

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6716463号
(P6716463)

(45) 発行日 令和2年7月1日 (2020. 7. 1)

(24) 登録日 令和2年6月12日 (2020. 6. 12)

(51) Int. Cl.

GO 1 N 21/64 (2006.01)

F I

GO 1 N 21/64 C

GO 1 N 21/64 B

請求項の数 10 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2016-558133 (P2016-558133)	(73) 特許権者	505307471
(86) (22) 出願日	平成27年3月19日 (2015. 3. 19)		インテグリス・インコーポレーテッド
(65) 公表番号	特表2017-508974 (P2017-508974A)		アメリカ合衆国、マサチューセッツ・O 1
(43) 公表日	平成29年3月30日 (2017. 3. 30)		8 2 1 - 4 6 0 0、ビレリカ、コンコード
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/021586		・ロード・1 2 9
(87) 国際公開番号	W02015/143229	(74) 代理人	100105957
(87) 国際公開日	平成27年9月24日 (2015. 9. 24)		弁理士 恩田 誠
審査請求日	平成30年3月19日 (2018. 3. 19)	(74) 代理人	100068755
(31) 優先権主張番号	61/955, 966		弁理士 恩田 博宣
(32) 優先日	平成26年3月20日 (2014. 3. 20)	(74) 代理人	100142907
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		弁理士 本田 淳
		(72) 発明者	フランシスコ・ジャヴィア・マチューカ
			アメリカ合衆国・カリフォルニア・9 4 6
			O 2・オークランド・ミッドヴェール・ア
			ヴェニュー・4 1 5 9
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 溶解酸素センサの構成要素の寿命の終了の検出及び信号生成のためのシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光学的に透明な材料からなる窓であって、発光体が、流体にさらされることが可能な前記窓の第 1 の側面に取り付けられた、窓と、

前記窓の、前記流体の流動経路及び前記発光体とは反対側に配置された光学プローブと、を含む溶解酸素センサであって、

前記光学プローブが、

前記発光体を照射するように構成された励起光源と、

照射に応じて前記発光体によって放出された光を受け取るように構成されたフォトダイオードと、

前記発光体に関連するベースライン強度を保存する電子部品と、を含み、

前記電子部品が、

前記発光体から放出された光の強度を決定し、

前記発光体から放出された光の強度が前記ベースライン強度の閾値の範囲内にあるか否かを決定し、

前記発光体から放出された光の強度が前記ベースライン強度の閾値の範囲内にあるか否かの決定に基づいて、前記発光体を交換するための警告状態を設定するように構成された、

溶解酸素センサ。

【請求項 2】

前記閾値が50%である、請求項1に記載の溶解酸素センサ。

【請求項3】

前記ベースライン強度が、前記溶解酸素センサの較正において決定される、請求項1に記載の溶解酸素センサ。

【請求項4】

較正が大気中で行われる、請求項1に記載の溶解酸素センサ。

【請求項5】

前記電子部品が、前記発光体によって放出された光に基づいて、酸素濃度の測定結果を決定するように構成された、請求項1に記載の溶解酸素センサ。

【請求項6】

前記発光体によって放出された光の強度及び前記酸素濃度の測定結果の決定が、前記発光体によって放出された光によって決定された同一の信号に基づく、請求項5に記載の溶解酸素センサ。

【請求項7】

前記溶解酸素センサが、前記プローブを通り、前記窓に近接する第1の端部を有する光受容ガイドを含み、

前記光受容ガイドが、前記励起光源による前記発光体の照射に応じて前記第1の端部において受け取られる前記発光体によって放出された光を受け取り、前記光を前記光受容ガイドの前記窓から遠位側の第2の端部に隣接する前記フォトダイオードに導くように構成され、

前記フォトダイオード及び前記光受容ガイドが、1つの軸上に整列され、

印刷回路基板(PCB)が前記電子部品を含み、

前記PCBが、前記フォトダイオード及び前記光受容ガイドとともに前記軸上に整列され、

前記フォトダイオードが前記PCBに接続された、請求項1に記載の溶解酸素センサ。

【請求項8】

前記窓が前記流体と接触する、請求項1に記載の溶解酸素センサ。

【請求項9】

前記窓または前記発光体が交換可能である、請求項1に記載の溶解酸素センサ。

【請求項10】

溶解酸素センサを動作させるための方法であって、

励起光源を用いて発光体を照射する段階と、

照射に応じて前記発光体によって放出された光を受け取る段階と、

前記発光体から放出された光の強度を決定する段階と、

前記発光体から放出された光の強度が、前記発光体に関するベースライン強度の閾値の範囲内にあるかどうかを決定する段階と、

前記発光体から放出された光の強度が前記ベースライン強度の閾値の範囲内にあるかどうかの決定に基づいて、前記発光体を交換するための警告状態を設定する段階と、を含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本特許出願は、2014年3月20日に出願された、「溶解酸素センサ及び発光物質の寿命終了の自動検出」と題する米国仮出願第61/955966号について、35U.S.C. 119に基づく優先権の利益を主張し、その全ては全ての目的に関して参照によりその全体が本明細書に組み込まれている。

【0002】

本開示は、一般に酸素センサに関する。より具体的には、本開示は、溶解酸素(dissolved oxygen: DO)センサに関する。さらにより具体的には、本開示は、DOセンサの構成要素の寿命の終了の表示の提供に関する。

【背景技術】

【0003】

酸素センサは、野外または研究室内における水溶液中の酸素濃度を測定する電子デバイスを指す。現在、最も普及している種類の酸素センサは、野生生物の適切な環境状態を確保するために、大量の水の環境特性を決定するための酸素濃度の測定に使用されるもののような電気化学センサである。これらの電気化学センサは、流体中に溶解した酸素を測定するための電極を有するプローブを使用する。より具体的には、カソード及びアノードが、電解質中に沈められる。酸素は、拡散によって、透過性メンブレンを通してプローブ内に入り、カソードにおいて還元され、測定可能な電流を発生する。電流と酸素濃度との間の関係は線形的であり、そのため、濃度は電流及びセンサについての較正設定から決定可能である。

10

【0004】

しかし、その他の環境における酸素センサの需要も存在する。具体的には、S E M I F 5 7 規格や、食品及び薬品のプロセスにおけるF D A 規格やその他類似のものにより定義されるような、超高純度環境における酸素センサについての需要が存在する。この需要は、様々な理由により提起されている。例えば、半導体製造プロセスにおける酸素の存在は、その他の問題とともに、プロセスに伴う物質（例えば、めっきプロセスにおいて使用される銅）の腐食を増大させる恐れがある。

【0005】

半導体製造プロセス、食品及び薬品プロセスまたはその他の超高純度環境における使用に必要な酸素の濃度のp p b（例えば、10億分の1）以下を検出するタスクについて、野生生物に対する最小酸素濃度を確実に得るための、川、流れ、湖に溶解した酸素量をサンプリングするためのディッププローブとして使用することをもともと意図していた比較的大きな金属プローブ（例えばステンレス鋼またはアルミニウム）を使用する電気化学センサの目的を変更することが極端に困難であるため、電気機械センサを超高純度環境に適合させる試みは、ほとんど不可能であることが証明されている。産業の観点からは、そのような試みはこれまで失敗に終わっている。

20

【0006】

この失敗は、電気化学センサの本質そのものに少なからず起因している。前述のように、電気化学センサは、測定される流体中に挿入されなければならない金属プローブ（または金属筐体）を使用する。このような金属プローブ先端部を、例えば半導体製造プロセスのプロセス流体に挿入することは、挿入されるプロセス流体を汚染することとなり、そのような電気化学センサの使用を、これらが利用されている材料及びプロセス並びにこれらのプロセスのための規格と適合しないものとしている。そのような電気化学センサは、これらの超高純度環境において利用されうる腐食性流体と共に使用することができない。換言すれば、そのような電気化学センサと、これらの環境を定義する規格の順守を妨げる超高純度環境において使用される流体との間の根本的な材料不適合性が存在しうる。

30

【0007】

さらに、流体中の電気化学センサのプローブ先端部の存在は、流体の層流を妨げ、流体を攪拌し、流動経路にデッドレッグ（dead legs）を発生させることとなる。これらの妨害は、今度は、泡や供給率の変動などの、流体が利用されるプロセスに悪影響を及ぼす望ましくない副作用を生じさせる。これらの電気化学センサの使用に伴うその他の問題は、電気化学センサが比較的大きな形状因子を有し得ること及び超高純度環境において利用されることがある高圧流量率における使用に対して適切に設計されていない場合があることを含む。そのため、多くの場合には、そのような電気化学センサは、超高純度環境で利用されることがある小型設備には全く使用され得ず、内部密封が良くないことに起因する漏洩または腐食による高頻度の故障を経験しうる。

40

【0008】

酸素センサの保守可能性及び価格もまた問題である。具体的には、酸素センサに使用される部品の多くは消耗品でありえ、構成要素の効率は、構成要素の寿命に対して低下し、

50

そうでなければ構成要素は寿命が限られうる。しかし、そのような構成要素が、センサが正しく動作し続けうるようにいつ交換を必要とするかを判断することは困難であることが多い。そのため、センサの連続的な適切な動作を確保することができるように、利用可能な需要に十分に先立って、加速したスケジュールでそのような部品を事前に交換する選択がほとんど一般的に行われてきた。この解決手段は様々な理由により問題がある。まだ利用可能な寿命が残っている部品を置き換えることによりコストが増大し、センサが利用されるプロセスを停止しなければならないことにより招来されるコストの増大である。しかし、センサを不適切に動作させることによるコストの方が却って高かった（例えば、プロセスの無駄など）ために、この選択がなされることが多かった。

【 0 0 0 9 】

10

そこで、望ましいのは、その構成要素の交換に関して使用可能な指示器を提供することができる酸素センサである。

【 発 明 の 概 要 】

【 0 0 1 0 】

そのような目的のために、溶解酸素センサの実施形態が、本明細書において開示される。本明細書に開示される実施形態は、流動経路内の開口部に配置された光学的に透明な材料の窓を含んでもよく、発光体が、窓の流動経路にさらされた側に取り付けられる。励起光源は、発光体を照射するように構成され、フォトダイオードは、照射に応じて発光体によって放出された光を受け取る。受け取った光は、この光の強度を決定するために使用可能であり、次いで、強度は、発光体によって放出された光の強度がベースライン強度の閾値の範囲内にあるか否かを決定するために使用することができ、この決定に基づいて、発光体に関する警告状態が設定される。そのような警告状態は、流動経路内の流体に溶解した酸素濃度の測定結果と結びつけて決定されうる。

20

【 0 0 1 1 】

従って、そのようなセンサの保守可能性及び費用の目標に関して、センサの実施形態は、発光体がいつ交換が必要となりうるかについての表示を提供しうる。具体的には、特定の実施形態において、発光体によって放出された光の強度は、発光体が交換されるべきであるか否かを決定するために監視されうる。このように、溶解酸素（DO）センサの正確な機能が維持されうる一方で、発光体の頻繁な交換による不要な費用の発生を避けることができる。より具体的には、発光体についてのベースライン強度は、DOセンサに関して決定され、保存されうる。このベースライン強度は、使用者によって決定され、設定されうる、または較正プロセスにおいて決定され、発光体によって放出された光の最大強度を表しうる絶対値でありうる。測定サイクル（全測定サイクル、特定の条件下で実施された1つの指定された測定サイクルなどでありうる）において、発光体によって放出された光の強度が決定され、このベースライン強度と比較されうる。測定サイクルにおいて発光体によって放出された光に関して決定された強度がベースライン強度の何らかの閾値の範囲内にはない場合には、警告が生成されうる。この警告は、そのようなDOセンサを用いる作業者（例えば、プロセスの）に、センサの発光体を交換すべきことについて信号を送り、作業者は、警告に基づいて、プロセスの停止、発光体の交換などの幅広い様々な行動をとりうる。

30

40

【 0 0 1 2 】

そのようなセンサの実施形態の感度または精度を増大させるために、光学プローブは、電氣的、光学的クロストークを防ぐために特定の機能または構成要素を分離しうる。具体的には、特定の実施形態において、光学プローブは、光学スリーブ内に配置された光学キャリアを含みうる。DOセンサの励起光源は、光学キャリアの一方の側の上に配置されてもよく、一方、参照光源、フォトダイオード、及び発光体によって放出された光をフォトダイオードに導くように構成された光受容キャリアは、これらの構成要素を光学キャリアの他方の側に配置することによって、または光学キャリアの様々なチャンバーまたは穴の内部にそれらを収容することによって、励起光から分離されうる。そのため、光学キャリア（及びその上の構成要素）と、光学キャリアを収容する光学スリーブの組み合わせは、

50

センサの構成要素を電氣的及び光學的に分離する働きを有する。

【0013】

本発明のこれらの、及びその他の態様は、以下の説明および添付した図面とともに考慮することによってより理解されるであろう。以下の説明は、本発明の様々な実施形態及びそれらの多数の具体的な詳細を示し、例示のために示されるのであって、限定のためではない。多数の置換、改良、追加または再配置は、本発明の範囲内とされ、本発明は、そのような置換、改良、追加または再配置の全てを含む。

【0014】

本発明及びその利点のより完全な理解は、以下の説明を添付する図面とともに参照することによって得られうるものであり、図面において同様な参照符号は同様な特徴を示す。

10

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】溶解酸素(DO)センサの機能の1つの実施形態の概略図である。

【図2】半導体プロセスにおけるDOセンサの使用の概略図である。

【図3】DOセンサの1つの実施形態の概略図である。

【図4A】DOセンサの概略図である。

【図4B】DOセンサの概略図である。

【図4C】DOセンサの概略図である。

【図5】DOセンサの1つの実施形態の一部の概略図である。

【図6A】DOセンサの実施形態と共に使用するための光学プローブの1つの実施形態の概略図である。

20

【図6B】DOセンサの実施形態と共に使用するための光学プローブの1つの実施形態の概略図である。

【図6C】DOセンサの実施形態と共に使用するための光学プローブの1つの実施形態の概略図である。

【図7A】DOセンサの実施形態と共に使用するための光学スリーブの1つの実施形態の概略図である。

【図7B】DOセンサの実施形態と共に使用するための光学スリーブの1つの実施形態の概略図である。

【図7C】DOセンサの実施形態と共に使用するための光学スリーブの1つの実施形態の概略図である。

30

【図8A】DOセンサの実施形態と共に使用するための光学キャリアの1つの実施形態の概略図である。

【図8B】DOセンサの実施形態と共に使用するための光学キャリアの1つの実施形態の概略図である。

【図8C】DOセンサの実施形態と共に使用するための光学キャリアの1つの実施形態の概略図である。

【図8D】DOセンサの実施形態と共に使用するための光学キャリアの1つの実施形態の概略図である。

【図8E】DOセンサの実施形態と共に使用するための光学キャリアの1つの実施形態の概略図である。

40

【図8F】DOセンサの実施形態と共に使用するための光学キャリアの1つの実施形態の概略図である。

【図8G】DOセンサの実施形態と共に使用するための光学キャリアの1つの実施形態の概略図である。

【図8H】DOセンサの実施形態と共に使用するための光学キャリアの1つの実施形態の概略図である。

【図9】DOセンサの実施形態とともに使用するための光学ダイアフラムの1つの実施形態の概略図である。

【図10A】DOセンサの実施形態と共に使用するためのプローブ先端部の1つの実施形

50

態の概略図である。

【図 1 0 B】D O センサの実施形態と共に使用するためのプローブ先端部の 1 つの実施形態の概略図である。

【図 1 1】D O センサの実施形態を制御するために使用される較正プロセスの 1 つの実施形態のためのフロー図である。

【図 1 2】D O センサの実施形態を制御するために使用される測定プロセスの 1 つの実施形態のフロー図である。

【図 1 3】D O センサの実施形態を制御するために使用される警告状態決定プロセスの 1 つの実施形態の概略図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0 0 1 6】

本開示及び様々な特徴並びにその有利な詳細は、添付の図面に示され、以下の説明に詳述される非限定的な実施形態を参照してより完全に説明される。既知の開始物質、プロセス技術、構成要素及び装置の説明は、詳細の開示を不必要に曖昧にするのでない限り、省略される。しかし、当業者であれば、詳細な説明及び具体的な例は、好適な実施形態を開示する一方で、単に例示のためにのみ示されるものであり、限定のために示されるものではないことを理解すべきである。本発明の概念の範囲内における様々な置換、改良、追加または再配置は、本開示を読めば、当業者には明らかになるであろう。例として、本明細書で説明されるような実施形態は、溶解酸素センサに関するものであるが、その他の実施形態も同様に、例えば、その他の元素または分子（例えば二酸化炭素）に反応する発光体を使用することによって、その他の化学物質または元素の濃度を測定するのに利用される。

20

【0 0 1 7】

酸素のセンサの具体的な実施形態に関してより詳細に掘り下げる前に、実施形態の一般的な動作及びそのような実施形態が利用されうる状況の概略説明を提示することが有用であろう。ここで、図 1 をまず参照すると、光学的溶解酸素（D O）センサの実施形態の基本的な動作が示されている。光学センサは、酸素濃度の光学的な測定を行うために、蛍光光学技術を使用する。具体的には、流体の酸素濃度に依存する傾向特性を有する化学的フィルムが利用されうる。電気化学センサによって生成された測定可能な電流と異なり、光学センサについて酸素に対する信号（蛍光）の比は線形ではない場合がある。蛍光は、酸素が存在しないときに最大となる。酸素分子（ O_2 ）が現れると、酸素分子はフィルムと衝突し、これはフォトルミネセンスを消光する。そのため、感度は酸素濃度が増大するにつれて低下する。これは、光物理的分子間不活性化（消光）プロセスとして知られている。分子間不活性化は、その他の化学種の存在が、励起状態にある化学物質の減衰率を加速させることができることである。蛍光や燐光などのプロセスは、消光される可能性のある励起状態プロセスの例である。

30

【0 0 1 8】

D O モニタ 1 0 0 は、流動経路 1 1 4 を通って流れる流体 1 1 2（例えば、液体または気体）と相互作用される発光体 1 1 0 を含む。例えば、D O センサ 1 0 0 は、流動経路 1 1 4 を含む筐体を含んでもよく、またはそうでなければ、例えば物理的結合を介して既存の流動経路と相互作用され、または既存の流動経路に取り付けられてもよい。D O センサ 1 0 0 は、流体が流動経路 1 1 4 を通って流れる際に流体 1 1 2 内に存在する酸素の濃度を発光体 1 1 0 を用いて測定するように働きうる。

40

【0 0 1 9】

発光体 1 1 0 は、化合物または有機化合物などの物質中に存在する場合に光を放出する（蛍光）物質の能力を増大させる原子または原子団を含む蛍光物質を利用する。図 1 に示されるように、発光体材料 1 1 0 を含む発光（蛍光）物質は、光学的に透明な窓 1 1 6（例えば高純度サファイア基板、ダイヤモンド、合成ダイヤモンド、ホウケイ酸ガラスなど）に接着され、またはそうでなければ接続され、あるレベルの溶解酸素を呈する流体 1 1 2 と接触する。いくつかの実施形態において、蛍光材料は、強酸もしくは強塩基による攻

50

撃に対して影響されないが、酸素が自由に拡散し、発光体 110 の蛍光材料と接触し、ウェットエッチング化学などで使用されるような腐食性流体とともに発光体 110 の使用を可能にする、薄い有機または無機フィルム（例えば、セラミックコーティングなどの高性能な抵抗コーティング）でコーティングされもしくはコーティングされてもよく、または、これらとともに用いられる。

【0020】

LED（例えば、赤、緑、青など）などの励起光源 130 によって励起された後、発光体 110 の発光物質は、ルミネセンスによって光を放出し、光は、光学的に透明な窓 116 を通って発光体 110 から放出された光を受け取るように配置された光検出フォトダイオード 140 に光学的にガイドされる。LED などの参照光源 120 は、フォトダイオード 140 によって検出されうる光を放出しうるものであり、システムエラーもしくは遅延を除去し、またはノイズを最小化し、ノイズに対する信号の比を増加させるロックインフーズ検出法を可能にするために使用可能である参照信号を生成し得る。

10

【0021】

従って、測定サイクルの励起部分の間、励起光源 130 は、ある期間の間動作してもよく、発光体 110 によって放出された光がフォトダイオード 140 によって受け取られる。フォトダイオード 140 は、この受光した光に基づく信号を発生し、この信号をセンサ電子部品 150 に提供する。センサ電子部品 150 は、フォトダイオード 140 から受け取った信号に基づいて対応する信号を発生するように構成されたハードウェア（例えば、デジタル信号プロセッサ（DSP）、マイクロコントローラ、アナログデジタル変換器など）とソフトウェア（例えば、ファームウェアなど）との何らかの組合せを含む。この場合、センサ電子部品 150 は、励起部分の間、フォトダイオード 140 からの信号に基づいて、励起信号を発生する。この励起信号は、例えば、前述のように、流体 112 における酸素の濃度に基づく励起光源 130 による照射に応じた発光体 110 によって放出された、フォトダイオード 140 を通して受け取られた光の強度または位相に対応する。

20

【0022】

測定サイクルの参照部分の間、参照光源 120 は、ある期間動作してもよく、この参照光源 120 によって放出された光はフォトダイオード 140 によって受け取られる。フォトダイオード 140 は、参照光源 120 から受け取られたこの光に基づく信号を発生し、この信号をセンサ電子部品 150 に提供する。センサ電子部品 150 は、測定サイクルの参照部分の間にフォトダイオード 140 から受け取った信号に基づく参照信号を発生する。この参照信号は、例えば、参照光源 120 によって放出されたような、フォトダイオード 140 を通して受け取った光の強度または位相に対応する。

30

【0023】

センサ電子部品 150 は、測定サイクルの励起部分の間に発生した励起信号を用いて、流体 112 の酸素濃度の測定結果を示す信号を発生する。具体的には、発光体 110 によって放出された光の強度または減衰時間は、流体 112 内の溶解酸素濃度に対して逆線形比例関係を有しうる。そのため、励起信号は、流体 112 内の溶解酸素が発光体 110 の蛍光物質と相互作用してその物質の蛍光を消光または蛍光の量を低下させる場合の蛍光の減少に対応する減衰時間または減衰時定数を求めるのに使用されてもよい。

40

【0024】

具体的には、特定の実施形態において、励起信号の位相が決定されてもよい。さらに、センサ電子部品 150 の遅延が、例えば、測定サイクルの参照部分において決定された参照信号（例えば、参照信号の位相）を用いて決定されてもよい。励起信号の位相は、励起部分の間の発光体 110 の蛍光の減衰時間を（例えば、励起部分の間の励起光源 130 を動作させるのに使用される信号を用いて）、正確に決定するために使用可能である。この減衰時間を決定する場合に、センサ電子部品における任意の遅延は、参照信号から決定される遅延を用いて修正されてもよい。このとき、流体内の酸素の濃度の測定は、発光体 110 の既知の減衰時定数と決定された減衰時間との間の関係に基づいて決定可能である。いくつかの実施形態において、この濃度の測定は、さらに、温度と酸素濃度との間の既知

50

の関係性を使用して、測定された温度の値を用いて調整可能である。測定された温度の値を用いる濃度の修正は、流体温度遷移または安定状態の変化に関して実質的にリアルタイムの補償を可能にしよう。

【 0 0 2 5 】

前述のように、発光体 1 1 0 の蛍光は、酸素が基底状態から励起状態に励起されると消光される。この消光プロセスは、発光体 1 1 0 の減衰率を加速することができる。従って、発光体を用いる D O センサは、定期的なメンテナンスを必要とする。現在最良の実施例は、時間または動作の不具合のいずれかに基づく発光体の交換を伴う。しかし、時間に基づく発光体の交換は、発光体の使用可能な寿命時間を不必要に短縮することとなり得、動作の不具合に基づく発光体の交換は、特に発光体の減衰に起因して動作に不具合が発生した D O センサが高精度動作において使用されているような場合には、危険性があり、またはコストがかかることとなりうる。少なくとも、発光体 1 1 0 が光学的に透明な窓 1 1 6 に付着しうるためでなく、及びそれらが単一ユニットと製造される場合が通常であるため、コストがかかる。そのため、この単一ユニットを、窓 1 1 6 及び置き換えられる発光体 1 1 0 の両方を含むようにしよう。

10

【 0 0 2 6 】

さらに、発光体 1 1 0 は、D O センサ 1 0 0 が利用される流体 1 1 2 に応じた様々な減衰率で減衰しうる。換言すれば、酸素濃度がより高い流体は、発光体 1 1 0 がより急速に劣化しうる。従って、発光体 1 1 0 の頻繁で不要な交換（多くの場合、窓 1 1 6 も）に伴う費用を低減する一方で、D O センサ 1 0 0 の適切な機能を確保するために発光体 1 1 0 がいつ置き換えられるべきかを決定する必要性が存在する。

20

【 0 0 2 7 】

この問題に対処するために、いくつかの実施形態において、発光体 1 1 0 の減衰の測定が決定されうる。具体的には、特定の実施形態において、センサ電子部品 1 5 0 は、励起信号の強度を決定してもよく、これは、発光体 1 1 0 からの発光の強度に対応しうるものであり、そのため、発光体 1 1 0 の減衰を反映する。次いで、この強度は、発光体 1 1 0 に関連するベースライン強度（例えば、D O センサの較正プロセス、設定値などの絶対強度またはその他により決定される）と比較することができる。次いで、励起信号の強度がベースライン強度の何らかの閾値内にあるか否かの決定が、センサ電子部品 1 5 0 によってなされる。励起信号がベースライン強度の何らかの閾値（例えば、5 0 %、7 5 % などの範囲内にない場合、発光体 1 1 0 の交換が必要でありうるという警告が使用者（例えば、D O センサを動作させるものに関連した作業者）に知らせるために発生されうる。

30

【 0 0 2 8 】

ここで図 2 に移ると、本明細書で開示されたような D O センサに関する動作環境の 1 つの実施形態のハイレベルな図を示す。このような動作環境は、ウェットエッチング、フォトリソグラフ、めっきまたは洗浄プロセスなどの当業者に知られた半導体製造に伴う半導体プロセスを含みうる。ここで、半導体プロセス 2 0 0 は、ツールまたはチャンバー（合わせて 2 0 2）及び流動経路 2 1 4 を含んでもよく、流動経路 2 1 4 を通して、半導体プロセス 2 0 0 で必要とされる 1 つまたは複数の流体が、プロセス 2 0 0 で使用されるツールまたはチャンバー 2 0 2 に提供される。半導体プロセス 2 0 0 は、例えば、半導体プロセス 2 0 0 を実行するために様々なポンプ、バルブ、ツールまたはチャンバー 2 0 2 等を動作させることなどにより、半導体プロセス 2 0 0 を制御するために使用されるデジタルハードウェア 2 3 2（例えば、プロセッサ、保存デバイスなど）及びモジュール 2 3 4（制御ルーチン、ソフトウェアなど）を含むプロセスコントローラ 2 3 0 によって制御される。

40

【 0 0 2 9 】

前述のように、半導体プロセス 2 0 0 内で利用される流体内の酸素の存在は、プロセス 2 0 0 に大きな影響を与えうる。そのため、D O センサ 2 2 0 の実施形態は、流動経路 2 1 4 と相互作用し、またはその中にあり、半導体プロセス 2 0 0 内で使用される流体（例えば、D O センサ 2 2 0 に隣接し、または含まれる流動経路 2 1 4 の一部の中の流体のサ

50

ンプル)の酸素濃度を測定し、半導体プロセスを制御する際の変数として酸素の測定結果を利用しうる(例えば、プロセス200を停止し、または変更し、半導体プロセス200の作業者に警告を送るなど)プロセス制御コンピュータ230に、その酸素濃度に対応する濃度信号を提供する。具体的に、特定の実施形態において、DOセンサは、2つの値(例えば、0から5ボルト、4から20ミリアンペアなど)の間のアナログ信号をプロセス制御部230に提供し、プロセス制御部230は、DOセンサ220によって提供された信号から酸素濃度の測定に関する値を決定できるように校正され、またはそうでなければ構成されうる。

【0030】

さらに、いくつかの実施形態において、DOセンサ220は、流動経路214内の流体の温度(例えば、DOセンサ220によって測定される流体のサンプルの温度)に対応する信号及び、DOセンサ220の発光体が交換の必要があるか否かを示す警告信号を、プロセス制御部230に提供しうる。1つの実施形態において、温度信号は、拡大縮小可能なアナログ信号(例えば0から5ボルト、4から20ミリアンペアなど)でありえ、その一方警告信号は2値アナログ信号(例えば、0ボルトが、発光体が交換の必要なことを表す警告信号でありえ、5ボルトが「OK」信号でありうる)でありうる。プロセス制御部230に提供される信号の種類は、半導体プロセス200の作業者の求めまたはプロセス制御部230の能力に依存してもよく、DOセンサ220の実施形態は、要求に応じてアナログ信号、デジタル信号または何らかの組合せを効果的に利用しうることに注意すべきである。

【0031】

想像できるように、そのような半導体プロセス200におけるDOセンサの使用は、複雑さを伴う。具体的には、前述のように、多くの場合において、半導体プロセス200で利用される流体は腐食性が高い場合があり、その一方同時に、半導体プロセス200それ自体は、汚染の影響をきわめて受けやすい場合がある。そのため、DOセンサ220は、そのような厳しい環境における使用に耐え、腐食性であり、少ない分子数の化学物質によって引き起こされる劣化に耐え、その一方、例えば、SEMI F57規格などによって義務付けられたものを含む、超高純度環境に準拠している、パーフルオロアルコキシポリマー(PFA)、ポリプロピレン(PP)及びポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、フッ化ポリビニリデン、2フッ化ポリビニリデン(PVDF)などのような非反応性プラスチックまたはポリマー材料から製造されうるいくつかの部分(例えば、流体に接触する部分)または全ての部分を同時に有することが望ましい。

【0032】

これらの懸案事項に加えて、半導体プロセス200においてDOセンサの使用に関するさらなる懸案事項は、DOセンサ220自体の大きさである。多くの場合、そのような半導体プロセス200において大きなDOセンサを使用することは、単に実施可能でない(例えば、パッケージングや空間の問題のため)。そのため、半導体プロセスで使用するためのDOセンサは、できる限り小さい一方で、そのようなプロセスでの使用に必要な10億分の1以下、または100万分の1以下の濃度を検出することができるよう十分に正確であることが望ましい。従って、このような種類のDOセンサの望ましい形状因子及び精度は、DOセンサの構成要素のパッケージングを同様に非常に重要なものにしうる。

【0033】

図3は、半導体プロセスの大部分に統合されるのに十分小さい一方で、それでも半導体プロセスにおける使用のために望ましいレベルの感度を達成するDOセンサの1つの実施形態のブロック図である。DOセンサ300は、例えば、プラスチックから形成されうるハウジング302を含む。例えば、プロセス制御システムなどとインターフェースするためのコネクタ308は、プロセス制御システムに信号(例えば、アナログまたはデジタル)信号を提供する。このコネクタ308は、例えば、RS-232プロトコルに適合する1つまたは複数のピンまたはピン配列を含んでもよい。

【0034】

10

20

30

40

50

特定の実施形態において、ハウジング 302 は、上部 306 及び下部 304 を含んでもよい。上部 306 は、例えば、DO センサが防水性である（例えば、IP67 準拠）ようにガスケットを使用して下部 304 に結合されてもよい。耐水性を補助するために、いくつかの実施形態では、ハウジング 302 内の構成要素もまた、樹脂に埋め込まれたりしてもよい。ハウジング 302 の下部 304 は、流動経路 360 への流体の出入りのために構成されたポート 362 を有する流動経路 360 を含む本体を含み、または本体に結合される。取付け部 364 は、DO センサ 300 が、例えば、半導体プロセスなどの流動経路に（例えば直接）統合されるように、ポート 362 をその他の構成要素に接続する。

【0035】

DO センサ 300 は、異なる直径の流動経路を含みうる幅広い様々なプロセスに統合されうるため、DO センサ 300 の流動経路 360 の実施形態は、例えば、1/4 インチ、3/8 インチ、1/2 インチ、3/4 インチ、及び 1 インチの直径を含む、そのような流動経路に統合されうるように適切な大きさにされ得る。さらに、実施形態は、例えば Flaretek、Prime Lock、Nippon Pillar（例えば S300）またはその他の種類の取付け部を含む DO センサ 300 が利用されうる、特定の用途に適した取付け部 364 を有してもよい。

【0036】

流動経路 360 は開口部を含み、その開口部を通して、接着された発光体 310 を有する光学的に透明な窓 316 は、流動経路 360 内の流体が直接発光体 310 に接触するように、流動経路 360 内の流体にさらされうる。特定の実施形態において、発光体 310 は、強酸または塩基による攻撃に対して反応しないまたは耐性を有するが、酸素を自由に拡散させることができ、蛍光フィルムまたは発光体 310 の物質と接触させることができる、薄い有機または無機フィルムでコーティングすることができる。温度センサ 312（サーミスタ、熱電対など）は、例えば接着剤またはその他の取付け材を使用して、流動経路 360 とは反対の窓 316 に取り付けられうる。

【0037】

窓 316 は、ホウケイ酸ガラス、サファイア、ダイヤモンド、ダイヤモンドコーティングガラス、石英、方解石、キュービックジルコニウムなどの光学的に透明な誘電体材料からなるものであってもよい。サファイアまたはダイヤモンドの熱伝導性が比較的高い（例えば、ホウケイ酸ガラスなどと比べて）ため、特定の実施形態は、センサ 312 が流体の主要流動経路 360 の外側に存在しうるにもかかわらず、温度センサ 312 がより大きな感度を有することができるように、窓 316 についてサファイアまたはダイヤモンドを利用しうる。さらに、サファイアまたはダイヤモンドの強度のために、非常に高い密封力が、その他の構成要素（例えば、電子部品）から流動経路 360 の気密封止を可能にするような窓 316 に適用されてもよく、DO センサ 300 は、より高い圧力環境に対して適したものでありえ、DO センサ 300 が約 80 ポンド/平方インチ（psi）の密封ライン圧力を有することができる高圧環境下でも利用可能となる。例えば、そのような密封は、酸性または塩基性流体に対して反応しない高純度ガスケットを用いて達成されうる。ほとんどのプロセス（例えば、半導体産業における）は、60 psi を超えるライン圧力を利用しないため、そのような実施形態は、そのようなプロセスの大部分で役立つように利用されうる。

【0038】

ハウジング 302 は光学プローブ 350 及び主印刷回路基板（PCB）352 を含む。光学プローブ 350 は、流動経路 360 から窓 316 の反対側にあってもよく、一般に、窓 316 及び発光体 310 に対してある角度で流動経路 360 に接線方向に整列されうる。いくつかの実施形態において、光学プローブ 350 は、一般に、窓 316 及び流動経路に対して垂直な軸に沿って配列されうる。次いで、光学プローブ 350 は、（プローブスリーブ 340 に一体に形成されてもよく、プローブスリーブ 340 から別個に形成されて取り付けられてもよい）光学プローブ先端部 354 を有するプローブスリーブ 340 と、光受容ガイド 356 と、光学キャリア 370 と、光学 PCB 372 と、参照 LED 376

10

20

30

40

50

と、フォトダイオード 374 と、励起 PCB 380 上の励起 LED 378 と、光透過ガイド 358 と、を含む。光学キャリア 370 と組み合わせてプローブスリーブ 340 を使用することは、より詳細に議論するように、LED 376、378 からの光の「スリッピング」(例えば、光学クロストーク)を防ぐのに効果的でありうる。

【0039】

励起 LED 378 は、それ自体の PCB 380 を、励起 PCB 380 上の励起構成要素と、光学 PCB 372 上の検出構成要素などの構成要素との間の光学または電氣的クロストークを防ぐために、光学 PCB 372 から分離する。1つの実施形態において、さらに光学または電氣的クロストークを低減するために、励起 PCB 380 及び光学 PCB 372 は、光学キャリア 370 の対向する側に配置されてもよく、励起 LED 378 は、光学 PCB 372 に結合され(例えば、励起 PCB 380 を介して)、光学 PCB 372 上の電子部品 390 によって制御されるように構成される。これらの実施形態のいくつかにおいて、光学キャリア 370 は、光学 PCB 372 及びフォトダイオード 374 を光学キャリア 370 の1つの半球上に有し、励起 PCB 380 及び励起 LED 378 を光学キャリア 370 のもう一方の半球上に有する円筒形状であってもよい。特定の実施形態において、光学キャリア 370 をそのように構成することは、光学クロストークなどを依然として防ぎ、達成される性能を増大させ、その一方で依然として様々な構成要素(例えば励起 PCB 380、光学 PCB 372、フォトダイオード 374、励起 LED 378 など)を互いに対して実質的に反対側に位置させつつ、より小型のパッケージングを可能にしうる。

【0040】

そして、同様に、1つの実施形態において、光学 PCB 372 は、主 PCB 352 から分離され、主 PCB 352 に結合される。具体的には、いくつかの実施形態において、光学 PCB 372 はプローブスリーブ 340 内に置かれ、主 PCB 352 は、プローブスリーブ 340 の外側に置かれる。主 PCB 352 は、電圧レギュレーション、電力及びアナログ出力構成要素などの電子部品 386 を含んでもよく、その一方光学 PCB 372 は、フォトダイオードフロントエンド、温度センサフロントエンド、励起のための LED フロントエンドまたは参照 LED、デジタル/アナログ変換器(DACまたはADC)、デジタル信号プロセッサ(DSP)、例えば、制御または計算モジュールを有するファームウェアなどのモジュールを実行するマイクロコントローラ、または校正データなどのデータを含みうる保存装置(例えば、EEPROM)などの電子部品 390 を含んでもよい。主 PCB 352、励起 PCB 380 及び光学 PCB 372 に対して本明細書で示された DO センサ 300 に関する全ての構成要素は、単一の PCB (または2つの PCB など)上に含まれうることに注意すべきであるが、その一方で、これらの種類の構成要素を別個の PCB に分離することにより(そして、これらの構成要素を、例えば、スリーブ 340 内に光学 PCB 372 を配置することによってさらに分離することにより)、主 PCB 352 上の構成要素からのクロストークが、光学 PCB 372 上の測定またはその他の電子部品 390 に影響を与えることから防止可能である。

【0041】

プローブ先端部 354 は開口を有してもよく、その開口を通じて、光受容ガイド 356 及び光透過ガイド 358 は経路決定されうる。光受容ガイド 356 は、光(例えば、発光体 310 によって放出された)を、フォトダイオード 374 に導くように構成されてもよい。光受容ガイド 356 は、例えば、フォトダイオード 374 と整列された(例えば、軸上に)単一の円筒ポリマーファイバーであってもよい。光学透過ガイド 358 は、例えば、発光体 310 を励起し、またはそうでなければ照射するために、プローブ先端部 354 内の開口部に励起 LED 378 の光を導くように構成されてもよい。光透過ガイド 358 は、例えば、1つまたは複数のファイバー(光受容ガイド 356 よりも小さな直径を有する)の束でありうる。1つの実施形態において、光受容ガイド 356 及び光透過ガイド 358 は、光受容ガイド 356 の周囲に照射リングを形成する光透過ガイドを含むファイバーの束を有するプローブ先端部 354 内の同じ開口部を通じて経路決定されうる。

【 0 0 4 2 】

フォトダイオード 3 7 4 は、光学 P C B 3 7 2 の電子部品 3 9 0 がフォトダイオードのためのフロントエンド（例えば、フォトダイオード 3 7 4 のためのアノード及びカソード）を含みうる、光学 P C B 3 7 2 に結合されうる。1 つの実施形態において、電子部品 3 9 0 は、光学 P C B 3 7 2 の一方の側の上に、フォトダイオード 3 7 4 に関するアノード（またはそのための接続）及び P C B 3 7 2 のもう一方の側の上にフォトダイオード 3 7 4 に関するカソード（またはそのための接続）を含んでもよい。この構成は、フォトダイオード 3 7 4 を、光学 P C B 3 7 2 及びフォトダイオード 3 7 4 の組み合わせの全体の長さを低減するために、光学 P C B 3 7 2 に対して軸上に、より近接して搭載可能にする。そのため、いくつかの実施形態において、フォトダイオード 3 7 4 及び P C B 3 7 2 は、一般に同一の軸上に配列されてもよく、この軸は一般に光学プローブ 3 5 0 それ自体の配列の軸であってもよい（例えば、一般に、窓 3 1 6 及び流動経路 3 6 0 に対して垂直）。参照 L E D 3 7 6 はまた、光学 P C B 3 7 2 上に搭載されてもよく、1 つの実施形態において、フォトダイオード 3 7 4 に直接照射を可能にする（例えば、フォトダイオード 3 7 4 が、参照 L E D 3 7 6 から直接放出され、光受容ガイド 3 5 6 を通らなかった光を検出することができるように）ために、（少なくとも部分的に透明でありうる）フォトダイオード 3 7 4 の背面に搭載されてもよい。そのような照射は、アパーチャによって、または他の手段によって制限されうる。

10

【 0 0 4 3 】

特定の実施形態において、1 つもしくは複数の光学フィルタまたは光学フィルタの組み合わせが、光学クロストークを防ぎ、蛍光検出を増加させるために利用されてもよい。利用されるフィルタの数および種類は、励起 L E D 3 7 8（例えば、励起 L E D 3 7 8 の色）または発光体 3 1 0 の化学的性質（例えば、発光体 3 1 0 によって放出される光の波長）に依存しうる。本明細書で開示される実施形態において利用される L E D の実施形態は、ほとんど任意の望ましい色でありうる（例えば、赤、青、緑など）。例えば、いくつかの実施形態において、発光体 3 1 0 は、実質的に赤の波長を放射するように選択されてもよく、励起 L E D 3 7 8 は、実質的に約 5 2 5 n m の緑の波長を約 8 0 0 ミリカンデラ（m c d）の発光強度で放射するように選択されてもよい。そのような実施形態において、緑のフィルタは、確実に望ましい緑の波長のみが光透過ガイド 3 5 8 によって導かれて発光体 3 1 0 を励起するために、励起 L E D 3 7 8 の前方において利用されてもよい。同様に、赤のフィルタは、確実に発光体 3 1 0 によって放出された赤い光のみがフォトダイオード 3 7 4 に受光されるように（例えば光受容ガイド 3 5 6 を通して）、光受容ガイド 3 5 6 とフォトダイオード 3 7 4 との間において利用されうる。

20

30

【 0 0 4 4 】

このとき、特定の実施形態の動作において、コントローラ上で実行する制御モジュールなどの電子部品 3 9 0 は、測定サイクルを実行してもよい。特定の実施形態において、測定サイクルは、例えば、1 秒のオーダーであってもよい。1 つの実施形態において、測定サイクルは、励起部分及び参照部分の 2 つの部分を含み、いくつかの実施形態において、各部分は、測定サイクルのほぼ半分であってもよい。測定サイクルはより長くても、またはより短くてもよく、1 つの部分のみ（例えば、励起部分）または異なる大きさの部分を含んでもよいことは明らかであろう。

40

【 0 0 4 5 】

測定サイクルの励起部分の間、電子部品 3 9 0 は、励起 L E D 3 7 8 を制御し、励起 L E D 3 7 8 による照射に応じて発光体 3 1 0（流動経路 3 6 0 内の流体と接触している）によって放出された光の位相または強度に対応する励起信号を決定してもよい。具体的には、励起部分の間、電子部品 3 9 0 は、特定の周波数で励起 L E D 3 7 8 を動作させ、1 つの実施形態において、その周波数は約 1 6 K H z でありうる。励起 L E D 3 7 8 が励起部分の間動作する（例えば、照射する）各時間ごとに、励起 L E D 3 7 8 によって放出された光は、励起 L E D 3 7 8 から、プローブ先端部 3 5 4 の開口部を通して、光透過ガイド 3 5 8 を介して導かれ、光学的に透明な窓 3 1 6 を通して発光体 3 1 0 を照射する。こ

50

の照射に応じて、発光体 310 が光を放出し、流動経路 360 内の流体に含まれる酸素の存在に基づいて消光される。発光体 310 によって放出された光は窓 316 を通過して光受容ガイド 356 で受光され、この受光した光に応じて信号を発生するフォトダイオード 374 に導かれる。

【0046】

この信号は、フォトダイオード 374 からの信号に基づき、励起信号を発生する電子部品 390 によって受け取られる。この励起信号は、例えば、発光体 310 によって放出されたものとして、フォトダイオード 374 を介して受光された光の強度または位相に対応する。そのような実施形態において、最終的な励起信号は、励起 LED 378 が測定サイクルの励起部分の間に動作するごとに発生する励起信号を用いて決定されてもよい。この最終的な励起信号は、例えば、励起 LED 378 が励起部分の間に動作するごとに発生する励起信号の平均であってもよい。

10

【0047】

さらに、1つの実施形態において、励起部分の間、電子部品 390 は、温度センサ 312 から1つまたは複数の信号を受け取ってもよい。この受け取った信号は、電子部品 390 (例えば、変調、ピーク検出器などを用いて)によって処理されて、流動経路 360 内の流体の温度の測定結果を決定してもよい。温度の測定結果は、測定サイクルの間の任意の点で決定されてもよいことに注意すべきである。

【0048】

次いで、測定サイクルの参照点の間に、電子部品 390 は、特定の周波数で参照 LED 376 を動作してもよく、1つの実施形態において、この周波数は、励起 LED 378 が測定部分において動作されたものであり、約 16 KHz でありうるものと同じ周波数であってもよい。参照 LED 376 が、参照部分の間に動作する(例えば照射する)ごとに、参照 LED 376 によって放出された光は、この受け取った光に応じて信号を発生するフォトダイオード 374 によって直接受け取られうる(例えば、光学 PCB 372 に近接して搭載されたフォトダイオード 374 の背面を通して)。

20

【0049】

この信号は、フォトダイオード 374 からの信号に基づいて参照信号を発生する電子部品 390 によって受け取られる。この参照信号は、例えば、参照 LED 376 によって放出されたものとして、フォトダイオード 374 を通して受け取られた光の強度または位相に対応する。そのような実施形態において、最終的な参照信号は、参照 LED 376 が測定サイクルの参照部分の間に動作するごとに発生する参照信号を用いて決定されてもよい。この最終的な参照信号は、例えば、参照 LED 376 が参照部分の間に動作するごとに発生する参照信号の平均であってもよい。

30

【0050】

次いで、電子部品 390 は、流動経路 360 の流体の酸素濃度の測定結果を示す信号を発生するために、測定サイクルの励起部分の間に発生した励起信号を使用する。具体的には、発光体 310 によって放出された光の減衰時間は、流体内の溶解酸素濃度に対して逆線形的関係を有しうる。そのため、流体内の溶解酸素は発光体 310 の蛍光物質と相互作用してこの物質の蛍光の量を消光し、または減少させるため、励起信号は、蛍光の減少に対応する減衰時間または減衰時定数を得るために使用されうる。

40

【0051】

具体的には、特定の実施形態において、励起信号の位相が決定されうる。さらに、光学 PCB 372 上のもののようなセンサ電子部品における遅延は、測定サイクルの参照部分の間に決定される参照信号(例えば、参照信号の位相)を用いることによって説明される。電子部品 390 は、参照 LED 376 を変調する(例えば 16 KHz において)ための信号の発生に貢献し、参照 LED 376 からの光がフォトダイオード 374 において受光されたときに、フォトダイオード 374 からの信号を受け取るので、励起信号と参照信号の位相の差は、DO センサ 300 の電子部品(及び可能性がある場合にはその他の)構成要素 390 の遅延または温度感受性に関連する。そのため、参照信号(例えば、参照信号

50

の位相)は、励起信号を調整して、例えば、電子部品390の遅延または温度感受性などに起因する励起信号の任意の位相シフトを除去するために使用されてもよい。励起信号の修正された位相は、励起部分の間における発光体310の蛍光の減衰時間を正確に決定する(例えば、測定サイクルの励起部分の間の変調信号と励起信号(例えば、最終的な励起信号)との間の位相差を決定することによって)ために使用可能である。そして、流体内の酸素の濃度の測定結果は、発光体310の既知の減衰時定数と、決定された減衰時間との間の関係に基づいて決定可能である。この測定結果は、例えば、電子部品390に(例えば、EEPROMなどに)保存されたセンサに関する校正データを用いて決定されうる。

【0052】

10

いくつかの実施形態において、この濃度の測定結果は、温度と液体内の酸素濃度との間の既知の関係をj用いて、励起部分の間、または測定サイクルの間に決定された温度値を用いて、さらに調整可能である。測定された温度値を用いた修正は、流体の温度変化または安定状態の変化について実質的にリアルタイムの補償を可能にしうる。測定結果は、電子部品390内(例えば、EEPROM内)に保存された温度校正データを用いて補償されてもよく、校正データは、酸素が存在しない(例えば、純粋窒素中)1つの温度及び大気圧において得られたゼロ点校正データを含む。

【0053】

さらに、電子部品390は、測定サイクルの間に、発光体310の状態を表す警告状態を決定しうる。ここで、電子部品390内の校正データは、発光体310の蛍光の通常20の強度を含みうる。この通常20の強度は、DOセンサ300の校正の間(例えば、大気存在中でDOセンサ300を校正するとき)に決定されてもよく、強度に対して望ましい絶対値であってもよく、またはそうでなければ決定されてもよい。電子部品390は、励起部分の間に発生した励起信号の強度を、校正の間に決定された蛍光の通常20の強度と比較し、励起信号の強度が、校正の間に決定された通常20の強度の何らかの閾値(例えば50%、20%など)の範囲内にあるか、外側にあるかを決定することができる。この閾値は、例えば、校正の間に使用者が構成することができるものであってもよい。励起信号の強度が通常20の強度の何らかの閾値の外側にある場合、発光体310の交換の必要があることを示す警告フラグが設定されうる。いくつかの例において、警告状態は、各測定サイクルにおいて決定されなくてもよく、またはプロセス制御部などによって特定されたときにのみ決定30されてもよいことに注意すべきである。

【0054】

次いで、電子部品390は、酸素濃度、温度の測定値または警告状態を表す信号を主PCB352に提供してもよい。そして、主PCB352の電子部品388は、酸素濃度、温度または警告状態に関する対応する信号(これは、アナログまたはデジタルなどの同じフォーマット、または異なる拡大縮小などの異なるフォーマットであってもよい)を、コネクタ308を通して提供する。

【0055】

図4Aから4Cは、前述したもののよう20なDOセンサの1つの実施形態の分解図を示している。示されている構成要素は例として示されているものであり、その他の実施形態は、示された各構成要素を使用しても使用しなくてもよく、またはより少ない構成要素を使用してもよく、構成要素の機能性を組み合わせてもよいことは明らかであろう。DOセンサ400は、プラスチックなどから形成されうる上部筐体402及び上部筐体402と同じまたは類似する材料から形成されうる下部筐体406を含む。ガasket404は、ねじ及びワッシャなどを用いて一体に結合されうる上部筐体402と下部筐体406との間に使用されうる。さらに、Turck12ピンコネクタなどのコネクタ410が、上部筐体402に接続されてもよい。主PCB452は、ワイヤが主PCB452から上部筐体402を通してコネクタ410まで這わせうるように、上部筐体402の少なくとも一部の中に存在しうる。

【0056】

50

前述の流動経路部を含む流動経路本体408は、P T F Eまたは同様のS E M I 5 7 準抛の材料から形成されてもよく、例えば、ねじ432及びワッシャを用いて本体408の底部に接続された取り付けプレート412を有しうる。流動経路本体408の頂部は、流動経路本体408内の流動経路への開口部414を有しうる。

【0057】

光学プローブ440は、下部筐体406内に少なくとも部分的に保持されてもよく、下部筐体406は、光学プローブ440の先端部が、流動経路本体408内の流動経路への開口部414内にシールされた光学窓426からある作動距離を有するように、流動経路本体408に結合される。この作動距離は、光学窓を通る光が、光学プローブ440の先端部を通して受講可能であるように、光学プローブ先端部と光学窓426との間の空隙であってよい。1つの実施形態において、そのような作動距離は、例えば、約0.045インチであってよい。具体的に、Oリング420、発光体424、窓426（例えば、サファイアなど）、P V D Fなどから形成されうる保持部材428及び保持ナット430、及びV i t o nなどからなりうるOリング442は、下部筐体406を流動経路本体408に結合するために使用されてもよい。

10

【0058】

1つの実施形態において、流動経路本体408は、円形Oリング420を受容するように構成された、流動経路への開口部414の周囲のレッジ部を有してもよい。発光体424は、発光体424が流動経路本体408の流動経路内の流体と接触することとなるように、窓426及び、シールされた利用する保持部材428と保持ナット430との組み合わせに接着されてもよい。1つの実施形態において、開口部414近傍の流動経路408の周囲と、保持ナット430の両方は、所望の密封力が、所望の圧力まで保持ナット430を締め、またはトルクを加えることによって窓426に印加されることができるよう、ねじ穴を有してもよい。

20

【0059】

保持部材428及び保持ナット430の両方は、光学プローブ440の先端部が、光学的に透明な窓426から所望の作動距離を開けて配置されることができるよう、環状であってよい。いくつかの実施形態において、保持部材428は、保持部材428が、光学プローブ440の先端部の一部が保持可能でありまたはそうでなければ接触可能である棚状部を提供しうるように、保持ナット430よりも小さな内周を有してもよい。筐体の下部406は、Oリング442を用いて流動経路本体408にシールされてもよい。具体的には、特定の実施形態において、所望の密封力が、ねじ432を所望の値まで締め付けまたはトルクを加えることによって、流動経路本体408と下部406との間のOリング442に印加されうるように、下部筐体406は、取り付けプレート412を流動経路本体408に固定するのと同じねじ432を用いて流動経路本体408に結合されうる。換言すれば、いくつかの実施形態において、流動経路408は、ねじ432のための貫通穴を有しうる一方、下部筐体406は、ねじ432を受容するためのねじ穴を有しうる。

30

【0060】

保持部材428、保持ナット430、別個の窓426及び発光体424の使用は、維持管理または保守性に関して多くの利点を有しうる。具体的には、既に述べたように、発光体424は、経時的に、また流動経路本体408の流動経路を通して流れる流体中の酸素にさらされることにより劣化しうる。実際に、そのような流体中の酸素の濃度が大きくなるほど、劣化速度が速くなる。そのため、発光体424が、1年から2年ごとに、またはD O センサの適切な動作を確保するように交換される必要がある場合が通常である。

40

【0061】

従来は、この発光体の交換に対して少なくとも2つの主要な障害が存在した。第1の障害は、発光体が取り換えられるべき時を決定することが非常に困難であったことである。既に述べたように、またさらに述べるように、開示されたようなD O センサの実施形態は、発光体がいづ取り替えられるべきかを示す警告信号を提供しうる。発光体の交換がいづ必要であるかをプロセス作業者に正確に知らせることにより、プロセスの精度が維持され

50

、また無駄なコストが防止されうる。

【 0 0 6 2 】

もう一方の主要な障害は、発光体それ自体の交換可能性であった。多くの場合、発光体は、DOセンサの常設部分に固定されているため、取り換えることは全くできなかった。さらに、取り換え可能な場合であっても、容易かつ単純に行うことはできなかった。本明細書において、保持部材428、保持ナット430、別個の窓426及び発光体424を使用することにより、窓426または発光体424の容易な交換（1つの実施形態において、ユニットとして、または同時に交換されうる）が可能になることによって、依然として流体の漏洩を防ぎ、SEMI57またはIP67に準拠させつつ、適切な密封力を窓に加えることができる一方で、DOセンサの現場における保守が可能になる。具体的には、下部筐体406は、流動経路本体408から容易に分離され、保持ナット430は容易に除去されて（例えばレンチなどを用いて）、窓426または発光体424（または、前述のようにユニットとして両方）へのアクセスおよび交換を可能にしうる。交換時間を減少させることによって、DOセンサの現場での保守が可能になることにより、プロセス停止時間が顕著に低減される。

10

【 0 0 6 3 】

ここで図5に移ると、DOセンサの実施形態の下部筐体と流動経路本体との間のインターフェースの1つの実施形態の拡大断面図が示されている。再び、示された構成要素は例示のために提供されたものであり、その他の実施形態は示された各構成要素を使用しても、使用しなくてもよく、より少ない構成要素を使用してもよく、構成要素の機能を組み合わせてもよいことは明らかであろう。具体的には、下部筐体550は、流動経路本体510内に取り付けるように適合された下部552（例えば、円形でありうる）を含む。この開口部はリップ560を有してもよく（開口部の周囲で環状であってもよい）、下部筐体550の下部552及びリップ560が互いに接触するように適合される。Oリング562は、下部筐体の下部552と流動経路本体510との間のインターフェースをシールする働きをしうる。

20

【 0 0 6 4 】

流動経路本体510は、上述のように流動経路512を含む。流動経路512は、「T」514（ボウルとも称する）を含み、流動経路512内の流体が、流動経路510内の開口部516に露出可能にされる。開口部516は円周0.25インチ、深さ0.2インチであり得る。流動経路本体510は、開口部516の周囲に環状チャネル556を含み、チャネルの底部はボウル514の頂部の下にある。Oリング518は、非圧縮状態において、Oリング518の頂部が、チャネル516の内壁を含む流動経路本体510の一部よりも上または同じ高さにありうるように、チャネル516内に配置されうる。発光体524は、窓526に接着され、開口部516内に組み合わせて配置され、保持部材528及び保持ナット530を利用してシールされ、発光体524は、ボウル514の開口部516内において、流動経路512内の流体と接触することとなる。具体的には、開口部516の上方の流動経路本体510の内壁の一部は、保持ナット530の外周に沿ってねじ穴を有する。そのため、保持ナット530は保持部材528を介して発光体524上に所望の密封力を与えるように締め付けることができる。この密封力は、Oリング518を圧縮し、液体（またはその分子）が流動経路512から逃げ出すことができないように気密シールを提供するように働く。

30

40

【 0 0 6 5 】

光学プローブ558の先端部536は、先端部の一部が異なる円周を有しうるように段差を有してもよい。先端部536の1つの段差は、窓526からの作動距離を残すように保持部材528に対して接触してもよく、その一方先端部536の別の段差は保持ナット530に接触してもよい。1つの実施形態において、先端部536は、押圧部材540が流動経路512の反対側の窓526に接着された温度センサ542を押し付けるように、押圧部材540（例えばシリコン、ゴムなどからなる）のための受容部を含む。先端部536はまた、温度センサ542から光学プローブ558の電子部品への配線の経路のため

50

の1つまたは複数の穴（図示されない）を有してもよい。光透過ガイド及び光受容ガイドの端部は、先端部536内の開口部を通してよい。1つの実施形態において、光透過ガイドまたは光受容ガイドは、光透過ガイドまたは光受容ガイドを取り囲む先端部内の光学スリーブに含まれてもよい。

【0066】

ここで、図6Aから6Cを参照すると、前述のようなDOセンサ内で利用されうる光学プローブの1つの実施形態の分解図が示されている。本明細書で示されたその他の実施形態についても、示された構成要素が例として提供され、その他の構成要素は示されたそれぞれの構成要素を使用しても使用しなくてもよく、使用される構成要素はより少なくてもよく、構成要素の機能を組み合わせてもよいことは明らかであろう。光学プローブ600は、プローブ先端部602に接続されたスリーブ680を含む。光学キャリア604は、スリーブ680内に存在する。光学キャリア604は一般的に円筒形である。光学キャリア604の一側または半球上には、励起LEDを含む励起PCB642を受容するように適合された刻み目が存在する。励起PCB642は、例えば、ねじ、接着剤またはその他の接合部材を用いて、光学キャリア604に取り付けられうる。光透過ガイド644は、光透過スリーブ618内に配置され、プローブ先端部602の中心におけるほぼ円形の開口部を通してよい。光学フィルタ612（例えば、緑色のフィルタまたは上述したようなもの）は、励起PCB642の励起LEDと光学スリーブ618との間で光学キャリア604に取り付けられうる。光学キャリア604のこの側部はまた、例えば、励起PCB642から光学PCB606までの、または温度センサ（図示せず）から光学PCB606までの配線626の経路のためのチャンネルを有してもよい。光学キャリア604のこの側面の一部670は、光学PCB606の分割部及び搭載点として働く障壁を形成してもよい。この部分670は、光学キャリア604の外周の一部の周りの壁であってもよい。

【0067】

光学キャリア604の他方の側部は、光受容ガイド664がこの円筒形の穴及びプローブ先端部602の中央の開口部を通されるように光学キャリア604を通る円筒形の穴を有する。特定の実施形態において、円筒形の穴の内部にない光受容ガイドの一部は、光学スリーブ内に収容されてもよい。前述のように、いくつかの実施形態において、光透過ガイド644及び光受容ガイド664は、光受容ガイド664の周囲を覆う光透過ガイド644によってプローブ先端部602の同じ穴を通してよく、これにより照射リングなどを形成する。光受容ガイド664は、例えば、単一の2mmの直径のファイバー光学系であってもよく、その一方、光透過ガイド644は、一束（例えば、10から15本の）、0.5mmの直径のファイバーであってもよい。

【0068】

フォトダイオード610は、フォトダイオード610のアノード及びカソードを、光学ダイアフラム608の1つまたは複数の穴に通すことによって、参照LEDを含む光学PCB606に取り付けられる。光学ダイアフラム608はまた穴を含んでもよく、それを通して、光学PCB606上の参照LEDによって放出された光が直接フォトダイオード610を照射しうる。そのような穴は、そのような照射を制限するアパーチャとしても働きうる光学PCB606は、フォトダイオード610が光学キャリア604の円筒形の穴の中に配置されうるように光学キャリア604の一部670に取り付けられうる。1つの実施形態において、高温ミラー614のいずれかの側のフィルタ616は、フォトダイオード610と、プローブ先端部602の開口部からは遠位側の光受容ガイド664の端部との間の円筒形の穴の内部に配置されうる。

【0069】

光学PCB606及び励起PCB642を含む光学キャリア604並びにそれに搭載されるすべての構成要素、またはそうでなければ光学キャリア604を通る全ての構成要素は、プローブスリーブ680内に配置されてもよく、プローブ先端部602は、例えば、接着剤などを用いて、プローブスリーブ680の端部に取り付けられうる。さらに、温度

センサを押し付けるための押圧部 6 7 6 は、プローブ先端部 6 0 2 の受容部内に取り付けられうる。

【 0 0 7 0 】

ここで、前述のような D O センサの実施形態の特定の構成要素のより具体的な構成要素を見ることが有用でありうる。図 7 から 1 0 に示された構成要素の実施形態は、高さ約 5 . 7 5 インチ（例えば、上部筐体、下部筐体及び流動経路本体の組み合わせについて）であり、約 1 . 7 5 インチである筐体（例えば、上部及び下部筐体）を有する、D O センサ（例えば、上部筐体、下部筐体及び流動経路本体の組み合わせ）内におおよそ適合するような大きさにされ得る。全ての大きさはおおよそそのものであり、この特定の実施形態のみに適用できることは明らかであろう。その他の実施形態は、異なる大きさの同一の構成要素を使用してよく、そのような構成要素を使用しなくてもよく、またはより少ない構成要素であってもよい。

10

【 0 0 7 1 】

このことに留意すると、図 7 A から 7 C は、D O センサと共に使用するための光学プローブのためのスリーブの 1 つの実施形態を示しており、図 8 A から 8 H は、図 7 A から 7 C のスリーブと共に使用するための光学キャリアの 1 つの実施形態を示している。ここで、光学キャリア 8 0 0 は、光学 P C B 上に搭載されたフォトダイオードが、光学 P C B が光学キャリア 8 0 0 の一部 8 0 4 に取り付けられる場合に存在しうるチャンバー 8 0 2 を含むことが分かる。そのような構成において、穴 8 0 6 は、D O センサの窓に対して遠位側の光受容ガイドの端部がチャンバー 8 0 2 内のフォトダイオードに近接しうるように、光受容ガイドまたはその一部に適合しうる。凹部 8 0 8 は、励起 L E D が穴 8 1 0 に収容される光透過ガイドを照射するように、励起 P C B に適合するように設計されうる。光学キャリア 8 0 0 の壁 8 1 2 が光学 P C B 、フォトダイオード及び励起 P C B からの光受容ガイド、励起 L E D 及び光透過ガイドを分離するので、光学キャリア 8 0 0 は、そのような光学キャリアを利用する D O センサ内の光学クロストーク及び電氣的クロストークの両方を顕著に減少するように働く。

20

【 0 0 7 2 】

図 9 は、フォトダイオードと光学 P C B との間において利用されうる光学ダイアフラム 9 0 0 の実施形態を示す。光学ダイアフラムは、光学 P C B 及び 3 つの貫通穴 9 0 4 を保持するための 3 つの突起部 9 0 2 を含む。2 つの貫通穴 9 0 4 a 、 9 0 4 b は、フォトダイオードのアノード及びカソードを通すためのものであってよく、それらが突起部 9 0 2 によって保持される光学 P C B の反対側にはんだ付けされ、またはそうでなければ取り付けられうる。第 3 の貫通穴 9 0 4 c は、フォトダイオードがはんだ付けされた光学 P C B 上に取り付けられた参照 L E D がフォトダイオードを背面から照射することを可能にするものであってよく、さらにそのような照射の制限を提供するものであってよい。

30

【 0 0 7 3 】

図 1 0 A 及び 1 0 B は、プローブ先端部 1 0 0 0 の 1 つの実施形態を示す。ここで、プローブ先端部 1 0 0 0 は、光透過ガイド及び光受容ガイドが通されうる貫通穴 1 0 0 2 を有する。プローブ先端部 1 0 0 0 はまた、D O センサの窓に接着された温度センサからの配線が通されうる 1 つまたは複数の貫通穴 1 0 0 4 を有しうる。さらに、プローブ先端部 1 0 0 0 は、押圧部（例えば、ゴムまたはシリコンからなる）が、窓に接着された温度センサを押し付けるように配置されうる凹部 1 0 0 6 を有しうる。

40

【 0 0 7 4 】

ここで、本明細書で示されたような D O センサの実施形態の較正または動作のための方法を議論することは、本明細書に示されたような実施形態を理解する助けとなりうる。そのような方法は、前述のような D O センサの電子部品（例えば、ハードウェア、ソフトウェアまたは何らかの組合せ）を用いて実施されうる。図 1 1 は、D O センサの較正の実施形態を示している。段階 1 1 1 0 において、ゼロ較正が実施されうる。そのような較正において、センサは、例えば、純粋窒素環境内の D O センサを較正することによって、酸素がほぼゼロである環境内で較正されうる。ゼロ点較正は、既知の温度においてなされても

50

よく、そのような環境内のセンサに関連する出力値を決定、調整または設定するために用いられる。

【 0 0 7 5 】

段階 1 1 2 0 において、1 0 0 % 較正が実施されうる。この段階において、温度は既知の温度値に保持され、センサは大気にさらされうる。いくつかの実施形態において、D O センサは、少なくとも 3 0 分間大気にさらされて、安定した酸素レベルの確立を可能にされうる。既知の温度値において 1 0 0 % 較正が行われ、そのような環境内のセンサに関する出力値を決定し、調整し、設定するのに使用される。例えば、そのような較正により、測定サイクルの間に測定された温度は、温度と酸素濃度との間の関係に基づいて、酸素濃度の測定結果を補償し、またはそうでなければ調整するために使用することが可能になりうる。

10

【 0 0 7 6 】

さらに、特定の実施形態において、1 0 0 % 較正の間、D O センサの発光体の蛍光強度の値が決定されうる。この蛍光強度の値は、例えば、較正プロセスの間に発光体から受け取った光の強度の最大値、または発光体の複数回の照射に渡って発光体から受け取った光の最大強度の平均値でありうる。この蛍光強度の値は、D O センサ内に保存されうる（例えば、E E P R O M などに）。

【 0 0 7 7 】

1 つの実施形態において、利用されることとなる（例えば、半導体プロセスの装置内などで）流体の存在下において、D O センサの較正も可能でありうる。そのため、蛍光強度の値は、いくつかの実施形態において、特定の流体の存在下における D O センサの較正によって決定されてもよく、蛍光強度の値は、特定のプロセス流体に対して決定されてもよい。

20

【 0 0 7 8 】

図 1 2 は、本明細書で説明されたような D O センサの実施形態によって実施されうるような、流動経路内の流体の酸素濃度の決定を実行するための方法の実施形態を示す。測定サイクルは、励起部分 1 2 1 0 及び参照部分 1 2 5 0 を含みうる。特定の実施形態において、測定サイクルは、例えば、1 秒程度であってよく、いくつかの実施形態において、各部分は、測定サイクルのおよそ半分であってもよい。測定サイクルはより長くてもより短くてもよく、1 つの部分（例えば励起部分）のみを含んでもよく、または異なる大きさの部分を含んでもよいことは明らかであろう。

30

【 0 0 7 9 】

測定サイクルの励起部分 1 2 1 0 の間、段階 1 2 1 2 において、励起 L E D が作動される。1 つの実施形態において、励起 L E D は、1 つの実施形態において約 1 6 K H z でありうるような特定の周波数で動作される（例えば、点滅され、またはパルス動作される）。励起 L E D が励起部分 1 2 1 0 の間に動作される（例えば、照射される）ごとに、励起 L E D によって放出された光は励起 L E D から、センサ先端部内の開口部を通る光透過ガイドを通して導かれ、そこで D O センサの発光体を照射する。この照射に応じて、発光体は光を放出し、流動経路内の流体内の酸素の存在に基づいて消光される。発光体によって放出された光は、段階 1 2 1 4 において、この受け取った光に応じて信号を発生するフォトダイオードによって受け取られる。次いで、励起信号が、段階 1 2 1 6 において、フォトダイオードからの信号に基づいて発生する。この励起信号は、例えば、発光体によって放出され、フォトダイオードを介して受け取られた光の強度または位相に対応する。最終的な励起信号は、段階 1 2 1 8 において、励起 L E D が測定サイクルの励起部分 1 2 1 0 の間に動作するたびに発生した励起信号を用いて決定されうる。この最終的な励起信号は、例えば、励起 L E D が測定サイクルの励起部分 1 2 1 0 の間に動作するたびに発生した（段階 1 2 1 6 において）励起信号の平均でありうる。

40

【 0 0 8 0 】

次いで、測定サイクルの参照部分 1 2 5 0 において、参照 L E D は、段階 1 2 5 2 において特定の周波数で動作され、1 つの実施形態においてその周波数は励起 L E D が励起部

50

分 1 2 1 0 において動作されたものと同じ周波数であり、約 1 6 K H z でありうる。参照 L E D が参照部分 1 2 5 0 において動作される（例えば、照射される）たびに、参照 L E D によって放出された光が、段階 1 2 5 4 において、この受け取った光に応じて信号を発生するフォトダイオードによって直接受け取られうる。

【 0 0 8 1 】

段階 1 2 5 6 において、参照信号は、フォトダイオードからの信号に基づいて発生する。この参照信号は、例えば、参照 L E D によって放出され、フォトダイオードを介して受け取られた光の強度または位相に対応する。最終的な参照信号は、段階 1 2 5 8 において、参照 L E D が測定サイクルの参照部分 1 2 5 0 の間に動作するたびに発生した参照信号を用いて決定されうる。この最終的な参照信号は、例えば、参照 L E D が動作するたびに発生した参照信号の平均でありうる。

10

【 0 0 8 2 】

さらに、段階 1 2 6 0 において、測定サイクルの間の何らかの点（励起部分中、参照部分中、各部分の間、各部分後、測定サイクルの間の複数の点において取られた多数の温度測定結果の平均などでありうる）において、D O センサの流動経路内の流体の温度が、温度センサから受け取った信号に基づいて決定される。

【 0 0 8 3 】

流体内の酸素の濃度の測定結果は、段階 1 2 7 0 において、最終的な励起信号、最終的な参照信号、及び温度に基づいて決定されうる。具体的には、最終的な励起信号は、流体内に溶解した酸素が、発光体の蛍光物質と相互作用し、その物質の蛍光を消光し、または蛍光の量を減少させるため、蛍光の減少に対応する減衰時間または減衰時定数を得るのに使用されうる。特に、最終的な励起信号の位相が決定され、センサ電子部品内の遅延が、測定サイクルの参照部分において決定された最終的な参照信号（例えば、最終的な参照信号の位相）を用いて説明されうる。最終的な励起信号の修正された位相は、励起部分における発光体の蛍光の減衰時間を正確に決定するために使用可能である。次いで、流体内の酸素濃度の測定が、利用される発光体の既知の減衰時定数と決定された減衰時間との間の関係に基づいて決定可能である。この測定結果は、例えば、保存された構成データ（例えば、較正プロセスにおいて決定されたもの）を用いて決定されうる。この濃度の測定結果はさらに、温度と酸素濃度との間の既知の関係に基づいて、（例えば段階 1 2 6 0 において）決定された温度の値を用いて調整可能である。

20

30

【 0 0 8 4 】

さらに、いくつかの実施形態では、段階 1 2 8 0 において、発光体の状態を示す警告状態が、測定サイクルの間に決定されうる。ここで、電子構成要素の較正データは、発光体の蛍光の参照強度を含みうる。この参照強度は、D O センサ 3 0 0 の較正などの間に決定された、特定の値でありうる。この参照強度は、励起信号の強度が、較正の間に決定された参照強度の何らかの閾値（例えば、5 0 %、2 0 % など）の範囲内にあるか否かを決定するために、励起部において発生した最終的な励起信号の強度と比較可能である。この閾値は、例えば、較正の間に、製造者または使用者が構成可能でありうる。最終的な励起信号の強度が、参照強度の閾値（例えば、参照強度の 5 0 %）の範囲内でない場合、発光体の交換の必要があることを示す警告フラグが設定され、または警告信号が送られる。いくつかの例において、警告状態は、測定サイクルごとに決定されるのではなくてもよく、測定サイクル内において全く決定されなくてもよく、またはプロセスコントローラによって特定されるときにのみ決定されてもよい。

40

【 0 0 8 5 】

段階 1 2 9 0 において、少なくとも、酸素濃度の測定結果を示す信号が、D O センサによって提供されうる。この信号は、D O センサが利用されるプロセス、または幅広い様々なその他の機能のためのプロセスを制御するために使用されうる。さらに、段階 1 2 9 0 において、測定された温度を表す信号または警告状態も、D O センサによって提供されうる。

【 0 0 8 6 】

50

簡単に説明したように、警告状態は、測定サイクルと結びつけて決定されなくてもよい。そのため、いくつかの実施形態では、発光体テストサイクルが、測定サイクルとは別個に実行されてもよい。特に、発光体の参照強度が較正プロセスにおいて大気中で決定されたものである場合には、発光体テストサイクルを大気中で別個に実施することが望ましい場合がありうる。そのため、そのような発光体テストサイクルが実行される前に、D O センサは、大気中に戻され、または開けられてもよく、または大気がプロセス中に流動経路に導入されるプロセスの部分において実行されてもよい。そのため、特定の実施形態において、そのような発光体テストサイクルが、大気の下で前述のように実施された測定サイクルと実質的に同一であってもよい。

【0087】

発光体交換の警告状態を決定するためのテストサイクルを実施するための方法の1つの実施形態が、図13に示されている。テストサイクルを実施するためのこの場合において、最初に段階1310において、励起信号が励起LEDを動作することによって発生される。この励起信号は、本明細書におけるそのような励起信号のその他の議論と実質的に類似して発生されることが分かるであろう。段階1320において、発光体の状態を表す警告状態が決定される。前述のように、較正データは参照強度を含んでもよく、または参照強度は、何らかのその他の方法で特定されたものであってもよい。この参照強度は、励起信号の強度が較正において決定された参照強度の何らかの閾値の範囲内にあるか否かを決定するために、励起信号の強度と比較可能である。励起信号の強度が参照強度の閾値（例えば、参照強度の50%）の範囲内でない場合、段階1330において、発光体の交換の必要があることを示す警告フラグが設定され、警告信号が送られる。

【0088】

本明細書で説明された実施形態は、ソフトウェアもしくはハードウェア、またはその両方の組み合わせにおける制御ロジックの形態で実装可能である。制御ロジックは、コンピュータ可読媒体等の情報保存媒体内に、情報処理デバイスに様々な実施形態において開示された段階のセットを実行するように指示するように適合された複数の命令として保存される。本明細書において提供された開示及び教示に基づき、当業者であれば、本明細書を実装するためのその他の方式及び/または方法があることを了解するであろう。

【0089】

本明細書で用いられるように、「備える」、「備えている」、「含む」、「含んでいる」、「有する」、「有している」、またはそれらのその他任意の変形は、非排他的な包含をカバーすることを意図される。例えば、一連の要素を含むプロセス、製品、記載、または装置は、必ずしもそれらの要素にのみ限定されるものではなく、明示的に列挙されず、そのようなプロセス、製品、記載、または装置に固有的に備わったものではないその他の要素を含みうるものである。

【0090】

「コンピュータ可読媒体」は、命令実行システム、装置、システムまたはデバイスによって、またはそれらに接続して使用するためのプログラムを含み、保存し、通信し、伝送し、または転送することができる任意の媒体でありうる。コンピュータ可読媒体は、例として、しかし限定するものではなく、電子的、磁氣的、光学的、電磁氣的、赤外線的、または半導体的なシステム、装置、システム、デバイス、伝搬媒体、またはコンピュータメモリとすることができる。そのようなコンピュータ可読媒体は、一般に、機械可読性であり、人間が読むことができる（例えば、ソースコード）または機械可読である（例えば、オブジェクトコード）ことができるソフトウェアプログラミングまたはコードを含むものである。

【0091】

「プロセッサ」は、データ、信号又はその他の情報を処理する任意のハードウェアシステム、メカニズムまたは構成要素を含む。プロセッサは、汎用中央処理ユニット、複数の処理ユニット、機能実現のための専用回路、またはその他のシステムを有するシステムを含むことができる。処理は、幾何学的配置に限定される必要はなく、時間的制限を有する

10

20

30

40

50

必要もない。例えば、プロセッサは、「リアルタイム」、「オフライン」、「バッチモード」などで機能を実行することができる。処理の一部は、異なる時間において、及び異なる場所において、異なる（または同じ）処理システムによって実行可能である。

【0092】

図面に示された要素の1つまたは複数が、より分離されまたは統合されて実装されることも可能であり、さらには特定の場合には、特定の用途に従って有用であれば除去され、または動作しない状態にされることも可能であることも了解されるであろう。さらに、図面内の任意の信号の矢印は、単に例示的なものであり、具体的に言及されない限り、限定的なものではないものとして考えられなければならない。例えば、本明細書に示されたようなDOセンサの実施形態は、流動経路への流体の出入りのために配置されたポートを有する流動経路を含む、下部に接続された上部を有するものとして示された。しかし、DOセンサのその他考えられる実施形態は、一体化された流動経路を含まないようなその他の方法で利用され、較正されてもよく、例えば、ツールなどの流動経路内に直接一体化されてもよく、コンテナ、オーバーパック、ライナーなどの中に一体化されてもよい。

【0093】

さらに、本明細書で用いられるように「または」との用語は、一般に、そうでないと示されるのでない限り、「及び/または」を意味することを意図される。本明細書で用いられるように、「1つの」（及び先行詞が「1つの」である場合の「その」）で示される用語は、そのような用語の単数形及び複数形の両方を含む（すなわち、「1つの」が指すものは、明確に、単に単数形、または単に複数形を表す）。また、本明細書の記載において用いられるように、「中に」の意味は、文脈が明確にそうでないとししているのでない限り、「中に」及び「上に」を含む。

【0094】

利点、その他の有利な点及び技術的課題の解決手段は、特定の実施形態に関して前述された。しかし、利点、有利な点、技術的課題の解決手段、及びさらに説明される任意の利点、有利な点または解決手段を引き起こしうる任意の構成要素は、不可欠の、必要とされる、または本質的な特徴または構成要素であるものとして解釈されるべきではない。

【符号の説明】

【0095】

- 100 DOセンサ
- 110 発光体
- 112 流体
- 114 流動経路
- 116 窓
- 120 参照光源
- 130 励起光源
- 140 フォトダイオード
- 150 電子部品
- 200 半導体プロセス
- 202 チャンバー
- 214 流動経路
- 220 DOセンサ
- 230 プロセスコントローラ
- 232 ハードウェア
- 234 モジュール
- 300 DOセンサ
- 302 ハウジング
- 304 下部
- 306 上部
- 308 コネクタ

10

20

30

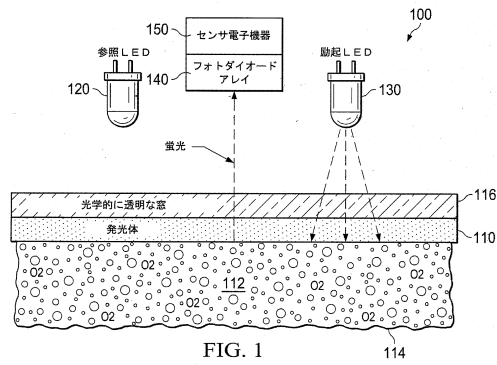
40

50

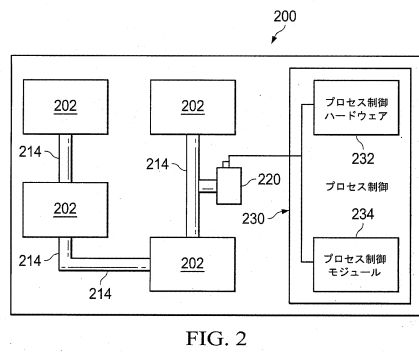
3 1 0	発光体	
3 1 2	温度センサ	
3 1 6	窓	
3 4 0	プローブスリーブ	
3 5 0	光学プローブ	
3 5 2	P C B	
3 5 4	プローブ先端部	
3 5 6	光受容ガイド	
3 6 0	流動経路	
3 6 2	ポート	10
3 6 4	取付け部	
3 7 0	光学キャリア	
3 7 2	光学 P C B	
3 7 4	フォトダイオード	
3 7 6	参照 L E D	
3 7 8	励起 L E D	
3 8 0	励起 P C B	
3 8 6、3 9 0	電子部品	
3 9 0	電子部品	
4 0 2	上部筐体	20
4 0 6	下部筐体	
4 0 8	流動経路本体	
4 1 0	コネクタ	
4 1 2	取り付けプレート	
4 1 4	開口部	
4 2 0	Oリング	
4 2 4	発光体	
4 2 6	光学窓	
4 2 8	保持部材	
4 3 0	保持ナット	30
4 3 2	ねじ	
4 4 0	光学プローブ	
4 4 2	Oリング	
4 5 2	主 P C B	
5 1 0	流動経路本体	
5 1 2	流動経路	
5 1 4	ボウル	
5 1 6	開口部	
5 1 8	Oリング	
5 2 4	発光体	40
5 2 6	窓	
5 2 8	保持部材	
5 3 0	保持ナット	
5 3 6	先端部	
5 4 0	押圧部材	
5 4 2	温度センサ	
5 5 0	下部筐体	
5 5 2	下部	
5 5 8	光学プローブ	
5 6 0	リップ	50

5 6 2	リング	
6 0 0	光学プローブ	
6 0 2	プローブ先端部	
6 0 4	光学キャリア	
6 0 6	光学 P C B	
6 0 8	光学ダイアフラム	
6 1 0	フォトダイオード	
6 1 2	光学フィルタ	
6 1 4	高温ミラー	
6 1 8	光透過スリーブ	10
6 4 2	励起 P C B	
6 4 4	光透過ガイド	
6 6 4	光受容ガイド	
6 7 6	押圧部	
6 8 0	スリーブ	
8 0 0	光学キャリア	
8 0 2	チャンバー	
8 0 6	穴	
8 0 8	凹部	
8 1 0	穴	20
8 1 2	壁	
9 0 0	光学ダイアフラム	
9 0 4 a、b、c	貫通穴	
1 0 0 0	プローブ先端部	
1 0 0 2、1 0 0 4	貫通穴	
1 0 0 6	凹部	

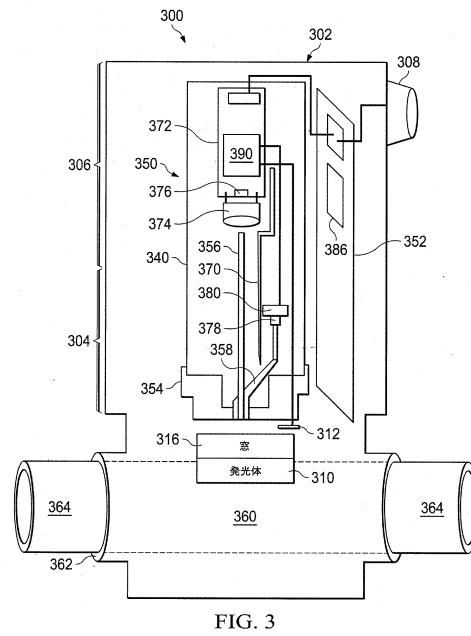
【図 1】



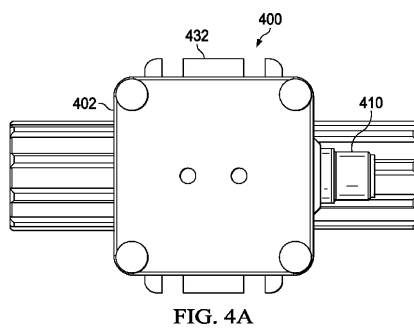
【図 2】



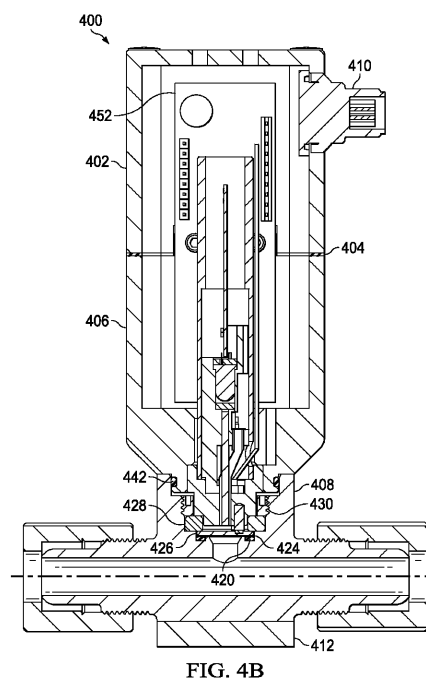
【図 3】



【図 4 A】



【図 4 B】



【図 4 C】

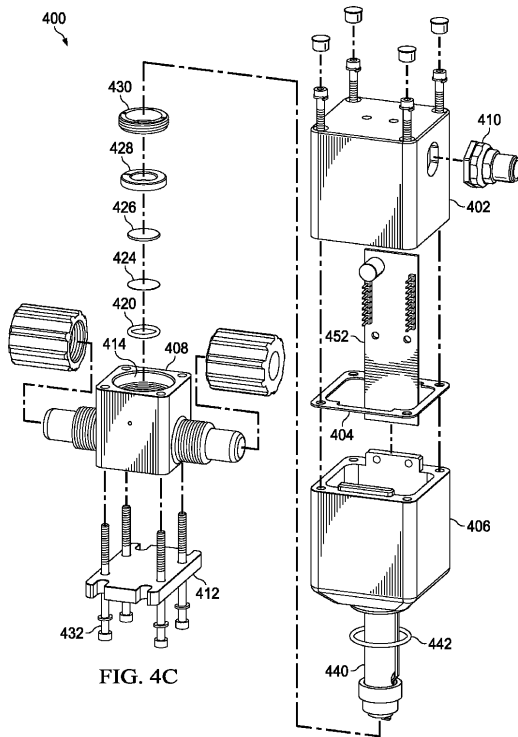


FIG. 4C

【図 5】

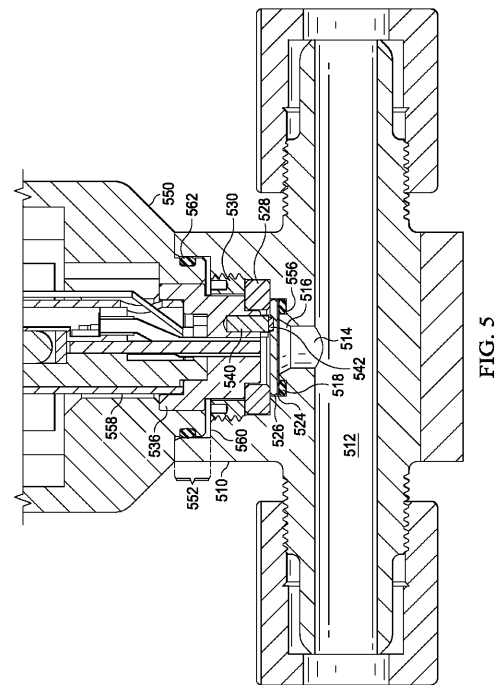


FIG. 5

【図 6 A】

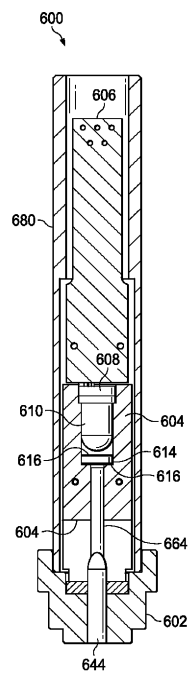


FIG. 6A

【図 6 B】

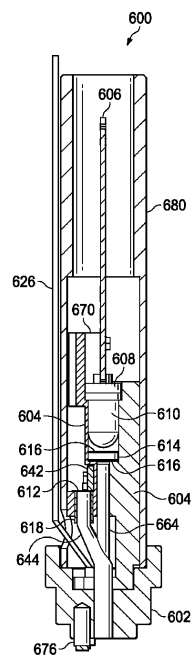


FIG. 6B

【図 6 C】

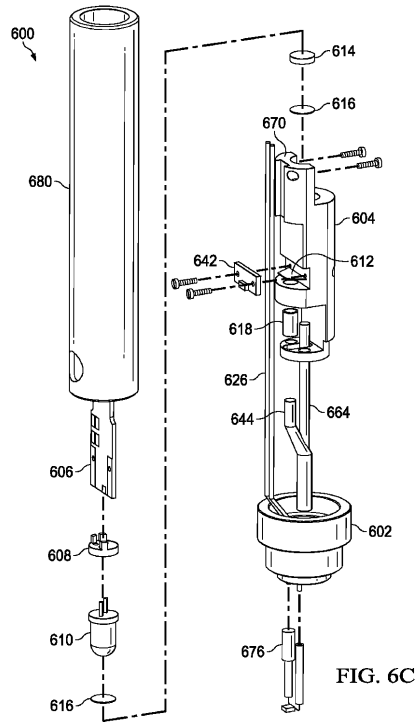


FIG. 6C

【図 7 A】

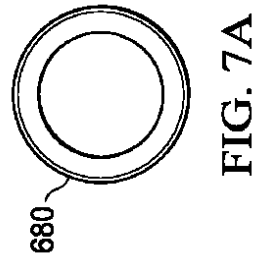


FIG. 7A

【図 7 B】

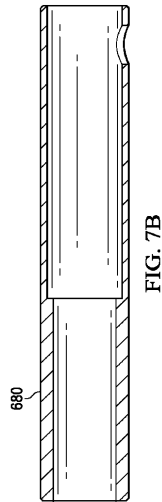


FIG. 7B

【図 7 C】

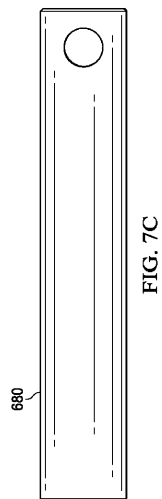


FIG. 7C

【図 8 B】

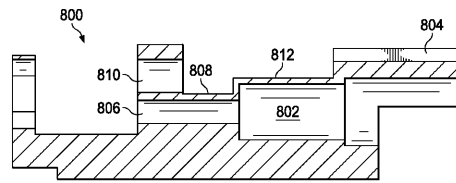


FIG. 8B

【図 8 C】

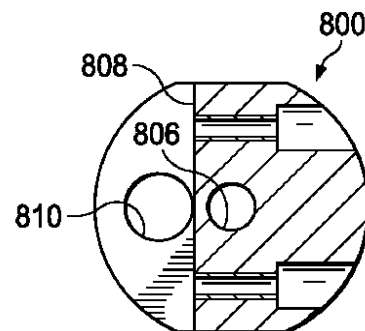


FIG. 8C

【図 8 A】

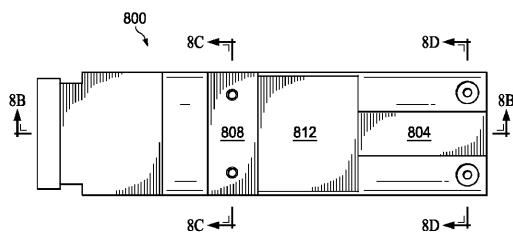


FIG. 8A

【図 8 D】

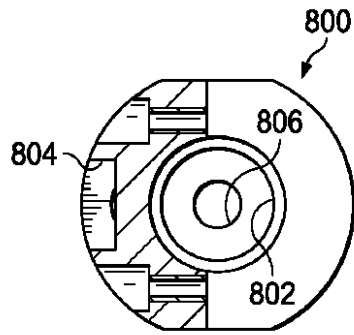


FIG. 8D

【図 8 F】

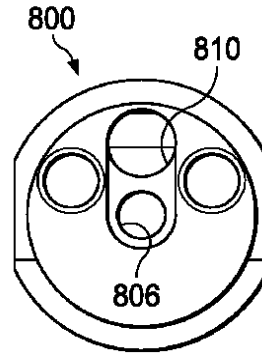


FIG. 8F

【図 8 E】

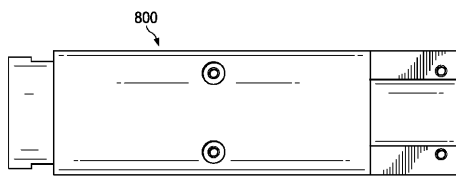


FIG. 8E

【図 8 G】

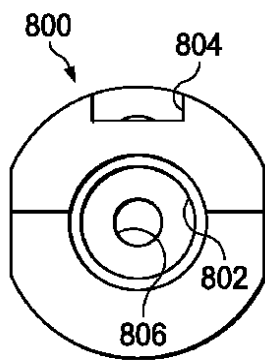


FIG. 8G

【図 9】

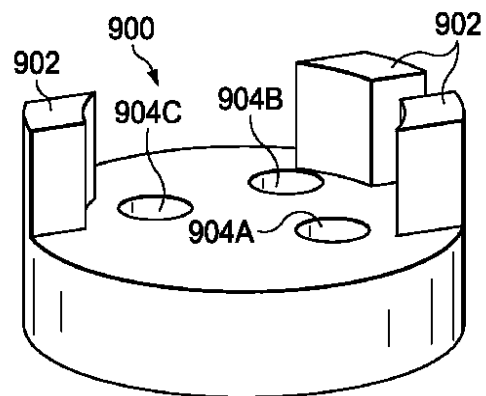


FIG. 9

【図 8 H】

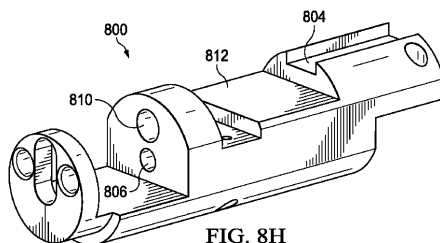


FIG. 8H

【図10A】

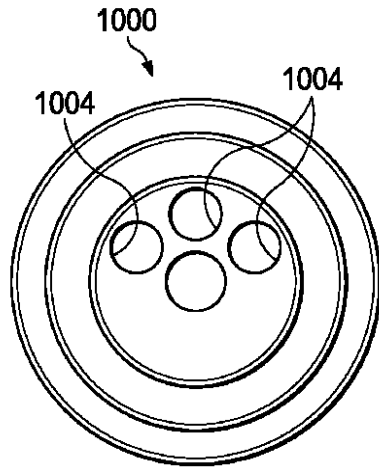


FIG. 10A

【図10B】

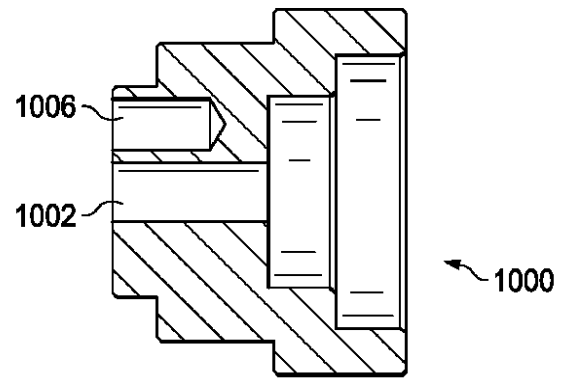


FIG. 10B

【図11】

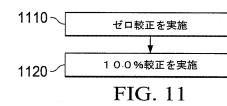


FIG. 11

【図12】

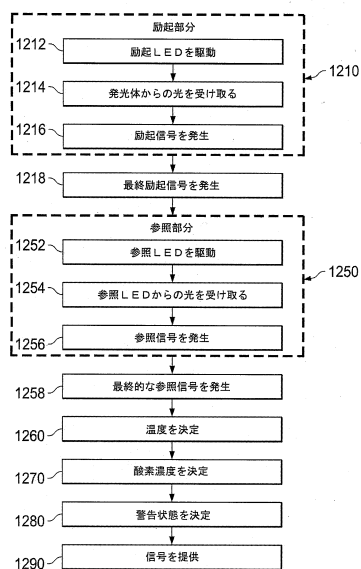


FIG. 12

【図13】

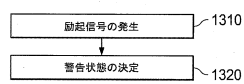


FIG. 13

フロントページの続き

(72)発明者 ロナルド・フィリップ・チャレロ
アメリカ合衆国・カリフォルニア・94549・ラファイエット・グレンサイド・ドライブ・660

(72)発明者 カイル・ウィリアム・モンゴメリー
アメリカ合衆国・カリフォルニア・94588・プレザントン・モンペリエ・コート・3107

審査官 横尾 雅一

(56)参考文献 特表2010-535331(JP,A)
特開2003-004635(JP,A)
特開平10-132742(JP,A)
米国特許出願公開第2010/0143675(US,A1)
特表2010-506173(JP,A)
米国特許出願公開第2011/0293480(US,A1)
米国特許第06051437(US,A)
特開2005-195354(JP,A)
米国特許出願公開第2010/0203649(US,A1)
国際公開第2009/016236(WO,A1)
欧州特許出願公開第02020597(EP,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 21/62-21/83
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)