板は、厚い部分と薄い部分とを備え、上記スロット穴は上記薄い部分に対応する位置に配置されている。この構成を採用することにより、厚い部分によって天板の強度を保ったり、厚い部分が波反射手段として働いたりする一方で、薄い部分によって、スロット穴からプラズマ発生面までの距離を短くしてプラズマへの電力供給効率を上げたり、天板内での定在波発生を防止したりできるので、チャンバ内に所望のプラズマ分布を実現可能となる。

図面の簡単な説明

図１は、本発明に基づく実施の形態１におけるプラズマ処理装置の部分断面図である。

図２は、本発明に基づく実施の形態１におけるプラズマ処理装置の天板内部の電界強度分布を示す説明図である。

図３は、本発明に基づく実施の形態１，２におけるプラズマ処理装置のチャンバ内のプラズマ密度分布を示すグラフである。

図４は、本発明に基づく実施の形態２における第１のプラズマ処理装置の部分断面図である。

図５は、本発明に基づく実施の形態２における第１のプラズマ処理装置の天板内部の電界強度分布を示す説明図である。

図６は、本発明に基づく実施の形態２における第２のプラズマ処理装置の部分断面図である。

図７は、本発明に基づく実施の形態２における第３のプラズマ処理装置の部分断面図である。

図８は、本発明に基づく実施の形態２における第４のプラズマ処理装置の部分断面図である。

図９は、本発明に基づく実施の形態２における第５のプラズマ処理装置の部分断面図である。

図１０は、本発明に基づく実施の形態２における第６のプラズマ処理装置の部分断面図である。

図１１は、本発明に基づく実施の形態２における反射部材の配置の仕方の第１の説明図である。

図１２は、本発明に基づく実施の形態２における反射部材の配置の仕方の第２の説明図である。

図１３は、本発明に基づく実施の形態３におけるプラズマ処理装置の部分断面図である。

図１４は、本発明に基づく実施の形態１～３におけるプラズマ処理装置の各部分の長さを示す説明図である。

図１５は、本発明に基づく実施の形態４におけるプラズマ処理装置の部分断面図である。

図１６は、本発明に基づく実施の形態５におけるプラズマ処理装置の部分断面図である。

図１７は、本発明に基づく実施の形態５におけるプラズマ処理装置の部分断面図である。

図１８は、本発明に基づく実施の形態５におけるプラズマ処理装置の第１の変形例の部分断面図である。

図１９は、本発明に基づく実施の形態５におけるプラズマ処理装置の第２の変

形例の部分断面図である。

図２０は、本発明の適用による、天板受け部と天板との接点における電界集中に対する効果の説明図である。

図２１は、従来技術に基づくプラズマ処理装置の断面図である。

図２２は、従来技術に基づくプラズマ処理装置の天板内部の電界強度分布を示す説明図である。

図２３は、従来技術に基づくプラズマ処理装置のチャンバ内のプラズマ密度分布を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

（実施の形態１）

（構成）

図１を参照して、本発明に基づく実施の形態１におけるプラズマ処理装置について説明する。図１は、このプラズマ処理装置の要部のみを表示したものである。ほぼ左右対称な部分は右半分を省略して左半分のみを表示している。このプラズマ処理装置では、天板１５の中央部に反射部材２３ａが埋めこまれている。反射部材２３ａは導電体または高誘電体からなる。天板１５は、アンテナ部３に面する側の表面（図中上側の表面）から掘り下げた形状の凹部を有する。反射部材２３ａは、この凹部の内部空間をほぼ埋める形状であり、この凹部内に収容された状態で設置されている。反射部材２３ａは、天板１５側に固定されていてもよく、アンテナ部３側に固定されていてもよい。反射部材２３ａは、その側壁を波反射手段として利用するために配置されたものである。

（作用・効果）

このプラズマ処理装置において定在波が発生した場合の天板１５内の電界強度の分布を図２に示す。強電界領域１８は、天板１５の半径方向に見て局所的に表れるという点では従来の例（図２２参照）と類似しているが、従来の例と比べて、天板１５の中央部に反射部材２３ａが配置されている分、外周寄りに発生している。これは、天板１５の内部を径方向に伝播する高周波が反射部材２３ａの側壁によって反射されることによって、高周波が天板１５の中央に集まることが妨げ

られることによると考えられる。

天板１５内の強電界領域１８は、チャンバ内空間のうち強電界領域１８の真下に当たる部分のプラズマに向けてより強く電磁波を与えることができるのでその部分のプラズマ密度を高めることができる。したがって、天板１５内の強電界領域１８の位置が天板１５の外周寄りに移ることによって、チャンバ内空間のうち中央におけるプラズマ密度は低くなり、チャンバ１内のプラズマ密度分布は図３の曲線Ｂに示すように従来に比べて均一になる。図３では比較のために、従来の反射部材がないプラズマ処理装置におけるチャンバ内のプラズマ密度分布を曲線Ａとして示している。曲線Ａは図２３に示したものの再掲である。

（実施の形態２）

（構成）

図４を参照して、本発明に基づく実施の形態２におけるプラズマ処理装置について説明する。このプラズマ処理装置では、実施の形態１におけるプラズマ処理装置と同様に、天板１５の中央部に反射部材２３ａが埋めこまれている。実施の形態２では、この中央部の反射部材２３ａに加えて、反射部材２３ａを取り巻くように環状に反射部材２３ｂが配置されている。反射部材２３ｂも、反射部材２３ａと同様、その側壁を波反射手段として利用するために配置されたものである。

（作用・効果）

このプラズマ処理装置において定在波が発生した場合の天板１５内の電界強度の分布を図５に示す。この天板１５内には反射部材２３ａに加えて環状の反射部材２３ｂも配置されて、いわば、天板１５が同心状に区分されているような形になっているので、強電界領域１８が生じることのできる位置は、実施の形態１（図２参照）に比べてさらに限定される。強電界領域１８は、反射部材２３ａ，２３ｂによって区分された領域内に発生することとなる。同心状に分かれる天板１５の各領域同士を遮るように反射部材が配置されることによって、天板１５内部を径方向に伝播する高周波が各領域間を行き来することが妨げられる。したがって、天板１５内の各位置における高周波の蓄積エネルギーを独立に制御しやすくなる。このプラズマ処理装置におけるチャンバ１内のプラズマ密度分布を、図３に曲線Ｃとして示す。図３からわかるように、チャンバ１内のプラズマ密度分

布は、実施の形態１の結果（曲線Ｂとして表示）よりさらに均一になる。

反射部材としては、ここでは、反射部材２３ａ，２３ｂの２つを示したが、図６に示すようにより多くの反射部材によって、天板を多重に同心状に区分することとしてもよい。天板をより多くの領域に区分することによって、天板１５内の各位置における高周波の蓄積エネルギーをさらに細かく制御することが可能となる。

本実施の形態のプラズマ処理装置では、図４に示すように、アンテナ板３ｃのスロット穴２０は、天板１５の区分された各領域にそれぞれ対応する位置に配置されている。スロット穴がこのように配置されていることによって、スロット穴から天板内に向けて放射された高周波のうち側方に向かうものは反射部材の側壁で反射されるので、高周波は区分された各領域内に閉じ込められ、各領域内において下方に指向性を示すようになる。区分された各領域ごとに個別のスロット穴から天板内を通じてチャンバ内に向けて高周波を供給することが可能となるので、スロット穴の形状や大きさを適宜変更することでチャンバ内のプラズマ分布を制御することができる。したがって、チャンバ内に均一に高周波を供給する上で好ましい。

実施の形態１，２のプラズマ処理装置では、天板１５の高周波供給手段側、すなわちアンテナ部３側に凹部を設け、ここに波反射手段として反射部材を嵌めこんだ構造としたが、反射部材に相当するものは固体である必要はなく、導電体または高誘電体でありさえすれば、気体や液体であってもよい。この場合、凹部の側壁が波反射手段としての機能を果たすこととなる。また、凹部を設けるのは、高周波供給手段側に限らず、図７に示すようにチャンバ１に面する側であってもよい。図７に示す例では、これらの凹部の内部に反射部材２３ｃ，２３ｄが配置されている。図８に示すように両方の側から凹部を設けて適宜組合せたものであってもよい。図８に示す例では、反射部材２３ａ，２３ｄが配置されている。あるいは波反射手段としての反射部材は、凹部に配置されるものではなく、図９に示すように天板を貫通するものであってもよい。図９に示す例では、反射部材２３ｅ，２３ｆが配置されている。あるいは、図１０に示すように反射部材が天板１５の内部に完全に包み込まれた構造であってもよい。図１０に示す例では、反

射部材２３ｇ，２３ｈが配置されている。

ただし、反射部材が金属である場合には、図７～図９に示す構造のようにチャンバ１内空間に反射部材が露出していると、チャンバ１内を汚染する原因となるので、図１、図４、図６、図１０に示す構造のように、チャンバ１側から見たときに反射部材が隠れていることが必要である。

なお、図１、図４、図６～図１０に示したような反射部材の配置パターンの中は、天板の表面に凹部や貫通穴を設けてその凹部や貫通穴の内部に反射部材を配置するものもあるが、本明細書では、これらも含めていずれも「天板の内部に」配置されているとみなすものとする。

また、図４、図６～図１０に示した構造において、反射部材を天板１５内に配置する際には、図１１に示す反射部材２３ｒのように天板１５に設けられた凹部や貫通穴を完全に満たすように配置してもよいが、図１２に示す反射部材２３ｓのように凹部や貫通穴を完全には満たさずに天板１５の材料との間に間隙２４を残した配置であってもよい。また、反射部材は中実のものに限らず、凹部や貫通穴の側壁に接する部分の面さえあれば、中空のものであってもよい。

図７～図１０に示したような反射部材の配置パターンにおいても、反射部材の数を増やして天板１５を多重に同心状に区分するようにすれば、天板１５内の各位置における高周波の蓄積エネルギーをさらに細かく制御することが可能となる。また、図４、図６～図１０ではいずれも反射部材によって天板を同心状に区分しているが、反射部材の配置パターンを変更して、天板の区分の仕方を同心状以外としてもよい。

（実施の形態３）

（構成）

図１３を参照して、本発明に基づく実施の形態３におけるプラズマ処理装置について説明する。このプラズマ処理装置では、天板１５のチャンバ１側の表面に凹部２５ａ，２５ｂが設けられている。凹部２５ａ，２５ｂは、チャンバ１内の空間に向けて開放されている。

（作用・効果）

このプラズマ処理装置では、チャンバ１内にプラズマ１３が発生すると、プラ

ズマ１３は、凹部２５ａ，２５ｂの内部にまで入りこんでくる。プラズマ１３が十分高密度な状態で凹部２５ａ，２５ｂの内部に存在することにより、天板１５内部を水平方向に伝播してきた高周波は天板内から凹部２５ａ，２５ｂ内のプラズマの内部に進入しようとする際に反射することとなる。すなわち、凹部内に入りこんだプラズマを波反射手段として利用する構造となる。

上記各実施の形態において、互いに隣接する波反射手段同士に挟まれた部分の長さ、すなわち、図１４における長さＡ，Ｂが、いずれも高周波が天板材質中を伝播するときの波長の１／２倍以上であることが好ましい。このようになっていれば、波反射手段同士に挟まれた部分に強い定在波を生じさせることができるので、チャンバ１内のプラズマ近傍に強い電界を生じることができるので、プラズマに向けてより効率的に電力を供給することができる。

上記各実施の形態において、図１４における長さＣ、すなわち、凹部における天板の厚みが高周波が天板材質中を伝播するときの波長の１／２倍以下であることが好ましい。このようになっていれば、凹部が存在することによって天板が薄くなっている部分において定在波が生じることを防止できる。したがって、凹部によって隔てられた隣接する領域同士の間での定在波の発生状況を別個独立に制御することが可能となる。さらに、凹部における天板の厚みが高周波が天板材質中を伝播するときの波長の１／４倍以下であることが好ましい。このようになっていれば、凹部が存在することによって天板が薄くなっている部分において定在波が生じることをより確実に防止できる。

（実施の形態４）

（構成）

図１５を参照して、本発明に基づく実施の形態４におけるプラズマ処理装置について説明する。このプラズマ処理装置においては、天板１５の下側表面に凹部２６が同心状に配置されている。アンテナ板３ｃにはスロット穴２０が設けられているが、凹部２６とスロット穴２０とがそれぞれ上下方向に対応する位置に配置されている。

実施の形態２におけるプラズマ処理装置（図４参照）では、天板１５の厚い部分に対応するようにスロット穴２０が配置されていたが、実施の形態４における

プラズマ処理装置では、天板１５の薄い部分に対応するようにスロット穴２０が配置されているといえる。

（作用・効果）

このプラズマ処理装置では、スロット穴２０から下向きに放出された高周波は、天板１５の薄い部分に供給されるので、天板１５内に定在波を生じにくくなる。供給された高周波は定在波と化すよりむしろそのまま天板１５を通過して、凹部２６を経てチャンバ１内空間に向かって放射される。凹部２６内はプラズマが入ってくることができる空間となるのでスロット穴２０からプラズマまでの距離は短くなり、プラズマに対する電力供給効率は上がる。また、天板１５には薄い部分と同時に厚い部分もあるので、天板１５の機械的強度は十分確保される。

一方、凹部２６として天板１５の薄くなっている部分では天板１５の下面から被処理物までの距離が長くなるため、プラズマ発生面が被処理物から遠ざかり、被処理物に対するプラズマ処理効率は若干低下するが、凹部２６内においては高周波の側方に向かう成分は凹部２６の側壁によって反射されて下方に向かうため、高周波の下方への指向性は高まる。

このプラズマ処理装置では、天板内に定在波が発生するのを防ぐことができ、スロット穴および凹部の配置によってチャンバ内のプラズマへの高周波の供給具合の分布を設定することができるので、チャンバ内に所望のプラズマ分布を実現することができる。

なお、実施の形態２と実施の形態４とを融合した考え方として、天板１５の厚い部分と薄い部分の双方にそれぞれ対応してアンテナ板３ｃにスロット穴２０を配置してもよい。そのようにした場合においても、各スロット穴の形状や大きさを適宜変更することによって、天板内の電磁気的状態を所望の状態にすることができるからである。

（実施の形態５）

（構成）

図１６を参照して、本発明に基づく実施の形態５におけるプラズマ処理装置について説明する。このプラズマ処理装置においては、天板１５は、上天板１５ｓと下天板１５ｔとの２枚からなる。下天板１５ｔの上側表面に凹部２７が同心状

に配置されている。アンテナ板３ｃにはスロット穴２０が設けられているが、凹部２７とスロット穴２０とがそれぞれ上下方向に対応する位置に配置されている。下天板１５ｔの上側には、凹部２７を塞ぐように接する上天板１５ｓが配置されている。上天板１５ｓと下天板１５ｔとは、同じ材質からなる。

（作用・効果）

このプラズマ処理装置では、スロット穴２０の真下は薄い上天板１５ｓを介して凹部２７となっているので、スロット穴２０から下向きに放射された高周波は上天板１５ｓを通過して凹部２７を経て、下天板１５ｔを通過してチャンバ１内空間へと向かう。上天板１５ｓも下天板１５ｔも薄いので、高周波は天板１５の内部で定在波になりにくい。また、天板１５には薄い部分と同時に厚い部分もあるので、天板１５の機械的強度は十分確保される。さらに、高周波は凹部２７を通過する際に側方へ向かう成分が凹部２７の側壁で反射されるために下方に向かう指向性がより強まる。凹部２７は下天板１５ｔのチャンバ１側の面ではなく上側の面にあるので、プラズマ発生面を被処理物から遠ざけることなく、指向性を高めることができる。その結果、被処理物の近傍でのプラズマやラジカルの密度を改善することができる。

（実施の形態６）

（構成）

図１７を参照して、本発明に基づく実施の形態６におけるプラズマ処理装置について説明する。このプラズマ処理装置は、基本的には図１５を参照して実施の形態４で説明したものと似ており、天板１５の下側表面に凹部が同心状に配置されている。しかし、凹部の深さが異なる。図１７には、天板１５の近傍のみを拡大して示す。このプラズマ処理装置は、天板１５の下面は平坦であるが、配置されている凹部の深さがそれぞれ異なる結果、凹部の底面の高さがそれぞれ異なっている。他の構成は、実施の形態４で説明したものと同様である。

（作用・効果）

本実施の形態においても、実施の形態４と同様の効果を得ることができる。すなわち、天板内に定在波が発生するのを防ぐことができ、プラズマに対する電力供給効率を上げることができる。

さらに変形例として、図１８に示すように、凹部の底面の高さが同じであって天板１５の下面の高さが変化するような構造であってもよい。さらに、変形例として、図１９に示すように、凹部の底面の高さも天板１５の下面の高さもともに変化するような構造であってもよい。図１９の例では、天板１５の下面の高さの変化にもかかわらず凹部の深さ自体はほぼ一定となっているが、凹部の深さがほぼ一定である場合に限られない。

スロット穴や凹部の配置を調整することに加えて、このように凹部の底面の高さや天板１５の下面の高さをも調整することによって、天板内の電磁気的状態を所望の状態にすることができる。

なお、実施の形態４～６で示した以外の形状であっても、スロット穴の真下に当たる位置で天板が薄くなるような構造にすることで、天板内での定在波の発生を防止し、高周波の下方への指向性を上げることができる。したがって、チャンバ内に所望のプラズマ分布を実現することができる。

なお、一般に、天板１５を受けるチャンバ１側の部材である天板受け部１０と、天板１５との接点１９（図２０参照）近傍では、電界が集中し、天板受け部１０の材料がプラズマによってスパッタされてコンタミネーションやパーティクルの原因となる場合がある。しかし、本発明によって天板１５内に波反射手段を設けることとすれば、この問題を防止することができる。図２０に示す例では、波反射手段として側壁３１が設けられており、マイクロ波の一部は、矢印３０に示すように反射するため、接点１９での電界集中の度合いを低減することができ、天板受け部１０がスパッタされる事態を防止することができる。これは、上記各実施の形態に例示した波反射手段によってもそれぞれ得られる効果である。

なお、上記各実施の形態に挙げた例では、天板内に設けた反射面はいずれも鉛直方向に沿った面（天板の主表面に垂直な面）としたが、反射面はそのような向きのものに限られない。たとえば、天板の主表面に対して傾斜した向きの面のものであってもよい。

なお、本明細書では、「高周波」という表現を用いているが、高周波にはマイクロ波も含まれるものとする。

本発明によれば、天板内部での高周波の不所望な伝播を妨げることができ、天

板内の電磁気的状態を好ましい状態にすることができる。特に径方向の高周波の伝播を妨げることができ、中心部と外縁部との間で生じる天板内の電界強度の偏在を是正することができる。その結果、チャンバ内のプラズマ密度分布をより均一にすることができる。

なお、今回開示した上記実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではない。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むものである。

産業上の利用可能性

本発明は、半導体装置の製造現場などにおいて、工作物にプラズマ処理を行なうために用いられるプラズマ処理装置に利用することができる。

請求の範囲

１．　プラズマ処理を内部で行なうためのチャンバ（１）と、

前記チャンバ（１）の上側を塞ぐ誘電体からなる天板（１５）と、

前記天板（１５）を介して高周波を前記チャンバ（１）内に供給する高周波供給手段とを備え、

前記天板（１５）は、前記天板（１５）の内部を伝播する高周波を反射するための波反射手段を内部に備える、プラズマ処理装置。

２．前記波反射手段は、前記天板の径方向に伝播する高周波を反射するためのものである、請求項１に記載のプラズマ処理装置。

３．前記波反射手段は、前記天板（１５）の略中央に配置されている、請求項１に記載のプラズマ処理装置。

４．前記波反射手段は前記天板（１５）を区分する、請求項１に記載のプラズマ処理装置。

５．前記天板（１５）と前記高周波供給手段との間にスロット穴（２０）を有するアンテナ板（３ｃ）を備え、前記天板（１５）の前記波反射手段によって区分された各領域内に前記スロット穴（２０）が位置する、請求項４に記載のプラズマ処理装置。

６．前記天板（１５）は表裏のうち少なくとも一方の表面から窪んだ凹部（２５ａ，２５ｂ，２６，２７）を有し、前記波反射手段は、前記凹部の側壁部である、請求項１に記載のプラズマ処理装置。

７．前記凹部（２５ｂ，２６，２７）は、リング状である、請求項６に記載のプラズマ処理装置。

８．前記凹部は、前記天板の前記高周波供給手段に面する側の面にある、請求項６に記載のプラズマ処理装置。

９．前記凹部は、前記天板の前記チャンバに面する側の面にある、請求項６に記載のプラズマ処理装置。

１０．前記波反射手段は、前記凹部（２５ａ，２５ｂ）に入りこんだプラズマである、請求項９に記載のプラズマ処理装置。

１１．前記天板（１５）と異なる材料からなる反射部材が天板の内部に配置され、前記反射部材の側壁が前記波反射手段である、請求項１に記載のプラズマ処理装置。

１２．前記天板（１５）のうち隣接する前記波反射手段同士に挟まれる部分の長さが前記高周波が前記天板の材質中を伝播するときの波長の１／２倍以上である、請求項１に記載のプラズマ処理装置。

１３．前記凹部の部分における前記天板（１５）の厚みが前記高周波が前記天板（１５）の材質中を伝播するときの波長の１／２倍以下である、請求項１に記載のプラズマ処理装置。

１４．前記凹部の部分における前記天板（１５）の厚みが前記高周波が前記天板（１５）の材質中を伝播するときの波長の１／４倍以下である、請求項１に記載のプラズマ処理装置。

１５．プラズマ処理を内部で行なうためのチャンバ（１）と、

前記チャンバの上側を塞ぐ誘電体からなる天板（１５）と、

前記天板（１５）を介して高周波を前記チャンバ（１）内に供給する高周波供給手段と、

前記天板（１５）と前記高周波供給手段との間にスロット穴（２０）を有するアンテナ板（３ｃ）とを備え、

前記天板（１５）は、厚い部分と薄い部分とを備え、前記スロット穴（２０）は前記薄い部分に対応する位置に配置されている、プラズマ処理装置。

FIG.1

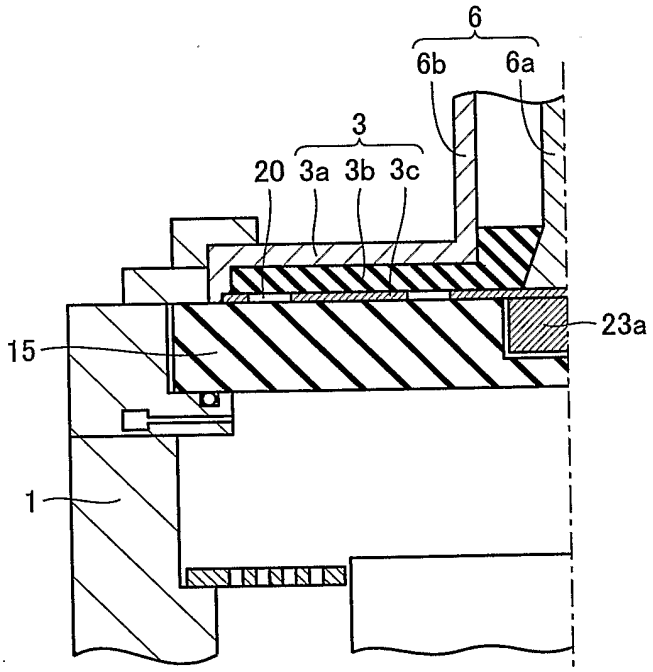


FIG.2

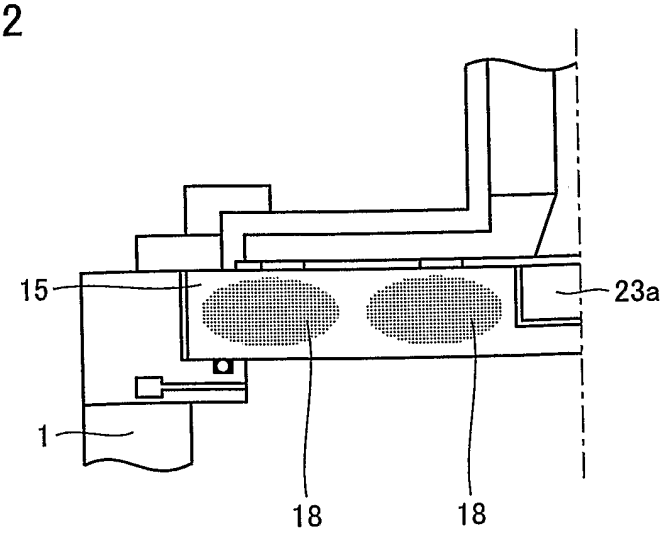


FIG.3

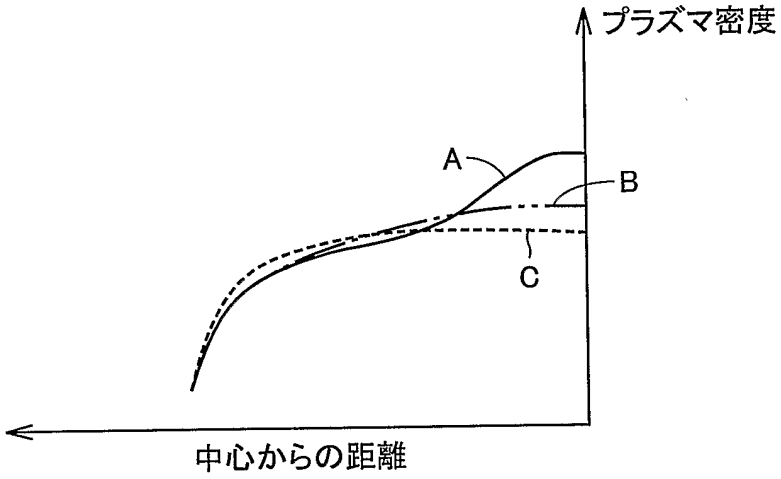


FIG.4

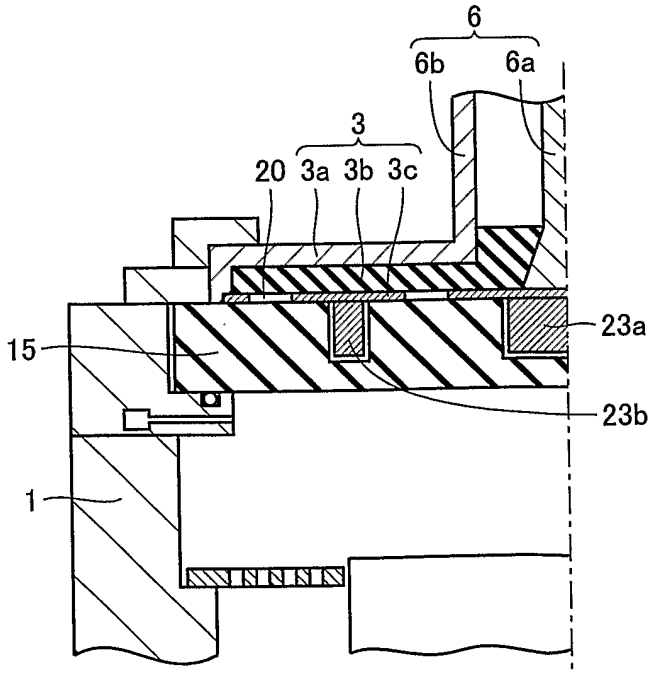


FIG.5

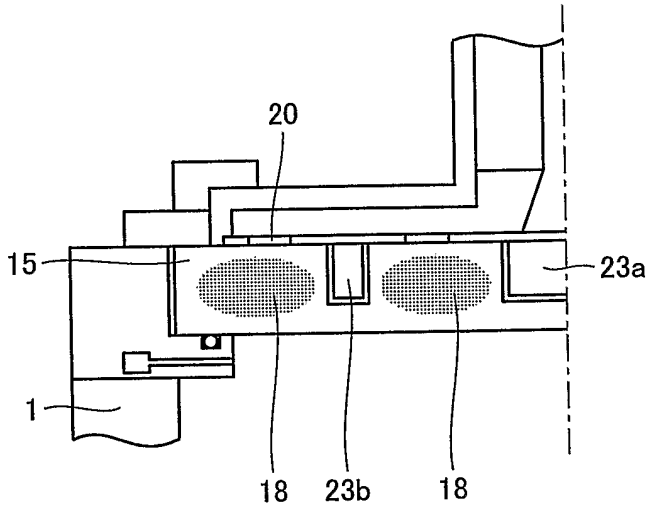


FIG.6

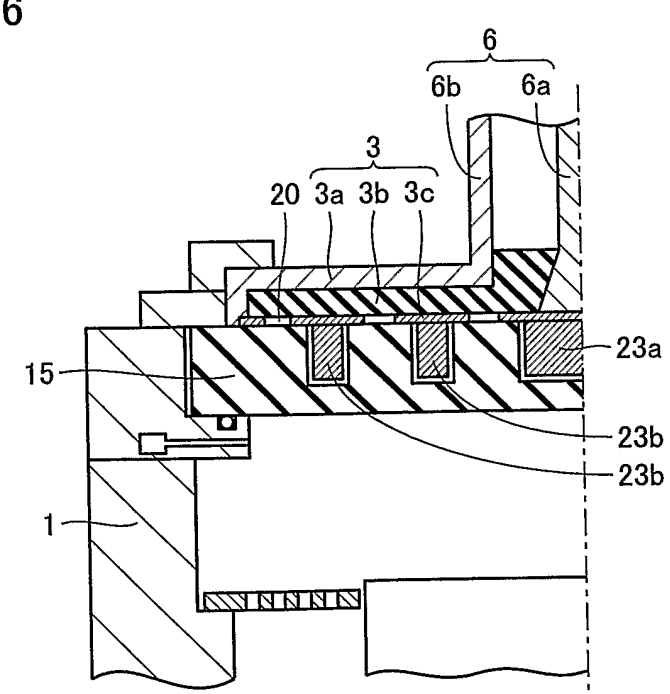


FIG.7

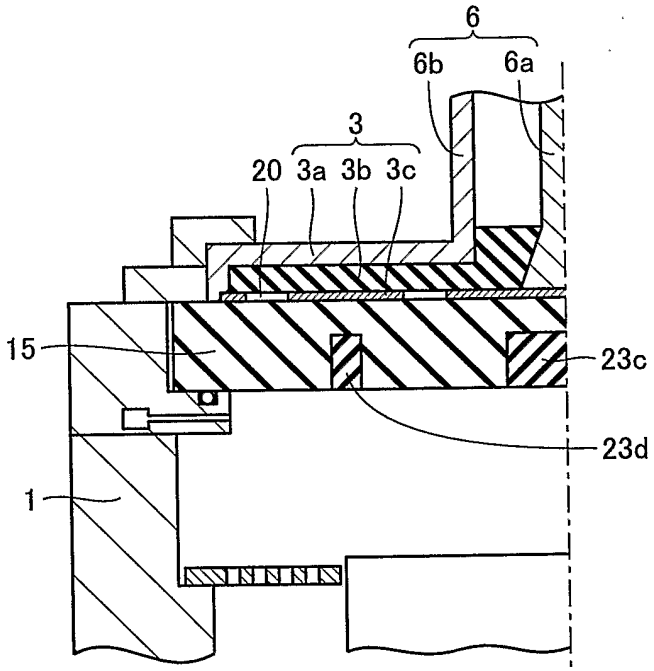


FIG.8

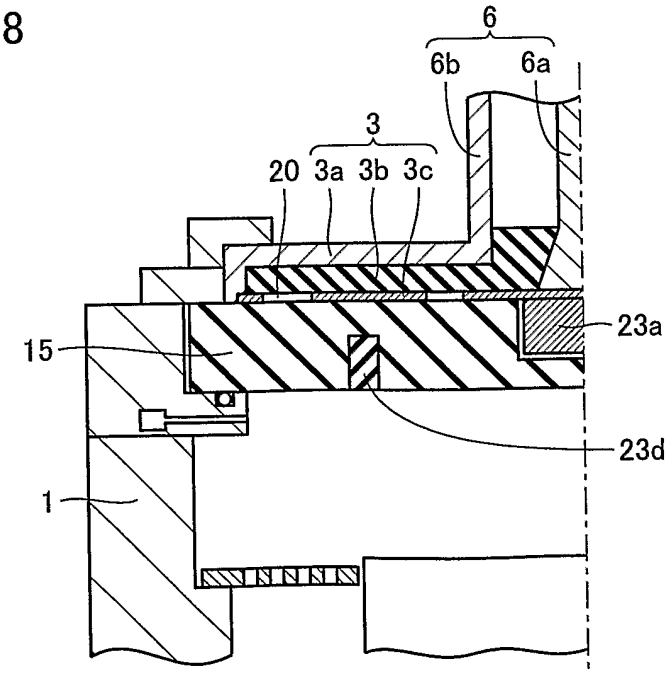


FIG.9

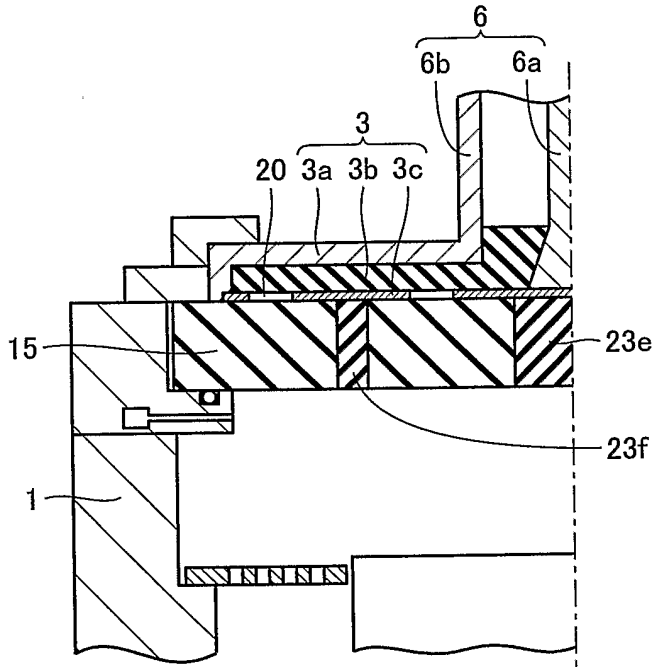


FIG.10

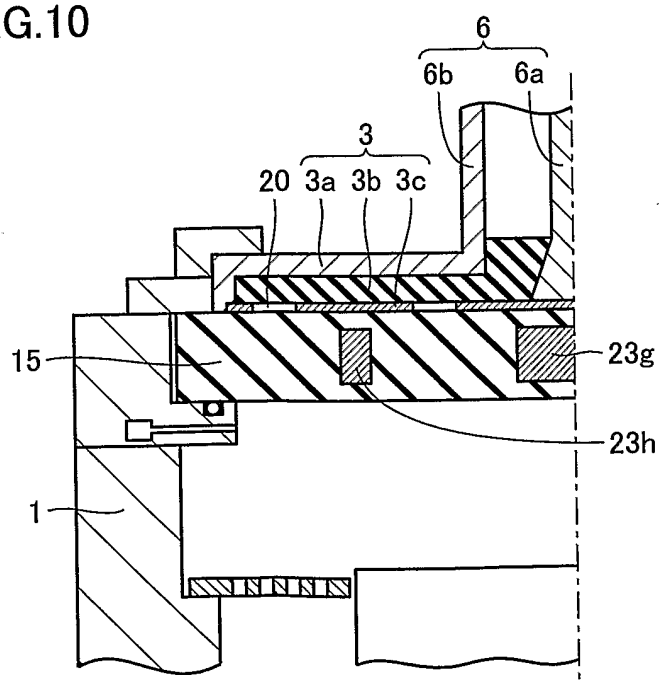


FIG.11

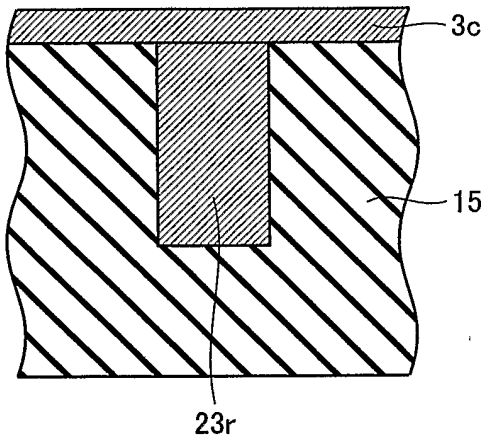


FIG.12

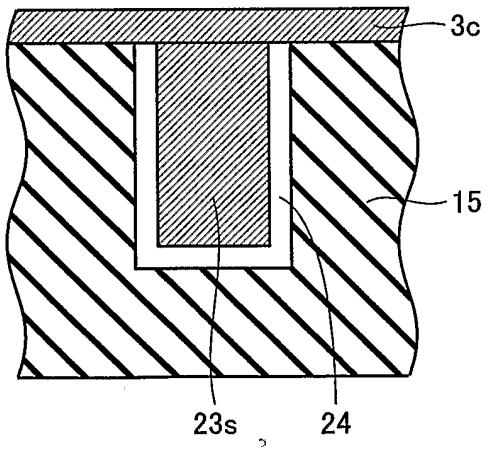


FIG.13

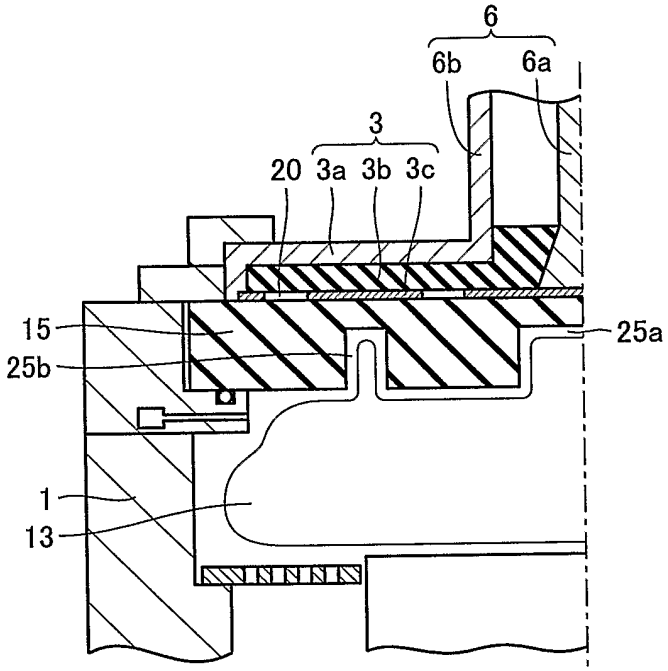

6
6b
6a
3
20
3a
3b
3c
15
25b
25a
1
13

FIG.14

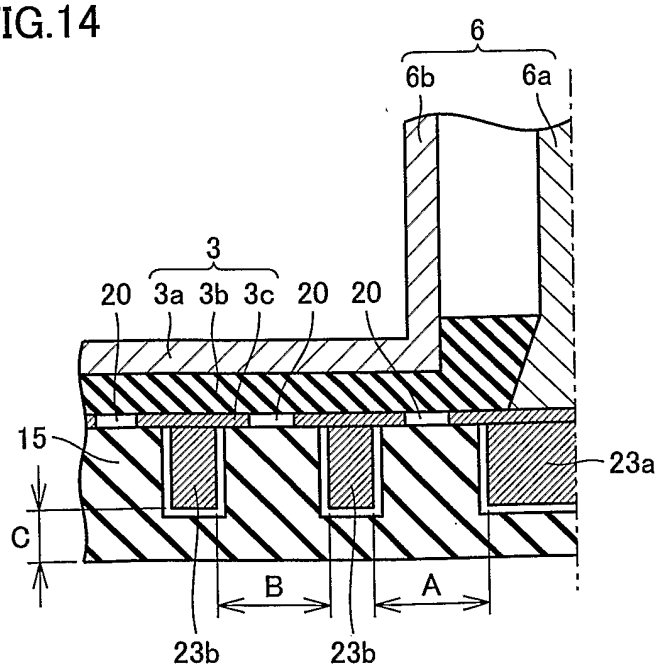

6
6b
6a
3
20
3a
3b
3c
20
20
15
23a
C
B
A
23b
23b

FIG.15

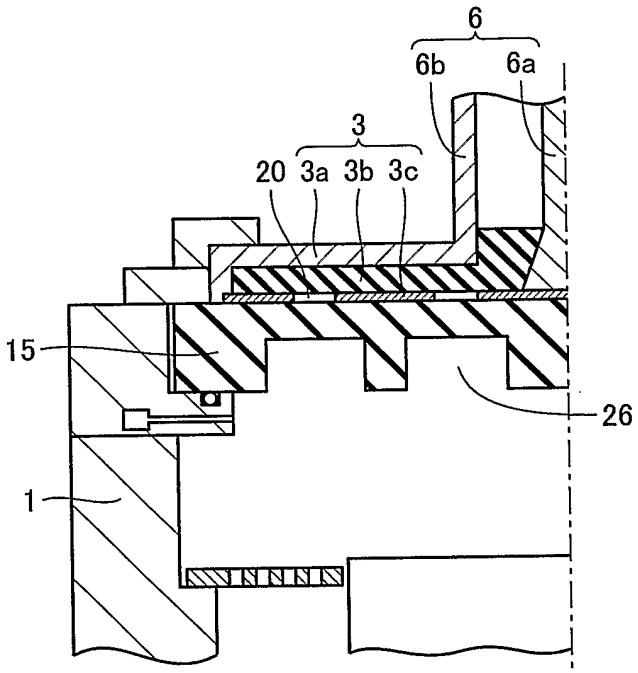


FIG.16

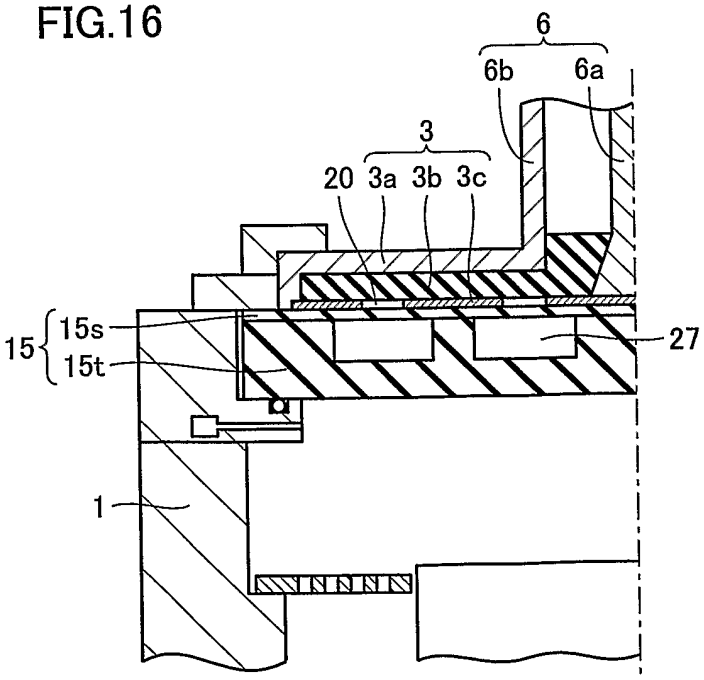


FIG.17

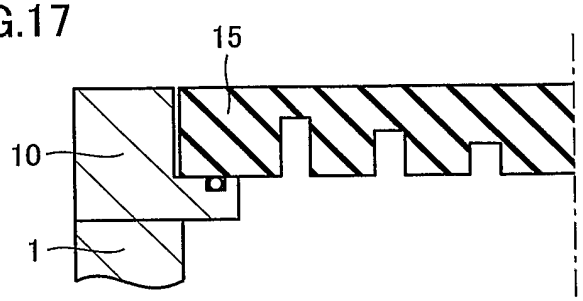


FIG.18

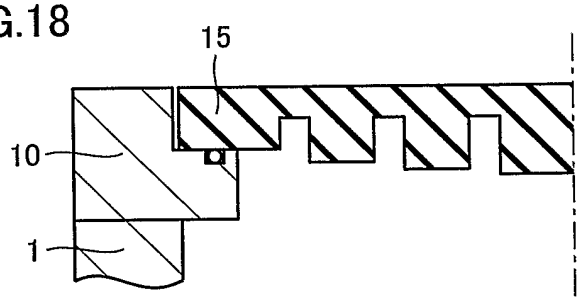


FIG.19

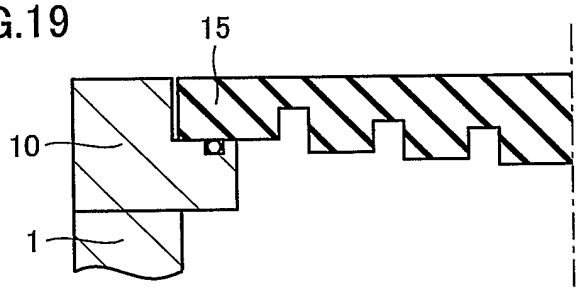
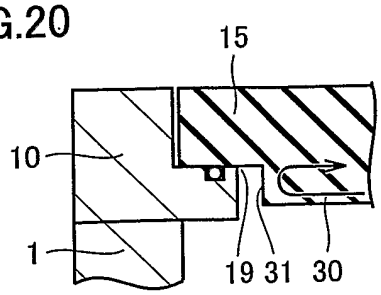


FIG.20



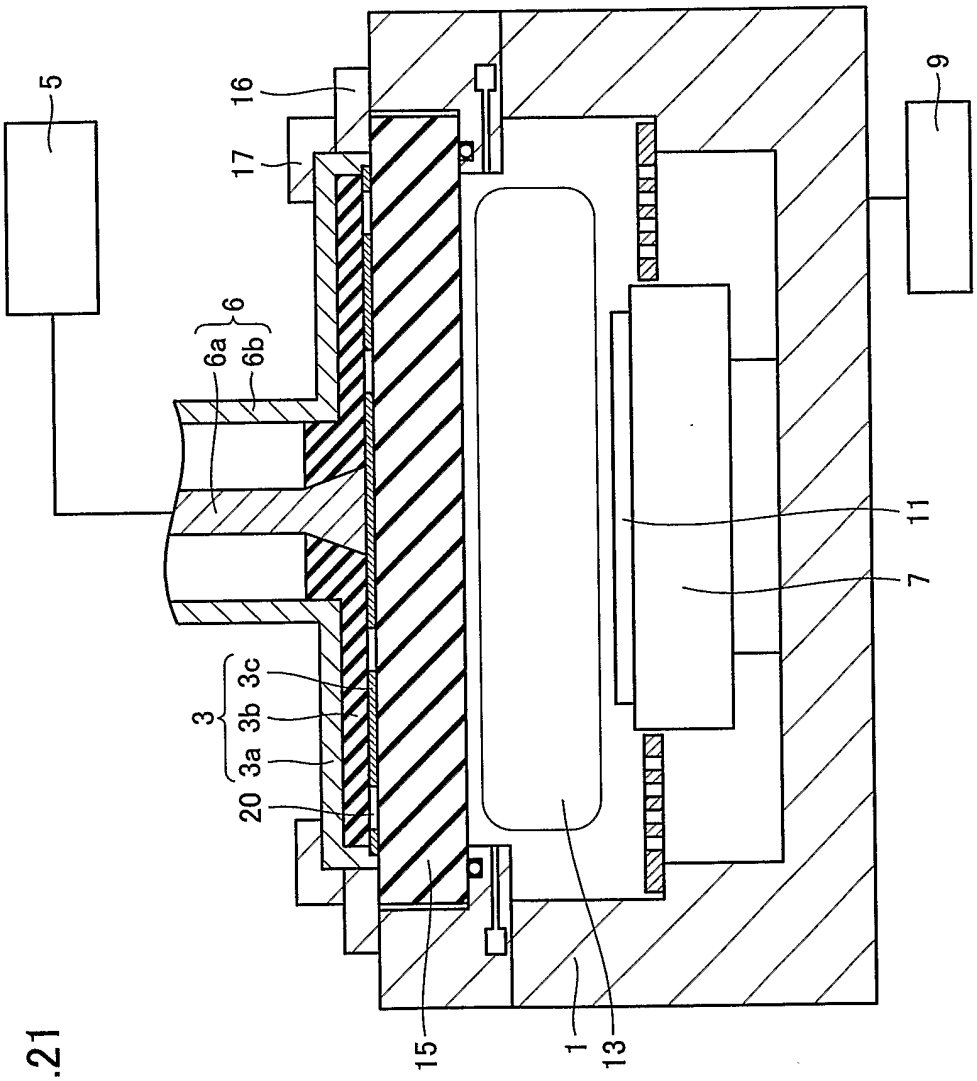


FIG.21

FIG.22

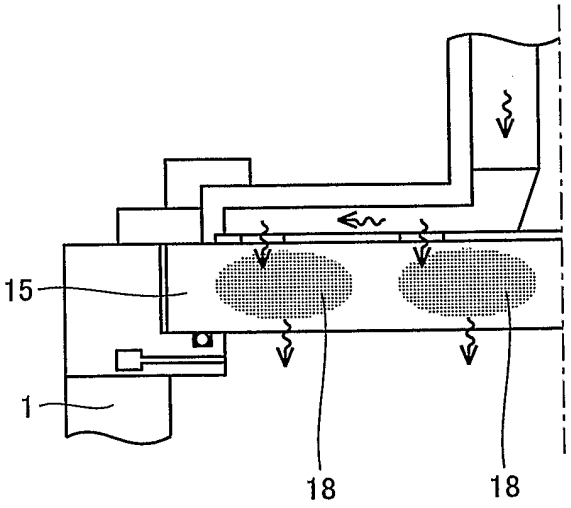
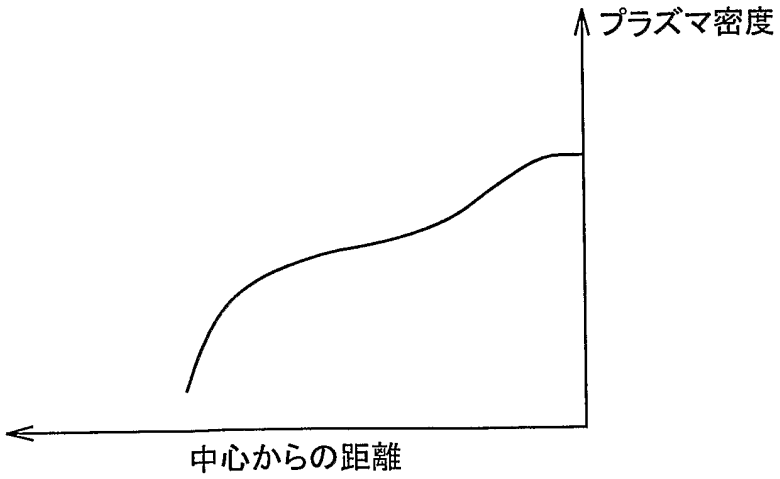


FIG.23



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/06901

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl[7] H05H1/46, H01L21/3065

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl[7] H05H1/46, H01L21/3065, H01L21/205, C23C14/22, C23C16/511, B01J19/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1940-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

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.
E,X	JP 2003-168681 A (Kabushiki Kaisha Arubakku), 13 June, 2003 (13.06.03), Par. Nos. [0022] to [0048]; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-3,6,8-10
P,X	JP 2003-151797 A (Sharp Corp.), 23 May, 2003 (23.05.03), Par. Nos. [0067] to [0071]; Fig. 5 (Family: none)	1,2,4
P,X	JP 2003-82467 A (Canon Inc.), 19 March, 2003 (19.03.03), Par. Nos. [0014], [0017] to [0019]; Figs. 1, 3 (Family: none)	1,2,6,7,9, 13-15

☒ 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 document 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
02 September, 2003 (02.09.03)

Date of mailing of the international search report
16 September, 2003 (16.09.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/06901

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	JP 2000-243707 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 08 September, 2000 (08.09.00), Par. Nos. [0036] to [0048]; Figs. 8 to 12, 15, 16 (Family: none)	1,2,6,7,9,10 8,12-15
X	JP 9-232099 A (Hitachi, Ltd.), 05 September, 1997 (05.09.97), Par. Nos. [0006] to [0014]; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1,2,6,7,9
X Y	JP 2000-30897 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 28 January, 2000 (28.01.00), Par. Nos. [0017] to [0031]; Figs. 1 to 2 & TW 469534 B	1,2,6,7,9 13,14
P,X	JP 2003-59919 A (Kabushiki Kaisha Arubakku), 28 February, 2003 (28.02.03), Par. Nos. [0010], [0014] to [0033]; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1,2,6,7,9, 13,14
X	JP 2001-223171 A (Tokyo Electron Ltd.), 17 August, 2001 (17.08.01), Par. Nos. [0026] to [0029]; Figs. 9 to 12 & US 2001-36465 A1	1,2,4,5,11, 12
X Y	JP 2002-16052 A (Tokyo Electron Ltd.), 18 January, 2002 (18.01.02), Par. Nos. [0032] to [0050]; Figs. 1 to 2 & US 2001-35130 A1	1-5,11 12,15
X	JP 10-214823 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 11 August, 1998 (11.08.98), Par. No. [0032]; Fig. 5 (Family: none)	1,2,8
Y	JP 2001-274149 A (Tokyo Electron Ltd.), 05 October, 2001 (05.10.01), Par. Nos. [0058] to [0061] (Family: none)	13,14
A	JP 2000-357683 A (Hitachi, Ltd.), 26 December, 2000 (26.12.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-15

国際調査報告	国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ０３／０６９０１

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Ｉｎｔ．Ｃｌ⁷ Ｈ０５Ｈ１／４６，Ｈ０１Ｌ２１／３０６５

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．Ｃｌ⁷ Ｈ０５Ｈ１／４６，Ｈ０１Ｌ２１／３０６５，Ｈ０１Ｌ２１／２０５，Ｃ２３Ｃ１４／２２，Ｃ２３Ｃ１６／５１１，Ｂ０１Ｊ１９／０８

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	１９４０－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２００３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００３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	関連する請求の範囲の番号
Ｅ，Ｘ	JP 2003-168681 A(株式会社アルバック) 2003.06.13 段落００２２－００４８，図１－６（ファミリーなし）	1-3,6,8-10
Ｐ，Ｘ	JP 2003-151797 A(シャープ株式会社) 2003.05.23 段落００６７－００７１，図５（ファミリーなし）	1,2,4
Ｐ，Ｘ	JP 2003-82467 A(キャノン株式会社) 2003.03.19 段落００１４，００１７－００１９，図１，３（ファミリーなし）	1,2,6,7,9,13-15

☒ 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	国際調査報告の発送日
０２．０９．０３	16.09.03

国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官（権限のある職員）		
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	山口　敦司	2M	９２１６
	電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　６２３４		

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	関連する請求の範囲の番号
X	JP 2000-243707 A(松下電器産業株式会社) 2000.09.08 段落００３６－００４８，図８－１２，１５，１６	1,2,6,7,9,10
Y	（ファミリーなし）	8,12-15
X	JP 9-232099 A(株式会社日立製作所) 1997.09.05 段落０００６－００１４，図１－５（ファミリーなし）	1,2,6,7,9
X	JP 2000-30897 A(住友金属工業株式会社) 2000.01.28 段落００１７－００３１，図１－２	1,2,6,7,9
Y	&TW 469534 B	13,14
P，X	JP 2003-59919 A(株式会社アルバック) 2003.02.28 段落００１０，００１４－００３３，図１－６（ファミリーなし）	1,2,6,7,9,13,14
X	JP 2001-223171 A(東京エレクトロン株式会社) 2001.08.17 段落００２６－００２９，図９－１２ &US 2001-36465 A1	1,2,4,5,11,12
X	JP 2002-16052 A(東京エレクトロン株式会社) 2002.01.18 段落００３２－００５０，図１－２	1-5,11
Y	&US 2001-35130 A1	12,15
X	JP 10-214823 A(住友金属工業株式会社) 1998.08.11 段落００３２，図５（ファミリーなし）	1,2,8
Y	JP 2001-274149 A(東京エレクトロン株式会社) 2001.10.05 段落００５８－００６１（ファミリーなし）	13,14
A	JP 2000-357683 A(株式会社日立製作所) 2000.12.26 全文，全図（ファミリーなし）	1-15