

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7612315号
(P7612315)

(45)発行日 令和7年1月14日(2025.1.14)

(24)登録日 令和6年12月27日(2024.12.27)

(51)国際特許分類

H 0 5 H 1/24 (2006.01)

F I H 0 5 H 1/24

請求項の数 13 (全68頁)

(21)出願番号	特願2024-535491(P2024-535491)	(73)特許権者	501137636 株式会社T M E I C 東京都中央区京橋三丁目1番1号
(86)(22)出願日	令和6年1月18日(2024.1.18)	(74)代理人	100088672 弁理士 吉竹 英俊
(86)国際出願番号	PCT/JP2024/001258	(74)代理人	100088845 弁理士 有田 貴弘
審査請求日	令和6年6月13日(2024.6.13)	(72)発明者	有田 廉 東京都中央区京橋三丁目1番1号 株式 会社T M E I C内
(31)優先権主張番号	PCT/JP2023/039462	(72)発明者	小野 祐司 東京都中央区京橋三丁目1番1号 株式 会社T M E I C内
(32)優先日	令和5年11月1日(2023.11.1)	審査官	中尾 太郎
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 活性ガス生成装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

放電空間に供給された原料ガスを活性化して活性ガスを生成する電極ユニットを有する活性ガス生成装置であって、

前記電極ユニットは、
第1の電極構成部と、
前記第1の電極構成部の下方に設けられる第2の電極構成部とを備え、
前記第1の電極構成部は、第1の電極用誘電体膜と前記第1の電極用誘電体膜の上面上に設けられる第1の電極用導電膜と、
前記第2の電極構成部は、第2の電極用誘電体膜と前記第2の電極用誘電体膜の下面上に設けられる第2の電極用導電膜とを含み、

前記第1の電極用誘電体膜と前記第2の電極用誘電体膜との間に誘電体空間が設けられ、
前記放電空間は、前記誘電体空間内において前記第1及び第2の電極用導電膜が平面視して重複する領域である主要放電空間を含み、

前記電極ユニットは、
前記第1の電極用誘電体膜及び前記第2の電極用誘電体膜のうち少なくとも一つである保護対象誘電体膜に対し前記誘電体空間側に設けられる誘電体保護部材と、

前記誘電体保護部材と前記保護対象誘電体膜との間に設けられる、保護部材空間及び電極補強導電膜のうち少なくとも一つとをさらに備え、

前記誘電体保護部材の構成材料は、前記放電空間における誘電体バリア放電の発生時に

において、前記誘電体バリア放電によって生じるイオンの前記保護対象誘電体膜への照射を遮断し、かつ、前記イオンと化学反応しない保護特性を有することを特徴とする、
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、

前記第 1 の電極用誘電体膜の下面上に設けられる前記電極補強導電膜をさらに備え、

前記誘電体保護部材は前記電極補強導電膜の全てを覆い、かつ、前記第 1 の電極用誘電体膜の下面上に設けられ、前記第 1 の電極用誘電体膜、前記電極補強導電膜及び前記誘電体保護部材の順で隙間なく積層構造が設けられ、

前記誘電体保護部材と前記第 2 の電極用誘電体膜とが対向する空間が前記誘電体空間となり、

前記保護対象誘電体膜は前記第 1 の電極用誘電体膜であり、

前記第 1 の電極構成部は前記誘電体保護部材及び前記電極補強導電膜をさらに含み、

前記活性ガス生成装置は、

前記第 1 の電極構成部の前記第 1 の電極用導電膜と前記第 2 の電極構成部の前記第 2 の電極用導電膜と間に印加電圧を印加する電源をさらに備え、

前記印加電圧の印加時に前記放電空間に前記誘電体バリア放電が発生し、

前記電極補強導電膜は、平面視して前記第 1 の電極用導電膜より広く、平面視して前記第 1 の電極用誘電体膜より狭い平面形状を有し、前記第 2 の電極用導電膜は平面視して前記電極補強導電膜を含み、

前記放電空間は、前記誘電体空間内において前記電極補強導電膜と前記第 2 の電極用導電膜とが平面視して重複する拡張主要放電空間を含む、
活性ガス生成装置。

【請求項 3】

放電空間に供給された原料ガスを活性化して活性ガスを生成する電極ユニットを有する活性ガス生成装置であって、

前記電極ユニットは、

第 1 の電極構成部と、

前記第 1 の電極構成部の下方に設けられる第 2 の電極構成部とを備え、

前記第 1 の電極構成部は、第 1 の電極用誘電体膜と前記第 1 の電極用誘電体膜の上面上に設けられる第 1 の電極用導電膜と、

前記第 2 の電極構成部は、第 2 の電極用誘電体膜と前記第 2 の電極用誘電体膜の下面上に設けられる第 2 の電極用導電膜とを含み、

前記第 1 の電極用誘電体膜と前記第 2 の電極用誘電体膜との間に誘電体空間が設けられ、

前記放電空間は、前記誘電体空間内において前記第 1 及び第 2 の電極用導電膜が平面視して重複する領域である主要放電空間を含み、

前記電極ユニットは、

前記第 1 の電極用誘電体膜及び前記第 2 の電極用誘電体膜のうち少なくとも一つである保護対象誘電体膜に対し前記誘電体空間側に設けられる誘電体保護部材をさらに備え、

前記誘電体保護部材の構成材料は、前記放電空間における誘電体バリア放電の発生時ににおいて、前記誘電体バリア放電によって生じるイオンの前記保護対象誘電体膜への照射を遮断し、かつ、前記イオンと化学反応しない保護特性を有することを特徴とし、

前記誘電体保護部材は前記保護対象誘電体膜と密着して隙間無く設けられ、

前記誘電体保護部材は前記第 1 の電極用誘電体膜の下面上に密着して設けられ、前記誘電体保護部材と前記第 2 の電極用誘電体膜とが対向する空間が前記誘電体空間となり、

前記保護対象誘電体膜は前記第 1 の電極用誘電体膜であり、

前記第 1 の電極構成部は前記誘電体保護部材をさらに含み、

前記活性ガス生成装置は、

前記第 1 の電極構成部の前記第 1 の電極用導電膜と前記第 2 の電極構成部の前記第 2 の電極用導電膜と間に印加電圧を印加する電源をさらに備え、

前記印加電圧の印加時に前記放電空間に前記誘電体バリア放電が発生し、

前記第 1 の電極用誘電体膜の下面は凹部底面と、前記凹部底面の周辺に設けられる凸部底面とを有し、前記凸部底面は前記凹部底面より高さ方向における形成位置が高く、前記凹部底面上に前記誘電体保護部材が設けられ、前記凸部底面上には前記誘電体保護部材が設けられず、

前記電極ユニットは、

前記第 1 の電極用誘電体膜の前記凸部底面を下方から支持する誘電体支持面を有する誘電体膜支持部材と、

前記第 1 の電極用誘電体膜を上方から抑圧する誘電体膜抑圧部材とをさらに備え、前記誘電体膜抑圧部材は平面視して前記第 1 の電極用導電膜と重複せず、

前記誘電体膜支持部材は、前記凹部底面上に設けられた前記誘電体保護部材の下方に配置された保護部材固定補助面をさらに有し、

前記電極ユニットは、

前記保護部材固定補助面と前記誘電体保護部材の下面との間に挿入される弾性部材をさらに備え、前記弾性部材の弾性力によって前記第 1 の電極用誘電体膜の前記凹部底面と前記誘電体保護部材の上面とが密着状態に設定される、

活性ガス生成装置。

【請求項 4】

請求項 2 記載の活性ガス生成装置であって、

前記第 1 の電極用誘電体膜の下面は凹部底面と、前記凹部底面の周辺に設けられる凸部底面とを有し、前記凸部底面は前記凹部底面より高さ方向における形成位置が高く、前記凹部底面上に前記電極補強導電膜及び前記誘電体保護部材が設けられ、前記凸部底面上には前記電極補強導電膜及び前記誘電体保護部材が設けられず、

前記電極ユニットは、

前記第 1 の電極用誘電体膜の前記凸部底面を下方から支持する誘電体支持面を有する誘電体膜支持部材と、

前記第 1 の電極用誘電体膜を上方から抑圧する誘電体膜抑圧部材とをさらに備え、前記誘電体膜抑圧部材は平面視して前記第 1 の電極用導電膜と重複せず、

前記誘電体膜支持部材は、前記凹部底面上に設けられた前記誘電体保護部材の下方に配置された保護部材固定補助面をさらに有し、

前記保護部材固定補助面と平面視して重複する領域には前記電極補強導電膜は形成されておらず、

前記電極ユニットは、

前記保護部材固定補助面と前記誘電体保護部材の下面との間に挿入される弾性部材をさらに備え、前記弾性部材の弾性力によって前記第 1 の電極用誘電体膜の前記凹部底面と前記誘電体保護部材の上面とが密着状態に設定される、

活性ガス生成装置。

【請求項 5】

請求項 3 または請求項 4 に記載の活性ガス生成装置であって、

前記凹部底面は平面視して円状に形成され、

前記凸部底面は平面視して前記凹部底面の周辺に円環状に形成され、

前記誘電体膜支持部材の前記保護部材固定補助面は平面視して円環状に形成され、

前記誘電体膜支持部材は、

前記保護部材固定補助面内に平面視して円環状に設けられた溝部と、

前記溝部内に設けられ、平面視して円環状のリングとを含み、

前記弾性部材はリングである、

活性ガス生成装置。

【請求項 6】

請求項 1 記載の活性ガス生成装置であって、

前記第 1 の電極構成部の前記第 1 の電極用導電膜と前記第 2 の電極構成部の前記第 2 の

10

20

30

40

50

電極用導電膜と間に印加電圧を印加する電源をさらに備え、

前記誘電体保護部材は前記保護対象誘電体膜との間に前記保護部材空間を有して設けられ、

前記印加電圧、前記放電空間及び前記保護部材空間は、前記印加電圧の印加時に前記放電空間に前記誘電体バリア放電が発生し、前記保護部材空間に前記誘電体バリア放電が発生しない放電発生要件を満足するように設定される、
活性ガス生成装置。

【請求項 7】

請求項 6 記載の活性ガス生成装置であって、

前記誘電体保護部材は前記第 1 の電極用誘電体膜の下面との間に前記保護部材空間を有し、前記誘電体保護部材と前記第 2 の電極用誘電体膜とが対向する空間が前記誘電体空間となり、

前記保護対象誘電体膜は前記第 1 の電極用誘電体膜であり、

前記第 1 の電極構成部は前記誘電体保護部材をさらに含む、
活性ガス生成装置。

【請求項 8】

請求項 1 記載の活性ガス生成装置であって、

前記第 1 の電極用誘電体膜の下面上に密着して設けられる前記電極補強導電膜をさらに備え、

前記誘電体保護部材は前記電極補強導電膜の下方に設けられ、前記誘電体保護部材は平面視して前記電極補強導電膜の全てを含み、前記誘電体保護部材と前記電極補強導電膜との間に前記保護部材空間が設けられ、

前記誘電体保護部材と前記第 2 の電極用誘電体膜とが対向する空間が前記誘電体空間となり、

前記保護対象誘電体膜は前記第 1 の電極用誘電体膜であり、

前記第 1 の電極構成部は前記誘電体保護部材及び前記電極補強導電膜をさらに含み、

前記活性ガス生成装置は、

前記第 1 の電極構成部の前記第 1 の電極用導電膜と前記第 2 の電極構成部の前記第 2 の電極用導電膜と間に印加電圧を印加する電源をさらに備え、

前記印加電圧の印加時に前記放電空間に前記誘電体バリア放電が発生し、

前記電極補強導電膜は、平面視して前記第 1 の電極用導電膜より広く、平面視して前記第 1 の電極用誘電体膜より狭い平面形状を有し、前記第 2 の電極用導電膜は平面視して前記電極補強導電膜を含み、

前記放電空間は、前記誘電体空間内において前記電極補強導電膜と前記第 2 の電極用導電膜とが平面視して重複する領域である拡張主要放電空間を含み、

前記印加電圧、前記放電空間及び前記保護部材空間は、前記印加電圧の印加時に前記放電空間に前記誘電体バリア放電が発生し、前記保護部材空間に前記誘電体バリア放電が発生しない放電発生要件を満足するように設定される、

活性ガス生成装置。

【請求項 9】

請求項 1 記載の活性ガス生成装置であって、

前記誘電体保護部材の上面上に密着して設けられる前記電極補強導電膜をさらに備え、
前記誘電体保護部材は平面視して前記電極補強導電膜の全てを含み、

前記電極補強導電膜と前記第 1 の電極用誘電体膜との間に前記保護部材空間が設けられ、

前記誘電体保護部材と前記第 2 の電極用誘電体膜とが対向する空間が前記誘電体空間となり、

前記保護対象誘電体膜は前記第 1 の電極用誘電体膜であり、

前記第 1 の電極構成部は前記誘電体保護部材及び前記電極補強導電膜をさらに含み、

前記活性ガス生成装置は、

前記第 1 の電極構成部の前記第 1 の電極用導電膜と前記第 2 の電極構成部の前記第 2 の

10

20

30

40

50

電極用導電膜と間に印加電圧を印加する電源をさらに備え、

前記印加電圧の印加時に前記放電空間に前記誘電体バリア放電が発生し、

前記電極補強導電膜は、平面視して前記第1の電極用導電膜より広く、平面視して前記第1の電極用誘電体膜より狭い平面形状を有し、前記第2の電極用導電膜は平面視して前記電極補強導電膜を含み、

前記放電空間は、前記誘電体空間内において前記電極補強導電膜と前記第2の電極用導電膜とが平面視して重複する領域である拡張主要放電空間を含み、

前記印加電圧、前記放電空間及び前記保護部材空間は、前記印加電圧の印加時に前記放電空間に前記誘電体バリア放電が発生し、前記保護部材空間に前記誘電体バリア放電が発生しない放電発生要件を満足するように設定される、

活性ガス生成装置。

【請求項10】

請求項7記載の活性ガス生成装置であって、

前記第1の電極用誘電体膜の下面は凹部底面と前記凹部底面の周辺に設けられる凸部底面とを有し、前記凸部底面は前記凹部底面より高さ方向における形成位置が高く、前記凹部底面は平面視して前記誘電体保護部材と重複し、前記凸部底面は平面視して前記誘電体保護部材と重複せず、

前記電極ユニットは、

前記第1の電極用誘電体膜の前記凸部底面を下方から支持する誘電体支持面を有する誘電体膜支持部材と、

前記第1の電極用誘電体膜を上方から抑圧する誘電体膜抑圧部材とをさらに備え、前記誘電体膜抑圧部材は平面視して前記第1の電極用導電膜と重複せず、

前記誘電体膜支持部材は、前記誘電体保護部材を下方から支持する保護部材支持面をさらに有し、

前記誘電体支持面は前記保護部材支持面よりも高さ方向における形成位置が高く、前記誘電体支持面と前記保護部材支持面との高さ方向の差分値は、前記第1の電極用誘電体膜の下面と前記誘電体保護部材の上面との間に前記保護部材空間が形成されるように設定される、

活性ガス生成装置。

【請求項11】

請求項8または請求項9に記載の活性ガス生成装置であって、

前記第1の電極用誘電体膜の下面は凹部底面と前記凹部底面の周辺に設けられる凸部底面とを有し、前記凸部底面は前記凹部底面より高さ方向における形成位置が高く、前記凹部底面は平面視して前記誘電体保護部材及び前記電極補強導電膜と重複し、前記凸部底面は平面視して前記誘電体保護部材及び前記電極補強導電膜と重複せず、

前記電極ユニットは、

前記第1の電極用誘電体膜の前記凸部底面を下方から支持する誘電体支持面を有する誘電体膜支持部材と、

前記第1の電極用誘電体膜を上方から抑圧する誘電体膜抑圧部材とをさらに備え、前記誘電体膜抑圧部材は平面視して前記第1の電極用導電膜と重複せず、

前記誘電体膜支持部材は、前記誘電体保護部材を下方から支持する保護部材支持面をさらに有し、

前記誘電体支持面は前記保護部材支持面よりも高さ方向における形成位置が高く、前記誘電体支持面と前記保護部材支持面との高さ方向の差分値は、前記第1の電極用誘電体膜の下面と前記誘電体保護部材の上面との間の一部に前記保護部材空間が形成されるように設定される、

活性ガス生成装置。

【請求項12】

請求項6記載の活性ガス生成装置であって、

前記誘電体保護部材は前記第2の電極用誘電体膜の上面との間に前記保護部材空間を有

10

20

30

40

50

し、前記第 1 の電極用誘電体膜と前記誘電体保護部材とが対向する空間が前記誘電体空間となり、

前記保護対象誘電体膜は前記第 2 の電極用誘電体膜であり、

前記第 2 の電極構成部は前記誘電体保護部材をさらに含む、

活性ガス生成装置。

【請求項 13】

請求項 2 から請求項 4、請求項 7 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の活性ガス生成装置であって、

筐体内空間に前記電極ユニットを収容し、導電性を有する筐体をさらに備え、

前記筐体は、平坦面と前記平坦面から深さ方向に凹んだ導体収容空間とを含む筐体底部を有し、

前記電極ユニットは、

前記第 2 の電極構成部の下方に設けられ、前記導体収容空間内に収容される基準電位導体をさらに備え、

前記基準電位導体は、上部に活性ガス用バッファ空間を有し、前記第 2 の電極構成部は前記活性ガス用バッファ空間を塞いで配置され、

前記第 2 の電極用誘電体膜は平面視して前記活性ガス用バッファ空間と重複する領域に、前記第 2 の電極用誘電体膜を貫通する誘電体貫通口を有し、前記第 2 の電極用導電膜は平面視して前記活性ガス用バッファ空間と重複する領域に導電膜開口部を有し、前記導電膜開口部は平面視して前記誘電体貫通口と重複し、

前記活性ガス生成装置は、

各々が前記活性ガス用バッファ空間の底面から前記基準電位導体を貫通して設けられる複数のガス噴出口をさらに備え、前記複数のガス噴出口は平面視して前記誘電体貫通口と重複せず、

前記放電空間は、前記主要放電空間に加え、前記誘電体貫通口、及び前記活性ガス用バッファ空間の一部を含む補助放電空間を有し、

前記複数のガス噴出口から出力される活性ガスが複数の部分活性ガスとして規定され、

前記筐体の前記筐体底部は、前記活性ガス用バッファ空間と平面視して重複する領域に筐体開口部を有し、前記複数の部分活性ガスは前記筐体開口部を介して下方に導かれ、

前記筐体開口部は下方に向かうに従い開口面積が広がるテーパ形状のテーパ領域を含み、

前記複数のガス噴出口は、前記複数の部分活性ガスが衝突領域にて衝突するように、下方に向かうに従い互いに接近する態様で設けられ、かつ、前記衝突領域は前記テーパ領域内または前記テーパ領域より上方に存在することを特徴とする、

活性ガス生成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、平行平板方式の電極構造を有し、誘電体バリア放電を利用し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】

平行平板方式の電極構造を有し、誘電体バリア放電を採用した従来の活性ガス生成装置は、互いに対向する金属電極（電極用導電膜）と誘電体膜（電極用誘電体膜）との空隙、または、互いに対向する誘電体膜同士の空隙が放電空間となる。

【0003】

従来の活性ガス生成装置は、放電空間に誘電体バリア放電を発生させ、この放電空間に投入された原料ガスを活性化して活性ガスを生成するという、平行平板方式誘電体バリア放電を採用している。

【0004】

10

20

30

40

50

平行平板方式誘電体バリア放電を採用した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。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】国際公開第2019/138456号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

このような従来の活性ガス生成装置は放電空間に誘電体バリア放電を発生させている。このため、原料ガスの種類と誘電体膜の材質によっては、誘電体バリア放電によって発生するイオンと誘電体膜が化学反応を引き起こし、誘電体膜から誘電体膜を構成する元素またはその化合物が放出される誘電体膜反応現象が生じる可能性がある。

10

【0007】

誘電体膜反応現象が生じると、放出された元素またはその化合物は活性ガスに混じることとなり、これは活性ガスに不純物が混入することを意味している。このような誘電体膜反応現象を防ぐためには、誘電体膜の材質を化学反応しない材質に変更することで理論上は対処可能となる。

【0008】

しかしながら、変更後の材質の加工性が悪い場合、誘電体膜の形状が複雑な形状の場合、複雑な形状の誘電体膜を形成するための製造工程が複雑化するという問題点がある。

20

【0009】

このように、従来の活性ガス生成装置は、上述した誘電体膜反応現象を抑制しておらず、製造工程を複雑化することなく高純度な活性ガスを生成することができていないという問題点があった。

【0010】

本開示では、上記のような問題点を解決し、製造工程を複雑化することなく高純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目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本開示に係る活性ガス生成装置は、放電空間に供給された原料ガスを活性化して活性ガスを生成する電極ユニットを有する活性ガス生成装置であって、前記電極ユニットは、第1の電極構成部と、前記第1の電極構成部の下方に設けられる第2の電極構成部とを備え、前記第1の電極構成部は、第1の電極用誘電体膜と前記第1の電極用誘電体膜の上面上に設けられる第1の電極用導電膜と、前記第2の電極構成部は、第2の電極用誘電体膜と前記第2の電極用誘電体膜の下面上に設けられる第2の電極用導電膜とを含み、前記第1の電極用誘電体膜と前記第2の電極用誘電体膜との間に誘電体空間が設けられ、前記放電空間は、前記誘電体空間内において前記第1及び第2の電極用導電膜が平面視して重複する領域である主要放電空間を含み、前記電極ユニットは、前記第1の電極用誘電体膜及び前記第2の電極用誘電体膜のうち少なくとも一つである保護対象誘電体膜に対し前記誘電体空間側に設けられる誘電体保護部材をさらに備え、前記誘電体保護部材の構成材料は、前記放電空間における誘電体バリア放電の発生時において、前記誘電体バリア放電によって生じるイオンの前記保護対象誘電体膜への照射を遮断し、かつ、前記イオンと化学反応しない保護特性を有することを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0012】

本開示の活性ガス生成装置において、放電空間を含む誘電体空間と保護対象誘電体膜との間に上述した保護特性を有する誘電体保護部材が存在するため、放電空間における誘電体バリア放電の発生時に保護対象誘電体膜がイオンと反応する誘電体膜反応現象を抑制することができる。

40

50

【0013】

その結果、本開示の活性ガス生成装置は、誘電体膜反応現象に伴う保護対象誘電体膜の元素等の放電空間内への混入を確実に回避することにより、高純度の活性ガスを生成することができる。

【0014】

加えて、電極ユニットは、第1及び第2の電極用誘電体膜の構成材料を従前から変更する必要はなく、誘電体保護部材を追加するのみで構成することができるため、電極ユニットの製造工程が複雑化することはない。

【0015】

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】

【0016】

【図1】本開示の実施の形態1である活性ガス生成装置の平面構造を模式的に示す平面図である。

【図2】図1のA-A断面の断面構造を示す断面図である。

【図3】電極ユニットの平面構造を模式的に示す説明図（その1）である。

【図4】図3のB-B断面の断面構造を示す説明図である。

【図5】電極ユニットの平面構造を模式的に示す説明図（その2）である。

【図6】図5のC-C断面の断面構造を示す説明図である。

【図7】筐体の平面構造を模式的に示す説明図である。

【図8】筐体の断面構造を模式的に示す説明図である。

【図9】高圧側誘電体膜の平面構造を模式的に示す説明図である。

【図10】高圧側誘電体膜の断面構造を模式的に示す説明図である。

【図11】接地側誘電体膜の平面構造を模式的に示す説明図である。

【図12】接地側誘電体膜の断面構造を模式的に示す説明図である。

【図13】給電体の平面構造を模式的に示す説明図である。

【図14】給電体の断面構造を模式的に示す説明図である。

【図15】接地導体の平面構造を模式的に示す説明図である。

【図16】接地導体の断面構造を模式的に示す説明図である。

【図17】図16の着目領域における詳細を示す説明図である。

【図18】カバー誘電体膜の平面構造を模式的に示す説明図である。

【図19】カバー誘電体膜の断面構造を模式的に示す説明図である。

【図20】接地側電極構成部の平面構造を模式的に示す説明図である。

【図21】接地側電極構成部の断面構造を模式的に示す説明図である。

【図22】シールド誘電体膜の平面構造を模式的に示す説明図である。

【図23】シールド誘電体膜の断面構造を模式的に示す説明図である。

【図24】誘電体膜支持部材の平面構造を模式的に示す説明図である。

【図25】誘電体膜支持部材の断面構造を模式的に示す説明図である。

【図26】誘電体膜抑圧部材の平面構造を模式的に示す説明図である。

【図27】誘電体膜抑圧部材の断面構造を模式的に示す説明図である。

【図28】図27の着目領域における詳細を示す説明図である。

【図29】押圧部材の平面構造を模式的に示す説明図である。

【図30】押圧部材の断面構造を模式的に示す説明図である。

【図31】実施の形態1の活性ガス生成装置における電極ユニットの活性ガスの噴出形態を模式的に示す説明図である。

【図32】実施の形態1の電極ユニットにおいて理想とする活性ガスの噴出形態を模式的に示す説明図である。

【図33】実施の形態2の活性ガス生成装置における電極ユニットの断面構造を示す説明図である。

10

20

30

40

50

【図 3 4】実施の形態 2 の接地導体の構造を模式的に示す説明図（その 1）である。

【図 3 5】実施の形態 2 の接地導体の構造を模式的に示す説明図（その 2）である。

【図 3 6】実施の形態 2 における複数のガス噴出口の断面構造を模式的に示す説明図（その 1）である。

【図 3 7】実施の形態 2 における複数のガス噴出口の断面構造を模式的に示す説明図（その 2）である。

【図 3 8】実施の形態 2 の電極ユニットの筐体開口部内における活性ガスの噴出形態を示す説明図（その 1）である。

【図 3 9】実施の形態 2 の電極ユニットの筐体開口部内における活性ガスの噴出形態を示す説明図（その 2）である。

10

【図 4 0】実施の形態 2 の電極ユニットの筐体開口部内における活性ガスの噴出形態を示す説明図（その 3）である。

【図 4 1】実施の形態 2 の電極ユニットの筐体開口部内における活性ガスの噴出形態を示す説明図（その 4）である。

【図 4 2】実施の形態 3 の活性ガス生成装置に用いられる電極ユニットの基本態様を模式的に示す説明図である。

【図 4 3】実施の形態 3 の第 2 の態様の活性ガス生成装置に用いられる電極ユニットの概念を示す説明図である。

【図 4 4】実施の形態 3 の第 2 の態様となる活性ガス生成装置に用いられる電極ユニット 8 1 1 の断面構造を示す説明図である。

20

【図 4 5】図 4 4 で示した誘電体膜支持部材の平面構造を模式的に示す説明図である。

【図 4 6】実施の形態 4 の活性ガス生成装置に用いられる電極ユニットの基本態様を模式的に示す説明図である。

【図 4 7】実施の形態 5 の活性ガス生成装置に用いられる電極ユニットの基本態様を模式的に示す説明図である。

【図 4 8】実施の形態 5 の第 2 の態様の活性ガス生成装置に用いられる電極ユニット 8 3 0 の概念を模式的に示す説明図である。

【図 4 9】実施の形態 5 の第 2 の態様となる活性ガス生成装置に用いられる電極ユニット 8 3 1 の断面構造を示す説明図である。

【図 5 0】図 4 9 の着目領域の詳細構造を模式的に示す説明図である。

30

【図 5 1】図 4 9 で示した誘電体膜支持部材の平面構造を模式的に示す説明図である。

【図 5 2】実施の形態 6 の活性ガス生成装置に用いられる電極ユニットの基本態様を模式的に示す説明図である。

【図 5 3】実施の形態 7 の活性ガス生成装置に用いられる電極ユニットの基本態様を模式的に示す説明図である。

【図 5 4】実施の形態 7 の活性ガス生成装置の効果を示すための説明図（その 1）である。

【図 5 5】実施の形態 7 の活性ガス生成装置の効果を示すための説明図（その 2）である。

【図 5 6】実施の形態 7 の活性ガス生成装置の効果を示すための説明図（その 3）である。

【図 5 7】実施の形態 7 の第 2 の態様となる活性ガス生成装置に用いられる電極ユニットの断面構造を示す説明図である。

40

【図 5 8】図 5 7 の着目領域の詳細を示す説明図である。

【図 5 9】実施の形態 8 の第 1 及び第 2 の態様となる活性ガス生成装置の断面構造を示す説明図である。

【図 6 0】実施の形態 8 の第 1 の態様における図 5 9 の着目領域の詳細構造を示す説明図である。

【図 6 1】実施の形態 8 の第 2 の態様における図 5 9 の着目領域の詳細構造を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 7】

<実施の形態 1>

50

図 1 は本開示の実施の形態 1 である活性ガス生成装置 7 1 の平面構造を模式的に示す平面図である。

【0018】

同図に示すように、活性ガス生成装置 7 1 において、筐体 1 内に 3 つの電極ユニット 5 1 ～ 5 3 が収容されている。電極ユニット 5 1 ～ 5 3 それぞれにガス流路 2 1 を介して原料ガス G 1 が供給される。そして、電極ユニット 5 1 ～ 5 3 それぞれは、放電空間 4 に供給された原料ガス G 1 を活性化して活性ガス G 2 を生成している。

【0019】

図 2 は図 1 の A - A 断面の断面構造を示す断面図である。図 3 ～ 図 6 は電極ユニット 5 0 の構造を部分的に説明する説明図である。なお、電極ユニット 5 0 は電極ユニット 5 1 ～ 5 3 のいずれかに相当する。なお、電極ユニット 5 1 ～ 5 3 は互いに同一構造を呈している。

10

【0020】

図 3 は電極ユニット 5 0 の平面構造を模式的に示す説明図である。図 4 は図 3 の B - B 断面の断面構造を示す説明図である。図 3 及び図 4 は接地導体 6 及びその周辺の構造を示す第 1 の説明図となる。

【0021】

図 5 は電極ユニット 5 0 の平面構造を模式的に示す説明図である。図 6 は図 5 の C - C 断面の断面構造を示す説明図である。図 5 及び図 6 は接地導体 6 及びその周辺の詳細構造を示す第 2 の説明図となる。

20

【0022】

図 7 ～ 図 3 0 は、電極ユニット 5 0 の構成部品の詳細を示す説明図である。図 7 及び図 8 は筐体 1 の構造を模式的に示す説明図である。図 7 は筐体 1 の平面構造を示しており、図 8 は筐体 1 の断面構造を示している。

【0023】

図 9 及び図 1 0 はそれぞれ高圧側誘電体膜 2 の構造を模式的に示す説明図である。図 9 は高圧側誘電体膜 2 の平面構造を示しており、図 1 0 は高圧側誘電体膜 2 の断面構造を示している。

【0024】

図 1 1 及び図 1 2 はそれぞれ接地側誘電体膜 3 の構造を模式的に示す説明図である。図 1 1 は接地側誘電体膜 3 の平面構造を示しており、図 1 2 は接地側誘電体膜 3 の断面構造を示している。

30

【0025】

図 1 3 及び図 1 4 はそれぞれ給電体 5 の構造を模式的に示す説明図である。図 1 3 は給電体 5 の平面構造を示しており、図 1 4 は給電体 5 の断面構造を示している。

【0026】

図 1 5 ～ 図 1 7 はそれぞれ接地導体 6 の構造を模式的に示す説明図である。図 1 5 は接地導体 6 の平面構造を示しており、図 1 6 は接地導体 6 の断面構造を示しており、図 1 7 は図 1 6 の着目領域 R 1 における詳細を示している。

【0027】

40

図 1 8 及び図 1 9 はそれぞれカバー誘電体膜 8 の構造を模式的に示す説明図である。図 1 8 はカバー誘電体膜 8 の平面構造を示しており、図 1 9 はカバー誘電体膜 8 の断面構造を示している。

【0028】

図 2 0 及び図 2 1 はそれぞれ接地側電極構成部 E 2 の構造を模式的に示す説明図である。図 2 0 は接地側電極構成部 E 2 の平面構造を示しており、図 2 1 は接地側電極構成部 E 2 の断面構造を示している。接地側電極構成部 E 2 は接地側誘電体膜 3、導電膜 7 及びカバー誘電体膜 8 の組合せ構造を含んでいる。

【0029】

図 2 2 及び図 2 3 はそれぞれシールド誘電体膜 9 の構造を模式的に示す説明図である。

50

図 2 2 はシールド誘電体膜 9 の平面構造を示しており、図 2 3 はシールド誘電体膜 9 の断面構造を示している。

【 0 0 3 0 】

図 2 4 及び図 2 5 はそれぞれ誘電体膜支持部材 1 0 の構造を模式的に示す説明図である。図 2 4 は誘電体膜支持部材 1 0 の平面構造を示しており、図 2 5 は誘電体膜支持部材 1 0 の断面構造を示している。

【 0 0 3 1 】

図 2 6 ～図 2 8 はそれぞれ誘電体膜抑圧部材 1 1 の構造を模式的に示す説明図である。図 2 6 は誘電体膜抑圧部材 1 1 の平面構造を示しており、図 2 7 は誘電体膜抑圧部材 1 1 の断面構造を示しており、図 2 8 は図 2 7 の着目領域 R 2 における詳細を示している。

【 0 0 3 2 】

図 2 9 及び図 3 0 はそれぞれ押圧部材 1 2 の構造を模式的に示す説明図である。図 2 9 は押圧部材 1 2 の平面構造を示しており、図 3 0 は押圧部材 1 2 の断面構造を示している。

【 0 0 3 3 】

なお、図 1 ～図 3 0 はそれぞれ活性ガス生成装置 7 1、電極ユニット 5 0 または電極ユニット 5 0 の構成部品を模式的に示しており、縮尺を含む形状は図 1 ～図 3 0 間で必ずしも一致しない。また、図 1 ～図 3 0 それぞれに X Y Z 直交座標系を記している。

【 0 0 3 4 】

以下、上述した図 1 ～図 3 0 を適宜参照して、実施の形態 1 の活性ガス生成装置 7 1 について説明する。

【 0 0 3 5 】

(全体構造)

図 1 に示すように、活性ガス生成装置 7 1 は、複数の電極ユニットとして電極ユニット 5 1 ～5 3 と、筐体内空間 S 1 (図 8 参照) に電極ユニット 5 1 ～5 3 を収容し、導電性を有する筐体 1 とを備えている。

【 0 0 3 6 】

図 2 及び図 7 に示すように、筐体 1 は、平坦面 1 F と平坦面 1 F から深さ方向に凹んだ導体収容空間 6 S とを含む筐体底部 1 a を有している。

【 0 0 3 7 】

図 8 に示すように、筐体 1 は筐体底部 1 a、筐体側部 1 b 及び筐体上部 1 c を有し、筐体底部 1 a、筐体側部 1 b 及び筐体上部 1 c によって、電極ユニット 5 1 ～5 3 を内部に収容する筐体内空間 S 1 を形成している。

【 0 0 3 8 】

電極ユニット 5 1 ～5 3 はそれぞれ接地導体 6 が導体収容空間 6 S 内に配置される態様で筐体 1 の筐体内空間 S 1 内に収容される。図 7 に示すように、外部により供給される原料ガス G 1 は、筐体底部 1 a 内に設けられたガス流路 2 1 を介して導体収容空間 6 S 内に配置された接地導体 6 の下面及び側面に設けられる原料ガス用流通空間に供給される。

【 0 0 3 9 】

電極ユニット 5 1 (5 0) は、第 1 の電極構成部である高圧側電極構成部 E 1 と、高圧側電極構成部 E 1 の下方に設けられる第 2 の電極構成部である接地側電極構成部 E 2 とを備えている。

【 0 0 4 0 】

電極ユニット 5 1 は、第 2 の電極構成部である接地側電極構成部 E 2 の下方に設けられ、導体収容空間 6 S 内に収容される基準電位導体である接地導体 6 をさらに備えている。接地導体 6 は金属等の導電体を構成材料としている。

【 0 0 4 1 】

第 1 の電極構成部である高圧側電極構成部 E 1 は第 1 の電極用誘電体膜である高圧側誘電体膜 2 と高圧側誘電体膜 2 の上面上に形成される第 1 の電極用導電膜である給電体 5 とを含んでいる。なお、第 1 の電極用導電膜である給電体 5 は、第 1 の電極用誘電体膜である高圧側誘電体膜 2 の中央に設けられた給電体配置用凹部 2 8 上に設けられる。

10

20

30

40

50

【0042】

高圧側誘電体膜2は誘電体を構成材料としており、給電体5は金属等の導電体を構成材料としている。例えば、給電体5は金属製で構成される。

【0043】

接地側電極構成部E2は、第2の電極用誘電体膜である接地側誘電体膜3と接地側誘電体膜3の下面上に形成される第2の電極用導電膜である導電膜7とを含んでいる。なお、導電膜7の膜厚は薄いため、図2等では図示が省略され、図20及び図21で導電膜7の形成領域が示されている。

【0044】

接地側誘電体膜3は誘電体を構成材料としており、導電膜7は金属等の導電体を構成材料としている。

10

【0045】

基準電位導体である接地導体6は、上部に非貫通の活性ガス用バッファ空間68を有し、接地側電極構成部E2は活性ガス用バッファ空間68を塞いで配置される。したがって、活性ガス用バッファ空間68外において、導電膜7の下面と接地導体6の上面とが接触関係を有する。

【0046】

第2の電極用誘電体膜である接地側誘電体膜3は平面視して活性ガス用バッファ空間68と重複する領域に、接地側誘電体膜3を貫通する誘電体貫通口3hを有し、第2の電極用導電膜である導電膜7は平面視して活性ガス用バッファ空間68と重複する領域に導電膜開口部7hを有し、導電膜開口部7hは平面視して誘電体貫通口3hと重複している。

20

【0047】

筐体1の筐体底部1aは外部から原料ガスG1を受けるガス流路21を有し、接地導体6と筐体1の導体収容空間6Sとの間に原料ガス用流通空間が設けられる。原料ガス用流通空間は後述するように、原料ガスバッファ空間61、スリット空間62及び側面空間63を含んでいる。

【0048】

原料ガスG1はガス流路21及び上記原料ガス用流通空間を介して、放電空間4の主要放電空間に導かれる。なお、主要放電空間は、後述するように、高圧側誘電体膜2と接地側誘電体膜3との間の誘電体空間18内における放電空間4を意味する。

30

【0049】

交流電源15から印加される交流電圧は、電気配線や導入端子等の電氣的接続手段を介して、第1の電極用導電膜である給電体5に印加される。なお、電氣的接続手段を示す図示は図2等では省略している。

【0050】

一方、筐体1は基準電位である接地電位に設定される。したがって、筐体1及び接地導体6を介して第2の電極用導電膜である導電膜7が接地電位に設定される。

【0051】

電極ユニット51(50)は、さらに誘電体膜支持部材10、誘電体膜抑圧部材11及び押圧部材12等の補助部材を備えている。

40

【0052】

(高圧側誘電体膜2の固定)

誘電体膜支持部材10の段差部102は、筐体1の平坦面1F上に設けられ、高圧側誘電体膜2を下方から支持する支持面10Fとなる上面を有している。この際、誘電体膜支持部材10の側面と筐体1の筐体底部1aの導体収容空間6Sの側面とが一致するように、誘電体膜支持部材10は平坦面1F上に配置される。

【0053】

誘電体膜抑圧部材11は、高圧側誘電体膜2を上方から抑圧するための部材であり、平面視して給電体5と重複しない。すなわち、高圧側誘電体膜2の上面に、誘電体膜抑圧部材11及び給電体5が形成されていない露出領域EX2が存在する。

50

【0054】

図6、図27及び図28に示すように、誘電体膜抑圧部材11の下面は、高圧側誘電体膜2の上面と接触する誘電体接触領域112と高圧側誘電体膜2の上面と接触しない誘電体非接触領域111と有している。誘電体接触領域112は高圧側誘電体膜2と接して荷重を加える領域となり、誘電体非接触領域111は高圧側誘電体膜2とは接触関係を有することなく、高圧側誘電体膜2の上面上で給電体5側にせり出す領域となる。

【0055】

誘電体接触領域112は平面視して高圧側誘電体膜2の周辺領域及び誘電体膜支持部材10の支持面10Fと重複し、誘電体非接触領域111は平面視して高圧側誘電体膜2の周辺領域より内側の中間領域と重複している。すなわち、中間領域は高圧側誘電体膜2の周辺領域から給電体5側に隣接する領域となる。

10

【0056】

誘電体膜抑圧部材11は金属等で構成され、導電性を有し、筐体1、取付用ボルト31、及び押圧部材12を介して基準電位である接地電位に設定される。取付用ボルト31及び押圧部材12も導電性を有している。

【0057】

したがって、高圧側誘電体膜2は、誘電体接触領域112において上方から誘電体膜抑圧部材11によって抑圧される。以下、誘電体膜支持部材10、誘電体膜抑圧部材11及び押圧部材12の組合せ構造について詳述する。

【0058】

図2に示すように、誘電体膜支持部材10の上面上に押圧部材12が配置され、取付用ボルト31によって押圧部材12及び誘電体膜支持部材10が筐体1の筐体底部1a上に固定される。

20

【0059】

図24及び図25に示すように、誘電体膜支持部材10は平面視して中央に中央開口部100を有する円状を呈している。中央開口部100の周辺に段差部102と周辺部上面101とからなる段差構造が円環状に設けられる。段差部102の上面が支持面10Fとなる。段差部102（支持面10F）の外周側の周辺部上面101に複数の貫通口10hが離散して円状に設けられる。

【0060】

一方、図9及び図10に示すように、高圧側誘電体膜2は平面視して中央に給電体配置用凹部28を有する円状を呈している。給電体配置用凹部28の周辺に円環状に周辺表面領域27が設けられる。また、高圧側誘電体膜2は平面視して円状の凹部底面26を有し、凹部底面26の周辺の底面が平面視して円環状の凸部底面23となる。

30

【0061】

図13及び図14に示すように、給電体5は円柱形状を有している。給電体5の底面が高圧側誘電体膜2の給電体配置用凹部28上に位置する態様で、給電体5は高圧側誘電体膜2の上面上に配置される。

【0062】

第1の電極用導電膜である給電体5には交流電源15より交流電圧が印加される。なお、図5に示すように、給電体配置用凹部28は平面視して給電体5を含み、給電体5より少し広い平面形状を有している。

40

【0063】

高圧側誘電体膜2は誘電体膜支持部材10の支持面10Fと高圧側誘電体膜2の凸部底面23とが接触する態様で、高圧側誘電体膜2は誘電体膜支持部材10上に配置される。高圧側誘電体膜2と誘電体膜支持部材10とは、図示しないOリング等のシール材を介して接触させている。

【0064】

また、図26及び図27に示すように、誘電体膜抑圧部材11は平面視して中央に中央開口部110を有する円状を呈している。中央開口部110の外周側に設けられる円環状

50

の下面領域が誘電体非接触領域 1 1 1 となり、誘電体非接触領域 1 1 1 の外周側に設けられる円環状の下面領域が誘電体接触領域 1 1 2 となる。

【 0 0 6 5 】

図 2 8 に示すように、誘電体接触領域 1 1 2 は誘電体非接触領域 1 1 1 より下方（－Z 方向）に突出しており、高圧側誘電体膜 2 の上面 U 2 と接触関係を有する。一方、誘電体非接触領域 1 1 1 は高圧側誘電体膜 2 の上面 U 2 との間に隙間 S P 1 1 が存在するため、高圧側誘電体膜 2 の上面 U 2 と非接触となる。

【 0 0 6 6 】

図 2 9 及び図 3 0 に示すように、押圧部材 1 2 は平面視して中央に中央開口部 1 2 0 を有する円状を呈している。中央開口部 1 2 0 の外周側の外周領域 1 2 5 に複数の内側貫通口 1 2 1 h が離散して円状に設けられ、複数の内側貫通口 1 2 1 h の外周側に複数の外側貫通口 1 2 2 h が離散して円状に設けられる。

【 0 0 6 7 】

このように、押圧部材 1 2 の外周領域 1 2 5 に複数の内側貫通口 1 2 1 h と複数の外側貫通口 1 2 2 h とが設けられる。なお、複数の内側貫通口 1 2 1 h はそれぞれタップを切った貫通口となる。

【 0 0 6 8 】

上述した構造の押圧部材 1 2 の外周領域 1 2 5 の一部が誘電体膜支持部材 1 0 上に載置され、複数の取付用ボルト 3 1 によって、誘電体膜支持部材 1 0 及び押圧部材 1 2 は筐体 1 の筐体底部 1 a に固定される。複数の取付用ボルト 3 1 のねじ部は複数の外側貫通口 1 2 2 h 及び複数の貫通口 1 0 h を貫通し、筐体底部 1 a に取り付けられる。

【 0 0 6 9 】

図 2 ～図 6 に示すように、押圧部材 1 2 は、平面視して誘電体膜支持部材 1 0 及び誘電体膜抑圧部材 1 1 と重複する領域に配置されている。

【 0 0 7 0 】

一方、押圧部材 1 2 の複数の内側貫通口 1 2 1 h を貫通させる態様で複数の抑圧補助部材 3 2 を押圧部材 1 2 に取り付けられている。抑圧補助部材 3 2 としてボルトや止めねじ等を考えられる。複数の抑圧補助部材 3 2 によって誘電体膜抑圧部材 1 1 を押圧するように、複数の抑圧補助部材 3 2 が複数の内側貫通口 1 2 1 h 内に取り付けられる。複数の抑圧補助部材 3 2 は平面視して誘電体膜抑圧部材 1 1 の誘電体接触領域 1 1 2 と高圧側誘電体膜 2 の凸部底面 2 3 と重複する位置に設けられる。

【 0 0 7 1 】

したがって、複数の抑圧補助部材 3 2 の押圧力を受ける誘電体膜抑圧部材 1 1 によって、上方の誘電体接触領域 1 1 2 から高圧側誘電体膜 2 が抑圧される。

【 0 0 7 2 】

上述したように、実施の形態 1 の活性ガス生成装置 7 1 の電極ユニット 5 0 において、第 1 の電極用誘電体膜である高圧側誘電体膜 2 は、複数の抑圧補助部材 3 2 の押圧力を受ける誘電体膜抑圧部材 1 1 によって、上方の誘電体接触領域 1 1 2 から抑圧される。このため、誘電体膜抑圧部材 1 1 によって高圧側誘電体膜 2 に荷重がかかる領域は誘電体接触領域 1 1 2 の下方領域のみに制限することができる。

【 0 0 7 3 】

その結果、実施の形態 1 の活性ガス生成装置 7 1 は、高圧側誘電体膜 2 に不要な曲げ応力を与えることなく、誘電体膜抑圧部材 1 1 の誘電体接触領域 1 1 2 と誘電体膜支持部材 1 0 の支持面 1 0 F との間で高圧側誘電体膜 2 を安定性良く固定することができる。

【 0 0 7 4 】

誘電体膜抑圧部材 1 1 は、基準電位である接地電位に設定され、導電性を有している。誘電体膜抑圧部材 1 1 の誘電体非接触領域 1 1 1 は、平面視して高圧側誘電体膜 2 の中間領域と重複している。

【 0 0 7 5 】

したがって、電極ユニット 5 0 は、誘電体非接触領域 1 1 1 を有する誘電体膜抑圧部材

10

20

30

40

50

1 1 によって給電体 5 の電界強度を緩和して高圧側誘電体膜 2 の中間領域の電位を低下させることができるため、高圧側誘電体膜 2 と接地側誘電体膜 3 との外径方向の電位を低下させることができる。

【0076】

その結果、実施の形態 1 の活性ガス生成装置 7 1 における電極ユニット 5 0 は、高圧側誘電体膜 2 と誘電体膜支持部材 1 0 との空隙 2 0 における絶縁破壊を確実に防止することができる。

【0077】

(接地導体 6)

図 1 5 ～図 1 7 に示すように、筐体 1 の導体収容空間 6 S 内に收容される接地導体 6 は、平面視して円状を呈しており、底面の端部領域に原料ガスバッファ空間 6 1 及びスリット空間 6 2 を有している。

【0078】

原料ガスバッファ空間 6 1 は平面して円環状に形成されており、図 2 に示すように、ガス流路 2 1 と繋がっており、外部から供給される原料ガス G 1 をガス流路 2 1 を介して原料ガスバッファ空間 6 1 内に取り込むことができる。

【0079】

原料ガスバッファ空間 6 1 の周辺に複数のスリット空間 6 2 が離散して設けられる。図 1 7 に示すように、複数のスリット空間 6 2 はそれぞれ原料ガスバッファ空間 6 1 と繋がっており、原料ガスバッファ空間 6 1 からスリット空間 6 2 にかけて原料ガス G 1 を流通させることができる。

【0080】

図 6 及び図 1 7 に示すように、側面空間 6 3 は導体収容空間 6 S の内周側面と接地導体 6 の外周側面との間の隙間空間であり、平面視して円環状に設けられる。

【0081】

誘電体膜支持部材 1 0 と接地導体 6 とは、図 3 及び図 4 に示すような位置関係を有するため、側面空間 6 3 を通過した原料ガス G 1 は誘電体膜支持部材 1 0 の下方側面領域 R 1 0 に供給される。

【0082】

このように、原料ガスバッファ空間 6 1 は、接地導体 6 の下面側に設けられ、ガス流路 2 1 介して原料ガス G 1 を受けている。複数のスリット空間 6 2 はそれぞれ、接地導体 6 の下面側に設けられ、原料ガスバッファ空間 6 1 に繋がっている。

【0083】

側面空間 6 3 は、接地導体 6 の側面側に設けられ、複数のスリット空間 6 2 に繋がっている。上述したように、原料ガス用流通空間は、原料ガスバッファ空間 6 1、複数のスリット空間 6 2 及び側面空間 6 3 を含んでいる。

【0084】

したがって、外部からガス流路 2 1 に供給される原料ガス G 1 は、原料ガスバッファ空間 6 1、スリット空間 6 2 及び側面空間 6 3 を経由して、放電空間 4 に導かれる。

【0085】

複数のスリット空間 6 2 はそれぞれ、原料ガス G 1 が原料ガスバッファ空間 6 1 で一時的に滞留した後、複数のスリット空間 6 2 それぞれに流れるように、原料ガスバッファ空間 6 1 と比較的して原料ガスが流れにくい狭い空間に設定される。すなわち、複数のスリット空間 6 2 は、原料ガスバッファ空間 6 1 や側面空間 6 3 と比較して原料ガス G 1 の流れ易さを表す係数であるコンダクタンスを小さくしている。

【0086】

その結果、実施の形態 1 の活性ガス生成装置 7 1 は、放電空間 4 へ原料ガス G 1 を空間的に均一に供給することができる。すなわち、平面視して円状の誘電体空間 1 8 の周辺部から中心の放電空間 4 に向かって均一に原料ガス G 1 が供給される。

【0087】

スリット空間 6 2 のコンダクタンスを下げることによって、原料ガスバッファ空間 6 1 と側面空間 6 3 との差圧が大きくなり、複数のスリット空間 6 2 それぞれを流れる原料ガス G 1 の流量のばらつきが低減化される。したがって、原料ガス G 1 は放電空間 4 に向けて均一に供給される。なお、原料ガス G 1 の流量は、例えば、ガス流路 2 1 の上流に設けられたマスフローコントローラー (MFC) 等によって調整される。

【0088】

したがって、一般的な活性ガス生成装置は、原料ガス G 1 が均一に供給されないと、原料ガス G 1 が放電空間 4 を通過する時間が変わる結果、活性ガス G 2 の生成効率が悪化する不具合が生じる。実施の形態 1 の活性ガス生成装置 7 1 は、原料ガス G 1 を均一に供給することができるため、上記した不具合は生じない。

【0089】

(接地側電極構成部 E 2 と活性ガス用バッファ空間 6 8)

上述したように、第 2 の電極構成部である接地側電極構成部 E 2 は接地側誘電体膜 3 及び導電膜 7 を含んでいる。

【0090】

図 1 1 及び図 1 2 に示すように、接地側誘電体膜 3 は平面視して円状を呈しており、中央に円状の誘電体貫通口 3 h を有している。

【0091】

図 1 8 及び図 1 9 に示すように、カバー誘電体膜 8 は平面視して円状を呈しており、中央に円状のカバー貫通口 8 h を有している。なお、カバー誘電体膜 8 は接地側誘電体膜 3 と同じ構成材料を用いることが望ましい。これは、カバー誘電体膜 8 と接地側誘電体膜 3 との間で熱膨張係数が異なる場合に、歪が生じることを防ぐためである。また、熱膨張係数が近い材料を、カバー誘電体膜 8 及び接地側誘電体膜 3 それぞれの材料として選択しても良い。

【0092】

図 2 0 及び図 2 1 に示すように、導電膜 7 は平面視して円状を呈しており、中央に平面視して円状の導電膜開口部 7 h を有している。

【0093】

誘電体貫通口 3 h 及び導電膜開口部 7 h はそれぞれ平面視して活性ガス用バッファ空間 6 8 と重複しており、図 2 1 に示すように、導電膜開口部 7 h は平面視して誘電体貫通口 3 h を含み、誘電体貫通口 3 h より広い形状を呈している。

【0094】

接地側誘電体膜 3 及び導電膜 7 それぞれの中心位置を一致させた態様で接地側誘電体膜 3 の下面上に導電膜 7 が設けられる。導電膜 7 の径は接地側誘電体膜 3 の径と同程度に設定されるが、中央に誘電体貫通口 3 h より広い導電膜開口部 7 h が設けられている分、導電膜 7 の形成面積は接地側誘電体膜 3 の形成面積より狭い。

【0095】

導電膜開口部 7 h の円周状の外周線となる導電膜内側境界 7 e は、導電膜 7 における誘電体貫通口 3 h 側の端部となり、導電膜内側境界 7 e より内側の領域には導電膜 7 が形成されていない。導電膜内側境界 7 e が導電膜 7 の電極境界線となる。したがって、図 2 1 に示すように、接地側誘電体膜 3 の下面上における導電膜 7 の形成領域 A 7 は、接地側誘電体膜 3 の外周位置から導電膜内側境界 7 e に至る領域となる。

【0096】

図 2 0 及び図 2 1 に示すように、カバー誘電体膜 8 は接地側誘電体膜 3 の下面上から導電膜内側境界 7 e を含んで導電膜 7 の下面上にかけて円状に設けられる。ただし、カバー誘電体膜 8 は中心にカバー貫通口 8 h を有している。すなわち、導電膜 7 の導電膜開口部 7 h の外径は、カバー誘電体膜 8 の外径より短くなる寸法関係となる。

【0097】

カバー貫通口 8 h は誘電体貫通口 3 h と同程度の形状を有し、カバー貫通口 8 h は導電膜開口部 7 h に含まれ、導電膜開口部 7 h より狭い形状を有している。したがって、カバ

10

20

30

40

50

一誘電体膜 8 は導電膜 7 の導電膜内側境界 7 e (電極境界線) を覆っている。そして、カバー誘電体膜 8 が覆われていない導電膜 7 の下面と接地導体 6 の上面とが接触関係を有することになる。

【0098】

図 15 及び図 16 に示すように、接地導体 6 の上部に設けられる活性ガス用バッファ空間 6 8 は平面視して円状を呈しており、活性ガス用バッファ空間 6 8 の底面 6 5 の周辺に複数のガス噴出口 6 9 が設けられる。

【0099】

図 15 及び図 16 にカバー誘電体膜 8 の形成領域も併せて示している。これらの図に示すように、カバー誘電体膜 8 の外周線は活性ガス用バッファ空間 6 8 の外周線とほぼ同じになる。

10

【0100】

図 2 及び図 16 に示すように、活性ガス用バッファ空間 6 8 の底面 6 5 上にシールド誘電体膜 9 が設けられる。

【0101】

図 2 2 及び図 2 3 に示すようにシールド誘電体膜 9 は所定の膜厚で平面視して円状に形成されている。

【0102】

シールド誘電体膜 9 は、活性ガス用バッファ空間 6 8 及びシールド誘電体膜 9 それぞれの中心位置を一致させた態様で活性ガス用バッファ空間 6 8 の底面 6 5 上に設けられる。

20

【0103】

図 15 及び図 16 に示すように、複数のガス噴出口 6 9 は平面視してカバー誘電体膜 8 と重複し、かつ、平面視して誘電体貫通口 3 h 及びカバー貫通口 8 h とは重複しない。

【0104】

図 16 に示すように、活性ガス用バッファ空間 6 8 の底面 6 5 の周辺に接地導体 6 を貫通して複数のガス噴出口 6 9 が設けられる。すなわち、平面視してシールド誘電体膜 9 の周辺領域に複数のガス噴出口 6 9 が設けられる。

【0105】

このような構造の実施の形態 1 の活性ガス生成装置 7 1 において、原料ガス G 1 は金属筐体 1 の外部から、前述したように、ガス流路 2 1 及び原料ガス用流通空間を經由して放電空間 4 に供給される。

30

【0106】

誘電体バリア放電が発生している放電空間 4 に原料ガス G 1 が供給されると、原料ガス G 1 は活性化され活性ガス G 2 となり、誘電体貫通口 3 h 及びカバー貫通口 8 h を通過して活性ガス用バッファ空間 6 8 に導入される。活性ガス用バッファ空間 6 8 内に入った活性ガス G 2 は、活性ガス用バッファ空間 6 8 の底面に設けられた複数のガス噴出口 6 9 を通過して後段の処理空間に供給される。

【0107】

このような構成の実施の形態 1 の活性ガス生成装置 7 1 において、第 1 の電極用誘電体膜である高圧側誘電体膜 2 と、第 2 の電極用誘電体膜である接地側誘電体膜 3 とが対向する主要誘電体空間が誘電体空間 1 8 となる。誘電体空間 1 8 は平面視して円状を呈している。また、高圧側誘電体膜 2 とシールド誘電体膜 9 とが対向する空間が補助誘電体空間として規定される。放電空間 4 は、誘電体空間 1 8 内において給電体 5 と導電膜 7 とが平面視して重複する主要放電空間を含んでいる。

40

【0108】

上記主要放電空間を形成するために、高圧側誘電体膜 2 と接地側誘電体膜 3 とが高さ方向 (Z 方向) に一定の距離となるように対応して設置されており、高圧側誘電体膜 2 と接地側誘電体膜 3 との間の誘電体空間 1 8 内に放電空間 4 の上記主要放電空間が存在している。

【0109】

50

放電空間 4 は、さらに、上記補助誘電体空間内において誘電体貫通口 3 h、カバー貫通口 8 h、及びシールド誘電体膜 9 上の活性ガス用バッファ空間 6 8 の一部からなる補助放電空間 4 4 を含んでいる。

【0110】

接地導体 6 において底面 6 5 下の底面領域を接地電位に設定された接地電極用導電膜として用い、交流電源 1 5 より交流電圧を受ける給電体 5 と上記接地電極用導電膜との間に放電電圧を印加することにより、補助放電空間 4 4 を生成することができる。

【0111】

前述したように、補助放電空間 4 4 は誘電体貫通口 3 h、カバー貫通口 8 h 及び活性ガス用バッファ空間 6 8 の一部を含んでいる。このように、実施の形態 1 で形成される放電空間 4 は、誘電体空間 1 8 内の主要放電空間及び補助放電空間 4 4 を含んでいる。

10

【0112】

実施の形態 1 の活性ガス生成装置 7 1 において、補助放電空間 4 4 から複数のガス噴出口 6 9 それぞれに至る経路が活性ガス流通経路として規定される。

【0113】

実施の形態 1 の活性ガス生成装置 7 1 において、放電空間 4 の一部である補助放電空間 4 4 は誘電体貫通口 3 h とカバー貫通口 8 h と活性ガス用バッファ空間 6 8 の一部とを含んでいるため、補助放電空間 4 4 から複数のガス噴出口 6 9 に至る活性ガス流通経路を必要最小限の体積に抑えて活性ガス G 2 の失活量を抑制することができる。

20

【0114】

さらに、電極ユニット 5 0 の接地側電極構成部 E 2 におけるカバー誘電体膜 8 は、活性ガス用バッファ空間 6 8 内において導電膜 7 の電極境界線である導電膜内側境界 7 e を覆い、かつ、平面視して複数のガス噴出口 6 9 と重複しているため、活性ガス G 2 が導電膜 7 に衝突することに伴い活性ガス G 2 が消失する表面失活現象を抑制することができる。

【0115】

その結果、実施の形態 1 の活性ガス生成装置 7 1 は、高濃度な活性ガス G 2 を複数のガス噴出口 6 9 から後段の処理空間に供給することができる。

【0116】

実施の形態 1 の電極ユニット 5 0 は、上記述した構造を有することにより、放電空間 4 に面する部分は絶縁体である誘電体を構成材料とした部品（高圧側誘電体膜 2，接地側誘電体膜 3，カバー誘電体膜 8 及びシールド誘電体膜 9）のみとなる。金属材料が放電に面すると容易にイオン化し、ガス中に金属イオンが含まれることとなり、コンタミネーションの原因となる。

30

【0117】

（筐体開口部 4 1）

図 2 に示すように、筐体 1 の筐体底部 1 a は筐体開口部 4 1 を有している。筐体開口部 4 1 は活性ガス用バッファ空間 6 8 と平面視して重複する領域に設けられ、筐体底部 1 a を貫通している。

【0118】

したがって、複数のガス噴出口 6 9 噴出される活性ガス G 2 は、筐体開口部 4 1 を介して下方の処理空間に導かれる。

40

【0119】

図 2 に示すように、筐体底部 1 a に設けられた筐体開口部 4 1 は、下方に向かうに従い開口面積が広くなり、図 2 及び図 7 に示すように、最下外周縁 4 1 L を有するテーパ形状を有している。

【0120】

実施の形態 1 の活性ガス生成装置 7 1 において、筐体 1 の筐体底部 1 a に設けられる筐体開口部 4 1 は下方に向かうに従い開口面積が広くなるテーパ形状を有している。

【0121】

このため、実施の形態 1 の活性ガス生成装置 7 1 は、複数のガス噴出口 6 9 から噴出さ

50

れる活性ガスG 2が筐体底部1 aに衝突することによる損失を最小限に抑え、高濃度な活性ガスG 2を下方の処理空間に供給することができる。

【0122】

＜実施の形態2＞

（実施の形態1の課題）

上述した実施の形態1の活性ガス生成装置71では、活性ガス用バッファ空間68から複数のガス噴出口69を経由して、下方に存在する後段の処理空間へ活性ガスG 2を供給している。以下、複数のガス噴出口69から活性ガスG 2を複数の部分活性ガスと規定して説明する。

【0123】

図31は実施の形態1の活性ガス生成装置71における電極ユニット50（51～53）の活性ガスG 2の噴出形態を模式的に示す説明図である。図32は電極ユニット50において理想とする活性ガスG 2の噴出形態を模式的に示す説明図である。図31及び図32は例えば図1のA-A断面に相当する。図31及び図32それぞれにXYZ直交座標系を記している。

【0124】

図31に示すように、実施の形態1の活性ガス生成装置71が備える電極ユニット50（51～53）において、複数のガス噴出口69は、複数の部分活性ガス間で衝突が生じないように、下方に向かうに従い互いに遠ざかる態様で設けられている。

【0125】

しかし、活性ガス用バッファ空間68の空間圧力 p_0 と後段の処理空間の空間圧力 p_1 とが大きく異なる場合、例えば、 $\{(p_1/p_0) < 0.5\}$ となる場合、複数のガス噴出口69から噴出される複数の部分活性ガスは、図31のガスの流れFGXに示すように、チョーク流れと呼ばれる1方向のみの流れとなり、複数の部分活性ガスはそれぞれ拡散することなく直線に進む。

【0126】

実施の形態1の活性ガス生成装置71は、後段の処理空間に均一な活性ガスG 2を供給するために、電極ユニット50単位に複数のガス噴出口69を設け、さらに、比較的広い領域を有する処理空間に対し活性ガスG 2を供給するために、電極ユニット50を電極ユニット51～53として複数設ける構造を採用している。

【0127】

しかしながら、各電極ユニット50から噴出される複数の部分活性ガスはそれぞれ、図31で示す直線状のガスの流れFGXで処理空間に供給されており、図32で示す多方向に拡散したガスの流れFGYになっていない。

【0128】

このように、電極ユニット50の複数のガス噴出口69それぞれから噴出される部分活性ガスは基本的に1つの方向性のみ有している。このため、実施の形態1の活性ガス生成装置71は、処理空間に均一な活性ガスG 2を供給できていないという課題を有している。

【0129】

以下で述べる実施の形態2の活性ガス生成装置75では、均一な活性ガスG 2を供給することを目的としている。

【0130】

（実施の形態2の構造）

図33は実施の形態2の活性ガス生成装置75における電極ユニット55の断面構造を示す説明図である。同図にXYZ直交座標系を記している。

【0131】

活性ガス生成装置75の全体構成は図1で示した活性ガス生成装置71と同様な構成である。したがって、図33で示す電極ユニット55は、図1で示す全体構成の活性ガス生成装置75における電極ユニット51～53のいずれかに対応する。

【0132】

10

20

30

40

50

すなわち、実施の形態 2 の活性ガス生成装置 7 5 は、実施の形態 1 の活性ガス生成装置 7 1 と同様、複数の電極ユニットとして電極ユニット 5 1 ～ 5 3 と、筐体内空間 S 1（図 8 参照）に電極ユニット 5 1 ～ 5 3 を収容し、導電性を有する筐体 1 とを備えている。

【0133】

実施の形態 2 の電極ユニット 5 5 は、実施の形態 1 の電極ユニット 5 0 の接地導体 6 を接地導体 6 0 に置き換えたことを特徴としている。

【0134】

以下、実施の形態 1 の電極ユニット 5 0 と同一の構成部分は同一符号を付して、実施の形態 2 の電極ユニット 5 5 の特徴部分を中心に説明する。

【0135】

図 3 3 に示すように、電極ユニット 5 5 は、接地側誘電体膜 3 を含む接地側電極構成部 E 2 の下方に設けられ、導体収容空間 6 S 内に収容される基準電位導体である接地導体 6 0 を備えている。接地導体 6 0 は金属等の導電体を構成材料としている。

【0136】

実施の形態 2 の電極ユニット 5 5 は、接地導体 6 0 が導体収容空間 6 S 内に配置される態様で筐体 1 の筐体内空間 S 1 内に収容される。外部により供給される原料ガス G 1 は、筐体底部 1 a 内に設けられたガス流路 2 1 を介して導体収容空間 6 S 内に配置された接地導体 6 0 の下面及び側面に設けられる原料ガス用流通空間に供給される。

【0137】

（接地導体 6 0）

図 3 4 及び図 3 5 はそれぞれ接地導体 6 0 の構造を模式的に示す説明図である。図 3 4 は接地導体 6 0 の平面構造を示しており、図 3 5 は接地導体 6 0 の断面構造を示している。図 3 4 及び図 3 5 それぞれに X Y Z 直交座標系を記している。

【0138】

基準電位導体である接地導体 6 0 は、上部に非貫通の活性ガス用バッファ空間 6 8 を有し、接地側誘電体膜 3 を含む接地側電極構成部 E 2 は活性ガス用バッファ空間 6 8 を塞いで配置される。したがって、活性ガス用バッファ空間 6 8 外において、導電膜 7 の下面と接地導体 6 0 の上面とが接触関係を有する。

【0139】

実施の形態 1 と同様、筐体 1 は基準電位である接地電位に設定される。したがって、筐体 1 及び接地導体 6 0 を介して導電膜 7 が接地電位に設定される。

【0140】

筐体 1 の導体収容空間 6 S 内に収容される接地導体 6 0 は、図 3 4 に示すように、平面視して円状を呈しており、底面の端部領域に原料ガスバッファ空間 6 1 及びスリット空間 6 2 を有している。

【0141】

実施の形態 1 の接地導体 6 に対するのと同様、接地導体 6 0 に対し、原料ガスバッファ空間 6 1、複数のスリット空間 6 2 及び側面空間 6 3 を含む原料ガス用流通空間が設けられる。

【0142】

したがって、外部からガス流路 2 1 に供給される原料ガス G 1 は、原料ガスバッファ空間 6 1、スリット空間 6 2 及び側面空間 6 3 を経由して、放電空間 4 に導かれる。

【0143】

このため、実施の形態 2 の活性ガス生成装置 7 5 は、実施の形態 1 の活性ガス生成装置 7 1 と同様、放電空間 4 へ原料ガス G 1 を空間的に均一に供給することができる。

【0144】

図 3 4 及び図 3 5 に示すように、接地導体 6 0 の上部に設けられる活性ガス用バッファ空間 6 8 は平面視して円状を呈しており、活性ガス用バッファ空間 6 8 の底面 6 5 の周辺に複数のガス噴出口 7 0 が設けられる。

【0145】

10

20

30

40

50

複数のガス噴出口 7 0 は、実施の形態 1 の複数のガス噴出口 6 9 と同様、平面視してカバー誘電体膜 8 と重複し、かつ、平面視して誘電体貫通口 3 h 及びカバー貫通口 8 h とは重複しない。

【0146】

図 3 3 ～図 3 5 に示すように、活性ガス用バッファ空間 6 8 の底面 6 5 の周辺に接地導体 6 0 を貫通して複数のガス噴出口 7 0 が設けられる。すなわち、平面視してシールド誘電体膜 9 の周辺領域に複数のガス噴出口 7 0 が設けられる。

【0147】

誘電体バリア放電が発生している放電空間 4 に原料ガス G 1 が供給されると、原料ガス G 1 は活性化され活性ガス G 2 となり、誘電体貫通口 3 h 及びカバー貫通口 8 h を通過して活性ガス用バッファ空間 6 8 に導入される。活性ガス用バッファ空間 6 8 内に入った活性ガス G 2 は、活性ガス用バッファ空間 6 8 の底面に設けられた複数のガス噴出口 7 0 を通過して後段の処理空間に供給される。

10

【0148】

実施の形態 2 の活性ガス生成装置 7 5 において、補助放電空間 4 4 から複数のガス噴出口 7 0 それぞれに至る経路が活性ガス流通経路として規定される。

【0149】

実施の形態 2 の活性ガス生成装置 7 5 において、放電空間 4 の一部である補助放電空間 4 4 は誘電体貫通口 3 h とカバー貫通口 8 h と活性ガス用バッファ空間 6 8 の一部を含んでいるため、補助放電空間 4 4 から複数のガス噴出口 7 0 に至る活性ガス流通経路を必要最小限の体積に抑えて活性ガス G 2 の失活量を抑制することができる。

20

【0150】

さらに、電極ユニット 5 5 の接地側電極構成部 E 2 におけるカバー誘電体膜 8 は、活性ガス用バッファ空間 6 8 内において導電膜 7 の電極境界線である導電膜内側境界 7 e を覆い、かつ、平面視して複数のガス噴出口 7 0 と重複しているため、活性ガス G 2 が導電膜 7 に衝突することに伴い活性ガス G 2 が消失する表面失活現象を抑制することができる。

【0151】

その結果、実施の形態 2 の活性ガス生成装置 7 5 は、実施の形態 1 と同様、高濃度な活性ガス G 2 を複数のガス噴出口 7 0 から後段の処理空間に供給することができる。

【0152】

30

筐体 1 の筐体底部 1 a は、活性ガス用バッファ空間 6 8 と平面視して重複する領域に筐体開口部 4 1 を有し、複数のガス噴出口 7 0 から噴出される活性ガス G 2 は、筐体開口部 4 1 を介して下方の処理空間に導かれる。

【0153】

実施の形態 2 の活性ガス生成装置 7 5 において、筐体 1 の筐体底部 1 a に設けられる筐体開口部 4 1 は下方に向かうに従い開口面積が広がるテーパ形状を有している。

【0154】

このため、実施の形態 2 の活性ガス生成装置 7 5 は、実施の形態 1 と同様、複数のガス噴出口 7 0 から噴出される活性ガス G 2 が筐体底部 1 a に衝突することによる損失を抑制し、比較的高濃度な活性ガス G 2 を下方の処理空間に供給することができる。

40

【0155】

(複数のガス噴出口 7 0)

実施の形態 2 の電極ユニット 5 5 で設けられる複数のガス噴出口 7 0 から噴出される活性ガス G 2 が、下方に存在する後段の処理空間に供給される。ここで、複数のガス噴出口 7 0 から噴出される活性ガスを複数の部分活性ガスとして規定する。

【0156】

実施の形態 2 の電極ユニット 5 5 において、複数のガス噴出口 7 0 から噴出された複数の部分活性ガスは筐体開口部 4 1 を介して下方に導かれる。

【0157】

図 3 6 及び図 3 7 は複数のガス噴出口 7 0 の断面構造を模式的に示す説明図であり、図

50

36及び図37はそれぞれ図34のD-D断面構造に相当する。図36及び図37それぞれにXYZ直交座標系を記している。

【0158】

図36及び図37に示すように、筐体開口部41は、高さ方向（Z方向）における開口面積が一定の上方領域41aと、下方に向かうに従い開口面積が広がるテーパ形状のテーパ領域である下方テーパ領域41tとを含んでいる。筐体開口部41において、下方テーパ領域41tは上方領域41aより下方に設けられるテーパ領域となる。

【0159】

図37では、上方領域41aと下方テーパ領域41tとの境界線の中心位置から少し低い座標位置を衝突点P80として示している。衝突点P80は後述する衝突領域80内に存在し、衝突領域80の中心となる。

10

【0160】

実施の形態1の電極ユニット55において、複数のガス噴出口70は、複数の部分活性ガスが衝突点P80で衝突するように、下方に向かうに従い互いに接近する態様で設けられる。

【0161】

以下、複数のガス噴出口70の構造について詳述する。図36及び図37では2つのガス噴出口70を図示しているが、図34に示すように、複数のガス噴出口70の個数が“3”以上設けられている。

【0162】

以下では、図36及び図37それぞれで図示される2つのガス噴出口70のうち、図中右側（+X方向側）のガス噴出口70をガス噴出口70（1）と標記し、図中左側（-X方向側）のガス噴出口70をガス噴出口70（2）と標記する。

20

【0163】

前述したように、複数のガス噴出口70は平面視して円状に互いに離散して配置されている。以下、複数のガス噴出口70の中心を結ぶ円状の仮想線を「仮想ガス噴出口円」と称する。

【0164】

ガス噴出口70（1）及び70（2）は、上記仮想ガス噴出口円において直径方向に対向する1対のガス噴出口70、70に相当する。ここで、ガス噴出口70（1）から噴出される部分活性ガスを部分活性ガスg2（1）と標記し、ガス噴出口70（2）から噴出される部分活性ガスを部分活性ガスg2（2）と標記する。

30

【0165】

ガス噴出口70（1）は基準方向である水平方向（X方向）に対し“0”を超え、90°未満の一定の噴出口傾斜度A71を有している。噴出口傾斜度A71はガス噴出口70（1）から噴出される部分活性ガスg2（1）が衝突点P80に向かう方向に設定される。

【0166】

ガス噴出口70（2）はガス噴出口70（1）と同様、水平方向に対し“0”を超え、90°未満の一定の噴出口傾斜度A72を有している。噴出口傾斜度A72はガス噴出口70（2）から噴出される部分活性ガスg2（2）が衝突点P80に向かう方向に設定される。

40

【0167】

噴出口傾斜度A71及びA72は互いに同一角度であり、例えば、45°に設定される。

【0168】

ガス噴出口70（1）及び70（2）が設けられる、活性ガス用バッファ空間68下の接地導体60の残存膜厚T6は例えば3mmに設定される。最上部におけるガス噴出口70（1）及び70（2）の中心位置間の形成間隔R70は例えば16.4mmに設定される。形成間隔R70は仮想ガス噴出口円の直径φの長さに一致する。

【0169】

一方、筐体開口部41のZ方向に沿った全体深さDTAは例えば18.5mmに設定さ

50

れ、筐体開口部 4 1 のうち上方領域 4 1 a の Z 方向に沿った上方深さ D T 1 は例えば 5 . 0 mm に設定される。

【 0 1 7 0 】

また、筐体開口部 4 1 のテーパ領域となる下方テーパ領域 4 1 t の側面はテーパ傾斜度 A 4 1 に沿って円錐状に広がっている。テーパ傾斜度 A 4 1 は例えば 4 5 ° に設定される。

【 0 1 7 1 】

上述した構造の接地導体 6 0 において、ガス噴出口 7 0 (1) 及び 7 0 (2) から部分活性ガス g 2 (1) 及び g 2 (2) が噴出されると、部分活性ガス g 2 (1) と部分活性ガス g 2 (2) とは衝突点 P 8 0 で衝突する。図 3 7 に示すように、衝突点 P 8 0 の接地導体 6 0 の表面からの形成深さが衝突深さ D T X となる。

10

【 0 1 7 2 】

なお、ガス噴出口 7 0 の総数が “ 3 ” 以上であっても、各ガス噴出口 7 0 が形成間隔 R 7 0 を直径とした仮想ガス噴出口円に沿って配置され、かつ、衝突点 P 8 0 に向かう方向に同一値となる噴出口傾斜度 A 7 0 を設定することにより、同一の衝突点 P 8 0 で 3 以上の複数の部分活性ガスを衝突させることができる。なお、噴出口傾斜度 A 7 0 は噴出口傾斜度 A 7 1 及び A 7 2 等の総称である。

【 0 1 7 3 】

上述した噴出口傾斜度 A 7 1 及び A 7 2 、形成間隔 R 7 0 、残存膜厚 T 6 、及び上方深さ D T 1 の設定例では、衝突点 P 8 0 の衝突深さ D T X は 5 . 2 mm となる。

20

【 0 1 7 4 】

ガス噴出口 7 0 (1) 及び 7 0 (2) の口径等を考慮すると、複数の部分活性ガスは衝突点 P 8 0 を中心として拡がりをもつ衝突領域 8 0 にて衝突すると考えられる。したがって、上述した例では、下方テーパ領域 4 1 t の上部領域から上方領域 4 1 a の下部領域にかけて衝突領域 8 0 が形成されることになる。すなわち、衝突領域 8 0 は下方テーパ領域 4 1 t 内または下方テーパ領域 4 1 t より上方の上方領域 4 1 a 内に存在する。

【 0 1 7 5 】

(活性ガス G 2 の噴出形態)

図 3 8 ~ 図 4 1 はそれぞれ実施の形態 2 の電極ユニット 5 5 の筐体開口部 4 1 内における活性ガス G 2 の噴出形態を模式的に示す説明図である。図 3 8 ~ 図 4 1 はそれぞれ図 3 4 の D - D 断面の一部に相当する。図 3 8 ~ 図 4 1 それぞれに X Y Z 直交座標系を記している。

30

【 0 1 7 6 】

以下、ガス噴出口 7 0 (1) から噴出される部分活性ガス g 2 (1) の噴出方向を部分活性ガス噴出方向 V 7 (1) と規定し、ガス噴出口 7 0 (2) から噴出される部分活性ガス g 2 (2) の噴出方向を部分活性ガス噴出方向 V 7 (2) と規定する。

【 0 1 7 7 】

図 3 8 に示すように、部分活性ガス g 2 (1) は衝突点 P 8 0 に達するように部分活性ガス噴出方向 V 7 (1) に沿って噴出され、部分活性ガス g 2 (2) は衝突点 P 8 0 に達するように部分活性ガス噴出方向 V 7 (2) に沿って噴出される。

40

【 0 1 7 8 】

すなわち、部分活性ガス g 2 (1) の流れの向きは部分活性ガス噴出方向 V 7 (1) の 1 方向のみであり、部分活性ガス g 2 (2) の流れの向きは部分活性ガス噴出方向 V 7 (2) の 1 方向のみとなっている。

【 0 1 7 9 】

その後、図 3 9 に示すように、衝突点 P 8 0 を含む衝突領域 8 0 にて部分活性ガス g 2 (1) と部分活性ガス g 2 (2) とが衝突して、部分活性ガス g 2 (1) 及び g 2 (2) は複数の拡散方向 D K に拡散する。

【 0 1 8 0 】

すなわち、部分活性ガス g 2 (1) の流れの向きが 1 つの部分活性ガス噴出方向 V 7 (

50

1) から複数の拡散方向 D K に分散し、部分活性ガス g 2 (2) の流れの向きが 1 つの部分活性ガス噴出方向 V 7 (2) から複数の拡散方向 D K に分散する。このように、衝突領域 8 0 において複数の部分活性ガスそれぞれ流れの向きが 1 方向から複数の拡散方向に分散する。

【0181】

そして、図 4 0 に示すように、複数の部分活性ガスの中間供給方向 D R 1 は、下方テーパー領域 4 1 t の側面の影響を受け、テーパー傾斜度 A 4 1 に近づくように規制される。

【0182】

このように、衝突領域 8 0 は下方テーパー領域 4 1 t 及び下方テーパー領域 4 1 t より上方の上方領域 4 1 a に存在するため、各々が拡散した複数の部分活性ガスが下方に向かうに従い、下方テーパー領域 4 1 t の側面のテーパー形状に沿った方向に流れる。

10

【0183】

その後、図 4 1 に示すように、複数の部分活性ガスはテーパー傾斜度 A 4 1 に沿った拡がりの最終供給方向 D R 2 に沿って下方に位置する後段の処理空間に供給される。

【0184】

(効果)

このような構造の実施の形態 2 の活性ガス生成装置 7 5 は、実施の形態 1 と同様な効果を有し、さらに、以下の実施の形態 2 に固有の効果を奏する。

【0185】

実施の形態 2 の活性ガス生成装置 7 5 は上述した接地導体 6 0 を有する電極ユニット 5 5 を筐体 1 の筐体内空間 1 S 内に收容している。実施の形態 2 の電極ユニット 5 5 の接地導体 6 0 に設けられる複数のガス噴出口 7 0 は、複数の部分活性ガスが衝突点 P 8 0 を含む衝突領域 8 0 にて衝突するように、下方に向かうに従い互いに接近する態様で設けられ、かつ、衝突領域 8 0 は下方テーパー領域 4 1 t 内または下方テーパー領域 4 1 t より上方に存在する。

20

【0186】

このため、図 3 9 に示すように、衝突領域 8 0 にて複数の部分活性ガスが衝突することにより、複数の部分活性ガスそれぞれの流れの向きが 1 方向から複数の拡散方向 D K に分散する。

【0187】

衝突領域 8 0 は下方テーパー領域 4 1 t 内または下方テーパー領域 4 1 t より上方に存在する。このため、各々が拡散した複数の部分活性ガスが下方に向かうに従い、下方テーパー領域 4 1 t の側面のテーパー形状に沿った方向、すなわち、図 4 0 で示す中間供給方向 D R 1 に流れる。

30

【0188】

その後、複数の部分活性ガスを含む活性ガス G 2 は、下方テーパー領域 4 1 t から下方の処理空間に向けて、下方テーパー領域 4 1 t の側面のテーパー形状に沿った方向、すなわち、図 4 1 で示す最終供給方向 D R 2 に沿って拡散しつつ流れる。

【0189】

このように、複数のガス噴出口 7 0 から噴出された複数の部分活性ガスは、図 3 8 ~ 図 4 1 で示したように筐体開口部 4 1 内を流れる。

40

【0190】

その結果、活性ガス用バッファ空間 6 8 の空間圧力 p 0 と後段の処理空間の空間圧力 p 1 とが大きく異なっても、実施の形態 1 の活性ガス生成装置 7 5 は、均一な活性ガス G 2 を後段の処理空間に供給することができる。

【0191】

実施の形態 2 の電極ユニット 5 5 に設けた複数のガス噴出口 7 0 はそれぞれ下方に向かうに従い衝突点 P 8 0 を含む衝突領域 8 0 に近づく方向に傾いて形成され、複数のガス噴出口 7 0 それぞれの基準方向となる水平方向に対する形成傾きである噴出口傾斜度 A 7 0 は同一値に設定される。

50

【0192】

このため、ガス噴出口70の個数が“3”以上であっても、複数のガス噴出口70から噴出される複数の部分活性ガスを同一の衝突領域80内で衝突させることができる。

【0193】

その結果、実施の形態2の活性ガス生成装置75は、1つの衝突領域80にて複数の部分活性ガスをそれぞれ複数の拡散方向に分散させることにより、より均一な活性ガスG2を後段の処理空間に向けて供給することができる。

【0194】

さらに、実施の形態2の活性ガス生成装置75は、図1に示すように、電極ユニット55を電極ユニット51～53として複数設ける構造を採用している。

10

【0195】

このため、実施の形態2の活性ガス生成装置75は、各々が電極ユニット55と同様な構造を有する複数の電極ユニット51～53それぞれから複数の部分活性ガスを噴出させることにより、比較的広い領域を有する後段の処理空間に対し均一に活性ガスG2を供給することができる。

【0196】

<実施の形態3>

(基本態様)

図42は実施の形態3の活性ガス生成装置に用いられる電極ユニット81の基本態様を模式的に示す説明図である。実施の形態3の活性ガス生成装置は放電空間4に供給された原料ガスG1を活性化して活性ガスG2を生成する電極ユニット81を有している。

20

【0197】

同図に示すように、電極ユニット81は、第1の電極構成部となる高圧側電極構成部E11と、高圧側電極構成部E11の下方に設けられる第2の電極構成部となる接地側電極構成部E20とを備えている。

【0198】

第1の電極構成部である高圧側電極構成部E11は、第1の電極用誘電体膜である誘電体膜F2と誘電体膜F2の上面上に設けられる第1の電極用導電膜である高圧電極F5とを含んでいる。

【0199】

第2の電極構成部である接地側電極構成部E20は、第2の電極用誘電体膜である誘電体膜F3と誘電体膜F3の下面上に設けられる第2の電極用導電膜である接地電極F6とを含んでいる。

30

【0200】

実施の形態3の電極ユニット81は、誘電体膜F2の下面上に密着して隙間無く誘電体保護部材である誘電体保護膜FC2が設けられる構造を特徴としている。すなわち、実施の形態3の電極ユニット81における高圧側電極構成部E11は、誘電体膜F2、高圧電極F5及び誘電体保護膜FC2を含んで構成される。

【0201】

誘電体保護膜FC2を介して、誘電体膜F2と誘電体膜F3との間に誘電体空間18が形成される。具体的には、誘電体保護膜FC2と誘電体膜F3とが対向する空間が誘電体空間18となる。放電空間4は、誘電体空間18内において高圧電極F5と接地電極F6とが平面視して重複する領域である主要放電空間を含んでいる。

40

【0202】

このように、実施の形態3の電極ユニット81では、誘電体膜F2及び誘電体膜F3のうち、誘電体膜F2が保護対象誘電体膜となり、保護対象誘電体膜となる誘電体膜F2に対し誘電体空間18側に誘電体保護膜FC2が設けられる。

【0203】

誘電体保護膜FC2の構成材料は、放電空間4における誘電体バリア放電の発生時ににおいて、誘電体バリア放電によって生じるイオンの保護対象誘電体膜となる誘電体膜F2へ

50

の照射を遮断し、かつ、イオンと化学反応しない保護特性を有している。

【0204】

誘電体保護膜 F C 2 の構成材料として例えば半絶縁性を有する炭化ケイ素が考えられる。ここで、半絶縁性とは $1 \times 10^5 \Omega \text{ cm}$ 以上、絶縁耐力 1 kV/mm 以上を有することを意味する。

【0205】

誘電体保護膜 F C 2 は上述した半絶縁性を有するため、放電空間 4 で発生する誘電体バリア放電に寄与することができる。この点は、後述する実施の形態 4 ～実施の形態 8 における誘電体保護膜 F C 3 ～ F C 5 についても同様である。

【0206】

電極ユニット 8 1 は、高圧側電極構成部 E 1 1 の高圧電極 F 5 と接地側電極構成部 E 2 0 の接地電極 F 6 との間に印加電圧として交流電圧を印加する交流電源 1 5 をさらに備えている。具体的には高圧電極 F 5 に交流電圧が印加され、接地電極 F 6 は基準電位である接地電位に設定される。

【0207】

実施の形態 3 の基本態様である電極ユニット 8 1 は、交流電源 1 5 から印加電圧の印加時に放電空間 4 に誘電体バリア放電が発生する。

【0208】

図 4 2 で示す基本態様の電極ユニット 8 1 では、原料ガス G 1 の放電空間 4 への供給形態、活性ガス G 2 の噴出形態は特に限定していない。例えば、図 4 2 において、図中左側から原料ガス G 1 を供給し、図中右側から活性ガス G 2 を噴出するようにしても良い。

【0209】

基本態様となる電極ユニット 8 1 を有する実施の形態 3 の活性ガス生成装置において、放電空間 4 を含む誘電体空間 1 8 と保護対象誘電体膜となる誘電体膜 F 2 との間に上述した保護特性を有する誘電体保護部材である誘電体保護膜 F C 2 が存在している。このため、放電空間 4 における誘電体バリア放電の発生時に誘電体膜 F 2 がイオンと反応する誘電体膜反応現象を抑制することができる。

【0210】

その結果、実施の形態 3 の基本態様となる活性ガス生成装置は、誘電体膜反応現象に伴う誘電体膜 F 2 の元素等の放電空間 4 内への混入を確実に回避することにより、高純度の活性ガス G 2 を生成することができる。

【0211】

加えて、電極ユニット 8 1 は、誘電体膜 F 2 及び F 3 の構成材料を従前から変更する必要はなく、誘電体保護膜 F C 2 を追加するのみで構成することができるため、電極ユニット 8 1 の製造工程が複雑化することはない。

【0212】

実施の形態 3 の基本態様の活性ガス生成装置において、誘電体保護膜 F C 2 は保護対象誘電体膜となる誘電体膜 F 2 の下面上に密着して隙間なく設けられるため、誘電体膜 F 2 と誘電体膜 F 3 との間において、放電空間 4 以外に放電現象が発生する空間を生じさせるとなく精度良く活性ガス G 2 を得ることができる。

【0213】

電極ユニット 8 1 の高圧側電極構成部 E 1 1 は誘電体保護膜 F C 2 を含んでいる。この電極ユニット 8 1 を有する実施の形態 3 の基本態様の活性ガス生成装置は、高圧電極 F 5 及び接地電極 F 6 間に交流電源 1 5 より印加電圧として交流電圧を印加することにより、誘電体空間 1 8 内の放電空間 4 に供給された原料ガス G 1 を活性化して活性ガス G 2 を生成することができる。

【0214】

(第 2 の態様)

図 4 3 は実施の形態 3 の第 2 の態様の活性ガス生成装置に用いられる電極ユニット 8 1 0 の概念を示す説明図である。同図に X Y Z 直交座標系を記している。

10

20

30

40

50

【0215】

図43で示す電極ユニット810は、図42で示した基本態様の電極ユニット81を、実施の形態2の電極ユニット55に適用した概念構造である。電極ユニット810において、誘電体膜F2として高圧側誘電体膜2が用いられ、誘電体膜F3として接地側誘電体膜3が用いられ、高圧電極F5として給電体5が用いられている。なお、接地電極F6として図示しない導電膜7（図20，図21）が用いられる。

【0216】

同図に示すように、第2の態様の概念を示す電極ユニット810では、高圧側誘電体膜2の下面上に誘電体保護膜FC2を密着して設けている。電極ユニット810では誘電体保護膜FC2の形成方法は問わない。電極ユニット810を実使用構造で実現したのが以下で述べる電極ユニット811である。

10

【0217】

図44は実施の形態3の第2の態様となる活性ガス生成装置に用いられる電極ユニット811の断面構造を示す説明図である。同図にXYZ直交座標系を記している。

【0218】

図44で示す電極ユニット811は、図42で示した基本態様の電極ユニット81を、実施の形態2の電極ユニット55に適用した実使用構造である。電極ユニット811において、誘電体膜F2として高圧側誘電体膜2が用いられ、誘電体膜F3として接地側誘電体膜3が用いられ、高圧電極F5として給電体5が用いられている。なお、接地電極F6として図示しない導電膜7（図20，図21）が用いられる。

20

【0219】

このように実施の形態3の第2の態様における実使用構造の活性ガス生成装置は電極ユニット811を有する活性ガス生成装置となる。

【0220】

実施の形態3の活性ガス生成装置の第2の態様の全体構成は図1で示した活性ガス生成装置71と同様な構成である。したがって、図44で示す電極ユニット811は、図1で示す全体構成の活性ガス生成装置75における電極ユニット51～53のいずれかに対応する。

【0221】

すなわち、実施の形態3の活性ガス生成装置における第2の態様は、実施の形態1の活性ガス生成装置71と同様、複数の電極ユニットとして電極ユニット51～53と、筐体内空間S1（図8参照）に電極ユニット51～53を収容し、導電性を有する筐体1とを備えている。

30

【0222】

以下、実施の形態1の電極ユニット50（51～53）と同様な構造、または、実施の形態2の電極ユニット55と同様な構造は、同一符号を付して説明を適宜省略し、電極ユニット811の特徴部分を中心に説明する。

【0223】

図44に示すように、電極ユニット811は、実施の形態1の電極ユニット50（51～53）と同様、高圧側誘電体膜2の下面は凹部底面26と、凹部底面の周辺に設けられる凸部底面23とを有している。凸部底面23は凹部底面26より+Z方向に沿った高さ方向における形成位置が高く設定されている。凹部底面26上に誘電体保護膜FC2が設けられ、凸部底面23上には誘電体保護膜FC2が設けられていない。

40

【0224】

電極ユニット811は、高圧側誘電体膜2の凸部底面23を下方から支持する誘電体支持面となる支持面10Fを有する誘電体膜支持部材10Bを備えている。

【0225】

図45は誘電体膜支持部材10Bの平面構造を模式的に示す説明図である。同図にXYZ直交座標系を記している。なお、図45では後述する溝部16及びOリング17の図示を省略している。

50

【0226】

図45に示すように、誘電体膜支持部材10Bは平面視して中央に中央開口部100を有する円状を呈している。中央開口部100の周辺に段差部103と段差部102と周辺部上面101とからなる段差構造が円環状に設けられる。段差部103の上面が固定補助面10XFとなり、段差部102の上面が支持面10Fとなる。段差部103(10XF)の外周側に段差部102(支持面10F)が位置し、段差部102の外周側の周辺部上面101に複数の貫通口10hが離散して円状に設けられる。

【0227】

固定補助面10XFは中央開口部100の外周に沿って円環状に設けられ、支持面10Fは固定補助面10XFの外周に沿って円環状に設けられる。

10

【0228】

一方、実施の形態1において図9及び図10を参照して説明したように、高圧側誘電体膜2は平面視して円状の凹部底面26と、凹部底面26の周辺の底面が平面視して円環状の凸部底面23とを有している。

【0229】

図44及び図45に示すように、誘電体膜支持部材10Bは、高圧側誘電体膜2の凹部底面26上に設けられた誘電体保護膜FC2の周辺領域の下方に配置される保護部材固定補助面となる固定補助面10XFをさらに有している。

【0230】

電極ユニット811は、電極ユニット50及び55と同様、第1の電極用誘電体膜である高圧側誘電体膜2を上方から抑圧する誘電体膜抑圧部材11を備えており、誘電体膜抑圧部材11は平面視して給電体5と重複していない。

20

【0231】

誘電体膜支持部材10Bにおいて、保護部材固定補助面となる固定補助面10XFと誘電体保護膜FC2の下面との間に弾性部材として機能するリング17が挿入されている。リング17の弾性力によって高圧側誘電体膜2の凹部底面26と誘電体保護膜FC2の上面とが密着状態に設定される。以下、この点について詳述する。

【0232】

誘電体膜支持部材10Bは、固定補助面10XF内に平面視して円環状に設けられた溝部16を有している。そして、溝部16内に平面視して円環状のリング17が設けられる。このように、電極ユニット811は溝部16を有する誘電体膜支持部材10Bとリング17とを含んでいる。

30

【0233】

溝部16に設けられるリング17は、通常はガス等の流体を密封するシール材として用いられる。電極ユニット811ではリング17を弾性部材として用いている。具体的には、リング17が変形した際に生じる弾性力を利用している。

【0234】

図44において、リング17は、誘電体膜支持部材10Bと高圧側誘電体膜2との間において、誘電体保護膜FC2を介して挟まれることによって変形する。弾性部材として機能するリング17の弾性力により、誘電体保護膜FC2の上面は高圧側誘電体膜2の下面に対して密着する。

40

【0235】

実施の形態3の第2の態様で用いられる電極ユニット811は、基本態様と同様、誘電体膜反応現象に伴う誘電体膜F2の元素等の放電空間4内への混入を確実に回避することにより、高純度の活性ガスG2を生成することができる。

【0236】

加えて、電極ユニット811は、高圧側誘電体膜2及び接地側誘電体膜3の構成材料を従前から変更する必要はなく、電極ユニット55からの主な変更点は、誘電体膜支持部材10から誘電体膜支持部材10Bへの改良、及び誘電体保護膜FC2の追加程度となる。このため、電極ユニット811の製造工程が複雑化することはない。

50

【0237】

例えば、電極ユニット55の構造で、誘電体保護膜FC2を設けることなく、高圧側誘電体膜2の構成材料として上記保護特性を有する構成材料を用いた場合を考える。ここで、上記保護特性を有する構成材料を用いた高圧側誘電体膜2を「高圧側誘電体膜2X」とする。高圧側誘電体膜2Xは給電体配置用凹部28、凸部底面23及び凹部底面26を有する比較的複雑な構造を呈しているため、上記保護特性を有する構成材料の加工性が悪い場合、高圧側誘電体膜2Xを得るための加工処理は比較的複雑な加工処理となる。

【0238】

一方、電極ユニット811における誘電体保護膜FC2は比較的単純な平板構造であり、誘電体保護膜FC2をリング17を介して誘電体膜支持部材10Bの固定補助面10XF上に配置する比較的簡単な製造工程が追加されるにすぎない。したがって、電極ユニット811の製造工程は複雑化することはない。

10

【0239】

また、電極ユニット811では貫通口が設けられていない高圧側誘電体膜2の下面上に誘電体保護膜FC2を設けているため、誘電体保護膜FC2によって、放電空間4における誘電体バリア放電から高圧側誘電体膜2を完全に保護することができる。

【0240】

このような電極ユニット811を有する実施の形態3の活性ガス生成装置の第2の態様は、電極ユニット81を有する活性ガス生成装置の基本態様と同様な効果を奏し、以下の固有の効果をさらに奏する。

20

【0241】

実施の形態3の活性ガス生成装置の第2の態様において、電極ユニット811の誘電体膜支持部材10Bは、誘電体支持面となる支持面10Fにて接地側誘電体膜3の凸部底面23を下方から支持している。さらに、弾性部材として機能するリング17の弾性力によって高圧側誘電体膜2の凹部底面26と誘電体保護膜FC2の上面とが密着状態に設定される。

【0242】

したがって、実施の形態3の活性ガス生成装置の第2の態様は、誘電体膜支持部材10B及びリング17を設けるという比較的簡単な構造で、高圧側誘電体膜2と密着する誘電体保護膜FC2を安定性良く固定することができる。

30

【0243】

加えて、実施の形態3の活性ガス生成装置の第2の態様は、リング17の弾性力を利用することにより、比較的簡単な構造で、高圧側誘電体膜2の凹部底面26と誘電体保護膜FC2の上面との密着精度の向上を図ることができる。

【0244】

さらに、図44及び図45で示した電極ユニット811を有する実施の形態3の活性ガス生成装置の第2の態様において、複数のガス噴出口70は、実施の形態2の電極ユニット55と同様の特徴を有している。すなわち、複数のガス噴出口70は、複数の部分活性ガスが衝突領域80にて衝突するように、下方に向かうに従い互いに接近する態様で設けられ、かつ、衝突領域80は下方テーパ領域41t（図36及び図37参照）内または下方テーパ領域41tより上方に存在する。

40

【0245】

このため、実施の形態3の活性ガス生成装置における第2の態様は、実施の形態2の活性ガス生成装置と同様、均一な活性ガスG2を後段の処理空間に供給することができる。

【0246】

実施の形態3では、電極ユニット810を実現する実構造の一例としてリング17を用いた電極ユニット811を示したが、他の構造で電極ユニット810を実現しても良い。例えば、以下で述べる第1及び第2の変形例が考えられる。

【0247】

第1の変形例として、誘電体膜支持部材10Bの固定補助面10XFと誘電体保護膜F

50

C 2との間に、リング 17に替えて一般的なスプリングばねで密着させる構造が考えられる。

【0248】

第2の変形例として、誘電体保護膜 F C 2の端部に鉄などの磁性体を構成材料として磁性薄膜領域を設け、誘電体保護膜 F C 2の磁性薄膜領域の上方に設けられた磁石の磁力で磁性薄膜領域を引きつけて誘電体保護膜 F C 2を保持する構造が考えられる。磁性薄膜領域はスパッタ法等を用いて成膜することができる。第2の変形例を実現すべく、図44で示した電極ユニット811の誘電体膜抑圧部材11や押圧部材12において、固定補助面10XFと平面視して重複領域に磁石を設ける等の態様が考えられる。

【0249】

また、磁性薄膜領域は、放電空間4に面する側でも面しない側のいずれに設けてもよいが、誘電体バリア放電で生じたイオン・電子類が衝突しない位置に設けることが望ましい。

【0250】

＜実施の形態4＞

図46は実施の形態4の活性ガス生成装置に用いられる電極ユニット82の基本態様を模式的に示す説明図である。実施の形態4の活性ガス生成装置は放電空間4に供給された原料ガスG1を活性化して活性ガスG2を生成する電極ユニット82を有している。

【0251】

同図に示すように、電極ユニット82は、第1の電極構成部となる高圧側電極構成部E10と、高圧側電極構成部E10の下方に設けられる第2の電極構成部となる接地側電極構成部E21とを備えている。

【0252】

第1の電極構成部である高圧側電極構成部E10は、第1の電極用誘電体膜である誘電体膜F2と誘電体膜F2の上面上に設けられる第1の電極用導電膜である高圧電極F5とを含んでいる。

【0253】

第2の電極構成部である接地側電極構成部E21は、第2の電極用誘電体膜である誘電体膜F3と誘電体膜F3の下面上に設けられる第2の電極用導電膜である接地電極F6とを含んでいる。

【0254】

実施の形態4の電極ユニット82は、誘電体膜F3の上面上に密着して隙間無く誘電体保護部材である誘電体保護膜F C 3が設けられる構造を特徴としている。すなわち、実施の形態4の電極ユニット82における接地側電極構成部E21は、誘電体膜F3、接地電極F6及び誘電体保護膜F C 3を含んで構成される。

【0255】

誘電体保護膜F C 3を介して、誘電体膜F2と誘電体膜F3との間に誘電体空間18が設けられる。具体的には、電極ユニット82において、誘電体保護膜F C 3は誘電体膜F3の上面上に密着して設けられ、誘電体膜F2と誘電体保護膜F C 3とが対向する空間が誘電体空間18となる。この誘電体空間18内において、高圧電極F5及び接地電極F6が平面視して重複する領域である主要放電空間を含む放電空間4が形成される。

【0256】

このように、実施の形態4の電極ユニット82では、誘電体膜F2及び誘電体膜F3のうち、誘電体膜F3が保護対象誘電体膜となり、保護対象誘電体膜となる誘電体膜F3に対し誘電体空間18側に誘電体保護膜F C 3が設けられる。

【0257】

誘電体保護膜F C 3の構成材料は、誘電体保護膜F C 2と同様、放電空間4における誘電体バリア放電の発生時において、誘電体バリア放電によって生じるイオンの保護対象誘電体膜となる誘電体膜F3への照射を遮断し、かつ、イオンと化学反応しない保護特性を有している。

【0258】

10

20

30

40

50

電極ユニット 8 2 は、高圧側電極構成部 E 1 0 の高圧電極 F 5 と接地側電極構成部 E 2 1 の接地電極 F 6 と間に印加電圧として交流電圧を印加する交流電源 1 5 をさらに備えている。具体的には高圧電極 F 5 に交流電圧が印加され、接地電極 F 6 は基準電位である接地電位に設定される。

【 0 2 5 9 】

実施の形態 4 の基本態様である電極ユニット 8 2 は、交流電源 1 5 から印加電圧の印加時に放電空間 4 に誘電体バリア放電が発生する。

【 0 2 6 0 】

図 4 6 で示す基本態様の電極ユニット 8 2 では、原料ガス G 1 の放電空間 4 への供給形態、活性ガス G 2 の噴出形態は特に限定していない。例えば、図 4 6 において、図中左側から原料ガス G 1 を供給し、図中右側から活性ガス G 2 を噴出するようにしても良い。

【 0 2 6 1 】

電極ユニット 8 2 を有する実施の形態 4 の活性ガス生成装置において、放電空間 4 を含む誘電体空間 1 8 と保護対象誘電体膜となる誘電体膜 F 3 との間に上述した保護特性を有する誘電体保護部材である誘電体保護膜 F C 3 が存在している。このため、放電空間 4 における誘電体バリア放電の発生時に誘電体膜 F 3 がイオンと反応する誘電体膜反応現象を抑制することができる。

【 0 2 6 2 】

その結果、実施の形態 4 の基本態様となる活性ガス生成装置は、誘電体膜反応現象に伴う誘電体膜 F 3 の元素等の放電空間 4 内への混入を確実に回避することにより、高純度の活性ガス G 2 を生成することができる。

【 0 2 6 3 】

加えて、電極ユニット 8 2 は、誘電体膜 F 2 及び F 3 の構成材料を従前から変更する必要はなく、誘電体保護膜 F C 3 を追加するのみで構成することができるため、電極ユニット 8 2 の製造工程が複雑化することはない。

【 0 2 6 4 】

実施の形態 4 の基本態様の活性ガス生成装置において、誘電体保護膜 F C 3 は保護対象誘電体膜となる誘電体膜 F 3 の上面上に密着して隙間なく設けられるため、誘電体膜 F 2 と誘電体膜 F 3 との間において、放電空間 4 以外に放電現象が発生する空間を生じさせるとなく精度良く活性ガス G 2 を得ることができる。

【 0 2 6 5 】

電極ユニット 8 2 の接地側電極構成部 E 2 1 は誘電体保護膜 F C 3 を含んでいる。この電極ユニット 8 2 を有する実施の形態 4 の活性ガス生成装置は、高圧電極 F 5 及び接地電極 F 6 間に印加電圧を印加することにより、誘電体空間 1 8 内の放電空間 4 に供給された原料ガス G 1 を活性化して活性ガス G 2 を生成することができる。

【 0 2 6 6 】

なお、誘電体保護膜 F C 3 に代表される誘電体保護部材は、誘電体膜 F 2 及び誘電体膜 F 3 のうち、少なくとも一つである保護対象誘電体膜に対し誘電体空間 1 8 側に設ければ、上述した効果を発揮することができる。

【 0 2 6 7 】

したがって、電極ユニット 8 2 を拡張して、誘電体膜 F 2 の下面上にさらに誘電体保護膜 F C 2 を設けても良い。同様に、実施の形態 3 の電極ユニット 8 1 を拡張して、誘電体膜 F 3 の上面上にさらに誘電体保護膜 F C 3 を設けても良い。

【 0 2 6 8 】

＜実施の形態 5＞

（基本態様）

図 4 7 は実施の形態 5 の活性ガス生成装置に用いられる電極ユニット 8 3 の基本態様を模式的に示す説明図である。実施の形態 5 の活性ガス生成装置は放電空間 4 に供給された原料ガス G 1 を活性化して活性ガス G 2 を生成する電極ユニット 8 3 を有している。

【 0 2 6 9 】

以下、実施の形態３の電極ユニット８１と同様な構造は、同一符号を付して説明を適宜省略し、電極ユニット８３の特徴部分を中心に説明する。

【０２７０】

同図に示すように、電極ユニット８３は、第１の電極構成部となる高圧側電極構成部Ｅ１２と、高圧側電極構成部Ｅ１２の下方に設けられる第２の電極構成部となる接地側電極構成部Ｅ２０とを備えている。

【０２７１】

第１の電極構成部である高圧側電極構成部Ｅ１２は、第１の電極用誘電体膜である誘電体膜Ｆ２と誘電体膜Ｆ２の上面上に設けられる第１の電極用導電膜である高圧電極Ｆ５とを含んでいる。

【０２７２】

第２の電極構成部である接地側電極構成部Ｅ２０は、第２の電極用誘電体膜である誘電体膜Ｆ３と誘電体膜Ｆ３の下面上に設けられる第２の電極用導電膜である接地電極Ｆ６とを含んでいる。

【０２７３】

実施の形態５の電極ユニット８３は、第１の電極用誘電体膜である誘電体膜Ｆ２の下方に保護部材空間４０を介して誘電体保護部材である誘電体保護膜ＦＣ４を設けた構造を特徴としている。

【０２７４】

このように、実施の形態５の電極ユニット８３における高圧側電極構成部Ｅ１２は、誘電体膜Ｆ２、高圧電極Ｆ５及び誘電体保護膜ＦＣ４を含んで構成され、誘電体保護膜ＦＣ４は、保護対象誘電体膜である誘電体膜Ｆ２との間に微小な隙間となる保護部材空間４０を有して設けられる。

【０２７５】

誘電体保護膜ＦＣ４を介して、誘電体膜Ｆ２と誘電体膜Ｆ３との間に誘電体空間１８が設けられる。具体的には、誘電体保護膜ＦＣ４と誘電体膜Ｆ３とが対向する空間が誘電体空間１８となる。この誘電体空間１８内において、高圧電極Ｆ５及び接地電極Ｆ６が平面視して重複する領域である主要放電空間を含む放電空間４が形成される。

【０２７６】

このように、実施の形態５の電極ユニット８３では、誘電体膜Ｆ２及び誘電体膜Ｆ３のうち、誘電体膜Ｆ２が保護対象誘電体膜となり、保護対象誘電体膜となる誘電体膜Ｆ２に対し誘電体空間１８側に誘電体保護膜ＦＣ４が設けられる。

【０２７７】

誘電体保護膜ＦＣ４の構成材料は、実施の形態３の誘電体保護膜ＦＣ２や実施の形態４の誘電体保護膜ＦＣ３と同様、放電空間４における誘電体バリア放電の発生時において、誘電体バリア放電によって生じるイオンの保護対象誘電体膜となる誘電体膜Ｆ２への照射を遮断し、かつ、イオンと化学反応しない保護特性を有している。

【０２７８】

実施の形態５の基本態様である電極ユニット８３は、交流電源１５から印加電圧の印加時に放電空間４に誘電体バリア放電が発生する。

【０２７９】

この際、印加電圧、放電空間４及び保護部材空間４０は、印加電圧の印加時に放電空間４に誘電体バリア放電が発生し、保護部材空間４０に誘電体バリア放電が発生しない放電発生要件を満足するように設定される。以下、放電発生要件について説明する。

【０２８０】

一般に、誘電体バリア放電においては放電が発生するために必要な電圧は、圧力・ガス種が一定であれば放電距離（ギャップ長）が長くなるに従い高い電圧を必要とする性質がある。この性質はパッシェンの法則と呼ばれる。

【０２８１】

例えば、圧力４００Ｔorrの窒素ガスにおいて、パッシェンの法則によると放電距離

10

20

30

40

50

が1 mmの時の放電開始電圧は2 9 0 0 V程度であり、放電距離が2 . 5 mmの場合の放電開始電圧6 6 0 0 V程度となる。一方、放電が開始する電界強度に関しては前者が2 9 0 0 V/mmと後者が2 6 4 0 V/mmとなり、放電距離が長くなるにつれて放電に必要な電界強度は小さくなるという特徴がある。

【0 2 8 2】

電極ユニット8 3が採用している誘電体バリア放電は平行平板方式と呼ばれており、保護部材空間4 0と放電空間4とに与えられる電界強度は同じ値となる特徴がある。この特徴から、保護部材空間4 0の放電距離（ギャップ長）を短くすることによって放電開始電界強度を意図的に高くして、放電が生じる部分を選択的に放電空間4のみとすることが可能となる。

10

【0 2 8 3】

ここで、印加電圧V Pを交流電源1 5から印加される印加電圧とし、ギャップ長Δ 4を放電空間4のギャップ長とし、ギャップ長Δ 4 0を保護部材空間4 0のギャップ長とする。さらに、放電開始電界強度E 4を放電空間4に誘電体バリア放電が発生開始するために必要な電界強度とし、放電開始電界強度E 4 0を保護部材空間4 0に誘電体バリア放電が発生開始するために必要な電界強度とし、電界強度E Xを放電空間4及び保護部材空間4 0に共通の同一値となる電界強度とする。

【0 2 8 4】

この場合、電界強度E X、放電開始電界強度E 4、及び放電開始電界強度E 4 0間において、 $\{E X < E 4 0\}$ かつ $\{E X \geq E 4\}$ が放電発生要件となる。この放電発生要件を満足すれば、放電空間4に誘電体バリア放電が発生し、かつ、保護部材空間4 0に誘電体バリア放電は発生しない。

20

【0 2 8 5】

ギャップ長Δ 4 0をギャップ長Δ 4より十分短く設定することにより、 $\{E 4 0 \gg E 4\}$ に設定することができる。したがって、上述した放電発生要件（ $\{E X < E 4 0\}$ かつ $\{E X \geq E 4\}$ ）を満足する、印加電圧V P、ギャップ長Δ 4、ギャップ長Δ 4 0を比較的容易に設定することができる。

【0 2 8 6】

図4 7で示す基本態様の電極ユニット8 3では、原料ガスG 1の放電空間4への供給形態、活性ガスG 2の噴出形態は特に限定していない。例えば、図4 7において、図中左側から原料ガスG 1を供給し、図中右側から活性ガスG 2を噴出するようにしても良い。

30

【0 2 8 7】

基本態様となる電極ユニット8 3を有する実施の形態5の活性ガス生成装置において、放電空間4を含む誘電体空間1 8と保護対象誘電体膜となる誘電体膜F 2との間に、上述した保護特性を有する誘電体保護部材である誘電体保護膜F C 4が存在している。このため、放電空間4における誘電体バリア放電の発生時に誘電体膜F 2がイオンと反応する誘電体膜反応現象を抑制することができる。

【0 2 8 8】

その結果、実施の形態5の基本態様となる活性ガス生成装置は、誘電体膜反応現象に伴う誘電体膜F 2の元素等の放電空間4内への混入を確実に回避することにより、高純度の活性ガスG 2を生成することができる。

40

【0 2 8 9】

加えて、電極ユニット8 3は、誘電体膜F 2及びF 3の構成材料を従前から変更する必要はなく、誘電体保護膜F C 4を追加するのみで構成することができるため、電極ユニット8 3の製造工程が複雑化することはない。

【0 2 9 0】

実施の形態5の活性ガス生成装置の基本態様において、誘電体保護部材である誘電体保護膜F C 4は保護対象誘電体膜となる誘電体膜F 2との間に保護部材空間4 0を有するため、誘電体保護膜F C 4と誘電体膜F 2とを密着させる必要がない分、装置構成の簡略化を図ることができる。

50

【0291】

また、保護部材空間40のギャップ長 $\Delta 40$ を、放電空間4のギャップ長 $\Delta 4$ と比較して十分短い長さに設定することにより、上記放電発生要件を満足する、印加電圧、放電空間4及び保護部材空間40を比較的容易に設定することができる。

【0292】

その結果、実施の形態5の活性ガス生成装置は、誘電体膜F2と誘電体膜F3との間において、放電空間4以外に放電現象が発生する空間を生じさせるとなく精度良く活性ガスG2を得ることができる。

【0293】

電極ユニット83の高圧側電極構成部E12は誘電体保護膜FC4を含んでおり、電極ユニット83は、誘電体膜F2及びF3間に印加する印加電圧は上記放電発生要件を満足している。このため、電極ユニット83を有する実施の形態5の活性ガス生成装置は、誘電体膜F2と誘電体保護膜FC4との間に形成される保護部材空間40に誘電体バリア放電を発生させることなく、誘電体保護膜FC4と誘電体膜F3との間に形成される主要放電空間を含む放電空間4に誘電体バリア放電を発生させることができる。

【0294】

その結果、実施の形態5の活性ガス生成装置は、放電空間4に供給された原料ガスG1を活性化して活性ガスG2を生成することができる。

【0295】

(第2の態様)

図48は実施の形態5の第2の態様の活性ガス生成装置に用いられる電極ユニット830の概念を模式的に示す説明図である。同図にXYZ直交座標系を記している。

【0296】

電極ユニット830は、図47で示した基本態様の電極ユニット83を、実施の形態2の電極ユニット55に適用した概念構造の特徴部分を示している。

【0297】

同図に示すように、第2の態様の概念の特徴部分を示す電極ユニット830では、高圧側誘電体膜2の下面側に微小な隙間となる保護部材空間40を介して誘電体保護膜FC4を設けている。

【0298】

電極ユニット830は、誘電体膜F2の周辺領域を下方から支持する誘電体支持面となる支持面10Fと、誘電体保護膜FC4の周辺領域を下方から支持する保護部材支持面となる支持面10YFとを有する誘電体膜支持部材M10を備えている。

【0299】

図48で示す電極ユニット830を実使用構造で実現したのが以下で述べる電極ユニット831である。

【0300】

図49は実施の形態5の第2の態様となる活性ガス生成装置に用いられる電極ユニット831の断面構造を示す説明図である。図50は図49の着目領域R3の詳細構造を模式的に示す説明図である。図49及び図50それぞれにXYZ直交座標系を記している。

【0301】

図49で示す電極ユニット831は、図47で示した基本態様の電極ユニット83を、実施の形態2の電極ユニット55に適用した実使用構造である。電極ユニット831において、誘電体膜F2として高圧側誘電体膜2が用いられ、誘電体膜F3として接地側誘電体膜3が用いられ、高圧電極F5として給電体5が用いられ、誘電体膜支持部材M10として誘電体膜支持部材10Cが用いられている。なお、接地電極F6として図示しない導電膜7(図20, 図21)が用いられる。

【0302】

このように実施の形態5の第2の態様の活性ガス生成装置は電極ユニット831を有する活性ガス生成装置となる。

10

20

30

40

50

【0303】

実施の形態5の活性ガス生成装置の第2の態様の全体構成は図1で示した活性ガス生成装置71と同様な構成である。したがって、図49で示す電極ユニット831は、図1で示す全体構成の活性ガス生成装置75における電極ユニット51～53のいずれかに対応する。

【0304】

すなわち、実施の形態5の活性ガス生成装置における第2の態様は、実施の形態1の活性ガス生成装置71と同様、複数の電極ユニットとして電極ユニット51～53と、筐体内空間S1（図8参照）に電極ユニット51～53を収容し、導電性を有する筐体1とを備えている。

【0305】

以下、実施の形態1の電極ユニット50（51～53）と同様な構造、または、実施の形態2の電極ユニット55と同様な構造は、同一符号を付して説明を適宜省略し、電極ユニット831の特徴部分を中心に説明する。

【0306】

図49に示すように、電極ユニット831は、実施の形態1の電極ユニット50（51～53）と同様、高圧側誘電体膜2の下面は凹部底面26と、凹部底面の周辺に設けられる凸部底面23とを有している。凸部底面23は凹部底面26より+Z方向に沿った高さ方向における形成位置が高く設定されている。凹部底面26の下方に誘電体保護膜FC4が保護部材空間40を介して設けられ（図50参照）、凸部底面23上に誘電体保護膜FC4は設けられない。

【0307】

電極ユニット831における誘電体保護膜FC4の構造を平板状とし、誘電体保護膜FC4のXY平面における平面形状を図9及び図10で示した凹部底面26より少し広い円状に設定している。

【0308】

図50では導電膜7の図示を省略している。接地導体60上に図示しない導電膜7を介して接地側誘電体膜3が設けられる。

【0309】

図50に示すように、高圧側誘電体膜2の下面側に微小なギャップ長 $\Delta 40$ を有する保護部材空間40を介して誘電体保護膜FC4が配置されている。そして、誘電体保護膜FC4と接地側誘電体膜3との間がギャップ長 $\Delta 4$ の放電空間4となる。なお、高圧側誘電体膜2の上面上に給電体5が設けられ、接地側誘電体膜3の下面側に接地導体60が設けられる。

【0310】

電極ユニット831では、上述した放電発生要件を満足させるべく、放電空間4の放電距離となるギャップ長 $\Delta 4$ と比較して、保護部材空間40の放電距離となるギャップ長 $\Delta 40$ を十分短くなるように設定している。

【0311】

電極ユニット831は、高圧側誘電体膜2の凸部底面23を下方から支持する誘電体支持面となる支持面10Fを有する誘電体膜支持部材10Cを備えている。

【0312】

図51は誘電体膜支持部材10Cの平面構造を模式的に示す説明図である。同図にXYZ直交座標系を記している。

【0313】

図51に示すように、誘電体膜支持部材10Cは平面視して中央に中央開口部100を有する円状を呈している。中央開口部100の周辺に段差部104と段差部102と周辺部上面101とからなる段差構造が円環状に設けられる。段差部104の上面が支持面10YFとなり、段差部102の上面が支持面10Fとなる。段差部104（10YF）の外周側に段差部102（支持面10F）が位置し、段差部102の外周側の周辺部上面1

10

20

30

40

50

01に複数の貫通口10hが離散して円状に設けられる。

【0314】

支持面10YFは中央開口部100の外周に沿って円環状に設けられ、支持面10Fは支持面10YFの外周に沿って円環状に設けられる。

【0315】

図49及び図51に示すように、誘電体膜支持部材10Cは、誘電体保護膜FC4の周辺領域を下方から支持する保護部材支持面となる支持面10YFをさらに有している。

【0316】

したがって、誘電体保護膜FC4の周辺領域を支持面10YFによって下方から支持することにより、誘電体保護膜FC4のZ方向に沿った高さ方向の位置を固定することができる。

10

【0317】

加えて、段差部102の内径を、平面形状が円状の誘電体保護膜FC4の半径よりもわずかに広く設定することにより、誘電体保護膜FC4のXY平面における動きを高精度に制限することができる。

【0318】

電極ユニット831は、電極ユニット50及び55と同様、第1の電極用誘電体膜である高圧側誘電体膜2を上方から抑圧する誘電体膜抑圧部材11を備えており、誘電体膜抑圧部材11は平面視して給電体5と重複しない。

【0319】

誘電体膜支持部材10Cにおいて、誘電体支持面である支持面10Fは保護部材支持面である支持面10YFよりも高さ方向における形成位置が高く、支持面10Fと支持面10YFとの高さ方向の差分値 Δd は、高圧側誘電体膜2の下面と誘電体保護膜FC4の上面との間にギャップ長 $\Delta 40$ の保護部材空間40が形成されるように設定される。

20

【0320】

例えば、誘電体保護膜FC4が均一な膜厚 d_{C4} を有し、凹部底面26の凸部底面23から-Z方向となる深さ方向の長さを突出長 t_{26} とすると、差分値 Δd は、 $\{\Delta d = d_{C4} + t_{26} + \Delta 40\}$ を満足する長さに設定される。この際、保護部材空間40のギャップ長 $\Delta 40$ が上記した放電発生要件を満足するように、放電空間4のギャップ長 $\Delta 4$ より十分短く設定することが必要とされる。なお、上述した誘電体保護膜FC4を含む誘電体保護膜FC2～FC5の膜厚は1mm以下に設定される。

30

【0321】

実施の形態5の第2の態様で用いられる電極ユニット831は、基本態様と同様、誘電体膜反応現象に伴う誘電体膜F2の元素等の放電空間4内への混入を確実に回避することにより、高純度の活性ガスG2を生成することができる。

【0322】

加えて、電極ユニット831は、高圧側誘電体膜2及び接地側誘電体膜3の構成材料を従前から変更する必要はなく、電極ユニット55からの主な変更点は、誘電体膜支持部材10から誘電体膜支持部材10Cへの改良、及び誘電体保護膜FC4の追加程度となる。このため、電極ユニット811の製造工程と同様、電極ユニット831の製造工程が複雑化することはない。

40

【0323】

また、電極ユニット831では貫通口が設けられていない高圧側誘電体膜2の下方に誘電体保護膜FC4を設けているため、誘電体保護膜FC4によって、放電空間4における誘電体バリア放電から高圧側誘電体膜2を完全に保護することができる。

【0324】

このような電極ユニット831を有する実施の形態5の活性ガス生成装置の第2の態様は、電極ユニット83を有する活性ガス生成装置の基本態様と同様な効果を奏し、以下の固有の効果をさらに奏する。

【0325】

50

実施の形態５の第２の態様となる活性ガス生成装置の電極ユニット８３１において、誘電体膜支持部材１０Ｃは、誘電体支持面である支持面１０Ｆにて高圧側誘電体膜２の周辺領域を下方から支持し、かつ、保護部材支持面である支持面１０ＹＦにて誘電体保護膜ＦＣ４の周辺領域を下方から支持している。

【０３２６】

さらに、電極ユニット８３１において、支持面１０Ｆと支持面１０ＹＦとの差分値 Δd は、高圧側誘電体膜２の下面と誘電体保護膜ＦＣ４の上面との間にギャップ長 $\Delta 40$ の保護部材空間４０が形成されるように設定される。

【０３２７】

したがって、実施の形態５の第２の態様となる活性ガス生成装置は、高圧側誘電体膜２との間に保護部材空間４０を有する誘電体保護膜ＦＣ４を安定性良く固定することができる。

【０３２８】

さらに、図４９～図５１で示した電極ユニット８３１を有する実施の形態５の活性ガス生成装置の第２の態様における複数のガス噴出口７０は、実施の形態２の電極ユニット５５と同様の特徴を有している。すなわち、複数のガス噴出口７０は、複数の部分活性ガスが衝突領域８０にて衝突するように、下方に向かうに従い互いに接近する態様で設けられ、かつ、衝突領域８０は下方テーパ領域４１ｔ（図３６及び図３７参照）内または下方テーパ領域４１ｔより上方に存在する。

【０３２９】

その結果、実施の形態５の活性ガス生成装置における第２の態様は、実施の形態２の電極ユニット５５及び実施の形態３の第２の態様である電極ユニット８１１と同様、均一な活性ガスＧ２を後段の処理空間に供給することができる。

【０３３０】

実施の形態５では、電極ユニット８３０を実現する実使用構造の一例として電極ユニット８３１を示したが、他の構造で電極ユニット８３０を実現しても良い。

【０３３１】

<実施の形態６>

図５２は実施の形態６の活性ガス生成装置に用いられる電極ユニット８４の基本態様を模式的に示す説明図である。実施の形態６の活性ガス生成装置は放電空間４に供給された原料ガスＧ１を活性化して活性ガスＧ２を生成する電極ユニット８４を有している。

【０３３２】

同図に示すように、電極ユニット８４は、第１の電極構成部となる高圧側電極構成部Ｅ１０と、高圧側電極構成部Ｅ１０の下方に設けられる第２の電極構成部となる接地側電極構成部Ｅ２２とを備えている。

【０３３３】

第１の電極構成部である高圧側電極構成部Ｅ１０は、第１の電極用誘電体膜である誘電体膜Ｆ２と誘電体膜Ｆ２の上面上に設けられる第１の電極用導電膜である高圧電極Ｆ５とを含んでいる。

【０３３４】

第２の電極構成部である接地側電極構成部Ｅ２２は、第２の電極用誘電体膜である誘電体膜Ｆ３と誘電体膜Ｆ３の下面上に設けられる第２の電極用導電膜である接地電極Ｆ６とを含んでいる。

【０３３５】

実施の形態６の電極ユニット８４は、第２の電極用誘電体膜である誘電体膜Ｆ３の上方に微小な隙間となる保護部材空間４０を介して誘電体保護部材である誘電体保護膜ＦＣ５を設けた構造を特徴としている。すなわち、実施の形態６の電極ユニット８４における接地側電極構成部Ｅ２２は、誘電体膜Ｆ３接地電極Ｆ６及び誘電体保護膜ＦＣ５を含んで構成される。

【０３３６】

10

20

30

40

50

保護部材空間 40 及び誘電体保護膜 F C 5 を介して、誘電体膜 F 2 と誘電体膜 F 3 との間に誘電体空間 18 が設けられる。具体的には、誘電体膜 F 2 と誘電体保護膜 F C 5 とが対向する空間が誘電体空間 18 となる。この誘電体空間 18 内において、高圧電極 F 5 及び接地電極 F 6 が平面視して重複する領域である主要放電空間を含む放電空間 4 が形成される。

【0337】

このように、実施の形態 6 の電極ユニット 84 では、誘電体膜 F 2 及び誘電体膜 F 3 のうち、誘電体膜 F 3 が保護対象誘電体膜となり、保護対象誘電体膜となる誘電体膜 F 3 に対し誘電体空間 18 側に誘電体保護膜 F C 5 が設けられる。

【0338】

誘電体保護膜 F C 5 の構成材料は、誘電体保護膜 F C 2 ~ F C 4 と同様、放電空間 4 における誘電体バリア放電の発生時において、誘電体バリア放電によって生じるイオンの保護対象誘電体膜となる誘電体膜 F 3 への照射を遮断し、かつ、イオンと化学反応しない保護特性を有している。

【0339】

電極ユニット 84 は、高圧側電極構成部 E 10 の高圧電極 F 5 と接地側電極構成部 E 22 の接地電極 F 6 と間に印加電圧として交流電圧を印加する交流電源 15 をさらに備えている。具体的には高圧電極 F 5 に交流電圧が印加され、接地電極 F 6 は基準電位である接地電位に設定される。

【0340】

実施の形態 6 の基本態様である電極ユニット 84 は、交流電源 15 から印加電圧の印加時に放電空間 4 に誘電体バリア放電が発生する。

【0341】

図 52 で示す基本態様の電極ユニット 84 では、原料ガス G 1 の放電空間 4 への供給形態、活性ガス G 2 の噴出形態は特に限定していない。例えば、図 52 において、図中左側から原料ガス G 1 を供給し、図中右側から活性ガス G 2 を噴出するようにしても良い。

【0342】

電極ユニット 84 を有する実施の形態 6 の活性ガス生成装置において、放電空間 4 を含む誘電体空間 18 と保護対象誘電体膜となる誘電体膜 F 3 との間に上述した保護特性を有する誘電体保護部材である誘電体保護膜 F C 5 が存在している。このため、放電空間 4 における誘電体バリア放電の発生時に誘電体膜 F 3 がイオンと反応する誘電体膜反応現象を抑制することができる。

【0343】

その結果、実施の形態 6 の基本態様となる活性ガス生成装置は、誘電体膜反応現象に伴う誘電体膜 F 3 の元素等の放電空間 4 内への混入を確実に回避することにより、高純度の活性ガス G 2 を生成することができる。

【0344】

加えて、電極ユニット 84 は、誘電体膜 F 2 及び F 3 の構成材料を従前から変更する必要はなく、誘電体保護膜 F C 5 を追加するのみで構成することができるため、電極ユニット 84 の製造工程が複雑化することはない。

【0345】

実施の形態 6 の活性ガス生成装置の基本態様において、誘電体保護部材である誘電体保護膜 F C 5 は保護対象誘電体膜となる誘電体膜 F 3 との間に保護部材空間 40 を有するため、誘電体保護膜 F C 5 と誘電体膜 F 3 とを密着させる必要がない分、装置構成の簡略化を図ることができる。

【0346】

また、保護部材空間 40 のギャップ長 $\Delta 40$ を、放電空間 4 のギャップ長 $\Delta 4$ と比較して十分短い長さに設定することにより、上記放電発生要件を満足する、交流電源 15 からの印加電圧、放電空間 4 及び保護部材空間 40 を比較的容易に設定することができる。

【0347】

10

20

30

40

50

その結果、実施の形態 6 の活性ガス生成装置は、誘電体膜 F 2 と誘電体膜 F 3 との間に
おいて、放電空間 4 以外に放電現象が発生する空間を生じさせるとなく精度良く活性ガス
G 2 を得ることができる。

【0348】

電極ユニット 8 4 の接地側電極構成部 E 2 2 は誘電体保護膜 F C 5 を含んでいる。この
電極ユニット 8 4 を有する実施の形態 5 の活性ガス生成装置は、誘電体膜 F 2 及び誘電体
膜 F 3 間に印加電圧を印加することにより、誘電体保護部材となる誘電体保護膜 F C 5 と
誘電体膜 F 3 との間に形成される保護部材空間 4 0 に誘電体バリア放電が発生させること
なく、放電空間 4 に誘電体バリア放電が発生させる。

【0349】

その結果、実施の形態 6 の活性ガス生成装置は、放電空間 4 に供給された原料ガス G 1
を活性化して活性ガス G 2 を生成することができる。

【0350】

なお、誘電体保護膜 F C 5 に相当する誘電体保護部材は、誘電体膜 F 2 及び誘電体膜 F
3 のうち、少なくとも一つである保護対象誘電体膜に対し誘電体空間 1 8 側に設ければ、
上述した効果を発揮することができる。

【0351】

したがって、電極ユニット 8 4 を拡張して、誘電体膜 F 2 の下面側に保護部材空間 4 0
を介して誘電体保護膜 F C 4 をさらに設けても良い。同様に、実施の形態 5 の電極ユニッ
ト 8 3 を拡張して、誘電体膜 F 3 の上面側に保護部材空間 4 0 を介して誘電体保護膜 F C
5 をさらに設けても良い。

【0352】

この場合、保護部材空間 4 0 は、誘電体膜 F 2 の下面側と誘電体膜 F 3 の上面側に 2 つ
形成されることになる。2 つの保護部材空間 4 0 それぞれのギャップ長 $\Delta 4 0$ は上記放電
発生要件を満足するように放電空間 4 のギャップ長 $\Delta 4$ と比較して十分短くなるように設
定される。

【0353】

＜実施の形態 7＞
(基本態様)

図 5 3 は実施の形態 7 の活性ガス生成装置に用いられる電極ユニット 9 1 の基本態様を
模式的に示す説明図である。実施の形態 7 の活性ガス生成装置は放電空間 4 に供給された
原料ガス G 1 を活性化して活性ガス G 2 を生成する電極ユニット 9 1 を有している。

【0354】

同図に示すように、電極ユニット 9 1 は、第 1 の電極構成部となる高圧側電極構成部 E
1 3 と、高圧側電極構成部 E 1 3 の下方に設けられる第 2 の電極構成部となる接地側電極
構成部 E 2 0 とを備えている。

【0355】

第 1 の電極構成部である高圧側電極構成部 E 1 3 は、第 1 の電極用誘電体膜である誘電
体膜 F 2 と誘電体膜 F 2 の上面上に設けられる第 1 の電極用導電膜である高圧電極 F 5 と
を含んでいる。

【0356】

第 2 の電極構成部である接地側電極構成部 E 2 0 は、第 2 の電極用誘電体膜である誘電
体膜 F 3 と誘電体膜 F 3 の下面上に設けられる第 2 の電極用導電膜である接地電極 F 6 と
を含んでいる。

【0357】

実施の形態 7 の電極ユニット 9 1 における高圧側電極構成部 E 1 3 は電極補強導電膜で
ある導体膜 F 7 と誘電体保護部材である誘電体保護膜 F C 2 とをさらに備えることを特徴
としている。なお、誘電体保護膜 F C 2 の膜厚は 1 mm 以下に設定される。

【0358】

電極補強導電膜である導体膜 F 7 は、第 1 の電極用誘電体膜である誘電体膜 F 2 の下面

10

20

30

40

50

上に密着して設けられる。導体膜 F 7 として例えば金属製の薄膜が考えられ、導体膜 F 7 の膜厚は例えば 500 nm 以下に設定される。

【0359】

誘電体保護部材である誘電体保護膜 F C 2 は導体膜 F 7 の全てを覆い、かつ、高圧電極 F 5 の下面上に設けられる。したがって、高圧側電極構成部 E 1 3 は、誘電体膜 F 2、導体膜 F 7 及び誘電体保護膜 F C 2 の順で積層される積層構造である導体膜内蔵積層構造を有している。導体膜内蔵積層構造において、誘電体膜 F 2、導体膜 F 7 間、導体膜 F 7、誘電体保護膜 F C 2 及び誘電体膜 F 2、誘電体保護膜 F C 2 間に隙間は存在しない。導体膜内蔵積層構造内の導体膜 F 7 は電氣的にフローティング状態に設定されている。

【0360】

このように、実施の形態 7 の電極ユニット 9 1 における高圧側電極構成部 E 1 3 は、誘電体膜 F 2、高圧電極 F 5、導体膜 F 7 及び誘電体保護膜 F C 2 を含んで構成される。

【0361】

導体膜 F 7 及び誘電体保護膜 F C 2 を介して、誘電体膜 F 2 と誘電体膜 F 3 との間に誘電体空間 1 8 が形成される。具体的には、誘電体保護膜 F C 2 と誘電体膜 F 3 とが対向する空間が誘電体空間 1 8 となる。

【0362】

このように、実施の形態 7 の電極ユニット 9 1 では、誘電体膜 F 2 及び誘電体膜 F 3 のうち、誘電体膜 F 2 が保護対象誘電体膜となり、保護対象誘電体膜となる誘電体膜 F 2 に対し誘電体空間 1 8 側に誘電体保護膜 F C 2 が設けられる。

【0363】

以下、図 4 2 で示した実施の形態 3 の電極ユニット 8 1 の同様な構造は、同一符号を付して説明を適宜省略し、電極ユニット 9 1 の特徴部分を中心に説明する。

【0364】

誘電体保護部材である誘電体保護膜 F C 2 は電極補強導電膜である導体膜 F 7 の全てを覆い、かつ、第 1 の電極用誘電体膜である誘電体膜 F 2 の下面上に設けられる。前述したように、高圧側電極構成部 E 1 3 は、誘電体膜 F 2、導体膜 F 7 及び誘電体保護膜 F C を含む積層構造である導体膜内蔵積層構造を有している。導体膜内蔵積層構造内において、誘電体膜 F 2、導体膜 F 7 及び誘電体保護膜 F C 間に隙間は生じていない。

【0365】

そして、誘電体保護膜 F C 2 と誘電体膜 F 3 とが対向する空間が誘電体空間 1 8 となり、実施の形態 7 では、保護対象誘電体膜は誘電体膜 F 2 となる。

【0366】

導体膜 F 7 は、平面視して高圧電極 F 5 より広く、平面視して誘電体膜 F 2 及び誘電体保護膜 F C 2 より狭い平面形状をする。また、接地電極 F 6 は平面視して導体膜 F 7 を含んでいる。

【0367】

誘電体空間 1 8 内において、導体膜 F 7 と接地電極 F 6 とが平面視して重複する領域である拡張主要放電空間を含むことにより、比較的広い放電空間 4 e が形成される。すなわち、実施の形態 7 の電極ユニット 9 1 における主要放電空間は、導体膜 F 7 によって拡張主要放電空間に拡張される。ここで、拡張主要放電空間は、誘電体空間 1 8 内において導体膜 F 7 と接地電極 F 6 とが平面視して重複する領域となる。

【0368】

電極ユニット 9 1 は、高圧側電極構成部 E 1 3 の高圧電極 F 5 と接地側電極構成部 E 2 0 の接地電極 F 6 との間に印加電圧として交流電圧を印加する交流電源 1 5 をさらに備えている。具体的には高圧電極 F 5 に交流電圧が印加され、接地電極 F 6 は基準電位である接地電位に設定される。

【0369】

実施の形態 7 の基本態様である電極ユニット 9 1 は、交流電源 1 5 から印加電圧の印加時に放電空間 4 に誘電体バリア放電が発生する。

【0370】

図53で示す基本態様の電極ユニット91では、原料ガスG1の放電空間4への供給形態、活性ガスG2の噴出形態は特に限定していない。例えば、図53において、図中左側から原料ガスG1を供給し、図中右側から活性ガスG2を噴出するようにしても良い。

【0371】

基本態様となる電極ユニット91を有する実施の形態7の活性ガス生成装置は、電極ユニット81を有する実施の形態3の活性ガス生成装置と同様な効果を奏し、さらに以下に述べる固有の効果を奏する。

【0372】

図54～図56は実施の形態7の活性ガス生成装置の効果を示すための説明図である。図54は実施の形態3の基本態様である電極ユニット81の放電空間4を示す説明図であり、図55は実施の形態7の基本態様である電極ユニット91の放電空間4eを示す説明図であり、図56は電極ユニット81を拡張した電極ユニット81Xの放電空間4eを示す説明図である。

10

【0373】

電極ユニット81及び電極ユニット91間で高圧電極F5の形成面積を同一に設定している。また、電極ユニット91及び電極ユニット81X間で導体膜F7の形成面積と拡張高圧電極F5eの形成面積とを同一に設定している。

【0374】

図56で示す電極ユニット81Xにおける高圧側電極構成部E11Xは、拡張高圧電極F5e、誘電体膜F2及び誘電体保護膜FC2を含んでいる。また、電極ユニット81、電極ユニット91及び電極ユニット81Xそれぞれにおいて、接地電極F6は平面視して高圧電極F5、導体膜F7及び拡張高圧電極F5eを含んでいる。

20

【0375】

図55で示す電極ユニット91における放電空間4eは、誘電体空間18内において導体膜F7と接地電極F6とが平面視して重複する領域である拡張主要放電空間を含んでいる。

【0376】

実施の形態7の基本態様である活性ガス生成装置は、誘電体保護部材である誘電体保護膜FC2と第1の電極用誘電体膜である誘電体膜F2との間に電極補強導電膜である導体膜F7を介挿させている。導体膜F7は、平面視して高圧電極F5より広いという形状特性を有している。

30

【0377】

例えば、高圧電極F5及び導体膜F7の平面形状が共に円状である場合、高圧電極F5の直径を d_A (mm)とした場合、導体膜F7の直径は $(d_A + 20 \text{ mm})$ に設定される。このように、高圧電極F5は導体膜F7と比較して形成面積が小さい形状特性を有している。

【0378】

このため、実施の形態7の活性ガス生成装置の基本態様は、高圧電極F5と比較して導体膜F7の形成面積を広げた分、比較的広い体積の拡張主要放電空間を含む放電空間4eを得ることができる。

40

【0379】

以下、この点を詳述する。図54で示すように、電極ユニット81は、誘電体空間18内において高圧電極F5と接地電極F6とが平面視して重複する領域である主要放電空間を含んで放電空間4が形成される。

【0380】

一方、図55で示すように、実施の形態7の電極ユニット91は、高圧電極F5と比較して導体膜F7の形成面積を広げている。

【0381】

導電性を有する電極補強導電膜である導体膜F7は内部抵抗が十分小さく内部電位を同

50

一にする性質があるため、導体膜 F 7 から放電を発生させる電場を生じさせることができる。したがって、電極ユニット 9 1 は、誘電体空間 1 8 内において導体膜 F 7 と接地電極 F 6 とが平面視して重複する領域である拡張主要放電空間を含む比較的広い放電空間 4 e を形成することができる。

【0382】

なお、導体膜 F 7 の膜厚は例えば 50 nm に設定される。導体膜 F 7 の膜厚は低抵抗化を妨げることなく、導体膜内蔵積層構造内の誘電体膜 F 2、導体膜 F 7 及び誘電体保護膜 F C 2 間に隙間が生じないように設定することが望ましい。

【0383】

一方、図 5 6 で示す電極ユニット 8 1 X は、拡張高压電極 F 5 e の形成面積を広げることにより、導体膜 F 7 を設けることなく電極ユニット 9 1 と同等の放電空間 4 e を形成している。

【0384】

しかしながら、拡張高压電極 F 5 e は外部に露出しているため、高压電極 F 5 より形成面積を広げた分、誘電体膜支持部材 M 1 0 との電極余裕距離 $\Delta F 5$ が短くなる。このため、電極ユニット 8 1 X は、拡張高压電極 F 5 e と誘電体膜支持部材 M 1 0 との間で不具合が発生する可能性が高くなる。

【0385】

例えば、誘電体膜支持部材 M 1 0 が導体で接地レベルに設定されている場合、拡張高压電極 F 5 e と誘電体膜支持部材 M 1 0 との電極余裕距離 $\Delta F 5$ が短いと、沿面放電を経由して誘電体膜支持部材 M 1 0 と拡張高压電極 F 5 e とが短絡されてしまう恐れがある。

【0386】

一方、実施の形態 7 の基本態様となる活性ガス生成装置は、導体膜 F 7 を導体膜内蔵積層構造内に設けているため、導体膜 F 7 が誘電体膜支持部材 M 1 0 等の外部構成部材と電氣的に接続される可能性は“0”となる。

【0387】

したがって、実施の形態 7 の基本態様となる活性ガス生成装置は、高压電極 F 5 の形成面積を必要最小限にして高压電極 F 5 と誘電体膜支持部材 M 1 0 との電極余裕距離 $\Delta F 5$ を十分長い距離に設定することにより、上述した短絡等の不具合が発生する可能性を十分に抑制することができる。

【0388】

このように、実施の形態 7 の基本態様となる活性ガス生成装置は、高压電極 F 5 の形成面積を必要最小限に抑え、かつ、比較的広い（拡張）主要放電空間を含む放電空間 4 e に誘電体バリア放電を発生させることができる。

【0389】

実施の形態 7 の基本態様の活性ガス生成装置において、導体膜内蔵積層構造の内部において誘電体膜 F 2、導体膜 F 7 及び誘電体保護膜 F C 2 間に隙間を生じさせていないため、誘電体膜 F 2 と誘電体膜 F 3 との間において、放電空間 4 e 以外に放電現象が発生する空間を生じさせるとなく精度良く活性ガス G 2 を得ることができる。

【0390】

電極ユニット 9 1 の高压側電極構成部 E 1 3 は導体膜 F 7 及び誘電体保護膜 F C 2 を含んでいる。この電極ユニット 9 1 を有する実施の形態 7 の基本態様の活性ガス生成装置は、高压電極 F 5 及び接地電極 F 6 間に交流電源 1 5 より印加電圧として交流電圧を印加することにより、誘電体空間 1 8 内の放電空間 4 e に供給された原料ガス G 1 を活性化して活性ガス G 2 を生成することができる。

【0391】

（第 2 の態様）

図 5 7 は実施の形態 7 の第 2 の態様となる活性ガス生成装置に用いられる電極ユニット 9 1 1 の断面構造を示す説明図である。図 5 8 は図 5 7 の着目領域 R 4 の詳細を示す説明図である。図 5 7 及び図 5 8 それぞれに X Y Z 直交座標系を記している。

【0392】

図57で示す電極ユニット911は、図53で示した基本態様の電極ユニット91を、実施の形態2の電極ユニット55に適用した実使用構造である。電極ユニット911において、誘電体膜F2として高圧側誘電体膜2が用いられ、誘電体膜F3として接地側誘電体膜3が用いられ、高圧電極F5として給電体5が用いられ、導体膜F7として導体膜F71が用いられている。なお、接地電極F6として図示しない導電膜7（図20、図21）が用いられる。

【0393】

このように実施の形態7の第2の態様における実使用構造の活性ガス生成装置は電極ユニット911を有する活性ガス生成装置となる。

【0394】

実施の形態7の活性ガス生成装置の第2の態様の全体構成は図1で示した活性ガス生成装置71と同様な構成である。したがって、図57で示す電極ユニット911は、図1で示す全体構成の活性ガス生成装置75における電極ユニット51～53のいずれかに対応する。

【0395】

すなわち、実施の形態7の活性ガス生成装置における第2の態様は、実施の形態1の活性ガス生成装置71と同様、複数の電極ユニットとして電極ユニット51～53と、筐体内空間S1（図8参照）に電極ユニット51～53を収容し、導電性を有する筐体1とを備えている。

【0396】

以下、実施の形態1の電極ユニット50（51～53）と同様な構造、実施の形態2の電極ユニット55と同様な構造、または実施の形態5の電極ユニット831と同様な構造は、同一符号を付して説明を適宜省略し、電極ユニット911の特徴部分を中心に説明する。

【0397】

図57に示すように、電極ユニット911は、実施の形態1の電極ユニット50（51～53）と同様、高圧側誘電体膜2の下面は凹部底面26と、凹部底面の周辺に設けられる凸部底面23とを有している。凸部底面23は凹部底面26より+Z方向に沿った高さ方向における形成位置が高く設定されている。凹部底面26上に導体膜F7及び誘電体保護膜FC2が設けられ、凸部底面23上には導体膜F7及び誘電体保護膜FC2が設けられていない。

【0398】

電極ユニット911は、高圧側誘電体膜2の凸部底面23を下方から支持する誘電体支持面となる支持面10Fを有する誘電体膜支持部材10Bを備えている。

【0399】

図57に示すように、誘電体膜支持部材10Bは、高圧側誘電体膜2の凹部底面26上に設けられた誘電体保護膜FC2の周辺領域の下方に配置される保護部材固定補助面となる固定補助面10XFをさらに有している。

【0400】

電極ユニット911は、電極ユニット50及び55と同様、第1の電極用誘電体膜である高圧側誘電体膜2を上方から抑圧する誘電体膜抑圧部材11を備えており、誘電体膜抑圧部材11は平面視して給電体5と重複しない。

【0401】

誘電体膜支持部材10Bにおいて、保護部材固定補助面となる固定補助面10XFと誘電体保護膜FC2の下面との間に弾性部材として機能するリング17が挿入されている。なお、固定補助面10XFと平面視重複する領域には導体膜F71は形成されていない。したがって、リング17の弾性力によって高圧側誘電体膜2の凹部底面26と、誘電体保護膜FC2の上面とが密着状態に設定される。以下、この点について詳述する。

【0402】

図５７において、Ｏリング１７は、誘電体膜支持部材１０Ｂと高圧側誘電体膜２との間において、誘電体保護膜ＦＣ２を介して挟まれることによって変形する。弾性部材として機能するＯリング１７の弾性力により、誘電体保護膜ＦＣ２の上面は、導体膜Ｆ７１が形成されていない高圧側誘電体膜２の下面に対して密着する。

【０４０３】

実施の形態７の第２の態様で用いられる電極ユニット９１１は、実施の形態３の第２の態様及び実施の形態７の基本態様と同様の効果を奏する。さらに、以下で述べる固有の効果を奏する。

【０４０４】

なお、高圧側誘電体膜２（誘電体膜Ｆ２）、導体膜Ｆ７１（導体膜Ｆ７）及び誘電体保護膜ＦＣ２からなる導体膜内蔵積層構造は例えば以下の第１及び第２の製法によって得ることができる。

【０４０５】

第１の製法はステップＳ１１～Ｓ１４を含む製法であり、以下にステップＳ１１～Ｓ１４を示す。

【０４０６】

Ｓ１１…誘電体保護膜ＦＣ２の上面上に導体膜Ｆ７１を成膜して、図５８で示す導体膜付誘電体保護膜ＦＣＥ（誘電体保護膜ＦＣ２と導体膜Ｆ７１との組合せ構造）を得る。なお、誘電体保護膜ＦＣ２への導体膜Ｆ７の成膜方法としてスパッタ法やイオンプレーティング技術が用いられる。

【０４０７】

Ｓ１２…導体膜付誘電体保護膜ＦＣＥを、Ｏリング１７を介して誘電体膜支持部材１０Ｂの固定補助面１０ＸＦ上に配置する。導体膜付誘電体保護膜ＦＣＥにおいて、固定補助面１０ＸＦの上方には導体膜Ｆ７は形成されていない。

【０４０８】

Ｓ１３…誘電体膜支持部材１０Ｂの支持面１０Ｆ上に高圧側誘電体膜２を配置する。

【０４０９】

Ｓ１４…高圧側誘電体膜２を上方から抑圧するための誘電体膜抑圧部材１１を設ける。

【０４１０】

ステップＳ１４の実行後、弾性部材として機能するＯリング１７の弾性力により、導体膜Ｆ７１の上面及び（導体膜Ｆ７１が設けられていない）誘電体保護膜ＦＣ２の上面が、高圧側誘電体膜２の下面に対して密着する。

【０４１１】

このように、ステップＳ１１～Ｓ１４を含む第１の製法によって、内部に隙間を生じさせることなく導体膜内蔵積層構造を得ることができる。なお、ステップＳ１１の導体膜Ｆ７１の成膜を精度良く行うべく、研磨等により誘電体保護膜ＦＣ２における上面の平面度を高めることが望ましい。例えば、導体膜Ｆ７１の膜厚を２０ｎｍに設定した場合、誘電体保護膜ＦＣ２の上面の面粗さを２０ｎｍ以下にすることが望ましい。

【０４１２】

第２の製法はステップＳ２１～Ｓ２４を含む製法であり、以下にステップＳ２１～Ｓ２４を示す。

【０４１３】

Ｓ２１…高圧側誘電体膜２の下面上に導体膜Ｆ７を成膜して、図５８で示す導体膜付誘電体膜Ｆ２Ｅ（誘電体膜Ｆ２と導体膜Ｆ７との組合せ構造）を得る。なお、高圧側誘電体膜２への導体膜Ｆ７の成膜方法としてスパッタ法やイオンプレーティング技術が用いられる。

【０４１４】

Ｓ２２…誘電体保護膜ＦＣ２を、Ｏリング１７を介して誘電体膜支持部材１０Ｂの固定補助面１０ＸＦ上に配置する。導体膜付誘電体膜Ｆ２Ｅにおいて、固定補助面１０ＸＦの上方には導体膜Ｆ７は形成されていない。

【0415】

S23…誘電体膜支持部材10Bの支持面10F上に導体膜付誘電体膜F2Eを配置する。支持面10F上に配置される導体膜付誘電体膜F2Eの下面には導体膜F7は形成されていない。

【0416】

S24…導体膜付誘電体膜F2Eを上方から抑圧するための誘電体膜抑圧部材11を設ける。

【0417】

ステップS24の実行後、弾性部材として機能するOリング17の弾性力により、誘電体保護膜FC2の上面が、導体膜F7の下面及び（導体膜F7が設けられていない）高压側誘電体膜2の下面に対して密着する。

10

【0418】

このように、ステップS21～S24を含む第2の製法によって、内部に隙間を生じさせることなく導体膜内蔵積層構造を得ることができる。なお、ステップS21の導体膜F7の成膜を精度良く行うべく、研磨等により高压側誘電体膜2の下面の平面度を高めることが望ましい。例えば、導体膜F71の膜厚を20nmに設定した場合、高压側誘電体膜2の下面の面粗さを20nm以下にすることが望ましい。

【0419】

電極ユニット911は、高压側誘電体膜2及び接地側誘電体膜3の構成材料を従前から変更する必要はなく、電極ユニット55からの主な変更点は、誘電体膜支持部材10から誘電体膜支持部材10Bへの改良、導体膜F7及び誘電体保護膜FC2の追加程度となる。このため、上述した第1の製法または第2の製法を含む電極ユニット911の製造工程が複雑化することはない。

20

【0420】

実施の形態7の活性ガス生成装置の第2の態様において、電極ユニット911の誘電体膜支持部材10Bは、誘電体支持面となる支持面10Fにて接地側誘電体膜3の凸部底面23を下方から支持している。さらに、弾性部材として機能するOリング17の弾性力によって高压側誘電体膜2の凹部底面26と誘電体保護膜FC2の上面とが密着状態に設定される。

【0421】

30

したがって、実施の形態7の活性ガス生成装置の第2の態様は、誘電体膜支持部材10B及びOリング17を設けるという比較的簡単な構造で、導体膜内蔵積層構造を安定性良く固定することができる。

【0422】

加えて、第1の電極用導電膜となる給電体5の面積を必要最小限に抑えることにより、誘電体膜抑圧部材11との間に十分な絶縁距離を確保することができる。

【0423】

したがって、実施の形態7の活性ガス生成装置の第2の態様は、給電体5と誘電体膜抑圧部材11との間で生じ可能性がある不具合を確実に回避する構造を得ることができる。

【0424】

40

加えて、実施の形態7の活性ガス生成装置の第2の態様は、Oリング17の弾性力を利用することにより、比較的簡単な構造で、高压側誘電体膜2の凹部底面26と誘電体保護膜FC2の上面との密着精度の向上を図ることができる。

【0425】

さらに、図57で示した電極ユニット911を有する実施の形態7の活性ガス生成装置の第2の態様において、複数のガス噴出口70は、実施の形態2の電極ユニット55及び実施の形態3の第2の態様である電極ユニット811と同様の特徴を有している。すなわち、複数のガス噴出口70は、複数の部分活性ガスが衝突領域80にて衝突するように、下方に向かうに従い互いに接近する態様で設けられ、かつ、衝突領域80は下方テーパ領域41t（図36及び図37参照）内または下方テーパ領域41tより上方に存在す

50

る。

【0426】

このため、実施の形態7の活性ガス生成装置における第2の態様は、実施の形態2の活性ガス生成装置及び実施の形態3の第2の態様と同様、均一な活性ガスG2を後段の処理空間に供給することができる。

【0427】

<実施の形態8>

図59は実施の形態8の第1及び第2の態様となる活性ガス生成装置の断面構造を示す説明図である。図60は実施の形態8の第1の態様における図59の着目領域R5の詳細構造を示す説明図である。図61は実施の形態8の第2の態様における図59の着目領域R5の詳細構造を示す説明図である。図59～図61それぞれにXYZ直交座標系を記している。

【0428】

図59で示す電極ユニット931は、図49で示した実施の形態5の電極ユニット831に対応する実使用構造である。

【0429】

なお、第1の態様に対応する実施の形態8の基本態様は、図47で示した電極ユニット83において、誘電体膜F2の下面に導体膜F7に設け、導体膜F7の下面と誘電体保護膜FC4の上面との間に保護部材空間40を設けた構造となる。

【0430】

また、第2の態様に対応する実施の形態8の基本態様は、図47で示した電極ユニット83において、誘電体保護膜FC4の上面に導体膜F7に設け、導体膜F7の上面と誘電体膜F2の下面との間に保護部材空間40を設けた構造となる。

【0431】

電極ユニット931において、誘電体膜F2として高圧側誘電体膜2が用いられ、誘電体膜F3として接地側誘電体膜3が用いられ、高圧電極F5として給電体5が用いられ、導体膜F7として導体膜F72（第1の態様）または導体膜F73（第2の態様）が用いられ、図48で示した誘電体膜支持部材M10として誘電体膜支持部材10Cが用いられている。なお、接地電極F6として図示しない導電膜7（図20，図21）が用いられる。なお、図59では導体膜F72が示されている。

【0432】

このように実施の形態8の第1及び第2の態様の活性ガス生成装置は電極ユニット931を有する活性ガス生成装置となる。

【0433】

実施の形態8の活性ガス生成装置の第1及び第2の態様の全体構成は図1で示した活性ガス生成装置71と同様な構成である。したがって、図59で示す電極ユニット931は、図1で示す全体構成の活性ガス生成装置75における電極ユニット51～53のいずれかに対応する。

【0434】

すなわち、実施の形態8の活性ガス生成装置における第1及び第2の態様は、実施の形態1の活性ガス生成装置71と同様、複数の電極ユニットとして電極ユニット51～53と、筐体内空間S1（図8参照）に電極ユニット51～53を収容し、導電性を有する筐体1とを備えている。

【0435】

以下、実施の形態1の電極ユニット50（51～53）と同様な構造、実施の形態2の電極ユニット55、または実施の形態5の電極ユニット831と同様な構造は、同一符号を付して説明を適宜省略し、電極ユニット931の特徴部分を中心に説明する。

【0436】

図59に示すように、電極ユニット931は、実施の形態1の電極ユニット50（51～53）と同様、高圧側誘電体膜2の下面は凹部底面26と、凹部底面の周辺に設けられ

10

20

30

40

50

る凸部底面 23 とを有している。凸部底面 23 は凹部底面 26 より +Z 方向に沿った高さ方向における形成位置が高く設定されている。

【0437】

図 60 で示す第 1 の態様では、凹部底面 26 の下面上に導体膜 F72 が設けられ、導体膜 F72 の下方に誘電体保護膜 FC4 が保護部材空間 40 を介して設けられ、凸部底面 23 上に導体膜 F72 及び誘電体保護膜 FC4 は設けられない。

【0438】

このように、図 60 に示す第 1 の態様では、高圧側誘電体膜 2 及び導体膜 F72 の下面側に微小なギャップ長 $\Delta 40$ を有する保護部材空間 40 を介して誘電体保護膜 FC4 が配置されている。

【0439】

したがって、電極ユニット 931 の第 1 の態様における高圧側電極構成部 E14 は、高さ方向 (+Z 方向) に沿って、誘電体保護膜 FC4、保護部材空間 40、導体膜 F72、高圧側誘電体膜 2 及び給電体 5 の順に配置される。

【0440】

一方、図 61 で示す第 2 の態様では、凹部底面 26 の下方に導体膜 F73 及び誘電体保護膜 FC4 の組合せ構造となる導体膜付誘電体保護膜 FCE が保護部材空間 40 を介して設けられ、凸部底面 23 上に導体膜 F73 及び誘電体保護膜 FC4 は設けられない。

【0441】

このように、図 61 に示す第 2 の態様では、高圧側誘電体膜 2 の下面側に微小なギャップ長 $\Delta 40$ を有する保護部材空間 40 を介して、導体膜 F73 及び誘電体保護膜 FC4 の組合せ構造となる導体膜付誘電体保護膜 FCE が配置されている。

【0442】

したがって、電極ユニット 931 の第 2 の態様における高圧側電極構成部 E15 は、高さ方向 (+Z 方向) に沿って、誘電体保護膜 FC4、導体膜 F73、保護部材空間 40、高圧側誘電体膜 2 及び給電体 5 の順に配置される。

【0443】

以下、図 60 で示す第 1 の態様と図 61 で示す第 2 の態様とを総称する場合、「実施の形態 8 の実構造」または単に「実施の形態 8」と称する場合がある。

【0444】

実施の形態 8 の実構造において、誘電体保護膜 FC4 と接地側誘電体膜 3 との間がギャップ長 $\Delta 4$ の放電空間 4e となる。なお、高圧側誘電体膜 2 の上面上に給電体 5 が設けられ、接地側誘電体膜 3 の下面側に接地導体 60 が設けられる。

【0445】

図 59 及び図 60 で示した実施の形態 8 の第 1 の態様となる活性ガス生成装置は以下の特徴を有している。

【0446】

電極補強導電膜である導体膜 F72 は、第 1 の電極用誘電体膜である高圧側誘電体膜 2 の下面上に密着して設けられる。

【0447】

誘電体保護部材である誘電体保護膜 FC4 は導体膜 F72 の下方に設けられ、誘電体保護膜 FC4 は平面視して導体膜 F72 の全てを含み、誘電体保護膜 FC4 と導体膜 F72 との間に保護部材空間 40 が設けられる。なお、導体膜 F72 が形成されていない保護部材空間 40 の一部は誘電体保護膜 FC4 と高圧側誘電体膜 2 との間の空間となる。

【0448】

誘電体保護膜 FC4 と第 2 の電極用誘電体膜である接地側誘電体膜 3 とが対向する空間が誘電体空間 18 となり、保護対象誘電体膜は高圧側誘電体膜 2 である。

【0449】

第 1 の電極構成部である高圧側電極構成部 E14 は誘電体保護膜 FC4 及び導体膜 F72 をさらに含む特徴を有している。

10

20

30

40

50

【0450】

高圧側電極構成部 E 1 4 の給電体 5 と接地側電極構成部 E 2 0 の接地導体 6 と間に印加電圧 V P を印加する交流電源 1 5 をさらに備え、交流電源 1 5 からの印加電圧の印加時に放電空間 4 e に誘電体バリア放電が発生する。

【0451】

導体膜 F 7 2 は、平面視して給電体 5 より広く、平面視して高圧側誘電体膜 2 より狭い平面形状を有し、接地導体 6 は平面視して導体膜 F 7 2 を含む。

【0452】

放電空間 4 e は、誘電体空間 1 8 内において導体膜 F 7 2 と接地導体 6 とが平面視して重複する領域である拡張主要放電空間を含む。

【0453】

交流電源 1 5 からの印加電圧、放電空間 4 e 及び保護部材空間 4 0 は、印加電圧の印加時に放電空間 4 e に誘電体バリア放電が発生し、保護部材空間 4 0 に誘電体バリア放電が発生しない放電発生要件を満足するように設定される。

【0454】

一方、図 5 9 及び図 6 1 で示した実施の形態 8 の第 2 の態様となる活性ガス生成装置は以下の特徴を有している。

【0455】

電極補強導電膜である導体膜 F 7 3 は、誘電体保護膜 F C 4 の上面上に密着して設けられ、誘電体保護膜 F C 4 は平面視して導体膜 F 7 3 の全てを含んでいる。

【0456】

導体膜 F 7 3 と高圧側誘電体膜 2 との間に保護部材空間 4 0 が設けられる。なお、導体膜 F 7 3 が形成されていない保護部材空間 4 0 の一部は誘電体保護膜 F C 4 と高圧側誘電体膜 2 との間の空間となる。

【0457】

また、誘電体保護膜 F C 4 と接地側誘電体膜 3 とが対向する空間が誘電体空間 1 8 となり、保護対象誘電体膜は高圧側誘電体膜 2 である。

【0458】

高圧側電極構成部 E 1 5 は誘電体保護膜 F C 4 及び導体膜 F 7 3 をさらに含む特徴を有している。

【0459】

高圧側電極構成部 E 1 5 の給電体 5 と接地側電極構成部 E 2 0 の接地導体 6 と間に印加電圧を印加する交流電源 1 5 をさらに備え、交流電源 1 5 の印加電圧の印加時に放電空間 4 e に誘電体バリア放電が発生する。

【0460】

導体膜 F 7 3 は、平面視して給電体 5 より広く、平面視して高圧側誘電体膜 2 及び誘電体保護膜 F C 4 より狭い平面形状を有し、接地導体 6 は平面視して導体膜 F 7 3 を含んでいる。

【0461】

誘電体空間 1 8 において導体膜 F 7 3 と接地導体 6 とが平面視して重複する領域である拡張主要放電空間を含んで放電空間 4 e が形成される。

【0462】

交流電源 1 5 の印加電圧、放電空間 4 e 及び保護部材空間 4 0 は、印加電圧の印加時に放電空間 4 e に誘電体バリア放電が発生し、保護部材空間 4 0 に誘電体バリア放電が発生しない放電発生要件を満足するように設定される。

【0463】

実施の形態 8 の電極ユニット 9 3 1 は、上述した放電発生要件を満足させるべく、放電空間 4 e の放電距離となるギャップ長 $\Delta 4$ と比較して、保護部材空間 4 0 の放電距離となるギャップ長 $\Delta 4 0$ を十分短くなるように設定している。この特徴は第 1 及び第 2 の態様で共通している。

10

20

30

40

50

【0464】

図59に示すように、誘電体膜支持部材10Cは、誘電体保護膜FC4の周辺領域を下方から支持する保護部材支持面となる支持面10YFをさらに有している。

【0465】

したがって、誘電体保護膜FC4の周辺領域を支持面10YFによって下方から支持することにより、誘電体保護膜FC4のZ方向に沿った高さ方向の位置を固定することができる。

【0466】

なお、図61で示す第2の態様の場合、導体膜F73及び誘電体保護膜FC4の組合せ構造である導体膜付誘電体保護膜FCEの周辺領域を支持面10YFによって下方から支持することになる。

【0467】

誘電体膜支持部材10Cにおいて、誘電体支持面である支持面10Fは保護部材支持面である支持面10YFよりも高さ方向における形成位置が高く、支持面10Fと支持面10YFとの高さ方向の差分値 Δd は、高圧側誘電体膜2の下面と誘電体保護膜FC4の上面との間にギャップ長 $\Delta 40$ の保護部材空間40が形成されるように設定される。

【0468】

例えば、誘電体保護膜FC4が均一な膜厚 d_{C4} を有し、導体膜F72及びF73が共に均一な膜厚 d_7 を有し、凹部底面26の凸部底面23から-Z方向となる深さ方向の長さを突出長 t_{26} とすると、差分値 Δd は、 $\{\Delta d = d_{C4} + d_7 + t_{26} + \Delta 40\}$ を満足する長さに設定される。この際、保護部材空間40のギャップ長 $\Delta 40$ が上記した放電発生要件を満足するように、放電空間4のギャップ長 $\Delta 4$ より十分短く設定することが必要とされる。なお、導体膜F72及びF73の膜厚 d_7 は十分薄いため、保護部材空間40の一部を形成する誘電体保護膜FC4と高圧側誘電体膜2とのギャップ長もギャップ長 $\Delta 40$ と同程度となる。

【0469】

図59及び図60で示す電極ユニット931の第1の態様は、例えば以下の第3の製法によって得ることができる。第3の製法は以下に示すステップS31～S34を含む製法である。

【0470】

S31…高圧側誘電体膜2の下面上に導体膜F72を成膜して、図60に示すように導体膜付誘電体膜F2Eを得る。

【0471】

S32…誘電体保護膜FC2を誘電体膜支持部材10Cの支持面10YF上に配置する。支持面10F上に配置される導体膜付誘電体膜F2Eの下面には導体膜F7は形成されていない。

【0472】

S33…誘電体膜支持部材10Cの支持面10F上に導体膜付誘電体膜F2Eを配置する。支持面10F上に配置される導体膜付誘電体膜F2Eの下面には導体膜F72は形成されていない。

【0473】

S34…導体膜付誘電体膜F2Eを上方から抑圧するための誘電体膜抑圧部材11を設ける。

【0474】

ステップS34の実行後、誘電体保護膜FC4の上面と、導体膜F72の下面及び（導体膜F72が設けられていない）高圧側誘電体膜2の下面との間に、保護部材空間40が形成される。

【0475】

このように、ステップS31～S34を含む第3の製法によって高圧側電極構成部E14を有する電極ユニット931の第1の態様を得ることができる。

10

20

30

40

50

【0476】

図59及び図61で示す電極ユニット931の第2の態様は、例えば以下の第4の製法によって得ることができる。第4の製法は以下に示すステップS41～S44を含む製法である。

【0477】

S41…誘電体保護膜FC2の上面上に導体膜F73を成膜して、図61に示すように導体膜付誘電体保護膜FCEを得る。

【0478】

S42…導体膜付誘電体保護膜FCEを誘電体膜支持部材10Cの支持面10YF上に配置する。導体膜付誘電体保護膜FCEにおいて、支持面10YFの上方には導体膜F7

10

【0479】

S43…誘電体膜支持部材10Cの支持面10F上に高圧側誘電体膜2を配置する。

【0480】

S44…高圧側誘電体膜2を上方から抑圧するための誘電体膜抑圧部材11を設ける。

【0481】

ステップS44の実行後、導体膜付誘電体保護膜FCEの導体膜F73の上面及び（導体膜F73が設けられていない）誘電体保護膜FC2の上面と、高圧側誘電体膜2との間に保護部材空間40が形成される。

【0482】

20

実施の形態8の実構造である電極ユニット931を有する活性ガス生成装置は、図47～図51で示した実施の形態5の活性ガス生成装置と同様な効果を奏し、さらに、以下で述べる固有の効果を奏する。

【0483】

実施の形態8の活性ガス生成装置は、誘電体保護部材である誘電体保護膜FC4と第1の電極用誘電体膜である高圧側誘電体膜2（誘電体膜F2）との間に電極補強導電膜である導体膜F72または導体膜F73を設けている。導体膜F72または導体膜F73は、平面視して第1の電極用導電膜である給電体5（高圧電極F5）より広いという形状特性を有している。

【0484】

30

このため、実施の形態8の活性ガス生成装置は、給電体5より導体膜F72または導体膜F73の形成面積を広げた分、より広い体積の拡張主要放電空間を含む放電空間4eを得ることができる。

【0485】

したがって、実施の形態8の活性ガス生成装置において、給電体5の形成面積を必要最小限に抑え、かつ、拡張主要放電空間を含む比較的広い放電空間4eに誘電体バリア放電を発生させることができる。

【0486】

実施の形態8の活性ガス生成装置の第1の態様において、誘電体保護部材である誘電体保護膜FC4は電極補強導電膜となる導体膜F72との間に保護部材空間40を有するため、誘電体保護膜FC4と導体膜F72または高圧側誘電体膜2とを密着させる必要がない分、装置構成の簡略化を図ることができる。

40

【0487】

一方、実施の形態8の活性ガス生成装置の第2の態様において、導体膜F73と高圧側誘電体膜2との間に保護部材空間40を有するため、誘電体保護膜FC4と高圧側誘電体膜2とを密着させる必要がない分、装置構成の簡略化を図ることができる。

【0488】

また、実施の形態8の活性ガス生成装置において、保護部材空間40のギャップ長 $\Delta 40$ を、放電空間4eのギャップ長 $\Delta 4$ と比較して十分短い長さに設定することにより、上記放電発生要件を満足する、印加電圧、放電空間4及び保護部材空間40を比較的容易に

50

設定することができる。

【0489】

その結果、実施の形態8の活性ガス生成装置は、誘電体膜2（F2）と誘電体膜3（F3）との間において、放電空間4e以外に放電現象が発生する空間を生じさせるとなく精度良く活性ガスG2を得ることができる。

【0490】

電極ユニット931の第1の態様における高圧側電極構成部E14は、誘電体保護膜FC4を含んでおり、電極ユニット931において、誘電体膜F2及びF3間に印加する印加電圧は上記放電発生要件を満足している。

【0491】

このため、電極ユニット931を有する実施の形態8の活性ガス生成装置の第1の態様は、誘電体保護膜FC4と導体膜F72との間に形成される保護部材空間40に誘電体バリア放電を発生させることなく、誘電体保護膜FC4と誘電体膜3（F3）との間に拡張主要放電空間を含む比較的広い放電空間4eに誘電体バリア放電を発生させることができる。

【0492】

一方、電極ユニット931の第2の態様における高圧側電極構成部E15は、誘電体保護膜FC4を含んでおり、電極ユニット931において、誘電体膜F2及びF3間に印加する印加電圧は上記放電発生要件を満足している。

【0493】

このため、実施の形態8の活性ガス生成装置の第2の態様は、高圧側誘電体膜2と導体膜F73との間に形成される保護部材空間40に誘電体バリア放電を発生させることなく、誘電体保護膜FC4と誘電体膜3（F3）との間に拡張主要放電空間を含む比較的広い放電空間4eに誘電体バリア放電を発生させることができる。

【0494】

その結果、実施の形態8の活性ガス生成装置は、比較的広い放電空間4eに供給された原料ガスG1を活性化して活性ガスG2を生成することができる。

【0495】

さらに、実施の形態8の活性ガス生成装置の電極ユニット931において、誘電体膜支持部材10Cは、誘電体支持面である支持面10Fにて高圧側誘電体膜2の周辺領域を下方から支持し、かつ、保護部材支持面である支持面10YFにて誘電体保護膜FC4の周辺領域を下方から支持している。

【0496】

加えて、電極ユニット931において、支持面10Fと支持面10YFとの差分値 Δd は、高圧側誘電体膜2の下面と誘電体保護膜FC4の上面との間の一部にギャップ長 $\Delta 40$ の保護部材空間40が形成されるように設定される。

【0497】

したがって、実施の形態8の活性ガス生成装置は、高圧側誘電体膜2との間に保護部材空間40を有する誘電体保護膜FC4または導体膜付誘電体保護膜FCE（導体膜F73及び誘電体保護膜FC4の組合せ構造）を安定性良く固定することができる。

【0498】

さらに、図59～図61で示した電極ユニット931を有する実施の形態8の活性ガス生成装置における複数のガス噴出口70は、実施の形態2の電極ユニット55、または実施の形態5の電極ユニット831と同様の特徴を有している。すなわち、複数のガス噴出口70は、複数の部分活性ガスが衝突領域80にて衝突するように、下方に向かうに従い互いに接近する態様で設けられ、かつ、衝突領域80は下方テーパ領域41t（図36及び図37参照）内または下方テーパ領域41tより上方に存在する。

【0499】

その結果、実施の形態8の活性ガス生成装置は、実施の形態2の電極ユニット55及び実施の形態5の電極ユニット831と同様、均一な活性ガスG2を後段の処理空間に供給

10

20

30

40

50

することができる。

【0500】

＜その他＞

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。

【0501】

例えば、実施の形態2では1つの衝突領域80にて複数の部分活性ガスを衝突させたが、2つ以上の複数の衝突領域にて複数の部分活性ガスを選択的に衝突させても良い。

【0502】

また、実施の形態3～実施の形態6に関し、以下の第1及び第2の改良電極ユニットを有する活性ガス生成装置が考えられる。

【0503】

第1の改良電極ユニットは、電極ユニット81と電極ユニット84との組合せ構造として、実施の形態3の誘電体保護膜FC2と実施の形態6の誘電体保護膜FC5とを有する構造となる。

【0504】

第2の改良電極ユニットは、電極ユニット82と電極ユニット83との組合せ構造として、実施の形態4の誘電体保護膜FC3と実施の形態5の誘電体保護膜FC4とを有する構造となる。

【0505】

このように、本開示は、その開示の範囲内において、各実施の形態を自由に組み合わせたり、各実施の形態を適宜、変形、省略したりすることが可能である。

【符号の説明】

【0506】

- 1 筐体
- 2 高圧側誘電体膜
- 3 接地側誘電体膜
- 4, 4e 放電空間
- 5 給電体
- 6, 60 接地導体
- 7 導電膜
- 8 カバー誘電体膜
- 9 シールド誘電体膜
- 10, 10B, 10C, M10 誘電体膜支持部材
- 11 誘電体膜抑圧部材
- 12 押圧部材
- 13 バッファ導体
- 15 交流電源
- 21 ガス流路
- 22 冷却路
- 40 保護部材空間
- 41 筐体開口部
- 41a 上方領域
- 41t 下方テーパ領域
- 50, 51～53, 55, 81～84, 91, 810, 811, 830, 831, 911, 931 電極ユニット
- 61 原料ガスバッファ空間
- 62 スリット空間
- 63 側面空間

10

20

30

40

50

68 活性ガス用バッファ空間
 69, 70 ガス噴出口
 71, 75 活性ガス生成装置
 80 衝突領域
 E1, E10~E15 高圧側電極構成部
 E2, E20~E22 接地側電極構成部
 F2, F3 誘電体膜
 F5, F6 高圧電極
 F7, F71~F73 導体膜
 FC2~FC5 誘電体保護膜

10

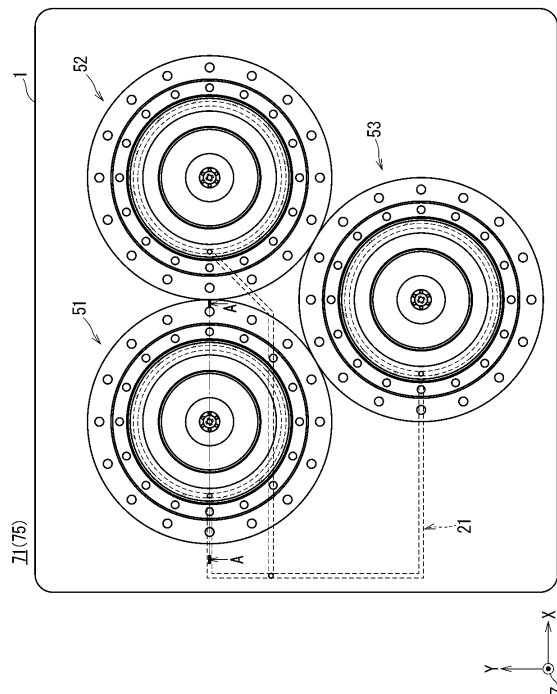
【要約】

本開示は、製造工程を複雑化することなく高純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の構造を提供することを目的とする。電極ユニット（81）は、誘電体膜（F2）及び（F3）のうち、誘電体膜（F2）を保護対象誘電体膜とし、誘電体膜F2の下面上に密着して誘電体保護膜（FC2）を有している。誘電体保護膜（FC2）と誘電体膜（F3）とが対向する空間である誘電体空間（18）内において高圧電極（F5）と接地電極（F6）とが平面視して重複する領域を含んで放電空間（4）が設けられる。誘電体保護膜（FC2）の構成材料は、放電空間（4）における誘電体バリア放電の発生時において、誘電体バリア放電によって生じるイオンの誘電体膜（F2）への照射を遮断し、かつ、イオンと化学反応しない保護特性を有している。

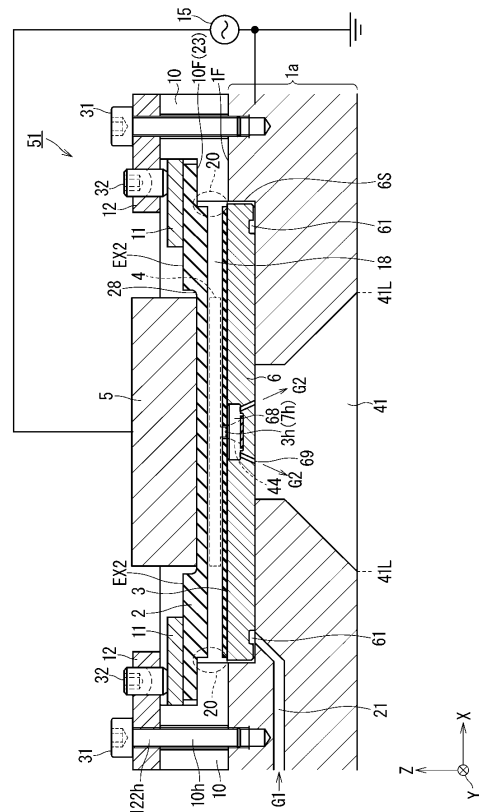
20

【図面】

【図1】



【図2】

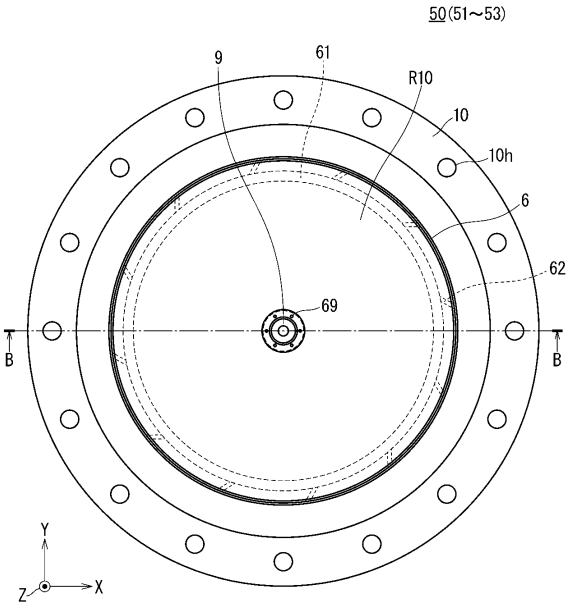


30

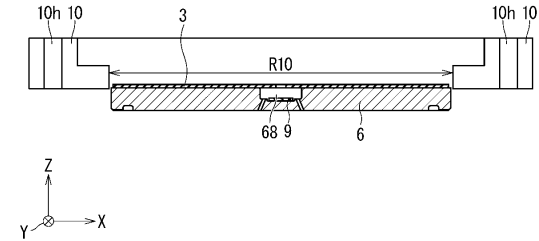
40

50

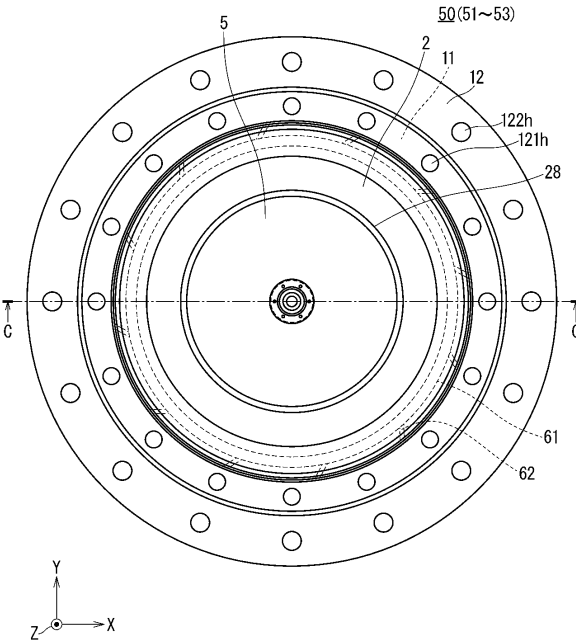
【図 3】



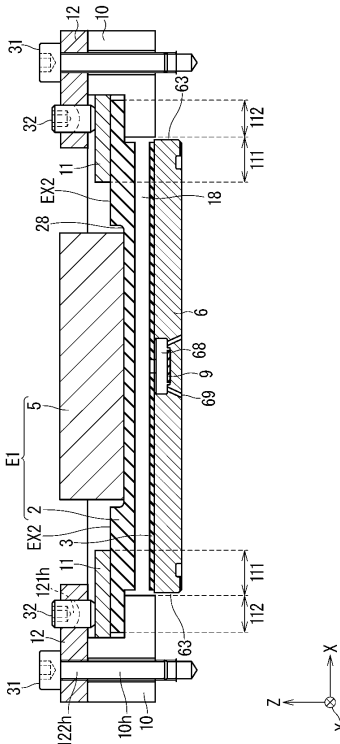
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

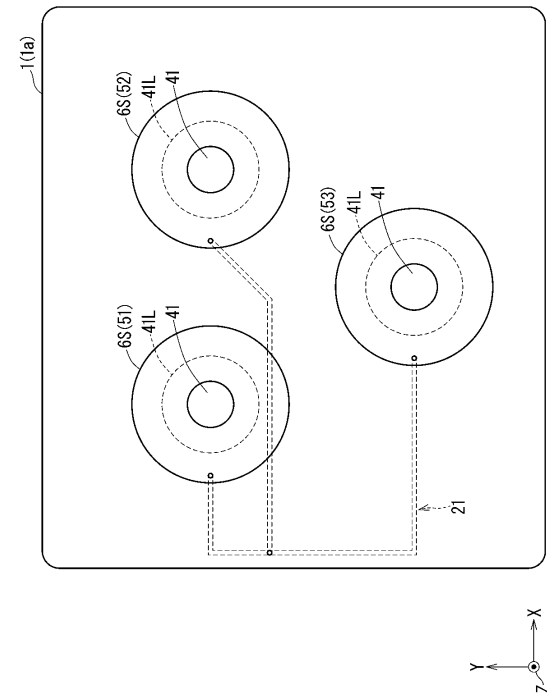
20

30

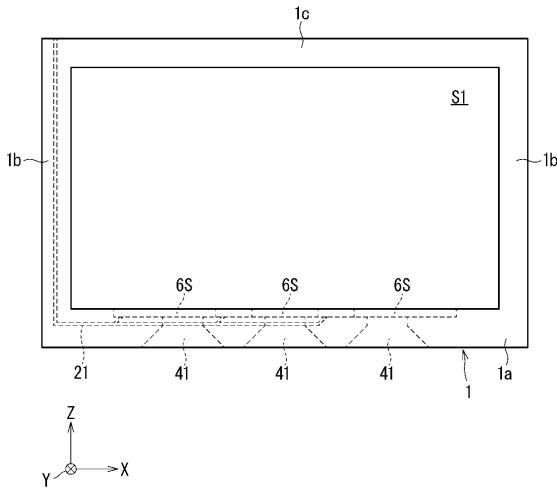
40

50

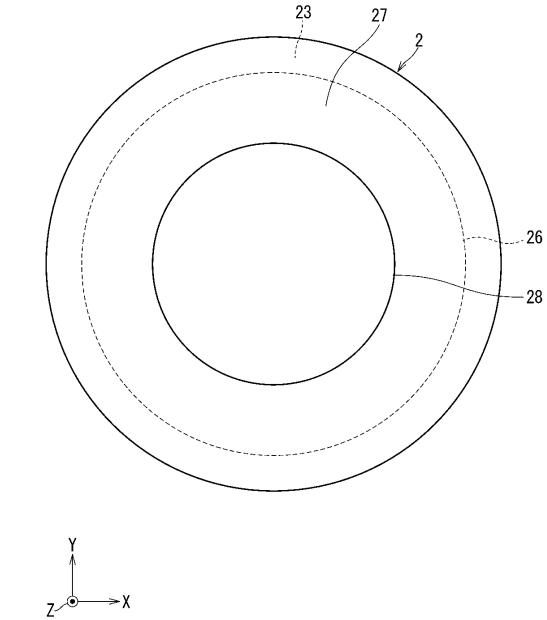
【図 7】



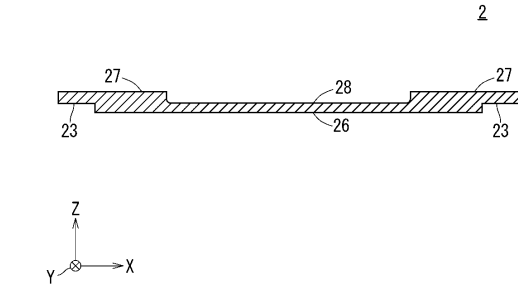
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

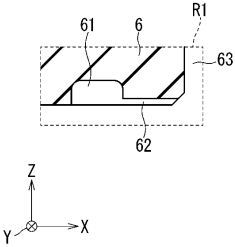
20

30

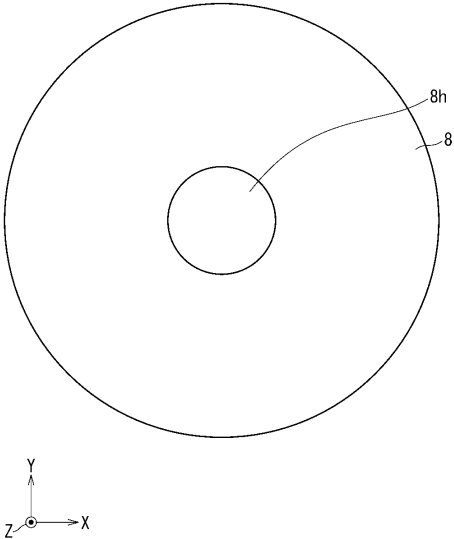
40

50

【図 17】

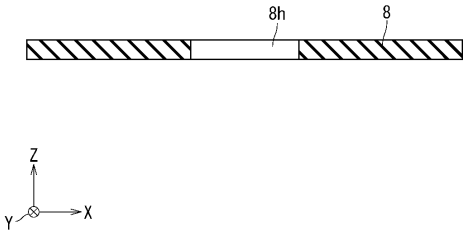


【図 18】

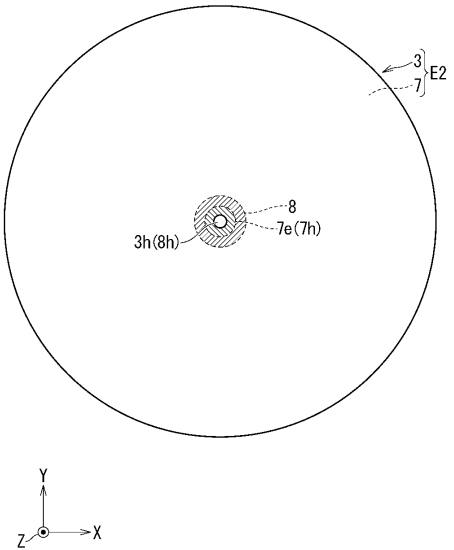


10

【図 19】



【図 20】



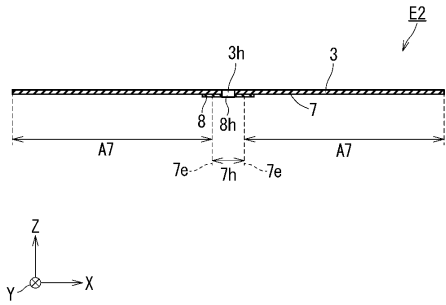
20

30

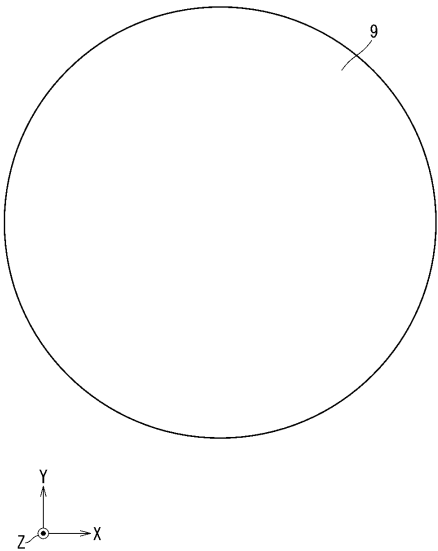
40

50

【図 2 1】

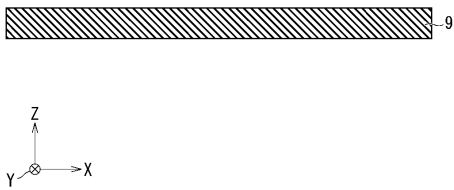


【図 2 2】

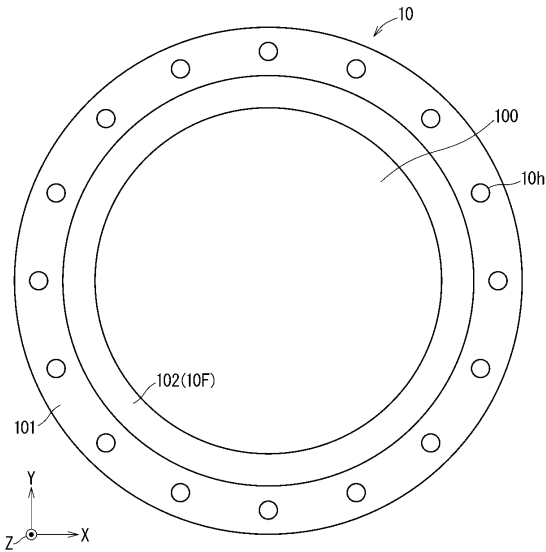


10

【図 2 3】



【図 2 4】



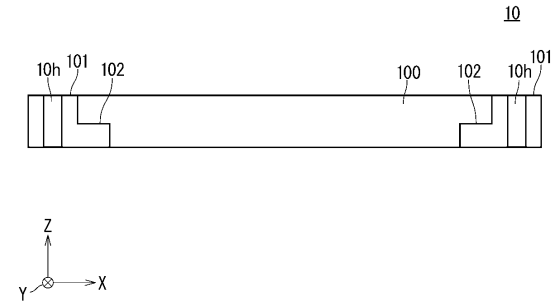
20

30

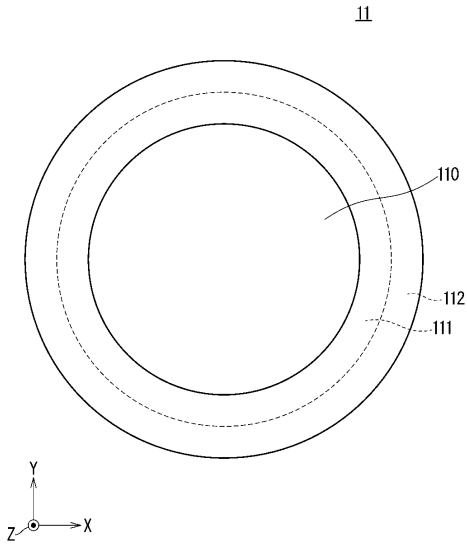
40

50

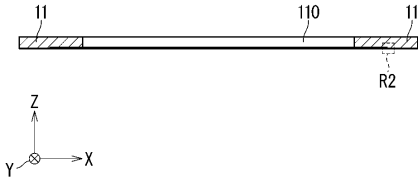
【図 2 5】



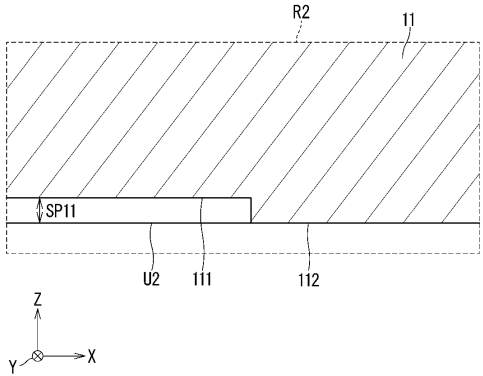
【図 2 6】



【図 2 7】



【図 2 8】



10

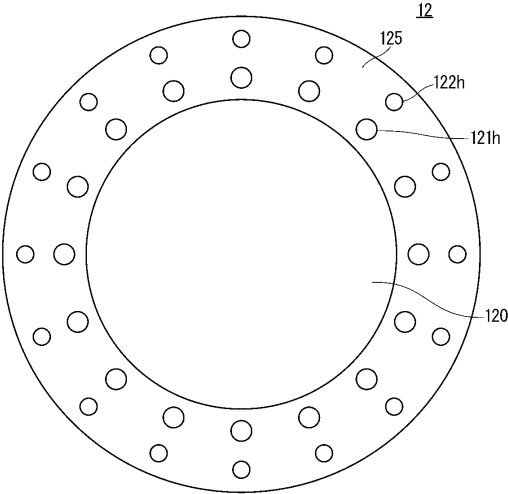
20

30

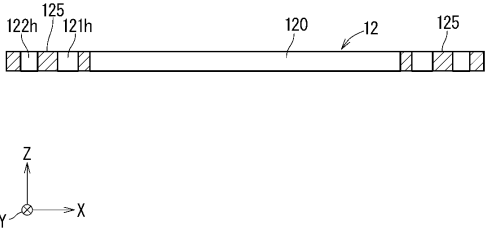
40

50

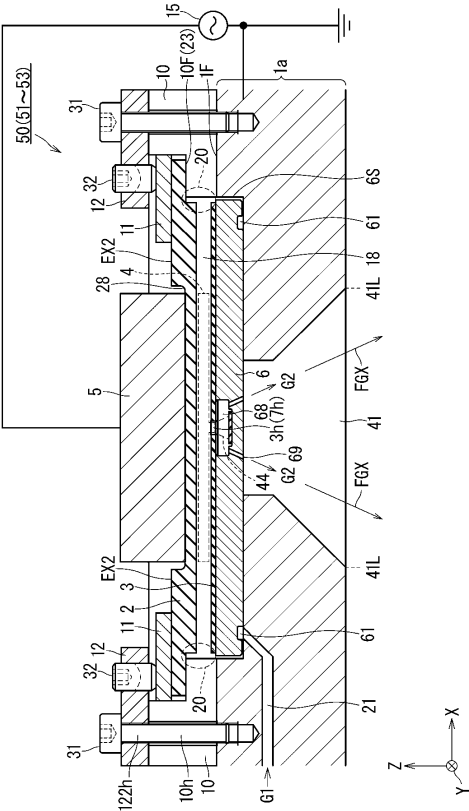
【図 29】



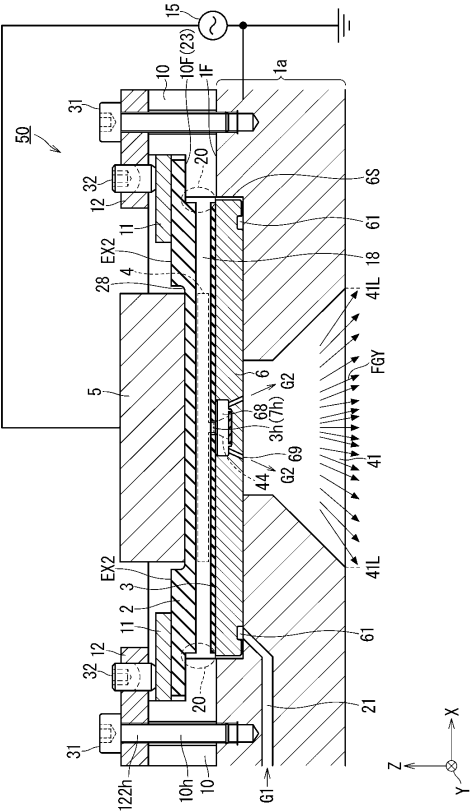
【図 30】



【図 31】



【図 32】



10

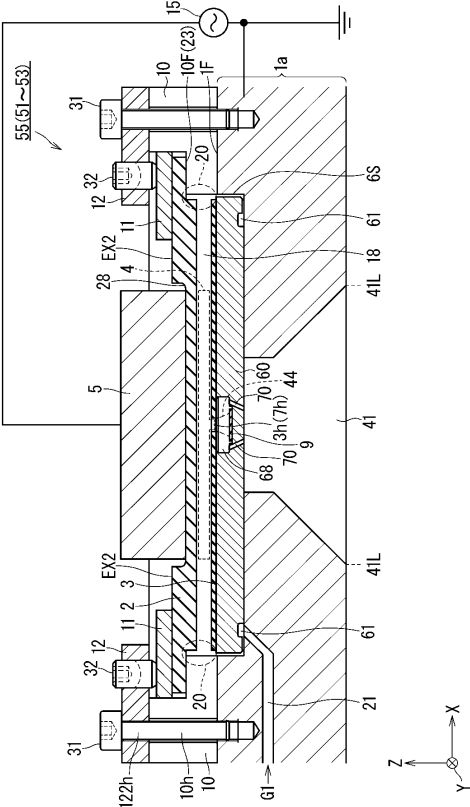
20

30

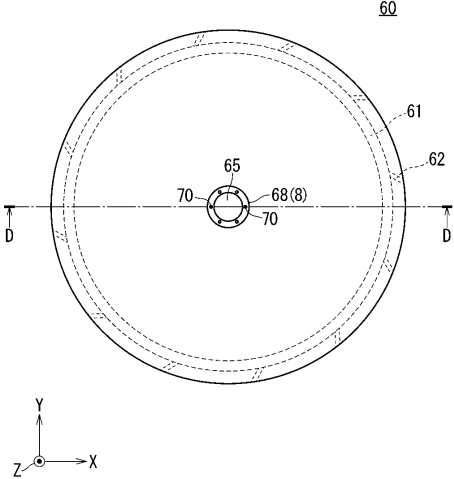
40

50

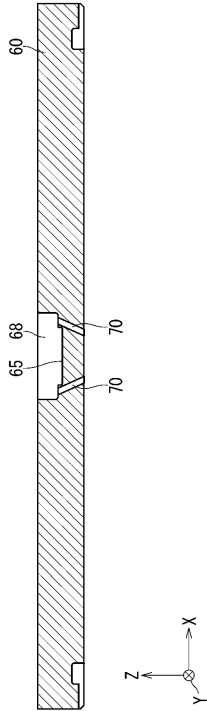
【図 3 3】



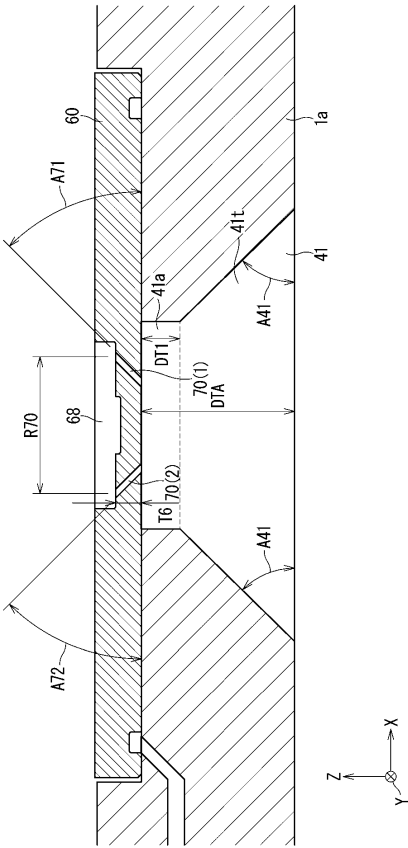
【図 3 4】



【図 3 5】



【図 3 6】



10

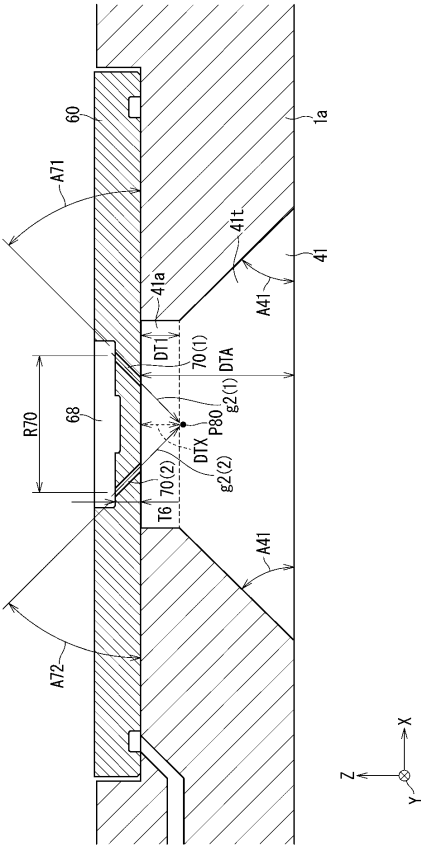
20

30

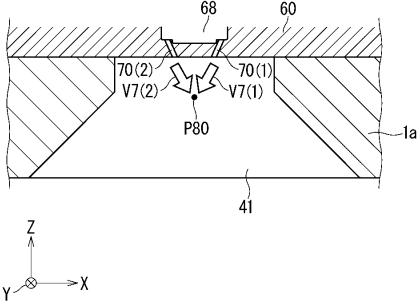
40

50

【図 3 7】



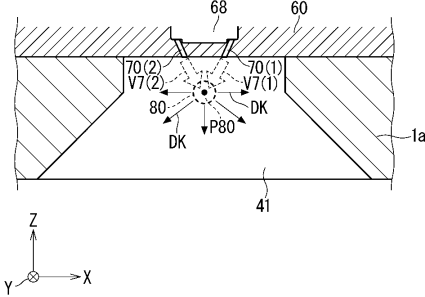
【図 3 8】



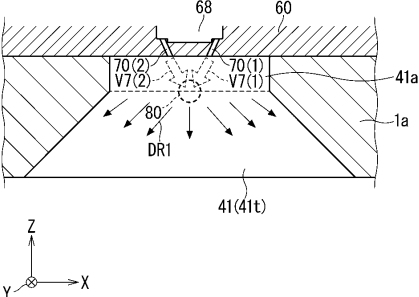
10

20

【図 3 9】



【図 4 0】

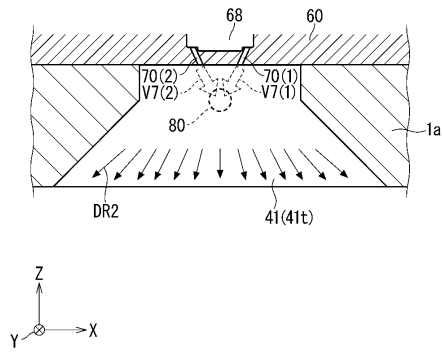


30

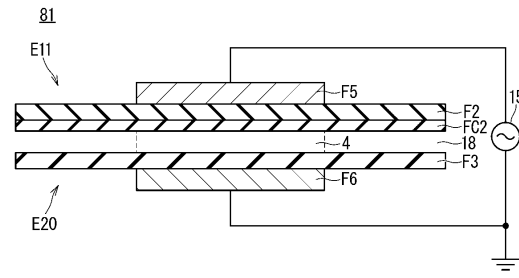
40

50

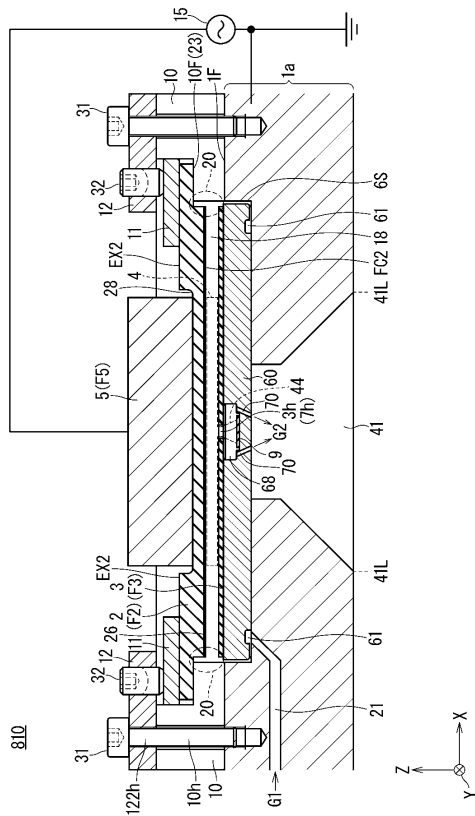
【図 4 1】



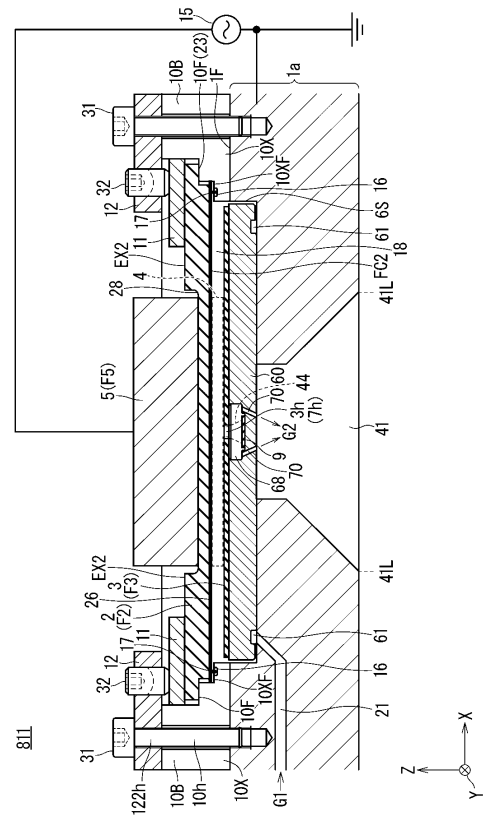
【図 4 2】



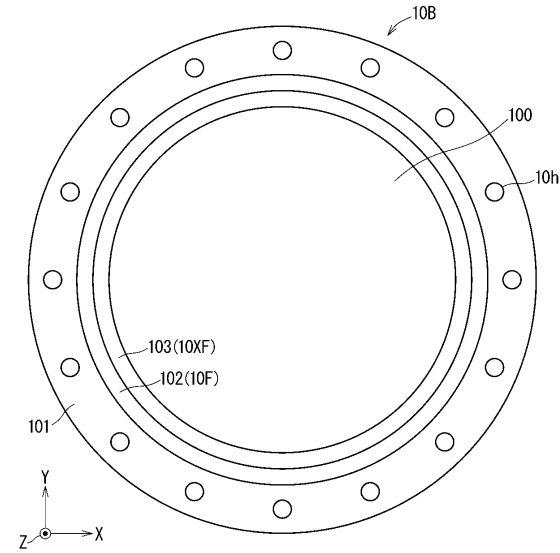
【図 4 3】



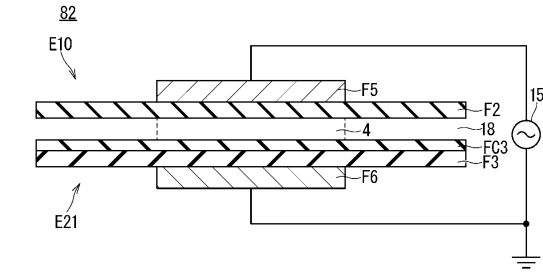
【図 4 4】



【図 4 5】

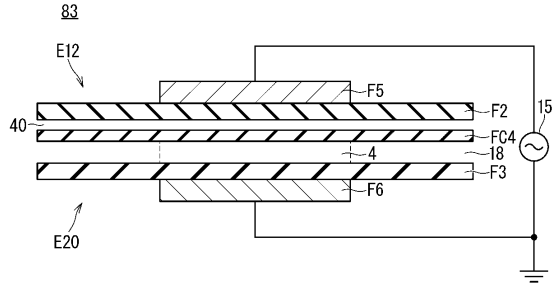


【図 4 6】

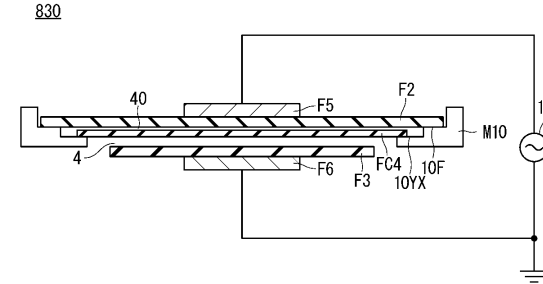


10

【図 4 7】



【図 4 8】



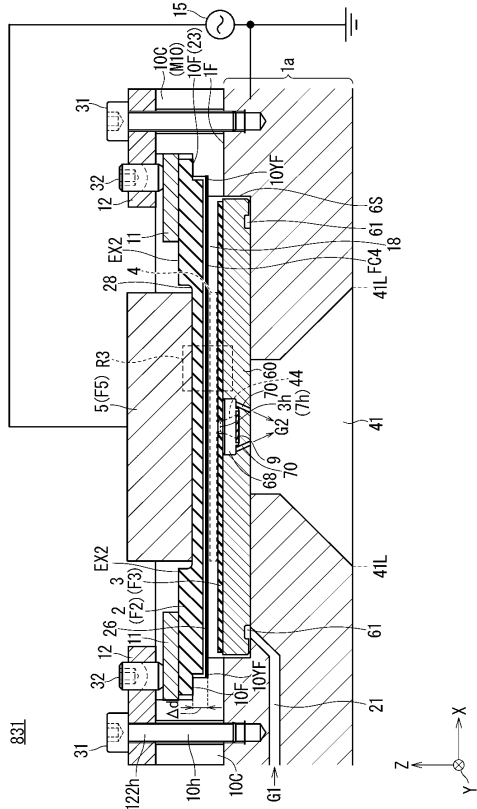
20

30

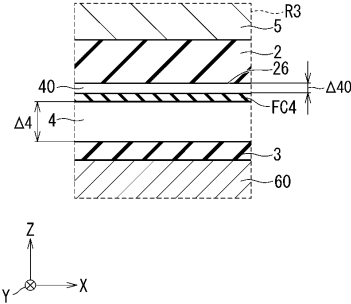
40

50

【図 49】



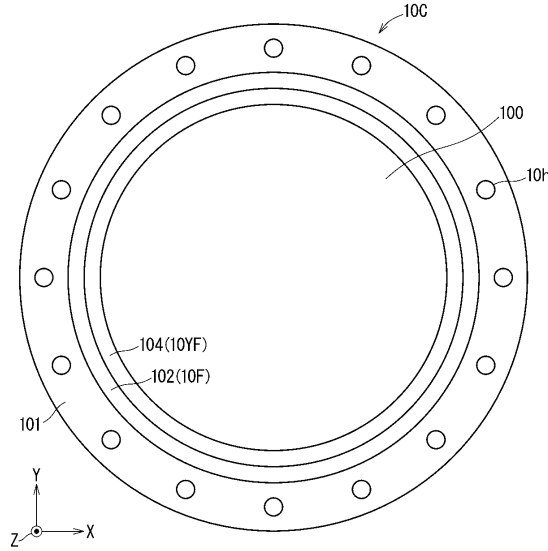
【図 50】



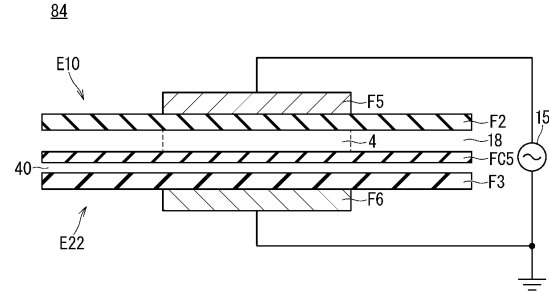
10

20

【図 51】



【図 52】

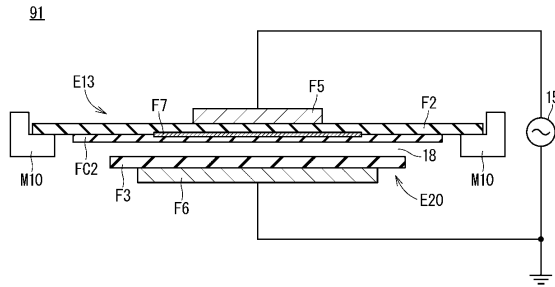


30

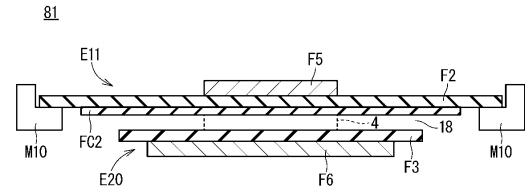
40

50

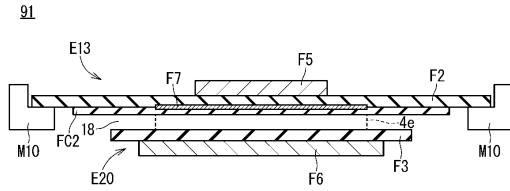
【図 5 3】



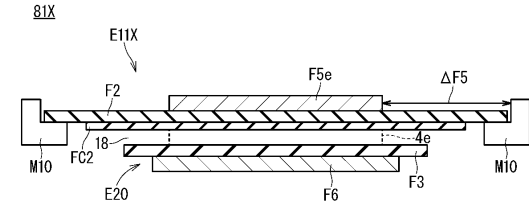
【図 5 4】



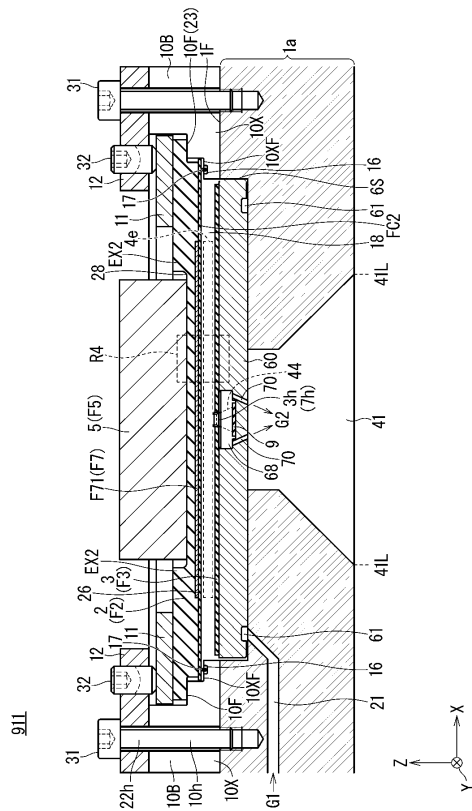
【図 5 5】



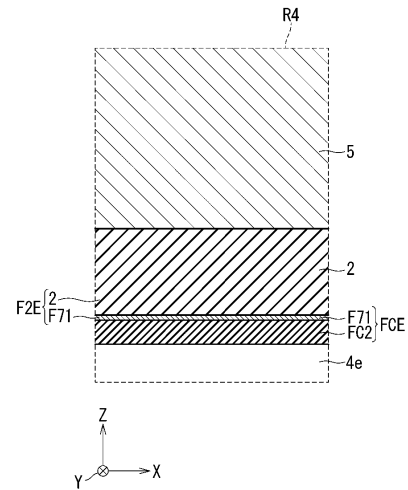
【図 5 6】



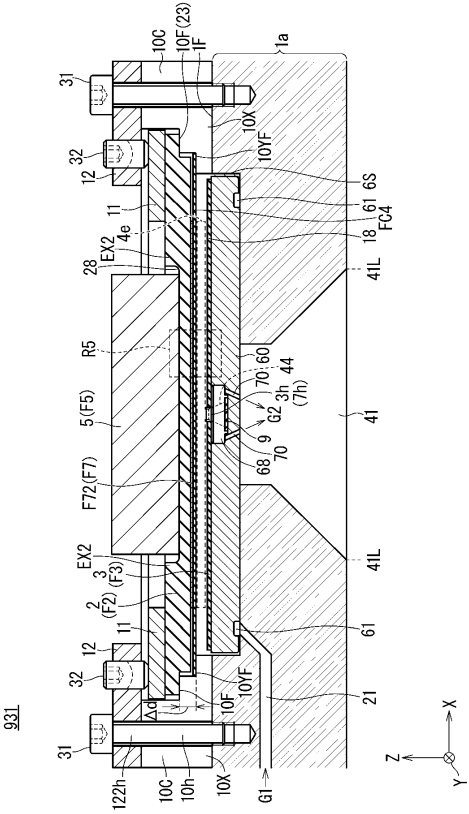
【図 5 7】



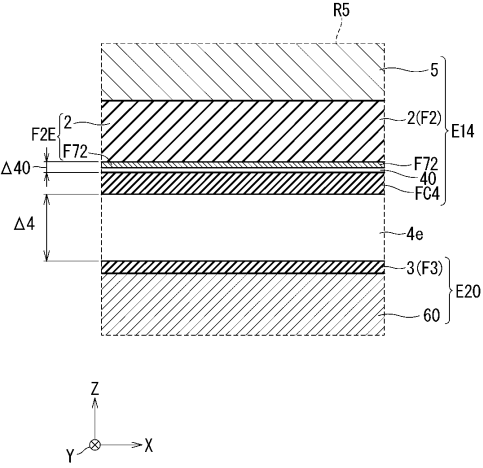
【圖 5 8】



【図 59】



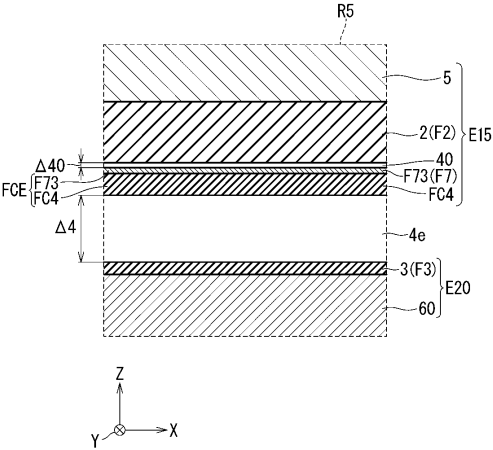
【図 60】



10

20

【図 61】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開２００８－１８６６６０（ＪＰ，Ａ）
 特開２００９－２３３５３５（ＪＰ，Ａ）
 特表２０１６－５０７２５５（ＪＰ，Ａ）
 国際公開第２０１９／１３８４５６（ＷＯ，Ａ１）
 中国実用新案第２０４０１４２４６（ＣＮ，Ｕ）
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B名)
 H 0 5 H 1 / 2 4