(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
2023年9月21日(21.09.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/176263 A1

(51) 国際特許分類:
H01T 19/00 (2006.01)　*H01T 23/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2023/005222

(22) 国際出願日：　2023年2月15日(15.02.2023)

(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 2022-041383　2022年3月16日(16.03.2022)　JP

(71) 出願人：株式会社村田製作所 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]；〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号 Kyoto (JP).

(72) 発明者：山田　辰也 (YAMADA, Tatsuya)；〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 加藤 知樹 (KATO, Tomoki)；〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 川田 秋一 (KAWATA, Shuichi)；〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 清水 尚 (SHIMIZU, Takashi)；〒6178555 京都府長岡京市東神足１丁目１０番１号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).

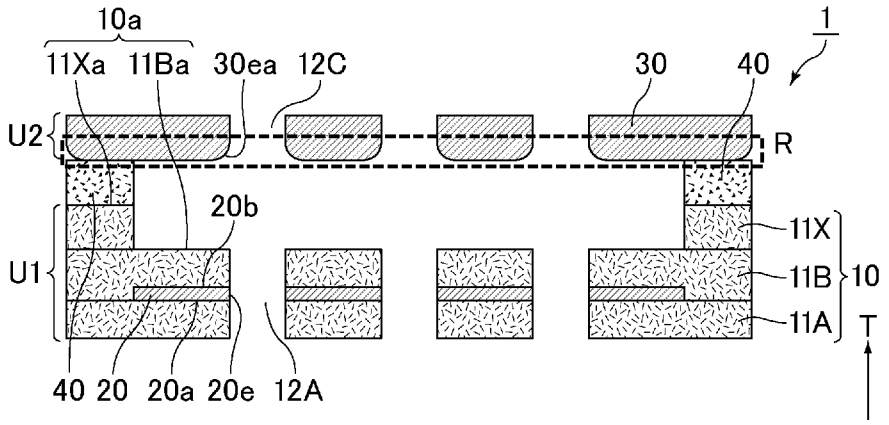
(74) 代理人：弁理士法人ＷｉｓｅＰｌｕｓ (WISEPLUS IP FIRM)；〒5320003 大阪府大阪市淀川区宮原３丁目５番３６号 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) **Title:** ION GENERATOR, DISCHARGE UNIT FOR ION GENERATOR, AND METHOD FOR MANUFACTURING ION GENERATOR

(54) 発明の名称：イオン発生器、イオン発生器用の放電ユニット、及び、イオン発生器の製造方法

[図1]



(57) **Abstract:** An ion generator 1 comprises: an insulation substrate 10 including a plurality of ceramic layers that are laminated in the thickness direction T; a discharge electrode 20 provided to the insulation substrate 10; and a collector electrode 30 provided at a position opposite from the discharge electrode 20 in the thickness direction T in a manner so as to partition a space with the discharge electrode 20. The plurality of ceramic layers include at least a first ceramic layer 11A and a second ceramic layer 11B that is adjacent to the first ceramic layer 11A in the thickness direction T. Provided to the insulation substrate 10 are a plurality of first through holes 12A that pass through at least the first ceramic layer 11A and the second ceramic layer 11B in the thickness direction T. The discharge electrode 20 is provided between the first ceramic layer 11A and the second ceramic layer 11B in the thickness direction T and is exposed from inner wall surfaces of the plurality of first through holes 12A.

WO 2023/176263 A1

[続葉有]

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：イオン発生器１は、厚み方向Ｔに積層された複数のセラミック層を含む絶縁基板１０と、絶縁基板１０に設けられた放電電極２０と、厚み方向Ｔにおいて放電電極２０と対向する位置に、放電電極２０と空間を隔てて設けられた集電電極３０と、を備え、複数のセラミック層は、第１セラミック層１１Ａと、第１セラミック層１１Ａと厚み方向Ｔに隣り合う第２セラミック層１１Ｂと、を少なくとも含み、絶縁基板１０には、少なくとも第１セラミック層１１Ａ及び第２セラミック層１１Ｂを厚み方向Ｔに貫通する複数の第１貫通孔１２Ａが設けられ、放電電極２０は、厚み方向Ｔにおいて第１セラミック層１１Ａと第２セラミック層１１Ｂとの間に設けられ、かつ、複数の第１貫通孔１２Ａの内壁面から露出している。

明　細　書

発明の名称 ：

イオン発生器、イオン発生器用の放電ユニット、及び、イオン発生器の製造方法

技術分野

[0001]　本発明は、イオン発生器、イオン発生器用の放電ユニット、及び、イオン発生器の製造方法に関する。

背景技術

[0002]　コロナ放電によるイオン発生器として、特許文献１には、絶縁基板と、絶縁基板上に並置された複数の放電電極と、放電電極と一定の間隔を隔てて設けられた共通電極と、放電電極と共通電極との間に両者を電気的に接続するように設けられた抵抗体と、を備え、放電電極は絶縁基板上に着脱可能に取り付けられており、放電電極と抵抗体とは互いに圧接されていること、を特徴とするイオン発生器が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１０－８６７９０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　イオン発生器においては、イオンの発生量を増やすために、放電部として機能する放電電極の数を多くすることが考えられる。しかしながら、特許文献１に記載のイオン発生器のように放電電極の数を多くすると、放電電極を配置する精度にばらつきが生じやすくなる。その結果、イオン発生器においては、放電電極と、特許文献１には記載されていない、集電部として機能する集電電極との間の距離にばらつきが生じやすくなる。イオン発生器においては、このように放電電極と集電電極との間の距離にばらつきが生じると、

放電電極毎の放電開始電圧にばらつきが生じるおそれがある。放電電極毎の放電開始電圧にばらつきが生じると、すべての放電電極で放電を開始するために充分な電圧を印加したときに、一部の放電電極での放電量が大きくなるため、その一部の放電電極の劣化が早まるおそれがある。

[0005] 本発明は、上記の問題を解決するためになされたものであり、放電電極が精度良く配置されたイオン発生器を提供することを目的とするものである。また、本発明は、上記イオン発生器用の放電ユニットを提供することを目的とするものである。更に、本発明は、上記イオン発生器の製造方法を提供することを目的とするものである。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明のイオン発生器は、厚み方向に積層された複数のセラミック層を含む絶縁基板と、上記絶縁基板に設けられた放電電極と、上記厚み方向において上記放電電極と対向する位置に、上記放電電極と空間を隔てて設けられた集電電極と、を備え、複数の上記セラミック層は、第１セラミック層と、上記第１セラミック層と上記厚み方向に隣り合う第２セラミック層と、を少なくとも含み、上記絶縁基板には、少なくとも上記第１セラミック層及び上記第２セラミック層を上記厚み方向に貫通する複数の第１貫通孔が設けられ、上記放電電極は、上記厚み方向において上記第１セラミック層と上記第２セラミック層との間に設けられ、かつ、複数の上記第１貫通孔の内壁面から露出している、ことを特徴とする。

[0007] 本発明のイオン発生器用の放電ユニットは、厚み方向に積層された複数のセラミック層を含む絶縁基板と、上記絶縁基板に設けられた放電電極と、を備え、複数の上記セラミック層は、第１セラミック層と、上記第１セラミック層と上記厚み方向に隣り合う第２セラミック層と、を少なくとも含み、上記絶縁基板には、少なくとも上記第１セラミック層及び上記第２セラミック層を上記厚み方向に貫通する複数の第１貫通孔が設けられ、上記放電電極は、上記厚み方向において上記第１セラミック層と上記第２セラミック層との間に設けられ、かつ、複数の上記第１貫通孔の内壁面から露出している、こ

とを特徴とする。

[0008] 本発明のイオン発生器の製造方法は、厚み方向に積層された複数のセラミック層を含む絶縁基板と、上記絶縁基板に設けられた放電電極と、上記厚み方向において上記放電電極と対向する位置に、上記放電電極と空間を隔てて設けられた集電電極と、を備えるイオン発生器の製造方法であって、複数の上記セラミック層となるべき複数の未焼結セラミック層に含まれる第１未焼結セラミック層を準備する工程と、上記第１未焼結セラミック層の一方主面上に、上記放電電極となるべき未焼結放電電極層を形成する工程と、上記第１未焼結セラミック層に、上記厚み方向に貫通する複数の貫通孔を形成する工程と、上記第１未焼結セラミック層に形成された複数の貫通孔の各々の内部に、上記未焼結セラミック層が焼結する温度では焼結しない第１未焼結セラミック拘束部を形成する工程と、複数の上記未焼結セラミック層に含まれる第２未焼結セラミック層を準備する工程と、上記第２未焼結セラミック層に、上記厚み方向に貫通する複数の貫通孔を形成する工程と、上記第２未焼結セラミック層に形成された複数の貫通孔の各々の内部に、上記未焼結セラミック層が焼結する温度では焼結しない第２未焼結セラミック拘束部を形成する工程と、上記第１未焼結セラミック拘束部と上記第２未焼結セラミック拘束部とが上記厚み方向に重なるように、上記第１未焼結セラミック層と上記第２未焼結セラミック層とを、上記未焼結放電電極層を間に挟んで上記厚み方向に積層することにより、上記第１未焼結セラミック拘束部が形成された複数の貫通孔と上記第２未焼結セラミック拘束部が形成された複数の貫通孔とが各々上記厚み方向に連通して形成される複数の複合貫通孔の内壁面に上記未焼結放電電極層が達するように設けられた複合積層体を作製する工程と、上記未焼結セラミック層が焼結する温度で上記複合積層体を焼成する工程と、を備える、ことを特徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、放電電極が精度良く配置されたイオン発生器を提供できる。また、本発明によれば、上記イオン発生器用の放電ユニットを提供でき

る。更に、本発明によれば、上記イオン発生器の製造方法を提供できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図１は、本発明の実施形態１のイオン発生器の一例を示す断面模式図である。

[図2]図２は、図１に示すイオン発生器を厚み方向において放電電極側から見た状態の一例を示す平面模式図である。

[図3]図３は、本発明の実施形態１のイオン発生器の製造方法の一例について、第１未焼結セラミック層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[図4]図４は、本発明の実施形態１のイオン発生器の製造方法の一例について、未焼結放電電極層を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[図5]図５は、本発明の実施形態１のイオン発生器の製造方法の一例について、第１未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[図6]図６は、本発明の実施形態１のイオン発生器の製造方法の一例について、第１未焼結セラミック拘束部を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[図7]図７は、本発明の実施形態１のイオン発生器の製造方法の一例について、第２未焼結セラミック層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[図8]図８は、本発明の実施形態１のイオン発生器の製造方法の一例について、第２未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[図9]図９は、本発明の実施形態１のイオン発生器の製造方法の一例について、第２未焼結セラミック拘束部を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[図10]図１０は、本発明の実施形態１のイオン発生器の製造方法の一例について、複合積層体を作製する工程の一例を示す断面模式図である。

[図11]図１１は、本発明の実施形態１のイオン発生器の変形例を示す断面模式図である。

[図12]図１２は、本発明の実施形態２のイオン発生器の一例を示す断面模式図である。

[図13]図１３は、図１２に示すイオン発生器を厚み方向において放電電極側から見た状態の一例を示す平面模式図である。

[図14]図１４は、図１２に示すイオン発生器を厚み方向において集電電極側から見た状態の一例を示す平面模式図である。

[図15]図１５は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第１未焼結セラミック層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[図16]図１６は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、未焼結放電電極層を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[図17]図１７は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第１未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[図18]図１８は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第１未焼結セラミック拘束部を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[図19]図１９は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第２未焼結セラミック層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[図20]図２０は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第２未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[図21]図２１は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第２未焼結セラミック拘束部を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[図22]図２２は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第３未焼結セラミック拘束部を準備する工程の一例を示す断面模式図

である。

[図23]図２３は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第３未焼結セラミック拘束部に貫通孔を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[図24]図２４は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、未焼結集電電極層を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[図25]図２５は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第３未焼結セラミック拘束部を部分的に除去する工程の一例を示す断面模式図である。

[図26]図２６は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第３未焼結セラミック層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[図27]図２７は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第３未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[図28]図２８は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第３未焼結セラミック層に第３未焼結セラミック拘束部及び未焼結集電電極層を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[図29]図２９は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第４未焼結セラミック層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[図30]図３０は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第４未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[図31]図３１は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第４未焼結セラミック拘束部を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[図32]図３２は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例につ

いて、第１未焼結セラミック拘束層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[図33]図３３は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第２未焼結セラミック拘束層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[図34]図３４は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第３未焼結セラミック拘束層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[図35]図３５は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第４未焼結セラミック拘束層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[図36]図３６は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、複合積層体を作製する工程の一例を示す断面模式図である。

[図37]図３７は、本発明の実施形態２のイオン発生器の変形例を示す断面模式図である。

[図38]図３８は、本発明の実施形態２のイオン発生器の別の変形例を示す断面模式図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明のイオン発生器と、本発明のイオン発生器用の放電ユニットと、本発明のイオン発生器の製造方法とについて説明する。なお、本発明は、以下の構成に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜変更されてもよい。また、以下において記載する個々の好ましい構成を複数組み合わせたものもまた本発明である。

[0012] 以下に示す各実施形態は例示であり、異なる実施形態で示す構成の部分的な置換又は組み合わせが可能であることは言うまでもない。実施形態２以降では、実施形態１と共通の事項についての記載は省略し、異なる点を主に説明する。特に、同様の構成による同様の作用効果については、実施形態毎に逐次言及しない。

[0013] 以下の説明において、各実施形態を特に区別しない場合、単に、「本発明のイオン発生器」と言う。

[0014] 以下に示す図面は模式図であり、その寸法、縦横比の縮尺等は実際の製品と異なる場合がある。

[0015] ［実施形態１］

本発明のイオン発生器は、厚み方向に積層された複数のセラミック層を含む絶縁基板と、絶縁基板に設けられた放電電極と、厚み方向において放電電極と対向する位置に、放電電極と空間を隔てて設けられた集電電極と、を備え、複数のセラミック層は、第１セラミック層と、第１セラミック層と厚み方向に隣り合う第２セラミック層と、を少なくとも含み、絶縁基板には、少なくとも第１セラミック層及び第２セラミック層を厚み方向に貫通する複数の第１貫通孔が設けられ、放電電極は、厚み方向において第１セラミック層と第２セラミック層との間に設けられ、かつ、複数の第１貫通孔の内壁面から露出している、ことを特徴とする。

[0016] 以下では、本発明の実施形態１のイオン発生器について説明する。

[0017] 本発明の実施形態１のイオン発生器では、放電電極が絶縁基板に設けられているのに対して、集電電極が絶縁基板に設けられていない。より具体的には、本発明の実施形態１のイオン発生器は、絶縁基板に設けられた放電電極を有する放電ユニットと、絶縁基板に設けられていない集電電極を有する集電ユニットと、を備えている。このようなイオン発生器用の放電ユニットもまた本発明である。

[0018] 本発明のイオン発生器用の放電ユニットは、厚み方向に積層された複数のセラミック層を含む絶縁基板と、絶縁基板に設けられた放電電極と、を備え、複数のセラミック層は、第１セラミック層と、第１セラミック層と厚み方向に隣り合う第２セラミック層と、を少なくとも含み、絶縁基板には、少なくとも第１セラミック層及び第２セラミック層を厚み方向に貫通する複数の第１貫通孔が設けられ、放電電極は、厚み方向において第１セラミック層と第２セラミック層との間に設けられ、かつ、複数の第１貫通孔の内壁面から

露出している、ことを特徴とする。

[0019] 図１は、本発明の実施形態１のイオン発生器の一例を示す断面模式図である。図２は、図１に示すイオン発生器を厚み方向において放電電極側から見た状態の一例を示す平面模式図である。なお、図２では、放電電極に着目するため、図１に示すイオン発生器を厚み方向において放電電極側から透視した状態を示している。

[0020] 図１に示すイオン発生器１は、放電ユニットＵ１と、集電ユニットＵ２と、を有している。

[0021] 集電ユニットＵ２は、放電ユニットＵ１に取り付けられている。例えば、放電ユニットＵ１及び集電ユニットＵ２のうち、一方に位置決め用のピンが設けられ、他方に位置決め用の穴が設けられていてもよい。これらの位置決め用のピン及び穴が嵌合することにより、集電ユニットＵ２が放電ユニットＵ１に取り付けられる。

[0022] 放電ユニットＵ１は、絶縁基板１０と、放電電極（エミッタ電極）２０と、を有している。

[0023] 図１に示すように、絶縁基板１０は、厚み方向Ｔに積層された複数のセラミック層を含んでいる。より具体的には、図１に示すように、絶縁基板１０を構成する複数のセラミック層は、厚み方向Ｔに積層された、第１セラミック層１１Ａと、第２セラミック層１１Ｂと、を少なくとも含んでいる。

[0024] 図１に示すように、第２セラミック層１１Ｂは、第１セラミック層１１Ａと厚み方向Ｔに隣り合っている。図１に示す例では、第２セラミック層１１Ｂが、厚み方向Ｔにおいて第１セラミック層１１Ａの放電電極２０側に隣り合っている。

[0025] 第１セラミック層１１Ａの放電電極２０と反対側には、第１セラミック層１１Ａと厚み方向Ｔに隣り合うように、少なくとも１層のセラミック層が更に設けられていてもよい。

[0026] 第２セラミック層１１Ｂの放電電極２０と反対側には、第２セラミック層１１Ｂと厚み方向Ｔに隣り合うように、少なくとも１層のセラミック層が更

に設けられていてもよい。図１に示す例では、絶縁基板１０を構成する複数のセラミック層が、第１セラミック層１１Ａ及び第２セラミック層１１Ｂに加えて、セラミック層１１Ｘを更に含んでいる。セラミック層１１Ｘは、第２セラミック層１１Ｂの放電電極２０と反対側で、第２セラミック層１１Ｂと厚み方向Ｔに隣り合うように設けられている。

[0027] 本発明のイオン発生器において、セラミック層の構成材料は、低温焼結セラミック材料であることが好ましい。

[0028] 絶縁基板１０を構成する第１セラミック層１１Ａ等のセラミック層は、例えば、グリーンシートを積層して焼結させることで得られる、セラミック材料で構成される層である。このようなセラミック層の構成材料としては、例えば、アルミナ、窒化アルミニウム、低温焼結セラミック（ＬＴＣＣ）材料等が挙げられる。特に、低温焼結セラミック材料が好ましい。

[0029] 本明細書中、低温焼結セラミック材料は、セラミック材料のうち、１０００℃以下の焼成温度で焼結可能なセラミック材料を意味する。低温焼結セラミック材料は、銅、銀等との同時焼成が可能である。

[0030] 低温焼結セラミック材料としては、例えば、クオーツ、アルミナ、フォルステライト等のセラミック材料とホウ珪酸ガラスとを含むガラス複合系低温焼結セラミック材料、ＺｎＯ－ＭｇＯ－Al_2O_3－SiO_2系の結晶化ガラスを含む結晶化ガラス系低温焼結セラミック材料、ＢａＯ－Al_2O_3－SiO_2系セラミック材料、Al_2O_3－ＣａＯ－SiO_2－ＭｇＯ－B_2O_3系セラミック材料等を含む非ガラス系低温焼結セラミック材料、等が挙げられる。

[0031] 図１に示すように、絶縁基板１０には、少なくとも第１セラミック層１１Ａ及び第２セラミック層１１Ｂを厚み方向Ｔに貫通する複数の第１貫通孔１２Ａが設けられている。図１に示す例では、複数の第１貫通孔１２Ａが、第１セラミック層１１Ａ及び第２セラミック層１１Ｂを厚み方向Ｔに貫通するように設けられている。

[0032] 複数の第１貫通孔１２Ａは、各々、吸気口として機能する。

[0033] 図１に示すように、厚み方向Ｔに直交する方向から見たときの複数の第１

貫通孔１２Ａの断面形状は、互いに同じであることが好ましい。なお、複数の第１貫通孔１２Ａの断面形状は、互いに異なっていてもよいし、一部で異なっていてもよい。

[0034] 厚み方向Ｔに直交する方向から見たときの複数の第１貫通孔１２Ａの断面形状は、各々独立して、図１と異なるテーパー状であってもよい。

[0035] 図２に示すように、厚み方向Ｔから見たときの複数の第１貫通孔１２Ａの平面形状は、互いに同じであることが好ましい。なお、複数の第１貫通孔１２Ａの平面形状は、互いに異なっていてもよいし、一部で異なっていてもよい。

[0036] 厚み方向Ｔから見たときの複数の第１貫通孔１２Ａの平面形状としては、図２に示すような円形状、楕円形状、多角形状等が挙げられる。

[0037] 図２に示すように、複数の第１貫通孔１２Ａは、規則的に配置されていることが好ましい。なお、複数の第１貫通孔１２Ａは、ランダムに配置されていてもよい。

[0038] 図１及び図２に示すように、複数の第１貫通孔１２Ａの間隔は、互いに同じであることが好ましい。なお、複数の第１貫通孔１２Ａの間隔は、互いに異なっていてもよいし、一部で異なっていてもよい。

[0039] 図１に示すように、放電電極２０は、絶縁基板１０に設けられている。より具体的には、図１に示すように、放電電極２０は、厚み方向Ｔにおいて第１セラミック層１１Ａと第２セラミック層１１Ｂとの間に設けられている。放電電極２０は、厚み方向Ｔに相対する第１主面２０ａ及び第２主面２０ｂを有しており、図１に示す例では、第１セラミック層１１Ａが放電電極２０の第１主面２０ａに接しており、第２セラミック層１１Ｂが放電電極２０の第２主面２０ｂに接している。

[0040] 図１に示す例では、放電電極２０の第１主面２０ａの全体が、第１セラミック層１１Ａから露出していない。なお、放電電極２０の第１主面２０ａの一部は、第１セラミック層１１Ａから露出していてもよい。

[0041] 図１に示す例では、放電電極２０の第２主面２０ｂの全体が、第２セラミ

ック層１１Ｂから露出していない。なお、放電電極２０の第２主面２０ｂの一部は、第２セラミック層１１Ｂから露出していてもよい。

[0042] 放電電極２０が厚み方向Ｔにおいて第１セラミック層１１Ａと第２セラミック層１１Ｂとの間に設けられていることにより、絶縁基板１０の主面（例えば、第２セラミック層１１Ｂにおける放電電極２０と反対側の主面１１Ｂａ）に対して、放電電極２０が精度良く配置される。

[0043] また、イオン発生器１が後述する方法により製造される場合、放電電極２０は、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａ又は第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂに拘束された状態で形成される（図１０参照）。ここで、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａ及び第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂは焼成時に焼結しない、つまり、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａ及び第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂは焼成時に収縮しない。そのため、得られるイオン発生器１では、絶縁基板１０及び放電電極２０の不所望な変形が抑制される。その結果、イオン発生器１では、絶縁基板１０の主面（例えば、第２セラミック層１１Ｂにおける放電電極２０と反対側の主面１１Ｂａ）に対して、放電電極２０が精度良く配置される。

[0044] 本発明のイオン発生器において、放電電極は、厚み方向に直交する方向に沿う平板状であることが好ましい。

[0045] 図１及び図２に示すように、放電電極２０は、厚み方向Ｔに直交する方向に沿う平板状であることが好ましい。この場合、放電電極２０の形成が容易になるとともに、放電電極２０が精度良く配置されやすくなる。

[0046] 本明細書中、平板状とは、厚み方向における寸法が、厚み方向に直交する方向における最小寸法の１／１０以下である形状を意味する。

[0047] 放電電極２０の構成材料としては、種々の導電材料が挙げられる。例えば、絶縁基板１０を構成するセラミック層が、低温焼結セラミック材料で構成される層である場合、放電電極２０を構成する導電材料としては、銅、銀、これらの金属の少なくとも１種を含有する合金等が挙げられる。放電電極２０において、上述した導電材料は、めっき法、スパッタリング法等により、

金、クロム、白金、ニッケル、タングステン、モリブデン等の耐食性を有する金属材料で被覆されていてもよい。

[0048] 図１に示すように、放電電極２０は、複数の第１貫通孔１２Ａの内壁面から露出している。より具体的には、図１に示すように、厚み方向Ｔに直交する方向における放電電極２０の端部は、複数の露出部２０ｅとして複数の第１貫通孔１２Ａの内壁面から露出している。イオン発生器１では、放電電極２０の複数の露出部２０ｅが複数の放電部として機能するため、放電電極２０を複数設けなくても、複数の放電部を有する構成を実現できる。したがって、イオン発生器１では、複数の放電部を有する構成により、イオンの発生量を増やすことができる。

[0049] 更に、イオン発生器１では、放電部として機能する放電電極２０の露出部２０ｅが、吸気口として機能する第１貫通孔１２Ａに接するように設けられているため、放電電極２０による放電時に発生するイオンが効率よく放出される。

[0050] イオン発生器１では、放電電極２０が、絶縁基板１０に設けられたすべての第１貫通孔１２Ａのうち、複数の第１貫通孔１２Ａの内壁面から露出していればよいが、すべての第１貫通孔１２Ａの内壁面から露出していることが特に好ましい。

[0051] 本発明のイオン発生器において、放電電極は、少なくとも１つの第１貫通孔の内壁面の全周にわたって露出していることが好ましい。

[0052] 図２に示すように、放電電極２０は、少なくとも１つの第１貫通孔１２Ａの内壁面の全周にわたって露出していることが好ましい。図２に示す例では、放電電極２０が、複数の第１貫通孔１２Ａの内壁面の全周にわたって露出している。この場合、放電電極２０によるイオンの発生量が多くなりやすくなる。

[0053] 上述したように、放電電極２０は、絶縁基板１０に設けられたすべての第１貫通孔１２Ａのうち、複数の第１貫通孔１２Ａの内壁面から露出していればよいが、放電電極２０が内壁面から露出している複数の第１貫通孔１２Ａ

のうち、少なくとも１つの第１貫通孔１２Ａの内壁面の全周にわたって放電電極２０が露出していることが好ましく、すべての第１貫通孔１２Ａの内壁面の全周にわたって放電電極２０が露出していることがより好ましい。

[0054] 図１に示すように、放電電極２０と第１貫通孔１２Ａとは、厚み方向Ｔから見たときに重なっていないことが好ましい。

[0055] 放電電極２０による放電箇所を放電電極２０の露出部２０ｅに集中させるため、図１及び図２に示すように、放電電極２０における第１貫通孔１２Ａと反対側の端部（外縁部）は、第１セラミック層１１Ａ及び第２セラミック層１１Ｂから露出していないことが好ましい。この場合、放電電極２０における第１貫通孔１２Ａと反対側の端部は、第１セラミック層１１Ａ及び第２セラミック層１１Ｂの少なくとも一方で覆われていてもよいし、セラミック層以外の絶縁部材で封止されていてもよい。

[0056] 図２に示す例では、放電電極２０が１つのみ設けられているが、放電電極２０は、厚み方向Ｔに直交する方向に沿う面内で複数に分割されて設けられていてもよい。

[0057] 放電電極２０が複数に分割されて設けられている場合、分割されたすべての放電電極２０が複数の第１貫通孔１２Ａの内壁面から露出していることが好ましい。

[0058] 放電電極２０が複数に分割されて設けられている場合、分割された複数の放電電極２０は、配線等の導電部を介して互いに接続されていてもよい。

[0059] 放電電極２０が複数に分割されて設けられている場合、厚み方向Ｔに直交する方向から見たときの分割された複数の放電電極２０の断面形状は、互いに同じであることが好ましい。なお、分割された複数の放電電極２０の断面形状は、互いに異なっていてもよいし、一部で異なっていてもよい。

[0060] 放電電極２０が複数に分割されて設けられている場合、厚み方向Ｔから見たときの分割された複数の放電電極２０の平面形状は、互いに同じであることが好ましい。なお、分割された複数の放電電極２０の平面形状は、互いに異なっていてもよいし、一部で異なっていてもよい。

[0061] 本発明のイオン発生器において、絶縁基板の一方主面は、第２セラミック層における放電電極と反対側の主面に加えて、第２セラミック層の主面よりも厚み方向において高い位置に存在するセラミック層の主面を含んでいてもよい。

[0062] 図１に示すように、絶縁基板１０の一方主面１０ａは、第２セラミック層１１Ｂにおける放電電極２０と反対側の主面１１Ｂａに加えて、第２セラミック層１１Ｂの主面１１Ｂａよりも厚み方向Ｔにおいて高い位置に存在するセラミック層１１Ｘの主面１１Ｘａを含んでいてもよい。この場合、放電ユニットＵ１におけるセラミック層１１Ｘの主面１１Ｘａを、集電ユニットＵ２の取り付けのための基準面とすることができる。

[0063] 図１に示す例において、第２セラミック層１１Ｂの放電電極２０と反対側には、第２セラミック層１１Ｂと厚み方向Ｔに隣り合うように、１層のセラミック層１１Ｘが設けられているが、２層以上のセラミック層が設けられていてもよい。

[0064] セラミック層１１Ｘの厚み方向Ｔにおける寸法は、第１セラミック層１１Ａ及び第２セラミック層１１Ｂの厚み方向Ｔにおける寸法と同じであってもよいし、異なっていてもよい。

[0065] なお、イオン発生器１において、セラミック層１１Ｘは設けられていなくてもよい。この場合、放電ユニットＵ１における第２セラミック層１１Ｂの主面１１Ｂａを、集電ユニットＵ２の取り付けのための基準面とすることができる。

[0066] 集電ユニットＵ２は、集電電極３０（コレクタ電極）を有している。

[0067] 図１に示すように、集電電極３０は、厚み方向Ｔにおいて放電電極２０と対向する位置に、放電電極２０と空間を隔てて設けられている。つまり、集電電極３０は、放電電極２０と集電電極３０との間の共通の空間に露出している。集電電極３０は、放電電極２０と集電電極３０との間の共通の空間に露出していれば、その露出場所は特に限定されない。

[0068] 一方、図１に示すように、放電電極２０は、複数の第１貫通孔１２Ａの内

壁面から露出していることにより、放電電極２０と集電電極３０との間の共通の空間に露出している。

[0069] イオン発生器１では、放電電極２０及び集電電極３０が図１に示すように共通の空間に露出していることにより、コロナ放電によるイオン発生を実現できる。イオン発生器１は、イオンを発生させるだけではなく、イオン風を発生させるイオン風発生器としても機能できる。より具体的には、まず、放電電極２０に接続された高電圧電源（図示せず）により、放電電極２０にプラス又はマイナスの高電圧が印加されると、放電電極２０と集電電極３０との間に強電界が形成され、放電電極２０の露出部２０ｅの周囲に大きな電位勾配が生じる。そして、放電電極２０の露出部２０ｅの周囲に大きな電位勾配が生じることにより、放電電極２０の露出部２０ｅの周囲に存在する空気に絶縁破壊が生じる。その結果、放電電極２０の露出部２０ｅからコロナ放電が生じ、放電電極２０の露出部２０ｅの周囲の空気中にイオンが発生する。

[0070] イオン発生器１において、コロナ放電により発生したイオンは、高電圧電源（図示せず）に接続された放電電極２０と、グランド（図示せず）に接続された集電電極３０との間の電位差によってドリフトする。この際、イオンのドリフトに誘起されて周囲の空気が巻き込まれると、イオン風と呼ばれる空気の流れが生じる。このように、イオン発生器１は、イオンを発生させるだけではなく、イオン風を発生させるイオン風発生器としても機能できる。イオン発生器１がイオン風発生器として機能する場合、複数の放電部を有する構成により、イオンの発生量が増えることに伴ってイオン風の風量が多くなる。

[0071] 図１に示すように、集電電極３０には、厚み方向Ｔに貫通する複数の第３貫通孔１２Ｃが設けられていることが好ましい。

[0072] 複数の第３貫通孔１２Ｃは、各々、排気口として機能する。

[0073] 複数の第３貫通孔１２Ｃが設けられた集電電極３０としては、例えば、導電材料を含有するパンチングメッシュ等が挙げられる。このようなパンチン

グメッシュを構成する導電材料としては、例えば、ステンレス、アルミニウム、チタン、銅等が挙げられる。このようなパンチングメッシュにおいて、上述した導電材料は、めっき法、スパッタリング法等により、金、クロム、白金、ニッケル、タングステン、モリブデン等の耐食性を有する金属材料で被覆されていてもよい。

[0074] 複数の第３貫通孔１２Ｃは、複数の第１貫通孔１２Ａに連通している。これにより、空気の流路（イオン風の流路）が形成される。図１に示す例では、複数の第３貫通孔１２Ｃが、複数の第１貫通孔１２Ａと複数の第３貫通孔１２Ｃとの間の空間を介して、複数の第１貫通孔１２Ａに連通している。より具体的には、複数の第１貫通孔１２Ａと複数の第３貫通孔１２Ｃとが、厚み方向Ｔに直交する方向に延びる共通の空間を介して連通している。

[0075] 図１に示すように、厚み方向Ｔに直交する方向から見たときの複数の第３貫通孔１２Ｃの断面形状は、互いに同じであることが好ましい。なお、複数の第３貫通孔１２Ｃの断面形状は、互いに異なっていてもよいし、一部で異なっていてもよい。

[0076] 厚み方向Ｔに直交する方向から見たときの複数の第３貫通孔１２Ｃの断面形状は、各々独立して、図１と異なるテーパー状であってもよい。

[0077] 厚み方向Ｔから見たときの複数の第３貫通孔１２Ｃの平面形状は、互いに同じであることが好ましい。なお、複数の第３貫通孔１２Ｃの平面形状は、互いに異なっていてもよいし、一部で異なっていてもよい。

[0078] 厚み方向Ｔから見たときの複数の第３貫通孔１２Ｃの平面形状としては、円形状、楕円形状、多角形状等が挙げられる。

[0079] 複数の第３貫通孔１２Ｃは、規則的に配置されていることが好ましい。なお、複数の第３貫通孔１２Ｃは、ランダムに配置されていてもよい。

[0080] 複数の第３貫通孔１２Ｃの間隔は、互いに同じであることが好ましい。なお、複数の第３貫通孔１２Ｃの間隔は、互いに異なっていてもよいし、一部で異なっていてもよい。

[0081] 図１に示すように、複数の第１貫通孔１２Ａと複数の第３貫通孔１２Ｃと

は、少なくとも１つ同士が厚み方向Ｔから見たときに重なっていることが好ましい。この場合、厚み方向Ｔから見たときに重なっている第１貫通孔１２Ａ及び第３貫通孔１２Ｃを通る気流の抵抗が抑制されるため、放電電極２０による放電時に発生するイオンが効率よく放出される。また、イオン発生器１がイオン風発生器として機能する場合、イオン風の風速が向上しやすくなる。

[0082] なお、複数の第１貫通孔１２Ａと複数の第３貫通孔１２Ｃとは、少なくとも１つ同士が厚み方向Ｔから見たときに重なっていなくてもよい。

[0083] 厚み方向Ｔから見たときに重なっている第１貫通孔１２Ａ及び第３貫通孔１２Ｃについて、厚み方向から見たときの第１貫通孔１２Ａの中心と第３貫通孔１２Ｃの中心とは、一致していることが好ましい。

[0084] なお、厚み方向Ｔから見たときに重なっている第１貫通孔１２Ａ及び第３貫通孔１２Ｃについて、厚み方向から見たときの第１貫通孔１２Ａの中心と第３貫通孔１２Ｃの中心とは、一致していなくてもよい。

[0085] 第１貫通孔１２Ａの個数と第３貫通孔１２Ｃの個数とは、同じであることが好ましい。この場合、１つの第１貫通孔１２Ａと１つの第３貫通孔１２Ｃとからなる組が複数存在することになるが、すべての組において、第１貫通孔１２Ａと第３貫通孔１２Ｃとが、厚み方向Ｔから見たときに重なっていることが好ましい。なお、一部の組において、第１貫通孔１２Ａと第３貫通孔１２Ｃとが、厚み方向Ｔから見たときに重なっていてもよい。

[0086] なお、第１貫通孔１２Ａの個数と第３貫通孔１２Ｃの個数とは、異なっていてもよい。

[0087] 本発明のイオン発生器において、集電電極は、厚み方向における放電電極側の下半分の領域において、空間に露出した近接露出部を有していることが好ましく、集電電極の近接露出部における最小曲率半径の２倍は、放電電極の厚み方向における寸法よりも大きいことが好ましい。

[0088] 図１に示すように、集電電極３０は、厚み方向Ｔにおける放電電極２０側の下半分の領域Ｒにおいて、空間に露出した近接露出部３０ｅａを有してい

ることが好ましい。

[0089] 集電電極３０について、厚み方向Ｔにおける放電電極２０側の下半分の領域Ｒは、図１中の点線で囲まれた領域で示されるように、集電電極３０における放電電極２０側の領域であって、厚み方向Ｔにおける寸法が、集電電極３０の厚み方向Ｔにおける寸法の半分に相当する領域である。つまり、集電電極３０の近接露出部３０ｅａは、厚み方向Ｔにおいて放電電極２０の近くに位置し、放電電極２０と集電電極３０とを隔てる空間に露出している。

[0090] 集電電極３０の近接露出部３０ｅａにおいて、例えば、角部には丸みが付けられていることが好ましい。

[0091] 図１に示すように、集電電極３０の近接露出部３０ｅａにおける最小曲率半径の２倍は、放電電極２０の厚み方向Ｔにおける寸法よりも大きいことが好ましい。この場合、集電電極３０の近接露出部３０ｅａには、放電電極２０の露出部２０ｅよりも尖った部分が存在していない、と言える。集電電極３０の近接露出部３０ｅａに、放電電極２０の露出部２０ｅよりも尖った部分が存在していないことにより、放電電極２０と集電電極３０との間に強電界が形成されても、集電電極３０の近接露出部３０ｅａに電界集中が生じず、結果的に、集電電極３０の近接露出部３０ｅａからコロナ放電が生じにくくなる。

[0092] 集電電極３０の近接露出部３０ｅａに、放電電極２０の露出部２０ｅよりも尖った部分が存在している場合、集電電極３０の近接露出部３０ｅａから、放電電極２０と逆極性のコロナ放電が生じやすくなる。

[0093] 放電電極２０に正の高電圧を印加し、集電電極３０をグランドに接続したとき、集電電極３０の近接露出部３０ｅａから生じる負のコロナ放電から発生する陰イオンは、放電電極２０の露出部２０ｅから生じる正のコロナ放電から発生する陽イオンを中和するため、イオン発生器１によるイオンの発生量が少なくなるおそれがある。また、イオン発生器１がイオン風発生器として機能する場合に、逆方向のイオン風が生じることになるため、イオン風が打ち消し合って、結果的に、イオン風の風量が少なくなるおそれがある。

[0094] 放電電極２０に負の高電圧を印加し、集電電極３０をグランドに接続したとき、集電電極３０の近接露出部３０ｅａから生じる正のコロナ放電から発生する陽イオンは、放電電極２０の露出部２０ｅから生じる負のコロナ放電から発生する陰イオンを中和するため、イオン発生器１によるイオンの発生量が少なくなるおそれがある。また、イオン発生器１がイオン風発生器として機能する場合に、逆方向のイオン風が生じることになるため、イオン風が打ち消し合って、結果的に、イオン風の風量が少なくなるおそれがある。

[0095] 図１に示す例において、集電電極３０は、厚み方向Ｔにおける放電電極２０と反対側の上半分の領域、すなわち、領域Ｒ以外の領域においても、空間に露出した露出部を有している。集電電極３０の領域Ｒ以外の領域に存在する露出部では、尖った部分が存在していてもコロナ放電が生じにくい。そのため、図１に示すように、集電電極３０の領域Ｒ以外の領域に存在する露出部、例えば、集電電極３０の放電電極２０と反対側の角部における最小曲率半径の２倍は、放電電極２０の厚み方向Ｔにおける寸法以下であってもよい。

[0096] 本発明のイオン発生器において、集電電極の厚み方向における寸法は、放電電極の厚み方向における寸法よりも大きいことが好ましい。

[0097] 図１に示すように、集電電極３０の厚み方向Ｔにおける寸法は、放電電極２０の厚み方向Ｔにおける寸法よりも大きいことが好ましい。更に、集電電極３０の露出部の厚み方向Ｔにおける寸法は、放電電極２０の露出部の厚み方向Ｔにおける寸法よりも大きいことが好ましい。

[0098] 集電電極３０の近接露出部３０ｅａに放電電極２０の露出部２０ｅよりも尖った部分が存在せず、更に、集電電極３０の厚み方向Ｔにおける寸法が放電電極２０の厚み方向Ｔにおける寸法よりも大きいことにより、集電電極３０による、放電電極と逆極性のコロナ放電が抑制されるため、放電電極２０及び集電電極３０から発生する逆極性のイオンが中和し、結果的に、イオンの発生量が少なくなることが抑制される。また、イオン発生器１がイオン風発生器として機能する場合に、イオン風の風量が多くなる。

[0099] 図１に示すように、イオン発生器１は、厚み方向Ｔにおいて放電ユニットＵ１と集電ユニットＵ２との間に設けられたスペーサー４０を更に有していてもよい。これにより、放電ユニットＵ１と集電ユニットＵ２との間の空間、すなわち、放電電極２０と集電電極３０との間の空間が確保されやすくなる。

[0100] スペーサー４０の構成材料としては、例えば、樹脂、セラミック、ガラス等の絶縁材料が挙げられる。

[0101] スペーサー４０は、集電ユニットＵ２と一体化されていてもよい。例えば、集電電極３０は、スペーサー４０に設けられていてもよい。

[0102] 本発明のイオン発生器の製造方法は、厚み方向に積層された複数のセラミック層を含む絶縁基板と、絶縁基板に設けられた放電電極と、厚み方向において放電電極と対向する位置に、放電電極と空間を隔てて設けられた集電電極と、を備えるイオン発生器の製造方法であって、複数のセラミック層となるべき複数の未焼結セラミック層に含まれる第１未焼結セラミック層を準備する工程と、第１未焼結セラミック層の一方主面上に、放電電極となるべき未焼結放電電極層を形成する工程と、第１未焼結セラミック層に、厚み方向に貫通する複数の貫通孔を形成する工程と、第１未焼結セラミック層に形成された複数の貫通孔の各々の内部に、未焼結セラミック層が焼結する温度では焼結しない第１未焼結セラミック拘束部を形成する工程と、複数の未焼結セラミック層に含まれる第２未焼結セラミック層を準備する工程と、第２未焼結セラミック層に、厚み方向に貫通する複数の貫通孔を形成する工程と、第２未焼結セラミック層に形成された複数の貫通孔の各々の内部に、未焼結セラミック層が焼結する温度では焼結しない第２未焼結セラミック拘束部を形成する工程と、第１未焼結セラミック拘束部と第２未焼結セラミック拘束部とが厚み方向に重なるように、第１未焼結セラミック層と第２未焼結セラミック層とを、未焼結放電電極層を間に挟んで厚み方向に積層することにより、第１未焼結セラミック拘束部が形成された複数の貫通孔と第２未焼結セラミック拘束部が形成された複数の貫通孔とが各々厚み方向に連通して形成

される複数の複合貫通孔の内壁面に未焼結放電電極層が達するように設けられた複合積層体を作製する工程と、未焼結セラミック層が焼結する温度で複合積層体を焼成する工程と、を備える、ことを特徴とする。

[0103] 以下では、本発明の実施形態１のイオン発生器の製造方法の一例として、図１及び図２に示すイオン発生器１の製造方法の一例について説明する。

[0104] （第１未焼結セラミック層を準備する工程）

図３は、本発明の実施形態１のイオン発生器の製造方法の一例について、第１未焼結セラミック層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[0105] 図３に示すように、第１未焼結セラミック層１１１Ａを準備する。第１未焼結セラミック層１１１Ａは、後に得られるイオン発生器１において、絶縁基板１０に含まれる複数のセラミック層のうちの第１セラミック層１１Ａとなるべきものである。

[0106] 第１未焼結セラミック層１１１Ａとしては、例えば、未焼結のセラミック材料を含むセラミックグリーンシートを準備する。

[0107] このようなセラミックグリーンシートは、例えば、以下の方法で作製される。まず、低温焼結セラミック材料等のセラミック材料、バインダー、溶剤等を所定の比率で混合することにより、セラミックスラリーを調製する。セラミックスラリーを調製する際、分散剤、可塑剤等の添加剤を添加してもよい。そして、得られたセラミックスラリーをドクターブレード法等でシート状に成形することにより、セラミックグリーンシートを作製する。

[0108] （未焼結放電電極層を形成する工程）

図４は、本発明の実施形態１のイオン発生器の製造方法の一例について、未焼結放電電極層を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[0109] 図４に示すように、第１未焼結セラミック層１１１Ａの一方主面上に、未焼結放電電極層１２０を形成する。未焼結放電電極層１２０は、後に得られるイオン発生器１において、放電電極２０となるべきものである。

[0110] 未焼結放電電極層１２０を形成する際、例えば、未焼結セラミック層に含まれるセラミック材料として低温焼結セラミック材料を用いる場合には、銅

、銀等の導電材料を含む導電性ペーストを、スクリーン印刷法等で第１未焼結セラミック層１１１Ａの一方主面上に塗工する。

[0111]（第１未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程）

図５は、本発明の実施形態１のイオン発生器の製造方法の一例について、第１未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[0112] 図５に示すように、第１未焼結セラミック層１１１Ａに、厚み方向Ｔに貫通する複数の貫通孔１１２Ａａを形成する。図５に示す例では、未焼結放電電極層１２０が主面上に形成された第１未焼結セラミック層１１１Ａに、厚み方向Ｔに貫通する複数の貫通孔１１２Ａａを形成する。複数の貫通孔１１２Ａａは、各々、後に得られるイオン発生器１において、第１貫通孔１２Ａの一部となるべきものである。

[0113] 複数の貫通孔１１２Ａａを形成する際、第１未焼結セラミック層１１１Ａに対して、例えば、レーザー光を照射してもよいし、パンチで打ち抜いてもよい。

[0114] なお、本実施形態では、「未焼結放電電極層を形成する工程」（図４参照）を行った後で、「第１未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程」（図５参照）を行う態様を説明したが、これらの工程を逆の順番で行ってもよい。例えば、第１未焼結セラミック層１１１Ａに複数の貫通孔１１２Ａａを形成した後、複数の貫通孔１１２Ａａが形成された第１未焼結セラミック層１１１Ａの一方主面上に、未焼結放電電極層１２０を形成してもよい。

[0115]（第１未焼結セラミック拘束部を形成する工程）

図６は、本発明の実施形態１のイオン発生器の製造方法の一例について、第１未焼結セラミック拘束部を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[0116] 図６に示すように、第１未焼結セラミック層１１１Ａに形成された複数の貫通孔１１２Ａａの各々の内部に、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａを形成する。第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａは、第１未焼結セラミック

層１１１Ａ等の未焼結セラミック層が焼結する温度では焼結しないものである。つまり、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａの焼結温度は、未焼結セラミック層の焼結温度よりも高い。

[0117] 第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａを形成する際、例えば、未焼結セラミック層に含まれるセラミック材料が焼結する温度では焼結しないセラミック材料を含むセラミックスラリーを、複数の貫通孔１１２Ａａの各々の内部に充填してもよい。あるいは、同様のセラミックスラリーをシート状に成形することでセラミックグリーンシートを作製した上で、そのセラミックグリーンシートを複数の貫通孔１１２Ａａの各々の内部に配置してもよい。

[0118] 未焼結セラミック層に含まれるセラミック材料として低温焼結セラミック材料を用いる場合には、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａに含まれるセラミック材料として、例えば、アルミナ、酸化ジルコニウム、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、ムライト、酸化マグネシウム、炭化ケイ素等を用いることができる。中でも、アルミナが好ましい。

[0119] （第２未焼結セラミック層を準備する工程）

図７は、本発明の実施形態１のイオン発生器の製造方法の一例について、第２未焼結セラミック層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[0120] 図７に示すように、第２未焼結セラミック層１１１Ｂを準備する。第２未焼結セラミック層１１１Ｂは、後に得られるイオン発生器１において、絶縁基板１０に含まれる複数のセラミック層のうちの第２セラミック層１１Ｂとなるべきものである。

[0121] 第２未焼結セラミック層１１１Ｂは、例えば、第１未焼結セラミック層１１１Ａと同様に準備される。

[0122] （第２未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程）

図８は、本発明の実施形態１のイオン発生器の製造方法の一例について、第２未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[0123] 図８に示すように、第２未焼結セラミック層１１１Ｂに、厚み方向Ｔに貫

通する複数の貫通孔１１２Ａｂを形成する。複数の貫通孔１１２Ａｂは、各々、後に得られるイオン発生器１において、第１貫通孔１２Ａの一部となるべきものである。

[0124] 複数の貫通孔１１２Ａｂは、例えば、複数の貫通孔１１２Ａａと同様の方法で、第２未焼結セラミック層１１１Ｂに形成される。

[0125] （第２未焼結セラミック拘束部を形成する工程）

図９は、本発明の実施形態１のイオン発生器の製造方法の一例について、第２未焼結セラミック拘束部を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[0126] 図９に示すように、第２未焼結セラミック層１１１Ｂに形成された複数の貫通孔１１２Ａｂの各々の内部に、第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂを形成する。第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂは、第１未焼結セラミック層１１１Ａ等の未焼結セラミック層が焼結する温度では焼結しないものである。つまり、第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂの焼結温度は、未焼結セラミック層の焼結温度よりも高い。

[0127] 第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂは、例えば、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａと同様の方法で、複数の貫通孔１１２Ａｂの各々の内部に形成される。

[0128] （複合積層体を作製する工程）

図１０は、本発明の実施形態１のイオン発生器の製造方法の一例について、複合積層体を作製する工程の一例を示す断面模式図である。

[0129] 図１０に示すように、未焼結放電電極層１２０及び第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａが設けられた第１未焼結セラミック層１１１Ａと、第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂが設けられた第２未焼結セラミック層１１１Ｂとを厚み方向Ｔに積層することにより、複合積層体１０１を作製する。図１０に示す例では、複合積層体１０１を作製する前に、第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂが設けられた第２未焼結セラミック層１１１Ｂと同様の方法で、未焼結セラミック拘束部１１３Ｘが設けられた未焼結セラミック層１１

１Ｘを作製しておき、未焼結放電電極層１２０及び第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａが設けられた第１未焼結セラミック層１１１Ａと、第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂが設けられた第２未焼結セラミック層１１１Ｂと、未焼結セラミック拘束部１１３Ｘが設けられた未焼結セラミック層１１１Ｘとを厚み方向Ｔに順に積層することにより、複合積層体１０１を作製する。この際、未焼結放電電極層１２０及び第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａが設けられた第１未焼結セラミック層１１１Ａに対して、未焼結放電電極層１２０と反対側に、未焼結セラミック拘束層１１４Ｘを更に積層してもよい。また、未焼結セラミック拘束部１１３Ｘが設けられた未焼結セラミック層１１１Ｘに対して、未焼結放電電極層１２０と反対側に、未焼結セラミック拘束層１１４Ｙを更に積層してもよい。

[0130] 複合積層体１０１を作製する際、図１０に示すように、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａと第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂとが厚み方向Ｔに重なるように、第１未焼結セラミック層１１１Ａと第２未焼結セラミック層１１１Ｂとを、未焼結放電電極層１２０を間に挟んで厚み方向Ｔに積層する。これにより、図１０に示すように、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａが形成された複数の貫通孔１１２Ａａと第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂが形成された複数の貫通孔１１２Ａｂとが各々厚み方向Ｔに連通して形成される複数の複合貫通孔の内壁面に、未焼結放電電極層１２０が達するように設けられた複合積層体１０１を作製する。

[0131] （複合積層体を焼成する工程）

未焼結セラミック層が焼結する温度で、図１０に示す複合積層体１０１を焼成する。より具体的には、第１未焼結セラミック層１１１Ａ等の未焼結セラミック層が焼結する温度であって、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａ等の未焼結セラミック拘束部が焼結しない温度で、複合積層体１０１を焼成する。

[0132] 複合積層体１０１を焼成することにより、第１未焼結セラミック層１１１Ａ、第２未焼結セラミック層１１１Ｂ、及び、未焼結セラミック層１１１Ｘ

は、各々、第１セラミック層１１Ａ、第２セラミック層１１Ｂ、及び、セラミック層１１Ｘとなる。

[0133] 複合積層体１０１を焼成することにより、未焼結放電電極層１２０は、放電電極２０となる。

[0134] 複合積層体１０１を焼成することにより、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａ、第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂ、及び、未焼結セラミック拘束部１１３Ｘは、各々、焼結せずに非焼結部となる。つまり、複合積層体１０１を焼成する際には、その焼成温度で焼結しない未焼結セラミック拘束部が収縮しない。そのため、得られる絶縁基板１０及び放電電極２０の不所望な変形を抑制できる。その結果、絶縁基板１０の一方主面１０ａに対して、放電電極２０を精度良く配置できる。

[0135] 一方、非焼結部は脆いため、複合積層体１０１を焼成した後に、非焼結部を除去できる。これにより、非焼結部が存在していた領域において、複数の貫通孔１１２Ａａ及び複数の貫通孔１１２Ａｂが１つずつ厚み方向Ｔに連通して複数の第１貫通孔１２Ａとなる。

[0136] 複合積層体１０１を焼成した後、残存する非焼結部を除去することが好ましい。

[0137] 非焼結部を除去する方法としては、例えば、ウェットブラスト、サンドブラスト、ブラッシング、超音波洗浄等が挙げられる。

[0138] 以上により、図１に示す放電ユニットＵ１が作製される。

[0139] その後、図１に示す集電ユニットＵ２を準備した上で、集電ユニットＵ２を、スペーサー４０を介して放電ユニットＵ１に取り付けることにより、図１及び図２に示すイオン発生器１が製造される。

[0140] 図１に示すイオン発生器１では、集電ユニットＵ２を構成する集電電極３０として、導電材料を含有するパンチングメッシュ等を想定しているが、集電電極３０は、導電材料を含有するワイヤーメッシュ、導電パターンが配置されたプリント基板、金属パターンが表面にめっきされた樹脂構造物等であってもよい。

[0141] 図１１は、本発明の実施形態１のイオン発生器の変形例を示す断面模式図である。

[0142] 図１１に示すイオン発生器１Ａにおいて、集電ユニットＵ２を構成する集電電極３０Ａは、ワイヤーメッシュである。ワイヤーメッシュにおいて、編み込まれたワイヤー同士の隙間は、第３貫通孔１２Ｃとして機能する。

[0143] ワイヤーメッシュを構成する導電材料としては、例えば、ステンレス、アルミニウム、チタン、銅等が挙げられる。このようなワイヤーメッシュにおいて、上述した導電材料は、めっき法、スパッタリング法等により、金、クロム、白金、ニッケル、タングステン、モリブデン等の耐食性を有する金属材料で被覆されていてもよい。

[0144] 図１１に示すように、集電電極３０Ａであるワイヤーメッシュを構成するワイヤーの直径は、放電電極２０の厚み方向Ｔにおける寸法よりも大きいことが好ましい。この場合、集電電極３０Ａの厚み方向Ｔにおける寸法は、放電電極２０の厚み方向Ｔにおける寸法よりも大きくなる。

[0145] ［実施形態２］

本発明の実施形態２のイオン発生器では、放電電極及び集電電極の両方が絶縁基板に設けられている。

[0146] 図１２は、本発明の実施形態２のイオン発生器の一例を示す断面模式図である。図１３は、図１２に示すイオン発生器を厚み方向において放電電極側から見た状態の一例を示す平面模式図である。なお、図１３では、放電電極に着目するため、図１２に示すイオン発生器を厚み方向において放電電極側から透視した状態を示している。図１４は、図１２に示すイオン発生器を厚み方向において集電電極側から見た状態の一例を示す平面模式図である。

[0147] 図１２に示すイオン発生器２は、絶縁基板１０と、放電電極２０と、集電電極３０と、を有している。

[0148] 図１２に示すように、絶縁基板１０は、厚み方向Ｔに積層された複数のセラミック層を含んでいる。より具体的には、図１２に示すように、絶縁基板１０を構成する複数のセラミック層は、厚み方向Ｔに積層された、第１セラ

ミック層１１Ａと、第２セラミック層１１Ｂと、を少なくとも含んでいる。

[0149] 図１２に示すように、第２セラミック層１１Ｂは、第１セラミック層１１Ａと厚み方向Ｔに隣り合っている。図１２に示す例では、第２セラミック層１１Ｂが、厚み方向Ｔにおいて第１セラミック層１１Ａの集電電極３０側に隣り合っている。

[0150] 図１２に示す例において、第１セラミック層１１Ａの集電電極３０と反対側には、第１セラミック層１１Ａと厚み方向Ｔに隣り合うように、少なくとも１層のセラミック層が更に設けられていてもよい。

[0151] 図１２に示す例において、第２セラミック層１１Ｂの集電電極３０側には、第２セラミック層１１Ｂと厚み方向Ｔに隣り合うように、少なくとも１層のセラミック層が更に設けられていてもよい。

[0152] 図１２に示すように、絶縁基板１０には、少なくとも第１セラミック層１１Ａ及び第２セラミック層１１Ｂを厚み方向Ｔに貫通する複数の第１貫通孔１２Ａが設けられている。図１２に示す例では、複数の第１貫通孔１２Ａが、第１セラミック層１１Ａ及び第２セラミック層１１Ｂを厚み方向Ｔに貫通するように設けられている。

[0153] 図１２に示すように、放電電極２０は、絶縁基板１０に設けられている。より具体的には、図１２に示すように、放電電極２０は、厚み方向Ｔにおいて第１セラミック層１１Ａと第２セラミック層１１Ｂとの間に設けられている。放電電極２０は、厚み方向Ｔに相対する第１主面２０ａ及び第２主面２０ｂを有しており、図１２に示す例では、第１セラミック層１１Ａが放電電極２０の第１主面２０ａに接しており、第２セラミック層１１Ｂが放電電極２０の第２主面２０ｂに接している。

[0154] 図１２に示す例では、放電電極２０の第１主面２０ａの全体が、第１セラミック層１１Ａから露出していない。なお、放電電極２０の第１主面２０ａの一部は、第１セラミック層１１Ａから露出していてもよい。

[0155] 図１２に示す例では、放電電極２０の第２主面２０ｂの全体が、第２セラミック層１１Ｂから露出していない。なお、放電電極２０の第２主面２０ｂ

の一部は、第２セラミック層１１Ｂから露出していてもよい。

[0156] 放電電極２０が厚み方向Ｔにおいて第１セラミック層１１Ａと第２セラミック層１１Ｂとの間に設けられていることにより、絶縁基板１０の主面（例えば、第１セラミック層１１Ａにおける放電電極２０と反対側の主面）に対して、放電電極２０が精度良く配置される。

[0157] また、イオン発生器２が後述する方法により製造される場合、放電電極２０は、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａ又は第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂに拘束された状態で形成される（図３６参照）。ここで、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａ及び第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂは焼成時に焼結しない、つまり、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａ及び第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂは焼成時に収縮しない。そのため、得られるイオン発生器２では、絶縁基板１０及び放電電極２０の不所望な変形が抑制される。その結果、イオン発生器２では、絶縁基板１０の主面（例えば、第１セラミック層１１Ａにおける放電電極２０と反対側の主面）に対して、放電電極２０が精度良く配置される。

[0158] 図１２に示すように、放電電極２０は、複数の第１貫通孔１２Ａの内壁面から露出している。より具体的には、図１２に示すように、厚み方向Ｔに直交する方向における放電電極２０の端部は、複数の露出部２０ｅとして複数の第１貫通孔１２Ａの内壁面から露出している。イオン発生器２では、放電電極２０の複数の露出部２０ｅが複数の放電部として機能するため、放電電極２０を複数設けなくても、複数の放電部を有する構成を実現できる。したがって、イオン発生器２では、複数の放電部を有する構成により、イオンの発生量を増やすことができる。

[0159] 更に、イオン発生器２では、放電部として機能する放電電極２０の露出部２０ｅが、吸気口として機能する第１貫通孔１２Ａに接するように設けられているため、放電電極２０による放電時に発生するイオンが効率よく放出される。

[0160] イオン発生器２では、放電電極２０が、絶縁基板１０に設けられたすべて

の第１貫通孔１２Ａのうち、複数の第１貫通孔１２Ａの内壁面から露出していればよいが、すべての第１貫通孔１２Ａの内壁面から露出していることが特に好ましい。

[0161] 図１２に示すように、集電電極３０は、厚み方向Ｔにおいて平面的に延びている。

[0162] 図１２に示すように、集電電極３０は、厚み方向Ｔにおいて放電電極２０と対向する位置に、放電電極２０と空間を隔てて設けられている。つまり、集電電極３０は、放電電極２０と集電電極３０との間の共通の空間に露出している。

[0163] 一方、図１２に示すように、放電電極２０は、複数の第１貫通孔１２Ａの内壁面から露出していることにより、放電電極２０と集電電極３０との間の共通の空間に露出している。

[0164] イオン発生器２では、放電電極２０及び集電電極３０が図１２に示すように共通の空間に露出していることにより、コロナ放電によるイオン発生を実現できる。より具体的には、イオン発生器１と同様に、放電電極２０に高電圧電源（図示せず）を接続し、集電電極３０にグランド（図示せず）を接続することにより、放電電極２０の露出部からコロナ放電が生じ、放電電極２０の露出部の周囲の空気中にイオンが発生する。

[0165] イオン発生器２は、イオンを発生させるだけではなく、イオン風を発生させるイオン風発生器としても機能できる。

[0166] 集電電極３０の構成材料としては、種々の導電材料が挙げられる。例えば、絶縁基板１０を構成するセラミック層が、低温焼結セラミック材料で構成される層である場合、集電電極３０を構成する導電材料としては、銅、銀、これらの金属の少なくとも１種を含有する合金等が挙げられる。集電電極３０において、上述した導電材料は、めっき法、スパッタリング法等により、金、クロム、白金、ニッケル、タングステン、モリブデン等の耐食性を有する金属材料で被覆されていてもよい。

[0167] 集電電極３０の構成材料は、放電電極２０の構成材料と同じであってもよ

いし、異なっていてもよい。

[0168] 本発明のイオン発生器において、複数のセラミック層は、厚み方向において第２セラミック層に対して放電電極と反対側に設けられた第３セラミック層を更に含んでいてもよく、集電電極は、第３セラミック層に設けられ、かつ、一部が第３セラミック層から露出していることが好ましい。

[0169] 図１２に示すように、絶縁基板１０を構成する複数のセラミック層は、厚み方向Ｔにおいて第２セラミック層１１Ｂに対して放電電極２０と反対側に設けられた第３セラミック層１１Ｃを更に含んでいてもよい。この場合、図１２に示すように、集電電極３０は、第３セラミック層１１Ｃに設けられ、かつ、一部が第３セラミック層１１Ｃから露出していることが好ましい。

[0170] 図１２に示す例において、第３セラミック層１１Ｃの放電電極２０と反対側には、第３セラミック層１１Ｃと厚み方向Ｔに隣り合うように、少なくとも１層のセラミック層が更に設けられていてもよい。

[0171] 図１２に示すように、絶縁基板１０を構成する複数のセラミック層は、第３セラミック層１１Ｃと厚み方向Ｔに隣り合う第４セラミック層１１Ｄを更に含んでいてもよい。図１２に示す例では、第４セラミック層１１Ｄが、厚み方向Ｔにおいて第３セラミック層１１Ｃの放電電極２０側に隣り合っている。

[0172] 図１２に示す例において、第４セラミック層１１Ｄの放電電極２０側には、第４セラミック層１１Ｄと厚み方向Ｔに隣り合うように、少なくとも１層のセラミック層が更に設けられていてもよい。

[0173] なお、図示していないが、絶縁基板１０において、第２セラミック層１１Ｂと第４セラミック層１１Ｄとは、所定の領域で厚み方向Ｔに接続されている。

[0174] 本発明のイオン発生器において、絶縁基板には、少なくとも第３セラミック層を厚み方向に貫通する複数の第２貫通孔が設けられていることが好ましい。

[0175] 図１２に示すように、絶縁基板１０には、少なくとも第３セラミック層１

１Ｃを厚み方向Ｔに貫通する複数の第２貫通孔１２Ｂが設けられていることが好ましい。図１２に示す例では、複数の第２貫通孔１２Ｂが、第３セラミック層１１Ｃ及び第４セラミック層１１Ｄを厚み方向Ｔに貫通するように設けられている。

[0176] 複数の第２貫通孔１２Ｂは、各々、排気口として機能する。

[0177] 複数の第２貫通孔１２Ｂは、複数の第１貫通孔１２Ａに連通している。これにより、空気の流路（イオン風の流路）が形成される。図１２に示す例では、複数の第２貫通孔１２Ｂが、複数の第１貫通孔１２Ａと複数の第２貫通孔１２Ｂとの間の共通の空間を介して、複数の第１貫通孔１２Ａに連通している。より具体的には、複数の第１貫通孔１２Ａと複数の第２貫通孔１２Ｂとは、厚み方向Ｔに直交する方向に延びる共通の空間を介して連通している。

[0178] 図１２に示すように、厚み方向Ｔに直交する方向から見たときの複数の第２貫通孔１２Ｂの断面形状は、互いに同じであることが好ましい。なお、複数の第２貫通孔１２Ｂの断面形状は、互いに異なっていてもよいし、一部で異なっていてもよい。

[0179] 厚み方向Ｔに直交する方向から見たときの複数の第２貫通孔１２Ｂの断面形状は、各々独立して、図１２と異なるテーパー状であってもよい。

[0180] 図１４に示すように、厚み方向Ｔから見たときの複数の第２貫通孔１２Ｂの平面形状は、互いに同じであることが好ましい。なお、複数の第２貫通孔１２Ｂの平面形状は、互いに異なっていてもよいし、一部で異なっていてもよい。

[0181] 厚み方向Ｔから見たときの複数の第２貫通孔１２Ｂの平面形状としては、図１４に示すような円形状、楕円形状、多角形状等が挙げられる。

[0182] 図１４に示すように、複数の第２貫通孔１２Ｂは、規則的に配置されていることが好ましい。なお、複数の第２貫通孔１２Ｂは、ランダムに配置されていてもよい。

[0183] 図１２及び図１４に示すように、複数の第２貫通孔１２Ｂの間隔は、互い

に同じであることが好ましい。なお、複数の第２貫通孔１２Ｂの間隔は、互いに異なっていてもよいし、一部で異なっていてもよい。

[0184] 本発明のイオン発生器において、絶縁基板に複数の第２貫通孔が設けられている場合、集電電極は、複数の第２貫通孔の内壁面から露出していることが好ましい。

[0185] 図１２に示すように、集電電極３０は、複数の第２貫通孔１２Ｂの内壁面から露出していることが好ましい。図１２に示す例では、厚み方向Ｔに直交する方向における集電電極３０の端部が、複数の第２貫通孔１２Ｂの内壁面から露出している。

[0186] 集電電極３０は、絶縁基板１０に設けられたすべての第２貫通孔１２Ｂのうち、複数の第２貫通孔１２Ｂの内壁面から露出していることが好ましく、すべての第２貫通孔１２Ｂの内壁面から露出していることが特に好ましい。

[0187] 本発明のイオン発生器において、集電電極が複数の第２貫通孔の内壁面から露出している場合、集電電極は、少なくとも１つの第２貫通孔の内壁面の全周にわたって露出していることが好ましい。

[0188] 図１４に示すように、集電電極３０は、少なくとも１つの第２貫通孔１２Ｂの内壁面の全周にわたって露出していることが好ましい。図１４に示す例では、集電電極３０が、複数の第２貫通孔１２Ｂの内壁面の全周にわたって露出している。また、図１４に示す例では、集電電極３０が、複数の第２貫通孔１２Ｂの内壁面の全周にわたってリング状に設けられている。

[0189] 上述したように、集電電極３０は、絶縁基板１０に設けられたすべての第２貫通孔１２Ｂのうち、複数の第２貫通孔１２Ｂの内壁面から露出していることが好ましいが、集電電極３０が内壁面から露出している複数の第２貫通孔１２Ｂのうち、少なくとも１つの第２貫通孔１２Ｂの内壁面の全周にわたって集電電極３０が露出していることが好ましく、すべての第２貫通孔１２Ｂの内壁面の全周にわたって集電電極３０が露出していることがより好ましい。

[0190] 図１２に示す例では、集電電極３０が、第２貫通孔１２Ｂの内壁面以外に

、第３セラミック層１１Ｃにおける放電電極２０と反対側の主面からも露出している。なお、集電電極３０は、第３セラミック層１１Ｃにおける放電電極２０と反対側の主面から露出していなくてもよい。

[0191] 図１２に示すように、集電電極３０と第２貫通孔１２Ｂとは、厚み方向Ｔから見たときに重なっていないことが好ましい。

[0192] 図１４に示す例では、集電電極３０が複数設けられている。

[0193] 複数の集電電極３０が設けられている場合、すべての集電電極３０が複数の第２貫通孔１２Ｂの内壁面から露出していることが好ましい。

[0194] 複数の集電電極３０が設けられている場合、複数の集電電極３０は、配線等の導電部を介して互いに接続されていてもよい。

[0195] 複数の集電電極３０が設けられている場合、図１２に示すように、厚み方向Ｔに直交する方向から見たときの複数の集電電極３０の断面形状は、互いに同じであることが好ましい。なお、複数の集電電極３０の断面形状は、互いに異なっていてもよいし、一部で異なっていてもよい。

[0196] 複数の集電電極３０が設けられている場合、図１４に示すように、厚み方向Ｔから見たときの複数の集電電極３０の平面形状は、互いに同じであることが好ましい。なお、複数の集電電極３０の平面形状は、互いに異なっていてもよいし、一部で異なっていてもよい。

[0197] なお、集電電極３０は、１つのみ設けられていてもよい。

[0198] 本発明のイオン発生器において、絶縁基板に複数の第１貫通孔及び複数の第２貫通孔が設けられている場合、複数の第１貫通孔と複数の第２貫通孔とは、少なくとも１つ同士が厚み方向から見たときに重なっていることが好ましい。

[0199] 図１２、図１３、及び、図１４に示すように、複数の第１貫通孔１２Ａと複数の第２貫通孔１２Ｂとは、少なくとも１つ同士が厚み方向Ｔから見たときに重なっていることが好ましい。この場合、厚み方向Ｔから見たときに重なっている第１貫通孔１２Ａ及び第２貫通孔１２Ｂを通る気流の抵抗が抑制されるため、放電電極２０による放電時に発生するイオンが効率よく排出さ

れる。

[0200] なお、複数の第１貫通孔１２Ａと複数の第２貫通孔１２Ｂとは、少なくとも１つ同士が厚み方向Ｔから見たときに重なっていなくてもよい。

[0201] 厚み方向Ｔから見たときに重なっている第１貫通孔１２Ａ及び第２貫通孔１２Ｂについて、厚み方向から見たときの第１貫通孔１２Ａの中心と第２貫通孔１２Ｂの中心とは、一致していることが好ましい。

[0202] なお、厚み方向Ｔから見たときに重なっている第１貫通孔１２Ａ及び第２貫通孔１２Ｂについて、厚み方向から見たときの第１貫通孔１２Ａの中心と第２貫通孔１２Ｂの中心とは、一致していなくてもよい。

[0203] 第１貫通孔１２Ａの個数と第２貫通孔１２Ｂの個数とは、同じであることが好ましい。この場合、１つの第１貫通孔１２Ａと１つの第２貫通孔１２Ｂとからなる組が複数存在することになるが、すべての組において、第１貫通孔１２Ａと第２貫通孔１２Ｂとが、厚み方向Ｔから見たときに重なっていることが好ましい。なお、一部の組において、第１貫通孔１２Ａと第２貫通孔１２Ｂとが、厚み方向Ｔから見たときに重なっていなくてもよい。

[0204] なお、第１貫通孔１２Ａの個数と第２貫通孔１２Ｂの個数とは、異なっていてもよい。

[0205] 本発明のイオン発生器において、絶縁基板を構成する複数のセラミック層が第３セラミック層を含んでいる場合、放電電極の露出部に最も近い集電電極の最近接露出部は、第３セラミック層と、厚み方向において第３セラミック層の放電電極側に隣り合うセラミック層との界面の位置に設けられていることが好ましい。

[0206] 図１２に示すように、放電電極２０の露出部２０ｅに最も近い集電電極３０の最近接露出部３０ｅｂは、第３セラミック層１１Ｃと、厚み方向Ｔにおいて第３セラミック層１１Ｃの放電電極２０側に隣り合うセラミック層との界面の位置に設けられていることが好ましい。図１２に示す例では、厚み方向Ｔにおいて第３セラミック層１１Ｃの放電電極２０側に隣り合うセラミック層として第４セラミック層１１Ｄが設けられており、放電電極２０の露出

部２０ｅに最も近い集電電極３０の最近接露出部３０ｅｂが、第３セラミック層１１Ｃと第４セラミック層１１Ｄとの界面の位置に設けられている。

[0207] イオン発生器２が後述する方法により製造される場合、放電電極２０の露出部２０ｅに最も近い集電電極３０の最近接露出部３０ｅｂの位置を、第３セラミック層１１Ｃと第４セラミック層１１Ｄとの界面の位置に一致させることができる。これにより、絶縁基板１０の主面（例えば、第３セラミック層１１Ｃにおける放電電極２０と反対側の主面）に対して、集電電極３０が精度良く配置される。そのため、上述したように放電電極２０が精度良く配置されることも相まって、放電電極２０の露出部２０ｅと集電電極３０との最近接距離、すなわち、放電電極２０の露出部２０ｅと集電電極３０の最近接露出部３０ｅｂとの間の距離が精度良くなるように、放電電極２０及び集電電極３０が配置される。その結果、放電電極２０の露出部２０ｅ毎の放電開始電圧にばらつきが生じにくくなるため、放電電極２０の劣化が早まることが防止される。

[0208] 図１２等では、説明の便宜上、第３セラミック層１１Ｃと第４セラミック層１１Ｄとの界面が明瞭に示されているが、このようなセラミック層の界面は明瞭に現れていないこともある。

[0209] 厚み方向Ｔにおいて第３セラミック層１１Ｃの放電電極２０側に隣り合うセラミック層は、第２セラミック層１１Ｂであってもよい。つまり、絶縁基板１０を構成する複数のセラミック層は、第４セラミック層１１Ｄを含んでいなくてもよい。

[0210] 図１２、図１３、及び、図１４に示すように、放電電極２０と集電電極３０とは、少なくとも一部同士が厚み方向Ｔから見たときに重なっていることが好ましい。

[0211] 以下では、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例として、図１２、図１３、及び、図１４に示すイオン発生器２の製造方法の一例について説明する。

[0212] （第１未焼結セラミック層を準備する工程）

図１５は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第１未焼結セラミック層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[0213] 図１５に示すように、第１未焼結セラミック層１１１Ａを準備する。第１未焼結セラミック層１１１Ａは、後に得られるイオン発生器２において、絶縁基板１０に含まれる複数のセラミック層のうちの第１セラミック層１１Ａとなるべきものである。

[0214] 第１未焼結セラミック層１１１Ａとしては、例えば、未焼結のセラミック材料を含むセラミックグリーンシートを準備する。

[0215] このようなセラミックグリーンシートは、例えば、以下の方法で作製される。まず、低温焼結セラミック材料等のセラミック材料、バインダー、溶剤等を所定の比率で混合することにより、セラミックスラリーを調製する。セラミックスラリーを調製する際、分散剤、可塑剤等の添加剤を添加してもよい。そして、得られたセラミックスラリーをドクターブレード法等でシート状に成形することにより、セラミックグリーンシートを作製する。

[0216] （未焼結放電電極層を形成する工程）

図１６は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、未焼結放電電極層を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[0217] 図１６に示すように、第１未焼結セラミック層１１１Ａの一方主面上に、未焼結放電電極層１２０を形成する。未焼結放電電極層１２０は、後に得られるイオン発生器２において、放電電極２０となるべきものである。

[0218] 未焼結放電電極層１２０を形成する際、例えば、未焼結セラミック層に含まれるセラミック材料として低温焼結セラミック材料を用いる場合には、銅、銀等の導電材料を含む導電性ペーストを、スクリーン印刷法等で第１未焼結セラミック層１１１Ａの一方主面上に塗工する。

[0219] （第１未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程）

図１７は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第１未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[0220] 図１７に示すように、第１未焼結セラミック層１１１Ａに、厚み方向Ｔに貫通する複数の貫通孔１１２Ａａを形成する。図１７に示す例では、未焼結放電電極層１２０が主面上に形成された第１未焼結セラミック層１１１Ａに、厚み方向Ｔに貫通する複数の貫通孔１１２Ａａを形成する。複数の貫通孔１１２Ａａは、各々、後に得られるイオン発生器２において、第１貫通孔１２Ａの一部となるべきものである。

[0221] 複数の貫通孔１１２Ａａを形成する際、第１未焼結セラミック層１１１Ａに対して、例えば、レーザー光を照射してもよいし、パンチで打ち抜いてもよい。

[0222] なお、本実施形態では、「未焼結放電電極層を形成する工程」（図１６参照）を行った後で、「第１未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程」（図１７参照）を行う態様を説明したが、これらの工程を逆の順番で行ってもよい。例えば、第１未焼結セラミック層１１１Ａに複数の貫通孔１１２Ａａを形成した後、複数の貫通孔１１２Ａａが形成された第１未焼結セラミック層１１１Ａの一方主面上に、未焼結放電電極層１２０を形成してもよい。

[0223] （第１未焼結セラミック拘束部を形成する工程）

図１８は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第１未焼結セラミック拘束部を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[0224] 図１８に示すように、第１未焼結セラミック層１１１Ａに形成された複数の貫通孔１１２Ａａの各々の内部に、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａを形成する。第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａは、第１未焼結セラミック層１１１Ａ等の未焼結セラミック層が焼結する温度では焼結しないものである。つまり、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａの焼結温度は、未焼結セラミック層の焼結温度よりも高い。

[0225] 第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａを形成する際、例えば、未焼結セラミック層に含まれるセラミック材料が焼結する温度では焼結しないセラミック材料を含むセラミックスラリーを、複数の貫通孔１１２Ａａの各々の内部

に充填してもよい。あるいは、同様のセラミックスラリーをシート状に成形することでセラミックグリーンシートを作製した上で、そのセラミックグリーンシートを複数の貫通孔１１２Ａａの各々の内部に配置してもよい。

[0226] 未焼結セラミック層に含まれるセラミック材料として低温焼結セラミック材料を用いる場合には、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａに含まれるセラミック材料として、例えば、アルミナ、酸化ジルコニウム、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、ムライト、酸化マグネシウム、炭化ケイ素等を用いることができる。中でも、アルミナが好ましい。

[0227] （第２未焼結セラミック層を準備する工程）

図１９は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第２未焼結セラミック層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[0228] 図１９に示すように、第２未焼結セラミック層１１１Ｂを準備する。第２未焼結セラミック層１１１Ｂは、後に得られるイオン発生器２において、絶縁基板１０に含まれる複数のセラミック層のうちの第２セラミック層１１Ｂとなるべきものである。

[0229] 第２未焼結セラミック層１１１Ｂは、例えば、第１未焼結セラミック層１１１Ａと同様に準備される。

[0230] （第２未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程）

図２０は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第２未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[0231] 図２０に示すように、第２未焼結セラミック層１１１Ｂに、厚み方向Ｔに貫通する複数の貫通孔１１２Ａｂを形成する。複数の貫通孔１１２Ａｂは、各々、後に得られるイオン発生器２において、第１貫通孔１２Ａの一部となるべきものである。

[0232] 複数の貫通孔１１２Ａｂは、例えば、複数の貫通孔１１２Ａａと同様の方法で、第２未焼結セラミック層１１１Ｂに形成される。

[0233] （第２未焼結セラミック拘束部を形成する工程）

図２１は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第２未焼結セラミック拘束部を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[0234] 図２１に示すように、第２未焼結セラミック層１１１Ｂに形成された複数の貫通孔１１２Ａｂの各々の内部に、第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂを形成する。第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂは、第１未焼結セラミック層１１１Ａ等の未焼結セラミック層が焼結する温度では焼結しないものである。つまり、第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂの焼結温度は、未焼結セラミック層の焼結温度よりも高い。

[0235] 第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂは、例えば、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａと同様の方法で、複数の貫通孔１１２Ａｂの各々の内部に形成される。

[0236] 本発明のイオン発生器の製造方法は、複数の未焼結セラミック層に含まれる第３未焼結セラミック層を準備する工程と、第３未焼結セラミック層に、一部が第３未焼結セラミック層から露出するように、集電電極となるべき未焼結集電電極層を形成する工程と、を更に備えることが好ましい。この場合、複合積層体を作製する工程では、未焼結集電電極層が、厚み方向において未焼結放電電極層と対向する位置に、未焼結放電電極層と、第１未焼結セラミック拘束部及び第２未焼結セラミック拘束部を含む未焼結セラミック拘束部を隔てて設けられるように、第１未焼結セラミック層及び第２未焼結セラミック層の積層体に第３未焼結セラミック層を積層することが好ましい。

[0237] 本発明のイオン発生器の製造方法は、第３未焼結セラミック層に、厚み方向に貫通する複数の貫通孔を形成する工程と、第３未焼結セラミック層に形成された複数の貫通孔の各々の内部に、未焼結セラミック層が焼結する温度では焼結しない第３未焼結セラミック拘束部を形成する工程と、を更に備えることが好ましい。この場合、複合積層体を作製する工程では、第３未焼結セラミック拘束部が形成された複数の貫通孔の内壁面に未焼結集電電極層が達するように設けられた複合積層体を作製することが好ましい。

[0238] （第３未焼結セラミック拘束部を準備する工程）

図２２は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第３未焼結セラミック拘束部を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[0239] 図２２に示すように、第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃを準備する。第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃは、第１未焼結セラミック層１１１Ａ等の未焼結セラミック層が焼結する温度では焼結しないものである。つまり、第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃの焼結温度は、未焼結セラミック層の焼結温度よりも高い。

[0240] 第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃは、例えば、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａと同様の方法で、セラミックグリーンシートとして準備される。

[0241] （第３未焼結セラミック拘束部に貫通孔を形成する工程）

図２３は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第３未焼結セラミック拘束部に貫通孔を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[0242] 図２３に示すように、第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃに、厚み方向Ｔに貫通する複数の貫通孔１１２Ｂａａを形成する。複数の貫通孔１１２Ｂａａは、厚み方向Ｔから見たときに環状に形成される。

[0243] 複数の貫通孔１１２Ｂａａは、例えば、複数の貫通孔１１２Ａａと同様の方法で、第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃに形成される。この際、第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃをポリエチレンテレフタレート（ＰＥＴ）フィルム等の支持フィルム上に載せた状態で、複数の貫通孔１１２Ｂａａを形成してもよい。

[0244] （未焼結集電電極層を形成する工程）

図２４は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、未焼結集電電極層を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[0245] 図２４に示すように、第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃに形成された

複数の貫通孔１１２Ｂａａの各々の内部に、未焼結集電電極層１３０を形成する。これにより、未焼結集電電極層１３０は、貫通孔１１２Ｂａａと同様に環状に形成される。未焼結集電電極層１３０は、後に得られるイオン発生器２において、集電電極３０となるべきものである。

[0246] 未焼結集電電極層１３０を形成する際、例えば、第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃに形成された複数の貫通孔１１２Ｂａａの各々の内部に、銅、銀等を含む導電性ペーストを充填する。

[0247] （第３未焼結セラミック拘束部を部分的に除去する工程）

図２５は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第３未焼結セラミック拘束部を部分的に除去する工程の一例を示す断面模式図である。

[0248] 図２５に示すように、第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃを部分的に除去する。より具体的には、第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃのうち、厚み方向Ｔから見たときに未焼結集電電極層１３０に囲まれた部分以外を除去する。これにより、第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃ及び未焼結集電電極層１３０の複合体を作製する。この複合体では、未焼結集電電極層１３０の外壁面が、厚み方向Ｔに直交する方向において、第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃから露出している。

[0249] （第３未焼結セラミック層を準備する工程）

図２６は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第３未焼結セラミック層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[0250] 図２６に示すように、第３未焼結セラミック層１１１Ｃを準備する。第３未焼結セラミック層１１１Ｃは、後に得られるイオン発生器２において、絶縁基板１０に含まれる複数のセラミック層のうちの第３セラミック層１１Ｃとなるべきものである。

[0251] 第３未焼結セラミック層１１１Ｃは、例えば、第１未焼結セラミック層１１１Ａと同様に準備される。

[0252] （第３未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程）

図２７は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第３未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[0253] 図２７に示すように、第３未焼結セラミック層１１１Ｃに、厚み方向Ｔに貫通する複数の貫通孔１１２Ｂａｂを形成する。複数の貫通孔１１２Ｂａｂは、各々、貫通孔１１２Ｂａａの外径よりも若干大きく形成されることが好ましい。

[0254] 複数の貫通孔１１２Ｂａｂは、例えば、複数の貫通孔１１２Ａａと同様の方法で、第３未焼結セラミック層１１１Ｃに形成される。

[0255] （第３未焼結セラミック層に第３未焼結セラミック拘束部及び未焼結集電電極層を形成する工程）

図２８は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第３未焼結セラミック層に第３未焼結セラミック拘束部及び未焼結集電電極層を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[0256] 図２８に示すように、第３未焼結セラミック層１１１Ｃに、第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃ及び未焼結集電電極層１３０を形成する。より具体的には、図２５に示す第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃ及び未焼結集電電極層１３０の複合体を、図２７に示す第３未焼結セラミック層１１１Ｃに形成された複数の貫通孔１１２Ｂａｂにはめ込む。

[0257] これにより、第３未焼結セラミック層１１１Ｃに、ここでは、第３未焼結セラミック層１１１Ｃに形成された複数の貫通孔１１２Ｂａｂの各々の内部に、一部が第３未焼結セラミック層１１１Ｃから露出するように、未焼結集電電極層１３０が形成される。

[0258] また、第３未焼結セラミック層１１１Ｃに形成された複数の貫通孔１１２Ｂａｂの各々の内部に、第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃが形成される。第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃは、複数の貫通孔１１２Ｂａｂの各々に含まれる貫通孔１１２Ｂａの内部に形成される、とも言える。複数の貫通孔１１２Ｂａは、各々、後に得られるイオン発生器２において、第２貫通

孔１２Ｂの一部となるべきものである。

[0259] 以上のように、本実施形態では、「第３未焼結セラミック層に第３未焼結セラミック拘束部及び未焼結集電電極層を形成する工程」（図２８参照）を行うことにより、第３未焼結セラミック層１１１Ｃに、一部が第３未焼結セラミック層１１１Ｃから露出するように、集電電極３０となるべき未焼結集電電極層１３０を形成する工程と、第３未焼結セラミック層１１１Ｃに形成された複数の貫通孔１１２Ｂａ（複数の貫通孔１１２Ｂａｂ）の各々の内部に、未焼結セラミック層が焼結する温度では焼結しない第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃを形成する工程とを、同時に行っている。なお、第３未焼結セラミック層１１１Ｃに未焼結集電電極層１３０を形成する工程と、第３未焼結セラミック層１１１Ｃに第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃを形成する工程とを、異なるタイミングで行ってもよい。両工程を異なるタイミングで行う場合、これらの工程順は特に限定されない。

[0260] 本発明のイオン発生器の製造方法は、複数の未焼結セラミック層に含まれる第４未焼結セラミック層を準備する工程と、第４未焼結セラミック層に、厚み方向に貫通する複数の貫通孔を形成する工程と、第４未焼結セラミック層に形成された複数の貫通孔の各々の内部に、未焼結セラミック層が焼結する温度では焼結しない第４未焼結セラミック拘束部を形成する工程と、を更に備えていてもよい。

[0261] （第４未焼結セラミック層を準備する工程）

図２９は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第４未焼結セラミック層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[0262] 図２９に示すように、第４未焼結セラミック層１１１Ｄを準備する。第４未焼結セラミック層１１１Ｄは、後に得られるイオン発生器２において、絶縁基板１０に含まれる複数のセラミック層のうちの第４セラミック層１１Ｄとなるべきものである。

[0263] 第４未焼結セラミック層１１１Ｄは、例えば、第１未焼結セラミック層１１１Ａと同様に準備される。

[0264] （第４未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程）

図３０は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第４未焼結セラミック層に貫通孔を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[0265] 図３０に示すように、第４未焼結セラミック層１１１Ｄに、厚み方向Ｔに貫通する複数の貫通孔１１２Ｂｂを形成する。複数の貫通孔１１２Ｂｂは、各々、後に得られるイオン発生器２において、第２貫通孔１２Ｂの一部となるべきものである。

[0266] 複数の貫通孔１１２Ｂｂは、例えば、複数の貫通孔１１２Ａａと同様の方法で、第４未焼結セラミック層１１１Ｄに形成される。

[0267] （第４未焼結セラミック拘束部を形成する工程）

図３１は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第４未焼結セラミック拘束部を形成する工程の一例を示す断面模式図である。

[0268] 図３１に示すように、第４未焼結セラミック層１１１Ｄに形成された複数の貫通孔１１２Ｂｂの各々の内部に、第４未焼結セラミック拘束部１１３Ｄを形成する。第４未焼結セラミック拘束部１１３Ｄは、第１未焼結セラミック層１１１Ａ等の未焼結セラミック層が焼結する温度では焼結しないものである。つまり、第４未焼結セラミック拘束部１１３Ｄの焼結温度は、未焼結セラミック層の焼結温度よりも高い。

[0269] 第４未焼結セラミック拘束部１１３Ｄは、例えば、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａと同様の方法で、複数の貫通孔１１２Ｂｂの各々の内部に形成される。

[0270] 本発明のイオン発生器の製造方法は、少なくとも１層の未焼結セラミック拘束層を準備する工程を更に備えていてもよい。本実施形態では、このような工程の一例として、第１未焼結セラミック拘束層、第２未焼結セラミック拘束層、第３未焼結セラミック拘束層、及び、第４未焼結セラミック拘束層を各々準備する工程を示す。

[0271]（第１未焼結セラミック拘束層を準備する工程）

図３２は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第１未焼結セラミック拘束層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[0272] 図３２に示すように、第１未焼結セラミック拘束層１１４Ａを準備する。

[0273] 第１未焼結セラミック拘束層１１４Ａは、例えば、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａと同様の方法で、セラミックグリーンシートとして準備される。なお、図示していないが、第１未焼結セラミック拘束層１１４Ａには、後に得られる複合積層体１０２において上下の未焼結セラミック層を接続するための、図１０に示す未焼結セラミック層１１１Ｘのような未焼結セラミック層が設けられている。

[0274]（第２未焼結セラミック拘束層を準備する工程）

図３３は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第２未焼結セラミック拘束層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[0275] 図３３に示すように、第２未焼結セラミック拘束層１１４Ｂを準備する。

[0276] 第２未焼結セラミック拘束層１１４Ｂは、例えば、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａと同様の方法で、セラミックグリーンシートとして準備される。なお、図示していないが、第２未焼結セラミック拘束層１１４Ｂには、後に得られる複合積層体１０２において上下の未焼結セラミック層を接続するための、図１０に示す未焼結セラミック層１１１Ｘのような未焼結セラミック層が設けられている。

[0277]（第３未焼結セラミック拘束層を準備する工程）

図３４は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第３未焼結セラミック拘束層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[0278] 図３４に示すように、第３未焼結セラミック拘束層１１４Ｃを準備する。

[0279] 第３未焼結セラミック拘束層１１４Ｃは、例えば、第１未焼結セラミック

拘束部１１３Ａと同様の方法で、セラミックグリーンシートとして準備される。

[0280]（第４未焼結セラミック拘束層を準備する工程）

図３５は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、第４未焼結セラミック拘束層を準備する工程の一例を示す断面模式図である。

[0281] 図３５に示すように、第４未焼結セラミック拘束層１１４Ｄを準備する。

[0282] 第４未焼結セラミック拘束層１１４Ｄは、例えば、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａと同様の方法で、セラミックグリーンシートとして準備される。

[0283]（複合積層体を作製する工程）

図３６は、本発明の実施形態２のイオン発生器の製造方法の一例について、複合積層体を作製する工程の一例を示す断面模式図である。

[0284] 図３６に示すように、第３未焼結セラミック拘束層１１４Ｃと、第１未焼結セラミック層１１１Ａと、第２未焼結セラミック層１１１Ｂと、第１未焼結セラミック拘束層１１４Ａと、第２未焼結セラミック拘束層１１４Ｂと、第４未焼結セラミック層１１１Ｄと、第３未焼結セラミック層１１１Ｃと、第４未焼結セラミック拘束層１１４Ｄとを厚み方向Ｔに順に積層することにより、複合積層体１０２を作製する。より具体的には、第３未焼結セラミック拘束層１１４Ｃと、未焼結放電電極層１２０及び第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａが設けられた第１未焼結セラミック層１１１Ａと、第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂが設けられた第２未焼結セラミック層１１１Ｂと、第１未焼結セラミック拘束層１１４Ａと、第２未焼結セラミック拘束層１１４Ｂと、第４未焼結セラミック拘束部１１３Ｄが設けられた第４未焼結セラミック層１１１Ｄと、未焼結集電電極層１３０及び第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃが設けられた第３未焼結セラミック層１１１Ｃと、第４未焼結セラミック拘束層１１４Ｄとを厚み方向Ｔに順に積層することにより、複合積層体１０２を作製する。

[0285] 複合積層体１０２を作製する際、図３６に示すように、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａと第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂとが厚み方向Ｔに重なるように、第１未焼結セラミック層１１１Ａと第２未焼結セラミック層１１１Ｂとを、未焼結放電電極層１２０を間に挟んで厚み方向Ｔに積層する。これにより、図３６に示すように、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａが形成された複数の貫通孔１１２Ａａと第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂが形成された複数の貫通孔１１２Ａｂとが各々厚み方向Ｔに連通して形成される複数の複合貫通孔の内壁面に未焼結放電電極層１２０が達するように設けられた複合積層体１０２を作製する。

[0286] また、複合積層体１０２を作製する際、図３６に示すように、未焼結集電電極層１３０が、厚み方向Ｔにおいて未焼結放電電極層１２０と対向する位置に、未焼結放電電極層１２０と、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａ及び第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂを含む未焼結セラミック拘束部を隔てて設けられるように、第１未焼結セラミック層１１１Ａ及び第２未焼結セラミック層１１１Ｂの積層体に第３未焼結セラミック層１１１Ｃを積層する。図３６に示す例では、第１未焼結セラミック層１１１Ａと、第２未焼結セラミック層１１１Ｂと、第１未焼結セラミック拘束層１１４Ａと、第２未焼結セラミック拘束層１１４Ｂと、第４未焼結セラミック層１１１Ｄと、第３未焼結セラミック層１１１Ｃとを厚み方向Ｔに順に積層することにより、未焼結放電電極層１２０と未焼結集電電極層１３０とが、厚み方向Ｔにおいて互いに対向する位置で、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａ等の未焼結セラミック拘束部、更には、第１未焼結セラミック拘束層１１４Ａ等の未焼結セラミック拘束層を隔てて設けられる。

[0287] 更に、複合積層体１０２を作製する際、図３６に示すように、第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃが形成された複数の貫通孔１１２Ｂａの内壁面に未焼結集電電極層１３０が達するように設けられた複合積層体１０２を作製する。

[0288] （複合積層体を焼成する工程）

未焼結セラミック層が焼結する温度で、図３６に示す複合積層体１０２を焼成する。より具体的には、第１未焼結セラミック層１１１Ａ等の未焼結セラミック層が焼結する温度であって、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａ等の未焼結セラミック拘束部、更には、第１未焼結セラミック拘束層１１４Ａ等の未焼結セラミック拘束層が焼結しない温度で、複合積層体１０２を焼成する。

[0289] 複合積層体１０２を焼成することにより、第１未焼結セラミック層１１１Ａ、第２未焼結セラミック層１１１Ｂ、第３未焼結セラミック層１１１Ｃ、及び、第４未焼結セラミック層１１１Ｄは、各々、第１セラミック層１１Ａ、第２セラミック層１１Ｂ、第３セラミック層１１Ｃ、及び、第４セラミック層１１Ｄとなる。

[0290] 複合積層体１０２を焼成することにより、未焼結放電電極層１２０及び未焼結集電電極層１３０は、各々、放電電極２０及び集電電極３０となる。

[0291] 複合積層体１０２を焼成することにより、第１未焼結セラミック拘束部１１３Ａ、第２未焼結セラミック拘束部１１３Ｂ、第３未焼結セラミック拘束部１１３Ｃ、及び、第４未焼結セラミック拘束部１１３Ｄは、各々、焼結せずに非焼結部となる。また、複合積層体１０２を焼成することにより、第１未焼結セラミック拘束層１１４Ａ、第２未焼結セラミック拘束層１１４Ｂ、第３未焼結セラミック拘束層１１４Ｃ、及び、第４未焼結セラミック拘束層１１４Ｄは、各々、焼結せずに非焼結層となる。つまり、複合積層体１０２を焼成する際には、その焼成温度で焼結しない未焼結セラミック拘束部及び未焼結セラミック拘束層が収縮しない。そのため、得られる絶縁基板１０、放電電極２０、及び、集電電極３０の不所望な変形を抑制できる。その結果、放電電極２０の露出部２０ｅと集電電極３０との最近接距離、すなわち、放電電極２０の露出部２０ｅと集電電極３０の最近接露出部３０ｅｂとの間の距離が精度良くなるように、放電電極２０及び集電電極３０を配置できる。

[0292] 一方、非焼結部及び非焼結層は脆いため、複合積層体１０２を焼成した後

に、非焼結部及び非焼結層を除去できる。これにより、非焼結部が存在していた領域において、複数の貫通孔１１２Ａａ及び複数の貫通孔１１２Ａｂが１つずつ厚み方向Ｔに連通して複数の第１貫通孔１２Ａとなり、複数の貫通孔１１２Ｂａ及び複数の貫通孔１１２Ｂｂが１つずつ厚み方向Ｔに連通して複数の第２貫通孔１２Ｂとなる。その結果、非焼結部及び非焼結層が存在していた領域において、複数の第１貫通孔１２Ａ及び複数の第２貫通孔１２Ｂを含み、かつ、放電電極２０と集電電極３０とを隔てる空間が現れる。

[0293] 放電電極２０と集電電極３０とを隔てる空間を確保する観点から、複合積層体１０２を焼成した後、残存する非焼結部及び非焼結層を除去することが好ましい。

[0294] 非焼結部及び非焼結層を除去する方法としては、例えば、ウェットブラスト、サンドブラスト、ブラッシング、超音波洗浄等が挙げられる。

[0295] 以上の工程により、図１２、図１３、及び、図１４に示すイオン発生器２が製造される。

[0296] 図１２に示すイオン発生器２では、複数の第１貫通孔１２Ａと複数の第２貫通孔１２Ｂとが、厚み方向Ｔに直交する方向に延びる共通の空間を介して連通しているが、複数の第１貫通孔１２Ａと複数の第２貫通孔１２Ｂとは、各々直に連通していてもよい。

[0297] 図３７は、本発明の実施形態２のイオン発生器の変形例を示す断面模式図である。なお、図３７に示すイオン発生器を厚み方向において放電電極側から見た（透視した）状態の一例を示す平面模式図は、図１３と同様である。また、図３７に示すイオン発生器を厚み方向において集電電極側から見た状態の一例を示す平面模式図は、図１４と同様である。

[0298] 図３７に示すイオン発生器２Ａにおいて、複数の第１貫通孔１２Ａと複数の第２貫通孔１２Ｂとは、各々直に連通している。より具体的には、複数の第１貫通孔１２Ａと複数の第２貫通孔１２Ｂとは、１つずつ厚み方向Ｔに直に連通している。つまり、イオン発生器２Ａでは、図３７に示すように、複数の第１貫通孔１２Ａ及び複数の第２貫通孔１２Ｂを通る空気の流路（イオ

ン風の流路）が、複数に離隔されている。これにより、隣り合う流路間での空気（イオン風）の摩擦、干渉等が防止され、結果的に、空気（イオン風）の流速が大きくなる。

[0299] 図３７に示す例では、絶縁基板１０が、第２セラミック層１１Ｂと第４セラミック層１１Ｄとの間に、第５セラミック層１１Ｅ及び第６セラミック層１１Ｆを更に含んでいる。より具体的には、第５セラミック層１１Ｅは、厚み方向Ｔにおいて第２セラミック層１１Ｂの集電電極３０側に隣り合い、かつ、厚み方向Ｔにおいて第６セラミック層１１Ｆの放電電極２０側に隣り合っている。また、第６セラミック層１１Ｆは、厚み方向Ｔにおいて第４セラミック層１１Ｄの放電電極２０側に隣り合い、かつ、厚み方向Ｔにおいて第５セラミック層１１Ｅの集電電極３０側に隣り合っている。

[0300] 図３７に示す例では、第５セラミック層１１Ｅを厚み方向Ｔに貫通する複数の貫通孔が設けられ、かつ、第６セラミック層１１Ｆを厚み方向Ｔに貫通する複数の貫通孔が設けられており、第５セラミック層１１Ｅに設けられた複数の貫通孔と、第６セラミック層１１Ｆに設けられた複数の貫通孔とが、１つずつ厚み方向Ｔに直に連通している。

[0301] 厚み方向Ｔから見たときの第１貫通孔１２Ａ及び第２貫通孔１２Ｂの面積は、互いに同じであってもよいし、互いに異なっていてもよい。

[0302] 厚み方向Ｔから見たときの第１貫通孔１２Ａ及び第２貫通孔１２Ｂの平面形状は、互いに同じであってもよいし、互いに異なっていてもよい。

[0303] 厚み方向Ｔから見たときの第１貫通孔１２Ａ及び第２貫通孔１２Ｂの位置は、互いに完全に重なっていてもよいし、互いにずれていてもよい。

[0304] 以上により、図３７に示す例では、放電電極２０が設けられた第１セラミック層１１Ａと、第２セラミック層１１Ｂと、第５セラミック層１１Ｅと、第６セラミック層１１Ｆと、第４セラミック層１１Ｄと、集電電極３０が設けられた第３セラミック層１１Ｃとの積層体で構成される流路壁によって、複数の流路が離隔されている。

[0305] なお、複数の流路は、完全に離隔されていなくてもよく、一部で接続され

ていてもよい。

[0306] なお、図３７に示すイオン発生器２Ａにおいて、第５セラミック層１１Ｅ及び第６セラミック層１１Ｆの少なくとも一方は設けられていなくてもよい。図３７に示すイオン発生器２Ａにおいて、第５セラミック層１１Ｅ及び第６セラミック層１１Ｆの両方が設けられていない場合、図１２に示すイオン発生器２において、第２セラミック層１１Ｂと第４セラミック層１１Ｄとの間の空間が設けられていない構成となっていてもよい。

[0307] なお、図３７に示すイオン発生器２Ａでは、絶縁基板１０が、第２セラミック層１１Ｂと第４セラミック層１１Ｄとの間に、第５セラミック層１１Ｅ及び第６セラミック層１１Ｆという２層のセラミック層を含んでいるが、絶縁基板１０は、第２セラミック層１１Ｂと第４セラミック層１１Ｄとの間に、３層以上のセラミック層を含んでいてもよい。

[0308] 図３７に示すイオン発生器２Ａは、例えば、第１未焼結セラミック拘束層１１４Ａに代えて、第５セラミック層１１Ｅとなるべき未焼結セラミック層に貫通孔が設けられたものを用い、更には、第２未焼結セラミック拘束層１１４Ｂに代えて、第６セラミック層１１Ｆとなるべき未焼結セラミック層に貫通孔が設けられたものを用いること以外、図１２に示すイオン発生器２と同様にして製造される。

[0309] 図１２に示すイオン発生器２では、厚み方向Ｔにおける集電電極３０の放電電極２０側の面（下面）が空間に露出していないが、厚み方向Ｔにおける集電電極３０の放電電極２０側の面（下面）は、空間に露出していてもよい。

[0310] 図３８は、本発明の実施形態２のイオン発生器の別の変形例を示す断面模式図である。

[0311] 図３８に示すイオン発生器２Ｂにおいて、厚み方向Ｔにおける集電電極３０の放電電極２０側の面（下面）は、空間に露出している。

[0312] 図３８に示す例では、集電電極３０が、厚み方向Ｔにおける放電電極２０側の下半分の領域において、空間に露出した近接露出部３０ｅａを有してい

る。図３８に示すように、集電電極３０の近接露出部３０ｅａにおける最小曲率半径の２倍は、放電電極２０の厚み方向Ｔにおける寸法よりも大きいことが好ましい。この場合、集電電極３０の近接露出部３０ｅａには、放電電極２０の露出部２０ｅよりも尖った部分が存在しておらず、集電電極３０の近接露出部３０ｅａから、放電電極２０と逆極性のコロナ放電が生じにくい。

[0313] 本発明のイオン発生器は、上記実施形態に限定されるものではなく、イオン発生器の構成、製造条件等に関し、本発明の範囲内において、種々の応用、変形を加えることが可能である。

符号の説明

[0314] １、１Ａ、２、２Ａ、２Ｂ　イオン発生器

１０　絶縁基板

１０ａ　絶縁基板の一方主面

１１Ａ　第１セラミック層

１１Ｂ　第２セラミック層

１１Ｂａ　第２セラミック層の主面

１１Ｃ　第３セラミック層

１１Ｄ　第４セラミック層

１１Ｅ　第５セラミック層

１１Ｆ　第６セラミック層

１１Ｘ　セラミック層

１１Ｘａ　セラミック層の主面

１２Ａ　第１貫通孔

１２Ｂ　第２貫通孔

１２Ｃ　第３貫通孔

２０　放電電極（エミッタ電極）

２０ａ　放電電極の第１主面

２０ｂ　放電電極の第２主面

２０ｅ　放電電極の露出部

３０、３０Ａ　集電電極（コレクタ電極）

３０ｅａ　集電電極の近接露出部

３０ｅｂ　集電電極の最近接露出部

４０　スペーサー

１０１、１０２　複合積層体

１１１Ａ　第１未焼結セラミック層

１１１Ｂ　第２未焼結セラミック層

１１１Ｃ　第３未焼結セラミック層

１１１Ｄ　第４未焼結セラミック層

１１１Ｘ　未焼結セラミック層

１１２Ａａ、１１２Ａｂ、１１２Ｂａ、１１２Ｂａａ、１１２Ｂａｂ、１１２Ｂｂ　貫通孔

１１３Ａ　第１未焼結セラミック拘束部

１１３Ｂ　第２未焼結セラミック拘束部

１１３Ｃ　第３未焼結セラミック拘束部

１１３Ｄ　第４未焼結セラミック拘束部

１１３Ｘ　未焼結セラミック拘束部

１１４Ａ　第１未焼結セラミック拘束層

１１４Ｂ　第２未焼結セラミック拘束層

１１４Ｃ　第３未焼結セラミック拘束層

１１４Ｄ　第４未焼結セラミック拘束層

１１４Ｘ、１１４Ｙ　未焼結セラミック拘束層

１２０　未焼結放電電極層

１３０　未焼結集電電極層

Ｒ　領域

Ｔ　厚み方向

Ｕ１　放電ユニット

Ｕ２　集電ユニット

請求の範囲

[請求項1] 厚み方向に積層された複数のセラミック層を含む絶縁基板と、

前記絶縁基板に設けられた放電電極と、

前記厚み方向において前記放電電極と対向する位置に、前記放電電極と空間を隔てて設けられた集電電極と、を備え、

複数の前記セラミック層は、第１セラミック層と、前記第１セラミック層と前記厚み方向に隣り合う第２セラミック層と、を少なくとも含み、

前記絶縁基板には、少なくとも前記第１セラミック層及び前記第２セラミック層を前記厚み方向に貫通する複数の第１貫通孔が設けられ、

前記放電電極は、前記厚み方向において前記第１セラミック層と前記第２セラミック層との間に設けられ、かつ、複数の前記第１貫通孔の内壁面から露出している、ことを特徴とするイオン発生器。

[請求項2] 前記放電電極は、前記厚み方向に直交する方向に沿う平板状である、請求項１に記載のイオン発生器。

[請求項3] 前記放電電極は、少なくとも１つの前記第１貫通孔の内壁面の全周にわたって露出している、請求項１又は２に記載のイオン発生器。

[請求項4] 前記集電電極は、前記厚み方向における前記放電電極側の下半分の領域において、前記空間に露出した近接露出部を有し、

前記集電電極の前記近接露出部における最小曲率半径の２倍は、前記放電電極の前記厚み方向における寸法よりも大きい、請求項１～３のいずれかに記載のイオン発生器。

[請求項5] 前記集電電極の前記厚み方向における寸法は、前記放電電極の前記厚み方向における寸法よりも大きい、請求項４に記載のイオン発生器。

[請求項6] 前記絶縁基板の一方主面は、前記第２セラミック層における前記放電電極と反対側の主面に加えて、前記第２セラミック層の前記主面よ

りも前記厚み方向において高い位置に存在するセラミック層の主面を含む、請求項１～５のいずれかに記載のイオン発生器。

[請求項7] 複数の前記セラミック層は、前記厚み方向において前記第２セラミック層に対して前記放電電極と反対側に設けられた第３セラミック層を更に含み、

前記集電電極は、前記第３セラミック層に設けられ、かつ、一部が前記第３セラミック層から露出している、請求項１～５のいずれかに記載のイオン発生器。

[請求項8] 前記絶縁基板には、少なくとも前記第３セラミック層を前記厚み方向に貫通する複数の第２貫通孔が設けられている、請求項７に記載のイオン発生器。

[請求項9] 前記集電電極は、複数の前記第２貫通孔の内壁面から露出している、請求項８に記載のイオン発生器。

[請求項10] 前記集電電極は、少なくとも１つの前記第２貫通孔の内壁面の全周にわたって露出している、請求項９に記載のイオン発生器。

[請求項11] 複数の前記第１貫通孔と複数の前記第２貫通孔とは、少なくとも１つ同士が前記厚み方向から見たときに重なっている、請求項８～１０のいずれかに記載のイオン発生器。

[請求項12] 前記放電電極の露出部に最も近い前記集電電極の最近接露出部は、前記第３セラミック層と、前記厚み方向において前記第３セラミック層の前記放電電極側に隣り合うセラミック層との界面の位置に設けられている、請求項７～１１のいずれかに記載のイオン発生器。

[請求項13] 前記セラミック層の構成材料は、低温焼結セラミック材料である、請求項１～１２のいずれかに記載のイオン発生器。

[請求項14] 厚み方向に積層された複数のセラミック層を含む絶縁基板と、

前記絶縁基板に設けられた放電電極と、を備え、

複数の前記セラミック層は、第１セラミック層と、前記第１セラミック層と前記厚み方向に隣り合う第２セラミック層と、を少なくとも

含み、

前記絶縁基板には、少なくとも前記第１セラミック層及び前記第２セラミック層を前記厚み方向に貫通する複数の第１貫通孔が設けられ、

前記放電電極は、前記厚み方向において前記第１セラミック層と前記第２セラミック層との間に設けられ、かつ、複数の前記第１貫通孔の内壁面から露出している、ことを特徴とするイオン発生器用の放電ユニット。

[請求項15] 厚み方向に積層された複数のセラミック層を含む絶縁基板と、前記絶縁基板に設けられた放電電極と、前記厚み方向において前記放電電極と対向する位置に、前記放電電極と空間を隔てて設けられた集電電極と、を備えるイオン発生器の製造方法であって、

複数の前記セラミック層となるべき複数の未焼結セラミック層に含まれる第１未焼結セラミック層を準備する工程と、

前記第１未焼結セラミック層の一方主面上に、前記放電電極となるべき未焼結放電電極層を形成する工程と、

前記第１未焼結セラミック層に、前記厚み方向に貫通する複数の貫通孔を形成する工程と、

前記第１未焼結セラミック層に形成された複数の貫通孔の各々の内部に、前記未焼結セラミック層が焼結する温度では焼結しない第１未焼結セラミック拘束部を形成する工程と、

複数の前記未焼結セラミック層に含まれる第２未焼結セラミック層を準備する工程と、

前記第２未焼結セラミック層に、前記厚み方向に貫通する複数の貫通孔を形成する工程と、

前記第２未焼結セラミック層に形成された複数の貫通孔の各々の内部に、前記未焼結セラミック層が焼結する温度では焼結しない第２未焼結セラミック拘束部を形成する工程と、

前記第１未焼結セラミック拘束部と前記第２未焼結セラミック拘束部とが前記厚み方向に重なるように、前記第１未焼結セラミック層と前記第２未焼結セラミック層とを、前記未焼結放電電極層を間に挟んで前記厚み方向に積層することにより、前記第１未焼結セラミック拘束部が形成された複数の貫通孔と前記第２未焼結セラミック拘束部が形成された複数の貫通孔とが各々前記厚み方向に連通して形成される複数の複合貫通孔の内壁面に前記未焼結放電電極層が達するように設けられた複合積層体を作製する工程と、

前記未焼結セラミック層が焼結する温度で前記複合積層体を焼成する工程と、を備える、ことを特徴とするイオン発生器の製造方法。

[請求項16] 複数の前記未焼結セラミック層に含まれる第３未焼結セラミック層を準備する工程と、

前記第３未焼結セラミック層に、一部が前記第３未焼結セラミック層から露出するように、前記集電電極となるべき未焼結集電電極層を形成する工程と、を更に備え、

前記複合積層体を作製する工程では、前記未焼結集電電極層が、前記厚み方向において前記未焼結放電電極層と対向する位置に、前記未焼結放電電極層と、前記第１未焼結セラミック拘束部及び前記第２未焼結セラミック拘束部を含む未焼結セラミック拘束部を隔てて設けられるように、前記第１未焼結セラミック層及び前記第２未焼結セラミック層の積層体に前記第３未焼結セラミック層を積層する、請求項１５に記載のイオン発生器の製造方法。

[請求項17] 前記第３未焼結セラミック層に、前記厚み方向に貫通する複数の貫通孔を形成する工程と、

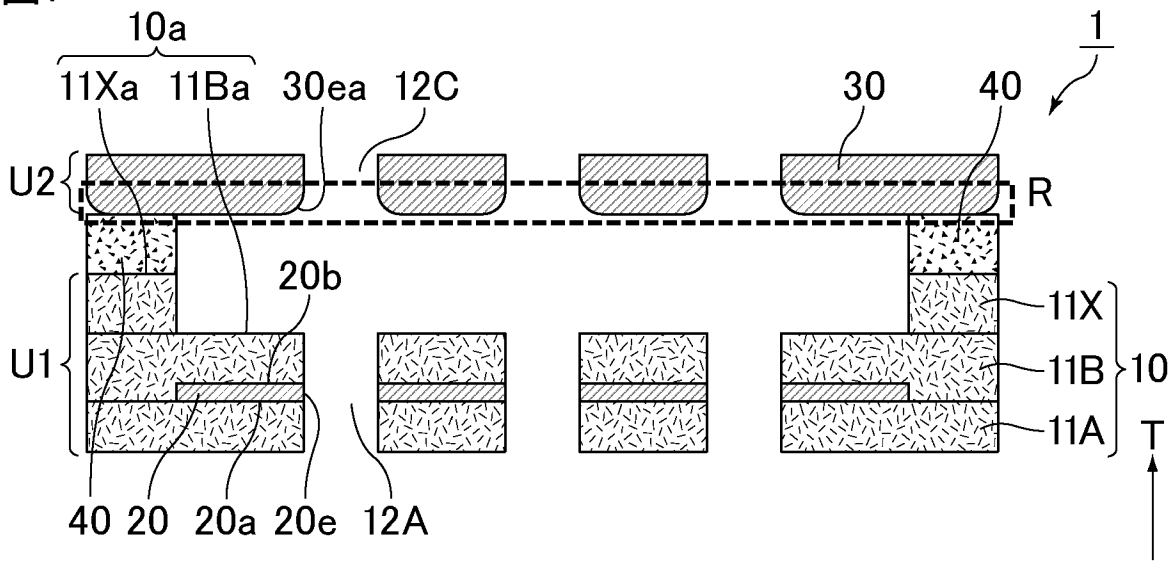
前記第３未焼結セラミック層に形成された複数の貫通孔の各々の内部に、前記未焼結セラミック層が焼結する温度では焼結しない第３未焼結セラミック拘束部を形成する工程と、を更に備え、

前記複合積層体を作製する工程では、前記第３未焼結セラミック拘

束部が形成された複数の貫通孔の内壁面に前記未焼結集電電極層が達するように設けられた前記複合積層体を作製する、請求項１６に記載のイオン発生器の製造方法。

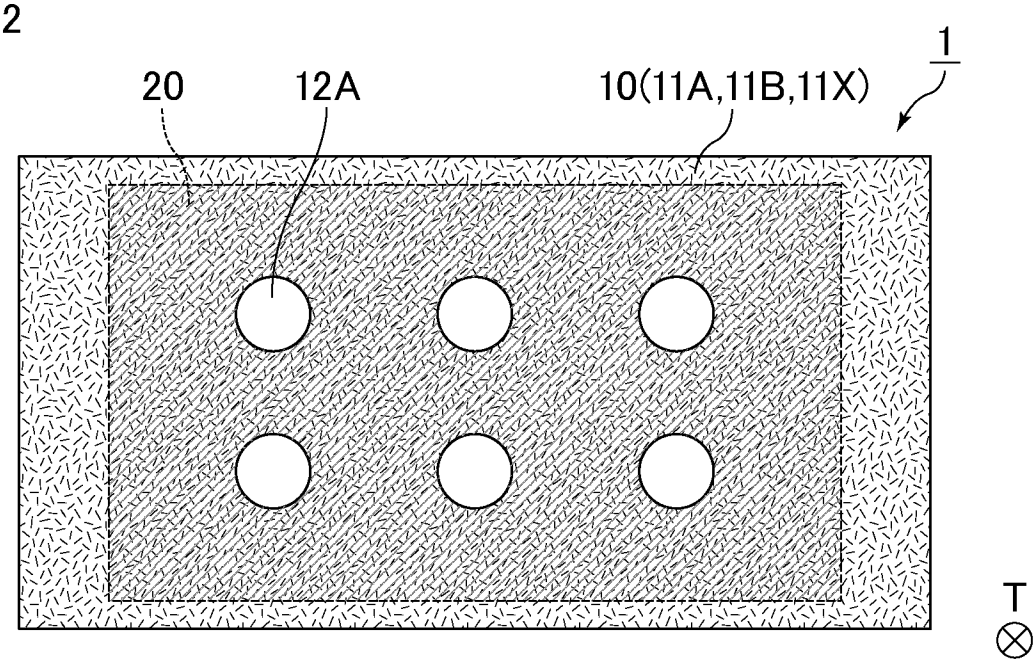
[図1]

図1



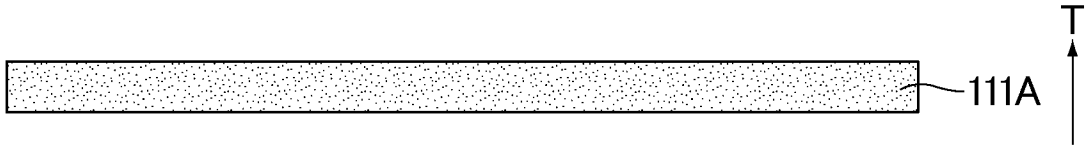
[図2]

図2



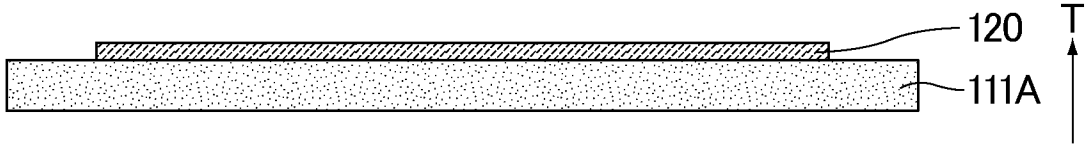
[図3]

図3



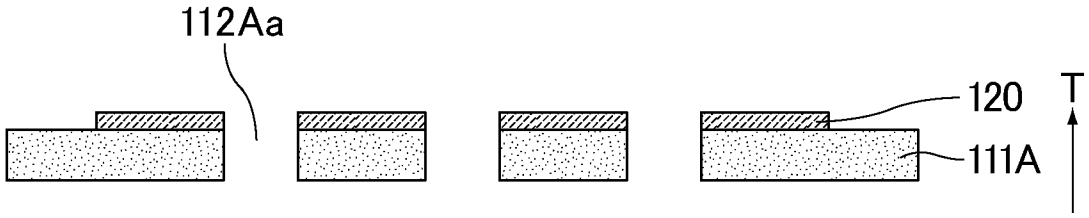
[図4]

図4



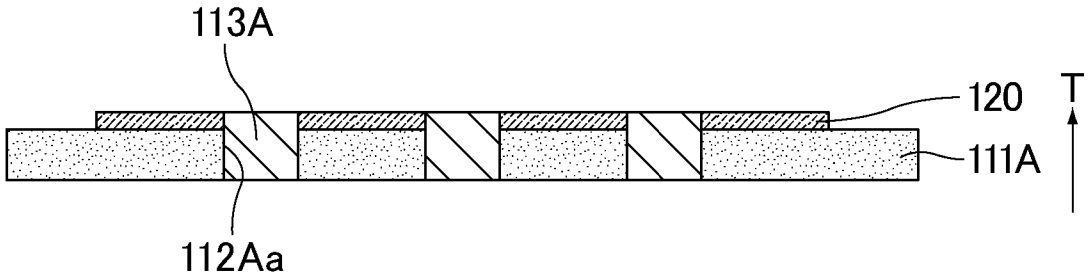
[図5]

図5



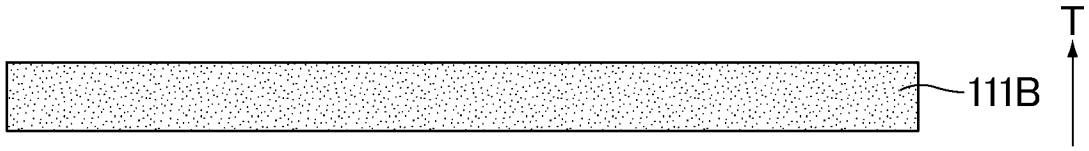
[図6]

図6



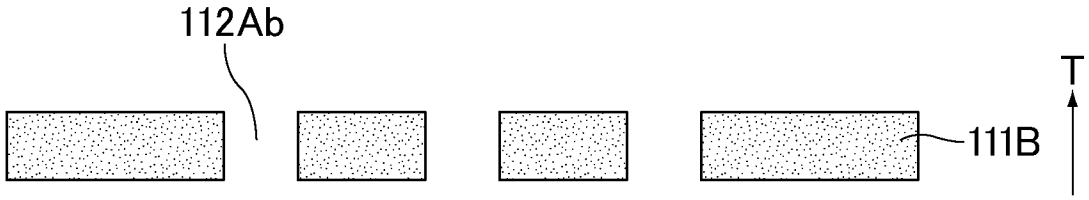
[図7]

図7



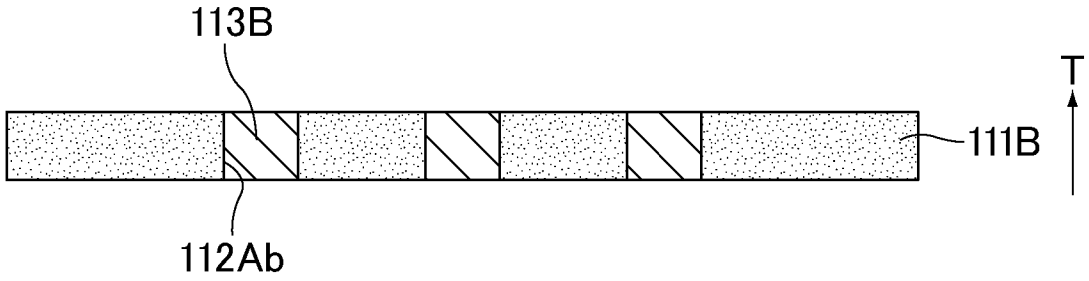
[図8]

図8



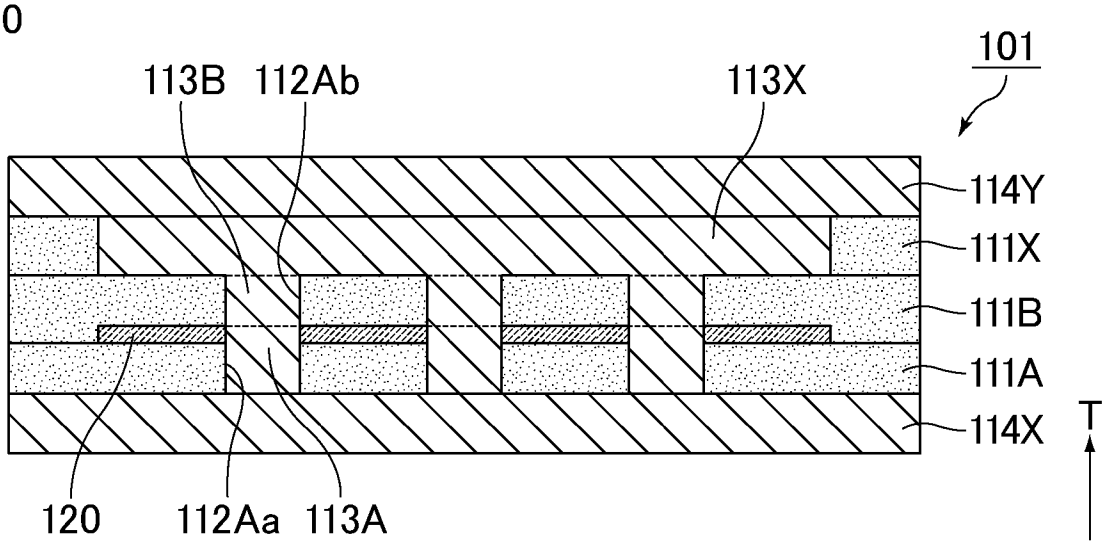
[図9]

図9



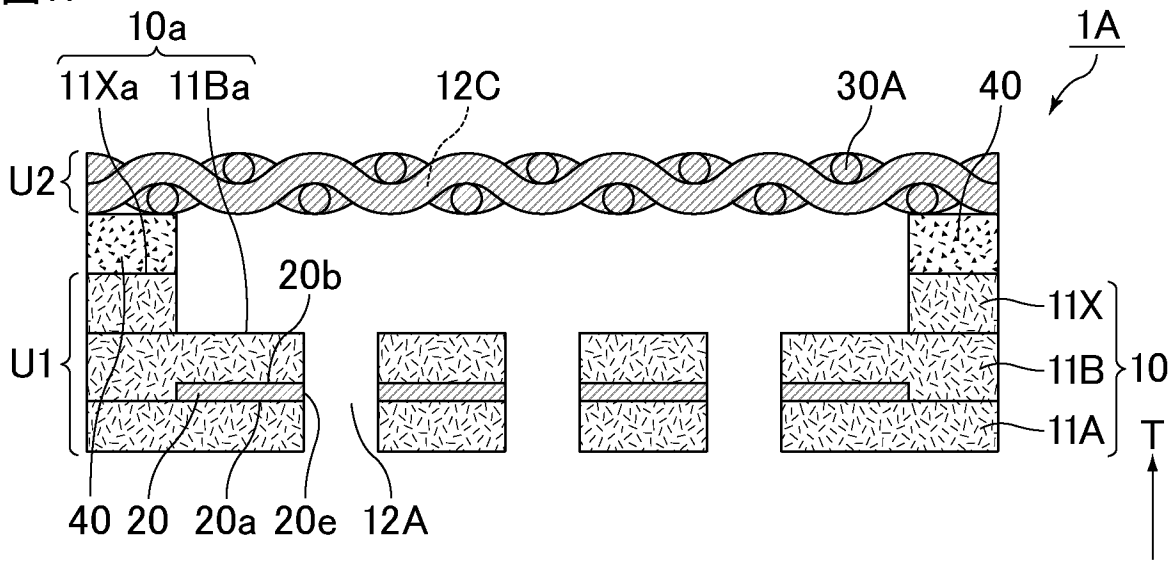
[図10]

図10



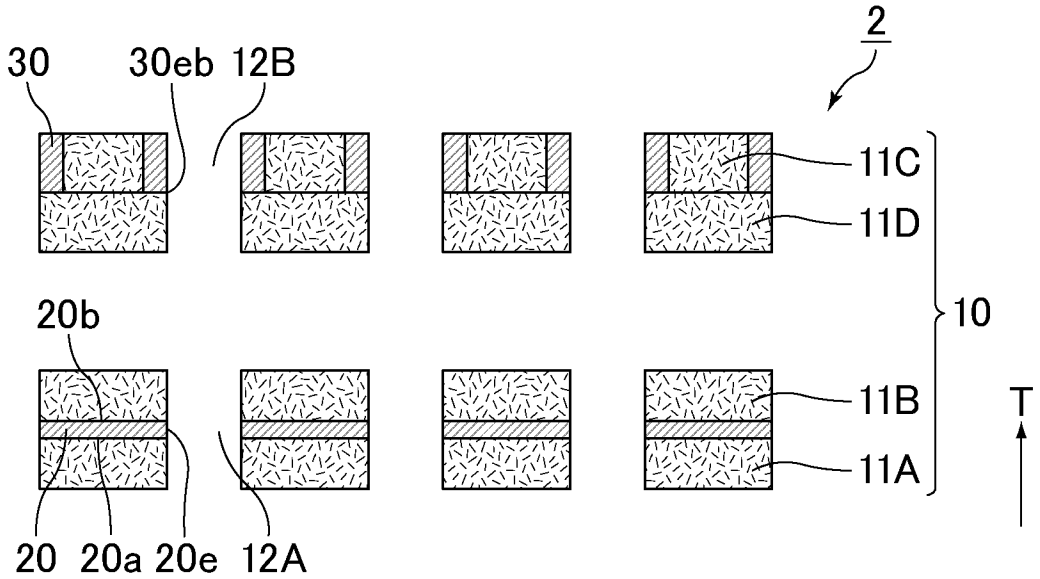
[図11]

図11

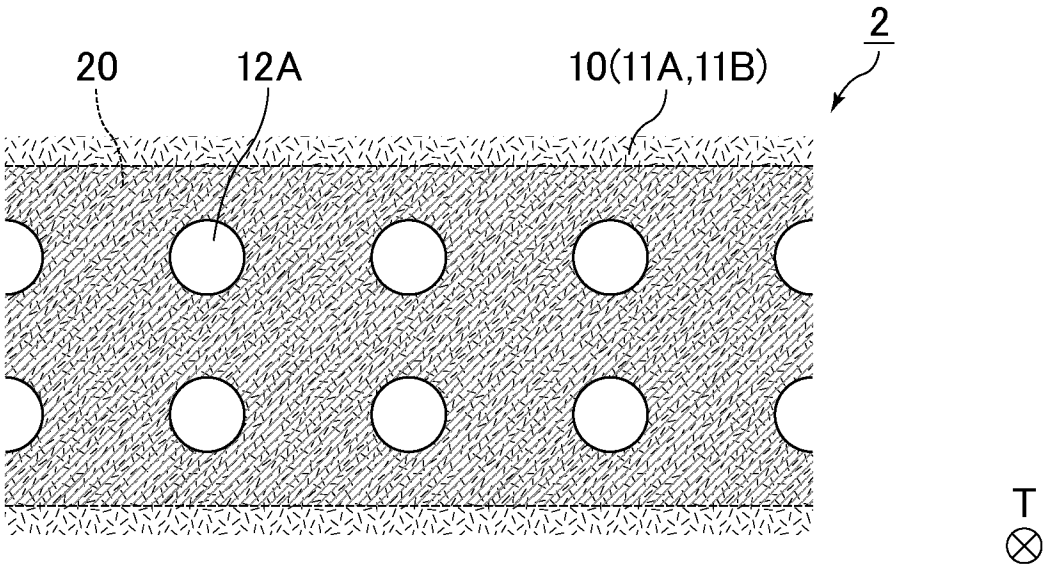


[図12]

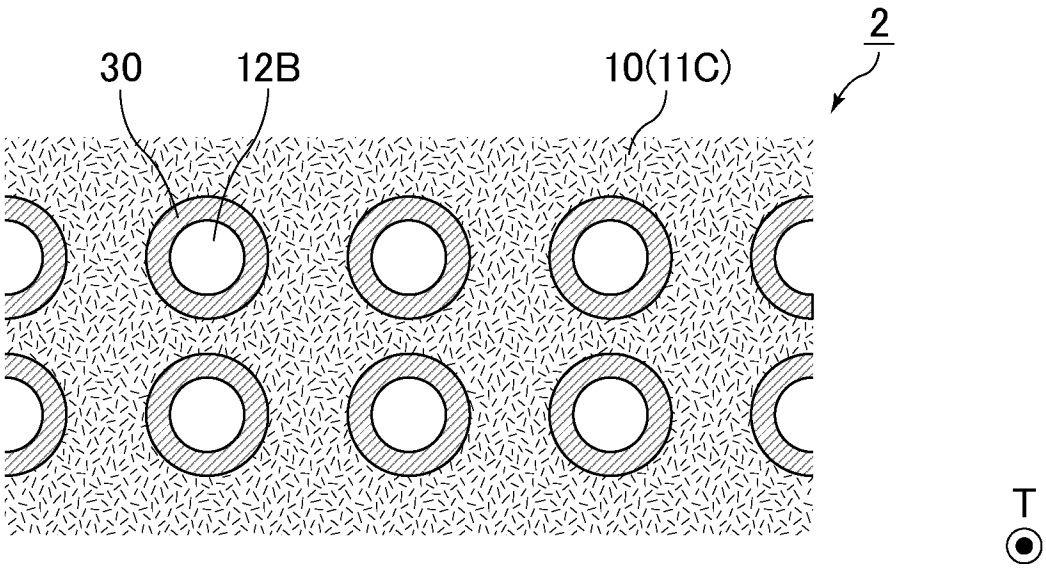
図12



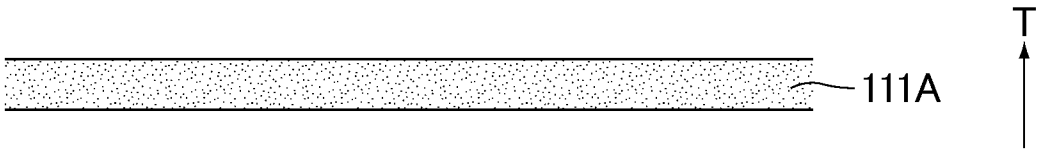
[図13]
図13



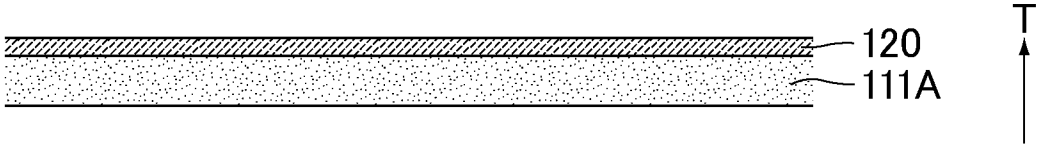
[図14]
図14



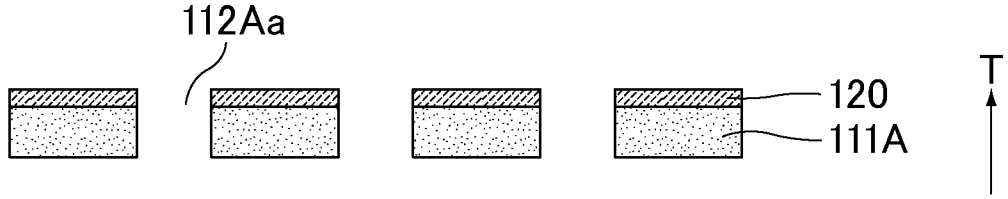
[図15]
図15



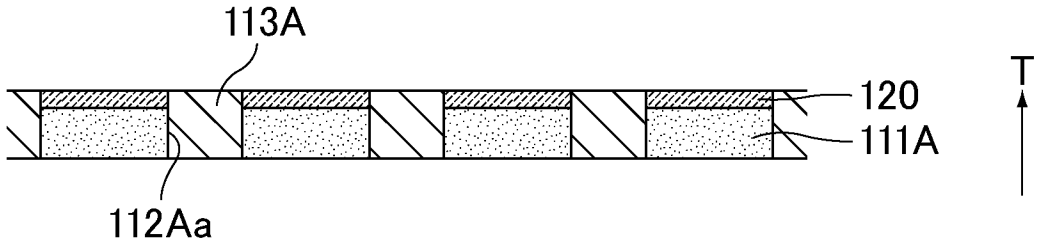
[図16]
図16



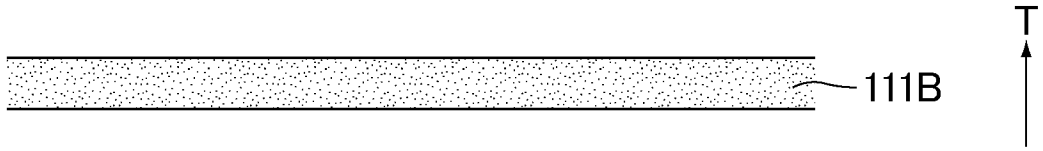
[図17]
図17



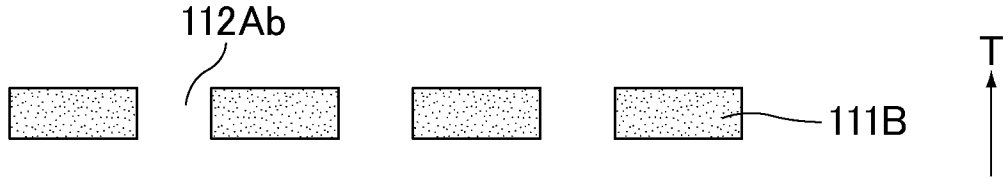
[図18]
図18



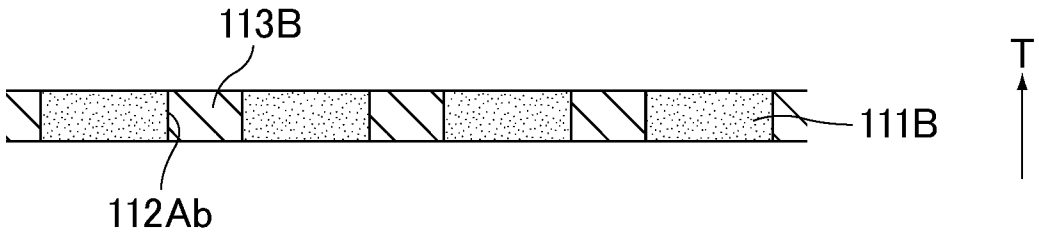
[図19]
図19



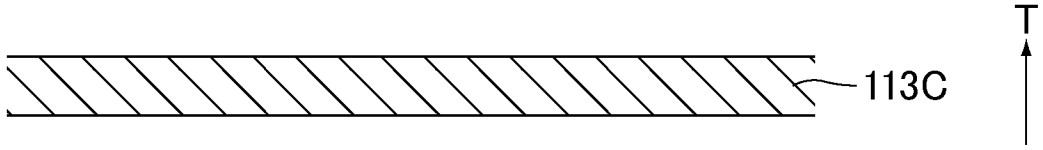
[図20]
図20



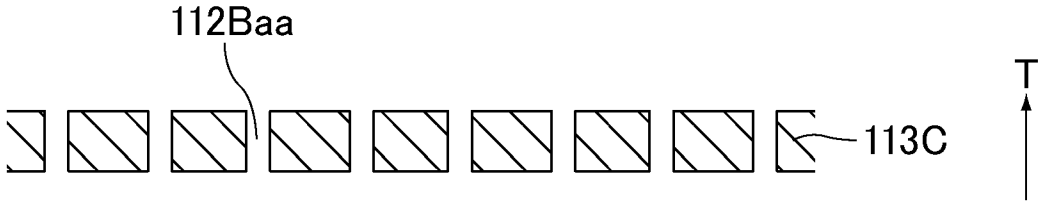
[図21]
図21



[図22]
図22

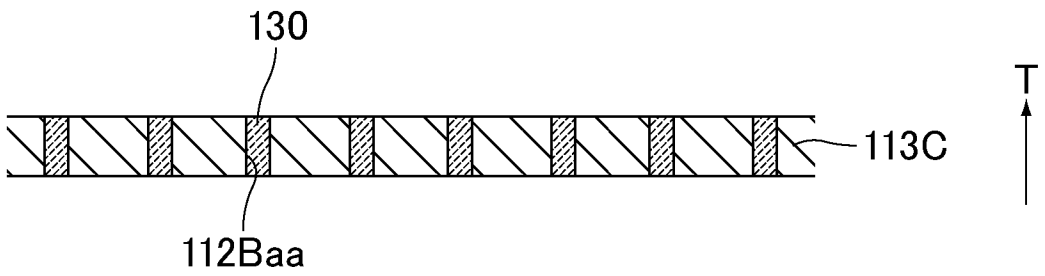


[図23]
図23



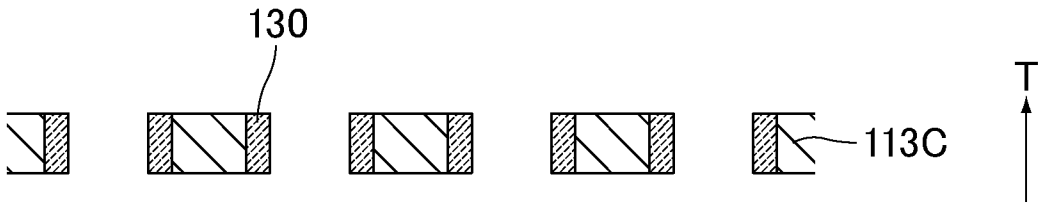
[図24]

図24



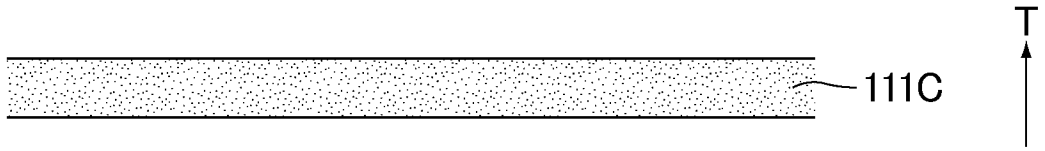
[図25]

図25



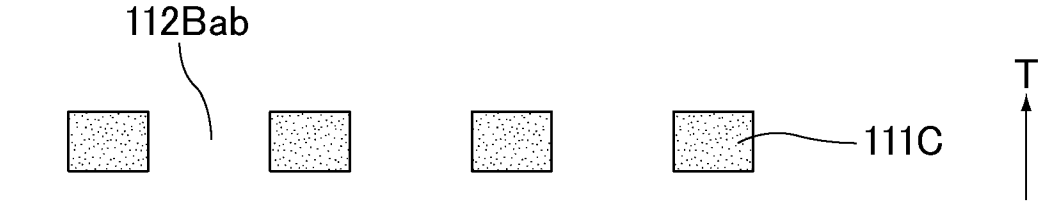
[図26]

図26



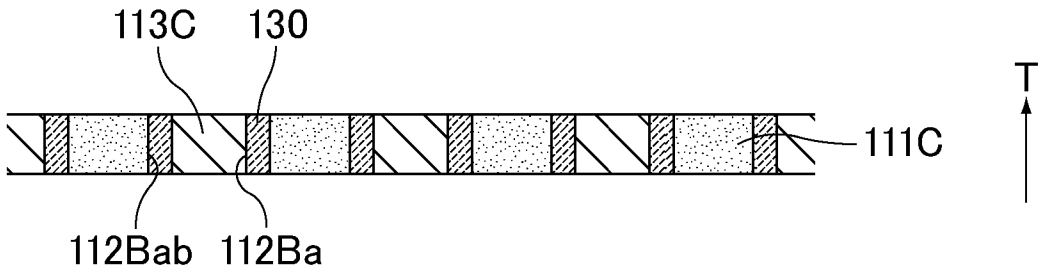
[図27]

図27



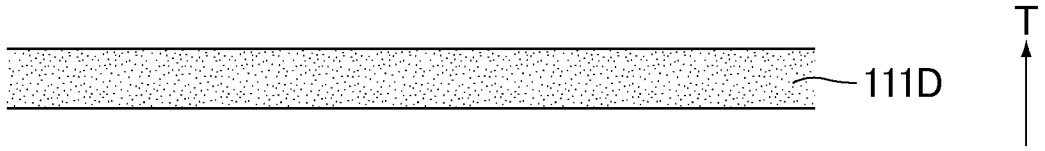
[図28]

図28



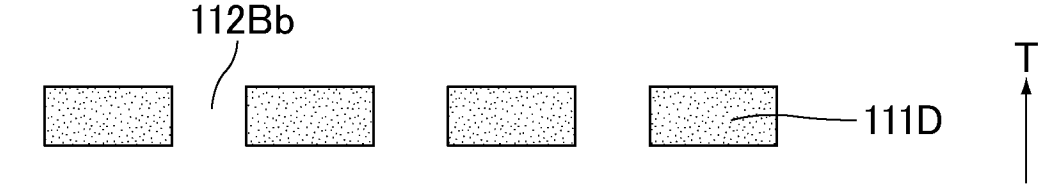
[図29]

図29



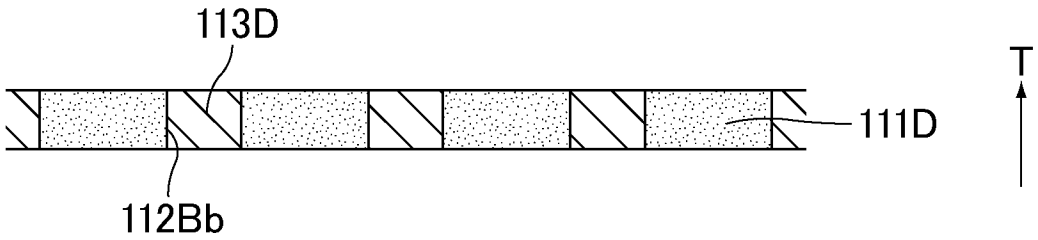
[図30]

図30



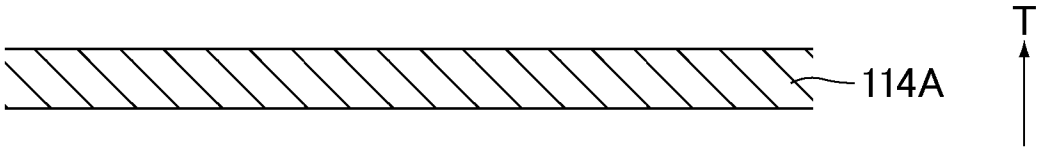
[図31]

図31



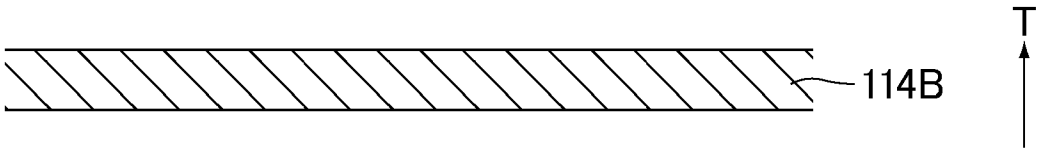
[図32]

図32



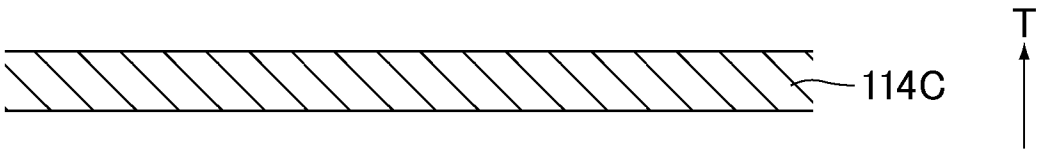
[図33]

図33



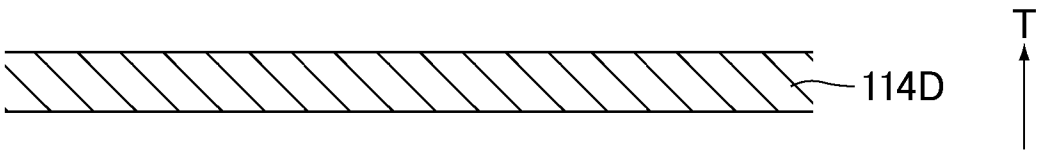
[図34]

図34



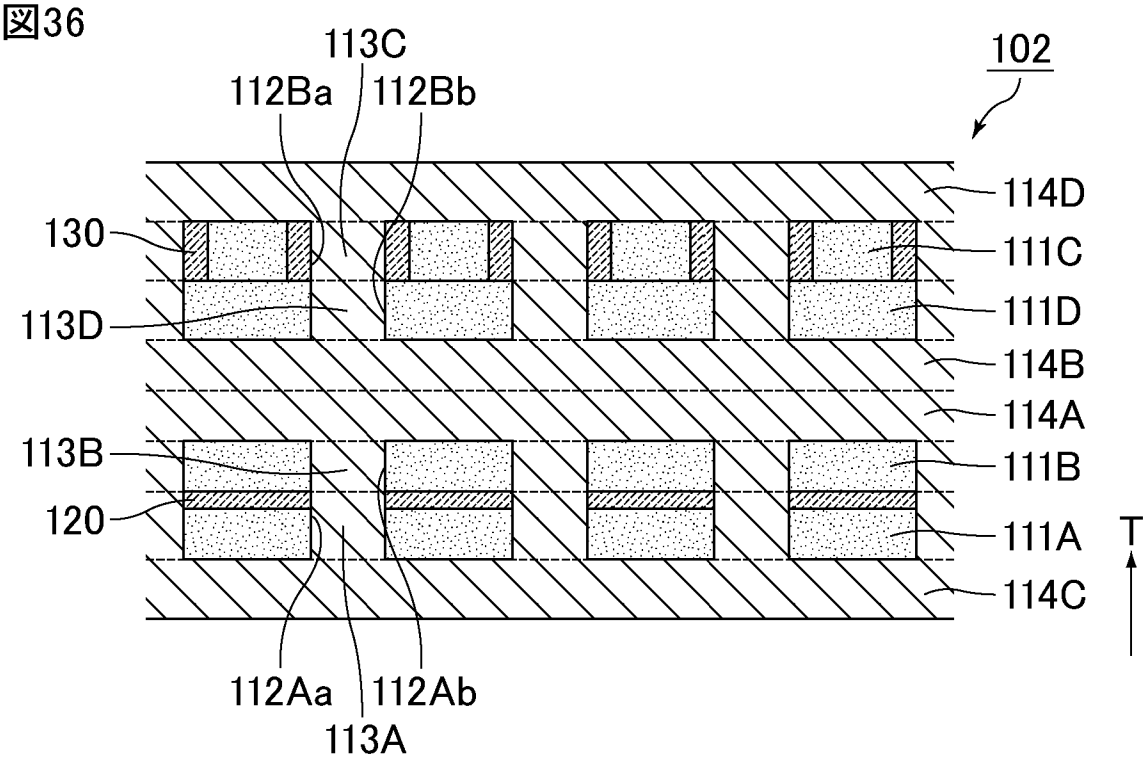
[図35]

図35



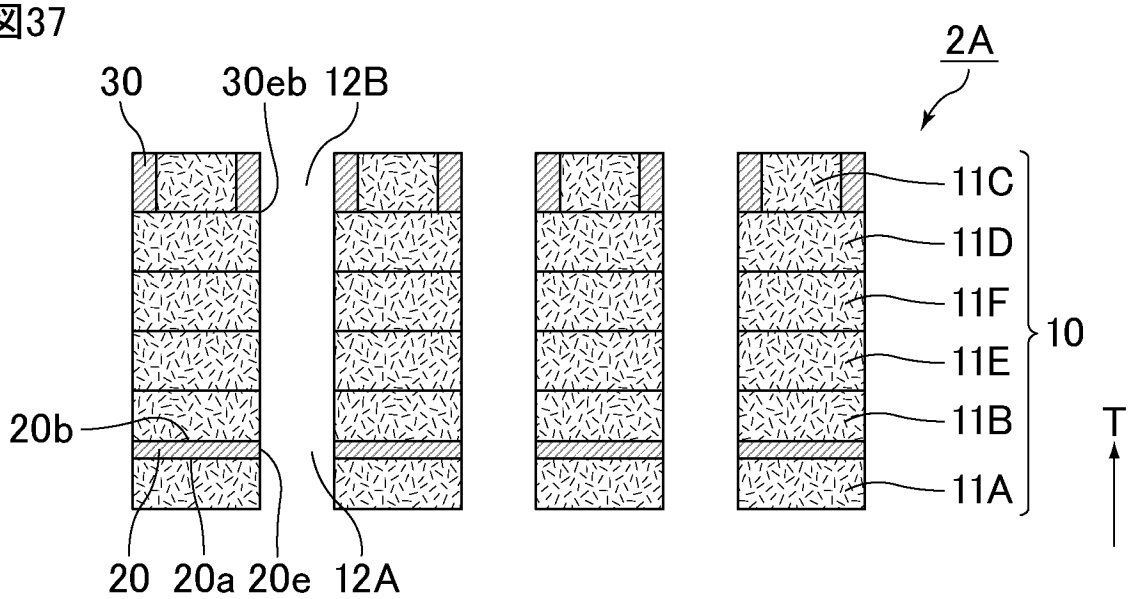
[図36]

図36



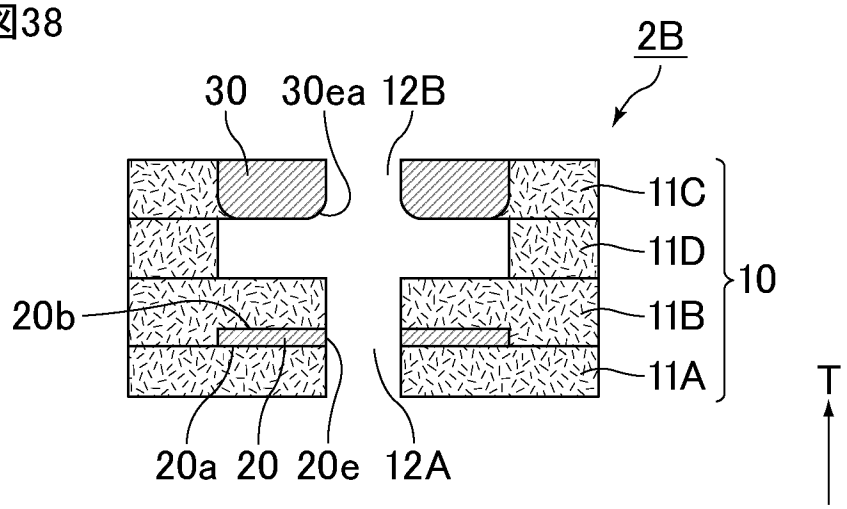
[図37]

図37



[図38]

図38



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/005222

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01T 19/00(2006.01)i; ***H01T 23/00***(2006.01)i
FI: H01T19/00; H01T23/00

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)

H01T19/00; H01T23/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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 2010-050106 A (PANASONIC ELECTRIC WORKS CO., LTD.) 04 March 2010 (2010-03-04) paragraphs [0039]-[0050], [0070]-[0074], [0081]-[0083], [0088], [0092], [0124], fig. 1, 5	1-4, 6-12, 14
Y		5, 13
A		15-17
Y	JP 2004-349192 A (KYOCERA CORP.) 09 December 2004 (2004-12-09) paragraph [0042], table 1, fig. 1	5, 13
A		15-17
Y	JP 2009-245646 A (NGK INSULATORS LTD.) 22 October 2009 (2009-10-22) paragraphs [0028]-[0030], fig. 2	13
A		15-17
A	JP 8-137212 A (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.) 31 May 1996 (1996-05-31)	1-17
A	WO 2013/031800 A1 (KYOCERA CORP.) 07 March 2013 (2013-03-07)	1-17

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

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
13 April 2023	**09 May 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/005222

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2010-050106 A	04 March 2010	US 2006/0042545 A1 paragraphs [0044]-[0057], [0074]-[0077], [0084]-[0087], [0091], [0097], [0123], fig. 1A, 1B, 10 TW 200501215 A KR 10-2005-0054984 A CN 1700953 A	
JP 2004-349192 A	09 December 2004	(Family: none)	
JP 2009-245646 A	22 October 2009	(Family: none)	
JP 8-137212 A	31 May 1996	(Family: none)	
WO 2013/031800 A1	07 March 2013	US 2014/0217882 A1	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/005222

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01T 19/00(2006.01)i; H01T 23/00(2006.01)i
FI: H01T19/00; H01T23/00

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））

H01T19/00; H01T23/00

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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 2010-050106 A (パナソニック電工株式会社) 04.03.2010 (2010-03-04) 段落［００３９］－［００５０］，［００７０］－［００７４］，［００８１］－［００８３］，［００８８］，［００９２］，［０１２４］，図１，図５	1-4,6-12,14
Y		5,13
A		15-17
Y	JP 2004-349192 A (京セラ株式会社) 09.12.2004 (2004-12-09) 段落［００４２］，表１，図１	5,13
A		15-17
Y	JP 2009-245646 A (日本碍子株式会社) 22.10.2009 (2009-10-22) 段落［００２８］－［００３０］，図２	13
A		15-17
A	JP 8-137212 A (オリンパス光学工業株式会社) 31.05.1996 (1996-05-31)	1-17
A	WO 2013/031800 A1 (京セラ株式会社) 07.03.2013 (2013-03-07)	1-17

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

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

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
13.04.2023	09.05.2023

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

権限のある職員（特許庁審査官）
内田　勝久 3T 3799

電話番号 03-3581-1101 内線 3368

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/005222

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2010-050106 A	04.03.2010	US 2006/0042545 A1 段落［００４４］－［００５７］，［００７４］－［００７７］，［００８４］－［００８７］，［００９１］，［００９７］，［０１２３］，図１Ａ，図１Ｂ，図１０ TW 200501215 A KR 10-2005-0054984 A CN 1700953 A	
JP 2004-349192 A	09.12.2004	（ファミリーなし）	
JP 2009-245646 A	22.10.2009	（ファミリーなし）	
JP 8-137212 A	31.05.1996	（ファミリーなし）	
WO 2013/031800 A1	07.03.2013	US 2014/0217882 A1	