(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2014-526148
(P2014-526148A)
(43)公表日　平成26年10月2日(2014.10.2)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
H01L 21/02	***(2006.01)***	H01L 21/02	Z	2G041
G01N 27/62	***(2006.01)***	G01N 27/62	V	

審査請求 未請求　予備審査請求 未請求　（全 17 頁）

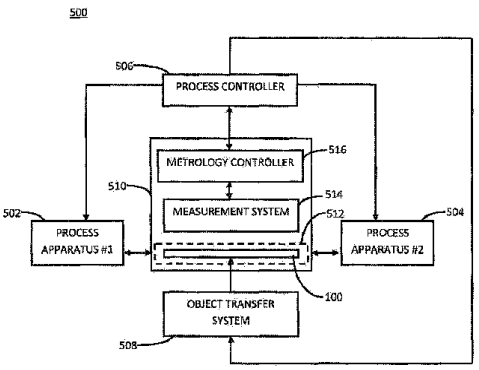
(21)出願番号	特願2014-522962 (P2014-522962)
(86)(22)出願日	平成24年7月25日 (2012.7.25)
(85)翻訳文提出日	平成26年3月10日 (2014.3.10)
(86)国際出願番号	PCT/US2012/048090
(87)国際公開番号	WO2013/016399
(87)国際公開日	平成25年1月31日 (2013.1.31)
(31)優先権主張番号	61/511,197
(32)優先日	平成23年7月25日 (2011.7.25)
(33)優先権主張国	米国 (US)

(71)出願人　593141632
エレクトロ　サイエンティフィック　インダストリーズ　インコーポレーテッド
アメリカ合衆国　オレゴン　ポートランド　サイエンス　パーク　ドライブ　１３９００
(74)代理人　100109896
弁理士　森　友宏
(72)発明者　ハルダーマン，ジョナサン，ディ
アメリカ合衆国，９４０８７　カリフォルニア州，サニーベール，ローン・ウェイ　１１０９

最終頁に続く

(54)【発明の名称】対象物を特徴付けて製造プロセスをモニタリングするための方法及び装置

(57)【要約】
対象物を特徴付ける方法では、対象物内の測定部位で対象物の深さ方向の組成を決定する。オプションとして、この決定に基づいて測定部位に隣接する領域内の対象物の特性を推測することができる。対象物を特徴付ける他の方法では、対象物の少なくとも一部を計測ツールの測定領域内に配置し、対象物の特徴部と測定領域内の指定された測定部位とを互いに位置合わせし、測定部位にある対象物の一部の組成分析を行う。これらの方法を行う様々な装置も開示され、これらの方法に基づいて製造プロセスをモニタリングする方法も開示される。



【特許請求の範囲】
【請求項１】
対象物内の測定部位で前記対象物の組成を前記対象物内の深さの関数として決定し、
前記決定に基づいて、前記測定部位に隣接する前記対象物の領域内における前記対象物の少なくとも１つの特性を定量的に推測する、
方法。
【請求項２】
さらに、前記対象物内の複数の別個の測定部位で前記対象物の組成を前記対象物内の深さの関数として決定する、請求項１の方法。
【請求項３】
さらに、前記決定に基づいて、前記複数の測定部位に隣接する前記対象物の領域内における前記対象物の少なくとも１つの特性を定量的に推測する、請求項２の方法。
【請求項４】
前記対象物は基板を含む、請求項１の方法。
【請求項５】
前記対象物は、前記基板上に配置された少なくとも１つの層を含む、請求項４の方法。
【請求項６】
前記少なくとも１つの層はエピタキシャル層である、請求項５の方法。
【請求項７】
前記測定部位で前記対象物の組成を前記対象物内の深さの関数として決定する際に、
前記対象物のサンプルを取得し、
前記サンプルの組成を分析する、
請求項１の方法。
【請求項８】
前記測定部位で前記対象物の組成を前記対象物内の深さの関数として決定する際に、さらに、
前記対象物内の異なる深さから複数の別個のサンプルを取得し、
前記複数の別個のサンプルのうち少なくとも２つの組成を分析する、
請求項７の方法。
【請求項９】
前記対象物のサンプルを取得する際に、前記対象物にレーザエネルギーを有するパルスを照射する、請求項７の方法。
【請求項１０】
前記対象物の一部を除去する際に、０．１ａｔｍ～５ａｔｍの範囲の圧力下で前記対象物の一部を除去する、請求項７の方法。
【請求項１１】
前記除去された対象物の一部の組成を分析する際に、質量分析（ＭＳ）により組成を分析する、請求項７の方法。
【請求項１２】
さらに、前記サンプルの少なくとも一部が取得された対象物内の深さを決定する、請求項７の方法。
【請求項１３】
前記少なくとも１つの特性を定量的に推測する際に、前記対象物の組成、前記対象物の電気的特性、前記対象物の光学的特性、前記対象物の熱的特性、前記対象物の機械的特性、及び前記対象物の磁気的特性からなる群から選択される少なくとも１つの特性を定量的に推測する、請求項１の方法。
【請求項１４】
少なくとも１つのプロセス装置を含む製造システムにより実現可能な製造プロセスをモニタリングする方法であって、
対象物内の測定部位で前記対象物の組成を前記対象物内の深さの関数として決定し、

前記決定に基づいて、前記測定部位に隣接する前記対象物の領域内における前記対象物の少なくとも１つの特性を定量的に推測し、
前記定量的推測に基づいて領域特性データを生成し、
前記対象物を製造する又は前記対象物を修正するように構成された前記製造システムのプロセス装置に連結されたコントローラに前記推測された特性データを供給する、
方法。
【請求項１５】
前記対象物は、５０ｍｍ以上の最大寸法を有する、請求項１４の方法。
【請求項１６】
前記対象物は、１５０ｍｍ以上の最大寸法を有する、請求項１４の方法。
【請求項１７】
前記決定は、前記製造システムのプロセス装置の外部で行われる、請求項１４の方法。
【請求項１８】
さらに、前記対象物の組成の決定の前に、前記対象物を製造するように構成された前記製造システムの第１のプロセス装置から前記対象物を受け取る、請求項１７の方法。
【請求項１９】
さらに、前記対象物の組成の決定の後に、前記対象物を修正するように構成された前記製造システムの第２のプロセス装置に前記対象物を移送する、
【請求項２０】
前記推測された特性データを供給する際に、前記対象物を製造するように構成された前記製造システムのプロセス装置のコントローラに前記推測された特性データを供給し、前記プロセス装置は有機金属化学気相成長装置である、請求項１４の方法。
【請求項２１】
計測ツールであって、
対象物を少なくとも部分的に配置可能な測定領域と、
測定部位として前記測定領域内のゾーンを指定するように構成されたコントローラと、
前記コントローラに連結された測定システムであって、前記測定部位にある材料の組成分析を行うように構成された測定システムと、
を含む計測ツールを用意し、
特徴部を含む対象物の少なくとも一部を前記測定領域内に配置し、
前記特徴部と前記測定領域内の前記測定部位の位置とを互いに位置合わせし、
前記測定部位にある前記配置された対象物の一部の組成分析を行う、
方法。
【請求項２２】
前記コントローラは、前記測定領域内で複数の別個の測定部位を指定するように構成されており、
さらに、
前記配置された対象物の一部が測定部位にあるように、前記特徴部を前記測定システムに位置合わせをし、
その測定部位で前記配置された対象物の一部の組成分析を行う、
請求項２１の方法。
【請求項２３】
前記組成分析の際に、その測定部位で前記対象物内の深さの関数として前記配置された対象物の一部の組成を決定する、請求項２２の方法。
【請求項２４】
さらに、前記決定に基づいて前記対象物の一部の少なくとも１つの特性を定量的に推測する、請求項２３の方法。
【請求項２５】
前記特徴部と前記測定部位の位置とを互いに位置合わせする際に、前記対象物の位置の

調整、前記測定システムの調整、及び前記測定領域内の前記測定部位の空間的位置の調整からなる群から選択される少なくとも１つを行う、請求項２１の方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願に対する相互参照】

【０００１】

本出願は、2011年７月25日に出願された米国仮出願61/511,197の利益を主張するものであり、当該米国仮出願の内容は参照により本明細書に組み込まれる。

【背景】

【０００２】

本発明の実施形態は、対象物を特徴付けるための方法及びシステムに向けられている。また、本発明の実施形態は、対象物の組成分析に基づいて対象物に関連付けられた製造プロセス及び生産歩留まりをモニタリングするための方法及びシステムに向けられている。

【０００３】

世界市場は、プロセスツールの利用を改善し、生産された最終製品における性能の変動を減少させるように製造者に製品を生産することを促す傾向にある。これは、特にアクティブ固体電子デバイス（例えばダイオード、トランジスタ、サイリスタ、及び電荷キャリアの移動により動作する他のデバイス）、電子ディスプレイ（例えば液晶ディスプレイ、発光ダイオードディスプレイ、有機発光ダイオードディスプレイなど）、光デバイス、生物医学デバイス、医薬製品などの製品の製造の場合に当てはまる。これらの製品を製造するために使用されるプロセスの順序は複雑になり得るとともに、製造プロセスのある側面におけるわずかな変化が、好ましい不変の性能特性を有する製品を製造する能力に有害な影響を与える場合がある。

【発明の概要】

【０００４】

本明細書で述べられた本発明の一実施形態は、対象物の測定部位で上記対象物の組成を上記対象物内の深さの関数として決定し、上記決定に基づいて、上記測定部位に隣接する上記対象物の領域内における上記対象物の少なくとも１つの特性を定量的に推測する方法として例示的に特徴付けることができる。

【０００５】

本明細書で述べられた本発明の他の実施形態は、少なくとも１つのプロセス装置を含む製造システムにより実現可能な製造プロセスをモニタリングする方法であって、対象物内の測定部位で上記対象物の組成を上記対象物内の深さの関数として決定し、上記決定に基づいて、上記測定部位に隣接する上記対象物の領域内における上記対象物の少なくとも１つの特性を定量的に推測し、上記定量的推測に基づいて領域特性データを生成し、上記対象物を製造する又は上記対象物を修正するように構成された上記製造システムのプロセス装置に連結されたコントローラに上記推測された特性データを供給する方法として例示的に特徴付けることができる。

【０００６】

本明細書で述べられた本発明のさらに他の実施形態は、対象物を少なくとも部分的に配置可能な測定領域と、測定部位として上記測定領域内のゾーンを指定するように構成されたコントローラと、上記コントローラに連結された測定システムであって、上記測定部位にある材料の組成分析を行うように構成された測定システムとを含む計測ツールを用意する方法として例示的に特徴付けることができる。この方法では、さらに、特徴部を含む対象物の少なくとも一部を上記測定領域内に配置し、上記特徴部と上記測定領域内の上記測定部位の位置とを互いに位置合わせし、上記測定部位にある上記配置された対象物の一部の組成分析を行ってもよい。

【０００７】

さらなる実施形態、形態、対象物、特徴部、効果、側面、及び利点は、以下の説明及び図面から明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【０００８】
【図１】図１は、本発明の一実施形態において対象物を横断して分布する測定部位の例示的な構成を示す模式図である。
【図２】図２は、図１に示される任意の測定部位で得られる対象物の深さ方向の対象物組成を模式的に示す図である。
【図３】図３及び図４は、対象物のサンプルを取得して深さ方向の対象物組成を決定する例示的な方法を示している。
【図４】図３及び図４は、対象物のサンプルを取得して深さ方向の対象物組成を決定する例示的な方法を示している。
【図５】図５は、一実施形態において製造システム内に設けられる計測ツールを示す模式図である。
【図６】図６は、図５に示される計測ツールの一実施形態を示す模式図である。
【図７】図７は、対象物を横断して空間的に分布している、対象物の領域特性の推測された定量的な変化を模式的に示すプロット図である。
【図示された実施形態の詳細な説明】
【０００９】
以下、添付図面を参照しつつ本発明の例示の実施形態をより完全に説明する。これらの実施形態を変更して多くの異なる形態で実施してもよく、これらの実施形態を本明細書でなされた説明に限定して解釈すべきではないことは理解できよう。むしろ、これらの実施形態は、本開示が完全かつすべてを含むものであって、本発明の範囲を当業者に十分に伝えるように提供されるものである。図面においては、理解しやすいように、層や領域のサイズや相対的なサイズが誇張されている場合がある。
【００１０】
本明細書で使用される用語は、特定の例示的な実施形態を説明するためだけのものであり、本発明を限定することを意図しているものではない。本明細書で使用されるように、内容が明確にそうではないことを示している場合を除き、単数形は複数形を含むことを意図している。さらに、「備える」及び／又は「備えている」という用語は、本明細書で使用されている場合には、述べられた特徴、整数、ステップ、動作、要素、及び／又は構成要素の存在を特定するものであるが、１つ以上の他の特徴、整数、ステップ、動作、要素、構成要素、及び／又はそのグループの存在又は追加を排除するものではないことも理解されよう。
【００１１】
本明細書に開示された実施形態は、対象物を特徴付けて（そのような対象物を製造又は修正するために使用される）製造プロセスをモニタリングするための方法及び装置に向けられている。本明細書で述べられる実施形態により特徴付けられる対象物の例としては、集積回路（ＩＣ）、電力ＩＣ、高周波（ＲＦ）デバイス、光電池、熱電デバイス、液晶ディスプレイ（ＬＣＤ）パネル、発光ダイオード（ＬＥＤ）、ＬＥＤディスプレイ、有機ＬＥＤ（ＯＬＥＤ）、ＯＬＥＤディスプレイなどの製造に使用される基板（例えば、シリコン基板、二酸化ケイ素基板、酸化アルミニウム基板、サファイア基板、ゲルマニウム基板、ガリウムヒ素基板、シリコンゲルマニウム基板、リン化インジウム基板、窒化アルミニウム基板、シリコンカーバイド基板、板ガラス、ポリマーシートなど）といった基板が挙げられる。これらの基板は未処理基板あるいは少なくとも１つの製造プロセス（例えばドーピング、イオン注入、エッチング成膜、パターニング、ダイシングなど）を経た基板とすることができる。したがって、基板を（真正又はドープト）ベアウェハ、あるいはウェハ内又はウェハ上又はウェハ表面にわたって少なくとも１つの構造又は特徴部（例えばドープ領域、誘電層、トランジスタ、キャパシタ、抵抗器、導電構造、半導体構造、光吸収層、エピタキシャル層、反射防止コーティングなど）が形成された（真正又はドープト）ウェハとしてもよい。本明細書で例示的に述べられる実施形態は、上述したような基板を含まない対象物を特徴付けることにも適用できることが理解できよう。例えば、そのような対象物としては、考古学的材料、生体検定基板、及び他の生体材料、セラミック、地質

物質、医薬品（例えばピル）、金属、ポリマー、石油化学材料などがある。

【００１２】

一般的に、対象物は、該対象物内の複数の別個の測定部位や該対象物の深さ方向の組成を決定することによって特徴付けられる。例えば、図１を参照すると、対象物１００（例えば、複数の層を表面に有するサファイア基板）のような対象物の深さ方向の組成は、配置１０４において対象物１００全体に分布している測定部位１０２のような複数の別個の測定部位で決定することができる。対となる基準部位１０２の間の中心間距離、すなわちピッチ（ｐ）の最小値は０．１ｍｍから１０ｍｍの範囲内になり得る。例えば、対象物１００の最大寸法、所望の性質決定の分解能、対象物１００全体の組成の実際の変化又は予測される変化等あるいはこれらの組み合わせによっては、ピッチｐを０．１ｍｍよりも小さくしても、あるいは１０ｍｍよりも大きくしてもよいことは理解できよう。対象物の最大寸法（例えば、図示された対象物１００の直径）は、５０ｍｍから４５０ｍｍ（例えば、５０ｍｍや１５０ｍｍ、３００ｍｍ、４００ｍｍ、４５０ｍｍなど）の範囲になり得る。対象物の最大寸法を５０ｍｍよりも小さくしても（例えば、２５ｍｍ以下や１０ｍｍ以下など）、あるいは４５０ｍｍよりも大きくしても（例えば、５００ｍｍ以上や７００ｍｍ以上,９００ｍｍ以上、１ｍ以上など）よいことは理解できよう。配置１０４は、例えば、対象物１００の最大寸法、所望の性質決定の分解能、対象物１００全体の組成の実際の変化又は予測される変化等あるいはこれらの組み合わせに応じて任意の個数の測定部位１０２（例えば、１箇所の測定部位１０２や２個の測定部位１０２、３個の測定部位１０２、５０個の測定部位１０２など）を含んでいてもよいことは理解できよう。

【００１３】

例示的に示されているように、測定部位１０２の分布が対象物１００全体にわたって少なくとも実質的に均一になるように配置１０４を構成してもよい。しかしながら、他の実施形態においては、対象物１００全体にわたって測定部位１０２をランダムに分布させるように配置１０４を構成してもよい。さらに他の実施形態においては、ある配置において対となる測定部位１０２の間のピッチが他の配置において対となる測定部位１０２の間のピッチと異なるように、あるいは、ある配置における測定部位１０２の大部分を対象物１００に対して他の配置における測定部位１０２とは異なる方向に向けるようになど、あるいはこれらを組み合わせるように複数の配置で測定部位１０２を対象物１００全体にわたって分布させてもよい。

【００１４】

対象物１００の任意の測定部位１０２における対象物の深さ方向の組成は、対象物１００内での深さの関数としての対象物の組成（本明細書では「対象物組成」ともいう）として説明できる。例えば、図２に示されるチャート２００を参照すると、対象物１００内の深さ（例えば、対象物１００の表面からマイクロメートルやナノメートルなどの単位で測定される）の関数としての対象物１００内での元素の測定量（例えば、百万分の一や十億分の一などの単位で測定される）で対象物組成を表すことができる。図示された例においては、線２０２，２０４，２０６，２０８，２１０は、対象物１００内の深さ範囲全体にわたるガリウム、マグネシウム、インジウム、シリコン、アルミニウムの測定量をそれぞれ表している。図示された例においては、チャート２００により表される深さ方向の組成は、対象物１００がｐ－ＧａＮ領域２１２とＭＱＷ領域２１４とを有する多重量子ウェル（ＭＱＷ）ＬＥＤ構造を含んでいることを示している。しかしながら、対象物１００について意図された特定の機能に応じて対象物１００が深さ方向に任意の元素組成を有していてもよいことは理解できよう。他の実施形態においては、対象物１００内の深さの関数としての元素、同位体、化合物などの測定濃度等で対象物組成を表すことができる。

【００１５】

１箇所以上の測定部位１０２又はすべての測定部位１０２に対して任意の好適な又は望ましい方法で深さ方向の対象物組成を決定できることは理解できよう。例えば、非破壊的な手法、破壊的な手法、又はその組み合わせを用いて深さ方向の対象物組成を決定することができる。深さ方向の対象物組成を決定するために使用可能な非破壊的な手法の例とし

ては、光ルミネセンス、分光偏光解析、共焦点顕微鏡法等あるいはこれらの組み合わせが挙げられる。深さ方向の対象物組成を決定するために使用可能な破壊的な手法の例としては、グロー放電発光分光法（ＧＤＯＥＳ）、グロー放電質量分光法（ＧＤＭＳ）、レーザアブレーション誘導結合プラズマ質量分光法（ＬＡＩＣＰＭＳ）、レーザアブレーション誘導結合プラズマ発光分光法（ＬＡＩＣＰＯＥＳ）、レーザ励起破壊分光法（ＬＩＢＳ）、２次イオン質量分光法（ＳＩＭＳ）、集束イオンビーム発光分光法（ＦＩＢＯＥＳ）等あるいはこれらの組み合わせが挙げられる。

【００１６】

一般的に、深さ方向の対象物組成を決定するために使用される破壊的手法は、（例えば、対象物１００の一部を除去することにより）対象物１００のサンプルを取得し、取得したサンプルの組成を分析することを含み得る。例えば、図３を参照すると、対象物１００の一部を除去してサンプル３００（例えば、対象物１００から除去された材料を含むプルーム）を形成してもよい。図３に示されるように、対象物１００の一部からサンプル３００内の材料が除去され、測定部位 １０２で対象物１００の表面３０４から下方に向かって深さ「ｄ１」だけ延びる穴（pit）又は凹部（crater）３０２が形成される。このように、サンプル３０２の組成は、穴３０２を形成するために使用された対象物１００の一部から除去された材料の組成に対応する。質量分光法、発光分光法、原子吸光分光法など等あるいはこれらの組み合わせによりサンプル３００に対して組成分析を行うことが可能な任意の好適なサンプル分析装置にサンプル３００を移送してもよい。ある実施形態においては、一端が測定部位１０２の対象物１００の表面３０４に近接し、他端がサンプル分析装置に隣接した移送路を介してサンプル３００が移送される。

【００１７】

穴３０２の深さを大きくするために、先に図３に関連して述べた除去プロセスを行ってもよい。図４に示されるように、この除去プロセスを行って測定部位１０２で対象物の表面３０４から下方に向かって所望の深さ「ｄｎ」だけ延びる延長穴又は凹部３０２'を形成することができる。このように、図４に示されるサンプル３００の組成は、延長穴３０２'の下部（例えば一部４００）を形成するために使用される対象物１００の一部から除去された材料の組成に対応している。

【００１８】

ある実施形態では、（例えば、穴３０２が最初に形成された時点から延長穴３０２'が測定部位１０２で対象物１００の表面３０４から下方に向かって所望の深さ「ｄｎ」に達する時点まで）サンプル３００が連続的に生成されるように連続的に除去プロセスを行う。そのような実施形態においては、延長穴３０２'の形成中に生成されるサンプル３００を連続的に分析するようにサンプル分析装置を構成することができ、あるいは延長穴３０２'の形成中に生成されるサンプル３００を周期的に分析するようにサンプル分析装置を構成することができる。

【００１９】

他の実施形態においては、（例えば、穴３０２が最初に形成された時点から延長穴３０２'が測定部位１０２で対象物１００の表面３０４から下方に向かって所望の深さ「ｄｎ」に達する時点まで）一連のサンプル３００が別々に連続的に順次生成されるように除去プロセスを繰り返し行う。そのような実施形態においては、延長穴３０２'の形成中に生成される１個以上のサンプル３００又はすべてのサンプル３００を個別に連続的に分析するようにサンプル分析装置を構成することができる。

【００２０】

延長穴３０２'の深さ「ｄｎ」は、任意の好適な方法により計算、推測、あるいは決定することができる。例えば、延長穴３０２'を形成するために必要とされる予測時間、推測時間又は実際の時間と、延長穴３０２'を形成するために使用される除去プロセスに関連付けられた材料除去速度であって、予め決められた又は推測された又は予測された材料除去速度とを相互に関係付けることによって、深さ「ｄｎ」を決定することができる。他の例（例えば、一連の別個のサンプル３００が生成される場合）においては、延長穴３０

２'を形成するために生成されるサンプル３００の予測個数、推測個数又は実際の個数と、それぞれの別個のサンプル３００を生成するために使用される除去プロセスに関連付けられた材料除去速度であって、予め決められた又は推測された又は予測された材料除去速度とを相互に関係付けることによって、深さ「ｄｎ」を決定することができる。

【００２１】

任意の好適な方法によりサンプル３００を得てもよい。例えば、対象物１００の一部の蒸発、昇華、イオン化、アブレーションなどによりサンプル３００を得てもよい。一実施形態においては、対象物１００上にレーザパルスのビームを照射することによりサンプル３００を生成してもよい。レーザパルスのビームのパラメータを選択して、対象物１００上に１つ以上のレーザパルスを照射する際にサンプル３００が生成されるように対象物１００の一部をアブレートすることができる。レーザパルスのビームは、０．１Ｊ／ｃｍ^2～３０Ｊ／ｃｍ^{2}の範囲のレーザフルエンス、１５０ｆｓ～２０ｎｓのレーザパルス持続時間、１９３ｎｍ～２６６ｎｍの範囲の波長、１Ｈｚ～１００Ｈｚの範囲のパルス繰り返し率を有していてもよい。一実施形態においては、レーザパルスのビームは、８Ｊ／ｃｍ^{2}のレーザフルエンス、５ｎｓ未満のレーザパルス持続時間、１９３ｎｍの波長、１Ｈｚ～５Ｈｚの範囲のパルス繰り返し率を有していてもよい。しかしながら、ビームのパラメータを上述した範囲のいずれよりも小さくあるいは大きくなるように選択できることは理解できよう。また、レーザパルスのビームのパラメータを制御して穴の深さ、ひいてはサンプル３００に含まれる材料の量を正確に制御することができることは理解できよう。例えば、約１０ｎｍ～約３０ｎｍの範囲（例えば、２０ｎｍ、すなわち約２０ｎｍ）の深さに穴を形成する（又は徐々に延ばす）ように個々のレーザパルスのパラメータを選択することができる。

【００２２】

対象物１００を特徴付ける方法は、オプションとして、対象物１００のある領域内における対象物１００の少なくとも１つの特性（本明細書では「領域特性」ともいう）を定量的に推測することを含み得る。領域特性を定量的に推測する対象物１００の領域は、１箇所以上の測定部位１０２又はすべての測定部位１０２に隣接するものであってもよい。領域特性には、例えば、特定の組成（例えば、元素組成、同位体組成、分子組成など等あるいはこれらの組み合わせ）、電気的特性（例えば、電気伝導率、電気抵抗、閾値電圧、破壊電流など等あるいはこれらの組み合わせ）、光学的特性（例えば、光透過率、光反射率、吸光度、光エミッタンスなど等あるいはこれらの組み合わせ）、熱的特性（例えば、熱伝導率、熱膨張、比熱など等あるいはこれらの組み合わせ）、機械的特性（例えば、特定の性質の特性を有する部分の質量や厚さなど等あるいはこれらの組み合わせ）、磁気的特性（例えば、透磁率など）など等あるいはこれらの組み合わせが含まれ得る。

【００２３】

任意の好適な方法により対象物１００の領域特性を定量的に推測してもよい。例えば、事前に決められた深さ方向の対象物組成にモデル（例えば、特定の領域特性に関連付けられたパラメータ化されたモデル）を適用することにより対象物１００の領域特性を定量的に推測してもよい。このモデルは、実験的に決定された相関関係に基づいていてもよく、所定の深さ方向の対象物組成とこれに関連付けられた１つ以上の領域特性との間のその他の関係に基づいていてもよい。例えば、図２に関して先に述べた例示の実施形態の説明を続けると、例示の領域特性には、ＬＥＤ構造の順方向電圧（Ｖｆ）、ＬＥＤ構造により出射され得る光の中心波長（Ｗｄ）、ＬＥＤ構造の光出力（Ｉｖ）が含まれ得る。（図２において領域２１２で示される）Ｐ－ＧａＮ領域の厚さに（図２において線分２０４ａで示される）Ｐ－ＧａＮ領域内のマグネシウム含有量の深さ方向の変化及び（図２において領域２１２の下線領域２０４で示される）Ｐ－Ｇａ領域内のマグネシウム含有量の総量を乗算して順方向電圧（Ｖｆ）を定量的に推測してもよい。図２のＭＱＷ領域２１４内のアルミニウムに対するインジウムの比に（図２において線分２０６ａで示される）Ｐ－ＧａＮ領域内のインジウム含有量の深さ方向の変化及び図２に示されるＭＱＷ領域２１４の厚さを乗算して中心波長（Ｗｄ）を定量的に推測してもよい。図２のＭＱＷ領域２１４内のア

ルミニウムに対するインジウムの比に（図２において線分２０４ａで示される）Ｐ－ＧａＮ領域内のマグネシウム含有量の深さ方向の変化及び図２に示されるＭＱＷ領域２１４の厚さを乗算して光出力（Ｉｖ）を定量的に推測してもよい。

【００２４】

領域特性のモデルを適用する際に、１箇所以上の測定部位１０２又はすべての測定部位１０２での領域特性の定量的推測を定量的に推測してもよい。その後、１箇所以上の定量的に推測された部位の特徴又はすべての定量的に推測された部位の特徴に対して曲線近似のような手法（例えば、最小二乗近似、スムーズスプライン近似などによる）及び他の統計的手法を適応して、１箇所以上の測定部位１０２又はすべての測定部位１０２の間にある対象物１００の領域についての特性の定量的推測を生成してもよい。

【００２５】

上述した方法及び装置を応用して任意の好適な対象物１００を特徴付けることができ、上述した方法及び装置は手動又は自動の方法により実現できることは理解できよう。さらに、一実施形態においては、上記で例示的に開示された方法を実施可能な装置を製造プロセスのインラインモニタリングのために利用可能な計測ツールとして製造システム内に組み込むことができる。例えば、製造システム５００のような製造システムは、第１のプロセス装置５０２と第２のプロセス装置５０４を含み得る。これらプロセス装置のそれぞれは、１つ以上の製造プロセスを行うように構成される。製造システム５００は、２つのプロセス装置のみを含むものとして示されているが、製造システム５００は、単一のプロセス装置のみを含んでいてもよく、あるいは３以上のプロセス装置を含んでいてもよいことは理解できよう。製造システム５００内のいずれのプロセス装置も任意の所望の製造プロセスを行うことができるように構成し得る。例えば、プロセス装置として、成膜装置（例えば、スパッタ成膜装置、化学気相成長（ＣＶＤ）装置、プラズマ促進化学気相成長（ＰＥＣＶＤ）装置、有機金属化学気相成長（ＭＯＣＶＤ）装置、原子層成膜（ＡＬＤ）装置など）やエッチング装置（例えば、ウェットエッチング装置、ドライエッチング装置など）、ＣＭＰ装置、イオン注入装置など等あるいはこれらの組み合わせを用いることができる。

【００２６】

図２に関して述べた上記例示の実施形態を続けると、第１のプロセス装置５０２は、上述したＭＱＷ　ＬＥＤ構造の少なくとも一部を形成するように構成されたＭＯＣＶＤを含んでいてもよく、第２のプロセス装置５０４は、ＭＱＷ　ＬＥＤ構造をパターニングして電極用接点領域を形成するように構成されたドライエッチング装置を含んでいてもよい。製造システム５００は、対象物１００のＭＱＷ　ＬＥＤ構造から最終的に形成されたＬＥＤデバイスを複数の個々のＬＥＤデバイスに分離するように構成されたシンギュレーション装置のような他のプロセス装置をさらに含んでいてもよいことは理解できよう。

【００２７】

製造システム５００は、１つ以上のプロセス装置に（例えば、第１のプロセス装置５０２及び第２のプロセス装置５０４に）連結されたプロセスコントローラ５０６をさらに含んでいてもよく、それに連結されたプロセス装置の動作を制御するように構成されていてもよい。一般的に、プロセスコントローラ５０６は、様々な制御機能、管理機能、及び／又は規制機能を規定し、ハードワイヤード状態の装置、プログラミング命令を実行するプロセッサのような専用ハードウェアの形態、及び／又は当業者が考えるであろう異なる形態であってもよい動作ロジック（図示せず）を含み得る。動作ロジックは、デジタル回路、アナログ回路、又はこれらの種類の両方のハイブリッド結合を含んでいてもよい。一実施形態においては、動作ロジックは、メモリ（図示せず）に格納されたソフトウェア及び／又はファームウェアを実行するように構成された１つ以上の処理ユニットを含み得るプログラミング可能なマイクロコントローラ又はマイクロプロセッサを含んでいる。メモリは、半導体、磁気、及び／又は光学を含む１以上の種類を含んでいてもよく、及び／又は揮発性及び／又は不揮発性の種類であってもよい。一実施形態においては、メモリは、動作ロジックのプログラミング命令を格納する。これに代えて、あるいはこれに追加して、

メモリは、動作ロジックにより操作されたデータを格納してもよい。ある構成においては、動作ロジック及びメモリは、第１のプロセス装置５０２及び第２のプロセス装置５０４の動作的側面を管理及び制御する動作ロジックのコントローラ／プロセッサの１つの形態に含まれるが、他の実施形態においては動作ロジック及びメモリは分離され得る。

【００２８】

製造システム５００は、（例えば、プロセスコントローラ５０６の制御下において）対象物１００を製造システム５００の種々のプロセス装置にあるいは種々のプロセス装置から移送するように構成された対象物移送システム５０８をさらに含んでいてもよい。例えば、この対象物移送システム５０８は、（例えば、それぞれ対象物１００を取り扱うように適合された真空又は静電エンドエフェクタを有する）１つ以上のロボット移送アーム、（例えば、プロセス装置にあるいはプロセス装置から対象物１００を移動するように構成された）１つ以上のコンベアベルトなど等あるいはこれらの組み合わせを含んでいてもよい。一実施形態においては、対象物移送システム５０８は、製造システム５００内において複数の対象物を効率的に移送することを促進するためのカセットや他の格納機構を含んでいてもよい。

【００２９】

製造システム５００は、上記で典型的に述べられた方法で対象物１００を特徴付けるように構成された計測ツール５１０をさらに含んでいてもよい。製造システム５００は１つの計測ツール５１０のみを含むものとして示されているが、製造システム５００は、製造システム５００内に含まれる任意のプロセス装置により製造された対象物を特徴付けるように構成された計測ツール５１０を任意の数だけ含んでいてもよいことは理解できよう。

【００３０】

例示的に示されているように、計測ツール５１０は、測定領域５１２と測定システム５１４と計測コントローラ５１６とを含み得る。一般的に、測定領域５１２は、対象物１００の少なくとも一部を受け入れるように構成されている。一実施形態においては、対象物移送システム５０８は、対象物１００を（例えば、第１のプロセス装置５０２から）測定領域５１２に移送及び／又は測定領域５１２から（例えば、第２のプロセス装置５０４に）移送するように構成されていてもよい。測定システム５１４は、対象物１００が測定領域５１２内に配置されたときに、（例えば、１箇所以上の測定部位１０２で）対象物１００の深さ方向の組成を決定するように構成されている。計測コントローラ５１６は、対象物１００の深さ方向の組成が決定される測定部位として測定領域５１２内の１つ以上のゾーンを指定するように構成されている。計測コントローラ５１６は、測定システム５１４を制御して指定された測定部位で対象物１００の深さ方向の組成を決定するようにさらに構成されていてもよい。

【００３１】

一実施形態においては、計測ツール５１０は、内部が測定領域５１２を規定するチャンバを含んでいる。このチャンバは任意の好適な種類であってもよい。他の実施形態では、計測ツール５１０は、測定領域５１２の周囲を規定する不活性ガス（例えば、空気、窒素、アルゴンなど）の流れを生成するように構成されるガスカーテン生成器を含んでいる。測定領域５１２内の圧力を０．１ａｔｍ～５ａｔｍの範囲で維持してもよい。しかしながら、測定領域５１２内の圧力は０．１ａｔｍよりも低くても５ａｔｍよりも高くてもよいことは理解できよう。また、測定領域の雰囲気は、少なくとも実質的に不活性であってもよい。測定領域５１２は第１のプロセス装置５０２及び第２のプロセス装置５０４のそれぞれの外側にあるものとして示されているが、測定領域５１２が第１のプロセス装置５０２又は第２のプロセス装置５０４の内部に位置するように計測ツール５１０を構成してもよいことは理解できよう。例えば、第１又は第２のプロセス装置５０２又は５０４のプロセスチャンバ内に測定領域５１２を規定してもよい。

【００３２】

測定システム５１４は、上述したような対象物１００の深さ方向の組成を決定可能な好適なシステムとすることができる。例えば、測定システム５１４は、光ルミネセンスシス

テム、分光エリプソメトリーシステム、共焦点顕微鏡システム、ＧＤＯＥＳシステム、ＧＤＭＳシステム、ＬＡＩＣＰＭＳシステム、ＬＡＩＣＰＯＥＳシステム、ＬＩＢＳシステム、ＳＩＭＳシステム、ＦＩＢＯＥＳシステムなど等あるいはこれらの組み合わせであってもよい。測定システム５１４は、決定された深さ方向の対象物組成を組成データとして計測コントローラ５１６に通信してもよい。一実施形態においては、測定システム５１４はＬＡＩＣＰＭＳシステム又はＬＡＳＩＣＰＯＥＳシステムであり、測定領域５１２は、2011年12月23日に出願された同じく係属中の米国特許出願13/336,991に例示的に述べられているチャンバである非接触アブレーションチャンバのようなチャンバにより規定される。（この米国特許出願の内容は全体として参照により本明細書に組み込まれる。）

【００３３】

図６を参照すると、計測ツール５１０は、オプションとして、測定システム５１４に対して対象物１００の位置合わせをするように構成された対象物位置決めシステム６００を含んでいてもよい。対象物位置決めシステム６００は、（例えば、Ｘ方向、Ｙ方向、及び／又はＺ方向、Ｒ方向、Θ方向、及び／又はＺ方向などに等あるいはこれらの組み合わせ）測定システム５１４に対して対象物１００を移動するように構成されたステージであってもよい。他の実施形態では、対象物１００に対して移動するように測定システム５１４の少なくとも一部を構成してもよい。対象物位置決めシステム６００及び測定システム５１４の一方又は双方の移動は、手動で、あるいは例えば、計測コントローラ５１６の制御下において動作する１つ以上のモータ、アクチュエータなどにより行ってもよい。

【００３４】

対象物位置決めシステム６００及び測定システム５１４の一方又は双方の移動は、既知の方法又は所望の方法で対象物１００の位置を測定システム５１４に合わせるように行ってもよい。一実施形態においては、計測ツール５１０は、測定領域５１２内での対象物１００の位置を検出するデバイス（例えばカメラ６０２）をさらに含んでいてもよい。例えば、このカメラ６０２は、対象物１００のエッジやアライメントマーク、対象物１００上の素子やスクライブラインなどのような１つ以上の特徴部を視覚的に検出することにより対象物１００の位置を検出してもよい。対象物１００の検出された位置を計測コントローラ５１６により（例えば、対象物位置決めシステム６００を介して）測定システム５１４及び／又は対象物１００の移動を制御するために用いてもよい。

【００３５】

他の実施形態においては、指定された測定部位の空間的な位置を測定領域５１２内で調整することにより、測定システム５１４に対する対象物１００の実際の位置合わせを計測コントローラ５１６内で行ってもよい。そのような実施形態においては、カメラ６０２により検出された１つ以上の特徴部に対して指定された測定部位を位置合わせすることにより、対象物１００に対して指定された測定部位の位置合わせを測定領域５１２内で行ってもよい。

【００３６】

図５及び図６を参照すると、測定システム５１４から受信した組成データに基づいて対象物１００の１つ以上の領域特性を定量的に推測するように計測コントローラ５１６を構成することができる。一実施形態においては、計測コントローラ５１６は、上記定量的に推測された対象物１００の１つ以上の領域特性をプロセスコントローラ５０６に、あるいは出力デバイス（例えば、モニタやプリンタなど）など等あるいはこれらの組み合わせに領域特性データとして通信してもよい。他の実施形態においては、計測コントローラ５１６は、組成データをプロセスコントローラ５０６に通信してもよい。そして、プロセスコントローラ５０６が、受信した組成データ、領域特性データ等あるいはこれらの組み合わせに基づいて製造システム５００の１つ以上の構成要素の動作を修正してもよい。

【００３７】

例えば、計測コントローラ５１６により通信されたデータが、第１のプロセス装置５０２が対象物１００のある部分（例えば、ＭＱＷ　ＬＥＤ構造）を必要とされているように製造しなかったことを示している場合に、第１のプロセス装置５０２が確実にＭＱＷ　Ｌ

ＥＤ構造を必要とされているように製造するようにプロセスコントローラ５０６が第１のプロセス装置５０２の動作を修正してもよい。他の例においては、計測コントローラ５１６により通信されたデータが、第１のプロセス装置５０２が対象物１００のある部分（例えば、ＭＱＷ　ＬＥＤ構造）を必要とされているように製造しなかったことを示している場合に、第１のプロセス装置５０２が製造した方法を第１のプロセス装置５０２により補填するようにプロセスコントローラ５０６が第２のプロセス装置５０２の動作を修正してもよい。このように、計測ツール５１０により生成されたデータを用いて製造システム５００により行われる製造プロセスをリアルタイムでモニタリングすることができる。さらに他の例においては、プロセスコントローラ５０６が対象物移送システム５０８の動作を制御し、対象物１００を他のプロセス装置（図示せず）又は製造システム５００内の他の位置に送って計測コントローラ５１６により通信されたデータに基づいて対象物１００が完成される方法を最適化してもよい。

【００３８】

一実施形態においては、計測コントローラ５１６は、組成データ及び領域特性データをコンピュータモニタやプリンタなど等あるいはこれらの組み合わせのようなユーザによりアクセス可能な出力デバイスに通信してもよい。そのようなユーザによりアクセス可能な出力デバイスに通信する際に、組成データを図２に示すような視覚フォーマットで表してもよい。そのようなユーザによりアクセス可能な出力デバイスに通信する際に、領域特性データをユーザに対して意味があるように表してもよい。例えば、先に図２に関して述べた例示の実施形態を続けると、対象物１００にわたる空間的な位置の関数としての領域特性（例えば、ＭＱＷ　ＬＥＤ構造の順電圧）の変化を示す２次元プロットとして領域特性データを視覚的に表してもよい。図７に例示的に示されているように、異なる範囲に属する領域特性の定量的推測を視覚的に別個の領域７０２，７０４，７０６として表してもよい。図７においては、１つの領域特性だけに対するデータが２次元プロットとして視覚的に表されているが、他の任意の形態で（例えば、対象物にわたる対象物内の空間的位置の関数領域特性の変化を示す３次元プロットとして）領域特性データを視覚的に表してもよいことは理解できよう。また、複数の領域特性に対するデータを同時に視覚的に表してもよいことも理解できよう。

【００３９】

図５及び図６を参照すると、一般的に、計測コントローラ５１６は、様々な制御機能、管理機能、及び／又は規制機能を規定し、ハードワイヤード状態の装置、プログラミング命令を実行するプロセッサのような専用ハードウェアの形態、及び／又は当業者が考えるであろう異なる形態であってもよい動作ロジック（図示せず）を含み得る。動作ロジックは、デジタル回路、アナログ回路、又はこれらの種類の両方のハイブリッド結合を含んでいてもよい。一実施形態においては、動作ロジックは、メモリ（図示せず）に格納されたソフトウェア及び／又はファームウェアを実行するように構成された１つ以上の処理ユニットを含み得るプログラミング可能なマイクロコントローラ又はマイクロプロセッサを含んでいる。メモリは、半導体、磁気、及び／又は光学を含む１以上の種類を含んでいてもよく、及び／又は揮発性及び／又は不揮発性の種類であってもよい。一実施形態においては、メモリは、動作ロジックのプログラミング命令を格納する。これに代えて、あるいはこれに追加して、メモリは、動作ロジックにより操作されたデータを格納してもよい。ある構成においては、動作ロジック及びメモリは、計測ツール５１０の他の構成要素（例えば、対象物位置決めシステム６００やデバイス６０２など）だけではなく、測定システム５１４の動作的側面を管理及び制御する動作ロジックのコントローラ／プロセッサの１つの形態に含まれるが、他の実施形態においては動作ロジック及びメモリは分離され得る。

【００４０】

以下の実施形態は、当業者が本発明を製造し使用し得る程度に十分に詳しく述べられる。また、本開示に基づいて他の実施形態も明らかになるであろうし、請求項に規定された本発明の範囲を逸脱することなくプロセス的変更又は機械的変更が可能であることも理解されよう。以下の実施形態では、本発明の完全な理解のために、多くの具体的な詳細が述

べられる。しかしながら、これらの具体的な詳細がなくても本発明を実施可能であることは明らかであろう。本発明を不明瞭にすることを避けるために、既知のシステム構成及びプロセス工程は詳細に開示されていない。同様に、システムの実施形態を示す図面は模式的であり、縮尺が合っているものではない。特に、寸法の一部は、説明を明確にするためのものであって、図面においては非常に誇張されて示されている。加えて、共通の特徴を有する複数の実施形態が開示され述べられている場合には、その図示、説明、及び理解を簡潔にし、容易にするために、互いに類似する同様の特徴は通常同様の参照番号で説明される。

【図１】

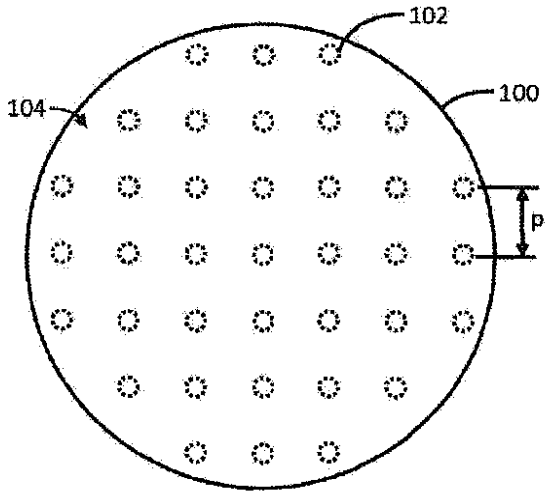
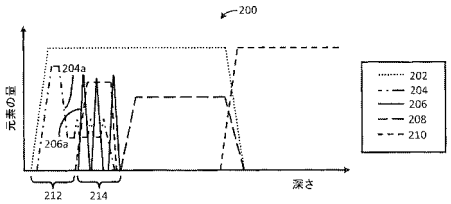


FIG. 1

【図２】



【図３】

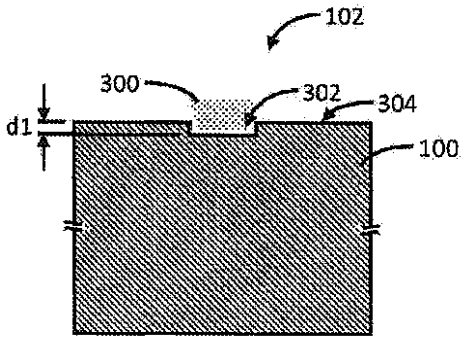


FIG. 3

【図４】

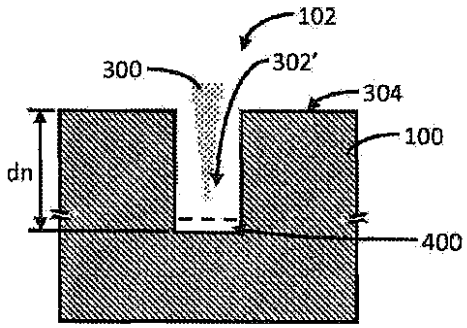
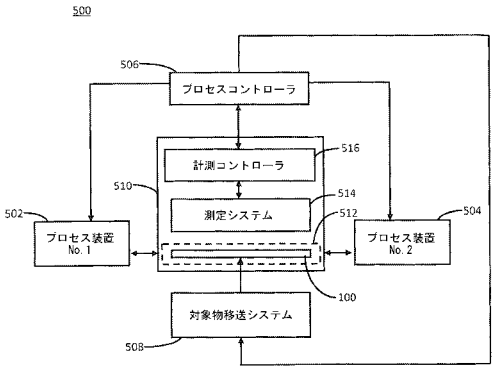
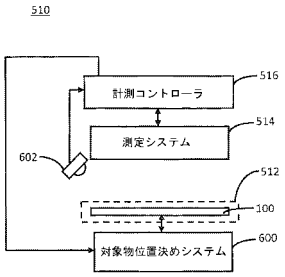


FIG. 4

【図５】



【図６】



【図７】

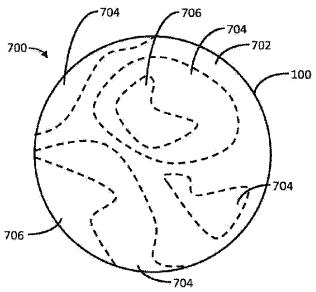


FIG. 7

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2012/048090

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B 11/00(2006.01)i, G01N 21/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01B 11/00; G01B 11/02; G01B 11/24; H01J 37/29; G01B 11/14; G01N 21/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Korean utility models and applications for utility models
Japanese utility models and applications for utility models

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: measurement, composition, function of depth

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 7298496 B2 (HILL, H. A.) 20 November 2007 See claims 1-25 and figures 1-8.	1-25
A	US 2002/0018217 A1 (WEBER-GRABAU, M. et al.) 14 February 2002 See claims 1-42 figures 1-5.	1-25
A	US 6037588 A (LIU, G. et al.) 14 March 2000 See claims 1-20 and figures 1-12.	1-25
A	US 2010/0271621 A1 (LEVY, A. et al.) 28 October 2010 See claim 1 and figures 1-27.	1-25

☐ 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 but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of 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
27 FEBRUARY 2013 (27.02.2013)	**28 FEBRUARY 2013 (28.02.2013)**
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon Metropolitan City, 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140	Authorized officer HWANG, Joon Seok Telephone No. 82-42-481-5714

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/US2012/048090

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 7298496 B2	20.11.2007	US 2005/275848 A1	15.12.2005
US 2002/0018217 A1	14.02.2002	None	
US 6037588 A	14.03.2000	JP 11-037962 A	12.02.1999
		JP 3260663 B2	25.02.2002
US 2010/0271621 A1	28.10.2010	AU 2001-95060 A1	02.04.2002
		EP 1319244 A1	18.06.2003
		JP 2004-513509 A	30.04.2004
		US 2004/0235205 A1	25.11.2004
		US 6891627 B1	10.05.2005
		US 7751046 B2	06.07.2010
		US 8179530 B2	15.05.2012
		WO 02/25708 A2	28.03.2002

フロントページの続き

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

(72)発明者 オコナー，キアラン・ジョン，パトリック
アメリカ合衆国，５９７１８ モンタナ州，ボーズマン，クリフデン・ドライブ ４７５
(72)発明者 ウィルキンス，ジェイ
アメリカ合衆国，５９７１４ モンタナ州，ベルグレイド，ディナ・レーン ５１

Ｆターム(参考) 2G041 CA01 DA14 DA16