(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 10 月 13 日(13.10.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/125704 A1

(51) 国際特許分類:
C23C 16/44 (2006.01) *H01L 21/31* (2006.01)
C23C 16/50 (2006.01) *H05H 1/46* (2006.01)
H01L 21/3065 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2011/057957

(22) 国際出願日: 2011 年 3 月 30 日(30.03.2011)

(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 2010-081984 2010 年 3 月 31 日(31.03.2010) JP
特願 2010-221270 2010 年 9 月 30 日(30.09.2010) 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]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目３番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

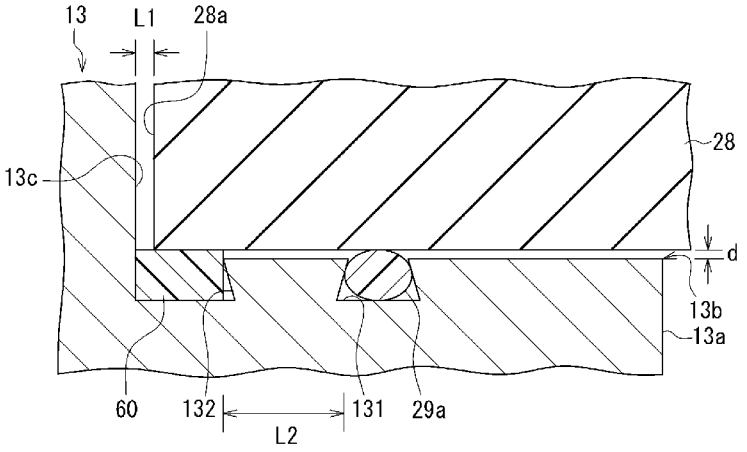
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 米澤 亮太(YONEZAWA Ryota) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢６５０ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Yamanashi (JP). ▲高▼橋 哲朗(TAKAHASHI Tetsuro) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢６５０ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Yamanashi (JP). 大▲崎▼ 良規(OSAKI Yoshinori) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢６５０ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Yamanashi (JP). 鈴木 公貴(SUZUKI Kouki) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢６５０ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Yamanashi (JP). 齊藤 智博(SAITO Tomohiro) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢６５０ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Yamanashi (JP). 山下 潤(YAMASHITA Jun) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢６５０ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Yamanashi (JP). 佐藤 吉宏(SATO Yoshihiro) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢６５０ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Yamanashi (JP). 塩澤 俊彦(SHIOZAWA Toshihiko) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢６５０ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Yamanashi (JP). 山崎 幸一(YAMAZAKI Koichi) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢６５０ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Yamanashi (JP). 古木 和弘(FURUKI Kazuhiro) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢６５０ 東京エレクトロンＡＴ株式会社内 Yamanashi (JP).

[続葉有]

(54) **Title**: PLASMA PROCESSING DEVICE AND PLASMA PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称 : プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法

[図4]



(57) **Abstract**: The disclosed device has a ring shaped O-ring (29a), which is between a dielectric plate (28) and a support unit (13a) on a lid member (13), and has a spacer (60) which forms a gap (d), on the outer peripheral side of the O-ring (29a), between the dielectric plate (28) and the support unit (13a) of the lid member (13), the lid member being arranged above a processing container (1). Due to the gap (d), the lid member (13) and the dielectric plate (28) do not come into contact and become worn, even if the lid member (13) and the dielectric plate (28) thermally expand due to the heat of the plasma within the processing container (1), thus damage to the dielectric plate (28) and the generation of particles can be prevented.

(57) 要約: 誘電体板２８と蓋部材１３の支持部１３ａとの間に、リング状のＯリング２９ａを有していると共に、当該Ｏリング２９ａの外周側に、処理容器１の上部に配置された蓋部材１３の支持部１３ａと誘電体板２８との間に隙間ｄを形成するためのスペーサー６０を設けた。隙間ｄによって、処理容器１内におけるプラズマの熱により蓋部材１３や誘電体板２８が熱膨張しても、蓋部材１３と誘電体板２８とが接触し、擦れることがなくなり、誘電体板２８の破損やパーティクルの発生を防止できる。

WO 2011/125704 A1

(74) 代理人: 渡邊　和浩, 外(WATANABE Kazuhiro et al.); 〒2520231 神奈川県相模原市中央区相模原２丁目１３番２号　服部相模原ビル７０３ Kanagawa (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, JP, 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, 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 ： プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法に関する。

背景技術

[0002] 従来のプラズマ処理装置では、プラズマを発生させる処理容器の支持部と、その支持部上に置かれ、処理容器の上部開口を塞ぐ天板との間に、処理容器を密閉するためのＯリング等のシール部材が設けられている。そして、そのＯリングをプラズマ照射による劣化から守るため、処理容器における支持部と天板とを接触させて、その間に隙間のない構成にする提案がなされている（例えば、日本国特開平６－１１２１６８号公報）。また、支持部と天板との間に樹脂層やライナーを設けるようにした提案もある（例えば、日本国特開２００４－１３４５８３号公報、特開２００９－２５３１６１号公報などを参照）。

発明の概要

[0003] 上記従来技術では、いずれも、処理容器における支持部と天板とを直接接触させるか、あるいは、処理容器における支持部と天板との間に樹脂層やライナーを介在させている。しかし、処理容器内で生成するプラズマの熱により、支持部や天板は熱膨張する。支持部と天板の熱膨張率の違い、及び樹脂層やＯリングの弾性変形により、天板と支持部とが接触して擦れたり、天板が破損したりして、パーティクル発生の原因となる、という課題があった。

[0004] 本発明は、処理容器内におけるプラズマ照射により、誘電体板が熱膨張しても、支持部材と接触しないようにし、誘電体板が破損したり、誘電体板に傷が付くことによるパーティクルの発生を極力防止することができるプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法を提供する。

[0005] 本発明のプラズマ処理装置は、内部にプラズマ処理空間を有し、上部が開口した処理容器と、

前記プラズマ処理空間の上部を塞ぐ誘電体板と、

前記処理容器の上部に配置されるとともに、前記誘電体板の外周部を支持する環状の支持部を有する蓋部材と、

前記支持部と前記誘電体板との間に設けられ、前記プラズマ処理空間を密閉するためのシール部材と、

前記シール部材の外周側に設けられ、前記支持部と前記誘電体板との間に隙間を形成するスペーサーと、を備えている。

[0006] 本発明のプラズマ処理装置において、前記スペーサーは、前記シール部材の外周側に、間欠的に設けられていてもよい。

[0007] また、本発明のプラズマ処理装置において、前記スペーサーは、フッ素系樹脂又はポリイミド系樹脂から形成されていてもよい。

[0008] また、本発明のプラズマ処理装置において、前記スペーサーは、ポリイミドフィルム層と粘着層とを備えたポリイミドテープであってもよい。この場合、前記スペーサーの前記粘着層が、前記支持部に貼付けられて固定されていることが好ましい。

[0009] また、本発明のプラズマ処理装置は、前記シール部材として、第１のシール部材と、該第１のシール部材の内周側に設けられた第２のシール部材を含んでいてもよい。

[0010] また、本発明のプラズマ処理装置において、前記第１のシール部材は、フッ素系樹脂から形成されていてもよい。

[0011] また、本発明のプラズマ処理装置において、前記第２のシール部材は、前記第１のシール部材より耐プラズマ性が高いフッ素系樹脂から形成されていてもよい。

[0012] また、本発明のプラズマ処理装置において、前記シール部材は、第１の部分と、該第１の部分の内周側に設けられた第２の部分と、を有しており、前記第１の部分は前記第２の部分よりも真空シール性が高い材質により構成され、前記第２の部分は前記第１の部分よりもプラズマ耐性が高い材質により構成されていることが好ましい。

[0013] また、本発明のプラズマ処理装置において、前記スペーサーにより形成される、前記支持部の上面と、前記誘電体板の下面との間の隙間は０．０５～０．４ｍｍの範囲内であってもよく、好ましくは０．０５～０．２ｍｍの範囲内であり、望ましくは０．０５～０．０８ｍｍの範囲内である。

[0014] また、本発明のプラズマ処理装置において、前記スペーサーと、前記シール部材との間隔は、１～１０ｍｍの範囲内であってもよい。

[0015] また、本発明のプラズマ処理装置において、前記支持部の内周側壁と、前記誘電体板の外周側壁との間には、０．１～１ｍｍの範囲内の隙間が形成されていてもよい。この場合、前記スペーサーにより、前記誘電体板が水平方向に位置決めされていてもよい。

[0016] 本発明のプラズマ処理方法は、内部にプラズマ処理空間を有し、上部が開口した処理容器と、

前記プラズマ処理空間の上部を塞ぐ誘電体板と、

前記処理容器の上部に配置されるとともに、前記誘電体板の外周部を支持する環状の支持部を有する蓋部材と、

前記支持部と前記誘電体板との間に設けられ、前記プラズマ処理空間を密閉するためのシール部材と、

前記シール部材の外周側に設けられ、前記支持部と前記誘電体板との間に隙間を形成するスペーサーと、

を備えたプラズマ処理装置を用い、被処理体をプラズマ処理する。

[0017] また、本発明の別の観点のプラズマ処理装置は、

内部にプラズマ処理空間を有し、上部が開口した処理容器と、

前記プラズマ処理空間の上部を塞ぐ誘電体板と、

前記処理容器の上部に配置されるとともに、前記誘電体板の外周部を支持する環状の支持部を有する蓋部材と、

前記支持部と前記誘電体板との間に設けられ、前記プラズマ処理空間を密閉するためのシール部材と、

前記シール部材の外周側に設けられ、前記支持部と前記誘電体板との間に

隙間を形成するスペーサーと、

前記処理容器の内部を視認するための観察窓と、

を備えている。

そして、前記観察窓は、前記処理容器の側壁に形成された観察用開口部内に挿入される突出部を備えた透明な窓部材と、

前記窓部材を外部から固定する固定部材と、

前記観察用開口部の周囲において前記処理容器の側壁と前記窓部材との間を気密にシールするシール部材と、

を有している。

さらに、前記観察用開口部の内面と前記突出部の表面とは、該突出部が前記観察用開口部に挿入できる範囲内のクリアランスで隙間なく嵌り合うように形成されており、

前記突出部を前記観察用開口部に挿入することにより前記窓部材を前記処理容器の側壁に装着している。

この場合、前記突出部の先端面は、前記処理容器の側壁の内壁面の形状に合わせて湾曲して形成されていることが好ましい。

また、前記突出部の表面と前記観察用開口部の内面とのクリアランスは、０．１ｍｍ～２ｍｍの範囲内であることが好ましい。

[0018] 本発明のプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法によれば、処理容器の支持部と誘電体板との間に、プラズマ処理空間を密閉するためのシール部材が設けられていると共に、シール部材の外周側に、支持部と誘電体板との間に隙間を形成するためのスペーサーが設けられている。このため、処理容器内におけるプラズマ照射により支持部や誘電体板が熱膨張しても、スペーサーによって支持部と誘電体板との間に隙間が形成され、支持部と誘電体板とが擦れることを防止できる。そして、誘電体板が破損したり、擦れによりパーティクルが発生したりすることを防止できる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の一実施の形態のプラズマ処理装置の構成例を示す概略断面図で

ある。

[図2]平面アンテナの構造を示す図面である。

[図3]制御部の構成を示す説明図である。

[図4]第１の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板と、蓋部材の支持部との接続部分を拡大して詳細に示す部分断面図である。

[図5]第１の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板を取り外して蓋部材の端面および上面を部分的に拡大して詳細に示す部分断面図である。

[図6]第２の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板と、蓋部材の支持部との接続部分を拡大して詳細に示す部分断面図である。

[図7]第２の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板を取り外して蓋部材の端面および上面を部分的に拡大して詳細に示す部分断面図である。

[図8]第３の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板を取り外して蓋部材の端面および上面を部分的に拡大して詳細に示す部分断面図である。

[図9]第３の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板を取り外して蓋部材の端面および上面を部分的に拡大して詳細に示す他の部分断面図である。

[図10]第４の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板と、蓋部材の支持部との接続部分を拡大して詳細に示す部分断面図である。

[図11]第４の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板を取り外して蓋部材の端面および上面を部分的に拡大して詳細に示す部分断面図である。

[図12]第４の実施の形態の変形例のプラズマ処理装置における誘電体板と、蓋部材の支持部との接続部分を拡大して詳細に示す部分断面図である。

[図13]第５の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板と、蓋部材の支持部との接続部分を拡大して詳細に示す部分断面図である。

[図14]第５の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板を取り外して蓋部材の端面および上面を部分的に拡大して詳細に示す部分断面図である。

[図15]第５の実施の形態に使用するポリイミドテープの構成を説明する断面図である。

[図16]第５の実施の形態の変形例のプラズマ処理装置における誘電体板と、蓋部材の支持部との接続部分を拡大して詳細に示す部分断面図である。

[図17]第５の実施の形態の変形例のプラズマ処理装置における誘電体板を取り外して蓋部材の端面および上面を部分的に拡大して詳細に示す部分断面図である。

[図18]第６の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板と、蓋部材の支持部との接続部分を拡大して詳細に示す部分断面図である。

[図19]第６の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板を取り外して蓋部材の端面および上面を部分的に拡大して詳細に示す部分断面図である。

[図20A]ポリイミドテープをブロック側に貼付した磨耗試験の説明に供する図面である。

[図20B]ポリイミドテープを石英プレート側に貼付した磨耗試験の説明に供する図面である。

[図21]ポリイミドテープをブロック側に貼付した場合の磨耗試験の評価結果を示すグラフである。

[図22]ポリイミドテープを石英プレート側に貼付した場合の磨耗試験の評価結果を示すグラフである。

[図23]プラズマ窒化処理のランニング試験におけるウエハ間の窒素濃度の均一性の結果を示すグラフである。

[図24]プラズマ窒化処理のランニング試験におけるパーティクル数の測定結果を示すグラフである。

[図25]プラズマ窒化処理のランニング試験におけるコンタミネーションの測定結果を示すグラフである。

[図26]プラズマ窒化処理のランニング試験におけるコンタミネーションの測定結果を示す別のグラフである。

[図27]本発明の第７の実施の形態のプラズマ処理装置の構成例を示す概略断面図である。

[図28]ビューポートの構成部材を分解した状態を示す拡大図である。

[図29]ビューポート付近の水平断面を示す要部拡大断面図である。

発明を実施するための形態

[0020] ［第１の実施の形態］

以下、本発明のプラズマ処理装置の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。まず、図１～３を参照しながら、本発明の第１の実施の形態にかかるプラズマ処理装置の構成について説明する。図１はプラズマ処理装置１００の概略構成を模式的に示す断面図である。また、図２は、図１のプラズマ処理装置１００の平面アンテナを示す平面図であり、図３はプラズマ処理装置１００の制御系統の構成を説明する図面である。

[0021] プラズマ処理装置１００は、例えば複数のスロット状の孔を有する平面アンテナ、特にＲＬＳＡ（Ｒａｄｉａｌ　Ｌｉｎｅ　Ｓｌｏｔ　Ａｎｔｅｎｎａ；ラジアルラインスロットアンテナ）にて直接処理容器内にマイクロ波を導入して処理容器内でプラズマを発生させることにより、高密度かつ低電子温度のマイクロ波励起プラズマを発生させ得るＲＬＳＡマイクロ波プラズマ処理装置として構成されている。プラズマ処理装置１００では、１×１０^{10}～５×１０^{12}／ｃｍ^{3}のプラズマ密度で、かつ０．７～２ｅＶの低電子温度を有するプラズマによる処理が可能である。従って、プラズマ処理装置１００は、各種半導体装置の製造過程において、例えば、シリコンを窒化処理又は酸化処理して窒化珪素膜（ＳｉＮ膜）や酸化珪素膜を形成する目的で好適に利用できる。また、プラズマ処理装置１００は、プラズマによりＣＶＤ膜等を形成したり、あるいは、シリコンや酸化珪素膜をプラズマエッチングしたりする目的でも好適に利用できる。なお、本実施の形態では、被処理体に対してプラズマ窒化処理を行う目的で使用される場合を例に挙げてプラズマ処理装置１００を説明する。

[0022] プラズマ処理装置１００は、主要な構成として、被処理体である基板として、半導体ウエハ（以下、単に「ウエハ」と記す）Ｗを収容する処理容器１と、処理容器１内でウエハＷを載置する載置台２と、処理容器１を開閉する機能を有するとともに誘電体板を支持する蓋部材１３と、ガス供給装置１８

に接続されて処理容器１内にガスを導入するガス導入部１５と、処理容器１内を減圧排気するための排気装置２４と、処理容器１の上部に設けられ、処理容器１内にマイクロ波を導入してプラズマを生成するプラズマ生成手段としてのマイクロ波導入装置２７と、これらプラズマ処理装置１００の各構成部を制御する制御部５０と、を備えている。ガス供給装置１８は、プラズマ処理装置１００の構成部分に含めてもよいし、構成部分に含めずに、外部のガス供給装置をガス導入部１５に接続して使用する構成としてもよい。

[0023] 処理容器１は、接地された略円筒状の容器により形成されている。なお、処理容器１は角筒形状の容器により形成してもよい。処理容器１は、上部が開口しており、アルミニウム等の材質からなる底壁１ａと側壁１ｂとを有している。

[0024] 処理容器１の内部には、被処理体であるウエハＷを水平に載置するための載置台２が設けられている。載置台２は、例えばＡＩＮ、Al_2O_3等のセラミックスにより構成されている。その中でも特に熱伝導性の高い材質例えばＡＩＮが好ましく用いられる。この載置台２は、排気室１１の底部中央から上方に延びる円筒状の支持部材３により支持されている。支持部材３は、例えばＡＩＮ等のセラミックスにより構成されている。

[0025] また、載置台２には、その外縁部または全面をカバー し、かつウエハＷをガイドするためのカバー部材４が設けられている。このカバー部材４は、載置台２の上面、側面又は全面をカバーしている。また、このカバー部材４は、環状に形成されていてもよい。カバー部材４は、載置台２とプラズマの接触を遮断し、載置台２がスパッタリングされることを防止して、ウエハＷへの金属等の不純物の混入防止を図ることができる。カバー部材４は、例えば石英、単結晶シリコン、ポリシリコン、アモルファスシリコン、窒化珪素等の材質で構成される。また、カバー部材４を構成する前記材質は、アルカリ金属、金属などの不純物の含有量が少ない高純度のものが好ましい。

[0026] また、載置台２には、抵抗加熱型のヒータ５が埋め込まれている。このヒータ５は、ヒータ電源５ａから給電されることにより載置台２を加熱して、

その熱で被処理体であるウエハＷを均一に加熱する。

[0027] また、載置台２には、熱電対（ＴＣ）６が配備されている。この熱電対６によって温度計測を行うことにより、ウエハＷの加熱温度を例えば室温から９００℃までの範囲で制御可能になっている。

[0028] また、載置台２には、ウエハＷを処理容器１内に搬入する際にウエハＷの受け渡しに用いるウエハ支持ピン（図示せず）が設けられている。各ウエハ支持ピンは、載置台２の表面に対して突没可能に設けられている。

[0029] 処理容器１の内壁面には、石英からなる円筒状のライナー７が、該内壁面を覆うように設けられている。また、載置台２の外周側には、処理容器１内で均一な排気を実現するため、多数の排気孔８ａを有する石英製で環状のバッフルプレート８が設けられている。このバッフルプレート８は、複数の支柱９により支持されている。

[0030] 処理容器１の底壁１ａの略中央部には、円形の開口部１０が形成されている。底壁１ａにはこの開口部１０と連通し、下方に向けて突出する排気室１１が設けられている。この排気室１１には、排気管１２が接続されており、この排気管１２は排気装置２４に接続されている。このようにして、処理容器１内を真空排気できるように構成されている。

[0031] 処理容器１の上部は、開口しており、その開口した処理容器１の上端に、開閉機能を有する蓋部材１３が配置されている。蓋部材１３は、中央が開口した枠状をなし、その内周は、環状に段差（図１では２段の段差）が設けられている。蓋部材１３は、この段差により内側（処理容器内空間）へ向けて突出し、リング状（環状）の支持部１３ａが形成されている。この蓋部材１３と処理容器１との間は、シール部材１４を介して気密にシールされている。

[0032] 処理容器１の側壁１ｂには、プラズマ処理装置１００と、これに隣接する搬送室（図示せず）との間で、ウエハＷの搬入出を行うための搬入出口１６と、この搬入出口１６を開閉するゲートバルブ１７とが設けられている。

[0033] また、処理容器１の側壁１ｂには、環状をなすガス導入部１５が設けられ

ている。ガス導入部１５の内周面には、均等にガス吐出孔が形成されている。このガス導入部１５は、プラズマ励起用ガスや窒素ガスを供給するガス供給装置１８に接続されている。なお、ガス導入部１５はノズル状またはシャワー状に設けてもよい。

[0034] ガス供給装置１８は、ガス供給源と、配管（例えば、ガスライン２０ａ、２０ｂ、２０ｃ）と、流量制御装置（例えば、マスフローコントローラ２１ａ、２１ｂ）と、バルブ（例えば、開閉バルブ２２ａ、２２ｂ）とを有している。ガス供給源としては、窒化プロセスを行う場合の構成例として、例えば希ガス供給源１９ａ、窒素ガス供給源１９ｂを有している。ガス供給装置１８は、上記以外の図示しないガス供給源として、例えば処理容器１内雰囲気を置換する際に用いるパージガス供給源等を有していてもよい。なお、プラズマ処理装置１００をプラズマ酸化処理に用いる場合は、酸素ガス供給源を設けることができる。

[0035] 希ガス供給源１９ａから供給される希ガスとしては、例えばＡｒガス、Ｋｒガス、Ｘｅガス、Ｈｅガスなどを用いることができる。これらの中でも、経済性に優れている点でＡｒガスを用いることが特に好ましい。図１では代表的にＡｒガスを図示した。窒素ガス供給源１９ｂからは、窒素ガス（N_2）に代えて、例えば、アンモニアガス（NH_3）などを供給することもできる。なお、プラズマ処理装置１００をプラズマ酸化処理に用いる場合は、酸素ガス供給源から、例えばO_2ガス、O_3ガス、NO_2などが供給されるようにしても良い。

[0036] 希ガス及び窒素ガスは、ガス供給装置１８の希ガス供給源１９ａ、窒素ガス供給源１９ｂから、それぞれガスライン（配管）２０ａ，２０ｂを介して供給され、ガスライン２０ｃにおいて合流し、このガスライン２０ｃに接続されたガス導入部１５から処理容器１内に導入される。各ガス供給源に接続する各々のガスライン２０ａ，２０ｂには、それぞれマスフローコントローラ２１ａ，２１ｂおよびその前後に配備された一組の開閉バルブ２２ａ，２２ｂが設けられている。このようなガス供給装置１８の構成により、供給さ

れるガスの切替えや流量等の制御が出来るようになっている。

[0037] 排気装置２４は、例えばターボ分子ポンプなどの高速真空ポンプを備えている。前記のように、排気装置２４は、排気管１２を介して処理容器１の排気室１１に接続されている。処理容器１内のガスは、排気室１１の空間１１ａ内へ均一に流れ、さらに空間１１ａから排気装置２４を作動させることにより、排気管１２を介して外部へ排気される。これにより、処理容器１内を所定の真空度、例えば０．１３３Ｐａまで高速に減圧することが可能となっている。

[0038] 次に、マイクロ波導入装置２７の構成について説明する。マイクロ波導入装置２７は、主要な構成として、マイクロ波透過板としての誘電体板２８、平面アンテナ３１、遅波材３３、金属製カバー部材３４、導波管３７、マッチング回路３８およびマイクロ波発生装置３９を備えている。マイクロ波導入装置２７は、処理容器１内にプラズマ（マイクロ波）を導入してプラズマを生成させるプラズマ生成手段である。

[0039] マイクロ波を透過させる機能を有する誘電体板２８は、蓋部材１３の内周側に突出した支持部１３ａ上に配備されている。誘電体板２８は、例えば石英、セラミック等の材質で構成されている。この誘電体板２８と、蓋部材１３の支持部１３ａとの間は、後述するように、シール部材としてのＯリング２９ａを介して気密にシールされている。したがって、処理容器１内は気密に保持される。第１の実施の形態では、この誘電体板２８と、蓋部材１３の支持部１３ａとの間に、リング状のＯリング２９ａを設けているとともに、図１では図示を省略するが、後述するスペーサー６０を設けている（図４参照）。

[0040] 平面アンテナ３１は、誘電体板２８の上（処理容器１の外側）において、載置台２と対向するように設けられている。平面アンテナ３１は、円板状をなしている。なお、平面アンテナ３１の形状は、円板状に限らず、例えば四角板状でもよい。この平面アンテナ３１は、蓋部材１３の上端に係止されている。

[0041] 平面アンテナ３１は、例えば表面が金または銀メッキされた銅板、アルミニウム板、ニッケル板およびそれらの合金などの導電性部材で構成されている。平面アンテナ３１は、マイクロ波を放射する多数のスロット状のマイクロ波放射孔３２を有している。マイクロ波放射孔３２は、所定のパターンで平面アンテナ３１を貫通して形成されている。

[0042] 個々のマイクロ波放射孔３２は、例えば図２に示すように、細長い長方形状（スロット状）をなしている。そして、典型的には隣接するマイクロ波放射孔３２が「Ｌ」字状に配置されている。また、このように所定の形状（例えばＬ字状）に組み合わせて配置されたマイクロ波放射孔３２は、さらに全体として同心円状に配置されている。マイクロ波放射孔３２の長さや配列間隔は、マイクロ波の波長（λｇ）に応じて決定される。例えば、マイクロ波放射孔３２の間隔は、λｇ／４～λｇとなるように配置される。図２においては、同心円状に形成された隣接するマイクロ波放射孔３２どうしの間隔をΔｒで示している。なお、マイクロ波放射孔３２の形状は、円形状、円弧状等の他の形状であってもよい。さらに、マイクロ波放射孔３２の配置形態は特に限定されず、同心円状のほか、例えば、螺旋状、放射状等に配置することもできる。

[0043] 平面アンテナ３１の上面（平面アンテナ３１と金属製カバー部材３４との間で形成される偏平導波路）には、真空よりも大きい誘電率を有する遅波材３３が設けられている。この遅波材３３は、真空中ではマイクロ波の波長が長くなることから、マイクロ波の波長を短くしてプラズマを調整する機能を有している。遅波材３３の材質としては、例えば石英、ポリテトラフルオロエチレン樹脂、ポリイミド樹脂などを用いることができる。なお、平面アンテナ３１と誘電体板２８との間、また、遅波材３３と平面アンテナ３１との間は、それぞれ接触させても離間させてもよいが、接触させることが好ましい。

[0044] 処理容器１の上部には、これら平面アンテナ３１および遅波材３３を覆うように、金属製カバー部材３４が設けられている。金属製カバー部材３４は

、例えばアルミニウムやステンレス鋼等の金属材料によって構成されている。金属製カバー部材３４と平面アンテナ３１によって、偏平導波路が形成され、マイクロ波を処理容器１内に均一に供給できるようになっている。蓋部材１３の上端と金属製カバー部材３４とは、シール部材３５によりシールされている。また、金属製カバー部材３４の壁体の内部には、冷却水流路３４ａが形成されている。この冷却水流路３４ａに冷却水を通流させることにより、金属製カバー部材３４、遅波材３３、平面アンテナ３１および誘電体板２８を冷却できるようになっている。なお、平面アンテナ３１、金属製カバー部材３４は接地されている。

[0045] 金属製カバー部材３４の上壁（天井部）の中央には、開口部３６が形成されており、この開口部３６には導波管３７が接続されている。導波管３７の他端側には、マッチング回路３８を介してマイクロ波を発生するマイクロ波発生装置３９が接続されている。

[0046] 導波管３７は、上記金属製カバー部材３４の開口部３６から上方へ延出する断面円形状の同軸導波管３７ａと、この同軸導波管３７ａの上端部にモード変換器４０を介して接続された水平方向に延びる矩形導波管３７ｂとを有している。モード変換器４０は、矩形導波管３７ｂ内をＴＥモードで伝播するマイクロ波をＴＥＭモードに変換する機能を有している。

[0047] 同軸導波管３７ａの中心には内導体４１が延在している。この内導体４１は、その下端部において平面アンテナ３１の中心に接続固定されている。このような構造により、マイクロ波は、同軸導波管３７ａの内導体４１を介して平面アンテナ３１により形成される偏平導波路へ放射状に効率よく均一に伝播される。

[0048] 以上のような構成のマイクロ波導入装置２７により、マイクロ波発生装置３９で発生したマイクロ波が導波管３７を介して平面アンテナ３１へ伝搬され、さらにマイクロ波放射孔３２（スロット）から誘電体板２８を介して処理容器１内に導入されるようになっている。なお、マイクロ波の周波数としては、例えば２．４５ＧＨｚが好ましく用いられ、他に８．３５ＧＨｚ、１

．９８ＧＨｚ等を用いることもできる。

[0049] プラズマ処理装置１００の各構成部は、制御部５０に接続されて制御される構成となっている。

[0050] 制御部５０は、典型的にはコンピュータであり、例えば図３に示したように、ＣＰＵを備えたプロセスコントローラ５１と、このプロセスコントローラ５１に接続されたユーザーインターフェース５２および記憶部５３を備えている。プロセスコントローラ５１は、プラズマ処理装置１００において、例えば温度、圧力、ガス流量、マイクロ波出力などの処理条件に関係する各構成部（例えば、ヒータ電源５ａ、ガス供給装置１８、排気装置２４、マイクロ波発生装置３９など）を統括して制御する制御手段である。

[0051] ユーザーインターフェース５２は、工程管理者がプラズマ処理装置１００を管理するためにコマンドの入力操作等を行うキーボードや、プラズマ処理装置１００の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等を有している。また、記憶部５３には、プラズマ処理装置１００で実行される各種処理をプロセスコントローラ５１の制御にて実現するための制御プログラム（ソフトウェア）や処理条件データ等が記録されたレシピなどが保存されている。

[0052] そして、必要に応じて、ユーザーインターフェース５２からの指示等にて任意のレシピを記憶部５３から呼び出してプロセスコントローラ５１に実行させることで、プロセスコントローラ５１による制御のもとでプラズマ処理装置１００の処理容器１内で所望の処理が行われる。また、前記制御プログラムや処理条件データ等のレシピは、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体、例えばＣＤ－ＲＯＭ、ハードディスク、フレキシブルディスク、フラッシュメモリ、ＤＶＤ、ブルーレイディスクなどに格納された状態のものを利用できる。さらに、前記レシピを他の装置から例えば専用回線を介して伝送させて利用することも可能である。

[0053] このように構成されたプラズマ処理装置１００では、例えば室温（２５℃程度）以上６００℃以下の低温でウエハＷへのダメージフリーなプラズマ処理を行うことができる。また、プラズマ処理装置１００は、プラズマの均一

性に優れていることから、大口径のウエハWに対してもプロセスの均一性を実現できる。

[0054] 次に、ＲＬＳＡ方式のプラズマ処理装置１００を用いたプラズマ窒化処理の一般的な手順について説明する。まず、ゲートバルブ１７を開にして搬入出口１６からウエハWを処理容器１内に搬入し、載置台２上に載置する。次に、処理容器１内を減圧排気しながら、ガス供給装置１８の希ガス供給源１９ａおよび窒素ガス供給源１９ｂから、希ガスおよび窒素ガスを所定の流量でそれぞれガス導入部１５を介して処理容器１内に導入する。このようにして、処理容器１内を所定の圧力に調節する。

[0055] 次に、マイクロ波発生装置３９で発生させた所定周波数例えば２．４５ＧＨｚのマイクロ波を、マッチング回路３８を介して導波管３７に導く。導波管３７に導かれたマイクロ波は、矩形導波管３７ｂおよび同軸導波管３７ａを順次通過し、内導体４１を介して平面アンテナ３１に供給される。つまり、マイクロ波は、矩形導波管３７ｂ内ではＴＥモードで伝搬し、このＴＥモードのマイクロ波はモード変換器４０でＴＥＭモードに変換されて、同軸導波管３７ａ内を平面アンテナ３１に向けて伝搬されていく。そして、マイクロ波は、平面アンテナ３１に貫通形成されたスロット状のマイクロ波放射孔３２から誘電体板２８を介して処理容器１内においてウエハWの上方空間に放射される。

[0056] 平面アンテナ３１から誘電体板２８を経て処理容器１内に放射されたマイクロ波により、処理容器１内で電磁界が形成され、希ガスおよび窒素ガス等の処理ガスがプラズマ化する。このようにして生成するマイクロ波励起プラズマは、マイクロ波が平面アンテナ３１の多数のマイクロ波放射孔３２から放射されることにより、略1×10^{10}～5×10^{12}／cm^3の高密度で、かつウエハW近傍では、略１．２ｅＶ以下の低電子温度プラズマとなる。

[0057] プラズマ処理装置１００で実施されるプラズマ窒化処理の条件は、制御部５０の記憶部５３にレシピとして保存しておくことができる。そして、プロセスコントローラ５１がそのレシピを読み出してプラズマ処理装置１００の

各構成部、例えばガス供給装置１８、排気装置２４、マイクロ波発生装置３９、ヒータ電源５ａなどへ制御信号を送出することにより、所望の条件でのプラズマ窒化処理が実現する。

[0058] 次に、本実施の形態のプラズマ処理装置１００の特徴部分の構成について、図面を参照しながら説明する。図４は、図１において破線で囲むＡ部分を拡大して詳細に示す部分断面図である。Ａ部分は、誘電体板２８と、蓋部材１３の支持部１３ａとの接続部分を示している。また、図５は、図１において破線で囲むＡ部分から誘電体板２８を取り外した状態の、蓋部材１３の支持部１３ａの上面を部分的に拡大して詳細に示す図面である。

[0059] 本実施の形態では、誘電体板２８と、蓋部材１３の支持部１３ａとの間には、処理容器１内のプラズマ処理空間を密閉して真空状態を維持するためのシール部材として、リング状のＯリング２９ａを配備している。また、Ｏリング２９ａの外周側には、処理容器１上部の蓋部材１３の支持部１３ａの上面と、誘電体板２８との間に上下方向の隙間ｄを形成するため、断面形状が正方形または長方形のリング状のスペーサー６０を配備している。蓋部材１３の支持部１３ａの上面には、Ｏリング２９ａと、スペーサー６０とがそれぞれ所定の取付け位置に設置されている。これらの設置位置がずれないように、蓋部材１３の支持部１３ａ上面には、円弧状で、所定の深さを有する取付け溝１３１，１３２が形成されている。取付け溝１３１，１３２には、Ｏリング２９ａとスペーサー６０とが押し嵌め込まれて取付けられている。取付け溝１３１，１３２は、上部が狭く、下部が広がった形状の溝（あり溝）なので、Ｏリング２９ａやとスペーサー６０が抜け難く、取り付け位置がずれないようになっている。

[0060] スペーサー６０は、処理容器１の上部に配置された蓋部材１３の支持部１３ａの上面と、誘電体板２８との間に隙間ｄを形成する作用を有している。蓋部材１３の支持部１３ａの上面と、誘電体板２８の下面との間に、スペーサー６０によって形成される隙間ｄは、例えば０．０５～０．４ｍｍであることが好ましい。隙間ｄは、より好ましくは０．０５～０．２ｍｍで、０．

０５～０．０８ｍｍが望ましい。この隙間ｄを上記範囲内に設定することにより、処理容器１内を高真空状態にした際に、誘電体板２８の中央付近が下方に撓んでも、誘電体板２８が支持部１３ａの角部１３ｂに接触することが回避できる。従って、支持部１３ａの角部１３ｂと誘電体板２８との接触による誘電体板２８の破損や、傷や擦れによるパーティクルの発生を防止できる。

[0061] スペーサー６０は、蓋部材１３や誘電体板２８がプラズマの熱により熱膨張した際に誘電体板２８との当接面の滑りが良くなるように摩擦係数が小さいものが好ましい。また、プラズマ処理装置１００においては、マイクロ波を使用することから、スペーサー６０は誘電正接（ｔａｎδ）が小さな材料により構成されるか、あるいは、弾性部材の表面に、ｔａｎδの小さな材料がコーティングされているものであることが好ましい。また更に、スペーサー６０は、Ｏリング２９ａより弾性率（ヤング率）が大きい材料が好ましい。例えば、スペーサー６０のヤング率は２００～５００ｋｇｆ／ｍｍ^{2}の範囲内が好ましい。スペーサー６０の構成材料のｔａｎδとしては、例えば０．００００１～０．００３４の範囲内が好ましい。ｔａｎδが上記範囲内である材料としては、例えばポリイミド系樹脂、ポリテトラフルオロエチレン等のフッ素系樹脂を挙げることができる。ここで、ポリイミド系樹脂を用いる場合は、ヤング率が例えば３２０～３５０ｋｇｆ／ｍｍ^{2}の範囲内であるものが好ましい。なお、蓋部材１３の支持部１３ａがアルミニウム等により構成されている場合、熱膨張率は約２３×１０$^{-6}$である一方、誘電体板２８が石英材料から形成されている場合、熱膨張率は約０．６×１０$^{-6}$である。そのため、誘電体板２８より、蓋部材１３の支持部１３ａの方が、熱膨張率が大きい。このように、蓋部材１３と誘電体板２８の熱膨張率の差異から蓋部材１３と誘電体板２８の擦れ、接触等によるパーティクルの発生や誘電体板２８の破損等が問題となるが、本実施の形態のプラズマ処理装置１００では、スペーサー６０により隙間ｄを、好ましくは０．０５～０．４ｍｍの範囲内、より好ましくは０．０５～０．２ｍｍの範囲内、望ましくは０．０５～０

．０８ｍｍの範囲内に形成することにより、かかる問題を防止できる。

[0062] Ｏリング２９ａは、誘電体板２８と、蓋部材１３の支持部１３ａとの間で、処理容器１内のプラズマ処理空間を密閉するため、真空シール性の高いフッ素系樹脂材料から形成されているか、あるいは該フッ素系樹脂材料が弾性材料の表面にコーティングされているものであることが好ましい。例えば、Ｏリング２９ａは、誘電体板２８と蓋部材１３の支持部１３ａとの間で十分なシール性を確保する観点から、ショア（Ｓｈｏｒｅ）Ａ硬度が６０～８０である材質を用いることが好ましい。

[0063] また、蓋部材１３の内周の壁面１３ｃと、誘電体板２８の外周端の壁面２８ａとの間に形成される、水平方向の隙間Ｌ１は、誘電体板２８の熱膨張を考慮して、例えば０．１～１ｍｍの範囲内であることが好ましい。これにより、誘電体板２８と蓋部材１３との接触を防止し、誘電体板の破損を防止することができる。なお、蓋部材１３の方が誘電体板２８より熱膨張率が高いので、水平方向の隙間Ｌ１は、ほとんどゼロ（つまり、当接している状態）でもよいが、誘電体板２８が蓋部材１３の支持部１３ａに無理なく収まる程度の間隔を確保することが好ましい。

[0064] さらに、スペーサー６０の内周端と、Ｏリング２９ａの外周端との間隔Ｌ２は、支持部１３ａの強度を確保する観点から、例えば１～１０ｍｍの範囲内であることが好ましい。なお、図４では、スペーサー６０を、誘電体板２８の外周端の壁面２８ａより内周側（Ｏリング２９ａ側）に配備してもよい。

[0065] 以上のように、プラズマ処理装置１００では、誘電体板２８と蓋部材１３の支持部１３ａとの間に、処理容器１内のプラズマ処理空間を密閉するためのＯリング２９ａを設け、さらに当該Ｏリング２９ａの外周側にスペーサー６０を設けた。このスペーサー６０によって蓋部材１３と誘電体板２８との間に、隙間ｄを好ましくは０．０５～０．４ｍｍの範囲内、より好ましくは０．０５～０．２ｍｍの範囲内、望ましくは０．０５～０．０８ｍｍの範囲内に形成する。この隙間ｄにより、処理容器１内で生成するプラズマの熱に

より蓋部材１３や誘電体板２８が熱膨張したり、真空によって誘電体板２８が下方に歪んだりしても、蓋部材１３と誘電体板２８とが接触し、擦れることを防止できる。従って、誘電体板２８が破損したり、擦れによるパーティクルの発生を防止することができる。

[0066] ［第２の実施の形態］

次に、図６及び図７を参照し、本発明の第２の実施の形態のプラズマ処理装置について説明する。第２の実施の形態のプラズマ処理装置と第１の実施の形態のプラズマ処理装置との違いは、誘電体板２８と、蓋部材１３の支持部１３ａとの間のシール構造だけである。従って、第１の実施の形態のプラズマ処理装置と同一構成部分の説明は省略し、第２の実施の形態のプラズマ処理装置に特徴的なシール構造についてのみ説明する。

[0067] 図６は、第２の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板２８と、蓋部材１３の支持部１３ａとの接続部分（つまり、図１のＡ部に対応する部分）を拡大して詳細に示す部分断面図である。また、図７は、第２の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板２８を取り外した状態の、蓋部材１３の支持部１３ａの上面を部分的に拡大して詳細に示す図面である。

[0068] 図６、図７において、第２の実施の形態では、第１の実施の形態と同様に、誘電体板２８と、蓋部材１３の支持部１３ａとの間に、処理容器１内のプラズマ処理空間を密閉するための第１のシール部材として、リング状のＯリング２９ａを設けている。また、当該Ｏリング２９ａの外周側に、処理容器１の上部に配置された蓋部材１３の支持部１３ａと誘電体板２８との間に隙間ｄを形成するため、スペーサー６０を設けている。スペーサー６０は、リング状のＯリング２９ａより弾性率が大きい材質からなる。そして、本実施の形態では、さらに、図６，図７に示すように、リング状のＯリング２９ａより内周側に、第２のシール部材としてのＯリング２９ｂを設けている。すなわち、蓋部材１３の支持部１３ａの上面において、Ｏリング２９ａの取付け溝１３１の内周側に、Ｏリング２９ｂを取付けるための取付け溝１３３が形成され、その取付け溝１３３にＯリング２９ｂを押し嵌めて取付けている

。取付け溝１３３は、上部が狭く、下部が広がった形状の溝（あり溝）なので、Ｏリング２９ｂが抜け難くなっている。

[0069] なお、Ｏリング２９ａの内周端と、Ｏリング２９ｂの外周端との間隔Ｌ３は、支持部１３ａの強度を確保する観点から、例えば１．５～５０ｍｍの範囲内であることが好ましい。

[0070] ここで、Ｏリング２９ｂは、Ｏリング２９ａより内周側にあり、プラズマ照射を受けやすい。そのため、Ｏリング２９ｂは、Ｏリング２９ａより耐プラズマ性が高いフッ素系樹脂材料等の材質により構成するか、あるいはＯリング２９ａより耐プラズマ性が高いフッ素系樹脂材料等の材質により弾性部材をコーティングして構成することが好ましい。また、真空シールは、Ｏリング２９ａにより行うので、Ｏリング２９ｂは、Ｏリング２９ａより真空シール性が低い材料でもよい。ここで、Ｏリング２９ａとＯリング２９ｂの材質の具体的な組み合わせとしては、例えばＯリング２９ａを真空シール性に優れたデュポン社製のバイトン（登録商標）等のフッ素ゴム等により形成し、Ｏリング２９ｂを、Ｏリング２９ａに比較して耐プラズマ性が高いデュポン社製のカルレッツ（登録商標）や、シリコーン、フッ素系樹脂等により形成することが好ましい。

[0071] 本実施の形態では、第１のシール部材として真空シール性が高いＯリング２９ａを設けるとともに、第２のシール部材として耐プラズマ性が高いＯリング２９ｂを設けた内外２重のＯリング構造により、Ｏリング２９ｂによりＯリング２９ａがプラズマによって劣化することを防止できる。従って、Ｏリング２９ａによる処理容器１内の真空シール性を長期間保持できる。また、消耗品であるＯリング２９ａの交換等のメンテナンス時期を延ばすことができるので、装置稼動期間が長くなり、生産性を向上させることができる。

[0072] 以上のように、第２の実施の形態のプラズマ処理装置では、第１の実施の形態のプラズマ処理装置１００と同様に、スペーサー６０によって蓋部材１３と誘電体板２８との間に隙間ｄが、好ましくは０．０５～０．４ｍｍの範囲内、より好ましくは０．０５～０．２ｍｍの範囲内、望ましくは０．０５

～０．０８ｍｍの範囲内で形成されている。この隙間ｄにより、処理容器１内で生成するプラズマの熱により蓋部材１３や誘電体板２８が熱膨張したり、真空によって誘電体板２８が下方に歪んだりしても、蓋部材１３と誘電体板２８とが接触し、擦れることを防止できる。従って、誘電体板２８が傷ついたり、蓋部材１３との擦れによってパーティクルが発生することを防止できる。

[0073] また、本実施の形態のプラズマ処理装置では、第１のシール部材としての真空シール性が高いＯリング２９ａと、第２のシール部材としての耐プラズマ性が高いＯリング２９ｂとの２重Ｏリング構造により、プラズマ照射によるＯリング２９ａの劣化を防止し、処理容器１内の真空シール状態を長期間保持することができる。特に、本実施の形態では、スペーサー６０によって蓋部材１３と誘電体板２８との間に隙間ｄが形成されているため、この隙間ｄにプラズマが侵入しやすい。このため、隙間ｄに侵入したプラズマを、耐プラズマ性が高いＯリング２９ｂによってブロックし、Ｏリング２９ａを保護している。

[0074] このように、本実施の形態のプラズマ処理装置では、スペーサー６０と、第１のシール部材としてのＯリング２９ａと、第２のシール部材としてのＯリング２９ｂとを、外側から内側（真空側）へ、この順に配備した。この構成によって、誘電体板２８と蓋部材１３との接触による破損やパーティクルの発生を防止しつつ、Ｏリング２９ａの劣化を防止し、真空シール性を長期間にわたり確保できる。

[0075] 本実施の形態における他の構成及び効果は、第１の実施の形態と同様である。

[0076] ［第３の実施の形態］

次に、第３の実施の形態のプラズマ処理装置について説明する。第１及び第２の実施の形態のプラズマ処理装置との違いは、誘電体板２８と、蓋部材１３の支持部１３ａとの間のスペーサーの構造だけなので、第１及び第２の実施の形態と同一構成部分の説明は省略し、第３の実施の形態のプラズマ処

理装置に特徴的なスペーサーの構成についてのみ説明する。

[0077] 図８は、第３の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板２８を取り外した状態の、蓋部材１３の支持部１３ａの上面を部分的に拡大して詳細に示す図面である。図８に示すように、第３の実施の形態では、第１の実施の形態と同様に、誘電体板２８と、蓋部材１３の支持部１３ａとの間に、処理容器１内のプラズマ処理空間を密閉するための第１のシール部材としてリング状のＯリング２９ａを設けている。また、当該Ｏリング２９ａの外周側に、処理容器１の上部に配置された蓋部材１３の支持部１３ａと誘電体板２８との間に隙間ｄを形成するため、間欠的に複数のスペーサー６０Ａ，６０Ａ，・・・を設けている。そのため、本実施の形態の蓋部材１３の支持部１３ａの上面には、間欠的に複数のスペーサー６０Ａ，６０Ａ，・・・が配置されるように、間欠的に取付け溝１３２Ａ，１３２Ａ，・・・が形成されている。

[0078] 本実施の形態のプラズマ処理装置では、前記第１及び第２の実施の形態のプラズマ処理装置と同様に、スペーサー６０Ａによって蓋部材１３の支持部１３ａと誘電体板２８との間に形成された隙間ｄ（図８では図示せず）が形成されている。隙間ｄは、好ましくは０．０５～０．４ｍｍの範囲内、より好ましくは０．０５～０．２ｍｍの範囲内、望ましくは０．０５～０．０８ｍｍの範囲内で形成されている。この隙間ｄにより、処理容器１内におけるプラズマ照射により蓋部材１３や誘電体板２８が熱膨張したり、誘電体板２８に歪みが発生しても、蓋部材１３の支持部１３ａと誘電体板２８とが接触し、擦れることを防止できる。従って、誘電体板２８が破損したり、擦れによりパーティクルが発生したりすることを防止できる。

[0079] 特に、本実施の形態のプラズマ処理装置では、Ｏリング２９ａの外周側に、間欠的に複数のスペーサー６０Ａ，６０Ａ，・・・を設けるようにした。このため、複数のスペーサー６０Ａ，６０Ａ，・・・と、誘電体板２８との間の接触面積が小さくなり、スペーサー６０Ａと誘電体板２８との間の擦れによるパーティクルの発生も低減できる。

[0080] なお、第３の実施の形態では、例えば、図９に示すように、Ｏリング２９ａおよびＯリング２９ｂを設けている場合にも、Ｏリング２９ａの外周側に間欠的に複数のスペーサー６０Ａ，６０Ａ，・・・を設けることができる。

[0081] 本実施の形態において、スペーサー６０Ａは、例えば（２分割以上にして）２箇所以上に配置することが好ましい。これにより、スペーサー６０Ａを支持部１３ａの段差部表面にゆがみなく、平坦に配備することが出来る。そして、誘電体板２８と支持部１３ａの隙間を精度良く形成できるので、誘電体板２８と支持部１３ａとの接触、擦れがなく、誘電体板２８の破損やパーティクルの発生を防止できる。

[0082] 本実施の形態における他の構成及び効果は、第１及び第２の実施の形態と同様である。

[0083] ［第４の実施の形態］

次に、第４の実施の形態のプラズマ処理装置について説明する。第１～第３の実施の形態のプラズマ処理装置との違いは、誘電体板２８と、蓋部材１３の支持部１３ａとの間のスペーサーの構造だけなので、第１～第３の実施の形態と同一構成部分の説明は省略し、第４の実施の形態のプラズマ処理装置に特徴的なスペーサーの構成についてのみ説明する。

[0084] 第１～第３の実施の形態のプラズマ処理装置では、蓋部材１３の内周の壁面１３ｃと、誘電体板２８の外周端の壁面２８ａとの間に、水平方向の隙間Ｌ１を設けるようにした。この隙間Ｌ１は、誘電体板２８の熱膨張を考慮した遊びである。本実施の形態のプラズマ処理装置では、Ｏリング２９ａ，２９ｂより弾性率が大きい材料からなるスペーサー６０に、誘電体板２８の水平方向の位置決め機能を持たせるようにした。

[0085] 図１０は、第４の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板２８と、蓋部材１３の支持部１３ａとの接続部分（つまり、図１のＡ部に対応する部分）を拡大して詳細に示す部分断面図である。また、図１１は、第４の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板２８を取り外した状態の、蓋部材１３の支持部１３ａの上面を部分的に拡大して詳細に示す図面である。

図１０および図１１に示すように、第４の実施の形態のプラズマ処理装置のスペーサー６０Ｂは、誘電体板２８を水平方向に位置決めするため、断面形状をＬ字形状に形成している。すなわち、スペーサー６０Ｂは、外周側の上部が突出しており、突出部６０ａが形成されている。

[0086] 第４の実施の形態のプラズマ処理装置では、スペーサー６０Ｂの突出部６０ａにより、誘電体板２８を水平方向に位置決めすることができる。つまり、誘電体板２８を所定の水平位置に確実に設置することができると共に、蓋部材１３の内周の壁面１３ｃと、誘電体板２８の外周端の壁面２８ａとの間に水平方向の隙間Ｌ１を確実に確保できる。なお、スペーサー６０Ｂにおける突出部６０ａの高さは、誘電体板２８の厚みに応じて任意に設定できる。

[0087] 本実施の形態のプラズマ処理装置によれば、第１～第３の実施の形態のプラズマ処理装置と同様に、スペーサー６０Ｂによって蓋部材１３の支持部１３ａと誘電体板２８との間に形成された隙間ｄが好ましくは０．０５～０．４ｍｍの範囲内、より好ましくは０．０５～０．２ｍｍの範囲内、望ましくは０．０５～０．０８ｍｍの範囲内で形成されている。この隙間ｄにより、処理容器１内におけるプラズマ照射により蓋部材１３や誘電体板２８が熱膨張したり、誘電体板２８に歪みが発生しても、蓋部材１３の支持部１３ａと誘電体板２８とが接触し、擦れることを防止できる。従って、誘電体板２８が破損したり、擦れによりパーティクルが発生したりすることを防止できる。

[0088] 特に、本実施の形態のプラズマ処理装置では、誘電体板２８を水平方向に位置決めするため、スペーサー６０Ｂの断面形状をＬ字形状に形成して、外周側の上部が突出する突出部６０ａを設けているため、誘電体板２８を所定の水平位置に確実に設置することができる。また、突出部６０ａにより、蓋部材１３の内周の壁面１３ｃと誘電体板２８の外周端の壁面２８ａとの間に、水平方向の隙間Ｌ１を確実に確保することができる。

[0089] なお、例えば図１２に示すように、水平方向の位置決めを容易にするため、下面の周縁端に切り欠き部２８ｂを形成した誘電体板２８Ａを用いること

もできる。すなわち、スペーサー６０を誘電体板２８Ａの切り欠き部２８ｂに当接させることにより、誘電体板２８Ａを所定の水平位置に確実に位置決めして設置できる。また、蓋部材１３の内周の壁面１３ｃと誘電体板２８Ａの外周端の壁面２８ａとの間に、水平方向の隙間Ｌ１を確実に確保できる。この場合、スペーサー６０自体は、図４等に示す第１の実施の形態等のスペーサー６０と同様に、断面正方形または矩形のスペーサー６０を用いればよく、スペーサー６０の厚みを大きく設定すればよい。

[0090] また、図１０、図１１に示すスペーサー６０Ｂや、図１２に示す誘電体板２８Ａの形状を採用すると同時に、図７や図９に示すように、真空シール性が高いＯリング２９ａと、耐プラズマ性が高いＯリング２９ｂとの２重Ｏリング構造を採用するようにしてもよい。さらに、図示は省略するが、第３の実施の形態の図８、図９に示す構成においてスペーサー６０Ａに替えて、スペーサー６０Ｂを間欠的に複数配備することもできる。例えばスペーサー６０Ｂを（２分割以上にして）２箇所以上に配置することが好ましい。これにより、スペーサー６０Ｂを支持部１３ａの段差部の表面にゆがみなく配備することが出来る。そして、誘電体板２８と支持部１３ａの隙間を精度良く形成できるので、誘電体板２８と支持部１３ａとの接触、擦れがなく、誘電体板２８の破損やパーティクルの発生を防止できる。

[0091] 本実施の形態における他の構成及び効果は、第１～第３の実施の形態と同様である。

[0092] ［第５の実施の形態］

次に、第５の実施の形態のプラズマ処理装置について説明する。第１～第４の実施の形態のプラズマ処理装置との違いは、誘電体板２８と、蓋部材１３の支持部１３ａとの間のスペーサーの構造だけなので、第１～第４の実施の形態と同一構成部分の説明は省略し、第５の実施の形態のプラズマ処理装置に特徴的なスペーサーの構造についてのみ説明する。

[0093] 第１～第４の実施の形態のプラズマ処理装置では、蓋部材１３の内周の壁面１３ｃと、誘電体板２８の外周端の壁面２８ａとの間に、Ｏリング２９ａ

，２９ｂより弾性率が大きい材料からなるスペーサー６０，６０Ａ又は６０Ｂを設けた。本実施の形態では、スペーサーとして、ポリイミド樹脂と、粘着層とを有するポリイミドテープを用いる。

[0094] 図１３は、第５の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板２８と、蓋部材１３の支持部１３ａとの接続部分（つまり、図１のＡ部に対応する部分）を拡大して詳細に示す部分断面図である。また、図１４は、第５の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板２８を取り外した状態の、蓋部材１３の支持部１３ａの上面を部分的に拡大して詳細に示す図面である。図１３および図１４に示すように、第５の実施の形態のプラズマ処理装置では、スペーサー６０Ｃは、環状、又は組み合わせることによって環状となる複数の弧状のポリイミドテープにより構成されている。

[0095] スペーサー６０Ｃとして利用可能なポリイミドテープ７０の断面構造を図１５に拡大して示した。ポリイミドテープ７０は、ポリイミドフィルム層７０Ａと、該ポリイミドフィルム層７０Ａの片面に設けられた粘着層７０Ｂと、を備えている。ここで、ポリイミドフィルム層７０Ａとしては、例えばガラス転移温度（Ｔｇ）が１２０℃～２５０℃の範囲内、熱膨張係数が３×１０$^{-5}$／℃～５×１０$^{-5}$／℃の範囲内、ヤング率が３２０～３５０ｋｇｆ／ｍｍ^{2}の範囲内の耐熱性ポリイミド樹脂を用いることが好ましい。また、粘着層７０Ｂの材質は、金属表面への粘着性を有するものであれば特に制限はないが、例えば耐熱性シリコーン粘着剤を用いることができる。ポリイミドテープ７０の厚み（つまり、ポリイミドフィルム層７０Ａと、粘着層７０Ｂとの合計の厚み）は、隙間ｄを例えば上記のように０．０５～０．４ｍｍの範囲内に形成できればよい。従って、ポリイミドテープ７０の厚みは、例えば３５μｍ以上４００μｍ以下の範囲内の極薄い厚みとすることができる。このような構造のポリイミドテープ７０としては、市販品を利用することも可能であり、例えば、株式会社寺岡製作所製のカプトンテープ（カプトンは登録商標）等を用いることができる。

[0096] 本実施の形態のプラズマ処理装置では、スペーサー６０Ｃとして粘着層７

０Ｂを有するポリイミドテープ７０を用いることにより、スペーサー６０Ｃの位置ずれが生じにくい。そのため、蓋部材１３の支持部１３ａに取付け溝１３２を設けずにスペーサー６０Ｃを貼付できる。従って、取付け溝の加工に要する工程を削減できるとともに、取付け溝に起因するパーティクルや金属コンタミネーションの発生確率を低減できる。なお、本実施の形態においても、必要に応じて、第１～第４の実施の形態と同様の取り付け溝１３２を設け、そこにスペーサー６０Ｃを配備してもよい。

[0097] また、スペーサー６０Ｃは、誘電体板２８の下面と、蓋部材１３の支持部１３ａの上面とのどちらの面に貼付してもよい。スペーサー６０Ｃを構成するポリイミドフィルム層７０Ａの表面のキズや磨耗を抑制する上で、支持部１３ａの上面に粘着層７０Ｂを当接させてスペーサー６０Ｃを貼付することが好ましい。

[0098] 本実施の形態のプラズマ処理装置によれば、第１～第４の実施の形態のプラズマ処理装置と同様に、スペーサー６０Ｃによって蓋部材１３の支持部１３ａと誘電体板２８との間に形成された隙間ｄが、好ましくは０．０５～０．４ｍｍの範囲内、より好ましくは０．０５～０．２ｍｍの範囲内、望ましくは０．０５～０．０８ｍｍの範囲内で形成されている。この隙間ｄにより、処理容器１内におけるプラズマ照射により蓋部材１３や誘電体板２８が熱膨張したり、誘電体板２８に歪みが発生しても、蓋部材１３の支持部１３ａと誘電体板２８とが接触し、擦れることを防止できる。従って、誘電体板２８が破損したり、擦れによりパーティクルが発生したりすることを防止できる。

[0099] また、特に本実施の形態のプラズマ処理装置では、スペーサー６０Ｃとして粘着層７０Ｂを有するポリイミドテープ７０を用いることによって、位置ずれが生じにくく、取り付け溝１３２を設けなくても所定の位置に貼付して位置決めできる。従って、取り付け溝の加工の工程が不要になる。

[0100] また、本実施の形態においても第２の実施の形態と同様に、２重Ｏリング構造を採用するようにしてもよい。すなわち、図１６及び図１７に示したよ

うに、スペーサー６０Ｃとしてのポリイミドテープ７０と、真空シール性が高いＯリング２９ａと、耐プラズマ性が高いＯリング２９ｂとを、外側から内側（真空側）へ、この順に配備することができる。このような構成によって、誘電体板２８と蓋部材１３との接触による破損やパーティクルの発生を防止しつつ、Ｏリング２９ａの劣化を防止し、真空シール性を長期間にわたり確保できる。さらに、図示は省略するが、第３の実施の形態の図８、図９に示す構成と同様に、スペーサー６０Ｃとしてのポリイミドテープ７０を間欠的に複数配備することもできる。ポリイミドテープ７０は、（２分割以上にして）２箇所以上に貼り付けることが好ましく、例えば（３分割して）３箇所に貼付けることができる。これにより、ポリイミドテープ７０を、支持部１３ａの表面にシワがなく、平坦に貼り付けることが出来る。そして、誘電体板２８と支持部１３ａの隙間ｄを精度良く形成できるので、誘電体板２８と支持部１３aとの接触、擦れがなく、誘電体板２８の破損やパーティクルの発生を防止できる。

[0101] 本実施の形態における他の構成及び効果は、第１～第３の実施の形態と同様である。

[0102] ［第６の実施の形態］

次に、第６の実施の形態のプラズマ処理装置について説明する。第５の実施の形態のプラズマ処理装置との違いは、誘電体板２８と、蓋部材１３の支持部１３ａとの間のシール部材の構造だけなので、第１～第５の実施の形態と同一構成部分の説明は省略し、第６の実施の形態のプラズマ処理装置に特徴的なシール部材の構造についてのみ説明する。

[0103] 第５の実施の形態のプラズマ処理装置の一態様では、蓋部材１３の内周の壁面１３ｃと、誘電体板２８の外周端の壁面２８ａとの間に、Ｏリングより弾性率が大きい材料からなるスペーサー６０Ｃとしてポリイミドテープ７０を用いるとともに、真空シール性が高いＯリング２９ａと、耐プラズマ性が高いＯリング２９ｂとを設けた。本実施の形態では、シール部材として、真空シール性が高い材質の部分と、耐プラズマ性が高い材質の部分とを有する

Ｏリング８０を１箇所に設けた。

[0104] 図１８は、第６の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板２８と、蓋部材１３の支持部１３ａとの接続部分（つまり、図１のＡ部に対応する部分）を拡大して詳細に示す部分断面図である。また、図１９は、第５の実施の形態のプラズマ処理装置における誘電体板２８を取り外した状態の、蓋部材１３の支持部１３ａの上面を部分的に拡大して詳細に示す図面である。図１８および図１９に示すように、第６の実施の形態のプラズマ処理装置では、Ｏリング８０は、異なる２種の材質が組み合わされることによって構成されている。すなわち、Ｏリング８０の外周側の略半分をなす部分８０Ａは真空シール性が高い弾性材料により形成され、内周側（真空側）の略半分をなす部分８０Ｂは、耐プラズマ性が高い弾性材料により形成されている。ここで、真空シール性が高い弾性材料としては、例えば、バイトン（登録商標）等に代表されるフッ素ゴムを挙げることができる。また、耐プラズマ性が高い弾性材料としては、例えばポリテトラフルオロエチレン等のフッ素系樹脂を挙げることができる。

[0105] 本実施の形態では、シール部材として真空シール性が高い弾性材料による部分８０Ａと、耐プラズマ性が高い弾性材料による部分８０Ｂとを有する内外２層構造のＯリング８０を用いることにより、Ｏリングを２箇所に配備することなく、１箇所への配備で、プラズマによる劣化防止と、真空シール性の確保が可能になる。従って、部品点数を削減できるとともに、取付け溝の加工に要する工程を２箇所から１箇所に削減できる。

[0106] また、本実施の形態のプラズマ処理装置では、第１～第４の実施の形態のプラズマ処理装置と同様に、Ｏリングより弾性率が大きい材料からなるスペーサー６０Ｃによって蓋部材１３の支持部１３ａと誘電体板２８との間に、隙間ｄが好ましくは０．０５～０．４ｍｍの範囲内、より好ましくは０．０５～０．２ｍｍの範囲内、望ましくは０．０５～０．０８ｍｍの範囲内で形成されている。この隙間ｄにより、処理容器１内におけるプラズマ照射により蓋部材１３や誘電体板２８が熱膨張したり、誘電体板２８に歪みが発生し

ても、蓋部材１３の支持部１３ａと誘電体板２８とが接触し、擦れることを防止できる。従って、誘電体板２８が破損したり、擦れによりパーティクルが発生したりすることを防止できる。さらに、第５の実施の形態のプラズマ処理装置と同様に、スペーサー６０Ｃとして粘着層７０Ｂを有するポリイミドテープ７０を用いることによって、位置ずれが生じにくく、取り付け溝１３２を設けなくても所定の位置に貼付して位置決めできる。従って、スペーサーの取り付け溝の加工工程が不要になる。また、スペーサー６０Ｃとしてのポリイミドテープ７０と、内外２層構造のＯリング８０における真空シール性が高い弾性材料による部分８０Ａと、耐プラズマ性が高い弾性材料による部分８０Ｂとを、外側から内側（真空側）へ、この順に配備した。このような構成によって、誘電体板２８と蓋部材１３との接触による破損やパーティクルの発生を防止しつつ、Ｏリングの劣化を防止し、真空シール性を長期間にわたり確保できる。

[0107] さらに、本実施の形態では、図示は省略するが、第３の実施の形態の図８、図９に示す構成と同様に、スペーサー６０Ｃとしてのポリイミドテープ７０を間欠的に複数配備することもできる。ポリイミドテープ７０は、（２分割以上にして）２箇所以上に貼り付けることが好ましく、例えば（３分割して）３箇所に貼付けることができる。これにより、ポリイミドテープ７０を支持部１３ａの段差部表面にシワがなく、平坦に貼り付けることが出来る。そして、誘電体板２８と支持部１３ａの隙間ｄを精度良く形成できるので、誘電体板２８と支持部１３ａとの接触、擦れがなく、誘電体板２８の破損やパーティクルの発生を防止できる。

[0108] 本実施の形態における他の構成及び効果は、第１～３、５の実施の形態と同様である。

[0109] ［第７の実施の形態］

次に、本発明の第７の実施の形態のプラズマ処理装置について説明する。本実施の形態のプラズマ処理装置は、処理容器１の内部を視認するための観察窓としてのビューポートを備えている点で、上記第１～第６の実施の形態

のプラズマ処理装置と相違している。つまり、ビューポートを除けば、本実施の形態のプラズマ処理装置は、上記第１～第６の実施の形態のプラズマ処理装置のいずれかの特徴をそのまま備えている。以下、第１～第６の実施の形態と同じ構成の説明は省略し、第７の実施の形態のプラズマ処理装置の特徴的部分について説明する。

[0110] 図２７は、本実施の形態のプラズマ処理装置１０１の構成例を示す概略断面図である。プラズマ処理装置１０１は、処理容器１内のプラズマ生成空間Ｓの状態を外部から確認するためのビューポート２００を備えている。図２８は、図２７のプラズマ処理装置におけるビューポート２００の構成部材を拡大して示す分解斜視図である。図２９は、ビューポート２００の水平方向の拡大断面図である。本実施の形態のプラズマ処理装置１０１の側壁１ｂには、観察用開口部としての開口２０１が形成されている。開口２０１内には、窓部材２１０の一部分である突出部２１１が挿入されている。そして、窓部材２１０は、処理容器１の外側から、固定部材としての固定プレート２２０によって固定されている。なお、側壁１ｂの開口２０１に対応する位置には、ライナー７にも開口が設けられている。

[0111] 窓部材２１０は、例えば石英などの透明な材質により形成されている。窓部材２１０は、処理容器１の開口２０１内に挿入される突出部２１１と、該突出部２１１と一体をなし、フランジ状に拡大した基部２１３とを有している。図２８に示すように、窓部材２１０の突出部２１１は、板状の基部２１３に対して直交する方向に突出している。突出部２１１の先端面２１１ａは、弓状に湾曲している。この先端面２１１ａの湾曲は、図２９に示すように、円筒状をなす処理容器１の側壁１ｂの内周面１ｂ$_{IN}$の湾曲と同じ曲率で形成されている。また、突出部２１１の突出量は、処理容器１の側壁１ｂの厚みを考慮して決められている。さらに、突出部２１１の形状（幅及び厚み）と大きさ（体積）は、側壁１ｂの開口２０１の形状（幅及び高さ）と大きさ（空間の容積）とほぼ一致するように精密加工されている。つまり、窓部材２１０が装着された状態において、前記突出部２１１と側壁１ｂの開口２０

１の内面とは、突出部２１１が開口２０１に挿入できる範囲内のクリアランスを有して、可能な限り隙間なく嵌り合うように形成されている。そのクリアランスは、プラズマが開口２０１内に入り込まない範囲であり、例えば、０．１ｍｍ～２ｍｍの範囲内が好ましく、より好ましくは、０．５ｍｍ～１ｍｍの範囲内である。

[0112] 板状をなす固定プレート２２０は、例えばアルミニウム、ステンレスなどの金属により、窓部材２１０の基部２１３よりも一回り大きく形成されている。固定プレート２２０は、窓部材２１０の基部２１３が嵌め込まれる凹部２２１と、該凹部２２１に設けられた貫通開口２２３とを有している。固定プレート２２０は、その凹部２２１に窓部材２１０の基部２１３を嵌め込むようにして、窓部材２１０を処理容器１の側壁１ｂに外側から押し付けて固定する。固定プレート２２０は、任意の部位で例えば螺子により側壁１ｂに固定されている。図２８では、固定プレート２２０の４隅に形成された螺子孔２２５を描いているが、この位置や数に限定されるものではない。貫通開口２２３の大きさは、処理容器１内を視認可能なサイズを確保し、かつ窓部材２１０の固定を確実に行うため、窓部材２１０の基部２１３よりも小さく形成されている。この貫通開口２２３から、透明な窓部材２１０を介して、処理容器１内を視認可能になっている。固定プレート２２０を用いることによって、窓部材２１０を処理容器１に確実に固定し、プラズマが処理容器１の外で漏洩しないように密封する。

[0113] 図２９に示すように、処理容器１の側壁１ｂには、開口２０１を囲むように溝２０３が形成されている。この溝２０３内には、シール部材としてのＯリング２０５が嵌め込まれている。窓部材２１０は、突出部２１１が側壁１ｂの開口２０１内に挿入された状態で、固定プレート２２０によって側壁１ｂ側に押し付けられるため、開口２０１の周囲のＯリング２０５によって、開口２０１の気密性が保たれる。

[0114] ここで、従来のプラズマ処理装置との対比によって、本実施の形態のプラズマ処理装置のメリットを説明する。従来のプラズマ処理装置では、処理容

器１の開口を外側（大気側）から覆うように石英等の材質の平板状の窓部材を装着し、ビューポートを形成していた。開口の周囲では、平板状の窓部材との間にＯリングが配設されてシールされ、気密性が保持されていた。しかし、このような従来のビューポートの構造では、処理容器内で生成したプラズマが、開口内に入り込み、更に、シール部のＯリングの位置まで容易に回り込み、Ｏリングにダメージを与えてパーティクルを発生させたり、Ｏリングの交換寿命が短くなったりするという問題があった。

[0115] 上記問題に対して、本実施の形態のプラズマ処理装置では、窓部材２１０が突出部２１１を備えており、該突出部２１１の大きさは、側壁１ｂの開口２０１の大きさとほぼ一致する。つまり、開口２０１と突出部２１１とは、僅かなクリアランスでほぼ隙間なく嵌り合う。そのため、処理容器１内のプラズマ生成空間Ｓから、開口２０１の外側のＯリング２０５の配設位置までプラズマが回りこむことを効果的に防止できる。つまり、窓部材２１０の突出部２１１は、開口２０１内にプラズマが侵入することを防止する作用を有している。従って、開口２０１を介してプラズマがシール部に回り込み、Ｏリング２０５がダメージを受け、劣化してパーティクルを発生させたり、交換時期が早まったりすることを効果的に防止できる。

[0116] また、突出部２１１の先端面２１１ａは、円筒状をなす処理容器１の側壁１ｂの内周面１ｂ$_{IN}$の湾曲に合わせて同じ曲率で形成されている。このような特徴的形状により、窓部材２１０を側壁１ｂに装着した状態で、側壁１ｂの内周面１ｂ$_{IN}$と窓部材２１０との間には段差が生じない。このように、段差がないため、処理容器１内のプラズマ生成空間Ｓで発生するプラズマへの影響、例えばプラズマの拡散や分布が変わってプラズマ密度が変化すること、を防止できる。このことにより、処理容器１内の被処理体に対して、均一に安定したプラズマ処理が可能となる。

[0117] 以上のように、本実施の形態のプラズマ処理装置１０１によれば、ビューポート２００からのパーティクルの発生を低減できる。そして、本実施の形態のビューポート２００の構成を、第１～第６の実施の形態のプラズマ処理

装置に適用することによって、処理容器１内でのパーティクルの発生を総合的に、より確実に防止でき、また、安定したプラズマを生成してプラズマ処理を行うことが出来るため、信頼性の高い半導体プロセスが実現できる。本実施の形態における他の構成及び効果は、第１～６の実施の形態と同様である。

[0118] ［磨耗試験］

次に、第５及び第６の実施の形態のプラズマ処理装置で用いるポリイミドテープ７０について、耐久性を評価した磨耗試験の結果について説明する。図２０Ａ及び図２０Ｂに示したように、蓋部材１３の支持部１３ａに見立てた金属製のブロック９０と、誘電体板２８に見立てた可動式の石英プレート９１と、を備えた評価装置を準備した。そして、ブロック９０又は石英プレート９１のいずれか片方に、厚さ８０μｍのポリイミドテープ７０を貼付した。なお、ポリイミドテープ７０として、株式会社寺岡製作所製のカプトンテープ（カプトンは登録商標）を使用した。

[0119] 図２０Ａは、ポリイミドテープ７０の粘着層７０Ｂをブロック９０に貼付した状態を示し、図２０Ｂは、ポリイミドテープ７０の粘着層７０Ｂを石英プレート９１に貼付した状態を示している。そして、ブロック９０と石英プレート９１を接近させ、ポリイミドテープ７０を両側から面圧２８０００Ｎ相当の圧力で圧接しながら、石英プレート９１を１往復の移動量１ｍｍで図２０Ａ，２０Ｂ中の左右方向に６万回往復移動させた。３つのサンプルについて、試験中のポリイミドテープ７０の厚みを測定するとともに、表面粗さ測定器（ミツトヨ社製ＳＪ３０１）を用いてポリイミドテープ７０の表面粗さを測定した。

[0120] 石英プレート９１の移動回数とポリイミドテープ７０の厚さとの関係を図２１及び図２２に示した。図２１は、ポリイミドテープ７０の粘着層７０Ｂをブロック９０に貼付した場合の結果であり、図２２は、ポリイミドテープ７０の粘着層７０Ｂを石英プレート９１に貼付した場合である。図２１から、ポリイミドテープ７０の粘着層７０Ｂをブロック９０に貼付した場合には

、６万回の往復移動後も、ポリイミドテープ７０の厚みは殆ど変化していないことがわかる。また、表面粗さの測定でも、ポリイミドテープ７０、ブロック９０及び石英プレート９１のいずれにも、表面にキズ、表面粗れ等は生じていなかった。一方、図２２から、ポリイミドテープ７０の粘着層７０Ｂを石英プレート９１に貼付した場合には、１万回程度の往復移動でポリイミドテープ７０の膜厚減少が見られた。また、表面粗さの測定では、ポリイミドテープ７０及びブロック９０の表面に擦りキズが確認され、パーティクルの発生が懸念された。

[0121] 以上の結果から、第５及び第６の実施の形態において、スペーサー６０Ｃとして使用するポリイミドテープ７０は、誘電体板２８よりも、蓋部材１３の支持部１３ａに貼付することが好ましいことが確認された。

[0122] ［窒化ランニング試験］

次に、第５及び第６の実施の形態と同様の構成のプラズマ処理装置を用い、３０，０００枚のウエハWについて、プラズマ窒化処理を行ったランニング試験の結果について説明する。本ランニング試験では、ウエハW間の窒素濃度の均一性、パーティクル数、コンタミネーション、誘電体板と蓋部材の支持部との隙間について評価した。ウエハW表面のシリコンに対するプラズマ窒化処理の条件は、処理圧力；３０Ｐａ、Ａｒ流量；６６０ｍＬ／ｍｉｎ（ｓｃｃｍ）、N_2流量；２００ｍＬ／ｍｉｎ（ｓｃｃｍ）、マイクロ波パワー；１９５０Ｗ、処理温度５００℃、処理時間５０秒で実施した。また、ポリイミドテープ７０としては、株式会社寺岡製作所製のカプトンテープ（カプトンは登録商標；厚さ８０μｍ）を使用した。

[0123] まず、３０，０００枚のウエハWに対する処理の前と後における誘電体板２８と蓋部材１３の支持部１３ａとの隙間ｄを計測した。その結果、隙間ｄは、処理前が８０．４μｍ、処理後が８０．９μｍであった。従って、ポリイミドテープ７０を介在させることによって、誘電体板２８と蓋部材１３の支持部１３ａとの隙間ｄは、長期間に亘ってほぼ一定に維持できることが確認できた。

[0124] 図２３に、ウエハW間の窒素濃度の均一性の結果を示した。この結果から、３０，０００枚の処理において、窒素濃度は、ほぼ０．２～０．４［atom%］の間で安定して推移しており、ウエハW間の処理の均一性が認められた。

[0125] 図２４に、パーティクルカウンターで計測した０．１２μｍ以上の大きさのパーティクル数の推移を示した。この結果から、３０，０００枚の処理を通して、検出されたパーティクル数は、ほぼ５個以下であった。ポリイミドテープ７０自体、あるいは誘電体板２８と蓋部材１３の支持部１３ａとの擦れに起因するパーティクルの発生は認められなかった。なお、１５，０００枚目の計測結果で１０個以上のパーティクルが検出されているが、これは測定誤差である可能性が高いと考えられる。

[0126] 図２５及び図２６に、Ｌｉ、Ｎａ、Ｍｇ、Ａｌ、Ｋ、Ｃａ、Ｔｉ、Ｃｒ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｎｉ，Ｃｏ、Ｚｎ、及びＣｕによるコンタミネーションの結果を示した。この結果から、３０，０００枚の処理を通して、処理枚数が増加するとコンタミネーションも増加するというような相関関係は認められなかった。これは、ポリイミドテープ７０を介在させることによって、誘電体板２８と蓋部材１３の支持部１３ａとの擦れが防止された結果、蓋部材１３からのコンタミネーションの発生が抑制されたためであると考えられる。

[0127] 以上、本発明の実施の形態を例示の目的で詳細に説明したが、本発明は上記実施の形態に制約されず種々の変形が可能である。例えば、上記実施の形態では、ＲＬＳＡ方式のプラズマ処理装置１００を使用したが、他の方式のプラズマ処理装置を用いてもよく、例えば誘導結合プラズマ（ＩＣＰ）、表面波プラズマ（ＳＷＰ）等の方式のプラズマ処理装置を利用してもよい。

[0128] また、上記実施の形態では、半導体ウエハを被処理体とするプラズマ窒化処理を例に挙げて説明したが、被処理体としての基板は、例えばＦＰＤ（フラットパネルディスプレイ）用の基板や太陽電池用基板などでもよい。

[0129] 本国際出願は、２０１０年３月３１日に出願された日本国特許出願２０１０－８１９８４号及び２０１０年９月３０日に出願された日本国特許出願２

０１０－２２１２７０号に基づく優先権を主張するものであり、これらの出願の全内容をここに援用する。

請求の範囲

[請求項1] 内部にプラズマ処理空間を有し、上部が開口した処理容器と、

前記プラズマ処理空間の上部を塞ぐ誘電体板と、

前記処理容器の上部に配置されるとともに、前記誘電体板の外周部を支持する環状の支持部を有する蓋部材と、

前記支持部と前記誘電体板との間に設けられ、前記プラズマ処理空間を密閉するためのシール部材と、

前記シール部材の外周側に設けられ、前記支持部と前記誘電体板との間に隙間を形成するスペーサーと、

を備えたプラズマ処理装置。

[請求項2] 前記スペーサーは、前記シール部材の外周側に、間欠的に設けられている、請求項１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項3] 前記スペーサーは、フッ素系樹脂又はポリイミド系樹脂から形成されている、請求項１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項4] 前記スペーサーは、ポリイミドフィルム層と粘着層とを備えたポリイミドテープである請求項１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項5] 前記スペーサーの記粘着層が、前記支持部に貼付けられて固定されている請求項４に記載のプラズマ処理装置。

[請求項6] 前記シール部材として、第１のシール部材と、該第１のシール部材の内周側に設けられた第２のシール部材を含んでいる請求項１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項7] 前記第１のシール部材は、フッ素系樹脂から形成されている、請求項６に記載のプラズマ処理装置。

[請求項8] 前記第２のシール部材は、前記第１のシール部材より耐プラズマ性が高いフッ素系樹脂から形成されている、請求項７に記載のプラズマ処理装置。

[請求項9] 前記シール部材は、第１の部分と、該第１の部分の内周側に設けられた第２の部分と、を有しており、前記第１の部分は前記第２の部分

よりも真空シール性が高い材質により構成され、前記第２の部分は前記第１の部分よりもプラズマ耐性が高い材質により構成されている請求項１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項10] 前記スペーサーにより形成される、前記支持部の上面と、前記誘電体板の下面との間の隙間は０．０５～０．４ｍｍの範囲内である、請求項９に記載のプラズマ処理装置。

[請求項11] 前記スペーサーにより形成される、前記支持部の上面と、前記誘電体板の下面との間の隙間は０．０５～０．２ｍｍの範囲内である、請求項９に記載のプラズマ処理装置。

[請求項12] 前記スペーサーにより形成される、前記支持部の上面と、前記誘電体板の下面との間の隙間は０．０５～０．０８ｍｍの範囲内である、請求項９に記載のプラズマ処理装置。

[請求項13] 前記スペーサーと、前記シール部材との間隔は、１～１０ｍｍの範囲内である、請求項１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項14] 前記蓋部材の内周の壁面と、前記誘電体板の外周側壁との間には、０．１～１ｍｍの範囲内の隙間が形成されている、請求項１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項15] 前記スペーサーにより、前記誘電体板が水平方向に位置決めされている請求項１４に記載のプラズマ処理装置。

[請求項16] 内部にプラズマ処理空間を有し、上部が開口した処理容器と、

前記プラズマ処理空間の上部を塞ぐ誘電体板と、

前記処理容器の上部に配置されるとともに、前記誘電体板の外周部を支持する環状の支持部を有する蓋部材と、

前記支持部と前記誘電体板との間に設けられ、前記プラズマ処理空間を密閉するためのシール部材と、

前記シール部材の外周側に設けられ、前記支持部と前記誘電体板との間に隙間を形成するスペーサーと、

を備えたプラズマ処理装置を用い、被処理体をプラズマ処理するプラ

ズマ処理方法。

[請求項17] 前記シール部材は、第１の部分と、該第１の部分の内周側に設けられた第２の部分と、を有しており、前記第１の部分は前記第２の部分よりも真空シール性が高い材質により構成され、前記第２の部分は前記第１の部分よりもプラズマ耐性が高い材質により構成されている、請求項１６に記載のプラズマ処理方法。

[請求項18] 前記スペーサーにより形成される、前記支持部の上面と、前記誘電体板の下面との間の隙間は０．０５～０．２ｍｍの範囲内である、請求項１６に記載のプラズマ処理方法。

[請求項19] 前記スペーサーにより形成される、前記支持部の上面と、前記誘電体板の下面との間の隙間は０．０５～０．０８ｍｍの範囲内である、請求項１６に記載のプラズマ処理方法。

[請求項20] 前記スペーサーと、前記シール部材との間隔は、１～１０ｍｍの範囲内である、請求項１６に記載のプラズマ処理方法。

[請求項21] 内部にプラズマ処理空間を有し、上部が開口した処理容器と、

前記プラズマ処理空間の上部を塞ぐ誘電体板と、

前記処理容器の上部に配置されるとともに、前記誘電体板の外周部を支持する環状の支持部を有する蓋部材と、

前記支持部と前記誘電体板との間に設けられ、前記プラズマ処理空間を密閉するためのシール部材と、

前記シール部材の外周側に設けられ、前記支持部と前記誘電体板との間に隙間を形成するスペーサーと、

前記処理容器の内部を視認するための観察窓と、

を備え、

前記観察窓は、前記処理容器の側壁に形成された観察用開口部内に挿入される突出部を備えた透明な窓部材と、

前記窓部材を外部から固定する固定部材と、

前記観察用開口部の周囲において前記処理容器の側壁と前記窓部材

との間を気密にシールするシール部材と、

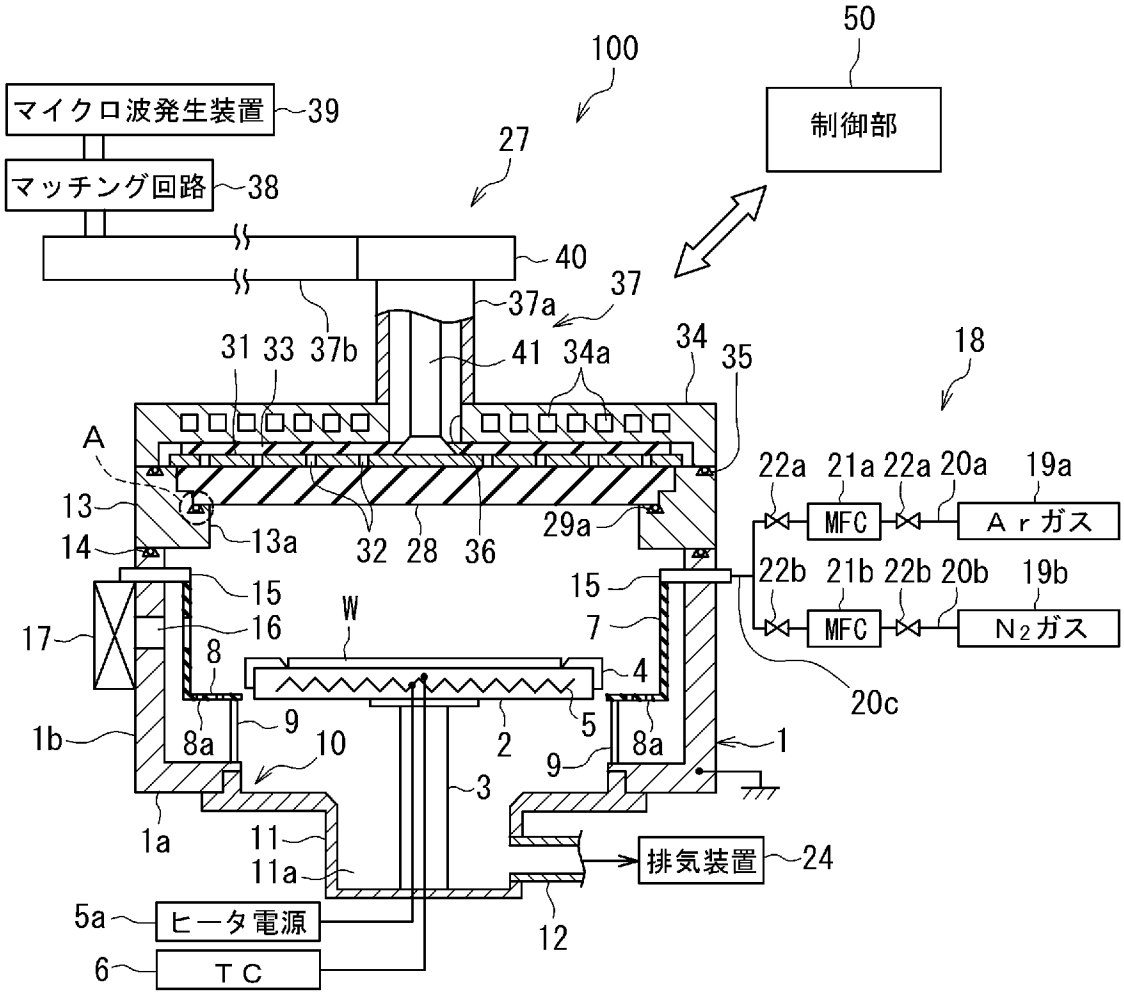
を有し、前記観察用開口部の内面と前記突出部の表面とは、該突出部が前記観察用開口部に挿入できる範囲内のクリアランスで隙間なく嵌り合うように形成されており、

前記突出部を前記観察用開口部に挿入することにより前記窓部材を前記処理容器の側壁に装着したプラズマ処理装置。

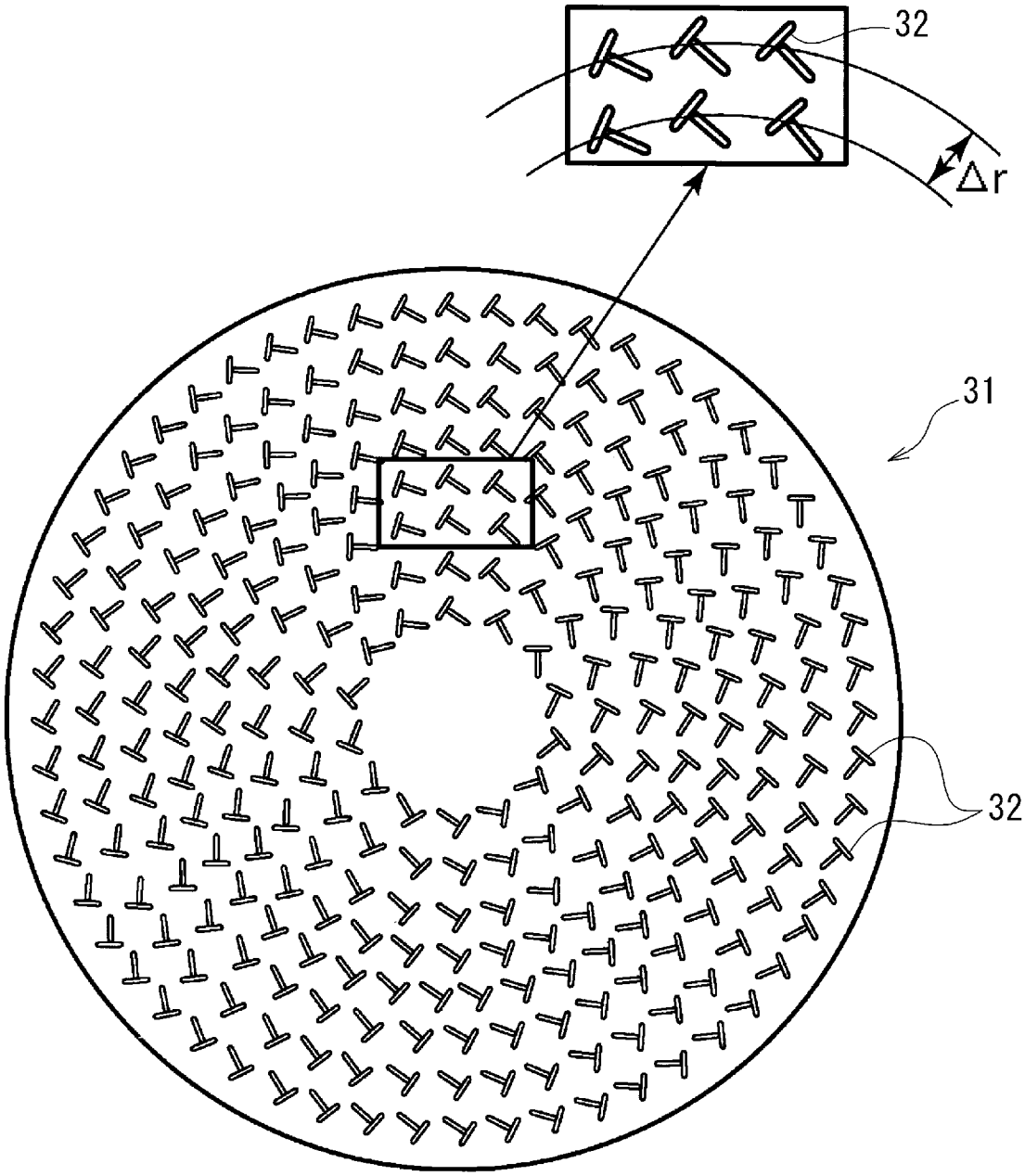
[請求項22] 前記突出部の先端面は、前記処理容器の側壁の内壁面の形状に合わせて湾曲して形成されている請求項２１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項23] 前記突出部の表面と前記観察用開口部の内面とのクリアランスは、０．１ｍｍ～２ｍｍの範囲内である請求項２１に記載のプラズマ処理装置。

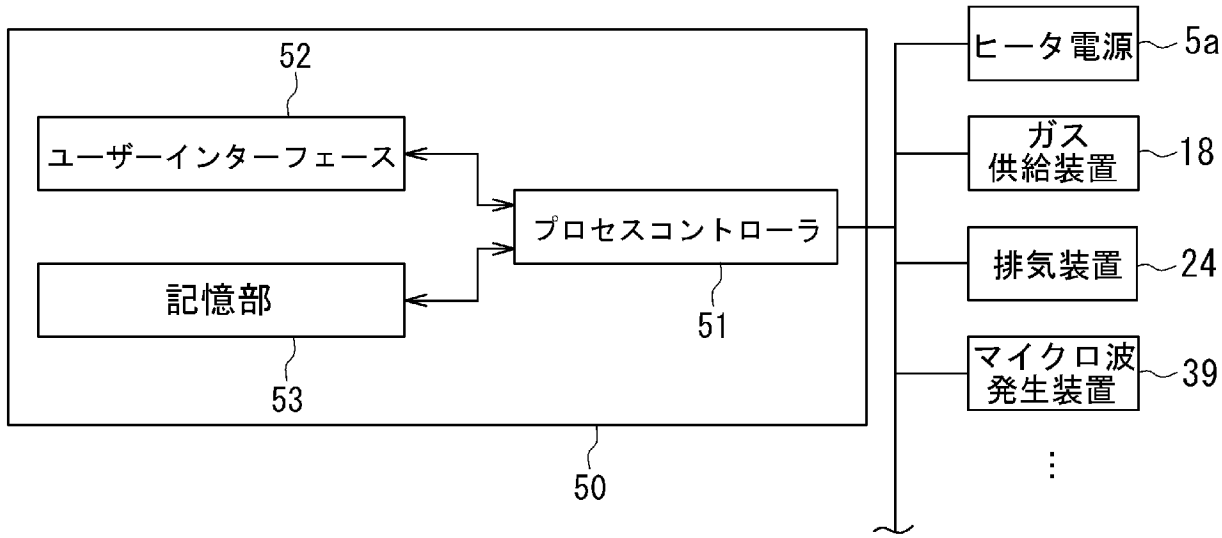
[図1]


50
100
制御部
マイクロ波発生装置
39
27
マッチング回路
38
40
37
37a
31
33
37b
41
34a
34
35
18
A
22a
21a
22a
20a
19a
13
MFC
Ａｒガス
29a
13a
14
32
28
36
22b
21b
22b
20b
19b
15
15
W
MFC
N2ガス
17
16
7
8
4
20c
9
5
1b
8a
10
2
8a
1
9
3
1a
11
11a
排気装置
24
5a
ヒータ電源
12
6
ＴＣ

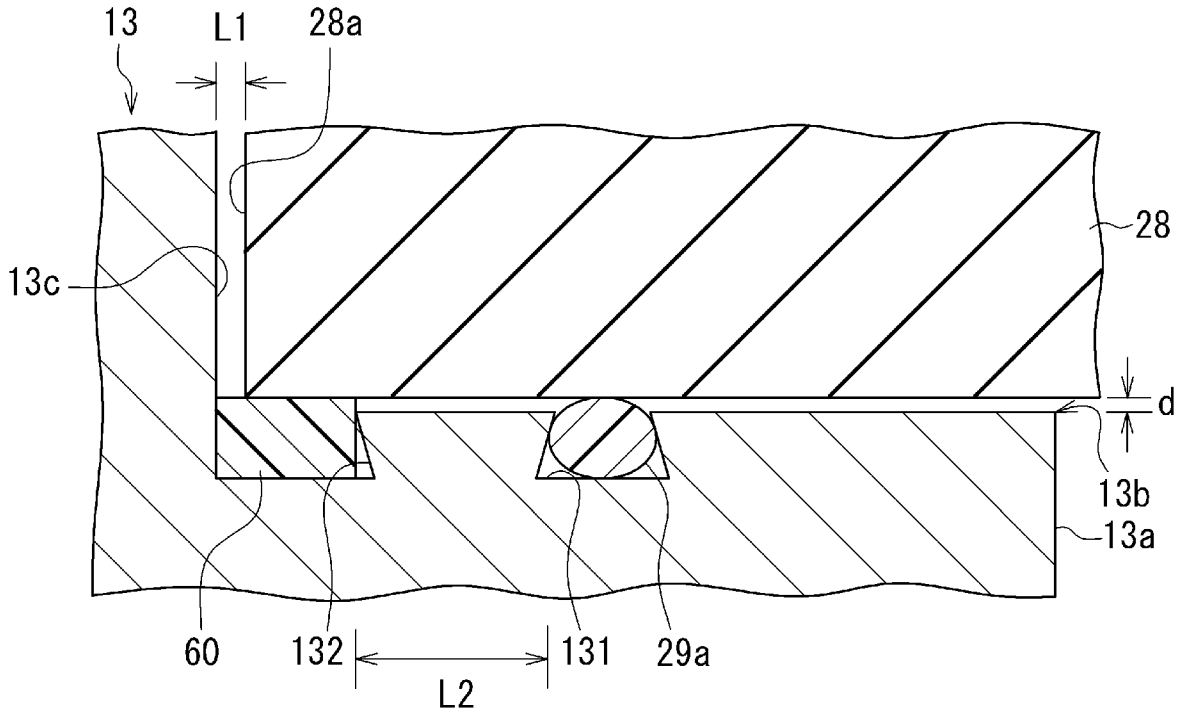
[図2]



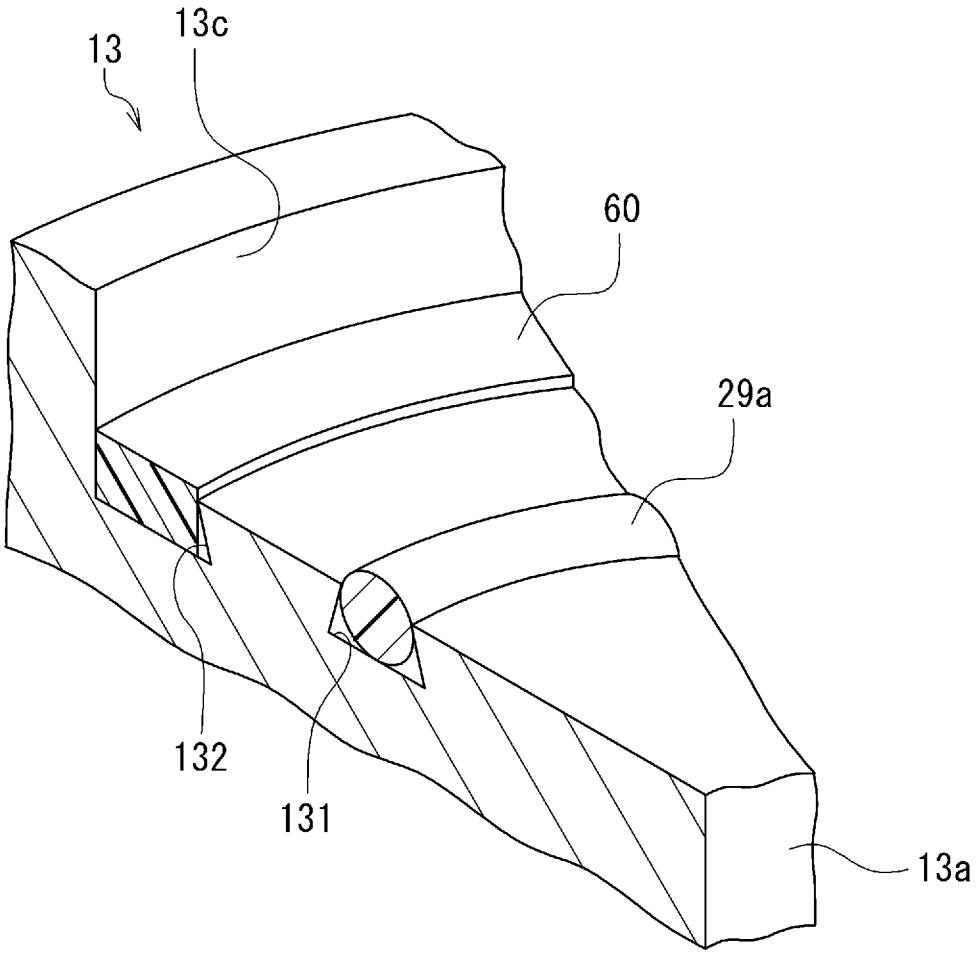
[図3]


52
ユーザーインターフェース
プロセスコントローラ
記憶部
51
53
50
ヒータ電源
5a
ガス
供給装置
18
排気装置
24
マイクロ波
発生装置
39

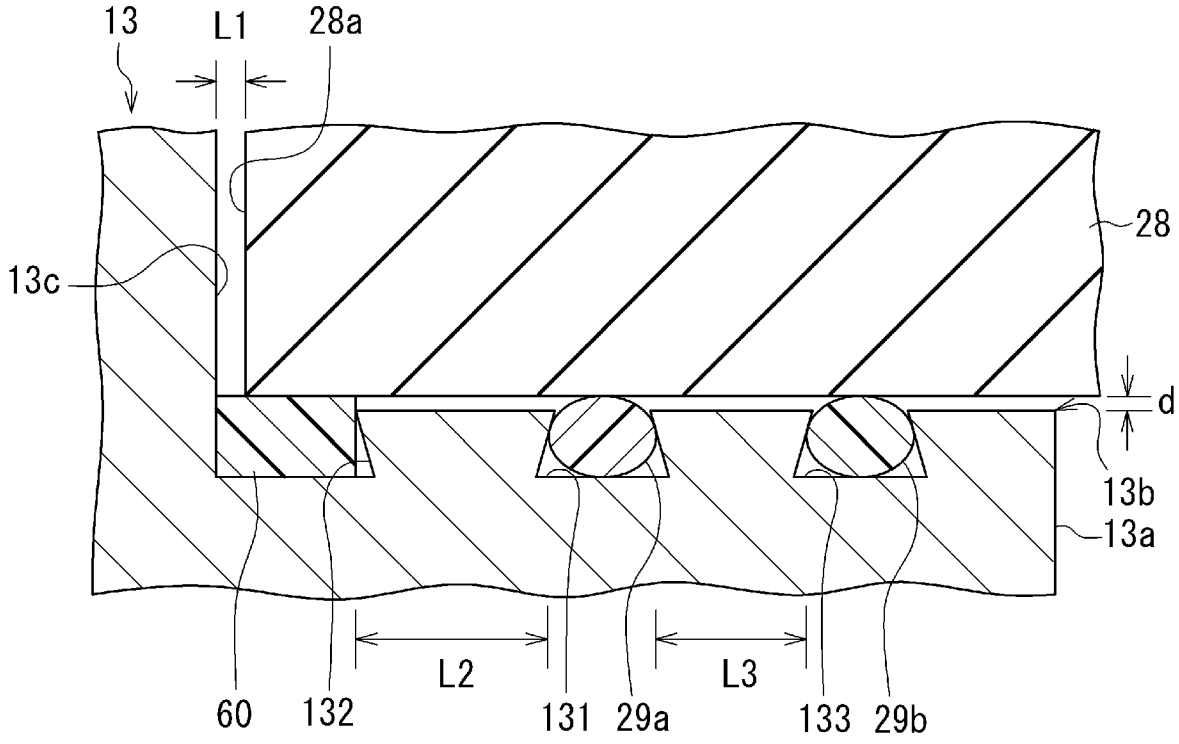
[図4]


13
L1
28a
28
13c
d
13b
13a
60
132
131
29a
L2

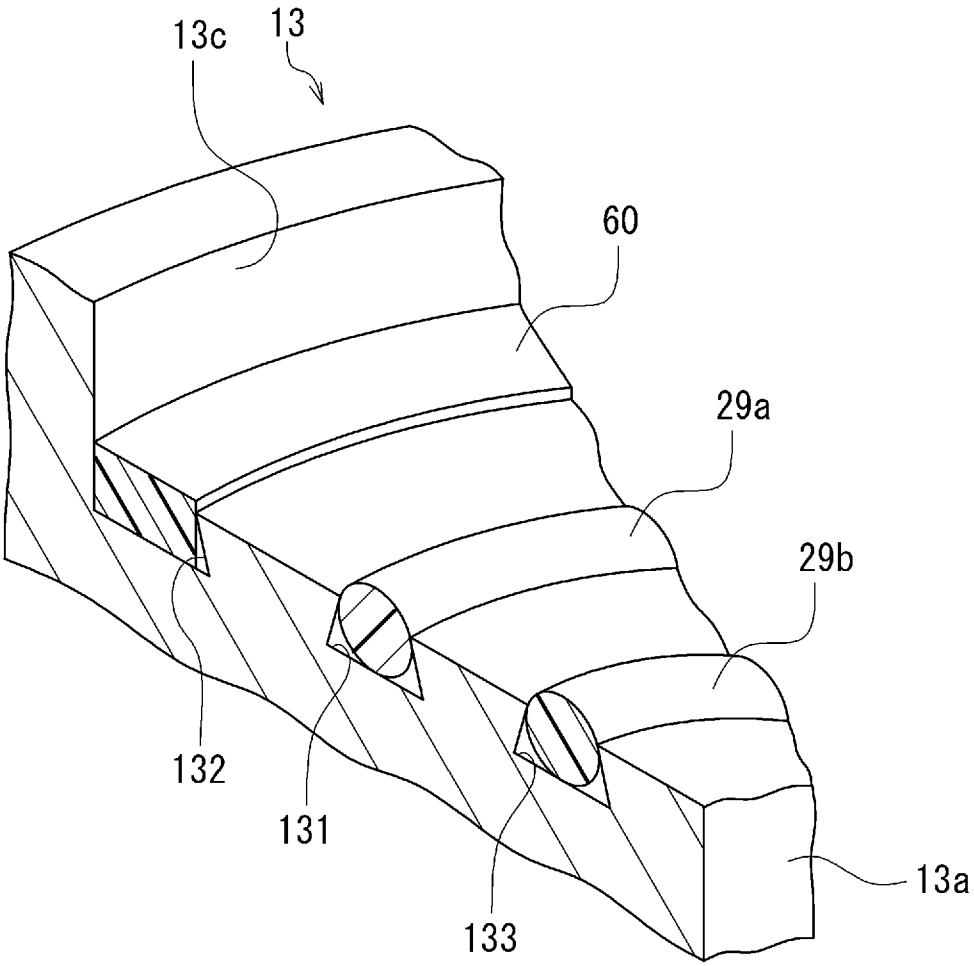
[図5]


13
13c
60
29a
132
131
13a

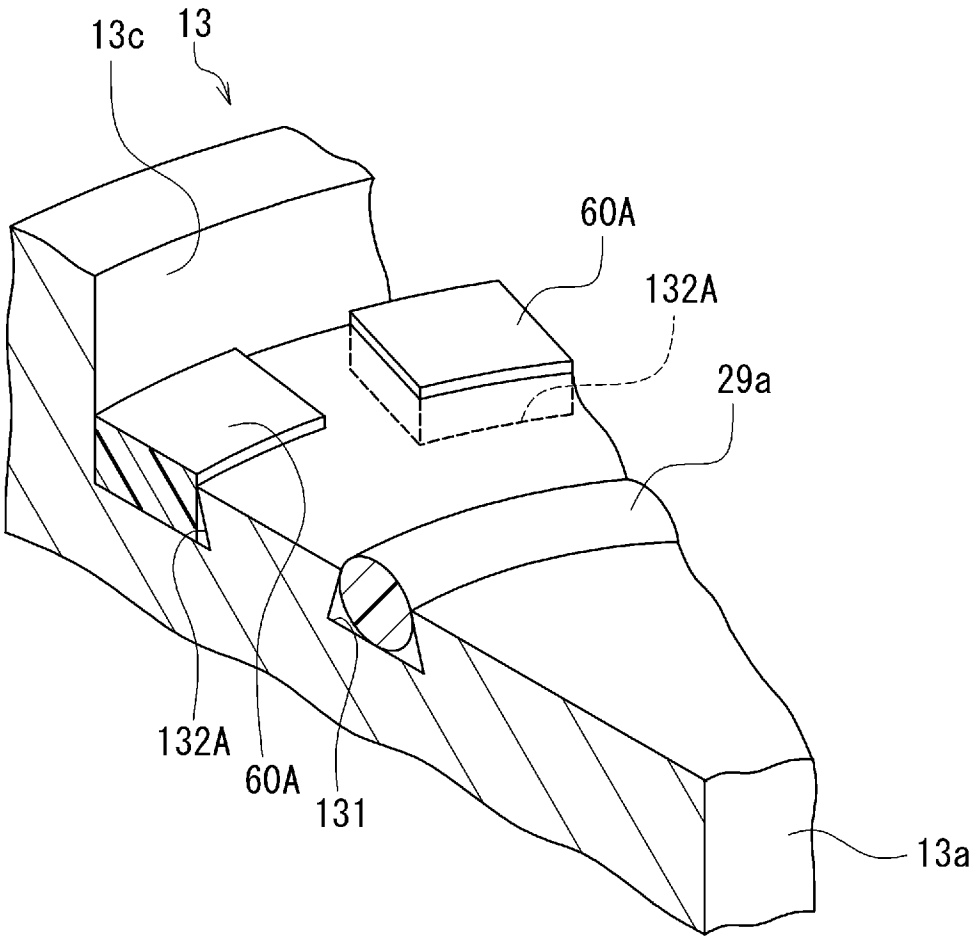
[図6]


13
L1
28a
28
13c
d
13b
13a
60
132
L2
131
29a
L3
133
29b

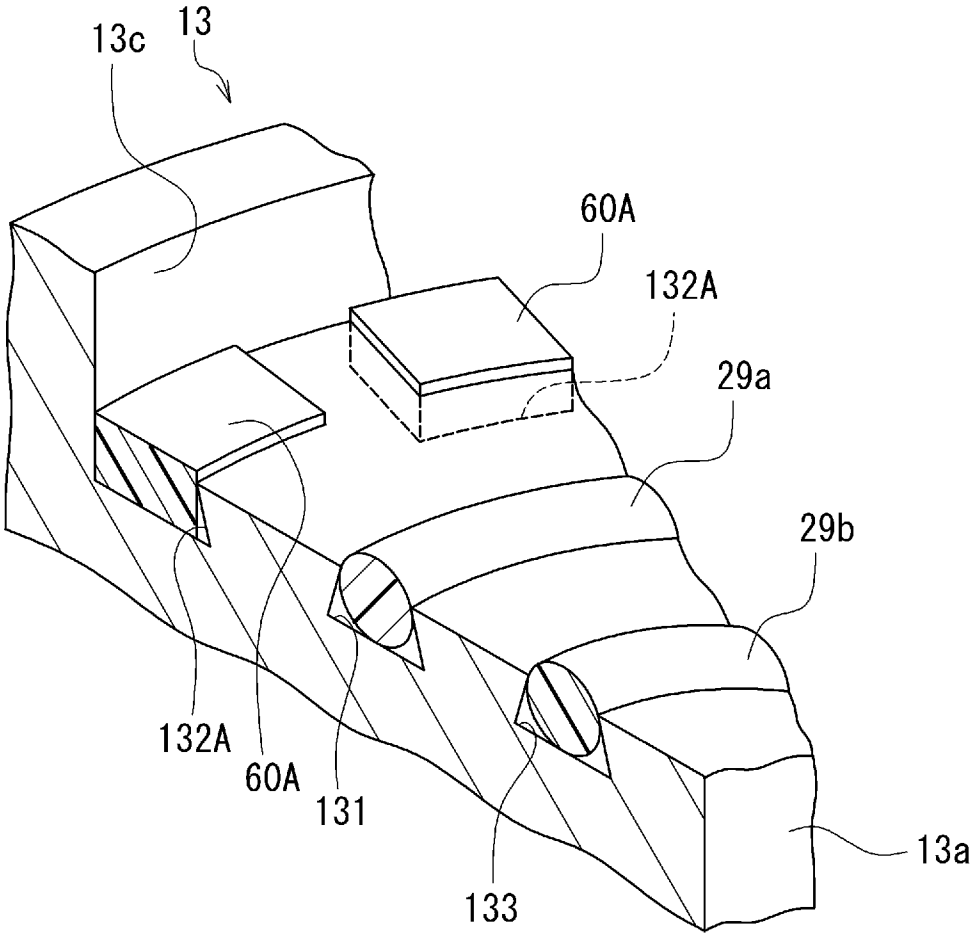
[図7]



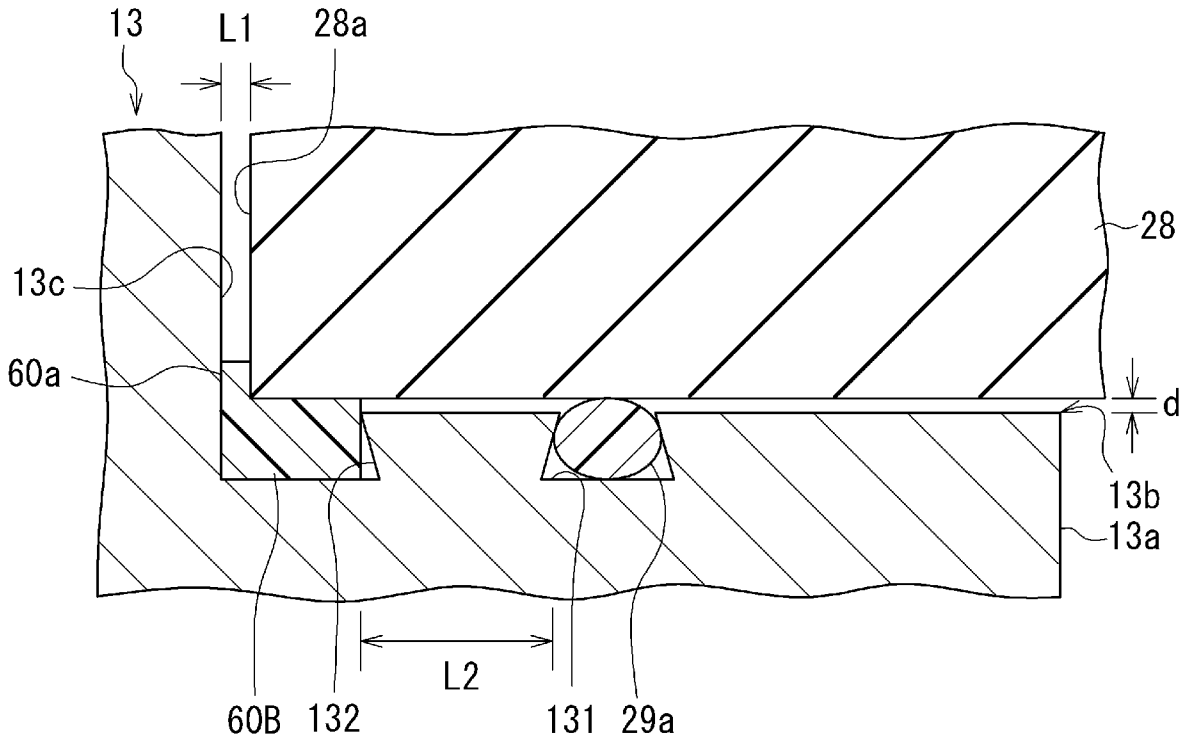
[図8]



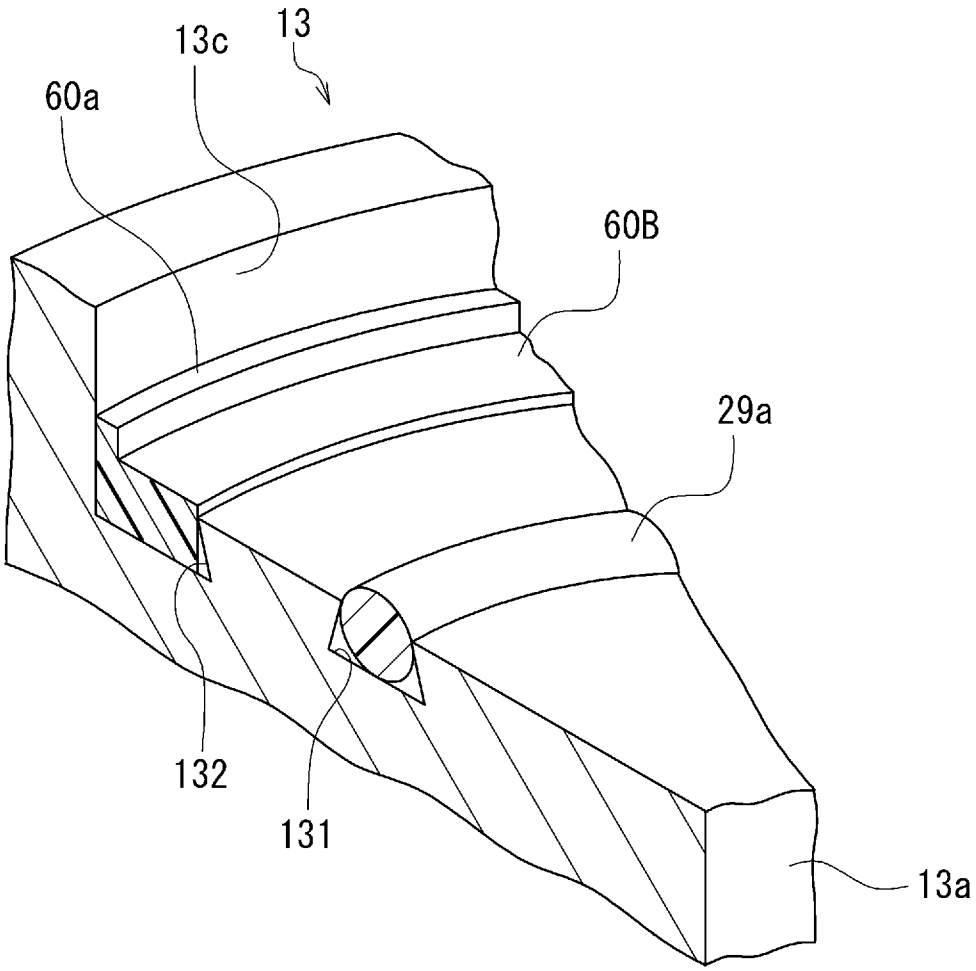
[図9]


13c
13
60A
132A
29a
29b
132A
60A
131
133
13a

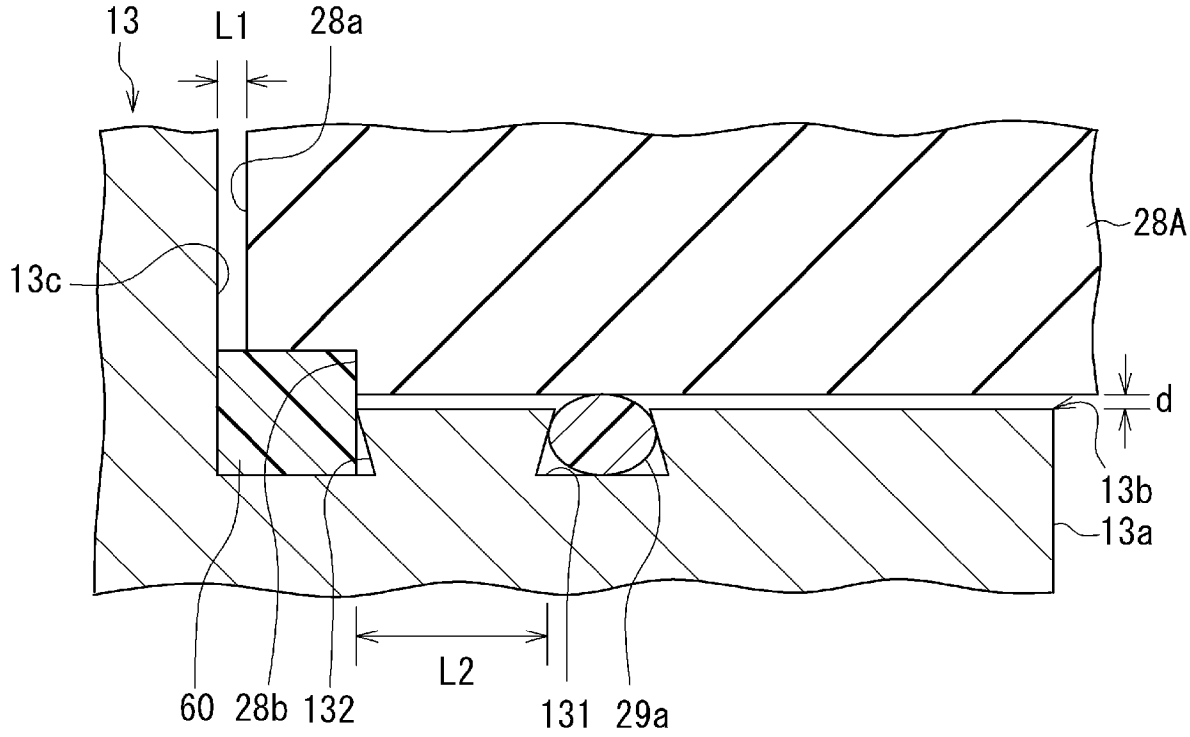
[図10]


13
L1
28a
28
13c
60a
d
13b
13a
L2
60B
132
131
29a

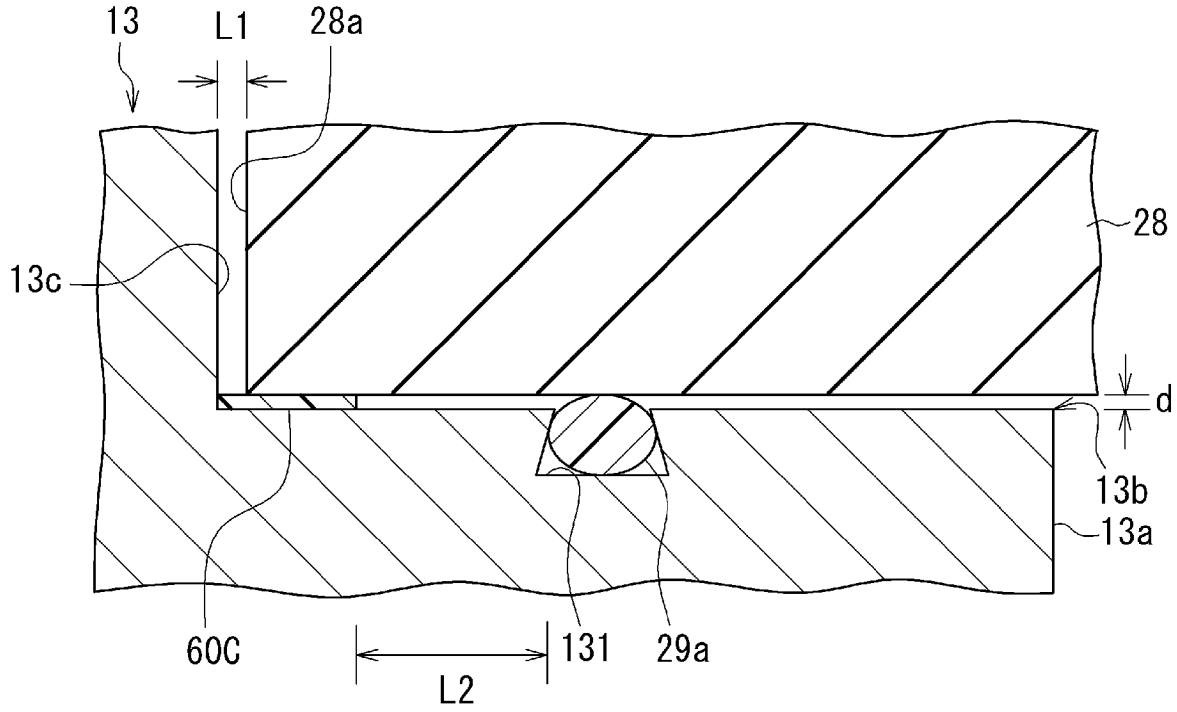
[図11]


13c
13
60a
60B
29a
132
131
13a

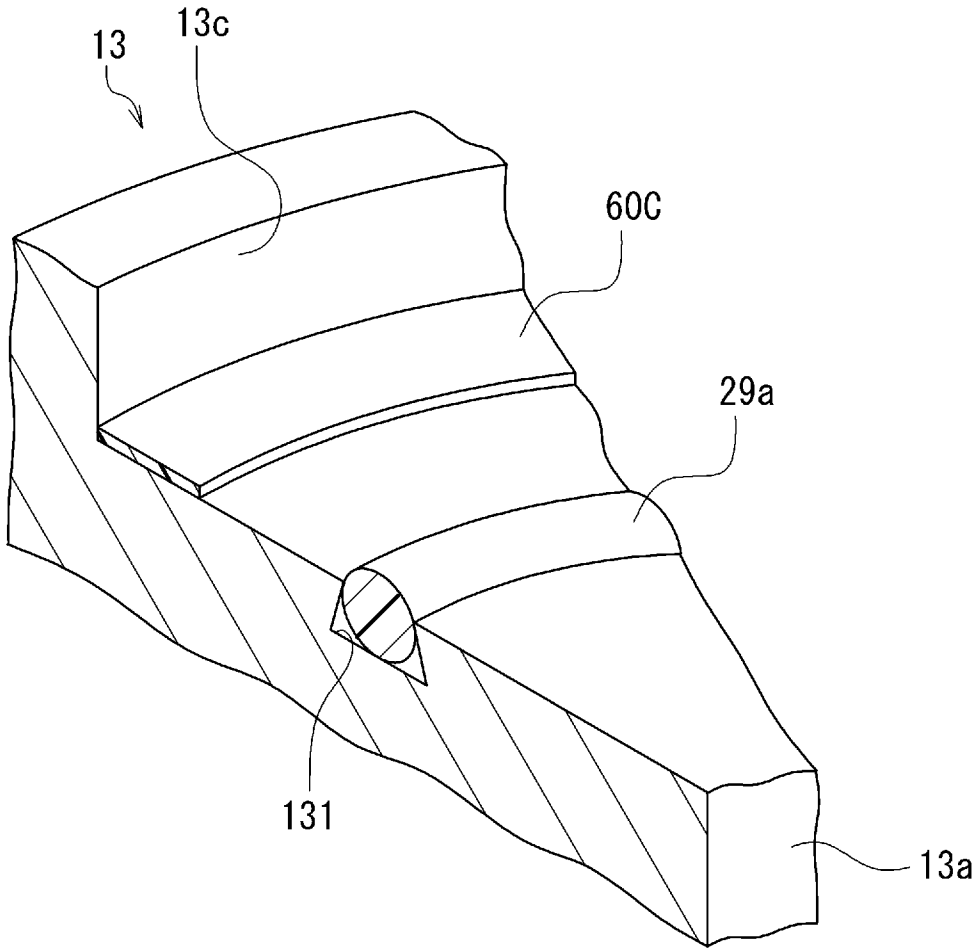
[図12]


13
L1
28a
28A
13c
d
13b
13a
L2
60
28b
132
131
29a

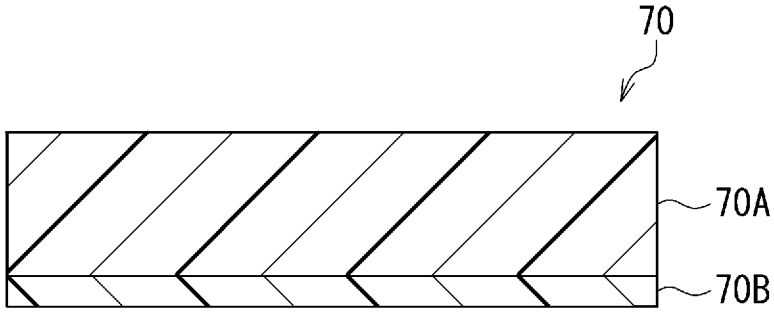
[図13]



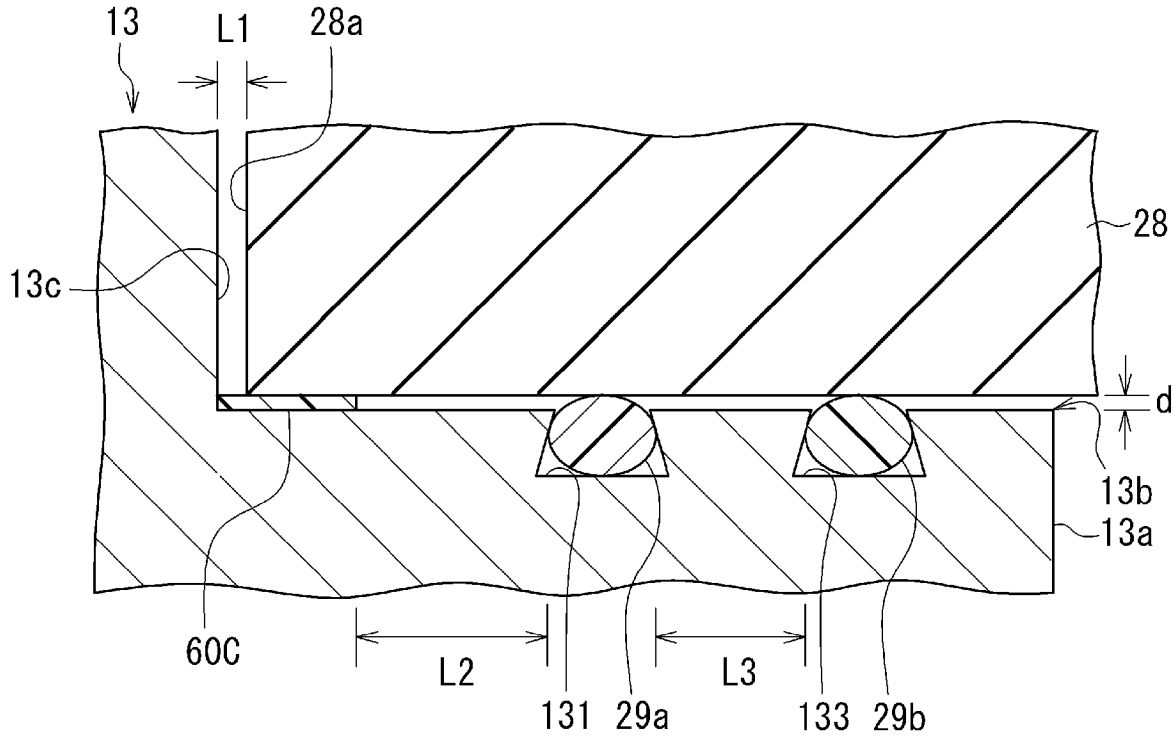
[図14]



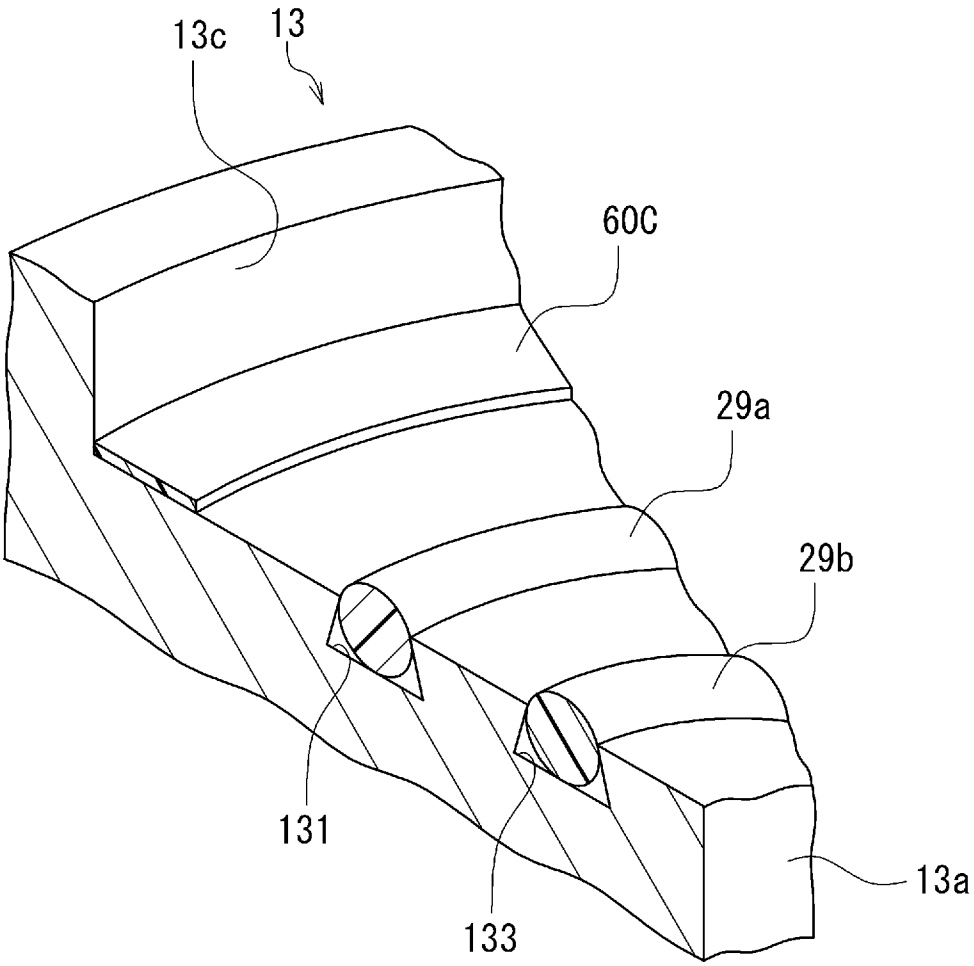
[図15]



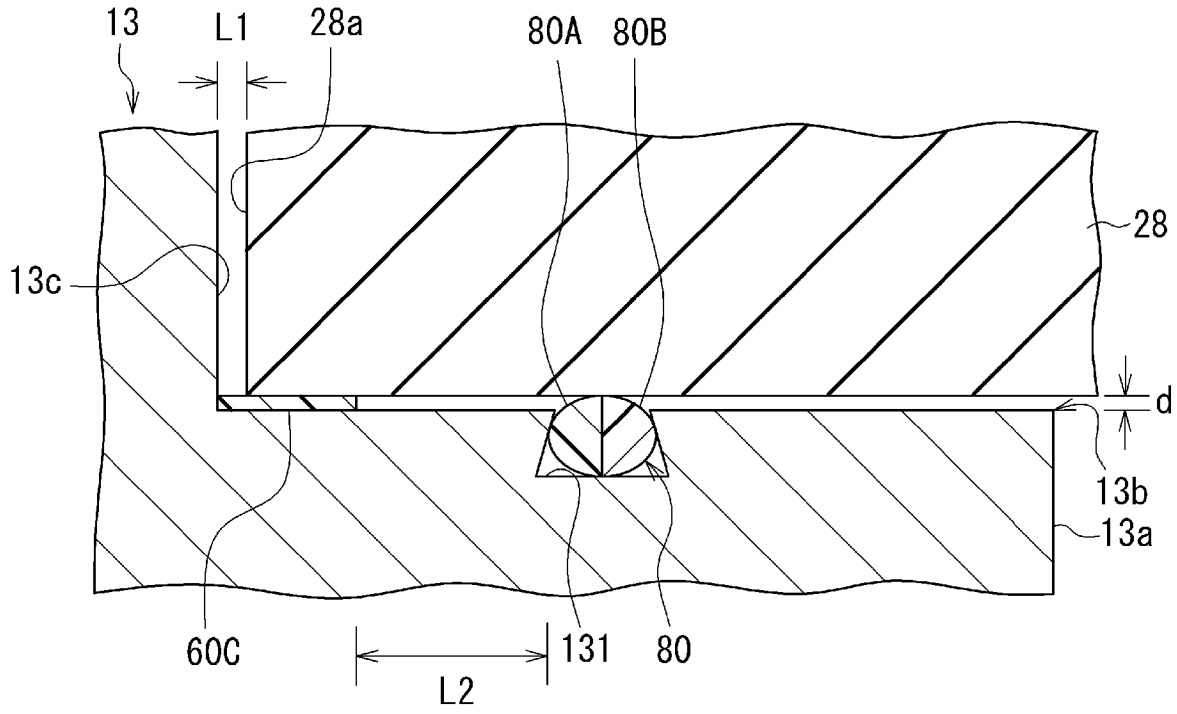
[図16]



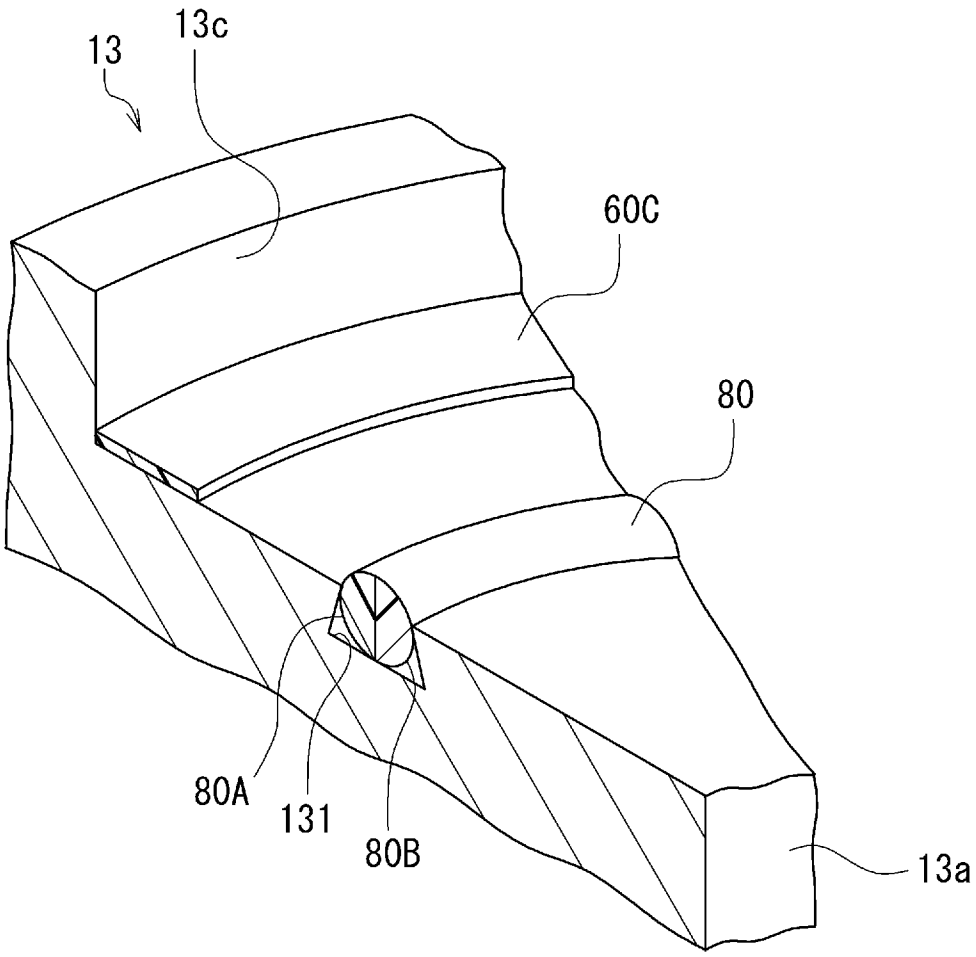
[図17]


13c
13
60C
29a
29b
131
133
13a

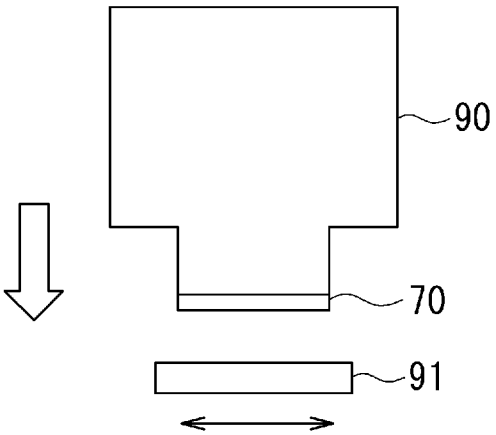
[図18]


13
L1
28a
80A
80B
28
13c
d
13b
13a
60C
131
80
L2

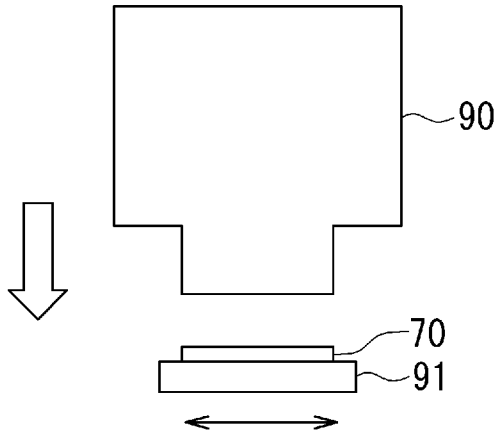
[図19]



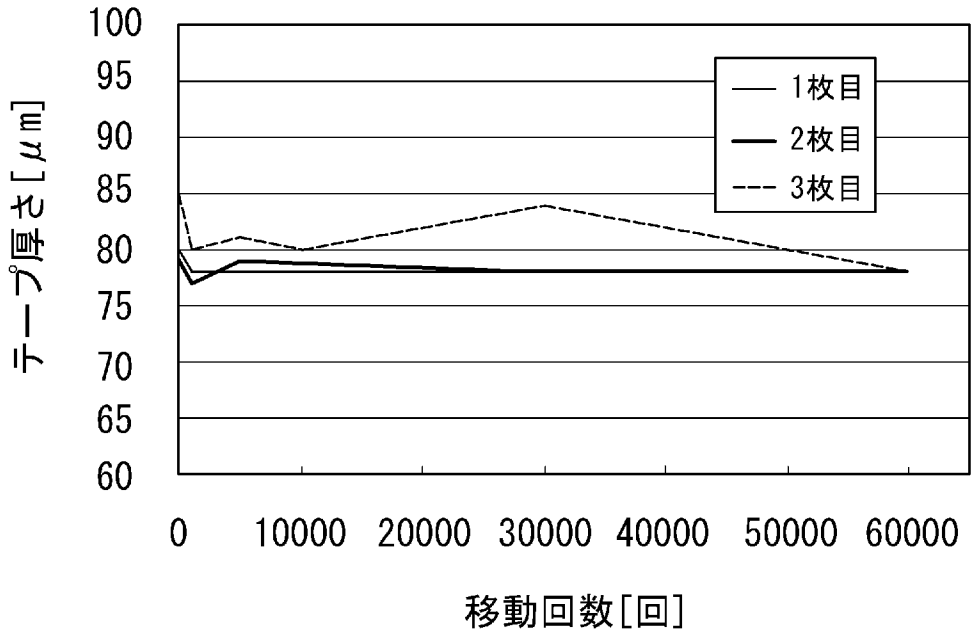
[図20A]



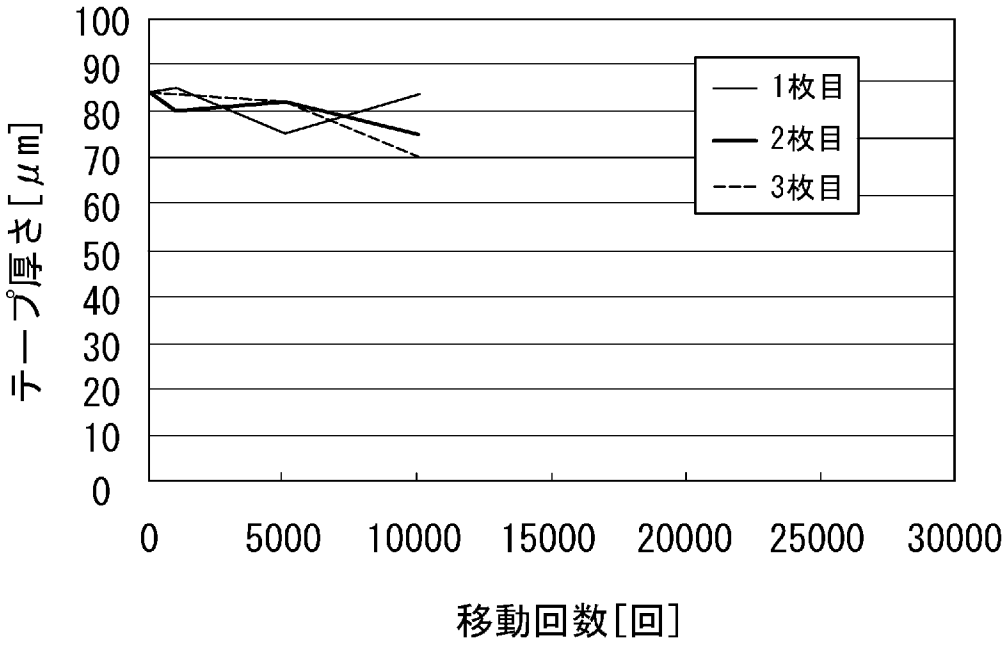
[図20B]


90
70
91

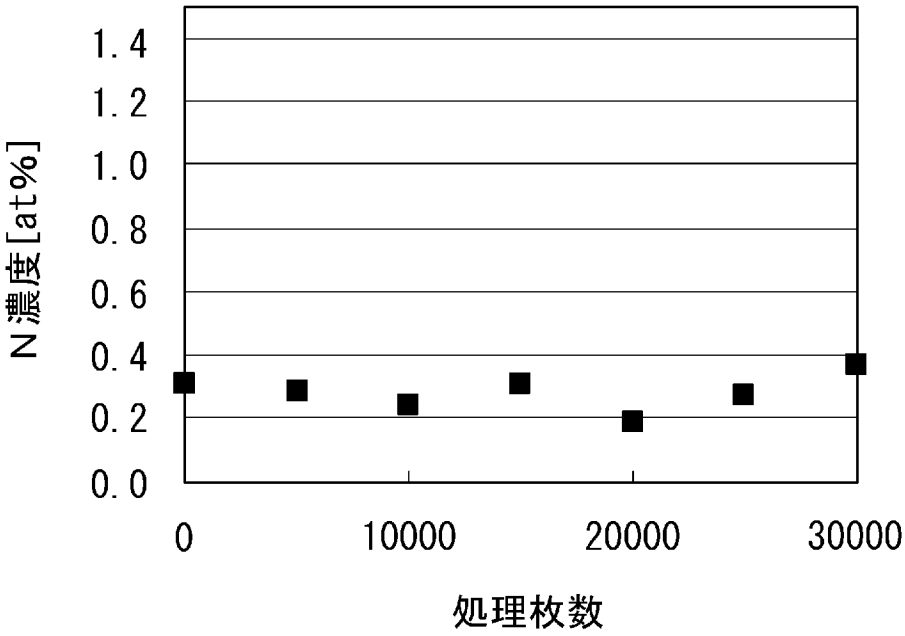
[図21]


100
95
90
85
80
75
70
65
60
テープ厚さ[μm]
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
移動回数[回]
1枚目
2枚目
3枚目

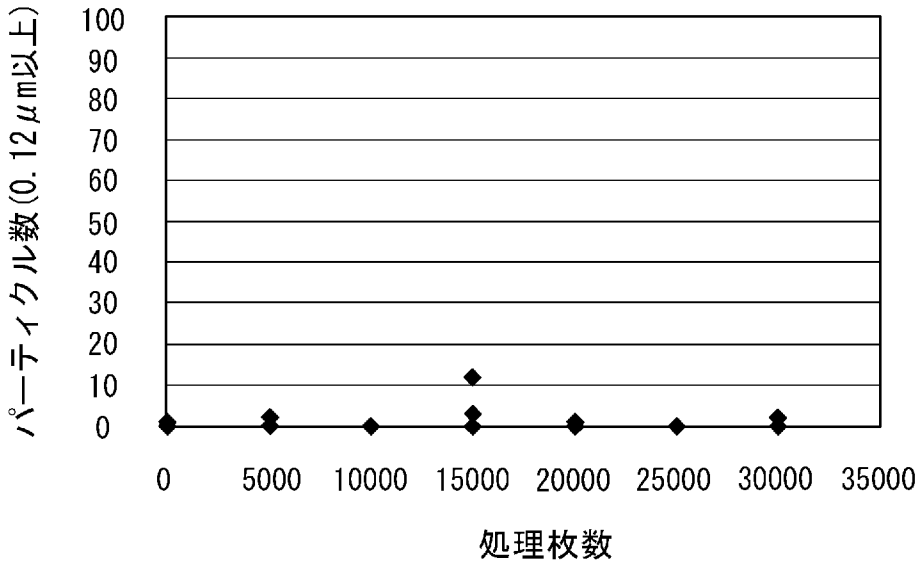
[図22]


100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
テープ厚さ[μm]
1枚目
2枚目
3枚目
0
5000
10000
15000
20000
25000
30000
移動回数[回]

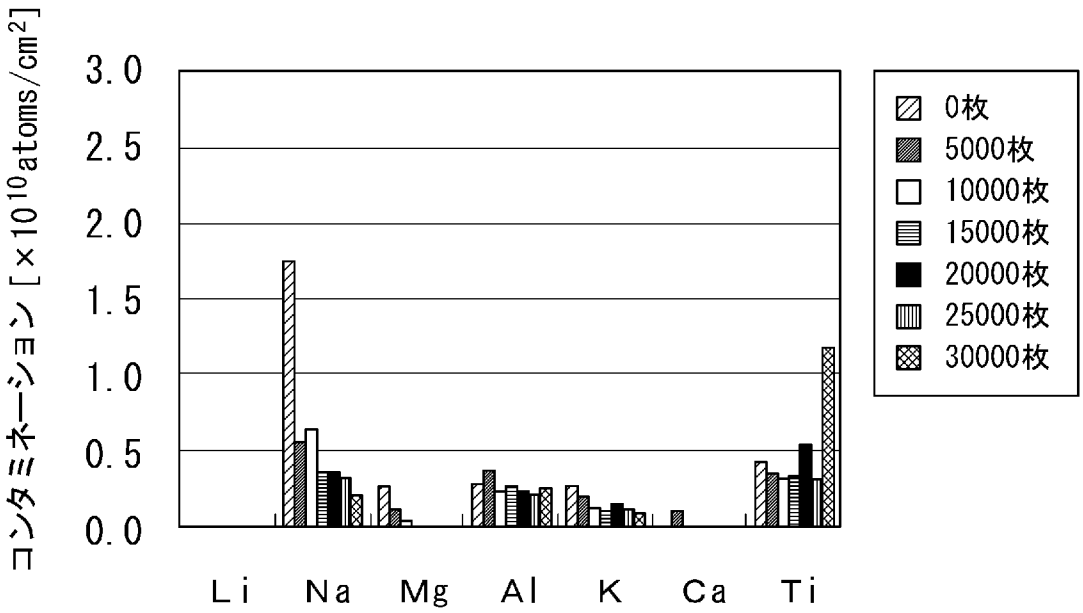
[図23]


1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
N濃度[at%]
0
10000
20000
30000
処理枚数

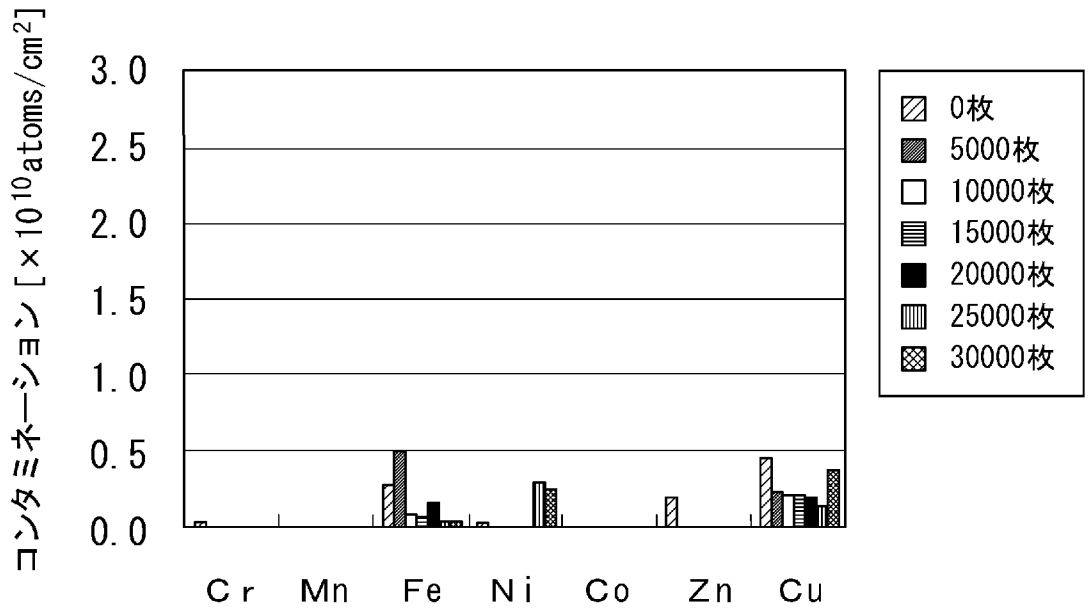
[図24]


パーティクル数(0.12μm以上)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
5000
10000
15000
20000
25000
30000
35000
処理枚数

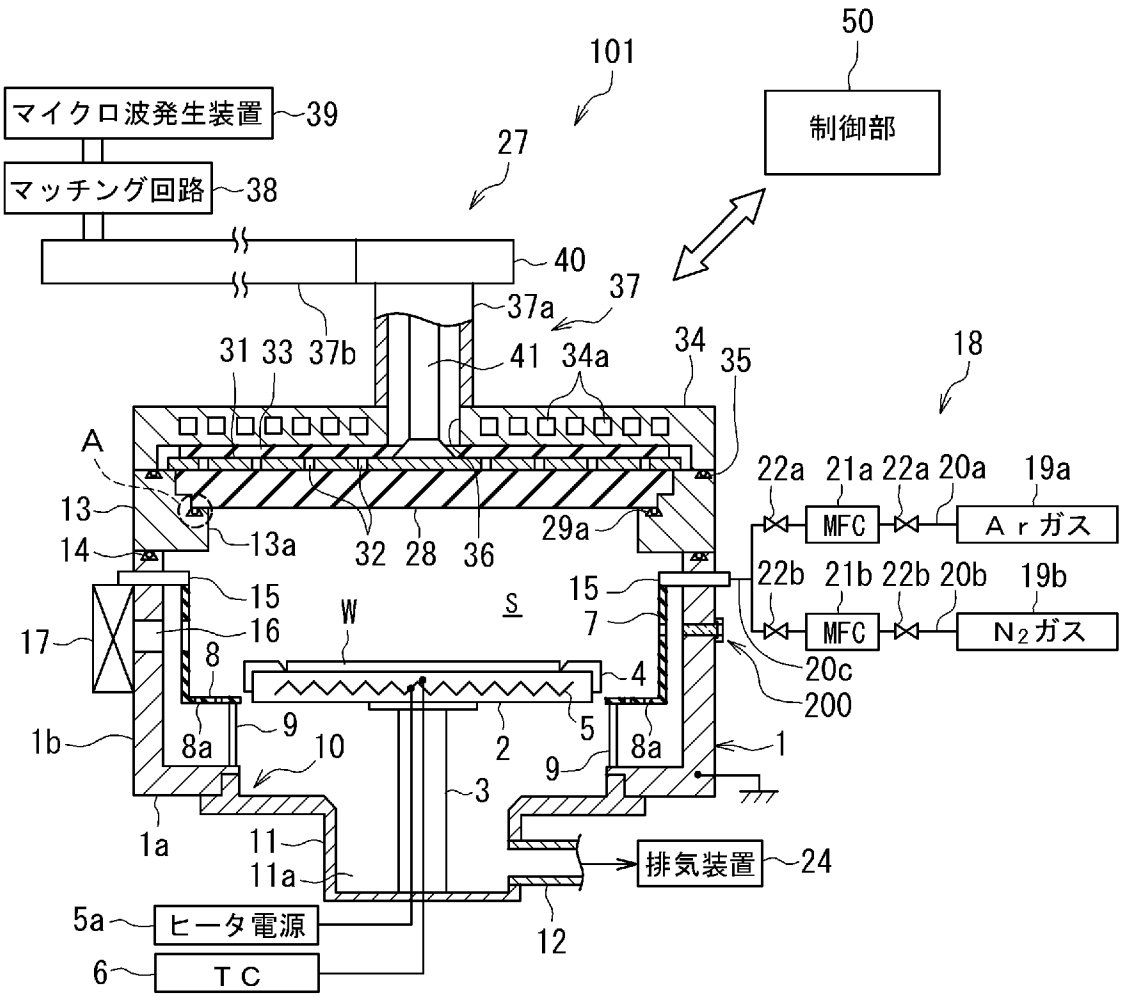
[図25]


コンタミネーション [×10^10atoms/cm^2]
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
Li
Na
Mg
Al
K
Ca
Ti
0枚
5000枚
10000枚
15000枚
20000枚
25000枚
30000枚

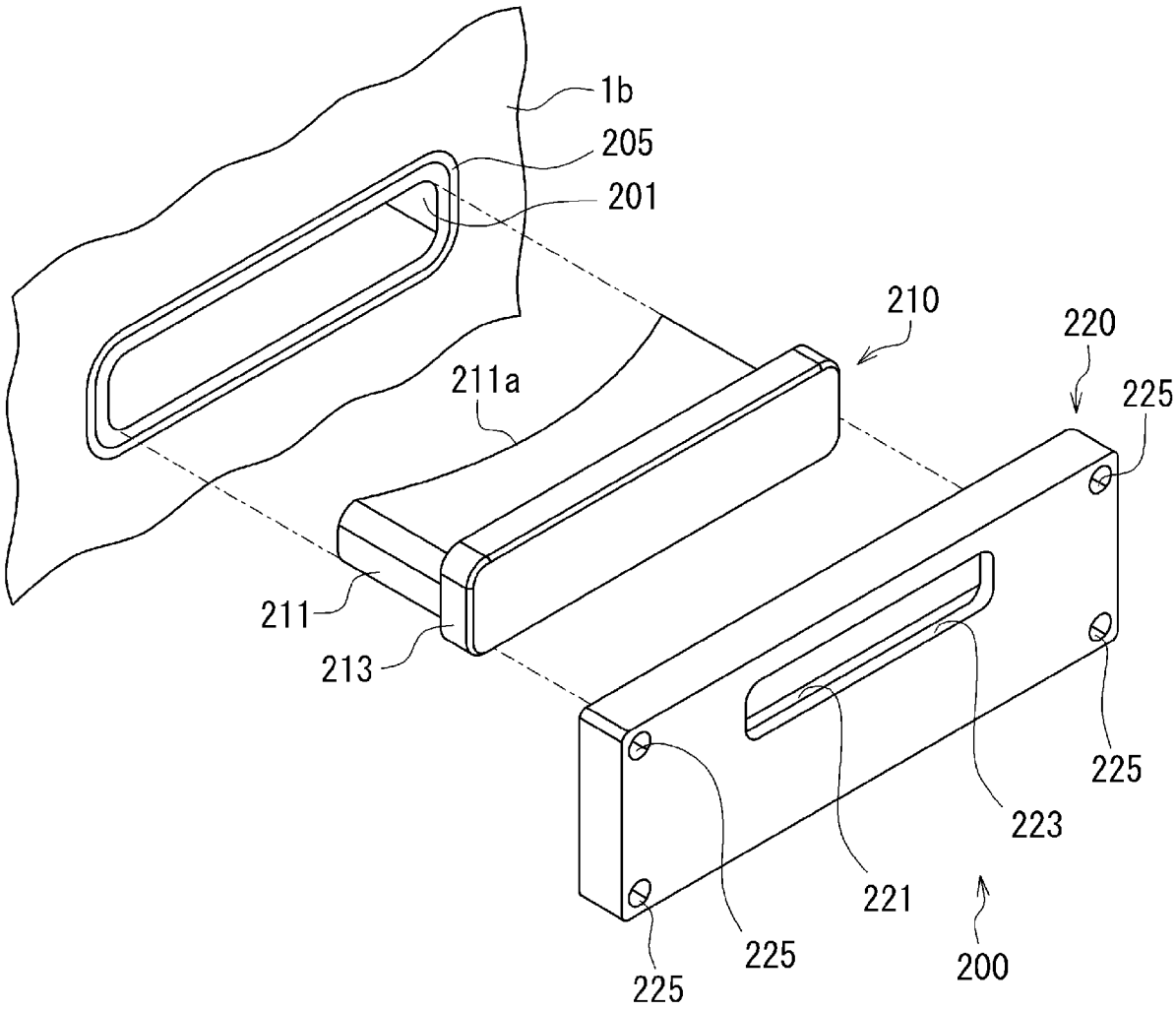
[図26]


コンタミネーション [×10^10atoms/cm^2]
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
Cr
Mn
Fe
Ni
Co
Zn
Cu
0枚
5000枚
10000枚
15000枚
20000枚
25000枚
30000枚

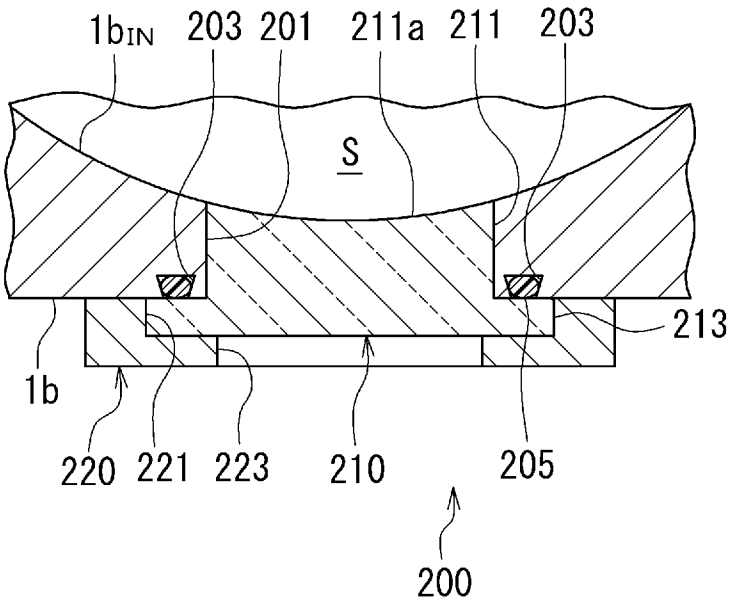
[図27]


50
101
制御部
マイクロ波発生装置
39
27
マッチング回路
38
40
37
37a
31
33
37b
41
34a
34
35
18
A
22a
21a
22a
20a
19a
13
29a
MFC
Arガス
14
13a
32
28
36
22b
21b
22b
20b
19b
15
15
W
S
7
MFC
N2ガス
17
16
20c
8
4
200
9
5
1b
8a
2
8a
1
10
9
3
1a
11
排気装置
24
11a
5a
ヒータ電源
12
6
TC

[図28]


1b
205
201
210
220
225
211a
211
213
225
223
221
225
225
200

[図29]


1b$_{IN}$
203
201
211a
211
203
S
213
1b
220
221
223
210
205
200

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/057957

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C23C16/44(2006.01)i, *C23C16/50*(2006.01)i, *H01L21/3065*(2006.01)i, *H01L21/31*(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)
C23C16/44-16/54, C23C14/52, H01L21/3065, H01L21/31, 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 Y	JP 2008-147420 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 26 June 2008 (26.06.2008), claim 1; paragraphs [0001], [0005], [0006], [0008], [0027] to [0037]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-20 21-23
Y	JP 62-214180 A (Hitachi Electronics Engineering Co., Ltd.), 19 September 1987 (19.09.1987), claims 1 to 5; page 3, lower left column, line 1 to lower right column, the last line; fig. 1(a), (b) (Family: none)	21-23

☐ 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	Date of mailing of the international search report
17 May, 2011 (17.05.11)	31 May, 2011 (31.05.11)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／０５７９５７

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, C23C16/50(2006.01)i, H01L21/3065(2006.01)i, H01L21/31(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.　C23C16/44-16/54, C23C14/52, H01L21/3065, H01L21/31, 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	１９７１－２０１１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１１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	JP 2008-147420 A（株式会社日立国際電気）2008.06.26, 請求項１，【０００１】，【０００５】，【０００６】，【０００８】，【００２７】－【００３７】，図１－３（ファミリーなし）	1-20 21-23
Y	JP 62-214180 A（日立電子エンジニアリング株式会社）1987.09.19, 請求項１－５，３頁左下欄１行－右下欄最下行，第１図（ａ），（ｂ）（ファミリーなし）	21-23

☐　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
１７．０５．２０１１	３１．０５．２０１１

国際調査機関の名称及びあて先
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

特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｇ　３４４３
末松　佳記
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４１６