

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4498545号
(P4498545)

(45) 発行日 平成22年7月7日 (2010.7.7)

(24) 登録日 平成22年4月23日 (2010.4.23)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 J 49/06 (2006.01)	HO 1 J 49/06
GO 1 N 27/62 (2006.01)	GO 1 N 27/62 C
HO 1 J 43/20 (2006.01)	GO 1 N 27/62 L
	HO 1 J 43/20

請求項の数 7 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2000-172628 (P2000-172628)	(73) 特許権者	000236436
(22) 出願日	平成12年6月8日 (2000.6.8)		浜松ホトニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2001-351564 (P2001-351564A)		静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1
(43) 公開日	平成13年12月21日 (2001.12.21)	(74) 代理人	100094983
審査請求日	平成19年6月4日 (2007.6.4)		弁理士 北澤 一浩
		(74) 代理人	100095946
			弁理士 小泉 伸
		(74) 代理人	100099829
			弁理士 市川 朗子
		(72) 発明者	山口 晴久
			静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜
			松ホトニクス株式会社内
		(72) 発明者	鈴木 広
			静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜
			松ホトニクス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 イオン検出器及び電子増倍器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

イオン入射口が形成された金属板と、該金属板から垂直に延び、荷電粒子通過口が形成された支持金属板と、該支持金属板の一面側で該荷電粒子通過口を臨む位置に設けられたコンバージョンダイノードと、該イオン入射口から入射したイオンを該コンバージョンダイノードに向けて偏向させるための電界形成手段と、該支持金属板の一面側とは反対の他面側に着脱可能に固定された電子増倍部とを有するイオン検出器において、
該電子増倍部は電子増倍部本体と把持用部材とからなり、
該電子増倍部本体は、互いに平行に配設された一対の絶縁板と、該一対の絶縁板に挟持されたアノード電極と複数のダイノード電極とからなり、
該把持用部材を該一対の絶縁板の外側面を覆うように該電子増倍部本体に取り付けたことを特徴とするイオン検出器。

【請求項 2】

開口部を該一対の絶縁板に形成したことを特徴とする請求項 1 記載のイオン検出器。

【請求項 3】

イオン入射口が形成された上部金属板と、該上部金属板から垂直に延び、荷電粒子通過口が形成された支持金属板と、該支持金属板の一面側に固定された絶縁部材と、該絶縁部材に固定され、該荷電粒子通過口を臨む位置に設けられたコンバージョンダイノードと、該イオン入射口から入射したイオンを該コンバージョンダイノードに偏向させるための電界形成手段と、該支持金属板の一面側とは反対の他面側に着脱可能に固定された電子増倍部

とを有するイオン検出器において、

該電子増倍部は凹型金属固定板と電子増倍部本体とからなり、

該凹型金属固定板は、該支持金属板の他面側に面する背面部と、該背面部の該支持金属板に面する側とは反対側に垂直に延びる互いに平行な２つの側部とを有して断面凹型形状をなし、該荷電粒子通過口と連通する位置に荷電粒子通過開口が形成され、

該電子増倍部本体は、互いに平行に配設された一対の絶縁板と、該一対の絶縁板に両端を支持され一列に整列して固定される複数のダイノード電極からなる第１ダイノード電極群と、該一対の絶縁板に両端を支持され第１ダイノード電極群と平行に一列に整列して固定される複数のダイノード電極からなる第２ダイノード電極群とを有し、該凹型金属固定板の背面部の該支持金属板に面する側の反対側面に固定されると共に該凹型金属固定板の２つの側部に挟まれて位置し、該凹型金属固定板の該荷電粒子通過開口に面する位置に荷電粒子入射口が形成され、該一対の絶縁板には、第１ダイノード電極群と第２ダイノード電極群により挟まれた空間に面する位置に開口部が形成されていることを特徴とするイオン検出器。

10

【請求項４】

該上部金属板と平行に配置され、該支持金属板の該上部金属板が接続された側とは反対側の端部に固定された下部金属板を更に有することを特徴とする請求項３記載のイオン検出器。

【請求項５】

該下部金属板には、該上部金属板に形成された該イオン入射口より大きい出射口が形成されており、該上部金属板に垂直な仮想軸を想定すると、該イオン入射口は該下部金属板に形成された出射口の仮想軸方向投射像に含まれることを特徴とする請求項４記載のイオン検出器。

20

【請求項６】

該支持金属板の該上部金属板が接続された側とは反対側の端部は、上部金属板と平行になるように折り曲げられていることを特徴とする請求項３記載のイオン検出器。

【請求項７】

凹型金属固定板と電子増倍部とを有し、

該凹型金属固定板は、背面部と、該背面部から垂直に延びる互いに平行な２つの側部とを有して断面凹型形状をなし、

30

該電子増倍部は、互いに平行に備えられた一対の絶縁板と、該一対の絶縁板に両端を支持され一列に整列して固定される複数のダイノード電極からなる第１ダイノード電極群と、該一対の絶縁板に両端を支持され第１ダイノード電極群と平行に一列に整列して固定される複数のダイノード電極からなる第２ダイノード電極群とを有し、該凹型金属固定板の背面部の該支持金属板に面する側とは反対の側面に固定されると共に該凹型金属板の２つの側部に挟まれて位置し、荷電粒子通過開口に面する位置に荷電粒子入射口が形成され、該一対の絶縁板には、第１ダイノード電極群と第２ダイノード電極群により挟まれた空間に面する位置に開口部が形成されていることを特徴とする電子増倍器。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

40

【産業上の利用分野】

本発明はイオン検出器及び電子増倍器に関し、特に質量分析装置に用いられるイオン検出器及び当該イオン検出器に用いられる電子増倍器に関する。

【０００２】

【従来の技術】

従来より、図１８、図１９に示されるように、コンバージョンダイノード８１５と電子増倍部８２２をユニット化したイオン検出器８００が知られている。かかるイオン検出器８００においては、電子増倍部８２２の寿命がイオン検出器８００の他の部分の寿命より短いため、電子増倍部８２２を交換する場合があります、そのために電子増倍部８２２をイオン検出器本体に着脱可能に取付けていた。

50

【0003】

具体的には、図18、図19に示す電子増倍部822の上端と下端にそれぞれ板バネ828、829を取り付け、上側の板バネ828と下側の板バネ829をそれぞれ上部金属板811と下部金属板813の内面側に圧接させることにより、電子増倍部822をイオン検出器本体に取付けている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来のイオン検出器800においては、電子増倍部の822両側面の絶縁板823、824が外部に露出しているため、図20に示すように電子増倍部822の絶縁板823、824の外側面にはダイノード電極D801乃至D814の端部及びこれに接続される配線が露出しており、電子増倍部822の交換時に配線に触れてしまう可能性があった。このようなことがあると、断線や短絡等を起こしやすい。また、配線等に接触しないよう注意すると、今度は絶縁板823、824間に配置されたダイノード電極D801乃至D814自体に触れてしまうおそれがある。ダイノード電極D801乃至D814に触れると、ダイノード電極を变形してしまう場合がある。ダイノード電極D801乃至D814は狭い間隔をおいて配列されているため、ダイノード電極D801乃至D814が僅かに変形しただけでも、隣り合うダイノード電極D801乃至D814同士が互いに接触するなどして、電子増倍部822として機能しなくなる場合がある。

10

【0005】

そこで、本発明は電子増倍部の交換時に発生するおそれのあった電子増倍部の損傷を防止するようにしたイオン検出器を提供することを目的とする。

20

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、イオン入射口が形成された金属板と、該金属板から垂直に延び、荷電粒子通過口が形成された支持金属板と、該支持金属板の一面側で該荷電粒子通過口を臨む位置に設けられたコンバージョンダイノードと、該イオン入射口から入射したイオンを該コンバージョンダイノードに向けて偏向させるための電界形成手段と、該支持金属板の一面側とは反対の他面側に着脱可能に固定された電子増倍部とを有するイオン検出器において、該電子増倍部は電子増倍部本体と把持用部材とからなり、該電子増倍部本体は、互いに平行に配設された一对の絶縁板と、該一对の絶縁板に挟持されたアノード電極と複数のダイノード電極とからなり、該把持用部材を該一对の絶縁板の外側面を覆うように該電子増倍部本体に取り付けたイオン検出器を提供している。

30

【0007】

なお、電界形成手段は、金属板と、支持金属板と、コンバージョンダイノードとをそれぞれ所定の電位に設定することにより形成することができる。

【0008】

ここで、開口部を該一对の絶縁板に形成するのが好ましい。

【0009】

また、本発明は、イオン入射口が形成された上部金属板と、該上部金属板から垂直に延び、荷電粒子通過口が形成された支持金属板と、該支持金属板の一面側に固定された絶縁部材と、該絶縁部材に固定され、該荷電粒子通過口を臨む位置に設けられたコンバージョンダイノードと、該イオン入射口から入射したイオンを該コンバージョンダイノードに偏向させるための電界形成手段と、該支持金属板の一面側とは反対の他面側に着脱可能に固定された電子増倍部とを有するイオン検出器において、該電子増倍部は凹型金属固定板と電子増倍部本体とからなり、該凹型金属固定板は、該支持金属板の他面側に面する背面部と、該背面部の該支持金属板に面する側とは反対側に垂直に延びる互いに平行な2つの側部とを有して断面凹型形状をなし、該電子通過口と連通する位置に荷電粒子通過開口が形成され、該電子増倍部本体は、互いに平行に配設された一对の絶縁板と、該一对の絶縁板に両端を支持され一列に整列して固定される複数のダイノード電極からなる第1ダイノード電極群と、該一对の絶縁板に両端を支持され第1ダイノード電極群と平行に一列に整列し

40

50

て固定される複数のダイノード電極からなる第2ダイノード電極群とを有し、該凹型金属固定板の背面部の該支持金属板に面する側の反対側面に固定されると共に該凹型金属固定板の2つの側部に挟まれて位置し、該凹型金属固定板の該荷電粒子通過開口に面する位置に荷電粒子入射口が形成され、該一对の絶縁板には、第1ダイノード電極群と第2ダイノード電極群により挟まれた空間に面する位置に開口部が形成されているイオン検出器を提供している。

【0010】

ここで、該上部金属板と平行に配置され、該支持金属板の該上部金属板が接続された側とは反対側の端部に固定された下部金属板を更に有するのが好ましい。

【0011】

更に、該下部金属板には、該上部金属板に形成された該イオン入射口より大きい出射口が形成されており、該上部金属板に垂直な仮想軸を想定すると、該イオン入射口は該下部金属板に形成された出射口の仮想軸方向投射像に含まれるのが好ましい。

【0012】

また、該支持金属板の該上部金属板が接続された側とは反対側の端部は、上部金属板と平行になるように折り曲げられていてもよい。

【0013】

更に本発明は、凹型金属固定板と電子増倍部本体とを有し、該凹型金属固定板は、背面部と、該背面部から垂直に延びる互いに平行な2つの側部とを有して断面凹型形状をなし、該電子増倍部本体は、互いに平行に備えられた一对の絶縁板と、各該絶縁板に両端を支持され一列に整列して固定される複数のダイノード電極からなる第1ダイノード電極群と、各該絶縁板に両端を支持され第1ダイノード電極群と平行に一列に整列して固定される複数のダイノード電極からなる第2ダイノード電極群とを有し、該凹型金属固定板の背面部の該支持金属板に面する側とは反対の側面に固定され、該凹型金属板の2つの側部に挟まれて位置し、荷電粒子通過開口に面する位置に荷電粒子入射口が形成され、該絶縁板には、第1ダイノード電極群と第2ダイノード電極群により挟まれた空間に面する位置に開口部が形成されている電子増倍器を提供している。

【0014】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態によるイオン検出器を質量分析装置に適用した場合について図1乃至図15に基づき説明する。

【0015】

まず、本実施形態のイオン検出器が設置される質量分析装置について説明する。図1に示すように、質量分析装置100は、真空チャンバー200を形成するステンレス製の包囲器110を備えている。真空チャンバー200の内部には、試料分子をイオン化するためのイオン化部300と、イオン化した試料分子を質量ごとに分離するための質量分離部400と、質量分離部400から放出されるイオンの量を検出するためのイオン検出器1とが、この順に設けられている。

【0016】

かかる構成の質量分析装置100は、イオン化部300をガスクロマトグラフ装置600と連通させ、かつ、イオン検出器1をデータ処理装置700と電氣的に接続させて使用する。

【0017】

ガスクロマトグラフ装置600は図示しない測定試料注入口を有しており、測定試料を液体（例えば、ヘキサン等に溶かし込んだ液体）としてガスクロマトグラフ装置600内部に注入できるようになっている。

【0018】

イオン化部300は、図示しないフィラメントを備えており、フィラメントに電流を流すことで熱電子を発生させ、試料分子を正または負の極性のイオンに変換する。

【0019】

質量分離部４００は、図２及び図３に示すように、四重極電極４１０を備えている。四重極電極４１０は、中心軸Ｘ２の周りで、かつ、中心軸Ｘ２に平行に配列された４個の円筒電極から構成されており、中心軸Ｘ２方向の一端部がイオン入射部４３０、他端部がイオン出射部４４０となっている。また、４個の円筒電極内を中心軸Ｘ２に沿って延び、イオン入射部４３０とイオン出射部４４０の間の空間がイオン飛翔空間４２０となる。四重極電極４１０のイオン入射部４３０はイオン化部３００に対向配置され、イオン化部３００で発生したイオンをこのイオン入射部４３０からイオン飛翔空間４２０内に導入する。

【００２０】

４個の円筒電極４１０には、定常電圧と所定の周波数の交流電圧を重ねた電圧が印加され、入射したイオンのうち、当該周波数に対応する質量数のイオンのみをイオン出射部４４０まで導くことで、所定の質量数のイオンを他の質量数のイオンから分離している。なお、イオン飛翔空間４２０には、イオン以外に電磁波や高速粒子も入射しており、これらが計測対象のイオンと共にイオン飛翔空間４２０を通り抜ける。

10

【００２１】

図２及び図３に示すように、質量分析装置１００の包囲器１１０の下流側には、フランジ部１２０が設けられており、イオン検出器１は、このフランジ部１２０に複数の支柱１３１、１３２を介して取り付けられる。フランジ部１２０には、ピン貫通孔１２６及び１２８が形成されている。ピン貫通孔１２６には、外部電圧印加ピン１２２が貫通し封止部材にて封止固定されている。外部電圧印加ピン１２２の外側端部は、データ処理装置７００に電氣的に接続されている。外部電圧印加ピン１２２の内側端部をイオン検出器１に電氣的に接続することで、後述の電子増倍部２２の第一段ダイノードＤ１がデータ処理装置７００に電氣的に接続される。また、ピン貫通孔１２８には、外部電気信号ピン１２４が貫通し封止部材にて封止固定されている。外部電気信号ピン１２４の外側端部は、データ処理装置７００に電氣的に接続されている。外部電気信号ピン１２４の内側端部をイオン検出器１に電氣的に接続することで、後述の電子増倍部２２のアノード２５がデータ処理装置７００に電氣的に接続される。

20

【００２２】

データ処理装置７００は、電子増倍部２２のダイノード電極Ｄ１への電圧印加を制御するとともに、アノード２５からの電気信号に基づき、所定のイオンの量を演算し出力する。データ処理装置７００は、また、四重極電極４１０及びイオン化部３００のフィラメントへの電圧印加を制御する。

30

【００２３】

本実施形態のイオン検出器１は、イオン出射部４４０から出射したイオンの量を電気信号に変換するために、真空チャンバー２００内部に設置される。イオン検出器１は、所定の中心軸Ｘ１を有し、中心軸Ｘ１が四重極電極４１０の中心軸Ｘ２と同軸となるように配列される。

【００２４】

本発明の第１の実施の形態によるイオン検出器１は、図４乃至図６に示すように、イオン検出器本体１０と電子増倍部２２とを有する。電子増倍部２２は、イオン検出器本体１０に着脱可能に取り付けられている。図７にはイオン検出器本体１０から電子増倍部２２を取外した様子を示す。

40

【００２５】

イオン検出器本体１０は、中心軸Ｘ１に対して垂直に設けられた上部金属板１１を有し、上部金属板１１上中心軸Ｘ１が貫通する位置にはイオン入射口１１ａが形成されている。なお、イオン検出器本体１０を質量分析装置１００に取り付ける際、イオン検出器１の中心軸Ｘ１と四重極電極４１０の中心軸Ｘ２とが同軸となるように配列して、イオン入射口１１ａを四重極電極４１０のイオン出射部４４０に対向させる（図３）。上部金属板１１には支持金属板１２の一端部が固定され、支持金属板１２は上部金属板１１から垂直に延びている。図７に示すように、支持金属板１２には荷電粒子通過口１２ａが形成されている。また、支持金属板１２の他端部には、上部金属板１１と平行となるように下部金属板

50

13が固定されている。

【0026】

図8は、イオン検出器10を下部金属板13側から中心軸X1方向に見た様子を示したものである。下部金属板13には出射口13aが形成されている。下部金属板13の出射口13aは、上部金属板11に形成されたイオン入射口11aより大きく、中心軸X1方向にイオン入射口11aと出射口13aを投影すると、下部金属板13に形成された出射口13aはイオン入射口11aを完全に含むような位置関係にある。

【0027】

また、下部金属板13には、イオン検出器1を包囲器110に固定するための支柱接合用開口13b、13cが形成されている。図2に示すように、各支柱接合用開口13b、13cにそれぞれ支柱131、132を埋設することにより、イオン検出器1を質量分析装置100のフランジ部120に固定している。また、図6及び図7に示すように、下部金属板13には、電子増倍部22に接続するピンを導入するためのピン貫通孔13d、13eが形成されている。

【0028】

図7に示すように、支持金属板12の一面側にはアーチ状の絶縁部材14が取り付けられている。アーチ形状の絶縁部材14は、その内部空間がイオン入射口11aと中心軸X1方向に連通するように配向されており、絶縁部材14の2本の脚部が支持金属板12に固定されている。その2本の脚部は中心軸方向X1で下部金属板14側に延設されている。

【0029】

上述のように、イオン検出器1はその中心軸X1が四重極電極410の中心軸X2と一致するように配列されているため、図9に示すように、イオン化部300から四重極電極410の中心軸X2方向を見ると、イオン検出器1の上部金属板11のイオン入射口11aから下部金属板13の出射口13aを通じてイオン検出器1の外部を見通すことができる。これにより、イオン化部300から四重極電極410の中心軸X2方向にイオンと共に放出された電磁波や高速粒子は、イオン検出器1の上部金属板11のイオン入射口11aからイオン検出器1の内部へ進入するが、イオン検出器1内で乱反射されることなく、下部金属板13の出射口13aから出射されることになる。

【0030】

図7に示すように、絶縁部材14には、支持金属板12の荷電粒子通過口12aと対向する位置に、コンバージョンダイノード15が固定されている。本実施形態で使用するコンバージョンダイノード15はイオンが入射することにより電子またはイオンを放出するものであり、コンバージョンダイノード15への印加電圧の極性を切り換えることにより正イオン、負イオンの双方に対応することができる。即ち、検出対象たるイオンが正イオンである場合はコンバージョンダイノード15を負電位とし、検出対象たるイオンが負イオンである場合はコンバージョンダイノード15を正電位とするにより、入射イオンが正イオンの場合、入射した正イオンに対応した数の電子を放出することができる。また、入射イオンが負イオンの場合、入射した負イオンに対応した数の正イオンを放出することができる。そして後段のダイノードD1にて正イオンを電子に変換する。

【0031】

上部金属板11及び支持金属板12はグランド電位に接地されており、正または負の電位を帯びたコンバージョンダイノード15と、グランド電位の上部金属板11と支持金属板12とで、イオン入射口11aから入射されたイオンをコンバージョンダイノード15に導くための電界形成手段を構成している。

【0032】

電子増倍部22は、支持金属板12の前記一面側とは反対側の面に着脱可能に装着されている。電子増倍部22は、図10に示すように、凹型金属固定板（把持用部材）21と電子増倍部本体20とからなる。

【0033】

電子増倍部本体20は、互いに平行な一対の絶縁板23、24を有しており、その間に複

10

20

30

40

50

数段のダイノード電極D 1乃至D 1 4が設けられている。図1 4に示すように、第1段ダイノード電極D 1、第2段ダイノード電極D 2はボックス型、第3段乃至第1 4段のダイノード電極D 3乃至D 1 4はライン型のダイノード電極である。各ダイノード電極D 1乃至D 1 4は、両端が絶縁板に形成された穴に差し込まれ固定されている。

【0034】

2枚の絶縁板2 3、2 4の外側に露出した各段のダイノード電極D 1乃至D 1 4の端部は抵抗体を介在させて順次接続されている。第1段ダイノード電極D 1は、データ処理装置7 0 0に接続されて負の電圧が印加され、第2段以降のダイノード電極には、第1段ダイノード電極D 1に印加された電圧を等分に分圧した電圧が印加される。即ち、第1段ダイノード電極D 1から抵抗体を介して接地されている最下段の第1 4段ダイノード電極には段階的に増加する電圧が印加されることになる。

10

【0035】

電子増倍部本体2 0の第1段ダイノード電極D 1が対向する位置が、電子増倍部2 2の荷電粒子入射口となっている。荷電粒子入射口は、支持金属板1 2の荷電粒子通過口1 2 aと連通し、上述のコンバージョンダイノード1 5を臨む位置に形成されている。最下段の第1 4段ダイノード電極D 1 4に対向する位置には、アノード2 5が設けられている。アノード2 5はデータ処理装置7 0 0に接続されており、電子増倍部2 2に入射した電子数に対応した電気信号を出力する。

【0036】

第1ダイノード電極D 1を除く奇数番目のダイノード電極D 3、D 5、D 7、D 9、D 1 1、D 1 3は、1列に整列され、第1ダイノード電極群2 6をなし、第2ダイノード電極D 2を除く偶数番目のダイノード電極D 4、D 6、D 8、D 1 0、D 1 2、D 1 4は、第1ダイノード電極群2 6と平行に1列に整列され、第2ダイノード電極群2 7をなす。絶縁板2 3、2 4には、第1ダイノード電極群2 6と第2ダイノード電極群2 7とによって挟まれる空間に対向する位置に、第1ダイノード電極群2 6及び第2ダイノード電極群2 7に平行なスリット状の開口部2 3 a、2 4 aが形成されている。図1 4には絶縁板2 3に形成された開口部2 3 aを示すが、絶縁板2 4にも同様の開口部2 4 aが形成されている。

20

図1 3に示すように、絶縁板2 3、2 4の最上端と最下端には、絶縁板2 3、2 4のスペーサとして機能するプラスチック樹脂部材2 8、2 9が固定されている。プラスチック樹脂部材2 8、2 9には、図1 2に示すように、凹型金属固定板2 1に固定するためのネジ孔2 8 a、2 9 aが形成されており、図1 3に示すようにして、ネジにより凹型金属固定板2 1を電子増倍部本体2 0に固定する。このように電子増倍部本体2 0と凹型金属固定板2 1はプラスチック樹脂部材2 8、2 9を介して固定されているので、凹型金属固定板2 1は電子増倍部本体2 0から絶縁された状態にあり十分な耐圧を維持することができる。

30

【0037】

凹型金属固定板2 1は、その背面部2 1 Aがイオン検出器本体1 0の支持金属板1 2と面接触するように取り付ける。図7に示すように、凹型金属固定板2 1の背面部2 1 Aには、支持金属板1 2の荷電粒子通過口1 2 aと連通する位置に荷電粒子通過口2 1 aが形成されている。また、凹型金属固定板2 1の背面部2 1 Aには、図1 3に示すように、上述の電子増倍部本体2 0のプラスチック樹脂部2 8、2 9に形成されたネジ孔2 8 a、2 9 aに対応するネジ孔2 1 bが形成されている。また、凹型金属固定板2 1は、背面部2 1 Aから垂直に延び、互いに平行な側部2 1 B、2 1 Cを有し、このために凹型金属固定板2 1の断面形状は凹型となっている。

40

【0038】

図1 1及び図1 2に示すように、電子増倍部本体2 0は凹型金属固定板2 1の内部空間に收容されるので、2枚の絶縁板2 3、2 4の外側に露出したダイノード電極の端部及びそれに接続される配線等は、凹型金属固定板2 1の側部2 1 B、2 1 Cによって覆われる。これにより、電子増倍部2 2をイオン検出器本体1 0に取付けまたは取外しする際に絶縁

50

板 2 3、2 4 の外側に露出した配線等に触れる恐れが少なくなり、配線等の断線や短絡等が生じる恐れが少なくなる。なお、絶縁板 2 3、2 4 の外側に露出したダイノード電極の端部や配線等から凹型金属固定板 2 1 の側部 2 1 B、2 1 C に対して放電が生じるのを防止するため、凹型金属固定板 2 1 の側部 2 1 B、2 1 C と絶縁板 2 3、2 4 との間の距離は十分長くとってある。

【0039】

背面部 2 1 A の最下端には、電子増倍部本体 2 0 を支持するための底部 2 1 D が、設けられている。底部 2 1 D には、図 1 2 に示すように、電子増倍部本体 2 0 に接続するピンを導入するためのピン貫通孔 2 1 c、2 1 d が形成されている。ピン貫通孔 2 1 c には、電圧印加ピン 1 6 が貫通して固定され、電圧印加ピン 1 6 は電子増倍部本体 2 0 の第一段ダイノード D 1 にワイヤで電氣的に接続される。電圧印加ピン 1 6 は、図 3 に示すように、外部電圧印加ピン 1 2 2 に接続され、データ処理装置 7 0 0 へ接続される。また、他方のピン貫通孔 2 1 d には、電子増倍部本体 2 0 のアノード 2 5 にワイヤで電氣的に接続される電気信号ピン 1 7 が貫通して固定される。電気信号ピン 1 7 は、同じく図 3 に示すように、外部電気信号ピン 1 2 4 に接続され、データ処理装置 7 0 0 へ接続される。電子増倍部 2 2 をイオン検出器本体 1 0 に取付ける際、電圧印加ピン 1 6 は、下部金属板 1 3 のピン貫通孔 1 3 d を貫通し、電気信号ピン 1 7 は下部金属板 1 3 のピン貫通孔 1 3 e を貫通する。

【0040】

また、凹型金属固定板 2 1 の背面部 2 1 A には取付け部 2 1 E、2 1 F が設けられている。取付け部 2 1 E、2 1 F には、電子増倍部 2 2 をイオン検出器本体 1 0 に取付けるためのネジ孔 2 1 e、2 1 f が形成されている。ネジ孔 2 1 e、2 1 f を利用したネジ止めにより、電子増倍部 2 2 はイオン検出器本体に固定される。

【0041】

次に、本実施の形態のイオン検出器 1 の動作について説明する。まず、ガスクロマトグラフ装置 6 0 0 の図示しない測定試料注入口から液体の測定試料を注入すると、ガスクロマトグラフ装置 6 0 0 内部にて気化し、ガスクロマトグラフ装置 6 0 0 に連通したイオン化部 3 0 0 内部に、気体として導入される。

【0042】

この測定試料気体分子は、イオン化部 3 0 0 において、図示しないフィラメントで発生した熱電子により、正極性もしくは負極性のイオンにイオン化される。当該発生したイオンが四重極電極 4 1 0 のイオン入射部 4 3 0 よりイオン飛翔空間 4 2 0 内部に入射すると、これらイオンのうち、所望の質量数のイオンのみがイオン出射部 4 4 0 から出射して、イオン検出器 1 のイオン入射口 1 1 a からイオン検出器 1 内部に入射する。

【0043】

イオン検出器 1 内部に入射したイオンは、コンバージョンダイノード 1 5 と上部金属板 1 1 と支持金属板 1 2 とにより形成された電子レンズにより、コンバージョンダイノード 1 5 に入射する。このとき、同じく四重極電極 4 1 0 を通過してイオン入射口 1 1 a を通過した電磁波や高速粒子は、この電子レンズにより軌道を曲げられることが無く、そのまま直進する。

【0044】

本実施の形態のイオン検出器 1 では、下部金属板 1 3 には、上部金属板 1 1 に形成されたイオン入射口 1 1 a より大きい出射口 1 3 a が形成され、上部金属板 1 1 に垂直な仮想軸を想定すると、イオン入射口 1 1 a は、下部金属板 1 3 に形成された出射口 1 3 a の仮想軸方向投射像に含まれるよう形成されている。従って、イオン入射口 1 1 a を通過した電磁波や高速粒子が下部金属板 1 3 により乱反射されて支持金属板 1 2 に形成された荷電粒子通過口 1 2 a を通じてコンバージョンダイノード 1 5 や電子増倍部 2 2 の荷電粒子入射口に到達することはない。

【0045】

コンバージョンダイノード 1 5 に正イオンが入射すると、コンバージョンダイノード 1 5

10

20

30

40

50

に衝突した正イオンの量に対応した量の電子をコンバージョンダイノード15が放出し、この電子が電子増倍部22の荷電粒子入射口を介して第1段ダイノード電極D1に入射する。第1段ダイノード電極D1に電子が入射すると、第1段ダイノード電極D1から二次電子が放出され、それが第2段ダイノード電極D2へ入射する。なお、コンバージョンダイノード15に負イオンが入射した場合は、コンバージョンダイノード15に衝突した負イオンの量に対応した量の正イオンをコンバージョンダイノード15が放出し、この正イオンが電子増倍部22の荷電粒子入射口を介して第1段ダイノード電極D1に入射する。第1段ダイノード電極D1に正イオンが入射すると、第1段ダイノード電極D1から二次電子が放出され、それが第2段ダイノード電極D2へ入射する。

【0046】

第2乃至第14段ダイノード電極D2乃至D14においても同様に、ダイノード電極表面（二次電子面）に入射した電子による二次電子放出が生じ、これらの二次電子はより下段のダイノード電極D3乃至D14の表面に入射し、これにより更に二次電子が放出され、最終的には指数関数的な増倍が行われる。最下段の第14段ダイノード電極D14から出射した二次電子は、アノード25に入射し、電気信号として検出される。こうして、コンバージョンダイノード15に入射するイオン信号は、元は微少であるにも係わらず、大きな電気信号として取り出すことができる。

【0047】

ダイノード電極D1乃至D14の表面に電子が入射した際には、二次電子以外にも、入射電子量や入射電子エネルギーにより、ダイノード電極D1乃至D14の表面に吸着したガス分子や、ダイノード電極D1乃至D14の表面から比較的浅い部分に取り込まれているガス分子も放出される。ここで放出されたガス分子は、最終的には質量分析装置の真空ポンプにより質量分析装置内から放出されるが、ある程度の時間、複数のダイノード電極に挟まれた位置に漂っている。ダイノード電極D1乃至D14間に漂っているガス分子に二次電子が衝突すると、ガス分子はイオン化され、電気的にみて最も入射しやすいダイノード電極D1乃至D14のいずれかに入射する。イオン化されたガス分子が入射したダイノード電極では、そのエネルギーにより二次電子が放出される。こうして生じた二次電子も電子増倍部22内で増倍されてしまうため、最終的には、コンバージョンダイノード15から出射したイオンが電子増倍部22に入射した場合と同様な電気信号として検出されてしまう。このような現象は二次電子の量が多いほど顕著に見られるため、第1段ダイノード電極D1に印加される電圧が高いほどこの疑似信号が多く生じる。

【0048】

しかし、本実施の形態のイオン検出器1によれば、図14に示すように、電子増倍部22の絶縁板23、24に、第1ダイノード電極群26と第2ダイノード電極群27に挟まれた空間に面する位置にスリット状の開口部23a、24aを形成したので、質量分析装置の真空ポンプによりここからガス分子が速やかに排出される。従って、ダイノード電極D1乃至D14から放出されたガス分子は、第1ダイノード電極群26と第2ダイノード電極群27に挟まれた空間、即ち、二次電子の経路上に長期間存在することがない。また、凹型金属固定板21は背面部21Aと側部21B、21Cと底部21Dとにより電子増倍部22を覆っているが、電子増倍部22の外周全体を覆ってはいない。従って、絶縁板23、24の開口部23a、24aから排出されたガス分子の拡散が阻害されることがない。

【0049】

図15は、本発明の第1の実施の形態のイオン検出器を使用して得られたイオン検出信号を示したものである。同図に示した黒丸は、本実施の形態のイオン検出器1を使用して得られたイオン検出信号を示したものである。横軸は第1段ダイノード電極D1に印加した負の電圧、即ち、ダイノード電極D1乃至D14に印加した電圧の総計であり、縦軸はアノード25から検出されたイオン検出信号を示す。第1段ダイノード電極D1に印加する負の電圧が大きくなると、両対数グラフにおいて、一定量のイオン入射に対するイオン検出信号が直線的に増加している。第1段ダイノード電極D1に印加する負の電圧が非常に

10

20

30

40

50

大きくなっても、この直線性が失われないことがわかる。

【0050】

これに対し、図15に示した白丸は、絶縁板23、24に開口部23a、24aを形成しなかった場合のイオン検出信号を示したものである。第1段ダイノード電極D801に印加する負の電圧が大きくなると、両対数グラフにおいて、第1段ダイノード電極D801に印加した電圧とイオン検出信号の直線性が失われ、イオン検出信号が大きくなっている。第1ダイノード電極群826と第2ダイノード電極群827に挟まれた空間に面する位置に放出されたガス分子が、質量分析装置の真空ポンプによって排出されるのに長時間を要し、当該ガス分子による電気信号が多く検出されてしまうためである。

【0051】

次に本発明の第2の実施の形態によるイオン検出器について図16、17に基づき説明する。本実施の形態のイオン検出器2は第1の実施の形態のイオン検出器1とほぼ同様の構成をしており、同一の構成を有する部材は同一の参照番号で示してある。本実施の形態のイオン検出器2は、イオン検出器本体30が下部金属板を有さない点で第1の実施の形態のイオン検出器と異なっている。本実施の形態のイオン検出器2では、支持金属板31一端には上部金属板11が固定されており、他端部はコンバージョンダイノード15が備えられた側に折り曲げられて固定部32、33をなしている。固定部32、33には、イオン検出器2を包囲器110に固定するための支柱接合用開口32a、33aが形成されている。イオン検出器本体30が下部金属板を有さない構成は、本実施の形態の電子増倍器20が凹型金属固定板21の取付け部21E、21Fに形成されたネジ孔21e、21fを介してイオン検出器本体30に固定されるために可能となる。従来のように、電子増倍部の最上部及び最下部に設けられたバネにより電子増倍部がイオン検出器本体に固定されるような構成では、イオン検出器本体が下部金属板を有することが必須の構成となる。

【0052】

本実施の形態のイオン検出器2には下部金属板が設けられていないため、イオン入射口11aを通過した電磁波や高速粒子が乱反射される恐れが更に少なくなり、支持金属板12に形成された開口部12aを通じて電子増倍部22の荷電粒子入射口に到達する恐れがきわめて少ない。

【0053】

本発明によるイオン検出器は上述した実施の形態に限定されず、特許請求の範囲に記載した範囲で種々の変形や改良が可能である。例えば、第1の実施の形態では、凹型金属固定板をイオン検出器本体の支持金属板に固定するに際し、取付け部にネジ孔を形成しネジにより固定するようにしたが、従来同様のバネ式で行っても良い。

【0054】

また、上述の第1、第2の実施の形態では、凹型金属固定板に電子増倍部を支持するための底部を設けたが、この底部は設けなくてもよい。

【0055】

【発明の効果】

請求項1記載のイオン検出器によれば、把持用部材を一对の絶縁板の外側面を覆うように電子増倍部本体に取り付けているので、電子増倍器の交換の際に、配線等に触れてしまうことによる断線や短絡等の事故を防止することができる。

【0056】

請求項2記載のイオン検出器によれば、一对の絶縁板を貫通して複数のダイノード電極から放出されるガス分子を導出するためのスリット状の開口部を形成したので、ダイノード電極の間、即ち、二次電子の経路上に存するガス分子の拡散が促進され、ガス分子による疑似信号を少なくすることができる。

【0057】

請求項3記載のイオン検出器によれば、電子増倍部が凹型金属板の2つの側部に挟まれて位置するので、電子増倍器の交換の際に、配線等に触れてしまうことによる断線や短絡等の事故を防止することができる。また、絶縁板には、第1ダイノード電極群と第2ダイノ

10

20

30

40

50

ード電極群により挟まれた空間に面する位置に開口部が形成されているので、ダイノード電極の間即ち二次電子の経路上に存するガス分子の拡散が促進され、ガス分子による疑似信号を少なくすることができる。

【0058】

請求項4記載のイオン検出器によれば、下部金属板を有するので、イオン検出器の固定等が容易で、安定的である。

【0059】

請求項5記載のイオン検出器によれば、下部金属板には、上部金属板に形成されたイオン入射口より大きい出射口が形成される。従って、イオン入射口から進入してきた電磁波や高速粒子が四重極電極の軸方向に正確に直進しなかった場合であっても、電磁波等をイオン検出器の外へ出射させることができる。また、イオン入射口は、上部金属板に垂直な仮想軸を想定すると、下部金属板に形成された出射口の仮想方向投射像に含まれる。従って、イオン入射口から進入した電磁波や高速粒子が下部金属板にて乱反射されることなく、イオン検出器の外部へ出射される。これにより、イオン入射口から進入した電磁波や高速粒子が電子増倍部の荷電粒子入射口に進入することを良好に防止することができる。

【0060】

請求項6記載のイオン検出器によれば、支持金属板の上部金属板に固定された側とは反対側の端部は、上部金属板に平行になるように折り曲げられ、外部基材に接続される固定部をなす。従って、イオン検出器は、下部金属板を備えずとも安定的に外部基材に固定される。

【0061】

請求項7記載の電子増倍器によれば、電子増倍部が凹型金属板の2つの側部に挟まれて位置するので、電子増倍器の交換の際に、配線等に触れてしまうことによる断線や短絡等の事故を防止することができる。また、絶縁板には、第1ダイノード電極群と第2ダイノード電極群により挟まれた空間に面する位置に開口部が形成されているので、ダイノード電極の間即ち二次電子の経路上に存するガス分子の拡散が促進され、ガス分子による疑似信号を少なくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態によるイオン検出器が設置される質量分析装置を示すブロック図。

【図2】本発明の第1の実施の形態によるイオン検出器が設置される質量分析装置を示す斜視図。

【図3】本発明の第1の実施の形態によるイオン検出器が設置される質量分析装置を示す概略図。

【図4】本発明の第1の実施の形態によるイオン検出器を示す斜視図。

【図5】本発明の第1の実施の形態によるイオン検出器を示す斜視図。

【図6】本発明の第1の実施の形態によるイオン検出器を示す斜視図。

【図7】本発明の第1の実施の形態によるイオン検出器において電子増倍部がイオン検出器本体から取外された様子を示す斜視図。

【図8】本発明の第1の実施の形態によるイオン検出器を仮想軸方向下部金属板側から見た様子を示す図。

【図9】本発明の第1の実施の形態によるイオン検出器が設置される質量分析装置を示す断面図。

【図10】本発明の第1の実施の形態によるイオン検出器の電子増倍部を示す斜視図。

【図11】本発明の第1の実施の形態によるイオン検出器の電子増倍部を示す斜視図。

【図12】本発明の第1の実施の形態によるイオン検出器の電子増倍部を示す斜視図。

【図13】本発明の第1の実施の形態によるイオン検出器の電子増倍部の組立ての様子を示す斜視図。

【図14】本発明の第1の実施の形態によるイオン検出器の電子増倍部本体を示す正面図。

【図 1 5】本発明の第 1 の実施の形態のイオン検出器を使用して得られたイオン検出信号を示す図。

【図 1 6】本発明の第 2 の実施の形態によるイオン検出器を示す斜視図。

【図 1 7】本発明の第 2 の実施の形態によるイオン検出器において電子増倍器がイオン検出器本体から取外された様子を示す斜視図。

【図 1 8】従来のイオン検出器を示す正面図。

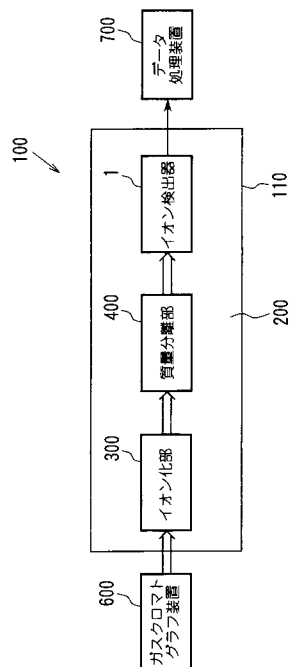
【図 1 9】従来のイオン検出器を示す斜視図。

【図 2 0】従来のイオン検出器の電子増倍部を示す斜視図。

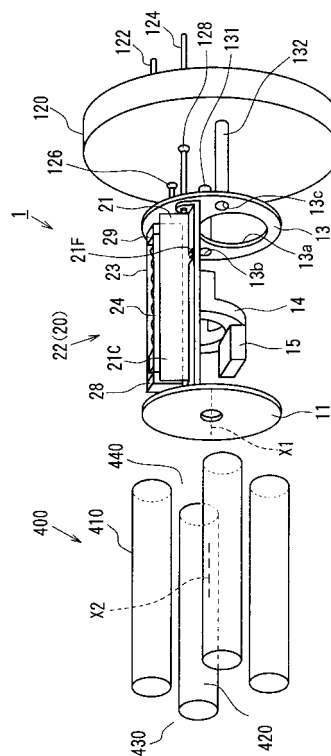
【符号の説明】

1、2	イオン検出器	10
1 1	上部金属板	
1 1 a	イオン入射口	
1 2	支持金属板	
1 2 a	荷電粒子通過口	
1 3	下部金属板	
1 3 a	出射口	
1 4	絶縁部材	
1 5	コンバージョンドイノード	
2 2	電子増倍部	
2 0	電子増倍部本体	20
2 1	凹型金属固定板（把持用部材）	
2 1 A	背面部	
2 1 B、2 1 C	側部	
2 1 a	荷電粒子通過開口	
2 3、2 4	絶縁板	
2 3 a、2 4 a	開口部	
2 5	アノード電極	
D 1～D 1 4	ダイノード電極	
2 6	第 1 ダイノード電極群	
2 7	第 2 ダイノード電極群	30
3 2、3 3	固定部	

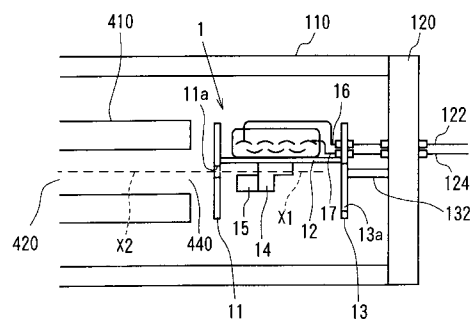
【図 1】



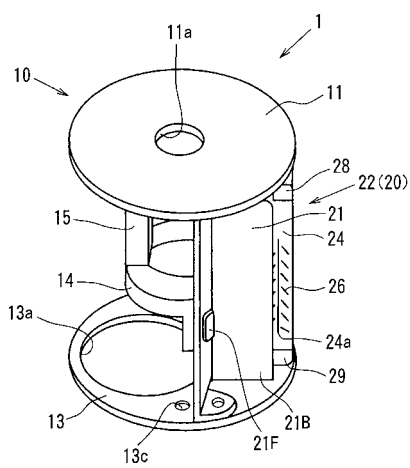
【図 2】



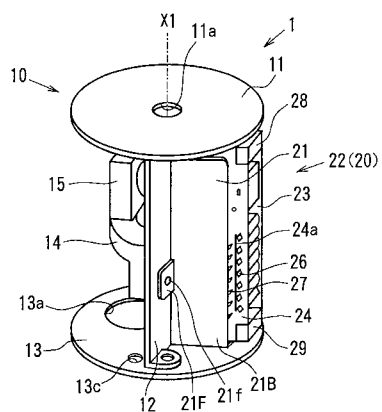
【図 3】



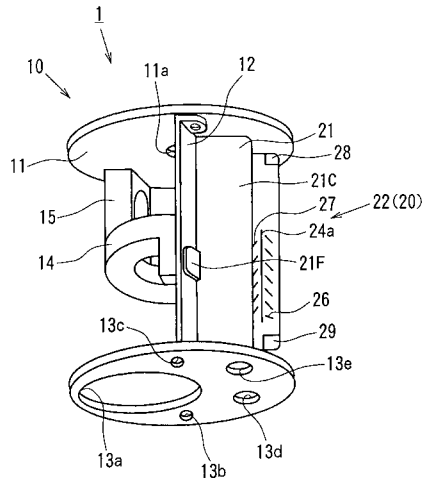
【図 5】



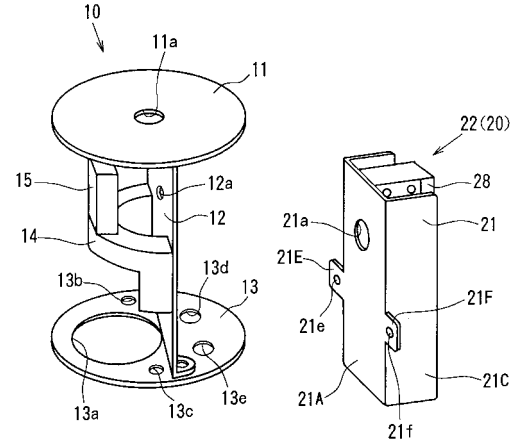
【図 4】



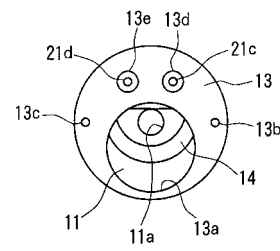
【図 6】



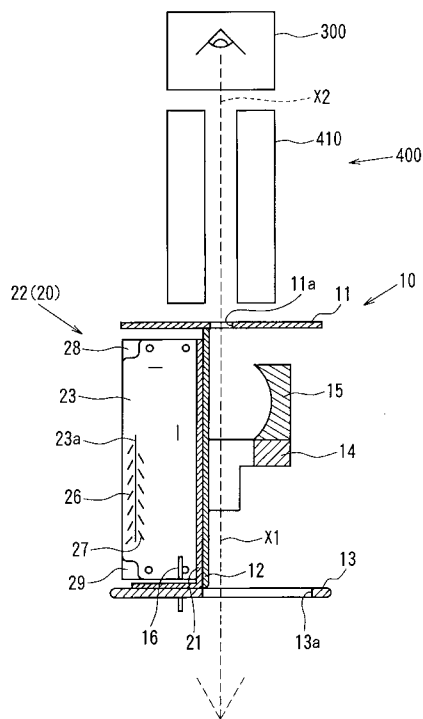
【図 7】



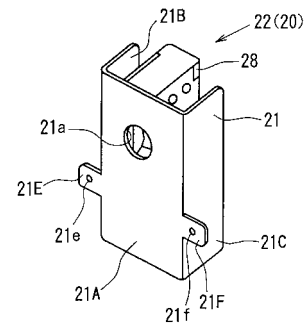
【図 8】



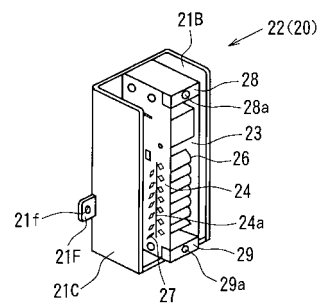
【図 9】



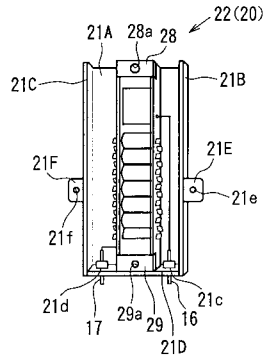
【図 10】



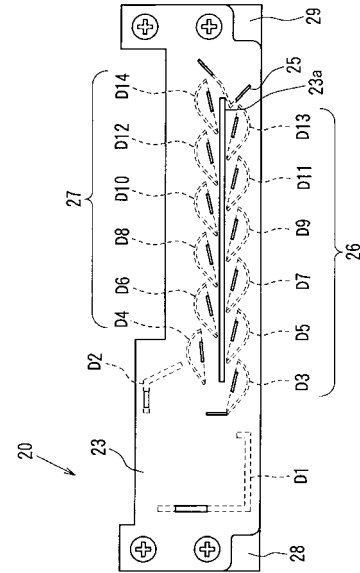
【図 11】



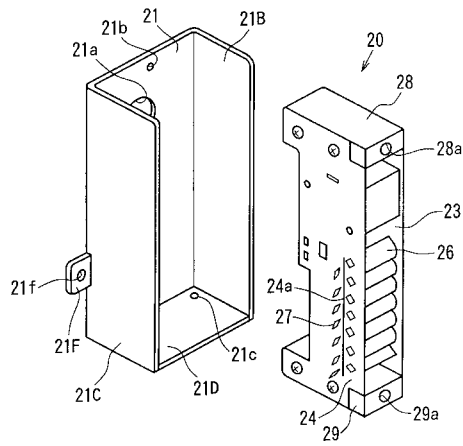
【図 12】



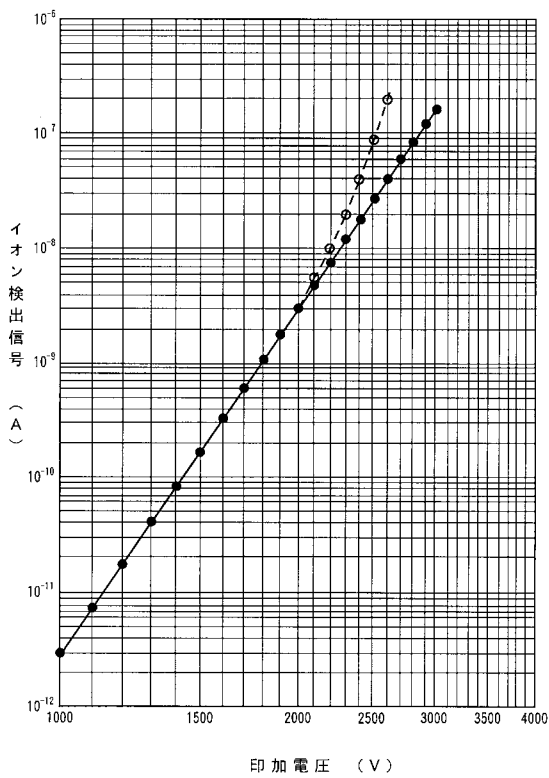
【図 14】



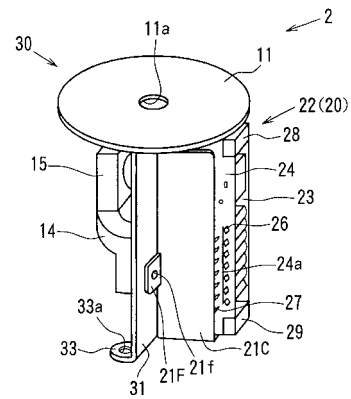
【図 13】



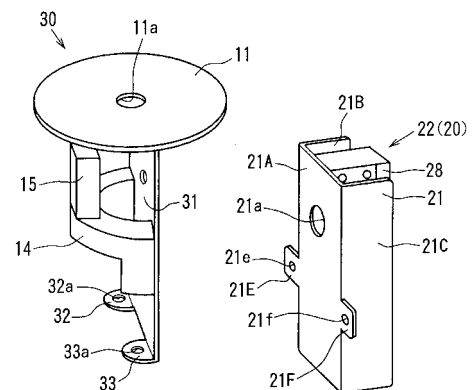
【図 15】



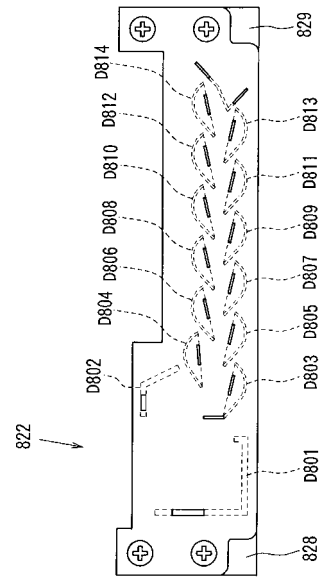
【図 16】



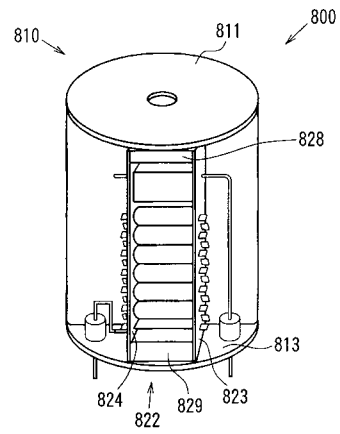
【図 17】



【図 20】



822 →



フロントページの続き

(72)発明者 大村 孝幸

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

審査官 遠藤 直恵

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

H01J 49/00-49/48