

(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9月14日(14.09.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/154338 A1

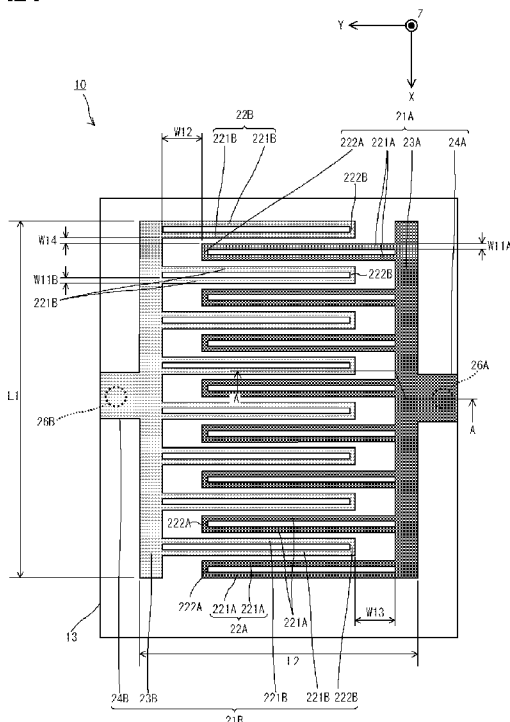
- (51) 国際特許分類:
C01B 13/11 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/000754
- (22) 国際出願日: 2017年1月12日(12.01.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-045477 2016年3月9日(09.03.2016) JP
特願 2016-213081 2016年10月31日(31.10.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社村田製作所 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 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). 近川 修 (CHIK-AGAWA Osamu); 〒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: 木村 満 (KIMURA Mitsuru); 〒1010054 東京都千代田区神田錦町二丁目7番地 協販ビル2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, JP, 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, 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.
- (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, 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).

[続葉有]

(54) Title: OZONE-GENERATING ELEMENT AND OZONE-GENERATING DEVICE

(54) 発明の名称: オゾン生成用素子およびオゾン生成装置

【図2】



(57) Abstract: An ozone-generating element (10) that comprises a dielectric substrate (13) and a pair of electrodes (21A, 21B) that is provided to one main surface of the dielectric substrate (13). Electrode (21A) has a terminal electrode part (23A) and a plurality of electrode finger part sets (22A) that intersect the terminal electrode part (23A). Electrode (21B) has a terminal electrode part (23B) and a plurality of electrode finger part sets (22B) that intersect the terminal electrode part (23B). Electrode finger part sets (22A) and electrode finger part sets (22B) are arranged alternately side by side in one direction. Each electrode finger part set (22A, 22B) has a plurality of electrode finger parts (221A, 221B) and a connection part (222A, 222B) that connects the plurality of electrode finger parts (221A, 221B).

(57) 要約: オゾン生成用素子 (10) は、誘電体基板 (13) と、誘電体基板 (13) の一方主面に設けられた一対の電極 (21A, 21B) と、を備える。電極 (21A) は、端子電極部 (23A) と、端子電極部 (23A) と交差する複数の電極子部組 (22A) とを有する。電極 (21B) は、端子電極部 (23B) と、端子電極部 (23B) と交差する複数の電極子部組 (22B) とを有する。電極子部組 (22A) と電極子部組 (22B) とは一方方向に交互に並ぶように配置されている。電極子部組 (22A, 22B) は、それぞれ、複数の電極子部 (221A, 221B) と、複数の電極子部 (221A, 221B) 同士を連結する連結部 (222A, 222B) と、を有する。

WO 2017/154338 A1

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： オゾン生成用素子およびオゾン生成装置

技術分野

[0001] 本発明は、オゾン生成用素子およびオゾン生成装置に関する。

背景技術

[0002] 誘電体基板と、誘電体基板上に設けられた一对の電極と、一对の電極を覆う誘電体層とを備え、一对の電極間で沿面放電を生じさせることによりオゾン生成するオゾン生成用素子が提案されている（例えば特許文献1参照）。特許文献1に記載されたオゾン生成用素子では、各電極が、直線状の配線と、配線の延長方向に直交する一方向へ延出する複数の線状部材と、を有する櫛歯状であり、一方の電極の線状部材と他方の電極の線状部材とが交互に配置されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2000-72410号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に記載されたオゾン生成用素子では、製造不良等に起因して一方の電極の線状部材のいずれかが断線すると、その断線した部分より先の線状部材と他方の電極の線状部材との間で放電が生じなくなり、その部分でオゾンが生成されなくなり、オゾンの生成量が低下してしまう。

[0005] 本発明は、上記事由に鑑みてなされたものであり、電極の一部断線によるオゾンの生成量の低下が抑制されたオゾン生成用素子およびオゾン生成装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するために、本発明に係るオゾン生成用素子は、
誘電体基板と、

前記誘電体基板の一方主面に設けられた第 1 櫛形電極と第 2 櫛形電極とを備え、

前記第 1 櫛形電極は、第 1 端子電極部と、前記第 1 端子電極部と交差する複数の第 1 電極子部組とを有し、

前記第 2 櫛形電極は、第 2 端子電極部と、前記第 2 端子電極部と交差する複数の第 2 電極子部組とを有し、

前記第 1 電極子部組と前記第 2 電極子部組とは一方向に交互に並ぶように配置されており、

前記第 1 電極子部組及び前記第 2 電極子部組は、それぞれ、
複数の電極子部と、

前記複数の電極子部同士を連結する少なくとも 1 つの第 1 連結部と、を有する。

[0007] また、本発明に係るオゾン生成用素子は、

前記第 1 連結部は、同一の第 1 電極子部組における複数の電極子部の前記第 1 端子電極部とは反対方向の端部同士、同一の第 2 電極子部組における複数の電極子部の前記第 2 端子電極部とは反対方向の端部同士を連結している、ものであってもよい。

[0008] また、本発明に係るオゾン生成用素子は、

前記第 1 櫛形電極の電極子部の前記第 1 端子電極部とは反対方向の端部は、前記第 2 端子電極部から離間して配置され、

前記第 2 櫛形電極の電極子部の前記第 2 端子電極部とは反対方向の端部は、前記第 1 端子電極部から離間して配置され、

前記第 1 電極子部組と隣り合う前記第 2 電極子部組との間の第 1 距離は、前記第 1 櫛形電極の電極子部の前記第 1 端子電極部とは反対方向の端部と前記第 2 端子電極部との間の第 2 距離以下である、ものであってもよい。

[0009] また、本発明に係るオゾン生成用素子は、

前記第 1 端子電極部は、前記複数の第 1 電極子部組のうちの前記一方向における一端に位置する第 1 電極子部組を構成する少なくとも 1 つの電極子部

と、前記一方向における他端に位置する第 1 電極子部組を構成する少なくとも 1 つの電極子部と、に接続され、

前記第 2 端子電極部は、前記複数の第 2 電極子部組のうちの前記一方向における一端に位置する第 2 電極子部組を構成する少なくとも 1 つの電極子部と、前記一方向における他端に位置する第 2 電極子部組を構成する少なくとも 1 つの電極子部と、に接続され、

前記第 1 電極子部組は、前記複数の第 1 電極子部組のうちの前記一方向における両端に位置する 2 つの第 1 電極子部組を除く他の第 1 電極子部組を構成する少なくとも 1 つの電極子部と、隣り合う他の第 1 電極子部組を構成する少なくとも 1 つの電極子部と、を連結する第 2 連結部を更に有し、

前記第 2 電極子部組は、前記複数の第 2 電極子部組のうちの前記一方向における両端に位置する 2 つの第 2 電極子部組を除く他の第 2 電極子部組を構成する少なくとも 1 つの電極子部と、隣り合う他の第 2 電極子部組を構成する少なくとも 1 つの電極子部と、を連結する第 2 連結部を更に有する、ものであってもよい。

[0010] また、本発明に係るオゾン生成用素子は、

互いに隣り合う前記第 1 電極子部組と前記第 2 電極子部組との間の第 3 距離は、前記第 1 電極子部組の前記第 2 連結部と前記第 1 端子電極部との間の第 4 距離以下である、ものであってもよい。

[0011] また、本発明に係るオゾン生成用素子は、

前記第 1 連結部は、同一の第 1 電極子部組における複数の電極子部の前記第 1 端子電極部とは反対方向の端部同士、同一の第 2 電極子部組における複数の電極子部の前記第 2 端子電極部とは反対方向の端部同士を連結し、

前記第 3 距離は、前記第 1 電極子部組の前記第 2 連結部と前記第 2 電極子部組の前記第 1 連結部との間の第 5 距離以下である、ものであってもよい。

[0012] また、本発明に係るオゾン生成用素子は、

前記第 1 端子電極部は、

前記複数の第 1 電極子部組のうちの前記一方向における一端に位置する第

1 電極子部組を構成する少なくとも 1 つの電極子部に接続される第 1 サブ端子電極部と、

前記複数の第 1 電極子部組のうちの前記一方向における他端に位置する第 1 電極子部組を構成する少なくとも 1 つの電極子部に接続される第 2 サブ端子電極部と、を有し、

前記第 2 端子電極部は、

前記複数の第 2 電極子部組のうちの前記一方向における一端に位置する第 2 電極子部組を構成する少なくとも 1 つの電極子部に接続される第 3 サブ端子電極部と、

前記複数の第 2 電極子部組のうちの前記一方向における他端に位置する第 2 電極子部組を構成する少なくとも 1 つの電極子部に接続される第 4 サブ端子電極部と、を有する、ものであってもよい。

[0013] また、本発明に係るオゾン生成用素子は、
前記電極子部の線幅は、 $100\mu\text{m}$ 未満であってよい。

[0014] また、本発明に係るオゾン生成用素子は、
前記第 1 距離は、 $100\mu\text{m}$ 未満であり、
前記第 2 距離は、 $200\mu\text{m}$ 以上であってよい。

[0015] また、本発明に係るオゾン生成用素子は、
前記第 3 距離は、 $100\mu\text{m}$ 未満であり、
前記第 4 距離は、 $200\mu\text{m}$ 以上であってよい。

[0016] また、本発明に係るオゾン生成用素子は、
前記誘電体基板の前記一方主面を覆う誘電体層を更に備える、ものであってもよい。

[0017] また、本発明に係るオゾン生成用素子は、
前記第 1 電極子部組を構成する複数の電極子部は、前記第 1 端子電極部に連なり、
前記第 2 電極子部組を構成する複数の電極子部は、前記第 2 端子電極部に連なっている、ものであってもよい。

[0018] また、本発明に係るオゾン生成用素子は、
前記誘電体基板は、互いに積層された複数の誘電体層を有し、
前記複数の誘電体層それぞれに厚さ方向に貫通する形で設けられた充填ビアと、

前記複数の誘電体層の積層方向において隣り合う2つの誘電体層の間に介在し前記誘電体層の厚さ方向に直交する方向に延出するとともに、前記2つの誘電体層それぞれに設けられた充填ビアに電氣的に接続されるビア接続部と、を有し、

前記複数の誘電体層それぞれに設けられた充填ビアのいずれか1つは、他の充填ビアのうちの少なくとも1つに対して、前記誘電体層の厚さ方向に直交する方向にずれている、ものであってもよい。

[0019] また、本発明に係るオゾン生成用素子は、

前記第1端子電極部は、前記誘電体基板の一方主面に設けられた第1接続電極部を介して、前記複数の誘電体層のうち最も前記一方主面側に位置する誘電体層に設けられた第1充填ビアに電氣的に接続され、

前記第2端子電極部は、前記誘電体基板の一方主面に設けられた第2接続電極部を介して、前記複数の誘電体層のうち最も前記一方主面側に位置する誘電体層に設けられた第2充填ビアに電氣的に接続され、

前記第1接続電極部における、前記誘電体基板の厚さ方向において前記第1充填ビアと重なる領域を覆う第1緩衝部と、

前記第2接続電極部における、前記誘電体基板の厚さ方向において前記第2充填ビアと重なる領域を覆う第2緩衝部と、を更に備える、ものであってもよい。

[0020] また、本発明に係るオゾン生成装置は、

前記オゾン生成用素子と、

前記第1楕形電極と前記第2楕形電極の間に交流電圧を印加する交流電源と、を備える。

発明の効果

[0021] 例えば製造不良等に起因して電極子部組を構成する複数の電極子部のうちのいずれかが断線したとする。この場合でも、本発明に係るオゾン生成用素子では、端子電極部と断線した電極子部の連結部側の部位とは、他の電極子部と連結部とを介して電氣的に接続された状態が維持される。従って、断線した電極子部も一对の電極それぞれの電極子部組の間で生じる放電に寄与させることができるので、電極子部の断線に起因したオゾン生成用素子のオゾンの生成量の低下が抑制される。

図面の簡単な説明

- [0022] [図1]本発明の実施の形態1に係るオゾン生成用素子の斜視図である。
- [図2]実施の形態1に係るオゾン生成用素子の誘電体層を省略した平面図である。
- [図3]実施の形態1に係るオゾン生成用素子の下面図である。
- [図4]比較例1に係るオゾン生成用素子の誘電体層を省略した平面図である。
- [図5]比較例2、3に係るオゾン生成用素子の誘電体層を省略した平面図である。
- [図6A]実施の形態1並びに比較例1、2、3に係るオゾン生成用素子についての放電開始電圧のばらつきを示す図である。
- [図6B]実施の形態1並びに比較例1、2、3に係るオゾン生成用素子についてのオゾン濃度を示す図である。
- [図7A]比較例1に係るオゾン生成用素子の一部の模式図である。
- [図7B]比較例1に係るオゾン生成用素子を示す等価回路図である。
- [図7C]実施の形態1に係るオゾン生成用素子の一部の模式図である。
- [図7D]実施の形態1に係るオゾン生成用素子を示す等価回路図である。
- [図8A]実施の形態1に係る、各電極の電極子部組が4組であり端子電極部と連結部との間の距離が隣り合う電極子部の間の距離と同じ構成のオゾン生成用素子の誘電体層を省略した平面図である。
- [図8B]実施の形態1に係る、各電極の電極子部組が7組であり端子電極部と連結部との間の距離が隣り合う電極子部の間の距離よりも長い構成のオゾン

生成用素子の誘電体層を省略した平面図である。

[図9A]実施の形態1に係るオゾン生成用素子の製造方法を説明するための図2のA－A線における断面矢視図である。

[図9B]実施の形態1に係るオゾン生成用素子の製造方法を説明するための図2のA－A線における断面矢視図である。

[図9C]実施の形態1に係るオゾン生成用素子の製造方法を説明するための図2のA－A線における断面矢視図である。

[図9D]実施の形態1に係るオゾン生成用素子の製造方法を説明するための図2のA－A線における断面矢視図である。

[図10A]実施の形態1に係るオゾン生成用素子の製造方法を説明するための図2のA－A線における断面矢視図である。

[図10B]実施の形態1に係るオゾン生成用素子の製造方法を説明するための図2のA－A線における断面矢視図である。

[図11]本発明の実施の形態2に係るオゾン生成用素子の誘電体層を省略した平面図である。

[図12A]実施の形態2に係るオゾン生成用素子の一部の模式図である。

[図12B]実施の形態2に係るオゾン生成用素子を示す等価回路図である。

[図13A]実施の形態2に係る、各電極の電極子部組が3組であり端子電極部と連結部との間の距離が隣り合う電極子部の間の距離と同じ構成のオゾン生成用素子の誘電体層を省略した平面図である。

[図13B]実施の形態2に係る、各電極の電極子部組が7組であり端子電極部と連結部との間の距離が隣り合う電極子部の間の距離よりも長い構成のオゾン生成用素子の誘電体層を省略した平面図である。

[図14]変形例1に係るオゾン生成用素子の誘電体層を省略した平面図である。
。

[図15]変形例2に係るオゾン生成用素子の誘電体層を省略した平面図である。
。

[図16]変形例3に係るオゾン生成用素子の誘電体層を省略した平面図である

。

[図17]変形例4に係るオゾン生成用素子の誘電体層を省略した平面図である

。

[図18]変形例5に係るオゾン生成用素子の誘電体層を省略した平面図である

。

[図19]変形例6に係るオゾン生成用素子の誘電体層を省略した平面図である

。

[図20]変形例6に係るオゾン生成用素子の図19のB-B線における断面矢視図である。

[図21]変形例6に係るオゾン生成用素子の製造方法を説明するための断面図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本発明の各実施の形態に係るオゾン生成用素子およびオゾン生成装置について図面を参照して詳細に説明する。なお、図面において示す寸法比は、必ずしも忠実に現実のとおりを表しているとは限らず、説明の便宜のために寸法比を誇張して示している場合がある。以下の説明において、上または下の概念に言及する際には、絶対的な上または下を意味するものではなく、図示された姿勢の中での相対的な上または下を意味するものである。

[0024] (実施の形態1)

本実施の形態に係るオゾン生成装置は、図1に示すように、オゾン生成用素子10と、オゾン生成用素子10に交流電圧を印加する交流電源31と、を備える。オゾン生成用素子10は、長手方向と短手方向とを備える板形状であって、誘電体基板13と、一对の電極21A、21Bと、誘電体層12と、裏面電極25A、25Bと、充填ビア26A、26Bと、を備える。以下、適宜図1におけるオゾン生成用素子10の厚さ方向をZ方向、Z方向において誘電体基板13から誘電体層12に向かう方向を+Z方向または上方としオゾン生成用素子10の厚さ方向に直交するオゾン生成用素子10の長手方向をX軸方向、Z軸方向およびX軸方向に直交するオゾン生成用素子1

Oの短手方向をY軸方向として説明する。

[0025] 誘電体基板13は、矩形板状の形状を有する。誘電体基板13の図1のY軸方向における両端部それぞれには、誘電体基板13を厚さ方向に貫通するコンタクトホール131A、131Bが形成されている。コンタクトホール131A、131B内には、それぞれ導電部材が配され、充填ビア26A、26Bとなっている。誘電体基板13は、 $\text{CaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 ZrO_2 、 BaTiO_3 等の酸化物を含むセラミックス材料から形成されている。また、誘電体基板13は、LTCC (Low Temperature Co-fired Ceramics: 低温同時焼結セラミックス) 基板から形成されていてもよい。なお、誘電体基板13は、電氣的絶縁性を有するものであればセラミックス材料に限定されるものではなく、エポキシ樹脂やポリイミド樹脂等の樹脂材料から形成されるものであってもよい。

[0026] 電極21A、21Bは、誘電体基板13の上面に設けられている。一对の電極21A、21Bは、図2に示すように、偶数個(図2では16個)の電極子部221A、221Bと、複数の電極子部221Aを連結する連結部(第1連結部)222Aと、複数の電極子部221Bを連結する連結部(第1連結部)222Bと、端子電極部23A、23Bと、舌片部24A、24Bと、を有する。電極21A、21Bは、Cu、Ag、Pd、Pt、W等の金属や RuO_2 のような導電性酸化物から形成されている。但し、オゾン生成用素子10の製造過程において焼成処理を行う場合、電極21A、21Bが金属であると、電極21A、21Bの焼成処理の際に誘電体基板13や誘電体層12へ拡散しうる。この場合、焼成処理において、誘電体基板13および誘電体層12の基となる誘電体材料の焼結が不十分となり誘電体基板13および誘電体層12の電圧耐性が低下する虞がある。従って、電極21A、21Bは、 RuO_2 のような導電性酸化物から形成されていることが好ましい。また、電極21A、21Bの厚さは、 $10\mu\text{m}$ 程度に設定される。なお、電極21A、21Bが本願発明の第1楕形電極、第2楕形電極に相当する。

また、端子電極部 2 3 A が本願発明の第 1 端子電極部に相当し、端子電極部 2 3 B が本願発明の第 2 端子電極部に相当する。

[0027] 電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B は、それぞれ長手方向と短手方向とを備える長細形状に形成され、その長手方向を Y 軸方向として X 軸方向に並んで配置されている。電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B と、電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B と X 軸方向で隣接する 2 つの電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B と、連結部 2 2 2 A、2 2 1 B と、から電極子部組 2 2 A、2 2 B が構成される。電極子部組 2 2 A が本願発明の第 1 電極子部組に相当し、電極子部組 2 2 B が本願発明の第 2 電極子部組に相当する。電極子部組 2 2 A、2 2 B は、それぞれ複数（図 2 では 8 つ）存在し、X 軸方向に並んで配置されている。また、複数の電極子部組 2 2 A、2 2 B は、端子電極部 2 3 A、2 3 B とともに、楕形状の形状をなす。X 軸方向に隣り合う 2 組の電極子部組 2 2 A の電極子部組 2 2 A の間に 1 組の電極子部組 2 2 B が配置され、X 軸方向で隣り合う 2 組の電極子部組 2 2 B の間に 1 組の電極子部組 2 2 A が配置されている。即ち、一对の電極 2 1 A、2 1 B は、電極子部組 2 2 A と電極子部組 2 2 B とが X 軸方向に交互に配置されたいわゆるインターディジタル型の構造を有する。

[0028] 連結部 2 2 2 A は、X 軸方向に延びており、電極子部組 2 2 A を構成する各電極子部 2 2 1 A の長手方向の一方側である + Y 方向（第 3 方向）の端部と、同じ電極子部組 2 2 A を構成する他の電極子部 2 2 1 A の + Y 方向の端部と、を連結している。また、連結部 2 2 2 B は、X 軸方向に延びており、電極子部組 2 2 B を構成する各電極子部 2 2 1 B の長手方向の他方側である - Y 方向（第 1 方向）の端部と、同じ電極子部組 2 2 B を構成する他の電極子部 2 2 1 B の - Y 方向の端部と、を連結している。連結部 2 2 2 A、2 2 2 B の線幅は、電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B の線幅 W 1 1 に等しい。なお、電極子部組 2 2 B とその電極子部組 2 2 B に X 軸方向で隣り合う電極子部組 2 2 A との間の間隔を W 1 4 と定義する。W 1 4 は、例えば電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B の線幅 W 1 1 A、W 1 1 B と同じである。

[0029] 端子電極部 2 3 A は、X 軸方向に延伸し、電極子部組 2 2 A を構成する各

電極子部 2 2 1 A の - Y 方向（第 1 方向）の端部に接続されている。また、端子電極部 2 3 B は、X 軸方向に延伸し、電極子部組 2 2 B を構成する各電極子部 2 2 1 B の + Y 方向（第 1 方向）の端部に接続されている。

[0030] また、電極 2 1 A の電極子部組 2 2 A を構成する電極子部 2 2 1 A の + Y 方向の端部は、電極 2 1 B の端子電極部 2 3 B から離間して配置されている。そして、距離（第 2 距離）W 1 2 は、距離（第 1 距離）W 1 4 以上である。なお、距離（第 2 距離）W 1 2 が、距離（第 1 距離）W 1 4 よりも長いと、電極子部 2 2 1 A の + Y 方向の端部の印刷滲みを低減させることができるため、より好ましい。距離 W 1 4 は、電極 2 1 A の電極子部組 2 2 A と当該電極子部組 2 2 A と X 軸方向で隣り合う電極 2 1 B の電極子部組 2 2 B との間の距離に相当する。距離 W 1 2 は、電極 2 1 A の電極子部組 2 2 A を構成する電極子部 2 2 1 A の + Y 方向の端部と電極 2 1 B の端子電極部 2 3 B との間の距離に相当する。

[0031] また、電極 2 1 B の電極子部組 2 2 B を構成する電極子部 2 2 1 B の - Y 方向の端部も、電極 2 1 A の端子電極部 2 3 A から離間して配置されている。そして、距離（第 2 距離）W 1 3 は、距離（第 1 距離）W 1 4 以上である。なお、距離（第 2 距離）W 1 3 が、距離（第 1 距離）W 1 4 よりも長いと、電極子部 2 2 1 B の - Y 方向の端部の印刷滲みを低減させることができるため、より好ましい。距離 W 1 3 は、電極 2 1 B の電極子部組 2 2 B を構成する電極子部 2 2 1 B の - Y 方向の端部と電極 2 1 A の端子電極部 2 3 A との間の距離に相当する。

[0032] 舌片部 2 4 A は、端子電極部 2 3 A の X 軸方向における中央部から - Y 方向へ延出している。舌片部 2 4 A は、充填ビア（第 1 充填ビア）2 6 A に電氣的に接続される。また、舌片部 2 4 B は、端子電極部 2 3 B の X 軸方向における中央部から + Y 方向へ延出している。舌片部 2 4 B は、充填ビア（第 2 充填ビア）2 6 B に電氣的に接続される。

[0033] 誘電体層 1 2 は、図 1 に示すように、誘電体基板 1 3 の上面に設けられた電極 2 1 A、2 1 B を覆っている。誘電体層 1 2 は、 $\text{CaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2$

O_3-SiO_2 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 ZrO_2 、 BaTiO_3 等の酸化物を含むセラミックス材料から形成されている。また、誘電体層12は、LTCC材から形成されていてもよい。なお、誘電体基板13は、電氣的絶縁性を有するものであればセラミックス材料に限定されるものではなく、エポキシ樹脂やポリイミド樹脂等の樹脂材料から形成されるものであってもよい。但し、オゾン生成用素子10の動作時において、誘電体層12は、プラズマに曝されることにより高温になる。また、誘電体層12は、その表面近傍に生成したオゾンに曝されることからオゾンに対する耐浸食性も要求される。これらのことから、誘電体層12は、セラミックス材料から形成されていることが好ましい。また、誘電体層12は、その熱膨張率が誘電体基板13の熱膨張率と略等しい材料から形成されていることが好ましい。この場合、誘電体基板13と誘電体層12とがオゾン生成用素子10の動作時に生じる熱に起因して膨張および収縮した場合でも、誘電体基板13と誘電体層12との接合部分に歪みが生じにくい。従って、オゾン生成用素子10の動作時に生じる熱に起因した誘電体基板13と誘電体層12との接合部分の劣化が抑制されるという利点がある。更に、誘電体層12は、誘電体基板13と同一の材料から形成されていることがより好ましい。

[0034] 裏面電極25A、25Bは、図3に示すように、誘電体基板13における誘電体層12側とは反対側の面において、少なくとも誘電体基板13のコンタクトホール131A、131Bを覆うように設けられている。電極21Aは、充填ビア26Aを介して裏面電極25Aと電氣的に接続されている。電極21Bは、充填ビア26Aを介して裏面電極25Bと電氣的に接続されている。裏面電極25A、25Bおよび充填ビア26A、26Bは、電極21A、21Bと同様に、Cu、Ag、Pd、Pt、W等の金属や RuO_2 のような導電性材料から形成されている。

[0035] 交流電源31は、裏面電極25A、25Bに電氣的に接続され、一对の電極21A、21B間に交流電圧（正弦波電圧）を印加する。なお、交流電源31は、矩形パルス列状の交流電圧を電極21A、21B間に印加するもの

であってもよい。

[0036] 交流電源 31 からオゾン生成用素子 10 の一対の電極 21 A、21 B 間に交流電圧（正弦波電圧）が印加されると、誘電体層 12 の外表面近傍の各電極子部組 22 A、22 B の間に位置する領域で沿面放電が生じる。放電現象は、空気中の絶縁破壊であり、各電極子部組 22 A、22 B の間に生じた電子は、各電極子部組 22 A、22 B の間に形成された電場のうち誘電体層 12 の外表面近傍に漏れ出ている成分により加速されることで発生する。同時に加速された電子が、誘電体層 12 の外表面近傍の各電極子部組 22 A、22 B の間に存在する酸素分子に衝突することによりオゾンが生成する。

[0037] 次に、本実施の形態に係るオゾン生成用素子 10 について、放電開始電圧、放電状態およびオゾン生成量を評価した結果について説明する。発明者らは、前述の本実施の形態に係るオゾン生成用素子 10 と後述する比較例 1、2、3 に係るオゾン生成用素子について各評価を実施した。まず、発明者らが準備した評価用の各オゾン生成用素子について説明する。

[0038] オゾン生成用素子 10 として、図 2 に示す距離 W_{11} および W_{14} が $50\ \mu\text{m}$ に設定されたものを準備した。また、誘電体基板 13 は平面視において $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ の正形状であり、誘電体層 12 の厚さは $15\ \mu\text{m}$ とした。そして、誘電体基板 13 と誘電体層 12 とを合わせた厚さは約 $600\ \mu\text{m}$ とした。更に、誘電体基板 13 上の電極 21 A、21 B における舌片部 24 A、24 B を除く部分が設けられる領域の X 軸方向の長さ L_1 を 6mm 、Y 軸方向の長さ L_2 を 3mm とした。

[0039] 図 4 に示すように、比較例 1 に係るオゾン生成用素子 9110 は、電極 9121 A、9121 B の電極子部 9122 A、9122 B がいずれも Y 軸方向に延びる 1 本の線状であり、隣り合う電極子部 9122 A、9122 B 同士の間隔が全て同一の距離 W_{94} に設定されている。電極子部 9122 A、9122 B の線幅 W_{91A} 、 W_{91B} は、等しくなっている。オゾン生成用素子 9110 として、距離 W_{91A} 、 W_{91B} が $50\ \mu\text{m}$ 、距離 W_{94} が $50\ \mu\text{m}$ に設定されたものを準備した。また、誘電体基板 13 の形状、誘電体

層 1 2 の厚さ、誘電体基板 1 3 と誘電体層 1 2 とを合わせた厚さ、誘電体基板 1 3 のうち、電極 9 1 2 1 A、9 1 2 1 B の複数の電極子部 9 1 2 2 A、9 1 2 2 B と端子電極部 2 3 A、2 3 B とが設けられる領域の寸法は、オゾン生成用素子 1 0 と同じとした。

[0040] 図 5 に示すように、比較例 2、3 に係るオゾン生成用素子 9 2 1 0 は、電極 9 2 2 1 A、9 2 2 1 B の電極子部 9 2 2 2 A、9 2 2 2 B がいずれも Y 軸方向に延びる 1 本の線状であり、隣り合う電極子部 9 2 2 2 A、9 2 2 2 B 同士の間隔が全て同一の距離 W_{94} に設定されている。電極子部 9 2 2 2 A、9 2 2 2 B の線幅 W_{92A} 、 W_{92B} は、隣り合う電極子部 9 2 2 2 A、9 2 2 2 B 同士の間隔 W_{94} よりも長く設定されている。比較例 2 に係るオゾン生成用素子 9 2 1 0 として、図 5 に示す距離 W_{94} が $50\mu\text{m}$ 、距離 W_{92A} 、 W_{92B} が $100\mu\text{m}$ に設定されたものを準備した。比較例 3 に係るオゾン生成用素子 9 2 1 0 として、図 5 の距離 W_{94} が $50\mu\text{m}$ 、距離 W_{92A} 、 W_{92B} が $200\mu\text{m}$ に設定されたものを準備した。

[0041] 次に、発明者らが、オゾン生成用素子 1 0、9 1 1 0、9 2 1 0 の放電開始電圧、放電状態およびオゾン生成量を評価するために実施した放電開始電圧の測定、放電状態の観察およびオゾン生成量の測定の内容について説明する。放電開始電圧の測定では、オゾン生成用素子 1 0 の一対の電極 2 1 A、2 1 B 間、オゾン生成用素子 9 1 1 0 の一対の電極 9 1 2 1 A、9 1 2 1 B 間およびオゾン生成用素子 9 2 1 0 の一対の電極 9 2 2 1 A、9 2 2 1 B 間に印加される交流電圧（正弦波電圧）の電圧振幅値を漸増させながら放電により生じるプラズマ発光の有無を観察した。プラズマ発光が観察された時点での電圧振幅値を放電開始電圧とした。また、この放電開始電圧測定では、実施の形態に係るオゾン生成用素子 1 0 と比較例 1 に係るオゾン生成用素子 9 1 1 0 と比較例 2、3 に係るオゾン生成用素子 9 2 1 0 とをそれぞれ 3 0 個ずつ準備し、それぞれについて前述のようにして放電開始電圧を測定した。

[0042] 放電状態の観察では、オゾン生成用素子 1 0 の一対の電極 2 1 A、2 1 B

間、オゾン生成用素子 9110 の一対の電極 9121 A、9121 B 間およびオゾン生成用素子 9210 の一対の電極 9221 A、9221 B 間に電圧振幅値 2.5 kV の交流電圧（正弦波電圧）を印加して放電させた。そして、放電させた状態で、オゾン生成用素子 10、9110、9210 を平面視して電極 21 A、21 B、電極 9121 A、9121 B または電極 9221 A、9221 B 間の放電状態を観察した。

[0043] オゾン生成量の測定では、オゾン生成用素子 10、9110、9210 を容積が 7 リットルのアクリルケースの中に入れて、オゾン生成用素子 10、9110、9210 を 3 分間駆動したときのアクリルケース内のオゾン濃度をオゾン濃度計で測定した。ここにおいて、オゾン生成用素子 10 の一対の電極 21 A、21 B 間、オゾン生成用素子 9110 の一対の電極 9121 A、9121 B 間およびオゾン生成用素子 9210 の一対の電極 9221 A、9221 B 間に、電圧振幅値 2.5 kV の交流電圧（正弦波電圧）を印加した。また、アクリルケース内にファンを設け、アクリルケース内の気体が攪拌されるようにした。オゾン濃度計は、荏原実業株式会社製の型式 EG-3000 を採用した。また、このオゾン生成量の測定では、実施の形態に係るオゾン生成用素子 10 と比較例 1、2、3 に係るオゾン生成用素子 9110、9210 とをそれぞれ 30 個ずつ準備し、それぞれについて前述のようにしてオゾン濃度を測定した。

[0044] 次に、オゾン生成用素子 10、9110、9210 について、放電開始電圧の測定と、放電状態の観察と、オゾン生成量の測定と、を実施した結果について説明する。

[0045] 放電開始電圧の測定では、オゾン生成用素子 10、9110、9210 とのいずれについても、放電開始電圧の平均値が 2.5 kV であった。放電開始電圧のばらつき（ 3σ ）を測定した結果を図 6 A に示す。図 6 A に示すように、オゾン生成用素子 10 の放電開始電圧のばらつきは、オゾン生成用素子 9110、9210 の放電開始電圧のばらつきに比べて小さいという結果が得られた。

[0046] ここで、オゾン生成用素子 10、9110 で放電開始電圧に差異が生じる理由について説明する。比較例 1 に係るオゾン生成用素子 9110 では、電極子部 9122A、9122B の先端部に電界が集中し易いため、電極子部 9122A の先端部と電極子部 9122B の基端部との間、電極子部 9122B の先端部と電極子部 9122A の基端部との間で最初に放電が生じると考えられる。この場合、図 7A に示すように、放電が最初に生じる部分（以下、「放電開始部分」と称する。）の静電容量を C_{911} とすると、端子電極部 23A と端子電極部 23B との間に図 7B に示すような等価回路が接続されたものと看做することができる。ここで、 R_{911} は、電極子部 9122B の先端部と端子電極部 23B との間の抵抗成分または電極子部 9122A の先端部と端子電極部 23A との間の抵抗成分に相当する。オゾン生成用素子 9110 において、電極子部 9122A、9122B の線幅 W_{92A} 、 W_{92B} の製造ばらつき等に起因して、抵抗 R_{911} に ΔR_{911} の大きさのばらつきが存在するとする。この場合、オゾン生成用素子 9110 の放電開始部分に加わる電圧 V_{D91} は、近似的に下記式（1）で表される。

$$V_{D91} = V_A - (R_{911} + \Delta R_{911}) \times I \cdots \text{式 (1)}$$

ここで、 V_A は電極 9121A、9121B 間に印加される電圧を示し、 I は放電開始時に電極子部 9122A、9122B に流れる電流を表す。

[0047] 式（1）から、電圧 V_{D91} は、抵抗 R_{911} のばらつき ΔR_{911} に電流値 I を乗じて得られる電圧値程度のばらつきが生じることを示している。

[0048] 一方、オゾン生成用素子 10 では、電極子部 221A、221B の先端部に電界が集中し易いため、電極子部 221A の先端部（連結部 222A）と電極子部 221B の基端部との間、電極子部 221B の先端部（連結部 222B）と電極子部 221A の基端部との間で最初に放電が生じると考えられる。この場合、図 7C に示すように、放電開始部分の静電容量を C_1 とすると、電極子部組 22A、22B は、端子電極部 23A、23B 間に図 7D に示すような等価回路が接続されたものと看做することができる。ここで、 R_1 は電極子部 221B の先端部と端子電極部 23B との間の抵抗成分または電

極子部 2 2 1 A の先端部と端子電極部 2 3 A との間の抵抗成分に相当する。オゾン生成用素子 1 0 において、電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B の線幅 W 1 1 の製造ばらつき等に起因して、抵抗 R 1 に $\Delta R 1$ の大きさのばらつきが存在するとする。この場合、オゾン生成用素子 1 0 の放電開始部分に加わる電圧 V D 1 は、近似的に下記式 (2) で表される。

$$V D 1 = V A - (R 1 + \Delta R 1) / 2 \times I \cdots \text{式 (2)}$$

ここで、V A は電極 2 1 A、2 1 B 間に印加される電圧を示し、I は放電開始時に電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B に流れる電流を表す。

[0049] 式 (2) から、電圧 V D 1 は、抵抗 R 1 およびばらつき $\Delta R 1$ の合計の半分に電流値 I を乗じて得られる電圧値程度のばらつきが生じることを示している。

[0050] オゾン生成用素子 1 0、9 1 1 0 について、抵抗 R 1 とばらつき $\Delta R 1$ との合計と、抵抗 R 9 1 1 とばらつき $\Delta R 9 1 1$ の合計と、が等しく、放電開始時に流れる電流の電流値 I が等しいとする。この場合、電圧 V D 1 のばらつきは、電圧 V D 9 1 1 のばらつきの半分程度に抑えられる。このように、オゾン生成用素子 1 0 は、オゾン生成用素子 9 1 1 0 に比べて、電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B の線幅 W 1 1 のばらつきに起因した抵抗 R 1 のばらつき $\Delta R 1$ の放電開始部分に加わる電圧 V D 1 への影響が低減されている。故に、電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B 間での放電が開始したときに、電極 2 1 A、2 1 B 間に印加されている電圧である放電開始電圧のばらつきが、低減される。

[0051] オゾン生成用素子 1 0 および比較例 3 に係るオゾン生成用素子 9 2 1 0 の放電状態の観察では、全ての電極子部組 2 2 A、2 2 B 間で放電により生じるプラズマ発光を観測した。一方、オゾン生成用素子 9 1 1 0 では、電極子部 9 1 2 2 A、9 1 2 2 B の間で発光が観測されない部分が 1 つまたは 2 つ存在するものが 5 個確認された。また、比較例 2 に係るオゾン生成用素子 9 2 1 0 では、電極子部 9 2 2 2 A、9 2 2 2 B の間で発光が観測されない部分が 1 つ存在するものが 1 つ確認された。

[0052] 比較例 1、2、3 の放電状態の観察結果を比べると、電極子部 9 1 2 2 A、9 1 2 2 B、9 2 2 2 A、9 2 2 2 B の線幅 W 9 1 A、W 9 1 B、W 9 2 A、W 9 2 B が小さくなるほど、製造不良等に起因した断線が生じ易くなり、放電しない部分を有するオゾン生成用素子 9 1 1 0、9 2 1 0 の発生確率が高まっていることが判る。これに対して、本実施の形態に係るオゾン生成用素子 1 0 の場合、放電しない部分を有するものが発生しなかった。

[0053] これは、本実施の形態に係るオゾン生成用素子 1 0 の場合、電極子部組 2 2 A、2 2 B を構成する 2 つの電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B の一方が断線していても、断線した電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B も電極子部組 2 2 A、2 2 B の間で生じる放電に寄与するためと考えられる。言い換えれば、端子電極部 2 3 A、2 3 B と断線した電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B の連結部 2 2 2 A、2 2 2 B 側の部位とが、他方の電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B と連結部 2 2 2 A、2 2 2 B とを介して電氣的に接続された状態が維持されるためである。

[0054] 次に、オゾン生成用素子 1 0、9 1 1 0、9 2 1 0 についてオゾンの生成量の測定結果を図 6 B に示す。図 6 B に示すように、比較例 2、3 に係るオゾン生成用素子 9 2 1 0 の場合のオゾン濃度は、オゾン生成用素子 1 0、9 1 1 0 の場合のオゾン濃度に比べて低下するという結果が得られた。また、オゾン生成用素子 1 0、9 1 1 0 の場合のオゾン濃度の平均値は略同じであるという結果が得られた。このことから、オゾン生成用素子 1 0 の電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B またはオゾン生成用素子 9 1 1 0 の電極子部 9 1 2 2 A、9 1 2 2 B の線幅は、1 0 0 μm 、2 0 0 μm よりも 5 0 μm のほうが好ましいことが判った。

[0055] 図 6 B に示す測定結果が得られる原因を究明すべく、発明者らは、本実施の形態に係るオゾン生成用素子 1 0、比較例 1 に係るオゾン生成用素子 9 1 1 0 および比較例 2、3 に係るオゾン生成用素子 9 2 1 0 について、放電開始時における温度を測定した。この温度測定では、オゾン生成用素子 1 0、9 1 1 0、9 2 1 0 の裏面に熱電対を貼り付けた状態でオゾン生成用素子 1

0、9110、9210を動作させた。オゾン生成用素子10の動作時の温度は70℃であり、オゾン生成用素子9110の動作時の温度は65℃であった。これに対して、比較例2、3に係るオゾン生成用素子9210の動作時の温度は、それぞれ105℃、130℃であった。つまり、比較例2、3に係るオゾン生成用素子9210の動作時の温度は、本実施の形態に係るオゾン生成用素子10および比較例1に係るオゾン生成用素子9110の動作時の温度に比べて高温である。これらの結果と、オゾンの周囲温度が高いほどそのオゾン分解が促進されるというオゾンの性質とから、比較例2、3に係るオゾン生成用素子9210では、オゾン生成用素子10、9110に比べて、オゾン生成用素子9210近傍でのオゾンの分解が促進され、その結果オゾン濃度が低下したものと考えられる。

[0056] 次に、本実施の形態に係るオゾン生成用素子と比較例1に係るオゾン生成用素子9110とについて、交流電圧を周期的にON/OFF印加したときの放電状態を評価した結果について説明する。本実施の形態に係るオゾン生成用素子として、図8Aおよび図8Bに示すようなオゾン生成用素子510、610を用いた。放電状態の評価は、前述と同様に、全ての電極子部組22A、22B間での放電により生じるプラズマ発光を観測することにより行った。オゾン生成用素子510では、図8Aに示すように、電極子部組22Aと隣り合う電極子部組22Bとの間の距離（第1距離）W14が、電極21Aの電極子部221Aの端子電極部23Aとは反対方向の端部と端子電極部23Bとの間の距離（第2距離）W12とが等しい。また、距離W14は、電極21Bの電極子部221Bの端子電極部23Bとは反対方向の端部と端子電極部23Aとの間の距離（第2距離）W13とも等しい。

[0057] また、オゾン生成用素子610では、図8Bに示すように、距離W14が、距離W12および距離W13よりも短い。放電状態の評価に実際に使用したオゾン生成用素子510は、距離W14、W12、W13が50μmである。また、放電状態の評価に実際に使用したオゾン生成用素子610は、距離W14が50μm、距離W12、W13が200μm、800μmである。

。また、オゾン生成用素子510、610、9110をそれぞれ50個準備し、それらについて放電状態の評価を実施した。

[0058] 放電状態の評価では、オゾン生成用素子510、610の一对の電極21A、21B間およびオゾン生成用素子9110の一对の電極9121A、9121B間に、電圧振幅値3.0kV、30kHzの交流正弦波を印加して放電させた。このとき、印加電圧のON/OFF時間設定は、次に示す周期（デューティ比）とした。周期50sec且つオン時間5sec（デューティ比10%）、周期20sec且つオン時間3sec（デューティ比15%）、周期5sec且つオン時間1sec（デューティ比20%）、周期10sec且つオン時間1sec（デューティ比10%）、の4種類に設定した。ここにおいて、オン時間が長いほど放電が生じ易い。従って、オン時間5secで電圧を印加した場合が最も放電が生じ易く、オン時間3secの電圧を印加した場合、オン時間1secの電圧を印加した場合の順に放電が生じにくくなる。また、オン時間が同じであれば、オフ時間が短いほど放電が生じ易い。これは、オフ時間が長くなると、その分、電極21A、21Bが冷却される。そして、電極21A、21Bの温度が低くなると、その分、電極21A、21B間に電圧が印加されたときの電極21A、21B近傍に存在する電子の運動エネルギーが小さくなり、放電が生じにくくなるためである。従って、周期10sec且つオン時間1secの電圧を印加した場合は、周期5sec且つオン時間1secの電圧を印加した場合に比べて放電が生じにくい。

[0059] オゾン生成用素子510、610、9110について放電状態の評価を行った結果を以下の表1に示す。

[表1]

印加電圧ON/OFF時間設定				放電状態		
周期[sec]	Ton[sec]	Toff[sec]	デューティ比[%]	W12(W13) =W14	W12(W13) >W14	比較例1
50	5	45	10	○	△	×
20	3	17	15	○	△	×
5	1	4	20	△	×	×
10	1	9	10	△	×	×

表1の印加電圧の時間設定の欄において、「周期」は電圧のON/OFF時間の周期を示し、「Ton」は、交流電圧が1周期のうち電極21A、21B間に印加されている時間であるオン時間を示し、「Toff」は、交流電圧が1周期のうち電極21A、21B間に印加されていない時間であるオフ時間を示す。「デューティ比」は、交流電圧のON/OFF時間設定の1周期のうちのオン時間の割合（オンデューティ）を示す。また、放電状態の評価結果の欄において、「W12(W13)=W14」は距離W14が距離W12、W13に等しいオゾン生成用素子510の結果を示し、「W12(W13)>W14」は距離W14が距離W12、W13未満であるオゾン生成用素子610の結果を示す。そして、「○」は全ての電極子部組22A、22B間でプラズマ発光が観測されたことを示し、「△」は一部の電極子部組22A、22B間でプラズマ発光が観測されたことを示す。また、「×」は全ての電極子部組22A、22B間でプラズマ発光が観測されなかったことを示す。

[0060] 表1に示す結果から、周期10～50sec且つ1周期当たりのオン時間が1～5secで交流電圧を繰り返し印加した場合、比較例1に係るオゾン生成用素子9110は、評価用試料すべてについて放電が生じなかった。言い換えれば、オゾン生成用素子9110では、電極21A、21B間への電圧印加が開始された後、1～5secのオン時間が経過するまでの間に放電

が生じなかった。これに対して、本実施の形態に係るオゾン生成用素子 5 1 0、6 1 0 は、周期 2 0 ～ 5 0 s e c 且つ 1 周期当たりのオン時間が 3 ～ 5 s e c で交流電圧を繰り返し印加した場合、評価用試料すべてについて放電が生じた。言い換えれば、オゾン生成用素子 5 1 0、6 1 0 では、電極 2 1 A、2 1 B 間への電圧印加が開始された後、オン時間（1 ～ 5 s e c）が経過するまでの間に放電が生じた。これらのことから、オゾン生成用素子 5 1 0、6 1 0 は、比較例 1 に係るオゾン生成用素子 9 1 1 0 に比べて、電極 2 1 A、2 1 B 間への電圧印加が開始された直後から放電が生じるまでの時間が短いことが判る。即ち、オゾン生成用素子 5 1 0、6 1 0 は、比較例 1 に係るオゾン生成用素子 9 1 1 0 に比べて、電極 2 1 A、2 1 B 間への電圧印加に対する応答性が優れている。

[0061] また、オゾン生成用素子 6 1 0 は、周期 5 ～ 1 0 s e c 且つ 1 周期当たりのオン時間が 1 s e c で交流電圧を繰り返し印加した場合、評価用試料すべてについて放電が生じなかった。これに対して、オゾン生成用素子 5 1 0 は、周期 5 ～ 1 0 s e c 且つ 1 周期当たりのオン時間が 1 s e c での交流電圧を繰り返し印加した場合、評価用試料すべてについて放電が生じた。このことから、オゾン生成用素子 5 1 0 は、オゾン生成用素子 6 1 0 に比べて、電極 2 1 A、2 1 B 間に電圧印加が開始された直後から放電が生じるまでの時間が短いことが判る。即ち、オゾン生成用素子 5 1 0 は、オゾン生成用素子 6 1 0 に比べて、電極 2 1 A、2 1 B 間への電圧印加に対する応答性が更に優れている。

[0062] オゾン生成用素子 5 1 0、6 1 0 の応答性の相違の理由は、以下のように考えられる。オゾン生成用素子 6 1 0 では、距離 W 1 2、W 1 3 が距離 W 1 4 よりも長く設定されている。これにより、電極子部組 2 2 A と端子電極部 2 3 B との間および電極子部組 2 2 B と端子電極部 2 3 A との間での放電が生じにくく、その分、応答性が低下する。これに対して、オゾン生成用素子 5 1 0 では、距離 W 1 2、W 1 3 が距離 W 1 4 と等しい。これにより、電極子部組 2 2 A と端子電極部 2 3 B との間および電極子部組 2 2 B と端子電極

部 2 3 A との間でも放電が生じ易く、その分、応答性が向上する。

[0063] 次に、本実施の形態に係るオゾン生成用素子 1 0 の製造方法の一例について図 9 A、図 9 B、図 9 C、図 9 D、図 1 0 A および図 1 0 B を参照しながら説明する。なお、図 9 A、図 9 B、図 9 C、図 9 D、図 1 0 A および図 1 0 B は、図 2 の A - A 線におけるオゾン生成用素子 1 0 の断面矢視図に対応する各工程での断面図である。この製造方法では、まず、誘電体基板 1 3 および誘電体層 1 2 の基となる誘電体シートを形成し、次に、誘電体シートに電極 2 1 A、2 1 B 等の基となる金属ペーストパターンを形成する。その後、誘電体シートを積層してから、誘電体シートの積層体を焼成してオゾン生成用素子 1 0 を作製する。

[0064] まず、誘電体基板 1 3 および誘電体層 1 2 の基となる誘電体シート（いわゆるセラミックスグリーンシート）を形成する。詳細には、まず、 $\text{CaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ガラスと、 Al_2O_3 と、トルエンとエタノールとの混合溶媒と、分散剤と、バインダと、を、ボールミルを用いて粉砕および混合することにより、スラリーを作製する。次に、ドクターブレード法により、得られたスラリーから誘電体シートを作製する。なお、シート形成工程で使用する材料は、前述の材料を含むものに限定されるものではなく、 $\text{CaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ガラス以外の他の種類のガラスや SiO_2 、 ZrO_2 、 BaTiO_3 等の酸化物を含むものであってもよい。或いは、誘電体基板 1 3 および誘電体層 1 2 がエポキシ樹脂やポリイミド樹脂等の樹脂材料から形成される場合、シート形成工程においてエポキシ樹脂やポリイミド樹脂等の樹脂材料が使用されてもよい。

[0065] 次に、誘電体基板 1 3 に使用する複数の誘電体シートに充填ビア 2 6 A、2 6 B の基となる金属ペースト充填部を形成する。詳細には、まず、図 9 A に示すように、メカパンチャ等の孔装置を用いて、各誘電体シート 1 3 1 に厚さ方向に貫通する貫通孔 1 3 2 A を形成する。貫通孔 1 3 2 A は、誘電体シート 1 3 1 が積層されたときに相対的に同一の位置となるように形成される。次に、図 9 B に示すように、誘電体シート 1 3 1 の各貫通孔 1 3 2 A

にA gペーストを充填する。これにより、誘電体シート131に金属ペースト充填部261Aが形成される。

[0066] 続いて、スクリーン印刷技術を利用して、図9Cに示すように誘電体基板13の最上層に配置される誘電体シートに電極21A、21Bの基となる第1金属ペーストパターン1021A、1021Bを形成する。また、スクリーン印刷技術を利用して、図9Dに示すように誘電体基板13に使用する複数の誘電体シートのうち、誘電体基板13の最下層に配置される誘電体シート131に裏面電極25A、25Bの基となる第2金属ペーストパターン251Aを形成する。第1金属ペーストパターン1021A、1021Bおよび第2金属ペーストパターン251Aは、RuO₂ペーストからなる。

[0067] その後、図10Aに示すように、複数の誘電体シート131を積層するとともに最上部に配置される誘電体シート131上に誘電体層12の基となる1枚の誘電体シート121を積層する。次に、圧着機により誘電体シート121、131を圧着し積層体を得る。

[0068] 続いて、得られた積層体を焼成温度900℃で焼成する。これにより、図10Bに示すように、誘電体シート121、131が焼結して誘電体層12、132が形成される。また、金属ペースト充填部261A、第1金属ペーストパターン1021A、1021Bおよび第2金属ペーストパターン251Aが焼結して充填ビア26A、電極21A、21Bおよび裏面電極25Aが形成される。

[0069] このオゾン生成用素子10の製造方法は、他の工程に比べて比較的手間がかかる焼成工程の回数が1回だけである。従って、オゾン生成用素子10の製造に携わる作業者の負担が軽減されるという利点がある。

[0070] ところで、オゾン生成用素子10の製造において、電極21A、21Bの基となる金属ペーストの粘度の変化やスクリーン印刷に用いられるスクリーンの劣化等は避けられない。従って、製造不良に起因した電極子部221A、221Bの断線の発生は避けられない。一方、例えば比較例1に係るオゾン生成用素子9110において、電極9121A、9212Bの8本の電極

子部 9 1 2 2 A、9 1 2 2 B のうちのいずれか 1 つで断線が生じたとする。この場合、断線が生じた電極子部 9 1 2 2 A、9 1 2 2 B が放電に寄与なくなり、オゾン生成用素子 9 1 1 0 でのオゾンの発生量は 1 0 % 以上低下してしまう。従って、このようなオゾン生成用素子 9 1 1 0 は、不良品として選別し市場に流出しないようにする必要がある。このための方策として、オゾン生成用素子 9 1 1 0 の放電状態を出荷前に検査する出荷前検査工程を導入することが考えられる。しかしながら、このような出荷前検査工程を導入する場合、オゾン生成用素子 9 1 1 0 を製造する作業者の負担が増大してしまう。また、出荷前検査の段階で不良と判定された場合、オゾン生成用素子 9 1 1 0 が組み込まれたモジュール全体を廃棄することとなり製造コストの観点からも好ましくない。

[0071] これに対して、本実施の形態に係るオゾン生成用素子 1 0 では、製造不良等に起因して 2 つの電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B に断線が生じても断線した箇所より先の部位は、他の電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B と連結部 2 2 2 A、2 2 2 B とを介して端子電極部 2 3 A、2 3 B と電氣的に接続された状態が維持される。これにより、断線した電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B が電極子部組 2 2 A、2 2 B の間で生じる放電に寄与するので、断線に起因したオゾン生成用素子 1 0 のオゾンの生成量の減少が抑制される。

[0072] また、電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B の断線による不良品として選別されるオゾン生成用素子 1 0 の数が低減される。そして、オゾン生成用素子 1 0 の不良率が、オゾン生成用素子 1 0 の出荷前検査工程を導入しなくてもよい程度の許容範囲にまで低減できれば、作業者の負担を軽減できるとともに製造コストの削減も図られる。

[0073] また、比較例 2、3 に係るオゾン生成用素子 9 2 1 0 のように、電極子部 9 2 2 2 A、9 2 2 2 B の線幅が比較例よりも大きいと、電極子部 9 2 2 2 A、9 2 2 2 B の断線を抑制できる。ところが、前述のように、電極子部 9 2 2 2 A、9 2 2 2 B の線幅が大きくなると、その分、オゾン生成用素子 9 2 1 0 の温度が上昇し、オゾンの分解が促進されてしまう。その結果、オゾ

ンの生成効率が低下してしまう。従って、比較例 3 に係るオゾン生成用素子 9 2 1 0 の場合、オゾン生成用素子 9 2 1 0 を冷却するための冷却機構を設ける必要がある。しかしながら、冷却機構を設ける場合、オゾン生成用素子 9 2 1 0 を含めたモジュール全体が大型化してしまう。

[0074] これに対して、本実施の形態に係るオゾン生成用素子 1 0 は、比較例 2、3 に係るオゾン生成用素子 9 2 1 0 に比べてオゾンの生成量が多い。即ち、オゾン生成用素子 1 0 は、冷却されなくても、冷却機構により冷却されながら動作するオゾン生成用素子 9 2 1 0 と同量のオゾンが発生しうる。また、電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B の断線に起因した放電しない部分を有するものの発生率もオゾン生成用素子 9 2 1 0 と同等である。つまり、本実施の形態に係るオゾン生成用素子 1 0 は、冷却機構により冷却されなくても冷却されながら動作するオゾン生成用素子 9 2 1 0 と同等の性能を有しうるものであるので、冷却機構を備えないオゾン生成用素子 1 0 を含めた小型のモジュールを実現できる。

[0075] また、本実施の形態に係るオゾン生成用素子 1 0 では、誘電体層 1 2 が誘電体基板 1 3 の電極 2 1 A、2 1 B が形成された一面を覆っている。これにより、電極 2 1 A、2 1 B が生成されたオゾンに曝されることがないので、電極 2 1 A、2 1 B の劣化が抑制されるという利点がある。

[0076] 更に、本実施の形態に係るオゾン生成用素子 5 1 0、6 1 0 では、距離 W 1 4 が距離 W 1 2、W 1 3 以下である。これにより、比較例 1 に係るオゾン生成用素子 9 1 1 0 に比べて、電極 2 1 A、2 1 B 間に電圧印加が開始されてから放電が生じるまでの時間が短く、応答性に優れているという利点がある。

[0077] (実施の形態 2)

本実施の形態に係るオゾン生成用素子は、電極の形状が実施の形態 1 に係るオゾン生成用素子 1 0 とは相違する。図 1 1 に示すように、本実施の形態に係るオゾン生成用素子 2 0 1 0 は、誘電体基板 1 3 と、一对の電極 2 0 2 1 A、2 0 2 1 B と、充填ビア 2 6 A、2 6 B と、一对の裏面電極（図示せ

ず)と、を備える。このオゾン生成用素子2010も実施の形態1に係るオゾン生成用素子10と同様に、一对の裏面電極に交流電源を接続した状態で使用される。なお、図11において、実施の形態1と同様の構成には同一の符号を付している。また、オゾン生成用素子2010は、図11では図示しないが、実施の形態1で図1および図3を用いて説明したような誘電体層12と裏面電極25A、25Bとを備える。

[0078] 一对の電極2021A、2021Bは、図11に示すように、複数(図11では16個)の電極子部2221A、2221Bと、端子電極部2023A、2023Bと、連結部2222A、2222B、2027A、2027Bと、舌片部24A、24Bと、を有する。なお、電極2021A、2021Bが本願発明の第1楕形電極、第2楕形電極に相当する。また、端子電極部2023Aが本願発明の第1端子電極部に相当し、端子電極部2023Bが本願発明の第2端子電極部に相当する。

[0079] 電極子部2221A、2221Bは、それぞれ長手方向と短手方向とを備える長細形状でありその長手方向をY軸方向としてX軸方向に並んでいる。電極子部2221A、2221Bと、X軸方向で隣接する2つの電極子部2221A、2221Bと、連結部2222A、2222B、2027A、2027Bとから電極子部組2022A、2022Bが構成される。電極子部組2022Aが本願発明の第1電極子部組に相当し、電極子部組2022Bが本願発明の第2電極子部組に相当する。電極子部組2022A、2022Bは、それぞれ複数(図11では8つ)存在し、X軸方向に並んで配置されている。X軸方向で隣り合う2組の電極子部組2022Aの電極子部組2022Aの間に1組の電極子部組2022Bが配置され、X軸方向で隣り合う2組の電極子部組2022Bの間に1組の電極子部組2022Aが配置されている。

[0080] 連結部(第1連結部)2222Aは、電極子部組2022Aを構成する各電極子部2221Aの長手方向の一方側である+Y方向(第3方向)の端部と、同じ電極子部組2022Aを構成する他の電極子部2221Aの+Y方

向の端部と、を連結している。連結部 2 2 2 2 B は、電極子部組 2 0 2 2 B を構成する各電極子部 2 2 2 1 B の長手方向の他方側である - Y 方向（第 1 方向）の端部と、同じ電極子部組 2 0 2 2 B を構成する他の電極子部 2 2 2 1 B の - Y 方向の端部と、を連結している。連結部 2 2 2 2 A、2 2 2 2 B の線幅は、電極子部 2 2 2 1 A、2 2 2 1 B の線幅 W 1 1 A、W 1 1 B に等しい。なお、電極子部組 2 0 2 2 B とその電極子部組 2 0 2 2 B に X 軸方向で隣り合う電極子部組 2 0 2 2 A との間の間隔を W 1 4 と定義する。W 1 4 は、全て電極子部 2 2 2 1 A、2 2 2 1 B の線幅 W 1 1 A、W 1 1 B と同じ距離に設定されている。

[0081] 連結部（第 2 連結部）2 0 2 7 A は、電極子部 2 2 2 1 A と、短手方向の一方側である + X 方向（第 2 方向）または短手方向の他方側である - X 方向（第 4 方向）で隣り合う他の電極子部組 2 0 2 2 A を構成する電極子部 2 2 2 1 A と、を連結する。他の電極子部組 2 0 2 2 A は、複数の電極子部組 2 0 2 2 A のうちの X 軸方向における両端に位置する 2 つの電極子部組 2 0 2 2 A を除く残りの電極子部組 2 0 2 2 A に相当する。また、連結部（第 2 連結部）2 0 2 7 B は、電極子部組 2 0 2 2 B を構成する電極子部 2 2 2 1 B と、+ X 方向（第 2 方向）または - X 方向（第 4 方向）で隣り合う他の電極子部組 2 0 2 2 B を構成する電極子部 2 2 2 1 B と、を連結する。他の電極子部組 2 0 2 2 B は、複数の電極子部組 2 0 2 2 B のうちの X 軸方向における両端に位置する 2 つの電極子部組 2 0 2 2 B を除く残りの電極子部組 2 0 2 2 B に相当する。連結部 2 0 2 7 A、2 0 2 7 B の線幅は、電極子部 2 2 2 1 A、2 2 2 1 B の線幅 W 1 1 A、W 1 1 B に等しい。

[0082] 端子電極部 2 0 2 3 A、2 0 2 3 B は、長手方向と短手方向とを備える長細形状であり X 軸方向に延びている。端子電極部 2 0 2 3 A は、複数の電極子部組 2 0 2 2 A のうちの + X 方向（第 2 方向）の端に位置する電極子部組 2 0 2 2 A を構成する電極子部 2 2 2 1 A と - X 方向（第 4 方向）の端に位置する電極子部組 2 0 2 2 A を構成する電極子部 2 2 2 1 A とに接続されている。端子電極部 2 0 2 3 B は、複数の電極子部組 2 0 2 2 B のうちの + X

方向（第2方向）の端に位置する電極子部組2022Bを構成する電極子部2221Bと-X方向（第4方向）の端に位置する電極子部組2022Bを構成する電極子部2221Bとに接続されている。即ち、端子電極部2023AのX軸方向における両端部は、それぞれ複数の電極子部2221AのうちX軸方向における両端部に位置する電極子部2221Aに接続されている。また、端子電極部2023BのX軸方向における両端部は、それぞれ複数の電極子部2221BのうちX軸方向における両端部に位置する電極子部2221Bに接続されている。

[0083] 次に、本実施の形態に係るオゾン生成用素子2010の特徴について前述の比較例1と対比しながら説明する。まず、本実施の形態に係るオゾン生成用素子2010について、放電開始電圧の測定と放電状態の観察とオゾン生成量の測定とを実施した結果について説明する。本実施の形態に係るオゾン生成用素子2010として、図11の距離W11A、W11BおよびW14が50 μ mに設定されたものを準備した。また、誘電体基板13の形状は、本実施の形態に係るオゾン生成用素子10と同様とした。更に、誘電体基板13上の電極21A、21Bにおける舌片部24A、24Bを除く部分が設けられる領域のX軸方向の長さL21を6mm、Y軸方向の長さL22を3mmとした。

[0084] 放電開始電圧の測定並びに放電状態の観察は、実施の形態1で説明した放電開始電圧測定と同様の方法および同様の条件で行った。放電開始電圧の測定では、本実施の形態に係るオゾン生成用素子2010の放電開始電圧は2.5kVであった。また、本実施の形態に係るオゾン生成用素子2010の放電開始電圧のばらつき（3 σ ）は、0.27kVであった。即ち、本実施の形態に係るオゾン生成用素子2010の放電開始電圧のばらつきは、実施の形態1で説明した比較例1、2、3の放電開始電圧のばらつきに比べて小さいという結果が得られた。また、放電状態の観察において、本実施の形態に係るオゾン発生用素子2010の全ての電極子部2221A、2221B間で、放電により生じるプラズマ発光を観測した。

[0085] オゾン生成量の測定も実施の形態1で説明したオゾン生成量の測定と同様の方法および同様の条件で行った。オゾン生成量の測定では、本実施の形態に係るオゾン生成用素子2010で生成されるオゾン濃度が、実施の形態1と略等しいオゾン濃度であった。

[0086] 次に、本実施の形態に係るオゾン生成用素子2010と比較例1に係るオゾン生成用素子9110とで放電開始電圧の測定結果および放電状態の観察結果に差異が生じる理由について説明する。本実施の形態に係るオゾン生成用素子2010では、複数の電極子部組2022A、2022BのうちX軸方向における両端部に配置された電極子部組2022A、2022Bの間で最初に放電が生じると考えられる。－X方向の端部に配置された電極子部組2022A、2022Bは、図12Aに示すように、放電が生じやすい部分の静電容量をC201、C202とすると、端子電極部2023A、2023B間に図12Bに示すような等価回路が接続されたものと看做することができる。ここで、R211は電極子部2221Bまたは電極子部2221Aの抵抗成分に相当する。従って、本実施の形態に係るオゾン生成用素子2010の場合、端子電極部2023A、2023Bに連続する電極子部2221A、2221B間で生じる放電は、抵抗R211のばらつきの影響を受けない。即ち、端子電極部2023A、2023Bに連続する電極子部2221A、2221B間での放電開始電圧は、抵抗R211のばらつきによらず略一定となる。

[0087] 次に、本実施の形態に係るオゾン生成用素子と比較例1に係るオゾン生成用素子9110とについて、交流電圧を印加したときの放電状態を評価した結果について説明する。本実施の形態に係るオゾン生成用素子として、図13Aおよび図13Bに示すようなオゾン生成用素子2510、2610を用いた。なお、比較例1に係るオゾン生成用素子9110は、実施の形態1で説明したオゾン生成用素子9110と同様である。放電状態の評価は、実施の形態1と同様の方法で行った。オゾン生成用素子2510では、図13Aに示すように、互いに隣り合う電極子部組2022Aと電極子部組2022

Bとの間の距離（第3距離）W14が、電極子部組2022Aの連結部2027Aと端子電極部2023Aとの間の距離（第4距離）W23に等しい。また、距離W14は、電極子部組2022Bの連結部2027Bと端子電極部2023Bとの間の距離W22に等しい。更に、距離W14は、電極子部組2022Aの連結部2027Aと、電極子部組2022Bの連結部2222Bとの間の距離（第5距離）W13に等しい。また、距離W14は、電極子部組2022Bの連結部2027Bと、電極子部組2022Aの連結部2222Aとの間の距離W12に等しい。

[0088] また、オゾン生成用素子2610では、図13Bに示すように、距離W14が、電極子部組2022Aの連結部2027Aと端子電極部2023Aとの間の距離W23よりも短い。また、距離W14は、電極子部組2022Bの連結部2027Bと端子電極部2023Bとの間の距離W22よりも短い。更に、距離W14は、電極子部組2022Aの連結部2027Aと、電極子部組2022Bの連結部2222Bとの間の距離W13に等しい。また、距離W14は、電極子部組2022Bの連結部2027Bと、電極子部組2022Aの連結部2222Aとの間の距離W12に等しい。また、放電状態の評価に実際に使用したオゾン生成用素子2510、2610は、距離W12、W13、W14が50 μ m、距離W22、W23が200 μ m、800 μ mである。また、オゾン生成用素子2510、2610、9110をそれぞれ50個準備し、それらについて放電状態の評価を実施した。

[0089] 放電状態の評価では、オゾン生成用素子2510、2610の電極2021A、2021B間およびオゾン生成用素子9110の一对の電極9121A、9121B間に、電圧振幅値3.0kVの交流正弦波を印加して放電させた。このとき、交流電圧のON/OFF時間の設定は、周期50sec且つオン時間5sec（デューティ比10%）、周期20sec且つオン時間3sec（デューティ比15%）、周期5sec且つオン時間1sec（デューティ比20%）、周期10sec且つオン時間1sec（デューティ比10%）、の4種類に設定した。

[0090] オゾン生成用素子 2 5 1 0、2 6 1 0、9 1 1 0 について放電状態の評価を行った結果を以下の表 2 に示す。

[表2]

印加電圧ON/OFF時間設定				放電状態		
周期[sec]	Ton[sec]	Toff[sec]	デューティ比[%]	W22(W23) =W14	W22(W23) >W14	比較例1
50	5	45	10	○	○	×
20	3	17	15	○	○	×
5	1	4	20	○	○	×
10	1	9	10	△	○	×

表 2 の印加電圧の時間設定の欄において、「周期」、「Ton」、「Toff」「デューティ比」は、実施の形態 1 の表 1 と同様である。また、放電状態の評価結果の欄において、「W 2 2 (W 2 3) =W 1 4」は距離 W 1 4 が距離 W 2 2、W 2 3 に等しいオゾン生成用素子 2 5 1 0 の結果を示し、「W 2 2 (W 2 3) >W 1 4」は距離 W 1 4 が距離 W 2 2、W 2 3 未満であるオゾン生成用素子 2 6 1 0 の結果を示す。「○」、「△」、「×」は、実施の形態 1 の表 1 と同様である。

[0091] 表 2 に示す結果から、本実施の形態に係るオゾン生成用素子 2 5 1 0、2 6 1 0 は、周期 5 ～ 5 0 s e c 且つ 1 周期当たりのオン時間が 1 ～ 5 s e c の交流電圧を繰り返し印加した場合、評価用試料すべてについて放電が生じた。言い換えれば、オゾン生成用素子 2 5 1 0、2 6 1 0 では、電極 2 0 2 1 A、2 0 2 1 B 間への電圧印加が開始された後、1 ～ 5 s e c のオン時間が経過するまでの間に放電が生じた。このことから、オゾン生成用素子 2 5 1 0、2 6 1 0 は、比較例 1 に係るオゾン生成用素子 9 1 1 0 に比べて、電極 2 0 2 1 A、2 0 2 1 B 間への電圧印加が開始された直後から放電が生じるまでの時間が短いことが判る。即ち、オゾン生成用素子 2 5 1 0、2 6 1 0 は、比較例 1 に係るオゾン生成用素子 9 1 1 0 に比べて、電極 2 0 2 1 A

、 2 0 2 1 B 間への電圧印加に対する応答性が優れている。

[0092] また、オゾン生成用素子 2 6 1 0 は、周期 1 0 s e c 且つ 1 周期当たりのオン時間が 1 s e c の交流電圧を繰り返し印加した場合、評価用試料すべてについて一部の電極子部組 2 0 2 2 A、2 0 2 2 B の間でのみ放電が生じた。これに対して、オゾン生成用素子 2 5 1 0 は、周期 1 0 s e c 且つ 1 周期当たりのオン時間が 1 s e c の交流電圧を繰り返し印加した場合、評価用試料すべてについて全ての電極子部組 2 0 2 2 A、2 0 2 2 B の間で放電が生じた。このことから、オゾン生成用素子 2 5 1 0 は、オゾン生成用素子 2 6 1 0 に比べて、電極 2 0 2 1 A、2 0 2 1 B 間への電圧印加に対する応答性が更に優れていることが判る。放電素子は距離が最も近い電極子部組間で放電を行うが、放電が生じると、その影響で周囲が放電しやすい状態となる。距離 W 2 2 と距離 W 1 4 が等しい場合、距離 W 1 4 に対して距離 W 2 2 と距離 W 1 4 の和が十分に大きくないため、距離 W 1 4 だけ離れた部位間で放電が生じた場合に、その影響で距離 W 2 2 だけ離れた部位間でも放電が生じる。しかし、距離 W 2 2 だけ離れた部位間は距離 W 1 4 だけ離れた部位間よりも放電距離が長いため、距離 W 1 4 だけ離れた部位間での単独の放電よりも応答性が悪い。よって、本実施の形態に係るオゾン生成用素子では、距離 W 2 2 は距離 W 1 2 よりも大きい方が望ましい。

[0093] 以上説明したように、本実施の形態に係るオゾン生成用素子 2 0 1 0 では、複数の電極子部組 2 0 2 2 A、2 0 2 2 B のうち X 軸方向における両端部に配置された電極子部組 2 0 2 2 A、2 0 2 2 B において、放電開始電圧のばらつきが低減されているので、実施の形態 1 よりもオゾンの生成量の変動を抑制することができる。

[0094] また、本実施の形態に係るオゾン生成用素子 2 0 1 0 は、実施の形態 1 と同様に、断線した電極子部 2 2 2 1 A および電極子部 2 2 2 1 B を電極子部組 2 0 2 2 A、2 0 2 2 B の間で生じる放電に寄与させることができる。よって、電極子部 2 2 2 1 A、2 2 2 1 B の断線に起因したオゾン生成用素子 2 0 1 0 のオゾンの生成量の減少が抑制される。

[0095] 更に、本実施の形態に係るオゾン生成用素子 2 6 1 0 は、周期 1 0 s e c 且つ 1 周期当たりのオン時間が 1 s e c で交流電圧を印加した場合、即ち、最も放電が生じにくい条件下でも、全ての電極子部組 2 0 2 2 A、2 0 2 2 B の間で放電を生じさせることができる。これにより、例えばオゾン生成用素子 2 6 1 0 で発生させるオゾンの濃度を、オゾン生成用素子 2 6 1 0 の電極 2 0 2 1 A、2 0 2 1 B 間に印加する電圧 O N / O F F 時間のデューティ比により高精度に制御することが可能となる。

[0096] (変形例)

以上、本発明の各実施の形態について説明したが、本発明は前述の各実施の形態の構成に限定されるものではない。例えば、1 つの電極子部組を構成する電極子部の数が N 個 (N は 3 以上の整数) であってもよい。この場合、電極は、N (N は 4 以上の整数) の倍数個の電極子部を有する。

[0097] 電極が 3 の倍数個の電極子部を有する例について説明する。図 1 4 に示す変形例 1 に係るオゾン生成用素子 3 0 1 0 のように、電極 3 0 2 1 A と電極 3 0 2 1 B とがそれぞれ 3 の倍数個の電極子部 2 2 1 A と電極子部 2 2 1 B とを有し、X 軸方向で隣接する 3 つの電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B から 1 つの電極子部組 3 0 2 2 A、3 0 2 2 B が構成されるものであってもよい。なお、図 1 4 において、実施の形態 1 と同様の構成については図 2 と同一の符号を付している。電極子部組 3 0 2 2 A を構成する 3 つの電極子部 2 2 1 A の + Y 方向の端部は、X 軸方向に延びる連結部 3 2 2 2 A を介して連結されている。また、電極子部組 3 0 2 2 B を構成する 3 つの電極子部 2 2 1 B の - Y 方向の端部も、X 軸方向に延びる連結部 3 2 2 2 B を介して連結されている。

[0098] 製造不良等に起因して電極子部組 3 0 2 2 A または電極子部組 3 0 2 2 B を構成する 3 つの電極子部 2 2 1 A または電極子部 2 2 1 B のうちのいずれか 2 つが断線したとする。この場合、本構成によれば、電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B の断線した箇所よりも先の部位は、残りの電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B と連結部 3 2 2 2 A、3 2 2 2 B とを介して端子電極部 2 3 A、2 3 B

と電氣的に接続されている。従って、断線した電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B も電極子部組 3 0 2 2 A、3 0 2 2 B 間の放電に寄与させることができるので、電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B の断線に起因したオゾン生成用素子 3 0 1 0 のオゾンの生成量の減少が抑制される。

[0099] 実施の形態 1 では、連結部 2 2 2 A が、電極子部組 2 2 A を構成する 2 つの電極子部 2 2 1 A の + Y 方向の端部同士を連結し、連結部 2 2 2 B が、電極子部組 2 2 B を構成する 2 つの電極子部 2 2 1 B の - Y 方向の端部同士を連結している例について説明した。但し、連結部 2 2 2 A、2 2 2 B が電極子部組 2 2 A、2 2 B を構成する 2 つの電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B を連結する箇所は、電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B の端部に限定されるものではない。例えば、図 1 5 に示す変形例 2 に係るオゾン生成用素子 4 0 1 0 のように、連結部 4 2 2 2 A、4 2 2 2 B が、電極子部組 2 2 A、2 2 B を構成する 2 つの電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B の端部以外の部位同士を連結するものであってもよい。なお、図 1 5 において、実施の形態 1 と同様の構成については図 2 と同一の符号を付している。また、図 1 5 に示すオゾン生成素子 4 0 1 0 では、連結部 4 2 2 2 A、4 2 2 2 B が、2 つの電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B の中央部よりも先端部側の部位同士を連結しているが、連結位置はこれに限定されるものではない。例えば、連結部 4 2 2 2 A、4 2 2 2 B が、2 つの電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B の中央部同士或いは中央部よりも基端部側の部位同士を連結しているものであってもよい。

[0100] 本構成は、例えばオゾン生成用素子 4 0 1 0 の製造設備等の仕様に応じて、連結部 4 2 2 2 A、4 2 2 2 B による 2 つの電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B の連結位置を適宜設定することができる。

[0101] 実施の形態 1 では、電極子部組 2 2 A、2 2 B を構成する 2 つの電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B が 1 つの連結部 2 2 2 A、2 2 2 B により連結されている例について説明した。但し、電極子部組 2 2 A、2 2 B を構成する 2 つの電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B を連結する連結部 2 2 2 A、2 2 2 B の個数は 1 つに限定されるものではない。例えば、図 1 6 に示す変形例 3 に係るオゾ

ン生成用素子 5010 のように、電極子部組 22A、22B を構成する 2 つの電極子部 221A、221B が、3 つの連結部 5222A、5222B により連結されているものであってもよい。

[0102] 製造不良等に起因して電極子部組 22A、22B を構成する 2 つの電極子部 221A、221B のうちの 1 つについて、3 つの連結部 5222A、5222B の間に位置する 2 箇所が断線したとする。この場合でも、本構成によれば、端子電極部 23A、23B と断線した電極子部 221A、221B の分断された 3 つの部分とは、残りの 1 つの電極子部 221A、221B と連結部 5222A、5222B とを介して電氣的に接続された状態が維持されている。従って、断線した電極子部 221A、221B も電極子部組 3022A、3022B 間の放電に寄与させることができるので、電極子部 221A、221B の断線に起因したオゾン生成用素子 5010 のオゾンの生成量の減少が抑制される。

[0103] なお、図 16 に示す変形例 3 では、電極子部組 22A、22B を構成する 2 つの電極子部 2221A、2221B が 3 つの連結部 5222A、5222B により連結されている例について説明したが、連結部の数は、3 つに限定されるものではない。例えば電極子部組 22A、22B を構成する 2 つの電極子部 221A、221B が、4 つ以上の連結部により連結されていてもよいし、2 つの連結部により連結されていてもよい。

[0104] 実施の形態 2 では、同一の電極子部組 2022A、2022B を構成する 2 つの電極子部 2221A、2221B の +Y 方向または -Y 方向の端部同士のみが連結部 2222A、2222B により連結されている例について説明した。但し、これに限らず、図 17 に示す変形例 4 に係るオゾン生成用素子 6010 のように、同一の電極子部組 2022A、2022B を構成する 2 つの電極子部 2221A、2221B の +Y 方向または -Y 方向の端部同士が、連結部 2222A、2222B により連結され、-Y 方向または +Y 方向の端部同士が、連結部 6028A、6028B により連結されていてもよい。

- [0105] 本構成によれば、例えば電極子部組 2 0 2 2 A、2 0 2 2 B を構成する 2 つの電極子部 2 2 2 1 A、2 2 2 1 B の + Y 方向または - Y 方向の端部同士を連結する連結部 2 2 2 2 A、2 2 2 2 B が、複数断線してしても全ての電極子部組 2 0 2 2 A、2 0 2 2 B が放電に寄与しうる。従って、連結部 2 2 2 2 A、2 2 2 2 B の断線に起因したオゾン生成用素子 6 0 1 0 のオゾンの生成量の減少が抑制される。
- [0106] 前述の図 1 4 に示す構成の変形例 1 では、電極子部組 3 0 2 2 A、3 0 2 2 B を構成する 3 つの電極子部 2 2 1 A、2 2 1 B がすべて端子電極部 2 3 A、2 3 B に接続される例について説明したが、これに限らない。例えば、図 1 8 に示す変形例 5 に係るオゾン生成用素子 7 0 1 0 のように、端子電極部 2 0 2 3 A の両端部が、複数の電極子部組 7 0 2 2 A の X 軸方向における両端に位置する電極子部組 7 0 2 2 A に接続され、端子電極部 2 0 2 3 B の両端部が、複数の電極子部組 7 0 2 2 B の X 軸方向における両端に位置する電極子部組 7 0 2 2 B に接続されるものであってもよい。
- [0107] 電極子部組 7 0 2 2 A を構成する 3 つの電極子部 2 2 2 1 A の + Y 方向の端部同士が連結部 7 2 2 2 A により連結され、上記 3 つの電極子部 2 2 2 1 A のうちの - X 方向の 2 つの電極子部 2 2 2 1 A の - Y 方向の端部同士が連結部 7 0 2 8 A により連結されている。そして、上記 3 つの電極子部 2 2 2 1 A のうちの + X 方向の 2 つの電極子部 2 2 2 1 A の - Y 方向の端部同士は連結されていない。また、電極子部組 7 0 2 2 B を構成する 3 つの電極子部 2 2 2 1 B の - Y 方向の端部同士が連結部 7 2 2 2 B により連結され、上記 3 つの電極子部 2 2 2 1 B のうちの + X 方向の 2 つの電極子部 2 2 2 1 B の + Y 方向の端部同士が連結部 7 0 2 8 B により連結されている。そして、上記 3 つの電極子部 2 2 2 1 B のうちの - X 方向の 2 つの電極子部 2 2 2 1 B の + Y 方向の端部同士は連結されていない。
- [0108] 本構成によれば、複数の電極子部組 7 0 2 2 A において連結部 7 2 2 2 A における - X 方向の 2 つの電極子部 2 2 2 1 A の間の部分が断線していても、全ての電極子部組 7 0 2 2 A が放電に寄与しうる。また、複数の電極子部

組 7 0 2 2 B において連結部 7 2 2 2 B における + X 方向の 2 つの電極子部 2 2 2 1 B の間の部分が断線していても、全ての電極子部組 7 0 2 2 B が放電に寄与しうる。従って、連結部 7 2 2 2 A、7 2 2 2 B の断線に起因したオゾン生成用素子 7 0 1 0 のオゾンの生成量の減少が抑制される。

[0109] 各実施の形態では、誘電体基板 1 3 と誘電体層 1 2 とが熱膨張率の略等しい材料から形成される例について説明したが、これに限らず、誘電体基板 1 3 と誘電体層 1 2 とが熱膨張率の異なる材料から形成されていてもよい。

[0110] 各実施の形態では、誘電体層 1 2 を備える構成について説明したが、これに限らず、誘電体層 1 2 を備えない構成であってもよい。

[0111] 各実施の形態では、交流電源 3 1 が裏面電極 2 5 A、2 5 B と電氣的に接続される構成について説明したが、これに限らず、交流電源 3 1 が、裏面電極 2 5 A、2 5 B でなく、誘電体基板 1 3 の表面に設けられた電極 2 1 A、2 1 B の一部（例えば舌片部 2 4 A、2 4 B）と電氣的に接続される構成であってもよい。

[0112] 各実施の形態では、電極 2 1 A、2 1 B が充填ビア 2 6 A、2 6 B を介して裏面電極 2 5 A、2 5 B に接続される構成について説明したが、これに限らず、例えば電極 2 1 A、2 1 B が充填ビアを介して誘電体基板 1 3 の端面に設けられた取り出し用電極（図示せず）に接続される構成であってもよい。

[0113] 実施の形態では、端子電極部 2 3 A、2 3 B がそれぞれ 1 つの舌片部 2 4 A、2 4 B を介して、各 1 つの充填ビア 2 6 A、2 6 B に接続される例について説明したが、充填ビアの数は 1 つに限定されるものではない。例えば図 1 9 に示す変形例 6 に係るオゾン生成用素子 8 0 1 0 のように、電極 8 0 2 1 A、8 0 2 1 B の端子電極部 8 0 2 3 A、8 0 2 3 B が、それぞれ 2 つのランド部 8 0 2 4 A、8 0 2 4 B を介して、充填ビア 8 0 2 6 A、8 0 2 6 B に接続される構成であってもよい。

[0114] 変形例 6 に係るオゾン生成用素子 8 0 1 0 は、誘電体基板 8 0 1 3 と、一対の電極 8 0 2 1 A、8 0 2 1 B と、充填ビア 8 0 2 6 A と、充填ビア 8 0

26Bと、緩衝部8266A、8266Bと、一对の裏面電極（図示せず）と、を備える。このオゾン生成用素子8010も実施の形態2に係るオゾン生成用素子2010と同様に、一对の裏面電極に交流電源を接続した状態で使用される。なお、図19において、実施の形態2と同様の構成には図11と同一の符号を付している。電極8021A、8021Bは、端子電極部8023A、8023B、ランド部8024A、8024Bの他に、複数（図19では16個）の電極子部2221A、2221Bと、連結部2222A、2222B、2027A、2027Bと、を有する。また、オゾン生成用素子8010は、図20に示すように、誘電体基板8013の電極8021Aが設けられる側の主面を覆うように誘電体層8012が設けられている。誘電体層8012の厚さは、例えば25 μ mに設定される。

[0115] 図19に戻って、端子電極部8023Aは、2つのサブ端子電極部8231A、8232Aを有する。サブ端子電極部（第1サブ端子電極部）8231Aは、複数の電極子部組2022Aのうちの-X方向の端に位置する電極子部組2022Aを構成する-X方向側の電極子部2221Aに接続されている。サブ端子電極部（第2サブ端子電極部）8232Aは、複数の電極子部組2022Aのうちの+Y方向の端に位置する電極子部組2022Aを構成する+X方向側の電極子部2221Aに接続されている。

[0116] 端子電極部8023Bも、2つのサブ端子電極部8231B、8232Bを有する。サブ端子電極部（第3サブ端子電極部）8231Bは、複数の電極子部組2022Bのうちの+X方向の端に位置する電極子部組2022Bを構成する+X方向側の電極子部2221Bに接続されている。サブ端子電極部（第4サブ端子電極部）8232Bは、複数の電極子部組2022Bのうちの-X方向の端に位置する電極子部組2022Bを構成する-X方向側の電極子部2221Bに接続されている。

[0117] サブ端子電極部8231A、8232Aは、それぞれ誘電体基板8013上に設けられたランド部（第1接続電極部）8024Aを介して、充填ビア（第1充填ビア）8026Aに電氣的に接続されている。また、サブ端子電

極部 8 2 3 1 B、8 2 3 2 B は、それぞれ誘電体基板 8 0 1 3 上に設けられたランド部（第 2 接続電極部）8 0 2 4 B を介して、充填ビア（第 2 充填ビア）8 0 2 6 B に電氣的に接続されている。ランド部 8 0 2 4 A は、充填ビア 8 0 2 6 A を介して誘電体基板 8 0 1 3 の 2 箇所において裏面電極 8 0 2 5 A と電氣的に接続されている。また、ランド部 8 0 2 4 B は、充填ビア 8 0 2 6 B を介して、誘電体基板 8 0 1 3 の 2 箇所において裏面電極 8 0 2 5 B と電氣的に接続されている。

[0118] 誘電体基板 8 0 1 3 は、図 2 0 に示すように、複数（図 2 0 では 4 つ）の誘電体層 1 3 2 が積層されてなる。複数の誘電体層 1 3 2 の厚さは、例えば $160\mu\text{m}$ に設定される。そして、充填ビア 8 0 2 6 A は、複数の誘電体層 1 3 2 それぞれに厚さ方向に貫通する形で設けられた貫通孔に、導電部材が配されている。充填ビア 8 0 2 6 A は、複数の誘電体層 1 3 2 の積層方向において隣り合う 2 つの誘電体層 1 3 2 の間に介在するビア接続部 8 2 6 4 A に覆われている。なお、充填ビア 8 0 2 6 B も同様である。サブ端子電極部 8 2 3 1 A、8 2 3 2 A は、それぞれ誘電体基板 8 0 1 3 上に設けられたランド部 8 0 2 4 A を介して、複数の誘電体層 1 3 2 のうち最も上側（一方主面側）に位置する誘電体層 1 3 2 に設けられた充電ビア 8 0 2 6 A に電氣的に接続されている。また、サブ端子電極部 8 2 3 1 B、8 2 3 2 B は、それぞれ誘電体基板 8 0 1 3 上に設けられたランド部 8 0 2 4 B を介して、複数の誘電体層 1 3 2 のうち最も上側（一方主面側）に位置する誘電体層 1 3 2 に設けられた充電ビア 8 0 2 6 B に電氣的に接続されている。ビア接続部 8 2 6 4 A は、誘電体層 1 3 2 の厚さ方向に直交する方向に延出しており、積層方向において隣り合う 2 つの誘電体層 1 3 2 それぞれに設けられた充填ビア 8 0 2 6 A に電氣的に接続されている。また、複数の誘電体層 1 3 2 それぞれに設けられた充填ビア 8 0 2 6 A のいずれか 1 つは、他の充填ビア 8 0 2 6 A のうちの少なくとも 1 つに対して、誘電体層 1 3 2 の厚さ方向に直交する方向にずれた位置に配置されている。例えば、図 2 0 に示すように、下から 1、4 層目の誘電体層 1 3 2 の充填ビア 8 0 2 6 A は、下から 2、3 層

目の誘電体層 1 3 2 の充填ビア 8 0 2 6 A に対して誘電体層 1 3 2 の厚さ方向に直交する方向へ距離 $\Delta W 1$ だけずれている。距離 $\Delta W 1$ は、例えば $2200\mu m$ に設定される。

[0119] 緩衝部（第 1 緩衝部）8 2 6 6 A は、ランド部 8 0 2 4 A における、誘電体基板 8 0 1 3 の厚さ方向において充填ビア 8 0 2 6 A と重なる領域を覆う。また、緩衝部（第 2 緩衝部）8 2 6 6 B は、ランド部 8 0 2 4 B における、誘電体基板 8 0 1 3 の厚さ方向において充填ビア 8 0 2 6 B と重なる領域を覆う。

[0120] 変形例 6 に係るオゾン生成用素子 8 0 1 0 は、電極 8 0 2 1 A、8 0 2 1 B の断線の有無を検査することができる。ここで、オゾン生成用素子 8 0 1 0 における電極 8 0 2 1 A、8 0 2 1 B の断線の有無の検査方法について説明する。まず、電極 8 0 2 1 A の 2 つのランド部 8 0 2 4 A のいずれか一方と、電極 8 0 2 1 B の 2 つのランド部 8 0 2 4 B のいずれか一方との間の静電容量を測定する。静電容量の測定は、例えば L C R メータを使用して行うことができる。次に、2 つのランド部 8 0 2 4 A のうち他方と、2 つのランド部 8 0 2 4 B のうち他方との間の静電容量を測定する。電極 8 0 2 1 A、8 0 2 1 B の両方が断線していない場合、2 回の測定それぞれにおいて、電極 8 0 2 1 A 全体と電極 8 0 2 1 B 全体との間の静電容量を測定することになる。従って、これら 2 回の測定それぞれの静電容量の測定値が等しくなる。

[0121] 一方、電極 8 0 2 1 A、8 0 2 1 B の少なくとも一方が断線している場合、これら 2 回の測定それぞれの静電容量の測定値が異なる。例えば、電極 8 0 2 1 A が断線しているとする。この場合、1 回目の測定では、2 つのランド部 8 0 2 4 A の一方から電極 8 0 2 1 A の断線箇所までの部分と電極 8 0 2 1 B との間の静電容量を測定し、2 回目の測定では、2 つのランド部 8 0 2 4 A の他方から電極 8 0 2 1 A の断線箇所までの部分と電極 8 0 2 1 B との間の静電容量を測定することになる。そうすると、2 つのランド部 8 0 2 4 A の一方から電極 8 0 2 1 A の断線箇所までの部分の長さ、2 つのラン

ド部 8024A の他方から電極 8021A の断線箇所までの部分の長さと、
が互いに異なると、2回の測定それぞれの静電容量の測定結果が互いに異なることになる。従って、これら2回の測定の静電容量の測定値が互いに等しいか異なるかに応じて、電極 8021A における断線の有無を判定できる。

[0122] 次に、変形例 6 に係るオゾン生成用素子 8010 の製造方法の一例について図 21 を参照しながら説明する。なお、図 21 は、図 19 の B-B 線におけるオゾン生成用素子 8010 の断面矢視図に対応する各工程での断面図である。この製造方法では、まず、実施の形態 1 で説明した製造方法と同様の方法により、誘電体基板 8013 および誘電体層 8012 の基となる誘電体シートを形成し、次に、誘電体シートに電極 8021A、8021B 等の基となる金属ペーストパターンを形成する。その後、誘電体シートを積層してから、誘電体シートの積層体を焼成してオゾン生成用素子 8010 を作製する。

[0123] まず、実施の形態 1 で説明した製造方法と同様にして、誘電体層 8012、誘電体基板 8013 の基となる誘電体シート 121、131 を形成する。次に、実施の形態 1 で説明した製造方法と同様にして、誘電体基板 8013 に使用する複数の誘電体シート 131 に充填ビア 8026A の基となる金属ペースト充填部 261A を形成する。

[0124] 続いて、スクリーン印刷技術を利用して、複数の誘電体シート 131 の厚さ方向の少なくとも一方の主面側から金属ペースト充填部 261A を覆うようにビア接続部 8264A の基となる第 3 金属ペーストパターン 8263A を形成する。この第 3 金属ペーストパターン 8263A は、例えば Ag ペーストから形成される。

[0125] その後、実施の形態 1 で説明した製造方法と同様に、スクリーン印刷技術を利用して、誘電体基板 8013 の最上層に配置される誘電体シート 131 に電極 8021A の基となる第 4 金属ペーストパターン 8121A を形成し、誘電体基板 8013 の最下層に配置される誘電体シート 131 に裏面電極の基となる第 5 金属ペーストパターン 8251A を形成する。

[0126] 続いて、スクリーン印刷技術を利用して、第4金属ペーストパターン8121Aにおける、誘電体シート131の厚さ方向において金属ペースト充填部261Aと重なる領域を覆うように、ガラスペーストパターン8265Aを形成する。このガラスペーストパターンは、緩衝部8266Aの基となる。ガラスペーストパターン8265Aは、 $\text{CaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 等の酸化物を含むガラス材料から形成されている。そして、このガラスペーストパターン8265Aは、焼成温度900℃で焼成する場合、誘電体シート121、131に比べて、早く焼結するという性質を有する。

[0127] その後、複数の誘電体シート131を積層するとともに最上部に配置される誘電体シート131上に誘電体層8012の基となる誘電体シート121を積層する。このとき、複数の誘電体シート131それぞれの金属ペースト充填部261Aのいずれか1つが、他の金属ペースト充填部261Aのうちの少なくとも1つに対して、誘電体シート131の厚さ方向に直交する方向にずれた位置に配置される。例えば、図21に示すように、下から1、4層目の誘電体シート131の金属ペースト充填部261Aは、下から2、3層目の誘電体シート131の金属ペースト充填部261Aに対して誘電体シート131の厚さ方向に直交する方向へ距離 $\Delta W2$ だけずれている。この距離 $\Delta W2$ は、完成後のオゾン生成用素子8010の距離 $\Delta W1$ に基づいて設定される。

[0128] 次に、圧着機により誘電体シート121、131を圧着し積層体を得る。次に、得られた積層体を焼成温度900℃で焼成する。これにより、図20に示すように、誘電体シート121、131が焼結して誘電体層8012、132が形成される。また、金属ペースト充填部261A、第3金属ペーストパターン8263A、第4金属ペーストパターン8121Aおよび第5金属ペーストパターン8251Aが焼結して、充填ビア8026A、ビア接続部8264A、電極8021Aおよび裏面電極8025Aが形成される。

[0129] 続いて、前述の電極8021A、8021Bの断線の有無の検査を実施する。その後、スクリーン印刷技術を利用して、充填ビア8026Aに対応す

る裏面電極を覆うように第6金属ペーストパターン（図示せず）を形成する。また、スクリーン印刷技術を利用して、充填ビア8026Bに対応する裏面電極を覆うように第7金属ペーストパターン（図示せず）を形成する。その後、第6金属ペーストパターンおよび第7金属ペーストパターンを焼成することにより、充填ビア8026Aに対応する裏面電極同士が電氣的に接続され、充填ビア8026Bに対応する裏面電極同士が電氣的に接続されたオゾン生成用素子8010が完成する。

[0130] 本構成によれば、電極8021A、8021Bの端子電極部8023A、8023Bが、それぞれ2つのランド部8024A、8024Bを介して、充填ビア8026A、8026Bに接続されている。これにより、電極8021A、8021Bの断線の有無を検出することができるので、オゾン生成用素子8010の不良品の流出が抑制される。

[0131] ところで、変形例6に係るオゾン生成用素子8010の製造方法では、前述の積層体の焼成時における金属ペースト充填部261Aと誘電体シート131の焼結速度および収縮量の違いから、充填ビア8026A、8026Bの端部が誘電体基板8013の主面から突出した状態となるおそれがある。この場合、誘電体層8012の厚さがある程度薄い場合（例えば誘電体層8012の厚さが13 μ mであり、充填ビア8026A、8026Bおよびビア接続部8264の合計の長さ $\Delta W3$ が約640 μ mの場合）、ランド部8024A、8024Bにおける充填ビア8026A、8026Bと重なる領域が隆起して、誘電体層8012が突き破られる。これに対して、本変形例に係るオゾン生成用素子8010の製造方法では、第4金属ペーストパターン8121Aにおける、誘電体シート131の厚さ方向において金属ペースト充填部261Aと重なる領域を覆うように、ガラスペーストパターン8265Aを形成する。そして、前述の積層体の焼成過程において、ガラスペーストパターンが焼結して、ランド部8024A、8024Bにおける充填ビア8026A、8026Bと重なる領域を覆う緩衝部8266A、8266Bが形成される。これにより、前述の積層体の焼成過程において、充填ビア

8026A、8026Bの端部の誘電体基板8013の主面からの突出量が低減され、ランド部8024A、8024Bにおける充填ビア8026A、8026Bと重なる領域の隆起量が低減される。従って、ランド部8024A、8024Bが隆起して誘電体層8012が突き破られることが抑制される。

[0132] また、実施の形態1で説明した製造方法では、複数の誘電体シート131それぞれの金属ペースト充填部261Aが誘電体シート131の厚さ方向に直交する方向において揃っている。これに対して、変形例6に係るオゾン生成用素子8010は、複数の誘電体層132それぞれに設けられた導電部262Aのいずれか1つが、他の導電部262Aのうちの少なくとも1つに対して、誘電体層132の厚さ方向に直交する方向にずれている。そして、オゾン生成用素子8010の製造方法において、複数の誘電体シート131それぞれの金属ペースト充填部261Aのいずれか1つが、他の金属ペースト充填部261Aのうちの少なくとも1つに対して、誘電体シート131の厚さ方向に直交する方向にずれた位置に配置される。これにより、実施の形態1で説明したオゾン生成用素子10に比べて、前述の積層体の焼成後における充填ビア8026A、8026Bの端部の誘電体基板8013の主面からの突出量が低減される。

[0133] 実施の形態1に係るオゾン生成用素子10の製造方法は、前述の実施形態で説明した製造方法に限定されるものではない。例えば予め誘電体シート131を積層したものを焼成することにより誘電体基板13を準備しておく方法であってもよい。この場合、準備した誘電体基板13の上面に電極21A、21Bを形成し、その後、誘電体基板13の上面にガラスペーストを印刷することにより誘電体層12を形成するものでもよい。或いは、第1金属ペーストパターン1021A、1021B等が形成された誘電体シート131と金属ペースト充電部261Aが形成された誘電体シート131を積層して焼成することにより、電極21A、21Bが設けられた誘電体基板13を準備する方法でもよい。この場合、準備した電極21A、21Bが設けられた

誘電体基板 13 の上面に誘電体層 12 を別途形成する。

[0134] 以上、本発明の実施の形態および変形例（なお書きに記載したものを含む。以下、同様。）について説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。本発明は、実施の形態および変形例が適宜組み合わせられたもの、それに適宜変更が加えられたものを含む。

[0135] 本出願は、2016年3月9日に出願された日本国特許出願特願2016-045477号並びに2016年10月31日に提出された日本国特許出願特願2016-213081号に基づく。本明細書中に日本国特許出願特願2016-045477号並びに日本国特許出願特願2016-213081号の明細書、特許請求の範囲および図面全体を参照として取り込むものとする。

符号の説明

[0136] 10, 510, 610, 2010, 2510, 2610, 3010, 4010, 5010, 6010, 7010, 8010: オゾン生成用素子、12, 132, 8012: 誘電体層、13, 8013: 誘電体基板、21A, 21B, 2021A, 2021B, 3021A, 3021B, 4021A, 4021B, 5021A, 5021B, 6021A, 6021B, 7021A, 7021B, 8021A, 8021B: 電極、22A, 22B, 2022A, 2022B, 3022A, 3022B, 7022A, 7022B: 電極子部組、23A, 23B, 2023A, 2023B, 8023A, 8023B: 端子電極部、24A, 24B: 舌片部、25A, 25B, 8025A: 裏面電極、26A, 26B, 8026A, 8026B: 充填ビア、31: 交流電源、121, 131: 誘電体シート、131A, 131B: コンタクトホール、132A: 貫通孔、221A, 221B, 2221A, 2221B: 電極子部、222A, 222B, 2027A, 2027B, 2222A, 2222B, 3222A, 3222B, 4222A, 4222B, 5222A, 5222B, 6028A, 6028B, 7027A, 7027B, 7028A, 7028B, 7222A, 7222B: 連結部、251A: 第2金属

ペーストパターン、261A：金属ペースト充電部、1021A，1021B：第1金属ペーストパターン、8024A，8024B：ランド部、8121A：第4金属ペーストパターン、8231A，8232A，8231B，8232B：サブ端子電極部、8251A：第5金属ペーストパターン、8263A：第3金属ペーストパターン、8264A：ビア接続部、8265A：ガラスペーストパターン、8266A，8266B：緩衝部、R1，R211：抵抗

請求の範囲

[請求項1]

誘電体基板と、

前記誘電体基板の一方主面に設けられた第1櫛形電極と第2櫛形電極とを備え、

前記第1櫛形電極は、第1端子電極部と、前記第1端子電極部と交差する複数の第1電極子部組とを有し、

前記第2櫛形電極は、第2端子電極部と、前記第2端子電極部と交差する複数の第2電極子部組とを有し、

前記第1電極子部組と前記第2電極子部組とは一方向に交互に並ぶように配置されており、

前記第1電極子部組及び前記第2電極子部組は、それぞれ、複数の電極子部と、

前記複数の電極子部同士を連結する少なくとも1つの第1連結部と、を有する、

オゾン生成用素子。

[請求項2]

前記第1連結部は、同一の第1電極子部組における複数の電極子部の前記第1端子電極部とは反対方向の端部同士、同一の第2電極子部組における複数の電極子部の前記第2端子電極部とは反対方向の端部同士を連結している、

請求項1に記載のオゾン生成用素子。

[請求項3]

前記第1櫛形電極の電極子部の前記第1端子電極部とは反対方向の端部は、前記第2端子電極部から離間して配置され、

前記第2櫛形電極の電極子部の前記第2端子電極部とは反対方向の端部は、前記第1端子電極部から離間して配置され、

前記第1電極子部組と隣り合う前記第2電極子部組との間の第1距離は、前記第1櫛形電極の電極子部の前記第1端子電極部とは反対方向の端部と前記第2端子電極部との間の第2距離以下である、

請求項2に記載のオゾン生成用素子。

[請求項4] 前記第1端子電極部は、前記複数の第1電極子部組のうちの前記一方向における一端に位置する第1電極子部組を構成する少なくとも1つの電極子部と、前記一方向における他端に位置する第1電極子部組を構成する少なくとも1つの電極子部と、に接続され、

前記第2端子電極部は、前記複数の第2電極子部組のうちの前記一方向における一端に位置する第2電極子部組を構成する少なくとも1つの電極子部と、前記一方向における他端に位置する第2電極子部組を構成する少なくとも1つの電極子部と、に接続され、

前記第1電極子部組は、前記複数の第1電極子部組のうちの前記一方向における両端に位置する2つの第1電極子部組を除く他の第1電極子部組を構成する少なくとも1つの電極子部と、隣り合う他の第1電極子部組を構成する少なくとも1つの電極子部と、を連結する第2連結部を更に有し、

前記第2電極子部組は、前記複数の第2電極子部組のうちの前記一方向における両端に位置する2つの第2電極子部組を除く他の第2電極子部組を構成する少なくとも1つの電極子部と、隣り合う他の第2電極子部組を構成する少なくとも1つの電極子部と、を連結する第2連結部を更に有する、

請求項1に記載のオゾン生成用素子。

[請求項5] 互いに隣り合う前記第1電極子部組と前記第2電極子部組との間の第3距離は、前記第1電極子部組の前記第2連結部と前記第1端子電極部との間の第4距離以下である、

請求項4に記載のオゾン生成用素子。

[請求項6] 前記第1連結部は、同一の第1電極子部組における複数の電極子部の前記第1端子電極部とは反対方向の端部同士、同一の第2電極子部組における複数の電極子部の前記第2端子電極部とは反対方向の端部同士を連結し、

前記第3距離は、前記第1電極子部組の前記第2連結部と前記第2

電極子部組の前記第 1 連結部との間の第 5 距離以下である、

請求項 5 に記載のオゾン生成用素子。

[請求項 7]

前記第 1 端子電極部は、

前記複数の第 1 電極子部組のうちの前記一方向における一端に位置する第 1 電極子部組を構成する少なくとも 1 つの電極子部に接続される第 1 サブ端子電極部と、

前記複数の第 1 電極子部組のうちの前記一方向における他端に位置する第 1 電極子部組を構成する少なくとも 1 つの電極子部に接続される第 2 サブ端子電極部と、を有し、

前記第 2 端子電極部は、

前記複数の第 2 電極子部組のうちの前記一方向における一端に位置する第 2 電極子部組を構成する少なくとも 1 つの電極子部に接続される第 3 サブ端子電極部と、

前記複数の第 2 電極子部組のうちの前記一方向における他端に位置する第 2 電極子部組を構成する少なくとも 1 つの電極子部に接続される第 4 サブ端子電極部と、を有する、

請求項 4 から 6 のいずれか 1 項に記載のオゾン生成用素子。

[請求項 8]

前記電極子部の線幅は、 $100\mu\text{m}$ 未満である、

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載のオゾン生成用素子。

[請求項 9]

前記第 1 距離は、 $100\mu\text{m}$ 未満であり、

前記第 2 距離は、 $200\mu\text{m}$ 以上である、

請求項 3 に記載のオゾン生成用素子。

[請求項 10]

前記第 3 距離は、 $100\mu\text{m}$ 未満であり、

前記第 4 距離は、 $200\mu\text{m}$ 以上である、

請求項 5 に記載のオゾン生成用素子。

[請求項 11]

前記誘電体基板の前記一方主面を覆う誘電体層を更に備える、

請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載のオゾン生成用素子。

[請求項 12]

前記第 1 電極子部組を構成する複数の電極子部は、前記第 1 端子電

極部に連なり、

前記第 2 電極子部組を構成する複数の電極子部は、前記第 2 端子電極部に連なっている、

請求項 1 から 1 1 のいずれか 1 項に記載のオゾン生成用素子。

[請求項13]

前記誘電体基板は、互いに積層された複数の誘電体層を有し、

前記複数の誘電体層それぞれに厚さ方向に貫通する形で設けられた充填ビアと、

前記複数の誘電体層の積層方向において隣り合う 2 つの誘電体層の間に介在し前記誘電体層の厚さ方向に直交する方向に延出するとともに、前記 2 つの誘電体層それぞれに設けられた充填ビアに電氣的に接続されるビア接続部と、を有し、

前記複数の誘電体層それぞれに設けられた充填ビアのいずれか 1 つは、他の充填ビアのうちの少なくとも 1 つに対して、前記誘電体層の厚さ方向に直交する方向にずれている、

請求項 1 から 1 2 のいずれか 1 項に記載のオゾン生成用素子。

[請求項14]

前記第 1 端子電極部は、前記誘電体基板の一方主面に設けられた第 1 接続電極部を介して、前記複数の誘電体層のうち最も前記一方主面に位置する誘電体層に設けられた第 1 充填ビアに電氣的に接続され、

前記第 2 端子電極部は、前記誘電体基板の一方主面に設けられた第 2 接続電極部を介して、前記複数の誘電体層のうち最も前記一方主面に位置する誘電体層に設けられた第 2 充填ビアに電氣的に接続され、

前記第 1 接続電極部における、前記誘電体基板の厚さ方向において前記第 1 充填ビアと重なる領域を覆う第 1 緩衝部と、

前記第 2 接続電極部における、前記誘電体基板の厚さ方向において前記第 2 充填ビアと重なる領域を覆う第 2 緩衝部と、を更に備える、

請求項 1 3 に記載のオゾン生成用素子。

- [請求項15] 請求項1から14のいずれか1項に記載のオゾン生成用素子と、
前記第1楕形電極と前記第2楕形電極の間に交流電圧を印加する交流電源と、を備える、
オゾン生成装置。

[図1]

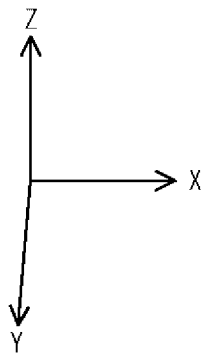
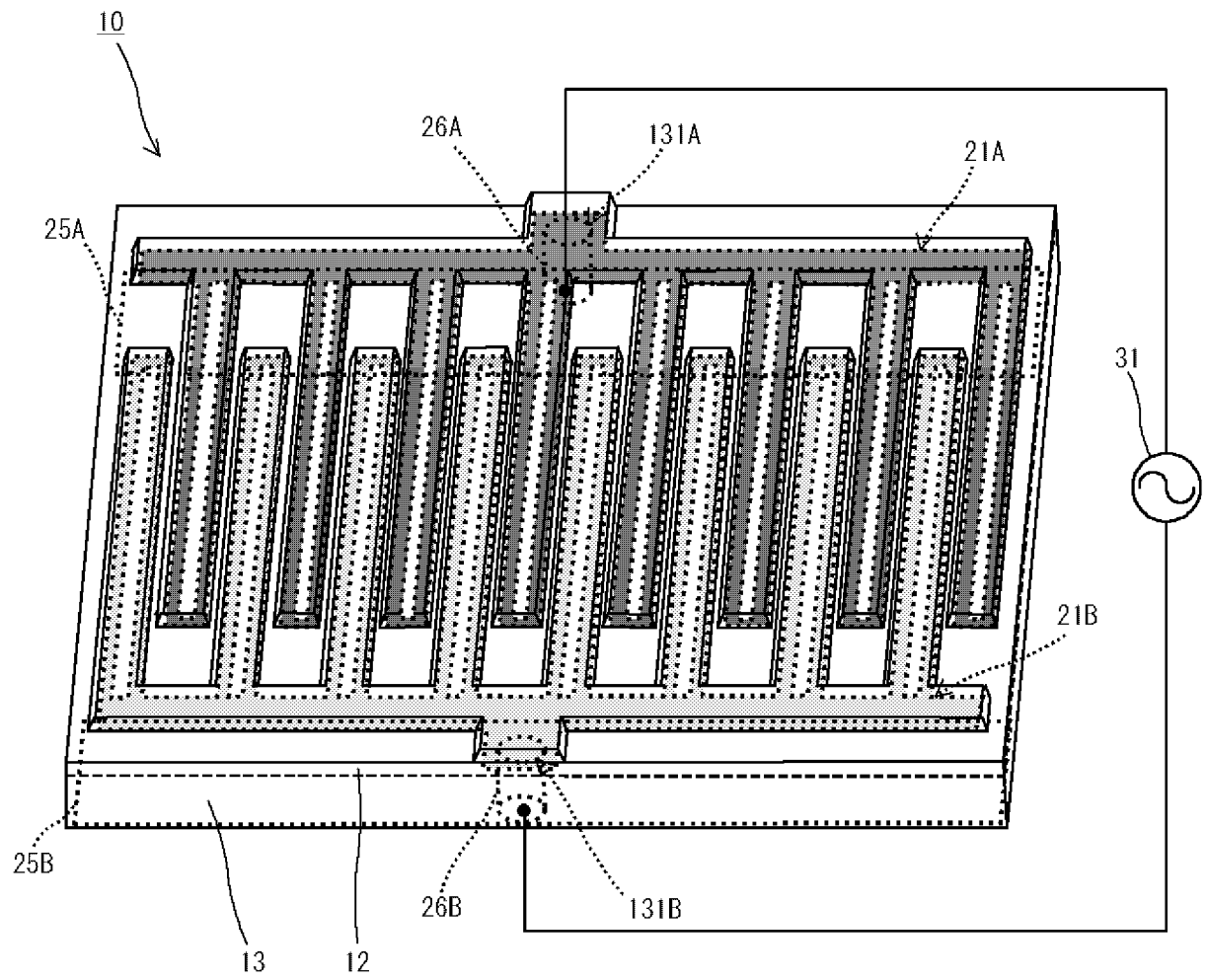
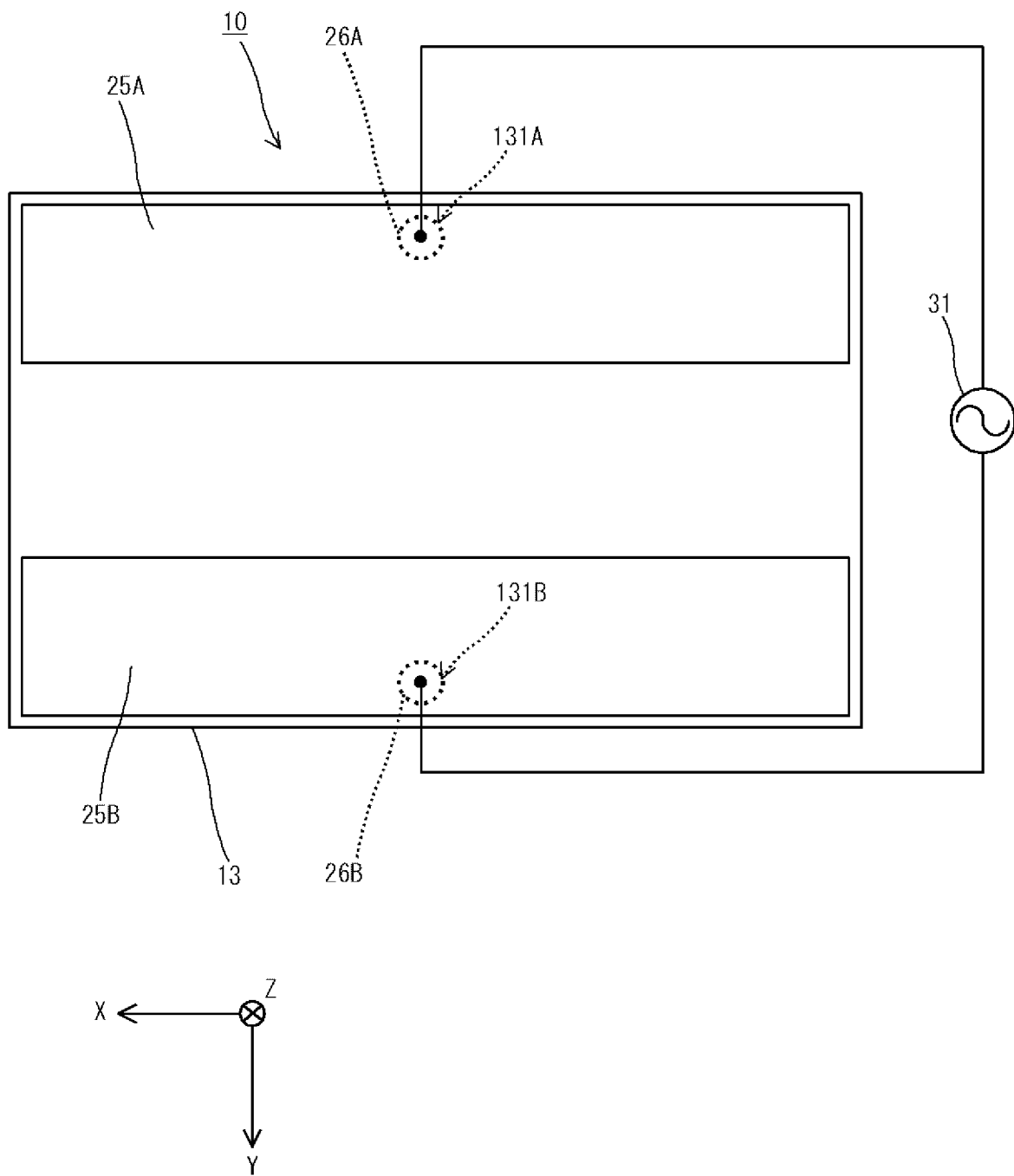
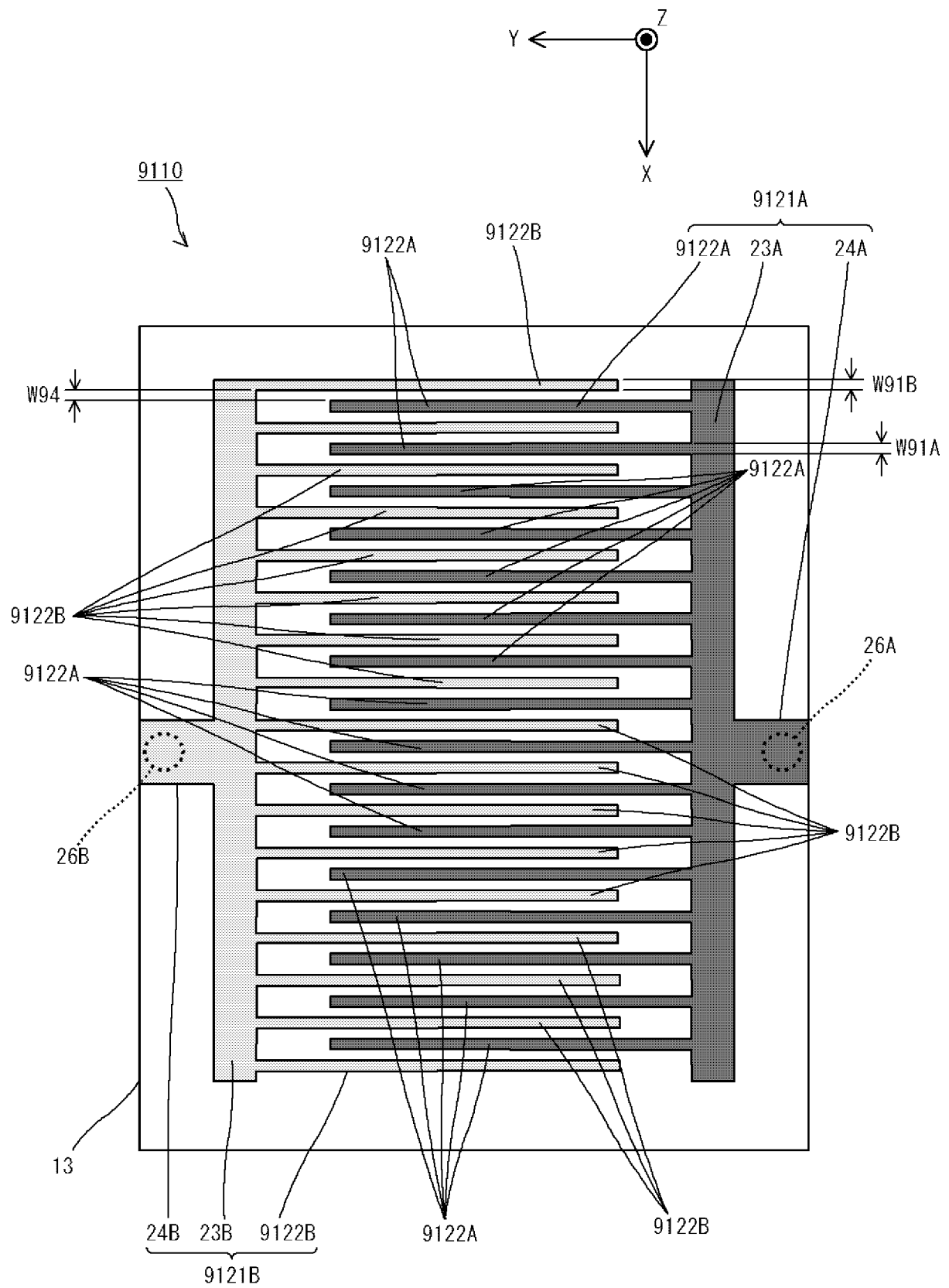


FIG. 1 is a plan view of a semiconductor device 10. The device includes a central array of horizontal bars (221A, 221B, 222A, 222B) flanked by vertical bars (24A, 24B). A central vertical bar (23A) is also present. The device is defined by a rectangular frame (13). Dimensions include L1 (total height), L2 (array width), W11A, W11B, W12, W13, W14, and A. A coordinate system (X, Y, Z) is shown at the top right. A dashed circle (26A) is located at the bottom right corner of the array.

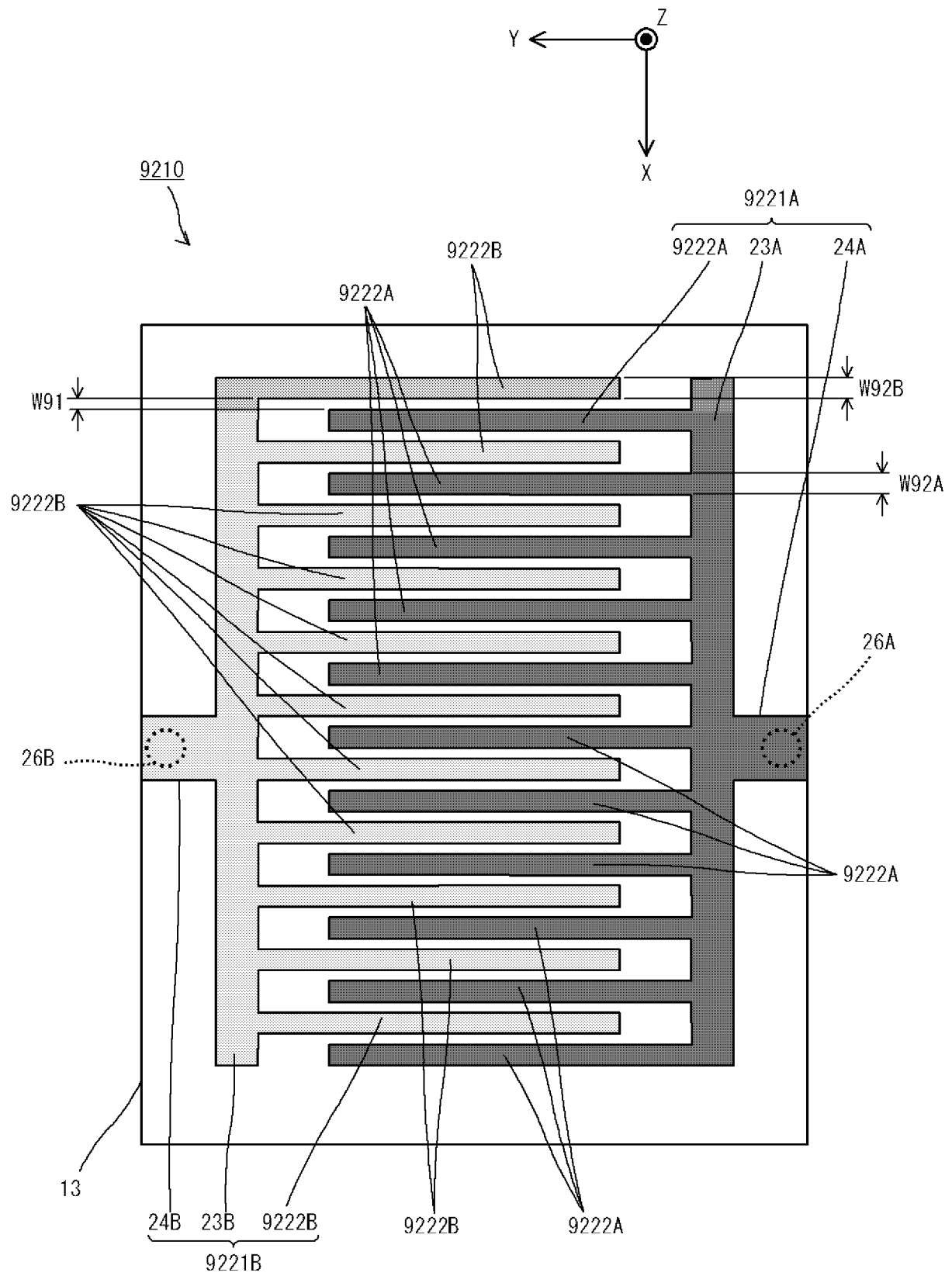
[図3]



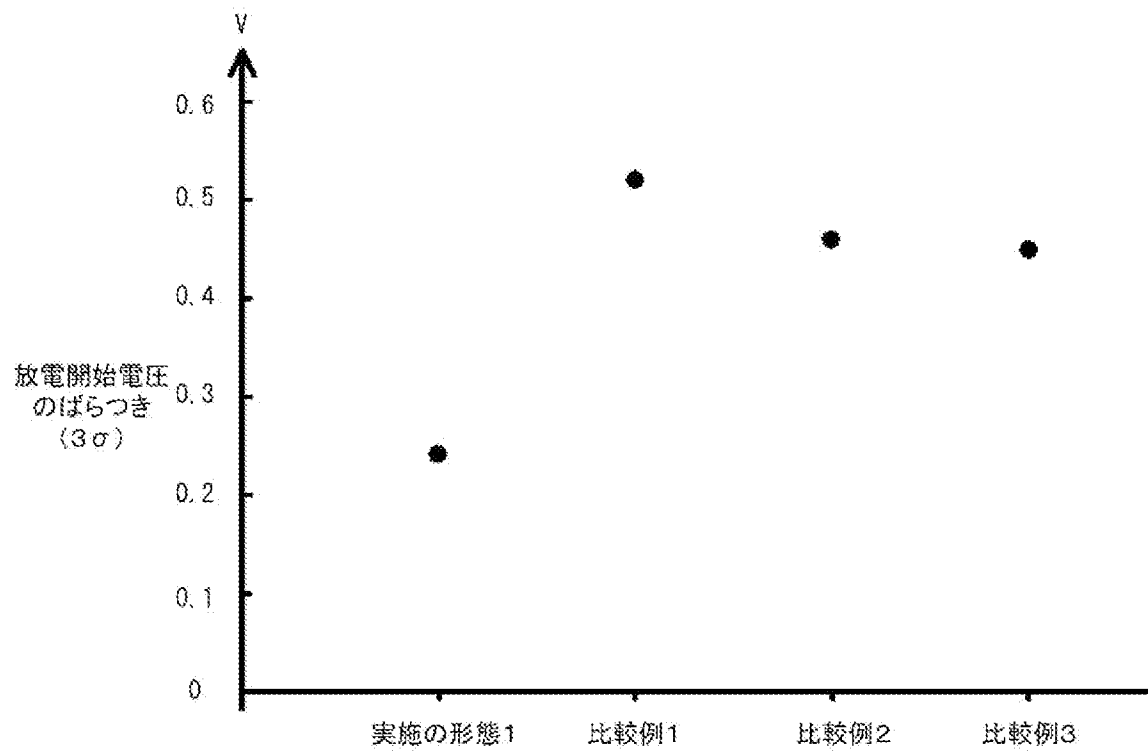
[図4]



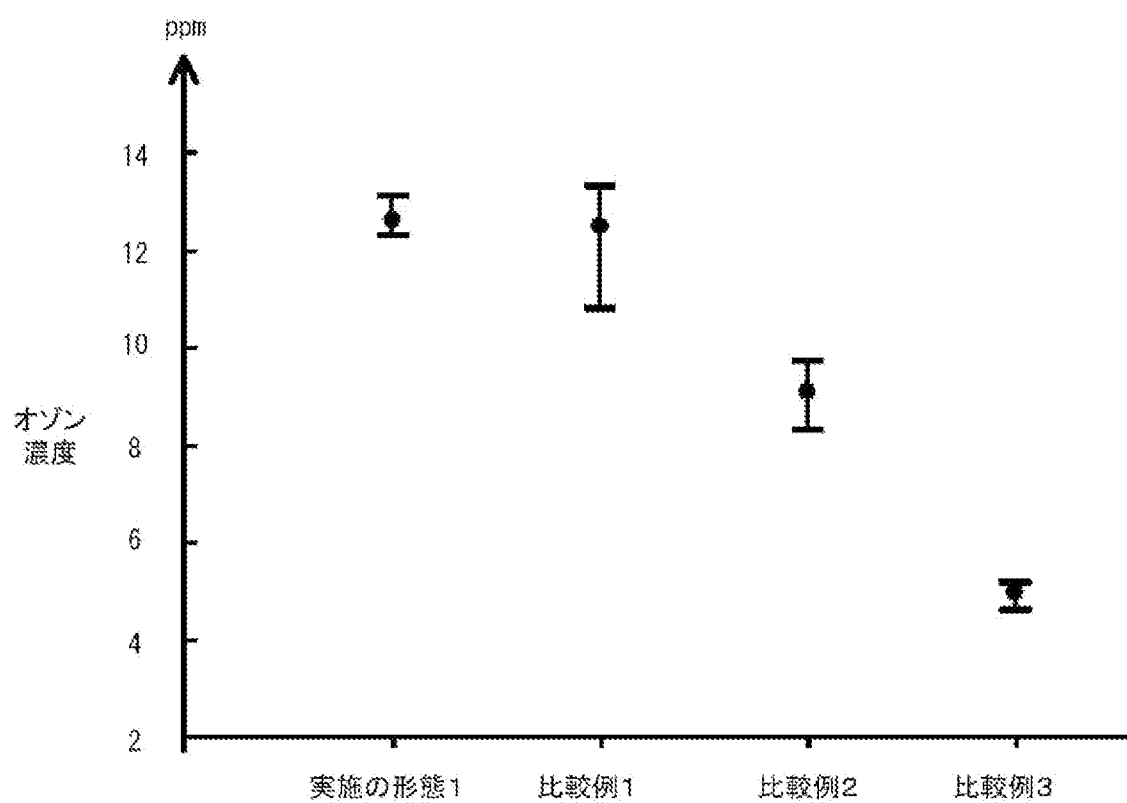
[図5]



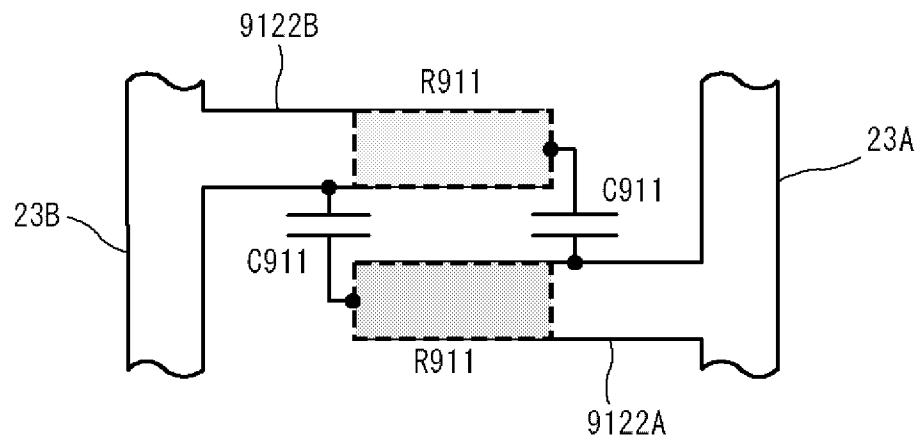
[図6A]



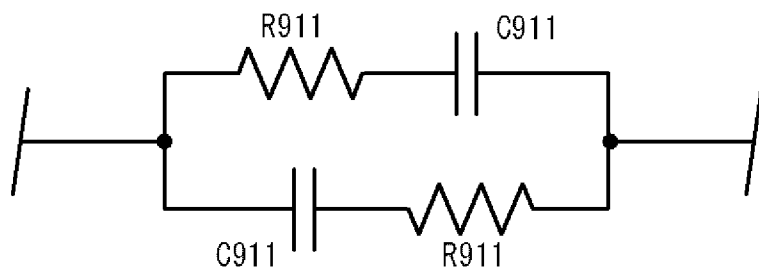
[図6B]



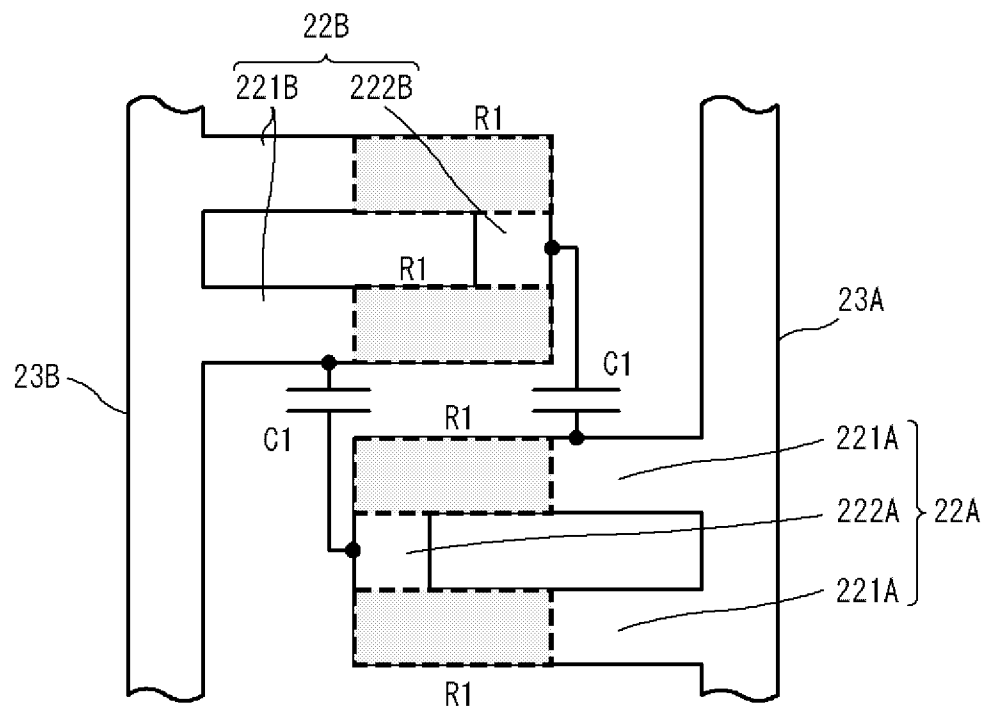
[図7A]



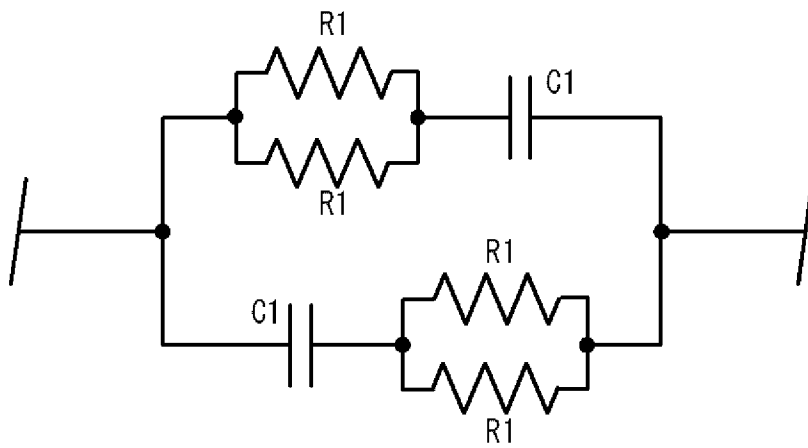
[図7B]



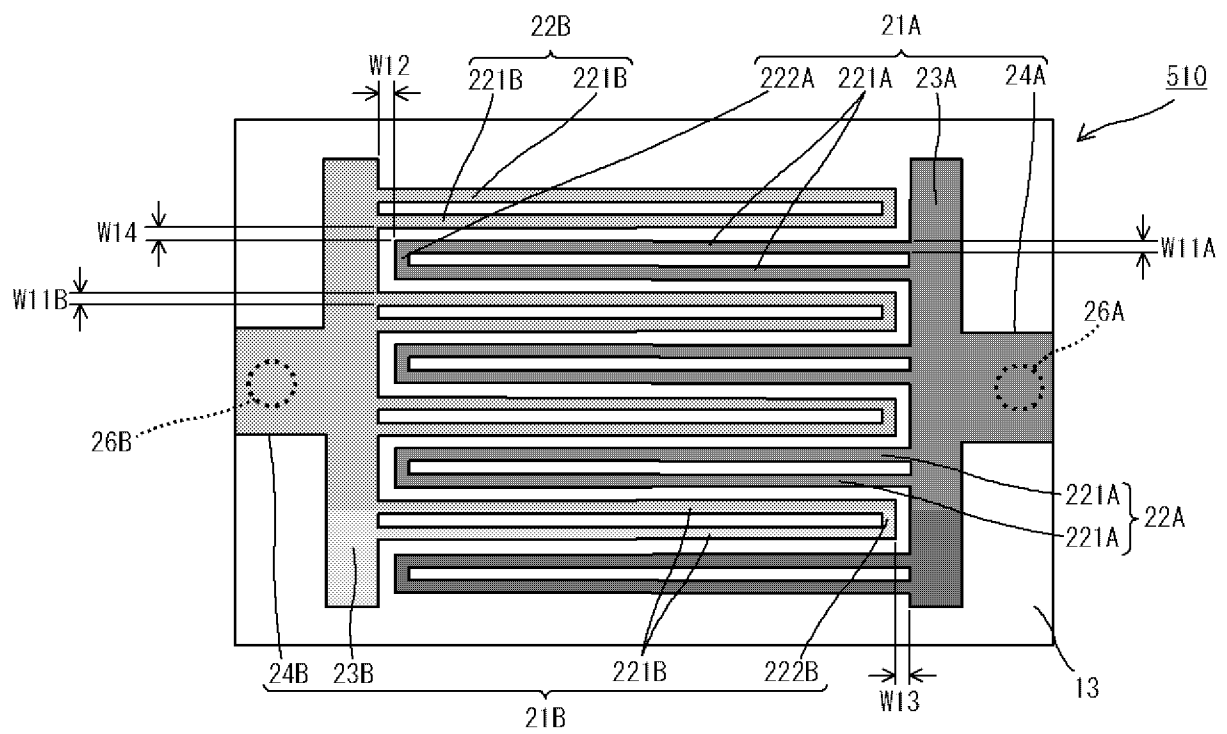
[図7C]



[図7D]



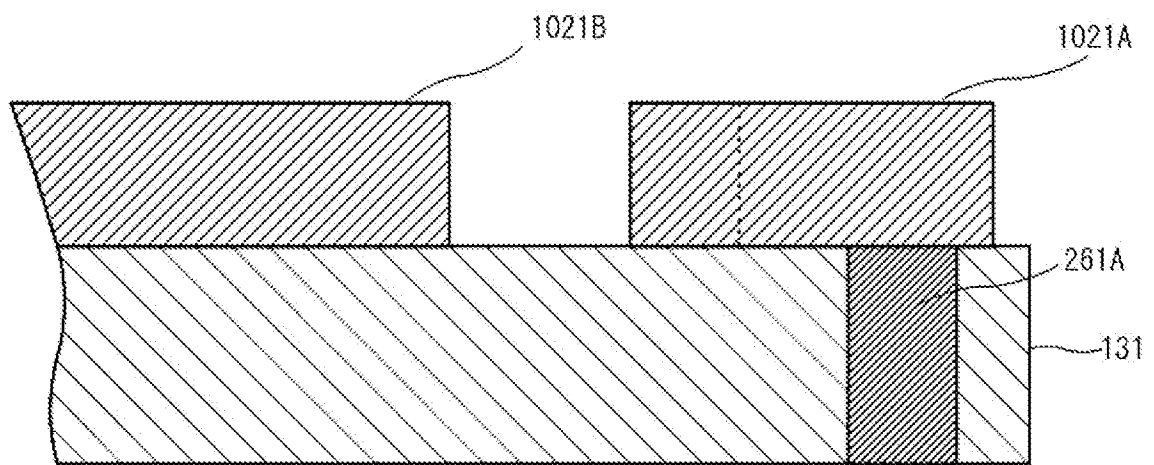
[図8A]



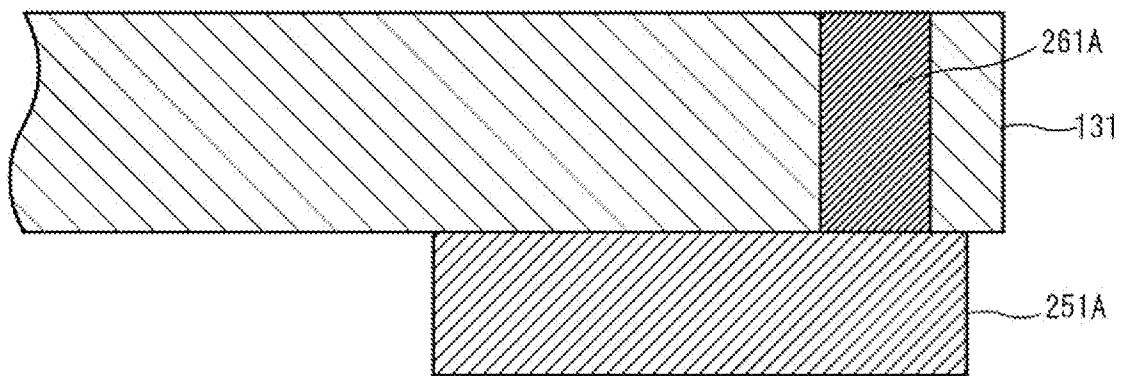
A cross-sectional view of a substrate 131. The substrate has a central opening 132A. The left side of the substrate has a wavy, irregular edge. The right side is a straight vertical edge. The interior of the substrate is filled with diagonal hatching lines. The opening 132A is a rectangular void in the center of the substrate.

A cross-sectional view of a substrate 131. A thin layer 132A is formed on the top surface of the substrate 131. The layer 132A is shown with a different hatching pattern than the substrate 131.

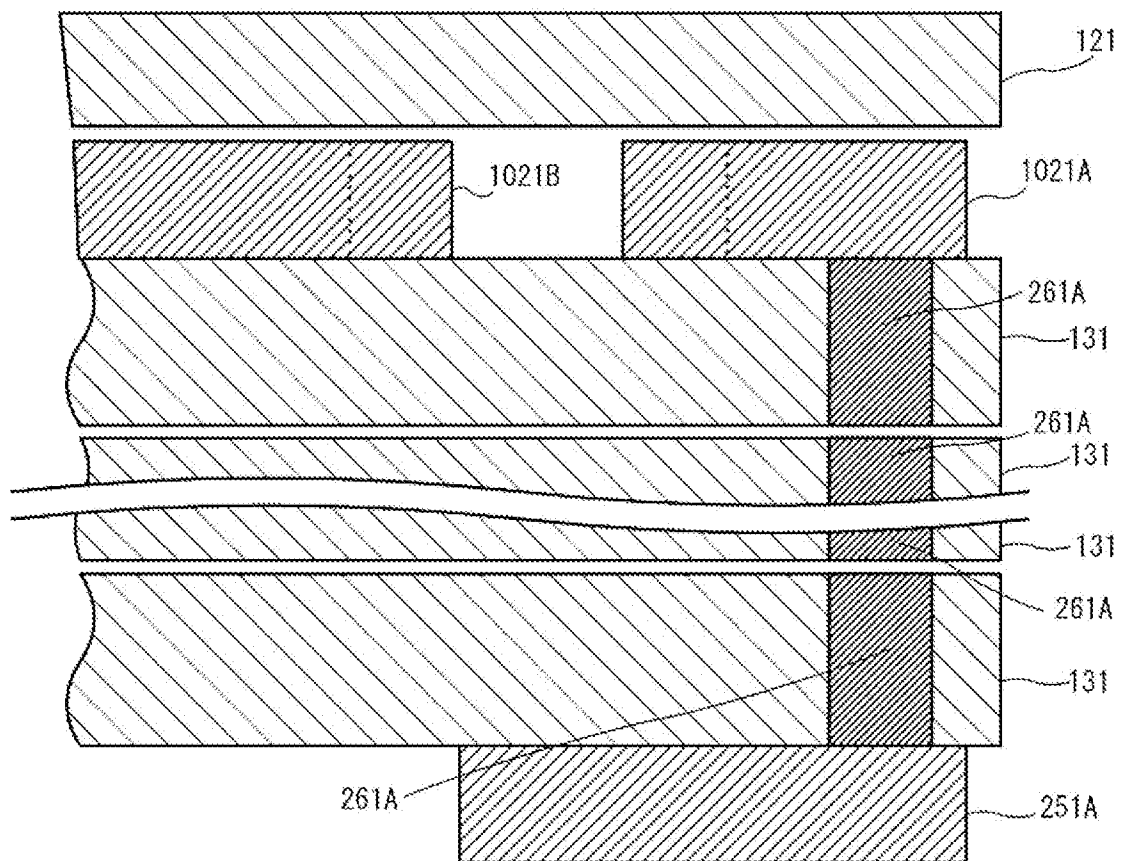
[図9C]



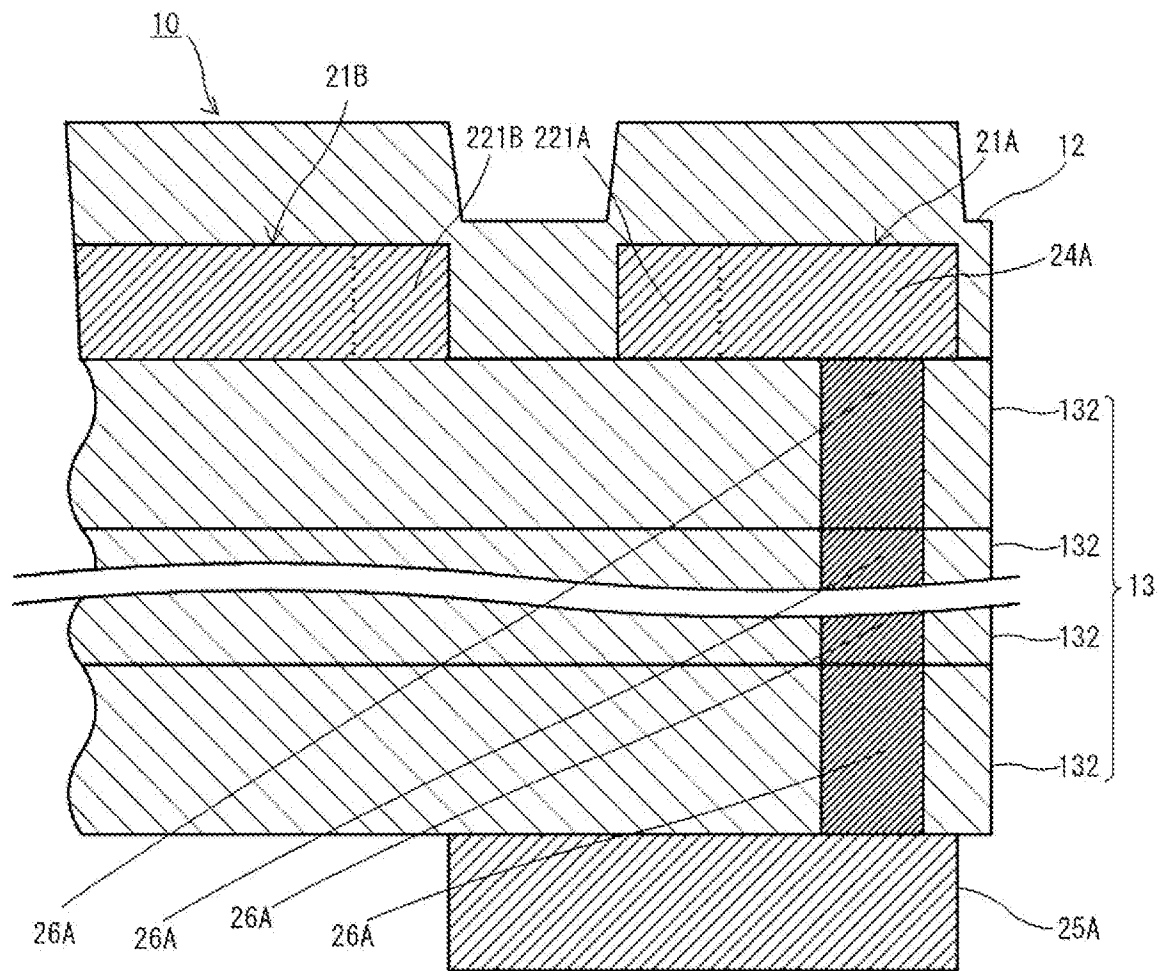
[図9D]



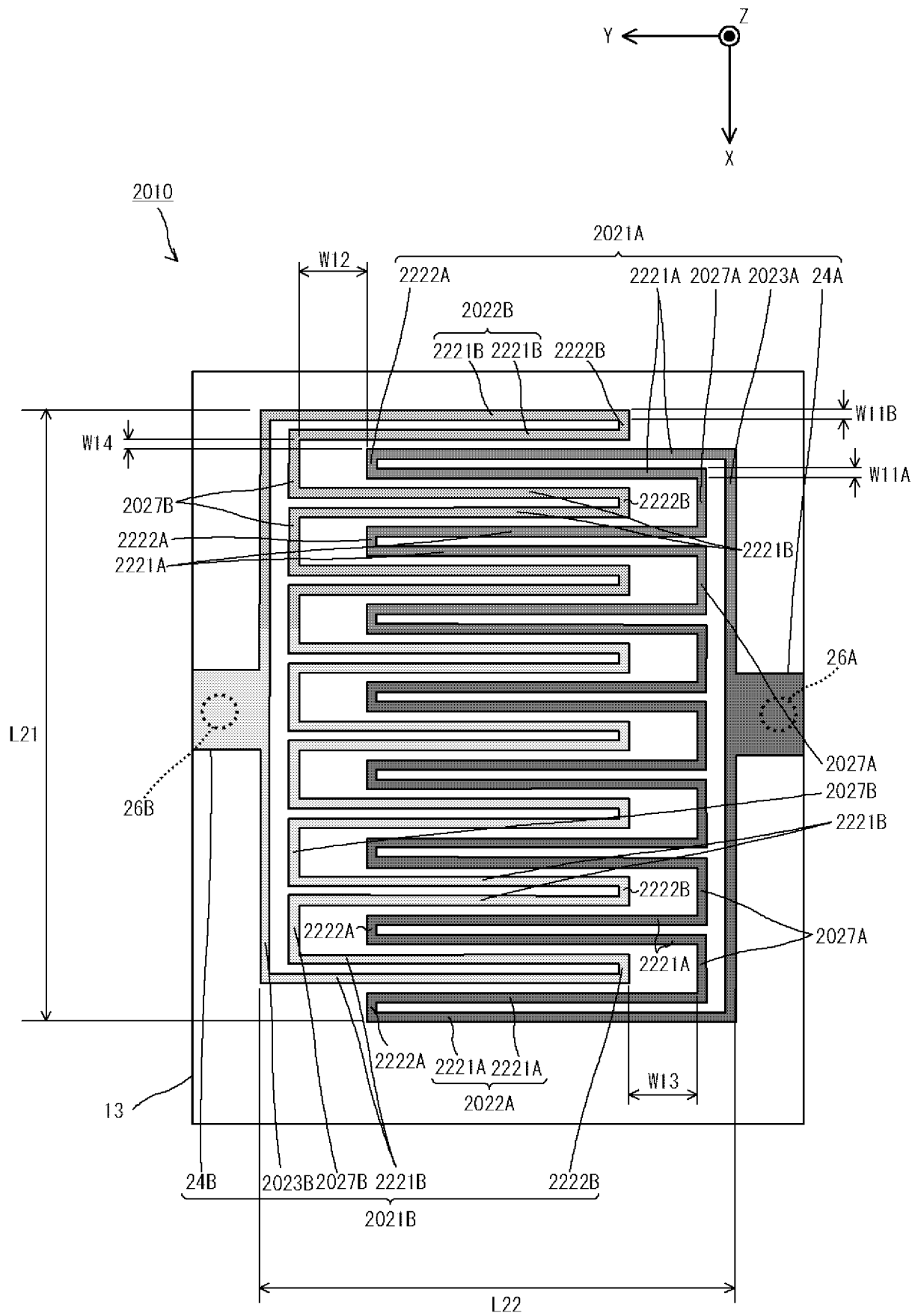
[図10A]



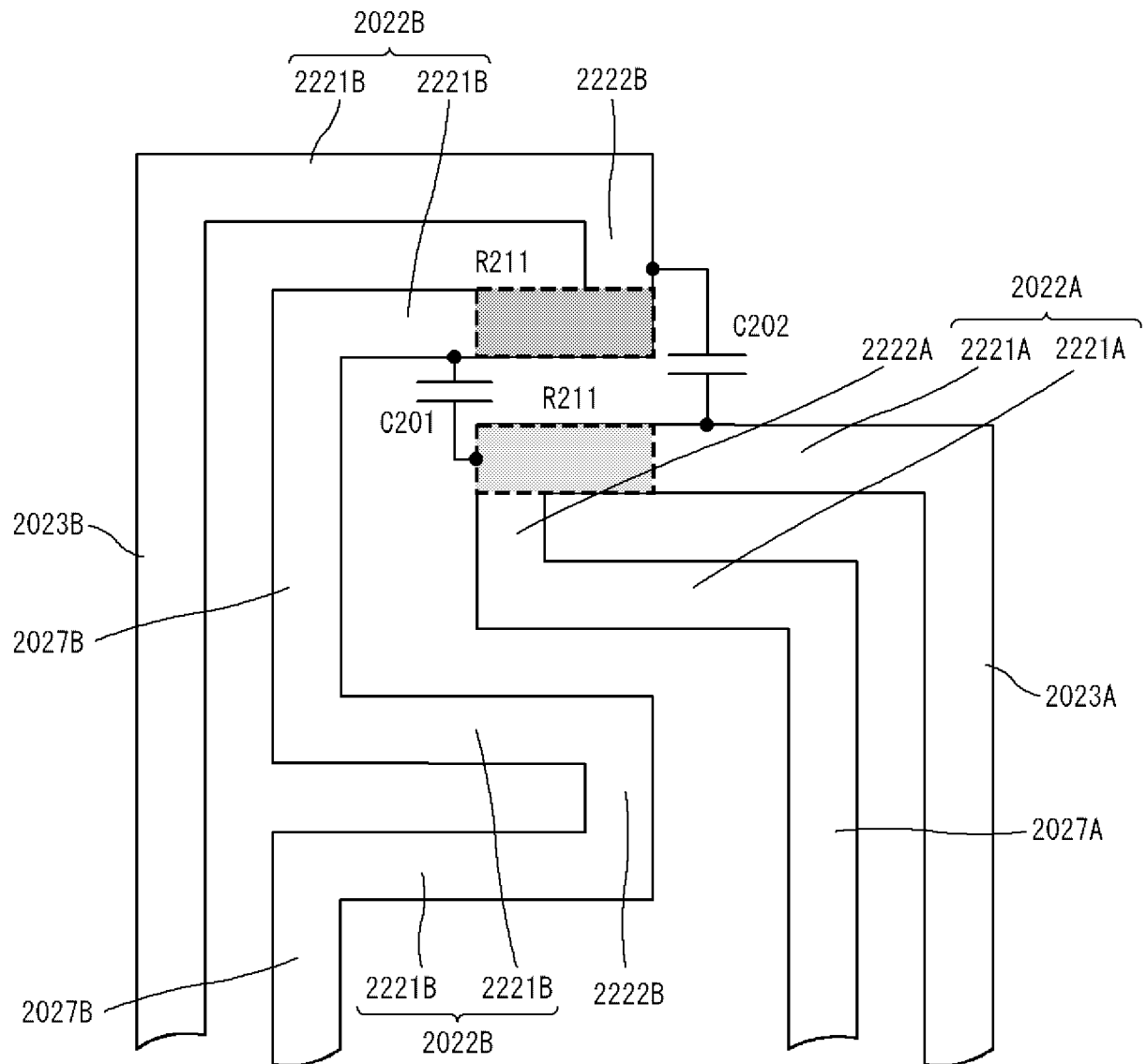
[図10B]



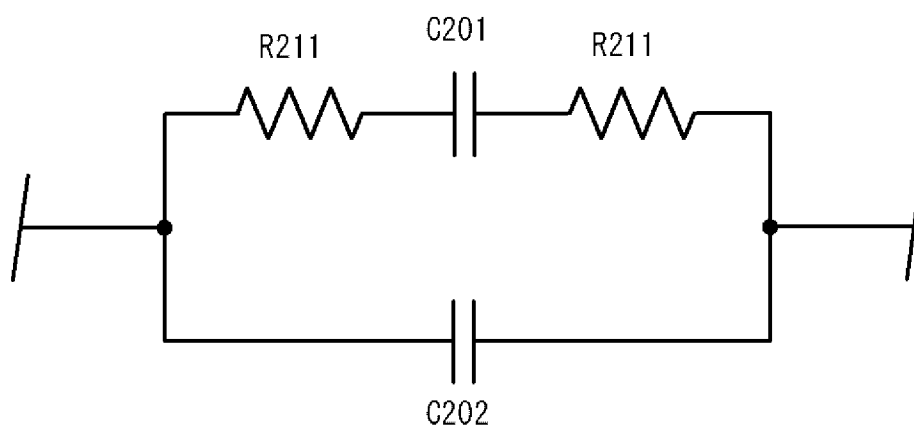
[図11]



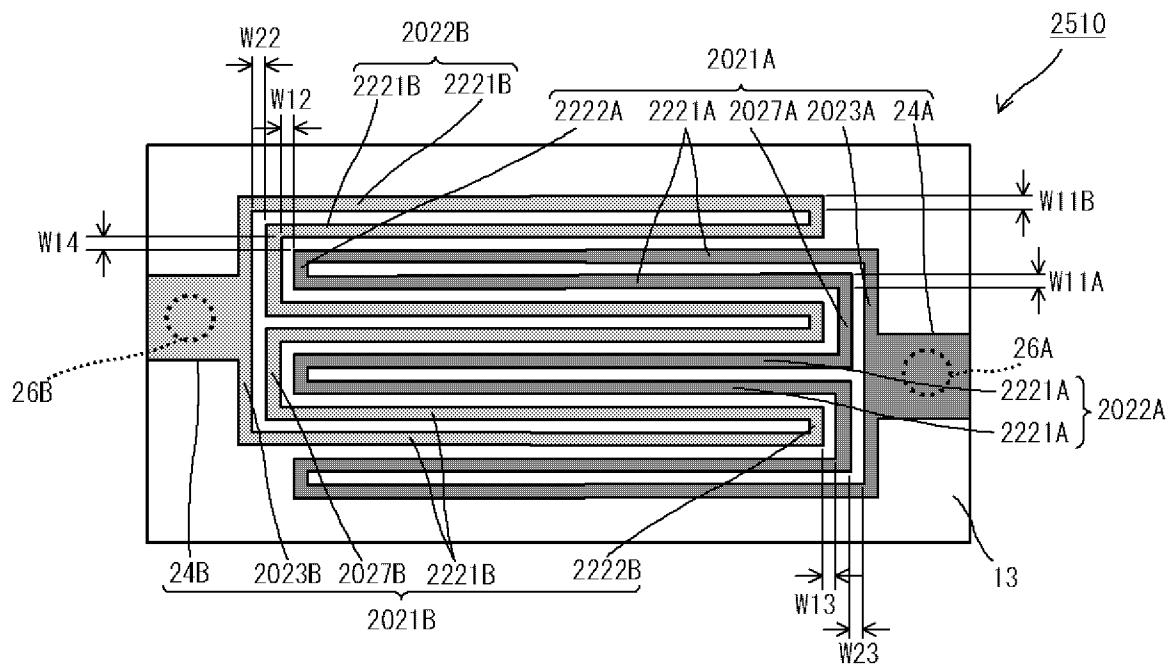
[図12A]



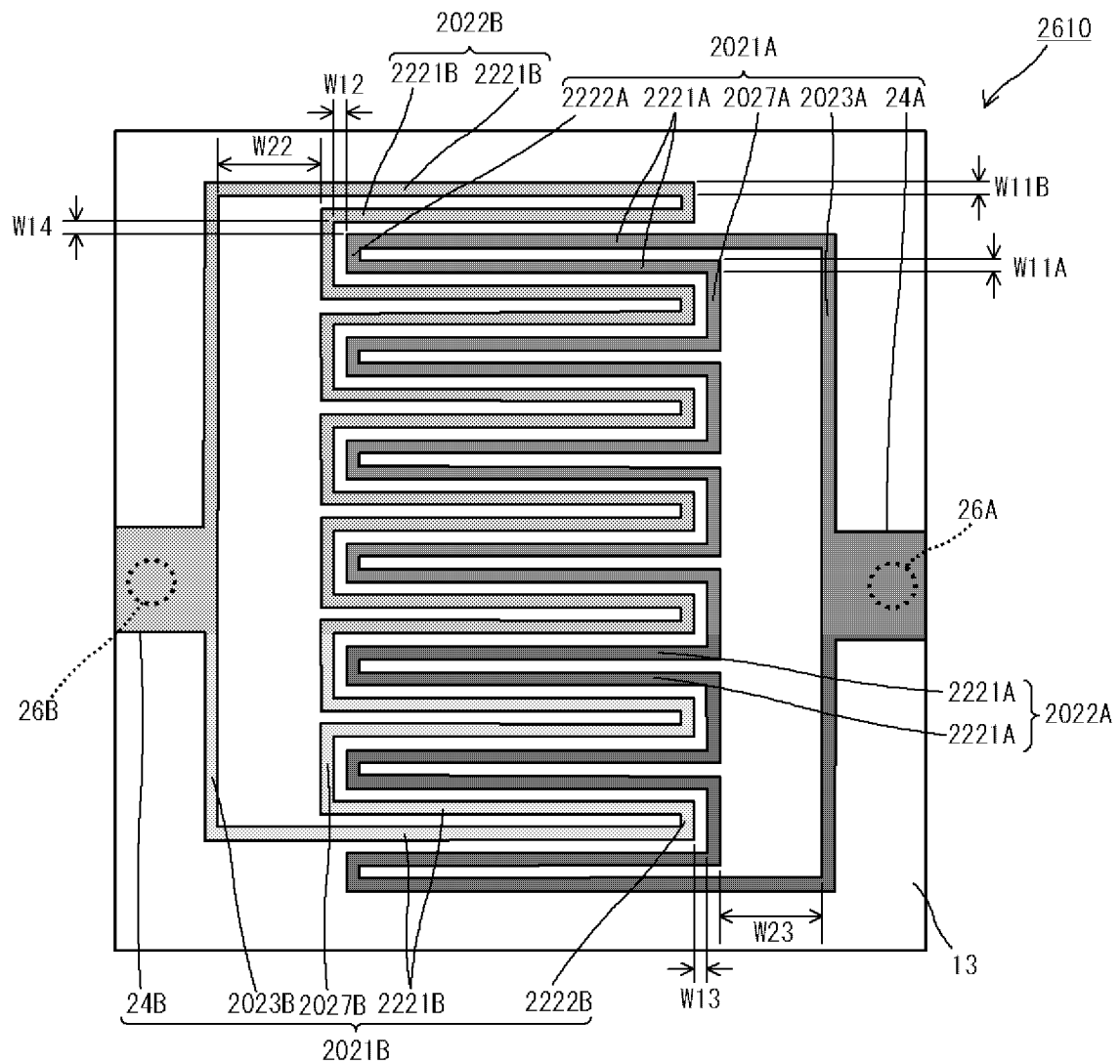
[図12B]



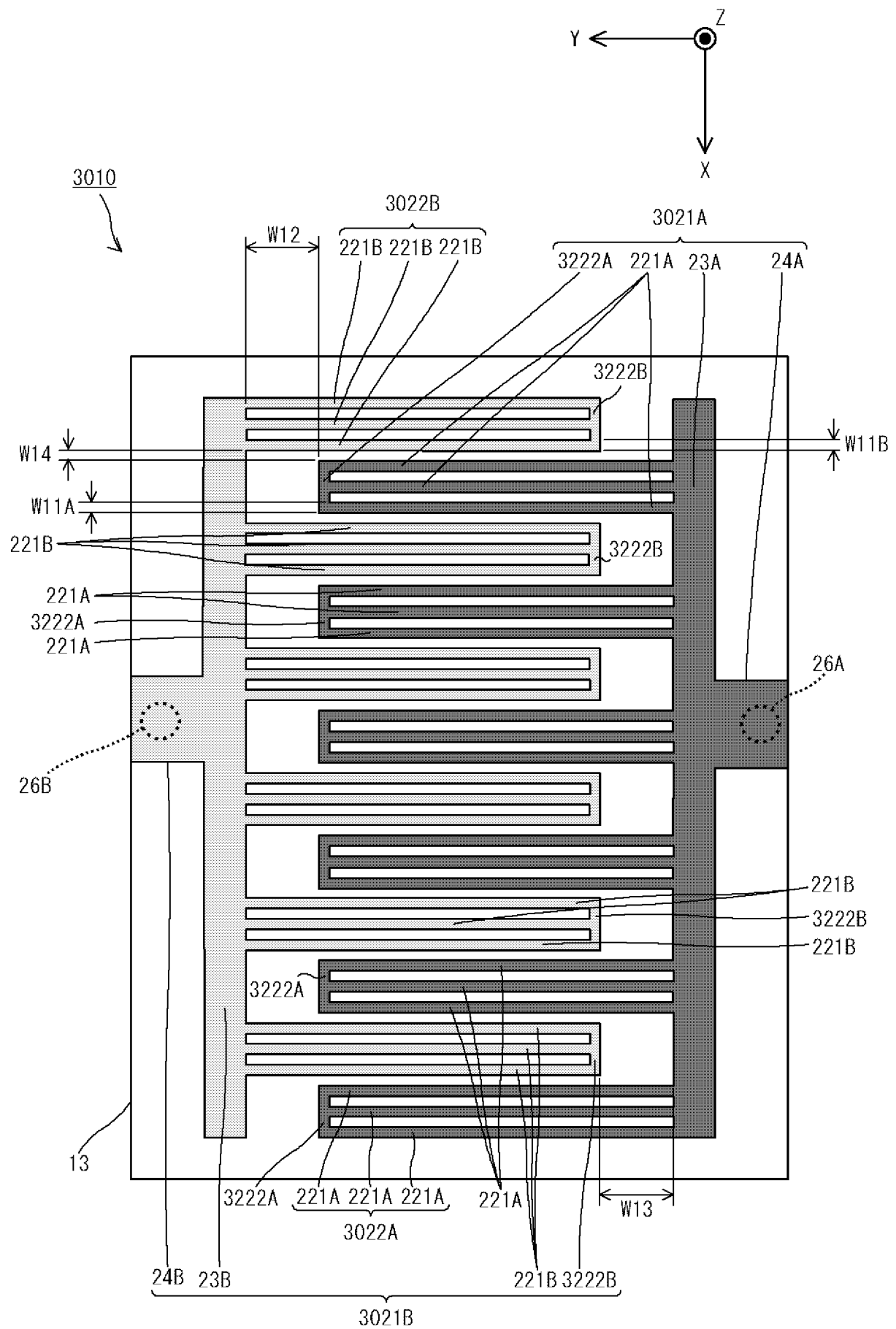
[図13A]



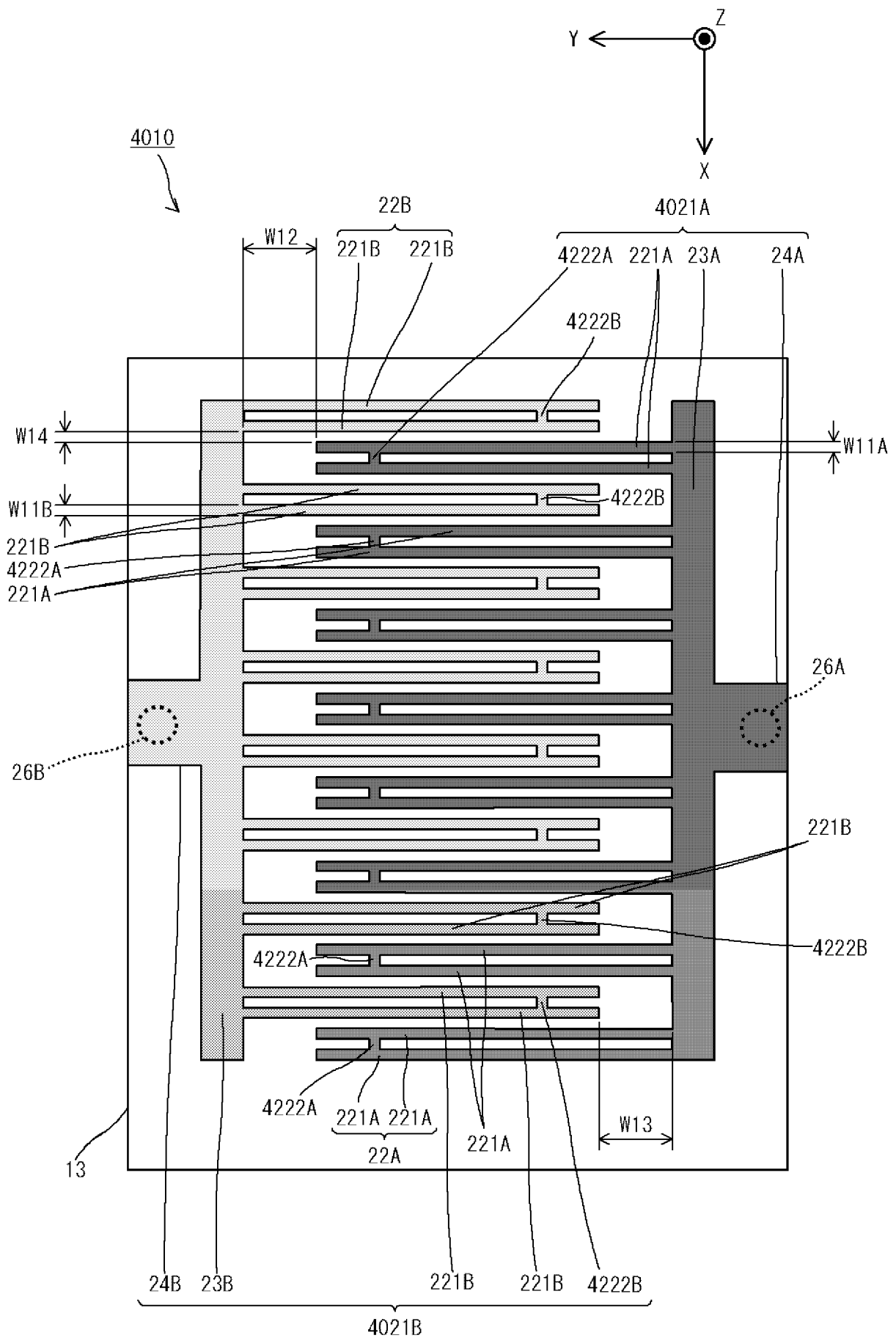
[図13B]



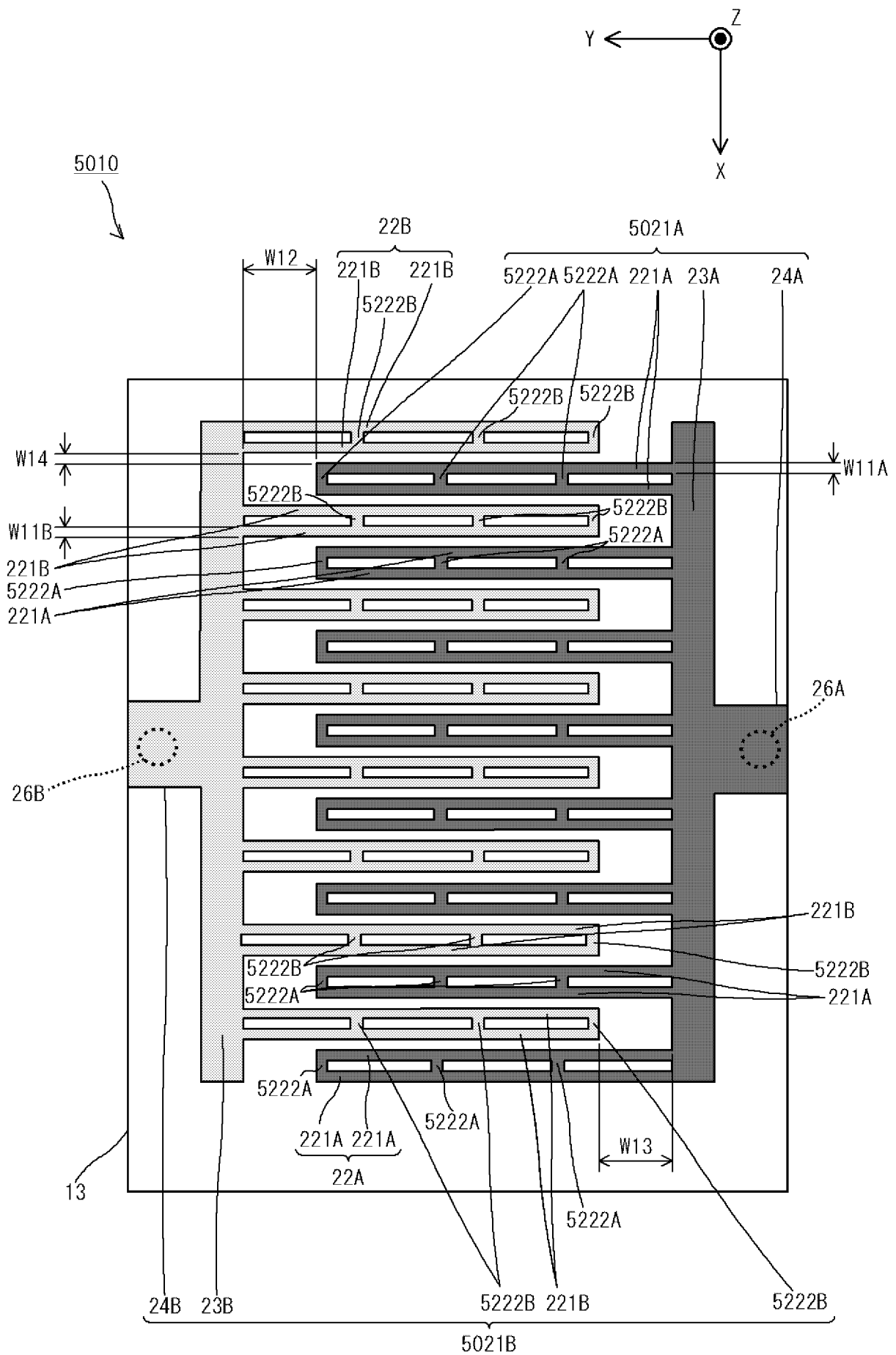
[図14]



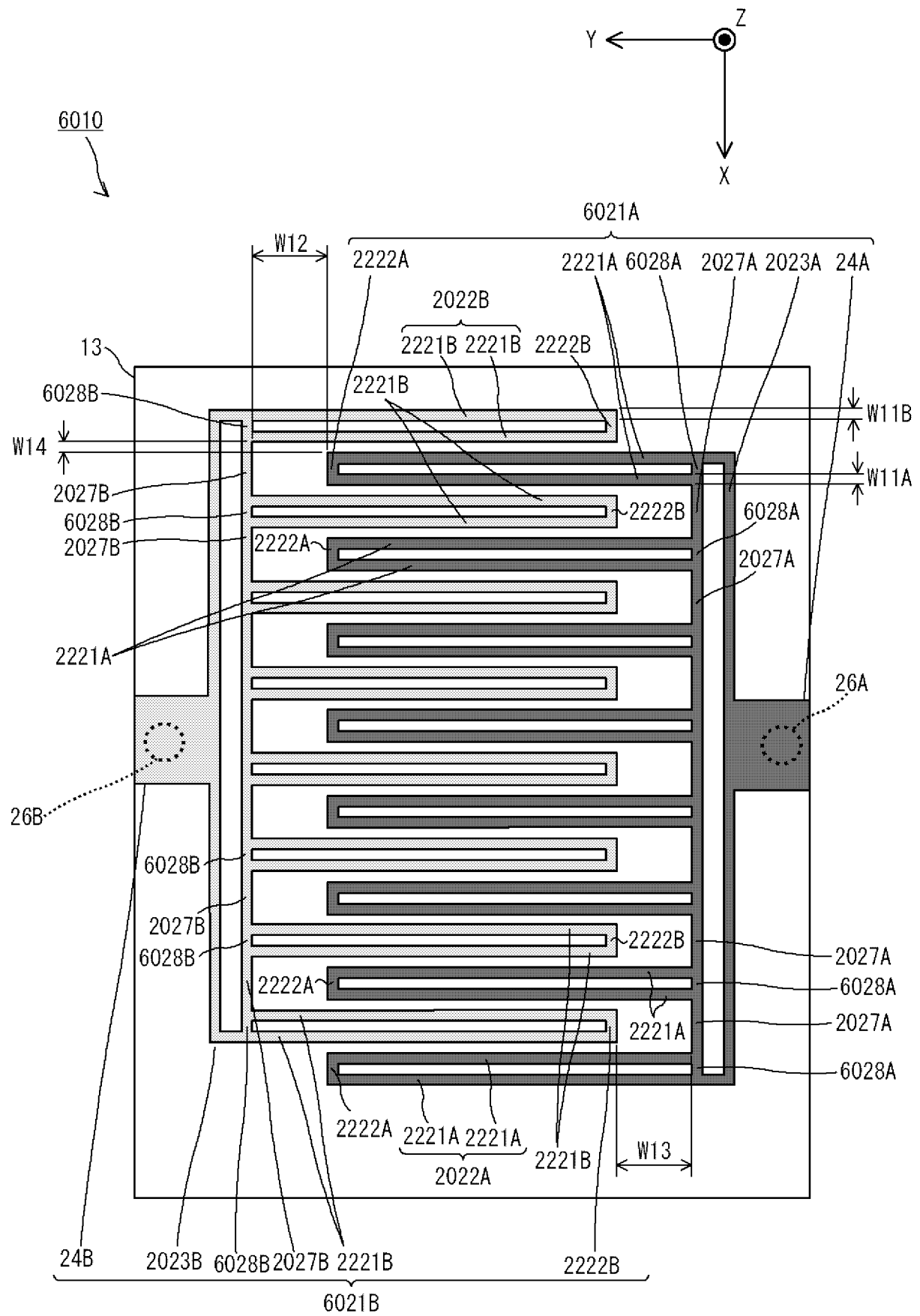
[図15]



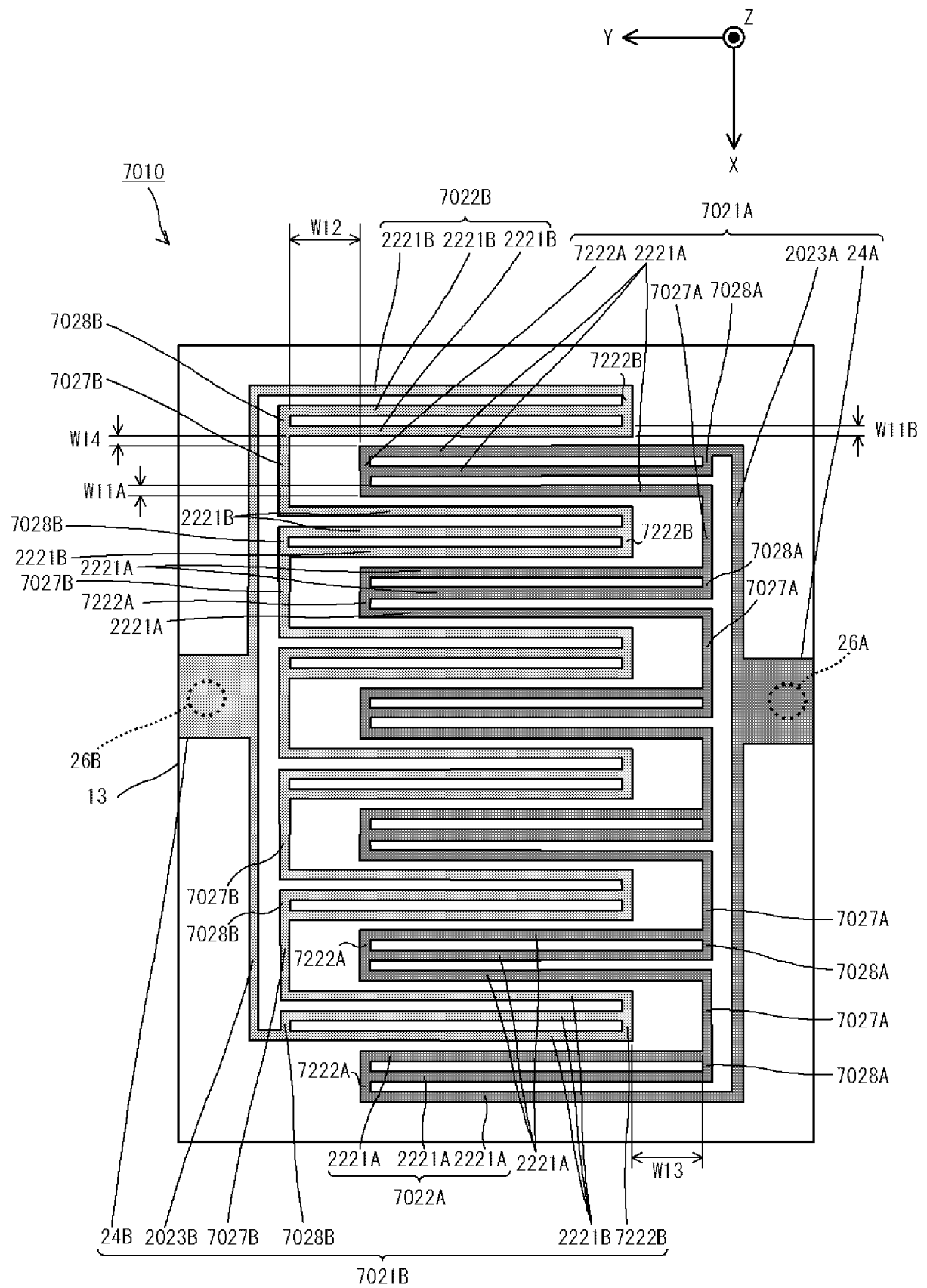
[図16]



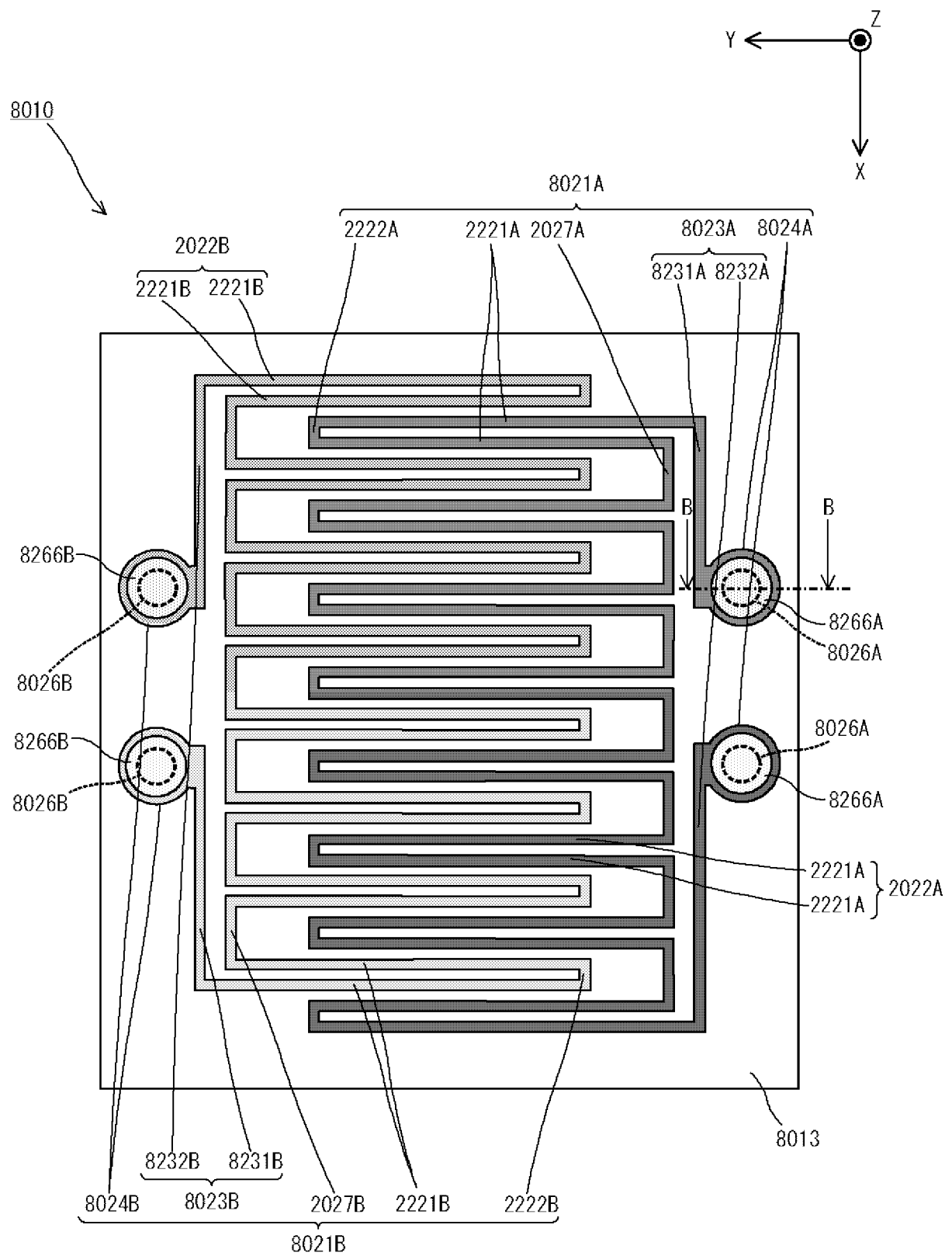
[図17]



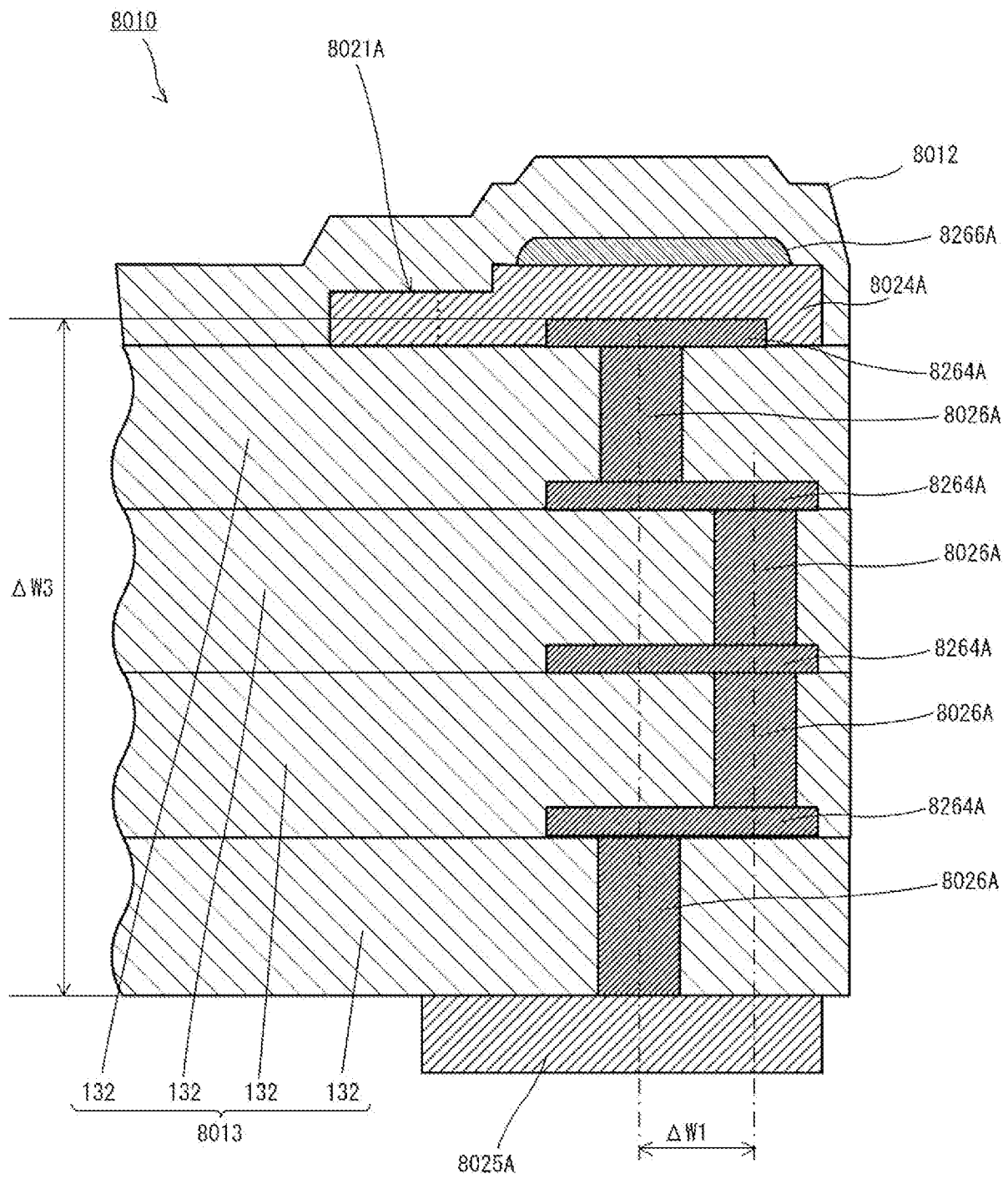
[図18]



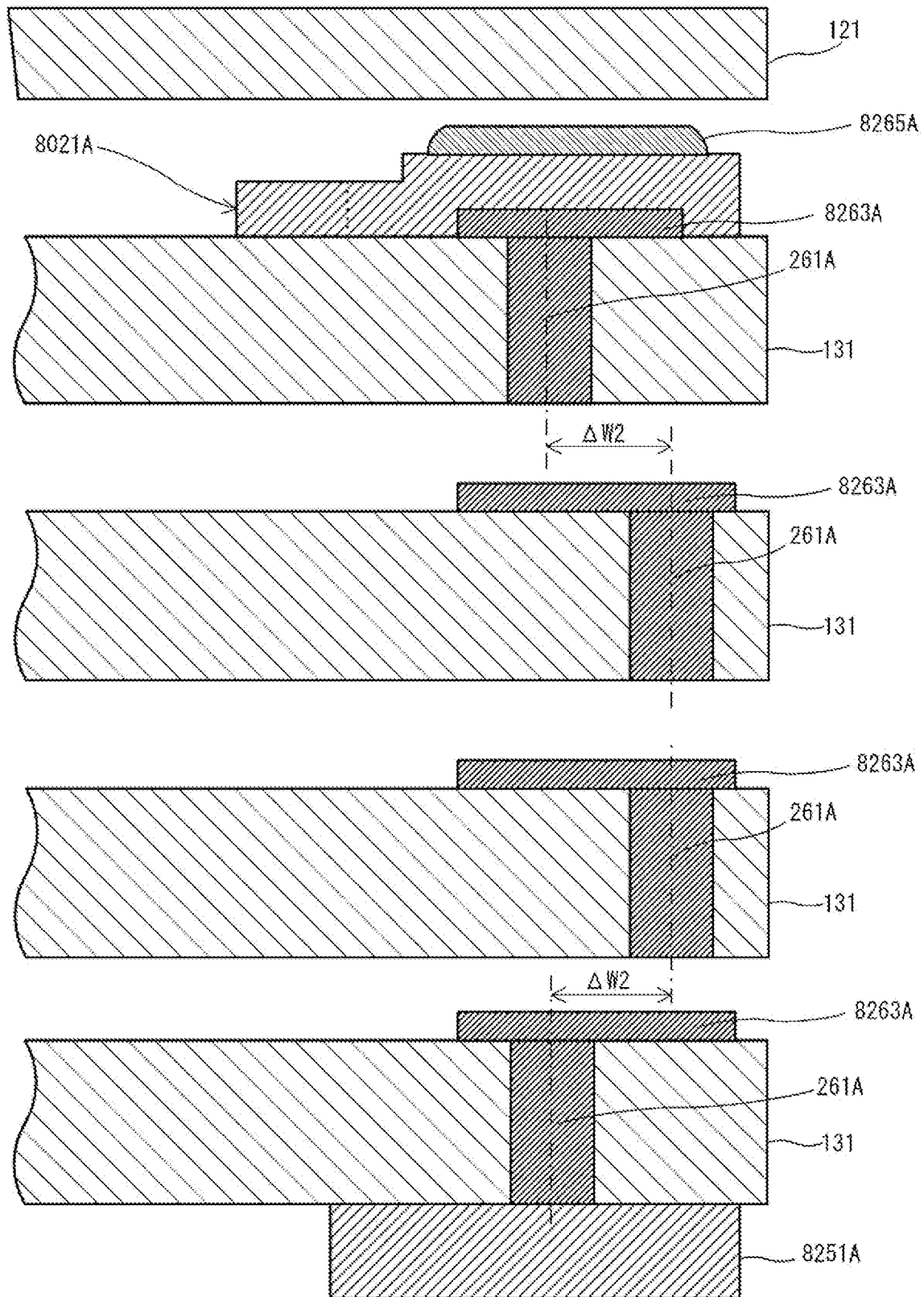
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/000754

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C01B13/11(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C01B13/11

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.
A	JP 2005-213130 A (Toshiba Corp.), 11 August 2005 (11.08.2005), (Family: none)	1-15
A	JP 2002-154810 A (Sekisui Chemical Co., Ltd.), 28 May 2002 (28.05.2002), (Family: none)	1-15
A	JP 2014-186900 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 02 October 2014 (02.10.2014), (Family: none)	1-15
A	JP 10-287407 A (Yaskawa Electric Corp.), 27 October 1998 (27.10.1998), (Family: none)	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06 February 2017 (06.02.17)

Date of mailing of the international search report
14 February 2017 (14.02.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/000754

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 1-246104 A (Kyocera Corp.), 02 October 1989 (02.10.1989), (Family: none)	1-15
A	JP 2001-80909 A (Yaskawa Electric Corp.), 27 March 2001 (27.03.2001), (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C01B13/11(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C01B13/11

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
A	JP 2005-213130 A (株式会社東芝) 2005.08.11, (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2002-154810 A (積水化学工業株式会社) 2002.05.28, (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2014-186900 A (株式会社村田製作所) 2014.10.02, (ファミリーなし)	1-15
A	JP 10-287407 A (株式会社安川電機) 1998.10.27, (ファミリーなし)	1-15

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「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

06.02.2017

国際調査報告の発送日

14.02.2017

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)

延平 修一

4G

4034

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 1-246104 A (京セラ株式会社) 1989. 10. 02, (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2001-80909 A (株式会社安川電機) 2001. 03. 27, (ファミリーなし)	1-15