

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

**特許第4019379号
(P4019379)**

(45) 発行日 平成19年12月12日(2007.12.12)

(24) 登録日 平成19年10月5日(2007.10.5)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 N 13/02 (2006.01)

GO 1 N 13/02

GO 1 N 11/00 (2006.01)

GO 1 N 11/00

A

請求項の数 15 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2004-341574 (P2004-341574)
 (22) 出願日 平成16年11月26日(2004.11.26)
 (65) 公開番号 特開2006-153535 (P2006-153535A)
 (43) 公開日 平成18年6月15日(2006.6.15)
 審査請求日 平成18年3月31日(2006.3.31)

(73) 特許権者 801000049
 財団法人生産技術研究奨励会
 東京都目黒区駒場四丁目6番1号
 (74) 代理人 110000235
 特許業務法人 天城国際特許事務所
 (72) 発明者 酒井 啓司
 東京都練馬区立野町10-33-705

審査官 ▲高▼見 重雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 力学物性の計測方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

力学的に変形可能な対象物質及びこの対象物質に隣接する物質との界面を横切るように電界を印加し、前記対象物質及び隣接する物質との誘電率の差により生じるエネルギー密度の差から前記界面に働くマクスウエル応力により前記対象物質界面の形状を変形し、その変形から前記対象物質の力学物性を測定することを特徴とする力学物性の計測方法。

【請求項2】

前記電界は、前記界面の両側に対向配置された一対の電極によって印加されることを特徴とする請求項1記載の力学物性の計測方法。

【請求項3】

前記一対の電極の少なくとも一方は針状の電極であることを特徴とする請求項2記載の力学物性の計測方法。

【請求項4】

前記電界は、時間的に変化する電界であることを特徴とする請求項2記載の力学物性の計測方法。

【請求項5】

前記時間的に変化する電界は、時間的に変動する包絡線を有する高周波電界であることを特徴とする請求項4記載の力学物性の計測方法。

【請求項6】

前記対象物質の変形の大きさから前記対象物質の表面張力を測定することを特徴とする

10

20

請求項 5 記載の力学物性の計測方法。

【請求項 7】

前記対象物質に時間的に変化する電界を印加し、その結果生ずる変形の時間的変化から対象物質の粘性を測定することを特徴とする請求項 5 記載の力学物性の計測方法。

【請求項 8】

前記対象物質界面の変形は、光を用いて計測することを特徴とする請求項 6 または 7 記載の力学物性の計測方法。

【請求項 9】

前記対象物質は液体その他のソフトマテリアルであり、前記隣接物質は空気であり、前記力学物性は表面張力、界面張力あるいは粘性であることを特徴とする請求項 1 記載の力学物性の計測方法。

10

【請求項 10】

試料槽内に蓄えられた液状の対象物質の表面を挟んで対向配置された一対の電極と、これらの電極間に電圧を印加するように接続された電源装置と、この電源装置から供給された電圧により、前記対象物質の表面に生じた変形形状を検出する手段と、を備えたことを特徴とする力学物性の計測装置。

【請求項 11】

前記電源装置は、任意波形発生器からの信号を増幅して得られた電圧を、前記一対の電極間に印加することを特徴とする請求項 10 記載の力学物性の計測装置。

【請求項 12】

20

前記電圧は、時間的に変化する電圧であることを特徴とする請求項 11 記載の力学物性の計測装置。

【請求項 13】

前記時間的に変化する電圧は、時間的に変動する包絡線を有する高周波電界であることを特徴とする請求項 12 記載の力学物性の計測装置。

【請求項 14】

前記対象物質の表面に生じた変形形状を検出する手段は、前記対象物質の表面にレーザー光を照射するレーザー光源と、この光源により照射され、前記対象物質表面で反射されたレーザー光を受光する光ビーム形状検出素子と、を備えたことを特徴とする請求項 13 記載の力学物性の計測装置。

30

【請求項 15】

前記対象物質の表面に生じた変形形状を検出する手段は、前記光ビーム形状検出素子により光电変換された電気信号が供給され、前記対象物質の表面形状を表す画像情報を蓄積するとともに、この画像を表示するデジタルオシロスコープと、このデジタルオシロスコープに蓄積された前記画像情報が供給され、表面形状の解析のための信号処理を行うコンピュータと、をさらに備えたことを特徴とする請求項 14 記載の力学物性の計測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、表面張力・界面張力ならびに粘性・弾性を測定するための方法及びその装置に係り、印加した電解によって生じるマックスウェル応力を用いて物質を変形することにより、非接触・非破壊で微量についても適用可能な、かつ迅速な表面張力・界面張力ならびに粘性・弾性の測定方法およびその装置の開発に関する。

40

【背景技術】

【0002】

表面張力測定および粘弾性測定は、医薬品、塗料、インク、化粧品、化学製品、紙、粘着剤、繊維、プラスチック、ビール、洗剤、コンクリート混和剤、シリコン等の製造過程で、品質管理、性能評価、原料管理、研究開発に必要不可欠な測定技術である。

【0003】

従来知られている表面張力測定法には以下に示すような方法がある。

50

【0004】

(1) 釣り板法、(2) 輪環法、(3) 接触角測定法、(4) 液滴法、(5) 最大泡圧法、(6) レーザー散乱法、(7) 光の放射圧を用いる方法、である。

【0005】

これらの内、(1)～(5)に関しては測定装置が市販されている。しかしながら、(1)～(5)の測定原理では操作が複雑で実験が難しいという欠点があった。また、液体表面や液界面に機械的な接触が必要なため、高温融液や微小領域の表面張力を測定することや、摂動を与えずに秒単位での経時変化を調べることは不可能だった。

【0006】

上記(6)および(7)の方法は、非接触測定が可能なので、秒単位以下での経時変化の測定や特殊環境下の測定などが可能であるが、装置が大掛かりになる点、測定対象物が透明な試料に限られるという欠点から一般的な方法とはいえない。

【0007】

また従来知られている粘性測定法には以下に示すような方法がある。

【0008】

(1) 粘度管法、(2) 振動子を接触させる方法、(3) 表面弾性波を用いる方法、(4) 回転子を用いる方法、(5) 剛体球を落下させる方法、(6) 動的散乱法、(7) 光の放射圧を用いる方法である。

【0009】

これらの内、(1)～(5)に関しては、対象試料に探触子を接触させて粘性を計測するものであり、試料の汚染などの問題があった。また探触子の融点を越えるような高温領域や腐食性の強い液体には適用できないという欠点があった。

【0010】

またこれらについては数ミリリットルという比較的多量の試料が必要であるという欠点があった。

【0011】

さらに、100000 cPを越える粘度を有する高粘性試料については、その粘性測定時間が長時間に渡るという欠点があった。

【0012】

さらに(6)および(7)について測定装置が大掛かりになるという欠点、また透明試料以外には適用できないという困難がある。

【0013】

次に、光の放射圧を用いて対象物の表面張力ならびに粘性を測定する方法及び装置については、例えば、本発明者等による論文「液体表面・界面張力の測定法」(文献1)により知られている。この方法は、光照射により測定対象物表面に非接触で力を与え、それを計測する(Sakai 他 Phys. Rev. E)。空気中を透過してきた光が試料との表面を通過する際に、空気中と試料内部との屈折率の差異のために光の波長に差が生じる。光の持つ運動量は、単位時間に透過する光のエネルギーを媒質中の光速で除して与えられるため、屈折率の異なる物質が接する表面あるいは界面で生じる光波長の差によって光の運動量に不連続な差が生じる。この差は表面あるいは界面に対する応力となって現れるため、光を試料の表面に照射し、これを透過させることにより表面あるいは界面に対して非接触に応力を印加することができる。

【0014】

印加された応力により対象物質である試料の形状は変化する。その最終的な変形状は表面あるいは界面が曲がって曲率を持つことによって生じるラプラス圧が、印加された応力とつりあうことにより達成される。このラプラス圧は物質の表面張力あるいは界面張力に、表面あるいは界面の曲率をかけて与えられるものであるから、印加された応力の値ならびにこれにより生じた変形あるいは変形の曲率を計測することにより、表面張力あるいは界面張力の絶対値を計測することができる。

【0015】

10

20

30

40

50

また応力印加後に最終形状に達するまでの時間は、対象物質の粘性により決まる。すなわち粘性が大きいほど変形速度に比例する粘性抵抗が大きくなるために、変形に時間を要する。印加された応力の分布を境界条件として流体の運動方程式を計算し、その結果が実際の変形と一致するようにパラメータの粘性係数を選択することによって、対象物質の粘性を計測することができる。

【0016】

この変形状態の測定については、異なる別の光を用いてその光を変形部分に照射し、反射形状の変化から曲率を求める方法、反射光の位置変化から変形個所の傾きを求める方法、光の干渉を用いて変形を測定する方法などがある。

【0017】

10

このように光の放射圧によって液体表面・界面あるいはその他のソフトマテリアルの表面・界面に応力を印加し、それに伴って生じる変形を計測することにより変形に対する復元力である表面張力・界面張力・ずり弾性・体積弾性、および抵抗力である粘性を決定する方法は、非接触であるという利点を有している。また一般の表面張力測定法が、変形を与えて生じた応力を計測するという原理に基づいているのに対し、この方法は応力によって生じた変形を計測するという逆の原理に基づいているため、微小な表面張力測定を行えるという利点がある。また光のビーム径程度の領域が測定対象となるために、光の集光により計測領域の空間分解能を1ミクロン程度まで高めることができるという利点もある。

【0018】

しかし光の放射圧による方法は、測定対象物が透明であるものに限られるという欠点が存在した。また光源にレーザーを用い、その収束光学系を組み込む必要があるために小型化が難しいという欠点があった。

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0019】

上記に示したように、これまで一般的に用いられている液体の表面張力測定法ならびに粘性測定法では、対象物質に対し探触子を接触させなければならないという欠点があり、また高粘性試料についてはその計測に長時間を要するという欠点があった。さらに一定精度を得るためにはある程度以上の量の試料が必要であった。また光を用いる方法では、非接触測定という利点は有するものの、その適用範囲は光を吸収・散乱しない透明物質に限られるという制約があった。

30

【0020】

以上の理由により、従来の原理に基づく手法では、表面・界面張力ならびに粘性といった液体や他のソフトマテリアルについて普遍的な物理量に関して、少量の試料で非接触にかつ迅速にそれらの値を計測することは困難であった。

【0021】

本発明は、上記状況に鑑みて、新しい測定原理に基づき、簡便で信頼性の高い表面張力・界面張力測定ならびに粘性測定のための新しい計測装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0022】

40

本発明の力学物性の計測方法は、力学的に変形可能な対象物質及びこの対象物質に隣接する物質との界面を横切るように電界を印加し、前記対象物質及び隣接する物質との誘電率の差により生じるエネルギー密度の差から前記界面に働くマクスウェル応力により前記対象物質界面の形状を変形し、その変形から前記対象物質の力学物性を測定することを特徴とするものである。

【0023】

また、本発明の力学物性の計測方法においては、前記電界は、前記界面の両側に対向配置された一対の電極によって印加されることを特徴とするものである。

【0024】

さらに、本発明の力学物性の計測方法においては、前記一対の電極の少なくとも一方は針

50

状の電極であることを特徴とするものである。

【0025】

さらに、本発明の力学物性の計測方法においては、前記電界は、時間的に変化する電界であることを特徴とするものである。

【0026】

さらに、本発明の力学物性の計測方法においては、前記時間的に変化する電界は、時間的に変動する包絡線を有する高周波電界であることを特徴とするものである。

【0027】

さらに、本発明の力学物性の計測方法においては、前記対象物質の変形の大きさから前記対象物質の表面張力を測定することを特徴とするものである。

10

【0028】

さらに、本発明の力学物性の計測方法においては、前記対象物質に時間的に変化する電界を印加し、その結果生ずる変形の時間的変化から対象物質の粘性を測定することを特徴とするものである。

【0029】

さらに、本発明の力学物性の計測方法においては、前記対象物質界面の変形は、光を用いて計測することを特徴とするものである。

【0030】

さらに、本発明の力学物性の計測方法においては、前記対象物質は液体その他のソフトマテリアルであり、前記隣接物質は空気であり、前記力学物性は表面張力、界面張力あるいは粘性であることを特徴とするものである。

20

【0031】

次に、本発明の力学物性の計測装置は、力学物性の試料槽内に蓄えられた液状の対象物質の表面を挟んで対向配置された一对の電極と、これらの電極間に電圧を印加するように接続された電源装置と、この電源装置から供給された電圧により、前記対象物質の表面に生じた変形形状を検出する手段と、を備えたことを特徴とするものである。

【0032】

また、本発明の力学物性の計測装置においては、前記電源装置は、任意波形発生器からの信号を増幅して得られた電圧を、前記一对の電極間に印加することを特徴とするものである。

30

【0033】

さらに、本発明の力学物性の計測装置においては、前記電圧は、時間的に変化する電圧であることを特徴とするものである。

【0034】

さらに、本発明の力学物性の計測装置においては、前記時間的に変化する電圧は、時間的に変動する包絡線を有する高周波電界であることを特徴とするものである。

【0035】

さらに、本発明の力学物性の計測装置においては、前記対象物質の表面に生じた変形形状を検出する手段は、前記対象物質の表面にレーザー光を照射するレーザー光源と、この光源により照射され、前記対象物質表面で反射されたレーザー光を受光する光ビーム形状検出素子と、を備えたことを特徴とするものである。

40

【0036】

さらに、本発明の力学物性の計測装置においては、前記対象物質の表面に生じた変形形状を検出する手段は、前記光ビーム形状検出素子により光電変換された電気信号が供給され、前記対象物質の表面形状を表す画像情報を蓄積するとともに、この画像を表示するデジタルオシロスコープと、このデジタルオシロスコープに蓄積された前記画像情報が供給され、表面形状の解析のための信号処理を行うコンピュータと、をさらに備えたことを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0037】

50

本発明によれば、電界を対象物質及びその周囲に印加し、これに伴って生じるマックスウェル応力による対象物質の変形を測定することで、表面張力・界面張力ならびに粘性を迅速に、高い信頼性で精度よく、かつ微小量の試料について計測することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0038】

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0039】

図1は本発明に係る表面張力・界面張力または粘性計測方法の原理を説明するための図である。図1に示すように、試料槽101内の液状の対象物質102の表面近傍に一对の電極103、104を配置し、この電極間に電源装置105から電圧を印加する。一对の電極の内の方の電極103は、対象物質102の表面上方に配置され、他方の電極104は対象物質102の内部に配置され、対象物質102の表面を挟んで互いに対向するように配置されている。

10

【0040】

すなわち、本発明では、対象物質の表面に変形を誘起するための一定の応力の印加を、対象物質ならびにその周辺に電界を印加することにより行う。対向する電極に電位差を与えると対象物質の内部及び外部に電界が発生し、電気力線は対象物質の表面を貫いて片側の電極から他方の電極を結ぶ。

【0041】

このとき表面あるいは界面をはさんで向き合う二つの媒質の誘電率（自由表面の場合には他方の媒質を空気あるいは真空として扱う）をそれぞれ ϵ_1 、 ϵ_2 、また両媒質内部の電界大きさを E_1 、 E_2 とすると、電界 E_1 、 E_2 の向き及び大きさは界面を境に不連続的に変化する。電界の印加の状態を表現する電気力線には、その接線方向には張力が働き、また隣り合う電気力線同士には斥力が働くため（マックスウェル応力）、界面を境にした上記電界の不連続のために、媒質の表面あるいは界面に有限の応力が現れる。

20

【0042】

この応力は対象物質の表面形状の変形を誘起する。変形は、変形に伴って表面あるいは界面に生じるラプラス圧が、印加された応力とつりあった状態で静止する。印加した電界及びそれから計算される物質内部のエネルギー密度は既知であり、したがって表面に加わる応力は既知である。ラプラス圧は表面形状と表面張力あるいは界面張力によって一意に決定される。具体的にはラプラス圧は微小な変形に対しては表面の曲率と表面張力あるいは界面張力との積で与えられるため、表面形状あるいは表面の局所的な曲率を計測することにより表面張力あるいは界面張力を計測することができる。

30

【0043】

電界により応力を印加した後の変形の時間変化は、対象物質の慣性ならびに粘性によって決定される。物質の密度は既知であるため、変形の時間変化を計測することにより対象物質の粘性を計測することができる。

【0044】

図2は対象物質に電界を印加するための電極の形状ならびに電極と対象物質との位置関係を示す。同図(a)は、対象物質102が一方の電極104上にセル106に挿入されて設置される場合、同図(b)は、一方の電極104上に対象物質102が直接塗布される場合、同図(c)は、樹脂107などによりコーティングされた電極104上に対象物質102が塗布される場合、同図(d)は、一方の電極104を試料槽101内の対象物質102中に挿入した場合をそれぞれ示している。

40

【0045】

なお、対象物質102が液体ではなく、柔軟性を有する薄膜材料である場合には、薄膜の両側に電極を対向して設置する。

【0046】

次に、電極103、104の形状としては、面状の他に針状、線状などが利用可能ある。針状の電極は試料表面に接近させることにより試料表面の1mm以下のごく狭い領域に

50

電荷を集中させることができるので、対象物質 102 の局所的な物性を計測する上で有効である。また線状の電極は、線状の表面変形を誘起するために、解析的な理論計算を行いやすい 1 次元系での計測であるという利点を有する。面状の電極では、広い領域に一様の電界を印加することにより、試料表面及びその近傍の物性を画像として同時に捉えることができるという利点を有する。

【0047】

次に、図 3 を参照して、電界によって印加される応力の求め方、ならびにこれを用いた表面張力・界面張力ならびに粘性を求めるための変形応答の理論解析について説明する。

【0048】

図 3 は一対の針状の電極を用いた場合の、計測対象物質と電極の位置関係の一例を示す説明図である。同図において図 1 に対応する部分には同一の符号が付されている。一方の針状電極 104 は対象物質 102 の内部においてその先端が深さ d_1 の場所に位置するように設置されている。他方の針状電極 103 は、その先端が対象物質 102 の表面から間隙 d_2 を置いて設置される。これらの電極 103、104 間に図示しないが電源装置により電位差 V が印加された場合、針状電極間において

$$E_1 d_1 + E_2 d_2 = V$$

が成り立つ。また媒質を隔てて電束密度の面に垂直な成分が連続であるという要請から $E_1 \varepsilon_1 = E_2 \varepsilon_2$ が成り立つ。両式を連立させて E_1 、 E_2 を求め、既知の ε_1 、 ε_2 を用いて界面を挟んだ両媒質内部の単位体積あたりのエネルギー密度を計算し、その差から表面あるいは界面に働く応力を知る。

【0049】

次に表面・界面張力及び粘性を求める具体的な方法について説明する。図 3 において簡単のために $d_1 = d_2$ とし、また試料の誘電率は真空の誘電率と同程度とする。電場を印加した場合、電極に励起される電荷はほぼその先端部分に集中して帯電すると考えられるため、試料すなわち、対象物質 102 の表面における電界の強さは、試料外部、および内部においてそれぞれ

【数 1】

$$\begin{aligned} |E_1(r)| &= \frac{q}{2\pi(\varepsilon_2 + \varepsilon_1)(r^2 + d^2)^{3/2}} (r^2 + \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} d^2)^{1/2} \\ |E_2(r)| &= \frac{q}{2\pi(\varepsilon_2 + \varepsilon_1)(r^2 + d^2)^{3/2}} (r^2 + d^2)^{1/2} \end{aligned} \quad (1)$$

【0050】

と表される。ここで r は対向する電極直下から表面に沿って測った距離、 q は帯電している電荷量、 ε_0 は真空の誘電率である。これにより生じる応力は、近似的に

【数 2】

$$p(r) = \frac{q^2(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{8\pi^2(\varepsilon_2 + \varepsilon_1)^2} \left[\frac{1}{(r^2 + d^2)^2} + \frac{(\varepsilon_2/\varepsilon_1 - 1)d^2}{(r^2 + d^2)^3} \right] \quad (2)$$

と表される。表面の変形を $\xi(r)$ とすると、平衡状態における表面の形状は

$$\sigma \Delta s \xi(r) = p(r) \quad (3)$$

で与えられる。ここで Δs は表面方向のラプラス演算子である。この式を解くことによって、表面張力の絶対値を得ることができる。

【0051】

より簡便には、誘起される表面変形の電極直下での曲率半径 R は $R = \sigma / p(0)$ である。この曲率から表面張力を求めることができる。

【0052】

また電極間距離を $2d$ とすると、電場は面に沿った方向におよそ d 程度の広がりをもつ

10

20

30

40

50

。試料の粘性を η とすると変形に要する時間 τ は $\tau = \eta d / \sigma$ の程度である。この時間より粘性を求めることができる。より厳密には(3)式を解いて得られる表面形状について、ナビエストークス方程式を用いてその後の運動を計算することにより、正確な粘性の値を得ることができる。 d を $100\mu\text{m}$ 程度、 σ を 0.05 程度とすれば、水のほぼ $1,000,000$ 倍の粘性である $\eta = 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ の粘性について、その時定数は秒の程度であり、このような高粘性液体についてもきわめて迅速な測定が可能である。

【0053】

また、印加する電源として、時間的に変化する包絡線を有する高周波電界を印加することもできる。この包絡線としては、例えば、 $+100\text{V}$ と -100V の間で所定の繰り返し周期例えば、 100Hz で断続する周波数 10kHz の高周波バースト信号である。この場合、たとえ対象物質中に移動可能な電荷が存在していたとしても、印加する交流電場の周期が電荷の移動に要する時間に比べて十分に短時間であれば、電荷の移動により対象物質中に分極が形成されることはなく、電荷の存在は測定結果に影響を与えない。すでに述べたとおり、マックスウェル応力は電場の2乗に比例するために、交流電場によっても同様の計測を行うことが可能である。

10

【0054】

この変形状態の測定については、異なる別の光を用いてその光を変形部分に照射し、反射形状の変化から曲率を求める方法、反射光の位置変化から変形個所の傾きを求める方法、光の干渉を用いて変形を測定する方法などがある。

【0055】

20

また電極間に電圧を印加した際に、電極間に流れる変位電流を電流計により測定することにより、電極間の静電容量の時間変化を計測し、これから対象物質の変形を計測する方法がある。

【0056】

図4は本発明の表面張力・界面張力または粘性を測定するための計測装置の実施形態を示すブロック図である。同図においては、図1の構成要素に対応する部分には同一符号を付している。図示のように、電源401は、任意波形発生器402からの信号を増幅して得られた電圧を、電極103、104間に印加する。一方の電極104は、対象物質101内に浸漬されている。電源401には電圧計403が並列に接続されており、電源401の出力電圧を測定する。また、電源401には電流計404が直列に接続されており、電源401の出力電流を測定する。レーザー光源405は、対象物質102の表面にレーザー光を照射し、対象物質101の表面での反射光が光ビーム形状検出素子406により検出される。この検出された反射光は、ここで光電変換され、変換された電気信号はデジタルオシロスコープ407に供給される。デジタルオシロスコープ407は、光ビーム形状検出素子406の出力信号から、対象物質102の表面形状を表す画像を表示するとともに、その画像信号をコンピュータ408に供給しここで表面形状の解析のための信号処理が行われる。

30

【0057】

次にこの装置による測定動作を説明する。電源401は任意波形発生器402からの信号を増幅して得られた電圧を、電極103、104に印加する。電極103、104間に生じた電界に伴って対象物質102の表面に応力が生じ、これによって対象物質102の表面が変形する。この変形した対象物質102の表面には、レーザー光源405からのレーザー光が照射され、その反射光を光ビーム形状検出素子406により検出する。光ビーム形状検出素子406により検出された電気信号はデジタルオシロスコープ407により記憶され、表面形状の画像が表示される。また、光ビーム形状検出素子406により検出された電気信号はコンピュータ408に供給され、ここで信号処理、フィッティングを経て表面張力・界面張力ならびに粘性が決定される。

40

【0058】

ここで、任意波形発生器402からの信号を用いて、103、104間に印加する電圧波形と、光ビーム形状検出素子406による応答の処理方式としては、正弦信号をその周

50

波数を掃引しながら応答信号の振幅と位相を検出するスペクトル計測方式、矩形波・三角波・パルス電場などを印加して応答をフーリエ変化してスペクトルを求める方式などが利用可能である。

【0059】

なお、レーザー光源405からのレーザー光が照射され、その反射光を光ビーム形状検出素子406により検出する代わりに、電圧に応答して流れる電極103、104間の変位電流を計測して、対象物質の変形を計測することも可能である。

【0060】

次に、上記の実施形態に死した測定装置を用いて、いくつかの試料の表面張力・界面張力ならびに粘性を測定した実施例について説明する。

10

【実施例1】

【0061】

上記の装置で界面活性剤であるドデシル硫酸ナトリウム(SDS)溶液の表面張力を測定した結果を図5に示す。同図はSDS溶液表面における表面変形量と濃度によって変化する表面張力を示す図であり、縦軸は表面変化量に比例する光検出器の出力振幅(相対単位)、横軸は表面張力を示している。図の実線は計算によって求められた理論曲線であり、実験結果とよく一致している。

【実施例2】

【0062】

上記の装置で、標準粘度液について針状の電極を用いて電界を印加し、これに伴って生じる変形を計測した結果を図6および図7に示す。すなわち、図6は標準粘度液(粘度100cP)表面に、矩形型の電界を印加した際の表面の変形の時間応答を示す図で、縦軸は表面変化量に比例する光検出器の出力振幅(相対単位)、横軸は矩形波状の電界を印加した後における変形量が自然対数e分の1に減衰するまでの時間、すなわち、時定数である。実線は標準粘度液の粘性、および電極形状から決まる電界分布を既知のものとして計算された理論曲線であり、実験結果と極めてよく一致していることがわかる。

20

【0063】

図7は様々な粘度を有する各種の粘度標準試料について、表面変形応答の特徴的時間を測定したものであり、この結果から、変形の時間応答を測定することにより1cP~1,000,000cPまでの広い領域にわたる粘性係数を精度よく計測できていることがわかる。

30

【0064】

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0065】

以上、詳細に説明したように、本発明によれば、電界を対象物質及びその周囲に印加し、これに伴って生じるマックスウエル応力による対象物質の変形を測定することで、表面張力・界面張力ならびに粘性を迅速に、高い信頼性で精度よくかつ微量の試料について計測することができる。

【図面の簡単な説明】

【0066】

40

【図1】本発明に係る表面張力・界面張力あるいは粘性測定法の原理図である。

【図2】本発明に係る表面張力・界面張力あるいは粘性測定法における対象物質と電極の位置関係を示す図である。

【図3】本発明に係る表面張力・界面張力あるいは粘性測定法における対象物質と電極の位置関係、および印加される応力を求めるための原理を示す図である。

【図4】本発明の表面張力または界面張力測定装置の実施形態を示すブロック図である。

【図5】図4に示す装置により、ドデシル硫酸ナトリウム水溶液表面の表面張力と表面変形量を測定した結果を示す図である。

【図6】図4に示す装置により、粘度標準液における、矩形電解印加時の表面の変形の時間応答を測定した結果を示す図である。

50

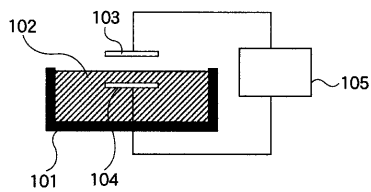
【図 7】 図 4 に示す装置により粘度測定の際に用いる各種粘度標準試料の粘性と、表面変形応答の時定数の関係を示す図である。

【符号の説明】

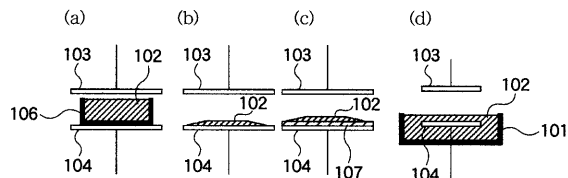
【0067】

101…試料槽、102…対象物質、103、104…電極、105…電源装置、401…電源、402…任意波形発生器、403…電圧計、404…電流計、405…レーザー光源、406…光ビーム形状検出素子、407…デジタルオシロスコープ、408…コンピュータ

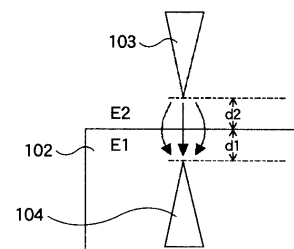
【図 1】



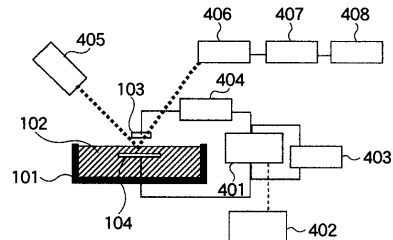
【図 2】



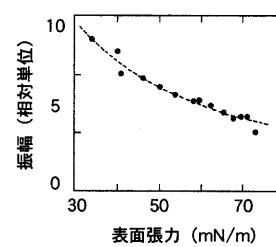
【図 3】



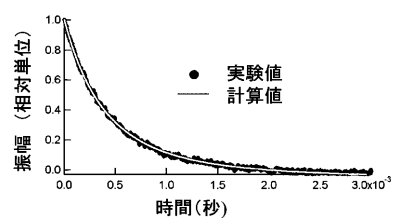
【図 4】



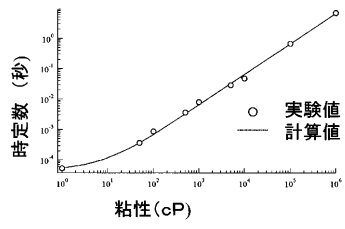
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-114206 (JP, A)
特開2001-249262 (JP, A)
実開昭56-164159 (JP, U)
特開平02-006728 (JP, A)
特開2003-065930 (JP, A)
特開平05-302883 (JP, A)
吉武裕美子, 美谷周二朗, 酒井啓司, 高木堅志郎, レーザーピックアップ法によるゲルの表面物性測定, 応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 日本, 2004年 3月28日, Vol.51st, No.3, Page.1427
吉武裕美子, 美谷周二朗, 酒井啓司, 高木堅志郎, 光ピックアップを用いた高粘性液体の表面張力測定, 応用物理学学会学術講演会講演予稿集, 日本, 2003年 8月30日, Vol.64th, No.3, Page.927

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 11/00-13/02