(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
2024年3月21日(21.03.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/057424 A1

(51) 国際特許分類:
H05H 1/24 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/034306

(22) 国際出願日： 2022年9月14日(14.09.2022)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 東芝三菱電機産業システム株式会社(**TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目１番１号 Tokyo (JP).

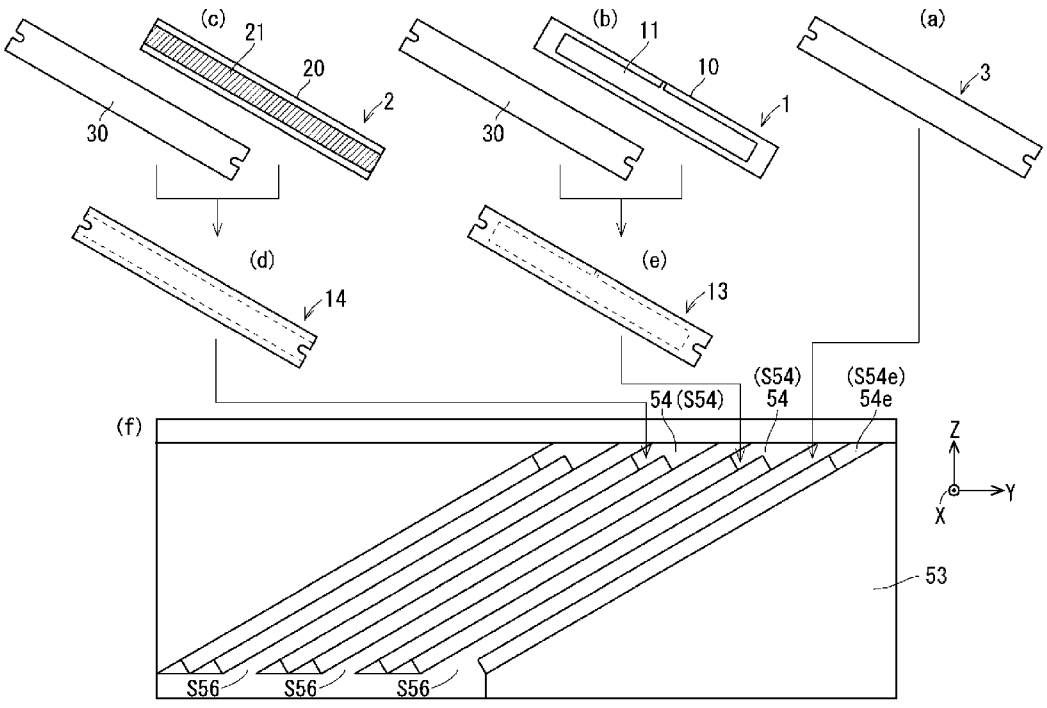
(72) 発明者: 渡辺 謙資 (**WATANABE Kensuke**); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目１番１号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP). 有田 廉(**ARITA Ren**); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目１番１号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 吉竹 英俊, 外(**YOSHITAKE Hidetoshi** et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区城見１丁目４番７０号住友生命ＯＢＰプラザビル１０階 Osaka (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,

(54) **Title:** ACTIVE GAS GENERATION DEVICE

(54) 発明の名称： 活性ガス生成装置



(57) **Abstract:** The purpose of the present disclosure is to provide an active gas generation device capable of supplying a high-concentration active gas. In an active gas generation device (5) according to the present disclosure, a first number of high-voltage electrode structures (13) are each held inside a holding space (S54) of a corresponding groove (54) among a first number of grooves (54), and a second number of grounding electrode structures (14, 3, 4) are each held inside a holding space (S54) of a corresponding groove (54) among a second number of grooves (54). The first number of

WO 2024/057424 A1

[続葉有]

KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

high-voltage electrode structures (13) and the second number of grounding electrode structures (14, 3, 4) are alternately disposed in a Y-direction. A first planar region of each of the first number of high-voltage electrode structures (13) and a second planar region of each of the second number of grounding electrode structures (14, 3, 4) face each other with a separation space (S56) therebetween.

(57) 要約：本開示は、高濃度な活性ガスを供給することができる活性ガス生成装置を提供することを目的とする。本開示の活性ガス生成装置（５）において、第１の数の高電圧電極構造体（１３）はそれぞれ第１の数の溝（５４）のうち対応する溝（５４）の保持空間（Ｓ５４）内で保持され、第２の数の接地電極構造体（１４，３，４）はそれぞれ第２の数の溝（５４）のうち対応する溝（５４）の保持空間（Ｓ５４）内で保持される。第１の数の高電圧電極構造体（１３）と第２の数の接地電極構造体（１４，３，４）とは、Ｙ方向に沿って交互に配置され、第１の数の高電圧電極構造体（１３）それぞれの第１の平面領域と第２の数の接地電極構造体（１４，３，４）それぞれの第２の平面領域とが分離空間（Ｓ５６）を挟んで対向する。

明　細　書

発明の名称 ： 活性ガス生成装置

技術分野

[0001]　本開示は、放電空間において活性ガスを生成する活性ガス生成装置に関する。

背景技術

[0002]　従来の代表的な活性ガス生成装置として、半導体成膜工程に用いる並行平板方式の誘電体バリア放電方式を用いた活性ガス生成装置がある。誘電体バリア放電方式を用いた従来の活性ガス生成装置として例えば特許文献１で開示された活性ガス生成装置がある。

[0003]　特許文献１で開示された従来の活性ガス生成装置において、高電圧側電極構成部に設けられる複数のガス供給孔及び接地側電極構成部に設けられる複数のガス噴出孔は、平面視して、複数のガス供給孔及び複数のガス噴出孔が互いに重複することなく配置されている。

[0004]　特許文献１で開示された活性ガス生成装置は、以下の第１及び第２の配置関係を有している。第１の配置関係は、複数のガス供給孔及び複数のガス噴出孔のいずれもが形成されない領域に放電空間が設けられる関係である。第２の配置関係は、複数のガス噴出孔それぞれは、複数のガス供給孔のうち平面視して隣接する４つのガス供給孔を有し、隣接する４つのガス供給孔それぞれから対応するガス噴出孔に至る４つの距離は全て同一距離となる関係である。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第６７１９８５６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006]　上述した従来の活性ガス生成装置は、接地側電極構成部に複数のガス噴出

孔を設け、複数のガス噴出孔の周辺部の放電空間を経由した活性ガス（ラジカルを含んだガス）を複数のガス噴出孔から基板となるウェハーに供給している。

[0007] すなわち、従来の活性ガス生成装置において、複数のガス供給孔から供給された原料ガスから放電空間内で活性ガスが生成された後、複数のガス噴出孔から活性ガスが下方のウェハーへと放出される。この際、放電空間内に生成された活性ガスは水平方向に拡散した後、再度絞られてガス噴出孔へと進むため、この過程で活性ガスおけるラジカルが失活してしまう。なお、放電空間は、高電圧側電極構成部と接地側電極構成部との間に設けられる電極間空間内に設けられる。

[0008] このように、従来の活性ガス生成装置は、ガス噴出孔に活性ガスが進むに従い流通経路が絞られることにより活性ガスの失活を招き、高濃度な活性ガス供給することができないという第１の問題点があった。

[0009] さらに、後段の成膜処理チャンバー内に供給された活性ガスは直下に配置されたウェハーの表面に対し垂直に吹き付けられる。このため、活性ガスがウェハーに衝突するタイミングで大きなラジカル失活を生じると共に、活性ガスの流速が著しく低下してしまう。その結果、限られた時間内にウェハー上に供給される活性ガスの距離が非常に短いものとなるという第２の問題点があった。以下、第２の問題点を詳述する。

[0010] 複数のガス噴出孔からウェハーに向けて供給される活性ガスは円柱状のあまり広がらないガス流束となってウェハーに到達するため、ごく限られた面積において活性ガスがウェハーに衝突し、衝突位置から周囲へと広がっていく。このような、活性ガスの流れではウェハーとの最初の衝突で活性ガスに多量の失活を引き起こすと同時に、活性ガスのガス流速を極端に低下させてしまう。このため、活性ガスが完全に失活してしまう前に処理が可能なウェハー面積が非常に限られたものとなる。

[0011] この第２の問題点を考慮して、ウェハー上に成膜される薄膜の膜厚などの均一化を図るべく、ガス噴出孔の数を増やした改良構造が考えられる。改良

構造において、ガス噴出孔の数を増加させると、ガス噴出孔に対応して設けられるガス供給孔の数も増加させる必要がある。

[0012] しかしながら、上記改良構造における上述した電極間空間に関し、複数のガス供給孔と複数のガス噴出口のうち少なくとも一方に平面視して重複する空間は放電空間に設けることができない制約がある。この制約は上述した第１の配置関係を有することに起因する制約である。このように、上記改良構造は、ガス噴出孔とガス供給孔とが平面視して重複しない空間に形成される放電空間の大きさが、ガス供給孔及びガス噴出孔の孔数が増えるほど狭くなるという制約を有している。

[0013] このように、上記改良構造においてガス噴出孔及びガス供給孔の形成数を増加させると、上記制約のため放電空間が狭まることになり、活性ガス中に含まれるラジカル濃度の低下を招いてしまう。したがって、上記改良構造は、ウェハーに対する処理時間の増大化を引き起こしてしまい、結果的に上記第２の問題点を解消できない。

[0014] 本開示では、少なくとも上記第１の問題点を解決し、高濃度な活性ガスを供給することができる活性ガス生成装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0015] 本開示の活性ガス生成装置は、原料ガス供給空間と、活性ガス出力空間と、各々が平面視して矩形状の第１の平面領域を有する第１の数の高電圧電極構造体と、各々が平面視して矩形状の第２の平面領域を有する第２の数の接地電極構造体と、前記原料ガス供給空間と前記活性ガス出力空間との間に設けられる放電空間用構造体とを備え、前記放電空間用構造体は、所定の形成方向に沿って設けられる複数の溝を有し、前記複数の溝は互いに離散して設けられ、前記複数の溝はそれぞれ保持空間を有し、前記第１の数の高電圧電極構造体と前記複数の溝のうち第１の数の溝とが対応し、前記第１の数の高電圧電極構造体はそれぞれ前記第１の数の溝のうち対応する溝の前記保持空間内で保持され、前記第２の数の接地電極構造体と前記複数の溝のうち第２の数の溝とが対応し、前記第２の数の接地電極構造体はそれぞれ前記第２の

数の溝のうち対応する溝の前記保持空間内で保持され、前記第１の数の高電圧電極構造体と前記第２の数の接地電極構造体とは、前記所定の形成方向に沿って交互に配置され、前記第１の数の高電圧電極構造体それぞれの前記第１の平面領域と前記第２の数の接地電極構造体それぞれの前記第２の平面領域とが分離空間を挟んで対向し、前記第１の数の高電圧電極構造体に交流電圧が印加され、前記第２の数の接地電極構造体が基準電位に設定され、前記分離空間は放電空間を含み、前記放電空間において、前記原料ガス供給空間側の開口部がガス供給口となり、前記活性ガス出力空間側の開口部がガス噴出口となり、前記ガス供給口から前記ガス噴出口に向かう方向がガス流通方向として規定される。

発明の効果

[0016] 本開示の活性ガス生成装置において、所定の形成方向に隣接関係にある高電圧電極構造体及び接地電極構造体と、隣接関係にある高電圧電極構造体，接地電極構造体間の放電空間とにより１単位の放電セルが構成される。したがって、第１の数及び第２の数のうち少なくとも一方を“２”以上に設定することにより、放電空間用構造体内に複数の放電セルを設けることができる。

[0017] 複数の放電セルそれぞれにおいて、原料ガス供給空間からガス供給口を介して供給される原料ガスが放電空間内で活性化されることにより活性ガスが生成される。活性ガスはガス噴出口から活性ガス出力空間に向けて噴出される。

[0018] 本開示の活性ガス生成装置は、ガス供給口からガス噴出口に至るガス流通経路の大部分を放電空間とすることができ、かつ、ガス流通経路に障害となる構造を設ける必要はない。このため、本開示の活性ガス生成装置は、放電空間内における活性ガスの流れはスムーズとなる分、活性ガスの失活を効果的に抑制することができる。

[0019] その結果、本開示の活性ガス生成装置は高濃度な活性ガスを複数の放電セルそれぞれのガス噴出口から後段の活性ガス出力空間に供給することができ

る。

[0020] 加えて、本開示の活性ガス生成装置は、第１の数の高電圧電極構造体を第１の数の溝の保持空間内で保持し、第２の数の接地電極構造体を第２の数の溝の保持空間内で保持するという比較的簡単な構造で複数の放電セルを構成できるため、製造コストの低減化を図ることができる。

[0021] 本開示の目的、特徴、局面、および利点は、以下の詳細な説明と添付図面とによって、より明白となる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本実施の形態の活性ガス生成装置の構造を示す説明図である。

[図2]図１の着目領域の詳細構造を示す説明図である。

[図3]高電圧印加電極部の構造を示す説明図である。

[図4]接地電位電極部の構造を示す説明図である。

[図5]単体電極用誘電体膜の構造を示す説明図（その１）である。

[図6]単体電極用誘電体膜の構造を示す説明図（その２）である。

[図7]複数の溝における高電圧電極構造体及び接地電極構造体の保持形態を示す説明図（その１）である。

[図8]複数の溝における高電圧電極構造体及び接地電極構造体の保持形態を示す説明図（その１）である。

[図9]発生器ベースフランジの全体構造を示す説明図である。

[図10]図９の着目領域の構造を示す説明図である。

[図11]発生器ベースフランジの全体構造（初期状態）を示す斜視図である。

[図12]発生器ベースフランジの全体構造（完成状態）を示す斜視図である。

[図13]押圧部材の構造を模式的に示す説明図である。

[図14]ブランク部品の使用例を模式的に示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0023] ＜実施の形態＞

図１は本実施の形態の活性ガス生成装置５の構造を示す説明図である。図２は図１の着目領域Ｓ１の詳細構造を示す説明図である。図１及び図２それ

ぞれのＸＹＺ直交座標系を記している。

[0024] これらの図に示すように、本実施の形態の活性ガス生成装置５は、発生器カバー５１、チャンバー５２、発生器ベースフランジ５３、高周波電源１００、第１の数の高電圧電極構造体１３、及び第２の数の接地電極構造体１４を主要構成要素として含んでいる。

[0025] チャンバー５２上に発生器ベースフランジ５３が設けられ、発生器ベースフランジ５３上に発生器カバー５１が設けられる。放電空間用構造体である発生器ベースフランジ５３は導電性を有している。

[0026] 発生器ベースフランジ５３と発生器カバー５１とにより、発生器ベースフランジ５３の上方に原料ガスＧ１用の原料ガス供給空間６１が設けられる。発生器ベースフランジ５３とチャンバー５２とにより、発生器ベースフランジ５３の下方に活性ガスＧ２用の活性ガス出力空間６２が設けられる。

[0027] このように、本実施の形態の活性ガス生成装置５において、原料ガス供給空間６１と活性ガス出力空間６２との間に放電空間用構造体である発生器ベースフランジ５３が設けられる。

[0028] 発生器ベースフランジ５３は、所定の形成方向であるＹ方向に沿って設けられる複数の溝５４を有する。複数の溝５４はそれぞれ電極構造体を設置するための溝となる。

[0029] 図２に示すように、複数の溝５４は互いに離散して設けられ、複数の溝５４はそれぞれがガス流通方向ＦＧ（ＦＧ１，ＦＧ２）に沿って延在する保持空間Ｓ５４を有している。図２で示すガス流通方向ＦＧ１が原料ガスＧ１の流通方向であり、ガス流通方向ＦＧ２が活性ガスＧ２の流通方向となる。ガス流通方向ＦＧ１とガス流通方向ＦＧ２とは同一方向である。以下、ガス流通方向ＦＧ１及びＦＧ２を総称する場合、単に「ガス流通方向ＦＧ」と称する。

[0030] チャンバー５２の活性ガス出力空間６２内に基板支持台であるウェハー支持台５７が設けられ、ウェハー支持台５７は上部の基板載置面５７Ｓを有している。ウェハー支持台５７は基板となるウェハー７を基板載置面５７Ｓ上

に載置することができる。

[0031] 後述するように、第１の数の高電圧電極構造体１３と複数の溝５４うち第１の数の溝とが対応し、第１の数の高電圧電極構造体１３はそれぞれ前記第１の数の溝５４のうち対応する溝５４の保持空間Ｓ５４内で保持される。

[0032] 同様に、第２の数の接地電極構造体１４と複数の溝５４のうち第２の数の溝５４とが対応し、第２の数の接地電極構造体１４はそれぞれ第２の数の溝５４のうち対応する溝５４の保持空間Ｓ５４内で保持される。なお、後に詳述するように、第２の数の接地電極構造体には、接地電極構造体１４以外の構造を有する単体電極用誘電体膜３や単体電極用誘電体膜４が含まれている。以下では、接地電極構造体１４を代表させ、第２の数の接地電極構造体１４して説明する。

[0033] 図２に示すように、第１の数の高電圧電極構造体１３と前記第２の数の接地電極構造体１４とは、Ｙ方向に沿って交互に配置される。

[0034] 図２に示すように、第１の数の高電圧電極構造体１３に高周波電源１００から電極接続線Ｌ１を介して交流電圧が印加され、第２の数の接地電極構造体は発生器ベースフランジ５３を介して基準電位である接地電位に設定される。発生器ベースフランジ５３には接地電位が付与されている。

[0035] 図２に示すように、Ｙ方向において隣接する高電圧電極構造体１３と接地電極構造体１４との間に分離空間Ｓ５６が設けられ、分離空間Ｓ５６の一部が放電空間６となる。

[0036] 放電空間６において、原料ガス供給空間６１側の開口部がガス供給口６ａとなり、活性ガス出力空間６２側の開口部がガス噴出口６ｂとなる。ガス供給口６ａ及びガス噴出口６ｂは共にＸＹ平面で平面視して縦長のスリット状を呈している。

[0037] ガス供給口６ａからガス噴出口６ｂに向かう方向がガス流通方向ＦＧとなる。図１及び図２に示すように、ガス流通方向ＦＧは、基板載置面５７Ｓを基準とした垂直方向（Ｚ方向）に対し、“０”でない有意な所定の傾きを有する斜め方向に設定されている。所定の傾きとして例えば３０°～６０°が

考えられる。所定の傾きは、投入可能な原料ガスのガス流量、発生器ベースフランジ５３の占有面積、及びチャンバー５２の大きさ等に基づき決定される。

[0038] 本実施の形態の活性ガス生成装置５において、発生器カバー５１及び発生器ベースフランジ５３の組合せ構造により、活性ガスＧ２を生成する活性ガス生成機能を実現している。なお、発生器ベースフランジ５３は第１の数の高電圧電極構造体１３と第２の数の接地電極構造体１４とを保持している。

[0039] 発生器カバー５１の上部のガス供給用開口部５０から原料ガス供給空間６１内に原料ガスＧ１が供給され、原料ガス供給空間６１内の原料ガスＧ１は、ガス供給口６ａからガス流通方向ＦＧ１に沿って放電空間６内に供給される。放電空間６内に誘電体バリア放電を発生させることにより、放電空間６内で原料ガスＧ１から活性ガスＧ２（ラジカルを含むガス）が生成される。生成された活性ガスＧ２がガス噴出口６ｂからガス流通方向ＦＧ２に沿って活性ガス出力空間６２内のウェハー７に吹き付けられる。

[0040] ガス噴出口６ｂから噴出される活性ガスＧ２は、ウェハー７の表面に対し上述した斜め方向で吹き付けられる。このように、発生器カバー５１及び発生器ベースフランジ５３の組合せ構造により、活性ガス生成機能を実現することができる。

[0041] 図３は高電圧電極構造体１３の構成要素である高電圧印加電極部１の構造を示す説明図である。図３(a)は上面図であり、図３(b)は図３(a)のＡ－Ａ断面図、図３(c)は図３(a)のＢ－Ｂ断面図、図３(d)は下面図である。図３(a)～図３(d)それぞれにＸＹＺ直交座標系を記している。

[0042] なお、図３及び後に説明する図４～図６において、積層する方向をＺ方向、後述する矩形状の平面領域の長辺方向をＸ方向、短辺方向をＹ方向としている。したがって、図３～図６で示すＸＹＺ直交座標系と、図１及び図２で示す活性ガス生成装置５のＸＹＺ直交座標系とは一致していない。

[0043] 図３に示すように、高電圧印加電極部１は電極用誘電体膜１０及び金属電極１１を主要構成要素として含んでいる。電極用誘電体膜１０は高電圧電極

構造体１３を構成する第１の電極用誘電体膜となり、金属電極１１は高電圧電極構造体１３を構成する第１の電極用導電膜となる。電極用誘電体膜１０上に電極用導電膜である金属電極１１が設けられる。金属電極１１はスパッタ、蒸着、または印刷焼成によって電極用誘電体膜１０上に形成される。

[0044] 金属電極１１は本体領域１１ｍ及び突出領域１１ｔからなり、本体領域１１ｍはＸＹ平面で平面視して矩形状の平面領域を有している。電極用誘電体膜１０及び本体領域１１ｍそれぞれの平面領域においてＸ方向が長辺方向となり、Ｙ方向が短辺方向となる。突出領域１１ｔは本体領域１１ｍの中心部から＋Ｙ方向に延びて電極用誘電体膜１０の長辺に達する。電極用誘電体膜１０はＸＹ平面において本体領域１１ｍを含み、本体領域１１ｍより広い面積を有している。

[0045] 図４は接地電極構造体１４の構成要素である接地電位電極部２の構造を示す説明図である。図４(a)は上面図であり、図４(b)は図４(a)のＣ－Ｃ断面図、図４(c)は図４(a)のＤ－Ｄ断面図、図４(d)は下面図である。図４(a)～図４(d)それぞれにＸＹＺ直交座標系を記している。

[0046] 図４に示すように、接地電位電極部２は電極用誘電体膜２０及び金属電極２１を主要構成要素として含んでいる。電極用誘電体膜２０は接地電極構造体１４を構成する第Ｇ２１の電極用誘電体膜となり、金属電極２１は接地電極構造体１４を構成する第２の電極用導電膜となる。電極用誘電体膜２０上に電極用導電膜である金属電極２１が設けられる。金属電極２１はスパッタ、蒸着、または印刷焼成によって電極用誘電体膜２０上に形成される。

[0047] 金属電極２１はＸＹ平面で平面視して矩形状の平面領域を有している。電極用誘電体膜２０及び金属電極２１それぞれの平面領域においてＸ方向が長辺方向となり、Ｙ方向が短辺方向となる。電極用誘電体膜１０及び金属電極２１それぞれの長辺の長さは同一に設定され、電極用誘電体膜２０はＹ方向において金属電極２１を含み、金属電極２１より長い短辺を有している。

[0048] 図５は単体電極用誘電体膜３の構造を示す説明図である。図５(a)は上面図であり、図５(b)は図５(a)のＥ－Ｅ断面図、図５(c)は図５(a)のＦ－Ｆ断面

図である。図５(a)～図５(c)それぞれにＸＹＺ直交座標系を記している。

[0049] 図５に示すように、単体電極用誘電体膜３は電極用誘電体膜３０のみで構成され、電極用誘電体膜３０（単体電極用誘電体膜３）はＸＹ平面で平面視して矩形状の平面領域を有している。電極用誘電体膜３０の平面領域においてＸ方向が長辺方向となり、Ｙ方向が短辺方向となる。電極用誘電体膜３０の両短辺の中央部に切欠部３３が設けられる。

[0050] 電極用誘電体膜３０の平面領域は電極用誘電体膜１０の平面領域及び電極用誘電体膜２０の平面領域と同程度の広さを有している。通常、電極用誘電体膜３０の平面領域は電極用誘電体膜１０及び２０それぞれの平面領域と同一面積に設定することが望ましい。

[0051] 単体電極用誘電体膜３は以下の第１～第３の態様で用いられる。第１の態様は高電圧電極構造体１３の補助構成要素として用いられる態様である。第２の態様は接地電極構造体１４の補助構成要素として用いられる態様である。第３の態様は単体電極用誘電体膜３のみ独立して用いられる態様である。

[0052] 以下、説明の都合上、第１及び第２の態様で用いられる場合は「電極用誘電体膜３０」と称し、第３の態様で用いられる場合に「単体電極用誘電体膜３」と称する。

[0053] 図６は単体電極用誘電体膜４の構造を示す説明図である。図６(a)は上面図であり、図６(b)は図６(a)のＧ－Ｇ断面図、図６(c)は図６(a)のＨ－Ｈ断面図である。図６(a)～図６(c)それぞれにＸＹＺ直交座標系を記している。

[0054] 図６に示すように、単体電極用誘電体膜４は電極用誘電体膜４０のみで構成され、電極用誘電体膜４０（単体電極用誘電体膜４）はＸＹ平面で平面視して矩形状の平面領域を有している。電極用誘電体膜４０の平面領域においてＸ方向が長辺方向となり、Ｙ方向が短辺方向となる。

[0055] 電極用誘電体膜４０の平面領域は電極用誘電体膜１０の平面領域と同程度の広さを有している。電極用誘電体膜４０の平面領域は電極用誘電体膜１０の平面領域と同一面積に設定することが望ましい。

[0056] 図７及び図８は複数の溝５４における高電圧電極構造体１３及び接地電極

構造体１４０（１４，３，４）の保持形態を示す説明図である。

[0057] 図７及び図８に示すように、放電空間用構造体である発生器ベースフランジ５３において、所定の形成方向であるＹ方向に沿って複数の溝５４が設けられる。図８に示すように、複数の溝５４は互いに離散して設けられ、複数の溝５４はそれぞれが保持空間Ｓ５４を有している。

[0058] 図７(b)及び図７(e)に示すように、高電圧電極構造体１３は、電極用誘電体膜１０と金属電極１１と電極用誘電体膜３０とからなる第１の複合構造を含んでいる。電極用誘電体膜１０が第１の電極用誘電体膜となり、金属電極１１が第１の電極用導電膜となり、電極用誘電体膜３０が第１の補助誘電体膜となる。

[0059] 高電圧印加電極部１において、第１の補助誘電体膜となる電極用誘電体膜３０は上述した第１の態様で用いられている。電極用誘電体膜１０及び金属電極１１の平面領域及び電極用誘電体膜３０の平面領域が高電圧電極構造体１３における第１の平面領域となる。

[0060] 上述した第１の複合構造において電極用誘電体膜１０、金属電極１１及び電極用誘電体膜３０の順で積層され、金属電極１１は高周波電源１００から電極接続線Ｌ１（図１，図２参照）を介して交流電圧が印加される。図３に示すように、金属電極１１は突出領域１１ｔを有しているため、突出領域１１ｔが上方（図１，図２及び図７の＋Ｚ方向）に位置するように、高電圧電極構造体１３を溝５４の保持空間Ｓ５４内で保持させることができる。したがって、金属電極１１の突出領域１１ｔに電極接続線Ｌ１を接続することにより、比較的簡単に高周波電源１００から交流電圧を金属電極１１に印加することができる。

[0061] 図７(c)及び図７(d)に示すように、接地電極構造体１４は、電極用誘電体膜２０と金属電極２１と電極用誘電体膜３０とからなる第２の複合構造を含んでいる。電極用誘電体膜２０が第２の電極用誘電体膜となり、金属電極２１が第２の電極用導電膜となり、電極用誘電体膜３０が第２の補助誘電体膜となる。

[0062] 接地電位電極部２において、第２の補助誘電体膜となる電極用誘電体膜３０は上述した第２の態様で用いられている。電極用誘電体膜２０及び金属電極２１の平面領域及び電極用誘電体膜３０の平面領域が接地電極構造体１４における第２の平面領域となる。

[0063] 上述した第２の複合構造において電極用誘電体膜２０、金属電極２１及び電極用誘電体膜３０の順で積層され、金属電極２１は、基準電位である接地電位が付与される発生器ベースフランジ５３を介して接地電位に設定される。なお、電極用誘電体膜３０は図５に示すように、両短辺の中央に一対の切欠部３３を有しているため、発生器ベースフランジ５３に装着した金属ピン等の電気的接続手段を切欠部３３を介して金属電極２１に直接接触させることにより、接地電極構造体１４を接地電位に設定することができる。

[0064] 図７(a)に示すように、単体電極用誘電体膜３が第３の態様として単独で用いられる。第３の態様で用いられる単体電極用誘電体膜３は接地電極構造体の一部として構成される。さらに、単体電極用誘電体膜４も接地電極構造体の一部として構成される。

[0065] このように、第２の数の接地電極構造体は、接地電極構造体１４、単体電極用誘電体膜３及び単体電極用誘電体膜４を含んでいる。以下、説明の都合上、接地電極構造体１４、単体電極用誘電体膜３及び単体電極用誘電体膜４を総称して「接地電極構造体１４０」と称する場合がある。

[0066] 図５及び図７(a)で示した単体電極用誘電体膜３、図７(b)及び図７(e)で示した高電圧電極構造体１３、図７(c)及び図７(d)で示した接地電極構造体１４、及び、図６で示した単体電極用誘電体膜４が図７(f)で示す発生器ベースフランジ５３に設けられた複数の溝５４の保持空間Ｓ５４内で保持される。

[0067] 図７及び図８に示すように、第１の数の高電圧電極構造体１３と複数の溝５４のうち第１の数の溝５４とが対応し、第１の数の高電圧電極構造体１３はそれぞれ第１の数の溝５４のうち対応する溝５４の保持空間Ｓ５４内で保持される。

[0068] 同様に、第２の数の接地電極構造体１４０と複数の溝５４のうち第２の数

の溝５４とが対応し、第２の数の接地電極構造体１４０はそれぞれ第２の数の溝５４のうち対応する溝５４の保持空間Ｓ５４内で保持される。

[0069] 第１の数の高電圧電極構造体１３と第２の数の接地電極構造体１４０とは、Ｙ方向に沿って交互に配置され、第１の数の高電圧電極構造体１３それぞれの第１の平面領域と第２の数の接地電極構造体１４０それぞれの第２の平面領域とが分離空間Ｓ５６を挟んで対向する。

[0070] 第２の数の溝５４は、複数の溝５４のうちＹ方向に最外に位置する一対の最外溝５４ｅを含んでいる。ここで、一対の最外溝５４ｅそれぞれの保持空間Ｓ５４を最外保持空間Ｓ５４ｅとする。

[0071] 単体電極用誘電体膜３は＋Ｙ方向側の最外溝５４ｅの最外保持空間Ｓ５４ｅ内で保持され、単体電極用誘電体膜４は－Ｙ方向側の最外溝５４ｅの最外保持空間Ｓ５４ｅ内で保持される。最外保持空間Ｓ５４ｅの形成幅は単体電極用誘電体膜３（電極用誘電体膜３０）の膜厚または単体電極用誘電体膜４（電極用誘電体膜４０）の膜厚と同程度に設定される。単体電極用誘電体膜３及び単体電極用誘電体膜４の膜厚は通常、同一に設定される。一対の最外溝５４ｅ間で単体電極用誘電体膜３と単体電極用誘電体膜４とを使い分けることにより、活性ガス生成装置５の組立時の混乱を抑制することが期待できる。

[0072] 複数の溝５４のうち一対の最外溝５４ｅを除く保持空間Ｓ５４の形成幅は高電圧電極構造体１３の膜厚または接地電極構造体１４の膜厚と同程度に設定される。高電圧電極構造体１３の膜厚は、電極用誘電体膜１０、金属電極１１及び電極用誘電体膜３０の膜厚の総和となる。接地電極構造体１４の膜厚は、電極用誘電体膜２０、金属電極２１及び電極用誘電体膜３０の膜厚の総和となる。高電圧電極構造体１３及び接地電極構造体１４の膜厚は通常、同一に設定される。

[0073] 接地電極構造体１４０の第２の平面領域となる単体電極用誘電体膜３の平面領域は発生器ベースフランジ５３と接触関係を有する。ここで、発生器ベースフランジ５３において、単体電極用誘電体膜３の平面領域と接触関係を

有する領域を第１のフランジ接触領域とする。この第１のフランジ接触領域が単体電極用誘電体膜３に対応する電極用導電膜として機能する。

[0074] 同様に、接地電極構造体１４０の第２の平面領域となる単体電極用誘電体膜４の平面領域は発生器ベースフランジ５３と接触関係を有する。ここで、発生器ベースフランジ５３において、単体電極用誘電体膜４の平面領域と接触関係を有する領域を第２のフランジ接触領域とする。この第２のフランジ接触領域が単体電極用誘電体膜４に対応する電極用導電膜として機能する。

[0075] 各分離空間Ｓ５６において、金属電極１１と金属電極２１とに挟まれる空間が放電空間６となる。すなわち、放電空間６は、分離空間Ｓ５６内において金属電極１１の平面領域と金属電極２１の平面領域とが対向する領域を含んでいる。

[0076] したがって、分離空間Ｓ５６は放電空間６を含んでいる。ただし、＋Ｙ方向側の最外の分離空間Ｓ５６において、金属電極１１と上述した第１のフランジ接触領域とが対向する空間が放電空間６となる。同様に、－Ｙ方向側の最外の分離空間Ｓ５６において、金属電極１１と上述した第２のフランジ接触領域とが対向する空間が放電空間６となる。

[0077] 活性ガス生成装置５の基本態様では、発生器ベースフランジ５３に設けられた複数の溝５４全ての保持空間Ｓ５４内で第１の数の高電圧電極構造体１３または第２の数の接地電極構造体１４０を保持している。

[0078] ここで、第１の数の溝５４と第２の数の溝５４との組合せを第３の数の放電空間形成用溝５４と規定される。基本態様では複数の溝５４の総数が第３の数に一致する。

[0079] 例えば、第１の数を“１３”とし、第２の数を“１４”とした具体例を考える。基本態様の場合は、第３の数が“２７”となり、複数の溝５４の総数が“２７”となる。

[0080] 基本態様では、一対の最外溝５４ｅの最外保持空間Ｓ５４ｅ内に単体電極用誘電体膜３及び単体電極用誘電体膜４が挿入される。前述したように、発生器ベースフランジ５３における第１及び第２のフランジ接触領域がそれぞ

れ電極用誘電体膜として機能する。

[0081] そして、１３個の溝５４の保持空間Ｓ５４内にて１３個の高電圧電極構造体１３が保持される。一方、１２個の溝５４の保持空間Ｓ５４内にて１２個の高電圧電極構造体１３が保持される。この際、高電圧電極構造体１３と接地電極構造体１４０（高電圧電極構造体１３，単体電極用誘電体膜３または単体電極用誘電体膜４）とがＹ方向に沿って交互に配置される。

[0082] したがって、最外溝５４ｅに隣接する溝５４（「溝５４ｘ」とする）の保持空間Ｓ５４内にて高電圧電極構造体１３が必ず保持され、溝５４ｘに対し最外溝５４ｅと反対方向で隣接する溝５４の保持空間Ｓ５４内にて接地電極構造体１４が必ず保持される。以降、高電圧電極構造体１３と接地電極構造体１４０とがＹ方向に沿って交互に配置される。

[0083] 隣接する高電圧電極構造体１３及び接地電極構造体１４０と、隣接する高電圧電極構造体１３，接地電極構造体１４０間の放電空間６とにより１単位の放電セルが構成することができる。したがって、基本態様に上記具体例を当てはめた場合、発生器ベースフランジ５３内に総計２６の放電セル（放電空間６）が構成されることになる。

[0084] 図９は発生器ベースフランジ５３の全体構造を示す説明図である。図９(a)が上面図であり、図９(b)は図９(a)のＩ－Ｉ断面図であり、図９(c)が下面図である。図１０は図９の着目領域Ｓ２及びＳ３の構造を示す説明図である。

[0085] 図１１及び図１２はそれぞれ発生器ベースフランジ５３の全体構造を示す斜視図であり、図１１は第１の数の高電圧電極構造体１３と第２の数の接地電極構造体１４０とが保持される前の初期状態を示し、図１２は第１の数の高電圧電極構造体１３と第２の数の接地電極構造体１４０とが保持された後の完成状態を示している。図９～図１２それぞれにＸＹＺ直交座標系を記している。

[0086] 図９及び図１１に示すように、放電空間用構造体である発生器ベースフランジ５３は内部を貫通した開口領域５５を含んでいる。図９及び図１０に示すように、開口領域５５は所定の形成方向であるＹ方向に直角に交差する対

向方向であるＸ方向において互いに対向する一対の開口縁部５５ｅを有している。

[0087] 図１０に示すように複数の溝５４はそれぞれ一対の部分溝５４１及び５４２で構成されている。すなわち、複数の溝５４はそれぞれ一対の開口縁部５５ｅに設けられる一対の部分溝５４１及び５４２を含んでいる。

[0088] 開口領域５５の－Ｘ方向側の開口縁部５５ｅに複数の部分溝５４１が設けられ、開口領域５５の＋Ｘ方向側の開口縁部５５ｅに複数の部分溝５４２が設けられる。複数の部分溝５４１は－Ｚ方向に向かい、垂直方向（Ｚ方向）に対し所定の傾きを有して延在する部分保持空間Ｓ５４１を有している。同様に、複数の部分溝５４２はそれぞれ－Ｚ方向に向かい所定の傾きを有して延在する部分保持空間Ｓ５４２を有している。このように、溝５４の保持空間Ｓ５４は、部分溝５４１及び５４２の部分保持空間Ｓ５４１及び部分保持空間Ｓ５４２を含んでいる。

[0089] 一対の部分保持空間Ｓ５４１及びＳ５４２それぞれの所定の傾きはガス流通方向ＦＧに合致する空間形成方向に延在する空間である。

[0090] 部分保持空間Ｓ５４１は－Ｘ方向側の開口縁部５５ｅの下方に設けられた図示しない底部と、部分保持空間Ｓ５４１を挟む一対の溝側壁部位５６と、部分保持空間Ｓ５４１に対応する－Ｘ方向側の開口縁部５５ｅの露出面とにより囲まれる空間となる。

[0091] 同様に、部分保持空間Ｓ５４２は＋Ｘ方向側の開口縁部５５ｅの下方に設けられた図示しない底部と、部分保持空間Ｓ５４２を挟む一対の溝側壁部位５６と、部分保持空間Ｓ５４２に対応する＋Ｘ方向側の開口縁部５５ｅの露出面とにより囲まれる空間となる。

[0092] 図１０に示すように、－Ｙ方向側の最外溝５４ｅにおいて、単体電極用誘電体膜４における－Ｘ方向側の短辺領域が部分保持空間Ｓ５４１にて保持され、＋Ｘ方向側の短辺領域が部分保持空間Ｓ５４２にて保持される。その結果、最外溝５４ｅの保持空間Ｓ５４にて単体電極用誘電体膜４が保持される。

[0093] 最外溝５４ｅに隣接する溝５４（「溝５４α」とする）において、高電圧電極構造体１３における－Ｘ方向側の短辺領域が部分保持空間Ｓ５４１にて保持され、＋Ｘ方向側の短辺領域が部分保持空間Ｓ５４２にて保持される。その結果、溝５４αの保持空間Ｓ５４にて高電圧電極構造体１３が保持される。

[0094] 溝５４αに＋Ｙ方向側に隣接する溝５４（「溝５４β」とする）において、接地電極構造体１４における－Ｘ方向側の短辺領域が部分保持空間Ｓ５４１にて保持され、＋Ｘ方向側の短辺領域が部分保持空間Ｓ５４２にて保持される。その結果、溝５４βの保持空間Ｓ５４にて接地電極構造体１４が保持される。

[0095] 以下、高電圧電極構造体１３と接地電極構造体１４とが交互に溝５４の保持空間Ｓ５４にて保持され、＋Ｙ方向側の最外溝５４ｅの保持空間Ｓ５４にて単体電極用誘電体膜３が保持される。

[0096] このように、複数の溝５４それぞれの内部空間が保持空間Ｓ５４（Ｓ５４１及びＳ５４２）となり、第１の数の高電圧電極構造体１３はそれぞれの第１の平面領域の両端部が一対の部分保持空間Ｓ５４１及びＳ５４２内で保持される。高電圧電極構造体１３の第１の平面領域の両端部として、電極用誘電体膜１０及び電極用誘電体膜３０それぞれの一対の短辺領域が該当する。したがって、高電圧電極構造体１３の第１の平面領域は一対の短辺領域を除く大部分が、開口領域５５内で露出している。

[0097] 同様に、第２の数の接地電極構造体１４０はそれぞれの第２の平面領域の両端部が一対の部分保持空間Ｓ５４１及びＳ５４２内で保持される。第２の平面領域の両端部として例えば、接地電極構造体１４の場合、電極用誘電体膜２０、金属電極２１及び電極用誘電体膜３０それぞれの一対の短辺領域が該当する。また、第２の平面領域の両端部として例えば、単体電極用誘電体膜３の場合は単体電極用誘電体膜３（３０）の一対の短辺領域が該当し、単体電極用誘電体膜４の場合は単体電極用誘電体膜４（４０）の一対の短辺領域が該当する。

[0098] したがって、接地電極構造体１４の第２の平面領域の両面は、短辺側の両端部を除く大部分が開口領域５５内で露出している。ただし、単体電極用誘電体膜３において、第１のフランジ接触領域と反対側の第２の平面領域の大部分が開口領域５５内で露出し、単体電極用誘電体膜４において、第２のフランジ接触領域と反対側の第２の平面領域の大部分が開口領域５５内で露出している。

[0099] 上述したように、一対の部分保持空間Ｓ５４１及びＳ５４２は－Ｚ方向に向かい有意な所定の傾きを有しているため、チャンバー５２の開口領域５５において、図１０及び図１２で示す完成状態において、Ｙ方向に隣接する高電圧電極構造体１３と接地電極構造体１４０との間に設けられる分離空間Ｓ５６も－Ｚ方向に向かい所定の傾きを有することになる。

[0100] したがって、分離空間Ｓ５６内に形成される放電空間６において、ガス供給口６ａからガス噴出口６ｂに向かうガス流通方向ＦＧも－Ｚ方向に向かい所定の傾きを有することになる。

[0101] 前述したように、基本態様における上述した具体例では、１２個の溝５４の保持空間Ｓ５４にて１２個の接地電極構造体１４が保持される。この際、接地電極構造体１４の金属電極２１は溝側壁部位５６と金属ピン等の電気的接続手段を介して接触している。すなわち、接地電極構造体１４の上述した第２の複合構造において、第２の電極用導電膜である金属電極２１は放電空間用構造体である発生器ベースフランジ５３と電気的接続関係を有する。

[0102] このような構成の活性ガス生成装置５において、高周波電源１００から交流電圧が電極接続線Ｌ１を介して第１の数の高電圧電極構造体１３の金属電極１１に印加される。一方、接地電極構造体１４の金属電極２１は溝側壁部位５６と金属ピン等を介して接触することにより、発生器ベースフランジ５３を介して基準電池である接地電位に設定される。また、発生器ベースフランジ５３には接地電位が付与されているため、上述した第１及び第２のフランジ接触領域は接地電位に設定される。

[0103] その結果、発生器ベースフランジ５３に設けられる複数の放電セルそれぞ

れの放電空間６内で誘電体バリア放電が発生する。

[0104] したがって、ガス供給用開口部５０から原料ガス供給空間６１内に供給された原料ガスＧ１は放電空間６を通過する際に活性化され活性ガスＧ２となり、ガス流通方向ＦＧに沿って、チャンバー５２内の活性ガス出力空間６２に供給され、ウェハー支持台５７の基板載置面５７Ｓ上に載置されたウェハー７に吹付けられる。その結果、ウェハー７の表面上における活性ガスＧ２による製造処理が実行される。

[0105] なお、活性ガスＧ２は、放電空間６のガス噴出口６ｂからガス流通方向ＦＧに沿って噴出される。ガス噴出口６ｂはスリット状を呈し、ガス流通方向ＦＧは基板であるウェハー７の表面に対し垂直方向（＋Ｚ方向）から有意な所定の傾きを有する斜め方向に設定されている。

[0106] 図１３は押圧部材７０の構造を模式的に示す説明図である。図１３にＸＹＺ直交座標系を記している。同図に示すように、押圧部材７０は主要構成要素として部材本体７１及び複数の押圧用突出領域７２を含んでいる。

[0107] 複数の押圧用突出領域７２は複数の溝５４に１対１に対応するようにＹ方向に沿って、部材本体７１の下方に設けられる。複数の押圧用突出領域７２はそれぞれ下方に鋭角な先端部を有している。複数の押圧用突出領域７２の形成間隔は、発生器ベースフランジ５３における複数の溝５４の形成間隔と同一に設定される。

[0108] 押圧部材７０は、図１０及び図１２に示すように、発生器ベースフランジ５３の複数の溝５４によって第１の数の高電圧電極構造体１３及び第２の数の接地電極構造体１４０が保持された完成状態後に用いられる。

[0109] 例えば、複数の押圧用突出領域７２の先端部を高電圧電極構造体１３または接地電極構造体１４０に当接させた状態で、押圧部材７０に対し－Ｚ方向に押圧力を付与することにより、複数の溝５４の保持空間Ｓ５４内に配置される第１の数の高電圧電極構造体１３及び第２の数の接地電極構造体１４０を複数の押圧用突出領域７２によって押圧することができる。

[0110] その結果、本実施の形態の活性ガス生成装置５は、第１の数の高電圧電極

構造体１３及び第２の数の接地電極構造体１４０を安定性良く複数の溝５４の保持空間Ｓ５４内で保持した状態で固定することができる。

[0111] （主な効果）

本実施の形態の活性ガス生成装置５において、所定の形成方向であるＹ方向に隣接関係にある高電圧電極構造体１３及び接地電極構造体１４０と、隣接関係にある高電圧電極構造体１２，接地電極構造体１４０間の放電空間６とにより１単位の放電セルが構成される。したがって、第１の数及び第２の数のうち少なくとも一方を“２”以上に設定することにより、放電空間用構造体である発生器ベースフランジ５３に複数の放電セルを設けることができる。

[0112] 複数の放電セルそれぞれにおいて、原料ガス供給空間６１から放電空間６のガス供給口６ａを介して供給される原料ガスＧ１が放電空間６内で活性化されることにより活性ガスＧ２が生成される。活性ガスＧ２は、放電空間６のガス噴出口６ｂから活性ガス出力空間６２に向けて噴出される。

[0113] 本実施の形態の活性ガス生成装置５は、ガス供給口６ａからガス噴出口６ｂに至るガス流通経路の大部分を放電空間６とすることができ、かつ、ガス流通経路に障害となる構造を設ける必要はない。このため、本実施の形態の活性ガス生成装置５は、放電空間６内における活性ガスＧ２の流れはスムーズとなる分、活性ガスＧ２の失活を効果的に抑制することができる。

[0114] すなわち、ガス流通方向ＦＧに沿って流れる活性ガスＧ２は、放電空間６を経由し、ガス噴出口６ｂからウェハー７に到達するまで全く遮るものが無く、かつ、活性ガスＧ２が圧縮されることもない。このように、本実施の形態の活性ガス生成装置５は、活性ガスＧ２のスムーズな流れを可能とする構造となっている。このような活性ガスＧ２の流れを実現することにより、活性ガスＧ２において余計なラジカルの失活を抑制している。

[0115] その結果、本実施の形態の活性ガス生成装置５は高濃度な活性ガスＧ２を複数の放電セルそれぞれのガス噴出口６ｂから後段の活性ガス出力空間６２に供給することができる。

[0116] また、本実施の形態の活性ガス生成装置５は、高電圧電極構造体１３や接地電極構造体１４０にガス供給孔やガス噴出孔を設ける必要がない分、複数の放電セルそれぞれの放電空間６の体積を十分大きく確保することができる。

[0117] 加えて、本実施の形態の活性ガス生成装置５は、第１の数の高電圧電極構造体１３における短辺側の両端部を第１の数の溝５４の保持空間Ｓ５４内で保持し、第２の数の接地電極構造体１４０における短辺側の両端部を第２の数の溝５４の保持空間Ｓ５４内にて保持するという比較的簡単な構造で複数の放電セルを構成できるため、製造コストの低減化を図ることができる。

[0118] 以下、この点を詳述する。高電圧電極構造体１３において、高電圧印加電極部１と電極用誘電体膜３０とは単に溝５４の保持空間Ｓ５４内で保持しているだけである。同様に、接地電極構造体１４において、接地電位電極部２と電極用誘電体膜３０とは単に溝５４の保持空間Ｓ５４内で保持しているだけである。

[0119] すなわち、高電圧電極構造体１３は高電圧印加電極部１と電極用誘電体膜３０との間で貼り合わせや把持機構といった余分な作業工程及び部品を必要としない。同様に、接地電極構造体１４は接地電位電極部２と電極用誘電体膜３０との間で貼り合わせや把持機構といった余分な作業工程及び部品を必要としない。

[0120] このように、本実施の形態の活性ガス生成装置５は、非常に簡易な構造で複数の放電セルを設けている。

[0121] 放電空間６のガス供給口６ａからガス噴出口６ｂに向かうガス流通方向ＦＧは基板載置面５７Ｓに対し垂直方向（Ｚ方向）に対し、“０”でない有意な所定の傾き（例えば、３０°～６０°）を有する斜め方向に設定される。このため、スリット状のガス噴出口６ｂから噴出される活性ガスＧ２は、基板載置面５７Ｓ上に載置されたウェハー７の表面に対し有意な傾斜をもって接触し、その後、活性ガスＧ２はウェハー７の表面を滑らかに進む。

[0122] このため、ガス噴出口６ｂから噴出される活性ガスＧ２の流速を低下させ

ることなく、ウェハー７の表面上における活性ガスＧ２の衝突に伴う活性ガスＧ２の失活を抑制することができる。

[0123] その結果、本実施の形態の活性ガス生成装置５は、ウェハー７の表面における比較的広い領域に高濃度な活性ガスＧ２を所望の流速で供給することができる。

[0124] このように、第１の数の高電圧電極構造体１３及び第２の数の接地電極構造体１４０はウェハー７を載置する基板載置面５７Ｓに対して斜め方向に設置されているため、ラジカルを含む活性ガスＧ２のガス流通方向ＦＧはウェハー７の表面に対して傾斜をもって接触する。このため、垂直方向に沿った活性ガスＧ２の急激な衝突を防止して、活性ガスＧ２においてラジカルの余計な失活を防ぐと共に、活性ガスＧ２のガス流速の低下を防ぐことでより、ウェハー７の表面上において広い範囲の製造処理を可能としている。

[0125] 本実施の形態の活性ガス生成装置５において、複数の溝５４それぞれが有する保持空間Ｓ５４は各々がガス流通方向ＦＧに合致する空間形成方向に延在する一対の部分保持空間Ｓ５４１及びＳ５４２を含んでいる。

[0126] このため、本実施の形態の活性ガス生成装置５の発生器ベースフランジ５３に設けられる複数の放電セルの放電空間６におけるガス流通方向ＦＧを比較的簡単に斜め方向に設定することができる。

[0127] 本実施の形態の活性ガス生成装置５において、高電圧電極構造体１３の第１の複合構造と接地電極構造体１４の第２の複合構造との間に放電空間６が設けられる。

[0128] したがって、本実施の形態の活性ガス生成装置５は、放電空間６内に発生される誘電体バリア放電によって原料ガスＧ１を活性化させて活性ガスＧ２を生成することができる。

[0129] 誘電体バリア放電の特性上、放電空間６内の圧力は７５Ｔｏｒｒ（１０ｋＰａ）以上に設定する必要がある。本実施の形態の活性ガス生成装置５では、放電空間６と活性ガス出力空間６２との間にオリフィスのような絞り機構がないため、放電空間６と同様に、活性ガス出力空間６２の圧力も７５Ｔｏ

ｒｒ以上に設定することができる。なお、放電空間６内の圧力を７５Ｔｏｒｒ以上に設定することは既存技術で可能である。

[0130] したがって、本実施の形態の活性ガス生成装置５は、活性ガス出力空間６２内のウェハー７に対し高圧成膜処理を比較的簡単に適用することができる。

[0131] 接地電極構造体１４の金属電極２１は発生器ベースフランジ５３の溝側壁部位５６と電気的接続関係を有している。すなわち、接地電極構造体１４の上述した第２の複合構造において、第２の電極用導電膜である金属電極２１は、金属ピン等の電気的接続手段を介して放電空間用構造体である発生器ベースフランジ５３と電気的に接続される。

[0132] このため、本実施の形態の活性ガス生成装置５は、金属ピン等の電気的接続手段を用いて、比較的簡単に接地電極構造体１４を接地電位に設定することができる。

[0133] 最外溝５４ｅの保持空間Ｓ５４に配置される単体電極用誘電体膜３または単体電極用誘電体膜４は、接地電位が付与される発生器ベースフランジ５３における第１及び第２のフランジ接触領域を電極用導電膜として利用している。このため、Ｙ方向に隣接関係にある高電圧電極構造体１３及び単体電極用誘電体膜３（４）と、隣接関係にある高電圧電極構造体１３，単体電極用誘電体膜３（４）間の放電空間６とによって最外放電セルを構成することができる。

[0134] したがって、最外溝５４ｅの最外保持空間Ｓ５４ｅ内で保持される接地電極構造体１４０を単体電極用誘電体膜３（４）のみで構成できる分、装置構成の簡略化を図ることができる。

[0135] （複数の溝５４の選択的使用（変形態様））

上述した基本態様では、複数の溝５４の全てを用いて第１の数の高電圧電極構造体１３と第２の数の接地電極構造体１４０とを保持していた。基本態様以外に、複数の溝５４の一部のみを用いて、第１の数の高電圧電極構造体１３及び第２の数の接地電極構造体１４０を保持する変形態様が考えられる

。以下、変形態様について詳述する。

[0136] ここで、第１の数の溝５４と第２の数の溝５４との組合せを第３の数の実使用溝５４ｕと規定する。変形態様では複数の溝５４の一部が第３の数の実使用溝５４ｕとなる。

[0137] 例えば、複数の溝５４の総数が“２７”の場合に、第１の数を“１０”とし、第２の数を“１１”とすると、第３の数が“２１”となる。この場合、６個の溝５４が高電圧電極構造体１３も接地電極構造体１４０も挿入されない第４の数（“６”）の不使用溝５４ｚとなる。

[0138] このように、変形態様において、複数の溝５４は第３の数の実使用溝５４ｕと第４の数の不使用溝５４ｚとに分類される。なお、基本態様では、前述したように複数の溝５４は全て第３の数の実使用溝５４ｕとなる。

[0139] 変形態様では、複数の溝５４の一部を選択的に第３の数の実使用溝５４ｕとすることにより、活性ガス出力空間６２における活性ガスＧ２の供給領域を所望の広さに設定することができる。

[0140] 例えば、ウェハー７に対する処理領域が比較的小さい場合、第３の数を複数の溝５４の総数より少なく設定することにより、処理領域に適した活性ガスＧ２の供給領域を設定することができる。

[0141] このように、基本態様と変形態様とによって、実使用溝５４ｕの第３の数を増減することができる。第３の数は状況に応じて増減が可能であるが、第３の数に関係なく、各放電セルの放電空間６の大きさは常に一定にある。したがって、ガス噴出口６ｂから噴出される活性ガスＧ２のラジカル密度は、第３の数に依存することなく一定であるため、ウェハー７に対する処理時間を変化させることなく、ウェハー７における成膜範囲等を変更することが可能となる。

[0142] 変形態様において、不使用溝５４ｚの保持空間Ｓ５４と不使用溝５４ｚに隣接し、かつ放電空間６が設けられない不使用分離空間Ｓ５６ｚを塞ぐことが望ましい。なお、不使用分離空間Ｓ５６ｚは、不使用溝５４ｚの保持空間Ｓ５４内に高電圧電極構造体１３または接地電極構造体１４０を保持した場

合における放電空間６を含む仮想的な分離空間を意味する。

[0143] 図１４は不使用溝５４ｚ用のブランク部品８０の使用例を模式的に示す説明図である。同図に示すように、ブランク部品８０は部品本体８１及び一対の溝用突出部８２を主要構成要素として含んでいる。

[0144] 一対の溝用突出部８２のうち－Ｘ方向側の溝用突出部８２は不使用溝５４ｚの部分保持空間Ｓ５４１の形成幅と同一形成幅を有し、かつ、部分保持空間Ｓ５４１（溝側壁部位５６）の形成長と同一形成長を有している。同様に、一対の溝用突出部８２のうち＋Ｘ方向側の溝用突出部８２は、図１４では図示しない不使用溝５４ｚの部分保持空間Ｓ５４２の形成幅と同一形成幅を有し、かつ、部分保持空間Ｓ５４２（溝側壁部位５６）の形成長と同一形成長を有している。

[0145] 一方、部品本体８１は、部分保持空間Ｓ５４１及び不使用分離空間Ｓ５６ｚの総合形成幅と同一形成幅を有し、かつ、Ｘ方向で対向する溝側壁部位５６，５６間の距離と同一形成長を有している。

[0146] したがって、一対の溝用突出部８２が部分保持空間Ｓ５４１及びＳ５４２内に位置するように、発生器ベースフランジ５３の開口領域５５にブランク部品８０を配置することにより、不使用溝５４ｚの保持空間Ｓ５４（部分保持空間Ｓ５４１及びＳ５４２）と不使用分離空間Ｓ５６ｚとを塞ぐことができる。このため、活性ガス生成装置５の使用時に原料ガスＧ１等が不使用溝５４ｚの保持空間Ｓ５４及び不使用分離空間Ｓ５６ｚを通過することはない。

[0147] このように、活性ガス生成装置５の変形態様は、第４の数の不使用溝５４ｚの保持空間Ｓ５４及び第４の数の不使用分離空間Ｓ５６ｚを塞ぐように配置されたブランク部品８０をさらに備えている。

[0148] なお、１単位のブランク部品８０は１つの不使用溝５４ｚ及び不使用分離空間Ｓ５６ｚに対応して設けられるため、第４の数の不使用溝５４ｚに対応して第４の数のブランク部品８０を配置する必要がある。

[0149] 実施の形態の変形態様は、ブランク部品８０によって不使用溝５４ｚの保

持空間Ｓ５４及び不使用分離空間Ｓ５６ｚにおけるガスの流れを遮断するため、第４の数の不使用溝５４ｚを設けても、濃度や流速を含む活性ガスＧ２の特性に悪影響を与えることはない。

[0150] このように、複数の溝５４の一部に第４の数の不使用溝５４ｚを設定しても、第４の数の不使用溝５４ｚに対応して第４の数のブランク部品８０を配置することにより、活性ガスＧ２の特性に悪影響を与えることなく、容易にウェハー７に対する処理範囲を変えることができる。

[0151] 本開示は詳細に説明されたが、上記した説明は、すべての局面において、例示であって、本開示がそれに限定されるものではない。例示されていない無数の変形例が、本開示の範囲から外れることなく想定され得るものと解される。

符号の説明

[0152] １　高電圧印加電極部
２　接地電位電極部
３，４　単体電極用誘電体膜
５　活性ガス生成装置
７　ウェハー
１０，２０，３０，４０　電極用誘電体膜
１１，２１　金属電極
１３　高電圧電極構造体
１４，１４０　接地電極構造体
５１　発生器カバー
５２　チャンバー
５３　発生器ベースフランジ
５４　溝
５４ｅ　最外溝
５６　溝側壁部位
５７　ウェハー支持台

６１　原料ガス供給空間

６２　活性ガス出力空間

７０　押圧部材

８０　ブランク部品

１００　高周波電源

５４１，５４２　部分溝

Ｇ１　原料ガス

Ｇ２　活性ガス

Ｓ５４　保持空間

Ｓ５６　分離空間

Ｓ５４１，Ｓ５４２　部分保持空間

請求の範囲

[請求項1] 原料ガス供給空間と、

活性ガス出力空間と、

各々が平面視して矩形状の第１の平面領域を有する第１の数の高電圧電極構造体と、

各々が平面視して矩形状の第２の平面領域を有する第２の数の接地電極構造体と、

前記原料ガス供給空間と前記活性ガス出力空間との間に設けられる放電空間用構造体とを備え、

前記放電空間用構造体は、

所定の形成方向に沿って設けられる複数の溝を有し、

前記複数の溝は互いに離散して設けられ、前記複数の溝はそれぞれ保持空間を有し、

前記第１の数の高電圧電極構造体と前記複数の溝のうち第１の数の溝とが対応し、前記第１の数の高電圧電極構造体はそれぞれ前記第１の数の溝のうち対応する溝の前記保持空間内で保持され、

前記第２の数の接地電極構造体と前記複数の溝のうち第２の数の溝とが対応し、前記第２の数の接地電極構造体はそれぞれ前記第２の数の溝のうち対応する溝の前記保持空間内で保持され、

前記第１の数の高電圧電極構造体と前記第２の数の接地電極構造体とは、前記所定の形成方向に沿って交互に配置され、前記第１の数の高電圧電極構造体それぞれの前記第１の平面領域と前記第２の数の接地電極構造体それぞれの前記第２の平面領域とが分離空間を挟んで対向し、

前記第１の数の高電圧電極構造体に交流電圧が印加され、前記第２の数の接地電極構造体が基準電位に設定され、前記分離空間は放電空間を含み、

前記放電空間において、前記原料ガス供給空間側の開口部がガス供

給口となり、前記活性ガス出力空間側の開口部がガス噴出口となり、前記ガス供給口から前記ガス噴出口に向かう方向がガス流通方向として規定される、

活性ガス生成装置。

[請求項2] 請求項１記載の活性ガス生成装置であって、

前記活性ガス出力空間内に設けられ、基板を載置する基板載置面を有する基板支持台をさらに備え、

前記ガス噴出口はスリット状を呈し、

前記ガス流通方向は前記基板載置面に対し垂直方向から所定の傾きを有する斜め方向に設定される、

活性ガス生成装置。

[請求項3] 請求項２記載の活性ガス生成装置であって、

前記放電空間用構造体は内部を貫通した開口領域を含み、前記開口領域は前記所定の形成方向と交差する対向方向において互いに対向する一対の開口縁部を有し、

前記複数の溝はそれぞれ前記一対の開口縁部に設けられる一対の部分溝を含み、

前記保持空間は前記一対の部分溝に設けられ、各々が前記ガス流通方向に合致する空間形成方向に延在する一対の部分保持空間を含み、

前記第１の数の高電圧電極構造体それぞれの前記第１の平面領域の両端部が前記一対の部分保持空間内で保持され、

前記第２の数の接地電極構造体それぞれの前記第２の平面領域の両端部が前記一対の部分保持空間内で保持される、

活性ガス生成装置。

[請求項4] 請求項１から請求項３のうち、いずれか１項に記載の活性ガス生成装置であって、

前記高電圧電極構造体は、

第１の電極用誘電体膜と第１の電極用導電膜と第１の補助誘電体膜

とからなる第１の複合構造を含み、前記第１の複合構造において前記第１の電極用誘電体膜、前記第１の電極用導電膜及び前記第１の補助誘電体膜の順で積層され、前記第１の電極用導電膜に前記交流電圧が印加され、

前記接地電極構造体は、

第２の電極用誘電体膜と第２の電極用導電膜と第２の補助誘電体膜とからなる第２の複合構造を含み、前記第２の複合構造において前記第２の電極用誘電体膜、前記第２の電極用導電膜及び前記第２の補助誘電体膜の順で積層され、前記第２の電極用導電膜が前記基準電位に設定される、

活性ガス生成装置。

[請求項5] 請求項４記載の活性ガス生成装置であって、

前記放電空間用構造体は導電性を有し、前記放電空間用構造体に前記基準電位が付与され、

前記接地電極構造体の前記第２の複合構造において、前記第２の電極用導電膜は前記放電空間用構造体と電気的に接続される、

活性ガス生成装置。

[請求項6] 請求項５記載の活性ガス生成装置であって、

前記接地電極構造体は、

前記第２の平面領域を有する単体電極用誘電体膜をさらに含み、

前記第２の数の溝は、前記複数の溝のうち前記所定の形成方向において最外に位置する最外溝を含み、

前記単体電極用誘電体膜は前記最外溝の前記保持空間内で保持され、かつ、前記第２の平面領域が前記放電空間用構造体と接触関係を有する、

活性ガス生成装置。

[請求項7] 請求項１から請求項６のうち、いずれか１項に記載の活性ガス生成装置であって、

前記第１の数の溝と前記第２の数の溝との組合せが第３の数の放電空間形成用溝と規定され、

前記複数の溝の一部が前記第３の数の放電空間形成用溝となる、

活性ガス生成装置。

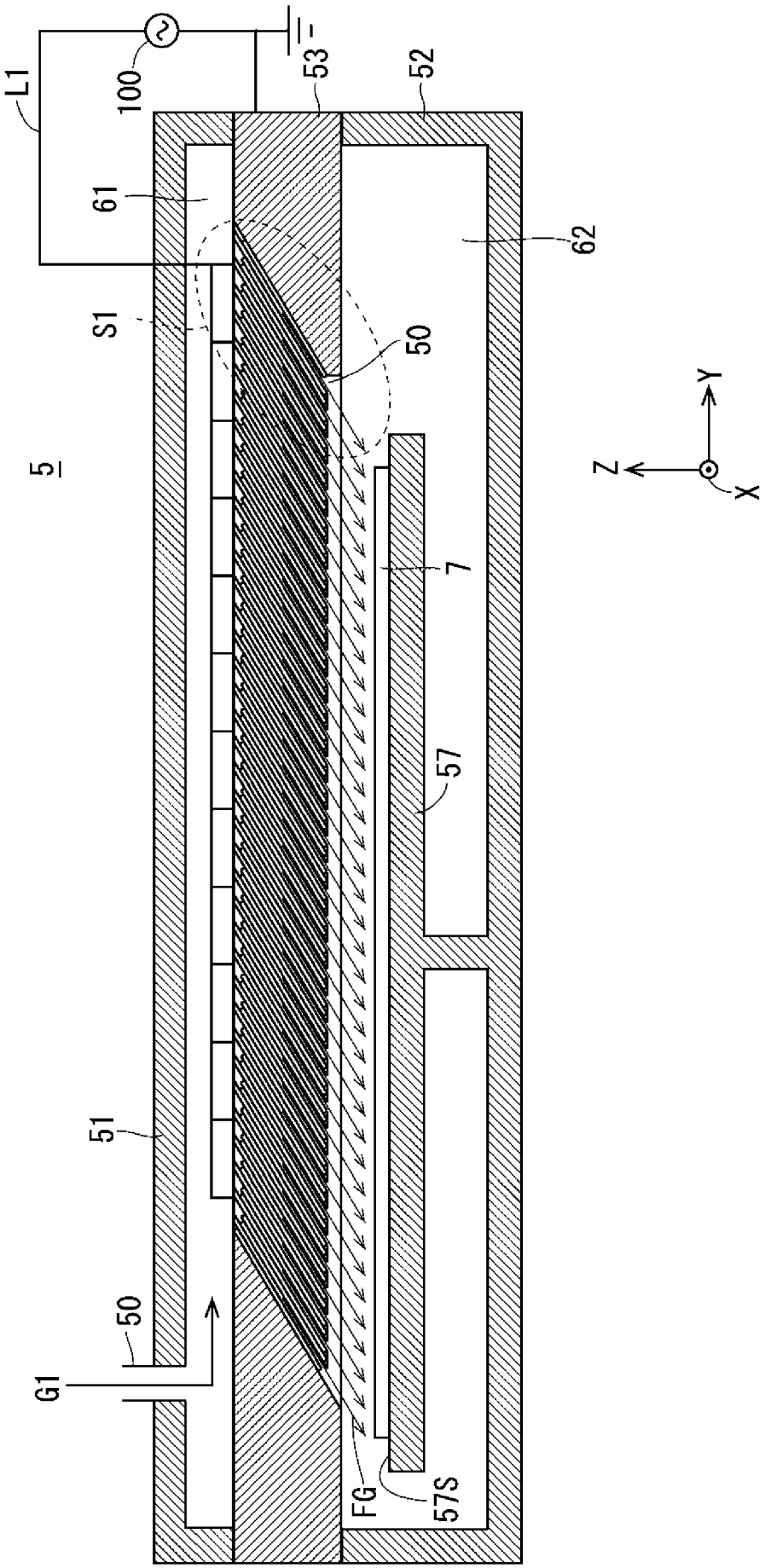
[請求項8] 請求項７記載の活性ガス生成装置であって、

前記複数の溝のうち、前記第３の数の放電空間形成用溝を除く溝が第４の数の不使用溝に分類され、

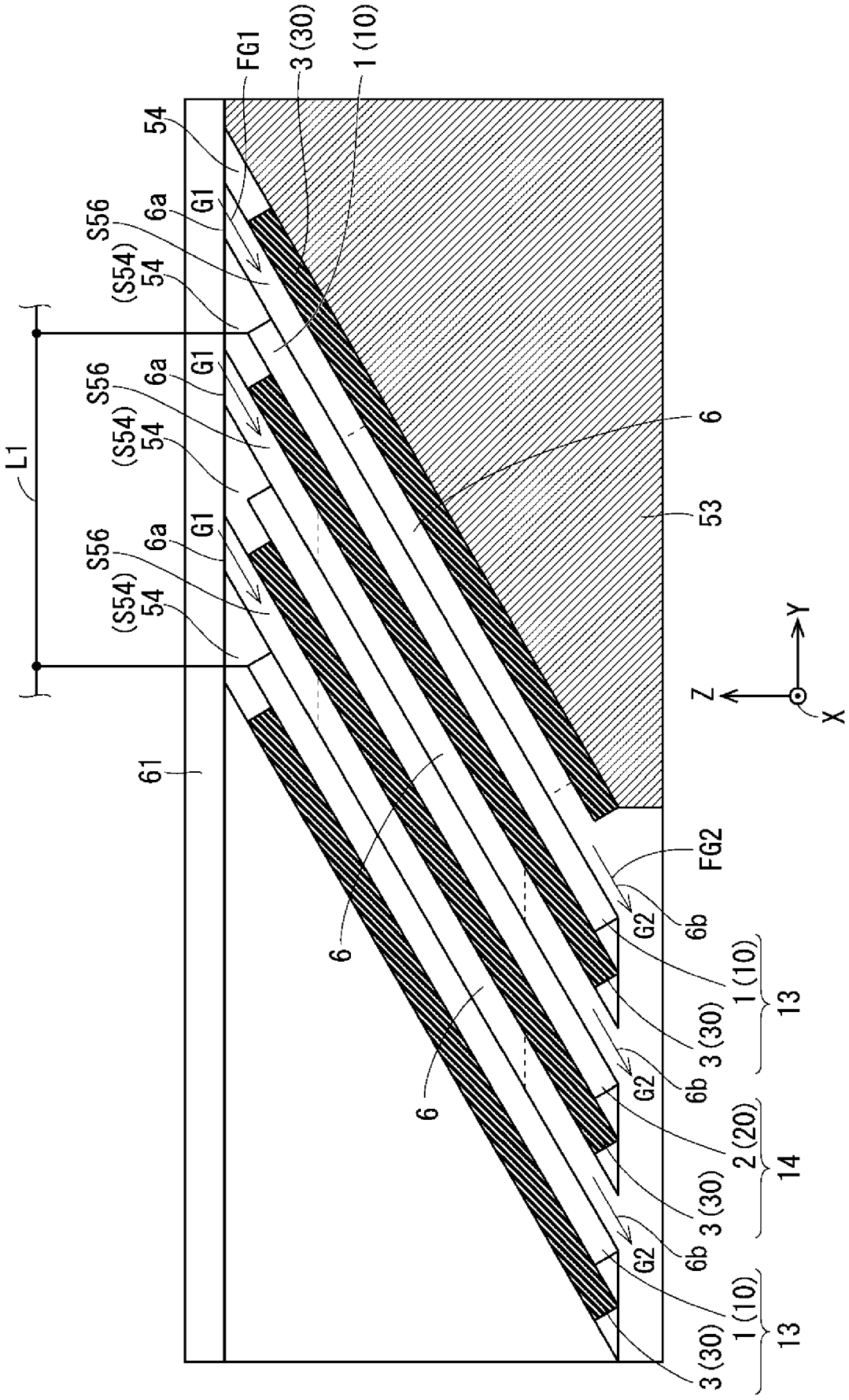
前記第４の数の不使用溝の前記保持空間及び前記第４の数の不使用溝に隣接する前記分離空間を塞ぐように配置されたブランク部品をさらに備える、

活性ガス生成装置。

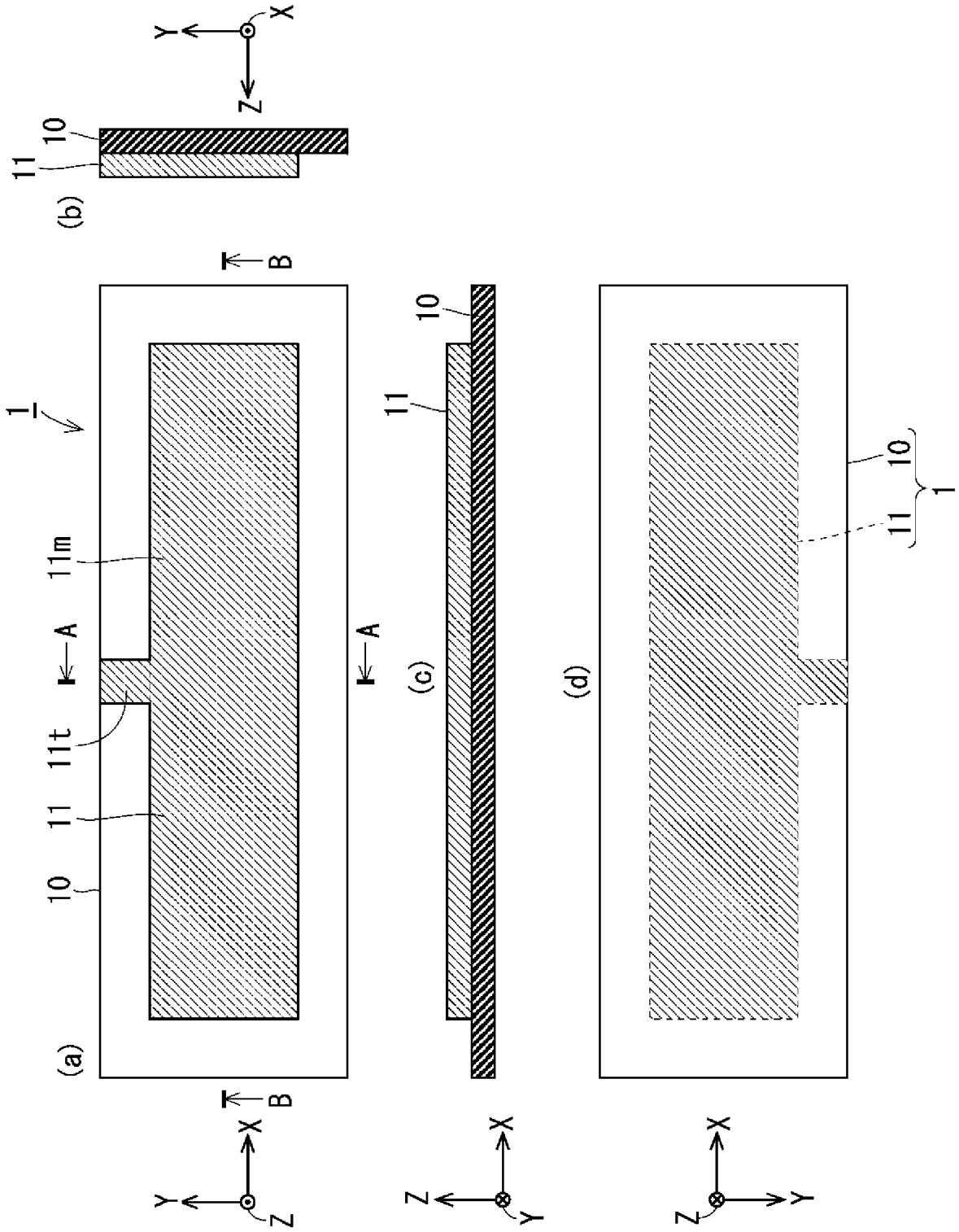
[図1]



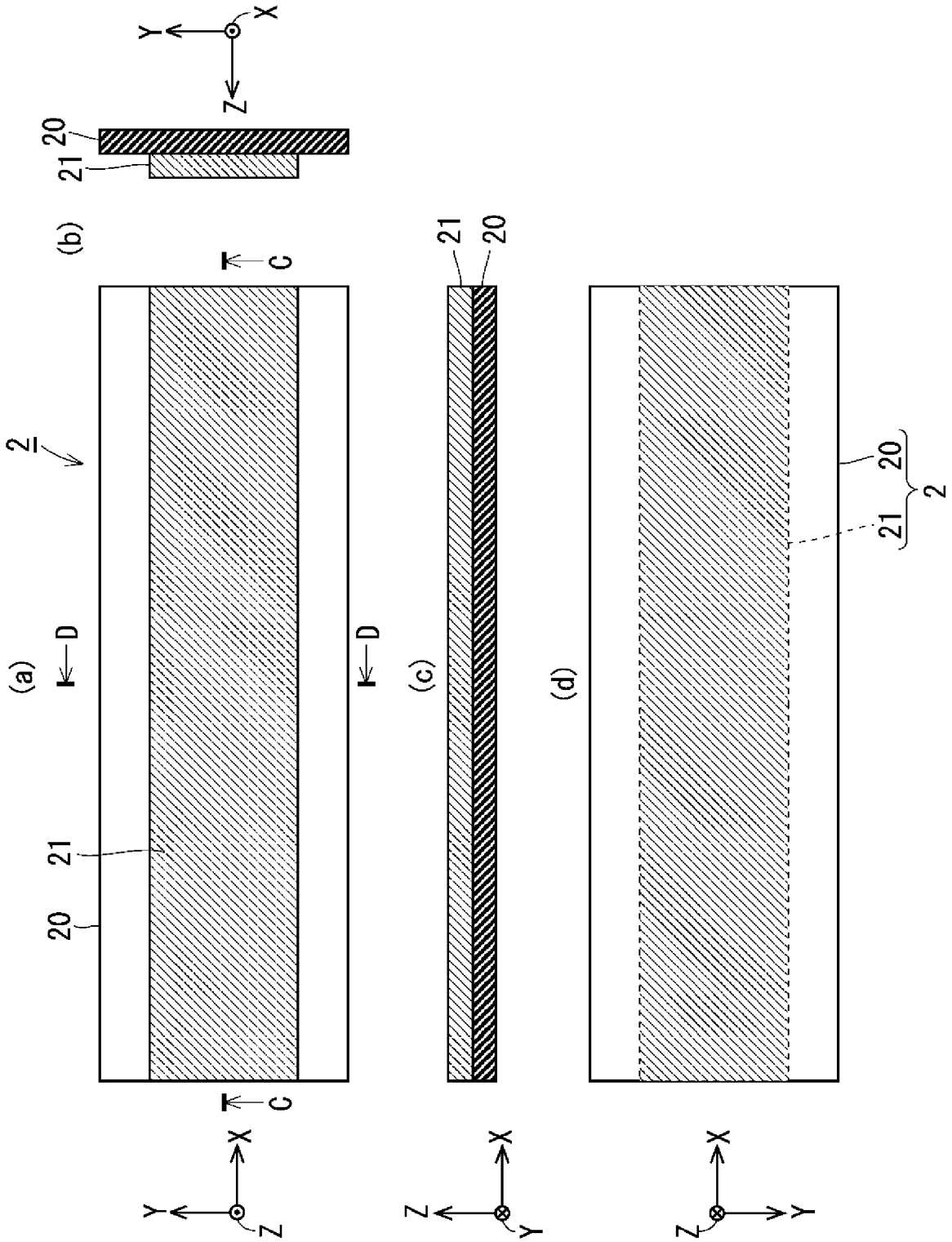
[図2]


FG1
3 (30)
1 (10)
54
G1
6a
S56
(S54)
54
L1
6
53
Y
Z
X
61
6
FG2
G2
6b
1 (10)
13
3 (30)
2 (20)
14

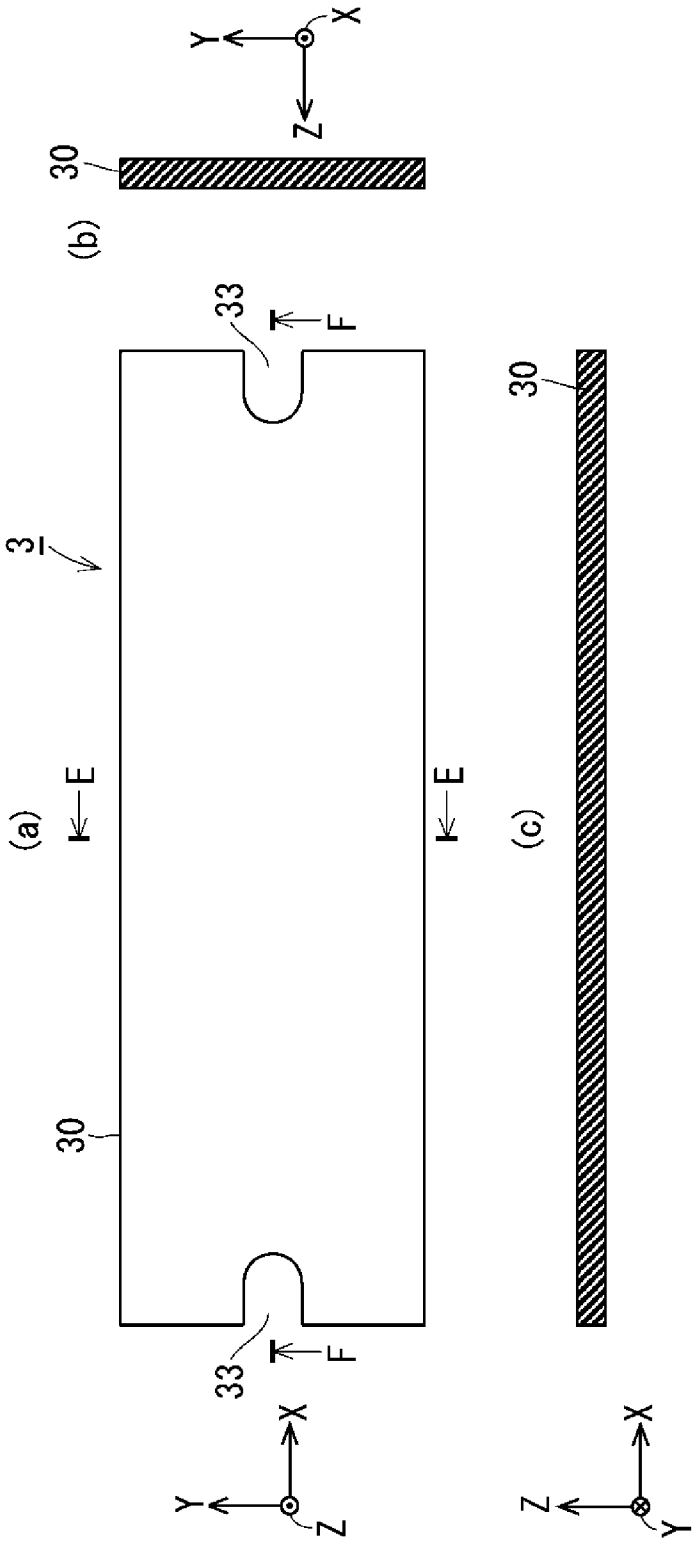
[図3]



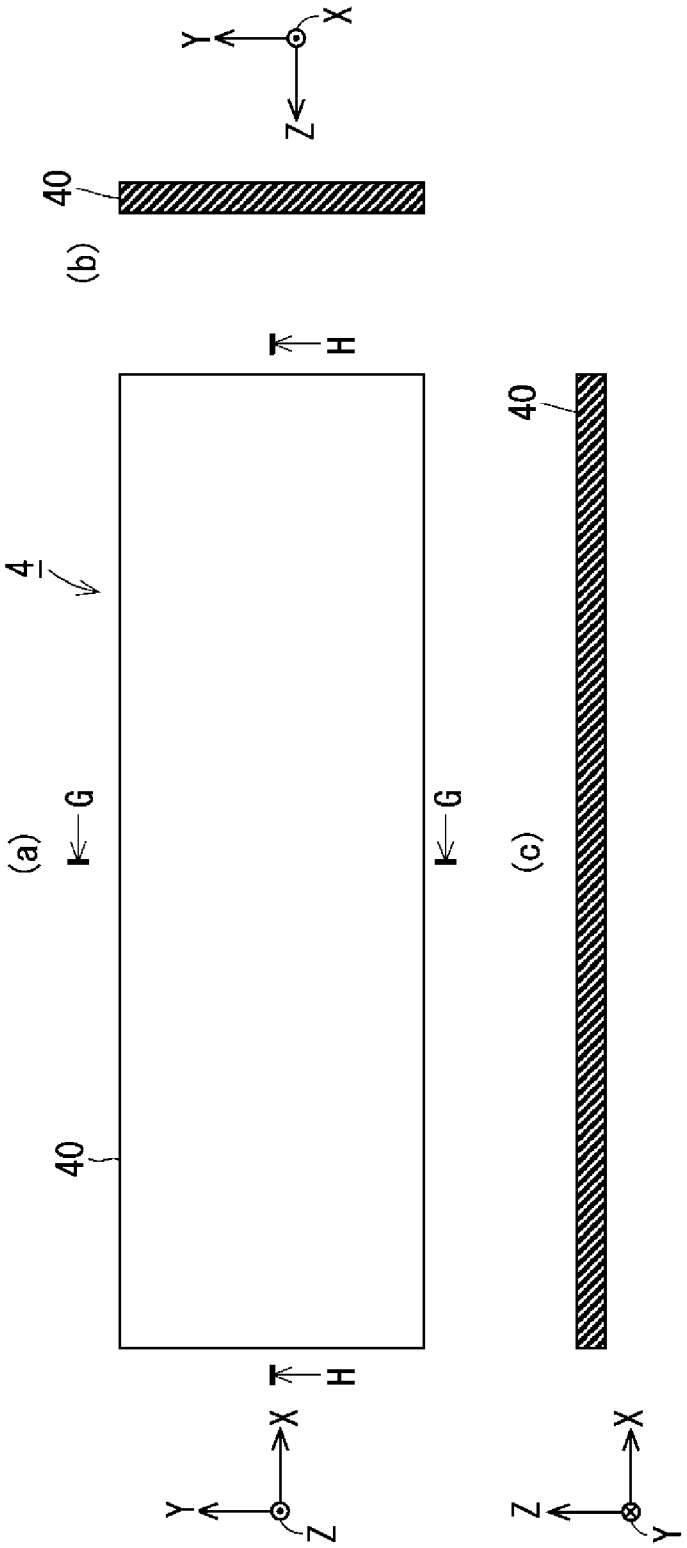
[図4]



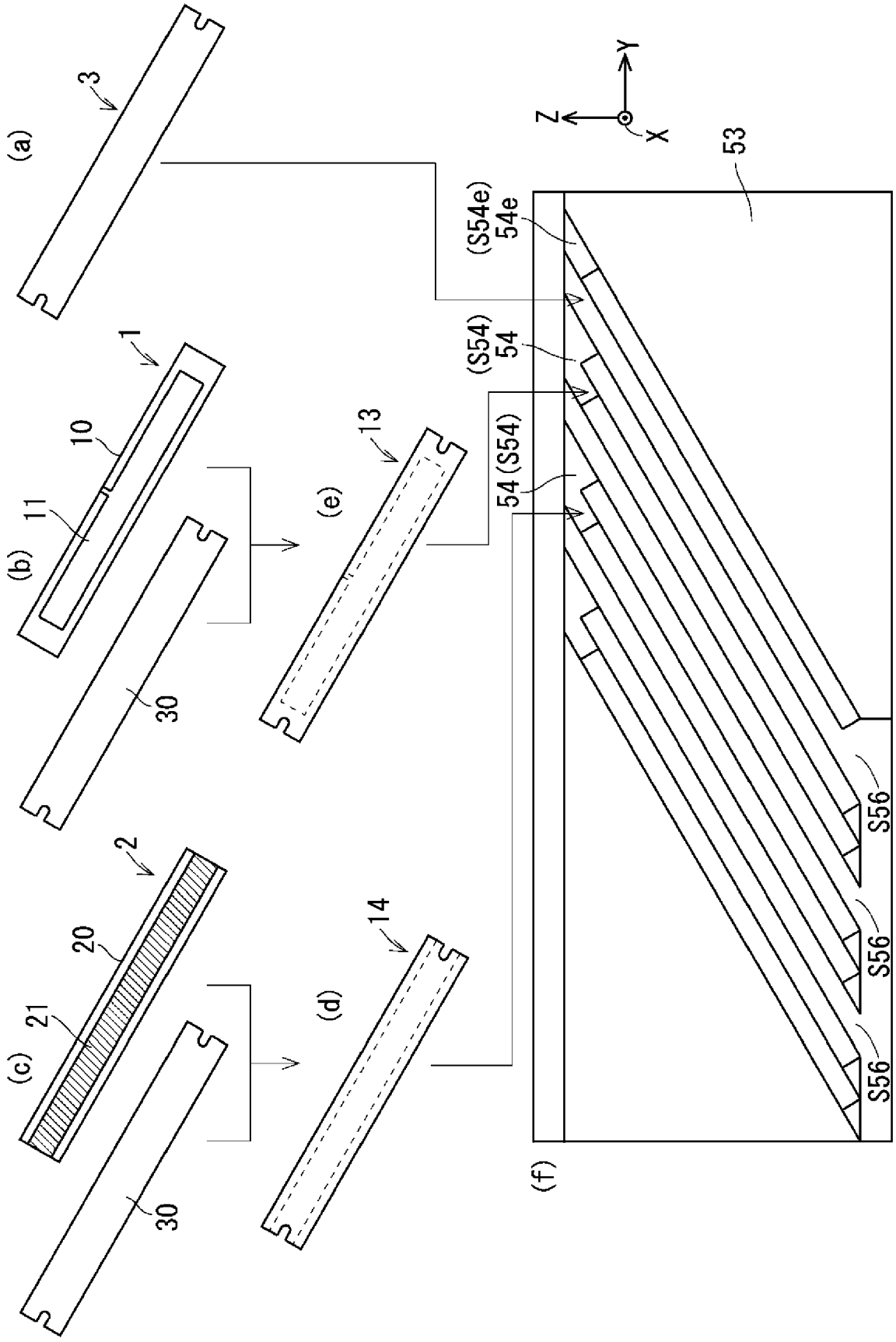
[図5]



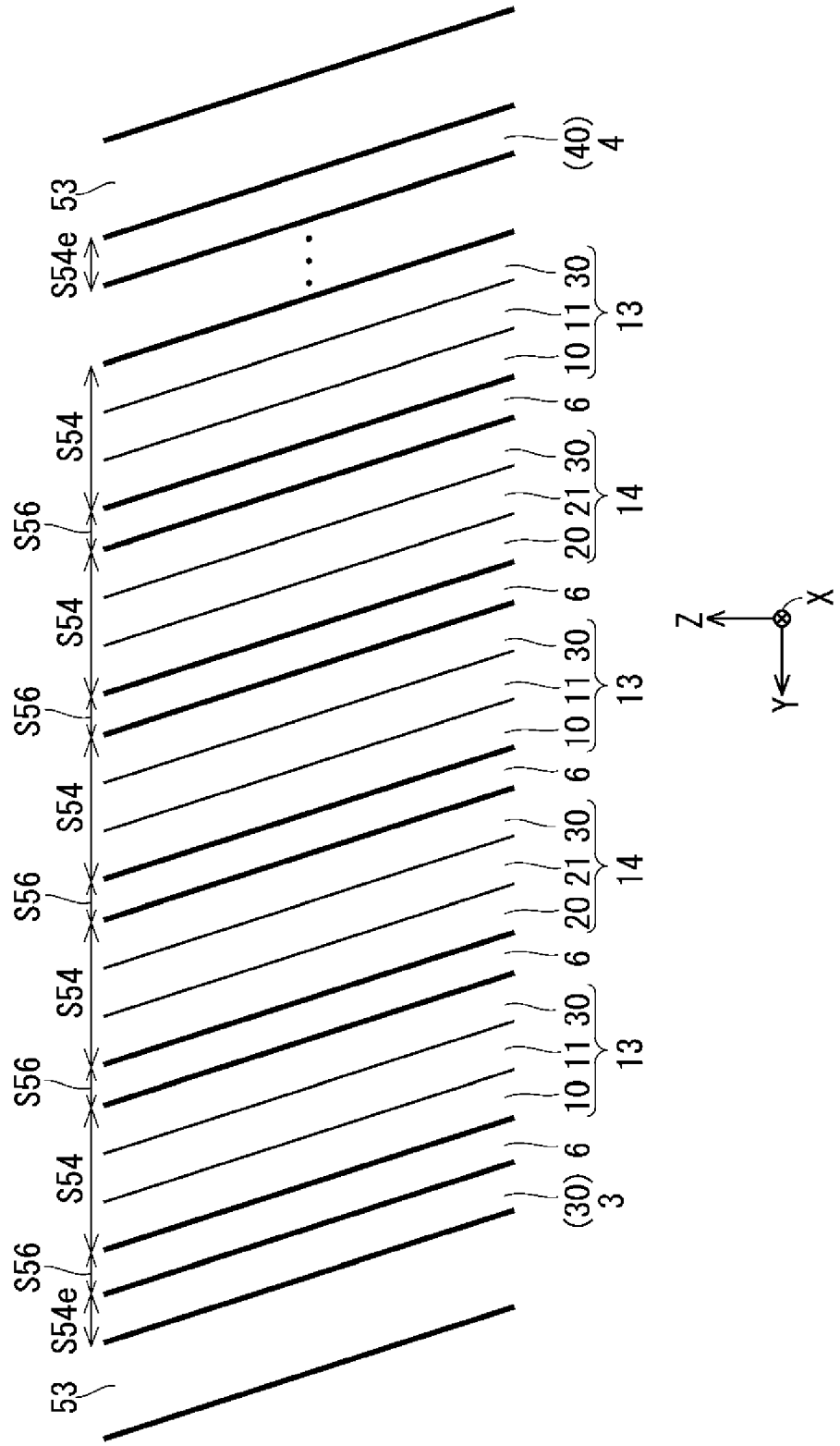
[図6]



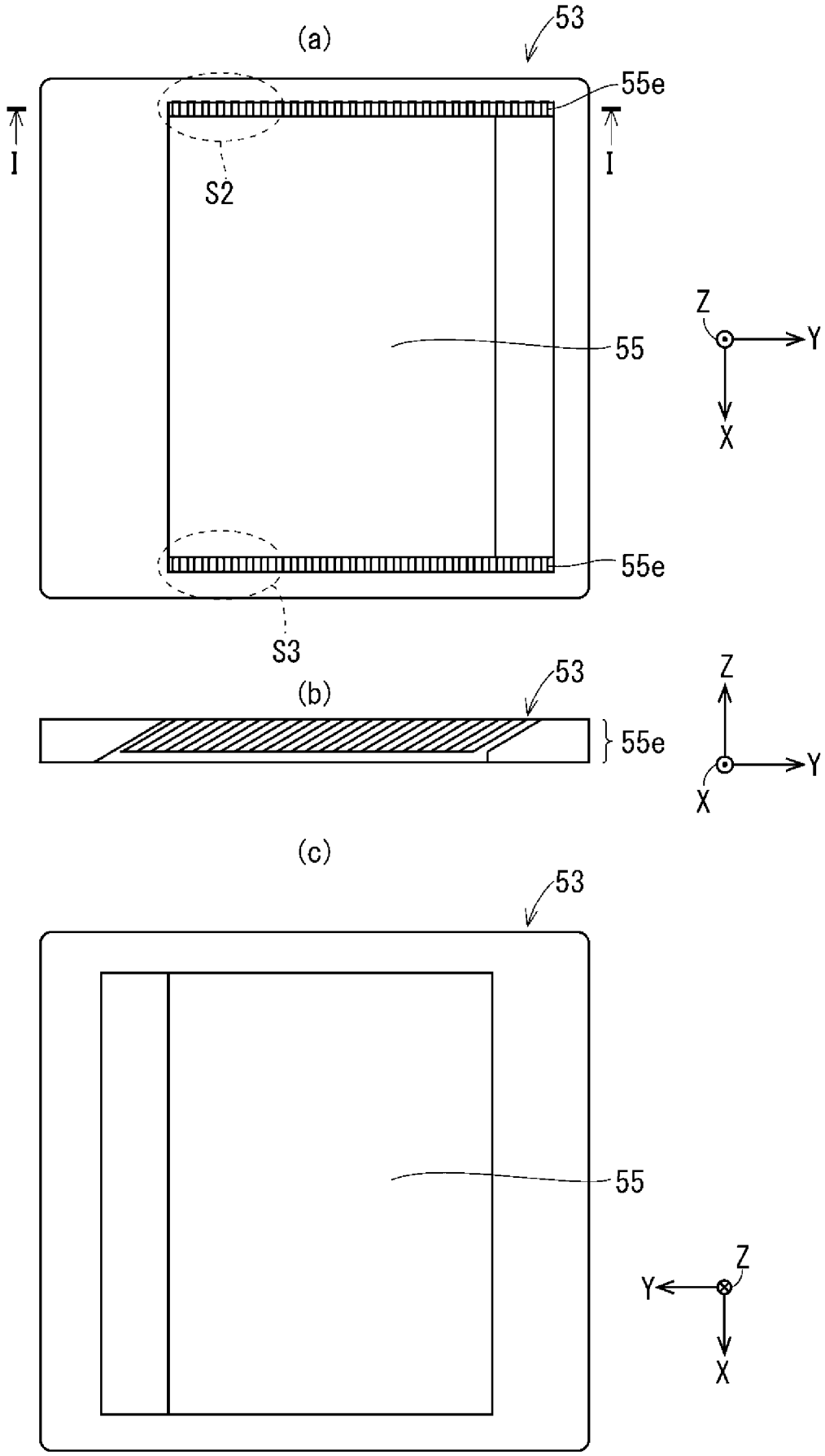
[図7]


(a)
3
(b)
1
10
11
30
(c)
2
20
21
30
(d)
14
(e)
13
(f)
53
(S54e)
54e
(S54)
54
54 (S54)
S56
S56
S56
Y
Z
X

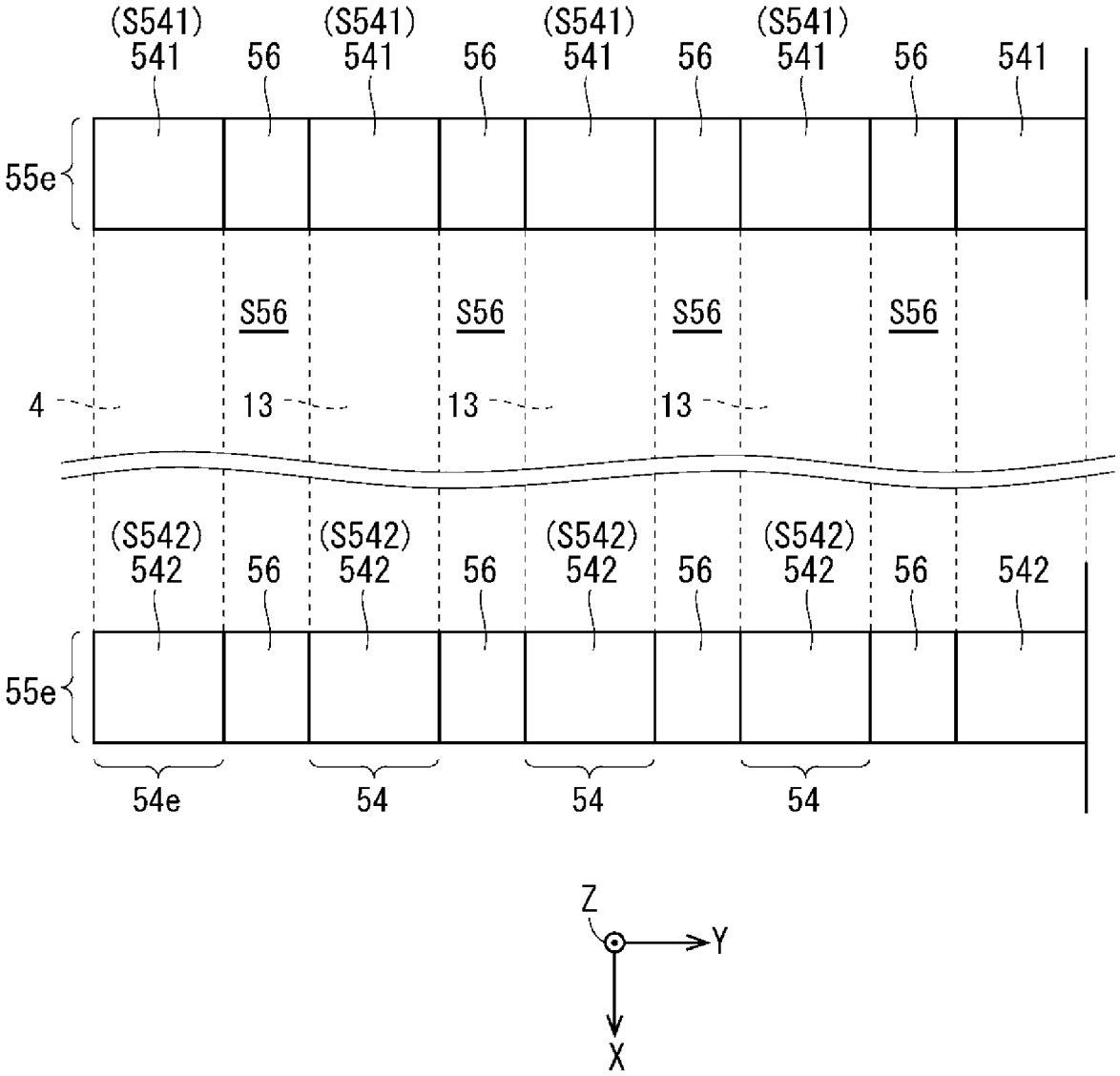
[図8]


53
S54e
(40)
4
30
11
10
13
6
S54
S56
30
21
20
14
6
S54
S56
30
11
10
13
6
S54
S56
30
21
20
14
6
S54
S56
30
11
10
13
6
(30)
3
S54
S56
S54e
53
Z
X
Y

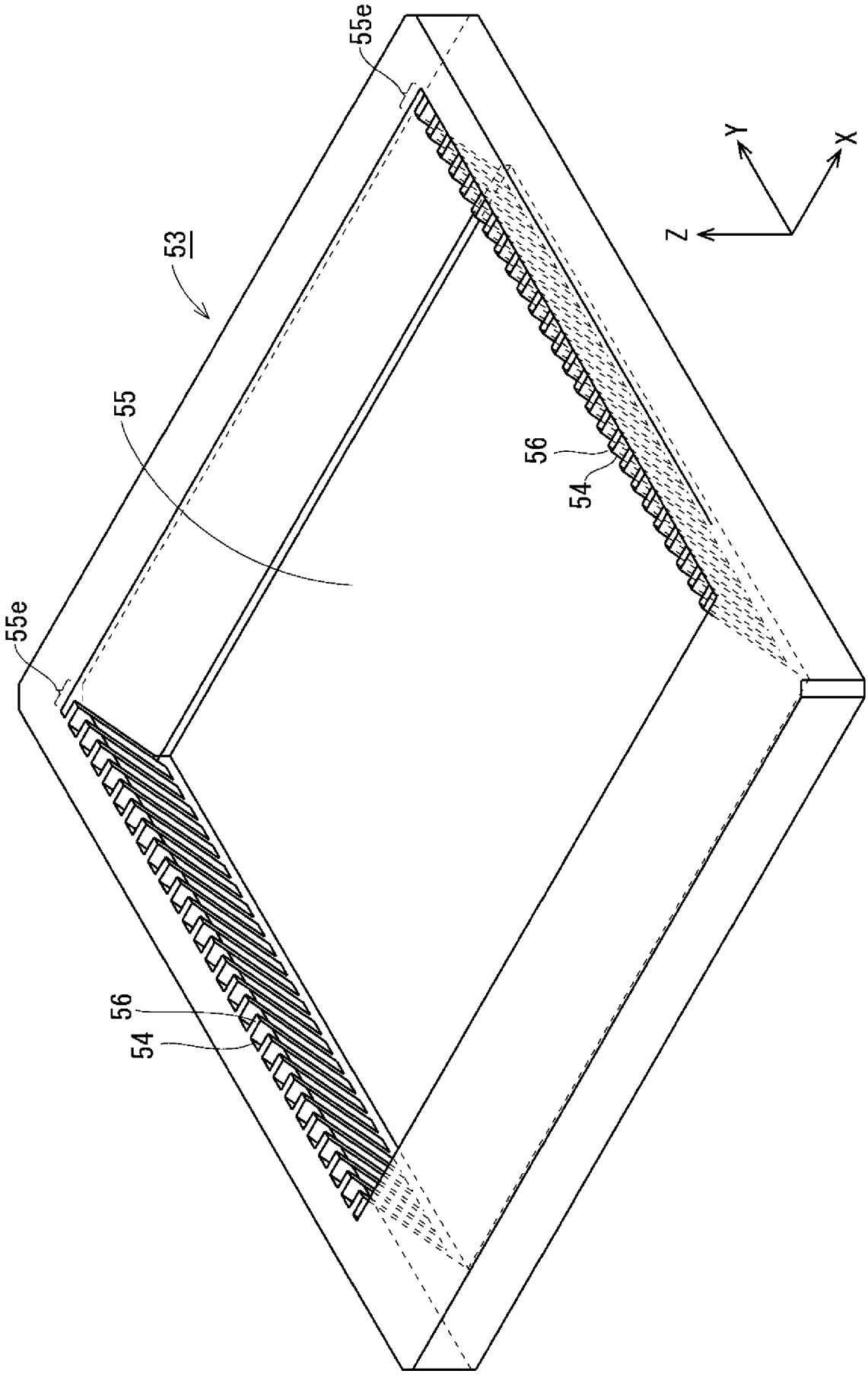
[図9]



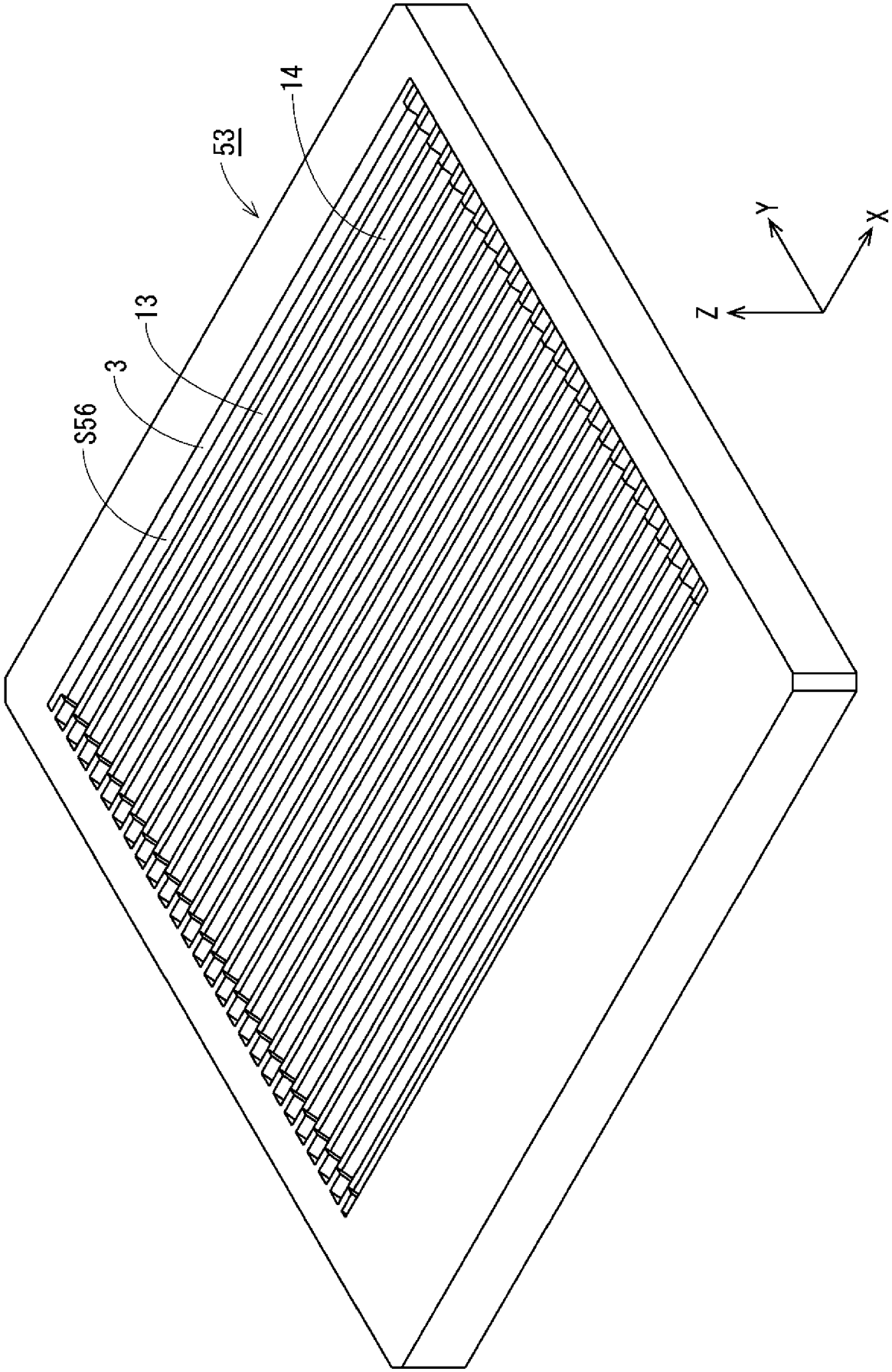
[図10]


(S541)
541
56
(S541)
541
56
(S541)
541
56
(S541)
541
56
541
55e
S56
S56
S56
S56
4
13
13
13
(S542)
542
56
(S542)
542
56
(S542)
542
56
(S542)
542
56
542
55e
54e
54
54
54
Z
Y
X

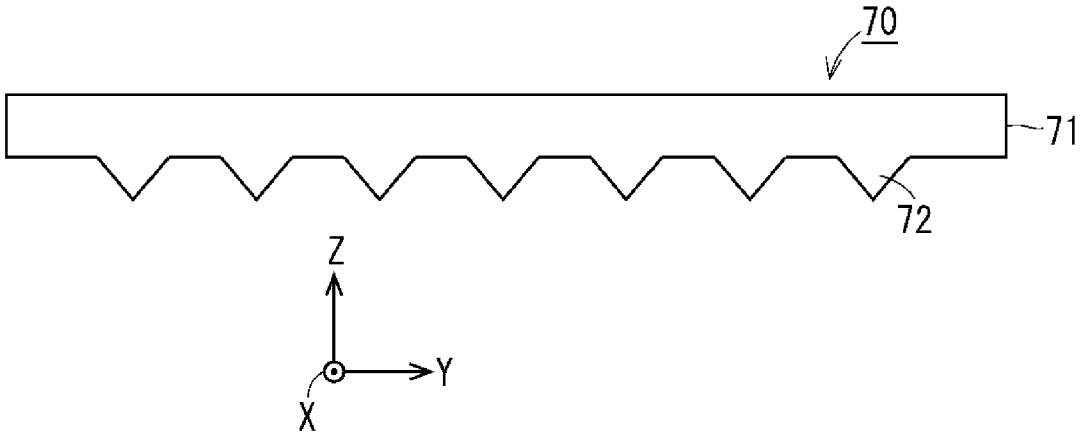
[図11]



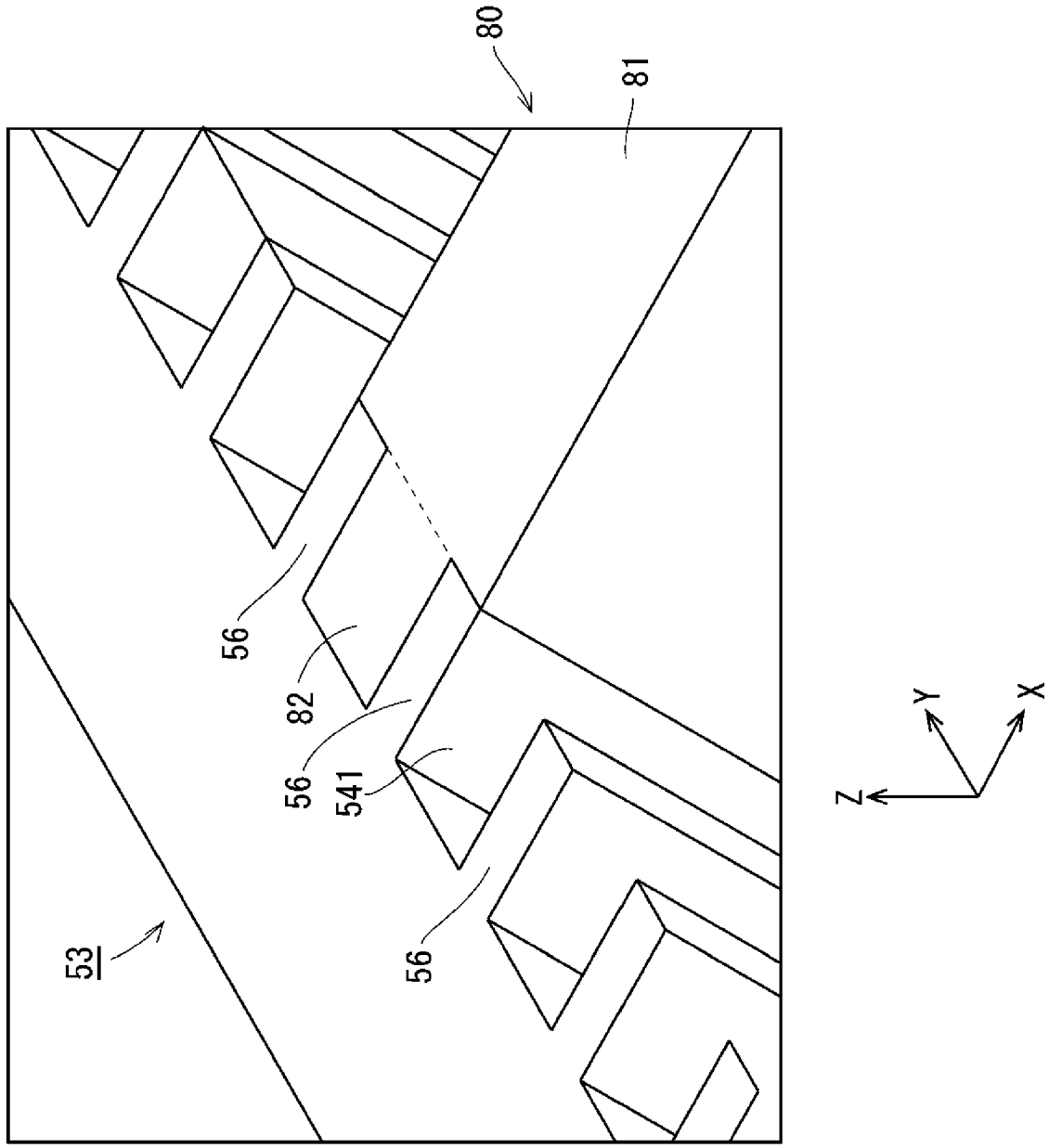
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/034306

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05H 1/24(2006.01)i
FI: H05H1/24

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

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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	JP 2014-094863 A (WAKOMU KK) 22 May 2014 (2014-05-22) paragraphs [0001], [0005], [0008], [0026], fig. 1, 9	1
A		2-8
X	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 30847/1993 (Laid-open No. 1592/1995) (LI, Qiping) 10 January 1995 (1995-01-10), paragraphs [0002]-[0003], [0006]-[0007], fig. 1-3	1, 4
Y		1, 4
A		2-3, 5-8
Y	JP 55-007564 A (SUMITOMO PRECISION PROD CO) 19 January 1980 (1980-01-19) specification, pp. 1-2, fig. 2, 6	1, 4
A		2-3, 5-8
A	WO 2005/005798 A1 (NGK INSULATORS, LTD) 20 January 2005 (2005-01-20) paragraphs [0001], [0083], fig. 7	1-8
A	US 2016/0233059 A1 (IONFIELD HOLDINGS, LLC) 11 August 2016 (2016-08-11) paragraphs [0011], [0053]-[0056], fig. 1-2	1-8

☐ 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
18 November 2022	**29 November 2022**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/034306

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2014-094863 A	22 May 2014	US 2016/0023900 A1 paragraphs [0001], [0005], [0008], [0212]-[0213], fig. 1, 9 WO 2014/073686 A1	
JP 7-1592 U1	10 January 1995	(Family: none)	
JP 55-007564 A	19 January 1980	(Family: none)	
WO 2005/005798 A1	20 January 2005	US 2006/0152133 A1 paragraphs [0001], [0096]-[0097], fig. 7 EP 1645730 A1	
US 2016/0233059 A1	11 August 2016	WO 2016/127110 A2 paragraphs [0011], [0053]-[0056], fig. 1-2	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/034306

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H05H 1/24(2006.01)i
FI: H05H1/24

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））

H05H1/24

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	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2014-094863 A (株式会社和廣武) 22.05.2014 (2014-05-22) [0001], [0005], [0008], [0026], 図1, 9	1
A		2-8
X	日本国実用新案登録出願5-30847号(日本国実用新案登録出願公開7-1592号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したCD-ROM (李　啓平) 10.01.1995 (1995-01-10) [0002]-[0003], [0006]-[0007], 図1-3	1, 4
Y		1, 4
A		2-3, 5-8
Y	JP 55-007564 A (住友精密工業株式会社) 19.01.1980 (1980-01-19) 明細書第1-2頁, 第2, 6図	1, 4
A		2-3, 5-8
A	WO 2005/005798 A1 (日本碍子株式会社) 20.01.2005 (2005-01-20) [0001], [0083], 図7	1-8
A	US 2016/0233059 A1 (IonField Holdings, LLC) 11.08.2016 (2016-08-11) [0011], [0053]-[0056], Figs. 1-2	1-8

☐ 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抵触するものではなく、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
18.11.2022	29.11.2022

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）

中尾　太郎 2G 1765

電話番号 03-3581-1101 内線 3226

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/034306

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2014-094863 A	22.05.2014	US 2016/0023900 A1 [0001], [0005], [0008], [0212]-[0213], Figs. 1, 9 WO 2014/073686 A1	
JP 7-1592 U1	10.01.1995	（ファミリーなし）	
JP 55-007564 A	19.01.1980	（ファミリーなし）	
WO 2005/005798 A1	20.01.2005	US 2006/0152133 A1 [0001], [0096]-[0097], Fig. 7 EP 1645730 A1	
US 2016/0233059 A1	11.08.2016	WO 2016/127110 A2 [0011], [0053]-[0056], Figs. 1-2	