(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
2010 年 5 月 6 日(06.05.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/050169 A1

(51) 国際特許分類:
*H05H 1/24* (2006.01) *H01L 21/205* (2006.01)
*C23C 16/50* (2006.01) *H01L 21/3065* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2009/005629

(22) 国際出願日: 2009 年 10 月 26 日(26.10.2009)

(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 2008-277621 2008 年 10 月 29 日(29.10.2008) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 積水化学工業株式会社 (SEKISUI CHEMICAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5308565 大阪府大阪市北区西天満２丁目４番４号 Osaka (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 竹内裕人 (TAKEUCHI, Hiroto) [JP/JP]; 〒6018105 京都府京都市南区上鳥羽上調子町２―２積水化学工業株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 渡辺昇, 外 (WATANABE, Noboru et al.); 〒1020074 東京都千代田区九段南３丁目７番７号、九段南グリーンビル３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, 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, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

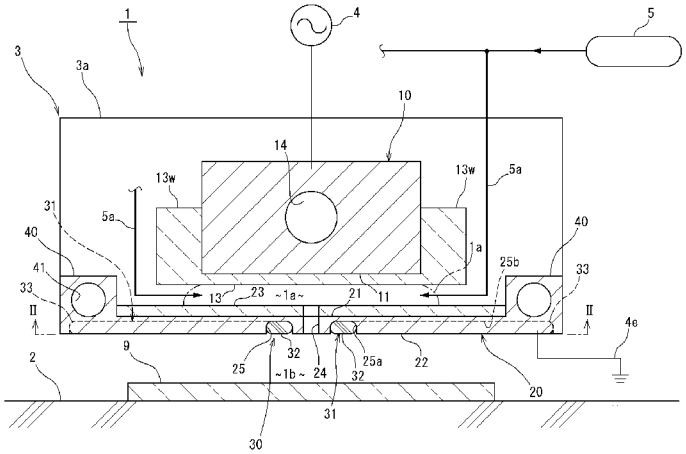
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, 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)）

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

(54) 発明の名称 : プラズマ処理装置

[図1]




(57) **Abstract**: A plasma processing device can be cooled without increasing the thickness of its electrodes in order to improve the processing efficiency. A discharge space (1a) is formed between a first discharge surface (11) of a first electrode (10) and a second discharge surface (21) of a second electrode (20) of the plasma processing device (1). The processing surface (22) of the second electrode (20) is faces an object to be processed (9). The second electrode (20) is provided with a heat transfer means (30). The thermal conductivity of the heat transfer means (30) is higher than that of the second electrode (20), and heat is transferred from the inner part to the peripheral part of the second electrode (20) by the temperature difference between the inner part and the peripheral part of the second electrode (20). The heat transfer means (30) is preferably constructed using a heat pipe (31).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2010/050169 A1

プラズマ処理装置の電極を厚くすることなく冷却できるようにし、処理効率を良好にする。　プラズマ処理装置１の第１電極１０の第１放電面１１と第２電極２０の第２放電面２１との間に放電空間１ａを形成する。第２電極２０の処理面２２を被処理物９に対向させる。第２電極２０に熱輸送手段３０を設ける。熱輸送手段３０は、第２電極２０より伝熱性が高く、第２電極２０の内側部と外周部との間の温度差によって、熱を第２電極２０の内側部から外周部へ輸送する。熱輸送手段３０は、好ましくはヒートパイプ３１で構成される。

# 明　細　書

## 発明の名称 ： プラズマ処理装置

## 技術分野

[0001] 本発明は、プラズマ処理装置に関し、特に電界印加電極と被処理物との間に接地電極が介在されたプラズマ処理装置に関する。

## 背景技術

[0002] 例えば、特許文献１のプラズマ処理装置には、上下に対向する一対の電極が設けられている。上側の電極は電源が接続されて電界印加電極となっている。下側の電極は電気的に接地され、接地電極となっている。これら電極の対向面には、放電を安定させるための固体誘電体が設けられている。電極間に電界が印加され大気圧グロー放電が生成されるとともに処理ガスが導入されプラズマ化される。下側の接地電極には、スリット状の吹き出し口が形成されている。この吹き出し口から上記処理ガスが下方へ吹き出される。接地電極の下方には被処理物が配置されている。この被処理物に上記吹き出し口からの処理ガスが吹き付けられ、表面処理がなされる。この電極構造によれば、電界印加電極と被処理物との間に接地電極が介在されるため、電界印加電極から被処理物にアークが落ちるのを防止でき、しかも、接地電極と被処理物との間の距離、ひいては電極間の放電空間と被処理物との距離を短くでき、処理効率を向上できる。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００４－００６２１１号公報

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0004] この種のプラズマ処理装置では、放電により電極が加熱され変形しやすい。電極が変形すると、処理の均一性が損なわれるおそれがある。更に、電極に固体誘電体が設けられている場合、該固体誘電体が熱応力で破損するおそ

れがある。これを防止するために、上掲特許文献１（図１２等）では、上下の各電極の内部に冷却水を通す冷却路を形成することが提案されている。しかし、下側の接地電極に冷却路を設けると、該接地電極が厚肉になり、放電空間と被処理物との間の距離が大きくなる。放電空間と被処理物との間の距離が大きいと、放電空間でプラズマ化したガスが被処理物に到達するまでに失活する割合が増え、処理効率が低下する。

本発明は、上記事情に鑑み、プラズマ処理装置の電極を厚くすることなく冷却し、処理効率を良好にすることを目的とする。

## 課題を解決するための手段

[0005] 上記課題を解決するため、本発明は、処理ガスを放電空間でプラズマ化（励起、分解、ラジカル化、活性化、イオン化等を含む）して吹き出し、前記放電空間の外部の処理空間に配置された被処理物に接触させ、プラズマ表面処理を行なう装置において、

第１放電面を有し、電源に接続された第１電極と、

前記第１放電面との間に前記放電空間を形成する第２放電面と、前記第２放電面とは反対側の前記処理空間を向く処理面と、前記第２放電面から処理面に貫通する吹き出し口とを有し、電気的に接地された第２電極と、

前記第２電極に設けられ、前記第２電極より伝熱性が高く、前記第２電極の内側部と外周部との間の温度差によって熱を前記第２電極の内側部から外周部に輸送する熱輸送手段と、

を備えたことを特徴とする。

前記第１放電面には、第１固体誘電体が設けられていることが好ましい。前記第２放電面には、第２固体誘電体が設けられていることが好ましい。第１固体誘電体と第２固体誘電体は、少なくとも何れか一方があればよい。前記第２電極の内側部は、第２電極のうち前記放電空間を形成する部分であることが好ましい。前記第２電極の内側部は、前記吹き出し口の周辺部を含むことがより好ましい。前記第２電極の外周部は、第２電極の前記放電空間を形成する部分より外側の部分であることが好ましい。

[0006] 前記熱輸送手段は、前記第２電極の内側部と外周部との間の温度差を熱輸送の動力にするものである。したがって、水等の熱媒体を強制的に流通させて第２電極を冷却する冷却手段は、前記熱輸送手段に含まれない。

[0007] 熱輸送手段が第２電極の内側部の熱を外周部に輸送する。したがって、第２電極の内側部の温度を下げることができる。或いは、第２電極の内側部と外周部の温度を均すことができる。これにより、第２電極の熱変形を防止できる。ひいては、処理の均一性を確保できる。また、第２放電面に第２固体誘電体が設けられている場合、第２電極を介して第２固体誘電体を冷却でき、第２固体誘電体が熱で破損するのを防止できる。さらに、熱輸送手段は、第２電極より伝熱性（熱伝導率）が高い。したがって、熱輸送手段の断面積を小さくして、第２電極の厚さ（第２放電面から処理面までの寸法）が過大になるのを防止又は抑制できる。これにより、プラズマ化された処理ガスが放電空間から被処理物に到達するまでの距離が大きくなるのを防止できる。よって、放電空間からの処理ガスが失活しないうちに被処理物に確実に到達できる。この結果、良好な処理効率を得ることができる。

[0008] 前記熱輸送手段が、熱輸送部材として、作動流体を蒸発させて吸熱する吸熱部と、前記作動流体を凝縮させて放熱する放熱部とを有するヒートパイプを含むことが好ましい。前記吸熱部が、前記第２電極の内側部に設けられ、前記放熱部が、前記第２電極の外周部又は前記第２電極より外側に設けられていることが好ましい。

これによって、第２電極の内側部の温度を確実に下げることができ、第２電極の熱変形をより確実に防止できる。更に、第２電極に第２固体誘電体が設けられている場合、該第２固体誘電体が熱で破損するのを確実に防止できる。また、ヒートパイプは、小さな断面積で大きな吸熱能力及び熱輸送能力を有するから、第２電極の厚さが増大するのを確実に回避でき、或いは第２電極の厚さを小さくできる。したがって、プラズマ化された処理ガスが失活しないうちに被処理物により確実に到達でき、処理効率を高めることができる。

[0009] 前記吸熱部は、第２電極のうち前記放電空間を形成する部分に配置されていることが好ましい。これによって、第２電極の放電空間を形成する部分の温度を下げることができる。

前記吸熱部が、前記吹き出し口の近傍に配置されていることがより好ましい。これによって、第２電極の内側部のうち特に高温化しやすい吹き出し口の周辺部の温度を下げることができる。

前記放熱部は、第２電極の前記放電空間を形成する部分より外側の部分に配置されていることが好ましい。前記放熱部は、第２電極の外周部内に位置していてもよく、第２電極より外側に突出していてもよい。

[0010] 前記熱輸送手段として、ヒートパイプ以外の熱輸送部材を含んでいてもよい。ヒートパイプ以外の熱輸送部材として、第２電極より熱伝導率が高い金属からなる熱輸送部材が挙げられる。該金属製熱輸送部材は、前記第２電極の内側部から前記第２電極の外周部へ延び、該延び方向の温度勾配によって熱を輸送することが好ましい。金属製熱輸送部材は、板状又は棒状であることが好ましい。

ここで、第２電極の材質は、耐蝕性の観点からステンレス、チタン等の金属であることが好ましい。

前記金属性熱輸送部材の熱伝導率は第２電極の熱伝導率より高いのが好ましい。この場合、前記金属性熱輸送部材の熱伝導率は２００Ｗ／（ｍ・Ｋ）以上が好ましく、さらに３００Ｗ／（ｍ・Ｋ）以上が好ましい。この条件を満たす金属としては、アルミニウム、金、銅、銀などが挙げられ、特に銅、アルミニウムが好ましい。

[0011] 前記熱輸送手段が、複数の熱輸送部材（ヒートパイプ、金属製熱輸送部材等）を含み、各熱輸送部材が、前記第２電極より伝熱性が高く、前記第２電極の内側部から前記第２電極の外周部へ延び、該延び方向の温度勾配によって熱を輸送することが好ましい。

複数の熱輸送部材によって、第２電極の温度を十分に下げることができ、第２電極の熱変形を十分に防止又は抑制できる。したがって、処理の均一性

を十分に確保できる。さらには、処理効率を確実に高めることができる。また、第２電極に第２固体誘電体が設けられている場合、該第２固体誘電体が熱で破損するのを確実に防止できる。

[0012] 前記第２電極が長手方向及び短手方向を有する場合、前記複数の熱輸送部材（ヒートパイプ、金属製熱輸送部材等）が、前記第２電極の前記第２放電面又は放電面に沿う長手方向に並んでいることが好ましい。

ガラス基板やフィルム等の被処理物は、近年、広幅化、大型化が進んでおり、これに伴い電極の長尺化が進んでいる。これに対し、１つの熱輸送部材を長くすると熱輸送効率が低下するおそれがある。複数の熱輸送部材を第２電極の長手方向に並べることで、電極の長尺化に対応でき、かつ各熱輸送部材を短くでき、熱輸送効率を高く維持できる。

[0013] 前記各熱輸送部材が、作動流体を蒸発させて吸熱する吸熱部と、前記作動流体を凝縮させて放熱する放熱部とを有するヒートパイプであることが好ましい。各ヒートパイプの前記吸熱部が、前記第２電極の内側部に設けられ、前記放熱部が、前記第２電極の外周部又は前記第２電極より外側に設けられていることが好ましい。

複数のヒートパイプによって、第２電極を十分に冷却できる。これにより、第２電極の熱変形を確実に防止でき、処理の均一性を十分確保でき、かつ処理効率を高めることができる。また、第２電極に第２固体誘電体が設けられている場合、該第２固体誘電体が熱で破損するのを一層確実に防止できる。

[0014] 前記複数のヒートパイプが、前記第２電極の前記第２放電面又は放電面に沿う長手方向に並んでいることが好ましい。各ヒートパイプの吸熱部が、前記吹き出し口に沿っていることが好ましい。

これによって、吹き出し口の周辺部を確実に冷却できる。

吹き出し口が、スリット状になり、第２電極の長手方向に延びている場合、或いは、吹き出し口が多数の小孔状であり、第２電極の長手方向に小孔状の吹き出し口が一列に並んでいる場合、複数のヒートパイプの吸熱部が、吹

き出し口に沿うように第２電極の長手方向に並べられていることが好ましい。

複数の吹き出し口が、第２電極の長手方向に並べられ、各吹き出し口が第２電極の長手方向と交差する方向に延びるスリット状である場合、各ヒートパイプが一部の吹き出し口に対応するよう第２電極の長手方向に並べられ、各ヒートパイプの吸熱部が、対応する吹き出し口に沿っていることが好ましい。

吹き出し口が多数の小孔状であり、第２電極の長手方向と交差する方向に小孔状の吹き出し口が一列に並べられ、かつ前記小孔状吹き出し口の列が第２電極の長手方向に並べられている場合、各ヒートパイプが１又は複数の小孔状吹き出し口の列に対応するよう第２電極の長手方向に並べられ、各ヒートパイプの吸熱部が、対応する小孔状吹き出し口の列に沿っていることが好ましい。

[0015] 前記第２電極の外周部を冷却する冷却部を、更に備えることが好ましい。

第２電極の外周部を冷却することで、第２電極の内側部と外周部の温度差が大きくなる。したがって、熱輸送手段による熱の輸送を促進できる。これにより、第２電極の内側部の温度を確実に下げることができ、処理の均一性をより確実に維持でき、処理効率を確実に向上できる。第２電極に第２固体誘電体が設けられている場合、該第２固体誘電体の熱破壊を一層確実に防止できる。

[0016] 前記ヒートパイプの放熱部を冷却する冷却部を、更に備えることが好ましい。

これによって、放熱部の放熱を促進できる。ひいては、吸熱部の吸熱を促進できる。この結果、第２電極の内側部の冷却効率を高めることができ、処理の均一性をより確実に維持でき、処理効率を確実に向上できる。第２電極に第２固体誘電体が設けられている場合、該第２固体誘電体の熱破壊を一層確実に防止できる。

[0017] 前記冷却部が、冷媒を通す冷却路を含むことが好ましい。

これによって、第２電極の外周部又は放熱部の熱を冷却路内の冷媒に移して放出でき、第２電極の外周部又は放熱部の放熱効率を高めることができる。冷却路は、第２電極の外周部に形成されていてもよく、第２電極とは別の冷却路形成部材に形成されていてもよい。第２電極とは別の冷却路形成部材は、第２電極の外周部に接していてもよい。熱輸送部材の端部又は放熱部が第２電極から突出し、この突出部分に第２電極とは別の冷却路形成部材が接していてもよい。

[0018] 前記冷却部が、前記放熱部に設けられた放熱フィンを含むことが好ましい。

放熱部の熱が放熱フィンに伝わり、放熱フィンから放散される。これにより、放熱部の放熱効率を高めることができる。

[0019] 前記冷却部が、前記放熱フィンに送風する送風手段を含むことが好ましい。

これによって、放熱フィンからの放熱効率を高めることができ、ひいては放熱部の放熱効率を一層高めることができる。

[0020] 前記第２放電面又は処理面に収容溝が形成され、前記熱輸送手段が前記収容溝に収容されていることが好ましい。

これによって、熱輸送手段が第２放電面又は処理面から突出するのを防止できる。収容溝は、第２放電面に形成されていてもよく、処理面に形成されていてもよい。

[0021] 前記収容溝の前記第２放電面又は処理面への開口が、覆板で塞がれていることが好ましい。

これによって、熱輸送手段がプラズマや処理ガスで腐食するのを防止できる。

[0022] 前記覆板が、前記第２放電面又は処理面を覆っていることが好ましい。

これによって、熱輸送手段がプラズマや処理ガスで腐食するのを防止できる。覆板の表面を平滑にすることで第２放電面又は処理面の平滑性を確保できる。

前記覆板は、第２放電面又は処理面の全体を覆っていてもよく、第２放電面又は処理面の収容溝を含む一部を覆っていてもよい。

前記覆板が、収容溝のみを覆っていてもよい。

[0023] 本発明は、大気圧近傍下でプラズマ放電を生成して被処理物を表面処理する大気圧プラズマ処理に好適である。ここで、大気圧近傍とは、１．０１３×１０$^4$～５０．６６３×１０$^4$Ｐａの範囲を言い、圧力調整の容易化や装置構成の簡便化を考慮すると、１．３３３×１０$^4$～１０．６６４×１０$^4$Ｐａが好ましく、９．３３１×１０$^4$～１０．３９７×１０$^4$Ｐａがより好ましい。

## 発明の効果

[0024] 本発明によれば、プラズマ処理装置の第２電極の厚さが過大になるのを防止でき、良好な処理効率を得ることができる。

## 図面の簡単な説明

[0025] [図1]本発明の第１実施形態に係る大気圧プラズマ処理装置を解説的に示す正面断面図である。

[図2]上記大気圧プラズマ処理装置の処理ヘッドの底面図である。

[図3]本発明の第２実施形態を示し、大気圧プラズマ処理装置の処理ヘッドの底面図である。

[図4]本発明の第３実施形態を示し、大気圧プラズマ処理装置の処理ヘッドの底面図である。

[図5]本発明の第４実施形態を示し、大気圧プラズマ処理装置の処理ヘッドの正面断面図である。

[図6]上記第４実施形態の処理ヘッドの底面図である。

[図7]本発明の第５実施形態を示し、大気圧プラズマ処理装置の処理ヘッドの底面図である。

[図8]本発明の第６実施形態を示し、大気圧プラズマ処理装置の処理ヘッドの底部の中央部分の正面断面図である。

[図9]本発明の第７実施形態を示し、大気圧プラズマ処理装置の処理ヘッドの

底部の中央部分の正面断面図である。

[図10]本発明の第８実施形態を示し、大気圧プラズマ処理装置の処理ヘッドの底部の正面断面図である。

[図11]本発明の第９実施形態を示し、大気圧プラズマ処理装置の処理ヘッドの底部の外周部分の正面断面図である。

[図12]本発明の第１０実施形態を示し、大気圧プラズマ処理装置の処理ヘッドの底部の外周部分の正面断面図である。

## 発明を実施するための形態

[0026] 以下、本発明の実施形態を図面にしたがって説明する。

図１に示すように、プラズマ処理装置１は、被処理物配置部２と、処理ヘッド３を備えている。配置部２は、ステージで構成されており、その上側に被処理物９が配置される。配置部２は、ローラコンベアやベルトコンベアでもよい。被処理物９は、例えばフラットパネルディスプレイ用のガラス基板である。被処理物９は、ガラス基板に限られず、例えば連続シート状の樹脂フィルムでもよく、半導体基板でもよい。

[0027] 配置部２は、被処理物９の移動手段を兼ね、被処理物９を図１の左右方向に搬送できる。配置部２によって、被処理物９が処理ヘッド３の下方の処理空間１ｂに配置される。

被処理物９が位置固定され、処理ヘッド３が左右方向に移動するようになっていてもよい。

[0028] 処理ヘッド３は、図示しない架台に支持され、配置部２の上側に離れて位置している。処理ヘッド３は、筐体３ａと、第１電極１０と、第２電極２０を有している。第１電極１０は、筐体３ａの内部に収容されている。第２電極２０は、筐体３ａの底部に配置されている。第１電極１０と第２電極２０との間に大気圧近傍の放電空間１ａが形成される。第１電極１０と配置部２との間に第２電極２０が介在されている。

[0029] 電極構造を更に詳述する。

第１電極１０は、ステンレスやアルミニウム等の金属で構成されている。

第１電極１０は、長手方向を図１の紙面と直交する方向に向け、短手方向を図１の左右方向に向けた厚い平板状になっている。第１電極１０は、電源４に接続され、電界印加電極になっている。第１電極１０の下面（配置部２を向く面）は、第１放電面１１になっている。第１放電面１１に第１固体誘電体１３が設けられている。第１固体誘電体１３は、アルミナ等のセラミックからなる板で構成され、長手方向を図１の紙面と直交する方向に向け、短手方向を図１の左右方向に向けて配置されている。固体誘電体１３が第１放電面１１を覆っている。固体誘電体１３の左右の端部には、第１電極１０の側面に沿う壁１３ｗが一体に設けられている。第１電極１１が、固体誘電体１３に載せられ、支持されている。固体誘電体１３は、セラミック板に限られず、アルミナ等の溶射膜でもよく、樹脂でもよい。

[0030] 第１電極１０の内部に冷却路１４が形成されている。冷却路１４は、第１電極１０の長手方向（図１の紙面直交方向）に延びている。冷却路１４には、図示しない冷却媒体供給手段からの冷却媒体が通されるようになっている。冷却媒体として例えば水が用いられている。

[0031] 第２電極２０は、ステンレス、チタン等の耐熱性及び耐腐食性の高い金属で構成されている。図１及び図２に示すように、第２電極２０は、長手方向を図１の紙面と直交する方向に向け、短手方向を図１の左右方向に向けた平板状になっている。第２電極２０は、第１電極１０の下側に第１電極１０と平行に配置されている。第２電極２０の厚さ（上下の寸法）は、第１電極１０の厚さより小さい。

[0032] 図１に示すように、第２電極２０は、接地線４ｅを介して電気的に接地され、接地電極になっている。第２電極２０の上面は、第２放電面２１になっている。第２放電面２１は、第１放電面１１と対向している。電源４からの電圧供給によって、第１電極１０と第２電極２０との間に電界が印加され、第１放電面１１と第２放電面２１との間に放電空間１ａが形成される。

[0033] 処理ガス源５からの処理ガス供給路５ａが処理ヘッド３へ延びている。処理ガス源５は処理目的に応じた処理ガスを蓄えている。例えば、撥水化処理

では、処理ガス成分としてＣＦ$_4$、Ｃ$_2$Ｆ$_6$等のフッ素系ガスを用いる。親水化や洗浄処理では、処理ガス成分として窒素、酸素等を用いる。供給路５ａが放電空間１ａの左右両側に接続されている。図示は省略するが、供給路５ａには、処理ガスを放電空間１ａの長手方向に均一に導入するガス均一化部が設けられている。

[0034] 第２放電面２１の上面には第２固体誘電体２３が設けられている。第２固体誘電体２３は、アルミナ等のセラミックからなる板で構成されているが、これに限られず、アルミナ等の溶射膜でもよく、樹脂でもよい。上下の固体誘電体１３，２３によって放電空間１ａの上端及び下端が画成される。

[0035] 第２電極２０の下面は、処理面２２になっている。処理面２２は、配置部２ひいては被処理物９を向く。処理面２２と配置部２上の被処理物９との間に処理空間１ｂが形成される。処理面２２は、処理空間１ｂの上端部を画成する。

[0036] 第２電極２０及び固体誘電体２３には、吹き出し口２４が設けられている。吹き出し口２４は、固体誘電体２３を厚さ方向に貫通し、さらに第２電極２０を厚さ方向に第２放電面２１から処理面２２に貫通している。吹き出し口２４によって放電空間１ａと処理空間１ｂが連ねられている。図２に示すように、吹き出し口２４は、第２電極２０の長手方向（図１の紙面と直交する方向）に延びるスリット状になっている。吹き出し口２４は、第２電極２０の短手方向の中央部に位置している。

[0037] さらに、第２電極２０には、熱輸送手段３０が組み込まれている。熱輸送手段３０は、第２電極２０より伝熱性が高く、第２電極２０の外周部と該外周部より平面視で内側の内側部との間の温度差によって熱を第２電極２０の内側部から外周部に輸送する。

[0038] 熱輸送手段３０は、複数の熱輸送部材３１を含んでいる。熱輸送部材３１は、ヒートパイプで構成されている。周知の通り、ヒートパイプ３１は、パイプ本体の内部に作動流体が封入されている。ヒートパイプ３１のパイプ本体は、銅やアルミニウム等の良熱伝導性金属で構成されている。ヒートパイ

プ３１は、第２電極２０の内側部と外周部の間の温度差によって動作する。すなわち、作動流体が相変化して吸熱、放熱を行なうとともにパイプ本体内を移動する。

[0039] ヒートパイプ３１は、次のようにして第２電極２０に組み込まれている。

図１及び図２に示すように、第２電極２０の底面２２には、収容溝２５が形成されている。収容溝２５は、第２電極２０の長手方向に間隔を置いて複数設けられ、かつ吹き出し口２４を挟んで両側に配置されている。吹き出し口２４の左側の収容溝２５と吹き出し口２４の右側の収容溝２５とは、第２電極２０の長手方向（図２において上下）にずれている。

[0040] 各収容溝２５は、中央溝部分２５ａと、一対の側溝部分２５ｂを有し、Ｕ字状になっている。中央溝部分２５ａが吹き出し口２４の近傍に配置され、吹き出し口２４に沿って第２電極２０の長手方向に延びている。吹き出し口２４の左側の複数の収容溝２５の中央溝部分２５ａが、吹き出し口２４に沿って一列に並んでいる。吹き出し口２４の右側の複数の収容溝２５の中央溝部分２５ａが、吹き出し口２４に沿って一列に並んでいる。側溝部分２５ｂは、中央溝部分２５ａと角度（直角）をなし、第２電極２０の短手方向に延びている。

[0041] 各収容溝２５にヒートパイプ３１が収容されている。ヒートパイプ３１は、収容溝２５と同形状のＵ字状になっている。ヒートパイプ３１の中央部分が中央溝部分２５ａに収容され、該中央部分と交差（直交）する一対の両側部分が側溝部分２５ｂに収容されている。ヒートパイプ３１の外周面が、収容溝２５の内周面に密着している。

[0042] ヒートパイプ３１の中央部分は、第２電極２０の内側部の吹き出し口２４の近傍に配置され、吹き出し口２４に沿って第２電極２０の長手方向に延びている。ヒートパイプ３１の中央部分が吸熱部３２になっている。吸熱部３２内で作動流体が蒸発する。図２に示すように、吹き出し口２４の左側の複数のヒートパイプ３１の吸熱部３２が、吹き出し口２４に沿って一列に並んでいる。吹き出し口２４の右側の複数のヒートパイプ３１の吸熱部３２が、

吹き出し口２４に沿って一列に並んでいる。

[0043] ヒートパイプ３１の両側部分は、それぞれ第２電極２０の短手方向に延びている。ヒートパイプ３１の両側部分の先端部（吸熱部３２側とは反対側の端部）は、第２電極２０の外周部、具体的には第２電極２０の左右の外縁の近傍に位置している。ヒートパイプ３１の先端部が放熱部３３になっている。放熱部３３内で作動流体が凝縮する。

[0044] 図１に示すように、第２電極２０の左右の端部には、凸条４０がそれぞれ上に突出するよう一体に設けられている。凸条４０は、第２電極２０の長手方向（図１の紙面と直交する方向）に延びている。各凸条４０の内部に冷却路４１が形成されている。冷却路４１は、第２電極２０の長手方向に延び、平面視で各ヒートパイプ３１の放熱部３３と交差している。冷却路４１には、図示しない冷却媒体供給手段からの冷却媒体が通されるようになっている。冷却媒体として例えば水が用いられている。冷却路４１を有する凸条４０は、放熱部３３の冷却部を構成する。

[0045] 上記構成のプラズマ処理装置１にて表面処理を行なう際は、被処理物９を配置部２の上にセットし、電源４から電極１０に電圧を供給する。これにより、第１電極１０と第２電極２０の間に大気圧グロー放電が生成され、電極間空間１ａが放電空間になる。また、処理ガスを処理ガス源５から処理ガス供給路５ａを経て放電空間１ａに供給する。これにより、処理ガスがプラズマ化（分解、励起、活性化、ラジカル化、イオン化等を含む）される。このプラズマ化された処理ガス（以下、適宜「プラズマガス」と称す）が、吹き出し口２４から吹き出され、被処理物９に接触する。これにより、被処理物９の表面上で反応が起き、所望の表面処理が行なわれる。さらに、配置部２を処理ヘッド３に対し相対移動させることにより、被処理物９の全体を処理することができる。

[0046] 放電によって電極１０，２０及び固体誘電体１３，２３が発熱する。これに対し、冷却路１４に水等の冷媒を流通させる。これにより、第１電極１０を冷却でき、更に第１電極１０を介して固体誘電体１３を冷却できる。これ

により、固体誘電体１３が熱破壊に至るのを防止できる。

[0047] 第２電極２０の熱は、熱輸送手段３０で除去できる。詳述すると、放電によって第２電極２０のうち外周部より内側の内側部（主に放電空間１ａに対応する部分）が発熱する。特に、第２電極２０の内側部のうちプラズマガスが通る吹き出し口２４の周辺部が発熱する。この吹き出し口２４の周辺部の熱を吸熱部３２の作動流体が潜熱として吸収し、作動流体が蒸発する。これにより、第２電極２０の内側部の特に吹き出し口２４の周辺部を冷却できる。冷却によって、第２電極２０の熱変形を防止できる。ひいては、処理の均一性を確保できる。更に第２電極２０を介して固体誘電体２３を冷却できる。これにより、固体誘電体２３が熱破壊に至るのを防止できる。

[0048] 吸熱部３２で蒸発した作動流体は、ヒートパイプ３１の延び方向の温度勾配によって放熱部３３に向けて流れる。すなわち、第２電極２０の内側部で潜熱として作動流体に吸収された熱が、ヒートパイプ３１の延び方向に輸送される。放熱部３３が在る第２電極２０の外周部は第２電極２０の内側部より低温になっている。作動流体は、放熱部３３で熱を放出し、凝縮する。凝縮した作動流体は、ヒートパイプ３１のウィック（毛細管構造）を毛細管現象で伝って吸熱部３２へ移動する。

[0049] 冷却部４０の冷却路４１に冷却水を通す。この冷却水によって第２電極２０の左右の端部が冷却される。更には、各ヒートパイプ３１の放熱部３３を冷却できる。これにより、放熱部３３での放熱効率を高めることができる。ひいては、吸熱部３２での吸熱効率を高めることができる。この結果、第２電極２０の内側部の冷却効率を高めることができ、第２電極２０の熱変形を確実に防止でき、処理の均一性を十分に確保できる。更には、第２電極２０を介して固体誘電体２３を十分に冷却でき、固体誘電体２３の熱破壊を一層確実に防止できる。

[0050] ヒートパイプ３１は、見かけの熱伝導率（伝熱性）が第２電極２０を構成する金属（ステンレス又はチタン）より十分に大きく、小さな断面積で大きな熱輸送能力を有する。したがって、第２電極２０の内部に水等の冷媒を流

通させる冷媒路を形成するよりも第２電極２０の厚さを十分に小さくでき、放電空間１ａと被処理物９との距離を十分に短くできる。よって、プラズマ化された処理ガスが放電空間１ａから被処理物９に到達するまでの距離を十分短くでき、処理ガスが失活しないうちに被処理物９に確実に到達できる。この結果、処理効率を高めることができる。

[0051] 複数のヒートパイプ３１を第２電極２０の長手方向に並べることで、各ヒートパイプ３１を短くできる。これにより、熱輸送効率を高く維持できる。併せて、第２電極２０の長尺化に対応でき、更には被処理物９の幅広化、大型化に対応でき、処理の均一性を確保できる。複数のヒートパイプ３１の吸熱部３２を吹き出し口２４に沿って一列に並べることで、スリット状の吹き出し口２４の周辺部を確実に冷却できる。ひいては、処理の均一性を十分に確保できる。更には、固体誘電体２３の熱破壊を一層確実に防止できる。吹き出し口２４を挟んで左側のヒートパイプ３１と右側のヒートパイプ３１とが第２電極２０の長手方向にずれているため、プラズマの熱がこもるのを防止できる。

[0052] 次に、本発明の他の実施形態を説明する。以下の実施形態において既述した構成に関しては、図面に同一符号を付して説明を適宜省略する。

吹き出し口２４の形状、延び方向、数などは、任意に設定できる。ヒートパイプ３１の形状、延び方向、数、配置等は、吹き出し口２４の形状、延び方向、数等に応じて適宜変更できる。

図３に示す第２実施形態では、第２電極２０に複数（図では５つ）の吹き出し口２４が設けられている。各吹き出し口２４は、第２電極２０の長手方向に対し斜めになっている。複数の吹き出し口２４が第２電極２０の長手方向に間隔を置いて互いに平行に並んでいる。

[0053] 第２実施形態のヒートパイプ３１の数は、吹き出し口２４の数より１つ多い。ヒートパイプ３１は、隣接する吹き出し口２４の間及び最も外側吹き出し口２４の更に外側に、吹き出し口２４と交互になるように配置されている。複数のヒートパイプ３１は、第２電極２０の長手方向に間隔を置いて互い

に平行に並んでいる。各ヒートパイプ３１の吸熱部３２は、第２電極２０の長手方向に対し斜めになり、吹き出し口２４に沿って延びている。これにより、第２電極２０の各吹き出し口２４の周辺部を確実に冷却できる。各ヒートパイプ３１の放熱部３３は、吸熱部３２の両端部に連なり、第２電極２０の短手方向に沿って第２電極２０の左右の縁の近傍まで延びている。

[0054] 図４に示す第３実施形態では、第２電極２０及び固体誘電体２３の吹き出し口２４ｓが、小孔状になっている。複数の吹き出し口２４ｓが、第２電極２０の長手方向に対し斜めに一列に並べられ、小孔状吹出し口列２４Ｌを構成している。吹き出し口列２４Ｌが、第２電極２０の長手方向に複数配置されている。ヒートパイプ３１は、吹き出し口列２４Ｌと交互になるように配置されている。ヒートパイプ３１の吸熱部３２は、第２電極２０の長手方向に対し斜めになり、各吹き出し口列２４Ｌに沿って延びている。ヒートパイプ３１の放熱部３３は、吸熱部３２の端部に角度をなして連なり、第２電極２０の短手方向に左右の縁の近傍まで延びている。

[0055] 図５及び図６に示す第４実施形態では、第２電極２０の処理面２２に覆板２９が被せられている。覆板２９が、収容溝２５の処理面２２側の開口を塞ぎ、ヒートパイプ３１を覆っている。これにより、ヒートパイプ３１が処理空間１ｂのプラズマガスに晒されるのを防止でき、ヒートパイプ３１の腐食を防止できる。覆板２９は、ステンレス等の耐食性に優れた材料で構成するのが好ましい。覆板２９には、吹き出し口２４に連通する吹き出し連通口２９ａが形成されている。連通口２９ａの幅は、吹き出し口２４の幅より大きいが、吹き出し口２４と同じ幅でもよく、吹き出し口２４の幅より小さくてもよい。

[0056] 覆板２９は、第２電極２０に溶接にて接合されている。溶接は、覆板２９の外周縁の全周にわたって行なう。また、吹き出し連通口２９ａの周縁についても全周にわたって溶接する。これにより、パーティクルが発生するのを防止できる。覆板２９の厚さは、放電空間１ａと被処理物９との距離を短くして処理効率を確保する観点からは、できるだけ小さいことが好ましく、か

つ溶接しやすい大きさであることが好ましい。処理効率及び溶接性を考慮した覆板２９の厚さは、０．１～１ｍｍ程度が好ましい。覆板２９と第２電極２０との接合手段は、溶接に代えてボルトを用いてもよい。

[0057] 第４実施形態（図５、図６）は、第１実施形態に覆板２９を適用したものであるが、図７に示す第５実施形態では、第３実施形態（図４）の第２電極２０の処理面２２に覆板２９が被さっている。図７の覆板２９には、複数の吹き出し連通口２９ａが形成されている。各吹き出し連通口２９ａは、長手方向に対し斜めになり、かつ吹き出し口列２４Ｌと平行に延びている。複数の吹き出し連通口２９ａが互いに平行に並んでいる。各吹き出し連通口２９ａに、１つの吹き出し口列２４Ｌが連なっている。

[0058] 図８に示す第６実施形態では、熱輸送手段３０の収容溝が第２放電面２１から処理面２２に貫通する貫通収容溝２５Ｃになっている。貫通収容溝２５Ｃにヒートパイプ３１が収容されている。第２放電面２１に覆板２８が被っている。覆板２８が、貫通収容溝２５Ｃの第２放電面２１側の開口を塞ぎ、ヒートパイプ３１を第２放電面２１の側から覆っている。覆板２８は、金属であることが好ましく、第２電極２０と同じ材質（ステンレス又はチタン）であることがより好ましい。覆板２８は、第２電極２０にボルト締めや溶接等の接合手段（図示省略）によって密着されている。これにより、第２電極２０と覆板２８が電気的に導通している。覆板２８が、第２電極２０の一部として提供されている。覆板２８と第２電極２０の接合手段は、放電空間１ａに臨まないように配置することが好ましい。プラズマ電界は、第１放電面１１と覆板２８の上面との間に印加される。覆板２８の上面を平滑にすることで、放電空間１ａ内の溝２５Ｃ及びヒートパイプ３１に対応する箇所でもプラズマ電界が不均一になるのを防止できる。また、第２固体誘電体２３を省略したとしても、ヒートパイプ３１が放電空間１ａのプラズマに晒されるのを覆板２８で防止でき、ヒートパイプ３１を保護できる。

[0059] 図９に示す第７実施形態では、覆板２７が貫通収容溝２５Ｃの形状に合わせて細い板状になっている。覆板２７が、貫通収容溝２５Ｃの内部の第２放

電面２１側の部分に嵌め込まれている。覆板２７は、貫通収容溝２５Ｃの第２放電面２１側の開口を塞ぎ、かつヒートパイプ３１を第２放電面２１の側から覆っている。覆板２７の上面は、第２放電面２１と面一になっている。

[0060] 図１０は、本発明の第８実施形態を示したものである。第８実施形態では、有底（非貫通）の収容溝２５が、第２電極２０の第２放電面２１に形成され、この収容溝２５にヒートパイプ３１が収容されている。第１実施形態（図１、図２）と同様に、収容溝２５は、吹出し口２４に沿う中央溝部分２５ａと、この中央溝部分２５ａと直交する側溝部分２５ｂとを有している。ヒートパイプ３１のうち、中央溝部分２５ａ内の部分が吸熱部３２になり、側溝部分２５ｂ内の特に先端側（第２電極２０の外縁近く）の部分が放熱部３３になっている。

[0061] 第８実施形態では、第６実施形態（図８）と同様に、覆板２８が第２放電面２１に被っている。覆板２８が、収容溝２５の第２放電面２１側の開口を塞ぎ、ヒートパイプ３１を第２放電面２１の側から覆っている。覆板２８は、第２電極２０とほぼ同じ面積を有し、第２放電面２１のほぼ全体に被さっている。覆板２８が、好ましくは金属にて構成され、かつ第２電極２０にボルト締めや溶接等の接合手段（図示省略）によって密着されて第２電極２０と電気的に導通し、第１放電面１１と覆板２８との間に電界が印加される点は、第６実施形態と同じである。

[0062] 第８実施形態の冷却部４０Ａは、第２電極２０とは別体の金属部材にて構成されている。冷却部４０Ａが、第２電極２０の長手方向（図１０の紙面と直交する方向）に延び、かつ冷却部４０Ａの内部に冷却路４１が形成されている点は、第１実施形態等の冷却部４０と同じである。冷却部４０Ａと第２電極２０の間に覆板２８の左右の端部が挟まれている。冷却部４０Ａが覆板２８に密着している。放熱部３３は、覆板２８を介して冷却部４０Ａにて冷却される。

[0063] 図１１は、第９実施形態を示したものである。第９実施形態は、放熱部３３の冷却構造の変形例に係る。

この実施形態の収容溝２５は、第２電極２０の外端面に達して開口している。この収容溝２５の開口を介して、ヒートパイプ３１が、第２電極２０の外端面より外側に突出され、上へ向けて折曲されている。このヒートパイプ３１の突出端部が、放熱部３３になっている。放熱部３３に冷却部として放熱フィン４２が設けられている。放熱フィン４２は、ヒートパイプ３１と一体の銅やアルミで構成されていてもよく、ヒートパイプ３１とは別体の金属で構成され、ヒートパイプ３１の外周に連結されていてもよい。

[0064] 放熱部３３の熱が放熱フィン４２に伝わり、放熱フィン４２から放散される。これにより、放熱部３３の放熱効率を高めることができる。ひいては、吸熱部３２での吸熱効率を高めることができる。よって、第２電極２０の内側部を十分に冷却でき、処理の均一性を十分に確保できる。ヒートパイプ３１の熱輸送効率を高めることができるため、ヒートパイプ３１をより薄くでき、ひいては第２電極２０の厚さをより小さくできる。この結果、放電空間１ａと被処理物９との間の距離をより短縮でき、処理効率を一層高めることができる。更には、第２電極２０を介して固体誘電体２３を十分に冷却でき、固体誘電体２３の熱破壊を確実に防止できる。

[0065] 図１２に示す第１０実施形態では、放熱部３３の冷却部４０Ｘが、放熱フィン４２に加えて、送風手段４３を更に有している。送風手段４３は、ファン等で構成されている。送風手段４３からの風が放熱フィン４２に当たる。これにより、放熱フィン４２の放熱効率を高めることができる。ひいては、放熱部３３の放熱効率を一層高めることができる。したがって、吸熱部３２での吸熱効率をより一層高めることができる。よって、第２電極２０の内側部を一層十分に冷却でき、処理の均一性を確実に確保できる。ヒートパイプ３１の熱輸送効率をより高めることができるため、ヒートパイプ３１を更に薄くでき、ひいては第２電極２０の厚さを一層小さくできる。この結果、放電空間１ａと被処理物９との間の距離を十分に短縮でき、処理効率をより一層高めることができる。更には、第２電極２０を介して固体誘電体２３をより十分に冷却でき、固体誘電体２３の熱破壊を一層確実に防止できる。

[0066] 本発明は、上記実施形態に限られず、種々の改変をなすことができる。

例えば、熱輸送手段３０は、第２電極２０より伝熱性が高く、第２電極２０の内側部と外周部との間の温度差によって熱を第２電極の内側部から外周部に輸送するものであればよい。熱輸送部材３１として、ヒートパイプに代えて第２電極２０より熱伝導率が高い金属部材を用いてもよい。金属部材の材質は、銅、アルミニウム等の良熱伝導金属であることが好ましい。金属部材は、棒状ないしは線状になっていてもよく、板状になっていてもよい。金属部材は、第２電極２０の内側部から外周部に延びていることが好ましい。

１つの第２電極２０に、熱輸送手段３０としてヒートパイプと上記金属部材の両方を設けてもよい。

熱輸送手段３０が、吹き出し口２４に沿う部分を必ずしも有していなくてもよい。熱輸送部材３１の中央部３２が、吹き出し口２４に必ずしも沿っていなくてもよい。

熱輸送部材３１の端部３３が、放熱フィン４２（図１１、図１２）の有無に拘らず、第２電極２０の外端部から外側に突出していてもよい。

[0067] 冷却路４１を有する冷却部４０（図１）が、第２電極２０とは別部材になっていてもよい。第２電極２０とは別部材の冷却部４０は、第２電極２０の外周部に密着されていてもよく、熱輸送部材３１の端部に直接密着されていてもよい。

スリット状吹き出し口２４（図２、図３）の延び方向は、第２電極２０の短手方向でもよい。スリット状吹き出し口２４が複数有る場合（図３）、隣り合う２つのスリット状吹き出し口２４，２４の間に２以上の熱輸送部材３１が設けられていてもよい。

小孔状吹き出し口２４（図４、図７）の列の並び方向は、第２電極２０の長手方向でもよく、短手方向でもよい。小孔状吹き出し口２４の列が複数有る場合（図４、図７）、隣り合う２つの小孔状吹き出し口の列どうしの間に２以上の熱輸送部材３１が設けられていてもよい。

[0068] 複数の実施形態を組み合わせてもよい。例えば、第２実施形態（図３）の

第２電極２０の処理面２２に、第５実施形態（図７）と同様の覆板２９を設けてもよい。

第４、第５実施形態（図５～図７）において、第２電極２０の処理面２２の略全体を覆う覆板２９に代えて、第７実施形態（図９）と同様の細板状の覆板２７を下側（処理空間１ｂの側）から収容溝２５の内部に嵌め込んでもよい。

第６実施形態（図８）において、第２電極２０の処理面２２に覆板２９を設け、覆板２８と覆板２９で第２電極２０を挟んでもよい。同様に、第７実施形態（図９）において、第２電極２０の処理面２２に覆板２９を設けてもよい。第８実施形態（図１０）において、第２放電面２１のほぼ全体を覆う覆板２８に代えて、第７実施形態（図９）と同様に、収容溝２５だけに嵌る細板状の覆板２７にてヒートパイプ３０を覆ってもよい。

第４～第７実施形態（図５～図９）の覆板構造と第９～第１０実施形態（図１１、図１２）の放熱構造とを組み合わせてもよい。

覆板２７，２８，２９の第２電極２０への接合手段は、ボルトや溶接に限られず、フックを用いてもよい。

[0069] 本発明は、表面改質（親水化、撥水化等）、アッシング、洗浄、エッチング、成膜などの種々の表面処理に適用可能である。大気圧近傍下でのプラズマ処理に限られず、真空下でのプラズマ処理にも適用可能である。

## 産業上の利用可能性

[0070] この発明は、例えばフラットパネルディスプレイ用のガラス基板や半導体基板の製造工程における表面処理に適用可能である。

## 符号の説明

[0071] １ プラズマ処理装置

１ａ 放電空間

１ｂ 処理空間

２ 配置部

３ 処理ヘッド

３ａ　筐体

４　電源

４ｅ　接地線

５　処理ガス源

５ａ　処理ガス供給路

９　被処理物

１０　第１電極

１１　第１放電面

１３　第１固体誘電体

１３ｗ　側壁

１４　冷却路

２０　第２電極

２１　第２放電面

２２　処理面

２３　第２固体誘電体

２４　スリット状吹き出し口

２４ｓ　小孔状吹出し口

２４Ｌ　小孔状吹出し口列

２５　収容溝

２５ａ　中央溝部分

２５ｂ　側溝部分

２５Ｃ　貫通収容溝

２７，２８，２９　覆板

２９ａ　吹き出し連通口

３０　熱輸送手段

３１　ヒートパイプ（熱輸送部材）

３２　吸熱部

３３　放熱部

４０，４０Ａ，４０Ｘ　冷却部

４１　　冷却路

４２　　放熱フィン

４３　　送風手段

# 請求の範囲

[請求項1] 処理ガスを放電空間でプラズマ化して吹き出し、前記放電空間の外部の処理空間に配置された被処理物に接触させ、プラズマ表面処理を行なう装置において、

第１放電面を有し、電源に接続された第１電極と、

前記第１放電面との間に前記放電空間を形成する第２放電面と、前記第２放電面とは反対側の前記処理空間を向く処理面と、前記第２放電面から処理面に貫通する吹き出し口とを有し、電気的に接地された第２電極と、

前記第２電極に設けられ、前記第２電極より伝熱性が高く、前記第２電極の内側部と外周部との間の温度差によって熱を前記第２電極の内側部から外周部に輸送する熱輸送手段と、

を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

[請求項2] 前記熱輸送手段が、作動流体を蒸発させて吸熱する吸熱部と、前記作動流体を凝縮させて放熱する放熱部とを有するヒートパイプを含み、前記吸熱部が、前記第２電極の内側部に設けられ、前記放熱部が、前記第２電極の外周部又は前記第２電極より外側に設けられていることを特徴とする請求項１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項3] 前記吸熱部が、前記吹き出し口の近傍に配置されていることを特徴とする請求項２に記載のプラズマ処理装置。

[請求項4] 前記熱輸送手段が、複数の熱輸送部材を含み、各熱輸送部材が、前記第２電極より伝熱性が高く、前記第２電極の内側部から前記第２電極の外周部へ延び、該延び方向の温度勾配によって熱を輸送することを特徴とする請求項１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項5] 前記複数の熱輸送部材が、前記第２電極の前記第２放電面又は放電面に沿う長手方向に並んでいることを特徴とする請求項４に記載のプラズマ処理装置。

[請求項6] 前記各熱輸送部材が、作動流体を蒸発させて吸熱する吸熱部と、前

記作動流体を凝縮させて放熱する放熱部とを有するヒートパイプであり、前記吸熱部が、前記第２電極の内側部に設けられ、前記放熱部が、前記第２電極の外周部又は前記第２電極より外側に設けられていることを特徴とする請求項４又は５に記載のプラズマ処理装置。

[請求項7] 前記複数のヒートパイプが、前記第２電極の前記第２放電面又は放電面に沿う長手方向に並び、各ヒートパイプの吸熱部が、前記吹き出し口に沿っていることを特徴とする請求項６に記載のプラズマ処理装置。

[請求項8] 前記第２電極の外周部を冷却する冷却部を、更に備えたことを特徴とする請求項１～７の何れか１項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項9] 前記放熱部を冷却する冷却部を、更に備えたことを特徴とする請求項２、３、６、７の何れか１項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項10] 前記冷却部が、冷媒を通す冷却路を含むことを特徴とする請求項８又は９に記載のプラズマ処理装置。

[請求項11] 前記冷却部が、前記放熱部に設けられた放熱フィンを含むことを特徴とする請求項９に記載のプラズマ処理装置。

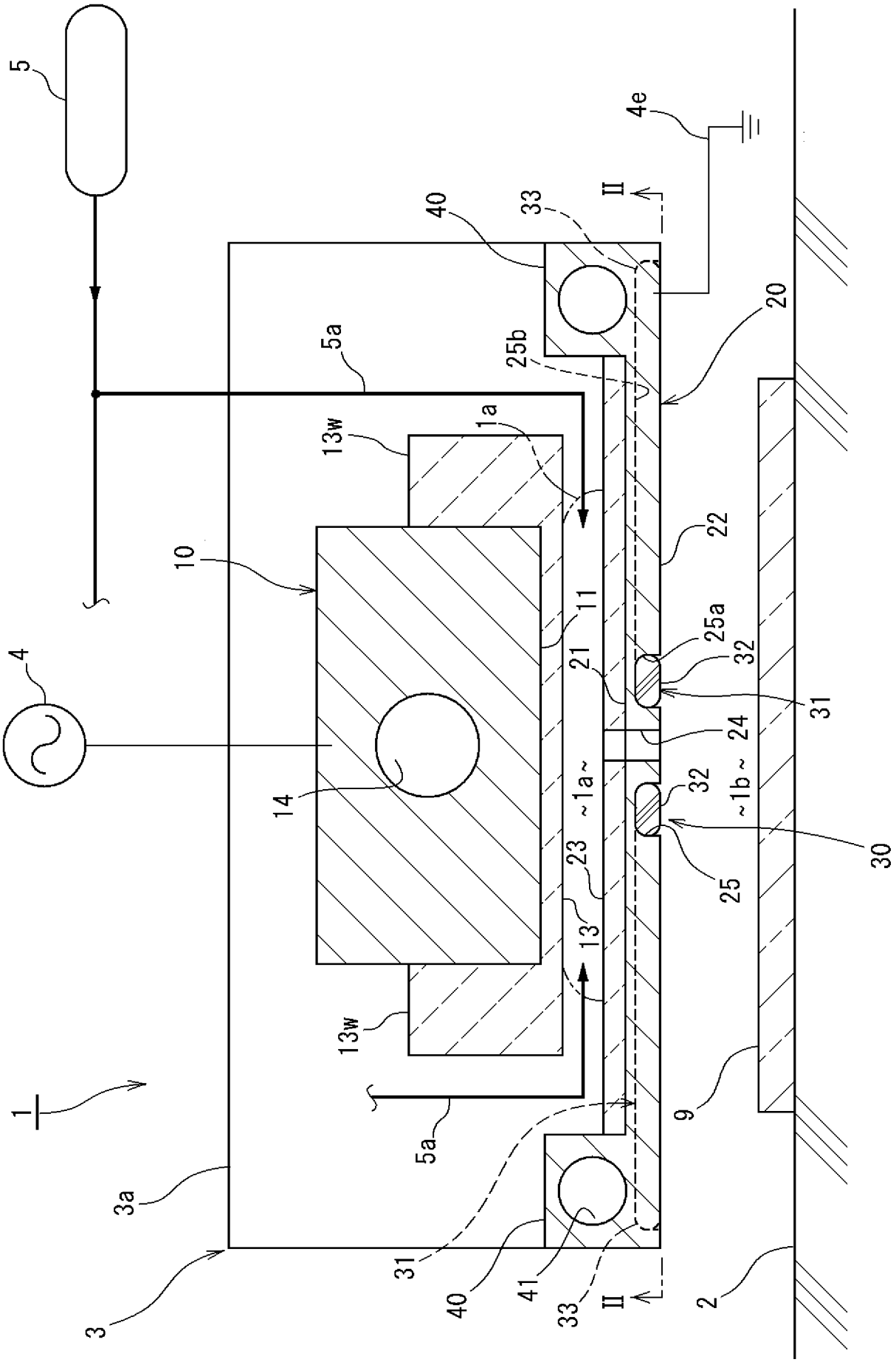
[請求項12] 前記冷却部が、前記放熱フィンに送風する送風手段を含むことを特徴とする請求項１１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項13] 前記第２放電面又は処理面に収容溝が形成され、前記熱輸送手段が前記収容溝に収容されていることを特徴とする請求項１～１２の何れか１項に記載のプラズマ処理装置。

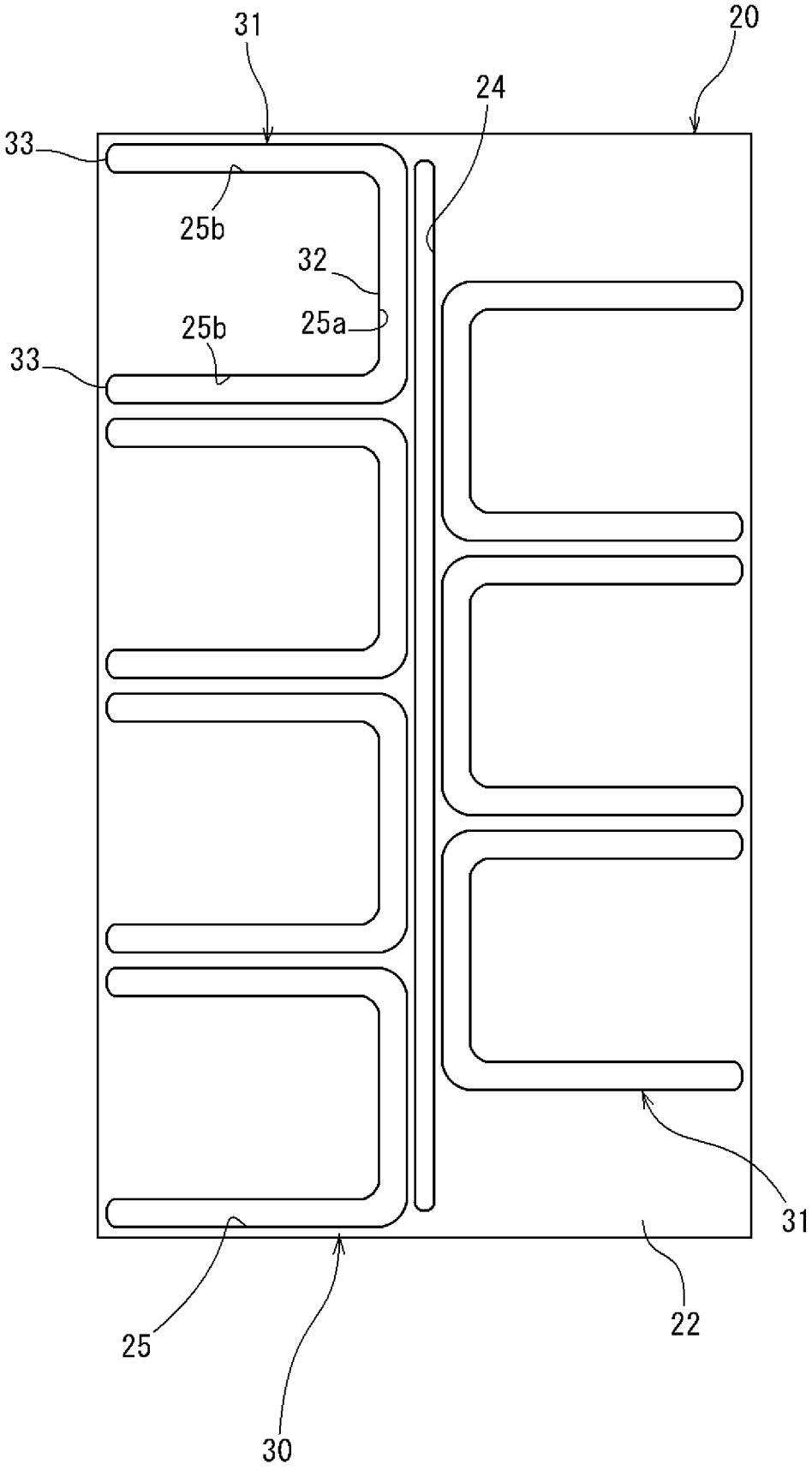
[請求項14] 前記収容溝の前記第２放電面又は処理面への開口が、覆板で塞がれていることを特徴とする請求項１３に記載のプラズマ処理装置。

[請求項15] 前記覆板が、前記第２放電面又は処理面を覆っていることを特徴とする請求項１４に記載のプラズマ処理装置。

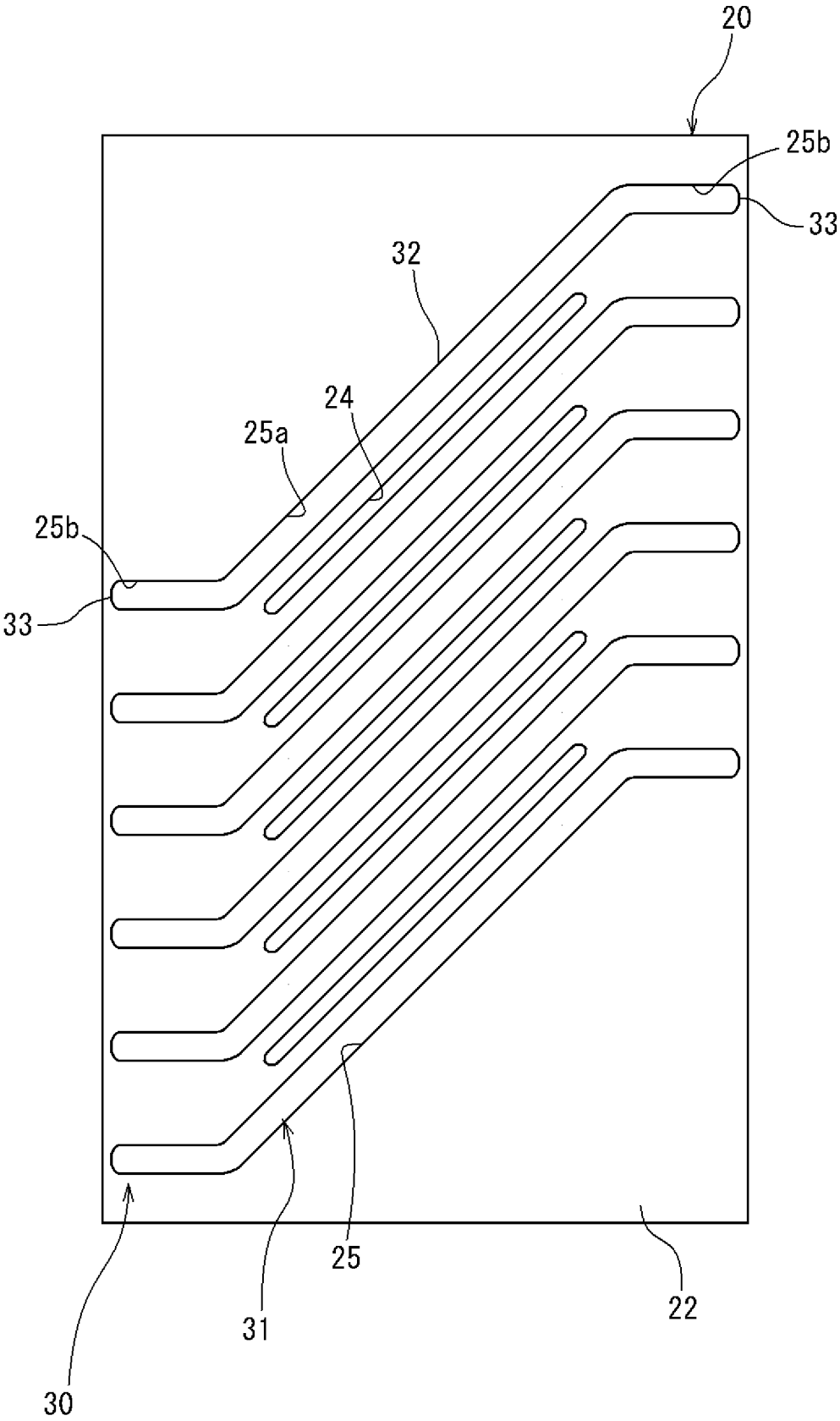
[図1]


5
4e
II
40
33
20
5a
25b
1a
13w
22
10
11
21
25a
32
4
31
24
14
~1a~
32
~1b~
30
23
25
13
13w
1
5a
9
3a
31
40
41
33
II
2
3

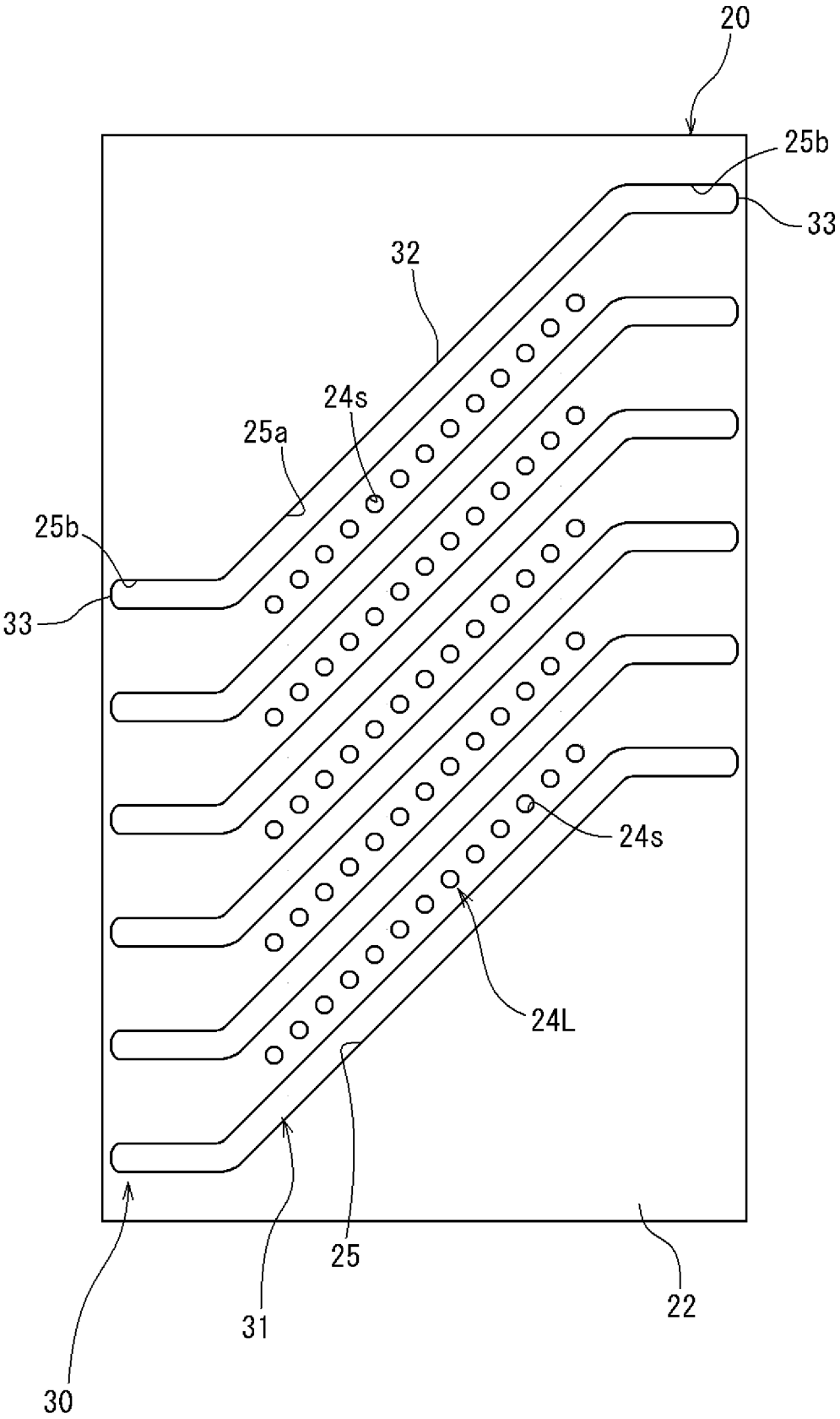
[図2]



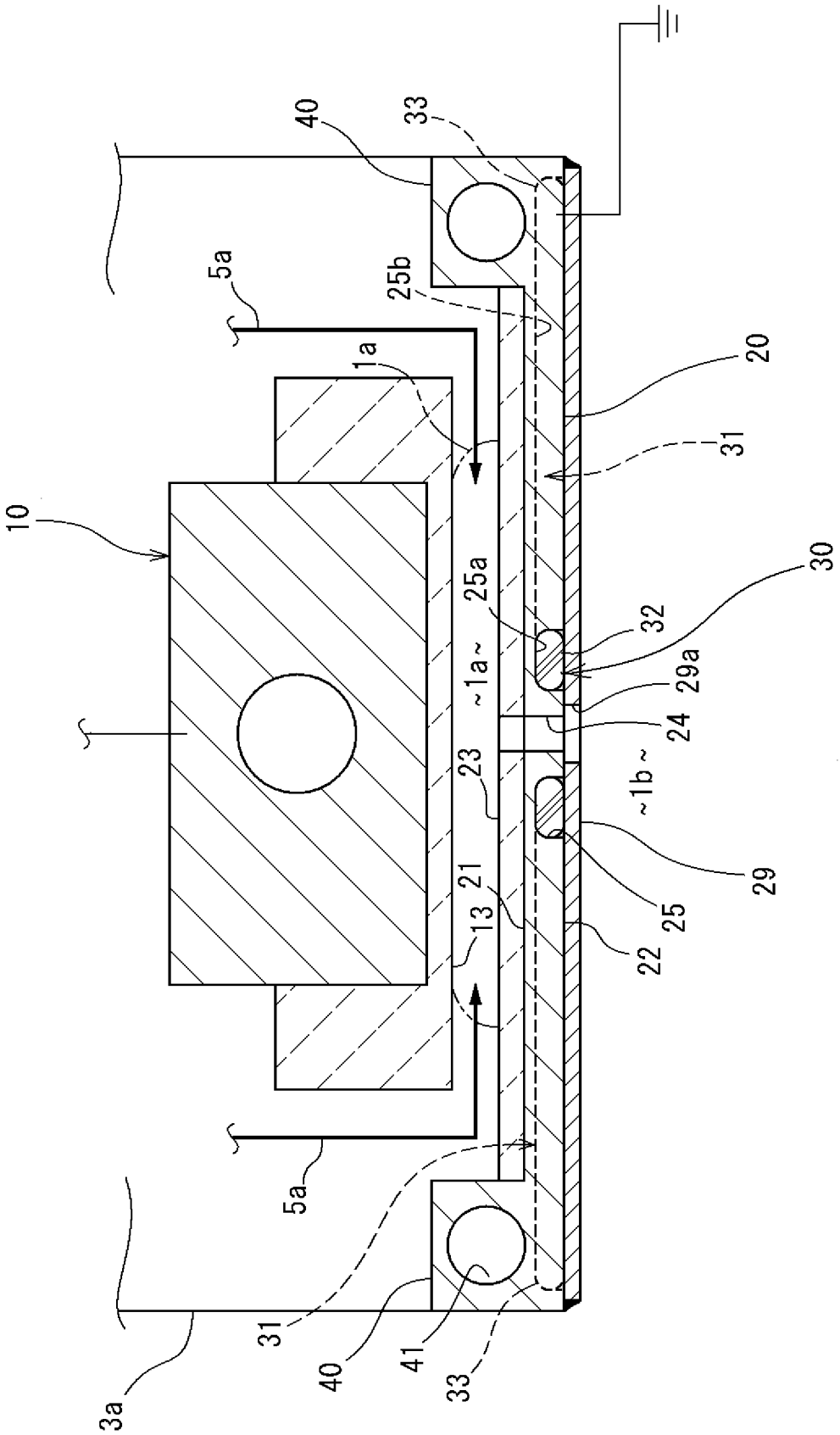
[図3]



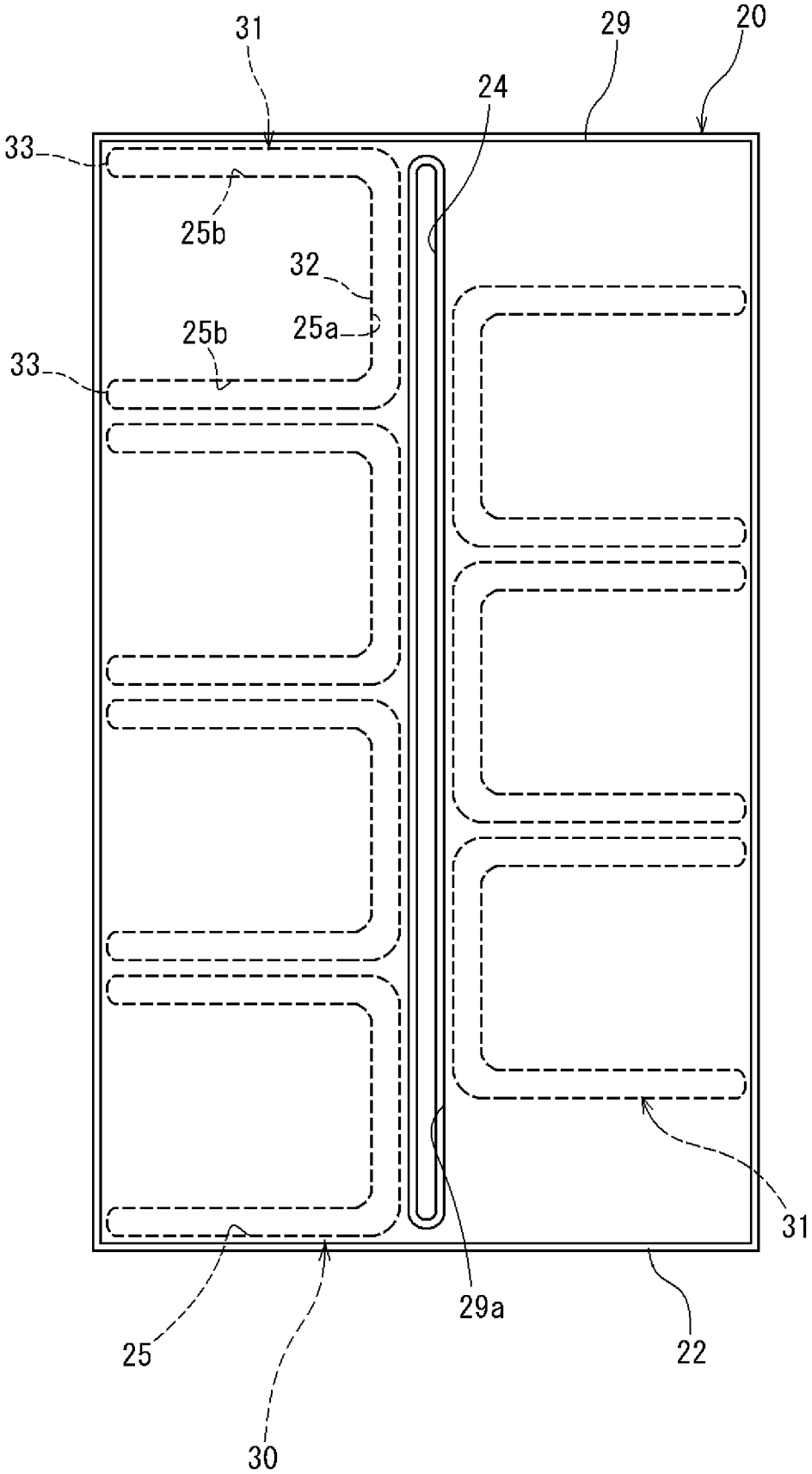
[図4]



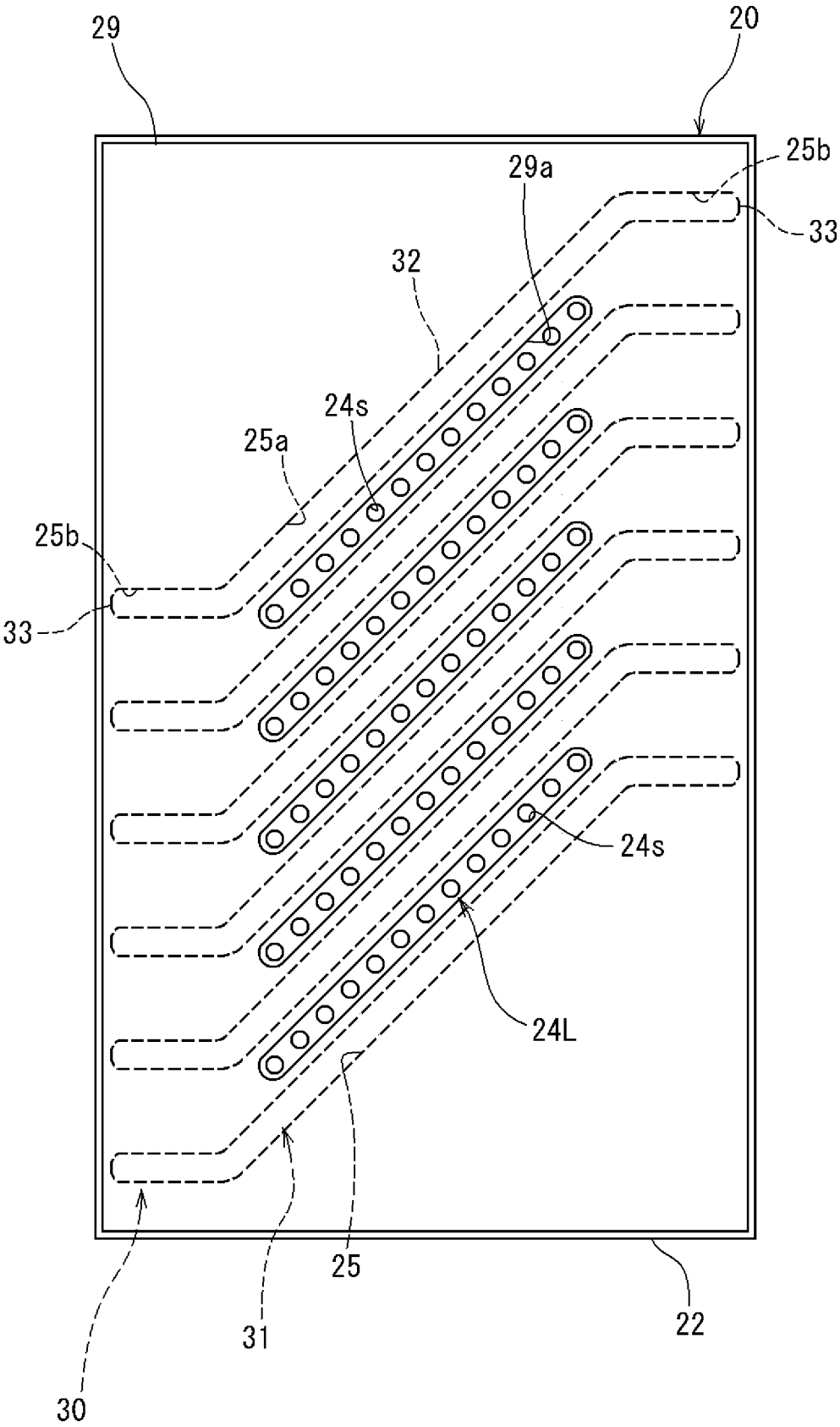
[図5]


40
33
5a
25b
1a
20
31
10
30
25a
32
~1a~
29a
24
23
~1b~
21
29
13
25
22
5a
31
40
41
33
3a

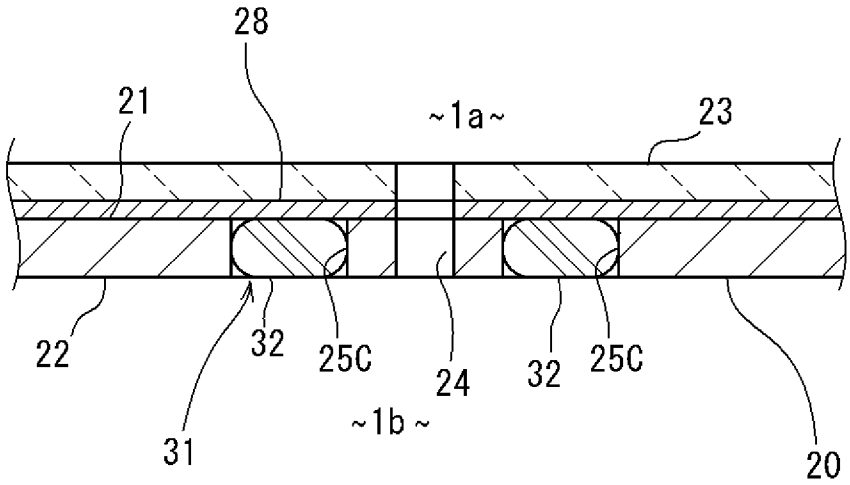
[図6]



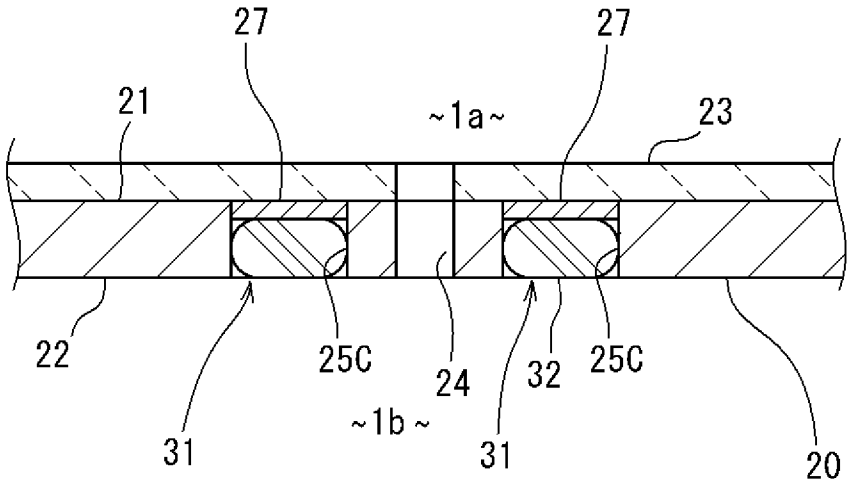
[図7]



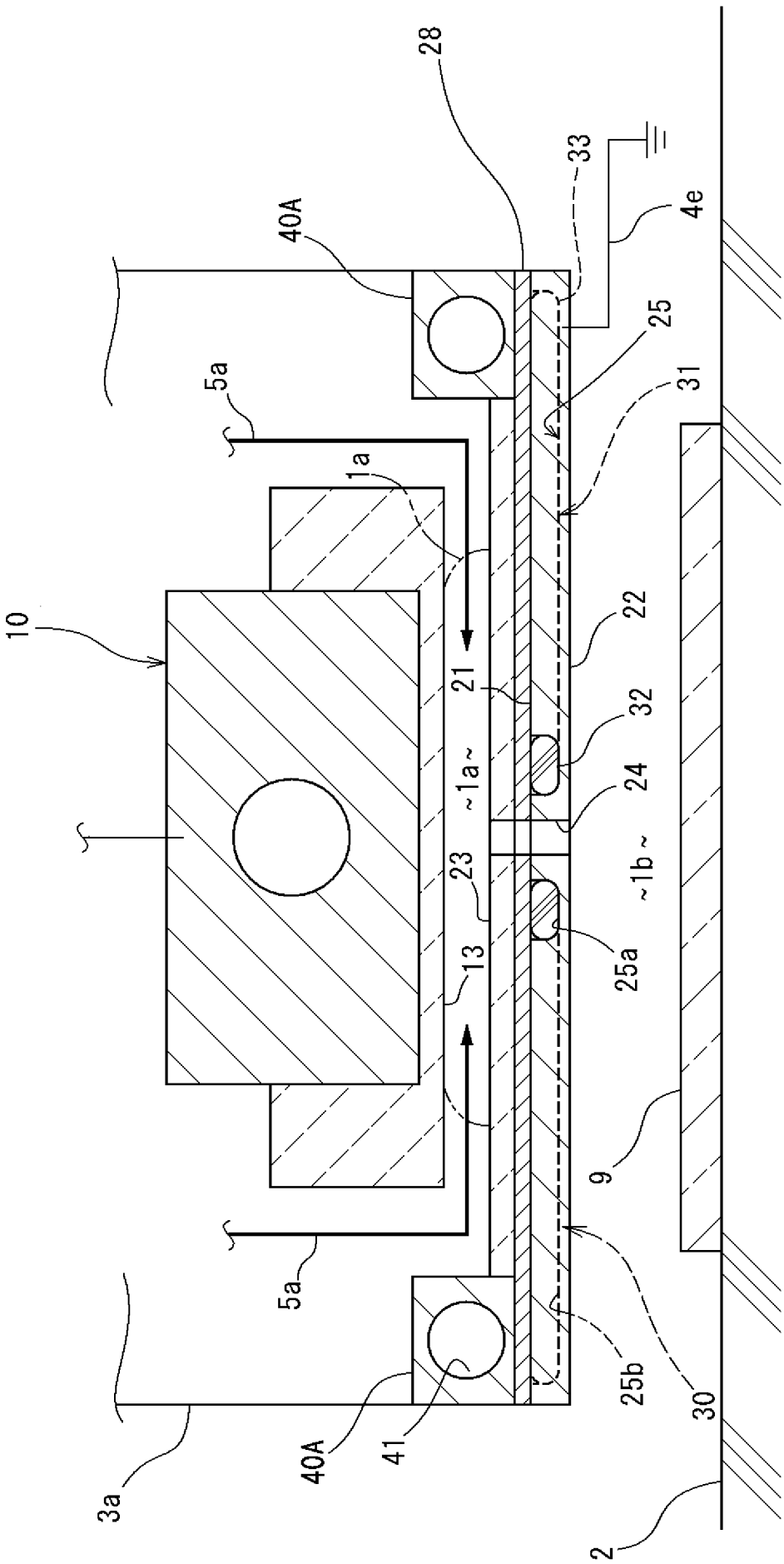
[図8]


28
21
~1a~
23
22
32
25C
24
32
25C
31
~1b~
20

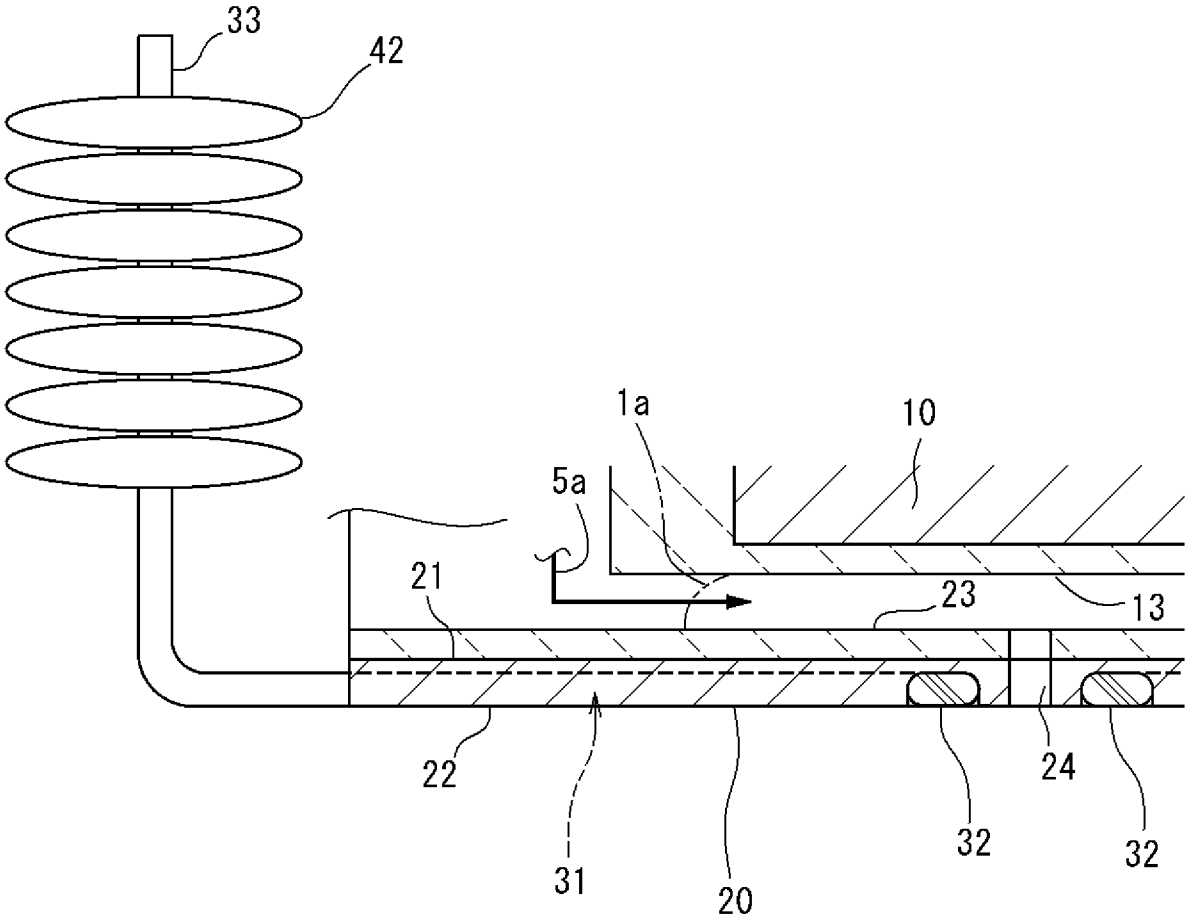
[図9]


27
27
21
~1a~
23
22
25C
24
32
25C
31
~1b~
31
20

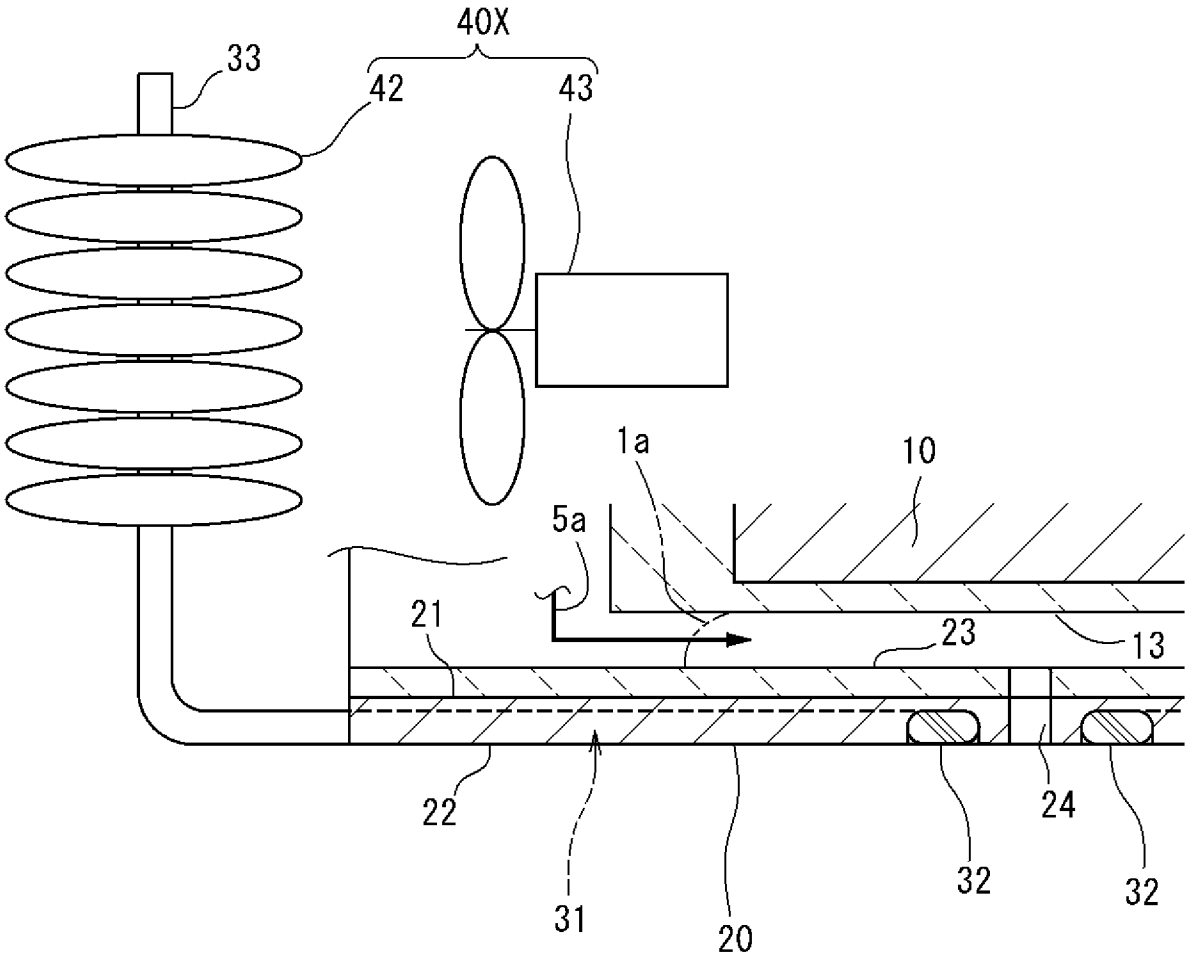
[図10]


28
33
4e
40A
25
5a
31
1a
10
22
21
32
~1a~
24
23
~1b~
13
25a
9
5a
25b
30
40A
41
3a
2

[図11]



[図12]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/005629

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
*H05H1/24*(2006.01)i, *C23C16/50*(2006.01)i, *H01L21/205*(2006.01)i, *H01L21/3065*(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)
H05H1/24, C23C16/50, H01L21/205, H01L21/3065

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 | 1996-2010 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2010 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2010 |

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. |
|---|---|---|
| Y | JP 2004-6211 A (Sekisui Chemical Co., Ltd.), 08 January 2004 (08.01.2004), entire text; all drawings (Family: none) | 1-15 |
| Y | JP 6-61184 A (Tokyo Electron Ltd.), 04 March 1994 (04.03.1994), entire text; all drawings (Family: none) | 1-15 |
| Y | JP 2001-308081 A (Tokyo Electron Ltd.), 02 November 2001 (02.11.2001), entire text; all drawings (Family: none) | 1-15 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier 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 |
|---|---|
| 12 January, 2010 (12.01.10) | 19 January, 2010 (19.01.10) |
| Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office<br>Facsimile No. | Authorized officer<br>Telephone No. |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.
PCT/JP2009/005629

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| Y | JP 1-248623 A (Toshiba Denzai Kabushiki Kaisha), 04 October 1989 (04.10.1989), entire text; all drawings (Family: none) | 1-15 |

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００９／００５６２９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H05H1/24(2006.01)i, C23C16/50(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L21/3065(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.　H05H1/24, C23C16/50, H01L21/205, H01L21/3065

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 | １９７１－２０１０年 |
| 日本国実用新案登録公報 | １９９６－２０１０年 |
| 日本国登録実用新案公報 | １９９４－２０１０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 |
|---|---|---|
| Y | JP 2004-6211 A (積水化学工業株式会社) 2004.01.08, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-15 |
| Y | JP 6-61184 A (東京エレクトロン株式会社) 1994.03.04, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-15 |
| Y | JP 2001-308081 A (東京エレクトロン株式会社) 2001.11.02, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-15 |

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

| | |
|---|---|
| 国際調査を完了した日<br>１２．０１．２０１０ | 国際調査報告の発送日<br>１９．０１．２０１０ |
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）<br>郵便番号１００－８９１５<br>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<br>山口　敦司<br>電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２７３ |

C（続き）．　関連すると認められる文献

| 引用文献のカテゴリー＊ | 引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する請求項の番号 |
|---|---|---|
| Y | JP 1-248623 A (東芝電材株式会社) 1989.10.04, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-15 |