(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4872364号
(P4872364)
(45)発行日　平成24年2月8日(2012.2.8)　(24)登録日　平成23年12月2日(2011.12.2)

(51)Int.Cl.　　F I
H02K 44/02 (2006.01)　　H02K 44/02
G03B 9/08 (2006.01)　　G03B 9/08　G

請求項の数 9　(全 22 頁)

(21)出願番号　特願2006-24568(P2006-24568)
(22)出願日　平成18年2月1日(2006.2.1)
(65)公開番号　特開2007-209112(P2007-209112A)
(43)公開日　平成19年8月16日(2007.8.16)
審査請求日　平成21年1月22日(2009.1.22)

(73)特許権者　000002185
ソニー株式会社
東京都港区港南１丁目７番１号
(74)代理人　100082762
弁理士　杉浦　正知
(72)発明者　大石　忠宏
東京都品川区東五反田２丁目１７番１号
ソニーイーエムシーエス株式会社内
(72)発明者　田中　敬太
東京都品川区東五反田２丁目１７番１号
ソニーイーエムシーエス株式会社内
(72)発明者　安藤　正樹
東京都品川区北品川６丁目７番３５号　ソニー株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】液体移動装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
互いに対向する第１、第２の端面壁と、前記第１、第２の端面壁を接続する側面壁とによりそれらの内部に密閉して形成された収容室を有する容器と、
前記収容室に封入された有極性または導電性を有する第１の液体と、
前記収容室に封入され前記第１の液体と互いに混合しない第２の液体と、
前記第１の液体に電界をかけるための第１の電極および第２の電極と、
前記第１の電極と第２の電極の間に電圧を印加する電圧印加手段とを備え、
前記第１の電極と前記第２の電極は、前記第１、第２の端面壁が互いに対向する方向である前記容器の厚さ方向と直交する方向に延在する仮想軸に沿って配置され、
前記電圧印加手段による電圧印加の箇所を前記第１、第２の電極の前記延在方向に変えることで前記第１の液体を前記第１、第２の端面壁の双方に接触しつつかつ前記第１の液体が前記第２の液体によって周囲を囲まれた状態で前記第１の液体の全体を前記仮想軸に沿って移動する液体移動装置であって、
前記第２の電極は、前記収容室に臨む第１の端面壁の内面と第２の端面壁の内面との双方に形成され、前記仮想軸の延在方向に沿って分割された複数の第２電極体で構成されている、
ことを特徴とする液体移動装置。
【請求項２】
前記第１の端面壁の内面と第２の端面壁の内面との双方に形成された複数の第２電極体

は、前記容器の厚さ方向から見ると、それらの輪郭が合致するように形成されていることを特徴とする請求項１記載の液体移動装置。
【請求項３】
前記第１の電極は、前記仮想軸に沿って線状に延在形成されていることを特徴とする請求項１記載の液体移動装置。
【請求項４】
前記第１の電極は、前記第２の端面壁に前記仮想軸に沿って線状に延在形成されていることを特徴とする請求項１記載の液体移動装置。
【請求項５】
前記第１の電極は、前記第２の端面壁に前記仮想軸の延在方向に間隔をおいて配置された複数の第１電極体で形成されていることを特徴とする請求項１記載の液体移動装置。
【請求項６】
前記第１の電極は、前記収容室内において前記仮想軸に沿って延在形成されていることを特徴とする請求項１記載の液体移動装置。
【請求項７】
前記第１の電極は、前記収容室内において前記容器の仮想軸と直交する幅方向の一方寄りの箇所に配置されていることを特徴とする請求項６記載の液体移動装置。
【請求項８】
前記第２電極体が互いに隣り合う箇所には前記仮想軸の延在方向と直交する方向に凹凸部が延在形成され、
前記隣り合う第２電極体は、前記凹凸部が互いに係合した状態で配置されている、
ことを特徴とする請求項１記載の液体移動装置。
【請求項９】
前記第２電極体は、前記仮想軸の延在方向と直交する方向に沿って少なくとも３つに分割された複数の電極体で構成され、
前記複数の電極体のうち両側に配置される各電極体は、前記第１の液体の両側箇所に接触可能な箇所に配置されている、
ことを特徴とする請求項１記載の液体移動装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は液体移動装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
有極性または導電性を有する液体に電界を作用させることにより、電気毛管現象（エレクトロウエッティング現象）を用いて導電性または液体の形状を変化させることによって液体の光学特性を変化させる光学素子が提案されている。
また、有極性または導電性を有する液体に電界を作用させることにより、液体自体を所望の方向に移動させる液体移動手段が提案されている（特許文献１参照）。
この液体移動手段では、液体（液滴）に接触する第１電極と、液体に対して絶縁層を介して設けられ所定方向に沿って並べて配置された複数の第２電極と、第１電極と各第２電極との間に印加する電圧を個別に制御する制御手段とを備え、制御手段による第２電極への電圧印加の箇所を前記所定方向に変えることで絶縁層上の液体を前記所定方向に移動させるようにしている。
【特許文献１】特開２００４-３３６８９８号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００３】
ところでこのような液体移動手段を、撮像装置の撮影光学系の光軸上に配置し、前記液体を光軸と直交する方向に移動させることでシャッターを構成した場合、シャッターの応

答性の向上を図る上で液体の移動速度の高速化が求められる。
しかしながら上記の従来技術では、液体に作用する電界強度を上げるにも限界があり液体の移動速度を高速化する上で限界があった。
本発明はこのような事情に鑑みなされたものであり、その目的は、液体の移動速度の高速化を図る上で有利な液体移動装置を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００４】
上述の目的を達成するため、本発明は、互いに対向する第１、第２の端面壁と、前記第１、第２の端面壁を接続する側面壁とによりそれらの内部に密閉して形成された収容室を有する容器と、前記収容室に封入された有極性または導電性を有する第１の液体と、前記収容室に封入され前記第１の液体と互いに混合しない第２の液体と、前記第１の液体に電界をかけるための第１の電極および第２の電極と、前記第１の電極と第２の電極の間に電圧を印加する電圧印加手段とを備え、前記第１の電極と前記第２の電極は、前記第１、第２の端面壁が互いに対向する方向である前記容器の厚さ方向と直交する方向に延在する仮想軸に沿って配置され、前記電圧印加手段による電圧印加の箇所を前記第１、第２の電極の前記延在方向に変えることで前記第１の液体を前記第１、第２の端面壁の双方に接触しつつかつ前記第１の液体が前記第２の液体によって周囲を囲まれた状態で前記第１の液体の全体を前記仮想軸に沿って移動する液体移動装置であって、前記第２の電極は、前記収容室に臨む第１の端面壁の内面と第２の端面壁の内面との双方に形成され、前記仮想軸の延在方向に沿って分割された複数の第２電極体で構成されていることを特徴とする。
【発明の効果】
【０００５】
本発明の液体移動装置によれば、第１の液体は、常に第１、第２の端面壁の２つの第２電極体の双方に臨んでいるので、第１の電極と、第２の電極との間に印加された電圧によって発生する電界を第１の液体のより広い面積に作用させることができ、したがって、第１の液体に作用する力がより大きなものとなり、第１の液体の移動速度の高速化を図る上で有利となる。
【発明を実施するための最良の形態】
【０００６】
まず、電界による液体移動の動作原理について説明する。
図１（Ａ）は液体移動の原理を説明する断面図、（Ｂ）は（Ａ）のＡＡ線矢視図である。
図１（Ａ）、（Ｂ）に示すように、間隔ｇをおいて互いに対向する第１、第２の端面壁１Ａ、１Ｂと、第１、第２の端面壁１Ａ、１Ｂを接続する側面壁１Ｃとにより密閉された収容室１が形成されている。
第１の端面壁１Ａの内面全域には第１の電極２が形成され、第１の電極２が収容室１に臨む表面は撥水膜３Ａで覆われている。
第２の端面壁１Ｂの内面には第２の電極４が設けられており、第２の電極４は２つの電極体４Ａ、４Ｂが第１、第２の端面壁１Ａ、１Ｂが対向する方向と直交する方向に延在する仮想軸Ｌに沿って並べて配置されている。
２つの電極体４Ａ、４Ｂの表面および第２の端面壁１Ｂの内面の全域は絶縁膜５で覆われ、絶縁膜５が収容室１に臨む表面全域は撥水膜３Ｂで覆われている。
絶縁膜５の表面に有極性または導電性を有する第１の液体６が位置しており、第１の液体６には第１の電極２が撥水膜３Ａを介して臨み、第２の電極４が絶縁膜５と撥水膜３Ｂを介して臨んでいる。
また、収容室１には第１の液体６の周囲を囲むように、第１の液体と互いに混合しない第２の液体７が満たされている。
【０００７】
まず、初期状態では、第１の電極２と第２の電極４の２つの電極体４Ａ、４Ｂが共にグランドレベルに接続されており、この状態で第１の液体６が一方の電極体４Ａの全域と他

方の電極体４Ｂのうち電極体４Ａに近接する部分とにわたって位置している。
この状態では、第１の液体６はその表面張力によって図１（Ａ）、（Ｂ）に実線で示すように平面視円形の形状を呈している。
ここで、他方の電極体４Ｂに電圧Ｅが印加されると、絶縁膜５が第１の液体６に臨む箇所に正電荷がチャージされ、これにより、第１の液体６が絶縁体５に臨む箇所に電界（静電気力）が作用して第１の液体６が絶縁体５に臨む箇所に負電荷が引寄せられ、言い換えると、第１の液体６を構成する分子が引き寄せられる。
すると、第１の液体６は、図１（Ａ）、（Ｂ）に破線で示すように、電極体４Ｂに向かって引き寄せられるように形状が変化し、やがて、第１の液体６が第２の液体７によって周囲を囲まれた状態で第１の液体６全体が仮想軸Ｌの延在方向に沿って一方の電極体４Ａの上から他方の電極体４Ｂの上に移動する。
なお、撥水膜３Ａ、３Ｂは第１の液体６が第１、第２の電極２、４上で移動する際に液体６と第１、第２の端面壁１Ａ、１Ｂとの間で生じる抵抗を削減し、移動しやすくする作用を果たすものである。
このように、有極性または導電性を有する第１の液体６に第１、第２の電極２、４によって電界を作用させることで第１の液体６が移動される。

【０００８】

次に、本実施の形態の液体移動装置１０について説明する。
本実施の形態において液体移動装置１０はシャッターを構成している。
図２（Ａ）は液体移動装置１０の構成を示す縦断面図、（Ｂ）は（Ａ）のＡＡ線断面図である。
図３（Ａ）は図２（Ａ）のＣ矢視図、（Ｂ）は図２（Ａ）のＤＤ線矢視図である。
図２（Ａ）、（Ｂ）に示すように、液体移動装置１０は、容器１２と、第１の液体１４と、第２の液体１６と、第１の電極１８と、第２の電極２０と、電圧印加手段２２とを含んで構成されている。
容器１２は、互いに対向し平行をなして延在する第１の端面壁２４、第２の端面壁２６と、これら第１、第２の端面壁２４、２６を接続する側面壁２８とを有し、それら第１、第２の端面壁２４、２６と側面壁２８とにより密閉して形成された収容室３０を有している。
ここで容器１２の厚さ方向とは、第１の端面壁２４と第２の端面壁２６とが互いに対向する方向をいう。
本実施の形態では、第１、第２の端面壁２４、２６は同形同大に形成された長方形板状を呈し、側面壁２８は第１、第２の端面壁２４、２６の輪郭に沿った長方形枠状を呈し、収容室３０は断面が長方形状の扁平な柱状を呈している。
また、第１、第２の端面壁２４、２６および側面壁２８は、絶縁性を有する材料で形成され、さらに、第１、第２の端面壁２４、２６は光を透過する透明な材料で形成されている。
第１、第２の端面壁２４、２６を構成する材料として、例えば、透明で絶縁性を有する合成樹脂材料あるいは透明なガラス材料を用いることができる。

【０００９】

第１の液体１４は、有極性または導電性を有し収容室３０に封入されている。
第２の液体１６は、第１の液体１４と互いに混合しないものであり収容室３０に封入されている。
また、第１の液体１４と第２の液体１６は実質的に等しい比重を有しかつ第１の液体１４の透過率は第２の液体１６の透過率よりも低くなるように形成されている。
本実施の形態では、第１の液体１４は、例えば、純水とエタノールとエチレングリコールを混合した液体に光を透過しない材料からなる微粒子が混合されることで形成されている。
前記微粒子としては、例えばカーボンブラックを用いることができる。カーボンブラックを用いる場合には、カーボンブラックが、第１の液体１４に対して満遍なく混合される

ように、それらの表面に親水コーティング処理をなすことが好ましい。前記親水コーティング処理は、例えば、カーボンブラックの表面に親水基を形成することでなされる。

また、本実施の形態では、第２の液体１６は透明なシリコンオイルで構成されている。

第２の液体１６を構成するシリコンオイルとして低粘度のものを用いることにより、第１、第２の液体１４、１６の間の粘性抵抗の低減と、第１の液体１４と第１、第２の端面壁２４、２６との間の摩擦の緩和が図られ、第１の液体１４の移動速度の高速化による応答性の向上を図る上で有利となっている。

なお、第１の液体１４として使用できる液体としては、本実施の形態に限定されるものではなく、例えば、ニトロメタン、無水酢酸、酢酸メチル、酢酸エチル、メタノール、アセトニトリル、アセトン、エタノール、プロピオニトリル、テトロヒドロフラン、ｎ－ヘキサン、２－プロパノール、２－ブタノン、ｎ－ブチロニトリル、１－プロパノール、１－ブタノール、ジメチルスルホキシド、クロロベンゼン、エチレングリコール、ホルムアミド、ニトロベンゼン、炭酸プロピレン、１，２－ジクロロエタン、二硫化炭素、クロロホルム、ブロモベンゼン、四塩化炭素、トリクロロ酢酸無水物、トルエン、ベンゼン、エチレンジアミン、Ｎ，Ｎ－ジメチルアセトアミド、Ｎ，Ｎ－ジメチルホルムアミド、リン酸トリブチル、ピリジン、ベンゾニトル、アニリン、１，４－ジオキサン、ヘキサメチルホスホルアミドなどが挙げられる。

また、第２の液体１６として使用できる液体は、例えば、シリコン、デカン系、オクタン系、ノナン、ヘプタンなどが挙げられる。

また、第１の液体１４および第２の液体１６は、それぞれ単一の液体で形成してもよいし、複数の液体を混合して形成してもよい。要は、第１の液体１４と第２の液体１６が実質的に等しい比重を有するように形成されていればよい。

【００１０】

第１、第２の電極１８、２０は、第１の液体１４に電界をかけるためのものである。

第１の電極１８と第２の電極２０は、第１、第２の端面壁２４、２６が互いに対向する方向である容器１２の厚さ方向と直交する方向に延在する仮想軸Ｌに沿って配置されている。本実施の形態では、仮想軸Ｌの延在方向が容器１２の長辺の方向と平行している。

本実施の形態では、図２（Ｂ）、図３（Ｂ）に示すように、第１の電極１８は、第２の端面壁２６に（第２の端面壁２６が収容室３０に臨む内面に）仮想軸Ｌに沿って線状（直線状）に延在形成されている。

また、第１の電極１８は、第２の端面壁２６の仮想軸Ｌと直交する幅方向の中心線上に配置されている。

第２の電極２０は、収容室３０に臨む第１の端面壁２４の内面と第２の端面壁２６の内面との双方に形成され、図２（Ａ）、図３（Ａ）、（Ｂ）に示すように、第２の電極２０は、仮想軸Ｌの延在方向に沿って分割された複数の第２電極体３２で構成されている。

本実施の形態では、図３（Ａ）に示すように、第１の端面壁２４の内面に形成された各第２電極体３２は、同形同大の矩形状を呈し、互いに等しい間隔をおいて仮想軸Ｌに沿って配置されている。

また、図３（Ｂ）に示すように、第２の端面壁２６の内面に形成された各第２電極体３２は、同形同大の矩形状を呈し、第１の電極１８を挟んで前記幅方向の両側に分離されて配置されている。

また、図２（Ａ）に示すように、互いに対向する第１の端面壁２４の第２電極体３２と、第２の端面壁２６の第２電極体３２とは、容器１２の厚さ方向から見ると、それらの輪郭が合致するように位置している。

なお、図３（Ａ）、（Ｂ）において、符号３２０２は各第２電極体３２から延出された配線部である。

【００１１】

第１、第２の電極１８、２０は、例えば、光を透過可能なＩＴＯ膜（Ｉｎｄｉｕｍ　Ｔｉｎ　Ｏｘｉｄｅ膜）などの導電材料で形成されている。

図２（Ａ）、（Ｂ）に示すように、電圧印加手段２２は容器１２の外部に設けられ、第

１の電極１８に電気的に接続されたグランド端子２２０２と、各第２電極体３２に配線部３２０２を介して電気的に接続された複数の電圧出力端子２２０４とを備えている。
電圧印加手段２２は、電圧出力端子２２０４を介して第２電極体３２のそれぞれに選択的に電圧Ｅを印加できるように構成され、電圧印加の箇所を第１、第２の電極１８、２０の延在方向に変えることができるようになっている。

【００１２】

また、図２（Ａ）、（Ｂ）に示すように、収容室３０に臨む第１の端面壁２４の内面およびこの内面に設けられた第２電極体３２上に絶縁膜３４が形成されている。
また、収容室３０に臨む第２の端面壁２６の内面に設けられた第２電極体３２上のみに絶縁膜３４が形成されている。
したがって、第１の電極１８と第２の電極２０の第２電極体３２との間に電圧が印加されることで絶縁膜３４の表面に例えばプラス電荷が帯電され、これにより第１の液体１４に電界がかかり、第１の液体１４を構成する分子に電界（静電気力）が作用して第１の液体１４の移動がなされるように構成されている。

【００１３】

本実施の形態では、第１の端面壁２４の内面に設けられた絶縁膜３４の全域を覆うように光を透過する透明な撥水膜３６が形成されている。
また、第２の端面壁２６の内面に設けられた絶縁膜３４の全域および第１の電極１８の全域を覆うように光を透過する透明な撥水膜３６が形成されている。
また、側面壁２８の内面を覆うように撥水膜３６が形成されている。
撥水膜３６は第２の液体１６に対する濡れ性が第１の液体１４に対する濡れ性よりも高くなるように構成されている。言い換えると、撥水膜３６に対する第２の液体１６の接触角は、撥水膜３６に対する第１の液体１４の接触角よりも小さい値となるように構成されている。
撥水膜３６は第１の液体１４が第１、第２の電極１８、２０上で移動する際に第１の液体１４と第１、第２の端面壁２４、２６との間で生じる抵抗を削減し、移動しやすくする作用を果たすものである。
撥水膜３６は、親油性を有する膜であり、例えば、シリコンを主成分とする材料を焼き付けることで、あるいは、非結晶フッ素樹脂からなる材料を成膜することで形成することができ、撥水膜３６としては、従来公知の様々な材料を採用可能である。

【００１４】

次に、液体移動装置１０の動作について説明する。
図４（Ａ）は液体移動装置１０の断面図、（Ｂ）は（Ａ）のＤＤ線矢視図である。
なお、説明の便宜上、各第２電極体３２には、仮想軸Ｌの延在方向の一方から他方に向かう順に符号３２－１、３２－２、３２－３、３２－４を付して説明する。
初期状態で、第１の液体１４は仮想軸Ｌの延在方向の一方寄りの第１、第２の端面壁２４、２６の２つの第２電極体３２－１で挟まれた箇所に位置しているものとして説明する。
この状態で、電圧印加手段２２は、仮想軸Ｌの延在方向の最も一方寄りの第２電極体３２－１に電圧Ｅを印加し、残りの第２電極体３２－２乃至３２－４にグランド電位を印加している。
したがって、第１の電極１８と第２電極体３２－１に印加された電圧Ｅによる電界が第２電極体３２－１に臨んだ箇所に位置している第１の液体１４に作用することで、第１の液体１４は移動することなくその位置に位置した状態で保持され、その結果、第１の液体１４の大部分は第２電極体３２－１に臨み、第１の液体の一部が隣接する第２電極体３２－２に臨んでいる。

【００１５】

次に、電圧印加手段２２が、第２電極体３２－１の隣の第２電極体３２－２に電圧Ｅを印加し、残りの第２電極体３２－１、３２－３、３２－４にグランド電位を印加すると、すなわち、電圧印加の箇所を第１、第２の電極１８、２０の延在方向に変えると、第１の

電極１８と第２電極体３２－２に印加された電圧Ｅによる電界が第２電極体３２－２に臨んだ箇所に位置している第１の液体１４に作用することで、第１の液体１４が第２の液体１６によって周囲を囲まれた状態で第１の液体１４の全体は仮想軸Ｌの延在方向の他方に向かって移動し、その結果、第１の液体１４の大部分は第２電極体３２－２に臨み、第１の液体の一部が隣接する第２電極体３２－１、３２－３に臨んだ状態となる。

【００１６】

次に、電圧印加手段２２が、第２電極体３２－２の隣の第２電極体３２－３に電圧Ｅを印加し、残りの第２電極体３２－１、３２－２、３２－４にグランド電位を印加すると、すなわち、電圧印加の箇所を第１、第２の電極１８、２０の延在方向に変えると、第１の電極１８と第２電極体３２－３に印加された電圧Ｅによる電界が第２電極体３２－３に臨んだ箇所に位置している第１の液体１４に作用することで、第１の液体１４が第２の液体１６によって周囲を囲まれた状態で第１の液体１４の全体は仮想軸Ｌの延在方向の他方に向かって移動し、その結果、第１の液体１４の大部分は第２電極体３２－３に臨み、第１の液体の一部が隣接する第２電極体３２－２、３２－４に臨んだ状態となる。

【００１７】

次に、電圧印加手段２２が、第２電極体３２－３の隣の第２電極体３２－４に電圧Ｅを印加し、残りの第２電極体３２－１、３２－２、３２－３にグランド電位を印加すると、すなわち、電圧印加の箇所を第１、第２の電極１８、２０の延在方向に変えると、第１の電極１８と第２電極体３２－４に印加された電圧Ｅによる電界が第２電極体３２－４に臨んだ箇所に位置している第１の液体１４に作用することで、第１の液体１４が第２の液体１６によって周囲を囲まれた状態で第１の液体１４の全体は仮想軸Ｌの延在方向の他方に向かって移動し、その結果、第１の液体１４の大部分は第２電極体３２－４に臨み、第１の液体の一部が隣接する第２電極体３２－４に臨んだ状態となる。

【００１８】

以上のように、電圧印加手段２２により電圧印加の箇所を第１、第２の電極１８、２０の延在方向に変えることによって、第１の液体１４を第１、第２の端面壁２４、２６の双方に接触しつつかつ第１の液体１４が第２の液体１６によって周囲を囲まれた状態で第１の液体１４の全体を仮想軸Ｌに沿って移動される。

なお、第１の液体１４の移動方向を上述と反対方向にする場合には、電圧印加手段２２による電圧印加の箇所の変更方向を上述とは反対向きとすればよい。

【００１９】

上述した液体移動装置１０は、例えば、デジタルスチルカメラやビデオカメラなどの撮像装置の撮影光学系に適用される。

図５は液体移動装置１０を撮像装置の撮影光学系に適用した例を示す構成図である。

図５に示すように、撮像装置１００は、被写体像を撮像するＣＣＤなどの撮像素子１０２と、前記被写体像を撮像素子１０２に導く撮影光学系１０４とを含んで構成されている。

撮影光学系１０４は、その光軸Ｇ上において、被写体から撮像素子１０２に向かって、第１のレンズ群１０６、第２のレンズ群１０８、第３のレンズ群１１０、第４のレンズ群１１２、フィルタ群１１４がこの順番で配置されている。

本例においては、第１のレンズ群１０６、第３のレンズ群１１０が光軸方向に移動不能に設けられ、第２のレンズ群１０８がズームレンズとして光軸方向に移動可能に設けられ、第４のレンズ群１１２がフォーカスレンズとして光軸方向に移動可能に設けられている。

第１のレンズ群１０６によって導かれた被写体からの光束は第２のレンズ群１０８によって平行な光束とされ第３のレンズ群１１０に導かれて、第４のレンズ群１１２、フィルタ群１１４を介して撮像素子１０２の撮像面１０２に収束される。

液体移動装置１０は、フィルタ群１１４と撮像素子１０２の間に配置され、仮想軸Ｌを撮影光学系１０４の光軸Ｇと直交する平面と平行させた状態で、第１の液体１４が移動することにより、第１の液体１４が撮像素子１０２に導かれる光束を遮断できるように設け

られている。
したがって、液体移動装置１０において、第１の液体１４の移動により光束が遮られると、撮像面１０２Ａに照射される時間、すなわち、撮像素子１０２の露光時間を制御することができる。
なお、第１の液体１４を仮想軸Ｌの延在方向に沿って往復させて開口時間を制御することも可能である。
【００２０】
以上説明したように、本実施の形態によれば、第２の電極２０は、第１の端面壁２４の内面と第２の端面壁２６の内面との双方に形成され、仮想軸Ｌの延在方向に沿って分割された複数の第２電極体３２で構成され、かつ、第１の液体１４は、常に第１、第２の端面壁２４、２６の２つの第２電極体３２の双方に臨んでいるので、第１の電極１８と、第２の電極２０との間に印加された電圧によって発生する電界を第１の液体１４のより広い面積に作用させることができ、したがって、第１の液体１４に作用する力がより大きなものとなり、第１の液体１４の移動速度の高速化を図る上で有利となる。
【００２１】
詳細に説明すると、第１の液体１４が電圧を印加された第２の電極２０に引かれる力は、電気的なエネルギー（ポテンシャル）の勾配によって誘起される。
従来の液体移動装置では、第１の液体１４と接する面の片面にしか絶縁膜が設けられていない。
そのため、絶縁膜３４に蓄えられる電気エネルギーによって誘起される力は、本発明のように第１の液体１４と接する面の両面に絶縁膜を設けているものの１／２になる。
電気エネルギーの勾配によって第１の液体１４に誘起される力を計算式で示す。すなわち、第２の電極２０が本実施の形態のように２面に設けられている場合の力Ｆｗは式（１）で示され、第２の電極２０が従来のように１面のみに設けられている場合の力Ｆｓは式（２）で示される。

$$Fw = \varepsilon_0 \varepsilon_r V^2 W_{\perp} / t \qquad (1)$$

$$Fs = (1/2)\varepsilon_0 \varepsilon_r V^2 W_{\perp} / t = Fw / 2 \qquad (2)$$

ここで、Ｆｗ、Ｆｓは第１の液体１４が受ける力[N]、Vは印加電圧[V]、ε0は真空の誘電率8.85×10-12[F/m]、εrは絶縁膜３４の比誘電率、W⊥は仮想軸Ｌと直交する幅方向において第１の液体１４が第２電極体３２上を占有する電極幅（第１の液体１４の移動方向に垂直な方向における第２の電極２０の幅）[m]、tは絶縁膜３４の厚み[m]である。
すなわち、本実施の形態では、従来の液体移動装置に比較して第１の液体１４に作用する力が２倍となるため、第１の液体１４の移動速度の高速化を図る上で有利となる。
【００２２】
また、本実施の形態では、第１の電極１８を線状とすることで第１の電極１８（接地電極）の面積を小さくして第２の電極２０の面積を大きく確保することができる。したがって、第２の電極２０により絶縁膜３４に貯えられる電気エネルギーをより大きく確保することができ、言い換えると、第１の電極１８と、第２の電極２０との間に印加された電圧によって発生する電界を第１の液体１４のより広い面積に作用させることができ、第１の液体１４に作用する力を確保でき、第１の液体１４の移動速度の高速化を図る上でより有利となる。
また、本実施の形態では、仮想軸Ｌに沿って設けられた第２の電極体３２の数が４個の場合について説明したが、仮想軸Ｌに沿って設けられた第２の電極体３２の数が多いほど第１の液体１４の助走距離が長くなり、第１の液体１４の移動速度が加速されるため、第２の電極体３２の数を増やすほど第１の液体１４の移動速度の高速化を図る上で有利となる。
また、従来のように、第２の電極が１つのみである場合には、第１の液体に作用する電界の向きが一方向となることから、第１の液体を移動させるために電界を作用させた際に、第１の液体の形状が第２の電極に沿って広がるため第１の液体の形状が安定性を欠き、シャッターを構成した場合に第１の液体によって光束の遮断を確実に行なう上で不利があ

る。
これに対して、本実施の形態では、第２の電極２０を構成する第２電極体３２が第１の端面壁２４の内面と第２の端面壁２６の内面との双方に形成されているため、それら２つの第２電極体３２から第１の液体１４に作用する電界の向きが２方向となることから、第１の液体１４の形状の安定化を図りつつ、第１の液体１４を移動させることができるので、シャッターを構成した場合に光束の遮断を確実に行なうことができ光学特性を確保する上で有利となる。
【００２３】
（第２の実施の形態）
次に第２の実施の形態について説明する。
第２の実施の形態は、第１の実施の形態の変形例であり、第１の電極１８、第２の電極２０の形状が第１の実施の形態と異なっている。
図６は（Ａ）は第２の実施の形態における液体移動装置１０の構成を示す縦断面図、（Ｂ）は（Ａ）のＡＡ線断面図、図７（Ａ）は図６（Ａ）のＣ矢視図、（Ｂ）は図６（Ａ）のＤＤ線矢視図である。なお、以下の実施の形態においては、第１の実施の形態と同様または同一の部分には同一の符号を付して説明する。
図６（Ａ）、（Ｂ）に示すように、第１の実施の形態と同様に、第１の電極１８と第２の電極２０は、第１、第２の端面壁２４、２６が互いに対向する方向である容器１２の厚さ方向と直交する方向に延在する仮想軸Ｌに沿って配置されており、仮想軸Ｌの延在方向と容器１２の長辺の方向とが平行している。
第１の電極１８は、仮想軸Ｌに沿って線状に延在形成されており、第２の実施の形態では、例えば、金線などの線状の導電部材で形成されている。
本実施の形態では、図６（Ａ）、（Ｂ）に示すように、第１の電極１８は、第１、第２の端面壁２４、２６が互いに対向する方向である容器１２の厚さ方向の中間において、図７（Ｂ）に示すように、第１の端面壁２４の仮想軸Ｌと直交する幅方向の一方寄りの箇所で仮想軸Ｌに沿って延在形成され、第１の電極１８は第１、第２の端面壁２４、２６の内面から離間し、かつ、仮想軸Ｌに沿って延在する２つの側面壁２８の内面から離間した位置に配置されている。
なお、第１の電極１８が金線などの線状の導電部材で形成されている場合には第１の電極１８により光が遮られるため、第１の電極１８を撮影光学系の光路から外れた箇所に配置する。
【００２４】
第２の電極２０は、収容室３０に臨む第１の端面壁２４の内面と第２の端面壁２６の内面との双方に形成され、図６（Ａ）、図７（Ａ）、（Ｂ）に示すように、第２の電極２０は、仮想軸Ｌの延在方向に沿って分割された複数の第２電極体３２で構成されている。
第２の実施の形態では、図７（Ａ）に示すように、第１の端面壁２４の内面に形成された各第２電極体３２は、同形同大の矩形状を呈し、互いに等しい間隔をおいて仮想軸Ｌに沿って配置されている。
また、図７（Ｂ）に示すように、第２の端面壁２６の内面に形成された各第２電極体３２は、同形同大の矩形状を呈し、互いに等しい間隔をおいて仮想軸Ｌに沿って配置されている。
また、図６（Ａ）に示すように、互いに対向する第１の端面壁２４の第２電極体３２と、第２の端面壁２６の第２電極体３２とは、容器１２の厚さ方向から見ると、それらの輪郭が合致するように位置している。
第１、第２の電極１８、２０は、第１の実施の形態と同様に光を透過可能な導電材料で形成されている。
第１の電極１８は、電圧印加手段２２のグランド端子２２０２に接続され、第２の電極２０の各第２電極体３２は配線部３２０２を介して電圧印加手段２２の電圧出力端子２２０４に接続されている。
電圧印加手段２２は、第１の実施の形態と同様に、電圧出力端子２２０４を介して第２

電極体３２のそれぞれに選択的に電圧Ｅを印加できるように構成され、電圧印加の箇所を第１、第２の電極１８、２０の延在方向に変えることができるようになっている。

【００２５】

また、収容室３０に臨む第１の端面壁２４の内面およびこの内面に設けられた第２電極体３２上には、第１の実施の形態と同様に絶縁膜３４が形成されている。

したがって、第１の電極１８と第２の電極２０の第２電極体３２との間に電圧が印加されることで絶縁膜３４の表面に例えばプラス電荷が帯電され、これにより第１の液体１４に電界がかかり、第１の液体１４を構成する分子に電界（静電気力）が作用して第１の液体１４の移動がなされるように構成されている。

【００２６】

また、第１の端面壁２４の内面に設けられた絶縁膜３４の全域を覆うように光を透過する透明な撥水膜３６が形成され、第２の端面壁２６の内面に設けられた絶縁膜３４の全域を覆うように光を透過する透明な撥水膜３６が形成されている。

また、側面壁２８の内面を覆うように撥水膜３６が形成されている。

【００２７】

第２の実施の形態においても、第１の実施の形態と同様に、電圧印加手段２２により電圧印加の箇所を第１、第２の電極１８、２０の延在方向に変えることによって、第１の液体１４を第１、第２の端面壁２４、２６の双方に接触しつつかつ第１の液体１４が第２の液体１６によって周囲を囲まれた状態で第１の液体１４の全体を仮想軸Ｌに沿って移動される。

したがって、第２の実施の形態においても、第１の実施の形態と同様の効果を奏する。

また、第２の実施の形態では、第１の電極１８が第１、第２の端面壁２４、２６の内面から離間した位置に配置されているので、第１の実施の形態に比較して第２電極体３２の面積を確保する上でより有利となり、第１の電極１８と、第２の電極２０との間に印加された電圧によって発生する電界を第１の液体１４のより広い面積に作用させることができ、したがって、第１の液体１４に作用する力がより大きなものとなり、第１の液体１４の移動速度の高速化を図る上でより有利となる。

【００２８】

（第３の実施の形態）

次に第３の実施の形態について説明する。

第３の実施の形態は、第１の実施の形態の変形例であり、第１、第２の電極１８、２０の形状が第１の実施の形態と異なっている。

図８は第３の実施の形態における液体移動装置１０の第１の端面壁２４の内面に形成されている第２の電極２０の形状を示す平面図、図９は第２の端面壁２６の内面に形成されている第１、第２の電極１８、２０の形状を示す平面図である。

図８、図９に示すように、第２の電極２０は、第１の端面壁２４の内面と第２の端面壁２６の内面との双方に形成され、第２の電極２０は、仮想軸Ｌの延在方向に沿って分割された複数の第２電極体３２で構成されている。

各第２電極体３２は、同形同大を呈し、互いに等しい間隔をおいて仮想軸Ｌに沿って配置され、第２電極体３２が互いに隣り合う箇所には仮想軸Ｌの延在方向と直交する方向に凹凸部３２１０が延在形成され、隣り合う第２電極体３２は、凹凸部３２１０が互いに係合した状態で配置されている。

また、互いに対向する第１の端面壁２４の第２電極体３２と、第２の端面壁２６の第２電極体３２とは、容器１２の厚さ方向から見ると、それらの輪郭が合致するように位置している。

図９に示すように、第１の電極１８は、第２の端面壁２６上において仮想軸Ｌの延在方向に間隔をおいて配置された複数の第１電極体３８で形成されている。

第３の実施の形態では、各第１の電極体３８は、仮想軸Ｌに沿って延在形成されている共通配線部３８１０によって共通接続されている。

第１、第２の電極１８、２０は、第１の実施の形態と同様に光を透過可能な導電材料で

形成されている。
第１の電極１８の各第１電極体３８は、共通配線部３８１０を介して電圧印加手段２２のグランド端子２２０２に共通接続され、第２電極体３２は配線部３２０２を介して電圧印加手段２２の電圧出力端子２２０４にそれぞれ接続されている。
電圧印加手段２２は、第１の実施の形態と同様に、電圧出力端子２２０４を介して第２電極体３２のそれぞれに選択的に電圧Ｅを印加できるように構成され、電圧印加の箇所を第１、第２の電極１８、２０の延在方向に変えることができるようになっている。
【００２９】
また、図示は省略するが、第１の実施の形態と同様に、収容室３０に臨む第１、第２の端面壁２４、２６の内面およびこの内面に設けられた第２電極体３２上には、絶縁膜が形成されている。
また、第２の端面壁２６の内面に設けられた第１電極体３８の部分には絶縁膜は形成されていない。
したがって、第１の電極１８と第２の電極２０の第２電極体３２との間に電圧が印加されることで絶縁膜の表面に例えばプラス電荷が帯電され、これにより第１の液体１４に電界がかかり、第１の液体１４を構成する分子に電界（静電気力）が作用して第１の液体１４の移動がなされるように構成されている。
【００３０】
また、図示は省略するが、第１の実施の形態と同様に、第１の端面壁２４の内面に設けられた絶縁膜の全域を覆うように光を透過する透明な撥水膜が形成されている。
また、第２の端面壁２６の内面に設けられた絶縁膜の全域および第１の電極１８の全域を覆うように光を透過する透明な撥水膜が形成されている。
【００３１】
第３の実施の形態においても、第１の実施の形態と同様に、電圧印加手段２２により電圧印加の箇所を第１、第２の電極１８、２０の延在方向に変えることによって、第１の液体１４を第１、第２の端面壁２４、２６の双方に接触しつつかつ第１の液体１４が第２の液体１６によって周囲を囲まれた状態で第１の液体１４の全体を仮想軸Ｌに沿って移動される。
したがって、第３の実施の形態においても、第１の実施の形態と同様の効果を奏する。
【００３２】
また、第１の液体１４に電界を作用させるためには、第１の液体１４の大部分が１つの第２電極体３２に位置した状態で、仮想軸Ｌ方向における第１の液体１４の一部が隣の第２電極体３２に臨んでいることが必要となる。第１、第２の実施の形態では、第２電極体３２が矩形状に形成されているため、第２電極体３２の仮想軸Ｌ方向の配置間隔を第１の液体１４の直径よりも小さい寸法とすることが必要である。
これに対して、第３の実施の形態では、隣り合う第２電極体３２の凹凸部３２１０が互いに係合した状態で配置されているため、第２電極体３２の仮想軸Ｌ方向の配置間隔を第１の液体１４の直径と同じ寸法か、直径よりもやや大きな寸法としても、第１の液体１４の大部分が１つの第２電極体３２に位置した状態で、仮想軸Ｌ方向における第１の液体１４の一部が隣の第２電極体３２に臨ませることができ、第２電極体３２の配置間隔を大きくしたい場合に有利となる。
【００３３】
（第４の実施の形態）
次に第４の実施の形態について説明する。
第４の実施の形態は、第１の実施の形態の変形例であり、第２の電極２０の形状が第１の実施の形態と異なっている。
図１０は第４の実施の形態における液体移動装置１０の第１の端面壁２４の内面に形成されている第２の電極２０の形状を示す平面図、図１１は第２の端面壁２６の内面に形成されている第１、第２の電極１８、２０の形状を示す平面図である。
図１０、図１１に示すように、第２の電極２０は、第１の端面壁２４の内面と第２の端

面壁２６の内面との双方に形成され、第２の電極２０は、仮想軸Ｌの延在方向に沿って分割された複数の第２電極体３２で構成されている。

各第２電極体３２は、同形同大を呈し、互いに等しい間隔をおいて仮想軸Ｌに沿って配置されている。

なお、以下では、仮想軸Ｌと直交する幅方向において第１の液体１４が第２電極体３２上を占有する寸法を電極幅W⊥とする。

第２電極体３２は、仮想軸Ｌの延在方向と直交する幅方向に沿って少なくとも３つに分割された複数の電極体で構成され、第４の実施の形態では、第２電極体３２は３つに分割された電極体４００２、４００４、４００６で構成されている。

図１０、図１１に示すように、複数の電極体４００２、４００４、４００６のうち第１の端面壁２４の仮想軸Ｌと直交する幅方向の両側に配置される各電極体４００２、４００６、および、第２の端面壁２６の仮想軸Ｌと直交する幅方向の両側に配置される各電極体４００２、４００６は、第１の液体１４の両側箇所に接触可能な箇所に配置されている。

また、互いに対向する第１の端面壁２４の第２電極体３２と、第２の端面壁２６の第２電極体３２とは、容器１２の厚さ方向から見ると、それらの輪郭が合致するように位置している。

また、互いに対向する第１の端面壁２４の電極体４００２、４００４、４００６と、第２の端面壁２６の電極体４００２、４００４、４００６とは、容器１２の厚さ方向から見ると、それらの輪郭が合致するように位置している。

図１１に示すように、第１の電極１８は、第２の端面壁２６に（第２の端面壁２６が収容室３０に臨む内面に）仮想軸Ｌに沿って線状（直線状）に延在形成されている。

また、第２の端面壁２６に配置された電極体４００２、４００４、４００６は、図１１に示すように、第１の電極１８を挟んで前記幅方向の一方に１つの電極体４００２が、前記幅方向の他方に２つの電極体４００４、４００６が分離されて配置されている。

また、図１０、図１１において、符号４０１０は各電極体４００２、４００４、４００６から延出された配線部である。

第１の電極１８は、電圧印加手段２２のグランド端子２２０２に接続され、第２電極体３２の各電極体４００２、４００４、４００６は、各配線部４０１０を介して電圧印加手段２２に接続されている。

本実施の形態では、電圧印加手段２２は、配線部４０１０毎に設けられたスイッチ４２を選択的にオン、オフすることで、スイッチ４２を介して電極体４００２、４００４、４００６のそれぞれに選択的に電圧Ｅを印加できるように構成され、電圧印加の箇所を第１、第２の電極１８、２０の延在方向に変えることができるようになっている。

また、第１、第２の電極１８、２０は、第１の実施の形態と同様に光を透過可能な導電材料で形成されている。

【００３４】

また、図示は省略するが、第１の実施の形態と同様に、収容室３０に臨む第１、第２の端面壁２４、２６の内面およびこの内面に設けられた第２電極体３２上には、第１の実施の形態と同様に絶縁膜が形成されている。

また、第２の端面壁２６の内面に設けられた第１電極体３８の部分には絶縁膜は形成されていない。

したがって、第１の電極１８と第２の電極２０の第２電極体３２との間に電圧が印加されることで絶縁膜の表面に例えばプラス電荷が帯電され、これにより第１の液体１４に電界がかかり、第１の液体１４を構成する分子に電界（静電気力）が作用して第１の液体１４の移動がなされるように構成されている。

また、図示は省略するが、第１の実施の形態と同様に、第１の端面壁２４の内面に設けられた絶縁膜の全域を覆うように光を透過する透明な撥水膜が形成されている。

また、第２の端面壁２６の内面に設けられた絶縁膜の全域および第１の電極１８の全域を覆うように光を透過する透明な撥水膜が形成されている。

【００３５】

次に、液体移動装置１０の動作について説明する。
図１２、図１３、図１４は液体移動装置１０の動作を説明する説明図である。
なお、説明の便宜上、スイッチ４２のうち、オン状態にあるスイッチ４２の回りを円で囲んで表示する。
また、以下では、第２の端面壁２６の電極体４００２、４００４、４００６に対する電圧Ｅの印加動作について説明するが、第１の端面壁２４の電極体４００２、４００４、４００６に対する電圧Ｅの印加動作も同様であるため説明を省略する。
まず、初期状態では、図１１に示すように、第１の液体１４が仮想軸Ｌの延在方向に並べられた３つの第２の電極２０のうち、中央の第２の電極２０上に位置している。
この際、第１の液体１４が位置している第２の電極２０のうち、中央の電極体４００４に対応するスイッチ４２のみがオン状態となっており、電極体４００４に電圧Ｅが印加され、これにより、第１の液体１４には電極体４００４と第１の電極１８の間に形成される電界が作用しており、したがって、第１の液体１４は、その形状が円形となり中央の第２の電極２０上に位置した状態が保持される。

【００３６】
次に、図１２に示すように、電極体４００４に対応するスイッチ４２に加えて、電極体４００４の両側の電極体４００２、４００６に対応する２つのスイッチ４２もオン状態とする。
これにより、３つの電極体４００２、４００４、４００６の全てに電圧Ｅが印加されることにより、第１の液体１４には電極体４００４と第１の電極１８の間に形成される電界に加えて、電極体４００２、４００６と第１の電極１８の間に形成される電界が作用するため、第１の液体１４に仮想軸Ｌと直交する方向に力が加わり、第１の液体１４の形状は、円形から仮想軸Ｌと直交する方向に延在する長円となる。

【００３７】
次に、図１３に示すように、中央の第２の電極２０の３つの電極体４００２、４００４、４００６に対応するスイッチ４２の全てをオフにすると同時に、隣の第２の電極２０の３つの電極体４００２、４００４、４００６に対応するスイッチ４２の全てをオンにする。
すると、隣の第２の電極２０の３つの電極体４００２、４００４、４００６の全てに電圧Ｅが印加されることにより、３つの電極体４００２、４００４、４００６と第１の電極１８の間に形成される電界が作用するため、第１の液体１４に仮想軸Ｌと直交する方向に力が加わり、第１の液体１４は、その形状が仮想軸Ｌと直交する方向に延在する長円となった状態を維持しつつ、中央の第２の電極２０から隣の第２の電極２０に向かって移動する。

【００３８】
次に、図１４に示すように、隣の第２の電極２０の３つの電極体４００２、４００４、４００６に対応するスイッチ４２のうち、電極体４００４に対応するスイッチ４２のみをオンとし、残りの２つの電極体４００２、４００６に対応するスイッチ４２をオフにする。
すると、電極体４００４に電圧Ｅが印加され、これにより、第１の液体１４には電極体４００４と第１の電極１８の間に形成される電界のみが作用しており、したがって、第１の液体１４はその形状が長円から円形となり、隣の第２の電極２０上に位置した状態が保持される。

【００３９】
第４の実施の形態によれば第１の実施の形態と同様の効果を奏することは無論のこと、第１の液体１４がある第２の電極２０から隣の第２の電極２０に移動する際に、それぞれの第２の電極２０の３つの電極体４００２、４００４、４００６の全てに電圧Ｅが印加されることにより、第１の液体１４の形状が円形から仮想軸Ｌと直交する方向に延在する長円となり、仮想軸Ｌと直交する幅方向において第１の液体１４が第２電極体３２上を占有する電極幅$W_{\perp}$が増大した状態となる。

ここで、前述した式（１）に示すように、第１の液体１４が受ける力Ｆｗは電極幅W⊥に比例するため、第１の液体１４に作用する力が増大することになり、したがって、第１の液体１４に作用する力がより大きなものとなり、第１の液体１４の移動速度の高速化を図る上でより有利となる。

【００４０】

（第５の実施の形態）

次に第５の実施の形態について説明する。

第５の実施の形態は第１の実施の形態の変形例であり、第１の実施の形態では、第１の液体１４の透過率が第２の液体１６の透過率よりも低くなるように形成されているのに対して、第５の実施の形態では、第２の液体１６の透過率が第１の液体１４の透過率よりも低くなるように形成されている点が第１の実施の形態と異なっており、その他は第１の実施の形態と同様である。

図１５は第５の実施の形態の液体移動装置１０の構成を示す説明図である。

図１５に示すように、第１の液体１４は、透明で有極性または導電性を有し収容室３０に封入されている。

第２の液体１６は、第１の液体１４と互いに混合しないものであり収容室３０に封入されている。

また、第１の液体１４と第２の液体１６は実質的に等しい比重を有しかつ第２の液体１６の透過率は第１の液体１４の透過率よりも低くなるように形成されている。

本実施の形態では、第２の液体１６は透明なシリコンオイルで構成され、表面が親油性に処理された着色剤を第２の液体１６に分散させることで第２の液体１６の透過率を第１の液体１４の透過率よりも低くなるように形成している。

【００４１】

第１の液体１４が距離L[m]だけ移動するのに要する時間Tを前述した式（１）から計算すると、式（３）となる。

$$T = (1/V)\ (2LMt/\varepsilon_0\varepsilon_r W\perp)1/2[sec] \qquad (3)$$

例えば、移動距離L=1[mm]、第１の液体１４の質量M=0.5[mg]、絶縁膜の厚みを1[μm]、絶縁膜の比誘電率εrを3、仮想軸Ｌと直交する幅方向において第１の液体１４が第２電極体３２上を占有する寸法を電極幅W⊥を第１の液体１４の直径とし、その直径を1[mm]とすると、式（３）からT = 194/V [msec]となる。

例えば、印加電圧が100[V]であるならば、第１の液体１４は、約1.9[msec]で移動する。

高い誘電率をもつ絶縁膜を用いれば、更に低電圧化が可能となる。

実際には、第１の液体１４が移動する際に第２の液体１６から受ける粘性抵抗や第１の液体１４と第１の液体１４と接する撥水膜との摩擦等も影響するため、1.9[msec]より遅くなるが、撥水性のよい撥水膜、低粘度の第２の液体１６、例えば、低粘度のシリコーンオイルを用いることによって、これを緩和することができる。

【００４２】

第５の実施の形態においても第１の実施の形態と同様の効果を奏することができる。

また、第５の実施の形態の液体移動装置１０も、第１の実施の形態と同様に、例えば、図５に示す撮像装置１００のシャッターとして使用することができる。

液体移動装置１０は、フィルタ群１１４と撮像素子１０２の間に配置され、仮想軸Ｌを撮影光学系１０４の光軸Ｇと直交する平面と平行させた状態で、第１の液体１４が移動することにより、第１の液体１４が光軸Ｇ上に位置することで撮像素子１０２に光束を導き、第１の液体１４が光軸Ｇから外れることで第２の液体１６が撮像素子１０２に導かれる光束を遮断することができる。

したがって、第５の実施の形態においても、液体移動装置１０において、第１の液体１４の移動により光束が遮られると、撮像面１０２Ａに照射される時間、すなわち、撮像素子１０２の露光時間を制御することができる。

なお、第１の液体１４を仮想軸Ｌの延在方向に沿って往復させて開口時間を制御するこ

とも可能である。

【００４３】

（第６の実施の形態）

次に第６の実施の形態について説明する。

第６の実施の形態は、第１の実施の形態の変形例であり、透過率が互いに異なる第１の液体１４を複数用いることで、ＮＤフィルター（Neutral Density Filter）の機能を実現するようにしてものである。

図１６は第６の実施の形態の液体移動装置１０の説明図である。

図１６に示すように、４種類の第１の液体１４０２、１４０４、１４０６、１４０８は、有極性または導電性を有し収容室３０に封入されている。

第２の液体１６は透明であり、４種類の第１の液体１４０２、１４０４、１４０６、１４０８と互いに混合しないものであり収容室３０に封入されている。

また、４種類の第１の液体１４０２、１４０４、１４０６、１４０８と第２の液体１６は実質的に等しい比重を有している。

また、４種類の第１の液体１４０２、１４０４、１４０６、１４０８の透過率をそれぞれＴ１、Ｔ２、Ｔ３、Ｔ４としたとき、透過率Ｔ１、Ｔ２、Ｔ３、Ｔ４は第２の液体１６の透過率よりも低くなるように、かつ、Ｔ１＜Ｔ２＜Ｔ３＜Ｔ４となるように形成されている。

第２の電極２０は、第１、第２の端面壁２４、２６に、互いに同形同大の矩形状を呈する５つの第２電極体３２０２、３２０４、３２０６、３２０８、３２１０で構成されている。

また、互いに対向する第１の端面壁２４の第２電極体３２０２、３２０４、３２０６、３２０８、３２１０と、第２の端面壁２６の第２電極体３２０２、３２０４、３２０６、３２０８、３２１０とは、容器１２の厚さ方向から見ると、それらの輪郭が合致するように位置している。

本実施の形態では、１つの第２電極体３２１０の４辺に隣接して４つの第２電極体３２０２、３２０４、３２０６、３２０８が配置されている。

また、第１の電極１８は、第２の端面壁２６に、中央の第２電極体３２１０を４分割するように、かつ、残りの４つの第２電極体３２０２、３２０４、３２０６、３２０８をそれぞれ２分割するように線状に延在形成されている。

第１の液体１４０２、１４０４、１４０６、１４０８は、第２電極体３２０２、３２０４、３２０６、３２０８上に位置するように配置されている。

そして、不図示の電圧印加手段により第２電極体３２０２、３２０４、３２０６、３２０８、３２１０に選択的に電圧Ｅが印加されることにより、第１の液体１４０２、１４０４、１４０６、１４０８が選択的に第２電極体３２１０上に移動されるように構成されている。

【００４４】

第６の実施の形態によれば、第１の実施の形態と同様の効果を奏することは無論のこと、中央の第２電極体３２１０が撮像装置の撮影光学系の光路上に位置するように配置することにより、透過率の異なる複数の第１の液体１４０２、１４０４、１４０６、１４０８を前記光路上に出し入れすることで、ＮＤフィルターの機能を実現することができる。

【００４５】

（第７の実施の形態）

次に第７の実施の形態について説明する。

第７の実施の形態は、第１の実施の形態の変形例であり、第２の電極２０を第１の液体１４の直径に比較してより小さい寸法に分割した点が第１の実施の形態と異なっており、その他は第１の実施の形態と同様である。

図１７は第７の実施の形態において第２の端面壁２６の内面に形成されている第１、第２の電極１８、２０の形状を示す平面図である。

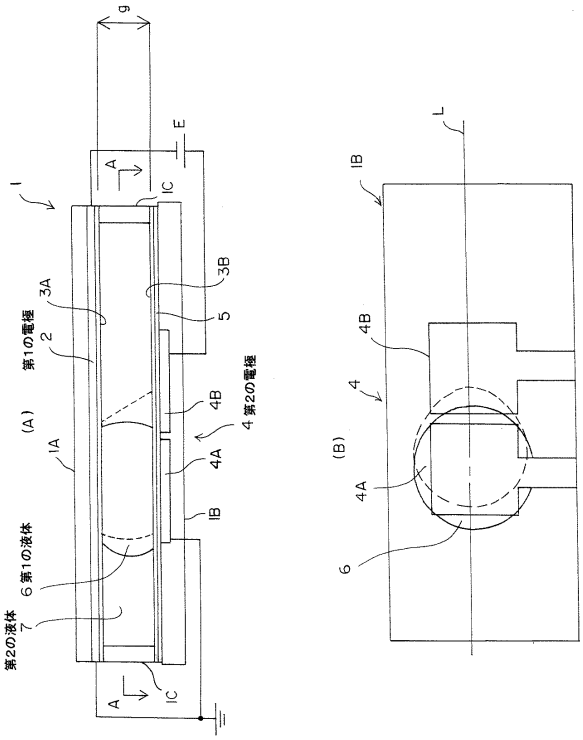
図１７に示すように、第２の電極２０を構成する複数の第２電極体３２の仮想軸Ｌの延

在方向における寸法を電極幅W〃とすると、電極幅W〃は第１の液体１４の直径より小さく、本例では第１の液体１４の直径の１／４以下となっている。
したがって、第７の実施の形態によれば、第１の実施の形態と同様の効果を奏することができることは無論のこと、第１の液体１４の移動量を第１の実施の形態に比較してより小刻みに移動させる上で有利となる。
【００４６】
このように、第１の液体１４を小刻みに移動させることにより、次に説明するように、液体移動装置１０をアイリスとして機能させることができる。
図１８（Ａ）は第７の実施の形態を用いて液体移動装置１０をアイリスとして機能させる場合の原理を示す図、（Ｂ）は（Ａ）の断面図である。
図１８（Ａ）、（Ｂ）に示すように、互いの仮想軸Ｌが平行するように２つの液体移動装置１０を容器１２の厚さ方向に重ね合わせて固定する。
また、第５の実施の形態と同様に、第１の液体１４と第２の液体１６は実質的に等しい比重を有しかつ第２の液体１６の透過率は第１の液体１４の透過率よりも低くなるように形成されている。
このような構成によれば、２つの液体移動装置１０の第２電極体３２に対して電圧Ｅを印加して第１の液体１４をそれぞれ仮想軸Ｌの延在方向に小刻みに移動させることにより、図１８（Ｂ）に示すように、第１の液体１４が重なる領域の面積を増減することにより、入射光の光量を小刻みに調整することができ、光量を段階的に絞るアイリスとして機能させることができる。
【図面の簡単な説明】
【００４７】
【図１】（Ａ）は液体移動の原理を説明する断面図、（Ｂ）は（Ａ）のＡＡ線矢視図である。
【図２】（Ａ）は液体移動装置１０の構成を示す縦断面図、（Ｂ）は（Ａ）のＡＡ線断面図である。
【図３】（Ａ）は図２（Ａ）のＣ矢視図、（Ｂ）は図２（Ａ）のＤＤ線矢視図である。
【図４】（Ａ）は液体移動装置１０の断面図、（Ｂ）は（Ａ）のＤＤ線矢視図である。
【図５】液体移動装置１０を撮像装置の撮影光学系に適用した例を示す構成図である。
【図６】（Ａ）は第２の実施の形態における液体移動装置１０の構成を示す縦断面図、（Ｂ）は（Ａ）のＡＡ線断面図である。
【図７】（Ａ）は図６（Ａ）のＣ矢視図、（Ｂ）は図６（Ａ）のＤＤ線矢視図である。
【図８】第３の実施の形態における液体移動装置１０の第１の端面壁２４の内面に形成されている第２の電極２０の形状を示す平面図である。
【図９】第２の端面壁２６の内面に形成されている第１、第２の電極１８、２０の形状を示す平面図である。
【図１０】第４の実施の形態における液体移動装置１０の第１の端面壁２４の内面に形成されている第２の電極２０の形状を示す平面図である。
【図１１】第２の端面壁２６の内面に形成されている第１、第２の電極１８、２０の形状を示す平面図である。
【図１２】液体移動装置１０の動作を説明する説明図である。
【図１３】液体移動装置１０の動作を説明する説明図である。
【図１４】液体移動装置１０の動作を説明する説明図である。
【図１５】第５の実施の形態の液体移動装置１０の構成を示す説明図である。
【図１６】第６の実施の形態の液体移動装置１０の説明図である。
【図１７】第７の実施の形態において第２の端面壁２６の内面に形成されている第１、第２の電極１８、２０の形状を示す平面図である。
【図１８】（Ａ）は第７の実施の形態を用いて液体移動装置１０をアイリスとして機能させる場合の原理を示す図、（Ｂ）は（Ａ）の断面図である。
【符号の説明】

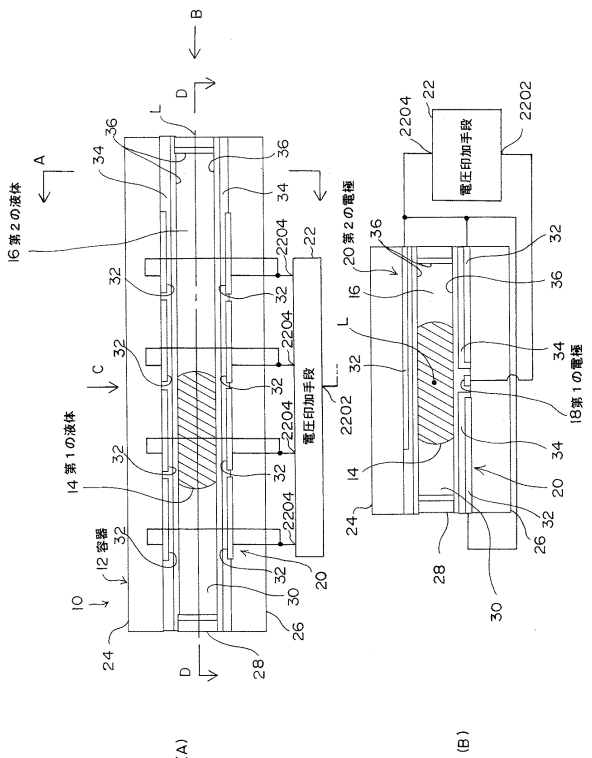
【００４８】

１０……光学素子、１２……容器、１４……第１の液体、１６……第２の液体、１８……第１の電極、２０……第２の電極、２２……電圧印加手段、２４……第１の端面壁、２６……第２の端面壁、２８……側面壁、３０……収容室、３２……第２電極体、Ｌ……仮想軸。

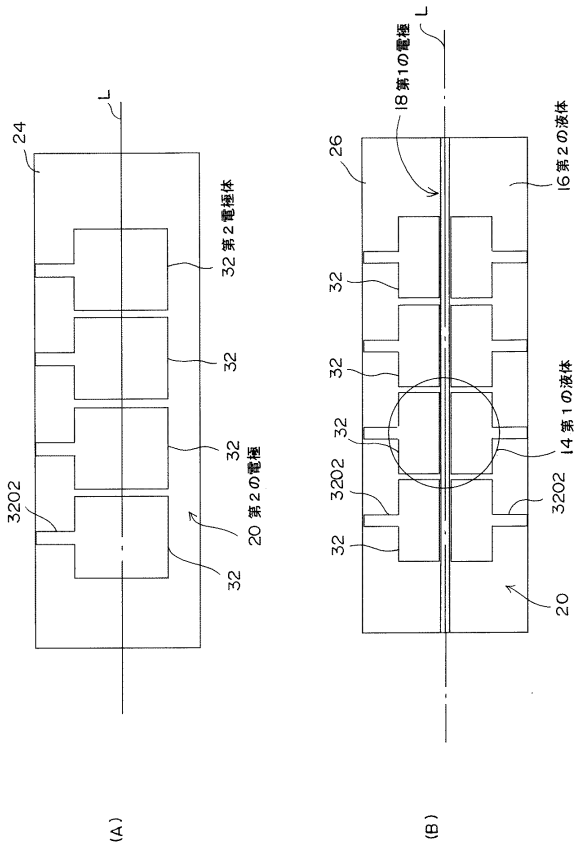
【図１】



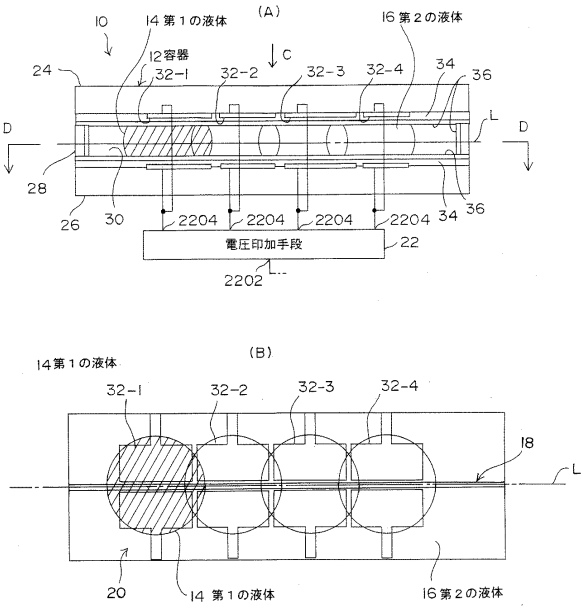
【図２】



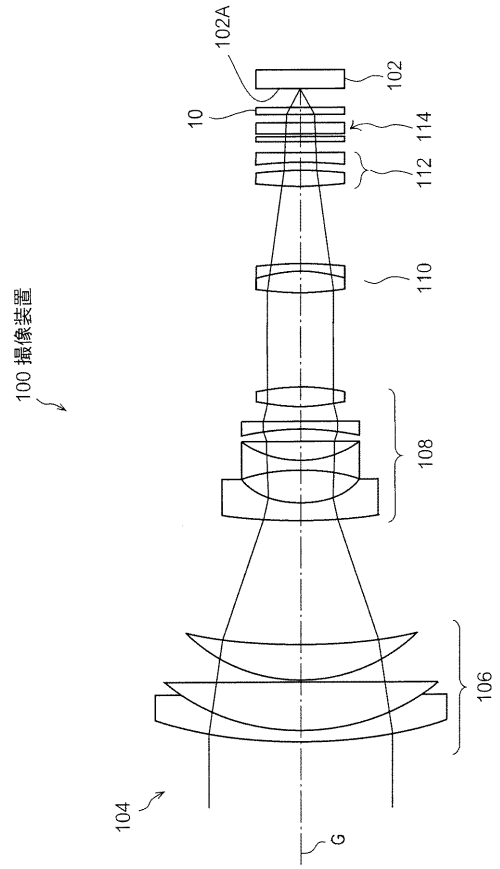
【図３】


(A)
(B)
L
24
32 第２の電極体
32
20 第２の電極
3202
18 第１の電極
16 第２の液体
14 第１の液体
26
20

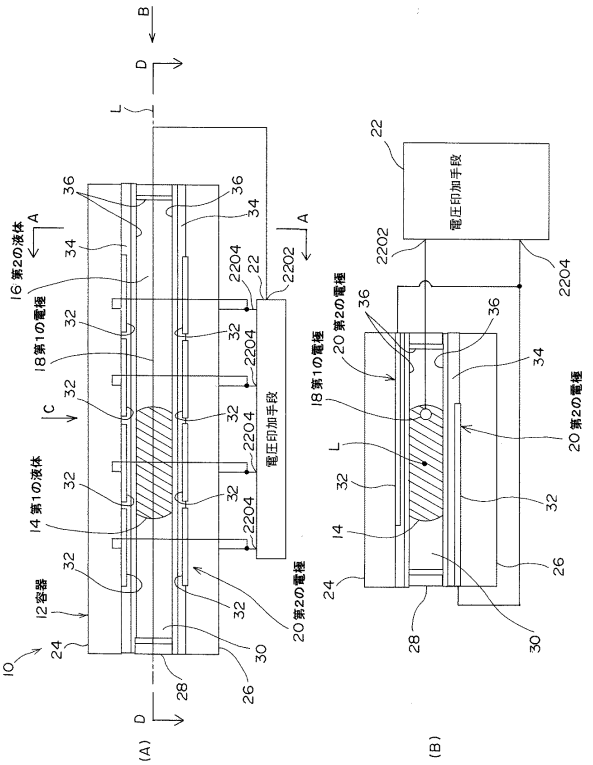
【図４】


(A)
(B)
10
14 第１の液体
16 第２の液体
12 容器
32-1
32-2
32-3
32-4
34
36
C
D
L
24
28
26
30
2204
電圧印加手段
22
2202
18
20

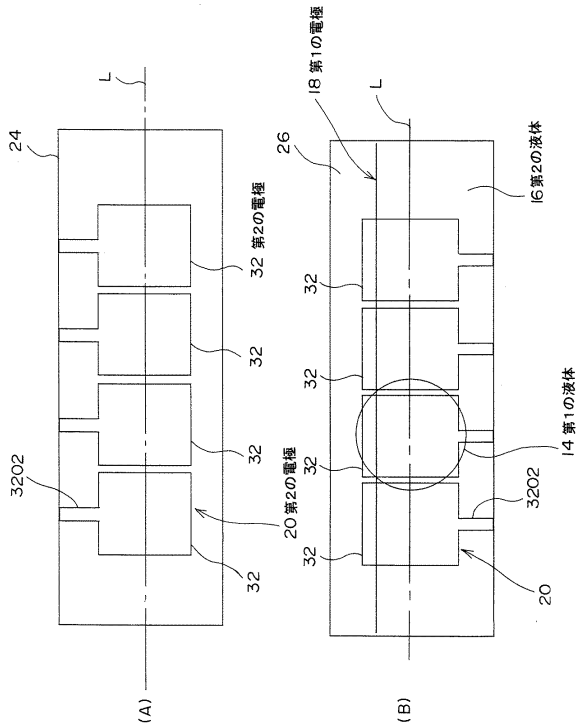
【図５】


100 撮像装置
102A
102
10
114
112
110
108
106
104
G

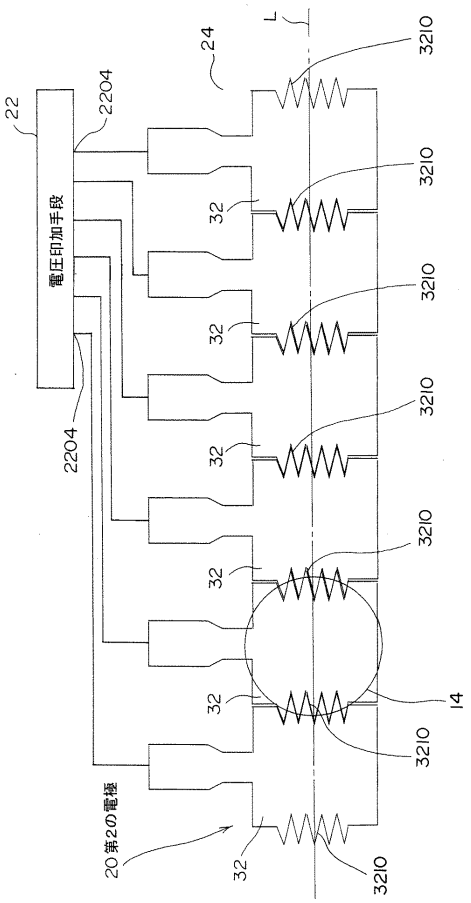
【図６】


(A)
(B)
B
D
L
A
C
16 第２の液体
18 第１の電極
14 第１の液体
12 容器
10
20 第２の電極
電圧印加手段
22
2202
2204
32
34
36
24
26
28
30

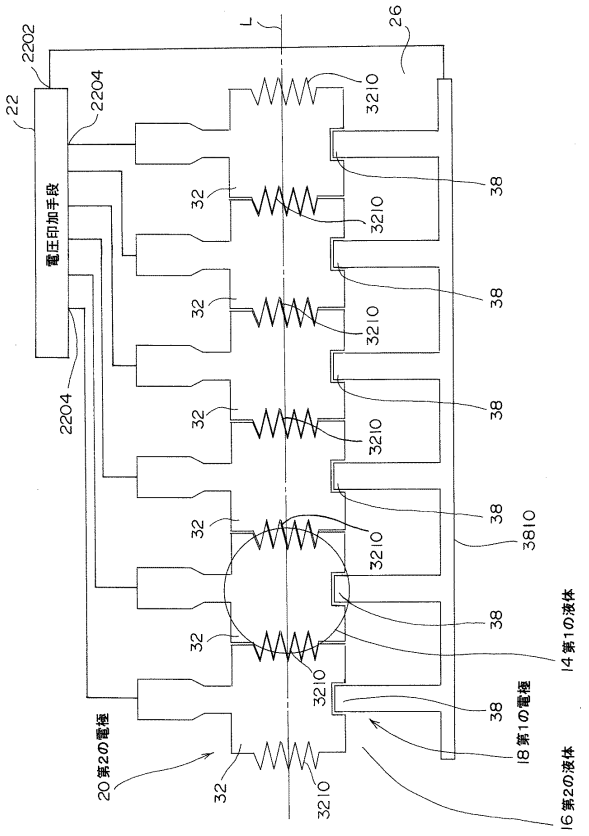
【図７】


(A)
(B)
24
L
32
3202
20 第2の電極
18 第1の電極
26
16 第2の液体
14 第1の液体
20

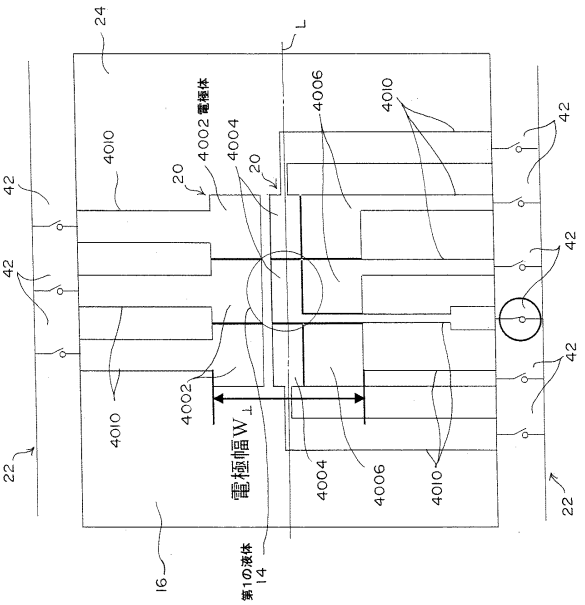
【図８】


22
2204
電圧印加手段
24
L
32
3210
14
20 第2の電極

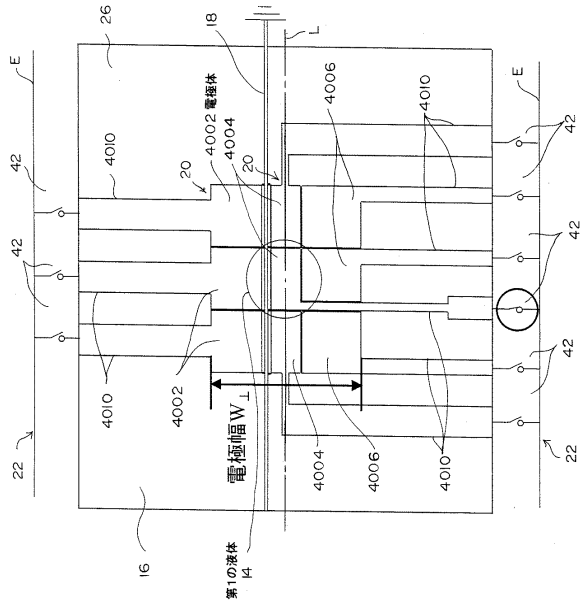
【図９】


22
2202
2204
電圧印加手段
L
26
32
3210
38
3810
14 第1の液体
18 第1の電極
16 第2の液体
20 第2の電極

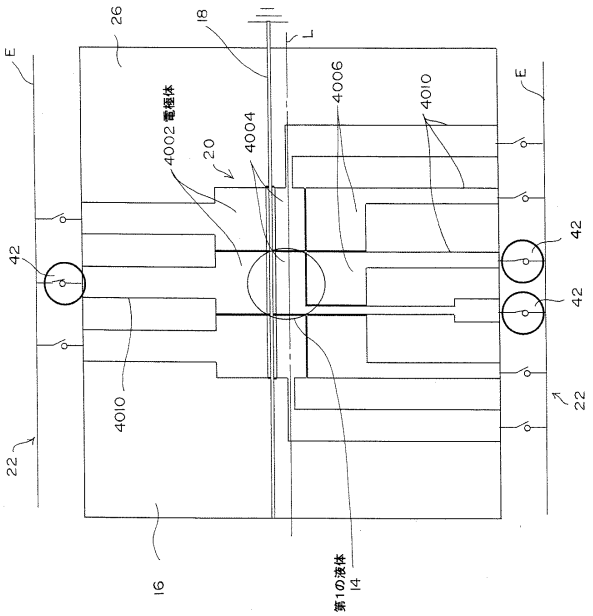
【図１０】


24
L
22
42
4010
4002 電極体
4004
4006
20
電極幅 W⊥
16
第1の液体
14

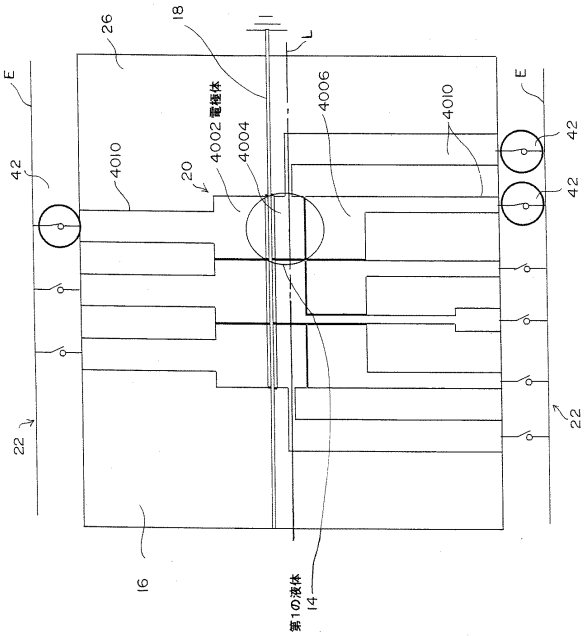
【図１１】



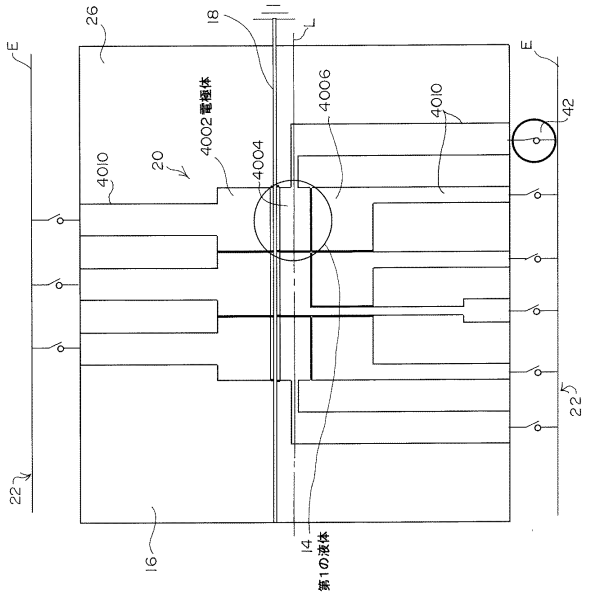
【図１２】



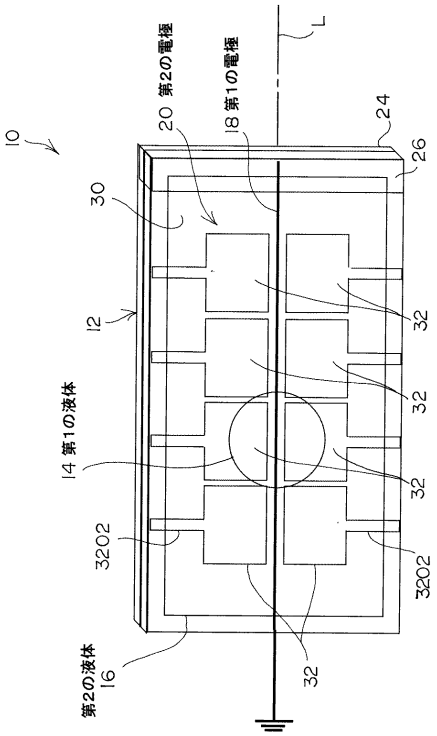
【図１３】



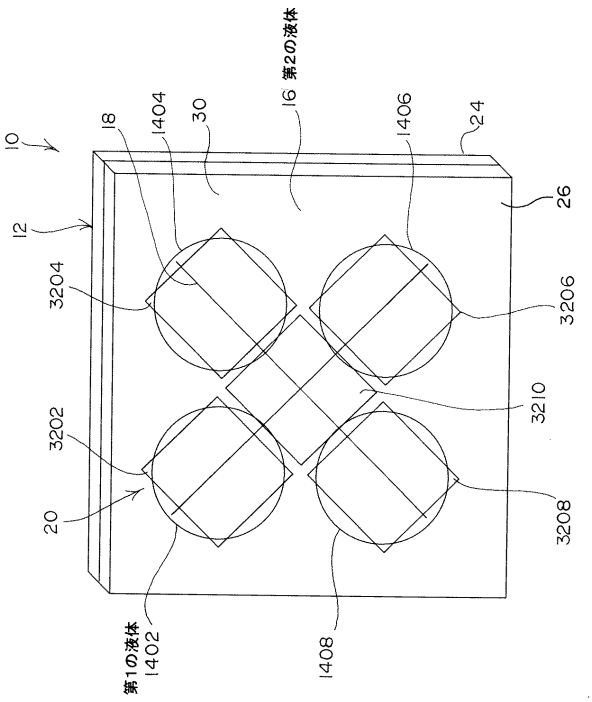
【図１４】



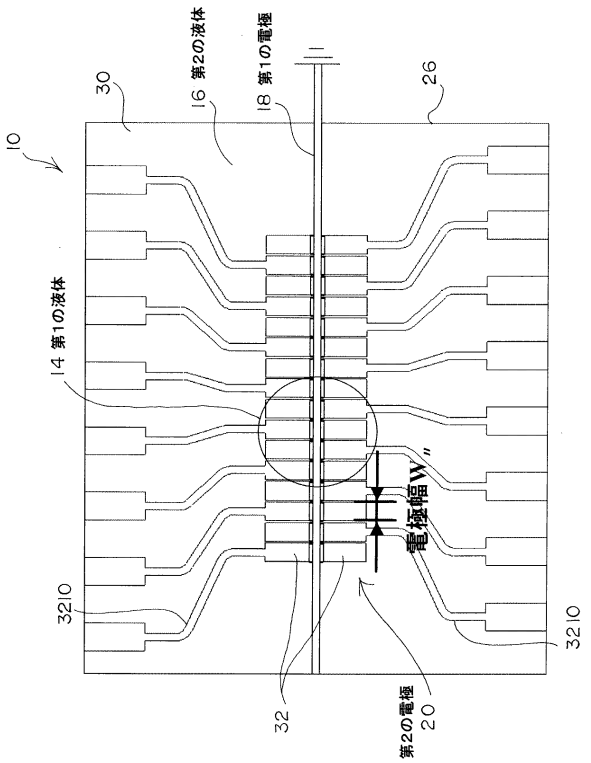
【図１５】



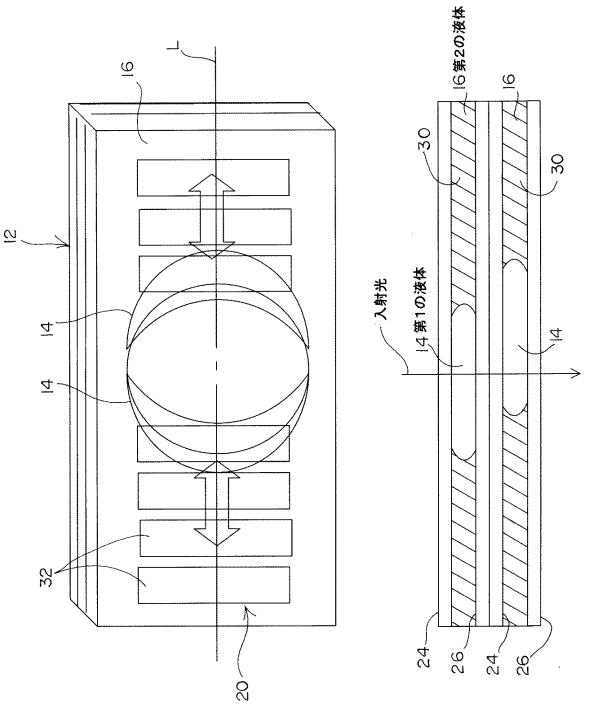
【図１６】



【図１７】



【図１８】



フロントページの続き

(72)発明者　田中　和洋
東京都品川区北品川６丁目７番３５号　ソニー株式会社内

審査官　服部　俊樹

(56)参考文献　特開昭５９－２０４８２６（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－３３６８９８（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－３２５９０９（ＪＰ，Ａ）
特開昭５９－２０６８６８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０２Ｋ　４４／０２
Ｇ０３Ｂ　９／０８