

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
F15B 21/06

識別記号

F I  
F15B 21/06

テ-マコード (参考)  
3H082

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全15頁)

(21)出願番号 特願2001 - 305581( P 2001 - 305581)

(22)出願日 平成13年10月1日(2001.10.1)

(71)出願人 597154966  
学校法人高知工科大学  
高知県香美郡土佐山田町宮ノ口185番地

(72)発明者 蝶野 成臣  
高知県香美郡土佐山田町宮ノ口185番地  
学校法人 高知工科大学内

(72)発明者 辻 知宏  
高知県香美郡土佐山田町宮ノ口185番地  
学校法人 高知工科大学内

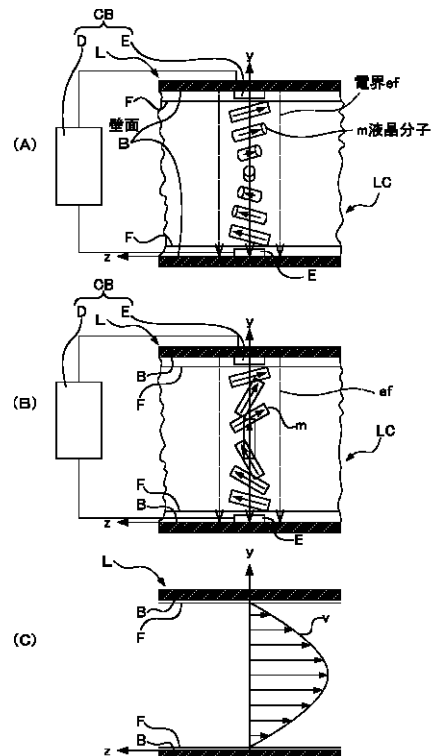
(74)代理人 100089222  
弁理士 山内 康伸  
Fターム(参考) 3H082 AA30 CC05 DD12 DE04

(54)【発明の名称】液晶流動形成機構、液晶流動形成方法および液晶流動を用いた物体移動機構

(57)【要約】

【課題】工業的に利用可能な液晶流動を形成することができる液晶流動形成機構および液晶流動形成方法、および液晶流動を利用した物体移動機構を提供する。

【解決手段】流路Lと、流路Lの壁面Bに沿って移動可能に設けられた液晶LCと、液晶LCの液晶分子mを、流路Lの壁面Bと交わる面内で回転させる液晶分子回転手段とからなり、液晶LCの液晶分子mが回転したときに発生する液晶流動を利用する。液晶分子回転手段CBによって流路Lの壁面Bと交わる面内で液晶分子mを回転させれば、壁面Bに沿って、流量が0とならない液晶流動を発生させることができるので、この液晶流動を、物体を移動させる装置やセンサ、アクチュエータなどに容易に利用することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】流路と、該流路の壁面に沿って移動可能に設けられた液晶と、該液晶の液晶分子を、前記流路の壁面と交わる面内で回転させる液晶分子回転手段とからなり、前記液晶の液晶分子が回転したときに発生する液晶流動を利用することを特徴とする液晶流動形成機構。

【請求項 2】前記液晶が、前記流路の壁面と交差する軸周りにツイストされたことを特徴とする請求項 1 記載の液晶流動形成機構。

【請求項 3】前記流路が、対向する一対の壁面を有しており、該流路の一対の壁面間に、前記液晶が入れられており、前記流路の一対の壁面間において、前記液晶がツイストされていることを特徴とする請求項 1 記載の液晶流動形成機構。

【請求項 4】前記液晶分子が、前記流路の壁面に対してチルトしていることを特徴とする請求項 1、2 または 3 記載の液晶流動形成機構。

【請求項 5】前記液晶分子回転手段が、前記液晶に、電界または磁界を加えるための配向装置を備えたことを特徴とする請求項 1、2、3 または 4 記載の液晶流動形成機構。

【請求項 6】前記液晶分子回転手段が、前記液晶に電界または磁界を加えるタイミングおよび前記液晶に加える電界または磁界の大きさを制御する制御装置を備えており、該制御装置が、前記液晶に電界または磁界を断続的に加えることを特徴とする請求項 1、2、3、4 または 5 記載の液晶流動形成機構。

【請求項 7】互いに対向する壁面を有し、前記壁面を対向させた状態で、相対的に移動可能な一対の部材と、該一対の部材の対向する壁面間に、該対向する壁面に沿って移動可能に入れられた液晶と、前記液晶の液晶分子を、前記一対の部材の対向する壁面のうち、一方の壁面と交わる面内で回転させる液晶分子回転手段とからなることを特徴とする物体移動機構。

【請求項 8】中空な空間を有する外側部材と、該外側部材の中空な空間の内部に、前記外側部材に対して回転自在に配設された内側軸と、前記外側部材の内面と、前記内側軸の外面との間に入れられた液晶と、前記液晶の液晶分子を、前記内側軸の外表面または前記外側部材の内面のいずれか一方と交わる面内で回転させる液晶分子回転手段とからなることを特徴とする物体移動機構。

【請求項 9】中空な空間を有する外側部材と、該外側部材の中空な空間の内部に収容され、前記外側部材の中空な空間を分割する内側部材と、前記外側部材の中空な空間に入れられ、前記外側部材の内面と交差する軸周りにツイストされた液晶と、前記液晶の液晶分子を、前記外側部材の内面と交わる面内で回転させる液晶分子回転手段とからなり、前記内側部材が、前記外側部材の内面に沿って移動可能であり、前記液晶の液晶分子における、前記内側部材から遠い側の端部が、前記外側部材の内面

に対してチルトしていることを特徴とする物体移動機構。

【請求項 10】前記液晶分子回転手段が、前記液晶に、電界または磁界を加えるための配向装置を備えたことを特徴とする請求項 7、8 または 9 記載の液晶流動形成機構。

【請求項 11】前記液晶分子回転手段が、前記液晶に電界または磁界を加えるタイミングおよび前記液晶に加える電界または磁界の大きさを制御する制御装置を備えており、該制御装置が、前記液晶に電界または磁界を断続的に加えることを特徴とする請求項 7、8、9 または 10 記載の液晶流動形成機構。

【請求項 12】液晶を、流路内に、その壁面と交差する軸周りにツイストして配置し、液晶分子回転手段によって、前記液晶の液晶分子を、前記流路の壁面と交わる面内で回転させることを特徴とする液晶流動形成方法。

【請求項 13】前記液晶分子回転手段が、前記液晶に電界または磁界を加えるタイミングおよび前記液晶に加える電界または磁界の大きさを制御する制御装置を備えており、該制御装置によって、前記液晶に電界または磁界を断続的に加えることを特徴とする請求項 12 記載の液晶流動形成方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶流動を用いた物体移動機構および液晶流動形成方法に関する。液晶とは、流動性はあるが、光学的には異方性で、複屈折を示し、結晶のような性質をもつ状態又はそのような状態を示す物質をいう。この液晶に対して電界や磁界を加えると、全ての液晶分子は、その重心回りに同じ方向に回転し、その軸方向が電界や磁界の方向に対して液晶固有の角度に配向する。本発明は、かかる液晶の性質を利用した液晶流動を用いた物体移動機構、液晶流動形成機構および液晶流動形成方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来から液晶は、液晶分子が配向することによってその光学的性質が変化するため、この性質を利用して液晶ディスプレイ等の情報表示装置に使用されている。また、液晶は、電界や磁界を加えて液晶分子の配向方向を変化させると液晶自体の粘性が変化する、つまり電気粘性流体としての性質も有している。このため、電気粘性流体としての性質を利用した軸受やダンパー等が開発されている。

## 【発明が解決しようとする課題】

【0003】一方、液晶分子が配向するとき、液晶流動が発生することが知られている。例えば、図 9 に示すように、一対の固定平行板 P、P 間に液晶を入れて、その液晶分子 m を、その軸方向が一対の固定平行板 P、P と平行になるように配列する。そして、この液晶に、一対の固定平行板 P、P と垂直な電界を加えれば、液晶分

子mが回転し、この液晶分子mの回転に起因する液晶流動が発生する。つまり、液晶を用いることによって、電気エネルギーを運動エネルギーに変換することができるのである。しかし、この液晶分子mの運動エネルギー、つまり液晶流動を工業的に利用することを考えた者は未だおらず、当然のごとくこの液晶流動を積極的に利用する方法や装置は存在していない。

【0004】本発明はかかる事情に鑑み、工業的に利用可能な液晶流動を形成することができる液晶流動形成機構および液晶流動形成方法、および液晶流動を利用した物体移動機構を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】請求項1の液晶流動形成機構は、流路と、該流路の壁面に沿って移動可能に設けられた液晶と、該液晶の液晶分子を、前記流路の壁面と交わる面内で回転させる液晶分子回転手段とからなり、前記液晶の液晶分子が回転したときに発生する液晶流動を利用することを特徴とする。請求項2の液晶流動形成機構は、前記液晶が、前記流路の壁面と交差する軸周りにツイストされたことを特徴とする。請求項3の液晶流動形成機構は、請求項1記載の発明において、前記流路が、対向する一対の壁面を有しており、該流路の一対の壁面間に、前記液晶が入れられており、前記流路の一対の壁面間において、前記液晶がツイストされていることを特徴とする。請求項4の液晶流動形成機構は、請求項1、2または3記載の発明において、前記液晶分子が、前記流路の壁面に対してチルトしていることを特徴とする。請求項5の液晶流動形成機構は、請求項1、2、3または4記載の発明において、前記液晶分子回転手段が、前記液晶に、電界または磁界を加えるための配向装置を備えたことを特徴とする。請求項6の液晶流動形成機構は、請求項1、2、3、4または5記載の発明において、前記液晶分子回転手段が、前記液晶に電界または磁界を加えるタイミングを制御する制御装置を備えており、該制御装置が、前記液晶に電界または磁界を断続的に加えることを特徴とする。請求項7の物体移動機構は、互いに対向する壁面を有し、前記壁面を対向させた状態で、相対的に移動可能な一対の部材と、該一対の部材の対向する壁面間に、該対向する壁面に沿って移動可能に入れられた液晶と、前記液晶の液晶分子を、前記一対の部材の対向する壁面のうち、一方の壁面と交わる面内で回転させる液晶分子回転手段とからなることを特徴とする。請求項8の物体移動機構は、中空な空間を有する外側部材と、該外側部材の中空な空間の内部に、前記外側部材に対して回転自在に配設された内側軸と、前記外側部材の内面と、前記内側軸の外面との間に入れられた液晶と、前記液晶の液晶分子を、前記内側軸の外面または前記外側部材の内面のいずれか一方と交わる面内で回転させる液晶分子回転手段とからなることを特徴とする。請求項9の物体移動機構は、中空な空間を有する外

側部材と、該外側部材の中空な空間の内部に收容され、前記外側部材の中空な空間を分割する内側部材と、前記外側部材の中空な空間に入れられ、前記外側部材の内面と交差する軸周りにツイストされた液晶と、前記液晶の液晶分子を、前記外側部材の内面と交わる面内で回転させる液晶分子回転手段とからなり、前記内側部材が、前記外側部材の内面に沿って移動可能であり、前記液晶の液晶分子における、前記内側部材から遠い側の端部が、前記外側部材の内面に対してチルトしていることを特徴とする。請求項10の物体移動機構は、請求項7、8または9記載の発明において、前記液晶分子回転手段が、前記液晶に、電界または磁界を加えるための配向装置を備えたことを特徴とする。請求項11の物体移動機構は、請求項7、8、9または10記載の発明において、前記液晶分子回転手段が、前記液晶に電界または磁界を加えるタイミングを制御する制御装置を備えており、該制御装置が、前記液晶に電界または磁界を断続的に加えることを特徴とする。請求項12の液晶流動形成方法は、液晶を、流路内に、その壁面と交差する軸周りにツイストして配置し、液晶分子回転手段によって、前記液晶の液晶分子を、前記流路の壁面と交わる面内で回転させることを特徴とする液晶流動形成方法。請求項13の液晶流動形成方法は、請求項12記載の発明において、前記液晶分子回転手段が、前記液晶に電界または磁界を加えるタイミングおよび前記液晶に加える電界または磁界の大きさを制御する制御装置を備えており、該制御装置によって、前記液晶に電界または磁界を断続的に加えることを特徴とする。

【0006】請求項1の発明によれば、液晶分子回転手段によって流路の壁面と交わる面内で液晶分子を回転させれば、壁面に沿って、流量が0とならない液晶流動を発生させることができる。この液晶流動の方向と垂直な断面では、液晶流動によってその断面に働く力をその断面全体で平均しても0とならないので、この液晶流動を、物体を移動させる装置やセンサ、アクチュエータなどに容易に利用することができる。請求項2の発明によれば、流路の壁面と交差する軸周りに、液晶がツイストされているので、液晶をツイストする角度を調整すれば、所望の方向への液晶流動を発生させることができる。請求項3の発明によれば、液晶分子回転手段によって流路の壁面と交わる面内で液晶分子を回転させれば、一対の壁面間に、流量が0とならない液晶流動を発生させることができる。この液晶流動の方向と垂直な断面では、液晶流動によってその断面に働く力をその断面全体で平均しても0とならないので、この液晶流動を、物体を移動させる装置やセンサなどに容易に利用することができる。また、液晶をツイストさせる角度によって液晶流動の方向を変化させることができるので、液晶をツイストする角度を調整すれば、所望の方向への液晶流動を発生させることができる。請求項4の発明によれば、液

晶分子がチルトされているので、液晶分子回転手段によって液晶分子を回転させたときに、常に一定の方向に液晶を回転させることができる。よって、常に一定の方向に液晶流動を発生させることができる。請求項 5 の発明によれば、配向装置によって電界又は磁界を加えれば、液晶分子が、その軸方向が電界や磁界の方向に対して液晶固有の角度に配向する。液晶分子は配向するときその重心周りに回転するので、液晶分子の回転に起因する液晶流動を発生させることができる。請求項 6 の発明によれば、配向装置によって断続的に電界又は磁界を加えると、一定の方向に断続的な液晶流動を発生させることができる。また、電界又は磁界を加える時間間隔や、電界又は磁界の大きさを変化させれば、液晶流動の流量を変化させることができる。さらに、電界又は磁界を加える時間間隔を短くすれば、液晶流動をより連続的な流れに近づけることができる。請求項 7 の発明によれば、液晶分子回転手段によって一对の部材と交わる面内で液晶分子を回転させれば、一对の部材の対向する壁面間に、壁面に沿った液晶流動が発生する。すると、一对の部材は、壁面を対向させた状態で互いに移動可能であるので、一方の部材を固定すれば、他方の部材を液晶流動の方向に移動させることができる。また、対向する壁面間において液晶をツイストさせれば、その角度によって、液晶流動の方向を変化させることができるので、液晶をツイストする角度を調整すれば、一方の部材に対して他方の部材を所望の方向に移動させることができる。つまり、液晶の流動を部材の移動に利用することができるので、液晶を利用した搬送装置等に応用することができる。請求項 8 の発明によれば、液晶分子回転手段によって内側軸の外表面または外側部材の内面のいずれか一方と交わる面内で液晶分子を回転させれば、内側軸の外表面と外側部材の内表面との間に、内側軸の外表面の接線方向に沿った液晶流動が発生する。すると、外側部材の中空な空間内において、内側軸が、その軸周りに回転自在に設けられているので、内側軸を固定すれば、外側部材を内側軸の中心軸周りに回転させることができる。逆に、外側部材を固定すれば、内側軸を、その中心軸周りに回転させることができる。また、内側軸の外表面と外側部材の内表面との間において液晶をツイストさせれば、液晶流動の方向を内側軸の接線方向に対して傾けることができるので、内側軸および外側部材を、内側軸の中心軸周りに回転させるだけでなく、内側軸の中心軸に沿った方向へも移動させることができる。つまり、液晶の流動を部材の回転に利用することができるので、液晶を利用したモータやドリル等に応用することができる。請求項 9 の発明によれば、液晶の液晶分子の内側部材から遠い側の端部が外側部材の内表面に対してチルトしているため、液晶分子回転手段によって外側部材の内表面と交わる面内で液晶分子を回転させれば、内側部材を挟むいずれの液晶にも、内側部材に向かう流れが発生する。このため、内側

部材を挟むいずれかの一方の側の液晶を液晶分子回転手段によって回転させれば、内側部材を外側部材の内面に沿って移動させることができる。つまり、液晶流動を内側部材の移動に変換することができるので、液晶を作動流体とするアクチュエータ等に応用することができる。請求項 10 の発明によれば、配向装置によって電界又は磁界を加えれば、液晶分子が、その軸方向が電界や磁界の方向に対して液晶固有の角度に配向する。液晶分子は配向するときその重心周りに回転するので、液晶分子の回転に起因する液晶流動を発生させることができる。請求項 11 の発明によれば、配向装置によって断続的に電界又は磁界を加えると、一定の方向に断続的な液晶流動を発生させることができる。また、電界又は磁界を加える時間間隔や、電界又は磁界の大きさを変化させれば、液晶流動の流量を変化させることができる。さらに、電界又は磁界を加える時間間隔を短くすれば、液晶流動をより連続的な流れに近づけることができる。請求項 12 の発明によれば、液晶分子回転手段によって流路の壁面と交わる面内で液晶分子を回転させれば、壁面に沿って、流量が 0 とならない液晶流動を発生させることができる。この液晶流動の方向と垂直な断面では、液晶流動によってその断面に働く力をその断面全体で平均しても 0 とならないので、この液晶流動を、物体を移動させる装置やセンサ、アクチュエータなどに容易に利用することができる。また、液晶をツイストさせる角度によって、液晶流動の方向を変化させることができるので、液晶をツイストする角度を調整すれば、所望の方向への液晶流動を発生させることができる。請求項 13 の発明によれば、液晶に対して断続的に電界又は磁界を加えると、一定の方向に断続的な液晶流動を発生させることができる。さらに、電界又は磁界を加える時間間隔や、電界又は磁界の大きさを変化させれば、液晶流動の流量を変化させることができるし、電界又は磁界を加える時間間隔を短くすれば、液晶流動をより連続的な流れに近づけることができる。

#### 【 0 0 0 7 】

【発明の実施の形態】つぎに、本発明の実施形態を図面に基づき説明する。まず、本発明の液晶流動形成機構を説明する前に、液晶に電界や磁界を加えたときに、液晶流動が発生する原理を説明する。なお、液晶は、電界や磁界を加えたときに、電界や磁界の方向に対して液晶分子の軸方向が液晶固有の角度に配向するが、以下には、電界や磁界を加えたときに、液晶分子の軸方向が電界や磁界の方向と平行になるような液晶について説明する。また、液晶分子は、電界、磁界いずれを加えた場合でも配向するので、以下には電界を加える場合のみを説明する。

【 0 0 0 8 】図 3 は電界が加えられたときにおける液晶分子 m の動きの説明図である。図 4 は平行板 P 上に載せられた液晶 LC に電界が加えられたときにおける液晶分

子mの動きの説明図である。図3に示すように、液晶LCに、その液晶分子mの軸方向と交差するように電界efを加えると、液晶分子mは、その回転角度が小さくなる方向(図3(A)では矢印の方向)に、その軸方向が電界efと一致するまで回転する(図3(B))。すると、各液晶分子mの周囲には速度勾配が発生するので、液晶流動が発生するのである(図3(C))。

【0009】図4(A)において、符号Fは平行板P上に設けられた配向膜を示している。この配向膜Fの素材は、例えばポリイミド等の高分子物質である。この平行板Pの配向膜Fに液晶LCの一部を接触させると、平行板P近傍の液晶分子mは平行板Pの配向膜Fに拘束(以下、アンカリングという)される。すると、電界efを加えても、平行板Pの近傍に位置する液晶分子mは、その軸方向が電界efと一致するまで回転することができず、回転量が小さくなる(図4(B))。しかも、液晶分子mの回転量は、平行板Pに近づくほど小さくなり、平行板P上では0となるので、液晶分子mの回転によって、その周囲に形成される速度勾配も、平行板Pに近づくほど小さくなる(図4(C))。したがって、液晶LCにおいて、その一部の液晶分子mの動きを平行板Pの配向膜Fによってアンカリングすれば、液晶LC内に、図4(D)に示すような速度分布を有する液晶分子mの流れが発生するのである。

【0010】さて、本発明の液晶流動形成機構を説明する。図1は本発明の液晶流動形成機構の概略説明図であり、(A)はYZ断面図であり、(B)はYZ断面図において電界を加えたときにおける液晶分子の配列を示した図であり、(C)はYZ断面図において電界を加えたときに一對の壁面B間に発生する液晶の速度分布を示した図である。

【0011】図1において、符号Lは、後述する液晶LCが流動する流路を示している。この流路Lは、対向する一對の壁面B、Bを備えている。この一對の壁面B、Bは、互いに平行かつ、いずれの壁面Bも平坦面に形成されている。なお、対向する一對の壁面B、Bは平行でなくてもよく、一方の壁面Bに対して他方の壁面Bが傾斜していてもよい。さらになお、各壁面Bは平坦面でなくてもよい。例えば一方の壁面Bが平坦面であって他方の壁面Bが凹凸を有する面でもよいし、いずれの壁面Bも凹凸を有する面であってもよい。

【0012】前記流路Lの一對の壁面B、B間には、液晶LCが入れている。この液晶LCは、例えばネマティック液晶やスメクティック液晶、コレステリック液晶、ディスコティック液晶等であるが、電界を加えたときに、液晶分子が回転する液晶であれば、特に限定はない。

【0013】この液晶LCと前記一對の壁面B、Bの間には、一對の配向膜F、Fがそれぞれ設けられている。この一對の配向膜F、Fは、その素材が、例えばポ

リイミド等の高分子物質である。この一對の配向膜F、Fは、その対向する面がいずれもラビングされている。そして、そのラビング方向は、いずれも右から左である。

【0014】このため、液晶LCのうち、一對の配向膜F、Fと接触する液晶分子mは、一對の配向膜F、Fにアンカリングされる。すると、下方の壁面Bに設けられた配向膜Fと接触する液晶分子mは、その軸方向を左右方向、つまりラビングした方向に向けて配列する。しかも、液晶分子mは、左端部が配向膜Fから上傾するように配列する、つまりラビングしたときの下流側の端部が配向膜Fから離れるように配列(以下、単にチルトという)される。一方、液晶LCの液晶分子mのうち、上方の壁面Bに設けられた配向膜Fと接触する液晶分子mは、その軸方向を左右方向、つまりラビングした方向に向けて配列し、しかも、左端部が配向膜Fから下傾するように配向する、つまりラビングしたときの下流側の端部がチルトする。また、下方の配向膜Fと接触する液晶分子mと、上方の配向膜Fと接触する液晶分子mとの間に位置する液晶分子mは、隣接する液晶分子m間の配向の変化がもっとも小さくなるように配列するのである。

【0015】したがって、流路Lの一對の壁面B、B間に入れられた液晶LCは、一對の壁面B、B間において、壁面Bに対して垂直な軸周りに180°ねじれた状態で配列する、つまり、液晶LCは一對の壁面B、B間で180°ツイストされるのである。

【0016】なお、液晶LCと前記一對の壁面B、Bとの間に配向膜Fを設けなくてもよく、流路Lの一對の壁面B、Bにラビングレス処理をしてやればよい。

【0017】流路Lの内部において、前記一對の壁面B、Bと前記一對の配向膜F、Fとの間には、それぞれ一對の電極E、Eが設けられている。この一對の電極E、Eは、両者を結ぶ線が一對の壁面B、Bと垂直になるように配設されている。また、この一對の電極E、Eは、電源を有する制御装置Dに接続されている。このため、制御装置Dによって一對の電極E、Eに電圧を加えれば、一對の壁面B、B間に、一對の壁面B、Bと垂直な電界efを形成することができる。この一對の電極E、Eが、特許請求の範囲にいう配向装置であり、一對の電極E、Eおよび制御装置Dが液晶分子回転手段CBを構成している。

【0018】なお、一對の電極E、Eは、両者を結ぶ線が一對の壁面B、Bと垂直になるように配設しなくてもよく、一對の電極E、Eに形成される電界efによって液晶LCの液晶分子mをいずれか一方の壁面Bと交わる面内で回転するように配設すればよい。

【0019】なお、一對の電極E、Eを前記流路Lの外面に取り付けるともよい。この場合、流路Lの素材を導電体や電界が透過できる素材とすれば、一對の壁面B、B間に電界efを形成することができる。さらになお、流

路 L の素材を導電体とした場合、制御装置 D を直接流路 L に接続すれば、制御装置 D によって流路 L に電圧を加えれば、一對の壁面 B , B 間に電界 e f を発生させることができる。

【 0020 】つぎに、本実施形態の液晶流動形成機構の作用と効果を説明する。まず、制御装置 D によって一對の電極 E , E 間に電圧を加えると、流路 L 内の一對の壁面 B , B 間に、一對の壁面 B , B と垂直な方向の電界 e f が発生する。すると、液晶 L C の液晶分子 m は、その軸方向が電界 e f と平行になるように回転する ( 図 1 ( B ) )。すると、液晶分子 m の回転によって、その周囲に速度勾配が発生する。

【 0021 】このとき、上方の壁面 B 近傍の液晶分子 m および下方の壁面 B 近傍の液晶分子 m の軸方向は、いずれも左側端部がチルトしており、しかも両者の間の液晶分子 m が一對の壁面 B , B 間で 180° ツイストしているから、ラビング方向に対して垂直な方向から見ると、液晶分子 m は上下反対称に配置する。このため、一對の壁面 B , B 間において、その中間よりも上方の液晶分子 m は反時計回りに回転し、その中間よりも下方の液晶分子 m は時計回りに回転するので、上方の壁 B 近傍の液晶分子 m が形成する速度勾配と、下方の壁 B 近傍の液晶分子 m が形成する速度勾配は上下対称となる。

【 0022 】しかも、一對の壁面 B , B 間の中間における液晶分子 m の軸方向は、図 1 では紙面に対して垂直な面と平行な方向に向いている。つまり、ラビング方向に対して水平面で 90° 回転しているから、この液晶分子 m が回転してもラビング方向 ( 図 1 では左右方向 ) の速度成分は発生しない。したがって、流路 L 内には、図 1 ( C ) に示すような速度分布が形成され、右向き、つまりラビング方向と逆向きの液晶流動が発生する。

【 0023 】ついで、一對の電極 E , E 間への電圧の印加をやめると、液晶分子 m は、電圧を加える前の状態に戻る。このとき、一對の壁面 B , B 間において、その中間よりも上方の液晶分子 m は時計回りに回転し、その中間よりも下方の液晶分子 m は反時計回りに回転する。つまり、いずれの液晶分子 m も一對の電極 E , E 間への電圧の印加したときと逆方向に回転する。したがって、流路 L 内には、図 1 ( C ) に示した速度分布と y 軸に対して逆向きの速度分布が形成され、左向き、つまりラビング方向の液晶流動が発生する。

【 0024 】しかし、電圧の印加をやめたときに生じる液晶分子 m の回転は、その回転速度が電圧を印加したときに生じる液晶分子 m の回転速度よりも遅い。このため、電圧の印加をやめたときに生じる左方向への液晶流動の流量は、電圧を印加したときに生じる液晶分子 m の右方向への液晶流動の流量よりも少なくなる。

【 0025 】したがって、流路 L 内において 一對の電極 E , E 間に瞬間的に電圧を印加すると、右方向への液晶流動の流量と左方向への液晶流動の流量の差の分だけ

右向き、つまりラビング方向と逆向きの流量が発生するのである。

【 0026 】図 2 は本発明の液晶流動形成機構の概略説明図であり、( A ) は X Y 断面図であり、( B ) は X Y 断面図において電界を加えたときにおける液晶分子の配列を示した図であり、( C ) は X Y 断面図において電界を加えたときに一對の壁面 B 間に発生する液晶の速度分布を示した図である。図 2 ( A ) および図 2 ( B ) に示すように、液晶 L C を、壁面 B 近傍の液晶分子 m の軸方向から見ると、液晶分子 m は上下反対称に配置する。しかも、一對の壁面 B , B 間の中央部における液晶 L C の液晶分子 m は、その軸方向が、ラビング方向に対して垂直な面と平行な方向に向いている。このため、ラビング方向に対して垂直な方向には、一對の壁面 B , B 間の中央部に対して上下反対称な速度分布が形成される。したがって、流路 L 内には、図 2 ( C ) に示すような速度分布が形成され、ラビング方向と垂直な方向には、液晶流動の流量は 0 となるのである。

【 0027 】よって、本発明の液晶流動形成機構によれば、流路 L 内において、液晶 L C が一對の壁面 B , B 間で 180° ツイストした状態で入っているから、一對の電極 E , E 間に瞬間的に電圧を印加すると、ラビング方向と垂直な断面において、ラビング方向と逆向きの流量が 0 とならない液晶流動を発生させることができる。したがって、ラビング方向に対して垂直な断面、つまり液晶流動の方向と垂直な断面では、液晶流動によってその断面に働く力を、その断面全体で平均しても 0 とならないので、この液晶流動を、物体を移動させる装置やセンサ、アクチュエータなどに容易に利用することができる。

【 0028 】また、液晶分子回転手段 C B の制御装置 D によって、一對の電極 E , E 間にパルス状の電圧を断続して加えれば、電圧が印加されるたびに液晶流動が発生するので、流路 L 内に断続した液晶 L C の流れを発生させることができる。しかも、一對の電極 E , E 間に加えるパルス状の電圧の時間間隔、つまり電界を加える時間間隔を変化させれば、液晶流動の流量を変化させることができる。さらに、電界又は磁界を加える時間間隔を短くすれば、液晶流動をより連続的な流れに近づけることができる。

【 0029 】なお、一對の配向膜 F , F において、その対向する面をラビングする方向は、同じ方向にしなくてもよい。例えば、下方の配向膜 F のラビング方向に対して、上方の配向膜 F の配向方向を傾けてもよい。この場合、一對の壁面 B , B 間において、上方の壁面 B 近傍の液晶分子 m は、その軸方向が下方の壁面 B 近傍の液晶分子 m の軸方向に対して、下方の配向膜 F のラビング方向に対する上方の配向膜 F のラビング方向の傾きの分 ( 以下、単にラビング方向の傾きという ) だけ傾くように配設され、一對の壁面 B , B 間において、液晶 L C が、ラ

ピング方向の傾きの分だけねじれる。つまり、ラビング方向の傾きの分だけ、液晶 LC をツイストさせることができる。すると、下方の配向膜 F のラビング方向と平行な方向（図 2 では Y Z 断面）における速度分布だけでなく、下方の配向膜 F のラビング方向と垂直な方向（図 2 では X Y 断面）における速度分布も上下反対称でなくなる。すると、下方の配向膜 F のラビング方向と垂直な方向における液晶流動の流量も 0 でなくなるので、液晶 LC には、下方の配向膜 F のラビング方向に対して傾いた液晶流動を発生させることができる。そして、この下方の配向膜 F のラビング方向に対して傾いた液晶流動は、その断面における流量が 0 とならない。したがって、この液晶流動と垂直な断面では、液晶流動によってその断面に働く力を、その断面全体で平均しても 0 とならないので、この液晶流動を、物体を移動させる装置やセンサ、アクチュエータなどに容易に利用することができる。

【0030】しかも、液晶 LC のねじれ角によって、下方の配向膜 F のラビング方向と平行な方向の流量、および下方の配向膜 F のラビング方向と垂直な方向の流量を

【0031】さらになお、液晶 LC がねじれる方向を規制するカイラル剤を液晶 LC に混合すれば、液晶 LC がツイストする角度を自在に変えることができる。例えば、下方の配向膜 F のラビング方向に対して、上方の配向膜 F のラビング方向を時計回りに  $90^\circ$  傾けた場合、液晶 LC に、そのツイストする方向が時計回りとなるように規制するカイラル剤を混合すれば、

【0032】さらになお、電界を加えたときに液晶分子 m の軸方向が電界の方向と垂直になるような液晶の場合には、流路 L 内において、液晶分子 m の軸方向が

【0033】さらになお、流路 L は、対向する一対の壁面 B , B を有していなくてもよく、例えば円管や、一対の壁面が交わるような断面視三角形の樋状の流路や、単なる平板等でもよい。流路が円管の場合、液晶 LC を流路の壁面と交差する軸周りにツイストしておけば、円管の軸方向に沿った液晶流動を発生させることができる。また、流路が樋状の場合、液晶 LC を流路のいずれ

か 1 つの壁面と交差する軸周りにツイストしておけば、その壁面に沿って、所望の方向に液晶流動を発生させることができる。さらに、流路が平板の場合には、液晶 LC を平板と交差する軸周りにツイストしておけば、平板上に所望の方向の液晶流動を発生させることができるし、たとえツイストしていなくても平板上に液晶流動を発生させることができる。

【0034】つぎに、本発明の物体移動機構について説明する。まず、第一実施形態の物体移動機構を説明する。図 5 は第一実施形態の物体移動機構の説明図である。同図において、符号 P は一対の部材を示している。この一対の部材 P , P は、互いに平行かつ、いずれの部材 P の対向する壁面も平坦面に形成されている。この一対の部材 P , P のうち、一方の部材 P（図 5 では下方の部材 P）は固定されているが、他方の部材 P（図 5 では上方の部材 P）は一方の部材 P に対して相対的に移動可能に設けられている。

【0035】この一対の部材 P , P において、上方の部材 P の下面と下方の部材 P の上面との間には、液晶 LC が入れられている。この液晶 LC は、例えばネマティック液晶やスメクティック液晶、コレステリック液晶、ディスコティック液晶等であるが、電界を加えたときに、液晶分子が回転する液晶であれば、特に限定はない。

【0036】この液晶 LC と、上方の部材 P の下面および下方の部材 P の上面との間には、一対の配向膜 F , F がそれぞれ設けられている。この一対の配向膜 F , F は、その素材が、例えばポリイミド等の高分子物質である。この一対の配向膜 F , F は、その対向する面がいずれもラビングされており、下方の部材 P の上面に設けられた配向膜 F は右から左にラビングされており、上方の部材 P の下面に設けられた配向膜 F は左から右にラビングされている。

【0037】このため、上下一対の部材 P , P 間において、全ての液晶分子 m は、その軸方向を左右方向、つまりラビングした方向に向けて配列し、しかも、左端部が上傾するように配列する。

【0038】なお、液晶 LC と一対の部材 P , P の対向する壁面との間に配向膜 F を設けなくてもよく、流路 L の一対の部材 P , P の壁面にラビングレス処理をしてやればよい。

【0039】前記上下一対の部材 P , P と前記一対の配向膜 F , F との間には、それぞれ一対の電極 E , E が設けられている。この一対の電極 E , E は、両者を結び線が一対の部材 P , P と垂直になるように配設されている。また、この一対の電極 E , E は、図示しない電源を有する制御装置 D に接続されている。このため、制御装置 D によって一対の電極 E , E に電圧を加えれば、一対の部材 P , P 間に、一対の部材 P , P と垂直な電界 e f を形成することができる。この一対の電極 E , E および図示しない制御装置 D が、特許請求の範囲にいう液晶分



子回転手段を構成している。

【0040】なお、一对の電極 E, E は、両者を結ぶ線が一对の部材 P, P と垂直になるように配設しなくてもよく、一对の電極 E, E に形成される電界 e f によって液晶 LC の液晶分子 m がいずれか一方の部材 P と交わる面内で回転するように配設すればよい。

【0041】なお、一对の電極 E, E を前記一对の部材 P, P の外面に取り付けてもよい。この場合、一对の部材 P, P の素材を導電体や電界が透過できる素材とすれば、一对の部材 P, P 間に電界 e f を形成することができる。さらになお、一对の部材 P, P の素材を導電体とした場合、制御装置 D を直接一对の部材 P, P に接続すれば、制御装置 D によって流路 L に電圧を加えれば、一对の部材 P, P 間に電界 e f を発生させることができる。

【0042】このため、一对の電極 E, E に電圧を加えて上下一対の部材 P, P に垂直な電界 e f に形成すれば、液晶 LC には、一对の部材 P, P に平行かつラビング方向と平行な流れが発生する。すると、下方の部材 P は固定されているに対し、上方の部材 P は下方の部材 P に対して相対的に移動可能であるから、液晶 LC の流れの方向に下方の部材 P を、ラビング方向に沿って移動させることができる(図 5(B))。

【0043】また、一对の配向膜 F, F のラビング方向を変えて、上方の部材 P に設けられた配向膜 F のラビング方向を、下方の部材 P に設けられた配向膜 F のラビング方向に対して交差するように設ければ、上方の部材 P に隣接する液晶分子 m の軸方向が、下方の部材 P に隣接する液晶分子 m の軸方向に対して傾くように液晶 LC がねじれる。つまり、一对の部材 P, P 間で、液晶 LC が部材 P と交差する軸周りにツイストされる。すると、下方の部材 P に設けられた配向膜 F のラビング方向に対して一对の部材 P, P に発生する液晶 LC の流動方向を、自由に変えることができるので、下方の部材 P に対して上方の部材 P を、水平面内で所望の方向に移動させることができる。

【0044】したがって、第一実施形態の物体移動機構によれば、上方の部材 P 上に移動させたい物体を載せれば、液晶 LC の流動によって、その物体を下方の部材 P に対して、水平面内で所望の方向に移動させることができるのである。

【0045】また、図示しない制御装置 D によって、一对の電極 E, E 間にパルス状の電圧を断続して加えれば、下方の部材 P に対して上方の部材 P を、断続して移動させることができる。しかも、一对の電極 E, E 間に加えるパルス状の電圧の時間間隔、つまり電界を加える時間間隔を変化させれば、上方の部材 P の移動量を変化させることができる。さらに、電界又は磁界を加える時間間隔を短くすれば、上方の部材 P をより連続的に移動させることができる。

【0046】なお、対向する一对の部材 P, P は平行でなくてもよく、例えば下方の部材 P の壁面に対して上方の部材 P の壁面が傾斜していてもよい。この場合、上方の部材 P と平行な面に沿って、上方の部材 P を移動させることができる。つまり、下方の部材 P に対して上方の部材 P を 3 次元的に移動させることができる。さらになお、各部材 P の対向する壁面は平坦面でなくてもよい。例えば一方の部材 P の壁面が平坦面であって他方の部材 P の壁面が凹凸を有する面でもよいし、いずれの部材 P の壁面も凹凸を有する面であってもよい。

【0047】つぎに、第二実施形態の物体移動機構を説明する。図 6 は第二実施形態の物体移動機構の説明図である。第一実施形態の物体移動機構は一对の部材 P, P の間に液晶 LC を入れているが、第二実施形態の物体移動機構では、外側部材 A と、この外側部材 A 内に配設された内側軸 C との間に液晶 LC を入れたことが特徴である。

【0048】図 6 に示すように、内側軸 C は、外側部材 A 内に収容されており、その中心軸が外側部材 A の中心軸と同軸になるように配設されている。また、この内側軸 C は、外側部材 A 内において、その軸周りに回転自在に取り付けられている。

【0049】前記内側軸 C と外側部材 A との間には、液晶 LC が入れられており、この液晶 LC と、内側軸 C の外面および外側部材 A の内面との間には、一对の配向膜 F, F がそれぞれ設けられている。外側部材 A の内面に設けられた配向膜 F は、図 6(A) では時計回りにラビングされており、内側軸 C の外面に設けられた配向膜 F は反時計回りにラビングされている。よって、上下一対の部材 P, P 間において、全ての液晶分子 m は、その軸方向を内側軸 C の外面の接線方向に配列し、しかも、下流側が上傾するように配列する。

【0050】なお、図示しないが、外側部材 A および内側軸 C には、電圧を加えると、外側部材 A および内側軸 C の半径方向に電界が形成されるように設けられている。

【0051】このため、外側部材 A を固定した状態で、外側部材 A と内側軸 C の間にその半径方向の電界 e f を形成すれば、液晶 LC には、内側軸 C の接線方向に沿って流れが発生する。すると、内側軸 C は、外側部材 A の中空な空間内において、その軸周りに回転可能であるから、液晶 LC の流れの方向に沿って、内側軸 C を反時計回りに回転させることができる。逆に、内側軸 C を固定した状態で、外側部材 A と内側軸 C の間にその半径方向の電界 e f を形成すれば、液晶 LC には、外側部材 A の内面の接線方向に沿って流れが発生する。すると、外側部材 A は、内側軸 C の軸周りに回転可能であるから、液晶 LC の流れの方向に沿って、外側部材 A を反時計回りに回転させることができる。

【0052】また、外側部材 A と内側軸 C の間におい



て、液晶がねじれるように一対の配向膜 F , F をラビングすれば、外側部材 A と内側軸 C の間における液晶 L C の流れを内側軸 C の接線方向に対して傾けることができる。つまり、内側軸 C および外側部材 A を、内側軸 C の軸周りに回転させるだけでなく、内側軸 C の軸方向へも移動させることができる。

【 0 0 5 3 】したがって、第二実施形態の物体移動機構によれば、液晶 L C の流動によって、内側軸 C および外側部材 A を、内側軸 C の軸周りに回転させることができる。

【 0 0 5 4 】また、図示しない制御装置 D によって、外側部材 A と内側軸 C の間に断続して電界 e f を加えれば、内側軸 C や外側部材 A に断続して回転力を与えることができる。しかも、電界を加える時間間隔を変化させれば、内側軸 C や外側部材 A の回転数を変化させることができる。さらに、電界又は磁界を加える時間間隔を短くすれば、内側軸 C および外側部材 A の任意の時間における回転角速度を一定に近づけることができる。

【 0 0 5 5 】さらに、外側部材 A と内側軸 C の間において、液晶がねじれるように一対の配向膜 F , F をラビングすれば、内側軸 C および外側部材 A を、内側軸 C の軸周りに回転させるだけでなく、内側軸 C の軸方向へも移動させることができる。

【 0 0 5 6 】つぎに、第三実施形態の物体移動機構を説明する。図 7 は第三実施形態の物体移動機構の説明図である。同図において、符号 L は外側部材を示している。この外側部材 L は、その内部に、例えば対向する一対の壁面 B , B を有する、断面が方形の中空な空間が形成されている。この外側部材 L の左右両端間は、連結通路 C P によって連通されている。

【 0 0 5 7 】なお、外側部材 L の内部に形成される中空な空間は、対向する一対の壁面 B , B を有しておれば、その断面形状は方形でなくてもよい。さらになお、外側部材 L の内部に形成される中空な空間は、対向する一対の壁面 B , B を有していなくてもよく、その断面形状が円形であってもよく、特に限定はない。

【 0 0 5 8 】前記外側部材 L の中空な空間の内部において、前記外側部材 L の左右方向の間には、この中空な空間を左右に分割するように内側部材 I P が収容されている。この内側部材 I P は、その外周面を、外側部材 L の壁面 B に接触させたままで、外側部材 L の壁面 B に沿って左右方向に移動することができるように配設されている。

【 0 0 5 9 】また、前記外側部材 L の中空な空間の内部および前記連結通路 C P 内には、液晶 L C が入れられている。この液晶 L C は、例えばネマティック液晶やスメクティック液晶、コレステリック液晶、ディスコティック液晶等であるが、電界を加えたときに、液晶分子が回転する液晶であれば、特に限定はない。

【 0 0 6 0 】この液晶 L C と、外側部材 L の対向する一

対の壁面 B , B との間には、一対の配向膜 F , F がそれぞれ設けられている。この一対の配向膜 F , F は、その素材が、例えばポリイミド等の高分子物質である。この一対の配向膜 F , F のうち、下方の壁面 B に設けられた配向膜 F において、図 7 における内側部材 I P より右側の部分は左から右にラビングされており、内側部材 I P より左側の部分は右から左にラビングされている。一方、一対の配向膜 F , F のうち、上方の壁面 B に設けられた配向膜 F においても、内側部材 I P より右側の部分は左から右にラビングされており、内側部材 I P より左側の部分は左から右にラビングされている。つまり、一対の配向膜 F , F は、いずれも、内側部材 I P より右側の部分は左から右にラビングされ、内側部材 I P より左側の部分は右から左にラビングされているのである。

【 0 0 6 1 】このため、液晶 L は、外側部材 L の対向する一対の壁面 B , B 間において 1 8 0 ° ツイストされ、しかも全ての液晶分子 m の内側部材 I P から遠い側の一端がチルトするように配列するのである。

【 0 0 6 2 】なお、液晶 L C と対向する一対の壁面 B , B との間には、配向膜 F を設けなくてもよく、流路 L の一対の壁面 B , B にラビングレス処理をしてやればよい。

【 0 0 6 3 】さらになお、一対の壁面 B , B 間において、液晶 L C のツイスト角は 1 8 0 ° に限られず、内側部材 I P に向かう流れを発生させることができれば、特に限定はない。

【 0 0 6 4 】前記流路 L の一対の壁面 B , B と前記一対の配向膜 F , F との間において、内側部材 I P の左右両側には、二組の電極 E , E が設けられている。この二組の電極 E , E は、いずれも両者を結ぶ線が一対の壁面 B , B と垂直になるように配設されている。また、この二組の電極 E , E は、電源を有する制御装置 D に接続されている。また、この二組の電極 E , E と制御装置 D との間には、切り換えスイッチ S W が設けられている。この切り換えスイッチ S W は、右側の電極 E , E と制御装置 D を接続する位置と、左側の電極 E , E と制御装置 D を接続する位置と、いずれの電極にも制御装置 D を接続しない中立位置とを備えている。このため、切り換えスイッチ S W によって、二組の電極 E , E のうちいずれか一方の電極 E , E と制御装置 D を接続し、制御装置 D によって電圧を加えれば、内側部材 I P の左右いずれか一方の電極 E , E 間に、一対の壁面 B , B と垂直な電界 e f を形成することができる。この二組の電極 E , E 、切り換えスイッチ S W および制御装置 D が、特許請求の範囲にいう液晶分子回転手段を構成している。

【 0 0 6 5 】なお、各電極 E , E は、両者を結ぶ線が一対の壁面 B , B と垂直になるように配設しなくてもよく、各電極 E , E 間に形成される電界 e f によって液晶 L C の液晶分子 m がいずれか一対の壁面 B , B と交わる面内で回転するように配設すればよい。

【0066】さらになお、電極 E, E を前記流路 L の外面に取り付けてもよい。この場合、流路 L の素材を導電体や電界が透過できる素材とすれば、電極 E, E 間に電界 e f を形成することができる。

【0067】このため、切り換えスイッチ SW によって、二組の電極 E, E のうち右側の電極 E, E を制御装置 D と接続し、制御装置 D によって電圧を加えれば、内側部材 I P より右側の液晶 LC には右から左に向かって流れる液晶流動が発生する。つまり、液晶 LC によって内側部材 I P が左に押される。すると、内側部材 I P より左側に入っていた液晶 LC は、連結通路 C P を通っての内側部材 I P より右側に移動することができるので、内側部材 I P は左に移動するのである。また、切り換えスイッチ SW を切り換えて、左側の電極 E, E を制御装置 D と接続し、制御装置 D によって電圧を加えれば、液晶 LC によって内側部材 I P が右に押され、内側部材 I P より右側に入っていた液晶 LC は、連結通路 C P を通っての内側部材 I P より左側に移動することができるので、内側部材 I P は右に移動する。したがって、切り換えスイッチ SW を切り換えて、左右いずれか一方の電極 E, E 間に電圧を加えれば、内側部材 I P を左右に移動させることができるのである。

【0068】したがって、第三実施形態の物体移動機構によれば、切り換えスイッチ SW を切り換えて、左右いずれか一方の電極 E, E 間に電圧を加えれば、液晶 LC の流動によって、流路 L の壁面 B に沿って、内側部材 I P を左右に移動させることができるのである。とくに、液晶 LC の液晶分子 m が、内側部材 I P に対して面对称となるように配列すれば、内側部材 I P を左右から押す力を同じにすることができ、内側部材 I P を安定して移動させたり元の位置に復帰させたりすることができるので好適である。

【0069】また、制御装置 D によって、一對の電極 E, E 間にパルス状の電圧を断続して加えれば、内側部材 I P を、断続して移動させることができる。しかも、一對の電極 E, E 間に加えるパルス状の電圧の時間間隔、つまり電界を加える時間間隔を変化させれば、内側部材 I P の移動量を変化させることができる。さらに、電界又は磁界を加える時間間隔を短くすれば、内側部材 I P をより連続的に移動させることができる。

【0070】さらに、切り換えスイッチ SW を、連続的に切り換えて、内側部材 I P の右側左側の電極 E, E 間に電圧を交互に加えれば、内側部材 I P を左右に振動させることもできる。

【0071】なお、液晶 L は、全ての液晶分子 m の内側部材 I P から遠い側の一端がチルトするように配列しているが、液晶 L の全ての液晶分子 m が、その内側部材 I P 側の一端がチルトするように配列してもよい。この場合、二組の電極 E, E のうち右側の電極 E, E を制御装置 D と接続して電圧を加えれば、内側部材 I P より右側

の液晶 LC には左から右に向かって流れる液晶流動が発生する。すると、内側部材 I P より右側に入っていた液晶 LC は連結通路 C P を通っての内側部材 I P より左側に移動するので、内側部材 I P が右に押され、内側部材 I P を右に移動させることができる。逆に、左側の電極 E, E を制御装置 D と接続して電圧を加えれば、内側部材 I P より左側に入っていた液晶 LC は連結通路 C P を通っての内側部材 I P より右側に移動するので、内側部材 I P を右に移動させることができるのである。

10 【0072】上記のごとき構成であるので、本発明の物体移動機構は、以下のように応用することができる。第一実施形態の物体移動機構を応用すれば、液晶を利用した搬送装置を作ることができる。そして、このような搬送装置等は、非常にコンパクトに作ることができ、しかも微弱な電力などによって駆動させることができるので、例えばマイクロマシンに付随する作業機械等に適用可能である。また、第二実施形態の物体移動機構を応用すれば、液晶を利用したモータを作ることができるし、自動で軸方向に移動するドリルや、刃のみが軸周りに回転するカッタなども作ることも可能である。そして、このようなモータ等は、非常にコンパクトに作ることができ、しかも微弱な電力などによって駆動させることができるので、例えばマイクロマシンの駆動装置等に適用可能である。さらに、第三実施形態の物体移動機構を応用すれば、液晶を作用流体とするアクチュエータに応用することができる。そして、このようなアクチュエータは、非常にコンパクトに作ることができ、しかも微弱な電力などによって作動させることができるので、例えばマイクロマシンに付随する作業機械等に適用可能である。

30 【0073】また、第一～第三実施形態の物体移動機構のいずれの場合でも、微弱な電力によって液晶流動を発生させることができるので、微弱な電流が流れたときに発生する磁界や電界を感知して、作動するセンサなどにも応用可能である。

【0074】

40 【計算例】次に、上下一對の無限平板間に液晶を挿入した状態において、この液晶に無限平板と垂直に電界を加えた場合に、上下一對の無限平板間に発生する液晶流動を計算した結果を示す。流量は、図 1 および図 2 における X 軸および Z 軸方向の流量を求めた。

【0075】今回の数値計算には、連続体理論に基づいて 1968 年に開発された Leslie-Ericksen 理論を用いた。空間の離散化には有限差分法を、時間積分にはルンゲクッタ法を使った、使用した言語はフォートラン、計算機は EWS である。また、今回は、以下の条件で計算を行った。

平行平板間距離：1 mm

分割数：100 分割

50 時間刻み：10<sup>-7</sup> 秒，

磁場強度 : 次式で定義されるゾッヘル数が 4.5  
 ゾッヘル数 =  $L \times H \times \left( \frac{1}{K_1} \right)^{1/2}$   
 (Lは平板間距離, Hは磁場強度,  $\frac{1}{K_1}$ は磁化率の異方性,  $K_1$ は広がりに関するフランク弾性定数)

ツイスト角 : 0度 ~ 540度

液晶 : p-azoxyanisole (PAA)

なお、上下一対の無限平板間において、液晶は、ツイスト角が 180° の場合、液晶分子が図 1 および図 2 の状態となるようにツイストしている。

【0076】図 8 は、(A) は液晶のツイスト角に対する Z 軸方向の流量を示した図であり、(B) は液晶のツイスト角に対する X 軸方向の流量を示した図であり、(C) は流動方向の Z 軸の正の部分に対する角度を、液晶のツイスト角に対して示した図である。同図(A) に示すように、液晶のツイスト角が 0° から変化すると、Z 軸方向には、Z 軸の負の方向 (図 1 では右方向) への流量が発生し、ツイスト角が 200° 近傍で最大流量となっている。そして、Z 軸方向には、必ず負の流量が発生することが示されている。つまり、今回の条件では、Z 軸方向には、Z 軸の負の方向 (図 1 では右方向) への流量が発生することが確認できる。一方、X 軸方向では、液晶のツイスト角が 0° から変化すると、まず正の方向 (図 2 では左方向) への流量が発生し、ツイスト角が 90° 近傍で最大流量となる。そして、ツイスト角が 180° で再び流量が 0 となり、ツイスト角が 180° 以上では、全て負の流量へと転じている。つまり、今回の条件では、ツイスト角をかえることによって、X 軸方向には正負いずれの方向への流量も発生させることができることが確認できる。

【0077】そして、図 8 (C) に示すように、液晶がツイストされていない場合、つまりツイスト角が 0° の場合には、X 軸方向および Z 軸方向のいずれの方向も液晶の流量は 0 となり、液晶内には流量が発生しない。しかし、液晶が少しでも反時計回りにツイストされると、X 軸方向および Z 軸方向には流量が 0 とならない液晶流動が発生する。この X 軸方向および Z 軸方向の流量を合成した流量、つまり上下一対の無限平板間に発生する液晶流動の方向は、液晶 LC のツイスト角の増加にともなって、Z 軸の正の部分に対する反時計回りの傾きが直線的に大きくなる。そして、液晶 LC のツイスト角が 180° になると、Z 軸の正の部分に対する液晶流動の傾きが 180°、つまり Z 軸の負の方向への流れとなり、さらに液晶をツイストしてそのツイスト角が 360° になると、Z 軸の正の部分に対する液晶流動の傾きが 270°、つまり X 軸の負の方向への流れとなるのである。つまり、液晶 LC をツイスト方向を時計回り、反時計回りで変えれば、Z 軸方向から 360° の範囲で液晶流動の方向を変化させることができる。

【0078】したがって、上下一対の無限平板間において、液晶 LC をツイストする角度を調整すれば、上下一

対の無限平板間の X 軸 Z 軸平面と平行な方向では、所望の方向に液晶流動を発生させることができることが確認できる。

【0079】

【発明の効果】請求項 1 の発明によれば、壁面に沿って、流量が 0 とならない液晶流動を発生させることができ、しかもこの液晶流動を、物体を移動させる装置やセンサ、アクチュエータなどに容易に利用することができる。請求項 2 の発明によれば、液晶をツイストする角度を調整すれば、所望の方向への液晶流動を発生させることができる。請求項 3 の発明によれば、壁面に沿って、流量が 0 とならない液晶流動を発生させることができ、しかもこの液晶流動を、物体を移動させる装置やセンサ、アクチュエータなどに容易に利用することができる。また、液晶をツイストする角度を調整すれば、所望の方向への液晶流動を発生させることができる。請求項 4 の発明によれば、常に一定の方向に液晶流動を発生させることができる。請求項 5 の発明によれば、配向装置によって電界又は磁界を加えれば、液晶分子の回転に起因する液晶流動を発生させることができる。請求項 6 の発明によれば、一定の方向に断続的な液晶流動を発生させることができ、液晶流動の流量を変化させることができる。請求項 7 の発明によれば、一方の部材を固定すれば、一方の部材に対して他方の部材を所望の方向に移動させることができる。請求項 8 の発明によれば、内側軸または外側部材のいずれか一方を固定すれば、他方を内側軸の中心軸周りに回転させることができる。また、内側軸の外表面と外側部材の中空な空間の内表面との間において液晶をツイストさせれば、内側軸または外側部材を内側軸の中心軸に沿った方向へも移動させることができる。請求項 9 の発明によれば、内側部材を挟みいずれの一方の側の液晶を液晶分子回転手段によって回転させれば、内側部材を外側部材の内面に沿って移動させることができる。請求項 10 の発明によれば、配向装置によって電界又は磁界を加えれば、液晶分子の回転に起因する液晶流動を発生させることができる。請求項 11 の発明によれば一定の方向に断続的な液晶流動を発生させることができ、液晶流動の流量を変化させることができ、液晶流動をより連続的な流れに近づけることができる。請求項 12 の発明によれば、壁面に沿って、流量が 0 とならない液晶流動を発生させることができ、所望の方向への液晶流動を発生させることができる。請求項 13 の発明によれば一定の方向に断続的な液晶流動を発生させることができ、液晶流動の流量を変化させることができ、液晶流動をより連続的な流れに近づけることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の液晶流動形成機構の概略説明図であり、(A) は Y Z 断面図であり、(B) は Y Z 断面図において電界を加えたときにおける液晶分子の配列を示した図

であり、(C) は Y Z 断面図において電界を加えたときに一対の壁面 B 間に発生する液晶の速度分布を示した図である。

【図 2】本発明の液晶流動形成機構の概略説明図であり、(A) は X Y 断面図であり、(B) は X Y 断面図において電界を加えたときにおける液晶分子の配列を示した図であり、(C) は X Y 断面図において電界を加えたときに一対の壁面 B 間に発生する液晶の速度分布を示した図である。

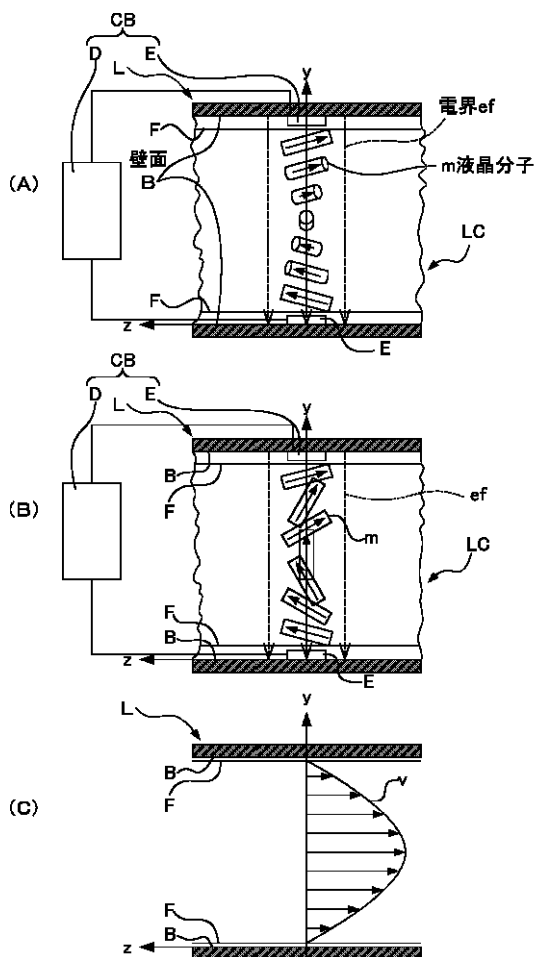
【図 3】電界が加えられたときにおける液晶分子 m の動きの説明図である。

【図 4】平行板 P 上に載せられた液晶 L C に電界が加えられたときにおける液晶分子 m の動きの説明図である。

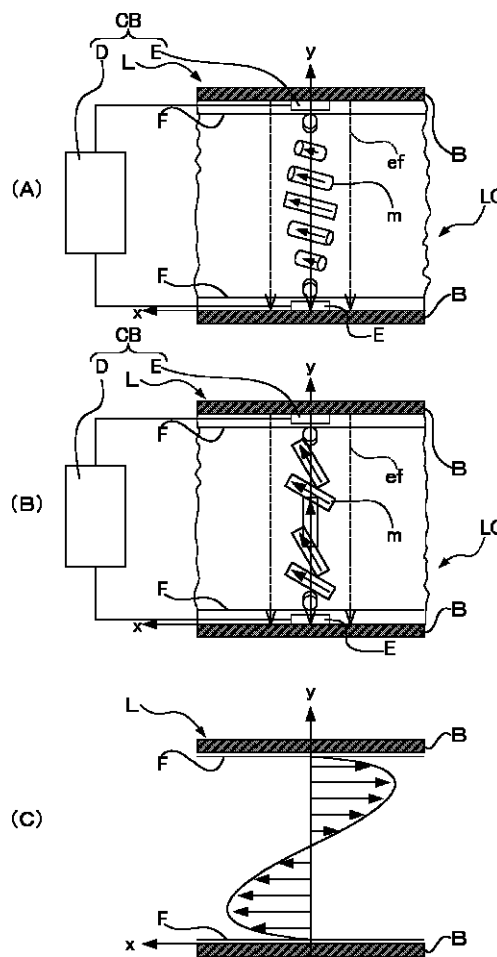
【図 5】第一実施形態の物体移動機構の説明図である。

【図 6】第二実施形態の物体移動機構の説明図である。

【図 1】



【図 2】



【図 7】第三実施形態の物体移動機構の説明図である。

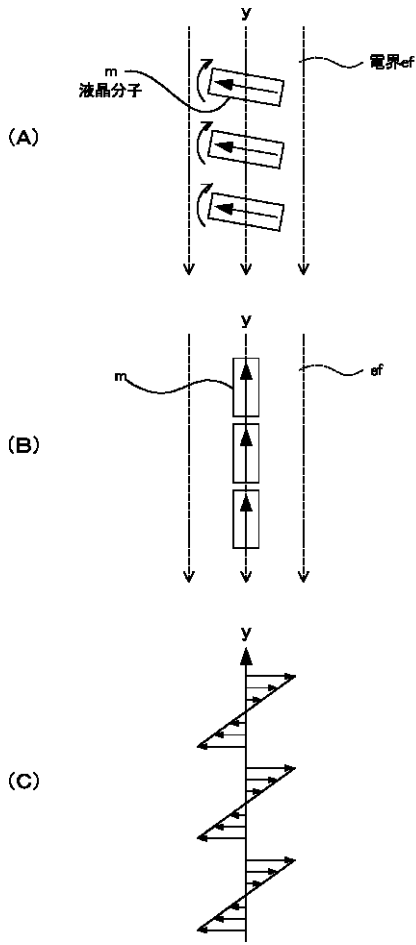
【図 8】(A) は液晶のツイスト角に対する Z 軸方向の流量を示した図であり、(B) は液晶のツイスト角に対する X 軸方向の流量を示した図であり、(C) は流動方向の Z 軸の正の部分に対する角度を、液晶のツイスト角に対して示した図である。

【図 9】電界が加えられたときにおける液晶分子 m の動きの説明図である。

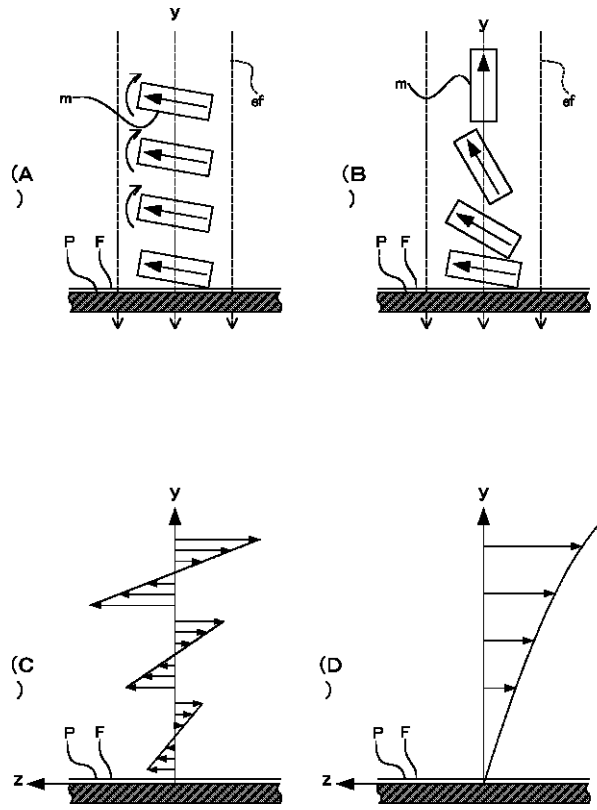
【符号の説明】

- 10 L 流路
- B 壁面
- F 配向膜
- L C 液晶
- m 液晶分子
- e f 電界

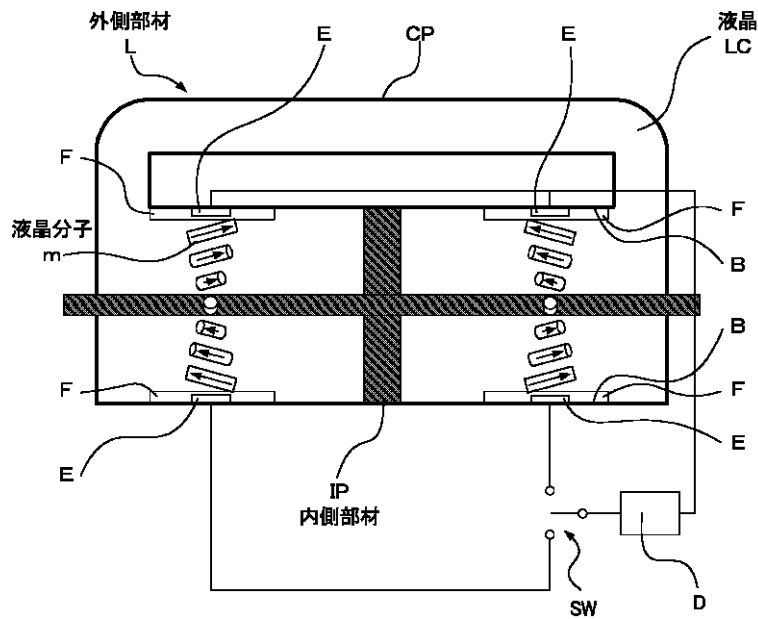
【図3】



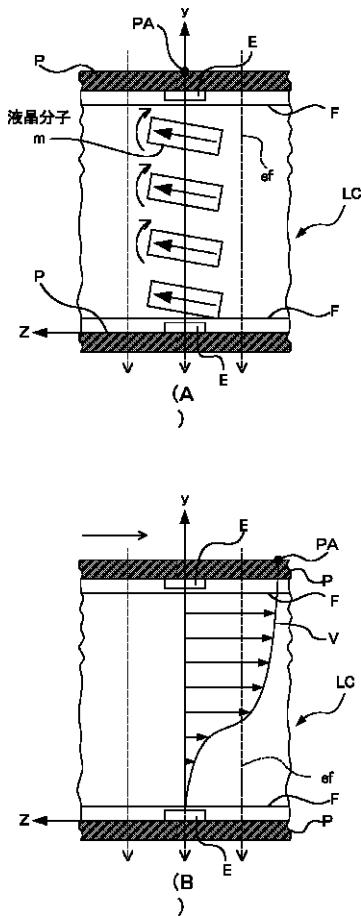
【図4】



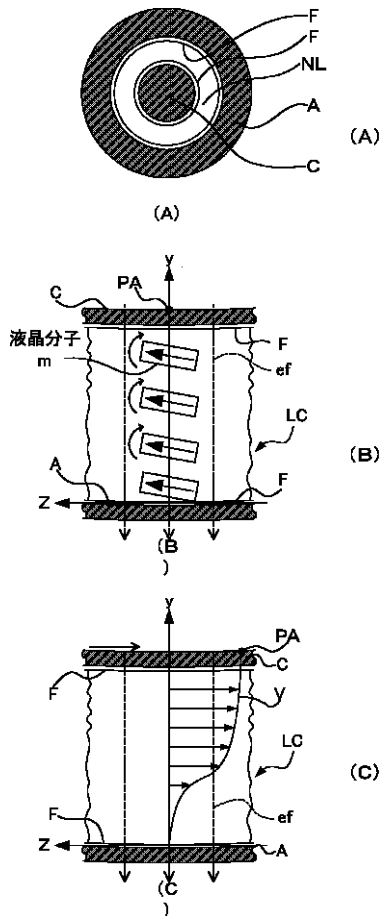
【図7】



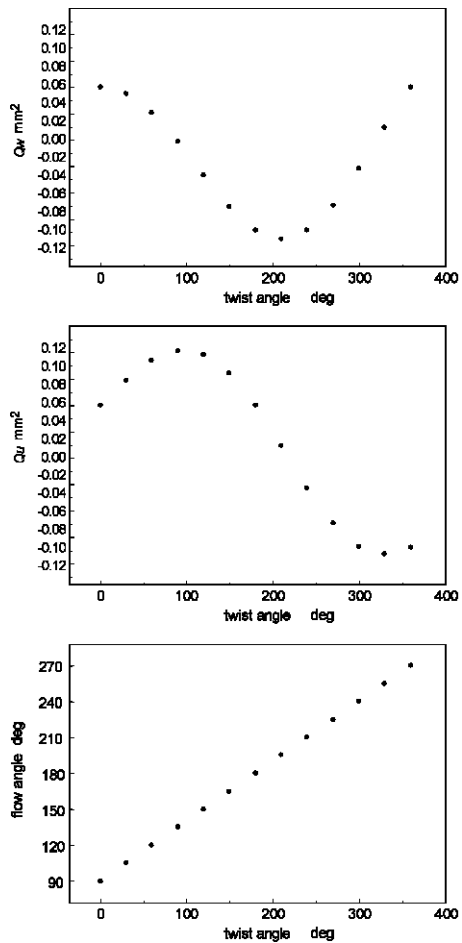
【図 5】



【図 6】



【図 8】



【図9】

