

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5833627号

(P5833627)

(45) 発行日 平成27年12月16日(2015.12.16)

(24) 登録日 平成27年11月6日(2015.11.6)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 N 21/64 (2006.01)

G O 1 N 21/64

Z

請求項の数 12 (全 28 頁)

|               |                               |           |                      |
|---------------|-------------------------------|-----------|----------------------|
| (21) 出願番号     | 特願2013-502017 (P2013-502017)  | (73) 特許権者 | 510250467            |
| (86) (22) 出願日 | 平成23年3月29日 (2011.3.29)        |           | エコラボ ユーエスエー インコーポレイ  |
| (65) 公表番号     | 特表2013-524205 (P2013-524205A) |           | ティド                  |
| (43) 公表日      | 平成25年6月17日 (2013.6.17)        |           | アメリカ合衆国, ミネソタ 55102, |
| (86) 国際出願番号   | PCT/IB2011/051344             |           | セント ポール, ワバシャ ストリート  |
| (87) 国際公開番号   | W02011/121547                 |           | ノース 370, イーコラブ センター  |
| (87) 国際公開日    | 平成23年10月6日 (2011.10.6)        | (74) 代理人  | 100099759            |
| 審査請求日         | 平成26年2月24日 (2014.2.24)        |           | 弁理士 青木 篤             |
| (31) 優先権主張番号  | 12/750,806                    | (74) 代理人  | 100102819            |
| (32) 優先日      | 平成22年3月31日 (2010.3.31)        |           | 弁理士 島田 哲郎            |
| (33) 優先権主張国   | 米国 (US)                       | (74) 代理人  | 100123582            |
|               |                               |           | 弁理士 三橋 真二            |
|               |                               | (74) 代理人  | 100180194            |
|               |                               |           | 弁理士 利根 勇基            |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 蛍光センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

蛍光センサであって、

浸漬可能なセンサ・ヘッドと、コントローラとを含み、

前記浸漬可能なセンサ・ヘッドは、

ハウジングであって、平面状第1外面を備えた第1壁と、平面状第2外面を備えた第2壁とを含むハウジングと、

光源チャンバであって、前記センサ・ヘッドに近接する分析領域内部の水試料を励起させるための第1UV波長を発する紫外線(UV)光源を含む光源チャンバと、

光源窓であって、前記光源チャンバから前記分析領域内へ前記第1UV波長を透過させる前記第1壁内に位置決めされており、且つ、前記第1壁を通して延びる第1チャンネルと、該第1チャンネル内に位置決めされた第1ボール・レンズとを含み、該第1ボール・レンズは半径 $R_1$ を有しており、前記第1チャンネルは、該第1チャンネル内に前記光源チャンバの内側から前記第1ボール・レンズが挿入されることにより前記第1ボール・レンズの周りで変形させられて、該第1ボール・レンズを該第1チャンネル内部に固定し、前記光源チャンバと前記分析領域との間で前記第1ボール・レンズの周りに連続的な不浸透性シールを形成するように、 $2R_1$ 未満の公称直径を有する、光源窓と、

検出器チャンバであって、前記分析領域からの第2UV波長の蛍光発光を検出するUV検出器を含む検出器チャンバと、

検出器窓であって、前記分析領域から前記検出器チャンバ内へ前記第2UV波長を

10

20

透過させる前記第2壁内に位置決めされており、且つ、前記第2壁を通して延びる第2チャンネルと、該第2チャンネル内に位置決めされた第2ボール・レンズとを含み、該第2ボール・レンズは半径 $R_2$ を有しており、前記第2チャンネルは、該第2チャンネル内に前記検出器チャンバの内側から前記第2ボール・レンズが挿入されることにより前記第2ボール・レンズの周りで変形させられて、該第2ボール・レンズを該第2チャンネル内部に固定し、前記検出器チャンバと前記分析領域との間で前記第2ボール・レンズの周りに連続的な不浸透性シールを形成するように、 $2R_2$ 未満の公称直径を有する、検出器窓とを含み、

前記コントローラは、前記UV検出器にカップリングされており、且つ、前記検出された蛍光発光に基づいて前記分析領域内部の前記水試料中の化学物質の濃度を計算するようになっている、蛍光センサ。

10

【請求項2】

前記第1チャンネルの軸線と、前記第2チャンネルの軸線とが、前記分析領域内の交点で、約 $60^\circ$ ～約 $120^\circ$ の第1角度を成して交差している、請求項1に記載の蛍光センサ。

【請求項3】

前記第1チャンネルの軸線が前記第1外面に対して直交し、前記第2チャンネルの軸線が前記第2外面に対して直交する、請求項2に記載の蛍光センサ。

【請求項4】

前記第1角度が約 $90^\circ$ である、請求項2に記載の蛍光センサ。

【請求項5】

20

前記交点から前記第1外面までの第1距離が約 $R_1$ ～約 $3R_1$ であり、前記交点から前記第2外面までの第2距離が約 $R_2$ ～約 $3R_2$ であり、前記第1ボール・レンズの中心から前記交点までの第3距離が約 $1.2R_1$ ～約 $3.2R_1$ であり、前記第2ボール・レンズの中心から前記交点までの第4距離が約 $1.2R_2$ ～約 $3.2R_2$ である、請求項2に記載の蛍光センサ。

【請求項6】

前記第1ボール・レンズ及び前記第2ボール・レンズのそれぞれが前記交点から約2mm未満である、請求項2に記載の蛍光センサ。

【請求項7】

$R_1$ は $R_2$ に等しく、 $R_1$ 及び $R_2$ は約1mm～約4mmである、請求項1に記載の蛍光センサ。

30

【請求項8】

前記第1チャンネルの公称直径が約 $1.75R_1$ ～約 $1.95R_1$ であり、前記第2チャンネルの公称直径が約 $1.75R_2$ ～約 $1.95R_2$ である、請求項1に記載の蛍光センサ。

【請求項9】

前記第1ボール・レンズは、前記第1外面の平面が該第1ボール・レンズと交差するように、前記第1チャンネルから部分的に突出しており、前記第2ボール・レンズは、前記第2外面の平面が該第2ボール・レンズと交差するように、前記第2チャンネルから部分的に突出している、請求項1に記載の蛍光センサ。

【請求項10】

40

前記第1ボール・レンズが前記第2ボール・レンズと接触している、請求項9に記載の蛍光センサ。

【請求項11】

前記第1壁が、前記第1ボール・レンズの外面に対して接線を成す平面状第1内面を含み、前記第2壁が、前記第2ボール・レンズの外面に対して接線を成す平面状第2内面を含む、請求項9に記載の蛍光センサ。

【請求項12】

前記第1壁及び前記第2壁は弾性材料を含み、前記第1ボール・レンズ及び前記第2ボール・レンズはガラス又はサファイアを含む、請求項1に記載の蛍光センサ。

【発明の詳細な説明】

50

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明の実施態様は、概して液体試料を試験するための光学測定装置に関し、特に、液体試料中の1つ以上の物質の濃度を割り出してモニタリングするための蛍光センサ及び蛍光光度計に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

清浄化作業及び抗菌作業において、商業的ユーザ（例えばレストラン、ホテル、食品飲料工場、食料品店など）は、清浄化生成物又は抗菌生成物を効果的に作用させるためにその生成物の濃度を頼りにする。清浄化生成物又は抗菌生成物を（濃度の問題に起因して）効果的に作用させることに失敗すると、商業的ユーザはその生成物の品質が低いと感じることがある。末端消費者は、商業的ユーザが提供するサービスが劣っていると感じることもある。加えて、政府の規制官庁及び健康機関によって商業的ユーザが調査・制裁を受ける場合もある。従って、生成物濃度が指定の濃度範囲内にあるかどうかを割り出すことができるシステムが必要である。同じことが他の用途、例えばウォーターケア（water care）、害虫駆除、飲料ボトリング作業、及びパッケージング作業などに当てはまる。

## 【0003】

生成物の濃度をモニタリングする1つの方法は、試料（及び試料中の生成物）が所定の光波長に曝されると発生する生成物の蛍光をモニタリングすることを頼りにする。例えば生成物中の化合物、又は生成物に添加された蛍光トレーサが所定の光波長に曝されると、蛍光を発生し得る。次いで、蛍光光度計を使用して生成物濃度を割り出すことができる。蛍光光度計は、化合物の蛍光を測定して、測定された蛍光に基づいて化学物質濃度を計算する。

## 【0004】

蛍光分光法が、関心事の試料によって発生された蛍光を検出することに関わる。これは、光ビーム、通常は紫外線（UV）を使用することを伴う。光ビームは、試料中の所定の化合物の分子内の電子を励起して、これらがより低いエネルギーの光を発する（すなわち「蛍光を発する」）ようにする。発生された蛍光を測定するためのいくつかの蛍光光度計がある。蛍光光度計は一般に、励起放射エネルギー源と、励起波長選択器と、試料材料を含有するための試料セルと、発光波長選択器と、信号プロセッサを備えた検出器と、読み出しデバイスとを有している。フィルタ蛍光光度計は、入射光と蛍光とを分離するために光学フィルタを使用する。蛍光分光光度計は、入射光と蛍光とを分離するために回折格子モノクロメータを使用する。

## 【発明の概要】

## 【0005】

本発明のいくつかの実施態様は概して、関心事の試料中に励起光を発し、次いで試料からの蛍光発光を検出して測定することができる蛍光センサの種々の設計に関する。蛍光センサのいくつかの実施態様はコントローラにカップリングされたセンサ・ヘッドを含み、コントローラは、測定された蛍光を受容して試料内部の生成物の濃度を計算する。センサ・ヘッドは、試料とセンサ・ヘッド内部の電子装置との間で光を透過させる1つ以上の窓を含み、いくつかの事例では、センサ・ヘッドの効率を改善する1つ以上の特徴を含む。

## 【0006】

本発明の1つの態様によれば蛍光センサが提供され、蛍光センサは、浸漬可能なセンサ・ヘッドと、センサ・ヘッドにカップリングされたコントローラとを含み、コントローラは、検出された蛍光発光に基づいて水試料中の化学物質濃度を計算するようになっている。センサ・ヘッドは、平面状第1外面を備えた第1壁と、平面状第2外面を備えた第2壁とを有するハウジングを含んでいる。センサ・ヘッドはまた、光源チャンバと検出器チャンバとを含んでいる。光源チャンバ内部には紫外線（UV）光源が位置決めされており、紫外線（UV）光源は、センサ・ヘッドに近接する分析領域内部の水試料を励起させるための第1UV波長を発する。検出器チャンバ内部にはUV検出器が位置決めされており、

UV検出器は分析領域からの第2 UV波長の蛍光発光を検出する。UV検出器はコントローラにカップリングされている。センサ・ヘッドはまた、光源チャンバから分析領域内へ第1 UV波長を透過させる第1壁内に位置決めされた光源窓と、分析領域から検出器チャンバ内へ第2 UV波長を透過させる第2壁内に位置決めされた検出器窓とを含んでいる。光源窓は、第1壁を通して延びる第1チャンネルと、第1チャンネル内に位置決めされた第1ボール・レンズとを含んでいる。第1ボール・レンズは半径 $R_1$ を有しており、第1チャンネルは、第1ボール・レンズの周りで変形させられるように $2R_1$ 未満の公称直径を有している。このことによって、第1ボール・レンズが第1チャンネル内部に固定され、光源チャンバと分析領域との間で第1ボール・レンズの周りに連続的な不浸透性シールが形成される。検出器窓は、第2壁を通して延びる第2チャンネルと、第2チャンネル内に位置決めされた第2ボール・レンズとを含んでいる。第2ボール・レンズは半径 $R_2$ を有しており、第2チャンネルは、第2ボール・レンズの周りで変形させられるように $2R_2$ 未満の公称直径を有している。このことによって、第2ボール・レンズが第2チャンネル内部に固定され、検出器と分析領域との間で第2ボール・レンズの周りに連続的な不浸透性シールが形成される。

#### 【0007】

本発明の別の態様によれば蛍光センサが提供され、蛍光センサは、浸漬可能なセンサ・ヘッドと、センサ・ヘッドにカップリングされたコントローラとを含み、コントローラは、検出された蛍光発光に基づいて水試料中の化学物質濃度を計算するようになっている。センサ・ヘッドは、ハウジングの側面に切欠きを有するプラスチック・ハウジングを含んでいる。切欠きは平面状第1外面を備えた第1壁と平面状第2外面を備えた第2壁とを画定しており、第1外面と第2外面とは約60度〜約120度の第1角度を成して交差している。センサ・ヘッドはまた、光源チャンバと検出器チャンバとを含んでいる。光源チャンバ内部には紫外線(UV)光源が位置決めされており、紫外線(UV)光源は、センサ・ヘッドに近接する分析領域内部の水試料を励起させるための第1 UV波長を発する。検出器チャンバ内部にはUV検出器が位置決めされており、UV検出器は分析領域からの第2 UV波長の蛍光発光を検出する。センサ・ヘッドはまた、光源チャンバから分析領域内へ第1 UV波長を透過させる第1壁内に位置決めされた光源窓と、分析領域から検出器チャンバ内へ第2 UV波長を透過させる第2壁内に位置決めされた検出器窓とを含んでいる。光源窓は、第1壁を通して延びる第1チャンネルと、第1チャンネル内に位置決めされた第1ボール・レンズとを含んでいる。第1ボール・レンズは半径 $R_1$ を有しており、第1チャンネルは、第1ボール・レンズの周りで変形させられるように $2R_1$ 未満の公称直径を有している。このことによって、第1ボール・レンズが第1チャンネル内部に固定され、光源チャンバと分析領域との間で第1ボール・レンズの周りに連続的な不浸透性シールが形成される。検出器窓は、第2壁を通して延びる第2チャンネルと、第2チャンネル内に位置決めされた第2ボール・レンズとを含んでいる。第2ボール・レンズは半径 $R_2$ を有しており、第2チャンネルは、第2ボール・レンズの周りで変形させられるように、 $2R_2$ 未満の公称直径を有している。このことによって、第2ボール・レンズが第2チャンネル内部に固定され、検出器と分析領域との間で第2ボール・レンズの周りに連続的な不浸透性シールが形成される。第2チャンネルの軸線が第1チャンネルの軸線と分析領域内の交点で交差している。いくつかの事例において、交点から第1外面までの第1距離が約 $R_1$ 〜約 $3R_1$ であり、交点から第2外面までの第2距離が約 $R_2$ 〜約 $3R_2$ であり、第1ボール・レンズの中心から交点までの第3距離が約 $1.2R_1$ 〜約 $3.2R_1$ であり、第2ボール・レンズの中心から交点までの第4距離が約 $1.2R_2$ 〜約 $3.2R_2$ である。

#### 【0008】

本発明の別の態様によれば、浸漬可能な蛍光センサ・ヘッドを製造する方法が提供される。この方法は、プラスチック・ワークピースを提供し、ワークピース内に光源チャンバと検出器チャンバとを形成することを含む。また、ワークピースの側面に切欠きを形成する。切欠きと光源チャンバとは平面状第1外面を備えた第1壁を画定し、切欠きと検出器チャンバとは平面状第2外面を備えた第2壁を画定する。平面状第1外面と平面状第2外

面とは第1角度を成して交差する。この方法はまた、第1壁内に光源窓を形成することと、第2壁内に検出器窓を形成することを含む。光源窓を形成することは、第1壁を通して延びる第1チャンネルを形成することと、第1チャンネル内に第1ボール・レンズを位置決めすることを含む。第1ボール・レンズは半径 $R_1$ を有し、第1チャンネルは $2R_1$ 未満の公称直径を有している。いくつかの事例において、第1ボール・レンズは、光源チャンバから第1チャンネル内へ第1ボール・レンズを押し込むことによって位置決めされる。第1チャンネルは、第1ボール・レンズの周りで変形することにより、第1ボール・レンズを固定し、光源チャンバとセンサ・ヘッドの外部との間で第1ボール・レンズの周りに連続的な不浸透性シールを形成する。検出器窓を形成することは、第2壁を通して延びる第2チャンネルを形成することと、第2チャンネル内に第2ボール・レンズを位置決めすることを含む。第2ボール・レンズは半径 $R_2$ を有し、第2チャンネルは $2R_2$ 未満の公称直径を有している。いくつかの事例において、第2ボール・レンズは、検出器チャンバから第2チャンネル内へ第2ボール・レンズを押し込むことによって位置決めされる。このことは、第2チャンネルを第2ボール・レンズの周りで変形させることにより、第2ボール・レンズを固定し、検出器チャンバとセンサ・ヘッドの外部との間で第2ボール・レンズの周りに連続的な不浸透性シールを形成する。この方法はさらに、光源チャンバ内に紫外線(UV)光源を位置決めすることと、検出器チャンバ内にUV検出器を位置決めすることを含む。UV光源は、センサ・ヘッドに近接する分析領域内部の水試料を励起させるために光源窓を通して第1UV波長を発し、UV検出器は、分析領域から検出器窓を通して第2UV波長の蛍光発光を検出する。

#### 【0009】

本発明の実施態様は、下記特徴及び／又は利点のうちの1つ以上を提供することができる。いくつかの実施態様は、例えば励起ビームの方向に対して所定の角度(例えば60〜120度)で蛍光信号を測定するのに効率的なマイクロ光学素子を組み入れることによって、改善された感度を有する蛍光光度計センサ・ヘッドを提供する。いくつかの実施態様の場合、マイクロ光学素子が、蛍光信号が集束ボール・レンズにより接近して測定される分析領域をもたらしように配列されている。距離が短ければ短いほど、センサ・ヘッドの効率及び／又は感度を著しく高めることができる。いくつかの実施態様の場合、分析距離は、以前の設計のものの5分の1〜10分の1の長さである。いくつかの実施態様の場合、分析距離は約2mmであり得る。

#### 【0010】

以下の詳細な説明を読むことで、これらの特徴及び利点並びに他の様々な特徴及び利点が明らかになる。

#### 【0011】

下記図面は、本発明の具体的な実施態様を例示するものであり、従って本発明の範囲を限定するものではない。図面は、原寸に比例してはおらず(特に断りのない限り)、下記詳細な説明における説明と併せて用いられることが意図されている。本発明の実施態様を添付の図面と併せて以下に説明する。同様の符号は同様の要素を示している。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0012】

【図1】図1は、本発明のいくつかの実施態様に基づく手持ち式蛍光光度計の斜視図である。

【図2】図2は、本発明のいくつかの実施態様に基づく励起スペクトル強度及び発光スペクトル強度のプロットである。

【図3】図3は、本発明のいくつかの実施態様に基づく手持ち式蛍光光度計の分解図である。

【図4】図4は、本発明のいくつかの実施態様に基づく制御ボードの概略図である。

【図5A】図5Aは、本発明のいくつかの実施態様に基づく光源ボードの斜視図である。

【図5B】図5Bは、本発明のいくつかの実施態様に基づく光源ボードの一部の断面図である。

【図 5 C】図 5 C は、本発明のいくつかの実施態様に基づく光源ボードの一部の断面図である。

【図 6 A】図 6 A は、本発明のいくつかの実施態様に基づく発光検出器ボードの斜視図である。

【図 6 B】図 6 B は、本発明のいくつかの実施態様に基づく発光検出器ボードの一部の断面図である。

【図 6 C】図 6 C は、本発明のいくつかの実施態様に基づくフィルタのスペクトル透過率の例を示すプロットである。

【図 6 D】図 6 D は、本発明のいくつかの実施態様に基づくフィルタリングされた励起スペクトルとフィルタリングされた発光スペクトルとの間のスペクトル分離を示すプロットである。

10

【図 7 A】図 7 A は、本発明のいくつかの実施態様に基づくセンサ・ヘッドの頂面斜視図である。

【図 7 B】図 7 B は、図 7 A のセンサ・ヘッドの底部斜視図である。

【図 7 C】図 7 C は、図 7 A のセンサ・ヘッドの斜視断面図である。

【図 8】図 8 は、本発明のいくつかの実施態様に基づく、水試料中の物質濃度を割り出す方法を示すフローチャートである。

【図 9 A】図 9 A は、本発明のいくつかの実施態様に基づくセンサ・ヘッドの斜視断面図である。

【図 9 B】図 9 B は、図 9 A のセンサ・ヘッドを示す断面図である。

20

【図 10 A】図 10 A は、本発明のいくつかの実施態様に基づくセンサ・ヘッドの断面図である。

【図 10 B】図 10 B は、本発明のいくつかの実施態様に基づくセンサ・ヘッドの断面図である。

【図 10 C】図 10 C は、本発明のいくつかの実施態様に基づくセンサ・ヘッドの断面図である。

【図 11】図 11 は、本発明のいくつかの実施態様に基づくセンサ・ヘッドの製造方法を示すフローチャートである。

【図 12 A】図 12 A は、本発明のいくつかの実施態様に基づくボール・レンズの位置決めを示すセンサ・ヘッドの断面図である。

30

【図 12 B】図 12 B は、本発明のいくつかの実施態様に基づくボール・レンズの位置決めを示すセンサ・ヘッドの断面図である。

【図 12 C】図 12 C は、本発明のいくつかの実施態様に基づくボール・レンズの位置決めを示すセンサ・ヘッドの断面図である。

【図 13 A】図 13 A は、本発明のいくつかの実施形態に基づく、センサ・ヘッド・チャンバと、ボール・レンズを位置決めするための位置決め工具との断面図である。

【図 13 B】図 13 B は、本発明のいくつかの実施形態に基づく、センサ・ヘッドと、ボール・レンズを位置決めするための位置決め工具との斜視図である。

【図 13 C】図 13 C は、本発明のいくつかの実施形態に基づく、センサ・ヘッドと、図 13 B の位置決め工具との断面図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0013】

下記の詳細な説明は本質的に模範例を示すものであり、本発明の範囲、適用性、又は形態を限定することは意図されていない。むしろ、下記説明は、本発明の模範的な実施態様を実施するためのいくつかの実例的な例を提供する。構造、材料、寸法、及び製造プロセスの例が、選択された要素のために提供され、他の全ての要素は本発明の分野における当業者に公知のものを採用する。記載の例の多くが種々様々な好適な代替物を有することは当業者に明らかである。

【0014】

本発明の実施態様は概して、浸漬可能なセンサ・ヘッドを有する手持ち式光学測定装置

50

と、このような装置の使用法とを提供する。いくつかの実施態様において、手持ち式光学測定装置の構成部分は、有利には手持ち式構造内に内蔵されており、種々様々な用途のための好都合なツールを提供する。本発明のいくつかの実施態様の場合、手持ち式蛍光光度計の形態を成す光学測定装置が提供される。本発明のいくつかの実施態様が蛍光光度計（手持ち式又はその他の形式）に関連してここでは記載されているが、言うまでもなく、本発明の態様は種々の光学測定装置（例えば濁度計、吸光度計など）において具体化されることができ、そして本発明はいかなる特定の装置形態にも限定されることはない。

#### 【0015】

図1は、本発明のいくつかの実施態様に基づく手持ち式蛍光光度計100の形態を成す光学測定装置の斜視図である。蛍光光度計100は一般に、手持ち式コントローラ・モジュール104に結合された浸漬可能なセンサ・ヘッド102を含んでいる。コントローラ・モジュール104はまた、センサの読み値及び計算値をユーザに表示するための電子ディスプレイ110と、キーパッド112の形態を成す入力インターフェイスとを含んでいる。キーパッド112は、ユーザが蛍光光度計100と対話するのを可能にする（例えば変数の入力、パラメータの設計、メニューアイテムへのアクセスなど）。

#### 【0016】

いくつかの実施態様によれば、コントローラ・モジュール104は一般に細長いハウジング106を有している。このハウジングは、蛍光光度計100を手によって容易に把持又は保持するためにハンドル又は棒状部材と同様の好都合な形態を提供している。センサ・ヘッド102は好ましくは水密ハウジングを含んでいる。水密ハウジングは、関心事の液体試料内に部分的又は全体的に浸漬されたときに、センサ・ヘッドが測定及びその他の機能を果たすのを可能にする。従って、いくつかの事例では、センサ・ヘッド102は、浸漬可能なディップ・プローブと同様のいくつかの要素及び／又は特徴を有している。例えば、本発明のいくつかの実施態様の場合、浸漬可能なセンサ・ヘッド102は米国特許第7,550,746号明細書及び米国特許出願公開第2009/0212236号明細書（それぞれの明細書の内容全体は参照により本明細書中に組み込まれる）に記載されたものと同様の1つ以上の要素及び／又は構成部分を有している。浸漬可能なセンサ・ヘッド102の形態は、関心事の試料を含有する光学セルの外部にセンサ及び他の構成部分を位置決めする蛍光光度計及び他の光学機器といくつかの点で対比されることもできる。

#### 【0017】

いくつかの事例において、センサ・ヘッド102は、コントローラ・ハウジング106の、ディスプレイ110とは反対側の底面108に結合（例えば付着又は一体化）され、コントローラ・ハウジングの遠位端120に隣接して位置決めされている。典型的には、ユーザはコントローラ・ハウジングの近位端122の近くでコントローラ・ハウジング106を把持することにより、試料からの測定を行い、ディスプレイ110を読み、且つ／又はキーパッド112を操作することができる。例えば、センサ・ヘッド102を試料中に部分的又は完全に浸した状態で、（現場のリザーバ／容器内、実験室内のビーカー内などの）液体試料の表面の上方にコントローラ・モジュール104を保持することによって、ユーザはセンサ・ヘッド102を試料中に浸すことができる。いくつかの実施態様において、ユーザは、試料で満たされた試料カップを浸漬可能なセンサ・ヘッド102の周りに繋止しつつ、コントローラ・モジュール104の第2の端部を把持してもよい。もちろん、コントローラ・モジュール及びセンサ・ヘッドの他の形態が可能であり、本発明は特定の物理的形態に限定されない。

#### 【0018】

一般に、手持ち式蛍光光度計100は最小限でも、関心事の物質（例えば化学溶液、例えば抗菌生成物又は清浄化生成物）を含む試料からの蛍光発光を測定し、試料中の物質の濃度を計算し、且つ割り出された濃度をユーザに表示する。ユーザは次いで任意には、割り出された濃度に基づいて所期の処置を施すことができ、例えば、物質をより多く産業用システムに添加することによって物質濃度を高めることができる。このように、蛍光光度計は手動フィードバック・ループの一部であり得る。濃度が閾値濃度よりも低い又は高い

10

20

30

40

50

ことを蛍光光度計が割り出す場合、ユーザは、その差異を見て、生成物のディスペンシング量をより多く又はより少なくすることによって、生成物のディスペンシング量を適宜に調節することができる。加えて、蛍光光度計は生成物切れアラームの一部として機能することもできる。生成物が切れると、（生成物濃度を反映する）蛍光が所定の閾値レベル未満に低下する。この時点で、センサはディスペンサが生成物切れであることをユーザに警告することができる。信号は視覚的又は聴覚的な信号又は振動信号であり得る。従って、このようなフィードバックは、所期効果（清潔、微生物の低減、潤滑など）を達成するのに十分なクリーナー、抗菌剤、又はその他の組成物が存在することを保証する。

#### 【0019】

蛍光光度計の基本作業はよく知られているため、様々な詳細は便宜上ここでは省かれる。一般に、蛍光光度計100は物質の蛍光特性に基づいて、液体試料中の特定物質の濃度を計算する。本明細書中により詳細に説明するように、蛍光光度計100は光源を含む。光源は、選択された波長範囲内の光を発する。センサ・ヘッド102が液体試料中に浸漬されると、光は関心事の物質の粒子に衝突する。光は、物質の特定分子における電子を励起して、電子が別の波長範囲内のより低いエネルギーの光を発する（すなわち蛍光を発する）ようにする。センサ・ヘッド102は光学センサ、例えば光検出器を含む。この光学センサは、蛍光発光を検出し、且つ蛍光発光強度を示す相応の電気信号を生成する。蛍光光度計100は、光学センサとカップリングされたコントローラを含んでいる。コントローラは蛍光発光強度と物質濃度との既知の関係に基づいて物質濃度を計算することができる。

#### 【0020】

この一般的なプロセスの数多くの変更形及び具体的な詳細が、蛍光光度計に関する本発明の実施態様に対して考えられる。例えば関心事の物質は、蛍光特性を有する所期の化学溶液であってよい。その一例としては、殺生物剤、例えば殺虫生成物及び抗菌生成物、防食生成物、スケール防止生成物、ファウリング防止生成物、殺菌生成物、及び他の清浄化生成物、洗剤、及び添加剤などが挙げられる。便宜上、これらの、そしてその他のこのような物質は代わりに単に「生成物」、「化学溶液」、及び／又は「処理溶液」と呼ばれる。さらに、種々の産業用システム内に使用される冷却水の試料（例えば水試料）における水処理溶液の濃度を割り出すことに関する例が本明細書中に提供されてはいるものの、手持ち式蛍光光度計100が、水及び他の液体を処理するための数多くの環境内で使用される生成物の濃度を割り出す上で有用であることは言うまでもない。ほんの数例を挙げるならば、手持ち式蛍光光度計100は、洗濯、自動食器洗浄、手動食器洗浄、サード・シンク(3<sup>rd</sup> sink)用途、パワーシンク(power sink)用途、自動車の手入れ、現場のクリーニング作業、健康管理用途、硬質面用途などにおける1つ以上の物質の濃度を割り出すのに有用である。

#### 【0021】

センサ・ヘッド102から放射する光の存在下で、多くの生成物が蛍光を発する。なぜならば、生成物を形成する化合物の多くは蛍光特性を有しているからである。例えば、ベンゼン成分を有する化合物又は分子は、1つ以上の置換電子供与基、例えば-OH、-NH<sub>2</sub>、及び-OCH<sub>3</sub>と、蛍光特性を呈する多環式化合物とを取り込むことができる。上記用途で使用される多くの化合物は、これらと同様の化学構造、例えば界面活性剤、潤滑剤、抗菌剤、溶剤、ヒドロトロップ、再付着防止剤、色素、腐食防止剤、及び漂白添加剤を含む。これらの化合物は、食器洗浄用洗剤、濯ぎ剤、洗濯用洗剤、現場クリーニング用クリーナー、抗菌剤、床コーティング剤、食肉、家禽及び魚介の屠体処理剤、農薬、自動車手入れ用組成物、水管理組成物、プール及び温泉のための組成物、無菌パッケージング組成物、及び瓶洗浄組成物などのような生成物中に組み入れられることができる。これらの化合物及び対応する用途のうちのいくつかの例を米国特許第7,550,746号明細書に見いだすことができる。この内容全体は参照により本明細書中に組み込まれる。

#### 【0022】

これに加えて、又はこれとは別に、蛍光トレーサ（ここでは「蛍光マーカー」とも呼ば

10

20

30

40

50

れる)を、自然に蛍光を発する化合物を既に含む又は含まない生成物中に組み入れることができる。トレーサのいくつかの非限定的な例は、ナフタレンジスルホネート (NDSA)、2-ナフタレンスルホン酸、アシッド・イエロー7、1, 3, 6, 8-ピレンテトラスルホン酸ナトリウム塩、及びフルオレセインを含む。いくつかの実施態様の場合、蛍光トレーサは生成物に周知の比率で添加され、ひいては一旦トレーサの濃度が割り出されると、生成物濃度を評価することが可能になる。例えば、いくつかの事例において、蛍光トレーサの濃度は、現在の蛍光信号と、較正手順中に測定された既知のトレーサ濃度からの蛍光信号とを比較することにより割り出すことができる。次いで、蛍光トレーサの既知の公称比率と、測定された蛍光濃度とから化学生成物の濃度を評価することができる。いくつかの事例において、液体試料中の現在の生成物濃度  $C_c$  を以下の式によって割り出すこ

10

【0023】

$$C_c = C_m \times (C_0 / C_f)$$

【0024】

ここで、 $C_m = K_m \times (S_x - Z_0)$  である。

【0025】

ここで、 $C_m$  は現在の蛍光マーカー濃度であり、 $K_m$  は勾配補正係数であり、 $S_x$  は現在の蛍光測定値であり、 $Z_0$  はゼロシフトであり、 $C_0$  は生成物の公称濃度であり、そして  $C_f$  は蛍光トレーサの公称濃度である。

【0026】

20

図2を参照すると、本発明のいくつかの実施態様に基づく励起スペクトル強度202及び発光スペクトル強度204のプロット200が示されている。この例では、紫外線(UV)発光ダイオード(LED)の形態を成す光源を有する蛍光光度計は、約280nm〜約310nmの励起光を、蛍光トレーサが添加された生成物を有する冷却塔水の試料中に発する。添加されたNDSAはこのUV線を吸収して約310nm〜約400nmの蛍光を生成する。蛍光光度計の発光検出器は、この発光放射を検出し、蛍光光度計はNDSAトレーサの濃度を割り出し、そして最終的には冷却塔水試料中の生成物濃度を割り出す。

【0027】

図3は、図1に示された手持ち式蛍光光度計と同様の手持ち式蛍光光度計300の分解図である。蛍光光度計300は一般に、コントローラ・モジュール部分303に結合された浸漬可能なセンサ・ヘッド301を含んでいる。コントローラ・モジュール部分303は、ハウジングと、ハウジング内部のいくつかの構成部分とを含んでいる。ハウジングは上側部分302と下側部分304とから形成されていて、コントローラ・ハウジングの下側部分304は下側部分の外側の底面305を画定している。センサ・ヘッド301はセンサ・ヘッド・ハウジング316を含んでいる。センサ・ヘッド・ハウジング316は、コントローラ・ハウジングの底面305に固定的に取り付けられるように形成されている。いくつかの実施態様において、センサ・ヘッド・ハウジング316は、コントローラ・ハウジングの1つ以上の部分と一体的に形成されていてよい。

30

【0028】

いくつかの実施態様において、コントローラ・モジュール303は一般に、センサ・ヘッド301から受信された信号に基づいて生成物濃度を割り出すのに必要な構成部分を含む。図3に示されているように、コントローラ・モジュール303は制御ボード306を含んでいる。制御ボードは、ディスプレイボードケーブル312を介してディスプレイボード308とカップリングしている。ディスプレイボード308は電子ディスプレイ309(例えばLCDスクリーン)を含んでいる。電子ディスプレイ309は情報をユーザに表示する。コントローラ・モジュール303はまた、メンブレン・キーパッド・オーバーレイ(membrane keypad overlay)310の形態を成す入力インターフェイスを含んでいる。メンブレン・キーパッド・オーバーレイは、ユーザがコントローラ・モジュール303によって種々様々な情報を入力するのを可能にする。コントローラ・モジュール303は、ポータブル電源、例えば蛍光光度計300内の回路に給電するためのバッテリー314

40

50

も含んでいる。

#### 【0029】

いくつかの実施態様において、浸漬可能なセンサ・ヘッド301は、共通の譲受人を持つ米国特許第7, 550, 746号明細書及び米国特許出願公開第2009/0212236号明細書（それぞれの明細書の内容全体は参照により本明細書中に組み込まれる）に記載されたものと同様の1つ以上の要素及び／又は構成部分を有している。図3に戻ると、いくつかの実施態様の場合、センサ・ヘッド301はハウジング316を含んでいる。このハウジングは、光源ボード320と発光検出器ボード322とを収納している。第1のOリング318が、センサ・ヘッド・ハウジング316とコントローラ・ハウジングの下側部分304との間にシールを形成する。光源ボード320及び発光検出器ボード322上の構成部分は黄銅管326によって遮蔽されている。黄銅管326はそれぞれのボードを実質的に取り囲んでいる。それぞれの管326は管の遠位端に切欠きを含んでおり、センサ・ヘッド・ハウジング316は、ハウジングを通して延びる窓330を含んでいる。これらの切欠き及び窓330は、光源ボード320上に位置決めされた光源（例えばLED）と、発光検出器ボード322上に位置決めされた発光検出器（例えば光検出器）とがセンサ・ヘッド・ハウジング316の外側の分析領域と連通するのを可能にする。電気ケーブル324が光源ボード320及び発光検出器ボード322を制御ボード306にカップリングする。制御ボード306は、ボード306上のコントローラが光源を制御し且つ発光検出器から戻った信号を受信するのを可能にする。いくつかの実施態様の場合、センサ・ヘッド301は1つ以上の温度センサも含んでいる。これらの温度センサは水試料の温度を測定することができる。例えば光源ボード320及び／又は発光検出器ボード322は、センサ・ヘッド・ハウジング316内に延びる1つ以上の温度センサを含んでいてもよい。付加的なOリング334とともに、センサ・ハウジング316の遠位面内に位置決めされたカバー332が、温度センサの周りにシールを形成する。

#### 【0030】

図4は、本発明のいくつかの実施態様に基づく手持ち式蛍光光度計のための制御ボード400の概略図である。制御ボード400は、プリント回路板401上に位置決め（例えばはんだ付け）されて一緒にカップリングされた（接続は図示されていない）数多くの別個の構成部分を含むことができる。図4は、1つの模範的な制御ボード400の基礎構成部分の単純化された概略図を示しており、当業者には明らかなように、構成部分間の種々の接続及び／又は構成部分に関する細部は変化しうる。制御ボード400はコントローラ402を含んでいる。コントローラ402は、発光検出器からの強度信号に基づいて水試料中の生成物濃度を計算する。コントローラ402は種々様々な他の機能を提供し得る。これらの機能の一例としては、較正ルーティンを実施すること、入力インターフェイスで入力された指示を受け入れて実行すること、及び／又は蛍光光度計のディスプレイ上の表示のためのデータをフォーマットすることが挙げられる。コントローラ402は、任意の好適な形態、例えばソフトウェア駆動型マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、又はフィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ、又は固定ハードウェア・デザイン、例えば特定用途向け集積回路などの形態で具体化されることができる。加えて、コントローラ402は内蔵メモリを有してよく、或いは、制御ボードは、コントローラ402による実行のための指示を保存するメモリ（図示せず）を有してよい。

#### 【0031】

制御ボードは、制御ボード400を電源、例えば図3に示されたバッテリー314に接続するためのコネクタ410を備えた電力ケーブルも含んでいる。制御ボード400はまた、コントローラ給電部412と、アナログ給電部414と、センサ・ヘッド内の光源に給電するための光源給電部416とを含む。いくつかの実施態様の場合、制御ボード400は、リアルタイム・クロック・バッテリー418と、ロックイン増幅器420と、基準フォトダイオード増幅器422と、ディスプレイボード424と光源ボード404と発光検出器ボード406とのためのコネクタとを含んでいる。いくつかの場合、制御ボード400は、音響器426と、USB又はその他のタイプのデータ・コネクタ428と、他のコン

ピューティング・デバイスと交信するための無線手段４３０と、任意のアナログ出力部４３２及び論理出力部４３４とを有していてもよい。

#### 【００３２】

図５Ａは、本発明のいくつかの実施態様に基づく光源ボード５００の斜視図である。光源ボード５００（図３には符号３２０としても示されている）は一般にプリント回路板５０２を含み、プリント回路板５０２は、前置増幅器５０８と、光源ボード５００を制御ボードにカップリングするためのコネクタ５１０とともに、光源５０４と、基準フォトダイオード５０６とを有する。図５Ｂは、光源５０４と基準フォトダイオード５０６とが、プリント回路板５０２上に固定されたフィルタ・ホルダ５１４によって形成された光キャビティ５１６の内部に位置する１実施態様を示す断面図である。光源５０４からの光の小さな部分が基準フォトダイオード５０６に到達して基準信号を提供することにより、時間及び温度変化に伴う光源の出力強度の変動を補償する。いくつかの事例において、基準信号は励起フィルタ５１２からの反射及びキャビティ５１６内部の散乱光によって生成される。いくつかの事例において、基準信号は、安定しており、光源５０４の総出力に対して比例する。いくつかの実施態様の場合、基準フォトダイオード５０６は、光キャビティ５１６内で光が自然に減衰するため、光減衰器又はビーム・スプリッタなしで働く。励起フィルタ５１２は、光源５０４からの光を、光が浸漬可能なセンサ・ヘッドから出る前にフィルタリングすべく、フィルタ・ホルダ５１４によって光源５０４の上に位置決めされる。光源５０４は、考えられ得る種々様々な要素を含むことができる。例えば光源５０４はガス放電ランプ、水銀ランプ、重水素ランプ、金属蒸気ランプ、発光ダイオード（ＬＥＤ）、又は複数のＬＥＤであってよい。加えて、光源５０４は、選択された要素及び所望のスペクトルに応じて、考えられ得る数多くのスペクトルの励起放射を発することができる。いくつかの実施態様では、光源は波長約２８０ｎｍ～約３１０ｎｍの光を発することができる紫外ＬＥＤである。

#### 【００３３】

図５Ｃは、光キャビティ５１６の別の実施態様を示している。励起フィルタ５１２がＵＶ・ＬＥＤ５０４の頂部に直接に固定されている。カバー５２０がＵＶ・ＬＥＤ５０４及び基準フォトダイオード５０６の周りに光キャビティ５１６を形成している。カバー５２０は、出口５３０を有することによりＵＶ・ＬＥＤを励起窓（例えば図３に示された１つの窓３３０）とカップリングする。いくつかの事例において、ＵＶ・ＬＥＤによって発せられたＵＶ光の主要な部分が、ＵＶ・ＬＥＤ５０４から出口５３０を通過して励起窓に移動する。いくつかの事例において、ＵＶ光のより小さな部分が、光キャビティ５１６内部で反射・散乱させられ、ＵＶ・ＬＥＤ強度に対して比例する安定な基準信号を提供する。いくつかの実施態様の場合、カバー５２０及び／又はフィルタ・ホルダ５１８をポリテトラフルオロエチレンから形成することにより、散乱信号の強度、及び基準信号の長期間安定性を改善する。いくつかの実施態様の場合、カバー５２０が金属化反射層を備えた研磨された内面を有することにより、且つ／又はフィルタ・ホルダ５１８が金属化反射層を備えた研磨された外面を有することにより、反射信号の強度及び基準信号の安定性を改善することができる。

#### 【００３４】

図６Ａ及び６Ｂは、本発明のいくつかの実施態様に基づく発光検出器ボード６００を示す。図６Ａは、発光検出器ボード６００の斜視図である。検出器ボード６００は一般に、プリント回路板６０２上に位置決めされた発光検出器６０４を含む数多くの構成部分を含んでいる。本発明のいくつかの実施態様の場合、発光検出器６０４はＵＶ感光性フォトダイオードを含む。例えば、検出器６０４は、センサ・ヘッドの外側の分析領域から検出された約３１０ｎｍ～約４００ｎｍの光に基づいて強度信号を生成することができる。検出器ボード６００はまた、前置増幅器６０６と温度センサ６０８とを含んでいる。発光検出器６０４の周りに位置決めされた発光フィルタ・ホルダ６１０が、放射エネルギーをスクリーニングし、所期波長を通過させて検出器６０４に送るための１つ以上のフィルタを支持している。図６Ｂに示された実施態様の場合、フィルタは干渉フィルタ６１２とＵＧー

11 ガラス・フィルタ614とを含む。いくつかの実施態様の場合、付加的なポリエステル膜フィルタ616も発光検出器604の前に位置決めされている。いくつかの事例において、ポリエステル膜フィルタ616の厚さは約 $0.5 \pm 0.2$  mmである。いくつかの事例では、光学設計（例えばボール・レンズ、高発散ビームなどの使用）が光学効率の増大をもたらすことができるが、高い効率及びコリメート・ビームに対する高い拒絶値を有する干渉フィルタの性能が犠牲になることもある。このようなポリエステル膜を組み入れると、いくつかの事例では、散乱光レベルを最小化することにより、100ネフェロメトリック濁度単位（NTU）という高い濁度の試料中のNDSA蛍光の測定を可能にすることができる。

#### 【0035】

図6Cは、本発明のいくつかの実施態様に基づく、励起フィルタ512のスペクトル透過率650、干渉フィルタ612のスペクトル透過率652、UG-11ガラス・フィルタ614のスペクトル透過率654、及びポリエステル・フィルム・フィルタ616のスペクトル透過率656の例を示すプロットである。いくつかの実施態様の場合、フィルタのこのような組み合わせは、UV・LEDからの励起光スペクトルと、試料内部の蛍光トレーサからの発光スペクトルとの間の効果的なスペクトル分離をもたらす。図6Dは、励起フィルタ512、干渉フィルタ612、UG-11ガラス・フィルタ614、及びポリエステル・フィルム・フィルタ616を利用した、フィルタリングされた励起スペクトル660とフィルタリングされた発光スペクトル662との間のスペクトル分離を示すプロットである。

#### 【0036】

図7A～7Cは、前述のような手持ち式蛍光光度計のコントローラ・モジュールに取り付けられることができる、本発明のいくつかの実施態様に基づく別々の浸漬可能なセンサ・ヘッド700を示す種々の図面を示す。図7Aはセンサ・ヘッド700の頂面斜視図である。図7Bはセンサ・ヘッド700の底部斜視図である。図7Cは図7Aのセンサ・ヘッド700の斜視断面図である。センサ・ヘッド700は、プラスチックから形成されることができ、且つ所望の形状及び特徴を得るように成形且つ／又はミリングされることができる。

#### 【0037】

一般に、センサ・ヘッド700は、第1の鉛直方向のキャビティ又はチャンバ712を含むハウジング702を含んでいる。第1の鉛直方向のキャビティ又はチャンバ712は、光源回路ボード（例えば図3の符号320又は図5の符号500の光源ボード）を受容するように形成されている。いくつかの事例において、光源チャンバ712は円筒形態を有するように形成されている。円筒形態は、図3に示された円筒形黄銅シールド326のための滑り嵌めを提供することができる。いくつかの実施態様の場合、光源チャンバ712は、チャンバ712の1つの側面に沿って平面状の壁726を含む部分円筒形態を有している。図7A～7Cに戻ると、センサ・ヘッド・ハウジング702は、光源チャンバ712と同様に、発光検出器回路ボード（例えば図3の符号322又は図6の符号600）の発光検出器ボードを受容するための第2の鉛直方向のキャビティ又はチャンバ714を含んでいる。いくつかの事例において、光源チャンバ712及び発光検出器チャンバ714は、センサ・ヘッド700の長手方向軸線708を中心として対称に形成して位置決めされることができるが、このことは全ての実施態様において必要とされるわけではない。

#### 【0038】

センサ・ヘッド・ハウジング702はさらに、ハウジング702の外面内に所定の角度を成すアングル状切欠き752を含んでいる。いくつかの実施態様の場合、切欠き752の角度はほぼ90度であるが、言うまでもなく本発明は切欠きのための特定の角度に限定されることはない。切欠き752は、センサ・ヘッド700の長手方向軸線で第2壁756と交差する第1壁754によって仕切られている。第1壁754は光源窓720を画定する。光源窓720は、光源によって発せられた励起エネルギーのための、第1壁754を貫通する通路を提供する。第2壁756も同様に発光検出器窓722を画定し、この発

10

20

30

40

50

光検出器窓 722 は、蛍光発光がセンサ・ヘッド・ハウジング 702 内部に配置された発光検出器に達するように、第 2 壁 756 を貫通する通路を提供する。いくつかの実施態様では、光源窓 720 及び／又は発光検出器窓 722 はセンサ・ヘッド・ハウジング 702 を通って延びるチャンネルを含んでいる。いくつかの実施態様の場合、窓 720、722 は、レンズ、プリズム、又は光源放射及び／若しくは蛍光発光に対して光学的に透明な他の材料を含んでいる。例えばいくつかの実施態様の場合、それぞれのチャンネル内部にはガラス又はサファイアのボール・レンズが位置決めされている。当業者に知られた他の好適な材料を使用してもよい。ボール・レンズは、光源／検出器窓を提供し、さらに、光源／検出器と、センサ・ヘッド 700 のハウジング 702 の外側の分析領域 750 との間で光を導くための集束手段も提供する。

10

#### 【0039】

図示のように、光源窓 720 及び発光検出器窓 722 を含むアングル状切欠き 752 は、アングル状切欠き及び窓がコントローラ・モジュールの遠位端に面するように、コントローラ・モジュールに対して配向されている。本明細書中にさらに論じるように、アングル状切欠き及び窓はいくつかの実施態様において、異なる方向に配向されていてよい。例えば、いくつかの実施態様において、アングル状切欠き及び窓は、コントローラ・モジュールの近位端に向いている。

#### 【0040】

いくつかの実施態様の場合、センサ・ヘッド 700 は近位端 704 と遠位端 706 とを含んでいる。これらの間には、長手方向軸線 708 とセンサ・ヘッド 700 の長さ部分とが延びている。図 1 及び 3 に示されているように、いくつかの実施態様では、センサ・ヘッド 700 は、センサ・ヘッド 700 の近位端 704 又はその近くで、コントローラ・モジュール・ハウジングの底面に結合されている。いくつかの事例では、センサ・ヘッド 700 はコントローラ・ハウジングにファスナによって固定的に取り付けられている。ファスナは例えばねじ、ボルト及び／若しくはピン、又は接着剤又は溶接（図示せず）を含むことができる。いくつかの実施態様において、センサ・ヘッド 700 は 4 つのねじで固定されている。これらのねじは、センサ・ヘッド 700 とコントローラ・モジュールとの間の溝 710 内に位置決めされた O リングを圧縮する。いくつかの実施態様において、センサ・ヘッド・ハウジング 702 はコントローラ・モジュールと一体的に形成されて、センサ・ヘッドの近位端 704 とコントローラ・モジュールの底面とが継ぎ目なしに移行するようになっていてもよい。

20

30

#### 【0041】

いくつかの実施態様の場合、センサ・ヘッド 700 はファスナの一部又は全ても含んでいる。ファスナはセンサ・ヘッド 700 の周りに試料カップを取り外し可能に固定する。ただ 1 つの例として、ファスナは、センサ・ヘッド・ハウジング 702 の周りに位置決めされた 1 つ以上のピン 740 と、試料カップ上の対応スロットとを含んでいてよい。いくつかの実施態様の場合、ピン 740 とスロットとはバヨネット式ファスナを形成する。バヨネット式ファスナは、試料カップをセンサ・ヘッドの周りに固定し、且つ試料カップをセンサ・ヘッド 700 の周りに好ましい配向に方向付ける（例えば回転）。他のファスナ（例えばねじ山、対向する加圧要素など）を含むこともできる。

40

#### 【0042】

いくつかの実施態様の場合、センサ・ヘッド 700 はまた、図 3 に示されているような、1 つ以上の温度センサ・カバーを挿入するための穴 730 を含んでいる。図 7A～7C に戻ると、穴 730 は、ねじ山を有しているか、或いは温度センサを受容して固定するように他の形で形成されていてよい。（図 7A～7C には示されていない）温度センサは、現在の水試料温度を検知し、そして対応信号を生成するように適合されている。対応信号は、例えば許容範囲外の温度に起因するエラーに基づいて濃度計算を補正するために使用されることができる。

#### 【0043】

加えて、センサ・ヘッド 700 は好ましくは浸漬可能なセンサ・ヘッドである。浸漬可

50

能なセンサ・ヘッドは、蛍光発光を測定するときにこれが水試料表面よりも下方に部分的又は全体的に浸漬されることを意味する。従って、センサ・ヘッド・ハウジング702、すなわちコントローラ・ハウジングへの結合部、及びハウジング702内の窓又はその他の潜在的な空所（void）は、浸漬前に事実上シールされる。例えばいくつかの場合、ハウジング702は、センサ・ヘッドの近位端704に第1のリング溝710を含み、且つ温度センサ穴730の周りに第2のリング溝732を含んでいる。試料カップを含むいくつかの実施態様において、センサ・ヘッドの近位端704の近くでセンサ・ヘッド700の周囲に第3のリング溝742を形成することにより、試料カップとセンサ・ヘッド700との間に実質的に不透過性のシールを提供する。加えて、光源窓720及び発光検出器窓722はリングなどでシールされてもよい。いくつかの実施態様では、光源窓720及び発光検出器窓722は、窓チャンネルとチャンネル内部に配置されたボール・レンズとの間の圧力嵌めに基づいてシールされている。

10

#### 【0044】

図8は、本発明のいくつかの実施態様に基づく、水試料中の物質の濃度を割り出す方法を示すフローチャートである。一般に、蛍光光度計は生成物内の活性分子の蛍光発光を測定する。蛍光発光は水試料中の実際の生成物濃度に対して比例する。コントローラ・モジュールと、コントローラ・モジュールに結合されたセンサ・ヘッドとを有する手持ち式蛍光光度計を提供した（802）後、関心事の生成物を含有する水試料を提供する。センサ・ヘッドを水試料中に浸漬し（804）、水試料はセンサの分析領域を占有する。次に第1UV波長を有する紫外（UV）励起光をセンサ・ヘッド内の光源によって発生させて、これを水試料及び分析領域内へ導く（806）。次いでセンサ・ヘッドが第2UV波長で試料の蛍光発光を検出して測定する（808）。センサ・ヘッドはコントローラを含む（例えば図4の符号402）。コントローラが、測定された蛍光発光に基づいて試料中の生成物濃度を計算する（810）。第1波長は280～310nmであってよい。第2UV波長は310nm～400nmであってよい。センサは第1波長で試料の基準蛍光発光を測定してもよい。センサは、化学物質濃度がゼロであるゼロ溶液の蛍光発光を測定してもよい。この場合、試料中の化学物質濃度は、化学物質を含有する試料の測定された蛍光発光と、ゼロ溶液の測定された蛍光発光との計算された差に基づいて計算されることができ。試料濃度は、較正試料中の既知の生成物濃度に対して割り出された較正定数に基づいて計算されてもよい。

20

30

#### 【0045】

一例として、いくつかの場合、2つのUV検出器からの信号に基づいて試料濃度を評価することができる。基準検出器が、光源によって発生せしめられたUC励起の強度を測定するのに対して、蛍光発光検出器が、生成物によって発せられた蛍光発光の強度を測定する。計算は下記の式を使用する。

#### 【数1】

$$C_c = K_x \left( \frac{I_E^s}{I_R^s} - \frac{I_E^0}{I_R^0} \right)$$

40

#### 【0046】

ここで、 $C_c$ は試料溶液中の生成物X（例えば界面活性剤、抗菌剤など）の実際の現在の濃度である。

#### 【0047】

$K_x$ は較正係数である。

#### 【0048】

#### 【数2】

$$I_E^s$$

50

は、試料溶液に対応する発光検出器からの出力信号である。

【0049】

【数3】

$$I_R^S$$

は、試料溶液に対応する基準検出器からの出力信号である。

【0050】

【数4】

$$I_E^0$$

10

は、ゼロ溶液（すなわち、生成物濃度がゼロである溶液）に対応する発光検出器からの出力信号である。

【0051】

【数5】

$$I_R^0$$

は、ゼロ溶液に対応する基準検出器からの出力信号である。

20

【数6】

$$K_X = C_{CALIBR} / \left( \frac{I_E^{CALIBR}}{I_R^{CALIBR}} - \frac{I_E^0}{I_R^0} \right)$$

【0052】

ここで、 $C_{CALIBR}$ は、較正溶液中の生成物の濃度である。

【0053】

【数7】

30

$$I_E^{CALIBR}$$

は、較正溶液に対応する発光検出器からの出力信号である。

【0054】

【数8】

$$I_R^{CALIBR}$$

は、較正溶液に対応する基準検出器からの出力信号である。

40

【0055】

いくつかの実施態様において、蛍光出力信号は、生成物濃度の非線形関数である。例えば試料溶液中の生成物Xの線形化された現在の濃度 $C_L$ は、下記の式を用いて計算されることができる。

$$C_L = A \cdot R \cdot (1 + B \cdot R + C \cdot R^2 + D \cdot R^3)$$

【0056】

ここで、A、B、C及びDは、較正中に見いだすことができる線形化係数である。

【0057】

【数 9】

$$R = \left( \frac{I_E^S}{I_R^S} - \frac{I_E^0}{I_R^0} \right)$$

は、試料と、本明細書において上述されたようなゼロ溶液とについての発光検出器信号及び基準検出器信号に基づくレシオメトリック出力信号である。

【0058】

いくつかの実施態様において、蛍光出力信号は温度の非線形関数である。例えば試料溶液中の生成物 X の線形化された温度補正濃度

10

【数 10】

$$C_L^T$$

は、下記の式を用いて計算されることができる。

【0059】

【数 11】

$$C_L^T = C_L \cdot (1 + K_1(t_S - t_{\text{CALIBR}}) + K_2(t_S - t_{\text{CALIBR}})^2)$$

20

【0060】

ここで、 $K_1$  及び  $K_2$  は、較正中に見出されることができる温度補正係数である。

【0061】

$t_S$  は測定中の試料の温度である。

【0062】

$t_{\text{CALIBR}}$  は較正中の試料の温度である。

【0063】

図 4 を参照して上述したように、手持ち式蛍光光度計内部のコントローラ 402 は、発光検出器からの強度信号に基づいて試料中の生成物濃度を計算することができる。いくつかの実施態様の場合、コントローラ 402 は、上記関係を用いて、較正定数、ゼロシフト及び／又は励起基準信号に基づいて生成物濃度を計算してもよい。コントローラのための操作指示はオンボード又は別個のメモリ内に記憶されることができる。この点に関して、メモリは、プログラム指示を含むコンピュータ可読媒体であってよい。これらのプログラム指示は、コントローラがこれらに帰属する機能のいずれかを提供し且つ本明細書中に記載された方法のいずれかを実施するようにする。コントローラは、発光検出器及び／又は基準検出器によって得られた生の蛍光データ及び他の関連データをメモリ内に記憶することもできる。コントローラは、計算された任意の蛍光値及び／又は濃度データをメモリ内に記憶することもできる。

30

【0064】

ここで図 9A～9B を参照すると、図 7A～7C に示されたセンサ・ヘッド 700 と同様の浸漬可能なセンサ・ヘッド 900 のそれぞれ斜視図及び頂部断面図が、本発明のいくつかの実施態様に従って示されている。センサ・ヘッド 900 は概して、ハウジング 902 と、光源チャンバ 912 と、検出器チャンバ 914 とを含んでいる。光源チャンバ 912 は、図 5 に示された光源ボード 500 及び光源 504 と同様の光源ボード 936 にカップリングされた光源 934 を含んでいる。検出器チャンバ 914 は、図 6 に示された発光検出器ボード 600 及び発光検出器 604 と同様の検出器ボード 392 にカップリングされた検出器 930 を含んでいる。センサ・ヘッド 900 はまた、光源 934 からセンサ・ヘッド 900 外部の分析領域 950 へ光を透過させる光源窓 904 と、分析領域 950 から検出器チャンバ 914 及び検出器 930 へ光を透過させる検出器窓 920 とを含んでいる。

40

50

## 【0065】

いくつかの実施態様によれば、浸漬可能なセンサ・ヘッド900は、分析領域950内部の水試料からの蛍光発光を測定し、且つ水試料の蛍光に対応する信号を生成することができる。本明細書中に論じられているように、このような能力は水試料内部の1つ以上の生成物の濃度を定量するのに有用であり得る。操作中、例えば光源934は、光源窓904が分析領域950へ透過させるUV励起放射を発生させてよい。いくつかの事例では、図5B及び5Cに示された実施態様と同様に、光源934と光源窓904との間に励起フィルタが配置されている。いくつかの事例では、励起放射は、分析領域950を占める水試料中の蛍光応答を刺激する。この蛍光応答を検出器窓920は検出器930へ透過させる。いくつかの事例では、図6Bに示された実施態様と同様に、検出器窓920と検出器930との間に1つ以上の発光フィルタが配置されている。次いで、検出器930は、蛍光発光強度に対応する電気信号を発生させる。検出器930はさらにコントローラとカップリングされている。次いで、コントローラは蛍光発光強度に基づいて生成物濃度を計算することができる。

10

## 【0066】

いくつかの実施態様の場合、センサ・ヘッド900は、図1を参照して上述した蛍光光度計100のような手持ち式蛍光光度計内部に設けられている。このようなものとして、検出器930は、蛍光光度計のコントローラ・モジュール部分（例えばハンドル）内部に配置されたコントローラとカップリングされていてよい。いくつかの実施態様では、センサ・ヘッド構造は、ベース・コントローラと連通するディップ・プローブ（dip probe）内に（例えばケーブル、無線伝送などを介して）組み込まれていてよい。例えば、いくつかの実施態様の場合、浸漬可能なセンサ・ヘッド900は、共通の譲受人を有する米国特許第7,550,746号明細書及び／又は米国特許出願公開第2009/0212236号明細書に記載されたものと同様の蛍光光度計内に組み込まれていてよい。いくつかの事例では、センサ・ヘッド900は、コントローラ機能を提供するパーソナル・コンピュータとカップリングされてよい。言うまでもなく、他の装置も可能であり、本発明の範囲はいかなる特定のコントローラ構造にも限定されない。

20

## 【0067】

図9A及び9Bに戻ると、いくつかの実施態様では、センサ・ヘッド900は、ハウジング902の側面に切欠き952を含んでいる。いくつかの事例では、切欠き952は概して、平面状外面を有する第1壁954と、第1壁954の外面と第1角度を成して交差する平面状外面を有する第2壁956とを画定している（すなわち第1壁954と第2壁956とは第1角度を形成する）。光源窓904は、第1壁954内部に配置され、且つ、切欠き内に概して配置された分析領域950と、センサ・ヘッド900内部の光源チャンバ912との間で、第1壁を通して光を透過させるための通路を提供する。検出器窓920は、第2壁956内部に配置され、且つ、分析領域950と、センサ・ヘッド900内部の検出器チャンバ914との間で、第2壁を通して光を透過させるための通路を提供する。

30

## 【0068】

本発明のいくつかの実施態様の場合、光源窓904及び／又は検出器窓920は、センサ・ヘッド・ハウジングを通るチャンネルと、チャンネルを通して光を透過させつつでチャンネルを閉じる窓又はレンズのような透過素子との組み合わせを含んでいる。図9A及び9Bに示されているように、光源窓904は、光源チャンバ912とセンサ・ヘッド900の外部との間で第1壁954を通して延びる第1チャンネル906と、第1チャンネル906内に位置決めされた第1ボール・レンズ908とから形成されている。同様に、検出器窓920は、検出器チャンバ914とセンサ・ヘッド900の外部との間で第2壁956を通して延びる第2チャンネル922と、第2チャンネル922内に位置決めされた第2ボール・レンズ924とから形成されている。

40

## 【0069】

いくつかの実施態様の場合、センサ・ヘッド900は好ましくは浸漬可能なセンサ・ヘ

50

ッドである。これは、センサ・ヘッドが測定中に水試料表面よりも下方に部分的又は全体的に浸漬されることを意味する。従って、光源窓 904 及び検出器窓 920 をシールすることにより、光源チャンバ及び検出器チャンバとセンサ・ヘッド外部との間にほぼ不浸透性のシールを提供することができる。前述のように、いくつかの実施態様の場合、窓は O リング及び／又は他のシーリング構成部分でシールされていてよい。

#### 【0070】

光源窓 904 及び検出器窓 920 は、O リングのような付加的なシーリング構成部分を必要とすることなしに、窓チャンネルと、チャンネル内部に位置決めされたボール・レンズとを圧力嵌めすることによってシールされていてよい。いくつかの事例では、ハウジングの第 1 壁 954 及び第 2 壁 956 は、窓チャンネルがチャンネル内部のボール・レンズの周りで膨らんでボール・レンズを固定するのを可能にするある程度弾性的又は変形可能な材料（例えばプラスチック）を含むことができる。例えばいくつかの実施態様の場合、第 1 ボール・レンズ 908 は半径  $R_1$  を有しているのに対して、第 1 チャンネル 906 は  $2R_1$  未満の公称直径を有している。ボール・レンズの位置では、チャンネルはその公称直径を超えて膨らむことにより、ボール・レンズのより大きい直径を収容する。チャンネルは、こうしてボール・レンズの周りで変形し、チャンネル 906 内部でこれを固定する。いくつかの事例では、第 1 チャンネル 906 の変形と、ボール・レンズ 908 とチャンネル 906 との間の対応する圧力嵌めとによって、光源チャンバ 912 とセンサ・ヘッドの外部の分析領域との間において、第 1 ボール・レンズ 908 の周りに連続的な不浸透性シールが形成され且つ／又は完成する。

#### 【0071】

いくつかの実施態様の場合、第 1 チャンネル 906 の公称直径は約  $1.75R_1$  ～ 約  $1.95R_1$  である。いくつかの事例では、第 1 ボール・レンズ 908 の半径  $R_1$  は、約 1 mm ～ 約 4 mm である。言うまでもなく、第 1 チャンネルの他の直径が可能であるように、 $R_1$  に対しても他の半径が可能である。

#### 【0072】

第 2 ボール・レンズ 924 の周りに同様のシールが形成されていてよい。例えばいくつかの実施態様の場合、第 2 ボール・レンズ 924 は半径  $R_2$  を有しているのに対して、第 2 チャンネル 922 は  $2R_2$  未満の公称直径を有している。第 2 ボール・レンズの位置では、チャンネルはその公称直径を超えて膨らむことにより、第 2 ボール・レンズのより大きい直径を収容する。第 2 チャンネルは、こうしてボール・レンズの周りで変形し、第 2 チャンネル 922 内部でこれを固定する。いくつかの事例では、第 2 チャンネル 922 の変形と、第 2 ボール・レンズ 924 と第 2 チャンネル 922 との間の対応する圧力嵌めとによって、検出器チャンバ 914 とセンサ・ヘッドの外部の分析領域との間において、第 2 ボール・レンズ 924 の周りに連続的な不浸透性シールが形成され且つ／又は完成する。

#### 【0073】

いくつかの実施態様の場合、第 2 チャンネル 922 の公称直径は約  $1.75R_2$  ～ 約  $1.95R_2$  である。いくつかの事例では、第 2 ボール・レンズ 924 の半径  $R_2$  は、約 1 mm ～ 約 4 mm である。第 2 ボール・レンズ 924 の半径  $R_2$  は、第 1 ボール・レンズ 908 の半径  $R_1$  と同じであってもよいが、これが必要とされるわけではない。言うまでもなく、第 2 チャンネルの他の直径が可能であるように、 $R_2$  に対しても他の半径が可能である。

#### 【0074】

本発明の実施態様では、一つには水試料が光源窓／発光検出器窓のすぐ近くにあり、このことによって光源窓／発光検出器窓と水試料内部の生成物との間の移動距離が劇的に短くなることに部分的に起因して、感度が高められる。従って、本発明の実施態様においてもたらされた高められた感度は、極めて低濃度の生成物（例えば数 ppm）を測定することと、色度及び／又は濁度が高い水試料内部の生成物の濃度を測定することとに有用である。本発明のいくつかの実施態様によれば、ボール・レンズのうちの 1 つ以上とチャンネルとの間の圧力嵌めによって形成されたシールは、別個のシーリング構成部分、例えば O リングを組み入れた設計と比較して、ボール・レンズの改善された位置決めを可能にする。

例えば、別個のＯリングが存在しないことによって、ボール・レンズのうちの一方又は両方が分析領域９５０により接近して位置決めされるのが可能になり、ひいては透過長さが短くなり、色度及び／又は濁度が高い水試料を測定するための作業効率が一層高められる。いくつかの実施態様では分析距離は、以前の設計の約５分の１～約１０分の１の長さであり得る。

#### 【００７５】

図９Ｂを参照すると、本発明のいくつかの実施態様において、ボール・レンズ９０８、９２４のうちの１つ以上はセンサ・ヘッドのハウジングから突出しており、ひいては分析領域９５０との距離が短くなる。いくつかの事例では、第１ボール・レンズ９０８は第１チャンネル９０６から部分的に突出しているので、第１壁９５４の外面の平面が第１ボール・レンズ９０８と交差する。第２ボール・レンズ９２４も第２チャンネル９２２から突出しているので、第２壁９５６の外面の平面が第２ボール・レンズ９２４と交差する。それぞれのチャンネル内部の第１ボール・レンズ９０８及び／又は第２ボール・レンズ９２４の位置決めは、チャンネルの長さ（例えば第１壁９５４及び第２壁９５６の幅）、及びボール・レンズの直径に応じて変化してよい。例えばいくつかの事例では、ボール・レンズの一方の側が第１壁９５４の外面を超えて突出するのに対して、第１壁の平面状内面９６２がボール・レンズの反対側の外面に対して接線を成すか又はこの外面と面一であるように、第１ボール・レンズ９０８は第１チャンネル９０６内部に位置決めされてよい。いくつかの事例では、第２ボール・レンズ９２４も同様に第２チャンネル９２２内部に位置決めされて、平面状内面９６０が第２ボール・レンズ９２４の外面に対して接線を成すか又はこの外面と面一である。

#### 【００７６】

図１０Ａ～１０Ｃは、本発明のいくつかの実施態様による種々異なる角状切欠き及び光学素子配列を有するセンサ・ヘッドの断面図である。図１０Ａは、第１壁９５４と第２壁９５６とが約９０度の角度を形成している切欠き１０１４を有するセンサ・ヘッド１０００Ａを示している。光源窓チャンネルの軸線１０１２は、センサ・ヘッド外部の分析領域９５０内部の交点で、検出器窓チャンネルの軸線１０１０と交差している。この実施態様に示されているように、第１チャンネルの軸線１０１２及び第２チャンネルの軸線１０１０が第１壁９５４及び第２壁９５６の外面に対して直交するように（しかし直交関係が必要とされるわけではない）、第１チャンネル９０６及び第２チャンネル９２２は第１壁９５４及び第２壁９５６内部に位置決めされている。

#### 【００７７】

切欠き１０１４の角度（すなわち第１壁９５４と第２壁９５６との間の角度）、及び／又は第１チャンネルの軸線１０１２と第２チャンネルの軸線１０１０との交差角度は、本発明の種々異なる実施態様において変化することができる。例えば、いくつかの事例において、チャンネル間及び／又は切欠き壁間の角度は約６０度～約１２０度であってよい。言うまでもなく、直交チャンネルの場合、チャンネルの交差角度は、第１壁と第２壁との間の角度を相補することになる（すなわちこのような事例では、両方の角度は合計で１８０度になる）。

#### 【００７８】

図１０Ａに示されているように、切欠き１０１４の角度、及びチャンネルの軸線間の交差角度は両方とも約９０度である。光源チャンネルと検出器チャンネルとの間の直角配置は、特にいくつかの既存の光学センサ内に提供された１８０度配列と比較して、検出器チャンネルに入射する励起光量を最小化することにより、作業効率をさらに高めることができる。もちろん、本発明の実施態様は、特定の角度配向に限定されるものではなく、具体的な実施態様に対する所期パラメータに応じて形成されてよい。図１０Ｂ及び１０Ｃは２つの付加的な実施態様を示している。図１０Ｂでは、センサ・ヘッド１０００Ｂには約１２０度の角度を形成する角状切欠き１０１６が設けられ、一方、第１チャンネル９０６の軸線１０１２と第２チャンネル９２２の軸線１０１０とは約６０度の角度を形成している。図１０Ｃでは、センサ・ヘッド１０００Ｃには約６０度の角度を形成する角状切欠き１０１８が設け

られ、一方、第1チャンネル906の軸線1012と第2チャンネル922の軸線1010とは約120度の角度を形成している。

#### 【0079】

本明細書中で上述したように、本発明の実施態様は、ボール・レンズのうちの一方又は両方が分析領域950により接近して位置決めされるのを可能にし、ひいては分析領域950とボール・レンズとの間の、水試料を通る透過長さを短くする。例えばいくつかの事例では、チャンネルの軸線の交点は、第1壁954の外面からの距離が約 $R_1$ ～約 $3R_1$ であり、且つ第2壁956の外面からの距離が約 $R_2$ ～約 $3R_2$ である。いくつかの事例では、交点は、第1ボール・レンズ908の中心からの距離が約 $1.2R_1$ ～約 $3.2R_1$ であり、且つ第2ボール・レンズ924の中心からの距離が約 $1.2R_2$ ～約 $3.2R_2$ である。いくつかの実施態様の場合、第1ボール・レンズ908及び第2ボール・レンズ924の両方は、交点からの距離が約2mm未満である。図10Aに示されているように、いくつかの事例では、第1ボール・レンズ908は実際に第2ボール・レンズ924に接触してよい。また言うまでもなく、図10A～10Cは、第1ボール・レンズ、第1壁、及び第1チャンネルと、第2ボール・レンズ、第2壁、及び第2チャンネルとの対称構造を示しているが、光学的配列はいくつかの実施態様では対称的ではない場合がある。

10

#### 【0080】

図11は、本発明のいくつかの実施態様に基づくセンサ・ヘッドの製造方法1100を示すフローチャートである。この方法は、最初にワークピースを提供すること(1102)を含み、このワークピースからセンサ・ヘッドが作り出される。いくつかの実施態様において、ワークピースは好ましくはモールドイング可能且つ／又はミリング可能な不透明なプラスチック、例えばポリフッ化ビニリデン(PVDF)、ポリ塩化ビニル(PCV)、ポリオキシメチレン、又はポリアセタールである。いくつかの実施態様において、プラスチックは、発光検出器が感受性を有する光波長、及び／又はセンサ・ヘッド内部の光源によって発せられる光波長に対して不透明である。もちろん他のプラスチックも可能であり、いくつかの事例では、試料内部で発生する化学プロセスと適合するものであればいかなる不透明プラスチックも使用することができる。当業者に知られている他の材料(高分子材料及び非高分子材料の両方)も可能である。いくつかの実施態様では、ワークピースはモールドイングを通して形成されてもよいが、いくつかの実施形態では、センサ・ヘッドは固体ワークピースをミリングすることによって作られる。

20

30

#### 【0081】

方法1100は、ワークピース内に光源チャンバ(1104)及び検出器チャンバ(1106)の両方を形成することを含む。例えば、ほぼ円筒形のチャンバ、本明細書中で上記したもののような1つ以上の平面状内面を備えたチャンバ、又はセンサ電子装置を収容するのに適した他の任意のチャンバを形成することができる。またワークピースの側面に切欠きを形成する(1108)。切欠きと光源チャンバとは平面状外面を備えた第1壁を画定し、切欠きと検出器チャンバとは、第1壁の表面と第1角度を成して交差する平面状外面を備えた第2壁を画定する。この方法は、さらに、第1壁内に光源窓を形成すること(1110)と、第2壁内に検出器窓を形成すること(1112)とを含む。光源チャンバ内にUV光源を位置決めし(1114)、検出器チャンバ内にUV検出器を位置決めする(1116)。UV光源は、センサ・ヘッドに近接する分析領域内部の水試料を励起させるために光源窓を通して第1UV波長を発する。水試料の励起は、分析領域から検出器窓を通して第2UV波長において検出される。

40

#### 【0082】

いくつかの実施態様によれば、光源窓及び／又は検出器窓を形成することは、それぞれ第1壁及び／又は第2壁を通るチャンネルを形成(例えばミリング、エッチング、モールドイングなど)することと、それぞれのチャンネル内部にボール・レンズを位置決めすることとを含む。いくつかの事例において、チャンネル及び／又はボール・レンズは、本明細書中に上記したものと同様であってよい。

#### 【0083】

50

図12A～12Cを参照すると、センサ・ヘッド1200の断面図が、本発明のいくつかの実施態様に基づくボール・レンズ908の位置決めを示している。上述のように、いくつかの事例において、第1チャンネル906及び／又は第2チャンネル922は、チャンネル内部に位置決めされたボール・レンズの直径よりも小さな公称直径を有している。いくつかの実施態様において、光源チャンバ912の内側からチャンネル906内へボール・レンズを挿入し（図12A）、次いでボール・レンズがチャンバ／壁の内面と面一になって壁の外面から突出する（図12C）ように、第1ボール・レンズをチャンネル内へ押し込むことによって、光源窓チャンネル906内部に第1ボール・レンズ908を位置決めする。

#### 【0084】

ボール・レンズ908がチャンネル906内に押し込まれるのに伴って、チャンネル表面は好ましくは変形することにより、ボール・レンズの通過を許す。例えばプラスチック内に形成されたチャンネルを通してガラス又はサファイアのボール・レンズを押すことにより、ボール・レンズがチャンネル内を通過するのに伴って、チャンネルを変形させることができる。いくつかの事例では、チャンネル壁の材料はまた、ボール・レンズがチャンネル内を通過するのに伴って、弾性的にその公称直径に戻る。ボール・レンズがその最終位置にあるときには、チャンネルは、ボール・レンズの周りで（例えばボール・レンズの内側及び外側で）変形させられたままであり、ひいてはチャンネル906内部でボール・レンズ908を固定し、光源チャンバとセンサ・ヘッド外部との間で、ボール・レンズの周りにほぼ連続的な不浸透性シールを形成する。同様の方法を用いて、検出器チャンネル922内部にボール・レンズを位置決めすることができる。

#### 【0085】

図12A～12Cを参照すると、いくつかの実施態様では、チャンネル906内にボール・レンズ1102を押し込むために、工具1202を使用することができる。いくつかの実施態様では、光源チャンバ912又は検出器チャンバ914内に工具1202を挿入することにより、チャンバ内からボール・レンズを押すことができる。図10Cを参照すると、いくつかの実施態様では、窓チャンネル906及び922を機械加工してチャンバの外側からボール・レンズを押し込むために、センサ・ヘッド・ハウジングの側面に設けられた開口が光源チャンバ912及び検出器チャンバ914へのアクセスを可能にする。ボール・レンズの位置決め後、ストッパ1020、1022又は別の同等手段で開口をシールすることができる。

#### 【0086】

図13Aは、本発明のいくつかの実施態様に基づく、窓チャンネル1304内部にボール・レンズ1306を位置決めするための挿入又は位置決め工具1300の一例を示す断面図である。位置決め工具1300は好ましくは、センサ・ヘッド・チャンバ1302（例えば光源チャンバ及び／又は検出器チャンバ）内部に嵌合するように寸法設定されて成形されている。いくつかの実施態様の場合、工具1300はフレーム1310を含んでいる。フレーム1310は楔1312を移動可能に支持している。押圧部品1314（例えばねじ）が楔を押し下げることができる。次いで、楔はフレーム1310の角度付き部分によってボール・レンズ1306に対して側方に向けられる。ボール・レンズをチャンネル内に押し込んだ後、工具1300を取り外し、適宜の電子装置をチャンネル内に取り付けることができる。

#### 【0087】

図13B及び13Cは、本発明のいくつかの実施態様に基づく、センサ・ヘッド1322の窓チャンネル1304内部にボール・レンズ1306を挿入するための挿入又は位置決め工具1320の別の例をそれぞれ示す斜視図及び断面図である。位置決め工具1320は、センサ・ヘッド・チャンバ1302内部に嵌合するように成形された細長いロッド又はバーとして形成されている。いくつかの事例において、バーの平らな部分1324がバーの一方の端部の近くに、平らな傾斜付き又は角度付きのノッチ（notch）1326を有している。挿入工具1320がセンサ・ヘッド・チャンバ1302内部で動くと、平らな傾斜付きノッチ1326は、ボール・レンズ1306を窓チャンネル1304内に押し込む

力を形成する。いくつかの事例では、挿入工具 1320 は、例えばバーの両端部に、異なる深さ及び／又は角度を有する平らな傾斜付きノッチ 1326 を有することができる。例えば、より深いノッチが窓チャンネル 1304 内へのボール・レンズの初期挿入を容易にすることができ、次いで挿入工具を抜き出し、回転させ、そしてより浅いノッチを使用するために反対側の端部を挿入することによって、ボール・レンズ 1306 が窓チャンネル 1304 内に完全に挿入されることを保証することができる。

#### 【0088】

このように本発明の実施態様が開示された。開示された実施態様を参照しながらかなり詳細に本発明を説明してきたが、開示された実施態様は一例として提示されたに過ぎず、本発明の他の実施態様も可能である。当業者には明らかなように、本発明の思想及び添付の特許請求の範囲を逸脱することなく、種々の変更、適応、及び改変を加えることができる。

10

【図 1】

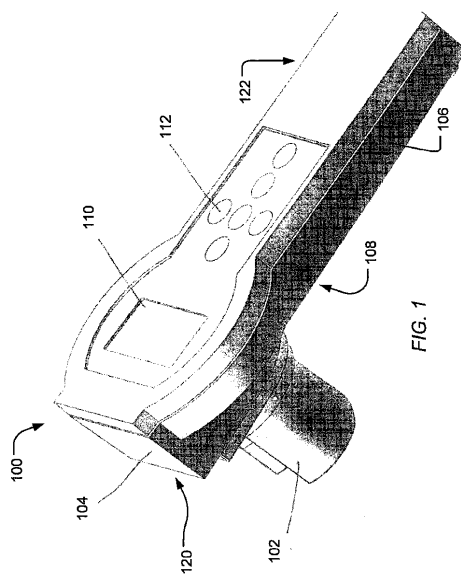


FIG. 1

【図 2】

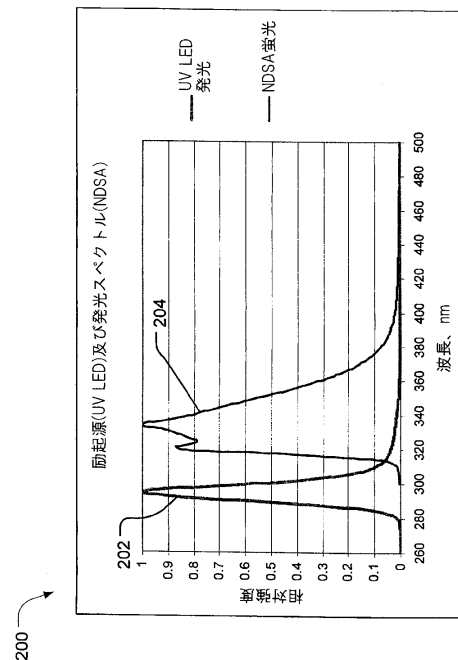


FIG. 2

【図 3】

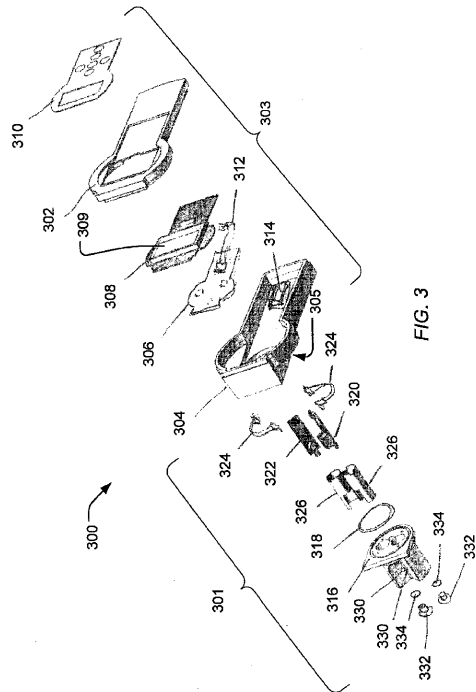


FIG. 3

【図 4】

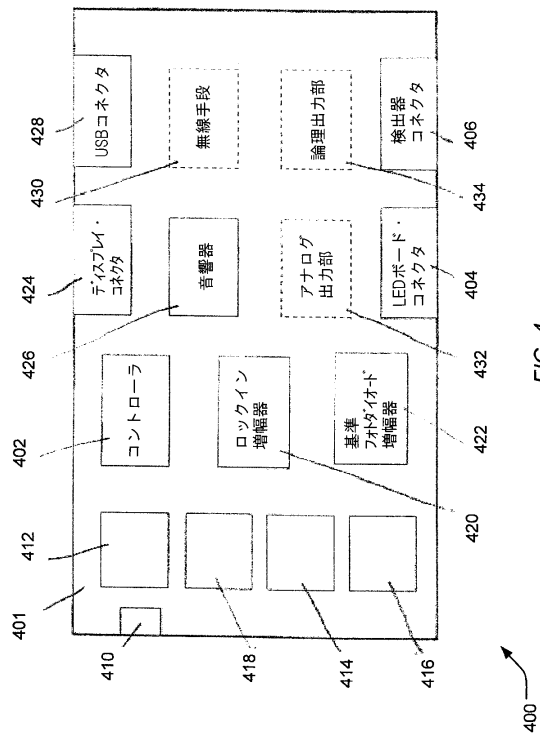


FIG. 4

【図 5 A】

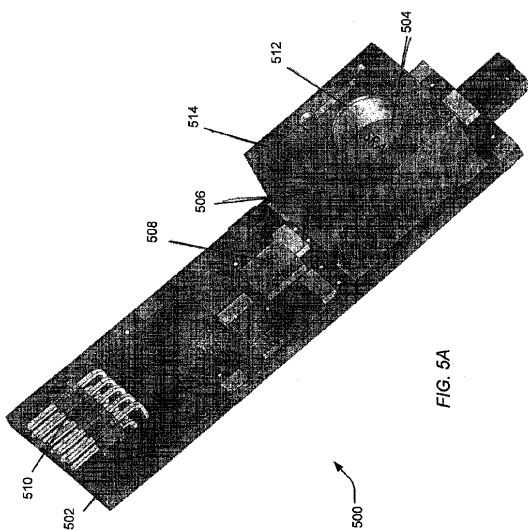


FIG. 5A

【図 5 C】

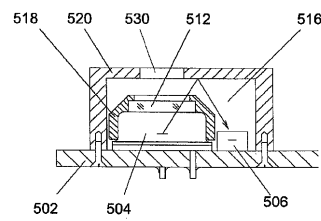


FIG. 5C

【図 5 B】

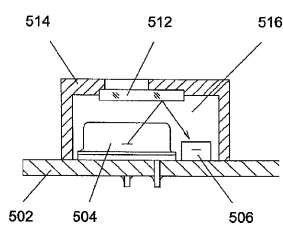


FIG. 5B

【図 6 A】

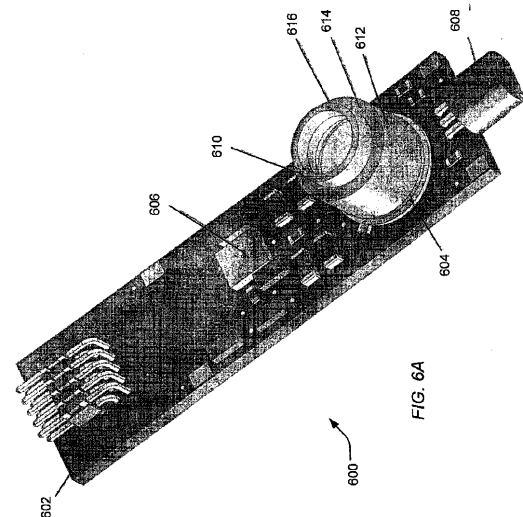


FIG. 6A

【図 6 B】

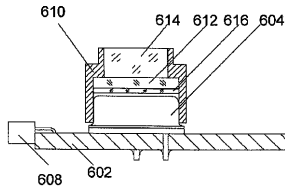


FIG. 6B

【図 6 C】

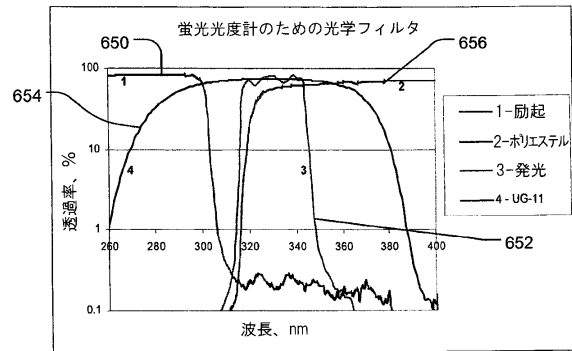


FIG. 6C

【図 6 D】

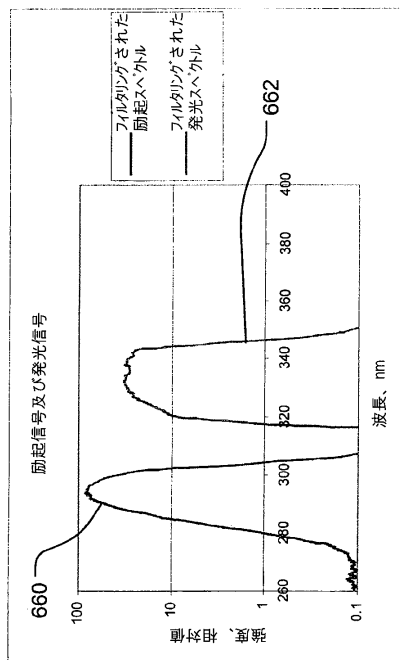


FIG. 6D

【図 7 A】

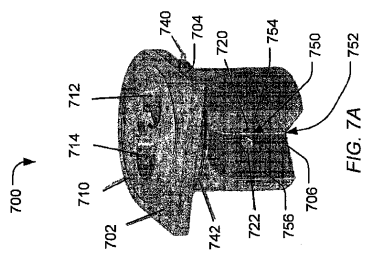


FIG. 7A

【図 7 B】

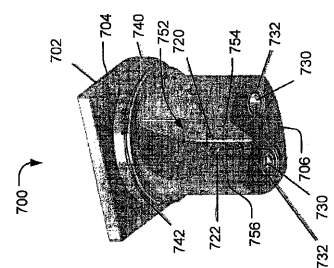


FIG. 7B

【図 7 C】

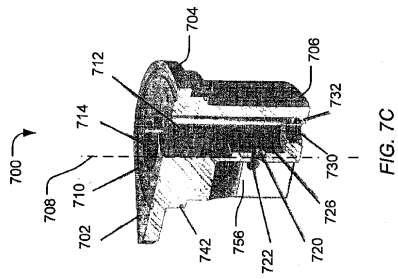


FIG. 7C

【図 8】

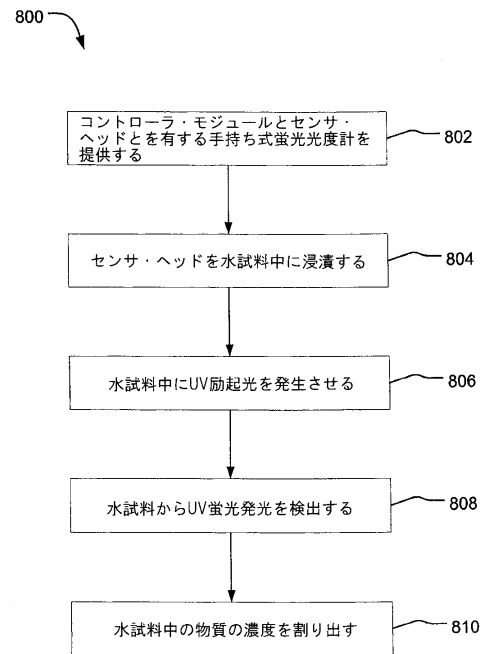


FIG. 8

【図 9 A】

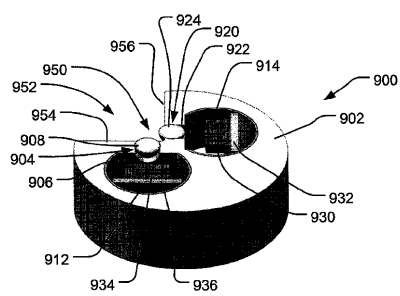


FIG. 9A

【図 9 B】

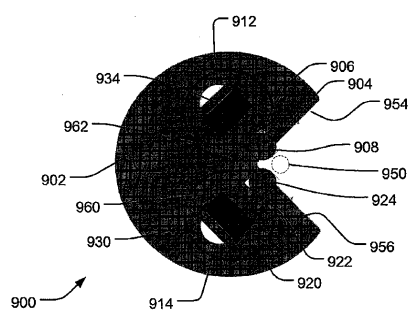


FIG. 9B

【図 10 A】

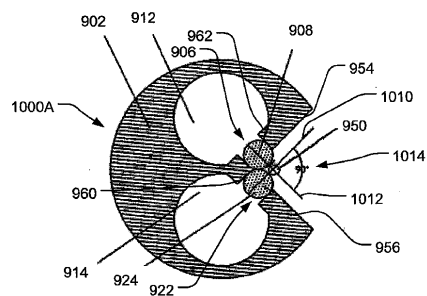


FIG. 10A

【図 10 B】

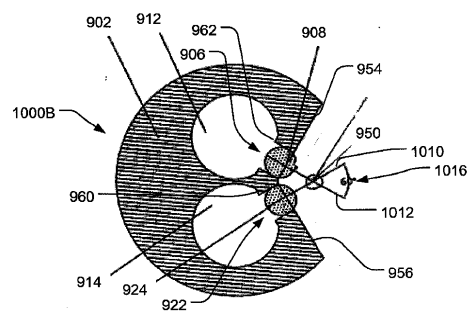
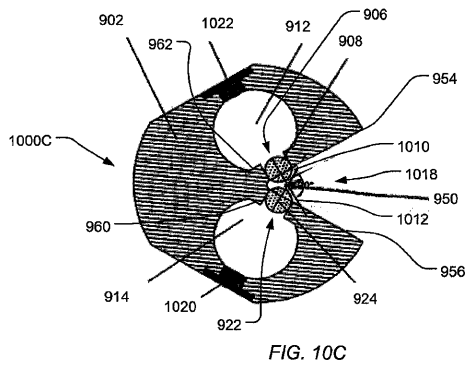
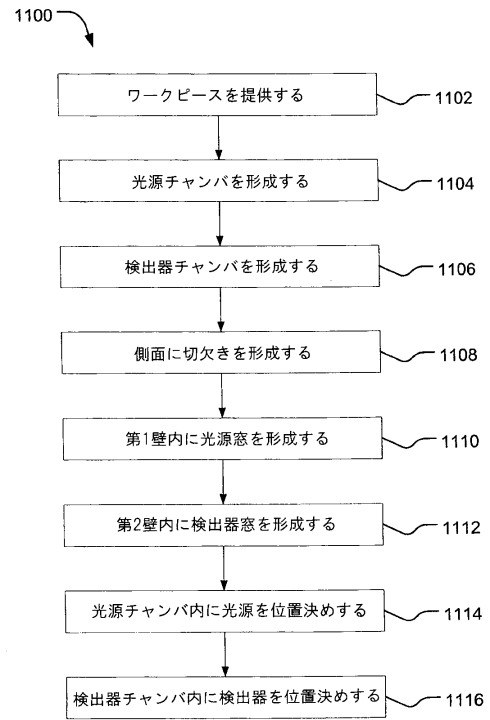


FIG. 10B

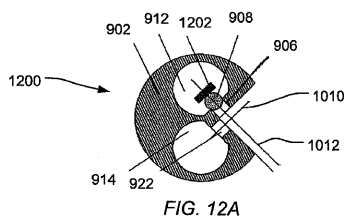
【図10C】



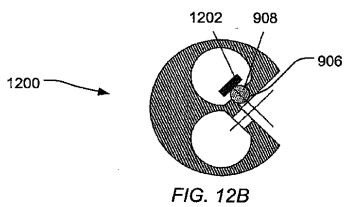
【図11】



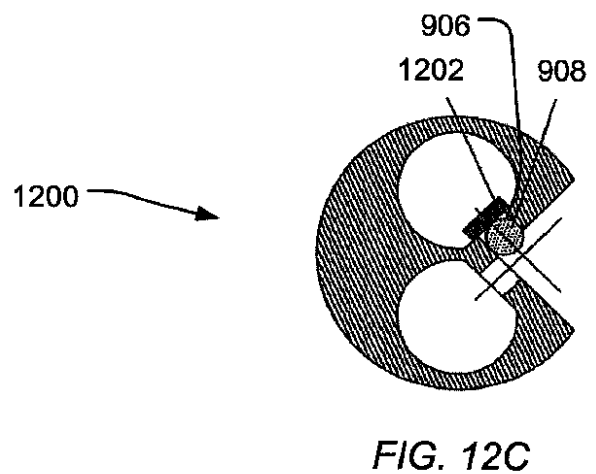
【図12A】



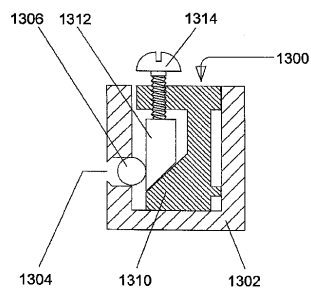
【図12B】



【図12C】



【図13A】



## 【図 13 B】

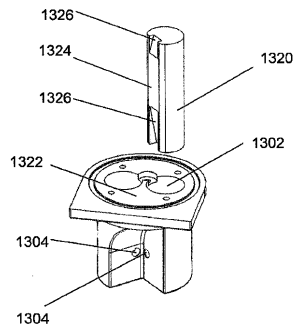


FIG. 13B

## 【図 13 C】

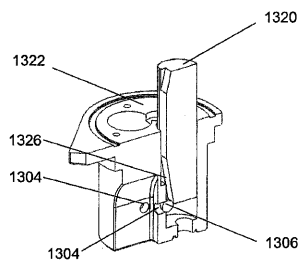


FIG. 13C

---

フロントページの続き

(74)代理人 100147555

弁理士 伊藤 公一

(74)代理人 100160705

弁理士 伊藤 健太郎

(72)発明者 ユージン トクトゥーブ

アメリカ合衆国, ミネソタ 55812, ダルース, ジェファーソン ストリート 2001

(72)発明者 ウィリアム エム. クリステンセン

アメリカ合衆国, ミネソタ 55746, ヒビング, シリカ ロード 11061

(72)発明者 クリストファー ジェイ. オーウェン

アメリカ合衆国, ミネソタ 55806, ダルース, ウェスト フィフス ストリート 219

(72)発明者 ビクター スロボディアン

アメリカ合衆国, ミネソタ 55804, ダルース, ジュニアータ ストリート 5702

(72)発明者 アナトリー スキルダ

アメリカ合衆国, ミネソタ 55812, ハーマンタウン, ジョーイ ドライブ 4348

審査官 横井 亜矢子

(56)参考文献 米国特許出願公開第2009/0212236 (US, A1)

特開平08-201283 (JP, A)

特開平09-189826 (JP, A)

特開2001-004541 (JP, A)

特開2004-302222 (JP, A)

特開2008-224680 (JP, A)

特表2005-522668 (JP, A)

特表2006-510015 (JP, A)

特開2002-318192 (JP, A)

特開平05-093724 (JP, A)

特開2005-030839 (JP, A)

特表2013-524203 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/00-21/83

G01N 33/00-33/46