

(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2013-501360

(P2013-501360A)

(43) 公表日 平成25年1月10日 (2013.1.10)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/266 (2006.01)	H O 1 L 21/265 M	5 C O 3 4
H O 1 J 37/317 (2006.01)	H O 1 J 37/317 C	
H O 1 L 21/265 (2006.01)	H O 1 J 37/317 B	
	H O 1 L 21/265 6 O 2 Z	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2012-523091 (P2012-523091)
 (86) (22) 出願日 平成22年7月30日 (2010.7.30)
 (85) 翻訳文提出日 平成24年2月2日 (2012.2.2)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2010/043912
 (87) 国際公開番号 W02011/014779
 (87) 国際公開日 平成23年2月3日 (2011.2.3)
 (31) 優先権主張番号 61/229, 852
 (32) 優先日 平成21年7月30日 (2009.7.30)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 12/845, 665
 (32) 優先日 平成22年7月28日 (2010.7.28)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 500324750
 バリアン・セミコンダクター・エクイップ
 メント・アソシエーツ・インコーポレイテ
 ッド
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州019
 30, グロスター, ドリー・ロード35
 (74) 代理人 110000877
 龍華国際特許業務法人
 (72) 発明者 リオードン、ベンジャミン、ビー、
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州019
 30, グロスター, ドリー・ロード35
 バリアン・セミコンダクター・エクイップ
 メント・アソシエーツ・インコーポレイテ
 ッド内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ファラデープローブを利用したマスクの状態のモニタリング

(57) 【要約】

【解決手段】 イオン注入装置において、イオン電流測定器は、ターゲット基板がプラテン上に位置していると仮定して当該ターゲット基板の表面と同一平面になるように、マスクの後方に、配置されている。イオン電流測定器は、イオンビームを横切るように並進させられる。マスクの複数の開口を通過するように方向付けられているイオンビームの電流は、イオン電流測定器を用いて測定される。このようにして、イオン電流測定器によって測定されたイオン電流プロファイルに基づき、イオンビームに対するマスクの位置およびマスクの状態を決定するとしてよい。

【選択図】 図4

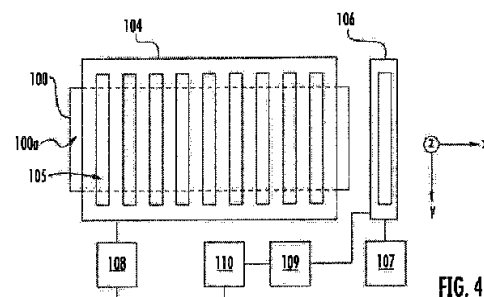


FIG. 4

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

イオン注入装置においてマスクをアラインメントする方法であって、
ターゲット基板を支持するように構成されているプラテンに対してマスクの複数の開口を通過するようにイオンビームを方向付ける段階と、

前記ターゲット基板が前記プラテン上に位置していると仮定して前記ターゲット基板に対して略同一平面となるように、前記マスクの後方に、イオン電流測定器を配置する段階と、

前記イオンビームを横切るように前記イオン電流測定器を並進させる段階と、

前記イオン電流測定器を前記イオンビームを横切るように並進させる際に前記イオン電流測定器の位置を記録する段階と、

記録される前記位置において、前記イオン電流測定器を用いて、前記マスクの前記複数の開口を通過するように方向付けられている前記イオンビームの電流を測定する段階と、

前記記録される位置のそれぞれにおいて、前記イオン電流測定器から測定された前記イオンビームの電流を受け取ることに応じて、電流信号を生成する段階と、

前記電流信号をコントローラに送信する段階と、

平均イオンビーム角度が前記マスクの前記複数の開口のうち中央に位置する一の開口に対してセンタリングされるように制御信号を、前記制御信号に基づいて前記イオンビームまたは前記マスクのうち少なくとも 1 つを位置決めするために用いられる前記コントローラによって生成する段階と

を備える方法。

【請求項 2】

前記マスクの位置の制御は、

マスク並進機構に信号を送ることと、

前記マスク並進機構が受信した前記信号に基づき、前記ターゲット基板に対して前記マスクをずらすことと

を有する請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記ターゲット基板に対して前記マスクをずらすことは、前記プラテンから直線状に所定距離だけ離して前記マスクを可变的に位置決めすることを含む請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記プラテンに対して前記マスクをずらすことは、前記プラテンに対して角度を持つように前記マスクを可变的に位置決めする段階を含む請求項 2 に記載の方法。

【請求項 5】

前記イオン電流測定器を並進させる段階はさらに、接続された並進機構を用いて前記イオン電流測定器を並進させる段階を有し、前記並進機構は、前記イオンビームを横切るように前記イオン電流測定器を移動させるサーボモータを有する請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記記録されている位置において、前記イオン電流測定器を用いて、前記マスクの前記複数の開口を通過するように方向付けられている前記イオンビームの電流を測定する段階はさらに、前記イオン電流測定器からグラウンドへと流れる前記電流を測定する段階を有する請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記イオン電流測定器は、ファラデープローブである請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記イオン電流測定器は、前記マスクの前記複数の開口のそれぞれを通過するように方向付けられる前記イオンビームの一部に対応付けて、複数のイオン電流測定値を提供する複数のファラデープローブを有する請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

イオン源と、

10

20

30

40

50

前記イオン源からイオンを抽出してイオンビームを形成し、前記イオンビームをプラテンに向けて方向付けるビームライン組立体と、

前記プラテンの前方に配置されており、前記プラテンに向けて前記イオンビームの一部を通過させる複数の開口を有するマスクと、

ターゲット基板が前記プラテン上に位置していると仮定して前記ターゲット基板の表面と略同一平面に配置されており、前記イオンビームを横切るように並進し、前記イオンビームを横切るように並進すると前記複数の開口を介して受信した前記イオン電流に比例した信号を生成するイオン電流測定器と、

前記イオン電流測定器から前記信号を受信して、前記マスクの前記複数の開口のうち 1 以上の開口を通る前記イオンビームの角度と、ターゲット基板とをアラインメントするように、前記マスクの配向を決定するコントローラと
を備えるイオン注入システム。

10

【請求項 10】

前記コントローラは、前記マスクの位置と、受信した前記信号とを比較し、前記イオン注入システムはさらに、

前記マスクに接続されており、前記コントローラと通信するように結合されている並進機構を備え、

前記並進機構は、前記イオン電流測定器からの前記信号に応じて前記マスクの位置を修正する請求項 9 に記載のイオン注入システム。

20

【請求項 11】

イオン注入装置で利用されるマスクの状態を判断する方法であって、

イオンビームに対して直交するように配置されているマスクの、それぞれが所定の長さおよび幅を持つ複数の開口を通過するように、ターゲット基板を支持するべく構成されているプラテンに向けて前記イオンビームを方向付ける段階と、

前記ターゲット基板が前記プラテン上に位置すると共に前記イオンビームに対して直交していると仮定して前記ターゲット基板に対して同一平面となるように、前記マスクの後方に、イオン電流測定器を配置する段階と、

前記イオンビームを横切るように、前記マスクの前記複数の開口に対して角度を持って、前記イオン電流測定器を並進させる段階と、

前記イオンビームを横切るように前記イオン電流測定器を並進させる際に前記イオン電流測定器に入射するイオンビーム電流を検出し、検出した前記イオンビーム電流は前記複数の開口のそれぞれの長さの一部分に対応付ける段階と、

30

前記イオンビームを横切るように前記イオン電流測定器を並進させる際に、前記イオン電流測定器の位置および角度を記録する段階と、

記録される前記位置において、前記イオン電流測定器を用いて、前記マスクの前記複数の開口を通過するように方向付けられている前記イオンビームの電流を測定する段階と、

前記記録される位置および角度のそれぞれにおいて、前記イオン電流測定器から測定された前記イオンビームの電流を受け取ることに応じて、電流信号を生成する段階と、

前記イオンビームを横切るように前記イオン電流測定器を並進させる際に、生成された前記電流信号に基づいて、前記複数の開口のそれぞれについて電流プロフィールを作成する段階と、

40

前記複数の開口のそれぞれの長さの一部分に対応する、前記複数の開口のそれぞれの幅を決定する段階と

を備える方法。

【請求項 12】

前記マスクの前記複数の開口に対して前記イオン電流測定器の角度を変化させる段階をさらに備える請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

イオン注入装置においてイオンビームの入射角度を測定する方法であって、

ターゲット基板がプラテン上に位置している場合に、前記ターゲット基板と同一平面と

50

なるように、複数の電流センサを含むイオンビーム検出組立体を位置決めする段階と、
前記イオンビーム検出組立体に入射するイオンビームを提供する段階と、
前記複数の電流センサのそれぞれに対応付けて前記イオンビームの電流を検出する段階と、

検出された前記イオンビームの電流を用いて、前記複数の電流センサのそれぞれに対する入射角度を算出する段階と、

前記入射角度を分析して前記イオンビームの均一性を判断する段階と、

算出された前記入射角度に基づいて、前記イオンビームの電流を調整する段階とを備える方法。

【請求項 14】

10

イオン源と、

前記イオン源からイオンを抽出してイオンビームを形成し、ターゲット基板を支持するために用いられるプラテンに向けて前記イオンビームを方向付けるビームライン組立体と、

前記プラテンの前方に配置されており、前記プラテンに向けて前記イオンビームの一部を通過させる複数の開口を有するマスクと、

前記ターゲット基板が前記プラテン上に位置していると仮定して前記ターゲット基板と略同一平面に配置されており、前記イオンビームを横切るように並進し、前記イオンビームを横切るように並進する際に前記複数の開口を介して受信した前記イオン電流に比例した信号を生成するイオン電流測定器と、

20

前記イオン電流測定器から前記信号を受信して、前記ターゲット基板が前記プラテン上に位置していると仮定して、前記マスクの前記複数の開口のうち 1 以上の開口を通る前記イオンビームの角度が前記ターゲット基板とアラインメントされるように、前記マスクの配向を決定するコントローラと

を備えるイオン注入システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、デバイス製造分野に関する。より具体的に説明すると、本開示は、マスクを利用したイオン注入処理、および、イオン注入時に利用されるマスクの状態をモニタリングする装置およびシステムに関する。

30

【背景技術】

【0002】

イオン注入処理は、伝導型を変化させる不純物を基板内に注入するために用いられる標準的な技術である。基板内でのドーピングプロファイルをおよび対応する薄膜構造を正確に制御することは、デバイス性能を適切なものとする上で重要な点である。一般的に、所望の不純物材料をイオン源でイオン化して、イオンを加速して所定のエネルギーのイオンビームを形成し、イオンビームを基板の表面に当てる。イオンビームに含まれるエネルギーを持ったイオンは、基板材料のバルクに進入して、基板材料の結晶格子内に埋め込まれて、所望の伝導型を持つ領域が形成される。

40

【0003】

このようなイオン注入装置は、所望のドーパントをシリコン基板に注入して太陽電池を形成するために利用されるとしてよい。このような太陽電池は、繰り返し利用可能な天然資源を利用し、汚染を発生させず、誰もが利用可能なエネルギーを提供する。環境に関する関心が高まり、エネルギーコストが上昇しているので、太陽電池の重要性が世界的に高まりつつある。製造コストの低減または高性能太陽電池の生産性の向上または高性能太陽電池の効率の改善は、太陽電池を全世界で採用する動きを後押しすることになるだろう。この結果、クリーンなエネルギー技術の利用可能性を広げることができるであろう。

【0004】

太陽電池では、効率を改善するためにドーピングが必要となる場合がある。図 1 は、選

50

択エミッタ型太陽電池を示す断面図である。エミッタ200に対してドーピングを行って、コンタクト202の下方の領域201にドーパントを追加することで、効率の上昇を図っているとしてよい。領域201のドーピング濃度を高くすることで導電性を改善し、コンタクト202間でのドーピング濃度を低くすることで電荷収集を改善する。コンタクト202は、離間距離が約2 - 3 mmに過ぎない場合がある。領域201は、横幅が約100 - 300 μm に過ぎない場合がある。

【0005】

図2は、インターデジットバックコンタクト型（IBC）の太陽電池を示す断面図である。IBC型太陽電池では、太陽電池の背面に接合部が設けられている。この特定の実施形態のドーピングパターンでは、P型ドーパント領域およびN型ドーパント領域が交互に設けられている。P+型のエミッタ203およびN+型の裏面フィールド204は、ドーピングされているとしてよい。このドーピングによって、IBC型太陽電池の接合部は、機能でき、または、効率が改善できるとしてよい。

10

【0006】

太陽電池は従来、ドーパントを含有するガラスまたはペーストを、太陽電池内にドーパントを拡散させるように加熱した上で用いてドーピングされていた。この方法では、太陽電池のさまざまな領域に正確にドーピングすることができず、空洞、気泡または汚染物質があると、ドーピングが不均一になってしまう場合がある。イオン注入処理が太陽電池にとって有益なのは、イオン注入処理を採用することで太陽電池に正確にドーピングを行うことが可能となるためである。しかし、太陽電池に対してイオン注入処理を行うためには、所定のドーパントパターンが必要となる、つまり、太陽電池基板の所定の領域のみにイオンを注入する必要があるとしてよい。従来は、基板の所定の領域のみにイオン注入を行うためには、フォトレジストを利用してイオン注入処理を実行していた。しかし、フォトレジストを利用すると、処理工程が増えるので、太陽電池製造コストが上昇することになる。太陽電池表面に設けられる他のハードマスクも同様に、高コストであり、処理工程を増やす必要が出てくる。したがって、マスクを利用してイオン注入を行う方法を改善する必要がある。特に、イオン注入処理で利用されるマスクの状態をモニタリングする必要がある。

20

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

30

【0007】

本発明の実施形態例は、イオン注入装置におけるマスクのアラインメントを決定する装置および方法に関する。方法の一例によると、ターゲット基板を支持するように構成されているプラテンに対してマスクの複数の開口を通過するようにイオンビームを方向付ける。ターゲット基板がプラテン上に位置していると仮定して、ターゲット基板に対して略同一平面上となるように、マスクの後方に、イオン電流測定器を配置する。イオンビームを横切るように、イオン電流測定器を並進させる。イオンビームを横切るようにイオン電流測定器を並進させる際にイオン電流測定器の位置を記録する。記録される位置において、イオン電流測定器を用いて、マスクの複数の開口を通過するように方向付けられているイオンビームの電流を測定する。記録される位置のそれぞれにおいて、イオン電流測定器から測定されたイオンビームの電流を受け取ることに応じて、電流信号を生成する。電流信号をコントローラに送信し、平均イオンビーム角度の中心がマスクの複数の開口のうち中央に位置する一の開口となるように、イオンビームまたはマスクのうち少なくとも1つを位置決めするために用いられる制御信号をコントローラによって生成する。

40

【0008】

一実施形態例によると、イオン注入システムは、イオン源と、ビームライン組立体と、マスクと、イオン電流測定器と、コントローラとを備える。ビームライン組立体は、イオン源からイオンを抽出してイオンビームを形成し、イオンビームをプラテンに向けて方向付ける。マスクは、プラテンの前方に配置されている。マスクは、プラテンに向けてイオンビームの一部分を通過させる複数の開口を有する。イオン電流測定器は、ターゲット基

50

板がプラテン上に位置していると仮定して、ターゲット基板の表面と略同一平面上に配置されている。イオン電流測定器は、ターゲット基板の表面に対して同一平面上で、イオンビームを横切るように並進する。イオン電流測定器はさらに、イオン電流測定器がイオンビームを横切るように並進すると前記複数の開口を通して受信したイオン電流に比例した信号を生成する。コントローラは、イオン電流測定器から信号を受信して、マスクの複数の開口のうち１以上を通るイオンビームの角度がアラインメントされるように、ターゲット基板に対するマスクの配向を決定する。

【図面の簡単な説明】

【０００９】

【図１】選択エミッタ型の太陽電池を示す断面図である。

10

【図２】インターデジットバックコンタクト型の太陽電池を示す断面図である。

【図３Ａ】本開示の実施形態に係る代表的なイオン注入装置を示すブロック図である。

【図３Ｂ】マスクを介した注入処理を説明するための断面図である。

【図４】本開示の一実施形態に係るファラデープローブを用いてマスクを介して行われる注入処理を説明するための概略正面図である。

【図５Ａ】本開示の一実施形態に係るファラデープローブを用いてマスクを介して行われる注入処理を説明するための概略斜視図である。

【図５Ｂ】本開示の一実施形態に係るファラデープローブを用いてマスクを介して行われる注入処理を説明するための概略上面断面図である。

【図６】本開示の一実施形態に係るマスクとイオンビームとの角度アラインメントを説明するための第１の上面断面図である。

20

【図７】本開示の一実施形態に係るマスクとイオンビームとの角度アラインメントを説明するための第２の上面断面図である。

【図８】本開示の一実施形態に係るマスクと基板とのアラインメントを説明するための第１の上面断面図である。

【図９】本開示の一実施形態に係るマスクと基板とのアラインメントを説明するための第２の上面断面図である。

【図９Ａ】マスクと基板またはプラテンとの間の間隙が多い場合のフィーチャプロフィールを示す図である。

【図９Ｂ】開口が磨耗したマスクの場合の信号プロフィールを、開口が磨耗していないマスクの場合の信号プロフィールに重ねて示す図である。

30

【図１０】本開示の一実施形態に係るマスク侵食についての試験を行うためのファラデープローブの実施形態を示す正面斜視図である。

【図１１】図１０のマスク侵食について試験を行うためのファラデープローブの実施形態の並進の様子を示す正面斜視図である。

【図１２】図１０のマスク侵食について試験を行うためのファラデープローブの実施形態の並進の様子を示す正面斜視図である。

【図１３】図１０のマスク侵食について試験を行うためのファラデープローブの実施形態の並進の様子を示す正面斜視図である。

【発明を実施するための形態】

40

【００１０】

以下では添付図面を参照しつつ本発明をより詳細に説明する。添付図面では、本発明の好ましい実施形態を図示している。しかし、本発明は多くの異なる形態で具現化され得るものであり、本明細書に記載する実施形態に限定されると解釈されるべきではない。逆に、本明細書に記載する実施形態は、本開示を完全に網羅し、本開示によって当業者に本発明の範囲を余すところ無く理解させるために記載されるものである。複数の図面にわたって同様の番号を用いて同様の構成要素を示す。

【００１１】

図３Ａは、イオン源チャンバ１２０を備えるイオン注入装置１１５を示すブロック図である。電源１２１は、特定の種のイオンを生成するイオン源チャンバ１２０に必要とされ

50

るエネルギーを供給する。生成されたイオンは、一連の電極 114 によってイオン源から抽出されて、イオンビーム 103 を形成する。イオンビーム 103 は、質量分析マグネット 116 を通過する。質量分析器は、質量分解スリット 117 の透過率を最大限まで高めるために、所望の質量対電荷率を持つイオンのみが分析器を通過するように、特定の磁界を発生させるように構成されている。所望の種のイオンが質量分解スリット 117 を通過して、減速ステージ 118 を通過して、修正マグネット 119 に到達する。修正マグネット 119 は、印加磁界の強度および方向に応じてイオンビームを偏向するようにエネルギーが加えられており、支持部（例えば、プラテン）102 上に位置している被処理物または基板をターゲットとした帯状ビームを供給する。一部の実施形態によると、第 2 の減速ステージ 122 が、修正マグネット 119 と支持部 102 との間に配置されているとしてよい。イオンは、電子および基板内の核と衝突するとエネルギーを失って、加速エネルギーに応じた基板内の所望の深さで停止する。マスク 104 およびイオン電流測定器 106（図 4 に図示）は、プラテン 102 を収容している処理チャンバに近接した位置に設けられている。

10

20

30

40

50

【0012】

図 3B は、マスクを利用する基板 100 への注入処理を説明するための分解断面図である。基板 100 に対して所望のパターンでイオン注入処理を行う場合、マスク 104 をイオンビーム 103 の経路において基板 100 の前方に配置するとしてよい。このマスク 104 は、シャドーマスクまたはプロキシミティマスクであってよい。基板 100 は、例えば、プラテン 102 上に載置されている太陽電池であってよい。プラテン 102 は、基板 100 を保持するために静電力または物理力を利用するとしてよい。マスク 104 は、基板 100 の表面に対して行われるイオン注入の所望のパターンに対応する複数の開口 105 を有する。

【0013】

マスク 104 を利用することで、他のイオン注入法では必要とされるシルクスクリーニングまたはリソグラフィー等の処理工程が省略される。しかし、所望のパターンでイオン注入を行うべく基板 100 に対してマスク 104 を適切に載置することが困難である場合がある。マスク 104、イオンビーム 103、およびプラテン 102 には全て、マスク 104 のミスアラインメントまたは位置ずれを引き起こしかねない直線状公差または角度公差のばらつきが存在する。

【0014】

図 4 は、図 3A に示すイオン注入装置の例において基板がプラテン 102 上に配置されていると仮定して、基板 100 と平行に、または、同一平面上に配置されているファラデープロープを利用するマスクを備える注入組立体を示す正面概略図である。マスク 104 は、複数の開口 105 を有しており、基板 100 の前方に配置されている（マスク 104 の後方の点線で一部の輪郭を示している）。開口 105 はさらに、イオンビームの一部分にマスクを通過させるような構成の孔、スロットまたはその他の形状を持つものとして構成されているとしてよい。マスク 104 は、並進機構 108 を用いて、並進させるとしてよく、または、複数の軸に沿って配置するとしてよい。この並進機構 108 は、基板 100 からの距離に関して直線方向に、および、開口を通る z 方向のイオンビームの通過に関しては角度方向に、マスクを可変的に位置決めするために利用されるサーボモータであってよい。一実施形態によると、基板 100 は、マスク 104 の後方で走査されて注入領域パターンを均一にするとしてよい。注入領域は、基板 100 の表面全体において X 方向および Y 方向に「ストライプ」状に設けられるとしてよい。適切に処理を行うためには、マスク 104 は、開口 105 を通過して注入されるイオンビームと同様に基板 100 に対してアラインメントされている必要がある（以下で説明する）。時間が経過すると、マスク 104 は侵食され、開口 105 はサイズまたは寸法が不正確になったりすることがあり、所望の注入プロファイルが得られなくなる場合がある。

【0015】

ファラデープロープ 106 は、マスク 104 の後方に配置されており、基板 100 がプ

ラテン 102 上に位置していない場合にイオンビーム 103 を横切るように X 方向に移動する。ファラデープローブは、基板がプラテン 102 上に位置していると仮定して、基板 100 の表面 100a と同じ平面上に（つまり、Z 方向）位置している。ファラデープローブ 106 またはファラデーカップは、基板 100 がプラテン 102 上に位置していると仮定して、マスク 104 の開口 105 とアラインメントされている基板 100 の領域に対する注入処理を模倣するべく、表面 100a と同じ平面上に入射するイオンビーム 103 の電流を測定するために用いられる。これに代えて、ファラデープローブ 106 に複数のファラデーカップを設けるとしてもよいし、または、複数のファラデープローブ 106 を利用するとしてもよい。ファラデープローブ 106 は、基板内へのイオンビームの注入を模倣するべく、マスク 104 の後方に、基板 100 の表面 100a と同一平面になるように、基板 100 の代わりに配置されている。ファラデープローブ 106 は、並進機構 107 によって X 方向に移動させられる。並進機構 107 は、例えば、1 以上のサーボモータであるとしてもよい。ファラデープローブ 106 は、電流測定部 109 に接続されている。このため、ファラデープローブ 106 は、基板 100 であると仮定して、入射するイオンビーム 103 の電流を受け取り、測定部 109 がファラデープローブ 106 からグラウンドへと流れる電流を測定する。この電流は、コントローラ 110 に供給される制御信号へと変換される。

10

【0016】

コントローラ 110 は、電流測定部 109 からの制御信号を読み取り、マスク 104 またはイオンビーム 103 について位置修正が必要であるか否かを判断する。コントローラ 110 は、マスクの位置を修正するために、または、ファラデープローブを並進させるために、並進機構 108、並進機構 107 またはその他のシステムあるいは構成要素に信号を送るとしてもよい。一実施形態によると、別の移動制御システムを用いて、新たに所望される位置決め要求を処理し、さまざまな機構、システムおよび構成要素を駆動するとしてもよい。コントローラ 110 はさらに、イオンビームまたは基板 100 を調整するとしてもよい。ファラデープローブ 106 を利用することによって、マスク 104、基板 100、および、イオンビームをより正確に配置することが可能となり、基板がプラテン 102 上に位置している場合にマスク 104 の開口 105 と基板 100 との間のアラインメントを最適化することによって、基板 100 に対する注入処理が改善される。

20

【0017】

図 5A は、マスク 104 の開口を通過するイオンビーム 103 の一部分を示す概略斜視図である。図から分かるように、マスク 104 はイオンビーム 103 の進行方向（つまり、Z 方向）に直交している。イオンビーム 103 がマスク 104 の開口を通過すると、基板がプラテン上に配置している場合は、イオンビームの一部分である 103_1 、 $\dots$ 、 103_N は、基板の表面全体にドーパント注入「ストライプ」を形成する。入射したイオンビーム 103 の他の部分は、マスクのうち開口間の領域によって遮蔽される。ファラデープローブ 106 は、マスク 104 の後方に位置しており、イオンビーム部分 103_1 、 $\dots$ 、 103_N を横切るように X 方向に並進する。ファラデープローブ 106 は、イオンビーム 103 の（Y 方向の）先端に向かって位置しているものとして図示されている。しかし、これは説明を目的としたものであり、プローブ 106 はイオンビーム 103 のうち Y 軸方向の任意の箇所に配置されるとしてもよい。しかし、ファラデープローブ 106 は、プローブがビーム 103 を横切るように X 方向に並進すると、イオンビーム 103 の注入処置が基板に対して行われていると仮定して、プローブが基板 100 と略同じイオンビーム部分 103_1 、 $\dots$ 、 103_N を受け取るように、Z 方向において表面 100a（図 4 に示す）と平行または略同一平面上に配置されるのが最適である。このような構成で、それぞれの開口を通過するイオンビームの一部分のイオン電流をファラデープローブで測定する。また、プローブ 106 の位置は、プローブが検出するイオンビームの電流のバラツキがマスク 104 の複数の開口のうち特定の 1 以上の開口と相関付けられるように、モニタリングされる。例えば、時間が経過すると、マスク 104 の開口の端部は、イオンビーム 103 に常に暴露されているために、侵食されてしまうことがある。このため、1

30

40

50

以上の開口の幅が所与の注入公差水準およびアラインメント公差水準を超えて大きくなってしまふ可能性がある。プローブがイオンビーム部分 1031、・・・、103Nを横切るように並進するとプローブの位置をモニタリングすることによって、複数の開口のうち特定の一の開口で測定されるイオンビーム電流が所与の公差水準をみたしていないと判断されるとしてよい。したがって、マスク104の状態、より具体的には、マスクの開口の状態をモニタリングするとしてよい。開口105の幅の増加は最大で約20%までは太陽電池の注入プロファイルの完成度に問題を引き起こすことなく許容され得ることが分かっている。これは、マスクで被覆した領域（つまり、エミッタ型太陽電池の基板のうち複数の開口105のうちの一の開口の後方に配置されていない領域）は通常、基板のうち複数の開口105の後方に配置される部分よりも、ドーピング濃度が高いためである。開口105の端部が侵食されると、エミッタ領域は、設計値よりもドーピング濃度が高くなる。これは、太陽電池の性能を低下させる可能性がある。

10

【0018】

図5Bは、図5Aに示したイオンビームがマスクを104を通過する様子、および、基板が存在すると仮定してマスクおよび基板100と相対的にファラデープローブ106の位置を決める様子を説明するための上面断面図である。上述したように、ファラデープローブ106は、矢印111で示すように、マスク104の後方でX方向に並進する。ファラデープローブ106がマスク104の後方で並進すると、照射されるイオンビーム103の電流に比例した信号が生成される。この電流およびファラデープローブ106の既知の位置によって、マスク104の状態をモニタリングする。ファラデープローブ106は、例えば、マスク104を適切な位置に配置するべく、マスク104と基板100との間のZ方向における間隔を最適化するべく、マスク104の過度の磨耗または侵食の有無をモニタリングするべく、マスク104の破碎の有無をモニタリングするべく、または、マスク104の熱制御をモニタリングするべく用いることができる。

20

【0019】

プローブ106が生成する信号は、プローブが矢印111で示されているようにX方向にイオンビームを横切るように並進する場合にプローブに入射するイオンビームの電流に比例した信号であり、イオンビーム103とマスク104との間についてのアラインメント情報も提供する。特に、マスク104の開口105から出射されるイオンビーム103の角度によってビーム部分1031、・・・、103N（図5Aに示す）が所望の注入領域に収まるようにマスク104がイオンビームとアラインメントされると、プローブ106は、マスク104がビーム103の発散角に対してアラインメントされている旨を示す、所望のイオンビーム電流範囲を検出するとしてよい。ビーム103は、同様の電荷を持つ複数の分子で構成されているので、自然に発散してビーム発散角が発生する。しかし、プローブ106が、複数の開口105のうち特定の1以上の開口から出射されるイオンビームの電流を測定した結果、測定された電流が所望の範囲内に無い場合、マスク104およびビーム103が、対象となる基板100の注入領域要件を満たすようにアラインメントされていないか、または、少なくとも最適にはアラインメントされていないことが分かる。

30

【0020】

図6は、マスクとイオンビームとの間の角度アラインメントを説明するための第1の上面断面図である。ファラデープローブ106は、マスク104とイオンビーム103との間のアラインメントに用いられるとしてよい。マスク104は、イオンビーム103に対して、開口105に起因して発生するビーム角度が対象の基板100の適切な領域に対して注入処理を行うように配向することができる。また、イオンビーム103のビーム発散角に対してマスク104をアラインメントすることによって、マスク104はイオンビーム103のうち利用可能な電流を最適化することができる。イオンビーム103が開口105を通過する角度は一定であるので、ファラデープローブ106が測定するイオンビーム103の振幅は、イオンビーム103の角度とマスク104の角度とがアラインメントされている場合に最適値となる。言い換えると、マスク104の開口105を通過する受

40

50

け入れ角度が一定である（つまり、開口がマスク全体で特定の位置を貫通するように位置している）ので、プローブ 106 が X 方向にビームを横切るように並進する場合にプローブ 106 が測定するイオンビーム電流は、ビーム発散角およびマスク角度がアラインメントされている場合に、最適値を取る。このため、プローブ 106 を用いて開口 105 を通過して検出されるイオンビーム電流量のフィードバックを供給することによって、イオンビーム 103 がマスク全体を通過する場合のイオンビーム 103 の発散角に対してマスク 104 をアラインメントすることで、対象となる基板 100 に入射する利用可能なイオンビーム電流を最適化することができる。この結果、対象となる基板 100 に入射するビーム電流量を最大限に大きくすることによって、注入装置のスループットが最適化されるとしてよい。図 6 および図 7 に示すイオンビーム 103 の角度は、分かりやすいように誇張して図示している。

10

【0021】

図 6 では、マスク 104 とイオンビーム 103 とがミスアラインメントされている様子を図示している。この具体例では、ピークビーム角度の中心が、マスク 104 の中間点と一致していない。そうではなく、イオンビーム 103 の平均ビーム角度 600 は、マスク 104 の中心を外れている。このずれを修正するべく、平均ビーム角度 600 をセンタリングしてマスク 104 の中心と一致させるべく、マスク 104 を所定角度または所定距離だけ並進させるとしてよい。別の例では、平均ビーム角度 600 をセンタリングしてマスク 104 の中心と一致させるべく、ビーム 103 を調整する。図 7 は、マスクとイオンビームとの間の角度アラインメントを説明するための第 2 の上面断面図である。この実施形態では、平均ビーム角度 600 がマスク 104 の中心と一致している。

20

【0022】

図 8 は、マスクと基板との間のアラインメントを説明するための第 1 の上面断面図である。図 8 は、イオンビーム 103 がマスク 104 とアラインメントされておりビームが開口 105 を最適に通過している理想的なケースを図示している。この結果、注入領域は開口 105 のサイズ（X 方向の幅および Y 方向の長さ）と一致することになる。しかし、イオンビーム 103 は、上述したように同様の電荷を持つ分子または原子で構成されているので、ある程度は発散してしまう。

【0023】

図 9 は、マスクと基板との間のアラインメントを説明するための第 2 の上面断面図である。図 9 では、ビームが発散している様子を示している。開口 105 を通過するイオンビーム 103 は、プラテン 102 に到達した時点では、開口 105 から出た時点とは寸法が同じではなくなっている。この発散の特性は、イオンビーム 103 の状態に応じて変わる。マスク 104 と、プラテン 102 またはプラテン 102 上の基板 100 との間の間隙を小さくして、ビーム発散効果を最小限に抑えるとしてよい。マスク 104 と、プラテン 102 またはプラテン 102 上の基板 100 との間の間隙を最小限に小さくすることによって、マスクと基板との間のイオンビーム 103 が発散し得る距離が最小限に抑えられ、実際の注入領域は所望の注入領域と同様になるとしてよい。しかし、マスク 104 と、プラテン 102 またはプラテン 102 上の基板 100 との間の間隙は、一致公差、組立公差、システム負荷またはその他の理由で、バラツキが見られる可能性がある。進行中に発散するイオンビームの特性を考えると、マスク 104 と基板 100 との間の Z 方向の間隙を可能な限り小さく維持することが肝要である。この間隙が大きすぎると、注入領域は基板上で意図したターゲット領域を超えてしまう。また、マスク 104 は、基板 100 上に 2 次元パターンを形成する別の構成の孔、スロット等（上述したものと同一）を有するとしてよい。この実施形態では、X 方向および Y 方向の角度によって、注入パターンの忠実性が決まる。

30

40

【0024】

マスク 104 と、プラテン 102 またはプラテン 102 上の基板 100 との間の間隙を最適化するべく、ファラデープローブ 106 は、マスク 104 の後方でフィーチャプロファイル測定結果を作成する。例えば、図 9 A は、マスク 104 と、プラテン 102 または

50

基板 100 との間の間隙が大きい場合のフィーチャプロフィールを示している。同図から分かるように、マスク 104 と、プラテン 102 またはプラテン 102 上の基板 100 との間の間隙が大きくなると、ファラデープローブ 106 に形成されるプロフィールは、幅が大きくなり、ピーク振幅が短くなる。一実施形態によると、マスク 104 と、プラテン 102 またはプラテン 102 上の基板 100 との間の間隙はサーボモータによって調節することができ、ファラデープローブ 106 は、プロフィールが基板 100 の仕様を満たすか否かを確認することができる。

【0025】

時間が経過すると、イオンビーム 103 はマスク 104 の材料を侵食し、特に、開口 105 の端部を侵食する。このような侵食が発生する理由としては、少なくとも表面スパッタリングおよび熱サイクルが挙げられる。マスク 104 は最終的に、開口 105 の侵食が所定の公差を超えるか、または、寸法が正確でなくなるので、取り替える必要が出てくる。ファラデープローブ 106 は、マスク 104 の後方で走査してこの侵食をモニタリングすることができる。一例を挙げると、侵食が発生したマスク 104 は、振幅が高くライン幅が大きいという信号プロフィールを示す。図 9B は、開口 105 が磨耗しているマスクの信号プロフィール（網掛け領域 105a）と、開口が磨耗していないマスクの信号プロフィール（内側部分 105b で示す）とを重ねて示す図である。特に、網掛け領域で示す電流信号プロフィールは、開口が磨耗していないマスクに対応付けられている信号よりも、振幅が高くライン幅が大きい信号である。イオンビーム 103 の高さはバラツキが見られ得るので、マスク 104 の侵食は、開口 105 の片側から開口 105 の反対側の間で均一ではないとしてよい。一の具体的な実施形態では、ファラデープローブ 106 は、マスク 104 に対して角度を持つように配置される。

【0026】

図 10 は、ファラデープローブがマスク侵食に関して試験を行う実施形態を説明するための正面斜視図である。ファラデープローブ 106 は、マスク 104 に対して角度を持つように構成されているので、走査する場合に各開口 105 の一部分にのみ暴露される。図 11、図 12 および図 13 は、ファラデープローブの並進時の、図 10 に示したマスク侵食に関して試験を行うファラデープローブの実施形態を説明する正面斜視図である。マスク 104 のプロフィールによって、開口 105 の寸法が均一でないか否かが分かる。

【0027】

イオンビーム 103 は、侵食に加え、マスク 104 への堆積またはコーティングを誘発し得る。この場合、開口 105 は、寸法が大きくなるのではなく、寸法が縮小するか狭幅化する。侵食と同様に、このような開口 105 の縮小または狭幅化は、開口の長さに沿ってバラツキが見られるのと同様に、開口 105 の片側から開口 105 の反対側の間でバラツキが見られるとしてよい。ファラデープローブ 106 は、マスク 104 の後方で走査して、コーティングをモニタリングすることができる。一例を挙げると、マスク 104 にコーティングが形成されて開口 105 が狭幅化または縮小すると、図 9B に示したものと比較して、振幅が低くなり、ライン幅が小さくなった信号プロフィールが得られる。

【0028】

マスク 104 は、機械的強度の低い材料またはフィーチャで構成されているとしてよい。このため、マスク 104 の破砕が懸念される。破砕は、例えば、熱負荷、振動、または侵食によって発生し得る。マスク 104 が破砕すると、ファラデープローブ 106 は欠損部分を検出する。マスク 104 の破損部分または欠損部分は、信号が予想外の領域にイオンビーム 103 の電流があることを示すので、明らかに分かる。このように破砕が発生した場合には、一実施形態によると、ファラデープローブ 106 はシステムに対して致命的エラーが発生したので修復処理が必要である旨を通知する。さらに、このように破砕したマスクを検出することで、不適切な注入処理が行われないようにする。

【0029】

マスク 104 は、寿命が続く間は、イオンビーム 103 の照射に暴露される。マスク 104 に加わる電力量は、イオンビーム 103 のパラメータ、例えば、総電圧またはビーム

10

20

30

40

50

電流等に応じて決まる。マスク 104 に加わる電力は、マスク 104 に対して熱負荷を形成する。結果としてマスク 104 を構成している材料が熱膨張することによって、マスク 104 または開口 105 の位置決めエラーが発生し得る。マスク 104 の材料はマスク 104 の熱エクスカージョン (thermal excursion) に比例した速度で膨張するので、ファラデープローブ 106 は、マスク 104 が機能限界内にとどまるようにマスク 104 の温度を推定することができる。信号のピッチは、マスク 104 の温度に応じて変わる。このため、熱負荷によって開口 105 のサイズまたは寸法が変化すると、ファラデープローブ 106 はこの変化を測定することができる。

【0030】

上述した実施形態ではファラデープローブ 106 を利用しているが、光学デジタル撮像システム等の他の測定システムを、単体でまたはファラデープローブ 106 と組み合わせる用いるとしてもよい。この具体的な実施形態によると、基板 100 は注入処理後に検査される。画像を撮像して処理する。基板 100 上の注入領域は、ファラデープローブ 106 が実行した各条件または各試験について上述したのと同じの信号の変化を示す。別の実施形態によると、マスク 104 は、光学撮像技術を利用して検査し、画像を撮像して処理するとしてもよい。マスク 104 上のフィーチャは、ファラデープローブ 106 が実行した各条件または各試験について上述したのと同じの信号の変化を示すはずである。マスク 104 を定期的に検査した結果は、ファラデープローブ 106 によって得られた結果に一致するはずである。

10

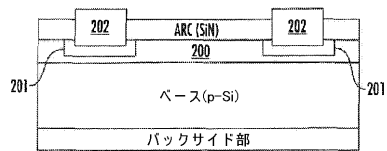
【0031】

本開示は、本明細書に記載した具体的な実施形態によってその範囲を限定されるべきではない。本開示については、本明細書に記載した実施形態および変形例に加えて、その他のさまざまな実施形態および変形例が存在することは、上記の説明および添付図面から当業者には明らかである。このため、当業者に明らかである他の実施形態および変形例は、本開示の範囲に含まれるものとする。さらに、本明細書では特定の目的を実行するべく特定の環境下で行われる特定の実施例に基づき本開示を説明したが、当業者であれば、本開示の有用性はそれらに限定されるものではなく、本開示はさまざまな目的を実現するべくさまざまな環境下で実施して有益な結果を得られるものと認めるであろう。したがって、特許請求の範囲に記載する請求項は、本明細書に記載している本開示の範囲および意図を最大限広く鑑みて解釈されるべきである。

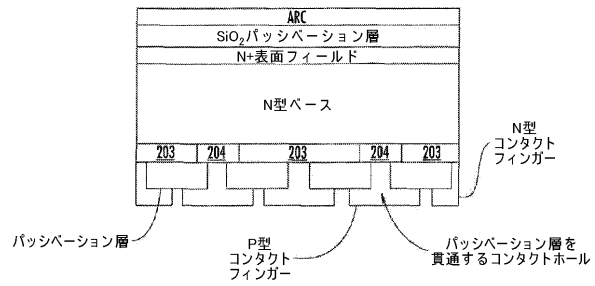
20

30

【図 1】



【図 2】



【図 3 A】

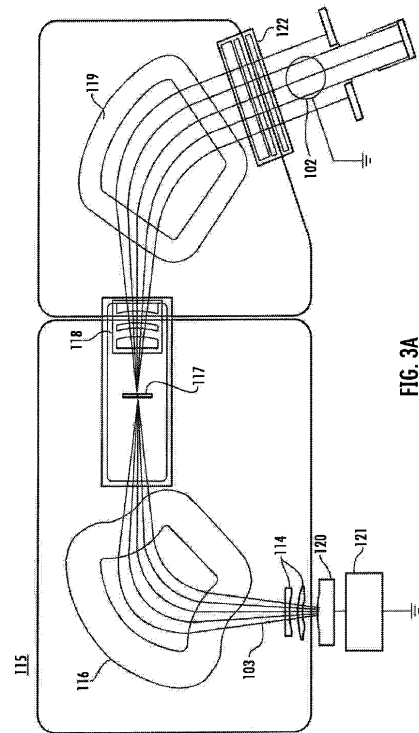


FIG. 3A

【図 3 B】

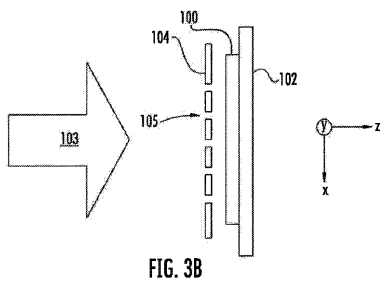


FIG. 3B

【図 4】

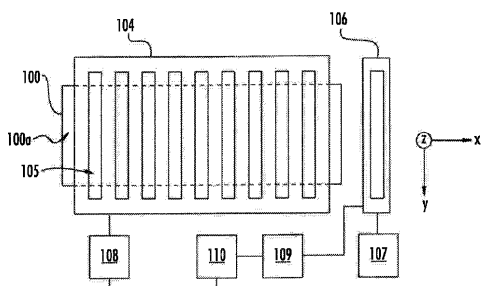


FIG. 4

【図 5 A】

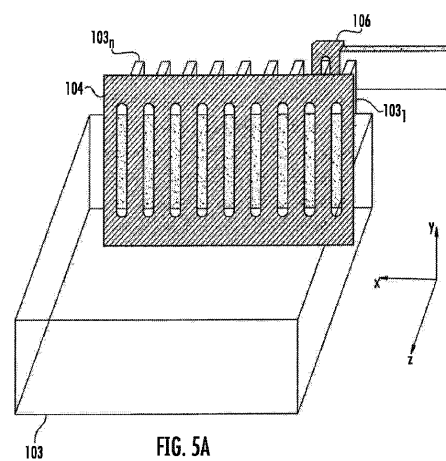


FIG. 5A

【図 5 B】

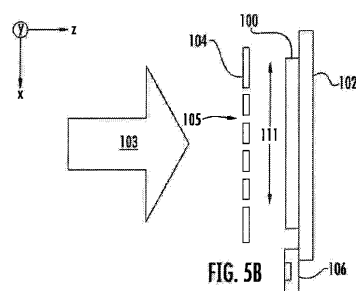


FIG. 5B

【図 6】

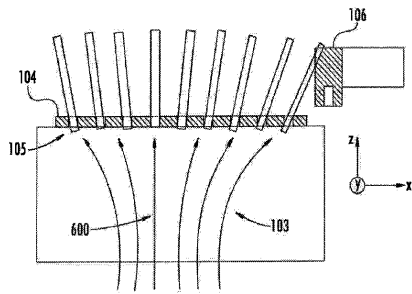


FIG. 6

【図 7】

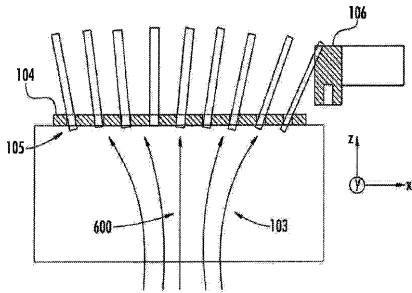


FIG. 7

【図 8】

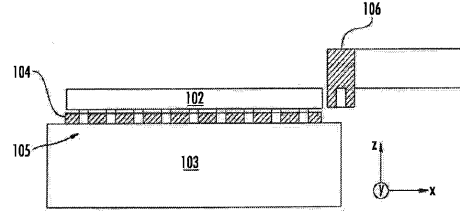


FIG. 8

【図 9】

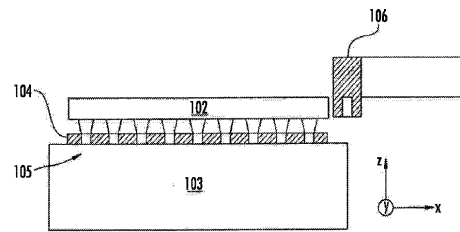
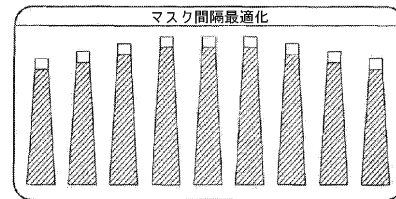
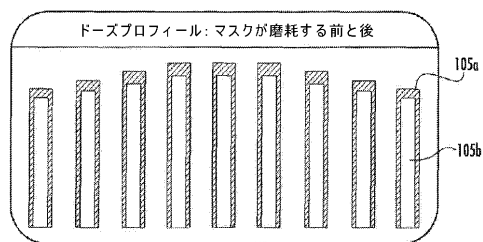


FIG. 9

【図 9 A】



【図 9 B】



【図 11】

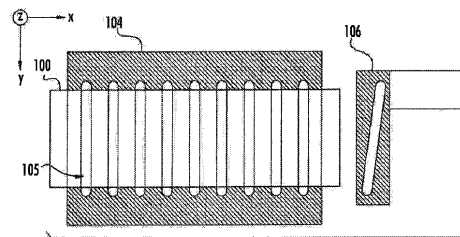


FIG. 11

【図 10】

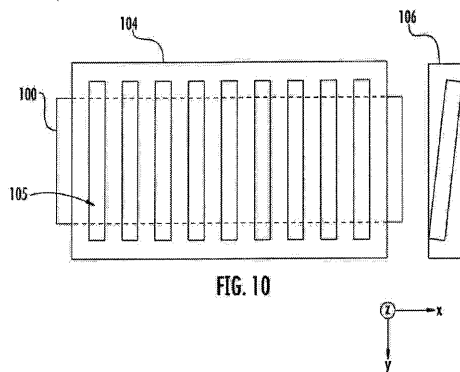


FIG. 10

【図 12】

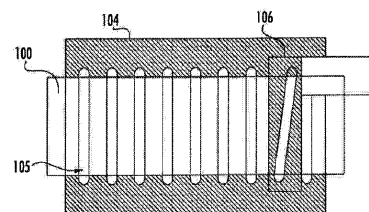
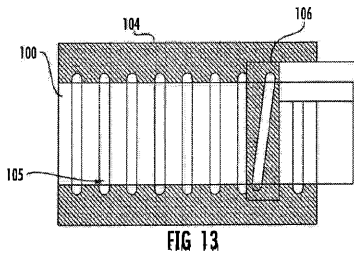


FIG. 12

【 図 1 3 】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2010/043912

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H01J37/317 H01J37/32 H01L21/266 ADD.		
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) H01J H01L		
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 practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2006/289798 A1 (CUMMINGS JAMES J [US] ET AL) 28 December 2006 (2006-12-28) paragraphs [0047] - [0050], [0058], [0088], [0089], [0096] - [0098]; figures 2-4, 13, 14, 18, 19	1-14
X	US 2008/087844 A1 (NUNAN PETER D [US] ET AL) 17 April 2008 (2008-04-17) paragraphs [0027], [0028], [0058]; figure 4	1-5, 7-10, 13
X	US 2009/098718 A1 (KNAIPP MARTIN [AT] ET AL) 16 April 2009 (2009-04-16) paragraphs [0012], [0023]; figures 2a-5	9
☐ 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 document 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 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. *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the International search 24 November 2010		Date of mailing of the International search report 02/12/2010
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040 Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Rouzier, Brice

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2010/043912

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006289798 A1	28-12-2006	CN 101371328 A	18-02-2009
		JP 2009524195 T	25-06-2009
		KR 20080092955 A	16-10-2008
		WO 2007087209 A1	02-08-2007
US 2008087844 A1	17-04-2008	CN 101563752 A	21-10-2009
		JP 2010507253 T	04-03-2010
		KR 20090091130 A	26-08-2009
		WO 2008048598 A2	24-04-2008
US 2009098718 A1	16-04-2009	CN 101069269 A	07-11-2007
		DE 102004058412 A1	08-06-2006
		EP 1817792 A2	15-08-2007
		WO 2006058594 A2	08-06-2006
		JP 2008522420 T	26-06-2008

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, 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, 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, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 バteman、ニコラス、ピー・ティー・

アメリカ合衆国マサチューセッツ州01930, グロスター, ドリー・ロード35 バリアン・セ
ミコンダクター・エクイップメント・アソシエーツ・インコーポレイテッド内

(72)発明者 ウェーバー、ウィリアム、ティー・

アメリカ合衆国マサチューセッツ州01930, グロスター, ドリー・ロード35 バリアン・セ
ミコンダクター・エクイップメント・アソシエーツ・インコーポレイテッド内

(72)発明者 ロウ、ラッセル、ジェイ・

アメリカ合衆国マサチューセッツ州01930, グロスター, ドリー・ロード35 バリアン・セ
ミコンダクター・エクイップメント・アソシエーツ・インコーポレイテッド内

Fターム(参考) 5C034 CC10 CC19 CD01 CD08