

(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
2017年6月15日(15.06.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/099175 A1

- (51) 国際特許分類:
B01J 19/08 (2006.01) B01D 53/92 (2006.01)
H05H 1/24 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/086536
- (22) 国際出願日: 2016年12月8日(08.12.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-240438 2015年12月9日(09.12.2015) JP
- (71) 出願人: 日本特殊陶業株式会社 (NGK SPARK PLUG CO., LTD.) [JP/JP]; 〒4678525 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 伊藤 伸介 (ITO H Shinsuke); 〒4678525 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日本特殊陶業株式会社内 Aichi (JP). 灘浪 紀彦 (NADANAMI Norihiko); 〒4678525 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日本特殊陶業株式会社内 Aichi (JP). 間所 和彦 (MADOKORO Kazuhiko); 〒5202593 滋賀県蒲生郡竜王町大字山之上3000番地 ダイハツ工業株式会社 滋

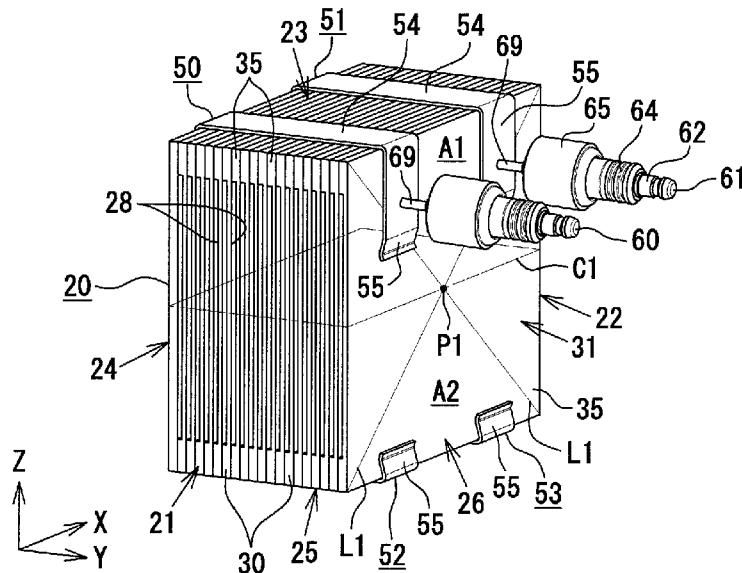
賀テクニカルセンター内 Shiga (JP). 内藤 一哉 (NAITO Kazuya); 〒5202593 滋賀県蒲生郡竜王町大字山之上3000番地 ダイハツ工業株式会社 滋賀テクニカルセンター内 Shiga (JP). 上西 真里 (UENISHI Mari); 〒5202593 滋賀県蒲生郡竜王町大字山之上3000番地 ダイハツ工業株式会社 滋賀テクニカルセンター内 Shiga (JP). 田中 裕久 (TANAKA Hirohisa); 〒5202593 滋賀県蒲生郡竜王町大字山之上3000番地 ダイハツ工業株式会社 滋賀テクニカルセンター内 Shiga (JP).

- (74) 代理人: 特許業務法人栄光特許事務所 (EIKOH PATENT FIRM, P.C.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目7番13号 虎ノ門イーストビルディング10階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, 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,

[続葉有]

(54) Title: PLASMA REACTOR

(54) 発明の名称: プラズマリアクタ



(57) Abstract: This plasma reactor is provided with a plasma panel stack (20) and electrically conductive members (50, 51). A plasma panel stack (20) has a structure in which electrode panels (30) are stacked, and plasma is generated between adjacent electrode panels (30). The stacking direction of the electrode panels (30) is $90^{\circ} \pm 45^{\circ}$ relative to the vertical direction. The electrically conductive members (50, 51) are connected to a discharge electrode of the electrode panels (30), and are disposed in the region at the upper half of the plasma panel stack (20).

(57) 要約: 本発明のプラズマリアクタは、プラズマパネル積層体(20)及び電気導通部材(50, 51)を備える。プラズマパネル積層体(20)は、電極パネル(30)を積層した構造を有し、隣接する電極パネル(30)間でプラズマを発生する。電極パネル(30)の積層方向は、鉛直方向に対して $90^{\circ} \pm 45^{\circ}$ である。電気導通部材(50, 51)は、電極パネル(30)の放電電極に接続しており、プラズマパネル積層体(20)の上半分領域に配置される。

WO 2017/099175 A1



PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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,

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： プラズマリアクタ

技術分野

[0001] 本発明は、プラズマリアクタに関するものであり、特に、内燃機関（エンジン）の排ガスを浄化するための装置に好適なプラズマリアクタに関するものである。

背景技術

[0002] エンジン、特にディーゼルエンジンの排ガスには、CO（一酸化炭素）、HC（炭化水素）、NO_x（窒素酸化物）及びPM（Particulate Matter：粒子状物質）などが含まれている。近年、排ガスに含まれるPMを除去する手法として、例えば、PMをDPF（Diesel particulate filter）で捕集し、燃料のポスト噴射または排気管内噴射により排ガスを昇温させることにより、DPFに捕集されたPMを燃焼させる技術が提案されている。しかしながら、PMを燃焼させる際に燃料を消費してしまうため、燃費が悪化するという問題がある。また、いわゆる街乗り（市街地走行）では、排ガスの温度がPMを燃焼させる温度に到達しないため、街乗りにも多用される小型車には不向きである。

[0003] そこで、放電電極が形成された複数の電極パネルを積層し、隣接する電極パネル間に電圧を印加して誘電体バリア放電による低温プラズマ（非平衡プラズマ）を発生させることにより、電極パネル間を流れる排ガス中のPMを酸化して除去するプラズマリアクタが種々提案されている（例えば、特許文献1参照）。詳述すると、特許文献1には、表面または裏面に電極部材（放電電極）が形成された板状の誘電体を鉛直方向に積層した構造を有し、隣接する電極部材間に電圧を印加することによってプラズマを発生させる技術が開示されている。なお、電極部材への通電は、複数の電極パネルを積層方向に貫通する一対のリードライン部材（電気導通部材）によって行われ、両リードライン部材の上端部は、電極パネルの積層体の上面から突出する外部端

子に接続されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特許第3832654号公報（図4等）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、プラズマリアクタを車両等に搭載して使用する際に、プラズマリアクタに水が流入することがある。ここで、プラズマリアクタに流入する水としては、例えば、車両の冷間始動時において排気管内の結露に起因して発生する排気凝縮水や、水たまりへの車両の進入に伴いマフラーから流入する水等がある。

[0006] ところが、特許文献1に記載の従来技術では、リードライン部材が最上層の電極パネルから最下層の電極パネルまで延びているため、流入した水が少量であったとしても、リードライン部材が水に浸かってしまう。その結果、本来であれば絶縁する必要がある一対のリードライン部材間が、水を介して導通してしまい、リーク電流が発生するおそれがある。この場合、投入電力に対するプラズマの発生量が少なくなるため、排ガスの浄化効率が低いという問題がある。

[0007] 本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、水が流入した場合であっても、プラズマを確実に発生させることができるプラズマリアクタを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するための手段（手段1）としては、放電電極を有する複数の電極パネルを積層した構造を有し、隣接する前記電極パネル間に電圧が印加されたときにプラズマを発生するプラズマパネル積層体と、前記複数の電極パネルの前記放電電極に電氣的に接続される電気導通部材とを備えるプラズマリアクタであって、前記複数の電極パネルの積層方向は、鉛直方向に

対して $90^{\circ} \pm 45^{\circ}$ の角度をなし、前記電気導通部材は、前記プラズマパネル積層体の上半分の領域に配置されていることを特徴とするプラズマリアクタがある。

[0009] 従って、上記手段1に記載の発明では、複数の電極パネルの積層方向が、鉛直方向に対して $90^{\circ} \pm 45^{\circ}$ の角度をなし、電気導通部材が、プラズマパネル積層体の上半分の領域に配置されている。よって、プラズマリアクタに水が流入したとしても、各電極パネルへの通電を担う電気導通部材が水没しにくくなるため、電気導通部材の水没に起因するリーク電流の発生を防止することができる。ゆえに、投入電力に対するプラズマの発生量が十分に確保されるため、隣接する電極パネル間を流れる排ガス中のPMをプラズマを用いて酸化して除去する場合に、PMの除去を効率良く行うことができる。

[0010] 上記プラズマリアクタを構成するプラズマパネル積層体は、放電電極が形成された複数の電極パネルを積層した構造を有する。放電電極の形成材料としては、例えば、タングステン(W)、モリブデン(Mo)、酸化ルテニウム(RuO_2)、銀(Ag)、銅(Cu)、白金(Pt)などを挙げることができる。

[0011] また、上記プラズマリアクタは、プラズマパネル積層体が収容されるケースと、電気導通部材に電氣的に接続され、かつケースから露出する外部端子とを有している。なお、プラズマリアクタでは、少なくともケース内に配置される電気導通部材が、プラズマパネル積層体の上半分の領域に配置されていけばよい。しかし、ケース外にある外部端子を構成する導通部も、プラズマパネル積層体の上半分の領域に配置されることがより好ましい。つまり、電気導通部材がケース内に配置されるのに加えて、外部端子も、ケース外においてプラズマパネル積層体の上半分の領域に配置されることがよい。このようにすれば、プラズマリアクタに水が流入した際に、ケース内にある電気導通部材が水没しにくくなるのに加えて、プラズマリアクタが水没した際に、ケース外にある外部端子が水没しにくくなる。このため、電気導通部材及び外部端子の水没に起因するリーク電流の発生を防止することができる。

- [0012] また、プラズマパネル積層体は、例えば、一对のガス通過面と、一对のガス通過面の間にある複数のガス非通過面とを有している。この場合、外部端子は複数設けられており、複数の外部端子は、同一のガス非通過面上に配置されていることがよい。このようにすれば、外部端子が同一面上に配置されることから、車両等に搭載する際に、外部端子に接続される配線の取り回し（例えば、高温の排気管からの配線の回避）が容易になる。
- [0013] さらに、上記手段1のプラズマリアクタを車両の床下（例えば、排気管）に取り付ける場合、外部端子が鉛直方向に突出していると、外部端子に接続した配線が例えば車両の床部等に接触しやすくなるため、配線を引き出す作業が困難になるおそれがある。そこで、上記手段1では、複数の外部端子を、例えば、鉛直方向に対して $90^{\circ} \pm 45^{\circ}$ の角度をなす方向、換言すると、電極パネルの積層方向に対して平行な方向に突出させることがよい。このようにすれば、外部端子に接続した配線を容易に引き出すことができる。また、プラズマリアクタの鉛直方向における長さが小さくなるため、プラズマリアクタの取り付けの自由度が高くなる。しかも、複数の外部端子は、電極パネルと平行なガス非通過面の上半分の領域に配置されていることがよい。このようにすれば、外部端子が鉛直方向に対して $90^{\circ} \pm 45^{\circ}$ の角度をなす方向に突出する場合であっても、外部端子が水没しにくくなるため、外部端子の水没に起因するリーク電流の発生をより確実に防止できる。
- [0014] また、電極パネルは、平面視で長形状をなしており、隣接する電極パネル間を流れるガスの通過方向に沿って延びる辺の長さは、通過方向と直交する方向に沿って延びる辺の長さよりも長いことがよい。このようにすれば、ガスの通過方向に沿って延びる辺の長さが、通過方向と直交する方向に沿って延びる辺の長さ以下である場合よりも、隣接する電極パネル間を通過するガスがプラズマに晒される時間が長くなる。その結果、隣接する電極パネル間を流れる排ガス中のPMをプラズマを用いて酸化して除去する場合に、PMの除去をよりいっそう効率良く行うことができる。
- [0015] なお、電極パネルは、第1主面及び第2主面を有しており、電極パネルに

おける上側の領域に、第1主面側と第2主面側とを導通させる導通構造を備えていてもよい。このようにすれば、複数の電極パネルを積層した際に、電極パネル同士を確実に導通させることができる。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]本実施形態におけるプラズマリアクタを示す概略断面図。
[図2]プラズマリアクタを示す斜視図。
[図3]プラズマパネル積層体がケースに收容されている状態を示す斜視図。
[図4]プラズマパネル積層体、クランプ及び外部端子を示す斜視図。
[図5]電極パネルを示す斜視図。
[図6]電極パネルを示す平面図。
[図7]外部端子を示す断面図。
[図8]他の実施形態において、プラズマパネル積層体、クランプ及び外部端子を示す斜視図。

発明を実施するための形態

- [0017] 以下、本発明のプラズマリアクタ1を具体化した一実施形態を図面に基づき詳細に説明する。
- [0018] 図1～図3に示されるように、本実施形態のプラズマリアクタ1は、自動車のエンジン（図示略）の排ガスに含まれているPMを除去する装置であり、排気管2に取り付けられている。プラズマリアクタ1は、パルス発生電源3、ケース10及びプラズマパネル積層体20を備えている。
- [0019] ケース10は、例えばステンレス鋼を用いて管状（筒状）に形成されている。ケース10の第1端部（図1では左端部）には第1コーン部11が接続され、ケース10の第2端部（図1では右端部）には第2コーン部12が接続されている。さらに、第1コーン部11は、排気管2の上流側部分4（エンジン側の部分）に接続され、第2コーン部12は、排気管2の下流側部分5（エンジン側とは反対側の部分）に接続されている。なお、エンジンからの排ガスは、排気管2の上流側部分4から第1コーン部11を介してケース10内に流入し、ケース10内を通過した後、第2コーン部12を介して排

気管 2 の下流側部分 5 に流出する。

[0020] 図 1, 図 3 に示されるように、プラズマパネル積層体 20 は、ケース 10 内に收容されており、ケース 10 とプラズマパネル積層体 20 との間にはマット 6 が介在されている。ここで、マット 6 を構成する絶縁材料としては、例えば、セラミック繊維、金属繊維、発泡金属等を用いることができる。マット 6 は、プラズマパネル積層体 20 をケース 10 に保持させる機能を有している。

[0021] 図 1, 図 3, 図 4 に示されるように、プラズマパネル積層体 20 は、一対のガス通過面 21, 22 と、4 つのガス非通過面 23, 24, 25, 26 とを有する略直方体状をなしている。両ガス通過面 21, 22 は、プラズマパネル積層体 20 において互いに反対側に位置している。一方、各ガス非通過面 23 ~ 26 は、一対のガス通過面 21, 22 の間に位置している。

[0022] また、プラズマパネル積層体 20 は、複数の電極パネル 30 を積層した構造を有している。電極パネル 30 の積層方向は、鉛直方向 (Z 方向) に対して 90° の角度をなす方向 (Y 方向) となっている。また、各電極パネル 30 は、ケース 10 内における排ガスの通過方向 (第 1 コーン部 11 から第 2 コーン部 12 に向かう方向である X 方向) と平行に配置されており、互いに隙間 (本実施形態では、0.5 mm の隙間) を有するように離間して配置されている。詳述すると、プラズマパネル積層体 20 は、隣接する電極パネル 30 間に、ガスが通過するガス流路 27 (図 1 参照) を有している。そして、ガス流路 27 は、電極パネル 30 の両端面 (即ち、プラズマパネル積層体 20 のガス通過面 21, 22 を構成する面) において開口する開口部 28 を備えている。なお、本実施形態のプラズマリアクタ 1 は、開口部 28 が縦長 (図 3, 図 4 参照) となる縦置きリアクタである。

[0023] 図 1 に示されるように、各電極パネル 30 には、プラズマパネル積層体 20 の厚さ方向に沿って第 1 の配線 7 及び第 2 の配線 8 が交互に電氣的に接続されている。第 1 の配線 7 は、パルス発生電源 3 の第 1 の端子に電氣的に接続され、第 2 の配線 8 は、パルス発生電源 3 の第 2 の端子に電氣的に接続さ

れている。

[0024] 図1, 図5, 図6に示されるように、本実施形態の電極パネル30は、第1主面31及び第2主面32を有し、縦100mm×横200mmの略矩形板状をなしている。第1主面31及び第2主面32は、電極パネル30の厚さ方向において互いに反対側に位置している。また、電極パネル30は、平面視で長方形をなしており、隣接する電極パネル30間を流れるガスの通過方向（横方向）に沿って延びる辺33の長さが、通過方向と直交する方向（縦方向）に沿って延びる辺34の長さよりも長くなっている。

[0025] さらに、電極パネル30は、矩形板状の誘電体35に放電電極36（厚さ10 μ m）を内蔵してなる構造を有している。本実施形態において、誘電体35はアルミナ（ Al_2O_3 ）等のセラミックからなり、放電電極36はタングステン（W）からなる。誘電体35は、第2主面32にて開口する凹部37を有している。凹部37は、電極パネル30の横方向に延びており、電極パネル30の両端面にて開口している。本実施形態のプラズマパネル積層体20では、凹部37と下層側に隣接する電極パネル30の第1主面31とによって、上記したガス流路27が構成される。なお、プラズマパネル積層体20を構成する最下層の電極パネル30には、下層側に電極パネル30が存在しないため、凹部37が形成されていない。

[0026] 図5, 図6に示されるように、電極パネル30における上側の領域には、第1主面31側と第2主面32側とを導通させる導通構造40が一对設けられている。各導通構造40は、電気導通部材であるスルーホール導体41、第1パッド42及び第2パッド43を備えている。スルーホール導体41は、第1主面31及び第2主面32を貫通している。そして、一方の導通構造40に設けられたスルーホール導体41は、第1主面31及び第2主面32に加えて、放電電極36から外周側に延出する延出部38を貫通している。また、第1パッド42は、電極パネル30において第1主面31の上端部に形成されている。第1パッド42は、スルーホール導体41の第1主面31側端部に電氣的に接続されている。一方、第2パッド43は、電極パネル30

0において第2主面32の上端部に形成されている。第2パッド43は、スルーホール導体41の第2主面32側端部に電氣的に接続されている。なお、第1パッド42及び第2パッド43は、それぞれ長形状をなしており、表面にNi等のめっきが施されている。

[0027] 図4に示されるように、プラズマリアクタ1は、各電極パネル30（プラズマパネル積層体20）を上方から挟み込んで固定する一对の第1クランプ50、51と、各電極パネル30を下方から挟み込んで固定する一对の第2クランプ52、53とを備えている。各クランプ50～53は、金属板（例えばステンレス板）を折り曲げることによって形成されている。第1クランプ50、51は、各電極パネル30を挟み込む機能に加えて、放電電極36に電氣的に接続される電気導通部材としての機能を有している。第1クランプ50、51は、ケース10内においてプラズマパネル積層体20の上半分の領域に配置されており、プラズマパネル積層体20の下半分の領域には配置されないようになっている。一方、第2クランプ52、53は、各電極パネル30を挟み込む機能のみを有している。第2クランプ52、53は、ケース10内においてプラズマパネル積層体20の下半分の領域に配置されている。ここで、「プラズマパネル積層体20の上半分の領域」とは、プラズマリアクタ1が車両に取り付けられた際に、鉛直方向において上半分となる領域をいう。同様に、「プラズマパネル積層体20の下半分の領域」とは、プラズマリアクタ1が車両に取り付けられた際に、鉛直方向において下半分となる領域をいう。詳述すると、プラズマパネル積層体20には、最上層の電極パネル30の第1主面31に設定された2本の対角線L1の交点P1を通過する仮想面C1が設定されている。仮想面C1は、電極パネル30の積層方向に平行であって、かつ、隣接する電極パネル30間を流れる排ガスの通過方向に平行に配置されている。そして、プラズマパネル積層体20は、仮想面C1を基準として第1領域A1と第2領域A2とに分けられている。なお、第1クランプ50、51は、第1領域A1に配置され、第2領域A2には配置されないようになっている。一方、第2クランプ52、53は、第

2領域A2に配置されている。

[0028] また、図4に示されるように、クランプ50～53は、クランプ本体54及び押さえ板55を備えている。クランプ本体54は、電極パネル30の積層方向に延びている。押さえ板55は、クランプ本体54と一体に形成され、クランプ本体54の両端部に配置されている。各押さえ板55は、弾性を有しており、折り返し構造を有する板ばねである。なお、第1クランプ50、51を構成する一对の押さえ板55は、プラズマパネル積層体20を構成する最上層の電極パネル30の第1主面31の上端部と、プラズマパネル積層体20を構成する最下層の電極パネル30の第2主面32の上端部とにそれぞれ圧接している。そして、第1クランプ50を構成する両押さえ板55の一方は、プラズマパネル積層体20に形成された第1パッド42に圧接している。また、第1クランプ51を構成する両押さえ板55の一方は、プラズマパネル積層体20に形成された第2パッド43に圧接している。一方、第2クランプ52、53を構成する一对の押さえ板55は、プラズマパネル積層体20を構成する最上層の電極パネル30の第1主面31の下端部と、プラズマパネル積層体20を構成する最下層の電極パネル30の第2主面32の下端部とにそれぞれ圧接している。

[0029] 図2～図4、図7に示されるように、プラズマリアクタ1は、一对の外部端子60、61を備えている。本実施形態の外部端子60、61は、スパークプラグと同様の構造を有している。詳述すると、外部端子60、61は、外部接続部62、金属粉末を含む導電性シール63、絶縁体64、主体金具65、滑石66、接続フランジ67、パッキン類68等を備えている。外部接続部62は、導電性シール63を介して中軸69（電気導通部材）に接続されている。中軸69は、第1クランプ50、51の押さえ板55から突出してケース10に設けられた貫通孔を挿通し、先端部が絶縁体64内に挿入されている。また、接続フランジ67は、主体金具65の外周面とケース10の外側面とに接合することにより、外部端子60、61をケース10に接続するようになっている。なお、外部端子は、本実施形態のものに限定され

る訳ではなく、絶縁体によって外部接続部62とケース10との間が絶縁されている構造であれば、他の構造であってもよい。

[0030] また、各外部端子60、61は、基端部が第1クランプ50、51の押さえ板55に電氣的に接続され、先端部がケース10（図2、図3参照）から露出している。そして、外部端子60の先端部が第1の配線7に接続されるとともに、外部端子61の先端部が第2の配線8に接続されるようになっている（図1参照）。なお、外部端子60、61が接続される押さえ板55の長さは、他の押さえ板55の長さよりも長くなっている。また、各外部端子60、61は、同一のガス非通過面26上に配置されている。さらに、各外部端子60、61は、電極パネル30と平行なガス非通過面24、26の上半分の領域、即ち、ケース10外においてプラズマパネル積層体20の上半分の領域に配置されている。そして、各外部端子60、61は、鉛直方向（Z方向）に対して90°の角度をなす方向（Y方向）に突出している。

[0031] なお、図1に示されるように、本実施形態のプラズマリアクタ1は、例えば、排ガスに含まれているPMを除去するために用いられる。この場合、パルス発生電源3から互いに隣接する電極パネル30間にパルス電圧（例えば、ピーク電圧：5kV（5000V）、パルス繰返し周波数：100Hz）が印加されると、誘電体バリア放電が生じ、放電電極36間に誘電体バリア放電によるプラズマが発生する。そして、プラズマの発生により、放電電極36間を流通する排ガスに含まれるPMが酸化（燃焼）されて除去される。

[0032] 次に、プラズマリアクタ1の製造方法を説明する。

[0033] まず、アルミナ粉末を主成分とするセラミック材料を用いて、誘電体35となる第1～第3のセラミックグリーンシートを形成する。なお、セラミックグリーンシートの形成方法としては、テープ成形や押出成形などの周知の成形法を用いることができる。そして、各セラミックグリーンシートに対してレーザ加工を行い、所定の位置に貫通孔を形成する。なお、貫通孔の形成は、パンチング加工、ドリル加工等によって行ってもよい。

[0034] 次に、従来周知のペースト印刷装置（図示略）を用いて、各セラミックグ

リーンシートの貫通孔に導電性ペースト（本実施形態では、タングステンペースト）を充填し、スルーホール導体41となる未焼成のスルーホール導体部を形成する。

[0035] 次に、第1のセラミックグリーンシートを支持台（図示略）に載置する。さらに、ペースト印刷装置を用いて、第1のセラミックグリーンシートの裏面上に、導電性ペーストを印刷する。その結果、第1のセラミックグリーンシートの裏面上に、放電電極36となる厚さ10 μ mの未焼成電極が形成される。なお、第1のセラミックグリーンシートに対する未焼成電極の印刷方法としては、スクリーン印刷などの周知の印刷法を使用することができる。

[0036] そして、導電性ペーストの乾燥後、未焼成電極が印刷された第1のセラミックグリーンシートの裏面上に、第2のセラミックグリーンシート及び第3のセラミックグリーンシートを順番に積層し、シート積層方向に押圧力を付与する。その結果、各セラミックグリーンシートが一体化され、セラミック積層体が形成される。さらに、ペースト印刷装置を用いて、第1のセラミックグリーンシートの主面上に導電性ペーストを印刷し、未焼成の第1パッド42を形成するとともに、第3のセラミックグリーンシートの裏面上に導電性ペーストを印刷し、未焼成の第2パッド43を形成する。なお、第3のセラミックグリーンシートは、凹部37の形状に合わせた打抜加工を施した後に積層される。

[0037] 次に、周知の手法に従って乾燥工程や脱脂工程などを行った後、セラミック積層体（セラミックグリーンシート及び未焼成電極）をアルミナ及びタングステンが焼結しうる所定の温度（例えば1400 $^{\circ}$ C～1600 $^{\circ}$ C程度）に加熱する同時焼成を行う。その結果、セラミックグリーンシート中のアルミナ、及び、導電性ペースト中のタングステンが同時焼結し、誘電体35、放電電極36、スルーホール導体41、第1パッド42及び第2パッド43が同時焼成によって形成され、セラミック積層体が電極パネル30となる。

[0038] その後、得られた電極パネル30を複数積層し、プラズマパネル積層体20を形成する。次に、クランプ50～53を用いて、複数の電極パネル30

を積層方向に挟み込んで固定する。このとき、第1クランプ50を構成する両押さえ板55の一方が、第1パッド42に圧接するとともに、第1クランプ51を構成する両押さえ板55の一方が、第2パッド43に圧接する。さらに、溶接等を行うことにより、第1クランプ50を構成する両押さえ板55の一方と、第1クランプ51を構成する両押さえ板55の一方とに、外部端子60、61の基端部を接続する。その結果、両外部端子60、61が、同一のガス非通過面26上に配置されるとともに、鉛直方向と直交する方向に突出するようになる。次に、外部端子60の先端部に第1の配線7を接続するとともに、外部端子61の先端部に第2の配線8を接続する。以上のプロセスを経て、プラズマリアクタ1が完成する。

[0039] 従って、本実施形態によれば以下の効果を得ることができる。

[0040] (1) 本実施形態のプラズマリアクタ1では、プラズマパネル積層体20を構成する電極パネル30の積層方向が、鉛直方向(Z方向)に対して90°の角度をなす方向(Y方向)に設定され、第1クランプ50、51が、プラズマパネル積層体20の上半分の領域に配置されている。よって、プラズマリアクタ1に水が流入したとしても、各電極パネル30への通電を担う第1クランプ50、51が水没しにくくなるため、第1クランプ50、51の水没に起因するリーク電流の発生を防止することができる。ゆえに、投入電力に対するプラズマの発生量が十分に確保されるため、隣接する電極パネル30間を流れる排ガス中のPMをプラズマを用いて酸化して除去する場合に、PMの除去を効率良く行うことができる。

[0041] (2) さらに、本実施形態のプラズマリアクタ1では、外部端子60、61がケース10外においてプラズマパネル積層体20の上半分の領域に配置されている。その結果、プラズマリアクタ1に水が流入した際に、ケース10内にある第1クランプ50、51が水没しにくくなるのに加えて、プラズマリアクタ1が水没した際に、ケース10外にある外部端子60、61が水没しにくくなる。このため、第1クランプ50、51及び外部端子60、61の水没に起因するリーク電流の発生を防止することができる。

- [0042] (3) 本実施形態のプラズマリアクタ1は、第1コーン部11及び第2コーン部12を介して排気管2に取り付けられている。その結果、排気管2の上流側部分4→第1コーン部11→プラズマリアクタ1→第2コーン部12→排気管2の下流側部分5の順番に排ガスが流れる排ガス流路内の抵抗が低減されるため、排ガス流路内における圧力損失を抑えることができる。ひいては、圧力損失に伴うエンジンの出力低下も防止することができる。
- [0043] なお、上記実施形態を以下のように変更してもよい。
- [0044] ・上記実施形態のプラズマリアクタ1では、一对の外部端子60, 61が、鉛直方向(Z方向)に対して90°の角度をなす方向(Y方向)に突出していたが、一对の外部端子は、Y方向とは別の方向に突出するものであってもよい。例えば、図8に示されるように、一对の外部端子70, 71は鉛直方向(Z方向)に突出していてもよい。
- [0045] ・上記実施形態のプラズマリアクタ1では、一对の外部端子60, 61が同一のガス非通過面26上に配置されていたが、外部端子は、互いに異なるガス非通過面上に配置されていてもよい。例えば、図4に示されるように、2個の外部端子60, 61が設けられている場合、一方の外部端子60がガス非通過面23上に配置されるとともに、他方の外部端子61がガス非通過面23とは別のガス非通過面26上に配置されていてもよい。
- [0046] ・上記実施形態の電極パネル30は、誘電体35に放電電極36を内蔵することによって構成されていた。しかし、誘電体35の表面に放電電極36を形成することによって電極パネルを構成してもよい。
- [0047] ・上記実施形態のプラズマリアクタ1は、自動車のエンジンの排ガス浄化に用いられていたが、例えば、船舶等のエンジンの排ガス浄化に用いてもよい。また、プラズマリアクタ1は、プラズマ処理を行うものであればよく、排ガスの処理を行うものでなくてもよいし、浄化に用いるものでなくてもよい。
- [0048] 次に、請求の範囲に記載された技術的思想のほかに、前述した実施形態によって把握される技術的思想を以下に列挙する。

- [0049] (1) 上記手段1において、前記電気導通部材は、前記プラズマパネル積層体の下半分の領域には配置されていないことを特徴とするプラズマリアクタ。
- [0050] (2) 上記手段1において、隣接する前記電極パネル間に、ガスが通過するガス流路が設けられ、前記ガス流路は、前記電極パネルの両端において開口する開口部を備えており、前記プラズマリアクタは、前記開口部が縦長となる縦置きのリアクタであることを特徴とするプラズマリアクタ。
- [0051] (3) 上記手段1において、前記電極パネルは、第1主面及び第2主面を有しており、前記電極パネルにおける上側の領域に、前記第1主面側と前記第2主面側とを導通させる導通構造が設けられ、前記導通構造は、前記第1主面及び前記第2主面を貫通するスルーホール導体と、前記第1主面に形成され、前記スルーホール導体の前記第1主面側端部に電氣的に接続される第1パッドと、前記第2主面に形成され、前記スルーホール導体の前記第2主面側端部に電氣的に接続される第2パッドとを備えることを特徴とするプラズマリアクタ。
- [0052] (4) 放電電極を有する複数の電極パネルを積層した構造を有し、隣接する前記電極パネル間に電圧が印加されたときにプラズマを発生するプラズマパネル積層体と、前記複数の電極パネルの前記放電電極に電氣的に接続される電気導通部材とを備えるプラズマリアクタであって、前記複数の電極パネルの積層方向は、鉛直方向に対して $90^{\circ} \pm 45^{\circ}$ の角度をなし、前記電極パネルは、第1主面及び第2主面を有する略矩形板状をなしており、前記プラズマパネル積層体は、前記第1主面に設定される2本の対角線の交点を通過し、前記積層方向に平行であって、隣接する前記電極パネル間を流れるガスの通過方向に平行な仮想面を基準として、第1領域と第2領域とに分けられており、前記電気導通部材は、前記第1領域に配置されていることを特徴とするプラズマリアクタ。
- [0053] 本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当

業者にとって明らかである。

本出願は、2015年12月9日出願の日本特許出願（特願2015-240438）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

産業上の利用可能性

[0054] 本発明のプラズマリアクタは、エンジン、特にディーゼルエンジンの排ガスの浄化装置に有用である。

符号の説明

- [0055] 1…プラズマリアクタ
- 10…ケース
 - 20…プラズマパネル積層体
 - 21, 22…ガス通過面
 - 23, 24, 25, 26…ガス非通過面
 - 30…電極パネル
 - 31…第1主面
 - 32…第2主面
 - 33…隣接する電極パネル間を流れるガスの通過方向に沿って延びる辺
 - 34…隣接する電極パネル間を流れるガスの通過方向と直交する方向に沿って延びる辺
 - 36…放電電極
 - 40…導通構造
 - 41…電気導通部材としてのスルーホール導体
 - 42…電気導通部材としての第1パッド
 - 43…電気導通部材としての第2パッド
 - 50, 51…電気導通部材としての第1クランプ
 - 60, 61, 70, 71…外部端子
 - 69…電気導通部材としての中軸

請求の範囲

- [請求項1] 放電電極を有する複数の電極パネルを積層した構造を有し、隣接する前記電極パネル間に電圧が印加されたときにプラズマを発生するプラズマパネル積層体と、
- 前記複数の電極パネルの前記放電電極に電氣的に接続される電気導通部材と
- を備えるプラズマリアクタであって、
- 前記複数の電極パネルの積層方向は、鉛直方向に対して $90^\circ \pm 45^\circ$ の角度をなし、
- 前記電気導通部材は、前記プラズマパネル積層体の上半分の領域に配置されている
- ことを特徴とするプラズマリアクタ。
- [請求項2] 前記プラズマパネル積層体が収容されるケースと、前記電気導通部材に電氣的に接続され、かつ前記ケースから露出する外部端子とを有し、
- 前記電気導通部材は、前記ケース内に配置され、
- 前記外部端子は、前記ケース外において前記プラズマパネル積層体の上半分の領域に配置されている
- ことを特徴とする請求項1に記載のプラズマリアクタ。
- [請求項3] 前記電気導通部材に電氣的に接続される外部端子を有し、
- 前記プラズマパネル積層体は、一対のガス通過面と、前記一対のガス通過面の間にある複数のガス非通過面とを有し、
- 前記外部端子は複数設けられており、
- 複数の前記外部端子は、同一の前記ガス非通過面上に配置されている
- ことを特徴とする請求項1または2に記載のプラズマリアクタ。
- [請求項4] 複数の前記外部端子は、前記鉛直方向に対して $90^\circ \pm 45^\circ$ の角度をなす方向に突出することを特徴とする請求項3に記載のプラズマ

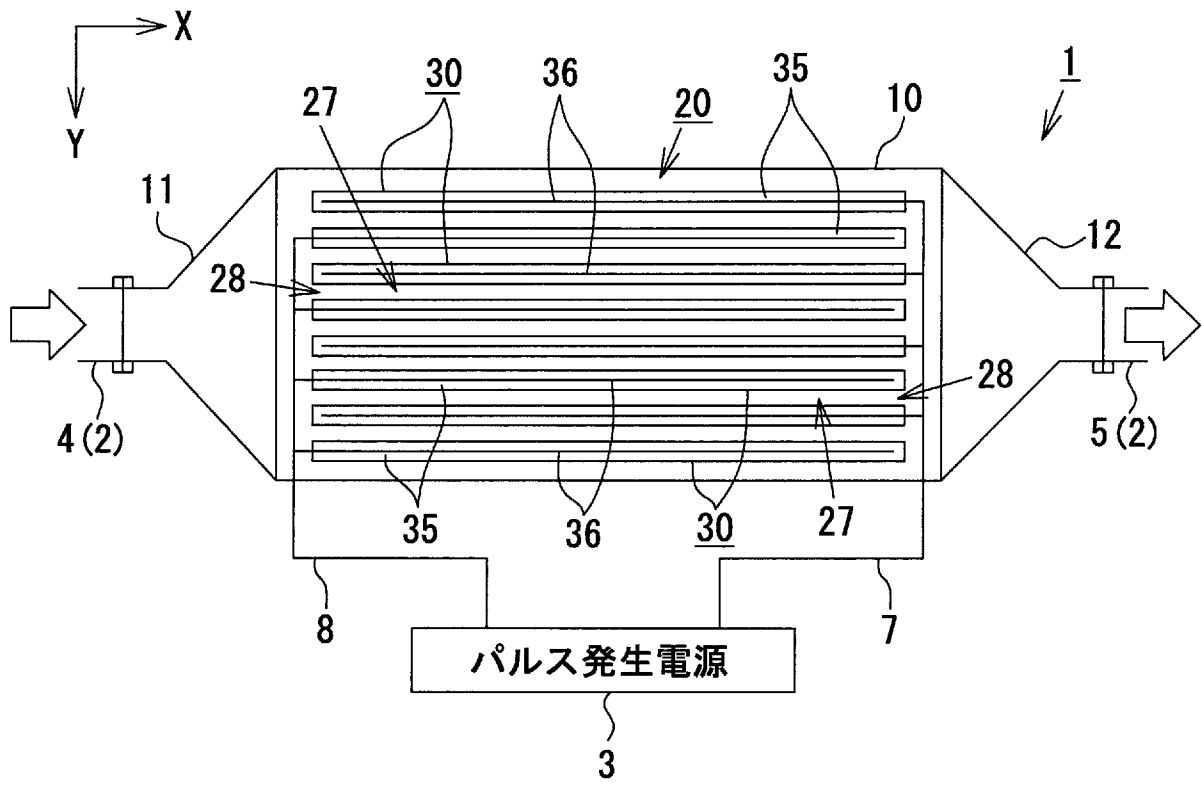
リアクタ。

[請求項5] 複数の前記外部端子は、前記電極パネルと平行な前記ガス非通過面の上半分の領域に配置されていることを特徴とする請求項3または4に記載のプラズマリアクタ。

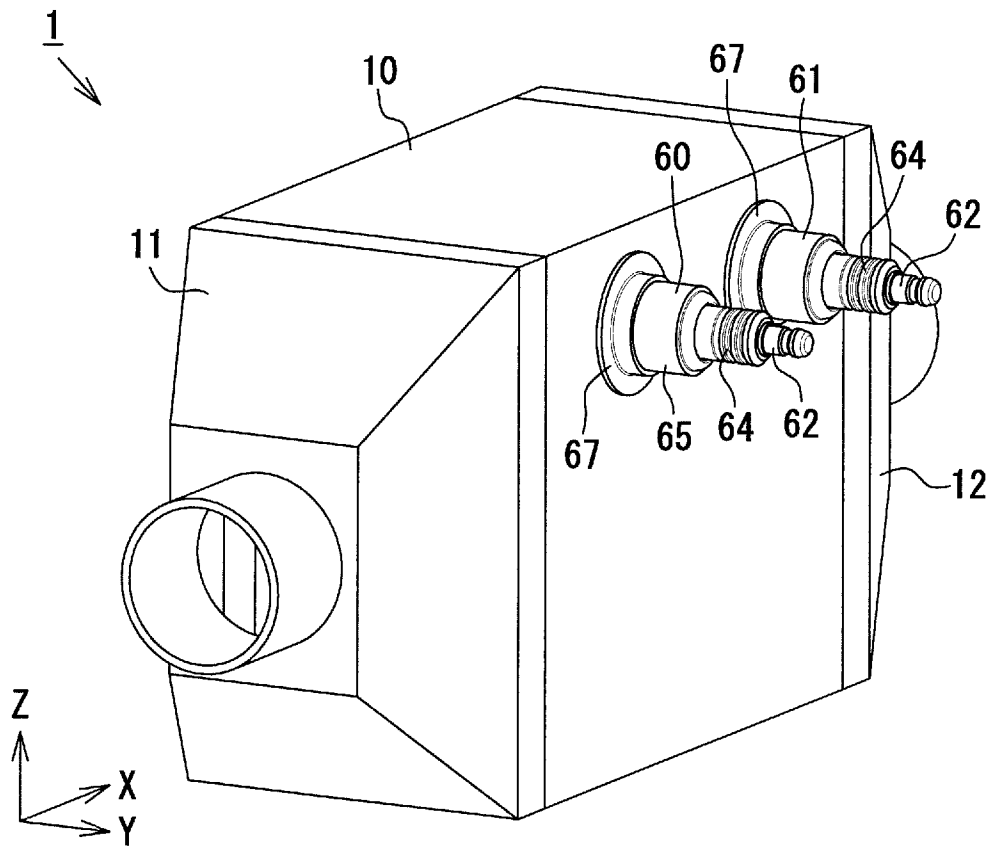
[請求項6] 前記電極パネルは、平面視で長方形状をなしており、隣接する前記電極パネル間を流れるガスの通過方向に沿って延びる辺の長さが、前記通過方向と直交する方向に沿って延びる辺の長さよりも長いことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載のプラズマリアクタ。

[請求項7] 前記電極パネルは、第1主面及び第2主面を有しており、
前記電極パネルにおける上側の領域に、前記第1主面側と前記第2主面側とを導通させる導通構造を備えることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載のプラズマリアクタ。

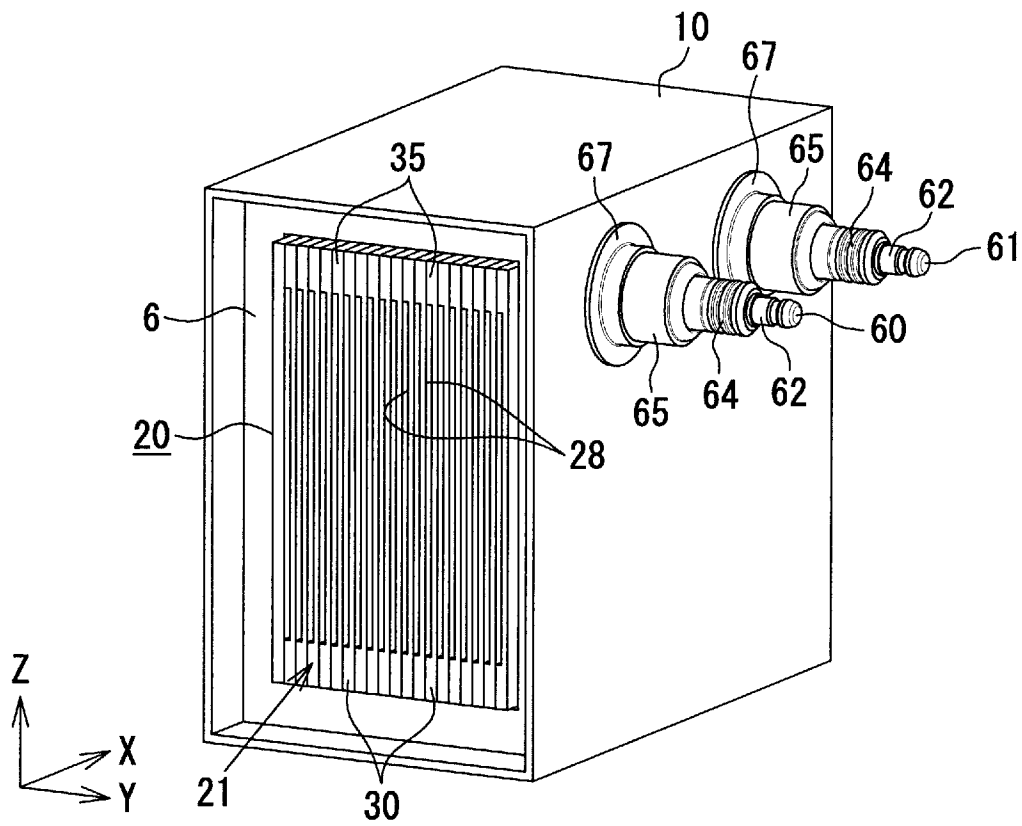
[図1]



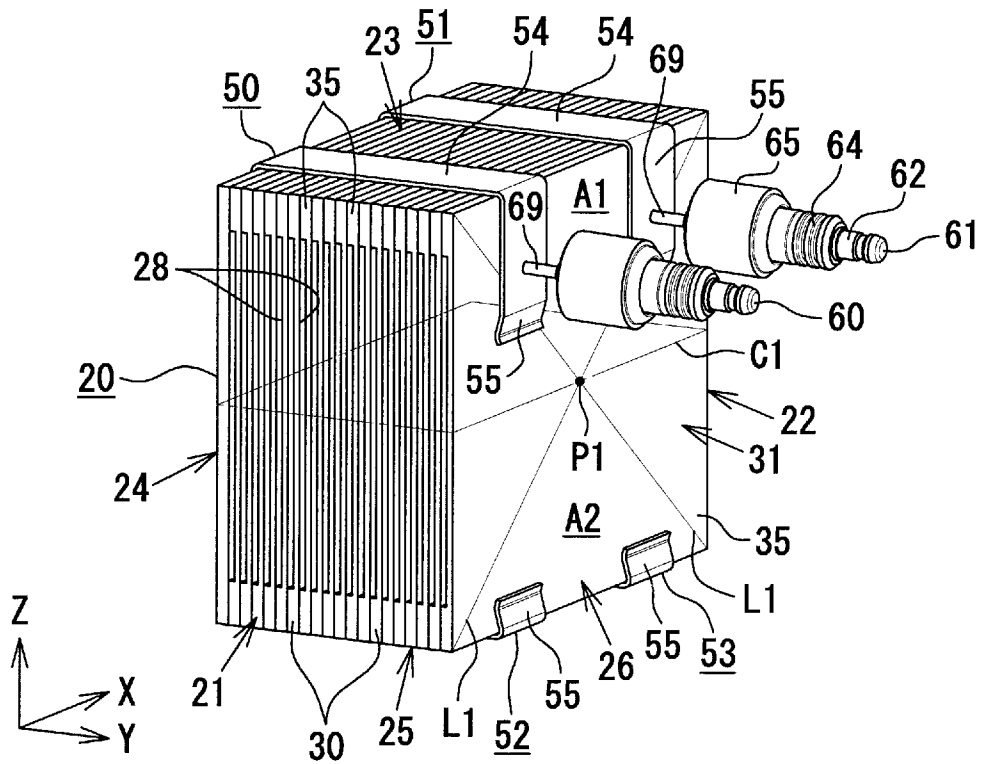
[図2]



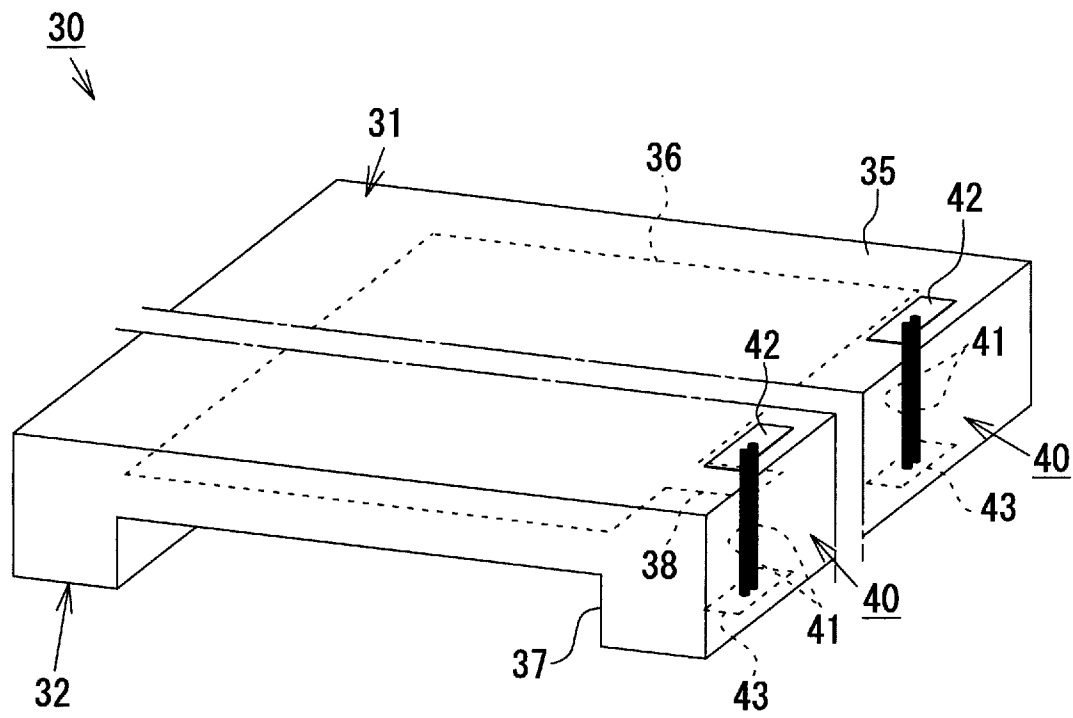
[図3]



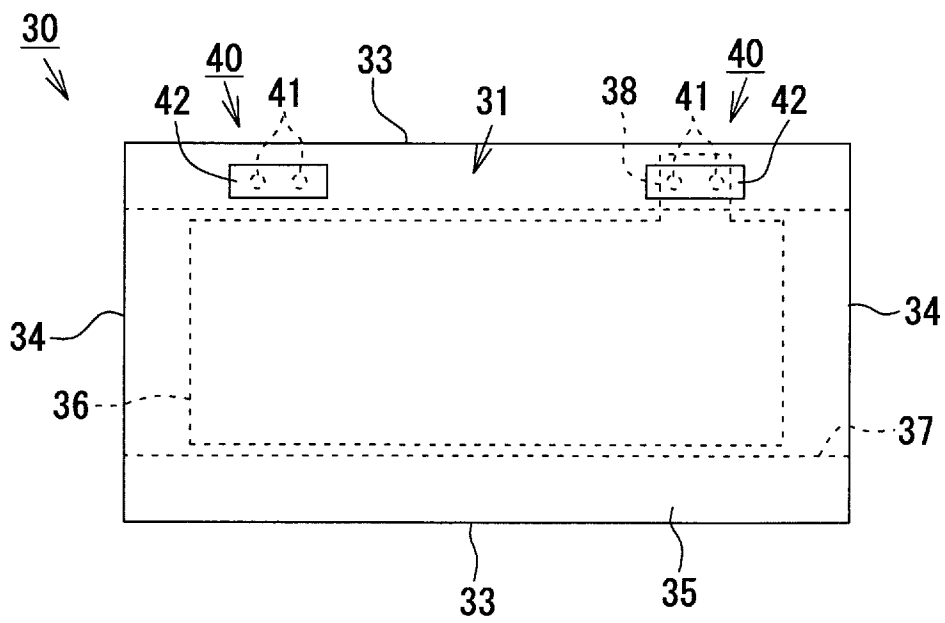
[図4]



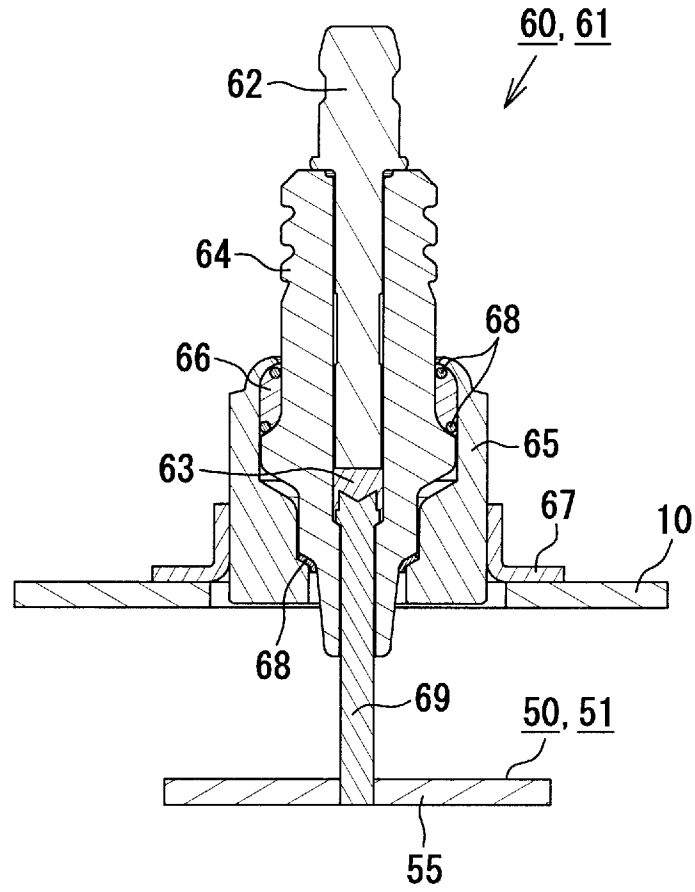
[図5]



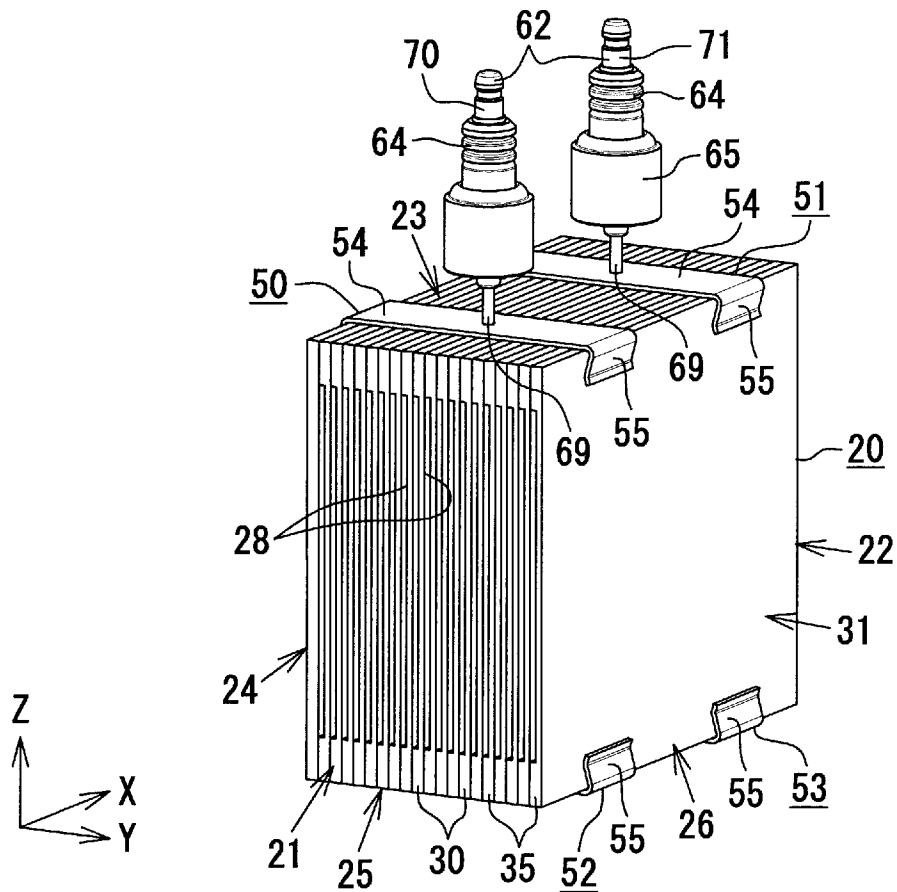
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/086536

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B01J19/08(2006.01)i, H05H1/24(2006.01)i, B01D53/92(2006.01)n

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)
B01J19/08, H05H1/24, B01D53/92

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 8-24559 A (Kabushiki Kaisha Takuma Sogo Kenkyusho), 30 January 1996 (30.01.1996), paragraphs [0001], [0019] to [0026]; fig. 3 (Family: none)	1-2, 7
Y	JP 2006-138227 A (Toyota Motor Corp.), 01 June 2006 (01.06.2006), paragraphs [0001], [0018] to [0024], [0035] to [0037]; fig. 1, 3 (Family: none)	1-6
Y	JP 6-269635 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 27 September 1994 (27.09.1994), paragraphs [0001], [0016] to [0021]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-6

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 15 February 2017 (15.02.17)	Date of mailing of the international search report 28 February 2017 (28.02.17)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. B01J19/08(2006.01)i, H05H1/24(2006.01)i, B01D53/92(2006.01)n

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. B01J19/08, H05H1/24, B01D53/92

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 8-24559 A（株式会社田熊総合研究所）1996.01.30, 段落「0001」、「0019」～「0026」、図3（ファミリーなし）	1-2, 7
Y	JP 2006-138227 A（トヨタ自動車株式会社）2006.06.01, 段落「0001」、「0018」～「0024」、「0035」～「0037」、図1、図3（ファミリーなし）	1-6
Y	JP 6-269635 A（三菱重工業株式会社）1994.09.27, 段落「0001」、「0016」～「0021」、図1、図2（ファミリーなし）	1-6

☐ 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	の日の後に公表された文献
「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	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 15.02.2017	国際調査報告の発送日 28.02.2017
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 林 靖 電話番号 03-3581-1101 内線 3273	21	3489
--	---	----	------