

明 細 書

発明の名称：前処理一体型電気泳動装置

技術分野

[0001] 本開示は、前処理一体型電気泳動装置に関する。

背景技術

[0002] 核酸分析を用いたアプリケーションが法医学、入出国管理、テロ対策などの分野で実用化されている。例えば法医学分野では、STR解析が実用化されている。STR解析はゲノム中のある領域の繰返し塩基配列（Short Tandem Repeat：STR）を分析する。STR塩基配列の長さが個人固有であることを用いて、個人識別や親子鑑定などDNA鑑定を行うことができる。

[0003] STR解析の手順は、例えば以下の通りである。まず、生体サンプル又は生体由来物質のサンプル等の検体サンプルから、テンプレートとなる核酸（多くはDNAである）を抽出する。さらに、抽出したテンプレートDNAをPCR反応（ポリメラーゼ連鎖反応：Polymerase Chain Reaction）で増幅して、さらにホルムアミド処理又は加熱と急速冷却によってDNA二本鎖を一本鎖に変性させる。DNA増幅では、ひとつの測定DNAサンプルに対して、13種類のプライマーセットを用いて多重PCR増幅を行う。DNA増幅中に増幅産物であるDNAフラグメントをラベル化する。このようにDNAの増幅とラベル化を行った溶液が解析サンプルである（特許文献1参照）。

[0004] 前述の検体サンプルから解析サンプルを調製するまでの工程を前処理プロセスとすると、ラベル化DNAフラグメントを電気泳動で分離し、得られた分離DNAフラグメントの電気泳動パターンを検出して分析するまでが、電気泳動プロセスである。

[0005] これまでDNAフラグメントの分離及び検出は、DNAシーケンサなどを用いた自動化が積極的に行われてきた。一方で、前処理プロセスにおいては

、これまで熟練者による手作業によって行われることが一般的であった。近年、この前処理プロセスを自動化することで、限られた施設と熟練者だけでなく、より多くのケースにおいてSTR解析を含む多くの遺伝子解析が行われるような試みが為されている。

[0006] 特許文献2には、前処理プロセスと電気泳動プロセスを連続して実施する前処理一体型電気泳動装置が開示されている。特許文献2の前処理一体型電気泳動装置には、試料からDNAを抽出し増幅を行うためのサンプルカートリッジと、キャピラリを搭載した電気泳動を行うためのキャピラリカートリッジとが設置される。ユーザは、試料を封入したサンプルカートリッジを前処理一体型電気泳動装置に設置することで、前処理一体型電気泳動装置は前処理プロセスから電気泳動プロセスまでを自動で行う。こうした前処理一体型電気泳動装置は、使用するうえで専門的知識を必要とせず簡便な操作が可能であり、DNA鑑定に精通していないユーザでも容易に使用できる。特許文献3～5については後述する。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：米国特許第6531282号
特許文献2：米国特許出願公開第2016／0116439号
特許文献3：特開2016－0101166号公報
特許文献4：特開平7－83900号公報
特許文献5：特開平10－282055号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 前処理プロセスから電気泳動プロセスまでを一貫して行う前処理一体型電気泳動装置は、主に犯罪捜査に使用される。犯罪捜査では、DNA鑑定に専門的知識を有しないユーザが装置の操作を行う。また、ユーザが装置を犯罪現場に輸送し、その場で試料の採取及び装置への投入を行う。そのため、装

置は簡便な操作性及び可搬性が重要な機能である。

[0009] 特許文献2の前処理一体型電気泳動装置において、消耗品は、試薬やキャピラリーが統合されたキャピラリーカートリッジ及び試料を投入するサンプルカートリッジのみであるので、ユーザは複数箇所に複数の消耗品を設置する手間がなく、非常に簡便な操作が可能である。一方、カートリッジ自体が大きく装置内部にカートリッジを搭載する構成を有している。したがって、装置内にカートリッジを収納するスペースを設ける必要があり、可搬性で重要な、装置の小型化を阻害しうる。また、温度管理がされていない輸送機で装置を輸送する場合は、試薬を搭載したカートリッジを取り外す必要がある。その場合でも、特許文献2の構成においては装置のカートリッジの収納スペースは減らないため装置の体積は変わらず、輸送機のスペースが必要となる。さらに、カートリッジを取り外すと装置内部が露出するため、装置内に埃等が入る可能性がある。

[0010] そこで、本開示は、小型化が可能であり、輸送時にさらに小型に変形可能な前処理一体型電気泳動装置を提供する。

課題を解決するための手段

[0011] 上記課題を解決するために、本開示の前処理一体型電気泳動装置は、生体試料に対し前処理を実行して電気泳動用のサンプルを調製する前処理ユニットと、キャピラリー内にて泳動分離された前記サンプルに光を照射し、前記サンプルからの光を検出する光学系と、を備える前処理一体型電気泳動装置であって、第1の本体部及び第2の本体部と、前記第1の本体部と前記第2の本体部とを連結する連結部材と、を備える。前記第1の本体部又は前記第2の本体部の少なくとも一方は、着脱可能なユニットが設置される設置面を有し、前記連結部材は、前記第1の本体部及び前記第2の本体部の一方が他方に対して相対的に可動のように前記第1の本体部と前記第2の本体部とを連結し、これにより前記前処理一体型電気泳動装置の全体のサイズが可変であることを特徴とする。

[0012] 本開示に関連する更なる特徴は、本明細書の記述、添付図面から明らかに

なるものである。また、本開示の態様は、要素及び多様な要素の組み合わせ及び以降の詳細な記述と添付される請求の範囲の様態により達成され実現される。本明細書の記述は典型的な例示に過ぎず、本開示の請求の範囲又は適用例を如何なる意味に於いても限定するものではない。

発明の効果

[0013] 本開示の前処理一体型電気泳動装置によれば、小型化が可能であり、輸送時にさらに小型に変形可能である。上記以外の課題、構成及び効果は、以下の実施の形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]第1の実施形態に係る前処理一体型電気泳動装置の全体構成を示す正面図（左側）及び側面図（右側）である。

[図2]キャピラリカートリッジの構成図である。

[図3]図2中で点線の円Aで囲まれた箇所の拡大図である。

[図4]前処理一体型電気泳動装置の平面図（左側）及び側面図（右側）である。

[図5A]インターフェースユニットを閉じる際の前処理一体型電気泳動装置の形状を説明するための側面図である。

[図5B]前処理一体型電気泳動装置の断面図である。

[図5C]図5B中で点線の円で囲まれた箇所の拡大図であり、本体部とインターフェースユニットとの境目が示されている。

[図5D]本体部とインターフェースユニットとの境目の他の構造を説明するための拡大図である。

[図6]第2の実施形態に係る前処理一体型電気泳動装置の上面図（左側）及び側面図（右側）である。

[図7]インターフェースユニットにキャピラリカートリッジが搭載された状態及び未搭載の状態を示す側面図である。

[図8]第3の実施形態に係る前処理一体型電気泳動装置の側面図である。

[図9]第4の実施形態に係る前処理一体型電気泳動装置の側面図である。

[図10]第5の実施形態に係る前処理一体型電気泳動装置の正面図（左側）及び側面図（右側）である。

[図11]第6の実施形態に係る前処理一体型電気泳動装置の側面図である。

[図12]第7の実施形態に係る前処理一体型電気泳動装置の側面図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、図面を参照して本開示の実施形態について説明する。なお、図面は本開示の原理に則った具体的な実施形態を示しているが、これらは本開示の理解のためのものであり、決して本開示を限定的に解釈するために用いられるものではない。

[0016] [第1の実施形態]

<前処理一体型電気泳動装置の構成例>

図1は、第1の実施形態に係る前処理一体型電気泳動装置1の全体構成を示す正面図（左側）及び側面図（右側）である。図1の側面図においては、前処理一体型電気泳動装置1の内部及び外部の構成要素が示されている。以下、本明細書において、図1の正面図に示される面を前面とし、当該面の向く方向を前方として説明する場合がある。前処理一体型電気泳動装置1は、S T R解析を始めとする核酸分析を行うための装置である。

[0017] 前処理一体型電気泳動装置1には、消耗品であるキャピラリカートリッジ101及びサンプルカートリッジ102が着脱可能である。キャピラリカートリッジ101は、単数又は複数本のキャピラリ、前処理時に使用する試薬、電気泳動時に使用する試薬等を有する。サンプルカートリッジ102は、ヒトから採取した細胞などの生体試料を搭載し、当該細胞に対し前処理が行われる。キャピラリカートリッジ101及びサンプルカートリッジ102は消耗品であり、輸送時には前処理一体型電気泳動装置1の輸送ケースとは異なるケースに収納される。

[0018] 図1の右側の側面図に示すように、前処理一体型電気泳動装置1は、高電圧電源103、光学系104、高圧ポンプ105、前処理ユニット106、P C 107、タッチパネル108、インターフェースユニット109（第2

の本体部)、ヒンジ110(連結部材)、本体部111(第1の本体部)を備える。高電圧電源103は、電気泳動時にキャピラリに高電圧を印可する。光学系104は、キャピラリ内のサンプルに励起光を照射してサンプルから発せられる蛍光を検出する。高圧ポンプ105は、キャピラリに泳動媒体を注入する際に駆動される。前処理ユニット106は、サンプルカートリッジ102へ試薬の送液及び温調を行う。PC107は、前処理一体型電気泳動装置1の各構成要素を制御する。タッチパネル108は、前処理一体型電気泳動装置1の使用時にユーザにより操作される。タッチパネル108を介してユーザにより入力された指示は、PC107に送信される。

[0019] インターフェースユニット109は、ヒンジ110によって本体部111に連結され、扉のように開閉動作が可能である。図1においてはインターフェースユニット109が開かれた状態が示されており、本体部111の前面から前方に突出している。インターフェースユニット109は、前処理一体型電気泳動装置1の使用時に開かれ、上面にキャピラリカートリッジ101が載置される。インターフェースユニット109は、キャピラリカートリッジ101と電氣的接続、流体接続、及び光学的接続の役割を果たす。インターフェースユニット109と本体部111との連結の詳細については後述する。

[0020] インターフェースユニット109を開いた状態におけるインターフェースユニット109の底面及び本体部111の底面には、脚が設けられていてもよい。

[0021] 図2は、キャピラリカートリッジ101の構成図である。図2には、キャピラリカートリッジ101を上面視した場合における各構成要素の配置が示されている。キャピラリカートリッジ101は、単数又は複数のキャピラリ201、ヒータ202、照射検出部203、光ファイバ接続部204、カソードブロック205、アノードブロック206、泳動媒体部207、廃液部208、電気泳動試薬部209、前処理試薬部210、廃液部211、電気インターフェース212、高電圧インターフェース213、サンプル接続部

２１４、カップリング２１５、位置決め穴２１６、ポンプ２１７を有する。

[0022] ヒータ２０２は、キャピラリ２０１を温調する。照射検出部２０３は、キャピラリ２０１へ励起光を照射し、キャピラリ２０１内のサンプルから発せられる蛍光を検出するように構成されている。光ファイバ接続部２０４は、キャピラリ２０１、照射検出部２０３及び光学系１０４を光学的に接続する。光ファイバ接続部２０４では、光学系１０４から照射検出部２０３へ励起光を導入し、キャピラリ２０１からの蛍光を光学系１０４へ導くための光ファイバケーブルが束ねられている。カソードブロック２０５は、キャピラリ２０１へ試料を注入する。アノードブロック２０６は、キャピラリ２０１内へ泳動媒体を充填する。泳動媒体部２０７には、電気泳動用の泳動媒体が封入されている。廃液部２０８は、泳動媒体の廃液を回収する。電気泳動試薬部２０９には、電気泳動に使用する試薬等が封入されている。前処理試薬部２１０には、前処理に使用する試薬が封入されている。廃液部２１１には、廃液等が封入される。電気インターフェース２１２は、ヒータ２０２等に電圧を供給する。高電圧インターフェース２１３は、高電圧電源１０３が出力する電圧をキャピラリ２０１へ印可する。サンプル接続部２１４は、カソードブロック２０５に前処理が終わったサンプルを供給する。カップリング２１５は、前処理ユニット１０６に前処理試薬部２１０の試薬を供給する。位置決め穴２１６は、キャピラリカートリッジ１０１の設置時に、インターフェースユニット１０９との位置を合わせるために用いられる。ポンプ２１７は、カソードブロック２０５内に電気泳動試薬部２０９より試薬を導入する際に駆動する。なお、光ファイバ接続部２０４、電気インターフェース２１２、高電圧インターフェース２１３、サンプル接続部２１４、カップリング２１５は、キャピラリカートリッジ１０１のインターフェースユニット１０９との接続面（キャピラリカートリッジ１０１の底面）から露出している。

[0023] 図３は、図２中で点線の円Ａで囲まれた箇所の拡大図であり、アノードブロック２０６の詳細を示している。アノードブロック２０６は、キャピラリ陽極端３０１、バルブ３０２、ポンプ３０３、泳動媒体接続部３０４、廃液

接続部305、穴306を有する。キャピラリ陽極端301では、キャピラリ201が束となっている。バルブ302は、流路を封止する。ポンプ303は、キャピラリ201へ泳動媒体を充填する際に駆動する。泳動媒体接続部304は、泳動媒体部207に接続される。廃液接続部305は、廃液部208に接続される。穴306は、キャピラリカートリッジ101のインターフェースユニット109との接続面に設けられている。この穴306により、後述するアノードアクチュエータがバルブ302及びポンプ303のピストンにアクセスすることができる。

[0024] 図4は、前処理一体型電気泳動装置1の平面図（左側）及び側面図（右側）である。図4は、図1において説明した前処理一体型電気泳動装置1のキャピラリカートリッジ101を取り外した状態を示す。前処理一体型電気泳動装置1の本体部111は、前面から前方に向かって突出する突起部410を有する。ヒンジ110は、突起部410の両側面に設けられている。インターフェースユニット109は上面視で略U字形状を有し、突起部410の前面及び側面を囲うように設けられている。インターフェースユニット109と突起部410とは、ヒンジ110によって連結されている。

[0025] 突起部410には、位置決めピン401、本体側光ファイバ接続部402、本体側サンプル接続部403、本体側試薬接続部404、アノードアクチュエータ405が設けられている。位置決めピン401は、キャピラリカートリッジ101の位置決め穴216と嵌合する。位置決めピン401と位置決め穴216との嵌合により、キャピラリカートリッジ101を再現性よく前処理一体型電気泳動装置1に設置することができる。本体側光ファイバ接続部402は、キャピラリカートリッジ101の光ファイバ接続部204と接続される。本体側サンプル接続部403は、キャピラリカートリッジ101のサンプル接続部214と接続される。本体側サンプル接続部403は、前処理ユニット106において前処理を行ったサンプルをキャピラリカートリッジ101に送液する。本体側試薬接続部404は、キャピラリカートリッジ101のカップリング215と接続される。本体側試薬接続部404は

、キャピラリカートリッジ１０１の前処理試薬部２１０に収容される試薬を前処理ユニット１０６へ送液する。アノードアクチュエータ４０５は、キャピラリカートリッジ１０１のポンプ３０３及びバルブ３０２の開閉動作を制御する。

[0026] インターフェースユニット１０９は、ラッチ４０６、電力供給部４０７、高電圧印可部４０８、マグネットスイッチ４０９を有する。ラッチ４０６は、キャピラリカートリッジ１０１がインターフェースユニット１０９上に設置されたときに、キャピラリカートリッジ１０１の側面に設けられた不図示の段差等に噛み合う。これにより、キャピラリカートリッジ１０１が固定される。電力供給部４０７は、キャピラリカートリッジ１０１の電気インターフェース２１２に電力を供給する。高電圧印可部４０８は、キャピラリカートリッジ１０１の高電圧インターフェース２１３を介して、キャピラリ２０１のカソード端に高電圧を印可する。マグネットスイッチ４０９は、キャピラリカートリッジ１０１が設置されると微弱な電流を流す。これにより、ＰＣ１０７はキャピラリカートリッジ１０１の設置有無を確認することができる。

[0027] インターフェースユニット１０９と突起部４１０とは、キャピラリカートリッジ１０１の設置面となる。したがって、インターフェースユニット１０９を開いた際には、キャピラリカートリッジ１０１の設置面（インターフェースユニット１０９の上面及び突起部４１０の上面）が同じ高さになるよう設計されている。ただし、インターフェースユニット１０９の上面及び突起部４１０の上面の全てが同じ高さである必要はなく、一部だけ高さを揃えられていてもよい。

[0028] キャピラリカートリッジ１０１を設置する際には前述の位置決めピン４０１が位置決め穴２１６に挿入される。これにより、インターフェースユニット１０９及びキャピラリカートリッジ１０１の対応する接続部は精度よく接続され、さらにラッチ４０６によりキャピラリカートリッジ１０１が固定される。なお、ラッチ４０６を設ける代わりに、マグネット等を設置面に設け

ることでキャピラリカートリッジ１０１を固定してもよい。キャピラリカートリッジ１０１の固定部品はラッチやマグネットに限定されない。

[0029] 本実施形態においては、非可動部である本体部１１１（突起部４１０）に位置決めピン４０１が配置され、さらに位置決めピン４０１の設置面と同じ面に流路部品（本体側サンプル接続部４０３、本体側試薬接続部４０４、アノードアクチュエータ４０５）が設置されている。これにより、キャピラリカートリッジ１０１側の流路部品（サンプル接続部２１４、カップリング２１５、アノードブロック２０６）と前処理一体型電気泳動装置１側の流路部品（本体側サンプル接続部４０３、本体側試薬接続部４０４、アノードアクチュエータ４０５）とを精度よく接続することができる。一方、キャピラリカートリッジ１０１と接続する前処理一体型電気泳動装置１側の電気部品（電力供給部４０７、高電圧印可部４０８、マグネットスイッチ４０９）は、可動部であるインターフェースユニット１０９上に配置されている。この理由は、前述の流路部品に比べて電気部品の接続は高い位置合わせ精度は必要なく、インターフェースユニット１０９を開いた際にヒンジ１１０で発生するがたつきを許容可能であるためである。さらに、流路部品から試薬等の液体が漏れた際にも、流路部品の設置面と、電気部品の設置面は異なる部材の面のため、液体が電気部品にかかるリスクを抑える効果もある。

[0030] <前処理一体型電気泳動装置の動作>

以下に、前処理一体型電気泳動装置１の前処理プロセスから電気泳動プロセスまでの仕組みを説明する。まずユーザは、前処理一体型電気泳動装置１を輸送ケースから取り出す。その後、ユーザは、インターフェースユニット１０９を開き、インターフェースユニット１０９の上面にキャピラリカートリッジ１０１を設置する。キャピラリカートリッジ１０１を設置すると、ＰＣ１０７は、マグネットスイッチ４０９から流れる電流により、キャピラリカートリッジ１０１が搭載されたことを検知する。ＰＣ１０７は、不図示のポンプ等を駆動してキャピラリカートリッジ１０１内の前処理試薬部２１０から試薬を吸引し、装置内の流路を試薬で満たす。さらに、ＰＣ１０７は、

アノードアクチュエータ４０５を駆動してバルブ３０２及びポンプ３０３を稼働させる。これによりキャピラリカートリッジ１０１内の泳動媒体部２０７から泳動媒体接続部３０４を介してアノードブロック２０６に泳動媒体が送液される。その後泳動媒体は、キャピラリ陽極端３０１を介してキャピラリ２０１内に導入される。また、ＰＣ１０７は、ポンプ２１７を稼働させることで電気泳動試薬部２０９からカソードブロック２０５に試薬を導入する。この際、キャピラリ２０１はヒータ２０２で温調される。以上が分析前までの前処理一体型電気泳動装置１の準備動作である。

[0031] 次に、分析フローを説明する。ユーザは、スワブを用いて口腔内細胞、血痕、指紋等の生体試料を採取する。採取後、ユーザはスワブをサンプルカートリッジ１０２に封入し、前処理一体型電気泳動装置１にサンプルカートリッジ１０２を搭載する。ユーザがタッチパネル１０８等を用いて所望のアプリケーションを選択すると、前処理一体型電気泳動装置１は分析動作を開始する。以降はすべて前処理一体型電気泳動装置１にて自動で実行されるプロセスである。前処理一体型電気泳動装置１の前処理ユニット１０６は、サンプルカートリッジ１０２内に封入された試薬、及び、キャピラリカートリッジ１０１内の前処理試薬部２１０の試薬を用いて、サンプルカートリッジ１０２内の細胞の溶解、ＤＮＡの溶出、精製並びに増幅等を行う。ＤＮＡの塩基は、蛍光色素によりラベル化される。このように生体試料を前処理することにより、キャピラリ電気泳動用のサンプルが調製される。ＰＣ１０７は、不図示のポンプを稼働させて、最終的に増幅されたＤＮＡを含むサンプルを前処理ユニット１０６からサンプルカートリッジ１０２内のカソードブロック２０５に送液する。その後、ＰＣ１０７は、高電圧電源１０３を稼働させ、高電圧インターフェース２１３を介してカソードブロック２０５にマイナスの高電圧を印可する。するとアノードブロック２０６内の図示しないグラウンド電極とカソードブロック２０５との間に電圧が印可される。ＤＮＡは負の電荷を帯びているため、アノードブロック２０６に向かってキャピラリ２０１内を電気泳動する。照射検出部２０３は、不図示のレーザからレーザ光

(励起光)を発し、光ファイバケーブルを介してキャピラリ201に照射する。これにより、キャピラリ201内を電気泳動するDNAは蛍光を発光する。蛍光は、光ファイバケーブルを介して光学系104に導入されて検出される。PC107は、検出された蛍光の信号を処理することでDNAの塩基配列を解析する。以上が前処理一体型電気泳動装置1における分析フローである。

[0032] <前処理一体型電気泳動装置の使用後>

図5Aは、インターフェースユニット109を閉じる際の前処理一体型電気泳動装置1の形状を説明するための側面図である。図5Aの左側にはインターフェースユニット109が開かれた状態が示されている。図5Aの右側にはインターフェースユニット109が閉じた状態が示されている。分析後、前処理一体型電気泳動装置1をしばらく使用しない、又は、前処理一体型電気泳動装置1を輸送する際には、ユーザは図5Aに示すようにキャピラリカートリッジ101を取り外し、ヒンジ110を中心としてインターフェースユニット109を回転させる。これにより、前処理一体型電気泳動装置1のサイズを小さくすることができる。換言すると、前処理一体型電気泳動装置1の長さ、幅、高さの最大の値のうち少なくともいずれか1つが小さくなる。図5Aの例では、インターフェースユニット109を閉じると、前後方向の最大の長さ(本体部111の底辺の長さ+インターフェースユニット109の底辺の長さの合計)が小さくなる。したがって、省スペースで前処理一体型電気泳動装置1を保管できる。前処理一体型電気泳動装置1を輸送する際に輸送ケースを用いる場合には、輸送ケース自体のサイズも小型化することができる。

[0033] 図5Bは、前処理一体型電気泳動装置1の断面図である。図5Bに示すように、インターフェースユニット109は、突起部410の上面及び側面を囲うように閉じられている。このように、インターフェースユニット109を閉じることでキャピラリカートリッジ101の設置面(インターフェースユニット109の上面及び突起部410の上面)が封鎖されるので、インタ

ーフェースユニット１０９上の流体的接続のための流路部品及び電氣的接続のための電気部品への塵や埃等の侵入を防ぐことができる。

[0034] 本実施形態では、インターフェースユニット１０９開閉時の液だれを考慮し、インターフェースユニット１０９上に流体接続部は設けられておらず、本体部１１１の突起部４１０に設けられている。さらに、流体接続部は電氣的接続部より鉛直方向下側になるよう配置されているので、インターフェースユニット１０９を閉じた際に電氣的接続部に流体接続部の液体が掛かることがない。このような流体部品と電気部品の配置により、前処理一体型電気泳動装置１の故障を防止することができる。ただし、液だれ対策が十分に施されるのであれば（例えば液だれしにくいカップリングを使用するなど）、インターフェースユニット１０９上に流体接続部等の部品を設けてもよい。その場合においても、インターフェースユニット１０９を閉じた際には、流体接続部は電氣的接続部より下側に配置することにより、電氣的接続部に液体が付着することを防止できる。上記のように流体部品と電気部品の配置を工夫することにより、前処理一体型電気泳動装置１の折りたたみ構造を実現することができる。

[0035] 図５Ｃは、図５Ｂ中で点線の円で囲まれた箇所の拡大図であり、本体部１１１とインターフェースユニット１０９との境目が示されている。本体部１１１とインターフェースユニット１０９は全周にわたり、それぞれ段差を有したインロー構造５０１を有しており、外部からの空気、塵、埃の等流入を妨げる構造となっている。これにより突起部４１０上に設けられた流路部品への塵や埃等の付着が防止される。

[0036] 図５Ｄは、本体部１１１とインターフェースユニット１０９との境目の他の構造を説明するための拡大図である。塵や埃の流入を妨げるためには、図５Ｄに示すように、パッキン５０２（密閉部材）を本体部１１１に設けてもよい。パッキン５０２は、例えば本体部１１１の前面に、インターフェースユニット１０９の全周にわたって設けることができる。パッキン５０２により、インロー構造５０１と比較して、より塵や埃の流入を防止することが可

能である。パッキン502の材質としては、例えばゴム、樹脂などを用いることができる。

[0037] なお、本実施形態ではキャピラリカートリッジ101がキャピラリを搭載していたため、キャピラリカートリッジ101と呼称している。ただし、必ずしもキャピラリ201が搭載されたカートリッジとする必要はなく、前処理一体型電気泳動装置1側にキャピラリ201を設けるようにしてもよい。また、本実施形態では、インターフェースユニット109上に設置される着脱可能なユニットをキャピラリカートリッジ101としている。キャピラリカートリッジ101の代わりに、他のユニット（例えば試薬カートリッジなど）をインターフェースユニット109に着脱可能なように構成してもよい。

[0038] <第1の実施形態のまとめ>

以上のように、第1の実施形態の前処理一体型電気泳動装置1は、生体試料（細胞）に対し前処理を実行して電気泳動用のサンプルを調製するための前処理ユニット106と、キャピラリ201内にて泳動分離されたサンプルに光を照射し、サンプルからの光を検出する光学系104と、を備える。前処理一体型電気泳動装置1は、本体部111（第1の本体部）及びインターフェースユニット109（第2の本体部）と、これらを連結するヒンジ110（連結部材）と、を備える。本体部111及びインターフェースユニット109は、キャピラリカートリッジ101（着脱可能なユニット）が設置される設置面を有する。ヒンジ110は、インターフェースユニット109が本体部111に対して回転可能なように（相対的に可動なように）、本体部111とインターフェースユニット109とを連結する。インターフェースユニット109を回転させて開閉することにより、前処理一体型電気泳動装置1の全体のサイズが可変である。このように、前処理一体型電気泳動装置1のサイズが変更できるので、輸送時に小さくすることで可搬性が向上し、輸送スペースも減らすことが可能である。また、装置内部にキャピラリカートリッジ101を収納するスペースを設ける必要がないので、前処理一体型

電気泳動装置 1 自体の小型化が可能であり、前処理一体型電気泳動装置 1 のサイズはキャピラリカートリッジ 101 のサイズに依存しない。

[0039] キャピラリカートリッジ 101 の設置面は、インターフェースユニット 109 を閉じて前処理一体型電気泳動装置 1 のサイズを小さくした際に、インターフェースユニット 109 と本体部 111 との間に封鎖される。これにより、キャピラリカートリッジ 101 の設置面を、外部からの汚染から保護することができる。したがって、ダミーのカートリッジなどにより設置面を封鎖する必要がない。また、インターフェースユニット 109 を開いて前処理一体型電気泳動装置 1 のサイズを大きくした際には、キャピラリカートリッジ 101 の設置面が露出し、キャピラリカートリッジ 101 を設置可能な状態となる。

[0040] ここで、特許文献 3～5 には、電気泳動を用いたサンプルの解析に関する技術が開示されている。特許文献 3 には、スーツケース状の筐体に封入された解析システムが開示されている。しかしながら、特許文献 3 の構造は、システム自体が折りたたみ構造を有する本実施形態の前処理一体型電気泳動装置 1 とは明確に異なっている、また、前処理一体型電気泳動装置 1 のように輸送ケースに収納するためにシステム自体が小型化可能であることについても、特許文献 3 には記載されていない。

[0041] 特許文献 4 及び 5 には、取り外し可能なユニットを備えた電気泳動装置が開示されている。しかしながら、特許文献 4 及び 5 の電気泳動装置は折りたたみ構造を有しておらず、折りたたんだり、小型化して運搬したりすることについても、何ら記載も示唆もない。

[0042] [第 2 の実施形態]

第 1 の実施形態においては、ヒンジ 110 を用いてインターフェースユニット 109 を回転させることにより、前処理一体型電気泳動装置の小型化を実現できることを説明した。第 2 の実施形態においては、インターフェースユニット 109 を直動させて前処理一体型電気泳動装置を小型化する例を説明する。

[0043] <前処理一体型電気泳動装置の構成例>

図6は、第2の実施形態に係る前処理一体型電気泳動装置2の上面図（左側）及び側面図（右側）である。本実施形態の前処理一体型電気泳動装置2の構成は、第1の実施形態の構成とほぼ同様である。ただし、本体部111が突起部410を有しておらず、インターフェースユニット109上の突起部410に対応する箇所に、位置決めピン401、本体側光ファイバ接続部402、本体側サンプル接続部403、本体側試薬接続部404、アノードアクチュエータ405が設けられている。流体部品及び電気部品の配置は、第1の実施形態と同じである。さらに、インターフェースユニット109はリニアレール601（連結部材）等の直動案内部品によって本体部111と連結されている。これにより、インターフェースユニット109は前後方向に移動可能となっている。図6の右側に示すように、本体部111の内部には、インターフェースユニット109を収納するための空間602が設けられている。

[0044] 図7は、インターフェースユニット109にキャピラリカートリッジ101が搭載された状態及び未搭載の状態を示す側面図である。インターフェースユニット109とキャピラリカートリッジ101との接続部は、第1の実施形態と同様である。ユーザは、前処理一体型電気泳動装置2の使用時に、インターフェースユニット109の上面にキャピラリカートリッジ101を設置する。キャピラリカートリッジ101の未搭載時には、インターフェースユニット109を前処理一体型電気泳動装置2の空間602へ格納することで、前処理一体型電気泳動装置2の小型化が可能である。また、キャピラリカートリッジ101とインターフェースユニット109との流体接続部及び電気的接続部は、前処理一体型電気泳動装置2の内部に収納される。これにより、埃等の付着から流体接続部及び電気的接続部を保護できる。

[0045] <第2の実施形態のまとめ>

以上のように、第2の実施形態の前処理一体型電気泳動装置2は、インターフェースユニット109（第2の本体部）と本体部111（第1の本体部）

）とが直動案内部品により連結されており、インターフェースユニット１０９が直動可能となっている。本体部１１１には、インターフェースユニット１０９を収納するための空間６０２が設けられている。インターフェースユニット１０９を本体部１１１内の空間６０２から引き出したり空間６０２に収納したりすることによって、前処理一体型電気泳動装置２のサイズが可変となっている。これにより、第１の実施形態と同様に、キャピラリカートリッジ１０１のサイズによらず、前処理一体型電気泳動装置２の小型化が可能である。輸送時には前処理一体型電気泳動装置２を小型に変形させることで可搬性が向上し、輸送スペースを減らすこともできる。

[0046] また、第２の実施形態においては、インターフェースユニット１０９（第２の本体部）が、キャピラリカートリッジ１０１（着脱可能なユニット）の設置面を有する。流路部品及び電気部品がいずれもインターフェースユニット１０９上に配置され、キャピラリカートリッジ１０１の設置面の向きが変わらないため、流路部品から液体が電気部品にかかるおそれがない。また、第２の実施形態の前処理一体型電気泳動装置２は、設計が容易である。

[0047] [第３の実施形態]

第２の実施形態では、引き出し方式のインターフェースユニット１０９について説明した。第３の実施形態では、第２の実施形態と同様の構成において、キャピラリカートリッジ１０１のサイズに合わせて前処理一体型電気泳動装置のサイズを可変な構成を説明する。

[0048] 図８は、第３の実施形態に係る前処理一体型電気泳動装置３の側面図である。前処理一体型電気泳動装置３の構成は、第２の実施形態とほぼ同様である。ただし、図８に示すようにインターフェースユニット１０９側に複数の溝８０１が設けられ、本体部１１１側にボールプランジャ８０２が設けられている。インターフェースユニット１０９を引き出した際にボールプランジャ８０２が溝８０１に嵌ることで、インターフェースユニット１０９の引き出し量を変更することが可能である。図示は省略しているが、溝８０１は、インターフェースユニット１０９の直動方向に沿って間隔を空けて複数設け

られている。図8の例においては、インターフェースユニット109の引き出し量は3段階で変更可能になっているが、これに限定されない。

[0049] 使用するキャピラリカートリッジ101のサイズに合わせて、インターフェースユニット109に溝801を形成することで、ユーザは容易にインターフェースユニット109の引き出し量を変更できる。これにより、前処理一体型電気泳動装置2のサイズをキャピラリカートリッジ101のサイズに合わせることができる。なお本実施形態においてはボールプランジャ802及び溝801の代わりに、マグネット、板バネ等の他の位置決め部品でも代用可能であり、構成を限定するものではない。

[0050] [第4の実施形態]

第1の実施形態～第3の実施形態では、インターフェースユニット109が本体部111に対し可動である構成を説明した。しかしながら、必ずしもインターフェースユニット109が可動である必要はない。

[0051] 図9は、第4の実施形態に係る前処理一体型電気泳動装置4の側面図である。前処理一体型電気泳動装置4の構成は、第2の実施形態の前処理一体型電気泳動装置2とほぼ同様であるが、インターフェースユニット109に対して本体部111が可動となっている。図示は省略しているが、リニアレール等の直動案内部品が、インターフェースユニット109の上面と本体部111の底面とを連結する。この場合、インターフェースユニット109に高圧ポンプ105、光学系104などが搭載されていてもよい。光ファイバやハーネスなどの光学系104に含まれる部品の中にはデリケートなものがあり、できる限り動かさないことによって、故障のリスクを低減することができる。また、耐久性の高い部品は一般に高価であり、非可動部側に光学部品等のデリケートな部品を配置することによって、耐久性が比較的安く安価なものを採用することができる。結果として、前処理一体型電気泳動装置の製造コストを低減することができる。

[0052] [第5の実施形態]

図10は、第5の実施形態に係る前処理一体型電気泳動装置5の正面図（

左側）及び側面図（右側）である。図１０に示すように、キャピラリカートリッジ１０１は、インターフェースユニット１０９ではなく本体部１１１に接続されてもよい。この場合、本体部１１１に各種電気部品及び流体部品が配置される。第１の実施形態と同様に、流路部品を電気部品より鉛直方向下側に配置することにより、流路部品から液だれがあった場合でも電気部品に液体が付着することがない。本実施形態においては、インターフェースユニット１０９はキャピラリカートリッジ１０１の載置台となるとともに、インターフェースユニット１０９を閉じた際には本体部１１１の流路部品及び電気部品のカバーとなる。

[0053] [第６の実施形態]

第１～第５の実施形態においては、インターフェースユニット１０９又は本体部１１１に対しキャピラリカートリッジ１０１を着脱可能に構成された前処理一体型電気泳動装置について説明した。前処理一体型電気泳動装置に対して着脱可能なユニットは、キャピラリカートリッジ１０１に限定されない。

[0054] 図１１は、第６の実施形態に係る前処理一体型電気泳動装置６の側面図である。図１１に示すように、前処理一体型電気泳動装置６にはタッチパネル１０８が設けられておらず、タッチパネル１０８の代わりにタブレット端末１０１１をインターフェースユニット１０９に設置可能となっている。この場合、インターフェースユニット１０９には、タブレット端末１０１１とのコネクタ等の接続部品が設けられる。また、キャピラリカートリッジ１０１が設置される位置は、本体部１１１の上面となっている。

[0055] 本実施形態において、タブレット端末１０１１がＰＣ１０７の機能を実現するように構成してもよい。この場合、ＰＣ１０７を本体部１１１から除去できるので、より前処理一体型電気泳動装置を小型化することができる。図１１においては、引き出し方式のインターフェースユニット１０９が示されているが、折りたたみ構造のインターフェースユニット１０９（第１の実施形態等）としてもよい。

[0056] [第7の実施形態]

第1～第6の実施形態においては、前処理一体型電気泳動装置のインターフェースユニット109に1つの着脱可能なユニットが設置される構成を説明した。以下、第7の実施形態で説明するように、インターフェースユニット109に複数の着脱可能なユニットを設置可能なように構成することもできる。

[0057] 図12は、第7の実施形態に係る前処理一体型電気泳動装置7の側面図である。図12に示すように、着脱可能なユニットとして、タブレット端末1011及び高電圧電源103がインターフェースユニット109に設置されている。以下、高電圧電源103を着脱可能に構成する理由について説明する。光学系の部品同士の接続や、送液系（高圧ポンプ等）の部品同士の接続にはいずれも専用の工具や一定の力が必要であり、ユーザによる接続に際し熟練した技術が必要な場合がある。これに対し、高電圧電源103は前処理一体型電気泳動装置7との電氣的接続のみ必要であるため、ユーザによる設置の際に特別な技術を必要としない。このような部品を前処理一体型電気泳動装置7に対し着脱可能に構成し、本体部111からは除去することによって、本体部111のサイズを小型化することができる。

[0058] なお、図12においては、着脱可能なユニットの数は2つ（タブレット端末1011及び高電圧電源103）であるが、3つ以上でもよい。

[0059] [第8の実施形態]

第7の実施形態においては、複数の着脱可能なユニットが1つのインターフェースユニット109に設置される構成を説明した。これに代えて、インターフェースユニット109は複数設けられていてもよい。例えば、第1の実施形態で説明した折りたたみ構造のインターフェースユニット109と、第2の実施形態で説明した引き出し方式のインターフェースユニット109とを組み合わせてもよい。同じ形式のインターフェースユニット109を設けることもできる。また、複数のインターフェースユニット109は、全てが同じ箇所に設置される必要はなく、例えば一部を本体部111の前面側に

設け、他の一部を本体部 111 の背面側に設けてもよい。なお、インターフェースユニット 109 の数は、着脱可能なユニットの数と同じであってもよいし、異なってもよい。

[0060] 複数のインターフェースユニット 109 のそれぞれのサイズは、設置される着脱可能なユニットのサイズに合わせて設計することが可能である。これにより、前処理一体型電気泳動装置の使用時のサイズを最適化することができる。

[0061] [変形例]

本開示は、上述した実施形態に限定されるものでなく、様々な変形例を含んでいる。例えば、上述した実施形態は、本開示を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備える必要はない。また、ある実施形態の一部を他の実施形態の構成に置き換えることができる。また、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることもできる。また、各実施形態の構成の一部について、他の実施形態の構成の一部を追加、削除又は置換することもできる。

[0062] 上述した実施形態において、インターフェースユニット 109 と本体部 111 との連結部材として、ヒンジ 110 及びリニアレール 601 を例として説明した。インターフェースユニット 109 と本体部 111 との連結部材はこれらに限定されず、インターフェースユニット 109 と本体部 111 とを相対的に移動可能であり、かつ前処理一体型電気泳動装置のサイズを変更可能なものであれば、任意の部材を使用することができる。

符号の説明

[0063] 1～7：前処理一体型電気泳動装置

101：キャピラリカートリッジ

102：サンプルカートリッジ

103：高電圧電源

104：光学系

105：高圧ポンプ

- 106 : 前処理ユニット
- 107 : PC
- 108 : タッチパネル
- 109 : インターフェースユニット (第2の本体部)
- 110 : ヒンジ (連結部材)
- 111 : 本体部 (第1の本体部)
- 201 : キャピラリ
- 202 : ヒータ
- 203 : 照射検出部
- 204 : 光ファイバ接続部
- 205 : カソードブロック
- 206 : アノードブロック
- 207 : 泳動媒体部
- 208 : 廃液部
- 209 : 電気泳動試薬部
- 210 : 前処理試薬部
- 211 : 廃液部
- 212 : 電気インターフェース
- 213 : 高電圧インターフェース
- 214 : サンプル接続部
- 215 : カップリング
- 216 : 位置決め穴
- 217 : ポンプ
- 301 : キャピラリ陽極端
- 302 : バルブ
- 303 : ポンプ
- 401 : 位置決めピン
- 402 : 本体側光ファイバ接続部

- 4 0 3 : 本体側サンプル接続部
- 4 0 4 : 本体側試薬接続部
- 4 0 5 : アノードアクチュエータ
- 4 0 6 : ラッチ
- 4 0 7 : 電力供給部
- 4 0 8 : 高電圧印可部
- 4 0 9 : マグネットスイッチ
- 4 1 0 : 突起部
- 5 0 1 : インロー構造
- 5 0 2 : パッキン
- 6 0 1 : リニアレール（連結部材）
- 8 0 1 : 溝
- 8 0 2 : ボールプランジャ
- 1 0 1 1 : タブレット端末

請求の範囲

- [請求項1] 生体試料に対し前処理を実行して電気泳動用のサンプルを調製する前処理ユニットと、
- キャピラリー内にて泳動分離された前記サンプルに光を照射し、前記サンプルからの光を検出する光学系と、を備える前処理一体型電気泳動装置であって、
- 第1の本体部及び第2の本体部と、
- 前記第1の本体部と前記第2の本体部とを連結する連結部材と、を備え、
- 前記第1の本体部又は前記第2の本体部の少なくとも一方は、着脱可能なユニットが設置される設置面を有し、
- 前記連結部材は、前記第1の本体部及び前記第2の本体部の一方が他方に対して相対的に可動のように前記第1の本体部と前記第2の本体部とを連結し、これにより前記前処理一体型電気泳動装置の全体のサイズが可変であることを特徴とする前処理一体型電気泳動装置。
- [請求項2] 前記連結部材は、前記着脱可能なユニットの未設置時における前記前処理一体型電気泳動装置のサイズを、前記着脱可能なユニットの設置時における前記前処理一体型電気泳動装置のサイズよりも小さくすることができるように、前記第1の本体部と前記第2の本体部とを連結し、
- 前記設置面は、前記前処理一体型電気泳動装置のサイズを小さくした際に前記第1の本体部と前記第2の本体部との間に封鎖され、前記前処理一体型電気泳動装置のサイズを大きくした際に露出することを特徴とする請求項1に記載の前処理一体型電気泳動装置。
- [請求項3] 前記着脱可能なユニットを位置決めするための位置決め部品と、
- 前記着脱可能なユニットとの流体的接続のための流路部品と、をさらに備え、
- 前記位置決め部品及び前記流路部品はいずれも、前記第1の本体部

及び前記第2の本体部のうち一方の前記設置面に配置されることを特徴とする請求項1に記載の前処理一体型電気泳動装置。

[請求項4] 前記着脱可能なユニットとの電氣的接続のための電気部品をさらに備え、

前記電気部品は、前記位置決め部品及び前記流路部品が配置される前記設置面とは異なる面に配置されることを特徴とする請求項3に記載の前処理一体型電気泳動装置。

[請求項5] 前記前処理一体型電気泳動装置のサイズを小さくした際に、前記流路部品は、前記電気部品より鉛直方向下側に配置されることを特徴とする請求項4に記載の前処理一体型電気泳動装置。

[請求項6] 前記連結部材は、前記第1の本体部又は前記第2の本体部の一方が他方に対して開閉可能に構成されたヒンジを有する請求項1に記載の前処理一体型電気泳動装置。

[請求項7] 前記第1の本体部は、前記第2の本体部側に突出し、かつ前記ヒンジを有する突起部を有し、

前記第2の本体部が前記ヒンジを中心として回転して前記第1の本体部に対して開いたときに、前記突起部と前記第2の本体部の高さが少なくとも一部同じであり、前記設置面となることを特徴とする請求項6に記載の前処理一体型電気泳動装置。

[請求項8] 前記第2の本体部が前記ヒンジを中心として回転して前記第1の本体部に対して閉じることによって、前記突起部の前記設置面が前記第2の本体部に囲まれることを特徴とする請求項7に記載の前処理一体型電気泳動装置。

[請求項9] 前記第1の本体部及び前記第2の本体部は、それぞれ段差を有したインロー構造を有し、前記第2の本体部が閉じた際に前記インロー構造同士が噛み合うことを特徴とする請求項8に記載の前処理一体型電気泳動装置。

[請求項10] 前記第1の本体部又は前記第2の本体部は、前記第2の本体部が閉

じた際に前記第1の本体部と前記第2の本体部とが対向する面に密閉部材を有することを特徴とする請求項8に記載の前処理一体型電気泳動装置。

[請求項11] 前記着脱可能なユニットは、少なくとも1本のキャピラリと、前記電気泳動に使用する試薬と、前記前処理に使用する試薬とを有することを特徴とする請求項1に記載の前処理一体型電気泳動装置。

[請求項12] 前記着脱可能なユニットは、前記前処理一体型電気泳動装置に動作指示を入力するための入力装置を含むことを特徴とする請求項1に記載の前処理一体型電気泳動装置。

[請求項13] 前記連結部材は、前記第1の本体部又は前記第2の本体部の一方が他方に対して直動可能に構成された直動案内部品を有することを特徴とする請求項1に記載の前処理一体型電気泳動装置。

[請求項14] 前記第1の本体部は、前記第2の本体部を収納可能な空間を有し、
前記第2の本体部を直動させることにより、前記第2の本体部が前記第1の本体部へ収納されるか、前記第1の本体部から引き出されることを特徴とする請求項13に記載の前処理一体型電気泳動装置。