(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)特許出願公表番号
特表2005-526406
(P2005-526406A)
(43)公表日　平成17年9月2日(2005.9.2)

(51)Int.Cl.[7]	F I	テーマコード（参考）
H01L 21/205	H01L 21/205	4K030
C23C 16/52	C23C 16/52	5F045

審査請求 未請求　予備審査請求 有　（全 20 頁）

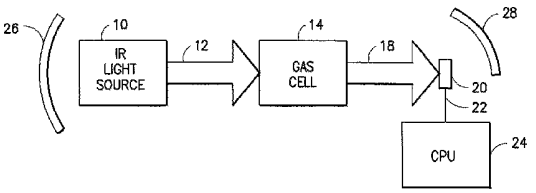
(21)出願番号	特願2004-522955 (P2004-522955)
(86)(22)出願日	平成15年5月5日 (2003.5.5)
(85)翻訳文提出日	平成16年11月1日 (2004.11.1)
(86)国際出願番号	PCT/US2003/013937
(87)国際公開番号	WO2004/010462
(87)国際公開日	平成16年1月29日 (2004.1.29)
(31)優先権主張番号	10/140,848
(32)優先日	平成14年5月8日 (2002.5.8)
(33)優先権主張国	米国 (US)

(71)出願人　599006351
アドバンスド　テクノロジー　マテリアルズ，インコーポレイテッド
アメリカ合衆国，コネチカット州　０６８１０，ダンブリー，コマース　ドライブ　７
(74)代理人　100079108
弁理士　稲葉　良幸
(74)代理人　100080953
弁理士　田中　克郎
(74)代理人　100093861
弁理士　大賀　眞司

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体プロセス監視および制御のための赤外線熱電堆検出器システム

(57)【要約】
半導体プロセスを監視および／または制御するための熱電堆ベースの検出器ならびにかかるプロセスにおける状態、および／またはかかるプロセスに影響を及ぼす状態の、熱電堆をベースにした感知を利用して、半導体プロセスを監視および／または制御する方法。



【特許請求の範囲】
【請求項１】
プロセスガスフロー用のフロー回路を含む半導体プロセスシステムであって、
プロセスガス用のガスサンプリング領域と、
前記ガスサンプリング領域を通して赤外線放射線を透過させるように構成および配置された赤外線放射線源と、
前記ガスサンプリング領域を赤外線放射線が透過した後に、赤外線放射線を受け、かつ、前記プロセスガスの少なくとも１つの選択された成分の濃度と相関する出力信号を応答して発生するように構成および配置された熱電堆検出器と、
前記熱電堆検出器の前記出力を受け取り、かつ、前記半導体プロセスシステムにおける１つまたは複数のプロセス状態および／または前記半導体プロセスシステムに影響を及ぼす１つまたは複数のプロセス状態を応答して制御するように配置されたプロセス制御手段と、
を備えるシステム。
【請求項２】
蒸着チャンバを備える、請求項１に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項３】
前記蒸着チャンバは、化学試薬源から化学試薬をプロセスガスとして受け取り、前記熱電堆検出器が、前記蒸着チャンバに導入された前記化学試薬プロセスガスの濃度を感知するように配置された、請求項２に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項４】
前記ガスサンプリング領域は、化学試薬プロセスガスを前記蒸着チャンバに送るガス供給ラインにある、請求項３に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項５】
前記システムの上流ユニットで使用した後の前記プロセスガスの少なくとも１つの成分を低減するための低減ユニットを備える、請求項１に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項６】
前記上流プロセスユニットは、エピタキシャル成長炉を備える、請求項５に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項７】
前記上流プロセスユニットは、イオン注入ユニットを備える、請求項５に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項８】
前記上流プロセスユニットは、化学蒸着チャンバを備える、請求項５に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項９】
前記低減ユニットは、スクラバを備える、請求項５に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項１０】
前記スクラバは、湿式スクラバを備える、請求項９に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項１１】
前記湿式スクラバは浄化媒体源に結合されている、請求項１０に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項１２】
前記浄化媒体源から前記低減ユニットへの浄化媒体フローが、前記低減ユニットで処理される前記プロセスガスにおける浄化可能成分の濃度に応答して調整され、前記ガスサンプリング領域は、前記低減ユニットの上流または下流にある、請求項１１に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項１３】
前記ガスサンプリング領域は、前記低減ユニットの上流にある、請求項１２に記載の半導体プロセスシステム。

【請求項１４】
前記ガスサンプリング領域は、前記低減ユニットの下流にある、請求項１２に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項１５】
前記低減ユニットは、酸化ユニットを備える、請求項５に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項１６】
前記低減ユニットは熱酸化ユニットを備える、請求項１５に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項１７】
前記低減ユニットは、触媒酸化ユニットを備える、請求項１５に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項１８】
前記熱電堆検出器は、前記プロセスガスの濃度を監視し、前記プロセスシステムにおける一動作の完了に向けたアプローチを決定するように構成および配置されている、請求項１に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項１９】
前記動作の完了時に、前記熱電堆検出器の前記出力を用いて、前記システムにおける半導体プロセスツールを次の動作ステップに切り替える、請求項１８に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項２０】
前記熱電堆検出器出力を用いて、バルブ設定を変更する、請求項１９に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項２１】
前記熱電堆検出器出力を用いて、前記システムの流体フローを開始および／または終了する、請求項１９に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項２２】
前記熱電堆検出器出力を用いて、前記システムの流体フローレートを修正する、請求項１に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項２３】
半導体プロセスツールと、前記半導体プロセスツールから排出されるガスを処理する低減ユニットとを備え、
前記熱電堆検出器が、
前記半導体プロセスツールへ流れるガスと、
前記半導体プロセスツールから前記低減ユニットへ流れるガスと、
前記低減ユニットから排出されるガスと、
のうちの１つまたは複数を監視するように配置された、請求項１に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項２４】
前記熱電堆検出器は、前記半導体プロセスツールへ流れるガスを監視するように配置される、請求項２３に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項２５】
前記熱電堆検出器は、前記半導体プロセスツールから前記低減ユニットへ流れるガスを監視するように配置される、請求項２３に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項２６】
前記熱電堆検出器は、前記低減ユニットから排出されるガスを監視するように配置される、請求項２３に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項２７】
前記熱電堆検出器の前記出力を用いて、マスフローコントローラの設定値を調整する、請求項１に記載の半導体プロセスシステム。

【請求項２８】
前記熱電堆検出器の出力を用いて、前記システムにおける流体処理ステップまたは処理動作の再循環レートを調整する、請求項１に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項２９】
前記ガスサンプリング領域は、前記フロー回路にある、請求項１に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項３０】
ガスの処理またはガスに関する処理を含む、半導体プロセスを動作させる方法であって、熱電堆検出器で、前記ガスにおける所望の成分の濃度を感知する工程と、前記熱電堆検出器から、前記ガスにおける前記選択した成分の濃度を示す出力を発生する工程と、前記出力に応答して、前記半導体プロセスにおける１つまたは複数の状態、および／または前記半導体プロセスに影響を及ぼす１つまたは複数の状態を制御する工程と、を含む方法。
【請求項３１】
前記プロセスにおける前記１つまたは複数の状態、および／または前記プロセスに影響を及ぼす前記１つまたは複数の状態が、半導体プロセスツールへの化学試薬のフローレートを含む、請求項３０に記載の方法。
【請求項３２】
前記プロセスにおける前記１つまたは複数の状態、および／または前記プロセスに影響を及ぼす前記１つまたは複数の状態が、前記半導体プロセスにおけるプロセスユニットから排出されるかまたはプロセスユニットへ流れるガス流のフローレートを含む、請求項３０に記載の方法。
【請求項３３】
半導体プロセスツールへの前記ガス流が監視される、請求項３２に記載の方法。
【請求項３４】
低減ユニットへ流れる前記ガス流が監視される、請求項３２に記載の方法。
【請求項３５】
低減ユニットによって排出される前記ガス流が監視される、請求項３２に記載の方法。
【請求項３６】
前記熱電堆センサ出力を用いてバルブを調整する、請求項３０に記載の方法。
【請求項３７】
前記熱電堆検出器出力を用いて、マスフローコントローラの設定値を調整する、請求項３０に記載の方法。
【請求項３８】
前記熱電堆検出器出力を用いて、前記プロセスの低減処理ステップにおける浄化媒体のフローを調整する、請求項３０に記載の方法。
【請求項３９】
前記熱電堆検出器出力を用いて、第１のプロセスステップを終了し、第２のプロセスステップを開始する、請求項３０に記載の方法。
【請求項４０】
前記熱電堆検出器出力を用いて、前記プロセスにおける流体流の再循環を調整する、請求項３０に記載の方法。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
発明の背景
発明の分野
本発明は、半導体プロセス監視および制御のための赤外線熱電堆システム、ならびにか

かるプロセスにおける状態、および／またはかかるプロセスに影響を及ぼす状態の、赤外線熱電堆による感知を用いて、半導体プロセスを監視および制御する方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

関連技術の詳細

半導体産業で使用するセンサおよび監視装置には、一般に２つの目的がある。かかる装置の１つの類型は、安全センサとして使用され、人々（たとえば、半導体プロセス設備を操作しているか、さもなければかかる設備の近くにいる従業員）に、プロセスシステムの周囲環境において、プロセスに関連する有毒か、さもなければ危険な物質の存在を警告する。ときには「生命安全センサ」と呼ばれるこれらの安全センサには、検出すべきガスおよび蒸気の閾値（ＴＬＶ）と一致する下限検出限界がある。例として、あるアルシンガス安全センサには、体積比１０億分の５０（ｐｐｂｖ）の下限検出限界があるから、５０ｐｐｂｖまたはそれを超えるどんな濃度のアルシンも、その安全センサ装置によって感知される。

【０００３】

半導体産業において、センサおよび監視装置が使用されてきた他方の目的は、半導体プロセスを制御することである。例として、チャンバ洗浄作業の完了を示す信号を提供するために使用されるSiF_4紫外線（ＵＶ）放出検出器がある。

【０００４】

半導体製造分野は、プロセス監視および制御における改良を、引き続き追求している。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

発明の概要

本発明は、半導体プロセス監視および制御のための赤外線熱電堆システム、ならびにかかるプロセスにおける状態および／またはかかるプロセスに影響を及ぼす状態の、赤外線熱電堆による感知を利用して半導体プロセスを監視および制御するための方法に関する。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

一の態様において、本発明は、プロセスガスフロー用のフロー回路を含む半導体プロセスシステムに関する。このシステムには、

プロセスガス用のガスサンプリング領域と、

前記ガスサンプリング領域を通して赤外線放射線を透過させるように構成および配置された赤外線放射線源と、

前記ガスサンプリング領域を赤外線放射線が透過した後に、赤外線放射線を受け、かつ、応答して、前記プロセスガスの少なくとも１つの選択された成分の濃度と相関する出力信号を発生するように構成および配置された熱電堆検出器と、

前記熱電堆検出器の前記出力を受け取り、かつ、前記半導体プロセスシステムにおける１つまたは複数のプロセス状態、および／または前記半導体プロセスシステムに影響を及ぼす１つまたは複数のプロセス状態を応答して制御するように配置されたプロセス制御手段と、を備える。

【０００７】

別の態様において、本発明は、ガスの処理またはガスに関する処理を含む、半導体プロセスを動作させる方法に関し、前記方法は、熱電堆検出器で、前記ガスにおける所望の成分の濃度を感知する工程と、前記熱電堆検出器から、前記ガスにおける前記選択した成分の濃度を示す出力を発生する工程と、前記出力に応答して、前記半導体プロセスにおける１つまたは複数の状態、および／または前記半導体プロセスに影響を及ぼす１つまたは複数の状態を制御する工程とを含む。

【０００８】

本発明の他の態様、特徴および実施形態は、次の開示および添付の特許請求の範囲から

、より完全に明らかとなるであろう。
【発明を実施するための最良の形態】
【０００９】
発明の詳細な説明およびその好適な実施形態
本発明により、半導体プロセスの監視および制御に役立つ赤外線熱電堆システム、ならびにかかるプロセスにおける状態および／またはかかるプロセスに影響を及ぼす状態の、赤外線熱電堆による感知を用いて、半導体プロセスを監視および／または制御する方法を提供する。
【００１０】
本明細書で使用するように、用語「半導体プロセス」は、半導体製品の製造に伴う任意および全ての処理およびユニット動作と、同様に、半導体製造設備において使用されるかまたは生じる物質の処置または処理を伴う全ての動作と、同様に、アクティブな製造を伴わず、半導体製造設備に関連して実行される全ての動作（例として、プロセス機器の調整、動作準備における化学薬品送出ラインのパージ、プロセスツールチャンバのエッチング洗浄、半導体製造設備によって生じる排出物からの有毒または危険なガスの低減等が含まれる）とを含むように、広く解釈するよう意図されている。
【００１１】
本発明の赤外線検出器システムの動作が基づいている事実は、ほとんどの赤外線エネルギ吸収分子が、別個のエネルギレベルの赤外線放射線を吸収し、その結果、ガス、液体または固体組成物が広範な波長の赤外線放射線にさらされると、その組成物の赤外線エネルギ吸収成分が、非常に特定の波長部分のＩＲ光を吸収するということである。今度はこの現象によって、ＩＲ吸収成分がある場合とない場合のエネルギスペクトルの比較が可能となり、組成物における物質を識別するのに使用できるパターンを備えた吸収の概要を取得できる。さらに、組成物における物質の濃度が、その物質によって吸収される光量によって、直接に測定される。
【００１２】
初期のＩＲ分析器は、回折格子技術またはプリズムを用いて、ＩＲ放射線を個別波長に分ける分光計だった。次に、個別エネルギが、可動で細長い開口部によってガスセルに導かれ、ガスセルを通過する、選択された波長の放射線が検出された。かかる分散ＩＲ分析器は、電子処理手段を用いて、細長い開口部と、ＩＲエネルギレベルおよび検出器からの信号とを相互に関連させ、エネルギ対吸収度関係を提示する。
【００１３】
分散分光器の主な欠点として、故障しがちな可動部品の使用、構成要素数による分光計機器のコストおよび分散分光計動作の特徴である採取レートの緩慢さがある。
【００１４】
フーリエ変換ＩＲ（ＦＴ－ＩＲ）分光計もまた、分散分光計のように、広範なエネルギのＩＲ源を用いる。初めに発生されたＩＲビームが２つのビームに分割され、可動ミラーを用いて、同調および非同調の２つのビームの１つを送ることによって、干渉パターンが生成される。レーザビームを用いて、可動ミラーの位置を常時監視する。二重のビームが試料に放射された後、分光計装置のセンサ構成要素が、レーザ位置決めビームとともに、回旋状（ｃｏｎｖｏｌｕｔｅｄ）の赤外線波形パターンを受け取る。次に、この情報は、コンピュータに送信され、フーリエ変換アルゴリズムを用いて、非回旋状（ｄｅｃｏｎｖｏｌｕｔｅｄ）となる。それによって、エネルギ対ミラー移動データは、エネルギ対吸収度関係に変換される。ＦＴ－ＩＲ分光計の欠点には、その複雑さとかなりのコストが含まれる。
【００１５】
赤外線熱電堆検出器が本発明の実施において用いられているが、これらは、（ｉ）低コスト、（ｉｉ）設計の単純さ（可動部品がない）、（ｉｉｉ）迅速な応答という、分散およびＦＴ－ＩＲ分光計より優れた大きな利点がある。
【００１６】

本発明による、熱電堆ベースの赤外線監視システムには、赤外線（ＩＲ）光源、ガスセルおよび熱電堆検出器が含まれる。ガスセルはガス試料監視領域であり、これには、本発明の広範囲な実施において、任意の適切なコンパートメント、通路またはチャンバを含んでもよく、これらにおいて、監視すべきガスが、ガスを通過するＩＲ光にさらされるが、これは、ガスのＩＲ吸収度によって決定される出力を用いて、プロセス監視および制御用の制御信号を発生するためである。好適な実施において、監視システムは、ミラーおよび／またはレンズを使用し、ＩＲ光を視準し方向づける。熱電堆検出器は、ＩＲ光（またはＩＲスペクトル制度における熱）にさらされるときには、低い電圧を発生する。熱電堆検出器の出力信号は、検出器への入射放射線に比例する。

【００１７】

本発明の好適な実施において用いられる熱電堆検出器では、各検出器ユニットに、マルチアレイ素子が備えられている。たとえば、二重素子検出器において、熱電堆検出器素子の１つは、基準として用いられるが、吸収が実質的には発生しない（たとえば、４．００±０．０２μｍの波長）範囲において、ＩＲ光を感知する。第２の熱電堆検出器素子は、関心のあるスペクトル範囲（かかる、監視すべき特定の物質に依存するスペクトル範囲）におけるＩＲエネルギを感知するフィルタで被覆されている。基準熱電堆検出器素子によって発生される電圧と熱電堆検出器アクティブ素子によって発生される電圧とにおける差異を比較することによって、濃度の測定値が提供される。４熱電堆検出器素子アレイまで備えた検出器が、市販されている。たとえば、４素子検出器ユニットにおいて、１つの検出器素子が基準として用いられ、残りの３つの検出器素子が、異なるスペクトル領域の測定に用いられる。

【００１８】

熱電堆ベースの検出器システムにおいて、その動作を示している概略的表現を、図１に示すが、この場合、ＩＲランプなどのＩＲ源１０は、広範（ＩＲ波長の拡張されたスペクトル範囲）な赤外線ビーム１２を発生する。ＩＲビーム１２は、監視すべきガスが分析のために存在している内部容積１６を有するガスセル１４に衝突する。ガスセルは、半導体プロセスシステムにおけるガスフロー管のコンパートメント、断面領域または一部であってもよい。代替として、ガスフローの後流（副流）を、ガス監視動作のために、フロー管またはプロセスツール配管から抽出してもよい。

【００１９】

ガスセル１４の内部容積１６におけるガスを通過しながら、そのガスと相互作用した後、ガスセル１４を横切ってガスセル１４から発するＩＲ放射線１８は、次に、熱電堆検出器２０に衝突する。熱電堆検出器ユニットは、埋め込みのＩＲフィルタを用い、特定のＩＲ波長の放射線が（それぞれの）フィルタを通過するのを可能としてもよく、その結果として、熱電堆検出器は、放射線強度を判定し、検出器の各素子用に出力電圧信号を生じる。図１に示す熱電堆検出器ユニットの電圧出力は、信号伝送ライン２２によって、たとえば、パソコン、マイクロプロセッサ装置、または他の計算手段などの中央処理装置２４に送られ、そこで、検出器素子によって発生された電圧信号は、アルゴリズムによって操作され、関心のある各ガス成分の出力濃度値を生じる。

【００２０】

図１に例証的に示す熱電堆ベースの分析器システムには、ＩＲ放射線を集光するためのミラー２６および２８が含まれる。また、検出限界を高めるために、ミラーを用いて、赤外線ビームが、２回以上内部容積１６を通過するようにすることができる。図１のシステムにおける赤外線光源１０は、たとえば、約２～約４．６μｍ波長のスペクトルにおけるＩＲ放射線を供給する、パーキンエルマー（ＰｅｒｋｉｎＥｌｍｅｒ）ＩＲＬ７１５赤外線ランプのような、任意の適切なタイプであってもよい。熱電堆検出器２０も、同様に、本発明の所定の最終使用用途において必要または望ましいように、たとえばパーキンエルマーＴＰＳ３ｘｘ単一検出器、パーキンエルマーＴＰＳ５ｘｘ単一検出器、パーキンエルマー２５３４二重検出器、またはパーキンエルマー４３３９四重検出器のような、任意の適切なタイプであってもよい。かかる例証的な赤外線光源１０および熱電堆検出器２０の

素子は、パーキンエルマー・オプトエレクトロニクス（ＰｅｒｋｉｎＥｌｍｅｒ　Ｏｐｔｏｅｌｅｃｔｒｏｎｉｃｓ）（ドイツ国ヴィースバーデン（Ｗｉｅｓｂａｄｅｎ，Ｇｅｒｍａｎｙ））から市販されている。

【００２１】

本発明の好適な一の実施形態における熱電堆検出器素子は、応答時間が１０～４０ミリ秒（ｍｓ）の範囲である。本発明の実施において用いられる熱電堆検出器ユニットは、測定すべき赤外線光を集光するための検出器吸収器エリアを備え、熱素子を吸収器エリアの下に配置して、有利に構成されているので、その結果として、吸収器エリアに入射する赤外線光は、吸収器エリアを加熱し、入射放射線強度の直接的な基準を提供するＤＣ電圧として、出力リード線に電圧を発生する。かかる熱電堆検出器ユニットは、熱電堆検出器素子の前方に、ガス向け赤外線放射線帯域フィルタ有利に用いているので、その結果として、かかる熱電堆が発生する出力電圧の減少は、対応するガスによる赤外線吸収量と直接に関連している。言及した熱電堆検出器ユニットには、基準（フィルタ付でない）吸収器およびガスフィルタ付吸収器領域を始めとする多数の吸収器エリアが含まれるが、後者のフィルタは、半導体ガスまたは関心のあるガス成分（たとえば、アルシン、ホスフィン、ゲルマン、スチビン、ジスチビン、シラン、置換シラン、塩素、臭素、有機金属前駆物質蒸気等）を感知するためのガス向けである。

【００２２】

本発明により、熱電堆ＩＲ検出器ユニットは、以下に、より完全に説明するように、半導体プロセス用途において、プロセス制御に有用に用いられる。

【００２３】

本発明の例証的な一実施形態において、熱電堆ＩＲ検出器ユニットは、ガス送出監視ユニット、たとえば、半導体ツールのガス送出ラインに設置されたインライン監視装置として用いられ、適切な濃度の物質をツールチャンバおよび／またはフロー回路に確実に送出する。かかる用途においては、熱電堆検出器ユニットの固有の安定性によって、正確な濃度測定が容易となる。かかるガス送出感知および制御用の熱電堆検出器ユニットを使用することによって、今度は、供給ガスをツールへ測定して送出するために使用するマスフローコントローラを較正する必要が最小限にされる。さらに、熱電堆検出器ユニットによって発生される信号によって、フィードバック制御装置を、半導体プロセスにおいて実現することが可能となるが、この制御装置は、たとえば、一定の濃度、容積測定のフローレート、試薬流等を維持するために、フィードバックに応答して送出率を増加または減少するための、熱電堆検出器ユニットからマスフローコントローラへのフィードバックを伴う。

【００２４】

本発明の別の例証的な実施形態において、熱電堆検出器ユニットは、半導体製造作業または他の工業プロセスで生じる排出物を処理するための低減システム用の低減ツールコントローラとして用いられる。かかる目的のために、熱電堆検出器ユニットが、低減機器の吸入口に有利に設置され、ここで、低減機器は、処理すべき排出物を受け取る。かかる働きでは、熱電堆検出器ユニットを用いて、アクティブな生産作業において排出物を発生する上流ツールが、アクティブな作業モードにあるかないかを感知するか、または代替として、上流ツールが排出物を生じない状態、たとえば、パージまたは洗浄を受けているかいないかを感知する。特定の例として、熱電堆検出器ユニットは、湿式スクラバまたは乾式スクラバなど、排出物スクラバ用の低減ツールコントローラとして用いると有用であり、それにより、熱電堆検出器ユニットの存在によって、スクラバが、「賢い」スクラバに変換され、またスクラバの効率が向上されて、達成すべき資源の保護（より少ない消耗品）が可能となる。

【００２５】

別の例証的な例として、熱電堆検出器ユニットは、上流半導体プロセスツールから排出物低減スクラバへ排出される排出物のタイプに依存して、低減設備および／または低減処理方法の切り替えを容易にするための排出物低減用途において有用である。たとえば、熱電堆検出器ユニットが、堆積物質（たとえばシラン、低－ｋ物質）を検出したときには、

排出物ガス流を、監視および制御システムによって、堆積プロセス（熱酸化ユニットなど）からの排出物低減に最も適した低減ツールへ送ることができる。熱電堆検出器ユニットが堆積物質を検出しなかったときには、それは、ツール（たとえば上流気相成長チャンバ）が、洗浄ステップを受けていることを意味し、そのときには、ガス流は、洗浄ステップ排出物の低減のために、別の「最も役立つツール」（たとえば水スクラバ）に送られる。

【００２６】

さらに別の例証的な例において、熱電堆検出器ユニットは、半導体プロセスチャンバから下流に設置される終点検出器として有用に用いられる。かかる働きにおいて、分析器は時間の関数としてプロセスチャンバから排出される化学種の濃度を感知するインライン監視装置として働く。プロセスチャンバから排出された排出物の感知した濃度における変化を用いて、終点信号を発生することができ、これらの終点信号を、応答して機器を停止するかまたはパージ、洗浄等など、後処理ステップを開始するツールオペレータおよび／または自動プロセス制御設備へ送信することができる。

【００２７】

図２に、乾式スクラバテストカラムの排気におけるアルシンの漏出を監視するために、並行して働く熱電堆検出器ユニットおよびＦＴ－ＩＲ分光計を用いて、集めた測定値を示す。アルシン流は、半導体デバイス構造ヒ素ドーピングプロセス、または代替として、ガリウム砒化物エピタキシャル成長プロセスによって生じるヒ素含有排出物をシミュレーションした。図２の曲線で示すように、熱電堆検出器ユニット応答（曲線Ａ）は、ＦＴ－ＩＲ分光計信号（曲線Ｂ）よりも迅速であり、熱電堆検出器ユニットは、濃度変化の傾向を捉えることができた。

【００２８】

図３は、有害または危険な性質の排出物成分を低減するための低減ユニット１０４と結合された例証的な半導体プロセスツール１０２を含む、例示的な半導体プロセスシステム１００の概略的表現である。以下にさらに詳細に説明するように、このシステムには、様々な熱電堆検出器ユニットを用いた、プロセス監視および制御のための中央処理装置（ＣＰＵ）１１０が含まれる。

【００２９】

図示のように、半導体プロセスツール１０２は、原試薬供給部１０８から原試薬を受け取るように構成されている。例として、半導体プロセスツール１０２は、例証的に、原試薬をシランガスとして、エピタキシャル成長チャンバを含んでもよく、または半導体プロセスツール１０２は、例証的に、有機金属前駆物質を原試薬供給部１０８または半導体プロセスツール１０２から受け取る化学蒸着（ＣＶＤ）チャンバを含んでもよいし、または半導体プロセスツール１０２は、例証的に、半導体製造設備における任意の他の処理ユニットを含んでもよい。

【００３０】

原試薬供給部１０８からの原試薬は、供給ライン１１４を半導体プロセスツール１０２へ流れる。供給ライン１１４には、マスフローコントローラ設定値調節ユニット１３８を設置されたマスフローコントローラ１１２が含まれるが、この調節ユニット１３８は、マスフローコントローラと動作上の関連で結合されている。熱電堆検出器ユニット１１６は、供給ライン１１４にインライン式に取り付けられ、かかる供給ライン１１４で半導体プロセスツールに流れるガス状試薬を検出するように配置されている。熱電堆装置１１６が発生するガス濃度信号は、信号伝送ライン１４２で、ＣＰＵ１１０に伝送される。今度は、ＣＰＵ１１０は、制御信号ライン１４０によって、マスフローコントローラ設定値調節ユニット１３８に対する制御関連で配置してもよく、今度は調節ユニット１３８が、マスフローコントローラ１１２の設定値を制御する。

【００３１】

このようにして、マスフローコントローラの設定値を、熱電堆検出器１１６が感知した濃度に関連して調整して、マスフローコントローラの設定値を調節ユニット１３８によって、応答して調節してもよく、その結果として、マスフローコントローラ１１２によって

、半導体プロセスツールへの、原試薬の正確な設定値フローが提供される。

【００３２】

図３のシステムにおいて、半導体プロセスツール１０２は排出物を生じるが、この排出物は、処理のために排出物排出ライン１１８で低減ユニット１０４へ流されて適切な性質の処理済み排出物を生じ、この処理済み排出物が、低減ユニット排出ライン１２４で、低減ユニット１０４から排出される。

【００３３】

半導体プロセスツール排出物排出ライン１１８には、図示のように、所望の排出物ガス成分の濃度を感知するために、その中に取り付けられた熱電堆検出器ユニット１２０が含まれる。熱電堆検出器ユニット１２０は、応答して、信号伝送ライン１５４でＣＰＵ１１０に伝送される濃度感知信号を発生する。

【００３４】

排出物排出ライン１１８の排出物流における選択した成分を、熱電堆検出器ユニット１２０が感知するのに応答して、ＣＰＵ１１０は、設定値調節ユニット１３８の調整によって、マスフローコントローラ１１２の設定値を相関的に調節できる。代替として、ＣＰＵ１１０は、熱電堆検出器ユニット１２０が感知した、排出物排出流における感知濃度に応答し、たとえば、供給ライン１１４におけるフロー制御バルブ（図示せず）を閉じることによって、半導体プロセスツール１０２への原試薬のフローを終わらせるか、および／または半導体プロセスツール１０２を伴う処理ステップを調整または終了する他の作業を行ってもよい。

【００３５】

たとえば、熱電堆検出器ユニット１２０による排出物ガスの感知を利用して、アクティブ処理モードから洗浄モードへの、半導体プロセスツール１０２の切り替え、または第１のアクティブ処理ステップから続く処理ステップへの切り替えを果たしてもよい。特定の例として、排出ライン１１８の排出物流における関心のある成分の、熱電堆検出器ユニット１２０によって感知した濃度を用いて、信号伝送ライン１５４でＣＰＵ１１０に伝送される対応濃度信号を発生してもよい。この濃度信号は、アクティブ処理ステップが、申し分なく完了したことを示してもよい。次に前述にように、ＣＰＵ１１０は、原試薬供給部１０８からツールへの原試薬のアクティブフローを終わらせる。同時に、ＣＰＵは、制御信号を、制御信号伝送ライン１５２でバルブコントローラ１５０に送信してもよい。バルブコントローラ１５０は、パージガス供給部１４４に接続されているパージガス供給ライン１４６で、フロー制御バルブ１４８に制御関連で結合されている。それによって、ＣＰＵ１１０からの制御信号が、バルブコントローラ１５０を作動させ、今度はバルブコントローラ１５０によって、バルブ１４８が開かれ、半導体プロセスツール１０２を通してパージガスが流れる。

【００３６】

このようにして、プロセスツールから原試薬ガスを効率的にパージし、続くアクティブ処理の準備をするか、または代替として、続くアクティブ（操業）処理に先行する洗浄ステップの準備をする。パージガスがプロセスツールを通して流れ、十分に原試薬の残余、分解副産物等を除去したとき、これは、熱電堆検出器ユニット１２０による対応する濃度感知および関連濃度信号を、信号伝送ライン１５４で、ＣＰＵ１１０へ伝送することよって示されるのだが、ＣＰＵは、バルブコントローラ１５０を作動させて、バルブ１４８を閉め、プロセスツールへのパージガスフローを終了する。

【００３７】

熱電堆検出器ユニット１１６が、供給ライン１１４で、半導体プロセスツール１０２へ供給する代わりに、またはそれに加えて、システムは、半導体プロセスツール１０２の監視および制御のために、排出物排出ライン１１８における熱電堆検出器ユニット１２０を用いてもよい。

【００３８】

さらに、または代替として、低減ユニット１０４の上流にある熱電堆検出器ユニット１

２０は、低減ユニット１０４を監視し、応答して制御するように、構成および配置してもよい。

【００３９】

図３に例証的に示す低減ユニット１０４は、任意の様々なタイプとすることができ、また多数の低減処置ステップ、およびたとえば、湿式スクラバ、乾式スクラバ、熱酸化ユニット、触媒酸化ユニット、化学吸着ユニット、物理吸着システム等の構成プロセスユニットを含むことができる。

【００４０】

例証を目的として、低減ユニット１０４を、湿式浄化ユニットを含むものとして、図３に示すが、この低減ユニット１０４によって、半導体プロセスツール１０２から排出ライン１１８で排出される排出物は、湿式浄化を受ける。湿式浄化は、スクラバ低減ユニット１０４において、適切な液体浄化媒体、たとえば、浄化媒体源１０６から供給され、浄化媒体供給ライン１６２で、低減ユニット１０４に流れる水、酸性水溶液、塩基水溶液等で実行される。

【００４１】

ライン１６２における浄化媒体のフローレートは、バルブコントローラ１５８と動作可能に結合されたフロー制御バルブ１６０によって制御され、今度は、バルブコントローラ１５８が、ＣＰＵ１１０から信号伝送ライン１５６を介して伝送される制御信号によって作動される。

【００４２】

したがって、熱電堆検出器ユニット１２０は、低減ユニット１０４において低減すべき成分の濃度を感知し、かかる濃度と相関的な信号を、信号伝送ライン１５４でＣＰＵ１１０に応答して伝送するように有用に配置されている。排出物流における低減すべき成分の濃度を示すかかる信号に応答して、ＣＰＵ１１０は、制御信号を、制御信号伝送ライン１５６で、バルブコントローラ１５８にプログラムに基づいて伝送し、バルブコントローラ１５８が、フロー制御バルブ１６０の設定を調整して、排出物と接触するための、望ましい量の浄化媒体を低減ユニット１０４に流し、それによって、排出物流における、関心のある浄化可能成分を低減する。

【００４３】

このように、熱電堆検出器ユニット１２０により、排出物流における浄化可能成分の比較的低い濃度を感知することによって、ＣＰＵ１１０にバルブコントローラ１５８を作動させて、低減ユニット１０４への浄化媒体のフローを低減し、その結果として、浄化媒体は、除去すべき浄化可能成分の量に相応しい量およびレートで提供される。次に、浄化された成分を含む浄化媒体は、浄化媒体排出ライン１３０で、低減ユニット１０４から排出される。

【００４４】

類似の仕方で、低減ユニット１０４から排出物排出ライン１２４で排出される処理済み排出物は、熱電堆検出器ユニット１２６で監視してもよいが、この熱電堆検出器ユニット１２６は、対応する濃度信号を、信号伝送ライン１６４でＣＰＵ１１０に伝送する。その後すぐに、ＣＰＵ１１０は、前述のように、バルブコントローラ１５８を介してフロー制御バルブ１６０を調整することによって、感知された濃度値にプログラムに基づいて応答し、排出ライン１２４でスクラバ低減ユニット１０４から排出される最終排出物の浄化可能成分における所定の低いレベルを達成するのに必要なように、浄化媒体フローレートを増加、維持または減少する。かかる、浄化可能成分における所定の低いレベルは、たとえば、熱電堆検出器ユニット１２６の下限検出限界未満の濃度であってもよい。

【００４５】

浄化媒体のフローを調整して、浄化可能成分の除去が所望した程度に確実に達成されるようにすることにくわえて、熱電堆検出器ユニット１２６が感知した浄化可能成分の濃度を、信号伝送ライン１６４でＣＰＵ１１０に伝送し、それに応答して、排出ライン１２４からライン１２８で低減ユニット１０４の注入口へ、排出物の再循環を始めてもよい。

【００４６】
ライン１２８は排出ライン１２４に配置された３方向バルブ１３２に結合されている。バルブコントローラ１３４は、３方向バルブ１３２と動作可能に結合されている。バルブコントローラ１３４は、制御信号伝送ライン１３６によって、ＣＰＵ１１０に連結されている。この配置によって、低減ユニット１０４からの排出物における浄化可能成分の濃度は、熱電堆検出器ユニット１２６によって感知され、濃度信号が、信号伝送ライン１６４によってＣＰＵ１１０に送信される。ＣＰＵ１１０は、応答して、制御信号を、３方向バルブ１３２と結合されたバルブコントローラ１３４へ、信号伝送ライン１３６で送信し、それによって、バルブ１３２が調節され、排出ライン１２４からの処理済み排出物が、低減ユニット１０４への再導入のために、ライン１２８でライン１１８へ再循環される。

【００４７】
このようにして、低減ユニット１０４における浄化可能成分の除去効率を最大限にするために、浄化媒体フローレートと同様に、再循環レートが制御可能である。

【００４８】
図３の例証的な実施形態における前述の説明から、次のことが明らかとなるであろう。すなわち、熱電堆検出器ユニットを、半導体製造設備において様々に用いて、ガス濃度を監視し、ならびに、それに応答して、液体フローレートおよび／または他のプロセス状態および／または半導体プロセスの動作態様を制御してもよく、その結果として、かかる熱電堆検出器監視および制御手段を欠いた、対応する半導体製造設備と比較して、プロセス効率が最大化され、プロセス試薬要求が最小化され、製品の一貫性がより効果的に達成されるということである。

【００４９】
さらに、図３の実施形態は、関心のある単一のガス成分（監視されるガス種として）用に一般的に説明したが、本明細書における前述の説明から、多成分プロセス流において、多ガス成分の濃度を感知する機能を果たす多成分熱電堆検出器を有利に用いることが可能であることが認識されるであろう。

【００５０】
さらに、本発明を、単一半導体プロセスツールに関連して例証的に説明したが、次のことが理解されるであろう。すなわち、従来の実施において、半導体処理設備には、多数のツールおよびプロセスシステム構成要素が含まれること、したがって、熱電堆検出器ユニットは、半導体プロセスの様々な位置、たとえば、特定のチャンバまたはプロセスシステムフロー回路領域において、多数の検出器ユニットと同時に用いてもよいこと、およびＩＲ熱電堆検出器ユニットは、１つまたは複数のコンピュータ、プロセッサ、サイクル時間プログラムコントローラ等を含む制御回路と一体化してもよいことである。さらに、電圧出力信号を生成する熱電堆検出器を、他の信号発生ならびに伝送／制御装置およびインターフェースとともに用いて、特定の動作において必要とされる、プロセス監視および制御機能を実現してもよいということが理解されるであろう。

【００５１】
たとえば、熱電堆検出器出力信号を、無線周波数トランスポンダによつて伝送される無線周波数信号に変換し、この信号を、監視および制御目的の統合無線ネットワークにおける無線周波数受信機に伝送してもよい。

【００５２】
熱電堆検出器の電圧ベースの出力は、他の信号形態に変換してもよいし、またはさらに中央処理装置または他の計算もしくは制御手段へ無線通信するために、赤外線制御信号に再変換してもよい。

【００５３】
本発明の特徴、態様および利点を、本発明に関係する以下の非限定的な実施例に関連して、さらに示す。

【実施例】

【００５４】

実施例
トリメチルシランを用いた熱電堆検出器システムの実験
図４は、異なるトリメチルシラン濃度の関数として、熱電堆検出器システムの応答を例示する。トリメチルシランは、半導体プロセスにおいて低－ｋ前駆物質として用いられているので、熱電堆ベースのプロセス監視用途の候補物質である。この特定のシステムには、二重センサ熱電堆検出器が含まれる。アクティブ素子が、メチル基（約３０００ｃｍ$^{-1}$）を除いて、全てのＩＲ光をフィルタリングする。第２のフィルタが、約２５００ｃｍ$^{-1}$の狭帯域を測定して、基準として用いられる。図４において、「ＴＰ比率」と表示された曲線は、基準素子によって発生される信号で割ったアクティブ素子の応答を示す。「アクティブ」と表示された曲線は、アクティブ検出器素子のみによって発生される電圧に対応する。図４はまた、監視システムの安定性および再現性を例示する。

【００５５】
図５は、図４に示す情報に基づいた、トリメチルシラン用較正曲線のグラフである。図４と同様に、１つの較正曲線は、アクティブおよび基準信号間の比率に対応し、一方で、他方の曲線は、アクティブ検出器素子が発生する信号に対応する。曲線は、０．９９９を超える相関係数の二次多項式にフィットされた。かかる較正曲線に基づいて、５００百万分率（ｐｐｍ）の検出限度が推定された。

【００５６】
本発明を、例証的な実施形態および特徴に関連して、本明細書において様々に開示してきたが、上記で説明した実施形態および特徴は、本発明の限定を意図したものではないこと、および他の変更、修正および他の実施形態が、当業者の念頭に浮かぶであろうことが理解されるであろう。したがって、本発明は、上記の特許請求の範囲と一致して、広く解釈すべきである。

【図面の簡単な説明】
【００５７】
【図１】熱電堆検出器システムの概略的な表現である。
【図２】乾式スクラバテストカラムの排気におけるアルシンの漏出を監視し、並行して働く熱電堆検出器およびＦＴ－ＩＲ分光計のための、秒時間の関数としての、ＩＲセル信号（曲線Ａ）およびアルシン濃度、ＦＴ－ＩＲ（ｐｐｍ）（曲線Ｂ）のグラフである。
【図３】半導体プロセスツールおよび低減ユニットと関連するプロセス流におけるガス相の監視および制御用の熱電堆検出器を用いた半導体プロセス設備の概略図である。
【図４】異なるトリメチルシラン濃度の関数として、熱電堆検出器システムの応答を示すグラフである。
【図５】図４に示す情報に基づいて、トリメチルシラン用の較正曲線を示すグラフである。

【図１】

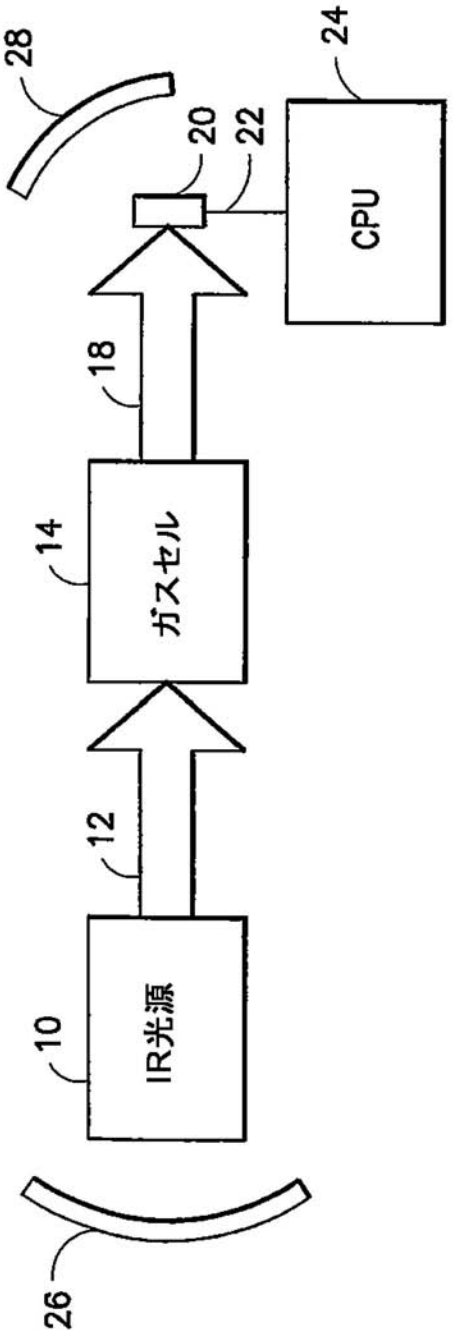


図１

【図２】

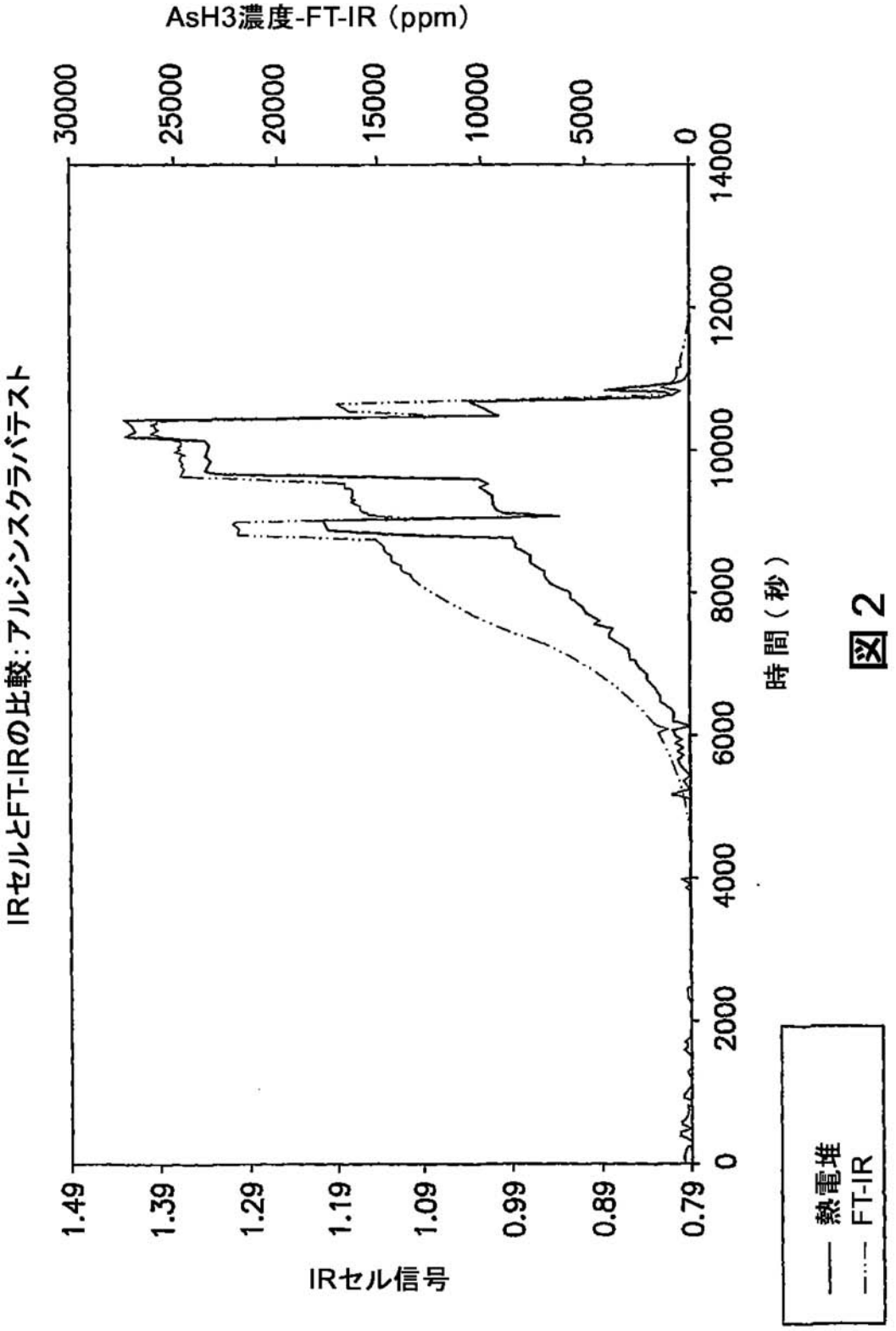

IRセルとFT-IRの比較：アルシンスクラバテスト
AsH3濃度-FT-IR（ppm）
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
IRセル信号
1.49
1.39
1.29
1.19
1.09
0.99
0.89
0.79
時間（秒）
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000
熱電堆
FT-IR

図２

【図３】

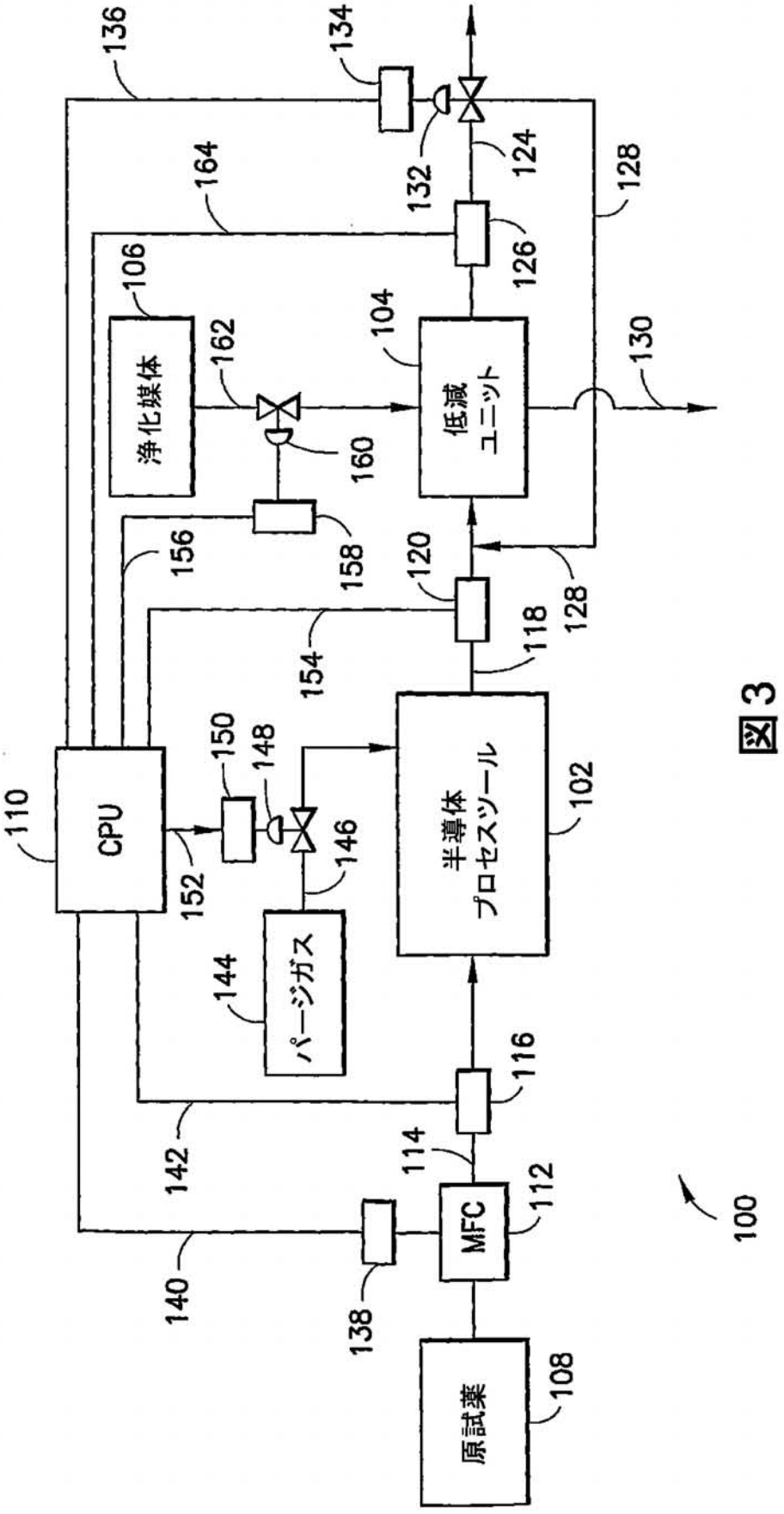

136
134
164
132
124
128
106
126
104
浄化媒体
162
低減
ユニット
130
160
156
158
120
128
154
118
150
148
CPU
110
半導体
プロセスツール
102
152
146
パージガス
144
116
142
114
MFC
112
140
138
原試薬
108
100

図3

【図４】

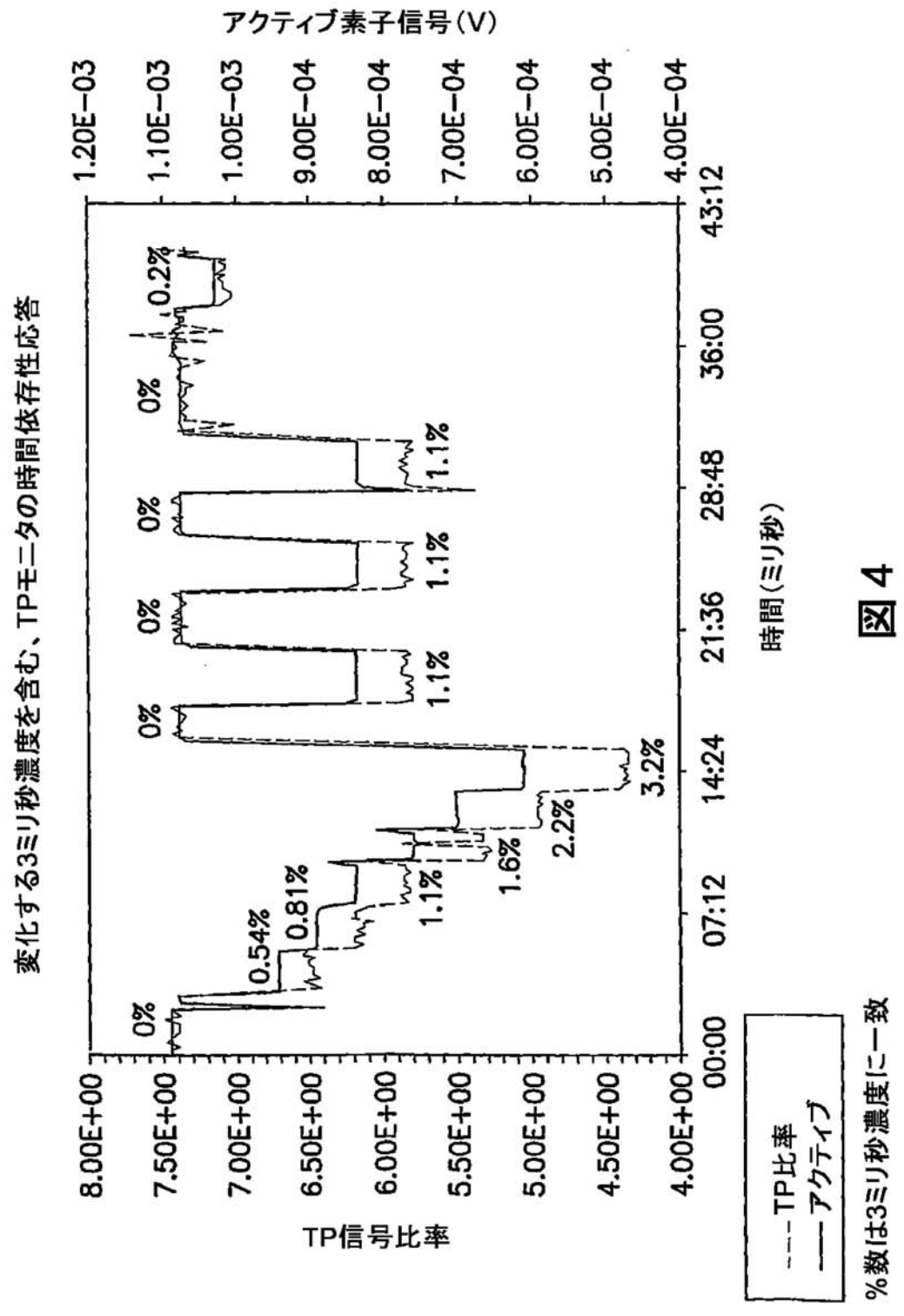

変化する3ミリ秒濃度を含む、TPモニタの時間依存性応答
アクティブ素子信号(V)
TP信号比率
時間(ミリ秒)
TP比率
アクティブ
%数は3ミリ秒濃度に一致
0%
0.54%
0.81%
1.1%
1.6%
2.2%
3.2%
1.1%
0%
1.1%
0%
1.1%
0%
0.2%
1.20E-03
1.10E-03
1.00E-03
9.00E-04
8.00E-04
7.00E-04
6.00E-04
5.00E-04
4.00E-04
8.00E+00
7.50E+00
7.00E+00
6.50E+00
6.00E+00
5.50E+00
5.00E+00
4.50E+00
4.00E+00
00:00
07:12
14:24
21:36
28:48
36:00
43:12

図 4

【図５】

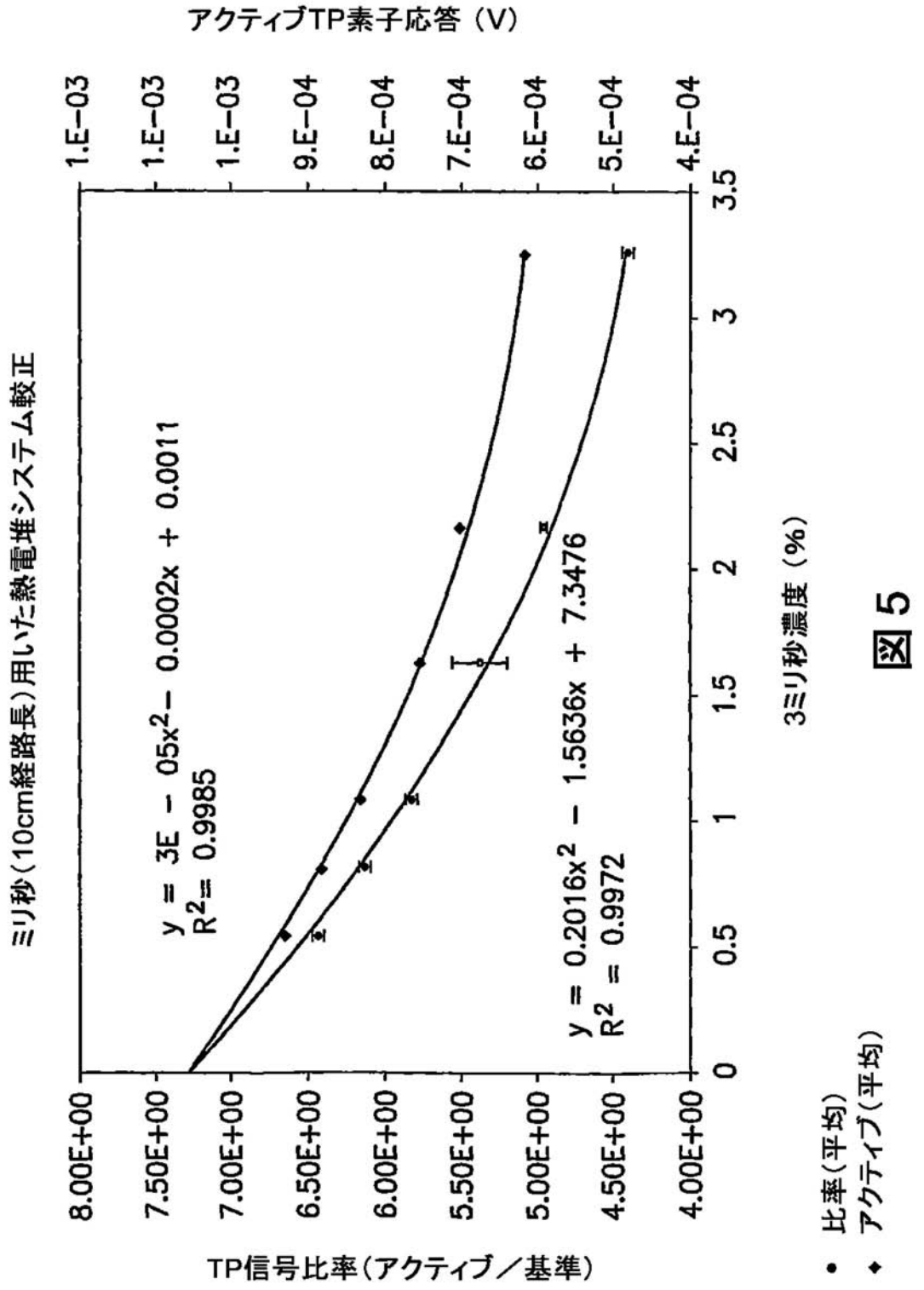

アクティブTP素子応答（V）
1.E−03
1.E−03
1.E−03
9.E−04
8.E−04
7.E−04
6.E−04
5.E−04
4.E−04
ミリ秒（10cm経路長）用いた熱電堆システム較正
y = 3E − 05x2 − 0.0002x + 0.0011
R2 = 0.9985
y = 0.2016x2 − 1.5636x + 7.3476
R2 = 0.9972
8.00E+00
7.50E+00
7.00E+00
6.50E+00
6.00E+00
5.50E+00
5.00E+00
4.50E+00
4.00E+00
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
TP信号比率（アクティブ／基準）
3ミリ秒濃度（%）
比率（平均）
アクティブ（平均）

図５

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US03/13937

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC(7) : H01L 21/00
US CL : 438/7,14,15
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)
U.S. : 438/7,14,15,16,17,54;250/343,345

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO, JPO, DERWENT, USPGPUB, IBM

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6,348,650 (ENDO et al) February 2002 (02.2002)	1-40
A	US 5,834,777 A (WONG) November 1998 (11.1998)	1-40
A	US 6,469,303 B1 (SUN et al) October 2002 (10.2002)	1-40
A	US 4,935,345 (GUILBEAU et al) June 1990 (06.1990)	1-40
A	US 5,589,689 A (KOSKINEN) December 1996 (12.1996)	1-40
A	US 5,047,352 (STETTER et al) September 1991 (09.1991)	1-40
A	US 5,650,624 A (WONG) July 1997 (07.1997)	1-40
A	US 5,721,430 A (WONG) February 1998 (02.1998)	1-40

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ 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 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
23 December 2003 (23.12.2003)

Date of mailing of the international search report
04 OCT 2004

Name and mailing address of the ISA/US
Mail Stop PCT, Attn: ISA/US
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
Facsimile No. (703) 305-3230

Authorized officer
John Niebling
Telephone No. 703-308-1782

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IT,LU,MC,NL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NI,NO,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 アルノ，ホセ
アメリカ合衆国，コネチカット州 ０６８０４，ブルックフィールド，トワイライトレーン １３

Ｆターム(参考) 4K030 AA06 AA09 CA04 EA01 EA11 HA11 HA15 JA06 KA39 KA41
LA15
5F045 AA03 GB07