

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02019/003715

発行日 令和2年4月30日(2020.4.30)

(43) 国際公開日 平成31年1月3日(2019.1.3)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード(参考)		
GO 1 N	21/85	(2006.01)	GO 1 N	21/85	B	2 F 0 3 4
GO 1 N	21/17	(2006.01)	GO 1 N	21/17	A	2 G 0 5 1
GO 1 P	13/00	(2006.01)	GO 1 P	13/00	D	2 G 0 5 9

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 36 頁)

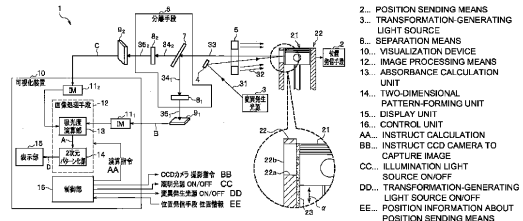
出願番号	特願2019-526683 (P2019-526683)	(71) 出願人	000125369 学校法人東海大学 東京都渋谷区富ヶ谷2丁目28番4号
(21) 国際出願番号	PCT/JP2018/019417	(74) 代理人	110001807 特許業務法人磯野国際特許商標事務所
(22) 国際出願日	平成30年5月18日(2018.5.18)	(72) 発明者	畔津 昭彦 神奈川県平塚市北金目四丁目1番1号 東海大学内
(31) 優先権主張番号	特願2017-127827 (P2017-127827)	(72) 発明者	北嶋 一慶 神奈川県平塚市北金目四丁目1番1号 東海大学内
(32) 優先日	平成29年6月29日(2017.6.29)	(72) 発明者	倉辻 風樹 神奈川県平塚市北金目四丁目1番1号 東海大学内
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流体の計測方法、計測装置および計測システム

(57) 【要約】

流体(23)の流れを可視化する計測方法であって、変異発生光(31)を照射することで光の吸収量が変化するフォトクロミック化合物を流体(23)に溶解する準備工程と、フォトクロミズムを生じさせる変異発生光(31)を流体(23)に照射する変異発生光照射工程と、変異発生光(31)を照射した後の流体(23)の画像を撮影する変異後画像撮影工程と、を有し、前記変異後画像撮影工程では、変異発生光(31)が照射されることによって光の吸収量が変化する第1の波長領域の第1の光を用いて流体(23)を撮影することで第1画像(B)を生成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流体の計測方法であって、

変異発生光を照射することで光の吸収量に変化するフォトクロミック化合物を前記流体に溶解する準備工程と、

フォトクロミズムを生じさせる変異発生光を前記流体に照射する変異発生光照射工程と

、
前記変異発生光を照射した後の前記流体の画像を撮影する変異後画像撮影工程と、を有し、

前記変異後画像撮影工程では、変異発生光が照射されることによって光の吸収量に変化する第 1 の波長領域の第 1 の光を用いて前記流体を撮影することで第 1 画像を生成する、ことを特徴とする計測方法。

10

【請求項 2】

前記変異後画像撮影工程では、前記吸収量が全くまたは殆ど変化しない第 2 の波長領域の第 2 の光を用いて、前記第 1 画像の撮影と同時刻の前記流体を撮影した第 2 画像をさらに生成し、

前記変異後画像撮影工程の後で、前記第 1 画像および前記第 2 画像を用いて第 3 画像を生成する画像処理工程を有する、ことを特徴とする請求項 1 に記載の計測方法。

【請求項 3】

前記変異後画像撮影工程で撮影した第 1 画像を構成する画素の光強度を「 I_{1_1} 」とし、

前記変異後画像撮影工程で撮影した第 2 画像を構成する画素の光強度を「 I_{2_1} 」とした場合に、

20

前記画像処理工程では、次式(1)を用いて各画素における吸光度 A_1 を計算し、各画素の計算結果を 2 次元パターン化することで前記第 3 画像を生成する

$$A_1 = -\text{LOG}(I_{1_1}/I_{2_1}) \cdots \text{式(1)}$$

ことを特徴とする請求項 2 に記載の計測方法。

【請求項 4】

前記変異発生光照射工程の前で、前記変異発生光を照射する前の前記流体の第 1 画像および第 2 画像を撮影する変異前画像撮影工程を有し、

前記変異前画像撮影工程で撮影した第 1 画像を構成する画素の光強度を「 I_{1_0} 」とし、

前記変異前画像撮影工程で撮影した第 2 画像を構成する画素の光強度を「 I_{2_0} 」とした場合に、

30

前記画像処理工程では、次式(2)を用いて各画素における吸光度 A を計算し、各画素の計算結果を 2 次元パターン化することで前記第 3 画像を生成する

$$A = -\text{LOG}(I_{1_1}/I_{2_1}) - (-\text{LOG}(I_{1_0}/I_{2_0})) \cdots \text{式(2)}$$

ことを特徴とする請求項 3 に記載の計測方法。

【請求項 5】

前記変異後画像撮影工程では、前記吸収量が全くまたは殆ど変化しない第 2 の波長領域の第 2 の光を用いて、前記第 1 画像の撮影と同時刻の前記流体を撮影した第 2 画像をさらに生成し、

前記変異後画像撮影工程の後で、前記第 1 画像および前記第 2 画像を用いて前記流体の厚さを算出する流体厚さ算出工程を有する、ことを特徴とする請求項 1 に記載の計測方法。

40

【請求項 6】

前記変異後画像撮影工程で撮影した第 1 画像を構成する画素の光強度を「 I_{1_1} 」とし、

前記変異後画像撮影工程で撮影した第 2 画像を構成する画素の光強度を「 I_{2_1} 」とし、

前記フォトクロミック化合物を溶解した後の前記流体の吸光係数を「 μ 」とした場合に

、
前記流体厚さ算出工程では、

次式(1)を用いて変異発生光が照射された領域の画素における吸光度 A_1 を計算し、

50

$$A_1 = -\text{LOG}(I_{11} / I_{21}) \cdots \text{式}(1)$$

さらに、次式(3)を用いて流体厚さ l を計算する、

$$l = A_1 / \mu \cdots \text{式}(3)$$

ことを特徴とする請求項5に記載の計測方法。

【請求項7】

前記変異発生光照射工程の前で、前記変異発生光を照射する前の前記流体の第1画像および第2画像を撮影する変異前画像撮影工程を有し、

前記変異前画像撮影工程で撮影した第1画像を構成する画素の光強度を「 I_{10} 」とし、

前記変異前画像撮影工程で撮影した第2画像を構成する画素の光強度を「 I_{20} 」とした場合に、

前記流体厚さ算出工程では、

次式(2)を用いて変異発生光が照射された領域の画素における吸光度 A を計算し、

$$A = -\text{LOG}(I_{11} / I_{21}) - (-\text{LOG}(I_{10} / I_{20})) \cdots \text{式}(2)$$

さらに、次式(4)を用いて流体厚さ l を計算する、

$$l = A / \mu \cdots \text{式}(4)$$

ことを特徴とする請求項6に記載の計測方法。

【請求項8】

フォトリソグラフィを生じさせる変異発生光が照射されることによって特定の波長領域の光の吸収量が増加するフォトリソグラフィ化合物が溶解された流体の流れを可視化する計測装置であって、

前記吸収量が増加する第1の波長領域の第1の光を用いて前記流体を撮影した第1画像を記憶する第1画像記憶手段と、

前記吸収量が全くまたは殆ど変化しない第2の波長領域の第2の光を用いて、前記第1画像の撮影と同時に前記流体を撮影した第2画像を記憶する第2画像記憶手段と、

前記第1画像および前記第2画像を用いて前記流体の流れを可視化した第3画像を生成する画像処理手段と、を備え、

前記画像処理手段は、前記変異発生光を照射した後の前記流体を撮影した前記第1画像および前記第2画像を用いて第3画像を生成する、

ことを特徴とする計測装置。

【請求項9】

前記変異発生光を照射した後の第1画像を構成する画素の光強度を「 I_{11} 」とし、

前記変異発生光を照射した後の第2画像を構成する画素の光強度を「 I_{21} 」とした場合に、

に、

前記画像処理手段は、次式(1)を用いて各画素における吸光度 A_1 を計算し、各画素の計算結果を2次元パターン化することで前記第3画像を生成する

$$A_1 = -\text{LOG}(I_{11} / I_{21}) \cdots \text{式}(1)$$

ことを特徴とする請求項8に記載の計測装置。

【請求項10】

前記変異発生光を照射する前の第1画像を構成する画素の光強度を「 I_{10} 」とし、

前記変異発生光を照射する前の第2画像を構成する画素の光強度を「 I_{20} 」とした場合に、

に、

前記画像処理手段は、次式(2)を用いて各画素における吸光度 A を計算し、各画素の計算結果を2次元パターン化することで前記第3画像を生成する

$$A = -\text{LOG}(I_{11} / I_{21}) - (-\text{LOG}(I_{10} / I_{20})) \cdots \text{式}(2)$$

ことを特徴とする請求項9に記載の計測装置。

【請求項11】

フォトリソグラフィを生じさせる変異発生光が照射されることによって特定の波長領域の光の吸収量が増加するフォトリソグラフィ化合物が溶解された流体の厚さを測定する計測装置であって、

前記吸収量が増加する第1の波長領域の第1の光を用いて前記流体を撮影した第1画像

を記憶する第 1 画像記憶手段と、

前記吸収量が全くまたは殆ど変化しない第 2 の波長領域の第 2 の光を用いて、前記第 1 画像の撮影と同時刻の前記流体を撮影した第 2 画像を記憶する第 2 画像記憶手段と、

前記第 1 画像および前記第 2 画像を用いて前記流体の厚さを算出する流体厚さ算出手段と、を備え、

前記流体厚さ算出手段は、前記変異発生光を照射した後の前記流体を撮影した前記第 1 画像および前記第 2 画像を用いて前記流体の厚さを算出する、

ことを特徴とする計測装置。

【請求項 1 2】

前記変異発生光を照射した後の第 1 画像を構成する画素の光強度を「 I_{1_1} 」とし、

前記変異発生光を照射した後の第 2 画像を構成する画素の光強度を「 I_{2_1} 」とし、

前記フォトクロミック化合物を溶解した後の前記流体の吸光係数を「 μ 」とした場合に

10

前記流体厚さ算出手段は、

次式 (1) を用いて変異発生光が照射された領域の画素における吸光度 A_1 を計算し、

$$A_1 = - \text{LOG} (I_{1_1} / I_{2_1}) \cdots \text{式} (1)$$

さらに、次式 (3) を用いて流体厚さ l を計算する、

$$l = A_1 / \mu \cdots \text{式} (3)$$

ことを特徴とする請求項 1 1 に記載の計測装置。

【請求項 1 3】

前記変異発生光を照射する前の第 1 画像を構成する画素の光強度を「 I_{1_0} 」とし、

前記変異発生光を照射する前の第 2 画像を構成する画素の光強度を「 I_{2_0} 」とした場合に、

20

前記流体厚さ算出手段は、

次式 (2) を用いて変異発生光が照射された領域の画素における吸光度 A を計算し、

$$A = - \text{LOG} (I_{1_1} / I_{2_1}) - (- \text{LOG} (I_{1_0} / I_{2_0})) \cdots \text{式} (2)$$

さらに、次式 (4) を用いて流体厚さ l を計算する、

$$l = A / \mu \cdots \text{式} (4)$$

ことを特徴とする請求項 1 2 に記載の計測装置。

【請求項 1 4】

請求項 8 ないし請求項 1 0 の何れか 1 項に記載された計測装置と、

前記第 1 の光および前記第 2 の光を含む照明光を前記流体に照射する照明手段と、

前記流体を透過した後の前記照明光を前記第 1 の波長領域の第 1 の光と前記第 2 の波長領域の第 2 の光とに分離する分離手段と、

前記分離手段により分離された前記第 1 の光を撮像し、前記第 1 画像を生成する第 1 撮像手段と、

前記分離手段により分離された前記第 2 の光を撮像し、前記第 2 画像を生成する第 2 撮像手段と、を備え、

前記照明手段は、前記第 1 撮像手段および前記第 2 撮像手段が撮影を行うタイミングに前記照明光を照射するタイミングを合わせたパルス光として前記照明光を照射する、

ことを特徴とする計測システム。

40

【請求項 1 5】

前記変異発生光を照射する変異発生光源を備え、

前記変異発生光源は、前記流体の流れを可視化する領域を決定するために光のサイズを任意の大きさに調整する機能と、前記変異発生光を前記流体の任意の位置に照射する機能とを備え、

前記任意の大きさの前記変異発生光を前記流体の流れを可視化する前記任意の位置にパルス光として前記流体に照射する、ことを特徴とする請求項 1 4 に記載の計測システム。

【請求項 1 6】

往復動または回転する駆動部が前記流体の中にある場合に、前記駆動部の位置情報を受

50

信し、前記照明手段または前記変異発生光源が前記流体に照射するタイミングを制御する制御部をさらに備え、

前記制御部は、前記駆動部が特定の位置にあるときに前記変異発生光をパルス光として照射するとともに、前記駆動部が特定の撮影位置にあるときに撮影する、ことを特徴とする請求項 15 に記載の計測システム。

【請求項 17】

前記照明手段は、前記第 1 の光と前記第 2 の光とを別々の光として選択的に発生させる、ことを特徴とする請求項 14 に記載の計測システム。

【請求項 18】

請求項 11 ないし請求項 13 の何れか 1 項に記載された計測装置と、
前記第 1 の光および前記第 2 の光を含む照明光を前記流体に照射する照明手段と、
前記流体を透過した後の前記照明光を前記第 1 の波長領域の第 1 の光と前記第 2 の波長領域の第 2 の光とに分離する分離手段と、

前記分離手段により分離された前記第 1 の光を撮像し、前記第 1 画像を生成する第 1 撮像手段と、

前記分離手段により分離された前記第 2 の光を撮像し、前記第 2 画像を生成する第 2 撮像手段と、

前記変異発生光を照射する変異発生光源と、を備え、

前記変異発生光源は、前記流体の厚さ方向に対して、フォトクロミック化合物を完全に変異させる、

ことを特徴とする計測システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、流体の計測方法、計測装置および計測システムに関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、機械的な運動を行う場合、互いに摺動する部材間に薄膜を形成して動作を滑らかにする潤滑剤等の流体を介在させている。例えば、ピストン、シリンダ、すべり軸受などでは機械的に円滑に作動させることが要求され、すべり面には潤滑油が入れられる。ピストン、シリンダ、すべり軸受などを円滑に作動するためには、形状、境界面の間隔、潤滑油の量や質などの最適化が必要になる。

【0003】

従来、ピストン - シリンダ間の油膜の潤滑状態を把握するために、フォトクロミック反応を生じる物質を用いて油膜内流れの可視化を実現する技術が提案されている（非特許文献 1 参照）。

フォトクロミック反応とは、紫外光などの光を特定の物質に照射することにより当該物質の色素の分子構造を変化させ、それに伴って吸収スペクトルが変化する現象である。つまり、色素の分子構造を変化する前の物質は吸収スペクトルが無いので、光を照射しても着色されないが、色素の分子構造が変化した物質は特定の波長領域の光を照射すると、光を吸収して着色する。

【0004】

非特許文献 1 に記載される技術では、潤滑油（エンジンオイル）にフォトクロミック化合物を含有し、フォトクロミック化合物の色素の分子構造を変化させるための光（例えば、紫外光）をエンジンオイルに照射し、色素の分子構造が変化した部分を時間経過と共に撮影する。ここで、潤滑油の撮影は、観測用の照明光（例えば、白色光）を照射した状態でカメラを用いて行われる。

【0005】

観測用の照明光を測定部のエンジンオイルに当てることによりエンジンオイルからの反射光（厳密にはエンジンオイルを透過し背面のエンジンから反射してくる光）を得られる

10

20

30

40

50

が、この反射光は、フォトクロミズムにより吸収スペクトルが変化した影響で、吸収された波長域では反射光強度が低下する。その為、時間経過と共に反射光強度の結果を撮影し、撮影した撮影画像を解析することでエンジンオイルが流れる様子が分かる。

ここで、光の吸収量を表す指標として吸光度があり、撮影画像の解析は吸光度を用いて行われる。吸光度は以下の式で求められる。

【0006】

着色前後の光強度（撮影画像の強度値）を

I_{before} ……着色前の光強度

I_{after} ……着色後の光強度

とすると、吸光度 A_s の計算式は、以下の式となる。なお、LOG は常用対数である。

$$A_s = -\text{LOG} (I_{after} / I_{before})$$

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】畔津昭彦、北嶋一慶著、「油膜内流れの可視化に関する研究」、日本機械学会2015年度年次大会講演論文集、一般社団法人 日本機械学会、2015年

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

非特許文献1に記載される技術によれば、油膜の潤滑状態を把握することが可能であるが、駆動部の動き、油膜表面の動き、気泡の分布等による油膜の変動がノイズとして含まれ、詳細な油膜の流れを把握することができず、油膜のより詳細な潤滑状態を観測したいという要望がある。その為には、フォトクロミズムを従来技術よりも鮮明に撮影・解析する必要がある。

しかし、非特許文献1には、このような要望を満たす具体的な技術内容について、記載も示唆もされていない。

【0009】

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであって、動く物体中、変化する場のような測定環境でも測定対象物を計測することができる計測方法、計測装置および計測システムを提供することを課題とする。

ここで、フォトクロミズムを生じさせる変異発生光を照射することによって、特定の波長領域の吸収量に変化したフォトクロミック化合物のことを、変異フォトクロミック化合物と定義する。また、測定対象物の計測には、例えば、時間経過に伴う流れの可視化や特定時刻における厚さの測定などが含まれる。

【課題を解決するための手段】

【0010】

前記課題を解決するために、本発明の一態様による計測方法は、流体の流れを可視化する計測方法であって、変異発生光を照射することで光の吸収量に変化するフォトクロミック化合物を前記流体に溶解する準備工程と、フォトクロミズムを生じさせる変異発生光を前記流体に照射する変異発生光照射工程と、前記変異発生光を照射した後の前記流体の画像を撮影する変異後画像撮影工程と、を有する。

前記変異後画像撮影工程では、変異発生光が照射されることによって光の吸収量に変化する第1の波長領域の第1の光を用いて前記流体を撮影することで第1画像を生成する。

【0011】

このような工程を有する計測方法は、光の吸収量に変化する第1の波長領域を用いて流体を撮影するので、第1画像では流体内部の変異フォトクロミック化合物が着色された状態で写し出される。その為、第1画像を観察することにより、従来よりも正確に流体を計測することができる。例えば、第1画像を観察することで着色部がどこにあるのか、周りの流体と比べてどうなのかがダイレクトにわかり、流体の流れを鮮明に可視化することができる。また、着色部の着色濃度を観察することで、特定時刻における着色部の厚さを測定

10

20

30

40

50

することができる。

【0012】

また、計測方法は、前記変異後画像撮影工程では、前記吸収量が全くまたは殆ど変化しない第2の波長領域の第2の光を用いて、前記第1画像の撮影と同時刻の前記流体を撮影した第2画像をさらに生成し、前記変異後画像撮影工程の後で、前記第1画像および前記第2画像を用いて第3画像を生成する画像処理工程を行うのがよい。

【0013】

例えば、第3画像は、第1画像と第2画像との比を取ってから対数を算出することにより生成される。具体的には、前記画像処理工程では、次式(1)を用いて各画素における吸光度A1を計算し、各画素の計算結果を2次元パターン化することで前記第3画像を生成するのがよい。なお、LOGは常用対数である。

10

$$A1 = -\text{LOG}(I1_1 / I2_1) \cdots \text{式}(1)$$

ここで、「I1₁」は、前記変異後画像撮影工程で撮影した第1画像を構成する画素の光強度である。「I2₁」は、前記変異後画像撮影工程で撮影した第2画像を構成する画素の光強度である。

【0014】

また、計測方法は、前記変異後画像撮影工程では、前記吸収量が全くまたは殆ど変化しない第2の波長領域の第2の光を用いて、前記第1画像の撮影と同時刻の前記流体を撮影した第2画像をさらに生成し、前記変異後画像撮影工程の後で、前記第1画像および前記第2画像を用いて前記流体の厚さを算出する流体厚さ算出工程を行うのがよい。

20

【0015】

例えば、流体の厚さは、吸光度と厚さとの関係(例えば、比例)により算出する。具体的には、前記流体厚さ算出工程では、次式(1)を用いて変異発生光が照射された領域の画素における吸光度A1を計算し、

$$A1 = -\text{LOG}(I1_1 / I2_1) \cdots \text{式}(1)$$

さらに、次式(3)を用いて流体厚さlを計算するのがよい。

$$l = A1 / \mu \cdots \text{式}(3)$$

ここで、「I1₁」は、前記変異後画像撮影工程で撮影した第1画像を構成する画素の光強度である。「I2₁」は、前記変異後画像撮影工程で撮影した第2画像を構成する画素の光強度である。「μ」は、前記フotokロミック化合物を溶解した後の前記流体の吸光係数である。

30

【0016】

また、本発明の一態様による計測装置は、フotokロミズムを生じさせる変異発生光が照射されることによって特定の波長領域の光の吸収量が変化するフotokロミック化合物が溶解された流体の流れを可視化する計測装置である。

この計測装置は、前記吸収量が変化する第1の波長領域の第1の光を用いて前記流体を撮影した第1画像を記憶する第1画像記憶手段と、前記吸収量が全くまたは殆ど変化しない第2の波長領域の第2の光を用いて、前記第1画像の撮影と同時刻の前記流体を撮影した第2画像を記憶する第2画像記憶手段と、前記第1画像および前記第2画像を用いて前記流体の流れを可視化した第3画像を生成する画像処理手段と、を備える。

40

前記画像処理手段は、前記変異発生光を照射した後の前記流体を撮影した前記第1画像および前記第2画像を用いて第3画像を生成する。

【0017】

例えば、第3画像は、第1画像と第2画像との比を取ってから対数を算出することにより生成される。具体的には、前記画像処理手段は、次式(1)を用いて各画素における吸光度A1を計算し、各画素の計算結果を2次元パターン化することで前記第3画像を生成するのがよい。なお、LOGは常用対数である。

$$A1 = -\text{LOG}(I1_1 / I2_1) \cdots \text{式}(1)$$

ここで、「I1₁」は、前記変異発生光を照射した後の第1画像を構成する画素の光強度である。「I2₁」は、前記変異発生光を照射した後の第2画像を構成する画素の光強度で

50

ある。

【 0 0 1 8 】

また、本発明の一態様による計測装置は、フォトクロミズムを生じさせる変異発生光が照射されることによって特定の波長領域の光の吸収量が変化するフォトクロミック化合物が溶解された流体の厚さを測定する計測装置である。

この計測装置は、前記吸収量が変化する第1の波長領域の第1の光を用いて前記流体を撮影した第1画像を記憶する第1画像記憶手段と、前記吸収量が全くまたは殆ど変化しない第2の波長領域の第2の光を用いて、前記第1画像の撮影と同時刻の前記流体を撮影した第2画像を記憶する第2画像記憶手段と、前記第1画像および前記第2画像を用いて前記流体の厚さを算出する流体厚さ算出手段と、を備える。

10

前記流体厚さ算出手段は、前記変異発生光を照射した後の前記流体を撮影した前記第1画像および前記第2画像を用いて前記流体の厚さを算出する。

【 0 0 1 9 】

例えば、流体の厚さは、吸光度と厚さとの関係（例えば、比例）により算出する。具体的には、前記流体厚さ算出手段は、次式（1）を用いて変異発生光が照射された領域の画素における吸光度 A_1 を計算し、

$$A_1 = -\text{LOG}(I_{11} / I_{21}) \cdots \text{式}(1)$$

さらに、次式（3）を用いて流体厚さ l を計算するのがよい。

$$l = A_1 / \mu \cdots \text{式}(3)$$

ここで、「 I_{11} 」は、前記変異発生光を照射した後の第1画像を構成する画素の光強度である。「 I_{21} 」は、前記変異発生光を照射した後の第2画像を構成する画素の光強度である。「 μ 」は、前記フォトクロミック化合物を溶解した後の前記流体の吸光係数である。

20

【 0 0 2 0 】

このような工程を有する計測方法は、光の吸収量が変化する第1の波長領域を用いて流体の第1画像を撮影し、また、吸光度が全くまたは殆ど変化しない第2の波長領域を用いて流体の第2画像を撮影する工程を備えている。また、このような構成を備える計測装置は、光の吸収量が変化する第1の波長領域を用いて流体を撮影した第1画像を記憶し、また、吸光度が全くまたは殆ど変化しない第2の波長領域を用いて流体を撮影した第2画像を記憶する。

30

第1の波長領域は変異フォトクロミック化合物の光の吸収量が変化する領域なので、第1画像では流体内部の変異フォトクロミック化合物が着色された状態で写し出される。ここで、流体の状況（例えば、油膜厚さ）が変化した場合に、第1画像に写し出される変異フォトクロミック化合物の分布と同時に、装置の汚れや傷等による変色や、流体表面の動き、気泡の分布等の流体の状況の変化の影響が同時にノイズとして反映される。

第2の波長領域は変異フォトクロミック化合物であっても光の吸収量が全くまたは殆ど変化しない領域なので、第2画像では流体内部の変異フォトクロミック化合物が着色されずに、装置の汚れや傷等による変色や、流体表面の動き、気泡の分布等の流体の状況が写し出される。

ここで、同時刻の第1画像および第2画像には、同じ状態の流体表面の動き、気泡の分布等の流体の状況が写し出されるので、第1画像および第2画像を用いた第3画像では、流体の表面の動き、気泡の分布等の流体の状況の変化の影響等の様々なノイズが低減され、着色された変異フォトクロミック化合物の分布の変化がより鮮明に写し出される。また、同様に、第1画像および第2画像を用いて算出した流体厚さ l は、様々なノイズの影響が低減されることにより正確な値となる。

40

【 0 0 2 1 】

また、計測方法は、前記変異発生光照射工程の前で、前記変異発生光を照射する前の前記流体の第1画像および第2画像を撮影する変異前画像撮影工程を有し、前記画像処理工程では、次式（2）を用いて各画素における吸光度 A を計算し、各画素の計算結果を2次元パターン化することで前記第3画像を生成するのがよい。なお、LOGは常用対数であ

50

る。

$$A = -\text{LOG}(I_{11} / I_{21}) - (-\text{LOG}(I_{10} / I_{20})) \cdots \text{式}(2)$$

ここで、「 I_{10} 」は、前記変異前画像撮影工程で撮影した第1画像を構成する画素の光強度である。「 I_{20} 」は、前記変異前画像撮影工程で撮影した第2画像を構成する画素の光強度である。

【0022】

また、計測方法は、前記変異発生光照射工程の前で、前記変異発生光を照射する前の前記流体の第1画像および第2画像を撮影する変異前画像撮影工程を有し、前記流体厚さ算出工程では、次式(2)を用いて変異発生光が照射された領域の画素における吸光度Aを計算し、

$$A = -\text{LOG}(I_{11} / I_{21}) - (-\text{LOG}(I_{10} / I_{20})) \cdots \text{式}(2)$$

さらに、次式(4)を用いて流体厚さ l を計算するのがよい。

$$l = A / \mu \cdots \text{式}(4)$$

ここで、「 I_{10} 」は、前記変異前画像撮影工程で撮影した第1画像を構成する画素の光強度である。「 I_{20} 」は、前記変異前画像撮影工程で撮影した第2画像を構成する画素の光強度である。

【0023】

また、計測装置は、前記画像処理手段が、次式(2)を用いて各画素における吸光度Aを計算し、各画素の計算結果を2次元パターン化することで前記第3画像を生成するのがよい。なお、LOGは常用対数である。

$$A = -\text{LOG}(I_{11} / I_{21}) - (-\text{LOG}(I_{10} / I_{20})) \cdots \text{式}(2)$$

ここで、「 I_{10} 」は、前記変異発生光を照射する前の第1画像を構成する画素の光強度である。「 I_{20} 」は、前記変異発生光を照射する前の第2画像を構成する画素の光強度である。

【0024】

また、計測装置は、前記流体厚さ算出手段が、次式(2)を用いて変異発生光が照射された領域の画素における吸光度Aを計算し、

$$A = -\text{LOG}(I_{11} / I_{21}) - (-\text{LOG}(I_{10} / I_{20})) \cdots \text{式}(2)$$

さらに、次式(4)を用いて流体厚さ l を計算するのがよい。

$$l = A / \mu \cdots \text{式}(4)$$

ここで、「 I_{10} 」は、前記変異発生光を照射する前の第1画像を構成する画素の光強度である。「 I_{20} 」は、前記変異発生光を照射する前の第2画像を構成する画素の光強度である。

【0025】

このような工程を有する計測方法、および、このような構成を備える計測装置は、前記変異発生光を照射する前の流体を撮影した第1画像および第2画像と、前記変異発生光を照射した後の流体を撮影した第1画像および第2画像とを用いて第3画像を生成し、または、流体厚さ l を計算する。

ここで、第1の波長領域の光、第2の波長領域の光によって反射率が異なる部分がある場合(例えば、エッジ部)や、2つの光源を使う等によって第1の波長領域の光と第2の波長領域の光の強度分布が異なる場合(例えば、第1画像上部が明るく、第2画像下部が明るい等の場合)であっても、変異発生光を照射する前の第1画像と変異発生光を照射した後の第1画像および変異発生光を照射する前の第2画像と変異発生光を照射した後の第2画像には、ほぼ同じ状態の第1の波長領域の光および第2の波長領域の光によって流体の状況が写し出される。

その為、第3画像には、装置の汚れや傷等による変色の影響の軽減だけではなく、第1の波長領域の光、第2の波長領域の光の波長の違いによって反射率が異なる部分や、第1の波長領域の光と第2の波長領域の光の強度分布が異なることによって生ずる光による様々なノイズが同時に低減され、着色された変異フオトクロミック化合物の分布の変化がより鮮明に写し出される。これにより、動く物体中や変化する場のような流体の状況が変化

10

20

30

40

50

し易い測定環境でも、流体の流れをより鮮明に可視化することができる。また、同様に、流体厚さ1は、これらのノイズの影響が低減されることにより正確な値となる。

【0026】

また、本発明の一態様による計測システムは、前記計測装置と、前記第1の光および前記第2の光を含む照明光を前記流体に照射する照明手段と、前記流体を透過した後の前記照明光を前記第1の波長領域の第1の光と前記第2の波長領域の第2の光とに分離する分離手段と、を備える。

また、計測システムは、前記分離手段により分離された前記第1の光を撮像し、前記第1画像を生成する第1撮像手段と、前記分離手段により分離された前記第2の光を撮像し、前記第2画像を生成する第2撮像手段と、を備える。

前記照明手段は、前記第1撮像手段および前記第2撮像手段が撮影を行うタイミングに前記照明光を照射するタイミングを合わせたパルス光として前記照明光を照射する。

【0027】

このような構成を備える計測システムは、撮影を行うタイミングで照明光を照射するので、撮影を行わない時間帯に照明光を照射せずにすむ。その為、照明光の光や熱による変異フォトクロミック化合物の変異を減衰させる期間を短くすることができ、また撮影に十分な照明光量を照射できるので、流体の長時間の流れを鮮明に可視化することができる。

【0028】

また、計測システムは、前記変異発生光を照射する変異発生光源を備えるのがよい。この変異発生光源が、前記流体の流れを可視化する領域を決定するために光のサイズを任意の大きさに調整する機能と、前記変異発生光を前記流体の任意の位置に照射する機能とを備え、前記任意の大きさの前記変異発生光を前記流体の流れを可視化する前記任意の位置にパルス光として前記流体に照射する。

【0029】

このような構成を備える計測システムは、流体の流れを可視化する領域を任意の大きさと、任意の場所に調節することができる。また、変異発生光源がパルス光を照射するので、流体の流れによって可視化する領域となる着色部の像のぶれを最小限にすることができる。

【0030】

また、計測システムは、往復動または回転する駆動部が前記流体の中にある場合に、前記駆動部の位置情報を受信し、前記照明手段または前記変異発生光源が前記流体に照射するタイミングを制御する制御部をさらに備えるのがよい。

前記制御部は、前記駆動部が特定の位置にあるときに前記変異発生光をパルス光として照射するとともに、前記駆動部が特定の撮影位置にあるときに撮影する。

【0031】

このような構成を備える計測システムは、変異発生光源がフォトクロミズムを生じさせる光をパルス光として照射するので、駆動部が流体の中にある場合であっても照射位置を流体の特定の位置に限定できる。また、駆動部の動きに同期させて撮影を行うので、撮影される変異発生光を照射する前の第1画像および第2画像と、変異発生光を照射した後の第1画像および第2画像には駆動部が同じ位置に写ることになる。その為、前記変異発生光を照射する前後の画像を対比することができるので、駆動部の移動に伴う流体の流れを可視化することができる。

【0032】

また、計測システムは、前記照明手段が、前記第1の光と前記第2の光とを別々の光として選択的に発生させるのがよい。

【0033】

このような構成を備える計測システムは、第1の照明光と第2の照明光とを明確に区別した照明光を同時に照射するため、余分な波長の照明光を含んでいないことから、照明光源による過剰な光の光強度や熱を抑えることができることから、変異フォトクロミック化合物の減衰を抑制することができ、高精度の第1画像および第2画像を生成することがで

10

20

30

40

50

きる。

【0034】

また、計測システムは、前記計測装置と、前記第1の光および前記第2の光を含む照明光を前記流体に照射する照明手段と、前記流体を透過した後の前記照明光を前記第1の波長領域の第1の光と前記第2の波長領域の第2の光とに分離する分離手段と、を備える。

この計測システムは、前記分離手段により分離された前記第1の光を撮像し、前記第1画像を生成する第1撮像手段と、前記分離手段により分離された前記第2の光を撮像し、前記第2画像を生成する第2撮像手段と、前記変異発生光を照射する変異発生光源と、を備える。

前記変異発生光源は、前記流体の厚さ方向に対して、フォトリソミック化合物を完全に変異させる。

【0035】

このような構成を備える計測システムは、流体の厚さを正確に測定することができる。

【発明の効果】

【0036】

本発明によれば、動く物体中、変化する場のような測定環境でも測定対象物を計測することができる。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】本発明の第1実施形態に係る流体の流れ可視化システムの概略構成図である。

【図2】本発明の第1実施形態に係る流体の流れ可視化システムが備える分離手段の特性を説明するための図である。

【図3】本発明の第1実施形態に係る流体の流れ可視化システムの全体動作を示すフローチャートである。

【図4】本発明の第1実施形態に係る流体の流れ可視化システムの基準画像撮影工程を示すフローチャートである。

【図5】本発明の第1実施形態に係る流体の流れ可視化システムのフォトリソミズム発生工程を示すフローチャートである。

【図6】本発明の第1実施形態に係る流体の流れ可視化システムの比較画像撮影工程を示すフローチャートである。

【図7】本発明の第1実施形態に係る流体の流れ可視化システムの画像処理工程を示すフローチャートである。

【図8】本発明の第1実施形態に係る流体の流れ可視化システムの全体動作を示すフローチャートである。

【図9】本発明の第1実施形態に係る流体の流れ可視化システムの基準画像撮影工程を示すフローチャートである。

【図10】本発明の第1実施形態に係る流体の流れ可視化システムのフォトリソミズム発生工程を示すフローチャートである。

【図11】本発明の第1実施形態に係る流体の流れ可視化システムの比較画像撮影工程を示すフローチャートである。

【図12】本発明の第1実施形態に係る流体の流れ可視化システムの画像処理工程を示すフローチャートである。

【図13】本発明の第1実施形態に係る流体の流れ可視化システムを用いて、ピストンを静止している状態で潤滑油を時間経過と共に撮影した画像から生成した第3画像を示す図であり、(a)はフォトリソミック化合物にフォトリソミズムを生じさせる光を照射した直後(0秒)の第3画像を示し、(b)は10秒後の第3画像を示し、(c)は20秒後の第3画像を示し、(d)は30秒後の第3画像を示す。

【図14】本発明の第2実施形態に係る流体の流体厚さ測定システムの概略構成図である。

【図15】吸光度と流体厚さとの関係を知るための実験の様子を示した図である。

10

20

30

40

50

【図 1 6】吸光度と流体厚さとの関係を示す図である。

【図 1 7】当該実験で求めた吸光係数を用いて算出した試験溶液の厚さの分布を示す図である。

【図 1 8】本発明の第 2 実施形態に係る流体の流体厚さ測定システムの全体動作を示すフローチャートである。

【図 1 9】本発明の第 2 実施形態に係る流体の流体厚さ測定システムのフォトクロミズム発生工程を示すフローチャートである。

【図 2 0】本発明の第 2 実施形態に係る流体の流体厚さ測定システムの流体厚さ算出工程を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

10

【0038】

以下、本発明の実施するための形態を、適宜図面を参照しながら詳細に説明する。

各図は、本発明を十分に理解できる程度に、概略的に示してあるに過ぎない。よって、本発明は、図示例のみに限定されるものではない。また、参照する図面において、本発明を構成する部材の寸法は、説明を明確にするために誇張して表現されている場合がある。なお、各図において、共通する構成要素や同様な構成要素については、同一の符号を付し、それらの重複する説明を省略する。

【0039】

第 1 実施形態では、測定対象である流体の時間経過に伴う流れを可視化する場合について説明する。また、第 2 実施形態では、測定対象である流体の特定時刻における厚さを測定する場合について説明する。なお、流体の流れの可視化や流体の厚さの測定は、測定対象である流体の計測の一例である。

20

【0040】

[第 1 実施形態]

流体の流れ可視化システムの構成

流体の流れ可視化システム（以下では単に「可視化システム」）は、測定対象である流体の流れを可視化するシステムであり、例えばピストン、シリンダ、すべり軸受などのすべり面である動く物体中で使用される潤滑剤の潤滑状態を可視化する。なお、可視化システムは、流体の計測システムの一例である。

【0041】

本実施形態では、図 1 に示すように、ピストン 2 1 とシリンダ 2 2 との間に介在される流体 2 3 の流れを可視化する場合を想定して説明を行うことにする。

30

ピストン 2 1 はシリンダ 2 2 内を 方向に往復動する駆動部である。流体 2 3 は時間の経過と共に流れており、特にピストン 2 1 がシリンダ 2 2 内を駆動することによって流体 2 3 の状況（例えば、厚さ）は変化する。シリンダ 2 2 には開口部 2 2 a が形成されており、開口部 2 2 a にはガラスなどの透明な材料でできた嵌合部材 2 2 b が設置されている。これにより、シリンダ 2 2 の外部から開口部 2 2 a を介して、流体 2 3 を観察することができる。以下では、開口部 2 2 a を介して観察できる流体 2 3 の範囲を観察部と称する。

【0042】

流体 2 3 には、図示しないフォトクロミック化合物が溶解されている。フォトクロミック化合物は、例えば、スピロピラン系の 1,3,3-Trimethylindolino-6'-nitrobenzopyrylos piran である。このスピロピラン系の化合物は、特定波長の光を吸収することで、無色のスピロピランから発色するメロシアニン構造へと変化する。流体 2 3 は、フォトクロミック化合物を溶解することができるものであればよく、例えば油である。流体 2 3 の粘度は特に限定されず、流体 2 3 には粘度が高い物質（例えば、ゲル状の物質）も含まれる。

40

【0043】

図 1 に示すように、本実施形態に係る可視化システム 1 は、位置発信手段 2 と、変異発生光源 3 と、ミラー 4 と、照明光源 5 と、分離手段 6 と、一組の CCD カメラ 9₁、9₂ と、流体の流れ可視化装置 1 0（以下では単に「可視化装置 1 0」）とを備えて構成される

50

。なお、ここではＣＣＤカメラとしたが、第１の波長領域および第２の波長領域の光を撮影できるカメラであれば、ＣＭＯＳや撮像管を使うものなど様々なカメラであってよい。

分離手段６は、イメージスプリッティングダイクロイックミラー（ＤＭ）７と、一組のバンドパスフィルタ（ＢＰＦ） 8_1 、 8_2 とを備えて構成される。

可視化装置１０は、一組のイメージメモリ 11_1 、 11_2 と、画像処理手段１２と、表示部１５と、制御部１６とを備えて構成される。画像処理手段１２は、さらに吸光度演算部１３と、２次元パターン化部１４とを備えて構成される。なお、可視化装置１０は、流体の計測装置の一例である。

【００４４】

位置発信手段２は、駆動部であるピストン２１の位置情報を可視化装置１０に発信する。なお、ピストン２１を静止させた状態で時間の経過による流体２３の潤滑状態を観測する場合、可視化システム１は位置発信手段２を含まない構成でよい。

位置発信手段２は、例えばピストン２１に繋がるクランク（図示せず）に取り付けられたエンコーダから回転位置を取得し、予め決められた回転位置で信号を可視化装置１０に出力する。また、位置発信手段２は、エンジンへの制御信号に基づいて信号を出力するもの、ピストン２１の位置を直接検出して信号を出力するもの、時間経過からピストン２１の位置を予測して信号を検出するものなどであってもよい。高速回転している回転軸を支持する軸受の潤滑状態を観測する場合、回転軸の角度信号を可視化装置１０に出力する。

【００４５】

変異発生光源３は、開口部２２ａを介して流体２３に含まれるフォトリソミック化合物にフォトリソミズムを生じさせる変異発生光３１を照射する装置である。変異発生光３１の波長は、フォトリソミック化合物の種類によって適宜選択されるのがよく、例えば紫外光である。変異発生光源３は、例えば窒素レーザー（波長３３７ｎｍ）やＹＡＧレーザー（波長１０６４ｎｍ）であり、紫外光を発射する場合にはＹＡＧレーザーの第三高調波や第四高調波を使う。ピストン２１の往復動による流体２３の潤滑状態を観測する場合、変異発生光３１をパルス発振するのがよい。変異発生光３１をパルス発振するタイミングは、ピストン２１の往復動作に対応させるのがよく、変異発生光３１は、ピストン２１の特定の位置に照射される。流体中の測定する範囲を調整する方法としては、変異発生光源３にレーザーを用いることや、レンズで焦点を絞ることで変異発生光３１を照射する範囲を狭めることができる。また、レンズで焦点を広げることで、変異発生光３１を照射する範囲を広げることができる。なお、測定範囲の調整は、変異発生光３１を照射する範囲を調整できれば、この方法に限定されない。

【００４６】

流体２３に溶解されたフォトリソミック化合物の色素の分子構造は、変異発生光３１によって変異し、それに伴って特定の波長領域における光の吸収量が変化する。以下では、変異発生光３１を照射されることにより光の吸収量が変化する波長領域を「第１の波長領域」と称し、変異発生光３１を照射されても光の吸収量が全くまたは殆ど変化しない波長領域を「第２の波長領域」と称する。第１の波長領域は、例えば緑色の光に対応する波長領域であり、第２の波長領域は、例えば赤色の光に対応する波長領域である。

なお、フォトリソミズムによる色素の分子構造の変異は可逆的であり、熱や光の吸収によって元の分子構造に逆変異する。その為、分子構造が変異した後の流体２３を撮影する場合には、変異フォトリソミック化合物に与える熱や光の量を最小限に抑えるのがよい。流体２３の撮影についての詳細は後述する。

【００４７】

ミラー４は、変異発生光３１を反射する装置である。このミラー４は、変異発生光３１を特定の照射位置に反射させるように設置されている。

【００４８】

照明光源５は、開口部２２ａを介して撮影に必要な照明光３２を流体２３に照射する装置である。照明光３２は、第１の波長領域の光と第２の波長領域の光とを含む。以下では、照明光３２の中で第１の波長領域の光を「第１の照明光」と称し、第２の波長領域の光

10

20

30

40

50

を「第2の照明光」と称する。照明光源5は、例えば白色LED (Light Emitting Diode) である。

【0049】

照明光源5は、流体23を撮影するタイミングに合わせて照明光32をパルス光として照射する。照明光32を照射する時間は、変異フォトリソミック化合物における分子構造の逆変異を最小限に抑えるために、流体23の撮影を行える範囲の内できるだけ短い時間(例えば数ミリ秒)であるのがよい。原理的には、CCDカメラ9₁、9₂のシャッタが開き、CCD(撮像素子)が露光されている時間(以下では「シャッタ時間」と称する)より短ければよい。CCDカメラ9₁、9₂のシャッタ時間以上の露光は、変異フォトリソミック化合物の変異を減衰させるだけなので望ましくない。

10

【0050】

なお、照明光源5の形状は、本発明との関係で特に限定されるものではない。照明光源5は、例えば棒状(棒状)や矩形のものであってもよい。また、照明光源5は、第1の照明光と第2の照明光とを選択的に発射する別々の装置として構成されていてもよい。

【0051】

分離手段6は、照明光32が流体23に反射された光(厳密には流体23を透過してピストン21に反射した光)である反射光33を、第1の波長領域と第2の波長領域とに分離する装置である。ここでは、イメージスプリッティングダイクロミックミラー7とバンドパスフィルタ8₁、8₂とを備える構成を例示したが、反射光33を第1の波長領域と第2の波長領域とに分離することができれば、分離手段6は他の方法であってもよい。また、ここでの分離手段6は、イメージスプリッティングダイクロミックミラー(DM)7と、一組のバンドパスフィルタ(BPF)8₁、8₂とを備える単一の装置として示しているが、イメージスプリッティングダイクロミックミラー7とバンドパスフィルタ8₁、8₂とは別々の装置として構成されてもよい。なお、分離手段6は、その処理過程において反射光33により撮像される画像形状を維持する必要がある。

20

【0052】

イメージスプリッティングダイクロミックミラー7は、反射波長帯と透過波長帯とを有しており、反射光33の中で反射波長帯の光34₁を反射し、反射光33の中で透過波長帯の光34₂を透過する。例えば、反射波長帯には第1の波長領域が含まれ、一方、透過波長帯には第2の波長領域が含まれる。

30

【0053】

図2を参照して、ここでのイメージスプリッティングダイクロミックミラー7の反射・透過特性について説明する。図2に示す曲線41は、変異フォトリソミック化合物の吸光特性を示すものであり、光の波長[nm]と流体23に溶解されるフォトリソミック化合物の吸光度(着色前の光強度と着色後の光強度との比率の対数)との関係を表している。ここでのフォトリソミック化合物は、変異発生光31を照射することにより、波長が520nm周辺の光の吸収量が最も変化し、波長が長くなる又は短くなるにつれて光の吸収量の変化も小さくなる。そして、波長が700nmを超えたあたりから光の吸収量は殆ど変化しない。

【0054】

また、図2に示す曲線42は、イメージスプリッティングダイクロミックミラー7の反射・透過特性を示すものであり、光の波長[nm]と透過率[%]との関係を表している(Semrock社、製品コード:FF560-FDi01-25×36)。ここでのイメージスプリッティングダイクロミックミラー7は、波長が570nm未満の光を反射し、波長が570nm以上の光を透過させる。つまり、イメージスプリッティングダイクロミックミラー7の反射波長帯(波長が570nm未満)には、第1の波長領域が含まれており、一方、透過波長帯(波長が570nm以上)には、第2の波長領域が含まれている。したがって、イメージスプリッティングダイクロミックミラー7は、第1の波長領域を含む光34₁を反射すると共に第2の波長領域を含む光34₂を透過することにより分離している。

40

【0055】

50

バンドパスフィルタ 8_1 , 8_2 は、特定の波長領域の光を通過させる装置である。図 2 を参照して、ここでのバンドパスフィルタ 8_1 , 8_2 の透過特性について説明する。図 2 に示す曲線 4 3 は、バンドパスフィルタ 8_1 の透過特性を示すものであり、光の波長 [nm] と透過率 [%] との関係を表している (Semrock 社, 製品コード: FF01-512/25-25)。ここでのバンドパスフィルタ 8_1 は、波長が 490 ~ 540nm 周辺の光を透過させ、それ以外の領域の波長を透過させない。バンドパスフィルタ 8_1 が透過させる波長の領域には、第 1 の波長領域が含まれる。以下では、バンドパスフィルタ 8_1 を通過した光を「第 1 の反射光 35_1 」称する。

【 0 0 5 6 】

また、図 2 に示す曲線 4 4 は、バンドパスフィルタ 8_2 の透過特性を示すものであり、光の波長 [nm] と透過率 [%] との関係を表している (Semrock 社, 製品コード: FF01-630/92-25)。ここでのバンドパスフィルタ 8_2 は、波長が 580 ~ 680nm 周辺の光を透過させ、それ以外の領域の波長を透過させない。バンドパスフィルタ 8_2 が透過させる波長の領域には、第 2 の波長領域が含まれる。以下では、バンドパスフィルタ 8_2 を通過した光を「第 2 の反射光 35_2 」称する。

10

【 0 0 5 7 】

CCD カメラ 9_1 , 9_2 は、流体 2 3 の撮影画像を生成する装置である。

CCD カメラ 9_1 は、バンドパスフィルタ 8_1 を通過した第 1 の反射光 35_1 (例えば、波長が 490 ~ 540nm 周辺の光) により流体 2 3 の第 1 画像 B を生成する。ここでの第 1 画像 B には、変異発生光 3 1 を照射する前のものと変異発生光 3 1 を照射した後のものとが含まれる。以下では、変異発生光 3 1 を照射する前のものを「第 1 画像 B_{10} 」で表し、変異発生光 3 1 を照射した後のものを「第 1 画像 B_{11} 」で表す場合がある。

20

CCD カメラ 9_2 は、バンドパスフィルタ 8_2 を通過した第 2 の反射光 35_2 (例えば、波長が 580 ~ 680nm 周辺の光) により流体 2 3 の第 2 画像 C を生成する。ここでの第 2 画像 C には、変異発生光 3 1 を照射する前のものと変異発生光 3 1 を照射した後のものとが含まれる。以下では、変異発生光 3 1 を照射する前のものを「第 2 画像 C_{10} 」で表し、変異発生光 3 1 を照射した後のものを「第 2 画像 C_{11} 」で表す場合がある。

【 0 0 5 8 】

可視化装置 1 0 は、CCD カメラ 9_1 , 9_2 によって生成された第 1 画像 B 及び第 2 画像 C から流体 2 3 の流れを可視化する装置である。

30

イメージメモリ (IM) 11_1 , 11_2 は、CCD カメラ 9_1 , 9_2 によって生成された撮影画像を記憶する装置である。イメージメモリ 11_1 には CCD カメラ 9_1 によって生成された第 1 画像 B が記憶され、イメージメモリ 11_2 には CCD カメラ 9_2 によって生成された第 2 画像 C が記憶される。イメージメモリ 11_1 , 11_2 は、「第 1 画像記憶手段」、「第 2 画像記憶手段」の一例である。なお、イメージメモリ 11_1 , 11_2 は、一つの装置であってもよく、その場合には一つのイメージメモリ 1 1 に第 1 画像 B および第 2 画像 C が記憶される。

【 0 0 5 9 】

バンドパスフィルタ 8_1 を通過した第 1 の反射光 35_1 は、第 1 の波長領域の光なので、時間経過と共に撮影された第 1 画像 B には流体 2 3 内の変異フォトクロミック化合物の各時刻における分布が写し出される。ここで、流体 2 3 の状況 (例えば、油膜厚さ) が変化した場合に、第 1 画像 B に写し出される変異フォトクロミック化合物の分布には、流体の状況の変化の影響が反映される。一方、バンドパスフィルタ 8_2 を通過した第 2 の反射光 35_2 は、第 2 の波長領域の光なので、時間経過と共に撮影された第 2 画像 C には各時刻における流体 2 3 の状況が写し出される。

40

【 0 0 6 0 】

画像処理手段 1 2 は、イメージメモリ 11_1 , 11_2 から第 1 画像 B 及び第 2 画像 C を取得し、取得した第 1 画像 B 及び第 2 画像 C を用いて画像処理を行い、第 3 画像 D を新たに生成する。画像処理手段 1 2 は、吸光度演算部 1 3 と、2 次元パターン化部 1 4 とを備えて構成される。画像処理手段 1 2 は、例えば CPU (Central Processing Unit) による

50

プログラム実行処理や、専用回路等により実現される。

【0061】

吸光度演算部13は、変異発生光31を照射する前の流体23を撮影した第1画像 B_{10} および第2画像 C_{10} と、変異発生光31を照射した後の流体23を撮影した第1画像 B_{11} および第2画像 C_{11} とを用い、これらの画像の比を取ってから対数を算出し、これらの差分を算出することで吸光度を算出する。

例えば、変異発生光31を照射する前の第1画像 B_{10} を構成する画素の光強度を「 I_{10} 」とし、変異発生光31を照射する前の第2画像 C_{10} を構成する画素の光強度を「 I_{20} 」と定義する。また、変異発生光31を照射した後の第1画像 B_{11} を構成する画素の光強度を「 I_{11} 」とし、変異発生光31を照射した後の第2画像 C_{11} を構成する画素の光強度を「 I_{21} 」と定義する。

10

この場合に、吸光度演算部13は、次式(2)を用いて各画素における吸光度 A を計算する。なお、 LOG は常用対数である。

$$A = -\text{LOG}(I_{11}/I_{21}) - (-\text{LOG}(I_{10}/I_{20})) \cdots \text{式(2)}$$

$$= -\text{LOG}((I_{11}/I_{21}) / (I_{10}/I_{20})) \cdots \text{式(2)}$$

【0062】

2次元パターン化部14は、吸光度演算部13により算出された吸光度 A に基づいて第3画像 D を生成する。2次元パターン化部14は、例えば前記式(2)により計算された各画素の吸光度を2次元パターン化することで第3画像 D を生成する。

その為、第3画像 D には、流体の状況の変化の影響を低減した変異フォトリソミック化合物の分布の変化が写し出される。これにより、可視化装置10は、流体の流れをより鮮明に可視化することができる。

20

【0063】

表示部15は、例えばディスプレイであり、2次元パターン化部14により生成された第3画像 D を表示する。

制御部16は、可視化システム1を構成する装置(位置発信手段2、変異発生光源3、照明光源5、CCDカメラ 9_1 、 9_2 、画像処理手段12など)を制御する。詳細は後記する「流体の流れ可視化システムの動作」で説明する。制御部16は、例えばCPU(Central Processing Unit)、ROM(Read Only Memory)、RAM(Random Access Memory)等により構成される。なお、可視化装置10以外の装置が制御部16を備える構成でもよい。

30

【0064】

流体の流れ可視化システムの動作

次に、本実施形態の可視化システム1の動作について説明する。本実施形態の可視化システム1は、駆動部であるピストン21が静止している状態、及び運動している状態の何れかの状態の流体23を開口部22aを通して撮影し、流体23の流れを可視化することができる。ここで、駆動部であるピストン21が静止している状態の流体23を時間経過と共に撮影することで、時間の経過による流体23の潤滑状態を観測することができる。一方、駆動部であるピストン21が運動している状態の流体23を時間経過と共に撮影することで、ピストン21の往復動による流体23の潤滑状態を観測することができる。なお、可視化システム1の動作は、流体の計測方法の一例である。

40

【0065】

<駆動部であるピストンが静止している場合の動作>

図3ないし図7を参照して(適宜、図1参照)、駆動部であるピストン21が静止している場合の動作について説明する。図3は、流体の流れ可視化システム1の全体動作を示すフローチャートであり、図4ないし図7は、各工程を説明するためのフローチャートである。

【0066】

最初に、可視化する流体23にフォトリソミック化合物を溶解し(ステップS1)、また、流体の流れ可視化システム1の測定環境を整える(ステップS2)。これにより、事

50

前の準備が完了する。ステップ S 1, S 2 は、特許請求の範囲の「準備工程」である。

【0067】

次に、基準画像撮影工程を行う（ステップ S 3）。ここでの基準画像は、フotokロミック化合物がフotokロミズムを発生させる前の画像であり、第 1 画像 B₁₀ および第 2 画像 C₁₀ を少なくとも 1 枚ずつを撮影する。基準画像としての第 1 画像 B₁₀ と第 2 画像 C₁₀ とは、同時刻に撮影されたものである。ステップ S 3 は、特許請求の範囲の「変異前画像撮影工程」である。

【0068】

次に、フotokロミズム発生工程を行う（ステップ S 4）。フotokロミズム発生工程は、紫外光などの変異発生光 3 1 を流体 2 3 に照射することにより、フotokロミック化合物を変異させる工程である。この工程で、流体の可視化する領域が確定する。ステップ S 4 は、特許請求の範囲の「変異発生光照射工程」である。

10

【0069】

次に、比較画像撮影工程を行う（ステップ S 5）。比較画像は、フotokロミック化合物がフotokロミズムを発生させた後の画像であり、第 1 画像 B₁₁ および第 2 画像 C₁₁ を少なくとも 1 枚ずつ撮影する。比較画像としての第 1 画像 B₁₁ と第 2 画像 C₁₁ とは、同時刻に撮影されたものである。ステップ S 5 は、特許請求の範囲の「変異後画像撮影工程」である。

【0070】

次に、画像処理工程を行う（ステップ S 6）。画像処理工程は、基準画像撮影工程で撮影した第 1 画像 B₁₀ および第 2 画像 C₁₀ と、比較画像撮影工程で撮影した第 1 画像 B₁₁ および第 2 画像 C₁₁ とを用いて第 3 画像 D を生成する。第 3 画像 D には、装置の汚れや傷等による変色の影響の軽減だけではなく、流体の表面の動き、気泡の分布等の流体の状況の変化の影響等の様々なノイズが同時に低減した変異フotokロミック化合物の分布の変化が写し出される。そして、第 3 画像 D を表示部 1 5 で表示することで、流体 2 3 の流れを可視化する（ステップ S 7）。

20

【0071】

図 4 を参照して、基準画像撮影工程（ステップ S 3）について説明する。

まず、照明光源 5 は、（1）変異したフotokロミック化合物が吸収する第 1 の波長領域、および（2）変異したフotokロミック化合物が全くまたは殆ど吸収しない第 2 の波長領域の 2 種類の光を含む照明光 3 2 を観察部全体に照射する（ステップ S 1 1）。これにより、第 1 の照明光および第 2 の照明光は、観察部に同時に照射される。

30

【0072】

次に、分離手段 6 は、観察部全体から反射してくる反射光 3 3 を（1）変異したフotokロミック化合物が吸収する第 1 の波長領域、（2）変異したフotokロミック化合物が全くまたは殆ど吸収しない第 2 の波長領域の 2 種類の波長領域に分光する（ステップ S 1 2）。

【0073】

次に、分光した波長領域のうちの（1）変異したフotokロミック化合物が吸収する第 1 の波長領域の第 1 の反射光 3 5₁ を用いて観察部全体を画像化し、基準画像としての第 1 画像 B₁₀ を得る（ステップ S 1 3）。

40

また、分光した波長領域のうちの（2）変異したフotokロミック化合物が全くまたは殆ど吸収しない第 2 の波長領域の第 2 の反射光 3 5₂ を用いて観察部全体を画像化し、基準画像としての第 2 画像 C₁₀ を得る（ステップ S 1 4）。

【0074】

次に、可視化装置 1 0 は、画像化した第 1 画像 B₁₀ および第 2 画像 C₁₀ を記憶部であるイメージメモリ 1 1₁, 1 1₂ に記憶する（ステップ S 1 5）。そして、測定を完了するかどうかを判定する（ステップ S 1 6）。測定を完了する場合に本工程を終了する。一方、引き続き第 1 画像 B₁₀ および第 2 画像 C₁₀ を取得する場合に、ステップ S 1 1 ~ S 1 5 の処理を繰り返し行う。これにより、複数の第 1 画像 B₁₀ および第 2 画像 C₁₀ が得られ、これ

50

らを平均したものを基準画像とすることで、流体 2 3 をより鮮明に可視化することができる。

【 0 0 7 5 】

図 5 を参照して、フォトクロミズム発生工程（ステップ S 4 ）について説明する。

本工程では、変異発生光源 3 が、フォトクロミック化合物の組成を変異させる変異発生光 3 1 を観察部領域内の測定したい位置に照射する（ステップ S 2 1 ）。

これにより、流体 2 3 の測定したい位置に溶解しているフォトクロミック化合物が特定の波長領域の光を吸収する組成に変異する（ステップ S 2 2 ）。

【 0 0 7 6 】

図 6 を参照して、比較画像撮影工程（ステップ S 5 ）について説明する。

10

まず、照明光源 5 は、（ 1 ）変異したフォトクロミック化合物が吸収する第 1 の波長領域、および（ 2 ）変異したフォトクロミック化合物が全くまたは殆ど吸収しない第 2 の波長領域の 2 種類の光を含む照明光 3 2 を観察部全体に照射する（ステップ S 3 1 ）。これにより、第 1 の照明光および第 2 の照明光は、観察部に同時に照射される。

【 0 0 7 7 】

次に、分離手段 6 は、観察部全体から反射してくる反射光 3 3 を（ 1 ）変異したフォトクロミック化合物が吸収する第 1 の波長領域、（ 2 ）変異したフォトクロミック化合物が全くまたは殆ど吸収しない第 2 の波長領域の 2 種類の波長領域に分光する（ステップ S 3 2 ）。

【 0 0 7 8 】

20

次に、分光した波長領域のうちの（ 1 ）変異したフォトクロミック化合物が吸収する第 1 の波長領域の第 1 の反射光 3 5₁ を用いて観察部全体を画像化し、比較画像としての第 1 画像 B₁₁ を得る（ステップ S 3 3 ）。

また、分光した波長領域のうちの（ 2 ）変異したフォトクロミック化合物が全くまたは殆ど吸収しない第 2 の波長領域の第 2 の反射光 3 5₂ を用いて観察部全体を画像化し、比較画像としての第 2 画像 C₁₁ を得る（ステップ S 3 4 ）。

【 0 0 7 9 】

次に、可視化装置 1 0 は、画像化した第 1 画像 B₁₁ および第 2 画像 C₁₁ を記憶部であるイメージメモリ 1 1₁ , 1 1₂ に記憶する（ステップ S 3 5 ）。そして、測定を完了するかどうかを判定する（ステップ S 3 6 ）。測定を完了する場合に本工程を終了する。一方、引き続き第 1 画像 B₁₁ および第 2 画像 C₁₁ を取得する場合に、ステップ S 3 1 ~ S 3 5 の処理を時間の経過と共に繰り返し行う。これにより、時系列の第 1 画像 B₁₁ および第 2 画像 C₁₁ が得られる。

30

【 0 0 8 0 】

図 7 を参照して、画像処理工程（ステップ S 6 ）について説明する。

本工程では、記憶部に記憶されている基準画像（第 1 画像 B₁₀、第 2 画像 C₁₀）および比較画像（第 1 画像 B₁₁、第 2 画像 C₁₁）の同じ位置にある画素の輝度値を使って、画素毎に吸光度 A を算出して第 3 画像 D を得る（ステップ S 4 1 ）。そして、生成した第 3 画像 D を画像処理手段 1 2 内の図示しない記憶部に記憶する（ステップ S 4 2 ）。

【 0 0 8 1 】

40

< 駆動部であるピストンが往復動している場合の動作 >

図 8 ないし図 1 2 を参照して（適宜、図 1 参照）、駆動部であるピストン 2 1 が往復動している場合の動作について説明する。図 8 は、流体の流れ可視化システム 1 の全体動作を示すフローチャートであり、図 9 ないし図 1 2 は、各工程を説明するためのフローチャートである。

【 0 0 8 2 】

駆動部であるピストン 2 1 が往復動している場合の全体動作は、ステップ T 1 ~ ステップ T 7 からなり、このうちのステップ T 1 , T 2 , T 7 は、駆動部であるピストン 2 1 が静止している場合の動作のステップ S 1 , S 2 , S 7 （図 3 参照）と同様である。以下では、処理の異なる基準画像撮影工程（ステップ T 3 ）、フォトクロミズム発生工程（ステ

50

ップT4)、比較画像撮影工程(ステップT5)、および画像処理工程(ステップT6)について説明する。なお、ステップT1、T2は、特許請求の範囲の「準備工程」である。また、ステップT3は、特許請求の範囲の「変異前画像撮影工程」である。また、ステップT4は、特許請求の範囲の「変異発生光照射工程」である。また、ステップT5は、特許請求の範囲の「変異後画像撮影工程」である。

【0083】

図9を参照して、基準画像撮影工程(ステップT3)について説明する。

まず、可視化装置10の制御部16は、事前に設定した「測定する装置の駆動部(ここでは、ピストン21)の動作単位」で照明光源5が光を照射するための信号を送信する(ステップT11)。そして、照明光源5は、信号を受信した場合に、(1)変異したフォトクロミック化合物が吸収する波長領域、および(2)変異したフォトクロミック化合物が全くまたは殆ど吸収しない波長領域の2種類の光を含む照明光32を観察部全体に照射する(ステップT12)。これにより、第1の照明光および第2の照明光は、撮影位置にあるピストン21に同時に照射される。

10

【0084】

次に、分離手段6は、観察部全体から反射してくる反射光33を(1)変異したフォトクロミック化合物が吸収する第1の波長領域、(2)変異したフォトクロミック化合物が全くまたは殆ど吸収しない第2の波長領域の2種類の波長領域に分光する(ステップT13)。

【0085】

次に、分光した波長領域のうちの(1)変異したフォトクロミック化合物が吸収する第1の波長領域の第1の反射光35₁を用いて観察部全体を画像化し、基準画像としての第1画像B₁₀を得る(ステップT14)。

20

また、分光した波長領域のうちの(2)変異したフォトクロミック化合物が全くまたは殆ど吸収しない第2の波長領域の第2の反射光35₂を用いて観察部全体を画像化し、基準画像としての第2画像C₁₀を得る(ステップT15)。

【0086】

次に、可視化装置10は、「装置の駆動部の位置情報」と、「画像化した第1画像B₁₀および第2画像B₂₀」とを対応付けて記憶部であるイメージメモリ11₁、11₂に記憶する(ステップT16)。そして、測定を完了するか否かを判定する(ステップT17)。測定を完了する場合に本工程を終了する。一方、引き続き第1画像B₁₀および第2画像C₁₀を取得する場合に、ステップT11~T16の処理を繰り返し行う。これにより、駆動部の位置毎の第1画像B₁₀および第2画像C₁₀が得られる。

30

【0087】

図10を参照して、フォトクロミズム発生工程(ステップT4)について説明する。

まず、測定する装置の駆動部(ここでは、ピストン21)の位置情報をモニタリングし(ステップT21)、駆動部の位置が特定位置であるか否かを判定する(ステップT22)。駆動部の位置が特定位置である場合に処理をステップT23に進める。

【0088】

次に、変異発生光源3が、フォトクロミック化合物の組成を変異させる変異発生光31を観察部領域内の測定したい位置に照射する(ステップT23)。

40

これにより、流体23の測定したい位置に溶解しているフォトクロミック化合物が特定の波長領域の光を吸収する組成に変異する(ステップT24)。

【0089】

図11を参照して、比較画像撮影工程(ステップT5)について説明する。

まず、可視化装置10の制御部16は、事前に設定した「測定する装置の駆動部(ここでは、ピストン21)の動作単位」で照明光源5が光を照射するための信号を送信する(ステップT31)。そして、照明光源5は、信号を受信した場合に、(1)変異したフォトクロミック化合物が吸収する第1の波長領域、および(2)変異したフォトクロミック化合物が全くまたは殆ど吸収しない第2の波長領域の2種類の光を含む照明光32を観察

50

部全体に照射する（ステップ T 3 2）。これにより、第 1 の照明光および第 2 の照明光は、撮影位置にあるピストン 2 1 に同時に照射される。

【 0 0 9 0 】

次に、分離手段 6 は、観察部全体から反射してくる反射光 3 3 を（ 1 ）変異したフォトクロミック化合物が吸収する第 1 の波長領域、（ 2 ）変異したフォトクロミック化合物が全くまたは殆ど吸収しない第 2 の波長領域の 2 種類の波長領域に分光する（ステップ T 3 3）。

【 0 0 9 1 】

次に、分光した波長領域のうちの（ 1 ）変異したフォトクロミック化合物が吸収する第 1 の波長領域の第 1 の反射光 3 5₁ を用いて観察部全体を画像化し、比較画像としての第 1 画像 B₁₁ を得る（ステップ T 3 4）。

また、分光した波長領域のうちの（ 2 ）変異したフォトクロミック化合物が全くまたは殆ど吸収しない第 2 の波長領域の第 2 の反射光 3 5₂ を用いて観察部全体を画像化し、比較画像としての第 2 画像 C₁₁ を得る（ステップ T 3 5）。

【 0 0 9 2 】

次に、可視化装置 1 0 は、「装置の駆動部の運動回数情報および位置情報」と、「画像化した第 1 画像 B₁₁ および第 2 画像 C₁₁」とを対応付けて記憶部であるイメージメモリ 1 1₁、1 1₂ に記憶する（ステップ T 3 6）。なお、運動回数情報と位置情報との組合せは、時刻情報の一例である。そして、測定を完了するか否かを判定する（ステップ T 3 7）。測定を完了する場合に本工程を終了する。一方、引き続き第 1 画像 B₁₁ および第 2 画像 C₁₁ を取得する場合に、ステップ T 3 1 ~ T 3 6 の処理を時間の経過と共に繰り返し行う。これにより、時系列の第 1 画像 B₁₁ および第 2 画像 C₁₁ が得られる。

【 0 0 9 3 】

図 1 2 を参照して、画像処理工程（ステップ T 6）について説明する。

まず、記憶部に記憶されている基準画像（第 1 画像 B₁₀、第 2 画像 C₁₀）および比較画像（第 1 画像 B₁₁、第 2 画像 C₁₁）のうち、装置の駆動部の位置情報が同じである基準画像（第 1 画像 B₁₀、第 2 画像 C₁₀）および比較画像（第 1 画像 B₁₁、第 2 画像 C₁₁）を抽出する（ステップ T 4 1）。

次に、抽出した基準画像（第 1 画像 B₁₀、第 2 画像 C₁₀）および比較画像（第 1 画像 B₁₁、第 2 画像 C₁₁）の同じ位置にある画素の輝度値を使って、画素毎に吸光度 A を算出して第 3 画像 D を得る（ステップ T 4 2）。そして、生成した第 3 画像 D を画像処理手段 1 2 内の図示しない記憶部に記憶する（ステップ T 4 3）。

【 0 0 9 4 】

以上のように、本実施形態に係る流体の流れ可視化システム 1 は、光の吸収量が増加する第 1 の波長領域を用いて流体 2 3 の第 1 画像 B を撮影し、また、光の吸収量が全くまたは殆ど変化しない波長領域を用いて流体 2 3 の第 2 画像 C を撮影する。

第 1 の波長領域は、変異発生光 3 1 によって変異したフォトクロミック化合物の光の吸収量が増加する領域なので、時間経過と共に撮影された第 1 画像 B には流体内部の変異フォトクロミック化合物の各時刻における分布が写し出される。ここで、流体の状況（例えば、油膜厚さ）が変化した場合に、第 1 画像 B に写し出される変異フォトクロミック化合物の分布には、流体 2 3 の状況の変化の影響が反映される。

第 2 の波長領域は変異発生光 3 1 によって変異したフォトクロミック化合物の光の吸収量が全くまたは殆ど変化しない領域なので、時間経過と共に撮影された第 2 画像 C には各時刻における流体 2 3 の状況が写し出される。

【 0 0 9 5 】

そして、可視化システム 1 は、変異発生光 3 1 を照射する前の流体 2 3 を撮影した第 1 画像 B₁₀ および第 2 画像 C₁₀ と、変異発生光 3 1 を照射した後の流体を撮影した第 1 画像 B₁₁ および第 2 画像 C₁₁ とを用い、これらの画像の比を取ってから対数を算出し、これらの差分を算出することで第 3 画像 D を生成する。

ここで、第 1 の波長領域の光、第 2 の波長領域の光によって反射率が異なる部分がある

場合（例えば、エッジ部）や、2つの光源を使う等によって第1の波長領域の光と第2の波長領域の光の強度分布が異なる場合（例えば、第1画像上部が明るく、第2画像下部が明るい等の場合）であっても、変異発生光を照射する前の第1画像 B_{10} と変異発生光を照射した後の第1画像 B_{11} および変異発生光を照射する前の第2画像 C_{10} と変異発生光を照射した後の第2画像 C_{11} には、ほぼ同じ状態の第1の波長領域の光および第2の波長領域の光によって流体の状況が写し出される。

その為、第3画像Dには、装置の汚れや傷等による変色の影響の軽減だけでなく、第1の波長領域の光、第2の波長領域の光の波長の違いによって反射率が異なる部分や、第1の波長領域の光と第2の波長領域の光の強度分布が異なることによって生ずる光による様々なノイズが同時に低減され、着色された変異フクロミック化合物の分布の変化がより鮮明に写し出される。これにより、本実施形態に係る流体の流れ可視化システム1は、動く物体中や変化する場のような流体の状況が変化し易い測定環境でも、流体23の流れをより鮮明に可視化することができる。

【0096】

なお、従来技術では、白色光を用いて流体の撮影を行っていた。ここで、白色光で撮影した画像には、流体内の変異フクロミック化合物の各時刻における分布と、流体の状況の変化の影響とが反映されている。その為、白色光で撮影した画像から演算した吸光度は、変異フクロミック化合物の分布の変化のみならず流体の状況の変化の影響を受けることになる。したがって、従来技術では、動く物体中や変化する場のような流体の状況が変化し易い測定環境において、流れを鮮明に可視化することが難しかった。

【0097】

本実施形態に係る可視化システム1により生成した第3画像Dの具体例を図13に示す。図13に示す第3画像Dは、図1に示すピストン21を静止している状態で、流体23を時間経過と共に撮影した画像から生成したものである。

ここでは、フクロミック化合物として、スピロピラン系の1,3,3-Trimethylindolin o-6'-nitrobenzopyrylospiran（東京化成工業株式会社，製品コード：T0366）を使用し、流体23としてエステルオイルを使用した。

また、フクロミック化合物にフクロミズムを生じさせる変異発生光31として紫外光を使用し、変異発生光源3としては窒素レーザー（波長337nm）又はYAGレーザー（波長1064nmの第三高調波355nm）を使用した。

【0098】

図13(a)は変異発生光31を照射した直後（0秒）の第3画像Dを示し、(b)は10秒後の第3画像Dを示し、(c)は20秒後の第3画像Dを示し、(d)は30秒後の第3画像Dを示す。図13では、吸光度を濃淡で表しており、色が濃いほど吸光度が高くなっている。

第3画像Dには流体の状況の変化の影響を低減した変異フクロミック化合物の分布の変化が写し出されるので、図13に示すように、変異発生光31を照射された部分（吸光度が高い部分）が時間経過と共に図面下側に移動しているのが鮮明に分かる。

【0099】

[第2実施形態]

流体の流体厚さ測定システムの構成

流体の流体厚さ測定システム（以下では単に「厚さ測定システム」）は、測定対象である流体の厚さを測定するシステムであり、例えばピストン、シリンダ、すべり軸受などのすべり面である動く物体中で使用される潤滑剤の厚さ（油膜厚さ）を測定する。なお、厚さ測定システムは、流体の計測システムの一例である。

【0100】

図14に示すように、本実施形態に係る厚さ測定システム1xは、位置発信手段2と、変異発生光源3と、ミラー4と、照明光源5と、分離手段6と、一組のCCDカメラ 9_1 、 9_2 と、流体の流体厚さ測定装置10x（以下では単に「厚さ測定装置10x」）とを備えて構成される。ここで、第1実施形態に係る可視化システム1（図1参照）と同様の

10

20

30

40

50

構成要素については同一の符号を付して説明を省略し、以下では主に機能の異なる構成要素について説明する。なお、流体 2 3 には、第 1 実施形態と同様に、図示しないフोटクロミック化合物が溶解されている。

【0101】

厚さ測定装置 10 x は、一組のイメージメモリ 11₁、11₂と、流体厚さ算出手段 12 x と、表示部 15 と、制御部 16 とを備えて構成される。流体厚さ算出手段 12 x は、さらに吸光度演算部 13 と、流体厚さ演算部 14 x とを備えて構成される。なお、厚さ測定装置 10 x は、流体の計測装置の一例である。

【0102】

CCDカメラ 9₁、9₂は、流体 2 3 の撮影画像を生成する装置である。

CCDカメラ 9₁は、バンドパスフィルタ 8₁を通過した第 1 の反射光 35₁（例えば、波長が490～540nm周辺の光）により流体 2 3 の第 1 画像 B を生成する。ここでの第 1 画像 B には、変異発生光 31 を照射する前のものと変異発生光 31 を照射した後のものとが含まれる。以下では、第 1 実施形態と同様に、変異発生光 31 を照射する前のものを「第 1 画像 B₁₀」で表し、変異発生光 31 を照射した後のものを「第 1 画像 B₁₁」で表す場合がある。

CCDカメラ 9₂は、バンドパスフィルタ 8₂を通過した第 2 の反射光 35₂（例えば、波長が580～680nm周辺の光）により流体 2 3 の第 2 画像 C を生成する。ここでの第 2 画像 C には、変異発生光 31 を照射する前のものと変異発生光 31 を照射した後のものとが含まれる。以下では、第 1 実施形態と同様に、変異発生光 31 を照射する前のものを「第 2 画像 C₁₀」で表し、変異発生光 31 を照射した後のものを「第 2 画像 C₁₁」で表す場合がある。

【0103】

厚さ測定装置 10 x は、CCDカメラ 9₁、9₂によって生成された第 1 画像 B 及び第 2 画像 C から流体 2 3 の厚さを測定する装置である。

イメージメモリ (IM) 11₁、11₂は、CCDカメラ 9₁、9₂によって生成された撮影画像を記憶する装置である。イメージメモリ 11₁にはCCDカメラ 9₁によって生成された第 1 画像 B が記憶され、イメージメモリ 11₂にはCCDカメラ 9₂によって生成された第 2 画像 C が記憶される。イメージメモリ 11₁、11₂は、「第 1 画像記憶手段」、「第 2 画像記憶手段」の一例である。なお、イメージメモリ 11₁、11₂は、一つの装置であってもよく、その場合には一つのイメージメモリ 11 に第 1 画像 B および第 2 画像 C が記憶される。

【0104】

バンドパスフィルタ 8₁を通過した第 1 の反射光 35₁は、第 1 の波長領域の光なので、特定の時刻に撮影された第 1 画像 B には流体 2 3 内の変異フोटクロミック化合物の特定の時刻における分布が写し出される。ここで、流体 2 3 の状況（例えば、油膜厚さ）が変化した場合に、第 1 画像 B に写し出される変異フोटクロミック化合物の分布には、流体の状況の変化の影響が反映される。一方、バンドパスフィルタ 8₂を通過した第 2 の反射光 35₂は、第 2 の波長領域の光なので、特定の時刻に撮影された第 2 画像 C には特定の時刻における流体 2 3 の状況が写し出される。

【0105】

流体厚さ算出手段 12 x は、イメージメモリ 11₁、11₂から第 1 画像 B 及び第 2 画像 C を取得し、取得した第 1 画像 B 及び第 2 画像 C を用いて流体 2 3 の厚さ l（ここでは、油膜厚さ）を算出する。流体厚さ算出手段 12 x は、吸光度演算部 13 と、流体厚さ演算部 14 x とを備えて構成される。流体厚さ算出手段 12 x は、例えば CPU (Central Processing Unit) によるプログラム実行処理や、専用回路等により実現される。

【0106】

吸光度演算部 13 の機能は、第 1 実施形態と同様である。つまり、吸光度演算部 13 は、変異発生光 31 を照射する前の流体 2 3 を撮影した第 1 画像 B₁₀および第 2 画像 C₁₀と、変異発生光 31 を照射した後の流体 2 3 を撮影した第 1 画像 B₁₁および第 2 画像 C₁₁と

10

20

30

40

50

を用い、これらの画像の比を取ってから対数を算出し、これらの差分を算出することで吸光度を算出する。

例えば、変異発生光 3 1 を照射する前の第 1 画像 B_{10} を構成する画素の光強度を「 I_{10} 」とし、変異発生光 3 1 を照射する前の第 2 画像 C_{10} を構成する画素の光強度を「 I_{20} 」と定義する。また、変異発生光 3 1 を照射した後の第 1 画像 B_{11} を構成する画素の光強度を「 I_{11} 」とし、変異発生光 3 1 を照射した後の第 2 画像 C_{11} を構成する画素の光強度を「 I_{21} 」と定義する。

この場合に、吸光度演算部 1 3 は、次式 (2) を用いて各画素における吸光度 A を計算する。なお、 LOG は常用対数である。

$$A = -\text{LOG} (I_{11} / I_{21}) - (-\text{LOG} (I_{10} / I_{20})) \cdots \text{式 (2)}$$

$$= -\text{LOG} ((I_{11} / I_{21}) / (I_{10} / I_{20})) \cdots \text{式 (2)}$$

10

【 0 1 0 7 】

流体厚さ演算部 1 4 x は、吸光度演算部 1 3 により算出された吸光度 A に基づいて流体 2 3 の厚さ l を算出する。例えば、フォトクロミック化合物を溶解した後の流体 2 3 の吸光係数を「 μ 」と定義する。

この場合に、流体厚さ演算部 1 4 x は、次式 (4) を用いて測定対象部分の画素における流体 2 3 の厚さ l を計算する。

$$l = A / \mu \cdots \text{式 (4)}$$

【 0 1 0 8 】

表示部 1 5 は、流体厚さ演算部 1 4 x により計算された流体 2 3 の厚さ l を表示する。なお、表示部 1 5 は、第 1 実施形態と同様に、第 3 画像 D を併せて表示してもよい。つまり、流体厚さ算出手段 1 2 x は、第 1 実施形態で説明した 2 次元パターン化部 1 4 の機能を備え、表示部 1 5 は、2 次元パターン化部 1 4 により生成された第 3 画像 D を流体 2 3 の厚さ l とともに表示してもよい。また、嵌合部材 2 2 b から確認できる流体 2 3 全体に変異発生光 3 1 を照射した場合は、第 3 画像 D を構成している吸光度 A を、式 (4) を用いて流体 2 3 の厚さ l に変換することで、流体 2 3 の厚さ l の分布として表示してもよい。

20

【 0 1 0 9 】

前記式 (4) についてさらに詳しく説明する。

本発明の発明者は、実験を行うことにより吸光度が流体厚さに比例し、吸光度と流体厚さとの関係を前記式 (4) で表すことができることを確認した。実験の様子を図 1 5 に示す。流体厚さと吸光度との関係を調べるためには、既知の厚さの流体を用意する必要がある。そこで、図 1 5 に示すように、金属球 6 1 と平板状のガラス 6 2 とを接触させ、その間を流体である試験溶液 6 3 で満たすことで既知の厚さを作り出した。つまり、試験溶液 6 3 の厚さは、金属球 6 1 と平板状のガラス 6 2 との距離 m であるので、金属球 6 1 の直径が分かれば、金属球 6 1 と平板状のガラス 6 2 との接触点 6 1 a からの距離からそれぞれの場所における流体厚さを計算できる。実験で使用した金属球 6 1 の直径は「100mm」である。試験溶液 6 3 としてはエステルオイルを使用し、試験溶液 6 3 にはスピロピラン系のフォトクロミック化合物が溶解されている。試験溶液 6 3 の質量パーセント濃度は、「0.4mass%」とした。なお、金属球 6 1 は、移動しないように設置台 6 4 に固定されている。

30

40

【 0 1 1 0 】

次に、窒素レーザーに波長が近い紫外光 LED ランプ (図示せず) を用いて、符号 6 5 で示す方向から試験溶液 6 3 に光を十分に照射する。実験で使用した紫外光 LED ランプが発する光の波長は、「340nm」である。これにより、試験溶液 6 3 に溶解されるフォトクロミック化合物の色素の分子構造は変異し、試験溶液 6 3 は全体が着色される。ここで、試験溶液 6 3 は、完全に着色している必要があり、変異していない箇所が部分的に残っている場合には、流体厚さと吸光度との関係を調べることができない。そして、図 1 4 で示したのと同様に、分離手段 6 を用いて符号 6 5 で示す方向から撮影を行い、前記した式 (2) を用いて各画素における吸光度 A を計算する。実験結果を図 1 6 に示す。図 1 6 に

50

示すように、流体厚さ（ここでは、「油膜厚さ」と表示）に対して吸光度が線形に高くなっているのが分かる。この実験では、フotokロミック化合物を溶解させた試験溶液 6 3 の吸光係数 μ が線形近似線より「0.03」程度であることが確認された。なお、吸光係数 μ は、試験溶液 6 3 およびフotokロミック化合物の種類や質量パーセント濃度などにより決まる。当該実験で求めた吸光係数 μ を用いて算出した試験溶液 6 3 の厚さの分布を図 1 7 に示す。図 1 7 における中心は、金属球 6 1 と平板状のガラス 6 2 との接触点 6 1 a（図 1 5 参照）である。図 1 7 に示すように、接触点 6 1 a から離れるにつれて試験溶液 6 3 の厚さが大きくなるのが明確に分かる。

【0111】

流体の流体厚さ測定システムの動作

次に、図 1 8 を参照して（適宜、図 1 4 参照）、本実施形態の厚さ測定システム 1 x の動作について説明する。ここでは、駆動部であるピストン 2 1 が静止している状態の流体 2 3 を開口部 2 2 a を通して撮影し、流体 2 3 の厚さを測定する場合を説明する。なお、ここで説明する厚さ測定システム 1 x の動作は、流体の計測方法の一例である。

【0112】

図 1 8 は、厚さ測定システム 1 x の全体動作を示すフローチャートである。図 1 8 に示すように、厚さ測定システム 1 x の全体動作は、ステップ S 1 ~ ステップ S 7 x からなり、このうちのステップ S 1, S 2, S 3, S 5 は、第 1 実施形態におけるピストン 2 1 が静止している場合の動作（図 3 参照）と同様である。以下では、処理の異なる工程（ステップ S 4 x, S 6 x, S 7 x）について主に説明する。なお、ステップ S 1, S 2 は、特許請求の範囲の「準備工程」である。また、ステップ S 3 は、特許請求の範囲の「変異前画像撮影工程」である。また、ステップ S 4 x は、特許請求の範囲の「変異発生光照射工程」である。また、ステップ S 5 は、特許請求の範囲の「変異後画像撮影工程」である。

【0113】

図 1 9 を参照して、フotokロミズム発生工程（ステップ S 4 x）について説明する。

本工程では、変異発生光源 3 が、フotokロミック化合物の組成を変異させる変異発生光 3 1 を観察部領域内の測定したい位置に十分に照射する（ステップ S 2 1 x）。変異発生光 3 1 を十分に照射とは、流体 2 3 の表面のみならず厚さ方向に対して深くまで変異発生光 3 1 が届くことを意味する。

これにより、流体 2 3 の測定したい位置に溶解しているフotokロミック化合物が特定の波長領域の光を吸収する組成に完全に変異する（ステップ S 2 2 x）。フotokロミック化合物が完全に変異とは、流体 2 3 の厚さ方向において変異していない箇所が部分的に残っていないことを意味する。

【0114】

図 2 0 を参照して、流体厚さ算出工程（ステップ S 6 x）について説明する。

本工程では、記憶部に記憶されている基準画像（第 1 画像 B₁₀、第 2 画像 C₁₀）および比較画像（第 1 画像 B₁₁、第 2 画像 C₁₁）の同じ位置にある画素の輝度値を使って吸光度 A を算出する（ステップ S 4 1 x）。

また、本工程では、予め確認しておいた流体 2 3 の吸光係数 μ と算出した吸光度 A とを用いて流体 2 3 の厚さ l を算出する（ステップ S 4 2 x）。そして、計算した流体 2 3 の厚さ l を表示部 1 5 に表示する（図 1 8 のステップ S 7 x）。

【0115】

以上説明した第 2 実施形態に係る厚さ測定システム 1 x によっても、第 2 実施形態と同等の効果を奏することができる。つまり、第 1 画像 B および第 2 画像 C を用いて算出した流体厚さ l は、様々なノイズの影響が低減されることにより正確な値となる。

【0116】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、特許請求の範囲の趣旨を変えない範囲で実施することができる。

【0117】

第 1 実施形態では、画像処理手段 1 2 は、イメージメモリ 1 1₁, 1 1₂ から第 1 画像 B

10

20

30

40

50

及び第2画像Cを取得し、取得した第1画像B及び第2画像Cを用いて画像処理を行い、第3画像Dを新たに生成していた。具体的には、画像処理手段12は、変異発生光31を照射する前の流体23を撮影した第1画像 B_{10} および第2画像 C_{10} と、変異発生光31を照射した後の流体23を撮影した第1画像 B_{11} および第2画像 C_{11} とを用い、これらの画像の比を取ってから対数を算出し、これらの差分を算出することで吸光度を算出し、計算された各画素の吸光度を2次元パターン化していた。

しかしながら、画像処理手段12は、イメージメモリ11₁から変異発生光31を照射した後の流体23を撮影した第1画像 B_{11} を取得し、第1画像 B_{11} を表示部15に表示するようにしてもよい。この第1画像 B_{11} には、流体23内の変異フクロミック化合物の各時刻における分布が鮮明に写し出されるので、本実施形態の第3画像Dには及ばないまでも、動く物体中、変化する場のような測定環境でも測定対象物を鮮明に可視化することができる。

【0118】

また、画像処理手段12は、イメージメモリ11₁から変異発生光31を照射した後の流体23を撮影した第1画像 B_{11} を取得し、また、イメージメモリ11₂から変異発生光31を照射した後の流体23を撮影した第2画像 C_{11} を取得し、これらの画像から第3画像Dを生成してもよい。

この場合、画像処理手段12は、次式(1)を用いて各画素における吸光度A1を計算し、各画素の計算結果を2次元パターン化することで第3画像Dを生成する。ここで、「 I_{11} 」は、変異発生光31を照射した後の第1画像 B_{11} を構成する画素の光強度である。また、「 I_{21} 」は、変異発生光31を照射した後の第2画像 C_{11} を構成する画素の光強度である。また、LOGは常用対数である。

$$A1 = -\text{LOG}(I_{11}/I_{21}) \cdots \text{式}(1)$$

同時刻の第1画像 B_{11} および第2画像 C_{11} には、同じ状態の流体表面の動き、気泡の分布等の流体の状況が写し出されるので、第1画像 B_{11} および第2画像 C_{11} を用いた第3画像Dでは、流体の表面の動き、気泡の分布等の流体の状況の変化の影響等の様々なノイズが低減され、着色された変異フクロミック化合物の分布の変化がより鮮明に写し出される。

なお、第1の波長領域の光、第2の波長領域の光の波長の違いによって反射率が異なる部分があったり、第1の波長領域の光と第2の波長領域の光の強度分布が異なる部分があったりする場合に、これらの光の影響が様々なノイズとして反映されることになる。そのため、第1の波長領域の光と第2の波長領域の光の影響によって様々なノイズが発生する場合には、本実施形態で示した通り、変異発生光31を照射する前の流体23を撮影した第1画像 B_{10} および第2画像 C_{10} と、変異発生光31を照射した後の流体23を撮影した第1画像 B_{11} および第2画像 C_{11} とを用いて第3画像Dを生成するのが望ましい。

【0119】

なお、第2実施形態における流体厚さ算出手段12xについても同様であり、前記した式(1)を用いて第1画像 B_{11} 及び第2画像 C_{11} から吸光度A1を計算し、また、次式(3)を用いて流体23の厚さlを計算してもよい。ここで、「 μ 」は、フクロミック化合物を溶解した後の流体23の吸光係数である。

$$l = A1 / \mu \cdots \text{式}(3)$$

【0120】

また、第1実施形態では、開口部22aを介して観察できる流体23は、駆動部を円滑に駆動させるための潤滑油であるため、液体膜(薄い膜)であるが、流体23の表面を可視化するのであれば、流体23は厚い液体であってもよい。つまり、観察対象である流体23の厚さは特に限定されない。

また、第1実施形態では、分離手段6は、照明光32が流体23に反射された光(厳密には流体23を透過してピストン21に反射した光)である反射光33を、第1の波長領域と第2の波長領域とに分離するが、観察部が光を透過する構造の場合(例えば、ガラスとガラスの間に流体23がある構造)は、分離手段6は、照明光32が観察部を透過して

10

20

30

40

50

きた光である透過光を第1の波長領域と第2の波長領域に分離してもよい。つまり、分離手段6は、流体23を透過した透過光を分離するものであればよい。

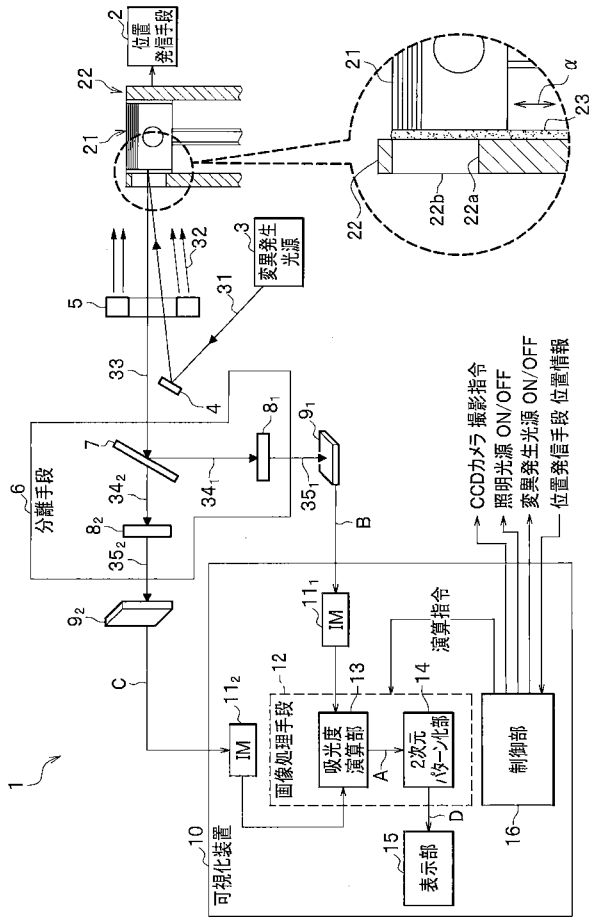
また、本実施形態では、駆動部としてピストン21を想定していたが、駆動部は往復動または回転するものであればよい。つまり、駆動部は、時刻と駆動部の位置とが対応づけられるものであればよい。

【符号の説明】

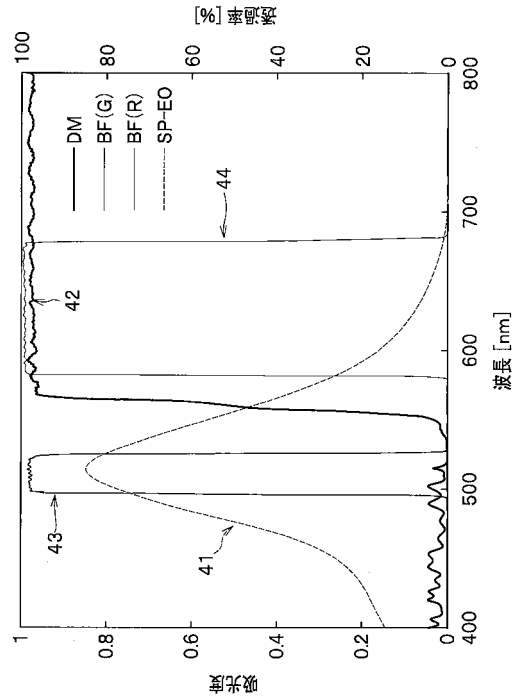
【0121】

1	可視化システム（計測システム）	
1 x	厚さ測定システム（計測システム）	
2	位置発信手段	10
3	変異発生光源	
4	ミラー	
5	照明光源（照明手段）	
6	分離手段	
7	イメージスプリッティングダイクロイックミラー	
8 ₁ , 8 ₂	バンドパスフィルタ	
9 ₁ , 9 ₂	CCDカメラ（第1撮像手段、第2撮像手段）	
10	可視化装置（計測装置）	
10 x	厚さ測定装置（計測装置）	
11 ₁ , 11 ₂	イメージメモリ（第1画像記憶手段、第2画像記憶手段）	20
12	画像処理手段	
12 x	流体厚さ算出手段	
13	吸光度演算部	
14	2次元パターン化部	
14 x	流体厚さ演算部	
15	表示部	
16	制御部	
21	ピストン（駆動部）	
22	シリンダ	
23	流体	30

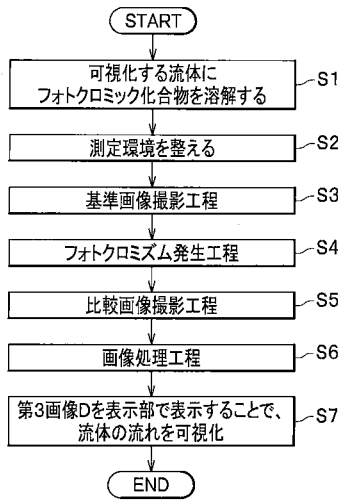
【 図 1 】



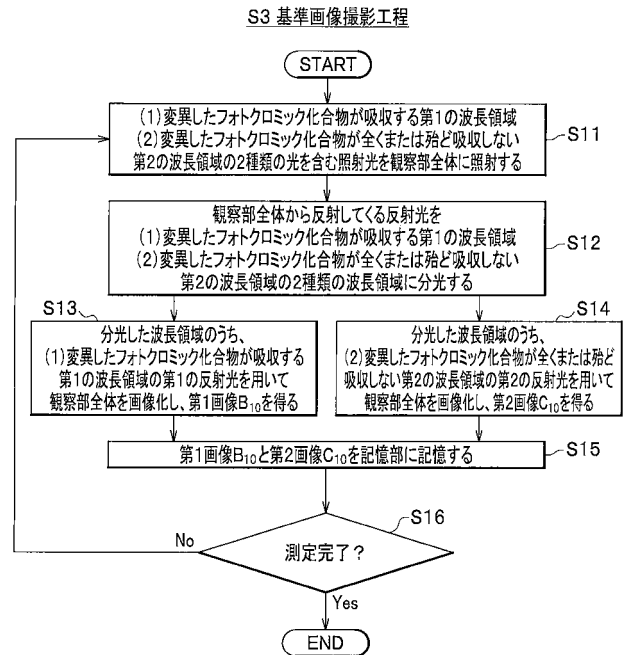
【 図 2 】



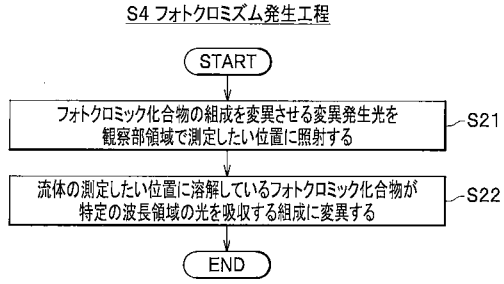
【 図 3 】



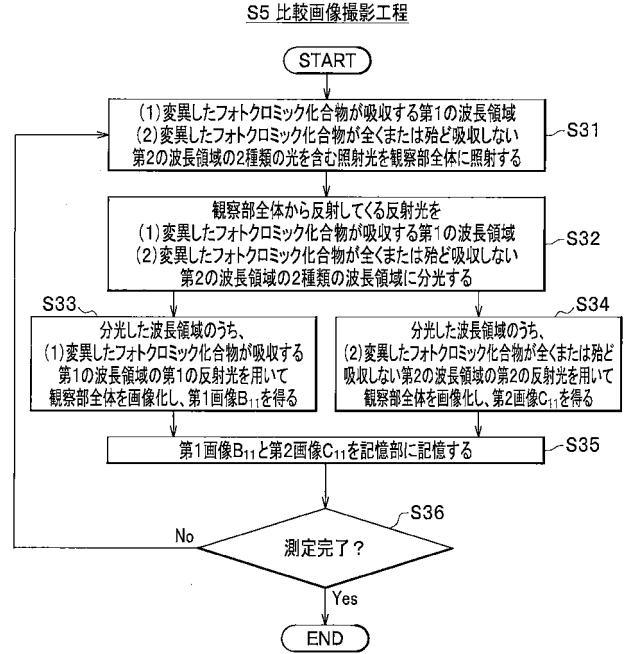
【 図 4 】



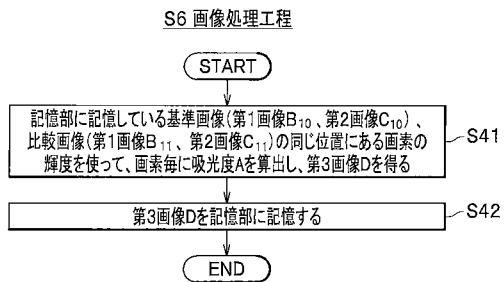
【 図 5 】



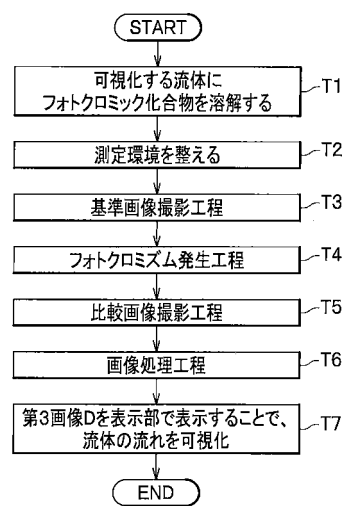
【 図 6 】



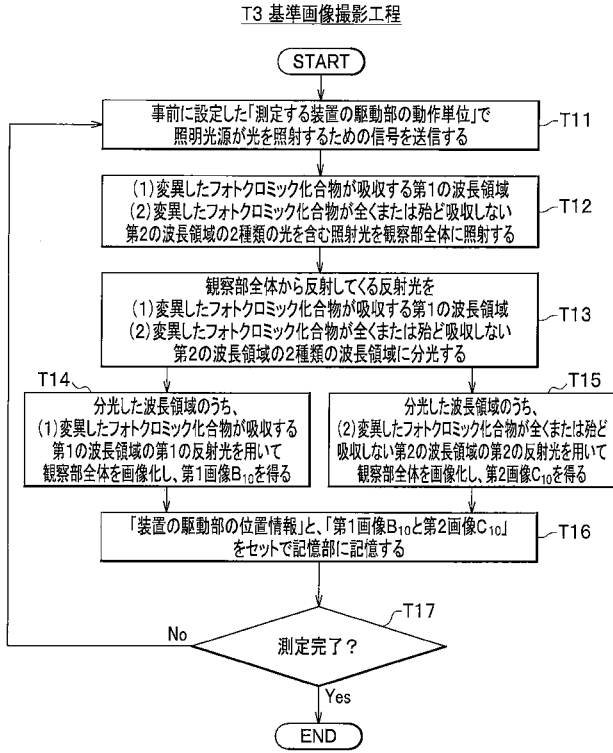
【 図 7 】



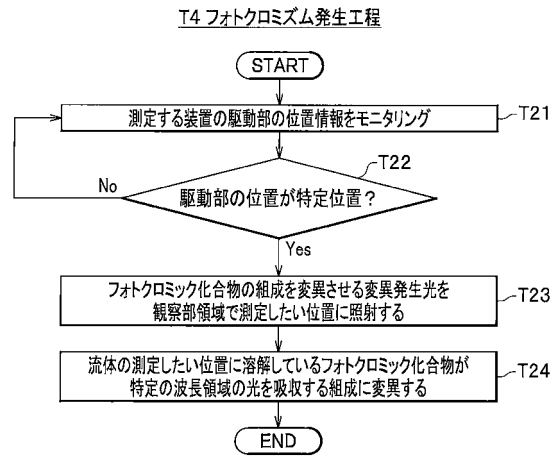
【 図 8 】



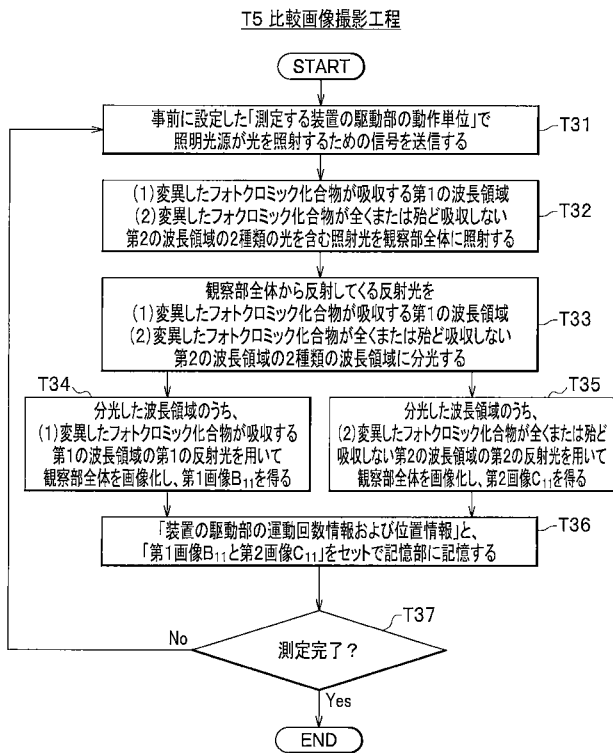
【 図 9 】



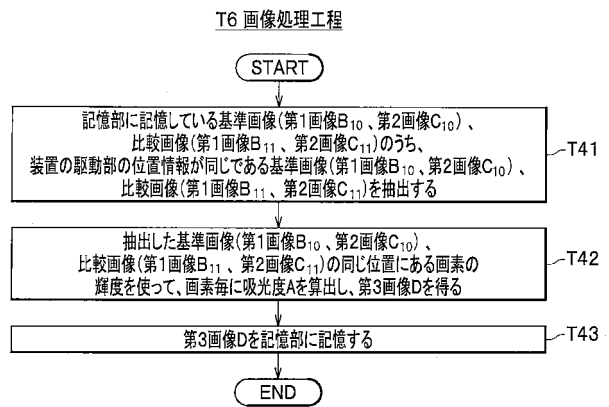
【 図 1 0 】



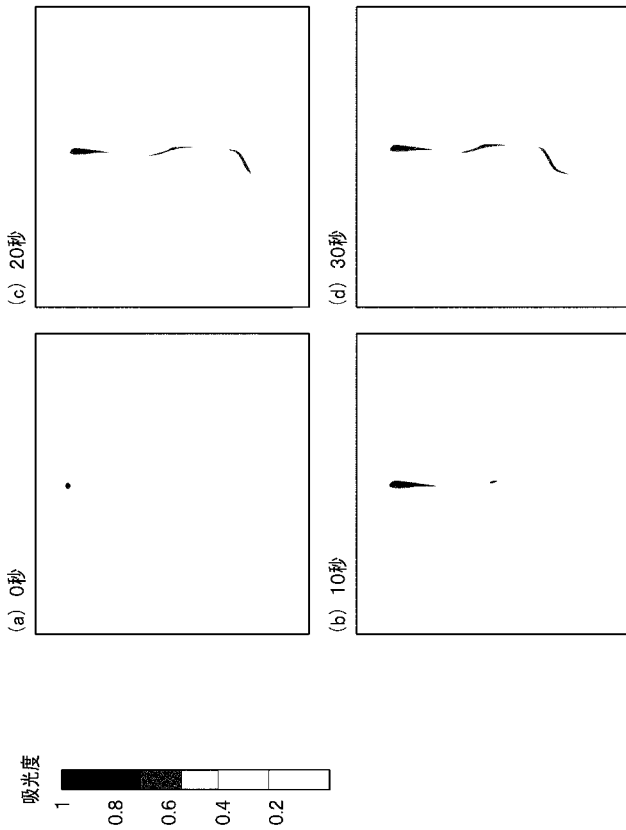
【 図 1 1 】



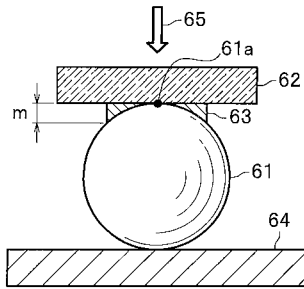
【 図 1 2 】



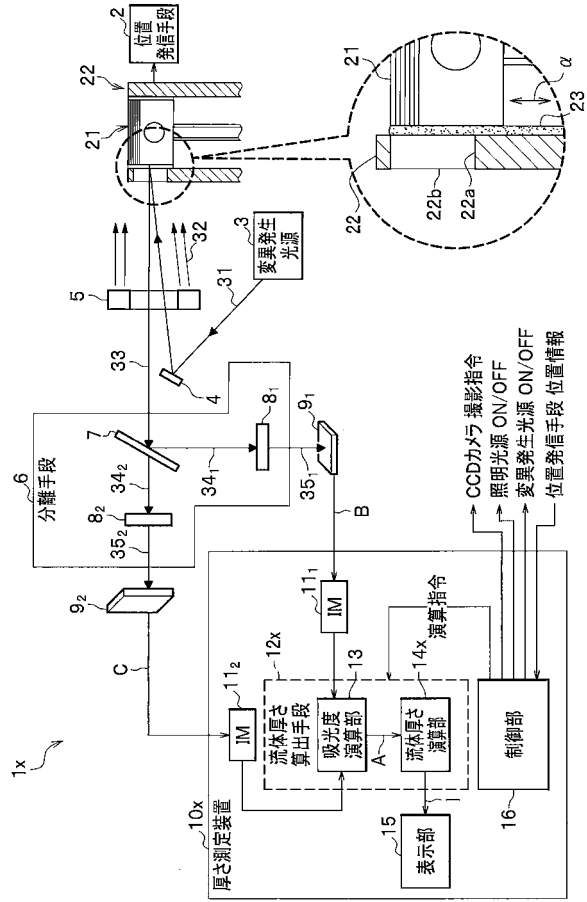
【 図 1 3 】



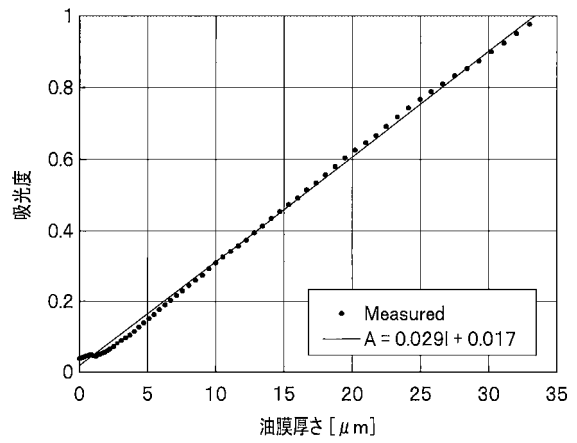
【 図 1 5 】



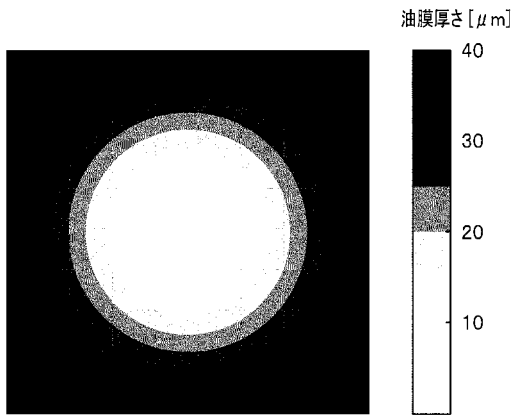
【 図 1 4 】



【 図 1 6 】



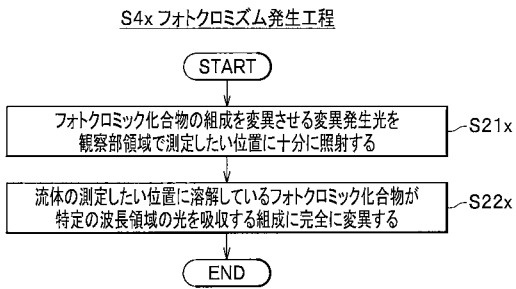
【 図 1 7 】



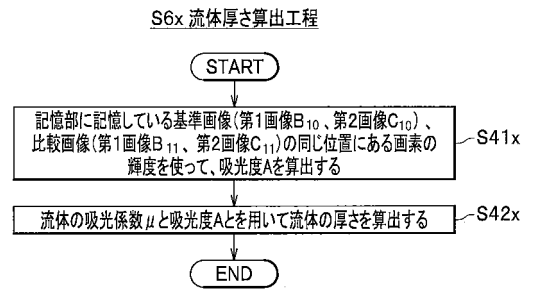
【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2018/019417
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. G01N21/85 (2006.01) i, G01N21/27 (2006.01) i, G01P13/00 (2006.01) i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. G01N21/00-21/01, G01N21/17-21/61, G01N21/84-21/958, G01P13/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018 Registered utility model specifications of Japan 1996-2018 Published registered utility model applications of Japan 1994-2018 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JSTPlus (JDreamIII), JST7580 (JDreamIII), JSTChina (JDreamIII)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	KAWAJI, M. et al., "Flow visualization of two-phase flows using photochromic dye activation method", Nuclear Engineering and Design, 1993, vol. 141, pp. 343-355	1 2-18
Y A	JP 2006-258553 A (RICOH CO., LTD.) 28 September 2006, paragraphs [0035]-[0056], fig. 1 (Family: none)	1 2-18
A	EP 2524812 A2 (BLOOMFIELD SCIENCE MUSEUM JERUSALEM) 21 November 2012 & US 2012/0292533 A1	1-18
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 07 August 2018 (07.08.2018)		Date of mailing of the international search report 21 August 2018 (21.08.2018)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/019417

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	畔津 昭彦 ほか, 油膜内流れの可視化に関する研究 (オイルのフォトクロミズム特性), 日本機械学会 2015 年度年次大会講演論文集, 2015, G0700603, non-official translation (AZETSU, Akihiko et al., "G0700603 Study on Flow Visualization of Oil Film : Photochromism of Oil", Lecture proceedings of the 2015 annual conference of Mechanical Engineering Congress, Japan)	1-18
A	JP 2004-170369 A (CANON INC.) 17 June 2004 (Family: none)	1-18

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 8 / 0 1 9 4 1 7									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01N21/85(2006,01)i, G01N21/27(2006,01)i, G01P13/00(2006,01)i											
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01N21/00-21/01, G01N21/17-21/61, G01N21/84-21/958, G01P13/00											
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2018年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2018年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2018年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2018年	日本国実用新案登録公報	1996-2018年	日本国登録実用新案公報	1994-2018年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2018年										
日本国実用新案登録公報	1996-2018年										
日本国登録実用新案公報	1994-2018年										
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) JSTPlus (JDreamIII), JST7580 (JDreamIII), JSTChina (JDreamIII)											
C. 関連すると認められる文献											
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号									
Y A	KAWAJI, M et al., Flow visualization of two-phase flows using photochromic dye activation method, Nuclear Engineering and Design, 1993, Vol.141, p.343-355	1 2-18									
Y A	JP 2006-258553 A (株式会社リコー) 2006.09.28, [0035] - [0056]、図1 (ファミリーなし)	1 2-18									
A	EP 2524812 A2 (BLOOMFIELD SCIENCE MUSEUM JERUSALEM) 2012.11.21, & US 2012/0292533 A1	1-18									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。									
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 07.08.2018		国際調査報告の発送日 21.08.2018									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 小野寺 麻美子	2W 9505								
		電話番号 03-3581-1101 内線 3258									

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 8 / 0 1 9 4 1 7
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	畔津 昭彦 ほか, 油膜内流れの可視化に関する研究 (オイルの フォトクロミズム特性), 日本機械学会 2 0 1 5 年度年次大会講演 論文集, 2015, G0700603	1-18
A	JP 2004-170369 A (キャノン株式会社) 2004.06.17, (ファミリーなし)	1-18

フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT

(出願人による申告)平成28年度、国立研究開発法人科学技術振興機構、SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)革新的燃焼技術「潤滑解析モデルの高度化と解析ソルバーの開発」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(72)発明者 落合 成行

神奈川県平塚市北金目四丁目1番1号 東海大学内

Fターム(参考) 2F034 AA03 AB01

2G051 AA90 AC21 BA05 CA04 CB01 CB10 DA08 EA16 EB01 EB05

2G059 BB04 DD03 EE01 EE02 FF01 HH02 HH03 JJ22 KK04 MM01

MM05

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。