(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2007-506974
(P2007-506974A)
(43)公表日　平成19年3月22日(2007.3.22)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
G01N 21/35	(2006.01)	G01N 21/35	Z	2G059

審査請求 未請求　予備審査請求 未請求　（全 17 頁）

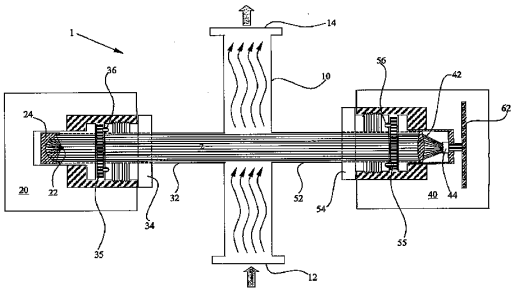
(21)出願番号	特願2006-528035 (P2006-528035)
(86)(22)出願日	平成16年9月10日 (2004.9.10)
(85)翻訳文提出日	平成18年5月15日 (2006.5.15)
(86)国際出願番号	PCT/US2004/029383
(87)国際公開番号	WO2005/034187
(87)国際公開日	平成17年4月14日 (2005.4.14)
(31)優先権主張番号	10/668,489
(32)優先日	平成15年9月23日 (2003.9.23)
(33)優先権主張国	米国 (US)

(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　100093861
弁理士　大賀　眞司
(74)代理人　100109346
弁理士　大貫　敏史

最終頁に続く

(54)【発明の名称】赤外線熱電堆検出器を備える監視システム

(57)【要約】
本発明は半導体処理システムに関するが、このシステムは、材料による特有の波長の赤外光の吸収に基づいて、関心のある材料を分析することによってプロセスを制御するために、赤外線ベースの熱電堆検出器を用いる。具体的には、赤外光ビームが、赤外光源から関心のある材料を含むサンプリング領域を通って熱電堆検出器へと、線形透過経路を通して透過される。線形透過経路は、赤外光の透過中の信号損失の危険を低減する。赤外光の透過経路は、透過中のかかる信号損失を最小限にするために、非常に滑らかで反射性の内面を含んでもよい。



【特許請求の範囲】
【請求項１】
その中の材料を処理するように適合された半導体プロセスシステムであって、前記システムが、
前記材料用のサンプリング領域と、
前記サンプリング領域を通して赤外線を透過させるように構成かつ配置された赤外線源と、
赤外線が前記サンプリング領域を透過した後に、赤外線を受け取り、かつそれに応じて、前記材料と相関する出力信号を発生するように構成かつ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信号を受信し、かつそれに応じて、前記半導体プロセスシステムにおける及び／又はそれに影響を与える１つ以上のプロセス条件を制御するように配置されたプロセス制御手段と、
を備え、
前記赤外線がほぼ線形の透過経路に沿って透過され、前記赤外線源及び前記熱電堆検出器が、前記赤外線の前記透過経路に沿って整列されている半導体プロセスシステム。
【請求項２】
前記熱電堆検出器が、所定の波長範囲を特徴とする、前記赤外線の少なくとも一部を選択的に透過させる赤外線帯域フィルタを備え、前記所定の波長範囲が、前記材料に特有の吸収波長を含む、請求項１に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項３】
前記赤外線源が、赤外線のほぼ平行なビームを提供するための放物面鏡を備える、請求項１に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項４】
前記熱電堆検出器が、赤外線が前記サンプリング領域を透過した後に、前記赤外線のほぼ平行なビームを集光するための集光レンズを備える、請求項３に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項５】
前記サンプリング領域が、前記赤外線源および前記熱電堆検出器からほぼ分離されている、請求項１に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項６】
前記サンプリング領域が、プロセスガスが流通するフロー回路の一部を含む、請求項１に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項７】
前記赤外線が、前記サンプリング領域を通って流れる前記プロセスガスの方向とほぼ直角な方向に、前記サンプリング領域を通して透過される、請求項６に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項８】
前記プロセス制御手段が、信号伝送中の信号損失を最小限にするために、前記熱電堆検出器との即時的な信号受信関係に配置された集積回路基板を備える、請求項１に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項９】
前記集積回路基板が前記熱電堆検出器に隣接して位置決めされている、請求項８に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項１０】
前記システムの上流ユニットでの前記プロセスガスの使用に続いて、前記プロセスガスの少なくとも一成分を低減するための低減ユニットを含む半導体プロセスシステムであって、前記サンプリング領域が、前記プロセスガスが前記低減ユニットに入る前に前記プロセスガスのサンプルを得るように構成かつ配置されている、請求項６に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項１１】

前記低減ユニットが、乾式スクラバ、湿式スクラバ及び熱スクラバからなる群から選択される１つ以上のスクラバを備える、請求項１０に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項１２】
前記プロセスガスが、テトラエチルオキシシラン、シラン、四フッ化ケイ素、ケイ素含有有機化合物、ボラン、水素化ヒ素、ホスフィン、フッ化水素、フッ素、六フッ化タングステン、塩化水素、塩素、四塩化チタン、ペルフルオロカーボン、亜酸化窒素、アンモニウム、水素、酸素、アルゴンおよびヘリウムからなる群から選択される１つ以上の成分を含む、請求項１０に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項１３】
前記プロセスガスが、前記低減ユニットに入る前に前記プロセスガスを測定するための１つ以上の温度センサ、フローセンサ及び化学センサをさらに含む、請求項１０に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項１４】
紫外線分光計、質量分析計及び電気化学センサからなる群から選択される１つ以上の化学センサを備える、請求項１３に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項１５】
前記上流プロセスユニットが化学気相成長チャンバを備える、請求項１０に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項１６】
前記上流プロセスユニットがプラズマ化学気相成長チャンバを備える、請求項１０に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項１７】
前記プロセス制御手段が、前記熱電堆検出器によって発生された前記出力信号に従って前記低減ユニットを制御する、請求項１０に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項１８】
その中に材料を処理するように適合された半導体プロセスシステムであって、前記システムが、
前記材料用のサンプリング領域と、
前記サンプリング領域を通して赤外線を透過させるように構成かつ配置された赤外線源と、
赤外線が前記サンプリング領域を透過した後に、赤外線を受け取り、かつそれに応じて、前記材料と相関する出力信号を発生するように構成かつ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信号を受信し、かつそれに応じて、前記半導体プロセスシステムにおける及び／又はそれに影響を与える１つ以上のプロセス条件を制御するように配置されたプロセス制御手段と、
を含み、
前記赤外線が、約０．０１２μｍＲａ～約１．８０μｍＲａの範囲の粗度であることを特徴とする内面を含む透過経路に沿って透過される半導体プロセスシステム。
【請求項１９】
前記内面が、約０．１０μｍＲａ～約０．８０μｍＲａの範囲の粗度であることを特徴とする、請求項１８に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項２０】
前記内面が、約０．１０μｍＲａ～約０．２０μｍＲａの範囲の粗度であることを特徴とする、請求項１８に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項２１】
前記内面が、約７０％～約９９％の範囲の反射率であることをさらに特徴とする、請求項１８に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項２２】
前記内面が、約９２％～約９７％の範囲の反射率であることをさらに特徴とする、請求項１８に記載の半導体プロセスシステム。

【請求項２３】
その中に材料を処理するためにフロー回路を含む半導体プロセスシステムであって、前記システムが、
前記材料用のサンプリング領域と、
前記サンプリング領域を通して赤外線を透過させるように構成かつ配置された赤外線源と、
赤外線が前記サンプリング領域を透過した後に、前記赤外線を受け取り、かつそれに応じて、前記材料と相関する出力信号を発生するように構成かつ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信号を受信し、かつそれに応じて、前記半導体プロセスシステムにおける及び／又はそれに影響を与える１つ以上のプロセス条件を制御するように配置されたプロセス制御手段と、
を含み、
前記サンプリング領域が、前記赤外線源および前記熱電堆検出器から、それらとの間の界面空間で分離され、パージガスが、前記材料に含まれる粒子を除去するため、及び前記界面空間における粒子堆積を防ぐために前記界面空間に供給される半導体プロセスシステム。
【請求項２４】
前記パージガスを、前記界面空間を通して前記ガスサンプリング領域へ流すために、前記界面空間と流体連通するように配置された１つ以上のパージガス源をさらに含む、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１つ以上のパージガス源が、前記パージガスが前記界面空間に入る前に通過する１つ以上の多孔性媒体を含む、請求項２４に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項２６】
前記サンプリング領域が、プロセスガスが流通する前記フロー回路の一部を含み、前記プロセスガスが、粒子を含む又は粒子を形成しやすい、請求項２４に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項２７】
前記パージガスが、前記赤外線源または前記熱電堆検出器から離れる方向に、前記界面空間を通って前記サンプリング領域に流れ、続いて前記サンプリング領域から前記プロセスガスフロー回路へ放出される、請求項２６に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項２８】
前記パージガスが、前記プロセスガスフローの方向とほぼ平行な方向に前記界面空間に入り、かつ前記プロセスガスフローの方向とほぼ直角な方向に、前記界面空間を通って前記サンプリング領域に流れる請求項２７に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項２９】
前記パージガスが、前記プロセスガスフローの方向とほぼ直角な方向に前記界面空間に入りかつ流れ、請求項２７に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項３０】
前記サンプリング領域を囲みかつ粒子が前記界面空間に入るのを防ぐ１つ以上のパージガスシースを提供するために、前記界面空間と流体連通するように配置された１つ以上のパージガス源をさらに含む、請求項２３に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項３１】
前記サンプリング領域が、プロセスガスが流れる前記フロー回路の一部を含み、前記パージガスが、前記プロセスガスフローと合流する方向に流れかつ前記プロセスガスフローを囲む環状パージガスフローを形成する、請求項３０に記載の半導体プロセスシステム。
【請求項３２】
その中に材料を処理するためにフロー回路を含む半導体プロセスシステムであって、前記システムが、

前記材料用のサンプリング領域と、
前記サンプリング領域を通して赤外線を透過させるように構成かつ配置された赤外線源と、
赤外線が前記サンプリング領域を透過した後に、前記赤外線を受け取り、かつそれに応じて、前記材料と相関する出力信号を発生するように構成かつ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信号を受信し、かつそれに応じて、前記半導体プロセスシステムにおけるおよび／またはそれに影響を与える１つ以上のプロセス条件を制御するように配置されたプロセス制御手段と、
を備え、
前記赤外線が、透過経路に沿って前記赤外線源から前記熱電堆検出器へ透過され、熱エネルギが、前記赤外線透過経路の少なくとも一部を加熱するために供給される半導体プロセスシステム。
【請求項３３】
材料の処理又は材料を用いた処理を含む半導体プロセスの運転方法であって、前記方法が、赤外線源によって発生された赤外線を、前記材料を含むサンプリング領域を通して透過させることと、前記透過された赤外線を熱電堆検出器で受け取ることと、前記材料における所望の成分の濃度を示す出力を前記熱電堆検出器から発生することと、前記出力に応じて、前記半導体プロセスにおける及び／又はそれに影響を与える１つ以上の条件を制御することと、を含み、前記赤外線がほぼ線形の透過経路に沿って透過され、前記赤外線源および前記熱電堆検出器が前記透過経路に沿って整列されている、方法。
【請求項３４】
材料の処理又は材料を用いた処理を含む半導体プロセスの運転方法であって、前記方法が、赤外線源によって発生された赤外線を、前記材料を含むサンプリング領域を通して透過させることと、前記透過された赤外線を熱電堆検出器で受け取ることと、前記材料における所望の成分の濃度を示す出力を前記熱電堆検出器から発生することと、前記出力に応じて、前記半導体プロセスにおける及び／又はそれに影響を与える１つ以上の条件を制御することと、を含み、前記赤外線が、約０．０１２μｍＲａ～約１．８０μｍＲａの範囲の粗度であることを特徴とする内面を含む透過経路に沿って透過される、方法。
【請求項３５】
材料の処理又は材料を用いた処理を含む半導体プロセスの運転方法であって、前記方法が、赤外線源によって発生された赤外線を、前記材料を含むサンプリング領域を通して透過させることと、前記透過された赤外線を熱電堆検出器で受け取ることと、前記材料における所望の成分の濃度を示す出力を前記熱電堆検出器から発生することと、前記出力に応じて、前記半導体プロセスにおける及び／又はそれに影響を与える１つ以上の条件を制御することと、を含み、前記サンプリング領域が、前記赤外線源および前記熱電堆検出器から、それらとの間の界面空間で分離され、パージガスが、前記材料に含まれる粒子を除去するため、および前記界面空間における粒子堆積を防ぐために前記界面空間に供給される、方法。
【請求項３６】
材料の処理又は材料を用いた処理を含む半導体プロセスの運転方法であって、前記方法が、赤外線源によって発生された赤外線を、前記材料を含むサンプリング領域を通して透過させることと、前記透過された赤外線を熱電堆検出器で受け取ることと、前記材料における所望の成分の濃度を示す出力を前記熱電堆検出器から発生することと、前記出力に応じて、前記半導体プロセスにおける及び／又はそれに影響を与える１つ以上の条件を制御することと、を含み、前記赤外線が、透過経路に沿って前記赤外線源から前記熱電堆検出器へ透過され、熱エネルギが、前記赤外線透過経路の少なくとも一部を加熱するために供給される、方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】

【０００１】
関連出願の相互参照
本出願は、２００３年7月１８日にホセ・Ｉ．アルノ（Ｊｏｓｅ　Ｉ．Ａｒｎｏ）の名前で出願された、現在係属中の米国特許出願第１０／６２３，２４４号「半導体プロセス監視制御のための赤外線熱電堆検出システム（Ｉｎｆｒａｒｅｄ　Ｔｈｅｒｍｏｐｉｌｅ　Ｄｅｔｅｃｔｏｒ　Ｓｙｓｔｅｍ　Ｆｏｒ　Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ　Ｐｒｏｃｅｓｓ　Ｍｏｎｉｔｏｒｉｎｇ　Ｃｏｎｔｒｏｌ）」の一部継続出願であり、また米国特許出願第１０／６２３，２４４号は、２００２年5月８日に、ホセ・Ｉ．アルノの名前で出願された米国特許出願第１０／１４０，８４８号「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システム（Ｉｎｆｒａｒｅｄ　Ｔｈｅｒｍｏｐｉｌｅ　Ｄｅｔｅｃｔｏｒ　Ｓｙｓｔｅｍ　ｆｏｒ　Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ　Ｐｒｏｃｅｓｓ　Ｍｏｎｉｔｏｒｉｎｇ　ａｎｄ　Ｃｏｎｔｒｏｌ）」（現在米国特許第６，６１７，１７５号）の分割出願である。
【０００２】
発明の分野
本発明は、半導体プロセス監視及び制御のための赤外線熱電堆監視システムに関する。
【背景技術】
【０００３】
関連技術の説明
ほとんどの赤外線エネルギ吸収分子は、別個のエネルギレベルの赤外線を吸収するので、ガス、液体又は固体組成物が広い波長範囲の赤外線（ＩＲ）にさらされた場合に、その組成物の赤外線エネルギ吸収成分は、ごく特定の波長のＩＲ光の部分を吸収する。この現象のおかげで、特定のＩＲ吸収成分がある場合とない場合の様々な周知の組成物のエネルギスペクトルを比較することにより、赤外線ベースの検出が可能となって、吸収プロファイルまたはパターンを得ることができ、これを、未知の組成物における特定のＩＲ吸収成分の存在を検出するために用いることができる。さらに、組成物におけるＩＲ吸収成分の濃度は、かかる成分に吸収されるＩＲ光の量に直接相関し、それに基づいて決定することができる。
【０００４】
従来のＩＲガス分析器は、ＩＲ放射線をその個別波長（波長λ_1及びλ_2の分割されたＩＲ光を示す図１Ａ及び１Ｂを参照）に分割する回折格子技術またはプリズムに依存する。つまり、個別波長のＩＲ放射線が、可動スリット開口部によってガスセルに導入され、ガスセルを通過する選択された波長のＩＲ放射線が検出される。かかる分散ＩＲ分析器は、電子処理手段を用いて、スリット開口部位置をＪＲエネルギレベル及び検出器からの信号と相関させ、エネルギ対吸収度関係を示す。
【０００５】
上記の分散分光計の主な欠点は、多数の反射および屈折による放射線強度損失、可動部品の不整合による全システム障害の危険、光学部品（例えば、ミラー、レンズ及びプリズム）の数による分光計装置のコスト及び複雑さ、並びに用いられる非常に多くの光学部品を収容するためのスペース要件である。
【０００６】
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。最初に発生されたＩＲビームを２つのビームに分割し、可動ミラーを用いて、同調及び非同調の２つのビームのうちの１つを放射することによって干渉パターンを生成する。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。二重のビームがサンプルに放射された後、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共に回旋状（ｃｏｎｖｏｌｕｔｅｄ）の赤外線波形パターンを受け取る。次に、この情報は、コンピュータへ送られ、フーリエ変換アルゴリズムを用いて、非回旋状（ｄｅｃｏｎｖｏｌｕｔｅｄ）にされる。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。かかるＦＴ－ＩＲ分光計は、従来の分散分光計に関して上記で説

明したのと類似の欠点を有する。
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
したがって、本発明の目的は、ＩＲ放射線の透過中に放射線強度損失を最小限にするＩＲ光度計システムを提供することである。
【０００８】
本発明の別の目的は、不整合にそれほど弱くなく、単純で堅固なＩＲ光度計システムを提供することである。
【０００９】
本発明のさらに別の目的は、入ってくる排出物の成分を分析すること、及び、したがって、それに応じて動作モードを修正することができる半導体プロセス排出物低減用のスクラバシステムを提供することである。
【００１０】
本発明の他の目的及び利点は、続く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。
【課題を解決するための手段】
【００１１】
本発明は、一の態様において、その中に材料を処理するように適合された半導体プロセスシステムに関するが、このシステムは、
材料用のサンプリング領域と、
サンプリング領域を通して赤外線を透過させるように構成かつ配置された赤外線源と、
赤外線がサンプリング領域を透過した後に赤外線を受け取り、かつそれに応じて、前記材料の濃度と相関する出力信号を発生するように構成かつ配置された熱電堆検出器と、
熱電堆検出器の出力信号を受信し、かつそれに応じて、半導体プロセスシステムにおける及び／又はそれに影響を与える１つ以上のプロセス条件を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。
【００１２】
具体的には、本発明のかかるシステムにおける赤外線（ＩＲ）は、ほぼ線形の透過経路に沿って透過され、一方で、赤外線源及び熱電堆検出器の両方とも、前記赤外線の透過経路に沿って整列される。ＩＲ放射線の線形透過経路によって、かかるＩＲ放射線の反射および屈折が最小限にされ、したがって、透過中の放射線強度損失が著しく低減される。かかる線形透過経路は、熱電堆検出器を一体化することによって利用可能になるが、この熱電堆検出器は、特定の波長の１Ｒ放射線を選択的に透過させるための１つ以上の放射線フィルタを含み、したがって、従来の分散およびＦＴ－ＩＲ分光計にとって不可欠な分割および回折によってＩＲ放射線を単色化する要件を除く。
【００１３】
線形透過経路の使用とは無関係に又はその使用に加えて、十分に滑らかな及び／又は反射性の内面を備えた透過経路を設けることによって、ＩＲ放射線の強度損失をまた低減できるが、それは、透過経路のかかる内面によって、ＩＲ放射線の吸収及び散乱を最小限にする。具体的には、透過経路のかかる内面は、約０．０１２μｍＲａ～約１．８０μｍＲａ、好ましくは約０．１０μｍＲａ～約０．８０μｍＲａ、より好ましく約０．１０μｍＲａ～約０．２０μｍＲａの範囲の粗度であることを特徴とする。かかる内面は、約７０％～約９９％、好ましくは約９２％～約９７％の範囲の反射率であることをさらに特徴としてもよい。
【００１４】
本明細書で用いる「Ｒａ」は、表面仕上げの山と谷との間の平均差を指す。
【００１５】
サンプリング領域においてＩＲ放射線にさらされる材料がプロセスガスである場合に、

かかる材料は、粒子を含むかまたは粒子を形成しやすい可能性があり、結果としてＩＲ放射線源又は熱電堆検出器の回りに粒子堆積をもたらすことがあり、これが今度は、サンプリング領域を通して透過されるＩＲ放射線量を著しく低減するか、または透過経路を完全にブロックする可能性がある。

【００１６】

かかる状況において、本発明は、プロセスガスを含むサンプリング領域とＩＲ放射線源との間と、同様にサンプリング領域と熱電堆検出器との間の界面空間をパージするためのパージガスを利用するように配置および構成ができる。かかるパージガスを多孔性媒体を通して界面空間に送り、ＩＲ放射線源及び熱電堆検出器からサンプリング領域へ任意の粒子堆積物を移動させるパージガスフローを形成することができる。代替として、透過経路の内面に粒子が近づくのを妨害する熱勾配または熱流束を生成するために、ＩＲ透過経路の少なくとも一部を加熱する外部の熱エネルギを供給することによって、粒子堆積物を低減してもよい。

【００１７】

本発明の半導体プロセスシステムに、上流プロセスユニットからの半導体プロセス排出物を低減するためのスクラバユニットを備え、サンプリング領域をかかるスクラバユニットの入口の近くに配置して、排出物がかかるスクラバユニットに入る前にそれを分析できるようにし、それによって、プロセスガスの組成に従って反応的にスクラバユニットを運転できるようにしてもよい。

【００１８】

本発明の他の態様、特徴及び実施形態は、続く開示及び添付の特許請求の範囲からより完全に明らかになるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１９】

発明の詳細な説明及びその好ましい実施形態

本発明は、半導体プロセス監視および制御に有用な赤外線熱電堆検出システムを提供する。２００２年５月８日にホセ・Ｉ．アルノの名前で出願された米国特許出願第１０／１４０，８４８号明細書は、あらゆる目的のために、参照によりその全体において本明細書に組み込まれている。

【００２０】

本明細書で用いるように、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並びにユニット動作と、同様に半導体製造設備において用いられるか生じる材料の処置又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、半導体製造設備から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されるように意図されている。

【００２１】

本発明の熱電堆ベースの赤外線監視システムには、赤外線（ＩＲ）源、関心のある材料（たとえばプロセスガス）をＩＲ放射線にさらすためのサンプリング領域、及び関心のある材料を通して透過されるＩＲ放射線を分析するための熱電堆検出器が含まれる。本発明の広範な実施におけるサンプリング領域には、任意の適切なコンパートメント、通路又はチャンバが含まれ、そこにおいて、分析される材料が、それを通過するＩＲ光にさらされるのは、材料のＩＲ吸収度によって決定される出力を用いて、プロセス監視及び制御用の制御信号を発生するためである。熱電堆検出器は、ＩＲ光（又はＩＲスペクトル型における熱）にさらされたとき、小電圧を発生する。熱電堆検出器の出力信号は、検知器への入射放射線に比例する。

【００２２】

本発明の好ましい実施において用いられる熱電堆検出器は、各検出ユニットに素子のマルチアレイを有してもよい。たとえば、二重素子検知器において、熱電堆検知素子の１つ

が基準として用いられ、吸収が実質的には発生しない範囲（例えば、４．００±０．０２μｍの波長）においてＩＲ光を感知する。第２の熱電堆検知素子は、関心のあるスペクトル範囲（監視される特定の材料に依存するようなスペクトル範囲）のＩＲエネルギを感知するフィルタで被覆される。基準熱電堆検出素子によって発生された電圧と、熱電堆検出アクティブ素子によって発生された電圧との差異を比較することによって、濃度測定値が提供される。４熱電堆検出素子アレイまで備えた検知器が、市販されている。例えば、４素子検出ユニットにおいて、１つの検知素子が基準として用いられ、残りの３つの検知素子が、異なるスペクトル領域の測定に用いられる。

【００２３】

続く開示は、ＩＲ放射線にさらされる材料としてのプロセスガスに関するが、本発明が、種々様々な材料、例えば固体、流体（液体及びガス）、多相材料、多成分材料、超臨界媒体等に適用可能であることが認識されるであろう。

【００２４】

ＩＲ放射線強度の全損失（本明細書ではL_{Total}と呼ぶ）は、次の式：

$$L_{Total} = L_{Path} + L_{Material}$$

にしたがって、ＩＲ放射線の透過によって引き起こされるＩＲ放射線強度損失（すなわち、透過経路及び光学部品による吸収であって、本明細書ではL_{Path}と呼ぶ）と、関心のあるＩＲ吸収材料の吸収によるＩＲ放射線強度損失（本明細書では$L_{Material}$と呼ぶ）との両方によって決定される。

【００２５】

熱電堆ＩＲ検出器には、かかるＩＲ放射線を効果的に検出するために、ＩＲ放射線強度の最低必要条件がある。したがって、ＩＲ源によって発生されるＩＲ放射線の強度が一定である場合には、熱電堆ＩＲ検出器によるＩＲ放射線の検出を可能にするために、L_{Total}は、最大限度L_0以下のレベルに維持されなければならない。一方では、関心のあるＩＲ吸収材料の濃度は、$L_{Material}$に直接相関し、$L_{Material}$によって決定されるので、$L_{Material}$の最大化は、測定の信号強度を最大限にし、そしてこれは、低濃度ＩＲ吸収材料の検出および分析にとって特に重要である。

【００２６】

本発明は、以下の方法にしたがって、L_{Path}を低減又は最小限にすることによって、L_{Total}を最大限度L_0以下に維持しながら$L_{Material}$を最大限にする目標を達成する。

【００２７】

ＩＲ放射線が、ＩＲ源から熱電堆検出器へ、両者の間での最少限の反射及び屈折量で、ほぼ線形の透過経路を通って透過される場合、放射線強度損失は、図１Ａ及び１Ｂに示すような、ＩＲ放射線の多数の反射および屈折を必要とする非線形透過経路の損失と比較して効果的に低減される。

【００２８】

したがって、本発明は、ＩＲ放射線源、サンプリング領域及び熱電堆検出器を構成かつ配置し、図２に示すような、ＩＲ光用のほぼ線形の透過経路を提供する。

【００２９】

具体的には、システム１は、サンプリング領域１０、すなわち好ましくはガス入口１２およびガス出口１４を有するガスサンプリング領域を含み、プロセスガスが流れるフロー回路の一部を構成する。

【００３０】

ＩＲ放射線源２０は、かかるガスサンプリング領域１０の一側に位置決めされている。具体的には、ＩＲ放射線源２０には、ＩＲ光２の平行ビームを提供するための、ＩＲエミッタ２２および放物面鏡２４が含まれ、ＩＲ光２は、ガスサンプリング領域１０を通り、ほぼ線形の透過経路に沿って透過される。

【００３１】

熱電堆検出器４０は、透過されたＩＲ光ビームを受け取りかつ分析するために、かかる

ガスサンプリング領域１０の他側に位置決めされている。熱電堆検出器４０には、ＩＲ検出素子４４であって、プロセスガスにおける関心のあるＩＲ吸収成分に特有の吸収波長を含む、狭い波長範囲のＩＲ放射線の一部を選択的に透過させるための１つ以上のＩＲ放射線帯域フィルタを有するＩＲ検出素子４４が含まれ、その結果、かかる熱電堆によって発生される出力信号の減少は、関心のある対応する成分による赤外線吸収量に直接関連している。必ずではないが、好ましくは、ＩＲビームは、ＩＲ検出素子４４に入る前に集光レンズ４２によって集光される。言及したような熱電堆検出ユニットには、基準（フィルタ処理していない）吸収領域及びガスフィルタ処理吸収領域を始めとする多数の吸収エリアをさらに含んでもよく、後者のフィルタは、半導体ガス又は関心のあるガス成分（例えば、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専用である。

【００３２】

ガスサンプリング領域１０は、ＩＲ透過経路の一部を形成する界面空間３２及び５２によって、ＩＲ放射線源２０および熱電堆検出器４０から分離されている。好ましくは、界面空間３２は密封した方法でＩＲ放射線源２０に接続され、また界面空間３２には、スペーサ３５及びＯリング３６によってＩＲ放射線源に取り外し可能に密閉して接続された溶接コネクタ３４が含まれる。同様に、界面空間５２は密封した方法で熱電堆検出器４０に接続され、また界面空間５２には、スペーサ５５およびＯリング５６によってＩＲ放射線源に取り外し可能に密閉して接続された溶接コネクタ５４が含まれる。かかる溶接コネクタ３４及び５４の両方はＩＲ透過材料を含み、したがって、ＩＲ透過経路の一部を形成する。

【００３３】

ＩＲ放射線の線形透過経路によって、不必要な放射線強度損失が低減される。さらに、ＩＲ源、ガスサンプリング領域および熱電堆検出器間の接続は単純かつ堅固であり、設置面積が十分に小さなことと、不整合に対する有効な抵抗性とが提供される。

【００３４】

さらに、集積回路基板６２は、熱電堆検出器４０から直に出力信号を受信するように、熱電堆検出器４０の背後に位置決めして、設置面積をさらに低減しかつ遠隔接続による信号損失を最小限にするようにしてもよい。

【００３５】

本発明の例証的な一実施形態において、熱電堆検出システムは、半導体製造作業又は他の工業プロセスで生じるプロセス排出物を処置するための低減ユニット用の低減ツールコントローラとして利用される。かかる目的のために、熱電堆検出システムは、低減ユニットの入口に有利に設置され、ここで低減装置は、処置すべき排出物を受け取る。かかる働きでは、熱電堆検出システムを用いて、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、熱電堆検出ユニットは、湿式／乾式スクラバまたは熱スクラバなど、排出物スクラバ用の低減ツールコントローラとして有用に用いられ、それにより、熱電堆検出システムの存在によって、スクラバが「賢い」スクラバに変換され、スクラバの効率が向上して、達成すべき資源の保護（より少ない消耗品）が可能になる。

【００３６】

図３は、ガス入口１４２及びガス出口１４４を有するスクラバユニット１４０を含む半導体プロセスシステム１００を示す。ＩＲ源１２０及び熱電堆検出器１３０が、かかるスクラバユニット１４０のガス入口１４２近くでガスサンプリング領域１１０の両側に設けられ、スクラバに流入する排出物の組成を分析する。熱電堆検出器１３０によって発生された出力信号は、伝送ライン１５２を通ってマイクロコントローラ１５０へ転送される。マイクロコントローラ１５０は、スクラビング媒体源１６０に接続され、測定される排出物の組成に従って投入されるスクラビング媒体（好ましくは、燃料、水及び化学添加物）１６２、１６４及び１６６の量を応答的に調節する。

【００３７】
限定するわけではないが、テトラエチルオキシシラン、シラン、四フッ化ケイ素、ケイ素含有有機化合物、ボラン、水素化ヒ素、ホスフィン、フッ化水素、フッ素、六フッ化タングステン、塩化水素、塩素、四塩化チタン、ペルフルオロカーボン、亜酸化窒素、アンモニウム、水素、酸素、アルゴン及びヘリウムを始めとして、排出物の様々な低減可能成分が、本発明の熱電堆検出システムによって分析可能である。温度センサ、フローセンサ、圧力変換器、紫外線分光計、質量分析計および電気化学センサなどの追加センサを、排出物の流量、ガス組成及び濃度、圧力及び温度をさらに測定するために設けて、スクラバユニットの動作モードの対応する調節を可能にしてもよい。

【００３８】
本発明のＩＲ熱電堆検出システムを用いて、プラズマ化学気相成長法（ＰＥＣＶＤ）チャンバから放出される排出ガス種を分析してもよいが、このチャンバではSiO_2フィルムがテトラエチルオキシシラン（ＴＥＯＳ）を用いて堆積され、またこのチャンバは、各堆積サイクルの後でSiF_4を用いてチャンバ洗浄を実行する。したがって、堆積サイクル中に、ＩＲ検出システムは、堆積排出物におけるＴＥＯＳのリアルタイム濃度を測定する。交互に行なわれる洗浄サイクル中にＩＲ検出システムは、SiF_4濃度を測定する。交互の堆積／洗浄サイクル中に、ＩＲ検出システムによって得られた測定値が、図４に提供されている。ＩＲ光度計によって収集された情報を用いて、ＴＥＯＳおよびSiF_4の低減用の下流スクラバユニットの設定を調節することができる。

【００３９】
透過中のＩＲ放射線損失（L_{Path}）をさらに低減するために、滑らかな反射内面を備えた透過経路が設けられ、それによって、かかる透過経路の表面によるＩＲ放射線の吸収および散乱が最小限にされる。

【００４０】
かかる滑らかな反射透過経路が設けられた場合には、より長い経路長を提供して、関心のあるＩＲ吸収成分によるＩＲ放射線の吸収（すなわちL_{Gas}）を最大限にすることができるが、これは、低濃度ＩＲ吸収成分を効果的に測定するために特に重要である。

【００４１】
透過経路のかかる内面は、好ましくは約０．０１２μｍＲａ～約１．８０μｍＲａの範囲、より好ましくは約０．１０μｍＲａ～約０．８０μｍＲａの範囲、最も好ましくは約０．１０μｍＲａ～約０．２０μｍＲａの範囲の粗度であることを特徴とする。かかる内面は、約７０％～約９９％、好ましくは約９２％～約９７％の範囲の反射率であることをさらに特徴としてもよい。かかる滑らかな反射内面は、電解研磨または超研磨技術によって提供されてもよい。

【００４２】
図５は、非電解研磨内面を有する第１の透過経路、適度に電解研磨した内面を有する第２の透過経路、および高度に電解研磨した内面を有する第３の透過経路の、様々なＩＲ波長（チャネル２＝３．８８μｍ、チャネル４＝４．６５μｍ及びチャネル５＝４．２μｍ）で測定したＩＲ信号応答を示す。各透過経路の経路長は同じであり、同じＩＲ源及び熱電堆検出器が用いられている。測定結果は、高度に研磨された透過経路が、適度に研磨された透過経路及び非研磨透過経路の信号強度よりはるかに強い信号強度を提供することを示している。

【００４３】
粒子を含むか又は粒子を形成しやすいプロセスガスは、ＩＲ放射線の透過経路に沿って粒子堆積物を形成する可能性があり、これは、ＩＲ放射線を吸収して、透過されるＩＲ放射線の放射線強度を著しく低減する。

【００４４】
したがって、本発明は、ガスサンプリング領域とＩＲ源との間と、同様にガスサンプリング領域と熱電堆検出器との間の界面空間近くでパージガスを提供する。パージガスフローは、ＩＲ源および熱電堆検出器から粒子堆積物を除去するのに十分な力を提供し、かか

る粒子が検出プロセスを妨害するのを防ぐようにする。

【００４５】

図６は、粒子含有プロセスガス２０２を流れさせるための、入口２１２及び出口２１４を有するガスサンプリング領域２１０を示す。ＩＲ源２２０は、かかるガスサンプリング領域２１０の一側に位置決めされて、界面空間２３２によって領域２１０から分離され、一方で、熱電堆検出器２４０は、かかるガスサンプリング領域２１０の他側に位置決めされて、界面空間２５２によって領域２１０から分離されている。パージガス２６２は、パージガス源（図示せず）から、好ましくは多孔性媒体２６４を通って、かかる界面空間２３２および２５２に導入され、ＩＲ源２２０および熱電堆検出器２４０からガスサンプリング領域２１０へ移動する均一なパージガスフローを形成する。かかるパージガスフローは、さらにＩＲ源２２０及び熱電堆検出器２４０近くの行き止まり空間に真空を生成し、かかる行き止まり空間の外に粒子堆積物を押しやって、それをガスサンプリング領域２１０のプロセスガスフローに放出する。

【００４６】

図６に示すように、パージガスは、プロセスガスフローとほぼ平行な方向に沿って界面空間２３２および２５２に導入してもよく、次にそれは、かかる界面空間を通って、プロセスガスフローとほぼ直角な方向にガスサンプリング領域２１０へと流れる。

【００４７】

図７は、本発明の代替実施例を示すが、この場合、パージガスは、プロセスガスフローにほぼ直角な方向で界面空間３３２及び３５２に導入され、同じ方向に沿ってかかる界面空間を通り、ガスサンプリング領域２１０へと流れる。

【００４８】

さらに、プロセスガスフローを囲むガスシースを形成するようにパージガスを供給し、粒子がガスサンプリング領域から漏れるのを防ぐようにしてもよい。具体的には、図８は、粒子含有プロセスガスフローの回りに環状シース４６６を形成するパージガス３６２を示す。かかるパージガスは、プロセスガスフローと合流する方向に流れ、したがって、プロセスガスと共にガスサンプリング領域４１０から放出される。

【００４９】

代替として、ＩＲ透過経路（ＩＲ透過窓を含む）の少なくとも一部を加熱するための外部加熱装置を設けて、熱勾配又は熱流束を発生することができ、これが、ＩＲ透過経路の内面に粒子が近づいて堆積するのを防ぐように機能する。

【００５０】

例証的な実施形態及び特徴に関連し、本明細書において本発明を様々に開示してきたが、上記の実施形態および特徴が本発明を限定するように意図されてはいないこと、ならびに他の変更、修正及び他の実施形態が当業者に思い浮かぶであろうことを理解されたい。したがって、本発明は、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】

【００５１】

【図１Ａ】ＩＲ放射線を分割し回折させるための従来のモノクロメータシステムを示す。

【図１Ｂ】ＩＲ放射線を分割し回折させるための従来のモノクロメータシステムを示す。

【図２】本発明の一実施形態による、ＩＲ放射線用の線形透過経路を含む半導体プロセスシステムの概略図である。

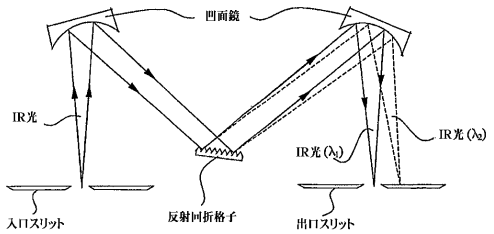
【図３】本発明の一実施形態にしたがって、入ってくるプロセス排出物を分析するように構成かつ配置されたＩＲ放射線源及び熱電堆検出器を入口近くに有するスクラバユニットを含む半導体プロセスシステムの概略図である。

【図４】代替の堆積及び洗浄サイクルに従って動作する上流のプラズマ化学気相成長チャンバからのプロセス排出物に対して測定されたテトラエチルオキシシラン（ＴＥＯＳ）および四フッ化ケイ素（SiF_4）の時間－濃度プロットである。

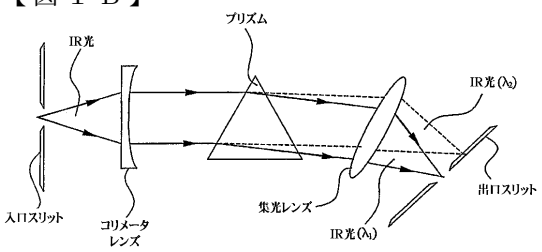
【図５】非電解研磨内面を有する第１の透過経路、適度に電解研磨された内面を有する第２の透過経路、及び高度に電解研磨された内面を有する第３の透過経路の、様々なＩＲ波

長で測定されたＩＲ信号応答を示すグラフである。
【図６】サンプリング領域とＩＲ源との間と、同様にサンプリング領域と熱電堆検出器との間の界面空間から粒子を除去するためにパージガスを導入するためのパージガス入口を含む半導体プロセスシステムの透視図である。
【図７】サンプリング領域とＩＲ源との間と、同様にサンプリング領域と熱電堆検出器との間の界面空間から粒子を除去するためにパージガスを導入するためのパージガス入口を含む半導体プロセスシステムの透視図である。
【図８】サンプリング領域における粒子含有プロセス排出物の回りにパージガスのシースを形成するためのパージガス入口を含む半導体プロセスシステムの透視図である。

【図１Ａ】



【図１Ｂ】



【図２】

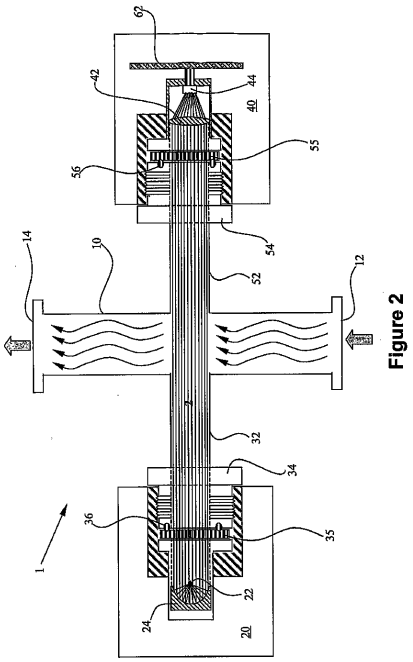


Figure 2

【図３】

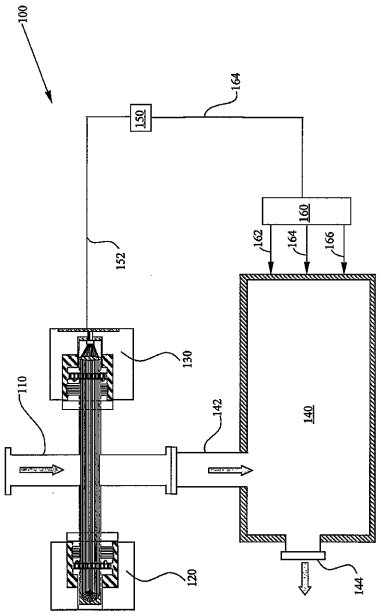
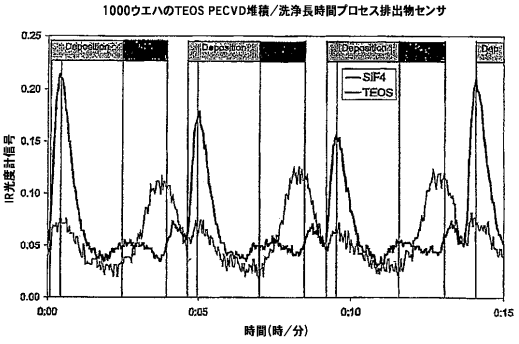
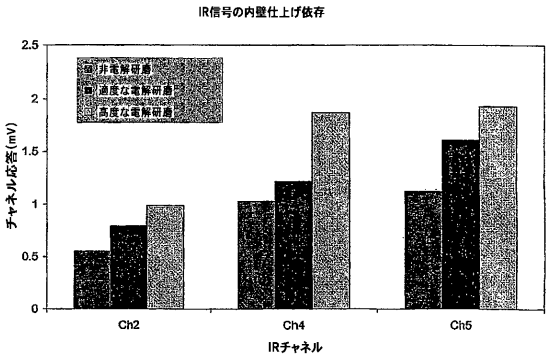


Figure 3

【図４】



【図５】



【図６】

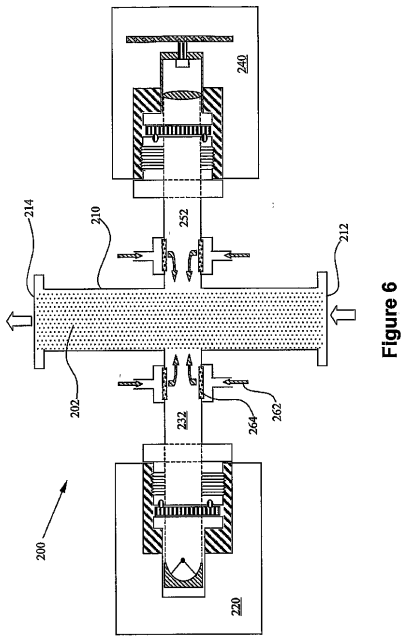


Figure 6

【図７】

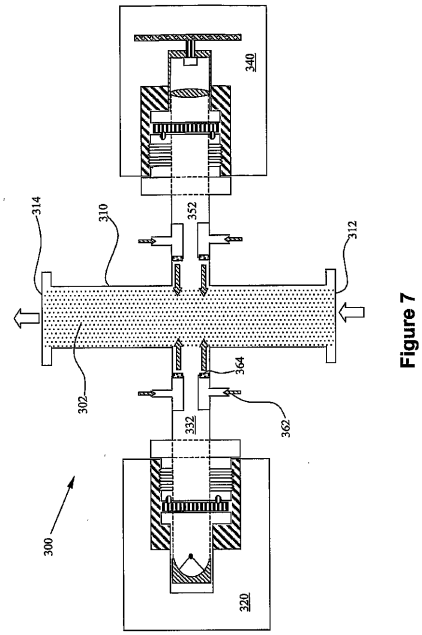


Figure 7

【図８】

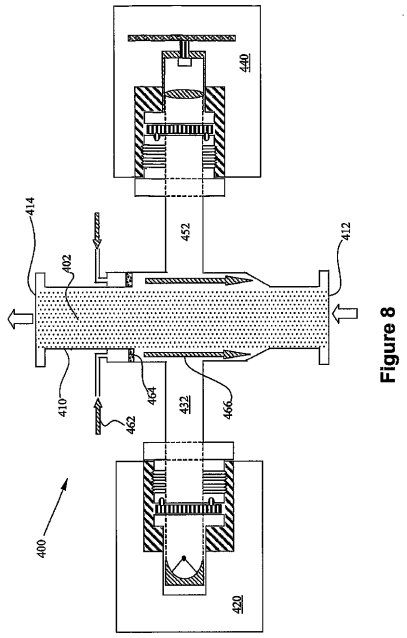


Figure 8

【国際調査報告】

60601360038

11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US04/29383

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC(7) : H01L 21/302, 21/50, 21/00,
US CL : 438/54, 125, 689
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. : 438/54, 125, 689

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2003/0175160 A1(ARCHIBLAD et al.) 18 September 2003 (18.09.03), see entire document.	1-36
---		---
Y	US 2003/0146502 A1 (PARSONS et al.) 07 June 2003 (07.06.03), see entire document.	1-36

☐ 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	Date of mailing of the international search report
28 October 2005 (28.10.2005)	16 DEC 2005
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 Rhonda per bad John Niebling Telephone No. 7033081782

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

10.11.2006

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,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,PL,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,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,EG,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,NA,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 アルノ，ジョゼ，アイ．
アメリカ合衆国，コネチカット州 ０６８１０，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) 2G059 AA01 BB01 CC01 EE01 EE12 EE15 HH01 JJ02 JJ11 JJ14
KK09 LL02