(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
2013 年 6 月 27 日 (27.06.2013)

W 画P O ¦ P C T

(10) 国際公開番号
W O 2013/094716 A 1

(51) 国際特許分類：
H05H 1/46 (2006.01)　H01L 21/3065 (2006.01)
C23C 16/511 (2006.01)　H01L 21/31 (2006.01)
H01L 21/205 (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP20 12/083 181

(22) 国際出願日：　2012 年 12 月 17 日 (17. 12.2012)

(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 201 1-276965　201 1 年 12 月 19 日 (19. 12.201 1)　JP
特願 201 1-278436　201 1 年 12 月 20 日 (20. 12.201 1)　JP
特願 201 1-283 132 201 1 年 12 月 26 日 (26. 12.201 1)　JP

(71) 出願人：東京エレク_トロン株式会社 (Tokyo Elec - tron Limited) [JP/JP]; 〒 1076325 東¾都港区赤坂五丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者：辻　晃弘 (TSUJI Akihiro); 〒 3050841 茨城県つくば市御幸が丘 1 7 東京エレクトロン株¾会社内 Ibaraki (JP). 康　松潤 (KANG Song yun); 〒 1076325 東京都港区赤坂 5 — 3 — 1 赤坂 B i z タワー 東京エレクトロン株式会社内 Tokyo (JP)-

(74) 代理人：別役　重尚，外 (BECCHAKU Shigehisa et al); 〒 1050004 東京都港区新橋 5 丁目 2 2 番 1 0 号 松岡田村町ビル 7 階 Tokyo (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, BN, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

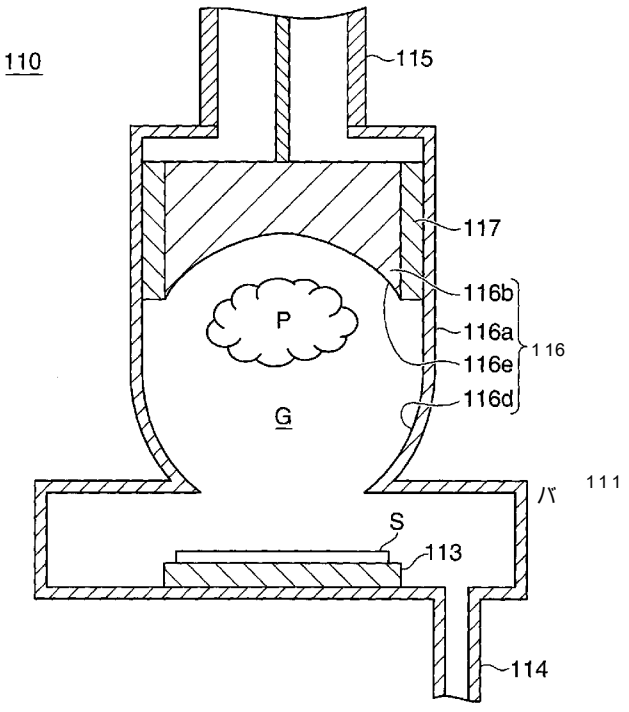
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) Title: PLASMA CREATION DEVICE AND PLASMA PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称：プラズマ生成装置及びプラズマ処理装置

図1



(57) ADStract: Provided is a plasma processing device in whicn it is possible to prevent damage to a dielectric window for introducing microwaves. The plasma processing device (110) is provided with a processing chamber (111) for hous - ing a substrate (S), and a plasma creation unit (112) arranged adjacent to the processing chamber (111). The plasma cre - ation unit (112) has: a waveguide (115) through which the microwaves propagate; a plasma creation chamber (116) con - nected to the waveguide (115); and a dielectric window (117) positioned between the waveguide (115) and the plasma cre - ation chamber (116), the dielectric window (117) introducing the microwaves propagating through the waveguide (115) to the interior of the plasma creation chamber (116). A plasma generation space (G), which is the interior space of the plasma creation chamber (116), has a spherical shape and communic - ates to the interior of the processing chamber (111).

(57) 要約：マイクロ波を導入するための誘電体窓が損傷するのを防止することができるプラズマ処理装置を提供する。プラズマ処理装置１１０は、基板Ｓを収容する処理チャンバ１１１と、該処理チャンバ１１１に隣接して配置されるプラズマ生成ユニット１１２とを備え、該プラズマ生成ユニット１１２は、マイクロ波を伝播させる導波管１１５と、該導波管１１５に接続されたプラズマ生成チャンバ１１６と、導波管１１５及びプラズマ生成チャンバ１１６の間に介在し、導波管１１５が伝播するマイクロ波をプラズマ生成チャンバ１１６の内部へ導入する誘電体窓１１７とを有し、プラズマ生成チャンバ１１６の内部空間であるプラズマ発生空間Ｇは球状を呈し、処理チャンバ１１１の内部と連通する。

WO 2013/094716 A1

(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] プラズマ生成装置及びプラズマ処理装置

[技術分野]

[0001]

本発明は、マイクロ波を用いてプラズマを生成するプラズマ生成装置及びプラズマ処理装置に関する。

[背景技術]

[0002]

従来、処理ガスからプラズマを生成し、該プラズマによって基板に処理を施す数々のプラズマ処理装置が用いられている。例えば、平行に配置された2つの平板状電極に高周波電力を供給することによって高周波電界を生じさせ、該電界によって加速された電子と処理ガスとが様々な反応を起こすことでプラズマを生成し、該プラズマによって基板へプラズマ処理を施す平行平板型のプラズマ処理装置が一般に用いられている。また、高周波ではなくマイクロ波を用いるプラズマ処理装置も用いられている。

[0003]

図31は、マイクロ波を用いるプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

[0004]

図31において、プラズマ処理装置450は、マイクロ波を導入するための開口部451を上部中心に有する真空チャンバ452と、該真空チャンバ452の内部に配置されて基板Sを載置する基板載置台453と、開口部451へマイクロ波を導入する導波管454と、該導波管454から真空チャンバ452の内部へマイクロ波を導入する誘電体窓455とを備える。

[0005]

このプラズマ処理装置450では、真空チャンバ452の内部へ導入された処理ガスからマイクロ波によってプラズマが生成され、該プラズマ中のラジカルに

よって基板載置台４５３上の基板Ｓにおいて、例えば、ダイヤモンドを成長させる（例えば、特許文献１参照）。

[先行技術文献]

[特許文献]

[０００６]

[特許文献１] 特開２００７—３１７９２号公報

[発明の概要]

[発明が解決しようとする課題]

[０００７]

真空チャンバ４５２の内部においてプラズマの電子密度が高まると、プラズマは誘電体窓４５５を透過したマイクロ波を遮断するようになる。これに加えて、高密度の不均一なプラズマ中では、電子プラズマ（角）周波数とマイクロ波周波数が一致する位置で、共鳴吸収が起こる。その結果、誘電体窓４５５の近傍において積極的にプラズマが生成される。比較的圧力の高い条件下でプラズマを生成すると処理ガスの温度が非常に高温となり、誘電体窓４５５を熱によって損傷させる場合があり、又、被処理体である基板Ｓ周辺に所望のプラズマを生成することができなくなる場合がある。

[０００８]

本発明の目的は、マイクロ波を導入するための誘電体窓が損傷するのを防止し、且つ基板周辺の所望の領域にプラズマを生成することができるプラズマ生成装置及びプラズマ処理装置を提供することにある。

[課題を解決するための手段]

[０００９]

上記目的を達成するために、本発明の第１の態様によれば、マイクロ波を伝播させる導波管と、該導波管に接続されたプラズマ生成室と、前記導波管及び前記プラズマ生成室の間に介在し、前記導波管が伝播する前記マイクロ波を前記プラズマ生成室の内部へ導入する誘電体窓とを備えることを特徴とするプラズマ生成

装置が提供される。

[００１０]

本発明の第１の態様において、前記プラズマ生成室は、球状（球状に近似する多面体形状や高次の関数によって表される曲面で形成される空間形状を含む。）を呈し、基板を収容する処理室に隣接して配置され、前記プラズマ生成室の内部は前記処理室の内部と連通することが好ましい。

[００１１]

本発明の第１の態様において、前記導波管は前記プラズマ生成室の中心軸に関して対称的に配置されることが好ましい。

[００１２]

本発明の第１の態様において、前記プラズマ生成室は、半球体状の湾曲表面と、該半球体状の湾曲表面とは所定の間隔を隔てて、同心状に対向配置された前記半球体状の径よりも径が大きい中空半球体状の内側湾曲面とによって挟まれた半球状湾曲空間部を備えていることが好ましい。

[００１３]

本発明の第１の態様において、前記プラズマ生成室は基板を収容する処理室に隣接して配置され、前記プラズマ生成室の内部は前記処理室の内部と連通していることが好ましい。

[００１４]

本発明の第１の態様において、前記導波管は前記プラズマ生成室の中心軸に関して対称的に配置されていることが好ましい。

[００１５]

上記目的を達成するために、本発明の第２の態様によれば、マイクロ波を伝播させる導波管と、該導波管に接続されるプラズマ生成室と、該プラズマ生成室内に配され、基板を載置する載置台と、前記導波管及び前記プラズマ生成室の間に介在し、前記導波管を伝播する前記マイクロ波を前記プラズマ生成室の内部へ導入する誘電体窓とを備え、前記プラズマ生成室は中心軸を有し、該中心軸に関し

て対称な形状を呈することを特徴とするプラズマ処理装置が提供される。

[００１６]

本発明の第２の態様において、前記プラズマ生成室は半球形状を呈することが好ましい。

[００１７]

本発明の第２の態様において、前記プラズマ生成室は前記載置台と対向する部分が切除されていることが好ましい。

[００１８]

本発明の第２の態様において、前記プラズマ生成室は円錐形状を呈することが好ましい。

[００１９]

本発明の第２の態様において、前記プラズマ生成室は前記載置台と対向する部分が切除されていることが好ましい。

[００２０]

本発明の第２の態様において、前記プラズマ生成室に前記載置台と対向する突起部材が配置されていることが好ましい。

[００２１]

本発明の第２の態様において、前記突起部材は前記プラズマ生成室の中心軸からオフセットして配置されていることが好ましい。

[００２２]

本発明の第２の態様において、前記突起部材は移動可能に構成されていることが好ましい。

[００２３]

上記目的を達成するために、本発明の第３の態様によれば、基板を収容する処理室と、該処理室に隣接して配置されるプラズマ生成装置とを備え、該プラズマ生成装置は、マイクロ波を伝播させる導波管と、該導波管に接続されたプラズマ生成室と、前記導波管及び前記プラズマ生成室の間に介在し、前記導波管が伝播

する前記マイクロ波を前記プラズマ生成室の内部へ導入する誘電体窓とを有し、前記プラズマ生成室の内部は前記処理室の内部と連通することを特徴とするプラズマ処理装置が提供される。

[0024]

本発明の第3の態様において、前記プラズマ生成室は、球状を呈していることが好ましい。

[0025]

本発明の第3の態様において、前記プラズマ生成室は、半球体状の湾曲表面と、該半球体状の湾曲表面とは所定の間隔を隔てて同心状に対向配置された前記半球体状の径よりも径が大きい中空半球体状の内側湾曲面とによって挟まれた半球状湾曲空間部を備えていることが好ましい。

[発明の効果]

[0026]

本発明によれば、マイクロ波が導入されるプラズマ生成室が球状を呈するので、プラズマ生成室内に存在する電磁波の境界条件となるプラズマ生成室の半径を適切に設定することにより、特定のモードの電磁波を励起できる。その結果、モードに応じた任意の領域において強電界領域を生じさせることができる。強電界領域は処理ガスからプラズマを生成する。したがって、誘電体窓から離れ且つ被処理体である基板周辺の所望の領域において強電界領域を生じさせることにより、プラズマを誘電体窓から離れた領域において生成することができ、もって、誘電体窓がプラズマによって損傷するのを防止することができるとともに、基板周辺の所望の領域にプラズマを生成することができる。

[0027]

また、本発明によれば、マイクロ波が導入されるプラズマ生成室が、半球体状の湾曲表面と、該半球体状の湾曲表面とは所定の間隔を隔てて、同心状に対向配置された半球体状の径よりも径が大きい中空半球体状の内側湾曲面とによって挟まれた半球状湾曲空間部を備えているので、電磁波の境界条件となる半球状湾曲

空間部の内径及び外径を適切に設定することで、特定のモードの電磁波を励起できる。その結果、モードに応じた任意の領域で強電界領域を生じさせることができる。強電界領域は処理ガスからプラズマを生成する。したがって、誘電体窓から離れ且つ被処理体である基板周辺の所望の領域において強電界領域を生じさせることにより、プラズマを誘電体窓から離れた領域で生成することができ、もって、誘電体窓がプラズマによって損傷するのを防止することができ、更に基板周辺の所望の領域にプラズマを生成することができる。

[0028]

また、本発明によれば、マイクロ波が導入されるプラズマ生成室が中心軸に関して対称な形状を呈するので、プラズマ生成室内に存在する電磁波の境界条件となるプラズマ生成室の形状、例えば、半球形状の内径を適切に設定することにより、特定のモードの電磁波を励起できる。その結果、モードに応じた任意の領域において強電界領域を生じさせることができる。強電界領域は処理ガスからプラズマを生成する。したがって、誘電体窓から離れ且つ被処理体である基板周辺の所望の領域において強電界領域を生じさせることにより、プラズマを誘電体窓から離れた領域において生成することができ、もって、誘電体窓がプラズマによって損傷するのを防止することができるとともに、基板周辺の所望の領域にプラズマを生成することができる。

[図面の簡単な説明]

[0029]

[図1] 本発明の第1の実施の形態に係るプラズマ生成装置を備えるプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

[図2A] 図1のプラズマ処理装置における局所的な断面図であり、導波管の断面形状を示す図である。

[図2B] 図1のプラズマ処理装置における局所的な断面図であり、円筒容器及び円柱部材の間に形成されるマイクロ波の導入路の断面形状を示す図である。

[図3A] 図1におけるプラズマ生成ユニットの第1の変形例の構成を概略的

に示す図である。

[図３Ｂ] 図１におけるプラズマ生成ユニットの第２の変形例の構成を概略的に示す図である。

[図３Ｃ] 図１におけるプラズマ生成ユニットの第３の変形例の構成を概略的に示す図である。

[図３Ｄ] 図１におけるプラズマ生成ユニットの第４の変形例の構成を概略的に示す図である。

[図４Ａ] 図１におけるプラズマ生成ユニットの変形例の構成を概略的に示す図であり、第５の変形例を示す図である。

[図４Ｂ] 図１におけるプラズマ生成ユニットの変形例の構成を概略的に示す図であり、第６の変形例を示す図である。

[図５Ａ] 図１におけるプラズマ発生空間の半径を変更した場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、プラズマ発生空間の半径が５．５ｃｍの場合を示す図である。

[図５Ｂ] 図１におけるプラズマ発生空間の半径を変更した場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、プラズマ発生空間の半径が８ｃｍの場合を示す図である。

[図６Ａ] 図１におけるプラズマ発生空間を処理チャンバの内部と連通させた場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、ステージを設けない場合を示す図である。

[図６Ｂ] 図１におけるプラズマ発生空間を処理チャンバの内部と連通させた場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、ステージから処理チャンバの上内面までの距離を２ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図６Ｃ] 図１におけるプラズマ発生空間を処理チャンバの内部と連通させた場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、ステージから処理チャンバの上内面までの距離を１．５ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図７] 本発明の第２の実施の形態に係るプラズマ生成装置を備えるプラズマ

処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

[図８Ａ] 図７のプラズマ処理装置における局所的な断面図であり、円筒状容器及び円柱状部材の間に形成される誘電体窓の断面形状を示す図である。

[図８Ｂ] 図７のプラズマ処理装置における局所的な断面図であり、導波管の断面形状を示す図である。

[図９Ａ] 図７におけるプラズマ処理装置の変形例の構成を概略的に示す図であり、第１の変形例を示す図である。

[図９Ｂ] 図７におけるプラズマ処理装置の変形例の構成を概略的に示す図であり、第２の変形例を示す図である。

[図９Ｃ] 図７におけるプラズマ処理装置の変形例の構成を概略的に示す図であり、第３の変形例を示す図である。

[図１０Ａ] 図７におけるプラズマ処理装置の別の変形例の構成を概略的に示す図であり、第４の変形例を示す図である。

[図１０Ｂ] 図７におけるプラズマ処理装置の別の変形例の構成を概略的に示す図であり、第５の変形例を示す図である。

[図１１] 本発明の第３の実施の形態に係る、プラズマ生成装置を備えるプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

[図１２Ａ] 図１１におけるプラズマ処理装置の変形例の構成を概略的に示す図であり、第１の変形例を示す図である。

[図１２Ｂ] 図１１におけるプラズマ処理装置の変形例の構成を概略的に示す図であり、第２の変形例を示す図である。

[図１２Ｃ] 図１１におけるプラズマ処理装置の変形例の構成を概略的に示す図であり、第３の変形例を示す図である。

[図１３] 図１１のプラズマ処理装置におけるプラズマ生成装置の構成を概念的に示す図であって、具体的実施例に供するプラズマ生成装置の基本的な構造を示す図である。

[図１４Ａ] 図１３におけるプラズマ発生空間の内側半径を変更した場合の電

界強度分布の計算結果を示す図であり、プラズマ発生空間の外側半径が１０ｃｍ、内側半径が４ｃｍの場合を示す図である。

[図１４Ｂ] 図１３におけるプラズマ発生空間の内側半径を変更した場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、プラズマ発生空間の外側半径が１０ｃｍ、内側半径が８ｃｍの場合を示す図である。

[図１５Ａ] プラズマ発生空間と処理チャンバとを一体化させた場合の電界強度分布の計算の結果を示す図であり、プラズマ発生空間と処理チャンバとを一体化させた図１１の場合を示す図である。

[図１５Ｂ] プラズマ発生空間と処理チャンバとを一体化させた場合の電界強度分布の計算の結果を示す図であり、図１１におけるステージに深さ２ｃｍの窪みを設け、当該窪み上に基板を配置した場合を示す図である。

[図１５Ｃ] プラズマ発生空間と処理チャンバとを一体化させた場合の電界強度分布の計算の結果を示す図であり、図１１におけるステージに深さ３ｃｍの窪みを設け、当該窪み上に基板を配置した場合を示す図である。

[図１６Ａ] プラズマ発生空間と処理チャンバとを連結させた場合の電界強度分布の計算の結果を示す図であり、プラズマ発生空間と処理チャンバとを連結させた図７の場合を示す図である。

[図１６Ｂ] プラズマ発生空間と処理チャンバとを連結させた場合の電界強度分布の計算の結果を示す図であり、図７において、チャンバの上端からステージの表面までの隙間を２．５ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図１６Ｃ] プラズマ発生空間と処理チャンバとを連結させた場合の電界強度分布の計算の結果を示す図であり、図７において、チャンバの上端からステージの表面までの隙間を１．５ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図１７] 本発明の第４の実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

[図１８Ａ] 図１７のプラズマ処理装置における局所的な断面図であり、処理チャンバ及びステージの間に形成されるマイクロ波の導入路の断面形状を示す図

である。

[図１８Ｂ] 図１７のプラズマ処理装置における局所的な断面図であり、導波管の断面形状を示す図である。

[図１９Ａ] 図１７におけるプラズマ処理装置の変形例の構成を概略的に示す図であり、第１の変形例を示す図である。

[図１９Ｂ] 図１７におけるプラズマ処理装置の変形例の構成を概略的に示す図であり、第２の変形例を示す図である。

[図２０Ａ] 図１７におけるプラズマ処理装置の変形例の構成を概略的に示す図であり、第３の変形例を示す図である。

[図２０Ｂ] 図１７におけるプラズマ処理装置の変形例の構成を概略的に示す図であり、第４の変形例を示す図である。

[図２０Ｃ] 図１７におけるプラズマ処理装置の変形例の構成を概略的に示す図であり、第５の変形例を示す図である。

[図２１] 図１７におけるプラズマ処理装置の第６の変形例の構成を概略的に示す図である。

[図２２] 本発明の第５の実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

[図２３] 図２２におけるプラズマ処理装置の第１の変形例の構成を概略的に示す図である。

[図２４Ａ] 図２２におけるプラズマ処理装置の変形例の構成を概略的に示す図であり、第２の変形例を示す図である。

[図２４Ｂ] 図２２におけるプラズマ処理装置の変形例の構成を概略的に示す図であり、第３の変形例を示す図である。

[図２５Ａ] 図１７におけるプラズマ処理装置の変形例の構成を概略的に示す図であり、第７の変形例を示す図である。

[図２５Ｂ] 図１７におけるプラズマ処理装置の変形例の構成を概略的に示す図であり、第８の変形例を示す図である。

[図２６Ａ] 図１９Ａのプラズマ処理装置においてリフトテーブルの基板載置面からの高さを変更した場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、リフトテーブルの基板載置面からの高さを０ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図２６Ｂ] 図１９Ａのプラズマ処理装置においてリフトテーブルの基板載置面からの高さを変更した場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、リフトテーブルの基板載置面からの高さを２ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図２６Ｃ] 図１９Ａのプラズマ処理装置においてリフトテーブルの基板載置面からの高さを変更した場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、リフトテーブルの基板載置面からの高さを３ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図２７Ａ] 図２０Ａのプラズマ処理装置におけるスタブの長さを変更した場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、スタブの長さを１ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図２７Ｂ] 図２０Ａのプラズマ処理装置におけるスタブの長さを変更した場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、スタブの長さを２ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図２７Ｃ] 図２０Ａのプラズマ処理装置におけるスタブの長さを変更した場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、スタブの長さを３ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図２８Ａ] 図２１のプラズマ処理装置において対向面と基板載置面との距離を変更した場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、対向面と基板載置面との距離を７ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図２８Ｂ] 図２１のプラズマ処理装置において対向面と基板載置面との距離を変更した場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、対向面と基板載置面との距離を６ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図２８Ｃ] 図２１のプラズマ処理装置において対向面と基板載置面との距離を変更した場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、対向面と基板載置面との距離を５ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図２９Ａ] 図２２のプラズマ処理装置において円錐形状内壁面の頂点とステージとの距離を変更した場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、円錐形状内壁面の頂点とステージとの距離を５ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図２９Ｂ] 図２２のプラズマ処理装置において円錐形状内壁面の頂点とステージとの距離を変更した場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、円錐形状内壁面の頂点とステージとの距離を７．５ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図２９Ｃ] 図２２のプラズマ処理装置において円錐形状内壁面の頂点とステージとの距離を変更した場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、円錐形状内壁面の頂点とステージとの距離を１０ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図３０Ａ] 図２３のプラズマ処理装置において対向面と基板載置面との距離を変更した場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、対向面と基板載置面との距離を７ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図３０Ｂ] 図２３のプラズマ処理装置において対向面と基板載置面との距離を変更した場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、対向面と基板載置面との距離を６ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図３０Ｃ] 図２３のプラズマ処理装置において対向面と基板載置面との距離を変更した場合の電界強度分布の計算結果を示す図であり、対向面と基板載置面との距離を５ｃｍに設定した場合を示す図である。

[図３１] マイクロ波を用いるプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

[発明を実施するための形態]

[００３０]

本発明者等は、上記目的を達成すべく鋭意研究を行った結果、プラズマ生成装置がマイクロ波を伝播させる導波管と、該導波管に接続された球状のプラズマ生成室と、導波管及びプラズマ生成室の間に介在し、導波管が伝播するマイクロ波をプラズマ生成室の内部へ導入する誘電体窓とを備えれば、プラズマ生成室の半径を適切に設定することで、特定のモードの電磁波を励起でき、該特定モードに

応じた任意の領域において強電界領域を生じさせることができ、もって、プラズマを誘電体窓から離し且つ被処理体である基板周辺の所望の領域において生成することができ、その結果、誘電体窓がプラズマによって損傷するのを防止することができるとともに、基板周辺の所望の領域にプラズマを生成することができることを見出した。

[００３１]

本発明は、上記研究の結果に基づいてなされたものである。

[００３２]

以下、本発明の第１の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

[００３３]

図１は、第１の本実施の形態に係るプラズマ生成装置を備えるプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

[００３４]

図１において、プラズマ処理装置１１０は、基板Ｓにプラズマ処理を施す処理チャンバ１１１（処理室）と、該処理チャンバ１１１に隣接して配置されるプラズマ生成ユニット１１２（プラズマ生成装置）とを備える。

[００３５]

処理チャンバ１１１は、基板Ｓを載置するステージ１１３を内部に有し、排気管１１４が連結される。排気管１１４は真空ポンプや圧力制御バルブ（ともに図示しない）に接続され、真空ポンプや圧力制御バルブは処理チャンバ１１１の内部の圧力を制御する。ステージ１１３は内部にヒータや冷却機構（ともに図示しない）を有し、載置された基板Ｓを適切な温度に保つ。

[００３６]

プラズマ生成ユニット１１２は、マイクロ波ジェネレータ（図示しない）が発生させるマイクロ波を伝播させる導波管１１５と、該導波管１１５に接続されたプラズマ生成チャンバ１１６（プラズマ生成室）と、導波管１１５及びプラズマ生成チャンバ１１６の間に介在する誘電体窓１１７とを有する。

[００３７]

導波管１１５は、同軸管 (図２Ａ参照)、若しくは円形導波管からなり、円形導波管の場合、諸寸法が所定の周波数のマイクロ波、例えば、２．４５ＧＨｚのマイクロ波を最低次のモードにおいて伝播できるように設定されている。

[００３８]

プラズマ生成チャンバ１１６は図中における下端が半球状に形成された円筒容器１１６ａと、図中における下端が半球状の凹部１１６ｅに形成された円柱部材１１６ｂとを有する。円柱部材１１６ｂは円筒容器１１６ａの内部に同軸に収容され、円柱部材１１６ｂの下端の凹部１１６ｅと、円筒容器１１６ａの下端の内壁面１１６ｄとは、球状のプラズマ発生空間Ｇ (プラズマ生成室の内部)を形成する。また、円筒容器１１６ａの内側面、及び円柱部材１１６ｂの側面の間、並びに、円筒容器１１６ａの上端の内壁面、及び円柱部材１１６ｂの上端の間の隙間には、誘電体窓１１７が配される (例えば、図２Ｂ参照)。

[００３９]

プラズマ生成チャンバ１１６では、プラズマ発生空間Ｇへ図示しない処理ガス導入口から処理ガスが導入される。また、円筒容器１１６ａの下端の一部が、開放されてプラズマ発生空間Ｇと処理チャンバ１１１の内部とが連通する。さらに、円筒容器１１６ａの上面中心には導波管１１５が接続される。すなわち、導波管１１５は円筒容器１１６ａの中心軸上に配置される。

[００４０]

プラズマ生成ユニット１１２では、導波管１１５を伝播するマイクロ波が誘電体窓１１７によってプラズマ発生空間Ｇへ導入される。ここで、誘電体窓１１７はプラズマ発生空間Ｇの外周に沿って該プラズマ発生空間Ｇに面する、すなわち、プラズマ発生空間Ｇの中心軸に関して対称的に該プラズマ発生空間Ｇに面するので、マイクロ波はプラズマ発生空間Ｇの中心軸に関して対称的に導入される。

[００４１]

また、プラズマ発生空間Ｇは球状を呈するので、その半径を適切に設定するこ

とによって特定のモードの電磁波を励起でき、結果として空間中の任意の領域、例えば、プラズマ発生空間Ｇの中心の上方において、強電界領域を形成できる。当該強電界領域では、マイクロ波からプラズマ中の電子へのエネルギー移行量が大きいために電子温度が高くなり、十分なエネルギーを持つ電子が処理ガス中の原子や分子と衝突を繰り返すことで高密度のプラズマが局所的に生成される。すなわち、強電界領域では他の領域よりもプラズマの生成が積極的に起こるため、強電界が生じた領域では密度の高いプラズマＰが生じる。換言すれば、本実施の形態では磁界等を利用することなく、マイクロ波の導入のみによって、処理ガスからプラズマＰを任意の領域において生じさせる。

[００４２]

ここで、プラズマ生成チャンバ１１６のプラズマ発生空間Ｇと処理チャンバ１１１の内部は連通するため、プラズマ発生空間Ｇにおいて生じたプラズマＰの一部は処理チャンバ１１１のステージ１１３に載置された基板Ｓに到達し、該基板Ｓにプラズマ処理を施す。例えば、プラズマ処理装置１１０では、処理ガスとして、水素ガス、炭素含有ガス、例えば、メタンガス、プロパンガスやアセチレンガス、及び不純物含有ガス、例えば、ホスフィンガスやジボランガスを含む混合ガスを用いる。例えば、プラズマ処理装置１１０では、プラズマ発生空間Ｇや処理チャンバ１１１の内部の圧力を１０～２００Ｔｏｒｒに維持する。例えば、プラズマ処理装置１１０では、基板Ｓをステージ１３によって７００～１２００℃に加熱することにより、処理ガスから生じたプラズマＰ中のラジカルによって基板Ｓ上でダイヤモンドを成長させる。

[００４３]

図１のプラズマ処理装置１１０によれば、マイクロ波が導入されるプラズマ生成チャンバ１１６のプラズマ発生空間Ｇが球状を呈するので、その半径を適切に設定することによって特定のモードの電磁波を励起できる。該特定のモードに応じた任意の領域において強電界領域を生じさせることができ、もって、プラズマＰを誘電体窓１１７から離れた領域において生成することができる。その結果、

誘電体窓１１７がプラズマＰによって損傷するのを防止することができる。

[００４４]

プラズマ処理装置１１０では、マイクロ波がプラズマ発生空間Ｇの中心軸に関して対称的に導入される。よって、特定のモードの電磁波を、励起するために必要な半径の設定、及び強電界領域が生じる領域の予測が容易となり、もって、生成されるプラズマＰの領域を容易に制御することができる。

[００４５]

本実施の形態において、プラズマ処理装置１１０のプラズマ発生空間Ｇによって、モードに応じた強電界領域が任意の領域において生じる。その主要因は、マイクロ波の境界条件となる、円筒容器１１６ａの下端の内壁面１１６ｄや、円柱部材１１６ｂの下端の凹部１１６ｅが半球状を呈し、その半径を調整することによって励起される電磁波のモードを特定できることにあると考えられる。したがって、プラズマ発生空間Ｇさえ球状を呈していればよい。プラズマ発生空間Ｇに対するマイクロ波の導入形態が、例えば、マイクロ波がプラズマ発生空間Ｇの中心軸に関して対称的に導入されていなくとも、プラズマ発生空間Ｇの任意の領域において、概ね局所的な強電界領域を生じさせることができる。

[００４６]

以上の理由から、導波管１１５の配置には自由度があり、図１のプラズマ処理装置１１０のように、導波管１１５を円筒容器１１６ａの中心軸上に配置する必要はない。例えば、１つの導波管１１５は、図３Ａに示すように、円筒容器１１６ａの中心軸からオフセットして配置してもよく、また、図３Ｂに示すように、複数の、例えば、２つの導波管１１５を円筒容器１１６ａの中心軸からオフセットして配置してもよい。

[００４７]

さらに、マイクロ波は、必ずしも誘電体窓１１７を経てプラズマ発生空間Ｇへ導入する必要もない。例えば、図３Ｃに示すように、プラズマ生成ユニット１１２が、球状のプラズマ生成チャンバ１１８と、該プラズマ生成チャンバ１１８の

中心を指向するようにプラズマ生成チャンバ１１８へ取り付けられた複数の、例えば、２つの導波管１１５ａを備えてもよい。または、図３Ｄに示すように、プラズマ生成ユニット１１２が、球状のプラズマ生成チャンバ１１８と、該プラズマ生成チャンバ１１８の中心を指向するようにプラズマ生成チャンバ１１８へ取り付けられた１つの導波管１１５ａを備えてもよい。図３Ｃや図３Ｄに示すプラズマ生成ユニット１１２においても、プラズマ生成チャンバ１１８が球状を呈するため、プラズマ生成チャンバ１１８の、内部の任意の領域において概ね局所的な強電界領域を生じさせることができる。

[００４８]

また、複数の導波管１１５，１１５ａを備える図３Ｂや図３Ｃのプラズマ生成ユニット１１２は、各導波管１１５，１１５ａを円筒容器１１６ａの中心軸やプラズマ生成チャンバ１１８の中心軸に関して対称的に配置するのが好ましい。これにより、結果的にプラズマ発生空間Ｇやプラズマ生成チャンバ１１８の内部へ各中心軸に関して対称的にマイクロ波を導入することができ、プラズマＰの生成領域を容易に制御することができる。

[００４９]

また、図４Ａに示すように、プラズマ処理装置１１０は、処理チャンバ１１１内のステージ１１３を、図中上下方向に移動可能に構成してもよい。これにより、プラズマＰと基板Ｓとの距離を制御することができ、もって、プラズマＰを利用した成膜時には、基板Ｓにおける成膜速度や膜の厚さ分布を制御することができる。また、プラズマＰを利用したエッチング時には、基板Ｓにおけるエッチングレートや該エッチングレートの分布を制御することができる。

[００５０]

さらに、図４Ｂに示すように、円筒容器１１６ａを図中下方へ延伸してプラズマ発生空間Ｇを球状ではなく、円筒状空間と該円筒状空間の上下にそれぞれ位置する半球状の空間によって構成してもよい。この場合であっても、円筒容器１１６ａの下端の内壁面１１６ｄや、円柱部材１１６ｂの下端の凹部１１６ｅが半球

状を呈するため、これらの半径や円筒状空間の高さを適切に設定することによつて特定の領域に強電界領域を生じさせることができる。その結果、プラズマ発生空間Ｇにおいて任意の領域において局所的な強電界領域を生じさせることができる。

[００５１]

以上、本発明について、上記実施の形態を用いて説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではない。

[００５２]

上記実施の形態では、プラズマ発生空間Ｇが球状であつたが、該プラズマ発生空間Ｇは球状に近似する多面体形状や、高次の関数で表される曲面で形成される空間形状によつて構成されてもよい。

[実施例]

[００５３]

次に、本発明の実施例について説明する。

[００５４]

まず、プラズマ発生空間Ｇの形状の違いの局所的な強電界領域の発生形態への影響を検討するために、図１のプラズマ生成ユニット１１２を想定して実施例１及び実施例２の２次元モデルを作成し、実施例１ではプラズマ発生空間Ｇの半径を５．５ｃｍに設定し、実施例２ではプラズマ発生空間Ｇの半径を８ｃｍに設定した。

[００５５]

次いで、プラズマ発生空間Ｇ内に$\omega > \omega_{pe}$を満たす$n_e = 10^{16} m^{-3}$の分布が一様な低密度のプラズマが既に存在し（ωはマイクロ波（角）周波数、ω_{pe}は電子プラズマ（角）周波数、n_eは電子密度を示す。）、且つ運動量移行衝突周波数ν_mはωに等しいと仮定した上で、ＣＯＭＳＯＬ社製の電磁界計算モジュールを用いて実施例１及び実施例２における電界強度分布を計算し、その結果を図５Ａ及び図５Ｂに示した。なお、図５Ａは実施例１における電界強度分布を示し、図

５Ｂは実施例２における電界強度分布を示す。

[００５６]

図５Ａ及び図５Ｂに示すように、プラズマ発生空間Ｇの形状が異なっていても、プラズマ発生空間Ｇが球形を呈すれば、局所的な強電界領域を生じさせることができることが分かった。また、プラズマ発生空間Ｇの形状を変更すれば、生じる局所的な強電界領域の形状が変わることも分かった。これにより、局所的な強電界領域の発生はプラズマ発生空間Ｇの形状が主要因であることが推察された。

[００５７]

次に、プラズマ発生空間Ｇを処理チャンバ１１１の内部と連通させた場合の局所的な強電界領域の発生形態への影響を検討するために、図１のプラズマ生成ユニット１１２及び処理チャンバ１１１を想定して実施例３乃至実施例５の２次元モデルを作成し、実施例３ではステージ１１３を設けず、実施例４ではステージ１１３から処理チャンバ１１１の上内面までの距離を２ｃｍに設定し、実施例５ではステージ１１３から処理チャンバ１１１の上内面までの距離を１．５ｃｍに設定した。

[００５８]

次いで、実施例１及び２と同じ条件で同じＣＯＭＳＯＬ社製の電磁界計算モジュールを用いて実施例３乃至実施例５における電界強度分布を計算し、その結果を図６Ａ乃至図６Ｃに示した。なお、図６Ａは実施例３における電界強度分布を示し、図６Ｂは実施例４における電界強度分布を示し、図６Ｃは実施例５における電界強度分布を示す。

[００５９]

図６Ａ乃至図６Ｃに示すように、プラズマ発生空間Ｇを処理チャンバ１１１の内部と連通させても、プラズマ発生空間Ｇが球形を呈すれば、局所的な強電界領域を生じさせることができることが分かった。これによっても、局所的な強電界領域の発生はプラズマ発生空間Ｇの形状が主要因であることが推察された。また、ステージ１１３を上下動させても局所的な強電界領域の領域が殆ど変わらないこ

とも分かった。これにより、ステージ１１３を上下動させるだけで所望の成膜速度やエッチングレートを容易に実現できることが予想される。

[００６０]

また、本発明者等は、上記目的を達成すべく鋭意研究を行った結果、プラズマ生成装置がマイクロ波を伝播させる導波管と、該導波管に接続された半球状湾曲空間部を有するプラズマ生成室と、導波管及びプラズマ生成室の間に介在し、導波管を伝播するマイクロ波をプラズマ生成室の内部へ導入する誘電体窓とを備えれば、電磁波の境界条件となる半球状湾曲空間部の内径及び外径を適切に設定することで、特定のモードの電磁波を励起でき、該特定モードに応じた任意の領域で強電界領域を生じさせることができ、もって、プラズマを誘電体窓から離し、且つ被処理体である基板周辺の所望の領域において生成することができ、その結果、誘電体窓がプラズマによって損傷するのを防止することができること及び基板周辺の所望の領域にプラズマを生成することができることを見出した。

[００６１]

本発明は、上記研究の結果に基づいてなされたものである。

[００６２]

以下、本発明の第２の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

[００６３]

図７は、第２の実施の形態に係るプラズマ生成装置を備えるプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

[００６４]

図７において、プラズマ処理装置２１０は、基板Ｓにプラズマ処理を施す処理チャンバ２１１（処理室）と、該処理チャンバ２１１に隣接して配置されるプラズマ生成ユニット２１２（プラズマ生成装置）とを備える。

[００６５]

処理チャンバ２１１は、基板Ｓを載置するステージ２１３を内部に有し、排気管２１４が連結されている。排気管２１４は真空ポンプや圧力制御バルブ（とも

に図示しない）に接続され、真空ポンプや圧力制御バルブは処理チャンバ２１１の内部の圧力を制御する。ステージ２１３は内部にヒータや冷却機構（ともに図示しない）を有し、載置された基板Ｓを適切な温度になるように制御する。

[００６６]

プラズマ生成ユユット２１２は、マイクロ波ジェネレータ（図示しない）が発生させるマイクロ波を伝播させる導波管２１５と、該導波管２１５に接続されたプラズマ生成チャンバ２１６（プラズマ生成室）と、導波管２１５及びプラズマ生成チャンバ２１６の間に介在する誘電体窓２１７とを有する。

[００６７]

導波管２１５は、同軸管（図８Ｂ参照）もしくは円形導波管からなり、円形導波管の場合、諸寸法が所定の周波数のマイクロ波、例えば、２．４５ＧＨｚのマイクロ波を最低次のモードで伝播できるように設定されている。

[００６８]

図７に戻り、プラズマ生成チャンバ２１６は、図中における下端が半球状に形成された円筒容器２１６ａと、図中における下端が半球状の凸部２１６ｅに形成された円柱部材２１６ｂとで挟まれた半球状湾曲空間部を有する。すなわち、円柱部材２１６ｂは円筒容器２１６ａの内部に同軸で収容され、円柱部材２１６ｂの下端の凸都２１６ｅと円筒容器２１６ａの下端の内壁面２１６ｄとで半球状湾曲空間部としてのプラズマ発生空間Ｇ（プラズマ生成室の内部）を形成する。また、円筒容器２１６ａの内側面と円柱部材２１６ｂの側面の隙間には、誘電体窓２１７が配されている（例えば、図８Ａ参照）。

[００６９]

本実施の形態において、半球状湾曲空間部とは、半球体状の湾曲表面（２１６ｅ）と、該半球体状の湾曲表面（２１６ｅ）とは所定の間隔を隔てて同心状に対向配置された当該半球体状の径よりも径が大きい中空半球体状の内側湾曲面（２１６ｄ）とによって挟まれた空間部をいう。

[００７０]

プラズマ生成チャンバ２１６としてのプラズマ発生空間Ｇへ図示しない処理ガス導入口から処理ガスが導入される。また、円筒容器２１６ａの下端の一部が開放されてプラズマ発生空間Ｇと処理チャンバ２１１の内部とが連通している。さらに、円筒容器２１６ａの上面中心には導波管２１５が接続されている。すなわち、導波管２１５は円筒容器２１６ａの中心軸上に配置されている。

[００７１]

プラズマ生成ユニット２１２では、導波管２１５を伝播するマイクロ波が誘電体窓２１７によってプラズマ導入路２１６ｃに導入され、該プラズマ導入路２１６ｃに導入されたマイクロ波はさらにプラズマ発生空間Ｇへ導入される。ここで、プラズマ導入路２１６ｃはプラズマ発生空間Ｇの中心軸に関して対称的に形成されているので、マイクロ波はプラズマ発生空間Ｇの中心軸に関して対称的に導入される。

[００７２]

プラズマ発生空間Ｇは半球状湾曲空間部を有するので、半球状湾曲空間部の内径及び外径を適切に設定することによって特定のモードの電磁波を励起でき、結果として空間中の任意の領域、例えば、プラズマ発生空間Ｇの中心において強電界領域を形成できる。当該強電界領域では、マイクロ波から電子へのエネルギー移行量が大きいため電子温度が高くなり、十分なエネルギーを持つ電子が処理ガス中の原子や分子と衝突を繰り返すことで高密度のプラズマが局所的に生成される。すなわち、強電界領域では他の領域よりもプラズマの生成が積極的に起こるため、強電界が生じた領域では密度の高いプラズマＰが生じる。換言すれば、本実施の形態では磁界等を利用することなく、マイクロ波の導入のみで処理ガスからプラズマＰを生じさせる。

[００７３]

ここで、プラズマ生成チャンバ２１６としてのプラズマ発生空間Ｇと処理チャンバ２１１の内部は連通しているので、プラズマ発生空間Ｇで生じたプラズマＰの一部は処理チャンバ２１１のステージ２１３に載置された基板Ｓに到達し、該

基板Ｓにプラズマ処理を施す。例えば、プラズマ処理装置２１０では、処理ガスとして、水素ガス、炭素含有ガス、例えば、メタンガス、プロパンガスやアセチレンガス、及び不純物含有ガス、例えば、ホスフィンガスやジボランガスを含む混合ガスを用い、プラズマ発生空間Ｇや処理チャンバ２１１の内部の圧力を１０～２００Ｔｏｒｒに維持し、基板Ｓをステージ２１３によって７００～１２００℃に加熱することにより、処理ガスから生じたプラズマＰ中のラジカルによって基板Ｓ上でダイヤモンドを成長させる。

[００７４]

図７のプラズマ処理装置２１０によれば、マイクロ波が導入されるプラズマ生成チャンバ２１６としてのプラズマ発生空間Ｇが半球状湾曲空間部を備えているので、半球状湾曲空間部の内径及び外径を適切に設定することにより特定のモードの電磁波を励起でき、該特定のモードに応じた任意の領域に強電界領域を生じさせることができ、もって、プラズマＰを誘電体窓２１７から離れた領域で生成することができる。その結果、誘電体窓１７がプラズマＰによって損傷するのを防止することができる。

[００７５]

また、プラズマ処理装置２１０では、マイクロ波がプラズマ発生空間Ｇの中心軸に関して対称的に導入されるので、特定のモードの電磁波を励起するために必要な半球状湾曲空間部の内径及び外径の適切な設定、及び強電界領域が生じる領域の予測が容易となり、もって、生成されるプラズマＰの領域を容易に制御することができる。

[００７６]

プラズマ処理装置２１０において、マイクロ波の境界条件となる円筒容器２１６ａの下端の内壁面２１６ｄが半球状を呈するため、半球状湾曲空間部の内径及び外径により電磁波のモードを特定できることが、プラズマ発生空間Ｇにおいてモードに応じた局所的な強電界領域が生じることの主要因であると考えられる。したがって、プラズマ発生空間Ｇさえ半球状湾曲空間部を有していれば、プラズ

マ発生空間Ｇに対するマイクロ波の導入形態がどのようなものであろうとも、例えば、マイクロ波がプラズマ発生空間Ｇの中心に関して対称的に導入されていなくとも、プラズマ発生空間Ｇの任意の領域において概ね局所的な強電界領域を生じさせることができる。

[００７７]

以上の理由から、導波管２１５の配置には自由度があり、図７のプラズマ処理装置２１０のように、導波管２１５を円筒容器２１６ａの中心軸上に配置する必要はない。例えば、図９Ａに示すように、１つの導波管２１５を円筒容器２１６ａの中心軸からオフセットして配置してもよく、また、図９Ｂに示すように、複数、例えば、２つの導波管２１５を円筒容器２１６ａの中心軸からオフセットして配置してもよい。また、図９Ｃに示すように、１つの導波管２１５を円筒容器２１６ａの側面に配置してもよい。

[００７８]

図９Ａ～図９Ｃに示すプラズマ生成ユニット２１２においても、プラズマ発生空間Ｇが半球状湾曲空間部を有するため、プラズマ発生空間Ｇの内部の任意の領域において概ね局所的な強電界領域を生じさせることができる。

[００７９]

また、図９Ｂのプラズマ生成ユニット２１２のように複数の導波管２１５を備える場合には、各導波管２１５を円筒容器２１６ａの中心軸に関して対称的に配置するのが好ましい。これにより、結果的にプラズマ発生空間Ｇの中心軸に関して対称的にマイクロ波を導入することができ、生成されるプラズマＰの領域を容易に制御することができる。

[００８０]

また、プラズマ処理装置２１０において処理チャンバ２１１内のステージ２１３を、図１０Ａに示すように、図中上下方向に移動可能に構成してもよい。これにより、プラズマＰと基板Ｓとの距離を制御することができ、もって、プラズマＰを利用した成膜時には、基板ｓにおける成膜速度や膜の厚さ分布を制御するこ

とができる。また、プラズマPを利用したエッチング時には、基板Sにおけるエッチングレートや該エッチングレートの分布を制御することができると考えられる。

[0081]

さらに、図10Bに示すように、円柱部材216bの下端の凸部216eと、円筒容器216aの下端の内壁面216dとの間を広げることによって、プラズマ発生空間Gの内容積を大きくすることもできる。この場合であっても、円筒容器216aの下端の内壁面216dが半球面を呈し、それらが境界条件となるため、定在波を形成できると予想され、半球状湾曲空間部の形状を調整することで、ブラズマ発生空間Gにおいて局所的な強電界領域を生じさせることができると考えられる。

[0082]

図11は、本発明の第3の実施の形態に係る、プラズマ生成装置を備えるブラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。このプラズマ処理装置は、基板Sにプラズマ処理を施す処理チャンバ(処理室)と、プラズマ生成装置のブラズマ発生空間Gとを一体化させたものである。

[0083]

図11において、プラズマ処理装置220は、図中における上端が半球状に形成された円筒容器226aと、図中における上端の半球状の凸部が水平に切除された上部平面(ステージ)226eを有する円柱部材226bとを備えている。円柱部材226bは円筒容器226aの内部に同軸で収容され、円柱部材226bのステージ226eと円筒容器226aの上端の内壁面226dとの間に半球状の空間部が形成されている。この半球状の空間部は、半球状湾曲空間部からなるプラズマ発生空間Gと円柱部材226bから切除された凸部に相当する半球状の空間部からなる処理チャンバ221とが一体化されたものである。また、円筒容器226aの内側面及び円柱部材226bの側面の間には誘電体窓227が配置されている。

[００８４]

プラズマ処理装置２２０では、プラズマ処理を施す処理チャンバ２２１と一体化されたプラズマ発生空間Ｇへ図示しない処理ガス導入口から処理ガスが導入される。円筒容器２２６ａは下端の中心部において開口部２２６ｆを有し、該開口部２２６ｆには導波管２２５が連結されている。

[００８５]

プラズマ処理装置２２０では、導波管２２５を伝播するマイクロ波が誘電体窓２２７によって導入路２２６ｃに導入され、該導入路２２６ｃに導入されたマイクロ波はさらにプラズマ発生空間Ｇへ導入される。導入路２２６ｃはプラズマ発生空間Ｇの中心軸に関して対称的に配置されているので、マイクロ波はプラズマ発生空間Ｇの中心に関して対称的に導入される。

[００８６]

プラズマ発生空間Ｇは半球状湾曲空間部を備えているので、半球状湾曲空間部の内径及び外径を適切に設定することにより特定のモードの電磁波を励起でき、該特定のモードに応じた任意の領域、例えば、プラズマ発生空間Ｇの中心において局所的な強電界領域を生じさせる。

[００８７]

ここで、プラズマ発生空間Ｇと処理チャンバ２２１とが一体化されているので、プラズマ発生空間Ｇで生じたプラズマＰの一部は処理チャンバ２２１のステージ２２６ｅに載置された基板Ｓに到達し、図７の実施の形態と同様、基板Ｓにプラズマ処理を施す。

[００８８]

図１１のプラズマ処理装置２２０によれば、基板Ｓにプラズマ処理を施す処理チャンバ（処理室）２２１と、プラズマ生成装置におけるプラズマ発生空間Ｇとを一体化すると共に、プラズマ発生空間Ｇを半球状湾曲空間部を有するものとしたので、プラズマ発生空間Ｇの任意の領域で強電界領域を生じさせることができ、もって、プラズマＰを誘電体窓２２７から離れた領域で生成することができる。

その結果、誘電体窓２２７がプラズマＰによって損傷するのを防止することができる。

[００８９]

図１２八～図１２Ｃは、上記第３の実施の形態に係るプラズマ処理装置の変形例を示す図である。本実施の形態においては、図７に記載した実施の形態と同様、導波管２２５の配置には自由度があり、例えば、図１２Ａに示すように、１つの導波管２２５を円筒容器２２６ａの中心軸からオフセットして配置してもよく、また、図１２Ｂに示すように、複数、例えば、２つの導波管２２５を円筒容器２２６ａの中心軸からオフセットして配置してもよい。また、図１２Ｃに示すように、１つの導波管２２５を円筒容器２２６ａの側面に配置してもよい。

[００９０]

この場合であっても、円筒容器２２６ａの上端の内壁面２２６ｄが半球面であるために、それらが電磁波の境界条件となり、その結果、プラズマ発生空間Ｇにおいて局所的な強電界領域を生じさせられると考えられる。

[００９１]

以上、本発明について、第２の実施の形態及び第３の実施の形態を用いて説明したが、本発明は上記第２の実施の形態及び第３の実施の形態に限定されるものではない。

[実施例]

[００９２]

次に、本発明の実施例について説明する。

[００９３]

まず、プラズマ発生空間Ｇの形状の違いによる局所的な強電界領域の発生形態への影響を検討するために、図１３に示したように、プラズマ処理装置２２０（図１１参照）における円柱部材２２６ｂの上端が凸部形状であり、ステージ２２６ｅが設けられていないプラズマ生成ユニットを想定して実施例６及び実施例７の２次元モデルを作成し、実施例６ではプラズマ発生空間Ｇにおける外側半球

の半径を１０ｃｍ、内側半球の半径を４ｃｍに設定し、実施例７ではプラズマ発生空間Ｇにおける外側半球の半径を１０ｃｍ、内側半球の半径を８ｃｍに設定した。

[００９４]

次いで、プラズマ発生空間Ｇ内に$\omega > \omega_{p\varepsilon}$を満たす$n_e == 10^{16} m^{-3}$の分布が一様な低密度のプラズマが既に存在し（ωはマイクロ波（角）周波数、$\omega_{p\varepsilon}$は電子プラズマ（角）周波数、η_eは電子密度を示す。）、且つ運動量移行衝突周波数ν_mはωに等しいと仮定した上で、ＣＯＭＳＯＬ社製の電磁界計算モジュールを用いて実施例６及び実施例７における電界強度分布を計算し、その結果を図１４Ａ及び図１４Ｂに示した。なお、図１４Ａは実施例６における電界強度分布を示し、図１４Ｂは実施例７における電界強度分布を示す。

[００９５]

図１４Ａ及び図１４Ｂに示すように、プラズマ発生空間Ｇの形状が異なっていても、プラズマ発生空間Ｇが半球状湾曲空間部を備えていれば、局所的な強電界領域を生じさせられることが分かった。また、プラズマ発生空間Ｇの形状を変更すれば、生じる局所的な強電界領域の形状が変わることも分かった。これにより、局所的な強電界領域の発生はプラズマ発生空間Ｇの形状が主要因であることが推察された。

[００９６]

次に、プラズマ発生空間Ｇの内側に処理チャンバを設けてプラズマ発生空間Ｇと処理チャンバとを一体化させた場合の局所的な強電界領域の発生形態への影響を検討するために、図１１のプラズマ処理装置２２０を想定して実施例８乃至実施例１０の２次元モデルを作成した。実施例８では円柱部材２２６ｂの上端にステージ２２６ｅを設け、また、プラズマＰと基板Ｓとの隙間の影響を調べるべくステージ２２６ｅに窪みを設け、実施例９はステージ２２６ｅの表面から基板Ｓが載置される窪みの底部までの深さを２ｃｍに設定し、実施例１０ではステージ２２６ｅの表面から基板Ｓが載置される窪み底部までの深さを３ｃｍに設定した。

[００９７]

次いで、実施例６及び７と同じ条件で同じＣＯＭＳＯＬ社製の電磁界計算モジュールを用いて実施例８乃至実施例１０における電界強度分布を計算し、その結果を図１５Ａ乃至図１５Ｃに示した。なお、図１５Ａは実施例８における電界強度分布を示し、図１５Ｂは実施例９における電界強度分布を示し、図１５Ｃは実施例１０における電界強度分布を示す。

[００９８]

図１５Ａ乃至図１５Ｃに示すように、プラズマ発生空間Ｇと処理チャンバ２２１とを一体化させても、プラズマ発生空間Ｇが半球状湾曲空間部を有すれば、局所的な強電界領域を生じさせることができるのが分かった。これによつても、局所的な強電界領域の発生はプラズマ発生空間Ｇの形状が主要因であることが推察された。また、ステージ２２６ｅを上下動させても局所的な強電界領域の領域が殆ど変わらないことも分かった。これにより、ステージ２２６ｅを上下動させるだけで所望の成膜速度やエッチングレートを容易に実現できる可能性がある。

[００９９]

次に、プラズマ発生空間Ｇの外側湾曲部に処理チャンバを連結した場合の局所的な強電界領域の発生形態への影響を検討するために、図７のプラズマ処理装置２１０を想定して実施例１１乃至実施例１３の２次元モデルを作成した。

[０１００]

実施例１１では、プラズマ生成装置２１０におけるプラズマ発生空間Ｇの外側（図中下側）に処理チャンバ２１１（処理室）を連結させたものであり（図７参照）、実施例１２及び１３は、図７のプラズマ処理装置におけるプラズマＰと基板Ｓとの間の隙間の影響を調べるべく、図７のステージ２１３を上下駆動自在に設け、実施例１２はチャンバ２１１の上端からステージ２１３の表面までの間隔を２．５ｃｍに設定し、実施例１３ではチャンバ２１１の上端からステージ２１３の表面までの隙間を１．５ｃｍに設定した。

[０１０１]

次いで、実施例６～１０と同じ条件で同じＣＯＭＳＯＬ社製の電磁界計算モジュールを用いて実施例１１乃至実施例１３における電界強度分布を計算し、その結果を図１６Ａ乃至図１６Ｃに示した。なお、図１６Ａは実施例１１における電界強度分布を示し、図１６Ｂは実施例１２における電界強度分布を示し、図１６Ｃは実施例１３における電界強度分布を示す。

[０１０２]

図１６Ａ乃至図１６Ｃに示すように、プラズマ発生空間Ｇと処理チャンバ２１とを連通させても、プラズマ発生空間Ｇが半球状湾曲空間部を有すれば、局所的な強電界領域を生じさせられることが分かった。これによっても、局所的な強電界領域の発生はプラズマ発生空間Ｇの形状が主要因であることが推察された。また、ステージ２１３を上下動させても局所的な強電界領域の領域が殆ど変わらないことも分かった。これにより、ステージ２１３を上下動させるだけで所望の成膜速度やエッチングレートを容易に実現できる可能性がある。

[０１０３]

さらにまた、本発明者等は、上記目的を達成すべく鋭意研究を行った結果、プラズマ処理装置が、マイクロ波を伝播させる導波管と、該導波管に接続されるプラズマ生成室と、該プラズマ生成室内に配され、基板を載置する載置台と、導波管及びプラズマ生成室の間に介在し、導波管を伝播するマイクロ波をプラズマ生成室の内部へ導入する誘電体窓とを備え、プラズマ生成室は中心軸を有し、該中心軸に関して対称な形状を呈すれば、プラズマ生成室の形状、例えば半球形状の内径を適切に設定することにより、特定のモードの電磁波を励起でき、当該特定のモードに応じた任意の領域で強電界領域を生じさせることができ、もって、プラズマを誘電体窓から離れた領域であって、被処理体である基板周辺の所望の領域において生成することができ、その結果、誘電体窓がプラズマによって損傷するのを防止することができるとともに、基板周辺の所望の領域にプラズマを生成することができることを見出した。本発明は、上記研究の結果に基づいてなされたものである。

[０１０４]

以下、本発明の第４の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

[０１０５]

まず、本発明の第４の実施の形態に係るプラズマ処理装置について説明する。

[０１０６]

図１７は、本実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

[０１０７]

図１７において、プラズマ処理装置３１０は基板Ｓにプラズマ処理を施す処理チャンバ３１１（プラズマ生成室）と、マイクロ波ジェネレータ（図示しない）が発生させるマイクロ波を伝播させる導波管３１２とを備える。

[０１０８]

処理チャンバ３１１は、基板Ｓを基板載置面３１４ａに載置するステージ３１４を内部に有し、排気管（図示しない）が連結される。排気管は真空ポンプや圧力制御バルブ（ともに図示しない）に接続され、真空ポンプや圧力制御バルブは処理チャンバ３１１の内部の圧力を制御する。ステージ３１４は内部にヒータや冷却機構（ともに図示しない）を有し、載置された基板Ｓを適切な温度に制御する。

[０１０９]

導波管３１２は、同軸管もしくは円形導波管が用いられ、円形導波管の場合、諸寸法が所定の周波数のマイクロ波、例えば、２．４５ＧＨｚのマイクロ波を最低次のモードで伝播できるように設定されている。

[０１１０]

処理チャンバ３１１は中心軸Ｃを有し、該中心軸Ｃに関して対称な形状を呈し、図中上端側は半球形状に形成され、図中下端側は円筒形状に形成されている。ステージ３１４は円筒形状を呈し、処理チャンバ３１１の内部において該処理チャンバ３１１に対して同軸に配置される。処理チャンバ３１１の半球形状内壁面３

１１ａとステージ３１４の基板載置面３１４ａはプラズマ生成空間Ｇを形成する。プラズマ生成空間Ｇへは図示しない処理ガス導入口から処理ガスが導入される。

[０１１１]

また、処理チャンバ３１１の内壁面及びステージ３１４の側面の間には誘電体窓３１５が配される（例えば、図１８Ａ参照）。さらに、処理チャンバ３１１には図中下端の中心部において導波管３１２が接続される。すなわち、導波管３１２は処理チャンバ３１１の中心軸Ｃ上に配置される。

[０１１２]

プラズマ処理装置３１０では、導波管３１２を伝播するマイクロ波が誘電体窓３１５によってプラズマ生成空間Ｇへ導入される。ここで、誘電体窓３１５はプラズマ生成空間Ｇの外周に沿って該プラズマ発生空間Ｇに面する、すなわち、中心軸Ｃに関して対称的に該プラズマ発生空間Ｇに面するので、マイクロ波はプラズマ生成空間Ｇの中心に関して対称的に導入される。

[０１１３]

また、プラズマ生成空間Ｇは処理チャンバ３１１の半球形状内壁面３１１ａとステージ３１４の基板載置面３１４ａとによって形成されるので、中心軸Ｃに関して対称な半球形状を呈する。これにより、その半径を適切に設定することによって特定のモードの電磁波を励起でき、結果として空間中の任意の領域、例えば、プラズマ生成空間Ｇの中心の上方において強電界領域を形成できる。当該強電界領域では、マイクロ波からプラズマ中の電子へのエネルギー移行量が大きいために電子温度が高くなり、十分なエネルギーを持つ電子が処理ガス中の原子や分子と衝突を繰り返すことで高密度のプラズマが局所的に生成される。すなわち、強電界領域では他の領域よりもプラズマの生成が積極的に起こるため、強電界領域では密度の高いプラズマＰが生じる。換言すれば、本実施の形態では磁界等を利用することなく、マイクロ波の導入のみで処理ガスからプラズマＰを任意の領域で生じさせる。

[０１１４]

そして、プラズマ生成空間Ｇで生じたプラズマＰの一部はプラズマ生成空間Ｇに面するステージ３１４の基板載置面３１４ａに載置された基板Ｓに到達し、該基板Ｓにプラズマ処理を施す。例えば、プラズマ処理装置３１０では、処理ガスとして、水素ガス、炭素含有ガス、例えば、メタンガス、プロパンガスやァセチレンガス、及び不純物含有ガス、例えば、ホスフィンガスやジボランガスを含む混合ガスを用い、プラズマ生成空間Ｇや処理チャンバ３１１の内部の圧力を１０～２００Ｔｏｒｒに維持し、基板Ｓをステージ３１４によって７００～１２００℃に加熱することにより、処理ガスから生じたプラズマＰ中のラジカルによって基板Ｓ上でダイヤモンドを成長させる。

[０１１５]

図１７のプラズマ処理装置３１０によれば、マイクロ波が導入される処理チヤンバ３１１の上端側が中心軸Ｃに関して対称な半球形状を呈し、処理チャンバ３１１内のプラズマ生成空間Ｇも中心軸Ｃに関して対称な半球形状を呈するので、その半径を適切に設定することによって特定のモードの電磁波を励起でき、該特定のモードに応じた任意の領域に強電界領域を生じさせることができ、もって、プラズマＰを誘電体窓３１５から離れた領域で生成することができる。その結果、誘電体窓３１５がプラズマＰの熱によって損傷するのを防止することができる。さらに、プラズマＰを誘電体窓３１５から離れた領域で生成することより、誘電体窓３１５の表面近傍に生じるシースにおける電位勾配を弱めることができ、もって、該シースによる誘電体窓３１５への陽イオン等のスパッタを弱めることができる。

[０１１６]

また、プラズマ生成空間Ｇが中心軸Ｃに関して対称な半球形状を呈するので、発生するプラズマＰも中心軸Ｃに関して対称に分布する。これにより、プラズマの一部偏在に起因する異常放電の発生を抑制することができる。

[０１１７]

さらに、プラズマ処理装置３１０では、マイクロ波が処理チャンバ３１１の中

心軸Ｃに関して対称的に導入されるので、特定モードの電磁波を励起するために必要な半径の設定、及び強電界領域が生じる位置の予測が容易となり、もって、プラズマＰの生成領域を容易に制御することができる。

[０１１８]

また、プラズマ処理装置３１０において処理チャンバ３１１内のステージ３１４における基板載置面３１４ａの一部を、図１９Ａに示すように、図中上下方向に移動可能なリフトテーブル３１４ｃとして構成してもよい。これにより、プラズマＰと基板Ｓとの距離を制御することができる。

[０１１９]

さらに、図１９Ｂに示すように、処理チヤンバ３１１の側壁の一部をベローズ３１１ｄで構成してもよい。この場合、ベローズ３１１ｄを伸長させることによつて処理チャンバ３１１の半球形状を呈する上端側とステージ３１４に載置された基板Ｓとの距離を変更することができるが、強電界領域は処理チャンバ３１１の半球形状を呈する上端側に発生するため、結果としてプラズマＰと基板Ｓとの距離を制御することができる。

[０１２０]

したがって、図１９Ａや図１９Ｂのプラズマ処理装置では、プラズマＰと基板Ｓとの距離を制御することによってプラズマＰを利用した成膜時には、基板Ｓにおける成膜速度や膜の厚さ分布を制御することができ、プラズマＰを利用したエッチング時には、基板Ｓにおけるエッチングレートや該エッチングレートの分布を制御することができる。

[０１２１]

また、図２０Ａに示すように、処理チャンバ３１１の半球形状内壁面３１１ａにおいて中心軸Ｃに沿ってステージ３１４と対向する突起部材（スタブ）３１１ｃを設けてもよい。通常、プラズマは突起物の先端近傍において局所的に生成される。したがって、スタブ３１１ｃの長さを調整することによってプラズマ生成空間Ｇにおけるプラズマの生成領域を上下に関してより細かく制御することが

できる。スタブ３１１ｃの先端近傍にプラズマＰを局所的に生成させるためには、少なくともスタブ３１１ｃの先端がプラズマ生成空間Ｇに存在する必要があり、スタブ３１１ｃを構成する材料は特に制限されないが、導電体、例えば、金属が好ましい。

[０１２２]

なお、スタブ３１１ｃは中心軸Ｃに沿って配置される必要はなく、図２０Ｂに示すように、中心軸Ｃからオフセットしてもよい。スタブ３１１ｃが中心軸Ｃからオフセットしてもスタブ３１１ｃの先端がプラズマ生成空間Ｇに存在する限り、該先端近傍にプラズマＰを局所的に生成させることができる。したがって、スタブ３１１ｃの配置場所を調整することによってプラズマＰの生成場所を制御することができる。

[０１２３]

さらに、スタブ３１１ｃはプラズマ生成空間Ｇを移動可能に構成されてもよい。例えば、図２０Ｃに示すように、ステージ３１４に対向しつつ中心軸Ｃを中心に円運動可能に構成されてもよい。この場合も、スタブ３１１ｃの先端近傍でプラズマＰが局所的に生成されるため、スタブ３１１ｃを移動させることによってプラズマＰを移動させることができる。これにより、基板Ｓの各所におけるプラズマＰへの暴露時間を制御することができ、もって、基板Ｓへ均一なプラズマ処理を施すことができる。

[０１２４]

また、図２１に示すように、処理チャンバ３１１の上端側におけるステージ３１４と対向する部分を切除して半球形状内壁面３１１ａに平面状の対向面３１１ｅを設けてもよい。この場合であっても、半球形状内壁面３１１ａには曲面部分が一部に残るため、その曲面部分の半径を適切に設定することによって特定のモードの電磁波を励起でき、該特定のモードに応じた任意の領域にプラズマＰを生成することができる一方、対向面３１１ｅは図１７における半球形状内壁面３１１ａの頂部よりもステージ３１４の基板載置面３１４ａに近づくため、生成され

るプラズマＰを基板載置面３１４ａに載置された基板Ｓに近づけることができ、もって、基板Ｓに施すプラズマ処理の効率を向上することができる。

[０１２５]

次に、本発明の第５の実施の形態に係るプラズマ処理装置について説明する。

[０１２６]

本実施の形態は、その構成、作用が上述した第４の実施の形態と基本的に同じであるので、重複した構成、作用については説明を省略し、以下に異なる構成、作用についての説明を行う。

[０１２７]

図２２は、本実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

[０１２８]

図２２において、プラズマ処理装置３６０は基板Ｓにプラズマ処理を施す処理チャンバ３６１（プラズマ生成室）と、導波管３１２とを備える。

[０１２９]

処理チャンバ３６１は中心軸Ｃ１を有し、該中心軸Ｃ１に関して対称な形状を呈し、図中上端側は円錐形状に形成され、図中下端側は円筒形状に形成されている。ステージ３１４は、処理チャンバ３６１の内部において該処理チャンバ３６１に対して同軸に配置される。処理チャンバ３６１の上端側における円錐形状内壁面３６１ａとステージ３１４の基板載置面３１４ａはプラズマ生成空間Ｇ１を形成する。

[０１３０]

また、処理チャンバ３６１には図中下端の中心部において導波管３１２が接続される。すなわち、導波管３１２は処理チャンバ３６１の中心軸Ｃ１上に配置される。このプラズマ処理装置３６０では、マイクロ波は誘電体窓３１５を介してプラズマ生成空間Ｇ１の中心に関して対称的に導入される。

[０１３１]

プラズマ生成空間Ｇ１は処理チャンバ３６１の円錐形状内壁面３６１ａとステージ３１４の基板載置面３１４ａとによって形成されるので、中心軸Ｃ１に関して対称な円錐形状を呈する。当該円錐形状における円錐面の位置を適切に設定することによって特定のモードの電磁波を励起でき、該特定のモードに応じた任意の領域、例えば、プラズマ生成空間Ｇ１の上部に局所的な強電界領域を生じさせ、プラズマＰ１を生成する。そして、プラズマ生成空間Ｇ１で生じたプラズマＰ１の一部はプラズマ生成空間Ｇ１に面する基板載置面３１４ａに載置された基板Ｓに到達し、該基板Ｓにプラズマ処理を施す。

[０１３２]

図２２のプラズマ処理装置３６０によれば、マイクロ波が導入される処理チャンバ３６１の上端側が中心軸Ｃ１に関して対称な円錐形状を呈し、処理チャンバ３６１内のプラズマ生成空間Ｇ１も中心軸Ｃ１に関して対称な円錐形状を呈するので、当該円錐形状における円錐面の位置を適切に設定することによって特定のモードの電磁波を励起でき、該特定のモードに応じた任意の領域で強電界領域を生じさせることができ、もって、プラズマＰ１を誘電体窓３１５から離れた領域で生成することができる。さらに、誘電体窓３１５の表面近傍に生じるシースにおける電位勾配を弱めることができ、もって、該シースによる誘電体窓３１５への陽イオン等のスパッタを弱めることができる。

[０１３３]

また、プラズマ生成空間Ｇ１が中心軸Ｃ１に関して対称な円錐形状を呈するので、発生するプラズマＰ１も中心軸Ｃ１に関して対称に分布する。これにより、プラズマの一部偏在に起因する異常放電の発生を抑制することができる。

[０１３４]

また、図２３に示すように、処理チャンバ３６１の上端側におけるステージ３１４と対向する部分を切除して円錐形状内壁面３６１ａに平面状の対向面３６１ｃを設けてもよい。この場合であっても、円錐形状内壁面３６１ａには傾斜面が一部に残るため、当該傾斜面の位置を適切に設定することによって特定のモード

の電磁波を励起でき、当該モードに応じた任意の領域でプラズマＰ１を生成することができる一方、対向面３６１ｃは図２２における円錐形状内壁面３６１ａの頂部よりもステージ３１４の基板載置面３１４ａに近づくため、生成されるプラズマＰ１を基板載置面３１４ａに載置された基板Ｓに近づけることができ、もって、基板Ｓに施すプラズマ処理の効率を向上することができる。

[０１３５]

また、プラズマ処理装置３６０において処理チャンバ３６１内のステージ３１４における基板載置面３１４ａの一部を、図２４Ａに示すように、図中上下方向に移動可能なリフトテーブル３１４ｃとして構成してもよい。これにより、プラズマＰ１と基板Ｓとの距離を制御することができる。さらに、図２４Ｂに示すように、処理チャンバ３６１の側壁の一部をベローズ３６１ｄで構成してもよい。この場合も、ベローズ３６１ｄを伸長させることによってプラズマＰ１と基板Ｓとの距離を制御することができる。

[０１３６]

なお、図２ＯＡに示すプラズマ処理装置３１０と同様に、プラズマ処理装置３６０の処理チャンバ３６１における円錐形状内壁面３６１ａへ中心軸Ｃ１に沿ってステージ３１４と対向するスタブを設けてもよい。

[０１３７]

以上、本発明について、上記各実施の形態を用いて説明したが、本発明は上記各実施の形態に限定されるものではない。

[０１３８]

上述した第４の実施の形態や第５の実施の形態において、プラズマ処理装置３１０，３６０のプラズマ発生空間Ｇ，Ｇ１でモードに応じた強電界領域が任意の領域で生じることの主要因は、半球形状内壁面３１１ａを有する処理チャンバ３１１の上端側や円錐形状内壁面３６１ａを有する処理チャンバ３６１の上端側が、中心軸Ｃや中心軸Ｃ１に関して対称な形状を呈し、その形状を調整することによって励起される電磁波のモードを特定できることにあると考えられる。したがつ

て、プラズマ生成空間Ｇさえ適切な形状を呈していれば、プラズマ生成空間Ｇに対するマイクロ波の導入形態がどのようなものであろうとも、例えば、マイクロ波がプラズマ生成空間Ｇの中心に関して対称的に導入されていなくとも、プラズマ生成空間Ｇの任意の領域において概ね局所的な強電界領域を生じさせることができる。

[０１３９]

以上の理由から、導波管３１２の配置には自由度があり、例えば、図１７のプラズマ処理装置３１０のように導波管３１２を処理チャンバ３１１の中心軸Ｃ上に配置する必要はなく、図２５Ａに示すように、１つの導波管３１２を処理チャンバ３１１の中心軸Ｃからオフセットして配置してもよい。さらに、マイクロ波は誘電体窓３１５を経てプラズマ生成空間Ｇへ導入する必要もない。例えば、図２５Ｂに示すように、導波管３１２が処理チャンバ３１１の上端側に直接取り付けられてもよい。

[実施例]

[０１４０]

次に、本発明の実施例について説明する。

[０１４１]

まず、ステージ３１４におけるリフトテーブル３１４ｃの上下動による局所的な強電界領域の発生形態への影響を検討するために、図１９Ａのプラズマ処理装置３１０を想定して実施例１４乃至実施例１６の２次元モデルを作成し、実施例１４ではリフトテーブル３１４ｃの基板載置面３１４ａからの高さを０ｃｍに設定し、実施例１５ではリフトテーブル３１４ｃの基板載置面３１４ａからの高さを２ｃｍに設定し、実施例１６ではリフトテーブル３１４ｃの基板載置面３１４ａからの高さを３ｃｍに設定した。

[０１４２]

次いで、プラズマ生成空間Ｇ内に$\omega > \omega_{pe}$を満たす$n_e = 10^{16} m^{-3}$の分布が一様な低密度のプラズマが既に存在し（ωはマイクロ波（角）周波数、ω_{pe}は電

子プラズマ（角）周波数、n_eは電子密度を示す。）、且つ運動量移行衝突周波数ν_mはωに等しいと仮定した上で、ＣＯＭＳＯＬ社製の電磁界計算モジュールを用いて実施例１４乃至実施例１６における電界強度分布を計算し、その結果を図２６Ａ乃至図２６Ｃに示した。なお、図２６Ａは実施例１４における電界強度分布を示し、図２６Ｂは実施例１５における電界強度分布を示し、図２６Ｃは実施例１６における電界強度分布を示す。

[０１４３]

図２６Ａ乃至図２６Ｃに示すように、リフトテーブル３１４ｃの高さが違っていても、プラズマ生成空間Ｇが中心軸Ｃに関して対称な半球形状を呈すれば、局所的な強電界領域を生じさせることができることが分かった。これにより、プラズマ生成空間Ｇの形状が、局所的な強電界領域の発生の主要因であることが推察された。また、リフトテーブル３１４ｃを上下動させても局所的な強電界領域の位置が殆ど変わらないことも分かった。これにより、リフトテーブル３１４ｃを上下動させるだけで所望の成膜速度やエッチングレートを容易に実現できることが分かった。

[０１４４]

次に、スタブ３１１ｃの長さの違いの局所的な強電界領域の発生形態への影響を検討するために、図２ＯＡのプラズマ処理装置３１０を想定して実施例１７乃至実施例１９の２次元モデルを作成し、実施例１７ではスタブ３１１ｃの長さを１ｃｍに設定し、実施例１８ではスタブ３１１ｃの長さを２ｃｍに設定し、実施例１９ではスタブ３１１ｃの長さを３ｃｍに設定した。

[０１４５]

次いで、図２７Ａ乃至図２７Ｃは、実施例１７乃至実施例１９における電界強度分布を、実施例１４乃至実施例１６と同じ条件で同じＣＯＭＳＯＬ社製の電磁界計算モジュールを用いて計算し、その結果を示したものである。なお、図２７Ａは実施例１７における電界強度分布を示し、図２７Ｂは実施例１８における電界強度分布を示し、図２７Ｃは実施例１９における電界強度分布を示す。

[０１４６]

図２７Ａ乃至図２７Ｃに示すように、スタブ３１１ｃの長さを変えても、該スタブ３１１ｃの先端の位置に対応して、強電界領域が局所的に生成されることが分かった。これにより、スタブ３１１ｃの長さを変更することによってプラズマＰの生成領域を制御できることが分かった。

[０１４７]

次に、対向面３１１ｅを設けること、並びに対向面３１１ｅと基板載置面３１４ａとの距離の違いによる局所的な強電界領域の発生形態への影響を検討するために、図２１のプラズマ処理装置３１０を想定して実施例２０乃至実施例２２の２次元モデルを作成し、実施例２０では対向面３１１ｅと基板載置面３１４ａとの距離を７ｃｍに設定し、実施例２１では対向面３１１ｅと基板載置面３１４ａとの距離を６ｃｍに設定し、実施例２２では対向面３１１ｅと基板載置面３１４ａとの距離を５ｃｍに設定した。

[０１４８]

次いで、図２８Ａ乃至図２８Ｃは、実施例２０乃至実施例２２における電界強度分布を、実施例１４乃至実施例１６と同じ条件で同じＣＯＭＳＯＬ社製の電磁界計算モジュールを用いて計算し、その結果を示したものである。なお、図２８Ａは実施例２０における電界強度分布を示し、図２８Ｂは実施例２１における電界強度分布を示し、図２８Ｃは実施例２２における電界強度分布を示す。

[０１４９]

図２８Ａ乃至図２８Ｃに示すように、対向面３１１ｅを設けても強電界領域が局所的に生成されることが分かった。これにより、半球形状内壁面３１１ａに曲面部分が一部に残れば、処理チャンバ３１１の上端側が完全な半球形状を呈していなくてもプラズマ生成空間Ｇにおいてプラズマ Ｐを生成できることが分かった。また、対向面３１１ｅと基板載置面３１４ａとの距離を変えても強電界領域は対向面３１１ｅの近傍に発生することが分かった。これにより、プラズマＰと基板Ｓとの距離は、対向面３１１ｅと基板載置面３１４ａとの距離を変化させること

によって、制御できることも分かった。

[０１５０]

次に、円錐形状内壁面３６１ａの頂点と、ステージ３１４との距離の違いによる局所的な強電界領域の発生形態への影響を検討するために、図２２のプラズマ処理装置３６０を想定し、そして、実施例２３乃至実施例２５の２次元モデルを作成する。実施例２３では円錐形状内壁面３６１ａの頂点とステージ３１４との距離を５ｃｍに設定し、実施例２４では円錐形状内壁面３６１ａの頂点とステージ３１４との距離を７．５ｃｍに設定し、実施例２５では円錐形状内壁面３６１ａの頂点とステージ３１４との距離を１０ｃｍに設定した。

[０１５１]

次いで、図２９Ａ乃至図２９Ｃは、実施例２３乃至実施例２５における電界強度分布を、実施例１４乃至実施例１６と同じ条件で同じＣＯＭＳＯＬ社製の電磁界計算モジュールを用いて計算し、その結果を示したものである。なお、図２９Ａは実施例２３における電界強度分布を示し、図２９Ｂは実施例２４における電界強度分布を示し、図２９Ｃは実施例２５における電界強度分布を示す。

[０１５２]

図２９Ａ乃至図２９Ｃに示すように、円錐形状内壁面３６１ａの頂点とステージ３１４との距離が違っていても、プラズマ生成空間Ｇ１が中心軸Ｃ１に関して対称な円錐形状を呈すれば、局所的な強電界領域を生じさせることができることが分かった。これによつても、局所的な強電界領域の発生はプラズマ生成空間Ｇの形状が主要因であることが推察された。また、円錐形状内壁面３６１ａの頂点とステージ３１４との距離を変化させると局所的な強電界領域の発生領域も変化することが分かった。これにより、プラズマＰ１と基板Ｓとの距離は、円錐形状内壁面３６１ａの頂点とステージ３１４との距離を変化させることによって、制御できることも分かった。

[０１５３]

次に、対向面３６１ｃを設けること、並びに対向面３６１ｃと基板載置面３１

４ａとの距離の違いによる局所的な強電界領域の発生形態への影響を検討するために、図２３のプラズマ処理装置３６０を想定して実施例２６乃至実施例２８の２次元モデルを作成し、実施例２６では対向面３６１ｃと基板載置面３１４ａとの距離を７ｃｍに設定し、実施例２７では対向面３６１ｃと基板載置面３１４ａとの距離を６ｃｍに設定し、実施例２８では対向面３６１ｃと基板載置面３１４ａとの距離を５ｃｍに設定した。

[０１５４]

次いで、図３０Ａ乃至図３０Ｃは、実施例２６乃至実施例２８における電界強度分布を、実施例１４乃至実施例１６と同じ条件で同じＣＯＭＳＯＬ社製の電磁界計算モジュールを用いて計算し、その結果を示したものである。なお、図３０Ａは実施例２６における電界強度分布を示し、図３０Ｂは実施例２７における電界強度分布を示し、図３０Ｃは実施例２８における電界強度分布を示す。

[０１５５]

図３０Ａ乃至図３０Ｃに示すように、対向面３６１ｃを設けても強電界領域が局所的に生成されることが分かった。これにより、円錐形状内壁面３６１ａに傾斜面が一部に残れば、処理チャンバ３６１の上端側が完全な円錐形状を呈していなくてもプラズマ生成空間Ｇ１においてプラズマＰ１を生成できることが分かった。また、対向面３６１ｃと基板載置面３１４ａとの距離を変えても強電界領域は対向面３６１ｃの近傍に発生することが分かった。これにより、プラズマＰ１と基板Ｓとの距離は、対向面３６１ｃと基板載置面３１４ａとの距離を変化させることによって、制御できることも分かった。

[０１５６]

本願は、２０１１年１２月１９日に出願された日本出願第２０１１-２７６９６５号、２０１１年１２月２０日に出願された日本出願第２０１１―２７８４３６号及び２０１１年１２月２６日に出願された日本出願第２０１１―２８３１３２号に基づく優先権を主張するものであり、当該日本出願に記載された全内容を本出願に援用する。

[符号の説明]

[０１５７]

Ｇ，Ｇ１　プラズマ発生空間

Ｐ，Ｐ１　プラズマ

Ｓ　基板

１１０　プラズマ処理装置

１１１　処理チャンバ

１１２　プラズマ生成ユニット

１１３　ステージ

１１５　導波管

１１６　プラズマ生成チヤンバ

１１７　誘電体窓

２１０、２２０　プラズマ処理装置

２１１、２２１　処理チャンバ

２１２　プラズマ生成ユニット

２１３、２２６ｅ　ステージ

２１５、２２５　導波管

２１６、２２６　プラズマ生成チヤンバ

２１７、２２７　誘電体窓

３１０，３６０　プラズマ処理装置

３１１，３６１　処理チャンバ

３１１ｃ　スタブ

３１１ｅ　対向面

３１２　導波管

３１４　ステージ

３１４ｃ　リフトテーブル

３１５　誘電体窓

請求の範囲

[請求項1]

マイクロ波を伝播させる導波管と、

該導波管に接続されたプラズマ生成室と、

前記導波管及び前記プラズマ生成室の間に介在し、前記導波管が伝播する前記マイクロ波を前記プラズマ生成室の内部へ導入する誘電体窓とを備えることを特徴とするプラズマ生成装置。

[請求項2]

前記プラズマ生成室は、球状を呈し、基板を収容する処理室に隣接して配置され、前記プラズマ生成室の内部は、前記処理室の内部と連通することを特徴とする請求項1記載のプラズマ生成装置。

[請求項3]

前記導波管は前記プラズマ生成室の中心軸に関して対称的に配置されることを特徴とする請求項1記載のプラズマ生成装置。

[請求項4]

前記プラズマ生成室は、半球体状の湾曲表面と、該半球体状の湾曲表面とは、所定の間隔を隔てて同心状に対向配置された前記半球体状の径よりも、径が大きい中空半球体状の内側湾曲面とによって挟まれた半球状湾曲空間部を備えていることを特徴とする請求項1記載のプラズマ生成装置。

[請求項5]

前記プラズマ生成室は基板を収容する処理室に隣接して配置され、前記プラズマ生成室の内部は、前記処理室の内部と連通していることを特徴とする請求項4記載のプラズマ生成装置。

[請求項6]

前記導波管は前記プラズマ生成室の中心軸に関して対称的に配置されていることを特徴とする請求項4記載のプラズマ生成装置。

[請求項7]

マイクロ波を伝播させる導波管と、

該導波管に接続されるプラズマ生成室と、

該プラズマ生成室内に配され、基板を載置する載置台と、

前記導波管及び前記プラズマ生成室の間に介在し、前記導波管を伝播する前記マイクロ波を前記プラズマ生成室の内部へ導入する誘電体窓とを備え、

前記プラズマ生成室は中心軸を有し、該中心軸に関して対称な形状を呈することを特徴とするプラズマ処理装置。

[請求項8]

前記プラズマ生成室は半球形状を呈することを特徴とする請求項7記載のプラズマ処理装置。

[請求項9]

前記プラズマ生成室は前記載置台と対向する部分が切除されていることを特徴とする請求項8記載のプラズマ処理装置。

[請求項10]

前記プラズマ生成室は円錐形状を呈することを特徴とする請求項7記載のプラズマ処理装置。

[請求項11]

前記プラズマ生成室は前記載置台と対向する部分が切除されていることを特徴とする請求項10記載のプラズマ処理装置。

[請求項12]

前記プラズマ生成室に前記載置台と対向する突起部材が配置されていることを特徴とする請求項7記載のプラズマ処理装置。

[請求項13]

前記突起部材は前記プラズマ生成室の中心軸からオフセットして配置されていることを特徴とする請求項12記載のプラズマ処理装置。

[請求項14]

前記突起部材は移動可能に構成されていることを特徴とする請求項12記載の

プラズマ処理装置。

[請求項１５]

基板を収容する処理室と、

該処理室に隣接して配置されるプラズマ生成装置とを備え、

該プラズマ生成装置は、マイクロ波を伝播させる導波管と、該導波管に接続されたプラズマ生成室と、前記導波管及び前記プラズマ生成室の間に介在し、前記導波管が伝播する前記マイクロ波を前記プラズマ生成室の内部へ導入する誘電体窓とを有し、

前記プラズマ生成室の内部は前記処理室の内部と連通することを特徴とするプラズマ処理装置。

[請求項１６]

前記プラズマ生成室は、球状を呈していることを特徴とする請求項１５記載のプラズマ処理装置。

[請求項１７]

前記プラズマ生成室は、半球体状の湾曲表面と、該半球体状の湾曲表面とは、所定の間隔を隔てて同心状に対向配置された前記半球体状の径よりも、径が大きい中空半球体状の内側湾曲面とによって挟まれた半球状湾曲空間部を備えていることを特徴とする請求項１５記載のプラズマ処理装置。

図1

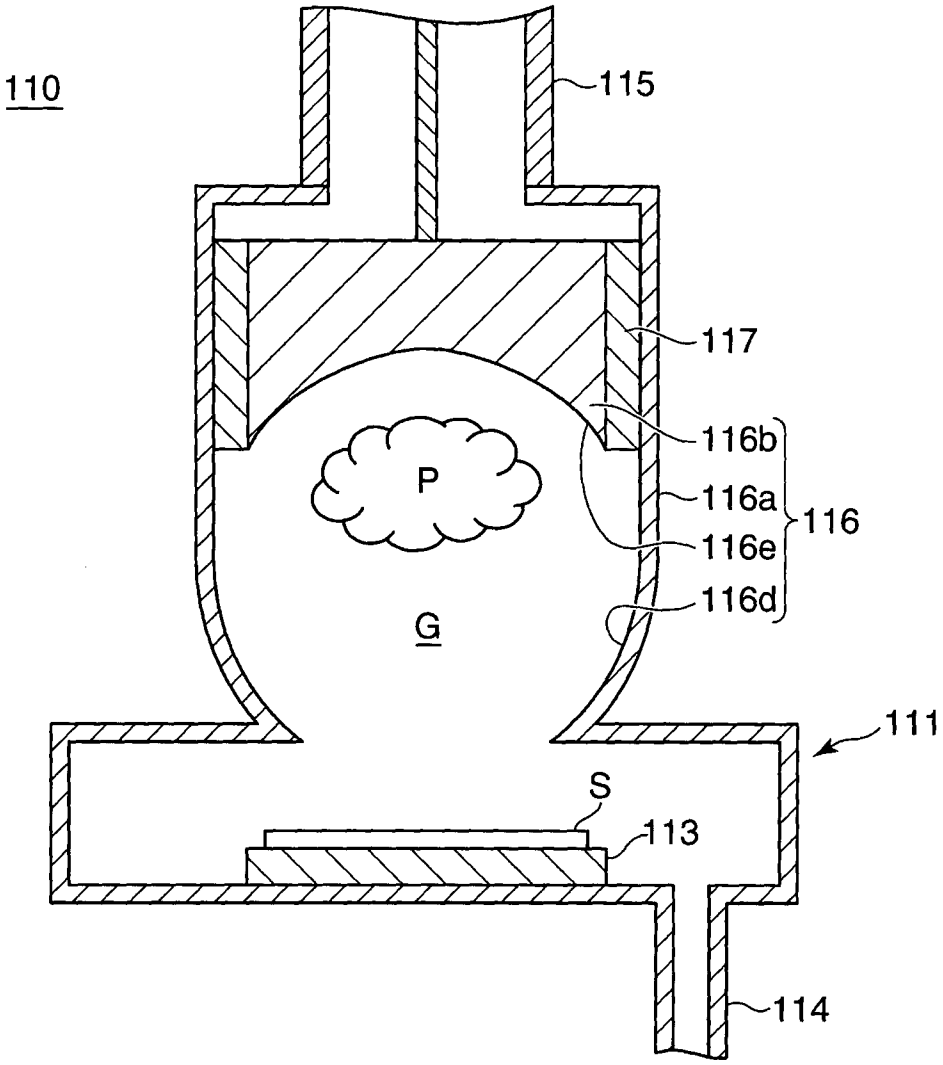

110
115
117
116b
116a
116e
116d
116
P
G
111
S
113
114

図2A

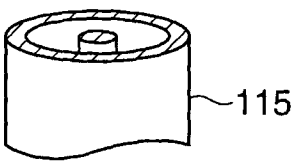

115

図2B

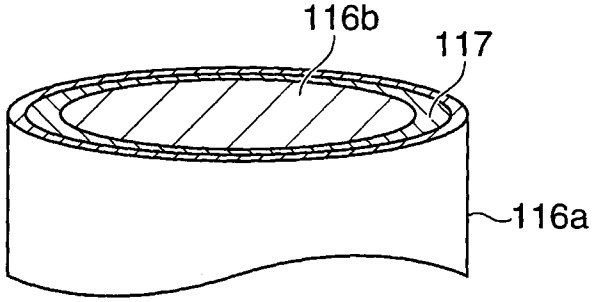

116b
117
116a

図3A

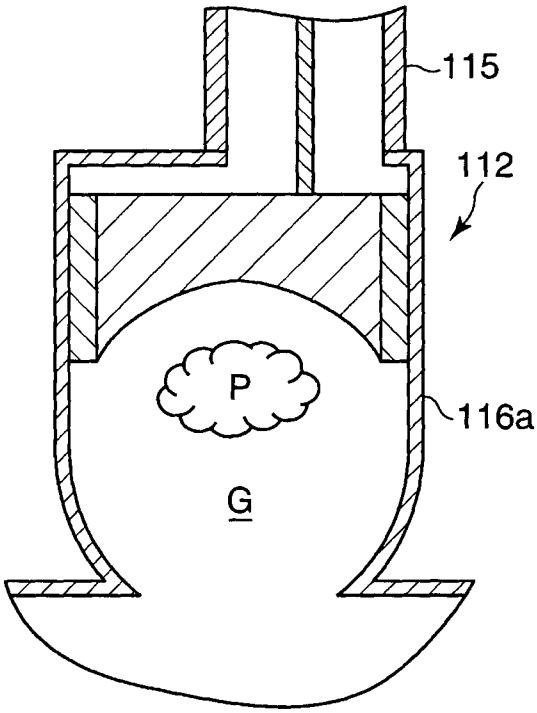


図3B

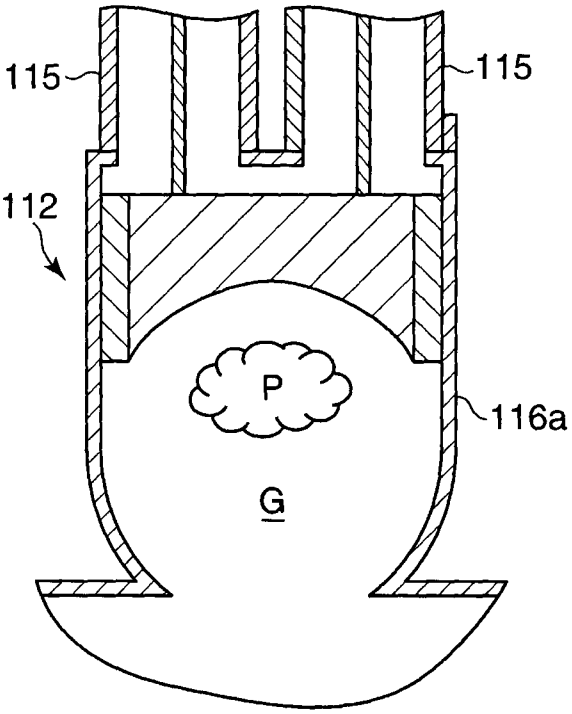


図3C

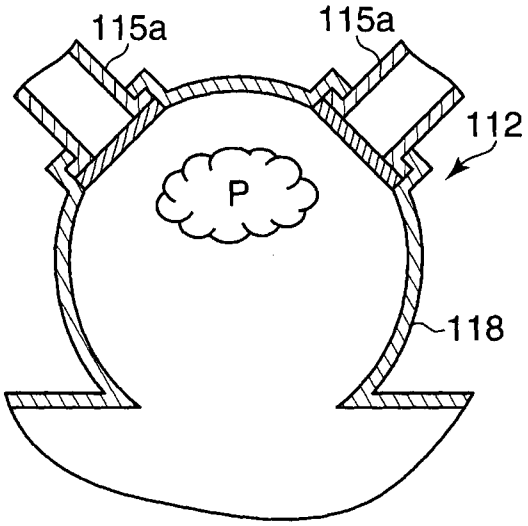


図3D

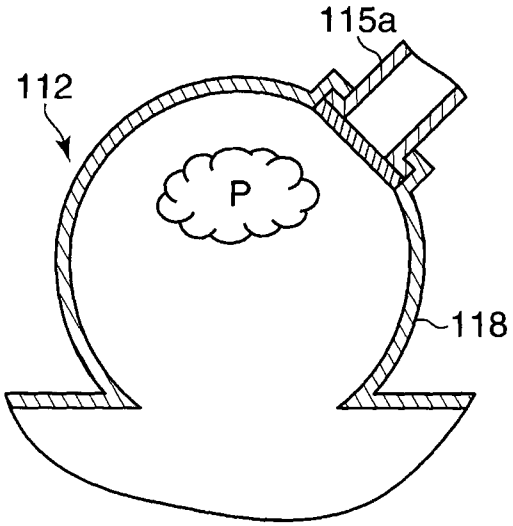


図4A

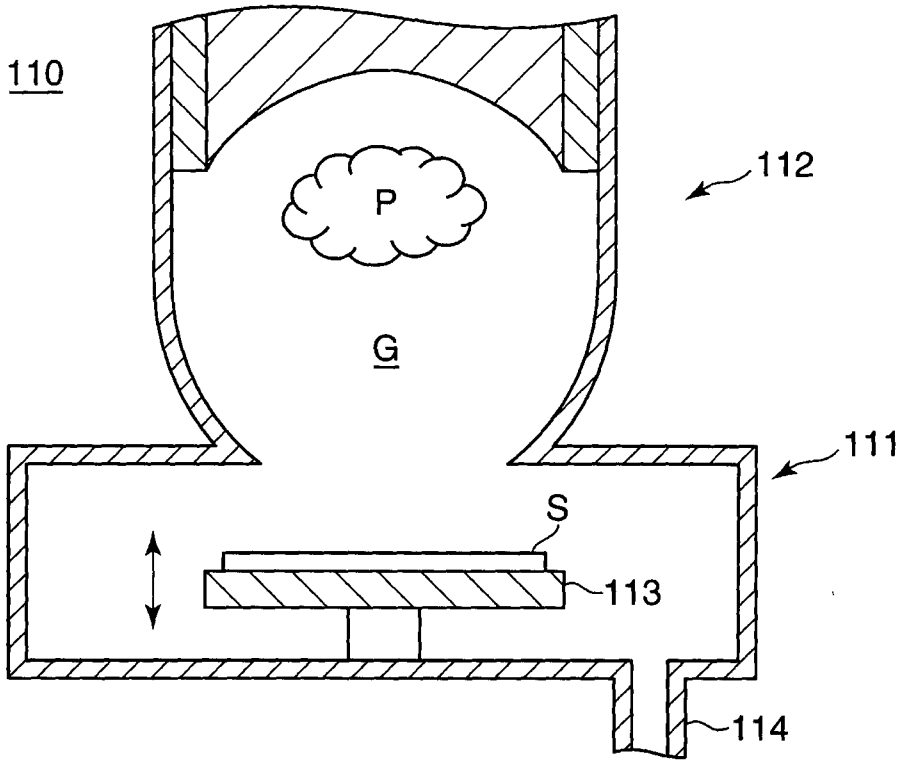


図4B

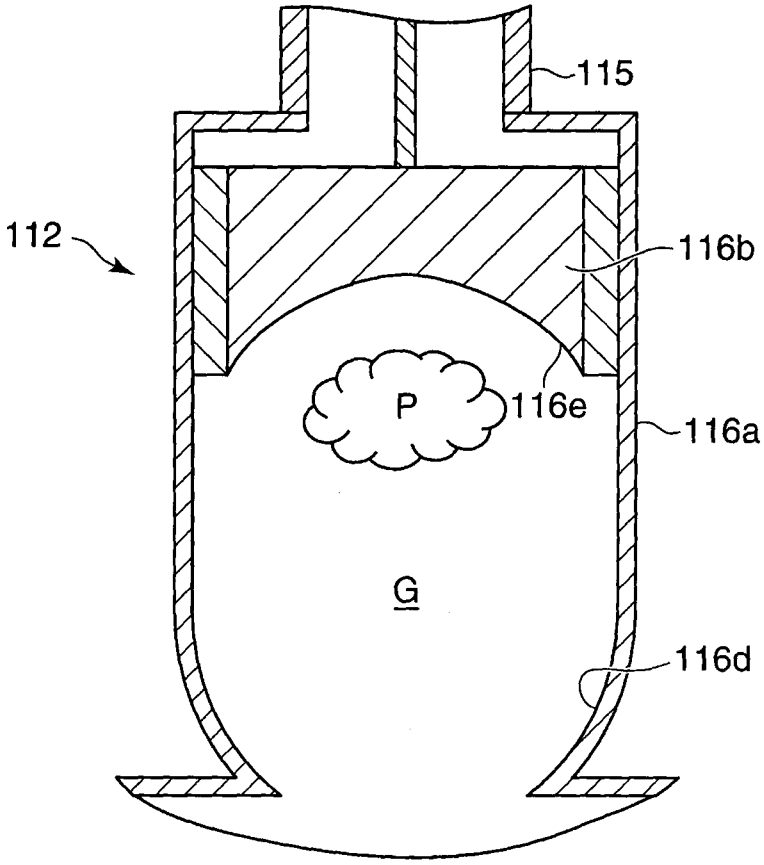


図5A

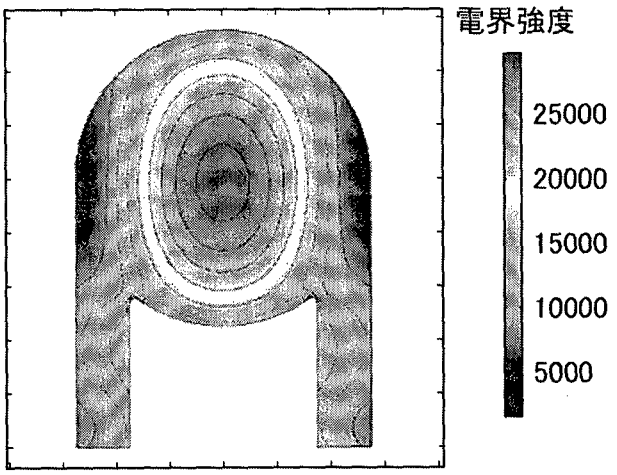

電界強度
25000
20000
15000
10000
5000

図5B

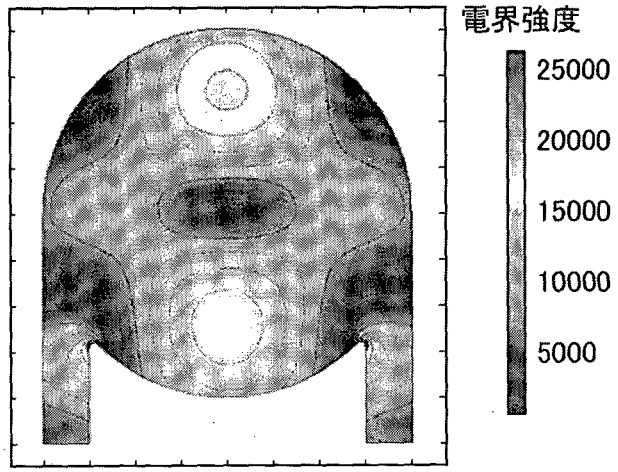

電界強度
25000
20000
15000
10000
5000

図6A

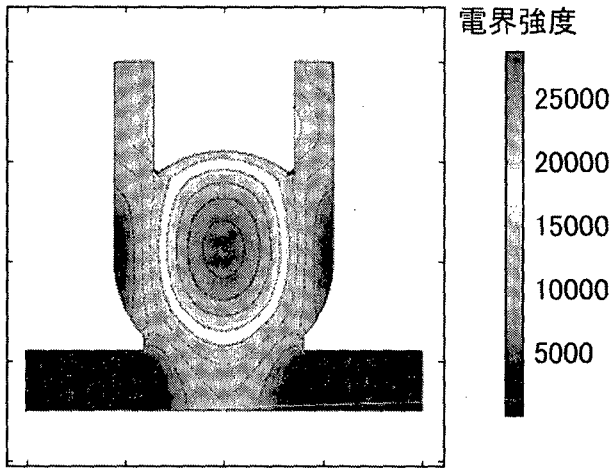

電界強度
25000
20000
15000
10000
5000

図6B

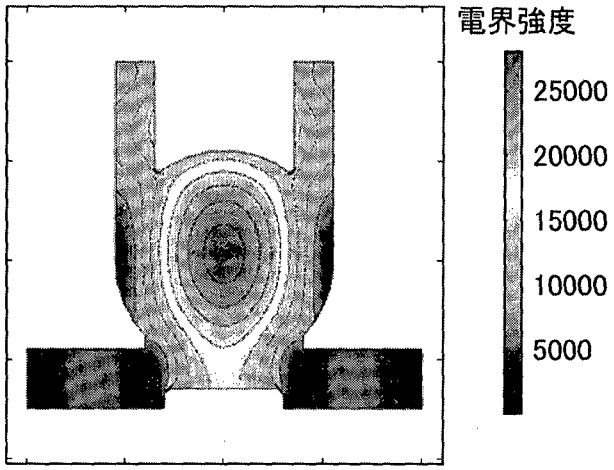

電界強度
25000
20000
15000
10000
5000

図6C

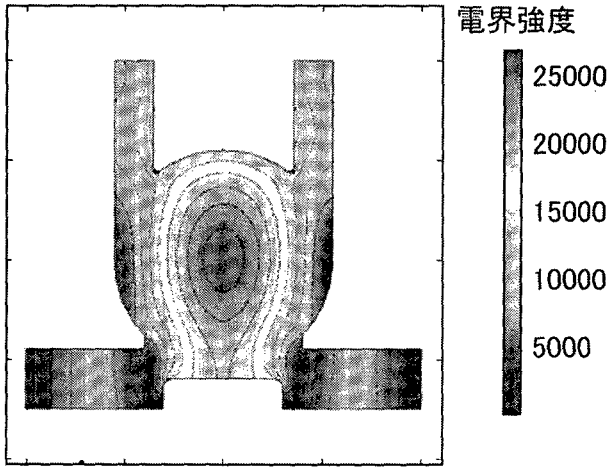

電界強度
25000
20000
15000
10000
5000

図7

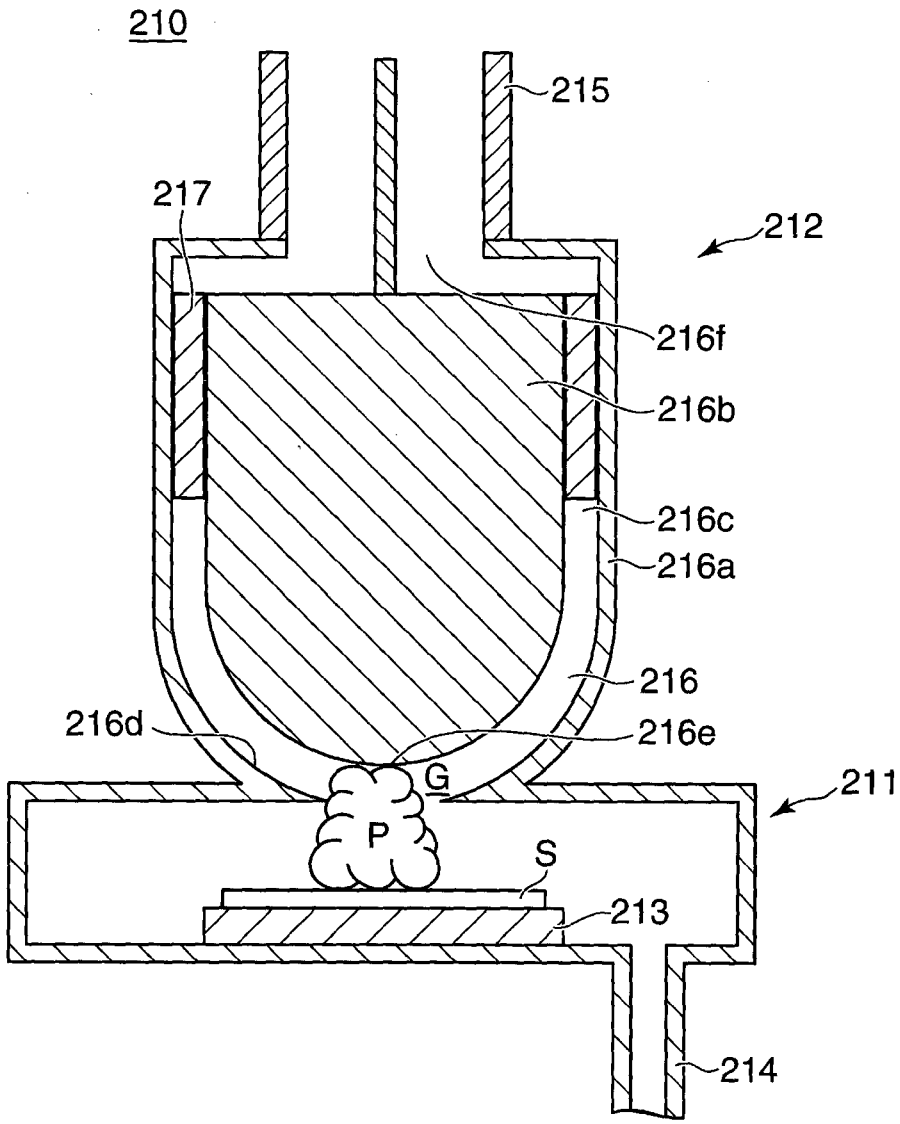

210
215
217
212
216f
216b
216c
216a
216
216d
216e
G
211
P
S
213
214

図8A

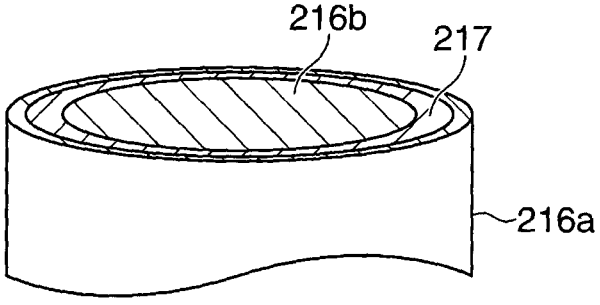

216b
217
216a

図8B

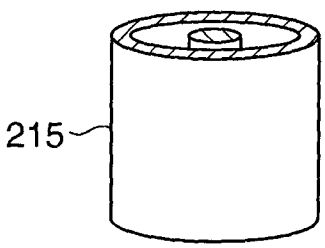

215

図9A

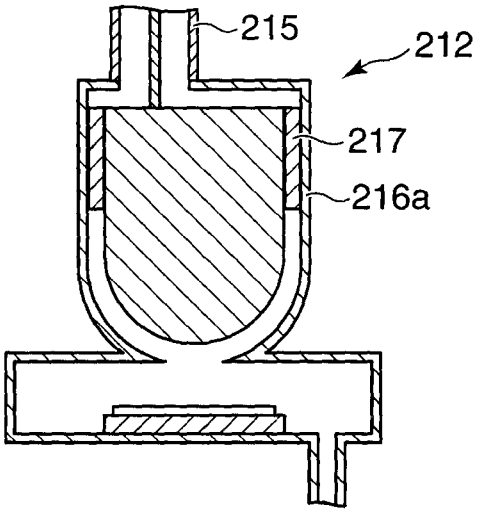


図9B

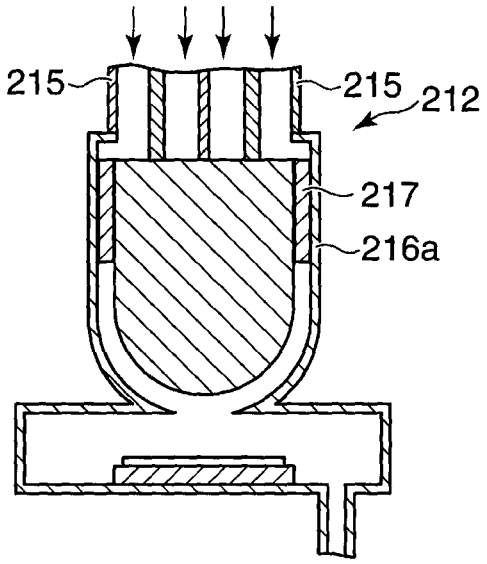


図9C

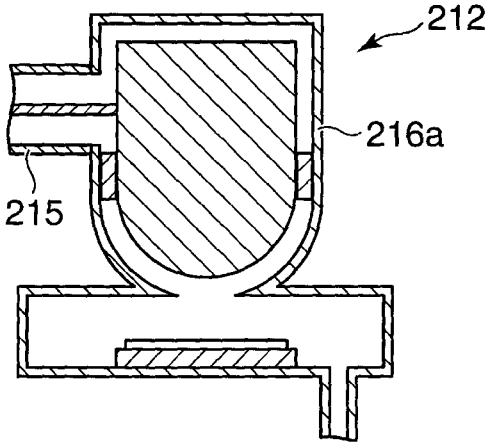


図10A

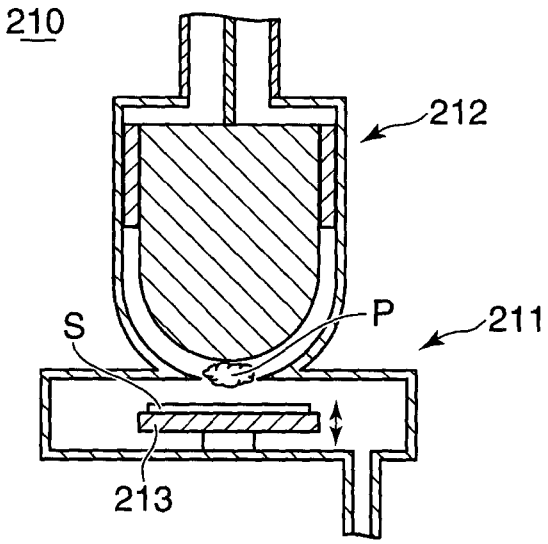


図10B

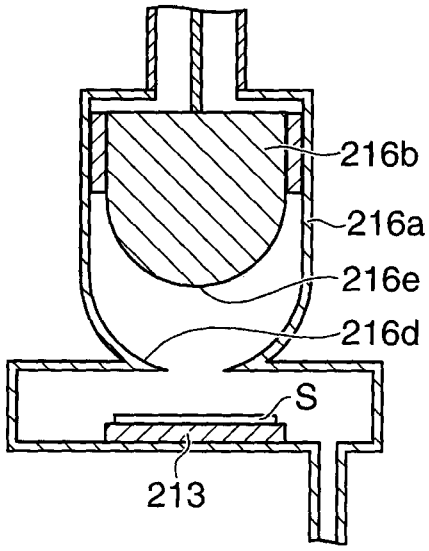


図11

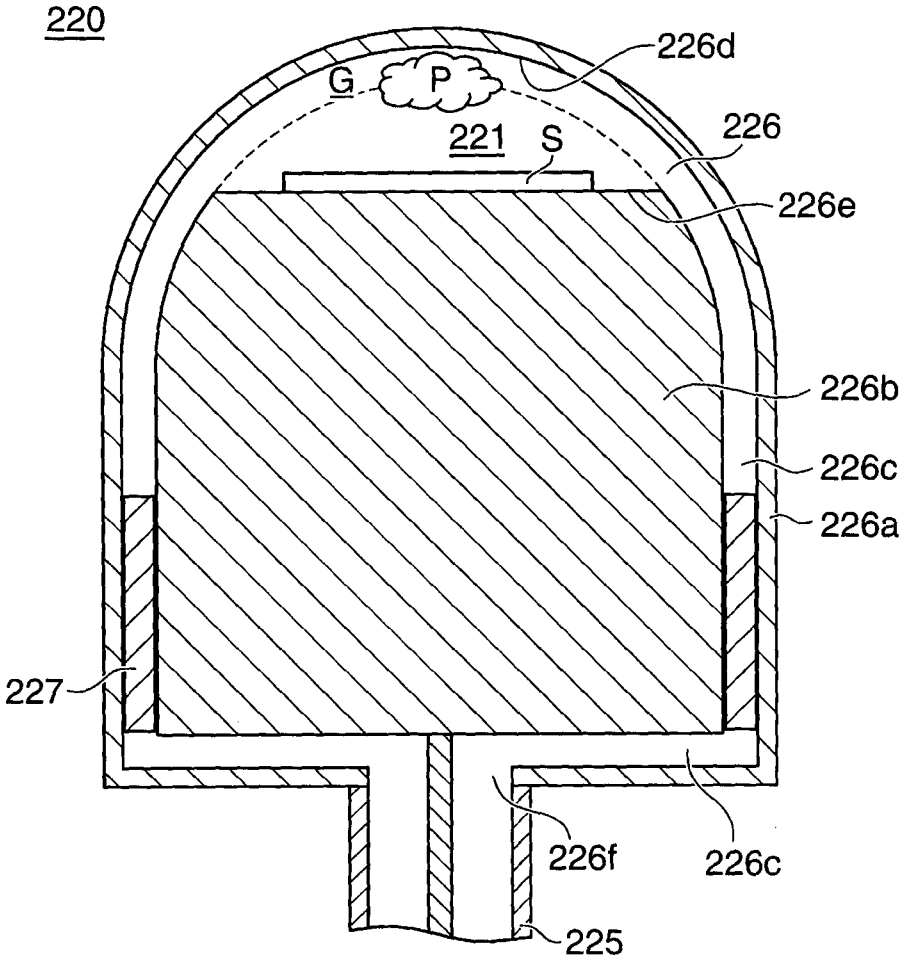


図12A

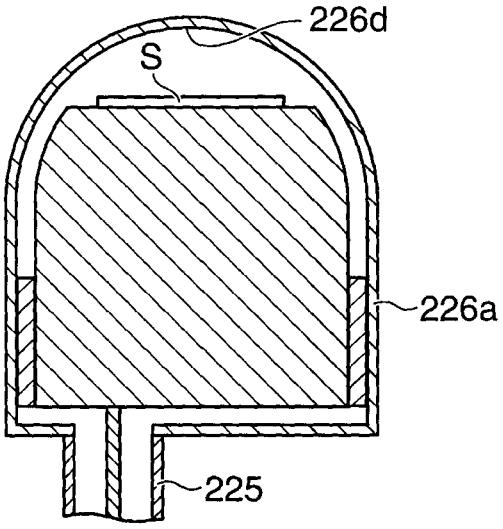


図12B

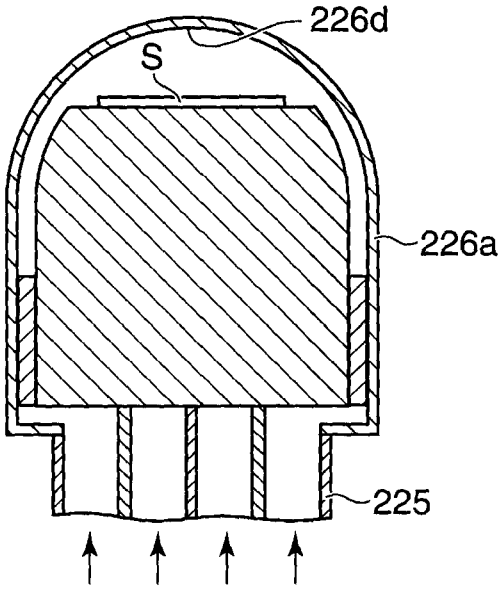


図12C

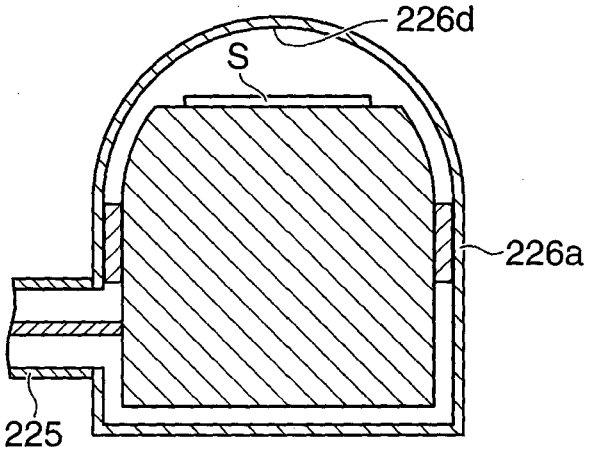


図13

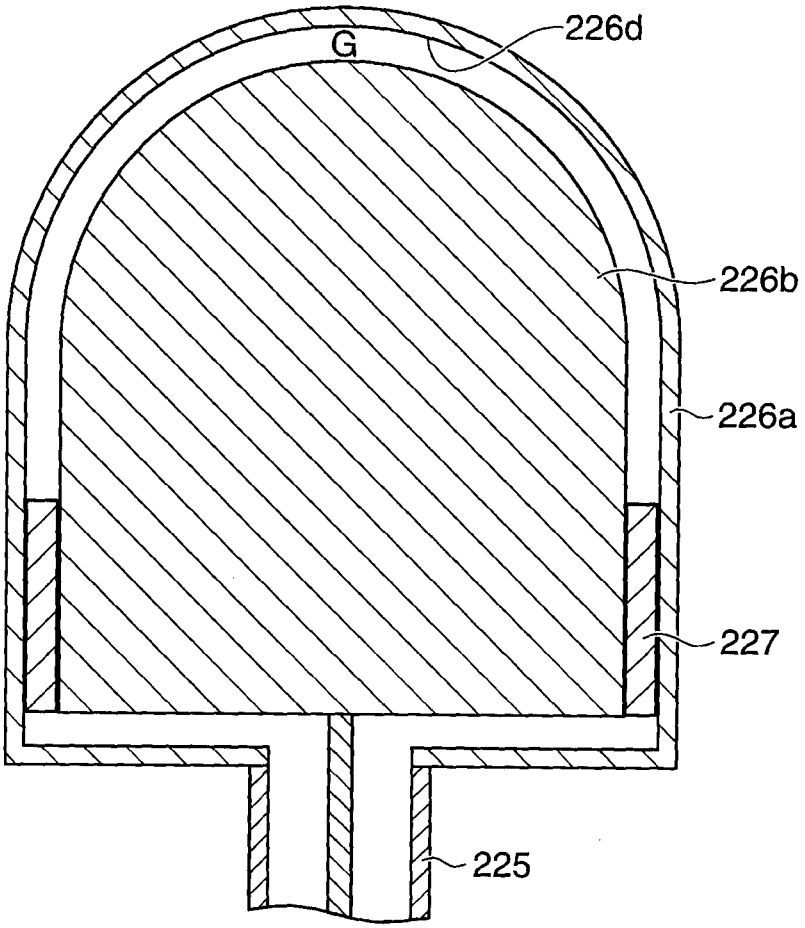


図14A

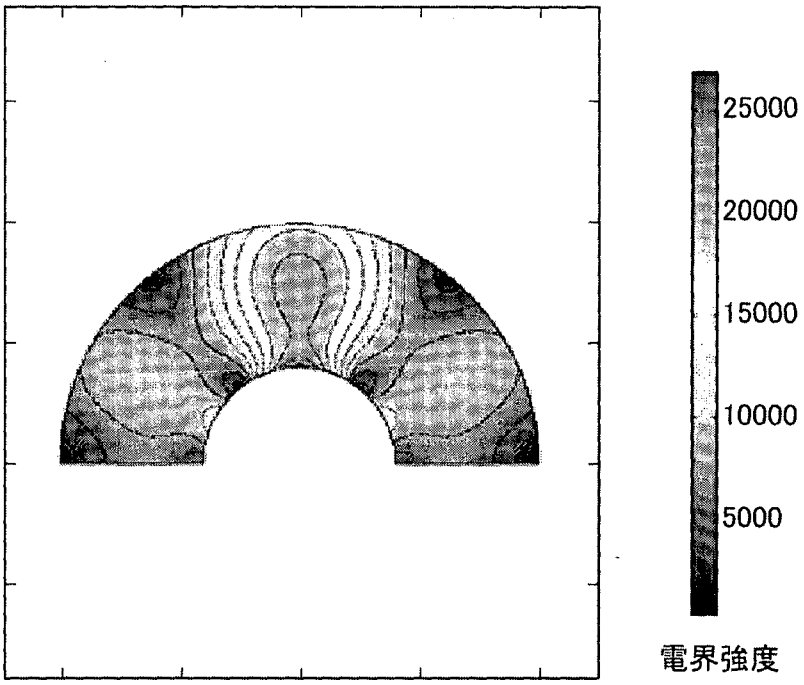

25000
20000
15000
10000
5000
電界強度

図14B

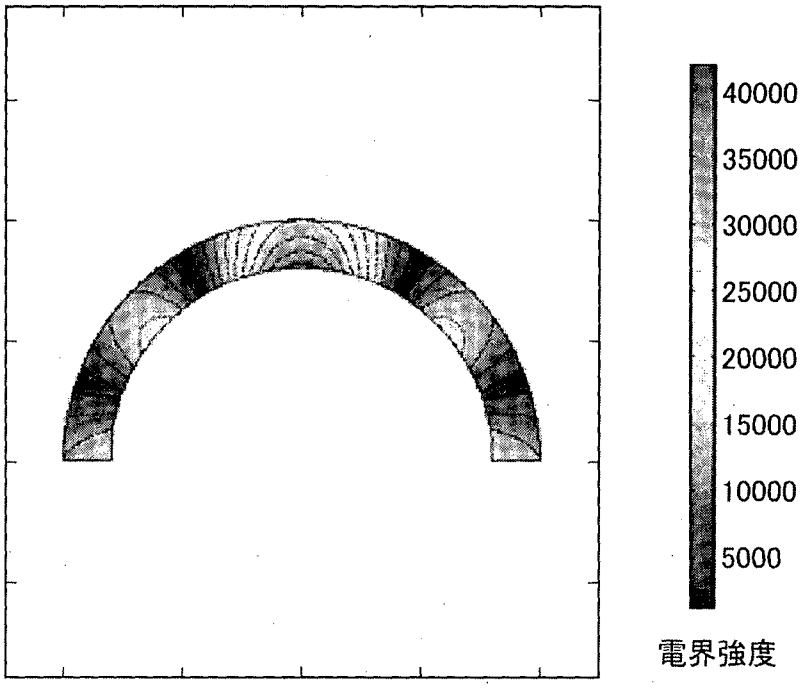

40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
電界強度

図15A

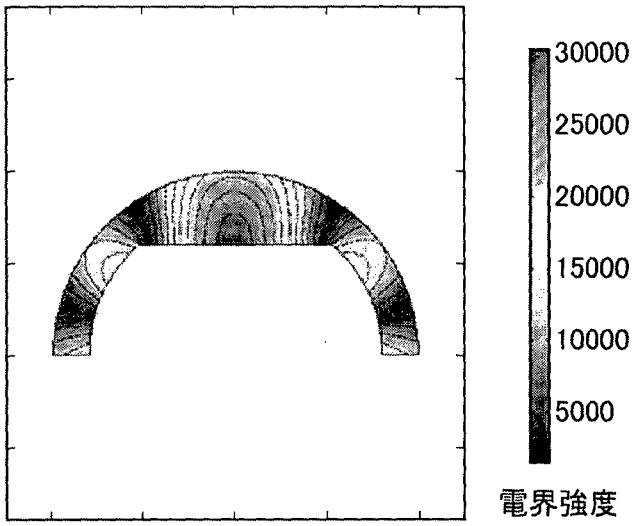


図15B

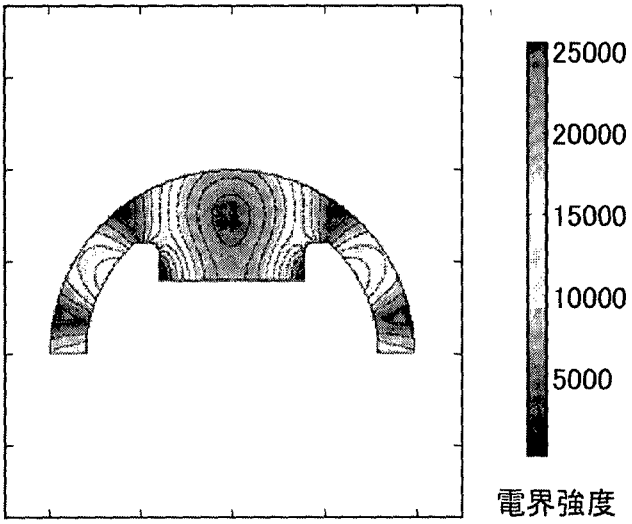


図15C

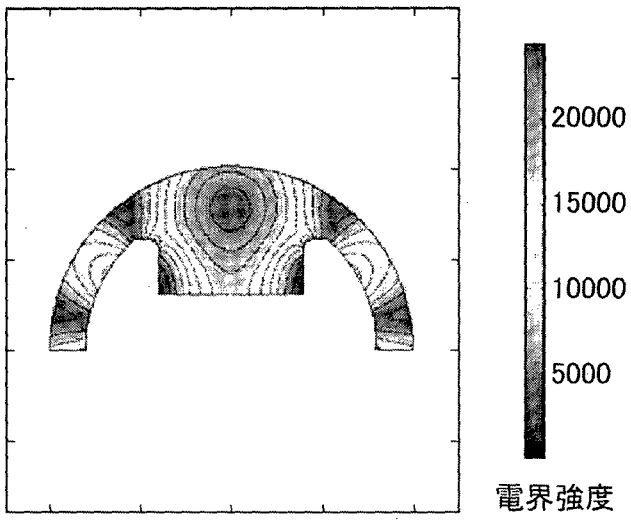


図16A

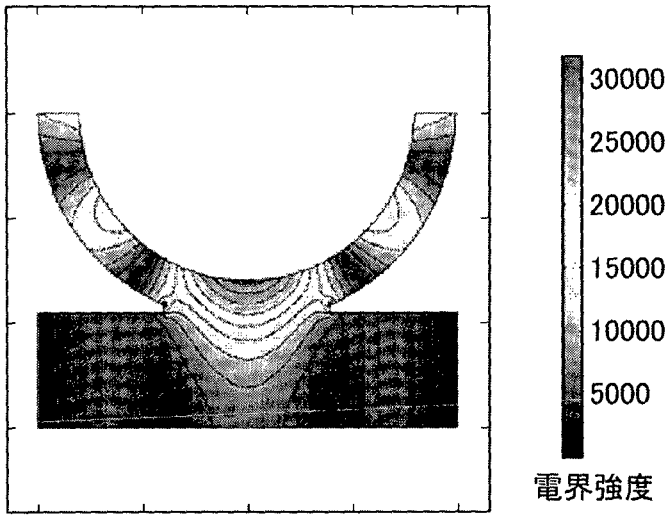


図16B

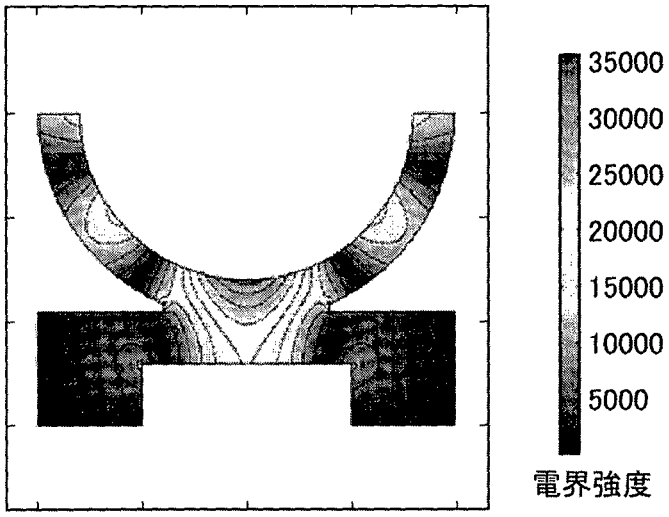


図16C

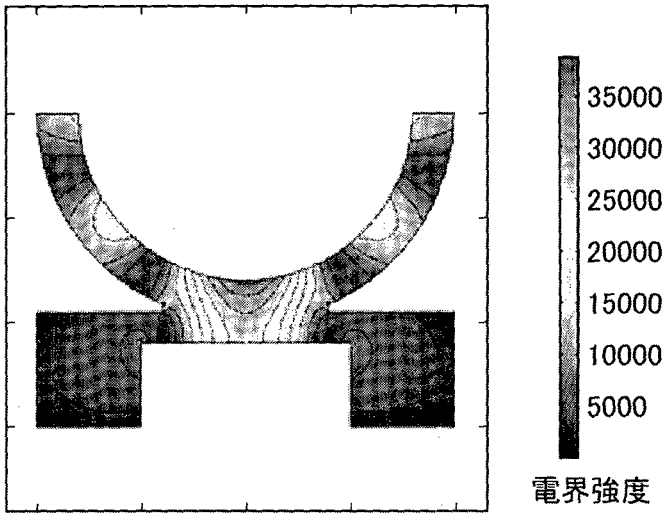


図17

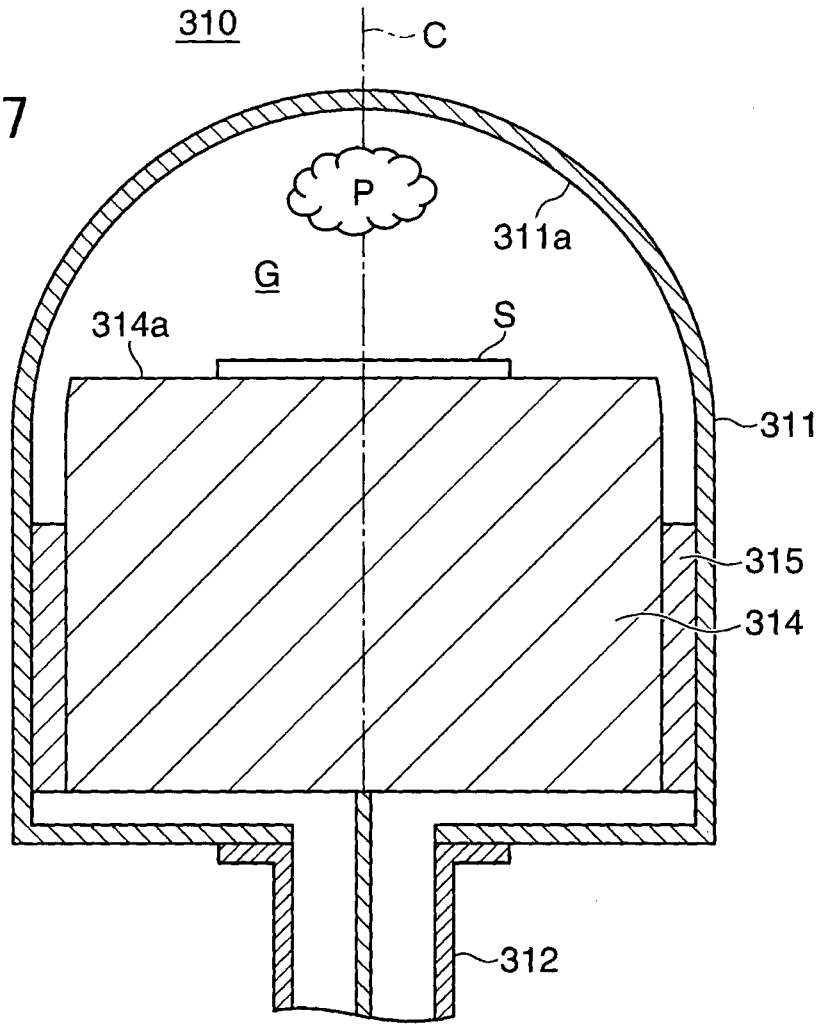


図18A

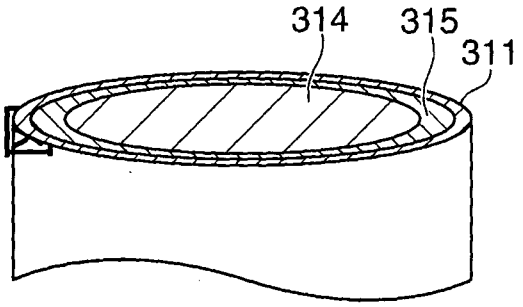


図18B

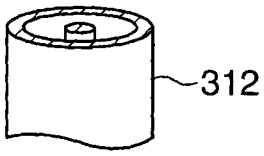


図19A

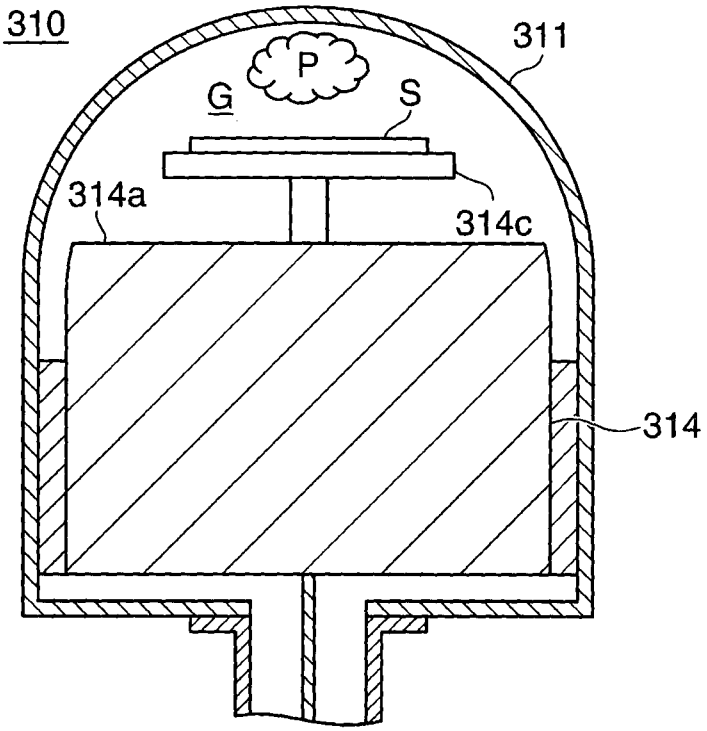


図19B

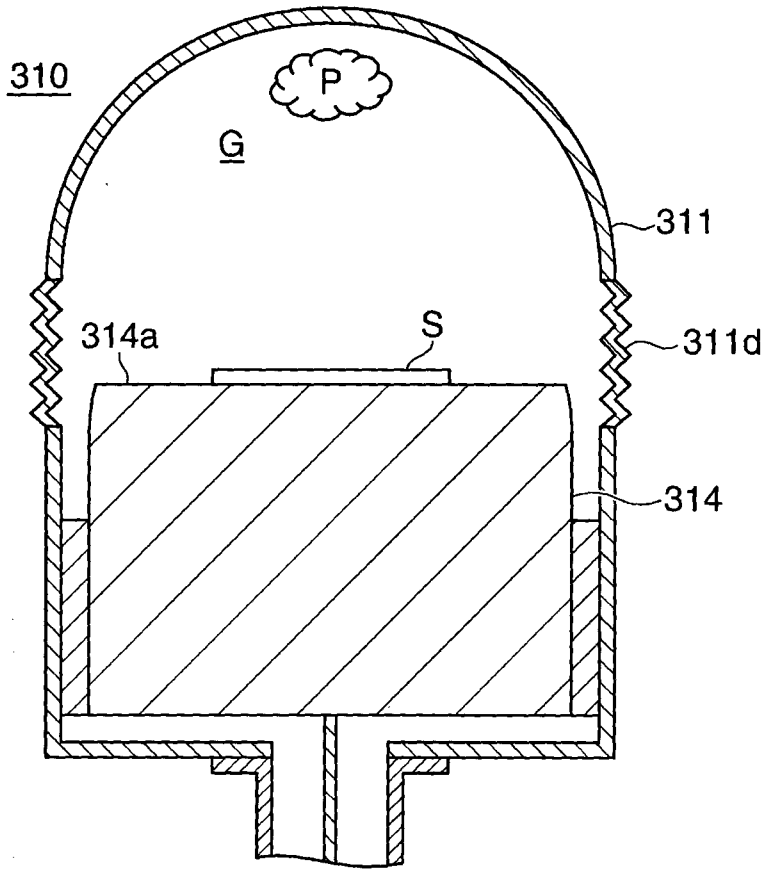


図20A

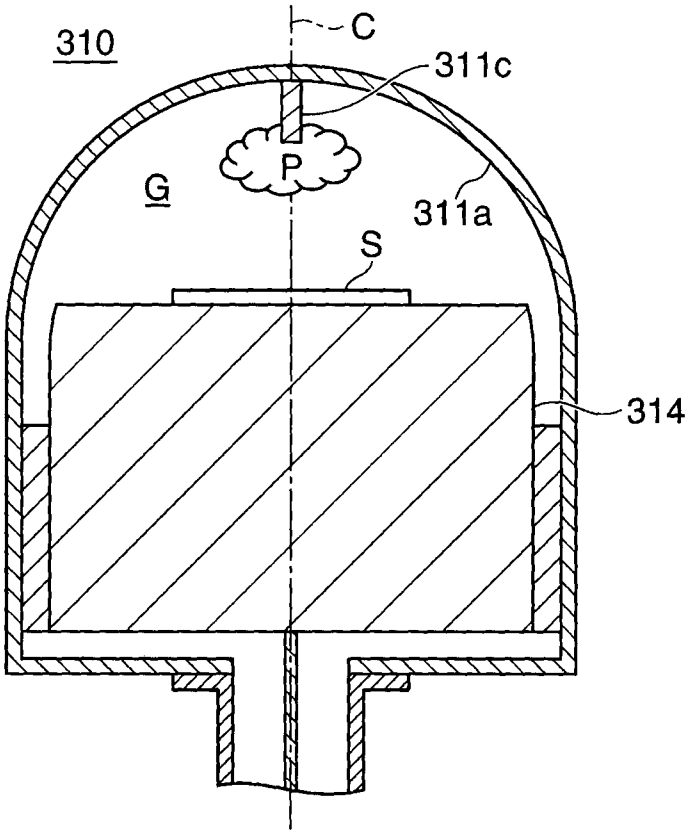


図20B

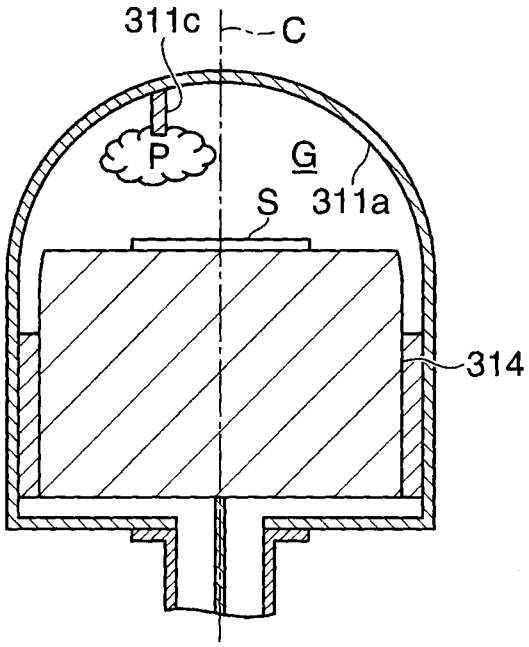


図20C

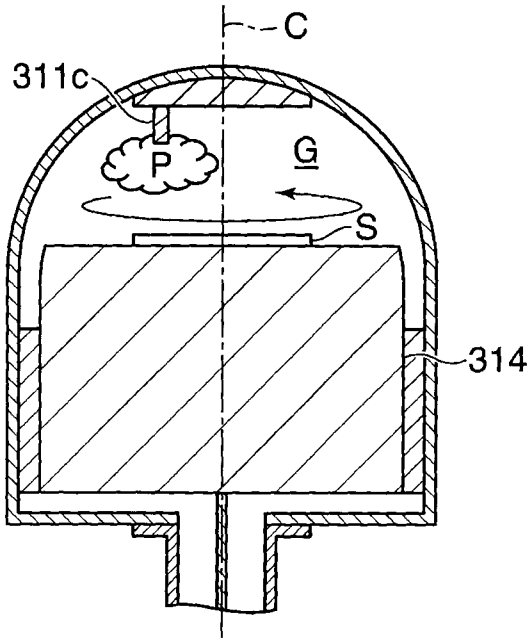


図21

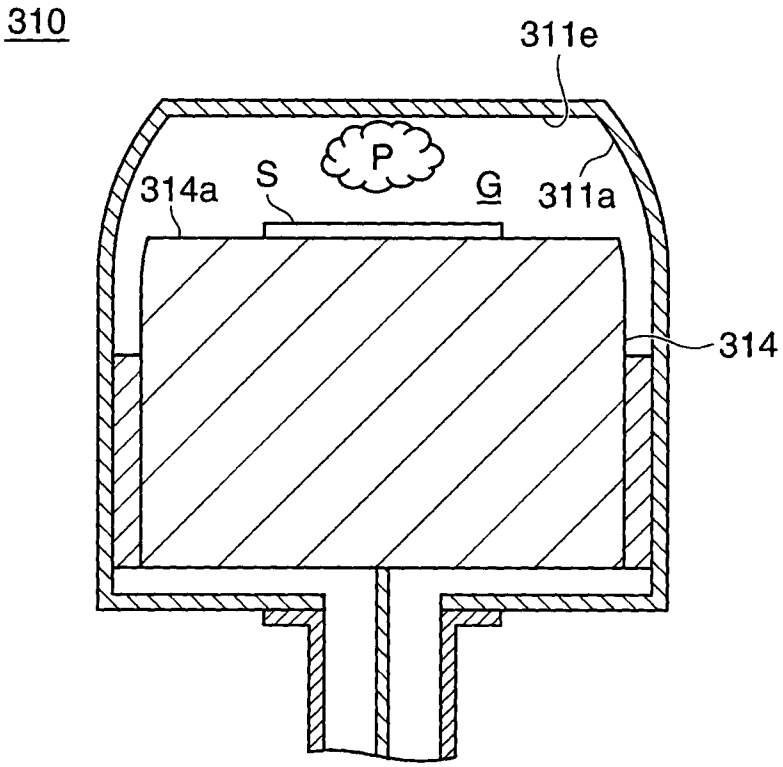


図22

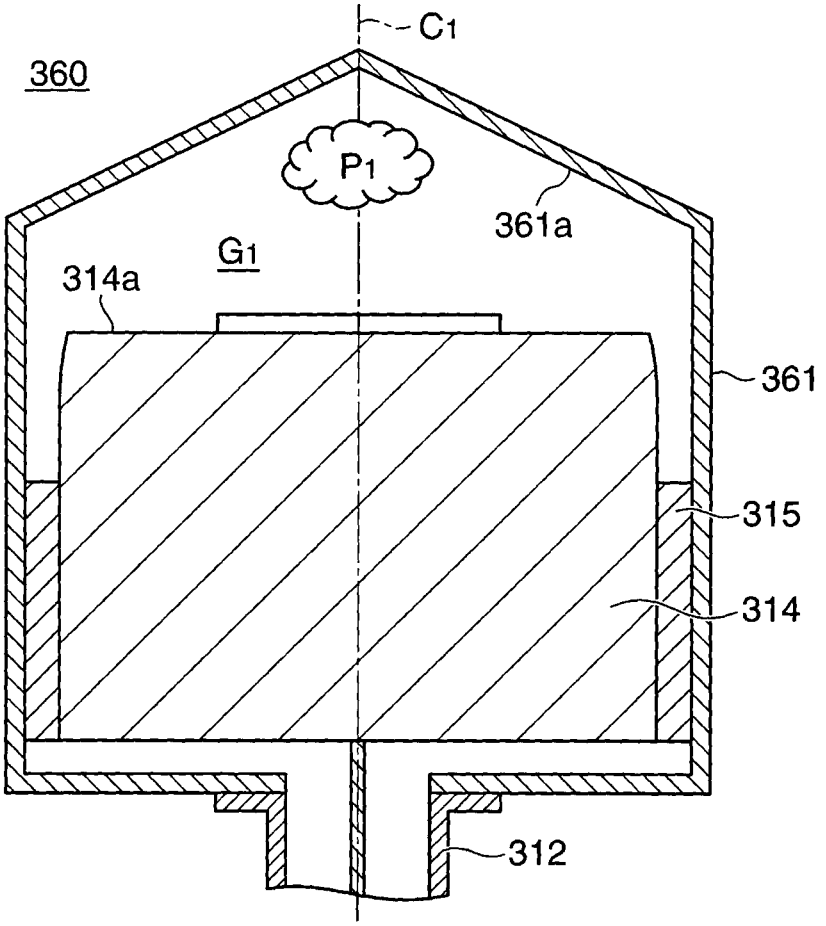

C1
360
P1
361a
G1
314a
361
315
314
312

図23

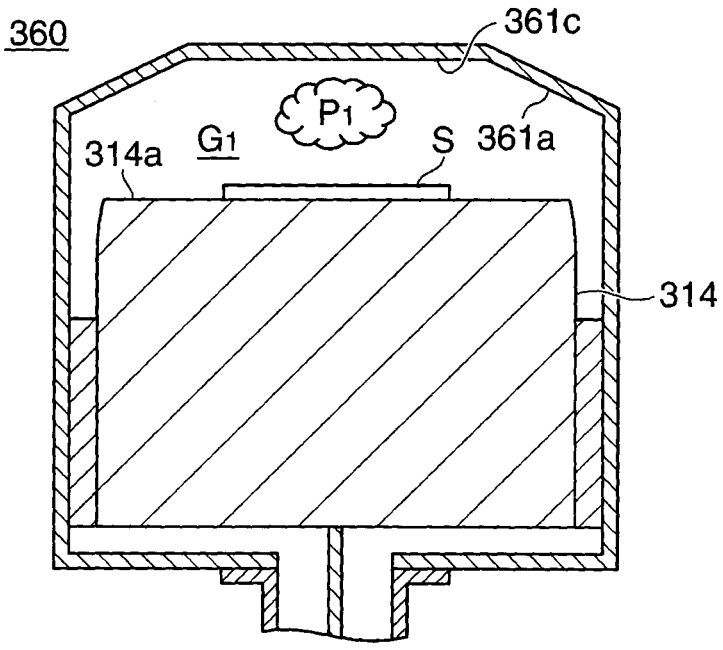

360
361c
P1
314a
G1
S
361a
314

図24A

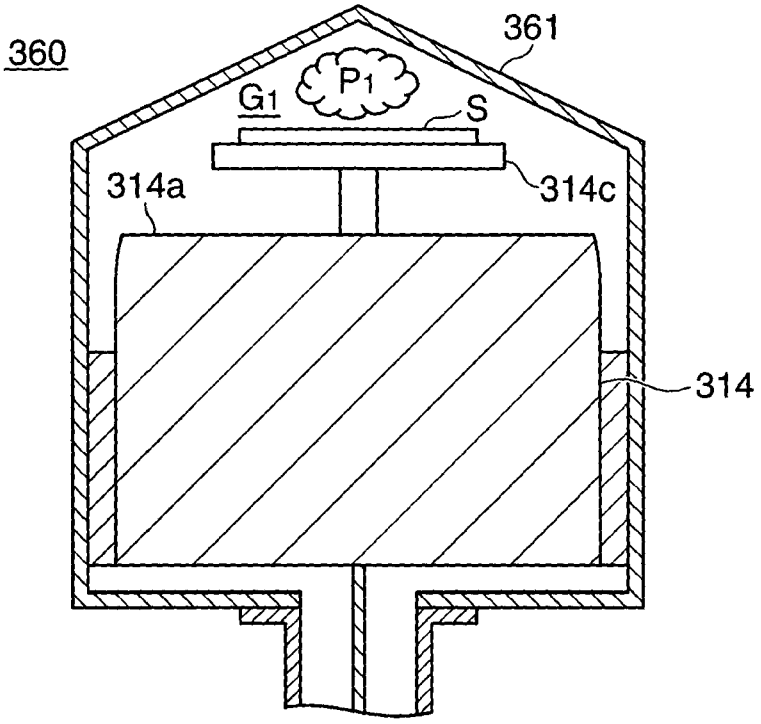


図24B

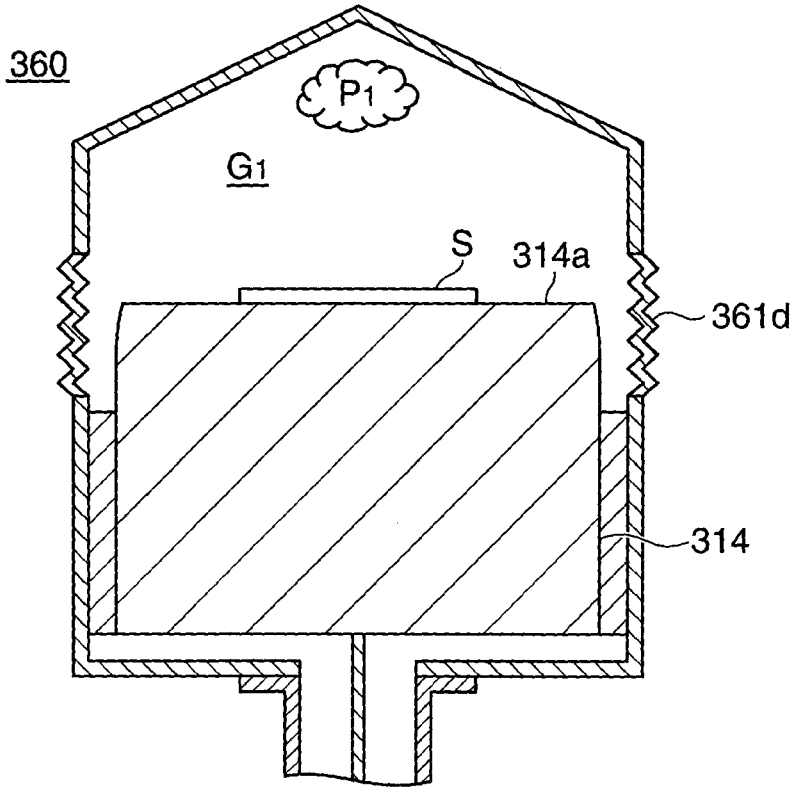


図25A

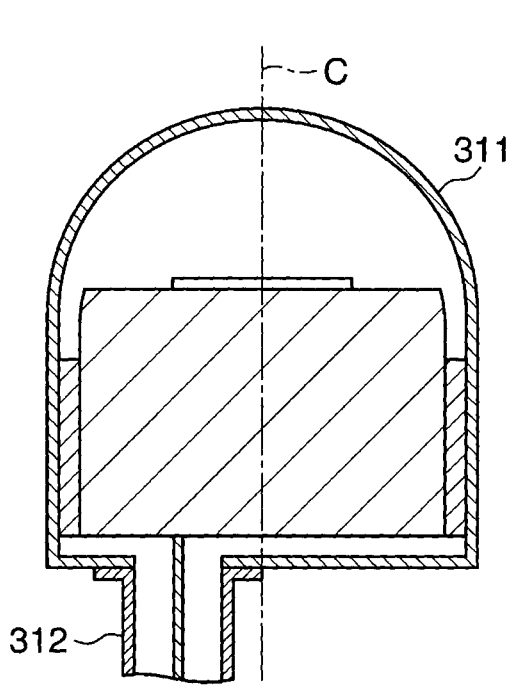


図25B

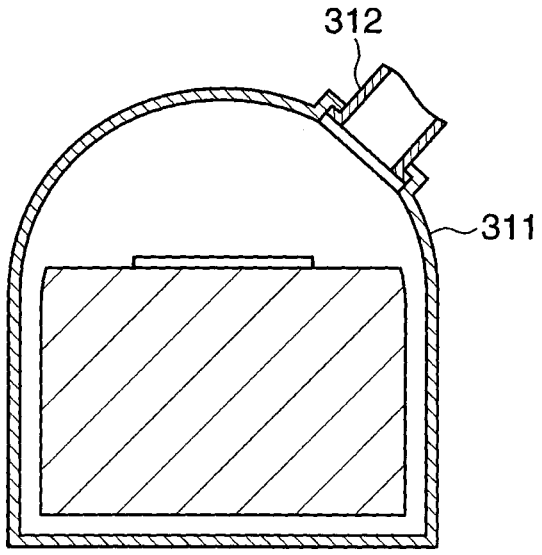


図26A

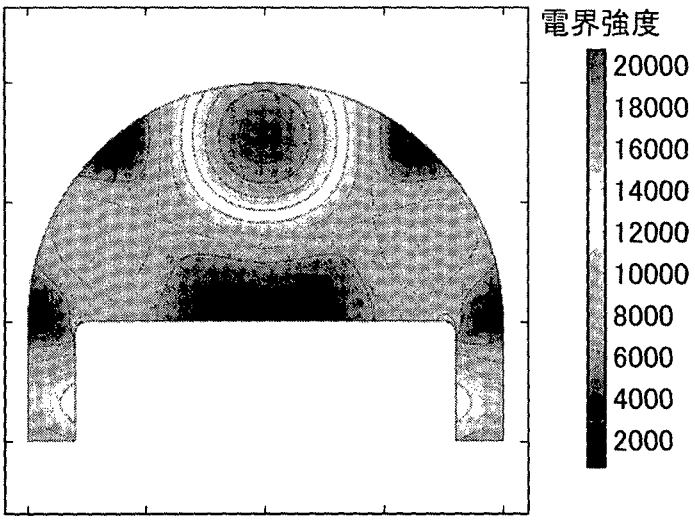


図26B

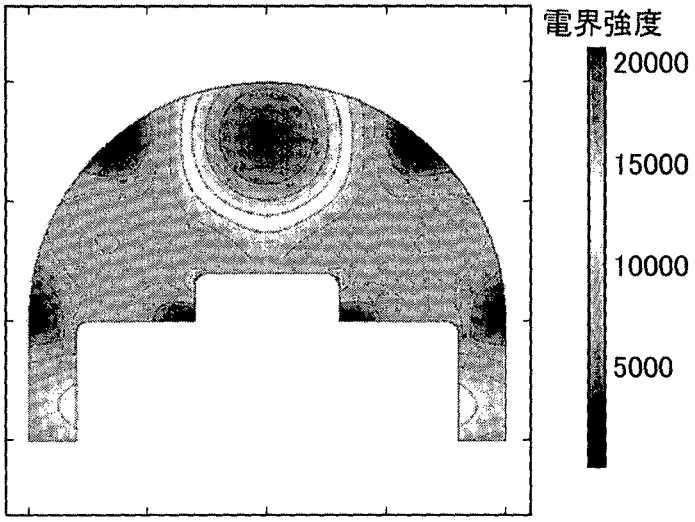


図26C

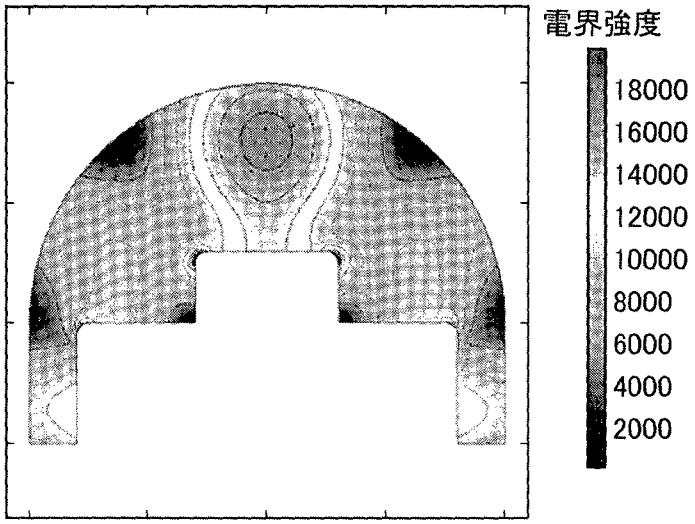


図27A

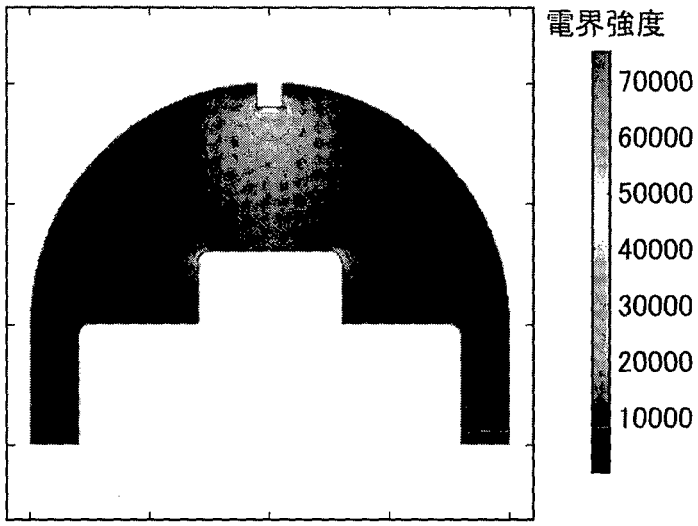


図27B

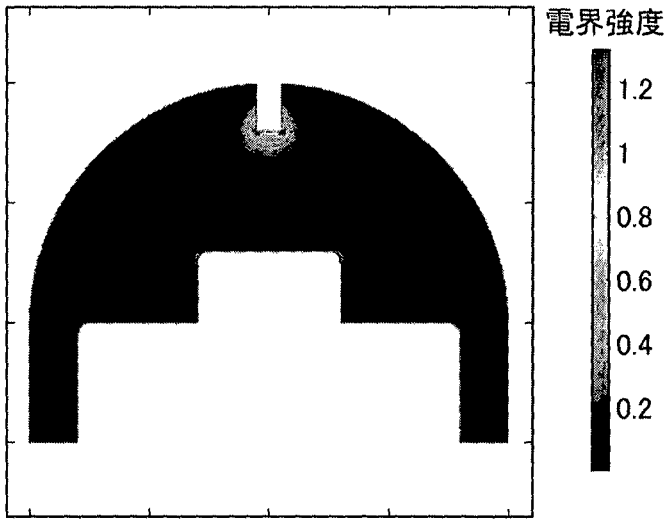


図27C

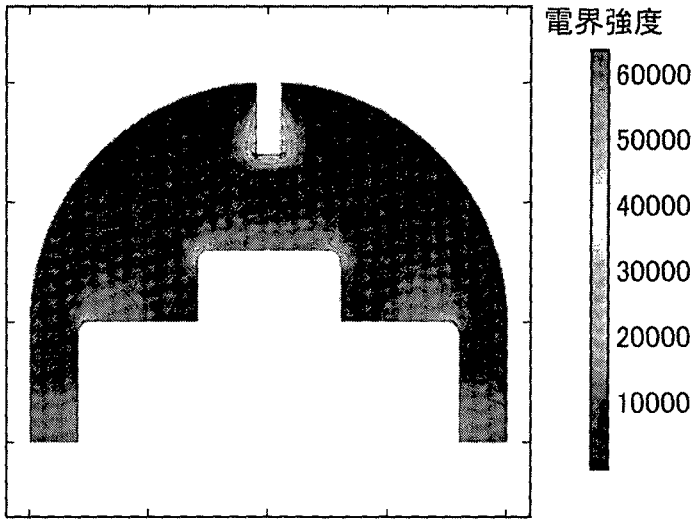


図28A

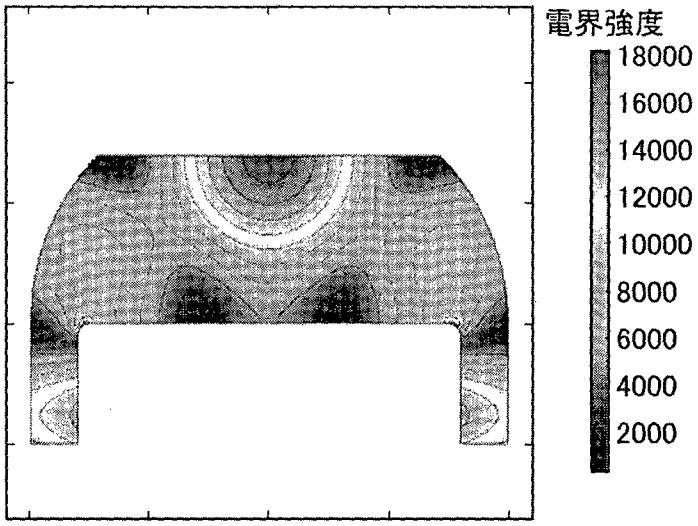


図28B

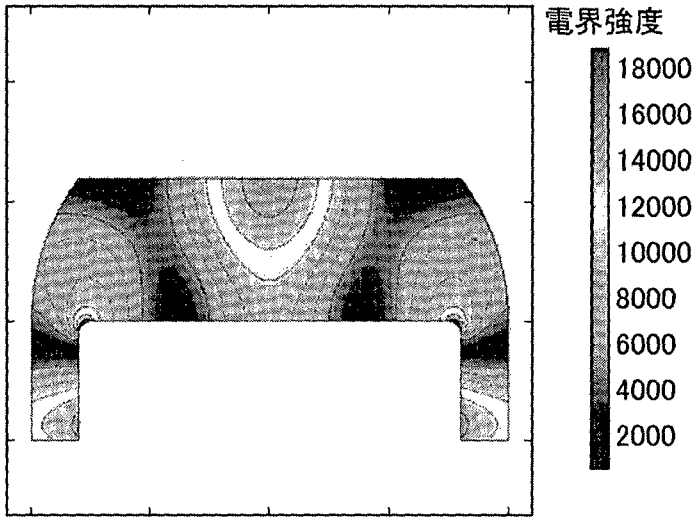


図28C

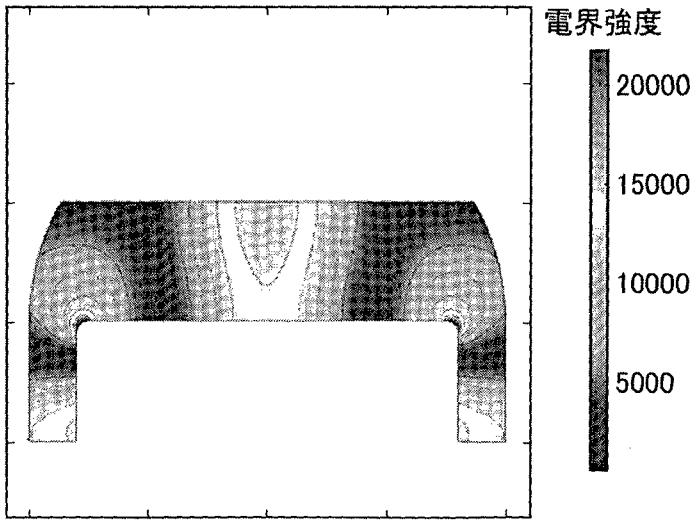


図29A

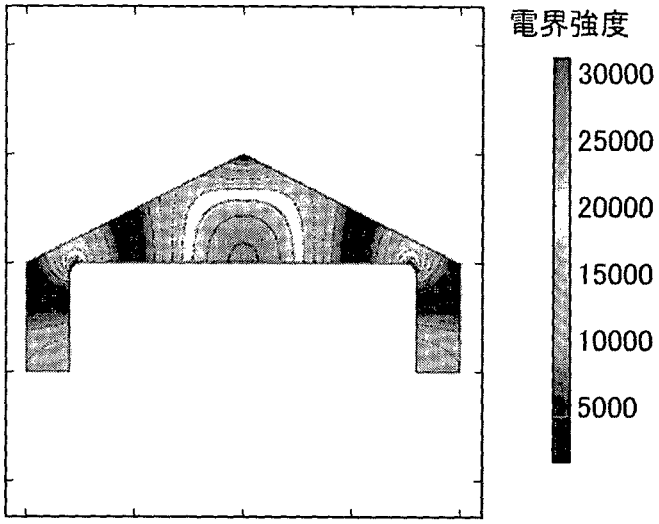


図29B

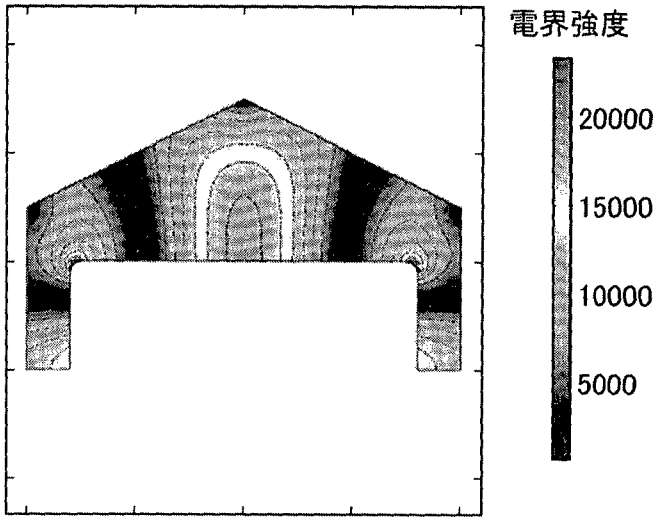


図29C

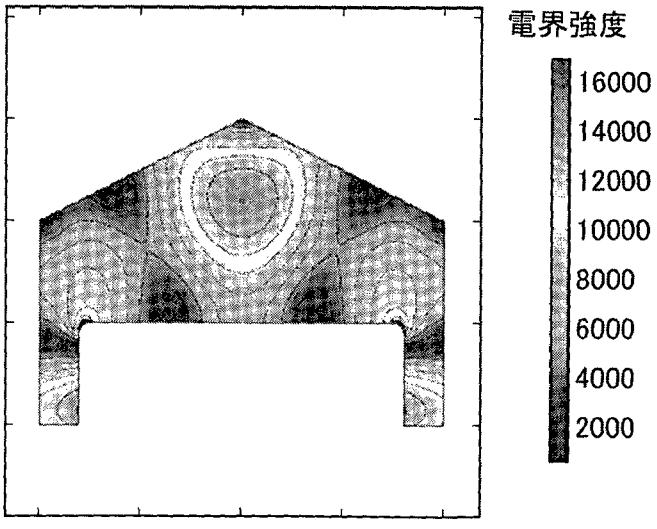


図30A

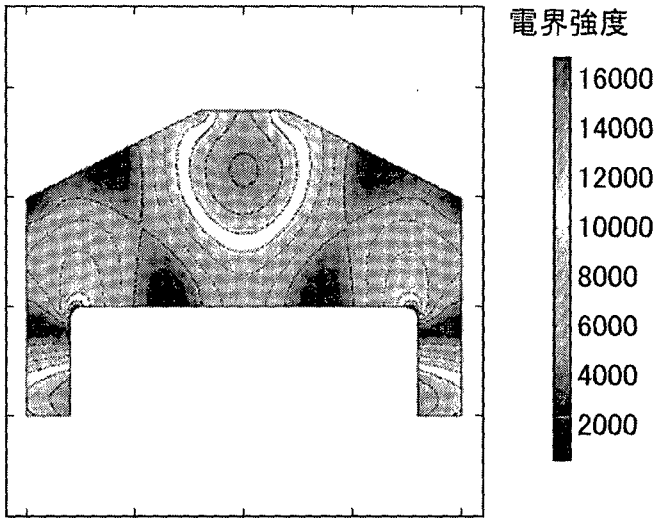


図30B

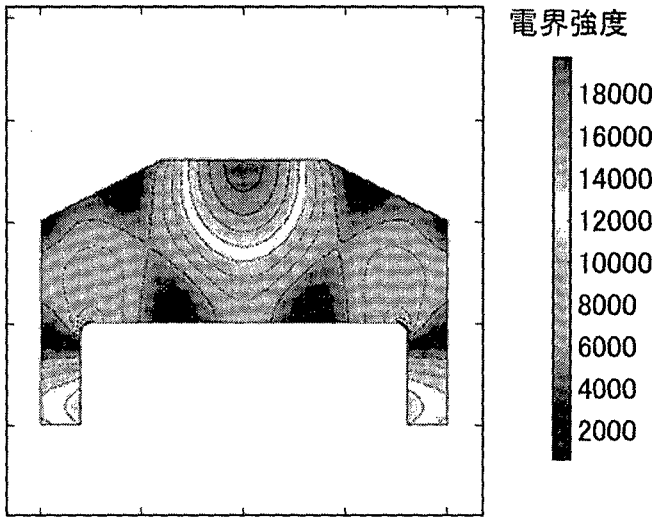


図30C

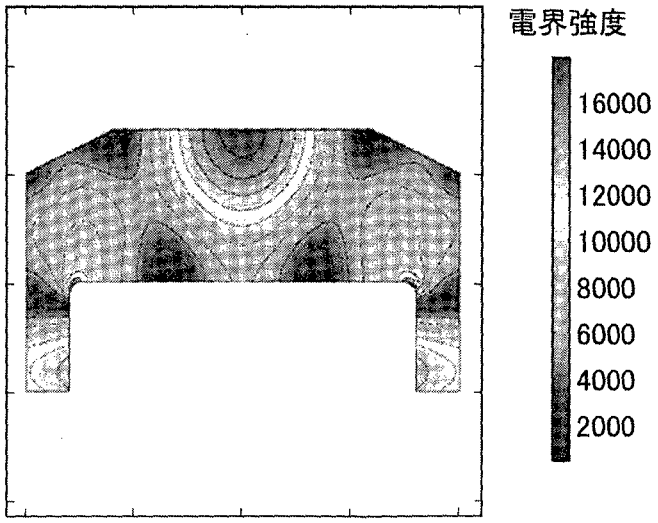
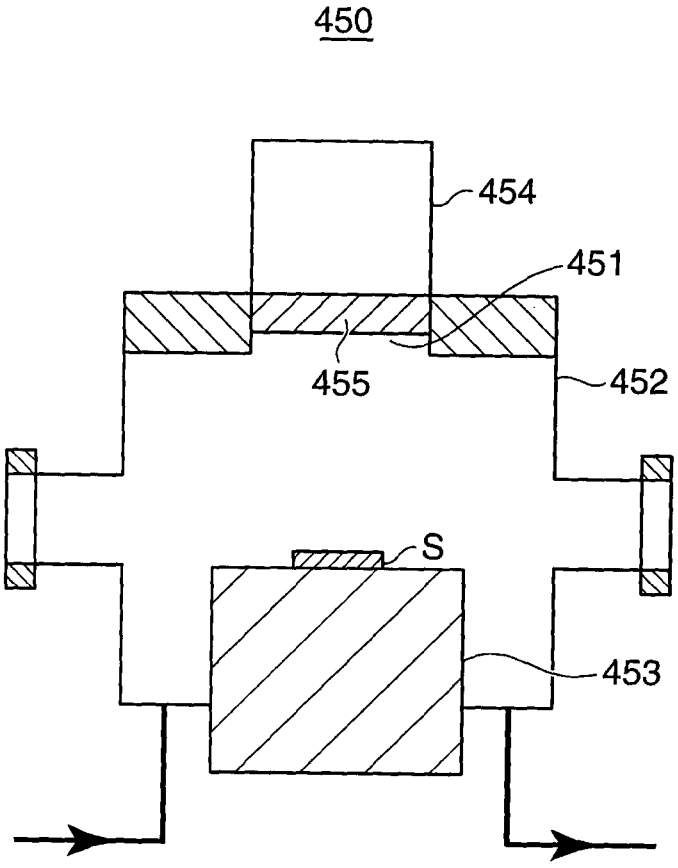


図31



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT / JP2 012 / 083181

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H05H1 / 46(2006.01)i, C23C1 6/51 1(2006.01)i, H01L21 / 205(2006.01)i,
H01 L21/30 65{2006.01)i, H01L21 /31 (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)
H05H1/46, C23C16/511, H01L21/205, H01L21/3065, H01L21/31

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1 996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

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 2006-83405 A (Ari os Inc.), 30 March 2006 (30.03.2006), paragraph s [0028] to [0047]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1, 7 2, 16
X Y	JP 10-79375 A (Japan Science and Techno logy Corp.), 24 March 1998 (24.03.1998), ent ire text ; all drawings (Family: none)	1, 15 2, 16

☐ 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, exhibnion 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 tiie 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
22 March , 2013 (22.03.13)	02 Apri l, 2013 (02.04.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japane se Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT / JP2 012 / 083181

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
The invention according to claim 1 of the present application is not found to have novelty or inventive step with respect to the cited reference 1 (JP 2006-83405 A) which is cited in the International Search Report, is not found to contribute to the art recited in the cited reference 1, and thus, does not have a special technical feature. Hence, one or more common or corresponding special technical features are not included in the inventions according to claims 1—17, and unity of invention cannot be found therein. (Continued on extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1, 2, 7, 15, and 16.

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

With respect to the invention according to claim 1 and the inventions according to claims 2, 7, 15, and 16, which are associated to form a general unified inventive concept with the invention according to claim 1 (a "plasma generation device" comprising a "wave guide tube", a "dielectric window", and a "plasma generation chamber", the shape of said "plasma generation chamber" being "spherical"), it is possible to treat these as a single group of inventions and classify these as a portion relating to the invention (the primary invention) which is initially recited in the claims.

国際調査報告

国際出願番号 PCT／JP2012/083181

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H05HI/46 (2006. 01) i , C23C16/51 1 (2006. 01) i , H01L21/205 (2006. 01) i, H01L21/3065 (2006. 01) i, H01L21/31 (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. H05H1/46, C23C16/51 1, H01L21/205, H01L21/3065, H01L21/31

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－
日本国公開実用新案公報	1971－2
日本国実用新案登録公報	1996－
日本国登録実用新案公報	1994－2

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 2006-83405 A (アリオス株式会社) 2006. 03. 30, 段落 0028-0047, 図 1-2 (ファミリーなし)	1, 7 2, 16
X Y	JP 10-79375 A (科学技術振興事業団) 1998. 03. 24, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 15 2, 16

☐ 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
22. 03. 2013	02. 04. 2013

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） 2I 9216
山口 敦司
電話番号 03-3581-1101 内線 3273

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2012/083181

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT 17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、

2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

この出願の請求項1に係る発明は、国際調査報告で引用された文献1 (JP 2006-83405 A) から新規性・進歩性が認められず、文献1に記載された技術に対して貢献をしているとはいえないから、特別な技術的特徴を有しない。したがって、請求項1-17に係る発明の間には、一以上の同一又は対応する特別な技術的特徴が含まれず、発明の単一性を認めることができない。

なお、請求項1に係る発明およびこれと単一の一般的発明概念 (「プラズマ生成装置」せ 「導波管」と 「誘電体窓」と 「プラズマ生成室」を有し、この 「プラズマ生成室」の形状が 「球状」である。) を形成するように連関している請求項2,7,15-16に係る発明については、一群の発明とみなして請求の範囲に最初に記載されている発明 (「主発明」) に係る部分として区分できる。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。

2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。

4. ☑ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

請求項 1-2,7,15-16

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。

☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。