明　細　書

発明の名称 ：

膜交換ユニットおよび膜交換ユニットを有するシステム

技術分野

[0001] 本発明は、イオンを検出する前処理用の膜交換ユニットに関するものである。

背景技術

[0002] 国際公開ＷＯ２０１２／０５６７０９号公報には、本件出願人が提案しているサンプルを分析するユニットを有するシステムが開示されている。この分析するユニットは、少なくとも２つのパラメータにより制御される電界をイオン化された化学物質が通過するイオン強度を測定するイオン移動度センサーにサンプルを供給して得られた測定データに含まれるデータの２次元表現であって、第１のパラメータを変化させ、他のパラメータを固定したときのイオン強度を示す２次元表現の中に存在するピークを検出する機能ユニットと、検出されたピークと他の２次元表現の中に存在するピークとの連続性および生滅に基づいて検出されたピークを分類する機能ユニットと、分類されたピークに基づいてサンプルに含まれる化学物質を推定する機能ユニットとを有する。

発明の概要

[0003] ガスクロマトグラフィーの前処理として、いくつかの種類のファイバーまたは膜を用いて固体、液体および気体のサンプルから揮発成分を抽出することが行われている。しかしながら、ごく微量の成分を検出しようとした場合、たとえば、イオン移動度センサーでｐｐｂあるいはｐｐｔレベルの濃度を検出しようとした場合、ファイバーまたは膜に付着する汚れ（コンタミ）が測定の障害となる。

[0004] 本発明の一態様は、第１の分離膜と、第１の分離膜を介して第２の空間に接続した第１の空間と、第１の空間に第１の流体を供給し、第２の空間から

第１の空間に、第１の分離膜を透過して拡散した化学物質を、第１の空間から排出される第１の流体によりイオン検出器に供給する第１の経路と、第１の空間に設けられた第１のイオン化ユニットとを有する膜交換ユニットである。第１の流体は典型的には気体であり、キャリアガスである。

[0005] 第１の空間にイオン化ユニットを設置することにより、第１の分離膜を透過して第１の空間に到達した成分（化学物質、分子）をイオン化できる。このため、第１の分離膜により特定の成分を通過させたり、特定の成分を排除したりできるとともに、第１の分離膜を通過した成分が、第１の分離膜の表面や第１の空間を規定するハウジング内部、さらに、第１の配管系へ付着することを抑制できる。したがって、汚染という現象が発生することを抑制できる。第１の分離膜の典型的なものは、水分（湿度、蒸気）を選択的に不透過（分離）できる気体分離膜（分離透過膜）である。

[0006] 第１の分離膜を透過した成分は、本来、汚染（コンタミ）ではなく、第２の空間に供給された、または存在する第２の流体（サンプル流体）に含まれるものであり、検出対象の化学物質である。この膜交換ユニットは、第１の分離膜を通過して第２の空間から第１の空間に拡散した化学物質を、第１の空間に設置されたイオン化ユニットによりイオン化する。したがって、検出対象の化学物質が汚染物質となるのを抑制できるとともに、検出対象の化学物質をイオン化することによりイオン検出器における化学物質の検出感度を向上できる。

[0007] 汚染は、化学物質の付着等による伝達の時間的な遅れと理解してもよい。この膜交換ユニットは、第１の分離膜を通過した化学物質をすぐにイオン化することにより、化学物質の伝達の時間的な遅れの発生を抑制する。このため、膜交換ユニットは、気体を分離するという所定の機能に加え、汚染の発生を抑制でき、イオン検出器に到達する化学物質の時間的な遅れを抑制できる。このため、膜交換ユニットの下流に設置される、イオン検出器に到達する化学物質の量を確保（増加）でき、検出感度を向上できる。

[0008] 第１のイオン化ユニットは、間接イオン化ユニットであってもよく、直接

イオン化ユニットであってもよい。間接イオン化ユニットとしては、Ni_{63}を使用したもの、コロナ放電を用いたものが挙げられる。直接イオン化ユニットとしては、紫外発光ダイオード（ＵＶ－ＬＥＤ）、紫外線ランプ（ＵＶ　Ｌｏｗ　ｐｒｅｓｓｕｒｅ　ｌａｍｐ）などの紫外線源を含むＵＶイオン化ユニットが挙げられる。第１のイオン化ユニットの好適なものは、コロナ放電、ＲＦ放電などを用いて大気圧プラズマを発生させるユニットである。

[0009] 第１の空間は第１の流体が流通する程度のクローズドされた空間であり、第２の空間はオープンであってもクローズドであってもよい。第２の空間に第２の流体を供給および排出する第２の経路を有していてもよい。この場合、膜交換ユニットは、第２の空間に設けられた第２のイオン化ユニットを有することが望ましい。第２の空間は第２の流体が流通する程度のクローズドされた空間であり、その第２の空間の汚染も抑制できる。

[0010] 膜交換ユニットは、さらに、第２の空間と第３の空間とを接続する第２の分離膜と、第３の空間に第３の流体を供給および排出する第３の配管系とを有していてもよい。第１の分離膜および第２の分離膜に挟まれる第２の空間に流れる第２の流体を乾燥した特定成分のガス、たとえば窒素などの不活性ガスにすることにより、水分を除去し、より低湿度のサンプルをイオン検出器に供給できる。このため、イオン検出器において水分が測定また検出の障害となることを抑制できる。

[0011] 膜交換ユニットは、第１の分離膜を加熱および冷却する電熱変換素子（ペルチェ素子）を有することが望ましい。第１の分離膜を低温にすることで第１の空間への化学物質（分子）の拡散を抑制でき、第１の分離膜に化学物質を蓄積できる。その後、第１の分離膜を高温にすることにより、第１の分離膜に蓄積されていた分子の放出を促進できる。したがって、膜交換ユニットを簡易のバッファとして利用し、膜交換ユニットを透過する化学物質の濃度を高くできる。

[0012] 本発明の他の態様の１つは、上記に記載の膜交換ユニットと、イオン検出器とを有するシステムである。このシステムの典型的なものは測定装置であ

るが、化学物質の検出結果をコンテンツの提供の情報として使用したり、危険を察知する情報として使用したりするなどの各種のアプリケーションを含むシステムであってもよく、各種のアプリケーションに対応したシステムであってもよい。イオン検出器は、質量分析器、ガスクロマトグラフィーなどであってもよいが、気体中のイオン化された分子をリアルタイムで検出できるイオン移動度センサーが好適である。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]測定装置の概略構成を示すブロック図。

[図2]膜交換ユニットの概要を示すブロック図。

[図3]異なる膜交換ユニットの概要を示すブロック図。

[図4]異なる膜交換ユニットの概要を示すブロック図。

[図5]湿度の異なるサンプルガスの測定結果を示す例。

発明の実施の形態

[0014] 図１に、サンプル流体に含まれる成分を検出し、測定する装置の概要を示している。この測定装置（測定システム）１は、サンプル流体２の入力ポート３と、測定済みの気体を排気する排気ポート４とを含む。測定装置１は、さらに、サンプル流体２から測定対象の化学物質、たとえば揮発成分を抽出する膜交換ユニット（前処理ユニット）２０と、抽出された成分２９を検出するイオン検出器であるイオン移動度センサー１０と、抽出された成分２９をイオン移動度センサー１０へ搬送するキャリアガス３９を生成するガスジェネレータ３０と、キャリアガス３９をイオン移動度センサー１０へ吸引するポンプユニット４０と、キャリアガス３９の流量制御を行う質量流量制御装置（マスフローコントローラ）４５とを含む。

[0015] イオン移動度センサー１０の一例はＦＡＩＭＳ（ＦＡＩＭＳ、Ｆｉｅｌｄ Ａｓｙｍｍｅｔｒｉｃ ｗａｖｅｆｏｒｍ Ｉｏｎ Ｍｏｂｉｌｉｔｙ Ｓｐｅｃｔｒｏｍｅｔｒｙ、フィールド非対称質量分析計、またはＤＩＭＳ、Ｄｉｆｆｅｒｅｎｔｉａｌ Ｉｏｎ Ｍｏｂｉｌｉｔｙ Ｓｐｅｃｔｒｏｍｅｔｒｙ）である。ＦＡＩＭＳ（ＦＡＩＭＳ技術）では、測定対象となる

化学物質はＦＡＩＭＳ１０の上流に配置されたイオン化ユニットによりイオン化できる化合物、組成物、分子、その他の生成物である。ＦＡＭＩＳは、イオン移動度が化学物質毎にユニークである性質を利用して、測定対象のイオン化された分子（化学物質）を電界中で移動させながら、差動型電圧（ＤＶ、Ｄｉｓｐｅｒｓｉｏｎ Ｖｏｌｔａｇｅ、Ｖｄ電圧、電界電圧、交流電圧、以降ではＶｆ）と補償電圧（ＣＶ、Ｃｏｍｐｅｎｓａｔｉｏｎ Ｖｏｌｔａｇｅ、補償電圧、直流電圧、以降ではＶｃ）とを印加する。検出目標のイオン化された化学物質は、ＶｆおよびＶｃの値が適切に制御されれば、検出用の電極に到達して電流値として検出される。

[0016] 測定装置１は、さらに、イオン移動度センサー１０の通過流量を制御したり、イオン移動度センサー１０から得られた測定データの分析機能を含むデバイス（臭覚プロセッサ、ＯＬＰ、Ｏｌｆａｃｔｉｏｎ Ｐｒｏｃｅｓｓｏｒ）６０を含む。ＯＬＰ６０は、パーソナルコンピュータなどの汎用的なハードウェア資源（ＣＰＵおよびメモリを含む）により実現されてもよく、１つの集積化されたデバイス（半導体チップ、ＡＳＩＣ、ＬＳＩ）または複数の集積化されたチップ（チップセット）として提供されてもよい。ＯＬＰ６０は、ＦＡＩＭＳ１０の測定条件または環境を制御する機能や、測定条件または環境により測定された結果を解析（解釈）する機能などを含み、詳細は、たとえば、本件出願人の出願（国際公開ＷＯ２０１２／０５６７０９号公報）に開示されている。

[0017] 図２に、膜交換ユニット２０の概略構成を示している。膜交換ユニット２０は、円筒状のハウジング２４と、ハウジング２４に収納された第１の分離膜５１とを含み、ハウジング２４の内部は、第１の分離膜５１により第１の空間（第１の部屋、第１のチャンバ）２１および第２の空間（第２の部屋、第２のチャンバ）２２に分離（分割）されている。したがって、第１の空間２１は、第１の分離膜５１を介して第２の空間２２に接続（連通）している。膜交換ユニット２０は、さらに、第１の空間２１に第１の流体（キャリアガス）３９を供給および排出する第１の配管系２５と、第２の空間２２に第

２の流体（サンプルガス）２を供給および排出する第２の配管系２６とを有する。

[0018] 第１の配管系２５は、第１の空間２１に第１の流体であるキャリアガス３９を供給し、第２の空間２２から第１の空間２１に、第１の分離膜５１を透過して拡散した化学物質を、第１の空間２１から排出されるキャリアガス３９によりイオン検出器のイオン移動度センサー１０に供給する第１の経路としての機能を果たす。第１の経路は基板の凹凸などにより形成される流路であってもよい。第１の配管系２５は、キャリアガス３９の入力ポート２５ａと、キャリアガス３９の出力ポート２５ｂとを含み、出力ポート２５ｂはイオン移動度センサー１０に接続されている。

[0019] さらに具体的には、第１の配管系２５は、二重管２５ｃを含み、外管２５ｄに入力ポート２５ａが設けられ、内管２５ｅに出力ポート２５ｂが設けられている。外管２５ｄは第１の空間２１の全体に、あるいは外側からキャリアガス３９を供給するように構成され、内管２５ｅは第１の分離膜５１の近傍からキャリアガス３９を排出できるように構成されている。したがって、第１の配管系２５は、第１の分離膜５１を透過したターゲットの化学物質２９をより多く含むキャリアガス３９を出力ポート２５ｂから出力できる。

[0020] 第２の配管系２６は、第２の空間２２に第２の流体であるサンプルガス２を供給および排出する第２の経路としての機能を果たす。第２の経路は基板の凹凸などにより形成される流路であってもよい。第２の配管系２６は、サンプルガス２の入力ポート２６ａと、サンプルガス２の排出（出力）ポート２６ｂとを含み、入力ポート２６ａは測定装置１の入力ポート３に繋がっている。

[0021] さらに具体的には、第２の配管系２６は、二重管２６ｃを含み、内管２６ｅに入力ポート（サンプル入力）２６ａが設けられ、外管２６ｄに出力ポート（サンプル出力）２６ｂが設けられている。内管２５ｅは第１の分離膜５１の近傍にサンプルガス２を導くように構成されている。外管２６ｄは第２の空間２２の周囲または外側からサンプルガス２を排出するように構成され

ている。したがって、第２の配管系２６は、サンプルガス２を第１の分離膜５１の近傍に導き、第１の分離膜５１を透過しなかった成分、すなわち、第１の分離膜５１により分離あるいは排除された成分を多く含むガスを排気できるようになっている。

[0022] したがって、膜交換ユニット２０により、第２の空間２２から分離膜５１を介して第１の空間２１に拡散した化学物質（ターゲット物質）２９が、第１の流体であるキャリアガス３９によりイオン検出センサー１０に供給される。

[0023] 第１の分離膜５１の典型的な例は気体分離膜であり、ＰＤＭＳ（ポリジメチルシロキサン）、ハイブリッドシリカを含む。ＰＤＭＳ、ハイブリッドシリカ膜は、サンプルガス２から水分（蒸気、湿分）を除去するのに特に適している。ＰＤＭＳは、高分子鎖間の距離が大きく、高い気体透過係数を示す高分子膜素材の１つである。したがって、ＰＤＭＳは微細口径の多孔性膜として機能し、さらに、疎水性で、有機液体に親和性が高く、選択透過性に優れていることが報告されている。本明細書のＰＤＭＳには、従来のＰＤＭＳと種々のジビニルモノマーなどの高分子との架橋反応で調製されたような変性ＰＤＭＳ、ＰＤＭＳと他の素材との複合膜が含まれる。

[0024] ハイブリッドシリカは、平均細孔径が０．１ないし０．６ｎｍで、数種類の媒体内で少なくとも２００℃まで熱水的に安定であるシリカをベースとする微孔質有機－無機ハイブリッド膜であり、短鎖架橋シランのゾルーゲル処理を使用して製造することができる。ハイブリッドシリカは、気体の分離ならびに低分子量アルコールなどの様々な有機化合物からの水および他の小分子化合物の分離に適していることが報告されている。さらに、ＰＤＭＳに対して耐熱性が高く、高温での用途、たとえば、低温で蓄積して高温で放出するような濃縮を兼ねた用途に適している。

[0025] 分離膜５１は、これらに限定されない。分離膜は気体に対し選択透過性を示す膜であればよく、ガス拡散性多孔質膜として知られている膜、浸透気化法に使用される膜、気化浸透法に使用される膜などが含まれ、高分子膜であ

ってもよく、気体透過性を有する膜、溶解拡散性を有する膜であってもよい。分離膜は物理的に多孔性の膜であってもよく、孔のない高分子膜や分子レベルの微細孔を有する無機膜などの分子レベルで多孔性の膜であってもよい。

[0026] これらの分離膜５１は、拡散性、透過性を考慮すると膜厚が１μｍ～１ｍｍ、さらに好ましくは５０μｍ～５００μｍ程度に限られ、また、組成からも膜強度は非常に小さい。特にＰＤＭＳの強度は小さい。このため、膜交換ユニット２０においては、分離膜５１の両面を、５０～５００μｍ程度の厚さのカーボン生地や適当な強度の透過性の高い樹脂膜５６と、５０～５００μｍ程度の厚さのシルクメッシュ５３とで積層し、補強して使用している。分離膜５１の片面のみを上記のように補強してもよい。さらに、分離膜５１とハウジング２４との間に隙間が生じるのを防止するため、膜交換ユニット２０では、Ｏリング５５により分離膜５１をハウジング２４に密着させている。

[0027] 膜交換ユニット２０は、さらに、第１の空間２１の内部でイオンを形成する第１のイオン化ユニット７１と、第２の空間２２の内部でイオンを形成する第２のイオン化ユニット７２とを含む。イオン化ユニット７１および７２の典型的なものはコロナ放電により大気圧プラズマを発生するプラズマ発生ユニットである。イオン化ユニット７１のコロナ放電により第１の空間２１の内部の気体は、分離膜５１を透過したターゲット物質２９を含めて間接的にイオン化される。したがって、第１の空間２１のハウジング２４の内壁にターゲット物質２９が付着しにくく、汚染物質（コンタミ）となる可能性が少なくなる。

[0028] また、第１の空間２１に供給されるキャリアガス３９はコストの面から乾燥空気が適当であり、イオン化ユニット７１のコロナ放電によりオゾンなどのラジカルが発生する。したがって、第１の空間２１に面した分離膜５１およびハウジング２４の内壁の表面はオゾンなどのラジカルにより常に活性化される。このため、分離膜５１にターゲット物質２９などが付着しにくく、

分離膜５１の表面に現れたターゲット物質２９は、早いタイミングで第１の空間２１に放出される。さらに、分離膜５１を透過して第１の空間２１に拡散した化学物質２９はイオン化されるので、第１の膜交換ユニット２０の第１の空間２１を形成する部分、第１の経路を構成する第１の配管系２５にも付着しにくい。

[0029] このため、分離膜５１を透過したターゲット物質２９は、膜表面や内壁などに付着することがほとんどなく、リアルタイムでキャリアガス３９に運ばれてイオン移動度センサー１０に供給される。ターゲット物質２９が汚染物質になることがなく、さらに、ターゲット物質２９が膜交換ユニット２０に残存せずにキャリアガス３９に含まれるので、イオン移動度センサー１０の感度およびリアルタイム性を向上できる。

[0030] イオン化ユニット７１は、コロナタイプに限定されず、ＵＶなどの直接イオン化ユニットであってもよい。また、イオン移動度センサー１０の直前に、適当なタイプの間接または直接イオン化ユニットを配置してターゲット物質２９のイオン化を促進し、イオン移動度センサー（ＦＡＩＭＳ）１０の感度を上げてもよい。

[0031] 第２の空間２２に設けられた第２のイオン化ユニット７２は、第１の空間２１に設けられたイオン化ユニット７１と同様に、第２の空間２２に面した分離膜５１、ハウジング２４の表面を活性化する。したがって、第２の空間２２にターゲット物質２９が蓄積されることを抑制でき、後に、分離膜５１を透過して、結果的に汚染物になることを未然に防止できる。したがって、測定装置１の精度を向上できる。第２のイオン化ユニット７２は、大気圧プラズマ発生ユニットであってもよく、その他の直接または間接イオン化ユニットであってもよい。

[0032] 膜交換ユニット２０は、さらに、分離膜５１を間接的に加熱および冷却する電熱素子７５および７６と、これらの電熱素子７５および７６を制御する温度制御ユニット７７とを含む。電熱素子７５および７６は、加熱または冷却専用に設けられていてもよく、供給電圧の極性を逆転することにより加熱

と冷却とを切り替えて使用してもよい。温度制御ユニット７７は、適当なサイクルで分離膜５１の加熱と冷却とを繰り返す。分離膜５１を冷却することにより拡散係数（透過係数）が低下するので、ターゲット物質２９は分離膜５１に蓄積されやすい。分離膜５１を加熱することにより拡散係数（透過係数）が増加するので、分離膜５１に蓄積されたターゲット物質２９を含めて第１の空間２１にターゲット物質２９が放出される。したがって、簡易的にターゲット物質２９を濃縮した状態でキャリアガス３９を介してイオン移動度センサー１０へ供給でき、測定装置１の感度を向上できる。

[0033] 図３に、異なるタイプの膜交換ユニット２０を示している。図２に示した膜交換ユニット２０は、サンプリングされた流体２が気体である。それに対し、図３に示した膜交換ユニット２０は、液体、たとえば水をサンプル流体２としてサンプリングし、膜交換ユニット２０を通すことにより、分離膜５１を通して、水２に含まれる気体および／または揮発成分を第１の空間２１に透過させることができる。この膜交換ユニット２０においては、分離膜５１が浸透気化膜として機能する場合は、有機液体混合液から有機物を選択的にキャリアガス中に抽出したりすることができる。この膜交換ユニット２０は、キャリアガス３９により分離膜５１を透過したターゲット物質２９をイオン移動度センサー１０に搬送し、分析することにより、水などの液体に含まれている成分を測定する用途に適している。

[0034] 図４に、さらに異なるタイプの膜交換ユニット２０を示している。サンプル流体２に含まれる成分の中で、膜交換ユニット２０により排除したい成分の１つは水分（水蒸気、湿分）である。水分は、間接イオン化においてはリアクタントとなり、他の成分のイオン化に有用であるが、イオン移動度センサー１０において測定する場合、非常に大きなピーク（ＲＩＰ）として表れ、イオン移動度センサー１０の出力（スペクトラム）の中でＲＩＰと重なるピークを持つ成分の検出および定量を妨げる要因となる。

[0035] 図４に示した膜交換ユニット２０は、ハウジング２４に第２の分離膜５２を有し、ハウジング２４の内部が第２の分離膜５２により、さらに、第２の

空間２２と第３の空間（第３の部屋、第３のチャンバ）２３とに分割されている。したがって、第２の空間２２は第２の分離膜５２を介して第３の空間に接続する。第２の分離膜５２は、第１の分離膜５１とほぼ並行に配置される。膜交換ユニット２０は、さらに、第３の空間２３に第３の流体（サンプル流体）２を供給および排出する第３の配管系２７と、第３の空間２３に設置されたイオン化ユニット７３とを有する。

[0036] 第３の配管系２７は、第３の空間２３にサンプル流体２を供給および排出する第３の経路として機能する。第３の配管系２７は、サンプルガス２の入力ポート２７ａと、サンプルガス２の排出（出力）ポート２７ｂとを含み、入力ポート２７ａは測定装置１の入力ポート３に繋がっている。第３の配管系２７の具体的な構成は、図２に示した膜交換ユニット２０の第２の配管系２６と共通する。

[0037] 一方、この膜交換ユニット２０の第２の空間２２には第２の配管系２６により乾燥した特定成分の気体３８、たとえば、空気、窒素などが供給される。特定成分の気体３８の一例は、第１の分離膜５１により排除されるタイプの成分（分子）からなる気体か、イオン化エネルギーが第１のイオン化ユニット７１のイオン化エネルギーを超えている成分からなる気体である。この種の気体の成分はイオン化ユニット７１でイオン化されないので、イオン移動度センサー１０で検出されない。また、特定成分の気体３８は、空気などの成分組成および比率が判明しているガスであってもよく、イオン移動度センサー１０で測定される成分が含まれている場合は、後でデータを補正できる。

[0038] この膜交換ユニット２０においては、第３の空間２３にサンプル気体２が供給され、第２の分離膜５２をターゲット物質２９が透過することにより、ターゲット物質２９とともにイオン移動度センサー１０に供給される水分量が減る。さらに、第２の空間２２に乾燥気体３８を供給することにより第２の空間２２の湿度を低下できる。このため、第１の分離膜５１をターゲット物質２９が透過することにより、ターゲット物質２９とともに第１の空間２

１に現れ、キャリアガス３９により搬送される水分量を大幅に削減できる。したがって、イオン移動度センサー１０においては、ＲＩＰが小さくなり、ＲＩＰに重複するようなピークを備えた化学物質をさらに精度よく分析できる。

[0039] 図５に、膜交換ユニット２０を通してアセトアルデヒドを７００ｐｐｂ含むサンプルガス２をＦＡＩＭＳ１０で測定した例を示している。図中のピークＰ１がアセトアルデヒドのピークであり、ピークＰ２がＲＩＰである。この図からわかるように、水分を除去することによりアセトアルデヒドのピークＰ１は大きくなり、ＦＡＩＭＳ１０における検出感度が向上する。

[0040] なお、上記の測定装置１では、イオン移動度センサー１０にＦＡＩＭＳを採用しているが、センサーは他のタイプのイオン移動度センサーであってもよく、質量分析器であってもよい。しかしながら、イオン移動度センサーは空気中で成分（分子）を測定できるので、管理が容易で、低コストの金属検出システムに好適である。また、上記では測定装置１を例に説明しているが、本発明に含まれるシステムは測定装置に限定されず、プロダクトラインを監視する監視装置、吐息中の成分を監視するブレスモニタリング、化学物質を検出することにより危険を判断したり健康を判断したりする機能を備えた携帯端末などであってもよい。本発明に含まれるシステムの一例は、湿度の高い気体や溶液などの成分をモニタリングしたり、それによりコンテンツを提供するなどのサービスを提供するシステムである。

請求の範囲

[請求項1] 第１の分離膜と、

前記第１の分離膜を介して第２の空間に接続した第１の空間と、

前記第１の空間に第１の流体を供給し、前記第２の空間から前記第１の空間に、前記第１の分離膜を透過して拡散した化学物質を、前記第１の空間から排出される前記第１の流体によりイオン検出器に供給する第１の経路と、

前記第１の空間に設けられた第１のイオン化ユニットとを有する膜交換ユニット。

[請求項2] 請求項１において、前記第２の空間に第２の流体を供給および排出する第２の経路を有する、膜交換ユニット。

[請求項3] 請求項２において、

前記第２の空間に設けられた第２のイオン化ユニットを有する、膜交換ユニット。

[請求項4] 請求項２または３において、前記第２の空間と第３の空間とを接続する第２の分離膜を有し、

前記第２の流体は乾燥した特定成分のガスである、膜交換ユニット。

[請求項5] 請求項１ないし４のいずれかにおいて、前記第１のイオン化ユニットは大気圧プラズマを発生させるユニットを含む、膜交換ユニット。

[請求項6] 請求項１ないし５のいずれかにおいて、さらに、前記第１の分離膜を加熱および冷却する電熱変換素子を有する、膜交換ユニット。

[請求項7] 請求項１ないし６のいずれかに記載の膜交換ユニットと、

イオン検出器とを有するシステム。

[請求項8] 請求項７において、前記イオン検出器はイオン移動度センサーである、システム。