

(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

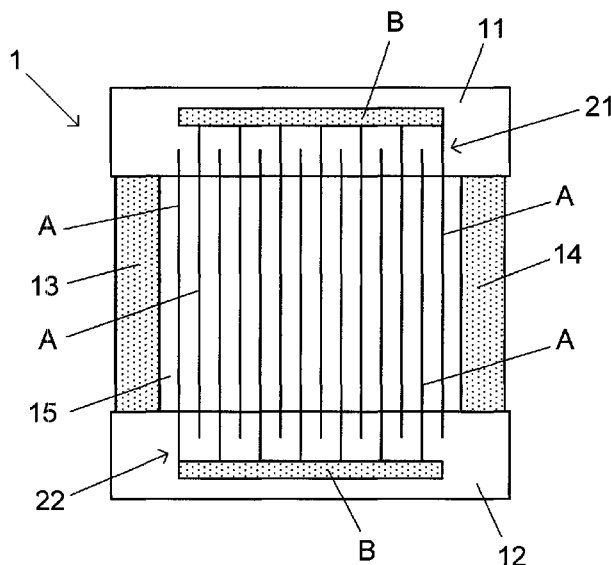
WO 2017/154073 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01N 27/62 (2006.01) H01J 49/40 (2006.01)  
H01J 49/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/056976
- (22) 国際出願日: 2016年3月7日(07.03.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社島津製作所 (SHIMADZU CORPORATION) [JP/JP]; 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 安野 元英 (YASUNO, Motohide); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 今津 亜季子 (IMAZU, Akiko); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 鹿島 義雄 (KASHIMA, Yoshio); 〒5300052 大阪府大阪市北区南扇町7-2 ユニ東梅田409号 新生国際特許事務所内 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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, KN, KP, KR, 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).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: ION GATE AND ION MOBILITY SPECTROMETER

(54) 発明の名称: イオンゲートおよびイオン移動度分析装置

[図1]



(57) Abstract: In the present invention, to prevent an ion gate known as a BN gate from shorting during use in a high-temperature environment because of grid loosening resulting from differences in the amounts of thermal expansion of a substrate and electrode, a substrate that forms a pair of comb electrodes 21, 22 is made to be a structure in which both ends of two insulating substrates 11, 12 are connected with a space therebetween by connection members 13, 14. The space surrounded by these four members is made to be an opening 15 for ion passage. Each of the linear electrodes A of the comb electrodes 21, 22 crosses over the two insulating substrates 11, 12 and has both ends fixed thereto. The two connection members 13, 14 are formed from a material having the same coefficient of thermal expansion as the coefficient of thermal expansion of the linear electrode A.

(57) 要約: BNゲートと称されるイオンゲートにおいて、高温の環境下で使用しても基板と電極との熱膨張量の相違に起因するグリッドの弛みによるショートを防止するために、一対の櫛形電極21, 22を形成する基板を、2枚の絶縁基板11, 12を間隔を開けた状態で両端部

において連結部材13, 14で連結した構造体とし、これら4部材で囲まれた空間をイオン通過用の開口部15とする。櫛形電極21, 22の各線状電極Aは2枚の絶縁基板11, 12に差し渡して両端部をこれらに固定する。2個の連結部材13, 14は線状電極Aの熱膨張率と同等の熱膨張率を持つ材料で形成する。

## 明 細 書

発明の名称： イオンゲートおよびイオン移動度分析装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、電極に対する印加電圧の制御により、イオン等の荷電粒子の通過を許容しあるいは阻止するイオンゲートと、そのイオンゲートを用いたイオン移動度分析装置に関する。

### 背景技術

[0002] 例えばイオン移動度分析装置（IMS）や飛行時間型質量分析計（TOFMS）においては、イオンのドリフト時間や飛行時間を測定するために、試料から取り出したイオンのドリフト領域あるいは飛行空間への導入をごく短い時間幅内に限定して、パケット状のイオンとしてドリフト領域あるいは飛行空間に導く。

[0003] これを実現するために、試料からイオンを取り出すイオン源と、ドリフト領域を形成するドリフトチューブとの間、あるいは同じくイオン源と自由飛行空間を形成するTOFチューブとの間に、イオンゲートと称されるデバイスが配置される。このイオンゲートとしては、従来、BNゲート（Bradbury-Nielsen gate）やTyndallゲート（Tyndall-Powell gate）が知られている。これらはいずれも、格子状電極（グリッド）を適当な間隔で並べた構造を持ち、互いに隣接する電極には異なる電圧を印加できるようになっている。

[0004] BNゲートは、図3に概略斜視図を例示するように、1枚の絶縁基板31の表面上に、互いに平行な複数の線状電極Aの各一端部を接続用電極Bで接続してなる橢形電極の一对32、33を、一方の橢形電極32の各線状電極Aが他方の橢形電極33の各線状電極A間に位置するように形成するとともに、絶縁基板31には、線状電極群の形成位置に対応して、イオン通過用の開口部34を形成した構造を有し、これにより全体として、互いに隣接する直線状の電極に異なる電位を印加できる格子状電極（グリッド）によりイオ

ン通過用の開口部を覆った構成のゲートを得ている（例えば非特許文献1または特許文献1参照）。

[0005] ここで、各櫛形電極32、33は、エッチングによりパターンニングした薄膜を用いるか（前記特許文献1参照）、ワイヤを基板31に巻き付けて所要部位を接着等により固定し、不要部分を取り除くことによって線状電極群Aを形成するとともに、別途ワイヤを所要部分に固定して接続用電極部Bを形成する方法もある。

[0006] 一方、Tyndallゲートは、2枚の絶縁基板のそれぞれにグリッドを形成するとともに、これらの各基板を、絶縁シート（マイカシート等）を介して重ね合わせ、各基板はそれぞれに形成されているグリッドが重ならず互いに平行に、かつ、各グリッドの直線状電極が互い違いに位置するように位置合わせをして固定し、格子状電極の形成位置に対応して各基板にイオン通過用の開口部を形成した構造である。

[0007] 以上のようなイオンゲートにおいて、隣接する線状電極を同電位とするとイオンはグリッドを通過し、隣接する線状電極に異なる電位を印加すると、イオンの軌道が隣接するグリッド間に発生する電場により曲げられ、後段に設けられているドリフトチューブやTOFチューブに入れず、実質的にイオンは遮蔽されることになる。

[0008] なお、Tyndallゲートは3次元構造となるために製造が容易ではなく、また、イオンの透過率も良好ではないこともあって、近年は主としてBNゲートが用いられている。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0009] 特許文献1：国際公開第WO03/065763号パンフレット

## 非特許文献

[0010] 非特許文献1：T.Brunner他11名、「A large Bradbury Nielsen ion gate with flexible wire spacing based on photo-etched stainless steel grids and its characterization applying symmetric and asymmetric potentia

ls]、「International Journal of Mass Spectrometry 309(2012)97-103」

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0011] ところで、以上のようなイオンゲートにおいては、それが適用される装置によっては高温に曝されることがある。

[0012] 例えばイオン移動度分析装置においては、試料から取り出された分子イオンはイオンゲートによってごく短い時間幅だけ通過が許容されて、パケット状にドリフトチューブ内に導かれ、そこに形成されている加速電場により加速される。このドリフトチューブ内にはイオンの加速の向きと逆向きに拡散ガスが流され、イオンは拡散ガスの分子と衝突しながらドリフトチューブ内を進んで検出器に到達する。この飛行過程において、イオンはその大きさや立体構造、電荷などに依存するイオン移動度に応じて時間的に分離され、検出器に到達するまでに要したドリフト時間がイオン移動度を表す情報となる。

[0013] このようなイオン移動度分析装置では、ドリフトチューブ内に水蒸気や十分に気化していない溶媒の微細液滴などが存在していると、測定対象のイオンがこれらに接触してドリフト時間が正確に測定できない恐れがある。そこでこの種の装置では、水蒸気や溶媒の微細液滴などをドリフトチューブ内から極力排除することを目的として、ドリフトチューブを、分析時に百数十℃程度の高温にまで加熱することが一般に行われている。

[0014] ここで、この種の装置においては、イオンゲートはドリフトチューブに隣接して配置されているため、イオンゲートの温度もドリフトチューブの加熱温度と同等の温度にまで上昇し、高温下での動作を余儀なくされる。図3に例示したようなイオンゲートを高温環境下に置くと、基板材料と電極材料との熱膨張率の差により電極が引っ張られたり弛んだりする。

[0015] 例えば、図3において、グリッドを構成する一対の楕形電極32, 33の材料をSUS304（日本工業規格）とし、基板31の材料をセラミックス（アルミナ）として、それぞれの線状電極Aの基板31への固定端間長さを

40 mm、隣接する線状電極 A 間の間隔を 0.5 mm としたとき、環境温度を 20℃（室温）から 150℃ に昇温する場合を考える。

[0016] SUS304 の熱膨張係数は約  $18 \times 10^{-6}$  (／℃) であり、固定端間長さ 40 mm の各線状電極 A はその長手方向に  $40 \text{ (mm)} \times 130 \text{ (℃)} \times 18 \times 10^{-6}$  (／℃)  $\div 0.9 \text{ mm}$  伸びる。一方、セラミックス製の基板 31 の熱膨張係数は約  $8 \times 10^{-6}$  (／℃) で、線状電極 A の両端部を固定している部位間の距離 40 mm は  $40 \text{ (mm)} \times 130 \text{ (℃)} \times 8 \times 10^{-6}$  (／℃)  $\div 0.5 \text{ mm}$  だけ伸びる。セラミックス製の基板 31 に比して線状電極 A の方がより伸びるが、線状電極 A はその両端が基板 31 に固定されているため、長手方向への伸びが制限される。それが故に線状電極 A は、その長手方向に直交する方向に弛む。この弛みが、以下に述べるように、隣接する線状電極 A どうしのショートを誘起する。

[0017] 図 4 はその説明図であり、図 3 のイオンゲートを単純化した平面図に相当する。同図 (A) は室温下での状態を、(B) は昇温時の状態をそれぞれ模式的に表している。

[0018] (A) に示す室温下での状態では、グリッドを構成する線状電極 A の基板 31 に対する固定端間長さ  $l$  は、基板 31 上における線状電極 A の固定部位間距離  $L$  と等しく、線状電極 A に弛みはない。そして昇温時には、これらはそれぞれの熱膨張率に応じた量だけ伸び、それぞれ  $l + \Delta l$  および  $L + \Delta L$  となる。前記した SUS304 とアルミナの組み合わせでは SUS304 製の線状電極 A の熱膨張量が大きく、両端が拘束されているために長手方向に直交する方向に弛むことになるが、図 4 (B) に示すように、その弛みに基づいて長手方向に直交する方向にはみ出す最大の量  $\Delta x$  は以下の式で算出することができる

$$\Delta x = \{ (l + \Delta l)^2 - (L + \Delta L)^2 \}^{1/2} / 2$$

[0019] 図 4 (A) に示すよう互いに隣接する線状電極 A 間の距離を  $d$  とすると、 $\Delta x$  が  $d$  を越えるとこれらの電極は接触してショートする可能性が生じる。前記した材料の組み合わせ (SUS304 とアルミナ) と線状電極 A の固定

端間長さ（40 mm）、および昇温量（130℃）を適用して $\Delta x$ を算出すると1.0 mmとなる。実用に供されているBNゲートにおける線状電極間の距離 $d$ は0.1～0.5 mm程度であるため、上記の設定では隣接する線状電極Aどうしが接触して電氣的なショートが起きる。

[0020] この問題は、グリッドの長さ（線状電極Aの長さ）を短くすることで、また、隣接する線状電極間の間隔を広くすることで緩和することができる。例えばグリッドの長さを20 mmとし、線状電極間の間隔を0.5 mmとすると、 $\Delta x$ は0.5 mmに半減し、線状電極間の間隔と等しくなるが、それでも線状電極どうしが接触する恐れが残る。

[0021] そして、そもそもこの種のイオンゲートにおいて、線状電極間の間隔を広くすると、イオンを偏向させる能力が弱くなり、イオンゲートとしての機能が劣化してしまう。また、線状電極の長さを短くすると、それに伴ってイオンゲートの開口が小さくなり、イオンのゲート透過率が低下し、感度に影響を及ぼす。

[0022] 以上のように、従来のBNゲートにおいては、高温環境下で動作させるものに関しては、グリッドを構成する線状電極間の間隔を密にしてゲート機能を向上させることも、イオンゲートの開口を大きくしてイオン透過率を向上させ、高感度化を図ることのいずれにも限界があった。

[0023] また、従来のBNゲートを備えたイオン移動度分析装置においては、ドリフトチューブ内から水蒸気や溶媒の微細液滴等をより確実に排除するべく、ドリフトチューブの加熱温度をより高くしようとしても、イオンゲートの電氣的ショートの問題からこれを実現することができない。

[0024] 本発明はこのような実情に鑑みてなされたもので、高温で動作させるイオンゲートであっても、ゲート開口径を従来に比してより大きくすることができ、併せて、グリッドの線状電極間の間隔を密にしてゲート機能の向上をも実現することのできるイオンゲートの提供と、ドリフトチューブの加熱温度を従来に比してより高くして、ドリフト領域内の水蒸気や溶媒微細液滴をより確実に排除することを実現し、もって分析の信頼性を向上させることので

きるイオン移動度分析装置の提供を目的としている。

### 課題を解決するための手段

[0025] 上記の課題を解決するため、本発明のイオンゲートは、互いに平行な複数の線状電極群の各一端部を、接続用電極部で接続してなる櫛形電極の一对が、一方の櫛形電極の各線状電極が他方の櫛形電極の各線状電極の間に位置するように基板上に形成され、その基板には、上記線状電極群の形成位置に対応する位置に、イオン通過用の開口部が形成され、上記一对の櫛形電極に対する印加電圧の制御により、上記開口部を通じてのイオンの通過を許容もしくは阻止するイオンゲートにおいて、

上記基板が、2枚の絶縁基板と、これらの各絶縁基板をそれぞれの両端部においてそれぞれ所定の間隔を開けて連結する2本の連結部材によって構成され、これらの2枚の絶縁基板と2個の連結部材で囲まれた部分がイオン通過用の開口部を形成し、上記一对の櫛形電極の各線状電極は、その開口部を介して対向する双方の絶縁基板に両端部が固定されているとともに、

上記各連結部材が、上記各線状電極の熱膨張率と略同等の熱膨張率を有する材料によって形成されていることによって特徴づけられる。

[0026] ここで、本発明においては、上記各連結部材を、上記各線状電極と同じ材料によって形成することができ、特にこれら両者をそれぞれステンレス鋼とすることが好ましい。

[0027] 一方、本発明のイオン移動度分析装置は、試料から取り出されたイオンを、イオンゲートを介してドリフトチューブ内に導入して、所定の電場により加速しつつ既定の雰囲気中を一定距離だけ通過させ、その所要時間から試料の分析を行うイオン移動度分析装置において、上記イオンゲートとして、上記した本発明のイオンゲートを用いることによって特徴づけられる。

[0028] 本発明は、イオン通過用の開口部が形成された基板の同一平面上に、互いに異なる電圧を印加できる一对の櫛形電極を組み合わせるグリッドを形成して開口部を覆ったBNゲートと称されるイオンゲートにおいて、グリッド（一对の櫛形電極）を構成する各線状電極の長手方向への基板の熱膨張率を、

線状電極のそれと実質的に同等とすることで課題を解決しようとするものである。

[0029] すなわち、本発明においては、イオン通過用の開口部とその開口部をイオンに対して開閉するための電極が形成される基板を、従来のように一体物とせず、2枚の絶縁基板とこれらをその両端部においてそれぞれ所定の間隔を開けて連結する2個の連結部材で構成した構造体とし、これらの4部材で囲まれた空隙をイオン通過用の開口部とする。各櫛形電極の各線状電極は、2枚の絶縁基板に差し渡されるように設けられ、その両端部は異なる絶縁基板に固定される。

[0030] 以上の構成によれば、温度変化時の2枚の絶縁基板の間隔の変化量は、連結部材の長さの変化量と等しくなり、つまり2枚の絶縁基板の温度変化時の間隔の変化量は、連結部材の熱膨張率に依存する。ここで、2枚の絶縁基板の離隔方向は各線状電極の長手方向と一致するので、連結部材を、各線状電極の熱膨張率と略同等の熱膨張率を持つ材料で形成すれば、温度変化時の線状電極の固定端間長さの変化量と、基板構造体上の同部位間の長さの変化量とはほぼ同等となる。

[0031] 従って、本発明のイオンゲートの構成によると、昇温により線状電極が伸長したとき、連結部材も同時にほぼ等量だけ伸長するため、各線状電極に引っ張りや弛みが生じない。

### 発明の効果

[0032] 本発明によれば高温にまで昇温してもグリッドを構成する線状電極群が弛んで隣接するものどうしが接触し、逆に引っ張られて変形しあるいは切れるといった不具合が生じず、従来のものに比してより高温で動作させることが可能となる。

[0033] また、イオンゲートを通過するイオン量をふやすためにゲートの開口径を大きくするに当たってはグリッドの各線状電極を長くする必要があるが、従来のイオンゲートでは線状電極長の増大により昇温時の線状電極の弛み量も増大して隣接するものどうしが接触する可能性が増大するという問題がある

が、本発明のイオンゲートではその問題がないために容易にゲートの開口径を大きくでき、装置の感度向上を図りやすくなる。

[0034] さらに、高温下で動作させる場合でもグリッドの線状電極の弛みが生じにくいことから、グリッドの線状電極どうしの間隔を狭くすることも容易に実現することができ、従来に比してゲート機能の向上を図りやすくなる。

[0035] そして上記の本発明のイオンゲートを用いたイオン移動度分析装置によれば、ドリフトチューブに隣接して配置されるイオンゲートの動作温度を高くしてもグリッドの線状電極に各種不具合が生じないため、ドリフトチューブの加熱温度を従来に比してより高くすることができ、これにより、ドリフトチューブ内の水蒸気や溶媒微細液滴を確実に排除してイオンと接触する機会を大幅に削減することを実現し、イオンのドリフト時間の計測ミスの少ない信頼性の高いイオン移動度分析装置を得ることができる。

### 図面の簡単な説明

[0036] [図1]本発明のイオンゲートの実施の形態の平面図。

[図2]本発明のイオン移動度分析装置の概略構成図。

[図3]従来のイオンゲート（BNゲート）の一例を示す概略斜視図。

[図4]従来のイオンゲートの昇温時におけるグリッドの線状電極の弛みの発生の説明図。

### 発明を実施するための形態

[0037] 以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について説明する。

図1は本発明のイオンゲートの平面図である。

[0038] 2枚の絶縁基板11、12と2個の連結部材13、14によって、中央部にイオンを通過させるための開口部15を備えた基板構造体1が形成されている。各絶縁基板11、12は短冊状をしており、これらがその両端部に於いてそれぞれ所要の間隔を開けて棒状の連結部材13、14によって相互に連結され、2枚の絶縁基板11、12と2個の連結部材13、14によって囲まれた領域が、基板構造体1をその厚さ方向に貫通してイオン通過用の開口部を形成している。なお、連結部材13、14による連結構造は特に限定

されるものではないが、例えばロッドを用いてその両端面を各絶縁基板 1 1, 1 2 に接着するか、あるいは両端にねじ切りされたボルトを用いて、各絶縁基板 1 1, 1 2 に締結することもできる。

[0039] 基板構造体 1 の表面には、一对の橢形電極 2 1, 2 2 が形成されている。各橢形電極 2 1, 2 2 は、それぞれ、互いに平行な複数本の線状電極 A の各一端部を、接続用電極部 B で相互に接続したパターンを有し、一方の橢形電極 2 1 の各線状電極 A が他方の橢形電極 2 2 の各線状電極 A の間に入り込むような位置関係のもとに配置されている。これらの各橢形電極 2 1, 2 2 には互いに独立した電圧を印加できるようになっており、その印加電圧の制御によりイオンが開口部 1 5 を通過することを許容または阻止する。

[0040] 各橢形電極 2 1, 2 2 は例えばエッチングによりパターンニングした薄膜状のものを、開口部 1 5 を跨ぐようにその両側において対向配置された絶縁基板 2 1, 2 2 に接着により固定するか、あるいはワイヤを用いて同様のパターンのもとに同じく絶縁基板 2 1, 2 2 に接着により固定する。

[0041] より具体的には、一方の橢形電極 2 1 は、その接続用電極部 B とこれに接続された各線状電極 A の基端部を一方の絶縁基板 1 1 に固定するとともに、各線状電極 A の先端部を他方の絶縁基板 1 2 に固定する。また、他方の橢形電極 2 2 は、その接続用電極部 B とこれに接続された各線状電極 A の基端部を他方の絶縁基板 1 2 に固定するとともに、各線状電極 A の先端部を一方の絶縁基板 2 1 に固定する。

[0042] さて、以上の構成において、連結部材 1 3, 1 4 と橢形電極 2 1, 2 2 の材料には、それぞれの熱膨張率がほぼ等しいものが選定されている。この例においては、これらはいずれも SUS 304 が用いられている。SUS 304 は、この種の電極の素材としても、あるいは連結部材 1 3, 1 4 のような構造材の用途にも、ともに適した材料である。なお、絶縁基板 1 1, 1 2 の材料としては、アルミナなどを好適に用いることができる。

[0043] 以上の本発明の実施の形態によると、SUS 304 の熱膨張率は  $17.3 \times 10^{-6}$  であるので、橢形電極 2 1, 2 2 の各線状電極 A の絶縁基板 1 1,

12への固定端間長さを30mmとしたとき、温度を200℃上昇させると、各線状電極Aの固定端間長さは106 $\mu$ m伸長する。このとき、同時に連結部材13, 14もほぼ等量だけ伸長して絶縁基板11, 12間の距離も伸びるので、各線状電極Aに引っ張りや弛みが生じることがない。なお、連結部材13, 14の伸長により基板構造体1のその方向への寸法が大きくなるが、これは、基板構造体1の設置部分に最大昇温時の寸法増大分の余裕を持たせておくことによって対処することができ、イオンゲートの本体部分（基板構造体）が変形してしまうことはない。

[0044] 次に、本発明のイオン移動度分析装置の実施の形態について述べる。

図2にその概略構成図を示すが、この例における特徴は専らイオンゲート103の構造にあり、イオン移動度分析装置としての基本的構成は公知のものと同等であるため、その部分については概略的な説明にとどめる。

[0045] さて、この例のイオン移動度分析装置は、試料中の成分分子をイオン化するイオン源101と、内側に形成されるドリフト領域Dにイオンを加速する所要の電場を形成すべく多数の円環状の電極Eを備えてなるドリフト電極群102と、ドリフト領域Dの入り口に設けられたイオンゲート103と、ドリフト領域D内を移動してきたイオンを検出する検出器104を備え、ドリフト電極群102の外側にはドリフトチューブ（図示略）が設けられている。

[0046] 以上の構成において、イオン源101で試料から取り出されたイオンはイオンゲート103で一旦堰き止められ、このイオンゲート103を瞬時だけ開くことによってイオンはパケット状となってドリフト領域D内に導入される。ドリフト領域Dには、ドリフト電極群102が作る電場による加速の向きと逆向きの中性の拡散ガスDGの流れが形成されている。従ってイオンはドリフト領域D内で向かって来るガス分子と衝突しながら加速電場によって検出器104に向けて移動する。イオンはその大きさや形状、電荷などで決まるイオン移動度によって時間的に分離され、異なるイオン移動度のイオンは時間差をもって検出器に到達する。この検出器104の検出結果に基づく

イオン移動度情報が試料の成分分子の分析に供される。

[0047] この実施の形態の特徴は、イオンゲート 103 に図 1 に示したイオンゲートが用いられている点であり、これによってこの実施の形態のイオン移動度分析装置はドリフトチューブの温度を従来に比して高温にすることができ、ひいてはドリフト領域 D 内の水蒸気等の不純な粒子を確実に排除して、分析の信頼性を向上させることができる。

[0048] すなわち、前記したようにこの種の分析装置では、ドリフト領域 D に水蒸気や溶媒微細液滴などが存在すると測定対象イオンがこれに衝突して、ドリフト時間の計測結果が正しいものにならない。このような不純粒子の排除のためにドリフトチューブを加熱して分析動作を実行するが、この加熱により隣接するイオンゲートが昇温し、前述のようにグリッドの線状電極が弛んで隣り合うものどうしが接触して電氣的にショートする恐れが生じるため、ドリフトチューブの加熱温度に制限を設けざるを得なかった。イオンゲート 103 として、図 1 に例示した本発明に係るイオンゲートを用いることにより、昇温による線状電極の弛みの問題が解消または大幅に緩和されるため、ドリフトチューブの加熱温度を従来に比して高温とすることができる結果、水蒸気等の不純粒子をより少なくした状態で分析を行うことが可能となる。

[0049] ここで、以上は本発明のイオンゲートをイオン移動度分析装置に適用した例を述べたが、本発明のイオンゲートは他に飛行時間型質量分析装置（TOFMS）等の任意の装置に適用することができ、特に高温下で動作させる必要のある装置に適用してその効果を発揮することができる。

[0050] また、本発明のイオンゲートに関して、櫛形電極を構成する各線状電極と、連結部材の材質は、SUS304等のいずれの用途にも適した金属とすることが好ましいが、これら両者を熱膨張率が互いに近似した別々の金属で形成し、あるいは金属とその金属と熱膨張率が近似した非金属としてもよいことは勿論である。

## 符号の説明

[0051] 1 基板構造体

1 1, 1 2 絶縁基板

1 3, 1 4 連結部材

1 5 開口部

2 1, 2 2 楕形電極

A 線状電極

B 接続用電極

1 0 1 イオン源

1 0 2 ドリフト電極群

1 0 3 イオンゲート

1 0 4 検出器

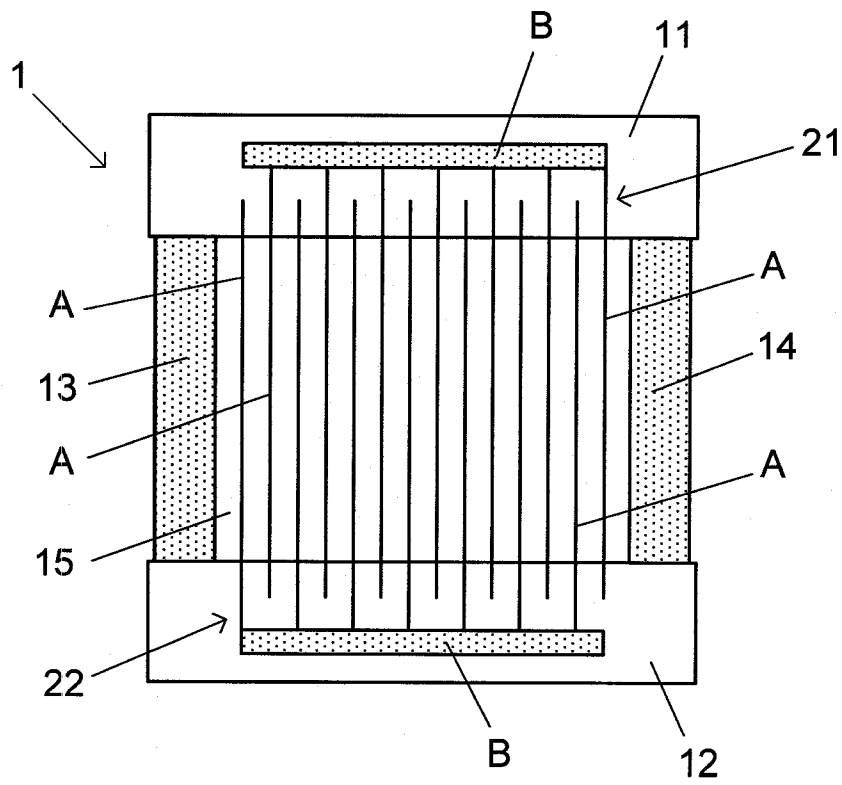
D ドリフト領域

E 円環状の電極

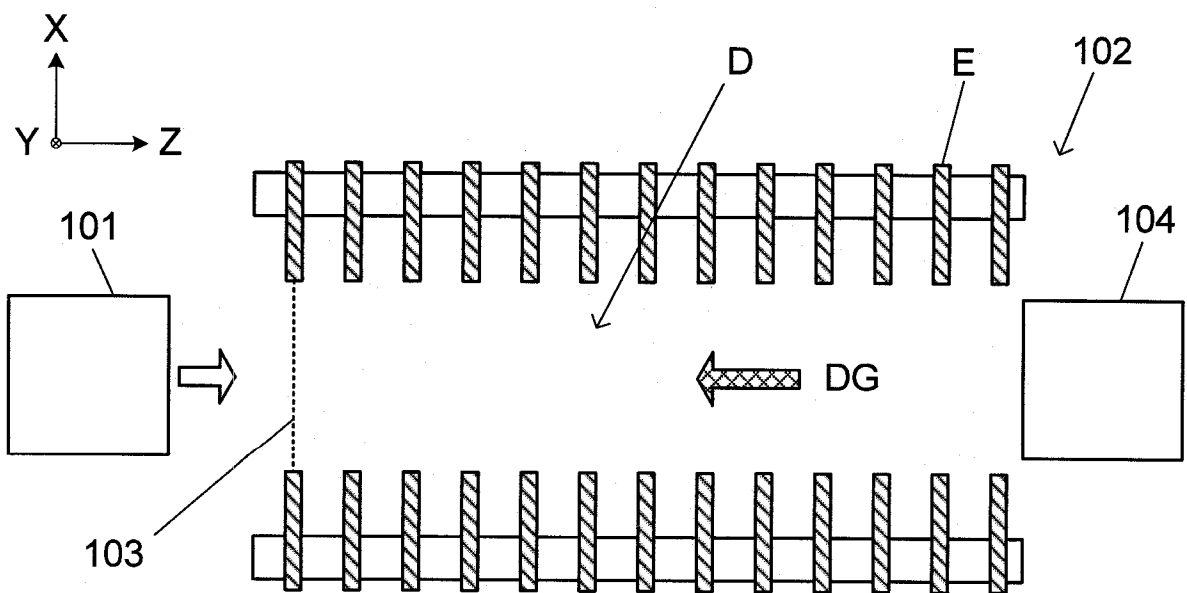
## 請求の範囲

- [請求項1] 互いに平行な複数の線状電極群の各一端部を、接続用電極部で接続してなる櫛形電極の一对が、一方の櫛形電極の各線状電極が他方の櫛形電極の各線状電極の間に位置するように基板上に形成され、その基板には、上記線状電極群の形成位置に対応する位置に、イオン通過用の開口部が形成され、上記一对の櫛形電極に対する印加電圧の制御により、上記開口部を通じてのイオンの通過を許容もしくは阻止するイオンゲートにおいて、
- 上記基板が、2枚の絶縁基板と、これらの各絶縁基板をそれぞれの両端部においてそれぞれ所定の間隔を開けて連結する2本の連結部材によって構成され、これらの2枚の絶縁基板と2個の連結部材で囲まれた部分がイオン通過用の開口部を形成し、上記一对の櫛形電極の各線状電極は、その開口部を介して対向する双方の絶縁基板に両端部が固定されているとともに、
- 上記各連結部材が、上記各線状電極の熱膨張率と略同等の熱膨張率を有する材料によって形成されていることを特徴とするイオンゲート。
- [請求項2] 上記各連結部材が、上記各線状電極と同じ材料によって形成されていることを特徴とする請求項1に記載のイオンゲート。
- [請求項3] 上記各連結部材と上記各線状電極が、それぞれステンレス鋼で形成されていることを特徴とする請求項2に記載のイオンゲート。
- [請求項4] 試料から取り出されたイオンを、イオンゲートを介してドリフトチューブ内に導入して、所定の電場により加速しつつ既定の雰囲気中を一定距離だけ通過させ、その所要時間から試料の分析を行うイオン移動度分析装置において、上記イオンゲートとして請求項1から3のいずれか1項に記載のイオンゲートが用いられていることを特徴とするイオン移動度分析装置。

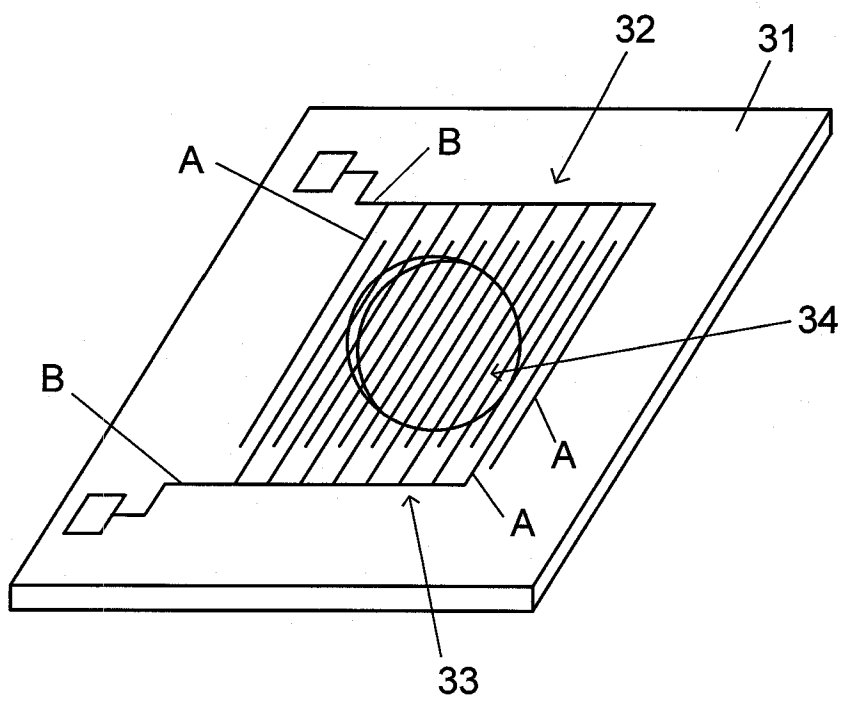
[図1]



[図2]

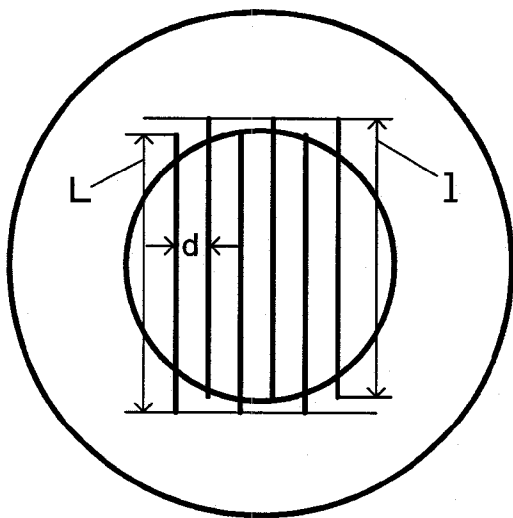


[図3]

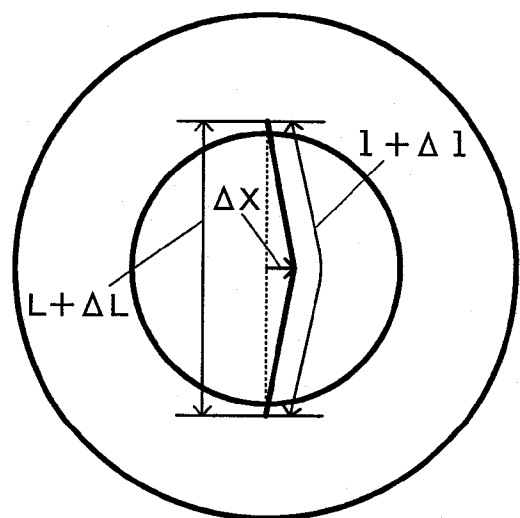


[図4]

(A)



(B)



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/056976

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N27/62(2006.01)i, H01J49/06(2006.01)i, H01J49/40(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)

G01N27/62, H01J49/06, H01J49/40

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 | 1996-2016 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2016 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2016 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                       | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | T.Brunner, A large Bradbury Nielsen ion gate with flexible wire spacing based on photo-etched stainless steel grids and its characterization applying symmetric and asymmetric potentials, International Journal of Mass Spectrometry, 2012, 309, 97-103 | 1-4                   |
| A         | WO 03/065763 A1 (THE JOHNS HOPKINS UNIVERSITY), 07 August 2003 (07.08.2003), & US 2004/0231150 A1 & GB 2399219 A                                                                                                                                         | 1-4                   |
| A         | JP 2013-531342 A (Nuctech Co., Ltd.), 01 August 2013 (01.08.2013), & US 2013/0206982 A1 & WO 2012/003739 A & EP 2579293 A1 & CN 102315076 A                                                                                                              | 1-4                   |

☒ 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  
10 May 2016 (10.05.16)

Date of mailing of the international search report  
24 May 2016 (24.05.16)

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/JP2016/056976

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                 | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | US 7358593 B2 (University of Maine),<br>15 April 2008 (15.04.2008),<br>& US 2005/0258514 A1 & CA 2605871 A1<br>& WO 2005/112103 A2 & EP 1756861 A2 | 1-4                   |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01N27/62(2006.01)i, H01J49/06(2006.01)i, H01J49/40(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. G01N27/62, H01J49/06, H01J49/40

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 | 1971-2016年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2016年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2016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）

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| X               | T. Brunner, A large Bradbury Nielsen ion gate with flexible wire spacing based on photo-etched stainless steel grids and its characterization applying symmetric and asymmetric potentials, International Journal of Mass Spectrometry, 2012, 309, 97-103 | 1-4            |
| A               | WO 03/065763 A1 (THE JOHNS HOPKINS UNIVERSITY) 2003.08.07, & US 2004/0231150 A1 & GB 2399219 A                                                                                                                                                            | 1-4            |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10.05.2016

国際調査報告の発送日

24.05.2016

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）

伊藤 裕美

2W

9515

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                |                |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| A                     | JP 2013-531342 A (同方威視技術股▲分▼有限公司) 2013.08.01,<br>& US 2013/0206982 A1 & WO 2012/003739 A & EP 2579293 A1<br>& CN 102315076 A   | 1 - 4          |
| A                     | US 7358593 B2 (University of Maine) 2008.04.15,<br>& US 2005/0258514 A1 & CA 2605871 A1 & WO 2005/112103 A2<br>& EP 1756861 A2 | 1 - 4          |