

(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
2022年12月22日(22.12.2022)



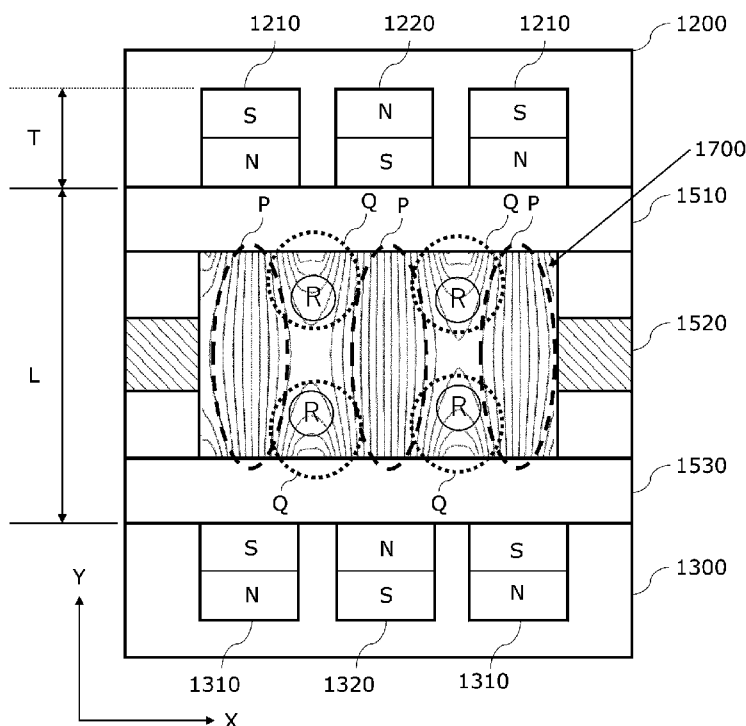
(10) 国際公開番号

WO 2022/264603 A1

- (51) 国際特許分類: *G04F 5/14* (2006.01) *H05H 1/24* (2006.01) *H01J 41/18* (2006.01) [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞が関 1丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/013803
- (22) 国際出願日: 2022年3月24日(24.03.2022)
- (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 2021-098407 2021年6月14日(14.06.2021) JP
- (71) 出願人: 国立研究開発法人産業技術総合研究所(NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY)
- (72) 発明者: 倉島 優一 (KURASHIMA Yuuichi); 〒3058560 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第1 国立研究開発法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 本村 大成(MOTOMURA Taisei); 〒8410052 佐賀県鳥栖市宿町807-1 国立研究開発法人産業技術総合研究所内 Saga (JP). 柳町 真也(YANAGIMACHI Shinya); 〒3058560 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第1 国立研究開発法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 高木 秀樹(TAKAGI Hideki); 〒3058560 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第1 国立研究開発法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 日暮 栄治(HIGURASHI Eiji); 〒3058560 茨城県つく

(54) Title: PLASMA SOURCE, AND ATOMIC CLOCK EMPLOYING SAID PLASMA SOURCE

(54) 発明の名称: プラズマ源及び当該プラズマ源を用いた原子時計



(57) Abstract: According to the present invention, a small plasma source that enables highly efficient discharge in an ultra-high vacuum state comprises: a first magnet; a second magnet disposed such that a second magnetic pole thereof faces a first magnetic pole of the first magnet; a third magnet disposed such that a second magnetic pole thereof faces in the same direction as the orientation of the first magnetic pole of the first magnet, and disposed so as to surround the first magnet; a fourth magnet disposed such that a first magnetic pole thereof, different from the second magnetic pole



WO 2022/264603 A1

ば市梅園 1-1-1 中央第 1 国立研究開発法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 松前 貴司(MATSUMAE Takashi); 〒3058560 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第 1 国立研究開発法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (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, IT, JM, JO, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

of the third magnet, faces said second magnetic pole, and disposed so as to surround the second magnet; a first electrode provided on the side of the first magnetic pole of the first magnet and the second magnetic pole of the third magnet; a second electrode provided facing the first electrode, on the side of the second magnetic pole of the second magnet and the first magnetic pole of the fourth magnet; and a third electrode disposed between the first electrode and the second electrode. A value obtained by dividing the shorter of the distance between the first magnet and the second magnet and the distance between the third magnet and the fourth magnet by the average value of the thicknesses of the first to fourth magnets is at least equal to 1 and at most equal to 10.

(57) 要約 : 超高真空状態での高効率な放電を可能とする小型のプラズマ源は、第 1 磁石と、第 1 磁石の第 1 磁極に対して第 2 磁極が対向するように配置された第 2 磁石と、第 1 磁石の第 1 磁極の向きと同じ方向に第 2 磁極が向けられ、第 1 磁石を囲うように配置された第 3 磁石と、第 3 磁石の第 2 磁極に対して当該第 2 磁極とは異なる第 1 磁極が対向し、第 2 磁石を囲うように配置された第 4 磁石と、第 1 磁石の第 1 磁極及び第 3 磁石の第 2 磁極の側に設けられる第 1 電極と、第 1 電極に対向し、第 2 磁石の第 2 磁極及び第 4 磁石の第 1 磁極の側に設けられる第 2 電極と、第 1 電極と第 2 電極との間に配置される第 3 電極とを有する。第 1 磁石と第 2 磁石との距離と第 3 磁石と第 4 磁石との距離のうち短い方の距離を、第 1 乃至第 4 磁石の厚みの平均値で除した値が 1 以上 10 以下である。

明 細 書

発明の名称： プラズマ源及び当該プラズマ源を用いた原子時計
技術分野

[0001] 本発明は、プラズマ源及び当該プラズマ源を用いた原子時計に関する。

背景技術

[0002] 超高真空中で封止された小型セルは様々な革新的なデバイスに応用が期待される。こうした超高真空の小型セルは、中真空（ 10^{-1} 乃至 1 Pa ）程度で気密封止された後、セルを外部から超高真空ポンプを用いて更に排気することで実現される。一般的に超高真空ポンプとしてはイオンポンプが広く使われており、イオンポンプ内部には高効率な放電が可能なプラズマ源が用いられる。

[0003] 小型のMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）真空ポンプとして、イオンポンプと同様の構造をMEMSプロセス（微細加工と陽極接合）により実現する技術が知られている。この技術では、第1の磁石のN極と第2の磁石のS極とを対向させ、第1の磁石側にシリコンの第1のカソード電極と、第2の磁石側にシリコンの第2のカソード電極と、第1のカソード電極と第2のカソードとの間に空間を設けるようにシリコンのアノード電極とを配置している。このような小型のMEMS真空ポンプでは、 10^{-5} Pa 程度以下の超高真空状態で高効率に放電するのは難しい。

[0004] また、中心にカソード電極、その外側でカソード電極を囲うようにカソード電極と略同一面にアノード電極を配置し、異なる磁極が対向するようにカソード電極及びアノード電極の上下に磁石を配置するような他の技術も知られている。これにより、電子を閉じ込めて放電を行い、残留ガスに電子を衝突させて、排気するものである。このような技術でも、 10^{-5} Pa 程度以下の超高真空状態で高効率に放電できるわけではない。

[0005] 一方、基板上に膜を成膜する方法として、マグネトロンスパッタリング法が知られており、そのための成膜装置には、下側にN極、S極、N極といった

並びで磁石を配置し、下側の磁石に対向するように上側にS極、N極、S極といった並びで磁石を配置する技術が存在している。しかし、この技術では基板への成膜が目的となっているので、この技術を超高真空状態での高効率な放電という問題に対してそのまま適用できるわけではない。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2020-26559号公報

特許文献2：特開昭63-303065号公報

非特許文献

[0007] 非特許文献1：T.Grzebyk et.al., "MEMS ion-sorption high vacuum pump", Journal of Physics: Conference Series 773 (2016) 012047

非特許文献2：T.Grzebyk et.al., "Magetron-like miniature ion source", Vacuum 151 (2018) 167-174

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 従って、本発明の目的は、一側面として、超高真空状態での高効率な放電を可能とする小型のプラズマ源を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の第1の側面に係るプラズマ源は、(A)第1の磁石と、(B)第1の磁石の第1の磁極に対して当該第1の磁極とは異なる第2の磁極が対向するように配置された第2の磁石と、(C)第1の磁石の第1の磁極の向きと同じ方向に当該第1の磁極とは異なる第2の磁極が向けられ、第1の磁石を囲うように配置された第3の磁石と、(D)第3の磁石の第2の磁極に対して当該第2の磁極とは異なる第1の磁極が対向し、第2の磁石を囲うように配置された第4の磁石と、(E)第1の磁石の第1の磁極及び第3の磁石の第2の磁極の側に設けられる第1の電極と、(F)第1の電極に対向し、第2の磁石の第2の磁極及び第4の磁石の第1の磁極の側に設けられる第2の

電極と、(G) 第1の電極及び第2の電極より高電位となるように電圧が印加されるようになっており、第1の電極と第2の電極との間に配置される第3の電極とを有する。そして、第1の磁石と第2の磁石との間の第1の空間と第3の磁石と第4の磁石との間の第2の空間とにおける、第2の磁石から第1の磁石への第1の方向の最大の磁場強度 $|B_y(\max)|$ と、上記第1の方向の最小の磁場強度 $|B_y(\min)|$ とが、 $|B_y(\min)|/|B_y(\max)| \geq 0.1$ を満たしている。また、第1の空間と第2の空間とに挟まれた第3の空間における、第1の方向と直交する第2の方向の最大の磁場強度 $|B_x(\max)|$ と、第2の方向の最小の磁場強度 $|B_x(\min)|$ とが、 $|B_x(\min)|/|B_x(\max)| \leq 0.1$ を満たしている。

[0010] 本発明の第2の側面に係るプラズマ源は、(A) 第1の磁石と、(B) 第1の磁石の第1の磁極に対して当該第1の磁極とは異なる第2の磁極が対向するように配置された第2の磁石と、(C) 第1の磁石の第1の磁極の向きと同じ方向に当該第1の磁極とは異なる第2の磁極が向けられ、第1の磁石を囲うように配置された第3の磁石と、(D) 第3の磁石の第2の磁極に対して当該第2の磁極とは異なる第1の磁極が対向し、第2の磁石を囲うように配置された第4の磁石と、(E) 第1の磁石の第1の磁極及び第3の磁石の第2の磁極の側に設けられる第1の電極と、(F) 第1の電極に対向し、第2の磁石の第2の磁極及び第4の磁石の第1の磁極の側に設けられる第2の電極と、(G) 第1の電極及び第2の電極より高電位となるように電圧が印加されるようになっており、第1の電極と第2の電極との間に配置される第3の電極とを有する。そして、第1の磁石と第2の磁石との距離と第3の磁石と第4の磁石との距離とのうち短い方の距離を、第1乃至第4の磁石の厚みの平均値で除した値が、1以上10以下である。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、第1の実施の形態に係るプラズマ源の概要を示す図である。
[図2]図2は、第1の実施の形態に係るプラズマ源の概要を示す図である。
[図3]図3は、第1の実施の形態に係るプラズマ源における磁石配置などを説

明するための図である。

[図4]図4(a)乃至(c)は、磁石間距離比毎の磁力線分布の例を示す図である。

[図5]図5(a)乃至(c)は、磁石間距離比毎の磁力線分布の例を示す図である。

[図6]図6は、Y方向の磁力強度分布の例を示す図である。

[図7]図7は、X方向の磁力強度分布の例を示す図である。

[図8]図8は、第1の実施の形態に係るプラズマ源の効果を説明するための図である。

[図9]図9は、プラズマ源をイオンポンプとして用いる場合の構成例を示す図である。

[図10]図10は、小型冷却原子時計の概要を示す図である。

[図11]図11は、小型冷却原子時計の概要を示す図である。

[図12]図12は、プラズマ源を真空ポンプとして用いる場合の実施例を示す図である。

[図13]図13は、プラズマ源を真空ポンプとして用いる場合の効果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0012] [実施の形態1]

図1に本実施の形態に係るプラズマ源の構成例を示す。本実施の形態に係るプラズマ源は、図1(a)に示すヨーク1100と、図1(b)に示すセル部1500との組み合わせである。ヨーク1100は、上側アーム1200と、下側アーム1300とを有しており、上側アーム1200と下側アーム1300との間には空隙1400が設けられている。この空隙1400に、セル部1500を挿入するようになっている。すなわち、空隙1400の縦方向の長さは、セル部1500の厚みより若干長くなっている。

[0013] 上側アーム1200は、円柱状磁石1220と、当該円柱状磁石1220を囲う円筒状磁石1210とを含む。すなわち、円筒状磁石1210の内径は

、円柱状磁石1220の直径より大きい。好ましくは、円柱状磁石1220の上面から見た中心点と、円筒状磁石1210の上面から見た中心点は一致するように配置する。また、好ましくは、円筒状磁石1210の厚みと円柱状磁石1220との厚みは同じであり、同じ強度の磁石を用いる。さらに、好ましくは、円筒状磁石1210の下面と、円柱状磁石1220の下面とは、上側アーム1200の下面と一致するように配置する。

[0014] 下側アーム1300は、円柱状磁石1320と、当該円柱状磁石1320を囲う円筒状磁石1210とを含む。すなわち、円筒状磁石1310の内径は、円柱状磁石1320の直径より大きい。好ましくは、円柱状磁石1320の上面から見た中心点と、円筒状磁石1310の上面から見た中心点は一致するように配置する。また、好ましくは、円筒状磁石1310の厚みと円柱状磁石1320との厚みは同じであり、同じ強度の磁石を用いる。さらに、好ましくは、円筒状磁石1310の上面と、円柱状磁石1320の上面とは、下側アーム1300の上面と一致するように配置する。なお、図1(a)において参照符号が振られていない円柱状の要素は、以下の説明では関係ない設計上の接続部などであるから、説明を省略する。

[0015] なお、さらに好ましくは、円筒状磁石1210及び1310と、円柱状磁石1220及び1320とは、同じ強度の磁石である。例えば、磁石には、ネオジムやサマリウムコバルトの磁石が想定される。さらに、好ましくは、円柱状磁石1220と円柱状磁石1320の形状は同じであり、円筒状磁石1210と円筒状磁石1310の形状も同じである。さらに、好ましくは、円柱状磁石1220の上面から見た中心点と、円筒状磁石1210の上面から見た中心点と、円柱状磁石1320の上面から見た中心点と、円筒状磁石1310の上面から見た中心点とは一致するように配置する。

[0016] セル部1500は、例えばシリコンからなる平板状の上部電極1510と、例えばシリコンからなる平板状の下部電極1530と、例えばガラスからなるスペーサ1541乃至1543等と、上部電極1510と下部電極1530との間にスペーサ1541乃至1543等により保持され且つ穴1521

が設けられた平板状の電極 1520 とを有する。なお、スペーサについては、例えば、スペーサ 1541 及び電極 1520 の下のスペーサのように、図示の都合で図 1 には現れていないものもある。電極 1520 には、上部電極 1510 及び下部電極 1530 より高い電位の電圧が印加される。例えば、上部電極 1510 及び下部電極 1530 は接地され、電極 1520 には正の電圧が印加される。好ましくは、上部電極 1510 と下部電極 1530 との中間に電極 1520 を保持する。また、好ましくは、穴 1521 は、円形であり、その直径は、円筒状磁石 1210 及び 1310 の内径以上とする。さらに好ましくは、穴 1521 の中心と、円柱状磁石 1220 及び 1320 の上面から見た中心点とを一致させる。但し、穴 1521 の形状は任意である。穴 1521 は、図 3 に示す空間 1700 を形成するために空けられており、上部電極 1510 に対して下部電極 1530 を完全には遮蔽しないようにしている。

[0017] 図 1 (b) において、図示の都合でセル部 1500 の左右に空きがあるように示されているが、スペーサを適切に追加配置するか形状を変更することで密閉空間を形成することが出来る。

[0018] 図 2 に、ヨーク 100 とセル部 1500 とを組み合わせた状態を模式的に示す。以下、詳細な構成について説明するため、一点鎖線 A-A' で切断し、その断面を矢印方向に見た場合を説明する。

[0019] 図 3 は、上記断面の概略を示す図である。本実施の形態では、円柱状磁石 1220 は、対向する円柱状磁石 1320 の方に S 極を向けており、円柱状磁石 1320 は、対向する円柱状磁石 1220 の方に N 極を向けている。円筒状磁石 1210 は、対向する円筒状磁石 1310 の方に N 極を向けており、円筒状磁石 1310 は、対向する円筒状磁石 1210 の方に S 極を向けている。なお、S 極と N 極とは逆にしても良い。このような磁石配置を行うことで、上部電極 1510 と下部電極 1530 で挟まれ、スペーサ 1541 乃至 1543 等及び電極 1520 でさらに囲まれる空間 1700 内に、図示したような磁力線が生じる。本実施の形態では、円柱状磁石 1220 及び 132

0と円筒状磁石1210及び1310による磁気回路によって、高密度にプラズマを閉じ込めるため一定強度以上のマグネトロン磁場Q及び平行磁場Pを生成する。ここで、下側アーム1300から下側アーム1300に対向する上側アーム1200への方向をY方向とし、Y方向に直交する方向をX方向とする。電子は、磁力線が疎から密（磁場強度が弱から強）に対しては進行できずに跳ね返される。電子は、マグネトロン磁場QによりY方向には進めない。また、電子は、上下にあるマグネトロン磁場Qの間ではゼロ磁場領域が発生するので、ゼロ磁場領域から磁力線を横切って進むことも出来ない。さらに、X方向にも同様に平行磁場Pにより進むことが出来ない。このため、領域Rにプラズマが閉じ込められ、高密度なプラズマを生成することが出来る。

[0020] なお、図3では、図示の都合上、電極の厚みが強調されている。一例として、円柱状磁石1220及び1320の直径は7mmであり、円筒状磁石1210及び1310の外径は20mm、内径は10mmである。また、上部電極1510と下部電極1530との間の距離は、4.4mmである。なお、本実施の形態では、小型のプラズマ源を想定しており、上部電極1510と下部電極1530の距離は、長くても20mm程度を想定している。これを実現させるためにはデバイ長さ（プラズマの大きさ） λD が上記距離の $1/10$ 以下（上下2つプラズマが生成されるので1mm以下）となる。より具体的には、 10^{-4} Paの真空度でデバイ長さが1mm以下である。デバイ長さ（プラズマの大きさ）が上記距離の $1/10$ を超えてくると、電極から生成される荷電粒子の数より壁に衝突して消失する荷電粒子が多くなり、プラズマが維持できなくなる。

[0021] 図3で示したような磁石配置のみでは、上で述べたような高密度なプラズマを生成することは出来ない。本実施の形態では、上側アーム1200における磁石と、当該磁石に対向する、下側アーム1300の磁石との距離のうち最短距離を、用いられている磁石の厚みの平均値で除した値を、磁石間距離比と定義する。図3に示すような例では、磁石の厚みは全て同じTであり、

上側アーム 1 2 0 0 における磁石と当該磁石に対向する、下側アーム 1 3 0 0 の磁石との距離も全て同じ L である。このような場合には、 L/T が磁石間距離比となる。

[0022] 磁石間距離比 L/T が小さな値、例えば 0.5 といった値の場合には、図 4 (a) に模式的に示すシミュレーション結果のように、磁石が近すぎて十分な強度のマグネトロン磁場が生成できていない。磁石間距離比 L/T が増加して例えば 1.0 になると、図 4 (b) に模式的に示すシミュレーション結果のように、マグネトロン磁場が生成されて高密度なプラズマを生成できるようになる。さらに磁石間距離比 L/T が増加して例えば 2.5 になると、十分な強度のマグネトロン磁場及び平行磁場が生成される。さらに磁石間距離比 L/T が増加して例えば 5.0 でも、図 5 (a) に模式的に示すシミュレーション結果のように、十分な強度のマグネトロン磁場及び平行磁場が生成される。さらに磁石間距離比 L/T が増加して例えば 10 になると、図 5 (b) に模式的に示すシミュレーション結果のように、マグネトロン磁場が支配的になってはいるが、平行磁場もある程度形成されている。さらに磁石間距離比 L/T が増加して例えば 20 になると、図 5 (c) に模式的に示すシミュレーション結果のように、平行磁場がほとんど生成されておらず、マグネトロン磁場が支配的になっており、プラズマ閉じ込めが出来なくなる。

[0023] 以上のシミュレーション結果からすると、磁石間距離比 L/T が 1 以上 10 以下であれば、一般的なプラズマ源として用いることが出来る。また、より高密度なプラズマ閉じ込めを行うには、磁石間距離比 L/T が 2.5 以上 5 以下にすることが好ましい。

[0024] また、十分な強度の平行磁場及びマグネトロン磁場を生成できる別の指標についても説明する。ここでも、下側アーム 1 3 0 0 の磁石から上側アーム 1 2 0 0 の磁石への方向を Y 方向とし、それに直交する方向を X 方向とする。平行磁場は Y 方向の磁場であり、マグネトロン磁場は X 方向の磁場である。このとき、下側アーム 1 3 0 0 の磁石と、当該磁石に対向する、上側アームの磁石との距離が最も短い磁石ペア（円柱状磁石 1 2 2 0 及び 1 3 2 0、又

は円筒状磁石1210及び1310)の間の空間において、最強の磁場強度 $|B_y(\max)|$ を探索する。図6に、図3のような磁石配置の場合におけるY方向の磁場強度を模式的に示す。なお、黒いほど磁場強度の絶対値が大きい。この例では、円柱状磁石1220と円柱状磁石1320の距離と、円筒状磁石1210と円筒状磁石1310の距離は同じであるが、ここでは円柱状磁石1220及び1320の磁石ペアに着目する。そうすると、円柱状磁石1220及び1320の表面(白太点線)で、最強の磁場強度 $|B_y(\max)|$ が得られる。また、最強の磁場強度 $|B_y(\max)|$ が得られた磁石ペア(すなわち円柱状磁石1220及び1320)の間の空間において、最弱の磁場強度 $|B_y(\min)|$ を探索する。図3のような磁石配置では、 $|B_y(\max)|$ が得られた円柱状磁石1220及び1320の表面(白太点線)に垂直な線分の中点を通り且つ当該線分に垂直な面内(中央の白太点線)において、最弱の磁場強度 $|B_y(\min)|$ が得られる。そして、 $|B_y(\min)|/|B_y(\max)|$ を指標値として、 $|B_y(\min)|/|B_y(\max)| \geq 0.1$ となると好ましい平行磁場が生成される。これは、磁石から出ている磁場が乱れずに全ての磁束がN極からS極へ向かうことが好ましく、それを判定するための基準である。なお、 $|B_y(\min)| = |B_y(\max)|$ で指標値は1となるので、 $1 > |B_y(\min)|/|B_y(\max)|$ である。

[0025] 一方、マグネトロン磁場はx方向の磁場であり、X方向の磁場強度に着目する。このとき、円柱状磁石1220と円柱状磁石1320との間の空間と、円筒状磁石1210と円筒状磁石1310との間の空間とで挟まれる空間Wにおいて、最強の磁場強度 $|B_x(\max)|$ を探索する。図7に、図3のような磁石配置の場合におけるX方向の磁場強度を模式的に示す。ここでも黒いほど磁場強度の絶対値が大きい。このような場合には、円柱状磁石1220と円筒状磁石1210の端部を結ぶ線分の中点と、円柱状磁石1320と円筒状磁石1310の端部を結ぶ線分の中点に、最強の磁場強度 $|B_x(\max)|$ が得られる。また、同じ空間Wにおいて、最弱の磁場強度 $|B_x(\min)|$ を探索する。図3のような磁石配置では、 $|B_x(\max)|$ が得られた位置を繋ぐ線分の中点において、最弱の磁場強度 $|B_x(\min)|$ が得られる。そして、 $|B_x(\min)|/|B_x(\max)|$

$|B_x(\min)|$ を指標値として、 $|B_x(\min)|/|B_x(\max)| \leq 0.1$ となると好ましいマグネトロン磁場が生成される。ゼロ磁場領域とマグネトロン磁場で形成される高強度磁場のコントラストが強い方が良いということを表している。なお、 $|B_x(\min)|=0$ で指標値は0となるので、 $0 \leq |B_x(\min)|/|B_x(\max)|$ である。

[0026] なお、より好ましくは、 $|B_y(\min)|/|B_y(\max)| \geq 0.3$ 、 $|B_x(\min)|/|B_x(\max)| \leq 0.03$ である。

[0027] 以上のように、図3に示すような基本的な磁石配置と、図4及び図5を用いて説明した詳細な磁石配置、又は図6及び図7を用いて説明した詳細なマグネトロン磁場及び平行磁場構成とにより、高密度なプラズマ閉じ込めが可能となる。

[0028] 図3に示すような磁石配置の場合と平行磁場のみを生成させる磁石配置の場合とについて、真空度とイグニッション電圧との関係を図8に示す。なお、磁石なしの場合には、電極外で放電してしまい、電極間の空間では放電しなかった。図8において、マグネトロン磁場と平行磁場とを生成する場合は丸印で示されており、平行磁場のみを生成させる場合は四角印で示されている。 10^2 乃至 10^{-1} Pa程度までは、マグネトロン磁場を生成したとしても、平行磁場のみの場合と略同程度の電圧でイグニッションしていた。しかしながら、図8から分かるように、 10^{-1} Pa以下の高真空状態では明らかに、マグネトロン磁場をも生成した方が、イグニッション電圧が低く、放電しやすかった。すなわち、 10^{-1} Pa以下の高真空状態でプラズマの生成効率が向上していることが分かる。 10^{-6} Pa以下の超高真空状態でプラズマの生成効率が向上していることが期待される。

[0029] [実施の形態2]

第1の実施の形態で示したプラズマ源は、イオンポンプに応用できる。イオンポンプとして用いる場合には、図3に示すような構成において、図9に示すように、上部電極1510の下側アーム1300側の面にTi膜1610を形成し、下側電極1530の上側アーム1200側の面にTi膜1620

を形成しておく。

[0030] イオンポンプでは、プラズマ中のイオンが陰極である上部電極1510及び下部電極1530に向かい、表面に成膜したTi膜1610及び1620のTi原子に衝突し、Ti原子は四方に飛び散る。すなわち、スパッタされる。スパッタされたTi原子は、電極1520にもTi膜を形成する。さらに、スパッタされたTi原子は、活性ガスを化学的に吸着して真空度が高くなる。また、不活性ガスであっても、電子との衝突でイオン化して、陰極である電極1510及び1530内部やTi膜1610及び1620に閉じ込められる。このため、さらに真空度が高くなる。

[0031] [実施の形態3]

第2の実施の形態に係る真空ポンプは、小型冷却原子時計に応用できる。図10に、小型冷却原子時計において真空ポンプと関連する部分を、真空ポンプの構成と共にその概略を示す。ヨーク1100の上側アーム1200と下側アーム1300との間に挟まれるセル部1500と原子時計部1800とは一体化されており、セル部1500に設けられている内部の空間1700と、原子時計部1800の冷却原子生成部1810とは、上部電極1510と電極1520の間の空間1830と電極1520と下部電極1530の間の空間1840とで連通している。

[0032] まず、図11に示すように、ヨーク1100の上側アーム1200と下側アーム1300の間に、セル部1500を差し込んで、上部電極1510及び下部電極1530と電極1520との間に電圧をかけることで、セル部1500の空間1700にプラズマを生成させて、空間1700と共に冷却原子生成部1810を真空排気する。但し、冷却原子生成には、磁場による悪影響があるので、図10に示すように、ヨーク1100からセル部1500及び原子時計部1800を分離する。このように、磁石を含むヨーク1100と、セル部1500及び原子時計部1800とを着脱可能な構成とすることで、小型冷却原子時計を適切に運用できるようになる。

[0033] このような小型冷却原子時計は、自動車等の移動体の高精度測位、第5及び

第6世代の移動通信基地局はもとより、モバイル、クラウド、電子商取引といったネットワーク通信における基準時間、工業や先端科学技術（地球探査や重力波計測）における精密計測等の要として、現代社会のあらゆる活動に欠かせないインフラとしての需要がある。但し、実施の形態に係るプラズマ源は、イオンビーム用のイオン発生源や光源等に用いることが出来る。

[0034] 以上本発明の実施の形態について説明したが、本発明はこれに限定されない。すなわち、磁石間距離比 L/T 及び $|B_y(\min)|/|B_y(\max)|$ 及び $|B_x(\min)|/|B_x(\max)|$ といった指標値に関する数値以外の数値は、磁石間距離比 L/T 及び $|B_y(\min)|/|B_y(\max)|$ 及び $|B_x(\min)|/|B_x(\max)|$ といった指標値に関する数値を実現するために変更しても良い。また、円筒状磁石1210及び1310については、複数の磁石を組み合わせる円筒状にしても良い。また、円柱状磁石1220及び1320も円筒状磁石1210及び1310も、円ではない形であっても良い。

[0035] さらに、円筒状磁石1210と円筒状磁石1310との距離と、円柱状磁石1220と円柱状磁石1320との距離とを同じにした例を多く図示したが、異なるようにしても良い。また、図3などでは、プラズマ源が軸対称となっている例を示しているが、必ずしも軸対称でなくても良い。

[0036] [小型真空ポンプとしての実施例について]

図12に、実験方法を示す図を示す。図12に示すように、容積 280 cm^3 のガラス管内に、第2の実施の形態に係る真空ポンプ2000を入れ、フィードスルー電極により気密封止した状態でガラス管外部から電圧を印加できるようにした。ガラス管に取り付けたターボ分子ポンプ（TMP：TurboMolecular Pump）により真空排気し、電離真空計によりガラス管内部の真空度をモニタした。

[0037] ガラス管をターボ分子ポンプにより $1 \times 10^{-6}\text{ Pa}$ まで真空排気した後にベローズバルブを閉じてガラス管を封止した。封止した際にOリングやガラス管内壁に吸着している脱ガスが原因でバルブを閉じた直後から真空度が悪化する。圧力の上昇を評価したところ $3 \times 10^{-3}\text{ Pa}/\text{min}$ であった。バルブを

閉じて 1×10^{-2} Pa まで真空度が悪化したところで真空ポンプ 2000 の陰極及び陽極に 1.2 kV の電圧を印加して放電を 6 分間試みた。その後さらに 1.5 kV 及び 1.8 kV の電圧をそれぞれ 6 分間ずつ印加して放電を試みた。

[0038] その結果、図 13 に示すように電圧を印加する前の圧力が 1×10^{-2} Pa であったのに対して、真空ポンプ 2000 に 1.2 kV の電圧を印加して放電を 6 分間させたところ 2.7×10^{-3} Pa、1.5 kV の電圧を印加して放電を 6 分間させたところ 1.8×10^{-3} Pa まで圧力が下がり、最終的に 1.8 kV の電圧を印加して放電を 6 分間させたところ 1.7×10^{-3} Pa まで圧力を下げることができた。これにより、第 1 の実施の形態に係るプラズマ源を利用すれば真空排気が可能であると言える。

[0039] 本実施の形態をまとめると以下のようなになる。

[0040] 本実施の形態の第 1 の態様に係るプラズマ源は、(A) 第 1 の磁石と、(B) 第 1 の磁石の第 1 の磁極に対して当該第 1 の磁極とは異なる第 2 の磁極が対向するように配置された第 2 の磁石と、(C) 第 1 の磁石の第 1 の磁極の向きと同じ方向に当該第 1 の磁極とは異なる第 2 の磁極が向けられ、第 1 の磁石を囲うように配置された第 3 の磁石と、(D) 第 3 の磁石の第 2 の磁極に対して当該第 2 の磁極とは異なる第 1 の磁極が対向し、第 2 の磁石を囲うように配置された第 4 の磁石と、(E) 第 1 の磁石の第 1 の磁極及び第 3 の磁石の第 2 の磁極の側に設けられる第 1 の電極と、(F) 第 1 の電極に対向し、第 2 の磁石の第 2 の磁極及び第 4 の磁石の第 1 の磁極の側に設けられる第 2 の電極と、(G) 第 1 の電極及び第 2 の電極より高電位となるように電圧が印加されるようになっており、第 1 の電極と第 2 の電極との間に配置される第 3 の電極とを有する。そして、第 1 の磁石と第 2 の磁石との間の第 1 の空間と第 3 の磁石と第 4 の磁石との間の第 2 の空間とにおける、第 2 の磁石から第 1 の磁石への第 1 の方向の最大の磁場強度 $|B_y(\max)|$ と、第 1 の方向の最小の磁場強度 $|B_y(\min)|$ とが、 $|B_y(\min)| / |B_y(\max)| \geq 0.1$ を満たしており、第 1 の空間と第 2 の空間とに挟まれた第 3 の空間における、第

1 の方向と直交する第 2 の方向の最大の磁場強度 $|B_x(\max)|$ と、第 2 の方向の最小の磁場強度 $|B_x(\min)|$ とが、 $|B_x(\min)| / |B_x(\max)| \leq 0.1$ を満たしている。

[0041] このような磁場強度分布を有するように第 1 乃至第 4 の磁石を配置することで、超高真空状態での高効率な放電を可能とする小型のプラズマ源が得られるようになる。なお、より好ましくは、 $|B_y(\min)| / |B_y(\max)| \geq 0.3$ 、 $|B_x(\min)| / |B_x(\max)| \leq 0.03$ である。

[0042] 本実施の形態の第 2 の態様に係るプラズマ源は、第 1 の態様に係るプラズマ源における (A) 乃至 (G) と同様の構成要素を有する。そして、第 1 の磁石と第 2 の磁石との距離と第 3 の磁石と第 4 の磁石との距離とのうち短い方の距離を、第 1 乃至第 4 の磁石の厚みの平均値で除した値が、1 以上 10 以下である。

[0043] このような磁石サイズ及び磁石配置を採用することで、超高真空状態での高効率な放電を可能とする小型のプラズマ源が得られるようになる。

[0044] なお、上で述べた第 1 の磁石及び第 2 の磁石が円柱状であり、第 3 の磁石及び第 4 の磁石が円筒状であってもよい。軸対称の方が効率の観点からすると好ましい。

[0045] また、第 2 の態様に係るプラズマ源では、第 1 の磁石と第 2 の磁石との距離と第 3 の磁石と第 4 の磁石との距離とのうち短い方の距離を、第 1 乃至第 4 の磁石の厚みの平均値で除した値が、2.5 以上 5 以下であることがより好ましい。より高密度なプラズマ閉じ込めが可能となる。

[0046] さらに、上で述べた第 1 乃至第 4 の磁石は、第 1 乃至第 3 の電極を含むセルに対して脱着可能であっても良い。このようにすれば、プラズマ源を例えばイオンポンプとして用いた後、磁石の磁力が悪影響を及ぼすような場合には、第 1 乃至第 4 の磁石を取り外してセルを用いることが出来るようになる。

[0047] 本実施の形態に係る原子時計は、第 1 乃至第 4 の磁石が第 1 乃至第 3 の電極を含むセルに対して着脱可能なプラズマ源と、プラズマ源の上記セルと連通した冷却原子生成部とを含む。このようにすれば、プラズマ源によるイオン

ポンプで冷却原子生成部をも排気して超高真空状態を得ることが出来るようになる。そして、冷却原子生成時には、第1乃至第4の磁石をセルから分離することも出来る。

請求の範囲

[請求項1]

第1の磁石と、

前記第1の磁石の第1の磁極に対して当該第1の磁極とは異なる第2の磁極が対向するように配置された第2の磁石と、

前記第1の磁石の第1の磁極の向きと同じ方向に当該第1の磁極とは異なる第2の磁極が向けられ、前記第1の磁石を囲うように配置された第3の磁石と、

前記第3の磁石の前記第2の磁極に対して当該第2の磁極とは異なる第1の磁極が対向し、前記第2の磁石を囲うように配置された第4の磁石と、

前記第1の磁石の前記第1の磁極及び前記第3の磁石の前記第2の磁極の側に設けられる第1の電極と、

前記第1の電極に対向し、前記第2の磁石の前記第2の磁極及び前記第4の磁石の前記第1の磁極の側に設けられる第2の電極と、

前記第1の電極及び前記第2の電極より高電位となるように電圧が印加されるようになっており、前記第1の電極と前記第2の電極との間に配置される第3の電極と、

を有し、

前記第1の磁石と前記第2の磁石との間の第1の空間と前記第3の磁石と前記第4の磁石との間の第2の空間とにおける、前記第2の磁石から前記第1の磁石への第1の方向の最大の磁場強度 $|B_y(\max)|$ と、前記第1の方向の最小の磁場強度 $|B_y(\min)|$ とが、 $|B_y(\min)|/|B_y(\max)| \geq 0.1$ を満たしており、

前記第1の空間と前記第2の空間とに挟まれた第3の空間における、前記第1の方向と直交する第2の方向の最大の磁場強度 $|B_x(\max)|$ と、前記第2の方向の最小の磁場強度 $|B_x(\min)|$ とが、 $|B_x(\min)|/|B_x(\max)| \leq 0.1$ を満たしている

プラズマ源。

[請求項2]

第1の磁石と、

前記第1の磁石の第1の磁極に対して当該第1の磁極とは異なる第2の磁極が対向するように配置された第2の磁石と、

前記第1の磁石の第1の磁極の向きと同じ方向に当該第1の磁極とは異なる第2の磁極が向けられ、前記第1の磁石を囲うように配置された第3の磁石と、

前記第3の磁石の前記第2の磁極に対して当該第2の磁極とは異なる第1の磁極が対向し、前記第2の磁石を囲うように配置された第4の磁石と、

前記第1の磁石の前記第1の磁極及び前記第3の磁石の前記第2の磁極の側に設けられる第1の電極と、

前記第1の電極に対向し、前記第2の磁石の前記第2の磁極及び前記第4の磁石の前記第1の磁極の側に設けられる第2の電極と、

前記第1の電極及び前記第2の電極より高電位となるように電圧が印加されるようになっており、前記第1の電極と前記第2の電極との間に配置される第3の電極と、

を有し、

前記第1の磁石と前記第2の磁石との距離と前記第3の磁石と前記第4の磁石との距離とのうち短い方の距離を、前記第1乃至第4の磁石の厚みの平均値で除した値が、1以上10以下である

プラズマ源。

[請求項3]

前記第1の磁石及び前記第2の磁石が円柱状であり、

前記第3の磁石及び前記第4の磁石が円筒状である

請求項1又は2記載のプラズマ源。

[請求項4]

前記第2の磁石から前記第1の磁石への第1の方向の最大の磁場強度 $|B_y(\max)|$ と、前記第1の方向の最小の磁場強度 $|B_y(\min)|$ とが、 $|B_y(\min)|/|B_y(\max)| \geq 0.3$ を満たしており、

前記第1の方向と直交する第2の方向の最大の磁場強度 $|B_x(\max)|$

と、前記第2の方向の最小の磁場強度 $|B_x(\min)|$ とが、 $|B_x(\min)| / |B_x(\max)| \leq 0.03$ である

請求項1記載のプラズマ源。

[請求項5] 前記第1の磁石と前記第2の磁石との距離と前記第3の磁石と前記第4の磁石との距離とのうち短い方の距離を、前記第1乃至第4の磁石の厚みの平均値で除した値が、2.5以上5以下である

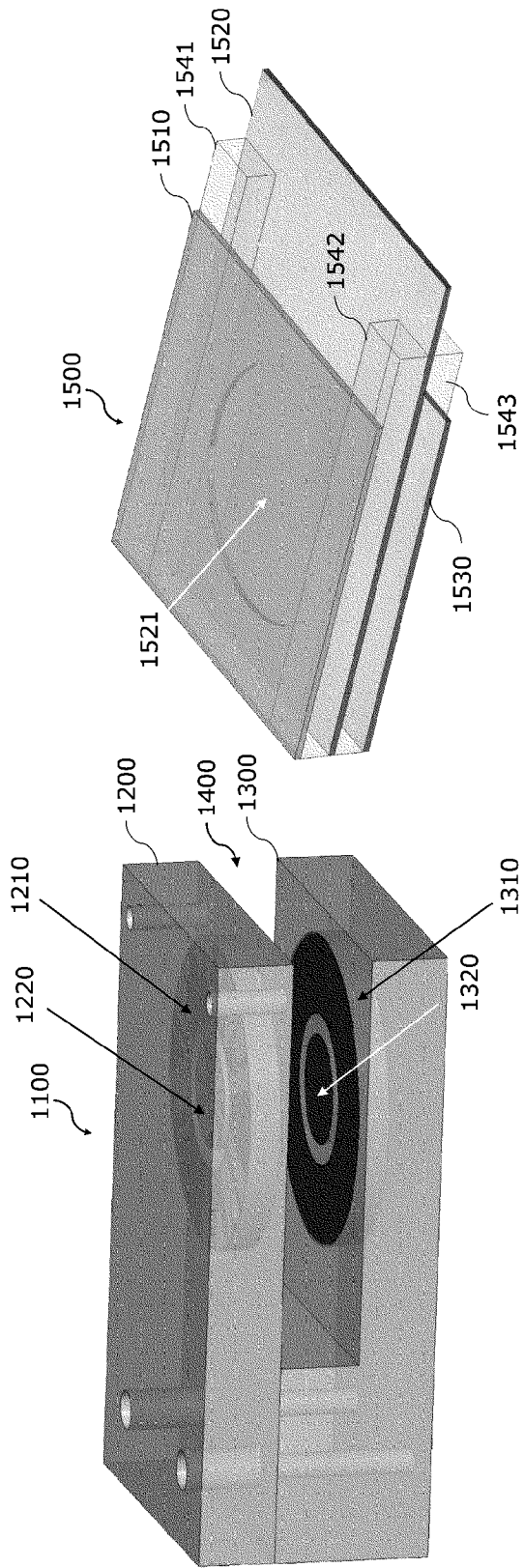
請求項2記載のプラズマ源。

[請求項6] 前記第1乃至第4の磁石が、前記第1乃至第3の電極を含むセルに対して脱着可能である

請求項1乃至5のいずれか1つ記載のプラズマ源。

[請求項7] 請求項6記載のプラズマ源と、
前記プラズマ源の前記セルと連通した冷却原子生成部と、
を含む原子時計。

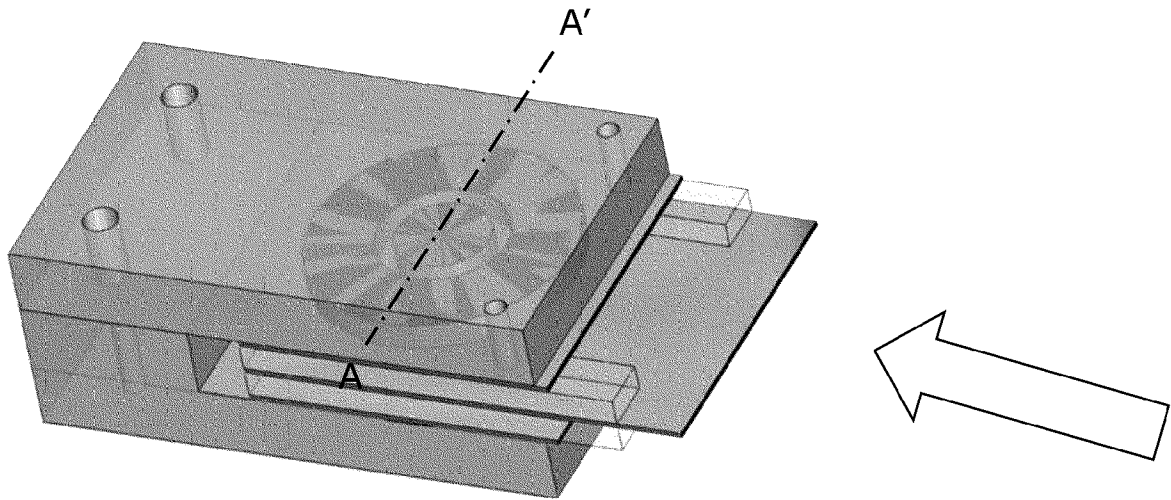
[1]



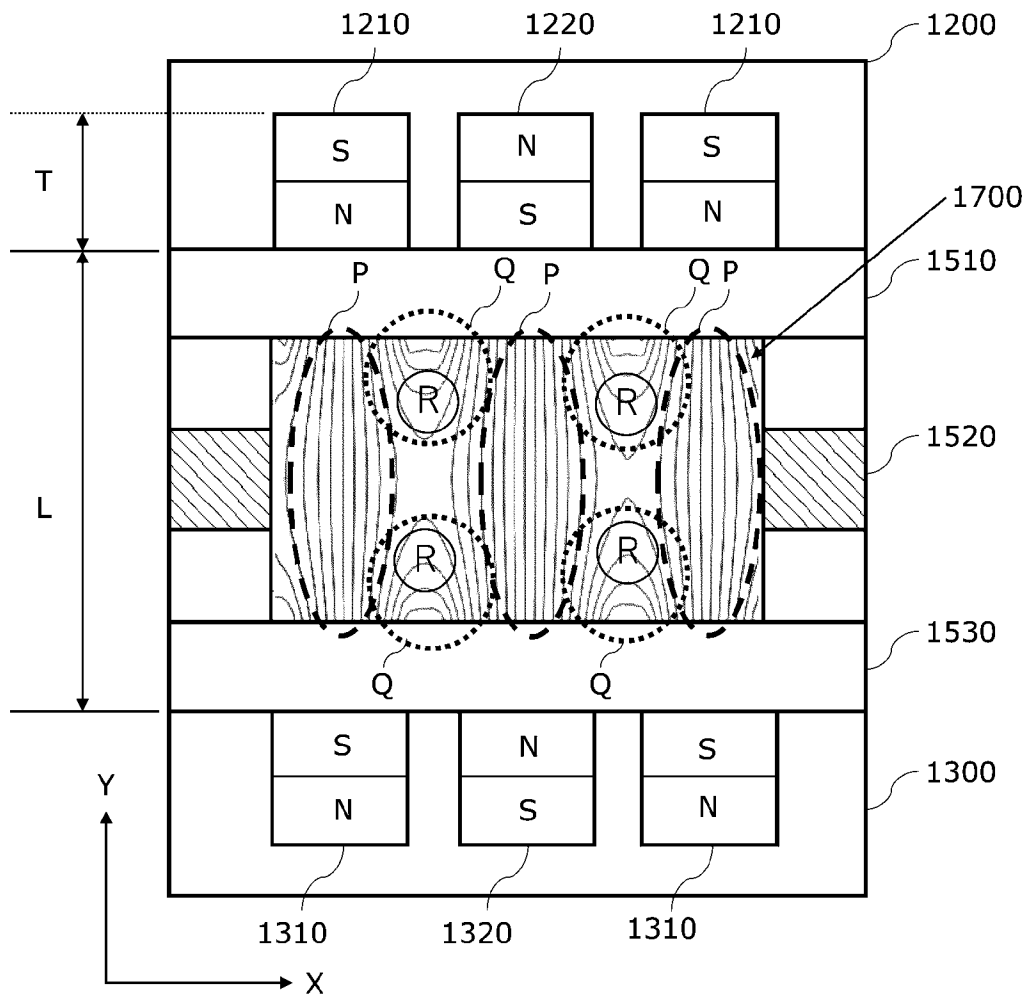
(b)

(a)

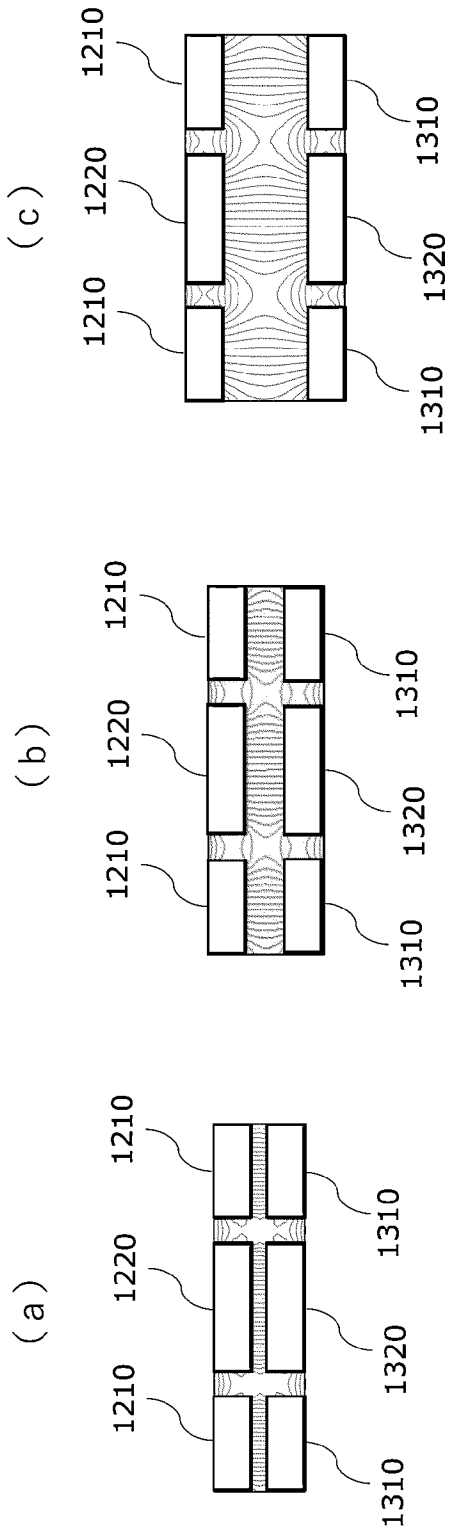
[図2]



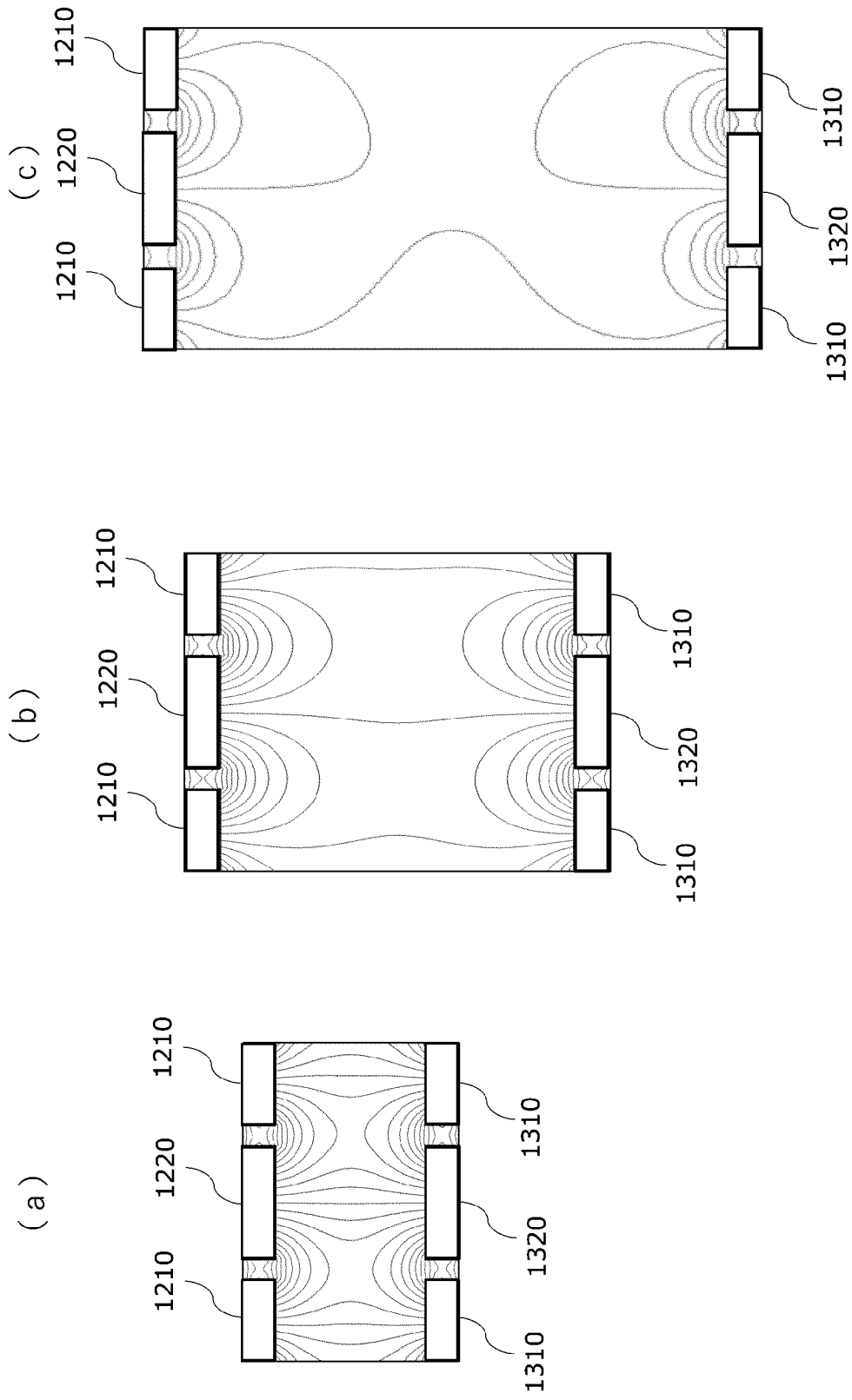
[図3]



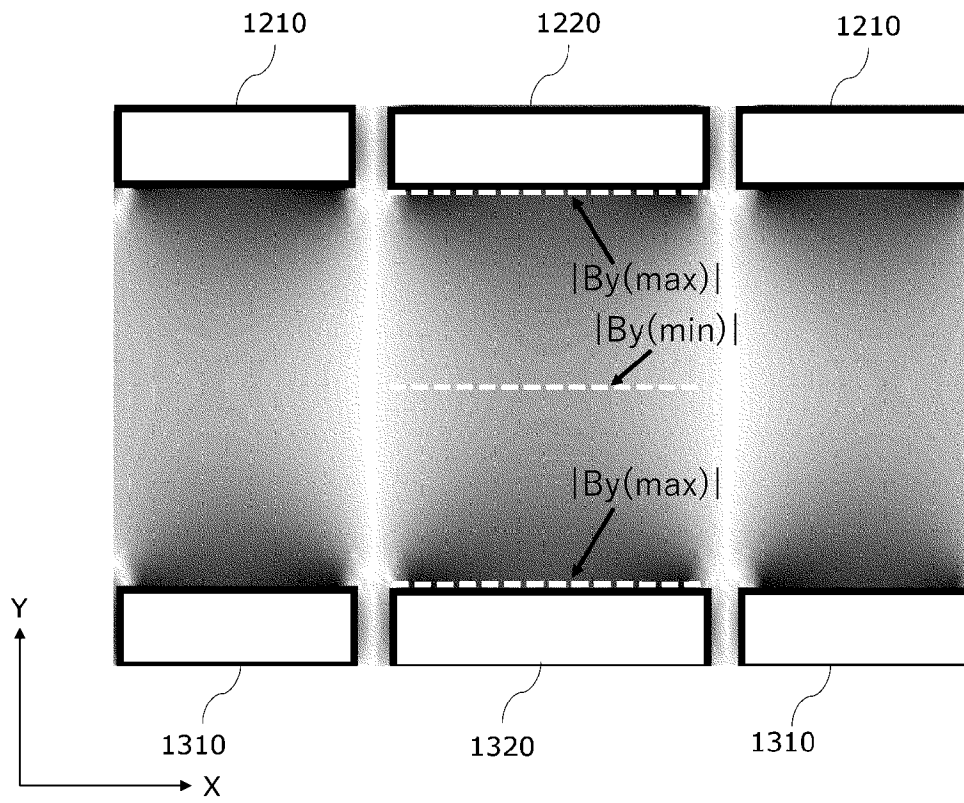
[図4]



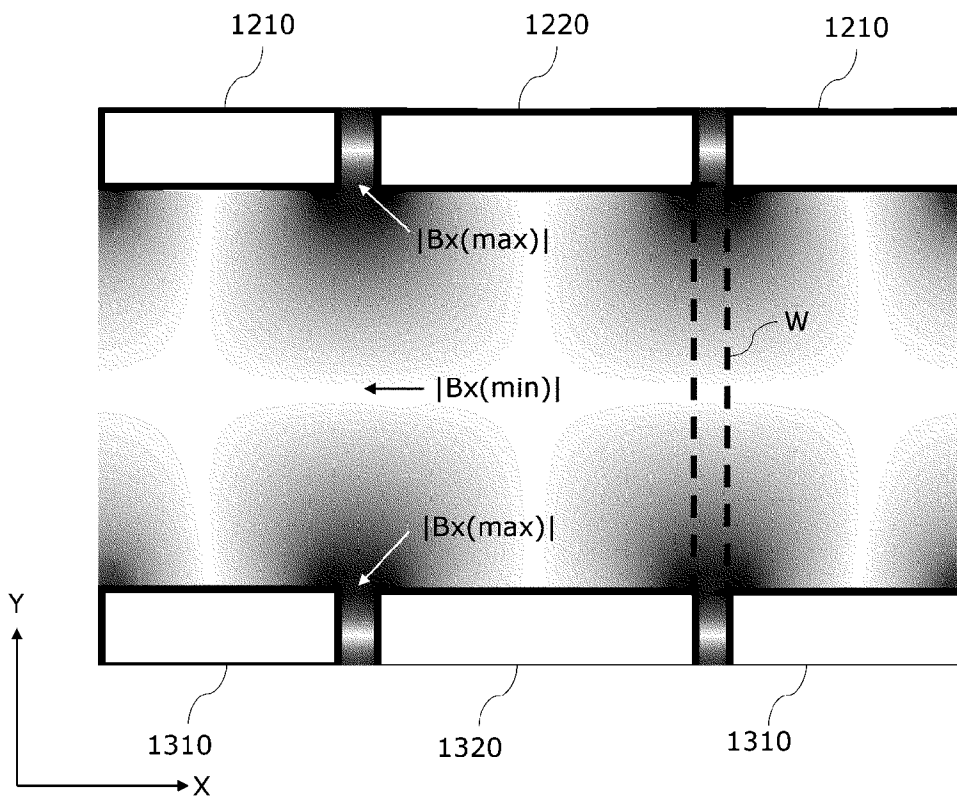
[5]



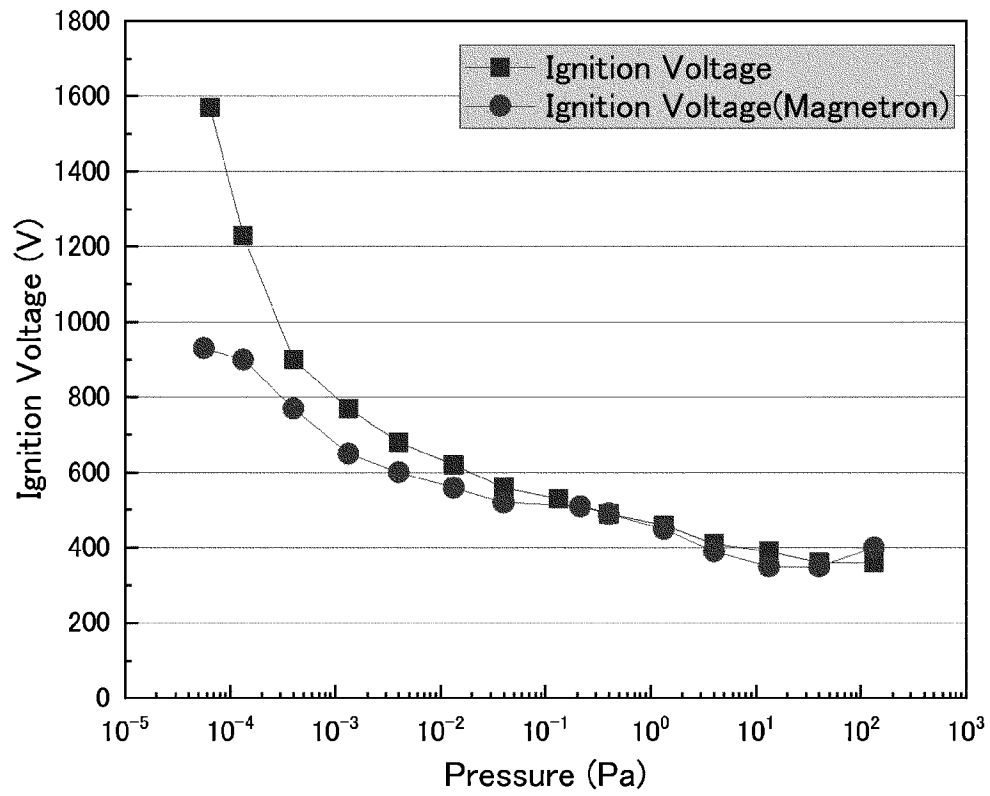
[図6]



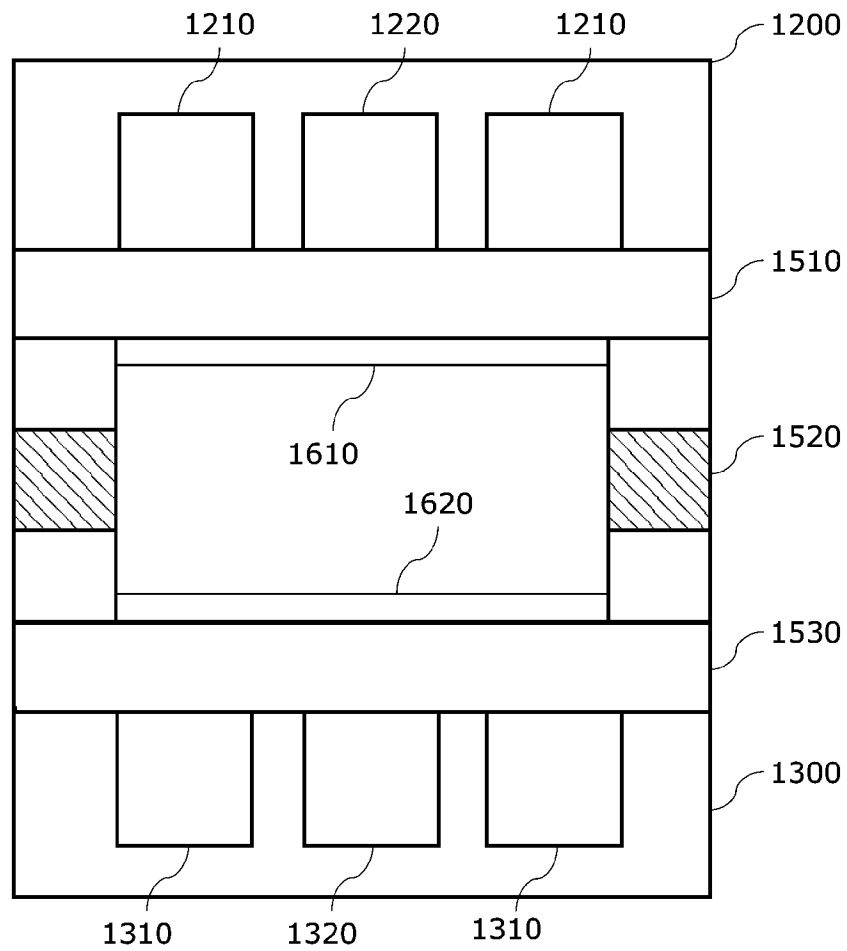
[図7]



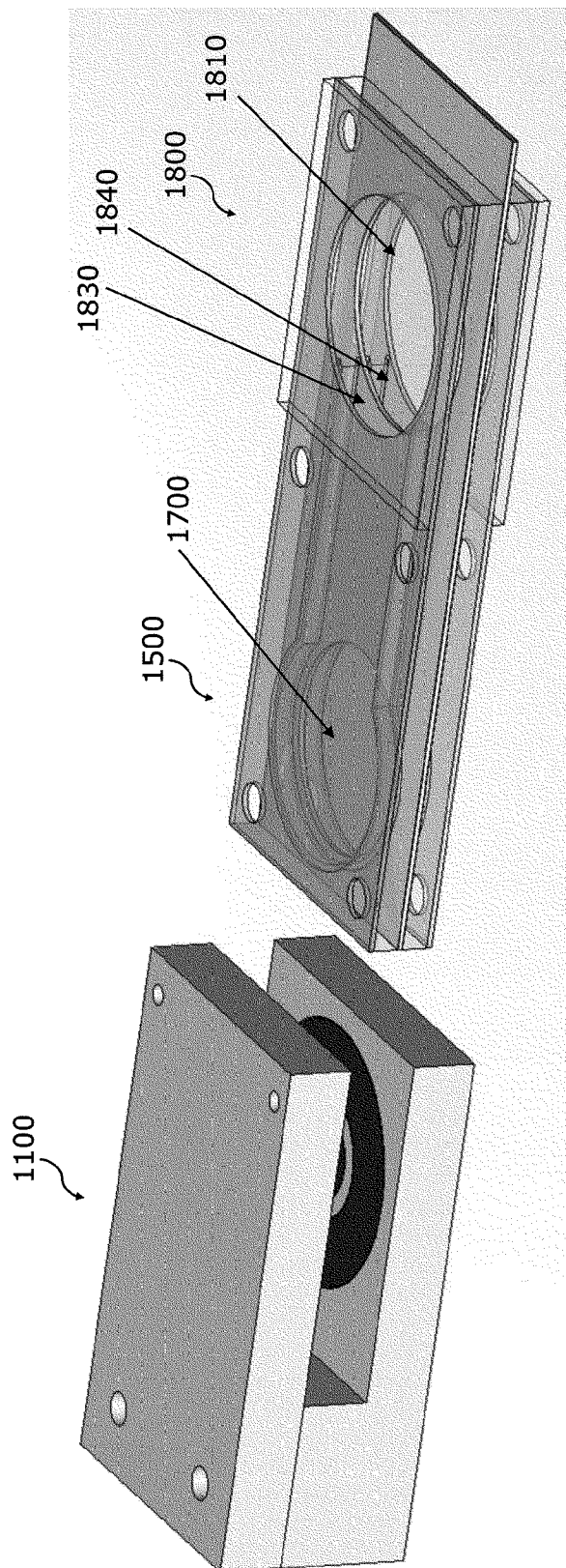
[図8]



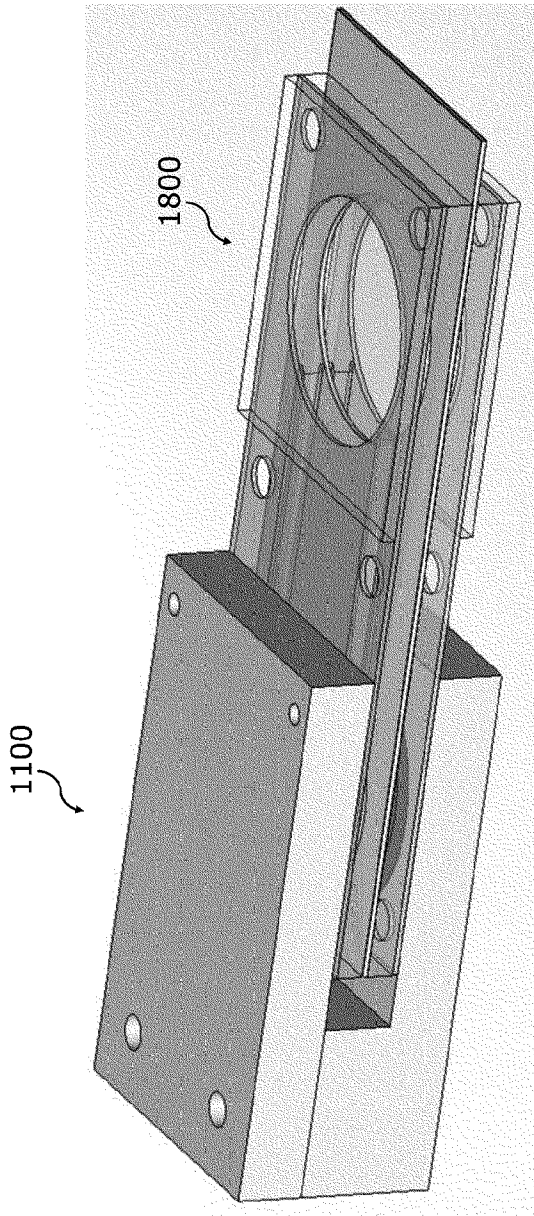
[図9]



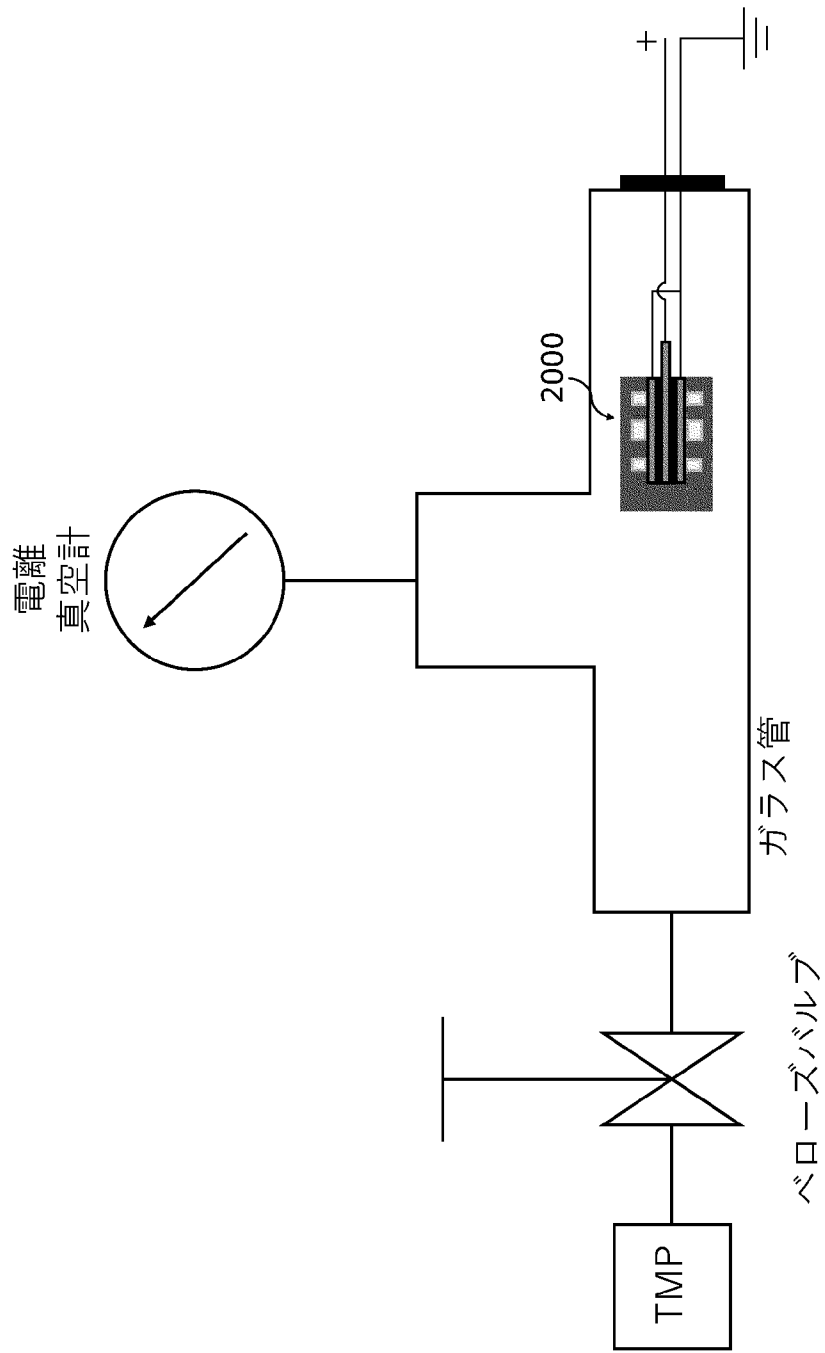
[図10]



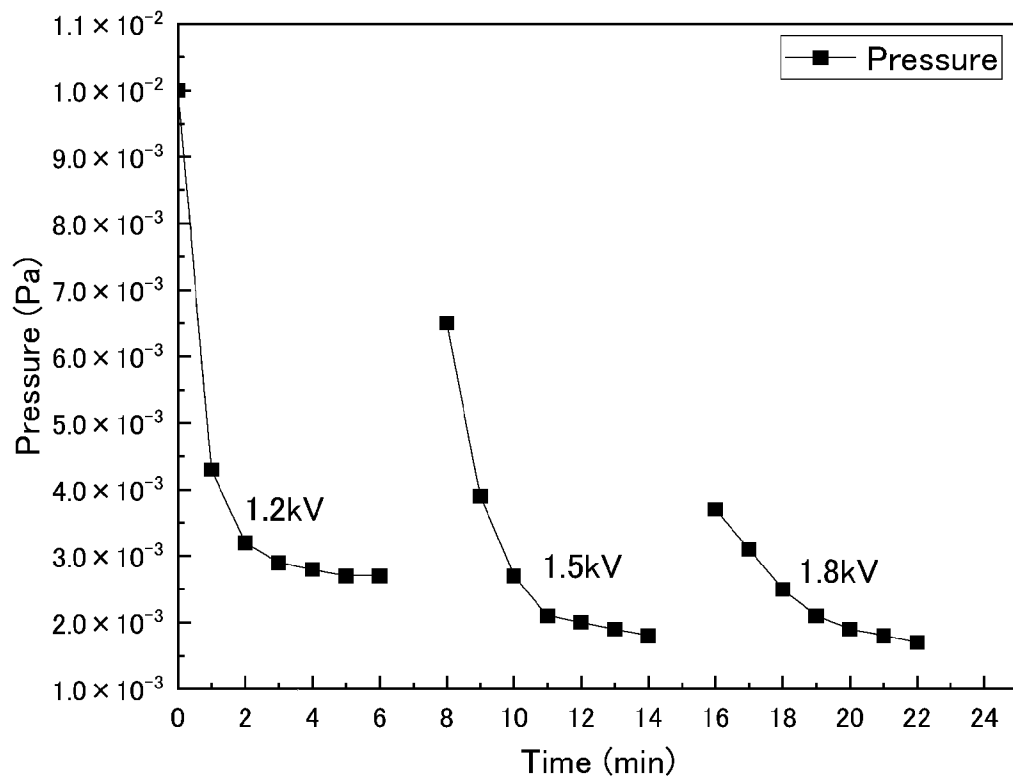
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/013803

| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER | | |
|--|--|---|
| <i>G04F 5/14</i> (2006.01)i; <i>H01J 41/18</i> (2006.01)i; <i>H05H 1/24</i> (2006.01)i FI: H01J41/18; H05H1/24; G04F5/14 | | |
| 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) G04F5/14; H01J41/12-41/10; H05H1/00-1/54 | | |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022 | | |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| A | JP 2011-003425 A (JEOL LTD.) 06 January 2011 (2011-01-06) paragraphs [0025]-[0039], fig. 1, 2 | 1-7 |
| A | JP 2016-12501 A (NATIONAL INST. OF INFORMATION & COMMUNICATIONS TECHNOLOGY) 21 January 2016 (2016-01-21) paragraphs [0030]-[0074], fig. 1-9 | 1-7 |
| A | JP 2016-513787 A (INFICON GMBH) 16 May 2016 (2016-05-16) entire text, all drawings | 1-7 |
| A | JP 2006-511921 A (VARIAN INC.) 06 April 2006 (2006-04-06) paragraphs [0008]-[0016], fig. 1-5 | 1-7 |
| A | CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 38401/1992 (Laid-open No. 92953/1993) (JEOL LTD.) 17 December 1993 (1993-12-17), paragraphs [0002]-[0012], fig. 1, 3 | 1-7 |
| A | US 2011/0233397 A1 (BAROFSKY, Douglas F. et al.) 29 September 2011 (2011-09-29) entire text, all drawings | 1-7 |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 02 June 2022 | | Date of mailing of the international search report 14 June 2022 |
| Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan | | Authorized officer Telephone No. |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/013803

| Patent document cited in search report | | | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date (day/month/year) |
|--|--------------|----|-----------------------------------|--|-----------------------------------|
| JP | 2011-003425 | A | 06 January 2011 | (Family: none) | |
| JP | 2016-12501 | A | 21 January 2016 | US 2017/0133210 A1 paragraphs [0073]-[0127], fig. 1-9 | |
| | | | | WO 2016/002320 A1 | |
| | | | | EP 3163599 A | |
| JP | 2016-513787 | A | 16 May 2016 | US 2016/0025587 A1 entire text, all drawings | |
| | | | | WO 2014/135229 A1 | |
| | | | | DE 112013006774 A | |
| | | | | CH 707685 A | |
| | | | | JP 2017-198711 A | |
| JP | 2006-511921 | A | 06 April 2006 | US 2004/0120826 A1 paragraphs [0019]-[0027], fig. 1-5 | |
| | | | | WO 2004/061889 A2 | |
| | | | | EP 1573773 A | |
| | | | | CN 1708822 A | |
| | | | | ES 2282728 T | |
| JP | 5-92953 | U1 | 17 December 1993 | (Family: none) | |
| US | 2011/0233397 | A1 | 29 September 2011 | US 2014/0217282 A1 entire text, all drawings | |
| | | | | US 2016/0260595 A1 | |
| | | | | WO 2009/155082 A1 | |
| | | | | EP 2304767 A | |
| | | | | CA 2725544 A1 | |

| | | |
|---|---|--------------------------|
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G04F 5/14(2006.01)i; H01J 41/18(2006.01)i; H05H 1/24(2006.01)i FI: H01J41/18; H05H1/24; G04F5/14 | | |
| 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）） G04F5/14; H01J41/12-41/10; H05H1/00-1/54 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022年 | | |
| 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） | | |
| C. 関連すると認められる文献 | | |
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求項の番号 |
| A | JP 2011-003425 A (日本電子株式会社) 06.01.2011 (2011-01-06) 第 [0025] - [0039] 段落および第1-2図 | 1-7 |
| A | JP 2016-12501 A (国立研究開発法人情報通信研究機構) 21.01.2016 (2016-01-21) 第 [0030] - [0074] 段落および第1-9図 | 1-7 |
| A | JP 2016-513787 A (インフィコン ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツ ング) 16.05.2016 (2016-05-16) 全文および全図 | 1-7 |
| A | JP 2006-511921 A (バリアン・インコーポレイテッド) 06.04.2006 (2006-04-06) 第 [0008] - [0016] 段落および第1-5図 | 1-7 |
| A | 日本国実用新案登録出願4-38401号(日本国実用新案登録出願公開5-92953号)の願書に 添付した明細書及び図面の内容を記録したCD-ROM (日本電子株式会社) 17.12.1993 (1993-12-17) 第 [0002] - [0012] 段落および第1-3図 | 1-7 |
| A | US 2011/0233397 A1 (BAROFSKY Douglas F, et al.) 29.09.2011 (2011-09-29) 全文および全図 | 1-7 |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 | “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 “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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 “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の日の後に公表された文献 | |
| 国際調査を完了した日 | 02.06.2022 | 国際調査報告の発送日 14.06.2022 |
| 名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号 | 権限のある職員（特許庁審査官） 藤本 加代子 2G 4458 電話番号 03-3581-1101 内線 3226 | |

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/013803

| 引用文献 | 公表日 | パテントファミリー文献 | 公表日 |
|--------------------|------------|---|-----|
| JP 2011-003425 A | 06.01.2011 | (ファミリーなし) | |
| JP 2016-12501 A | 21.01.2016 | US 2017/0133210 A1 第 [0073] - [0127] 段落および第 1 - 9 図 WO 2016/002320 A1 EP 3163599 A | |
| JP 2016-513787 A | 16.05.2016 | US 2016/0025587 A1 全文および全図 WO 2014/135229 A1 DE 112013006774 A CH 707685 A JP 2017-198711 A | |
| JP 2006-511921 A | 06.04.2006 | US 2004/0120826 A1 第 [0019] - [0027] 段落および第 1 - 5 図 WO 2004/061889 A2 EP 1573773 A CN 1708822 A ES 2282728 T | |
| JP 5-92953 U1 | 17.12.1993 | (ファミリーなし) | |
| US 2011/0233397 A1 | 29.09.2011 | US 2014/0217282 A1 全文および全図 US 2016/0260595 A1 WO 2009/155082 A1 EP 2304767 A CA 2725544 A1 | |