

(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2013-511823

(P2013-511823A)

(43) 公表日 平成25年4月4日 (2013. 4. 4)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/265 (2006.01)	H01L 21/265 F	5C030
H01L 31/04 (2006.01)	H01L 31/04 A	5C034
H01J 37/317 (2006.01)	H01J 37/317 B	5F151
H01J 37/08 (2006.01)	H01J 37/317 C	
	H01J 37/08	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2012-539080 (P2012-539080)
 (86) (22) 出願日 平成22年11月17日 (2010. 11. 17)
 (85) 翻訳文提出日 平成24年7月9日 (2012. 7. 9)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2010/056952
 (87) 国際公開番号 W02011/062945
 (87) 国際公開日 平成23年5月26日 (2011. 5. 26)
 (31) 優先権主張番号 61/261, 983
 (32) 優先日 平成21年11月17日 (2009. 11. 17)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 12/947, 078
 (32) 優先日 平成22年11月16日 (2010. 11. 16)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 500239188
 ヴァリアン セミコンダクター イクイッ
 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 O
 1 9 3 O グローチェスター ドリー ロ
 ード 3 5
 (74) 代理人 100147485
 弁理士 杉村 憲司
 (74) 代理人 100164448
 弁理士 山口 雄輔
 (74) 代理人 100165696
 弁理士 川原 敬祐

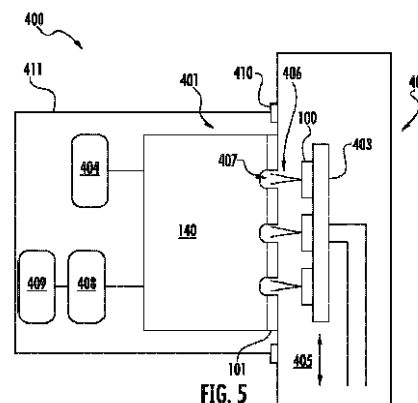
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ワークピースの注入処理を制御可能に実行する装置および方法

(57) 【要約】

プラズマ処理装置は、ワークピースに注入されるイオンを含むプラズマをプラズマチャンバ内に発生させるように構成されたプラズマ源を備える。本装置は、開孔構成を有する集束プレートも含み、該開孔構成は、該集束プレート近傍のプラズマのプラズマシースの形状を変更するように構成されている。本装置はさらに、ワークピースにおける集束イオンの静止時注入領域が開孔よりも実質的に狭くなるように集束プレートから離間されたワークピースを収容するプロセスチャンバも備える。本装置は、イオン注入中にワークピースを走査することによりワークピース内に複数のパターン化エリアを形成するように構成される。

【選択図】 図 5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

処理装置であり、

ワークピースに注入されるイオンを含むプラズマをプラズマチャンバ内に発生させるように構成されたプラズマ源と、

開孔を有する集束プレートであって、該開孔を出たイオンが集束イオンを画定するように該集束プレート近傍のプラズマシースの形状を変更するように構成された集束プレートと、

前記集束イオンの注入幅が前記開孔より実質的に狭くなるように前記集束プレートから離間されたワークピースを収容するプロセスチャンバと

を備え、注入処理中に前記ワークピースを走査することにより前記ワークピース内に複数のパターン化エリアを形成するように構成されることを特徴とする処理装置。

【請求項 2】

前記集束プレートは複数の開孔を含む請求項 1 に記載の処理装置。

【請求項 3】

前記複数の開孔はブランケット開孔と 1 組の選択的開孔とを含み、前記ブランケット開孔および前記 1 組の選択的開孔は、前記ワークピースが第 1 の方向に沿って走査されるときに、前記ワークピースのブランケット注入および前記ワークピースの選択的なエリアにおける注入を可能にするように構成されている請求項 2 に記載の処理装置。

【請求項 4】

ワークピースを二方向に走査するように構成されたワークピースホルダをさらに備える請求項 1 に記載の処理装置。

【請求項 5】

前記ワークピースホルダは、水平ホルダ、垂直ホルダ、傾斜ホルダおよび上下逆向きホルダのうちの 1 つである請求項 4 に記載の処理装置。

【請求項 6】

前記開孔の幅は約 0.5 mm ~ 5 mm であり、前記注入幅は約 5 μm ~ 約 2 mm である請求項 1 に記載の処理システム。

【請求項 7】

所与の走査において前記ワークピースの第 1 の方向に沿って可変走査レートで走査を行うように構成されたワークピースホルダをさらに備え、前記第 1 の方向における走査後に、イオン注入レベルが異なる複数の注入領域が形成され、前記複数のパターン化エリアのうちの少なくとも 1 つが形成される請求項 1 に記載の処理装置。

【請求項 8】

前記プラズマの前記イオンはドーパント種と関連付けられ、前記第 1 の方向における走査後に、ドーパント濃度が異なる複数の注入領域が形成される請求項 7 に記載の処理装置。

【請求項 9】

前記プラズマ源はパルスプラズマを生成するように構成される請求項 1 に記載の処理装置。

【請求項 10】

前記ワークピースにパルスバイアスを供給するように構成される請求項 1 に記載の処理装置。

【請求項 11】

前記プラズマにパルスバイアスを供給するように構成される請求項 1 に記載の処理装置。

【請求項 12】

前記開孔は、前記ワークピース内の前記複数のパターン化エリアのうちの少なくとも 1 つに関する所望の注入パターンに対応するアレイを含む請求項 1 に記載の処理装置。

【請求項 13】

前記プラズマチャンバ内の前記イオンは第 1 の型のイオン種であり、
前記処理装置は、

ワークピースホルダと、
第 2 のプラズマ源と、

開孔を有する第 2 の集束プレートであって、該開孔は、該開孔を出たイオンが集束イオンを画定するように該第 2 の集束プレート近傍のプラズマシースの形状を変更するように構成されている、第 2 の集束プレートと、

前記第 2 のプラズマ源に結合され、第 2 の型のイオン種を供給するように構成された第 2 のプラズマチャンバと
を備え、

10

前記ワークピースホルダは、前記第 1 の型のイオン種および前記第 2 の型のイオン種にそれぞれ対応する第 1 の領域および第 2 の領域が前記ワークピースに選択的に注入されるように、前記集束プレートおよび前記第 2 の集束プレートの下方を走査するように構成される請求項 1 に記載の処理装置。

【請求項 1 4】

前記第 1 の型のイオン種は n 型ドーパントであり、前記第 2 の型のイオン種は p 型ドーパントである請求項 1 4 に記載の処理装置。

【請求項 1 5】

前記ワークピースホルダ上またはその近傍に配設されるとともに、イオンドーズ量を実時間で測定するように構成された開孔構成および検出器を含むプロセス制御装置をさらに備える請求項 4 に記載の処理装置。

20

【請求項 1 6】

前記第 1 の型のイオン種は n 型ドーパントであり、前記第 2 の型のイオン種は p 型ドーパントである請求項 1 4 に記載の処理装置。

【請求項 1 7】

ワークピースの注入処理を実行する方法であり、

プラズマを収容したプラズマチャンバに隣接して、前記ワークピースに向かって集束イオンを提供する少なくとも 1 つの開孔を通じて前記プラズマからイオンを抽出するように構成された集束プレートを設けるステップと、

ワークピースホルダと前記プラズマとの間にバイアスをかけて、前記集束イオンが前記ワークピースホルダ上に配設された前記ワークピースに引き寄せられるようにするステップと、

30

前記ワークピースを前記集束プレートに対して走査して、複数の選択的注入エリアが形成されるようにするステップと
を含むことを特徴とする方法。

【請求項 1 8】

前記集束プレートは、ブランケット開孔と、1 組の選択的開孔とを含み、単一走査における前記ワークピースの走査が、第 1 のイオンドーズ量における前記ワークピースのブランケット注入と、より高い第 2 のイオンドーズ量における前記ワークピースの 1 組の領域の選択的注入との両方を実現する請求項 1 7 に記載の方法。

40

【請求項 1 9】

第 1 のパルス周波数を有するソースパルスを前記プラズマに供給するステップと、

前記集束プレートの開孔が前記ワークピースの第 1 の領域を覆う位置に配置されたときに、第 1 のバイアスパルス周波数を有し前記ソースパルスと同期された第 1 のバイアスパルスセットを提供するステップと、

前記集束プレートの前記開孔が前記ワークピースの第 2 の領域を覆う位置に配置されたときに、前記第 1 のバイアスパルス周波数と異なる第 2 のバイアスパルス周波数を有し、前記ソースパルスと同期された第 2 のバイアスパルスセットを提供するステップと
をさらに含む請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 2 0】

50

前記ワークピースを走査する前記ステップは、前記ワークピースの第 1 の領域を第 1 の走査レートで走査するステップと、前記ワークピースの第 2 の領域をより高い第 2 の走査レートで走査するステップとを含む請求項 17 に記載の方法。

【請求項 21】

前記ワークピースを走査する前記ステップは、前記プラズマに対して第 1 のパルスレートのパルスを印加しながら第 1 の領域を走査するステップと、前記プラズマに対してより高い第 2 のパルスレートのパルスを印加しながら第 2 の領域を走査するステップとを含む請求項 17 に記載の方法。

【請求項 22】

前記ワークピースを走査する前記ステップは、前記プラズマに対して第 1 のパルス持続時間のパルスを印加しながら第 1 の領域を走査するステップと、前記プラズマに対して第 2 のパルス持続時間のパルスを印加しながら第 2 の領域を走査するステップとを含む請求項 17 に記載の方法。

10

【請求項 23】

プラズマ処理システムにおいてワークピースの注入処理を実行する方法であり、

n 型ドーパントイオンを有する第 1 のプラズマを収容した第 1 のプラズマチャンバに隣接して、前記ワークピースに向かって集束イオンを提供する少なくとも 1 つの開孔を通じて前記プラズマからイオンを抽出するように構成された第 1 の集束プレートを設けるステップと、

p 型ドーパントイオンを有する第 2 のプラズマを収容した第 2 のプラズマチャンバに隣接して、前記ワークピースに向かって集束イオンを提供する少なくとも 1 つの開孔を通じて前記プラズマからイオンを抽出するように構成された第 2 の集束プレートを設けるステップと、

20

前記ワークピースと前記第 1 のプラズマおよび第 2 のプラズマとの間にそれぞれバイアスを印加しながら、前記ワークピースを前記第 1 の集束プレートおよび前記第 2 の集束プレートに対して走査するステップと

を含み、選択的に n ドーピングされる 1 組のエリアと、選択的に p ドーピングされる別の 1 組のエリアとが、前記ワークピース内に形成されることを特徴とする方法。

【請求項 24】

前記第 1 のプラズマチャンバおよび前記第 2 のプラズマチャンバは、前記 p ドーピングされるエリアに p 型ドーパントイオンだけが注入され、前記 n ドーピングされるエリアに n 型ドーパントイオンだけが注入されるように、注入処理中に前記第 1 および第 2 のプラズマのオン・オフを切り替えるように構成される請求項 23 に記載の方法。

30

【請求項 25】

印加される前記バイアスの強さは、前記 p 型ドーパントイオンが前記 n ドーピングされるエリアよりも前記 p ドーピングされるエリアの方に多く注入され、前記 n 型ドーパントイオンが前記 p ドーピングされるエリアよりも前記 n ドーピングされるエリアの方に多く注入されるように調整される請求項 23 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、ワークピースの注入処理 (implantation) に関する。より詳細には、本発明は、ワークピースの集束型注入処理 (focused implantation) を実行する方法および装置に関する。

【背景技術】

【0002】

イオン注入 (ion implantation) は、特性を改変するための不純物を基板に導入する標準的な技術である。所望の不純物材料がイオン源にてイオン化され、これらのイオンが加速されて所定のエネルギーのイオンビームが形成され、このイオンビームが基板の表面に振り向けられる。ビーム内のエネルギーイオンが基板材料の表面下に潜り込み、基板材料

50

の結晶格子に埋め込まれることにより、所望の導電性または材料特性を有する領域が形成される。

【0003】

太陽電池は、無料の天然資源を使用して無公害且つ平等に利用可能なエネルギーを提供する。環境上の懸念およびエネルギーコストの上昇により、シリコン基板から構成可能な太陽電池の重要性が地球規模で高まっている。高性能太陽電池の製造もしくは生産コストの削減または高性能太陽電池の効率の改善は、世界中の太陽電池の実装環境に良い影響を及ぼすはずである。その結果、このクリーンエネルギー技術のより広範な利用が可能となるはずである。

【0004】

ドーピングにより太陽電池の効率が改善される可能性がある。かかるドーピングはイオン注入を使用して実施することができる。図1は、選択的エミッタ太陽電池10の断面図である。選択的エミッタ太陽電池10は、エミッタ200のドーピングを行う太陽電池の効率（光が電気エネルギーに変換される割合）を向上させ、コンタクト202下の領域201に付加的なドーパントを提供し得る。領域201のドーピング濃度を増加させると導電性が改善され、コンタクト202間のドーピング濃度を低下させると電荷収集が改善される。コンタクト202間の間隔は約2～3mmであってよい。領域201の幅は約100～300μmであってよい。図2は、櫛形裏面電極（interdigitated back contact：IBC）太陽電池20の断面図である。IBC太陽電池20では、接合部が太陽電池の裏面に配置される。この特定の実施形態では、ドーピングパターンは、p型ドーパント領域とn型ドーパント領域とを交互に配置したものである。p+型エミッタ203およびn+型裏面電界204のドーピングが可能である。かかるドーピングによりIBC太陽電池の接合部を機能させること、または該接合部の効率を高めることが可能となる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

高ドーズ注入を用いると、イオン注入機の所有コストを最小限に抑えることが可能となる。注入処理によっては、局所的もしくは選択的ドーピングまたは局所的もしくは選択的材料改質が必要となる可能性がある。リソグラフィと注入処理の併用は、選択的注入では追加的なステップが必要となる故にコストがかかりすぎる可能性がある。プラズマドーピング技術は、この種の用途では十分な検証がなされていない。ワークピースがプラズマ中のニュートラル（neutral）に直接晒されると、ワークピースの堆積物またはエッチングが発生し、追加的な洗浄ステップが必要となる可能性がある。したがって、当業界ではワークピースの改良型注入処理、より詳細にはワークピースの集束型注入処理を実行する、改良された方法および装置が必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

一実施形態において、処理装置は、ワークピースに注入されるイオンを含むプラズマをプラズマチャンバ内で発生させるように構成されたプラズマ源を備える。本装置は、開孔を有する集束プレートであって、該開孔を出たイオンが集束イオンを画定するように該集束プレート近傍のプラズマシースの形状を変更するように構成された集束プレートも備える。本装置はさらに、集束イオンの注入幅が開孔より実質的に狭くなるように集束プレートから離間されたワークピースを収容するプロセスチャンバも備える。本装置は、イオン注入中にワークピースを走査することによりワークピース内に複数のパターン化エリアを形成するように構成される。

【0007】

別の実施形態において、プラズマ処理システムにおいてワークピースの注入処理を実行する方法は、プラズマを収容したプラズマチャンバに隣接して、ワークピースに向かって集束イオンを提供する少なくとも1つの開孔を通じてプラズマからイオンを抽出するように構成された開孔構成を有する集束プレートを設けるステップを含む。本方法はさらに、

ワークピースホルダとプラズマとの間にバイアスをかけて、集束イオンがワークピースに引き寄せられるようにするステップと、ワークピースホルダを集束プレートに対して走査して、複数の選択的注入エリアが形成されるようにするステップとを含む。

【図面の簡単な説明】

【0008】

参照により本明細書に組み込まれる添付の図面を参照すれば、本開示のより良い理解が得られるであろう。

【0009】

【図1】既知の選択的エミッタ太陽電池の断面図である。

【図2】既知の楕形裏面電極太陽電池の断面図である。

10

【図3】プラズマシステム内の集束プレート構成の断面図である。

【図4】注入型太陽電池 (implanted solar cell) の一実施形態の上面図である。

【図5】本開示の第1の実施形態によるプラズマ処理装置のブロック図である。

【図6】本開示の第2の実施形態によるプラズマ処理装置のブロック図である。

【図7】本開示の第3の実施形態によるプラズマ処理装置のブロック図である。

【図8】本開示の第4の実施形態によるプラズマ処理装置のブロック図である。

【図9】本開示の第5の実施形態によるプラズマ処理装置のブロック図である。

【図10】本開示の第6の実施形態によるプラズマ処理装置のブロック図である。

【図11】本開示の第7の実施形態によるプラズマ処理装置のブロック図である。

【図12】本開示の第8の実施形態によるプラズマ処理装置のブロック図である。

20

【図13】集束プレートの一実施形態の断面図である。

【図14】注入処理中のステップ移動を示す断面図である。

【図15】A～Dは、イオンドーズ量と走査速度との関係を示す図である。

【図16】静電抑制の一実施形態を示す断面図である。

【図17A】磁気抑制の一実施形態を示す断面図である。

【図17B】磁気抑制の一実施形態を示す断面図である。

【図18】RFまたはDC同期を利用してワークピースの注入処理を二種のドーパントレベルで実行する本発明の一実施形態に関する例示的なステップを示す図である。

【図19】RFまたはDC同期を利用してワークピースの注入処理を二種のドーパントレベルで実行する本発明の一実施形態に関する例示的なステップを示す図である。

30

【図20A】注入処理前のワークピースおよび集束プレートシステムの上面図である。

【図20B】注入処理後のワークピースおよび集束プレートシステムの上面図である。

【図20C】図20A～図20Bに示したワークピースの、注入処理後の注入エリアを示す概略上面図である。

【図20D】注入処理中のワークピースおよび集束プレートシステムの上面図である。

【図20E】図20Dに示したワークピースの注入エリアを示す概略上面図である。

【図21】プロセス制御装置の正面図である。

【図22】本開示の第9の実施形態によるプラズマ処理装置のブロック図である。

【図23】パルス化注入処理 (pulsed implantation) の一実施形態による例示的な電圧およびワークピース位置曲線を時間の関数として示す図である。

40

【図24】パルス化注入処理の一実施形態による例示的な電圧およびワークピース位置曲線を時間の関数として示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本明細書では、太陽電池に関するシステムおよびワークピースの諸実施形態について説明する。しかしながら、本システムの諸実施形態は、例えば半導体ウェハ、化合物半導体基板もしくは薄膜、ビットパターン媒体、固体電池、フラットパネル、LED基板、ガラス基板等と共に使用することができる。したがって、本発明は後述の特定の実施形態に限定されるものではない。

【0011】

50

図3は、プラズマシステム内の集束プレート構成の断面図である。集束プレート101は、プラズマシース242内の電界を変化させてプラズマ140とプラズマシース242との間の境界線241の形状を制御するように構成されている。したがって、プラズマ140からプラズマシース242を横切って引き寄せられるイオン102は、広範囲の入射角でワークピース100に衝突する可能性がある。

【0012】

プラズマ140は当業界で知られているように生成される。図3の実施形態において、集束プレート101は一对のパネル212および214を有し、パネル212とパネル214との間には水平方向間隔(G)を有する間隙が画定される。パネル212は絶縁体、半導体、導体のいずれであってもよい。他の実施態様において、集束プレート101は1枚のパネルだけを含むことも2枚以上のパネルを含むこともできる。一对のパネル212および214は、薄い平坦な形状を有する一对のシートであってもよい。他の実施形態において、一对のパネル212および214は、管状や楔状のような他の形状であってもよく、且つ/または間隙近傍に傾斜端縁を有してもよい。一对のパネル212および214は、ワークピース100の前面によって画定される平面151の上方に垂直方向間隔(Z)を空けて配置してもよい。一実施形態において、垂直方向間隔(Z)は約2.0~3.0mmであってもよい。

【0013】

イオン102は、様々な機構体によりプラズマ140からプラズマシース242を横切って引き寄せることができる。一例では、ワークピース100をバイアスすることによりイオン102がプラズマ140からプラズマシース242を横切って引き寄せられるようにすることができる。イオン102は、p型ドーパント、n型ドーパント、水素、希ガスまたは当業者に知られている他の種であってもよい。

【0014】

有利なことに、集束プレート101は、プラズマシース242内の電界を変化させてプラズマ140とプラズマシース242との間の境界線241の形状を制御する。プラズマ140とプラズマシース242との間の境界線241は、一例では平面151に対して凸形状を有してもよい。例えば、ワークピース100をバイアスすると、イオン102がプラズマシース242を横切ってパネル212とパネル214との間の間隙を広範囲の入射角で通過するように引き寄せられる。例えば、軌道経路271を辿るイオンは、平面151に対して+°の角度でワークピース100に衝突する可能性がある。軌道経路270を辿るイオンは、同じ平面151に対して0°の角度でワークピース100に衝突する可能性がある。軌道経路269を辿るイオンは、平面151に対して-°の角度でワークピース100に衝突する可能性がある。したがって、入射角の範囲は約0°を中心として+°~-°とすることができる。また、経路269や経路271のようなイオン軌道経路の中には互いに交差するものも存在し得る。それだけに限らないが、パネル212とパネル214との間の水平方向間隔(G)、平面151の上方のパネル212およびパネル214の垂直方向間隔(Z)、パネル212およびパネル214の誘電率、またはプラズマ140の他の処理パラメータを含めたいくつかの要因に応じて、入射角の範囲()は約0°を中心として+60°~-60°であり得る。

【0015】

図4は、注入型太陽電池の一実施形態の上面図である。図4の太陽電池500は選択的エミッタ設計であるが、本明細書に開示する実施形態は、選択的エミッタ太陽電池だけに限定されるものではない。太陽電池500は、例えば幅および高さが約156mmまたは約125mmであってもよい。図1、より詳細には図4から分かるように、太陽電池500は、ドーピングされたコンタクト領域501と、コンタクト領域501よりもやや低いドーピングされた、コンタクト領域501間のエミッタ502とを備える。一例では、コンタクト領域は約5E15ドーパント原子/cm²でドーピングされ、エミッタ502は約1E15ドーパント原子/cm²でドーピングされる。別の例において、コンタクト領域501は約2mm間隔であり、幅は約100μmである。10keVのリン注

10

20

30

40

50

入を使用して、これらのコンタクト領域 5 0 1 は約 3 E 1 5 でドーピングされ、エミッタ 5 0 2 は約 1 . 5 E 1 5 でドーピングされる。太陽電池 5 0 0 の表面全体に及ぶブランケット注入を実行してエミッタ 5 0 2 のドーピングを行うとともに、選択的注入またはパターン化注入によりコンタクト領域 5 0 1 のドーピングを行うことができる。

【 0 0 1 6 】

図 5 は、本開示の第 1 の実施形態による処理装置のブロック図である。システム 4 0 0 は、プラズマ源 4 0 1、集束プレート 1 0 1（またはシースエンジニアリングプレート）およびプロセスチャンバ 4 0 2 を含む。プラズマ源 4 0 1 にはガス源 4 0 4 が連結されている。プラズマ源 4 0 1 またはシステム 4 0 0 の他の構成要素をターボポンプ等のポンプ（図示せず）に連結することもできる。プラズマ 1 4 0 を生成するプラズマ源 4 0 1 は、例えば R F プラズマ源、誘導結合プラズマ（ I C P ）源、傍熱陰極（ indirectly heated cathode : I H C ）または当業者に知られている他のプラズマ源であってよい。この特定の実施形態において、プラズマ源 4 0 1 は、 R F 源ジェネレータ 4 0 8 および R F 源ジェネレータ 4 0 9 を有する R F プラズマ源である。この特定の実施形態において、プラズマ源 4 0 1 は筐体 4 1 1 に取り囲まれ、筐体 4 1 1 は D C ブレーク 4 1 0 によってプロセスチャンバ 4 0 2 から分離される。プロセスチャンバ 4 0 2、プラズマ源 4 0 1 またはプラテン 4 0 3 は接地可能である。

【 0 0 1 7 】

集束プレート 1 0 1 は、ワークピース 1 0 0 に注入されるイオン 4 0 6 を抽出するのに使用される。集束プレート 1 0 1 は冷却可能である。このプラズマ源 4 0 1 からのプラズマ 1 4 0 の抽出は、連続（ D C ）抽出でもパルス抽出でもよい。プラズマ源 4 0 1 はバイアス可能である。また、イオン 4 0 6 を抽出するための連続バイアスまたはパルスバイアスを基板に提供するバイアス電源（図示せず）を設けることも可能である。

【 0 0 1 8 】

図 5 の例では複数の開孔 4 0 7 を示しているが、集束プレート 1 0 1 は少なくとも 1 つの開孔 4 0 7 を含むことができる。図 2 0 に関して後で詳述するように、開孔 4 0 7 はワークピース 1 0 0 内の所望の注入パターンに対応する配列の形で配置することができる。集束プレート 1 0 1 は冷却可能であり、または他の何らかの方法でそれ自体の熱特性を制御することができる。プラズマ源 4 0 1 内の圧力とプロセスチャンバ 4 0 2 内の圧力とを略等しくすることによりアークを発生させることができる。当業者なら、異なる電位の物体間の距離を増加させることにより、また可能であれば構成要素の平滑表面を利用することにより、高電圧アークを最小限に抑えることができることを理解するであろう。ワークピース 1 0 0 内の注入領域の寸法は、システム 4 0 0 内の各種構成要素のパラメータに応じて異なる可能性がある。

【 0 0 1 9 】

太陽電池であってもよい 1 つまたは複数のワークピース 1 0 0 が、プロセスチャンバ 4 0 2 内のプラテン 4 0 3 上に配置される。集束プレート 1 0 1 の熱膨張は、集束プレート 1 0 1 とワークピース 1 0 0 との間の距離を制御することによって補償可能である。これらのワークピース 1 0 0 は、ワークピース 1 0 0 が横に N 個、縦に N 個並ぶ配列または行列の形に配置可能である（幅寸法の変数「 N 」と長さ寸法の変数は異なることもある）。図 5 には、 1 × 3 のワークピースで構成される行列を示してある。垂直向きに配置されるプラテン 4 0 3 は、静電クランピングもしくは機械クランピングまたは静電クランピングと機械クランピングの組合せを使用してワークピース 1 0 0 を保持することができる。ワークピース 1 0 0 は、プラテン 4 0 3 を使用して走査可能である。図 5 の実施形態において、プラテン 4 0 3 は方向 4 0 5 に走査可能である。しかしながら、プラテン 4 0 3 はワークピース 1 0 0 上の所望の注入パターンに応じて 1 D 走査または 2 D 走査を実行することができる。例えば、 2 D 走査を実行してワークピース 1 0 0 内にスポット状またはドット状の注入領域を形成することができる。一代替実施形態において、集束プレート 1 0 1 は、静止したワークピース 1 0 0 に対して走査を行う。ワークピース 1 0 0 は、様々な積み降ろし機構体を使用してプラテン 4 0 3 上に配置することができる。一例では、プラテ

ン４０３は、ワークピース１００に対して背面ガス冷却を実行するように構成可能である。ワークピース１００は、注入処理前または注入処理中に、プラテン４０３または他の何らかの装置を使用して様々な温度に加熱または冷却可能である。

【００２０】

プラズマ源４０１のパルスは、集束プレート１０１および／またはワークピース１００の走査と同期可能である。この走査は、イオンの所望のドーズ量および分散がワークピース１００全体で達成されるように構成可能である。抽出のパルス性を利用してイオン４０６を形成することは、ワークピース１００の電荷中和を改善する可能性がある。一例では、二次的な電子コレクタプレートを使用してもよい。

【００２１】

図６は、本開示の第２の実施形態によるプラズマ処理装置のブロック図である。本実施形態において、プラテン４０３は集束プレート１０１の下方に配設され、方向６０５に移動する。重力を使用してワークピース１００を支持するとプラテン４０３が単純化されるが、ワークピースに堆積物または落下粒子が発生する可能性がある。

10

【００２２】

図７は、本開示の第３の実施形態によるプラズマ処理装置のブロック図である。本実施形態において、プラテン４０３は集束プレート１０１の上方に配設され、方向６０５に移動する。これによりワークピース１００上の堆積物または粒子の形成リスクが解消されるが、プラテン４０３は、システム４００内の処理中にワークピース１００を上下逆向きに保持するのに十分なクランプ力を必要とする。

20

【００２３】

図８は、本開示の第４の実施形態によるプラズマ処理装置のブロック図である。本実施形態のワークピース１００はコンベヤベルト８００上に配設され、コンベヤベルト８００は垂直方向であってもよい方向４０５に移動する。

【００２４】

図９は、本開示の第５の実施形態によるプラズマ処理装置のブロック図である。ワークピース１００はコンベヤベルト８００上に配設され、コンベヤベルト８００は水平方向であってもよい方向６０５に移動する。このシステム４００は、図６の実施形態の場合と同様に、ワークピース１００上に堆積物または粒子が形成される可能性がある。

30

【００２５】

図１０は、本開示の第６の実施形態によるプラズマ処理装置のブロック図である。ワークピース１００は、方向６０５に移動するコンベヤベルト８００上に配設される。コンベヤベルト４０５は、ワークピース１００が上下逆向きに保持されるようにワークピース１００を把持することができる。本実施形態は、ワークピース１００上の堆積物または粒子の形成リスクを解消する。

【００２６】

図５～図１０の各実施形態ではコンベヤベルト８００およびプラテン４０３を図示してあるが、他のワークピース１００用搬送機構体を使用してもよい。したがって、本明細書に開示する実施形態は、コンベヤベルト８００またはプラテン４０３だけに限定されるものではない。コンベヤベルト８００を使用するいくつかの実施形態は、差動ポンプを使用してプロセスチャンバ４０２内の真空を維持することができる。

40

【００２７】

図１１は、本開示の第７の実施形態によるプラズマ処理装置のブロック図である。本実施形態において、少なくともコンベヤベルト８００および集束プレート１０１は傾斜しており、ワークピース１００は水平から垂直までの角度であってよい方向１１０５に移動する。システム４００の残りの部分は傾斜させなくてもよいが、図１１の実施形態ではシステム４００全体が傾斜するように図示してある。コンベヤベルト８００を図示してあるが、プラテン４０３または他のワークピース１００用搬送機構体を使用してもよい。傾斜構成を用いるとワークピース１００の重力アラインメント（gravity alignment）が可能になるとともに、ワークピース１００をコンベヤベルト８００上に保持する機構が単純化さ

50

れる。

【 0 0 2 8 】

図 1 2 は、本開示の第 8 の実施形態によるプラズマ処理装置のブロック図である。システム 1 2 0 0 では、プラズマ源 4 0 1 およびプラズマ源 1 2 0 3 を図示してある。プラズマ源 1 2 0 3 は、ガス源 1 2 0 2 からプラズマ 1 2 0 1 を形成する。一例では、プラズマ 1 2 0 1 は p 型、即ちワークピース 1 0 0 に p 型ドーパント種を供給するプラズマであり、プラズマ 1 4 0 は n 型、即ちワークピース 1 0 0 に n 型ドーパント種を供給するプラズマであるが、プラズマ 1 4 0 およびプラズマ 1 2 0 1 がかかる構成に限定されるわけではない。特定の一実施形態では、システム 1 2 0 0 を使用して図 2 に示した I B C 太陽電池が形成される。したがって、プラテン 4 0 3 は、プラズマ源 4 0 1 とプラズマ源 1 2 0 3 との間でワークピース 1 0 0 を平行移動させて、I B C 太陽電池の n 型領域と p 型領域の両方のドーピングを行う。プラズマ源 4 0 1、1 2 0 3 は注入期間中にオン・オフを切り替えてもよく、またワークピース 1 0 0 におけるカウンタードーピング効果と連続的に作用させてもよい。バイアスの強さを調整してカウンタードーピング効果を最小限に抑えることも可能である。換言すると、ワークピースの n ドーピングすべき部分がプラズマ 1 2 0 1 に晒されたとき、およびワークピースの p ドーピングすべき部分がプラズマ 1 4 0 に晒されたときに、プラズマとワークピースとの間のバイアスを減少させることができる。

10

【 0 0 2 9 】

プラテン 4 0 3 を図示してあるが、コンベヤベルトまたは他のワークピース 1 0 0 用搬送機構体を使用してもよい。

20

【 0 0 3 0 】

図 2 2 は、本開示の第 9 の実施形態によるプラズマ処理装置のブロック図である。システム 2 2 0 0 は、プラズマ源 4 0 1 とプラズマ源 2 2 0 1 の両方を有する。プラズマ源 2 2 0 1 は、ガス源 2 2 0 3 からプラズマ 2 2 0 2 を形成する。プラテン 4 0 3 を図示してあるが、コンベヤベルトまたは他のワークピース 1 0 0 用搬送機構体を使用してもよい。本実施形態のプラテン 4 0 3 は、プラズマ源 4 0 1 とプラズマ源 2 2 0 1 との間で回転または旋回可能である。別の実施形態では、プラテン 4 0 3 または他の何らかの搬送機構体を用いてワークピース 1 0 0 の対向する 2 つの側面への注入処理を可能にすることができる。別の実施形態では、プラズマ源 4 0 2 とプラズマ源 2 2 0 1 が異なる高さに配置されることもある。

30

【 0 0 3 1 】

図 1 2 および図 2 2 の実施形態では、それぞれ 2 つのプラズマ源を図示してある。3 つ以上のプラズマ源を使用してもよい。システム 1 2 0 0 および 2 2 0 0 を垂直構成として図示したが、本明細書に開示する他の実施形態に類する他の構成も可能である。ブランケット注入と選択的注入、ドーピングと材料改質注入または他の構成のために 2 つのプラズマ源を使用する他のシステムも可能である。

【 0 0 3 2 】

本明細書に開示する諸実施形態では、プラズマ源 4 0 1 のようなプラズマ源を連続動作させてもよい。これによりプラズマ 1 4 0 の生成に要する時間が短縮される。集束プレート 1 0 1 は、システム 4 0 0 内で *i n s i t u* 洗浄可能である。一例では、プラズマ源 4 0 1 において洗浄用プラズマを発生させることができる。この予防的メンテナンスは、例えばいくつかの注入サイクルを経た後に実行してもよい。このような洗浄により、堆積物を発生させ得る種がプラズマ源 4 0 1 において使用される場合に、イオン 4 0 6 の所望の特徴または寸法を経時的に維持することが可能となる。集束プレート 1 0 1 の熱制御により集束プレート 1 0 1 上の堆積物を減少させることができる。この熱制御は集束プレートの加熱または冷却を含む可能性がある。

40

【 0 0 3 3 】

本発明のプラズマ処理装置の諸実施形態は、複数のマスクまたは複雑な注入手法を必要とせず、選択的な小エリアとブランケット注入の両方を容易にする。これを達成するために、開孔およびワークピース構成は、幅が収束するイオンビームであって、その領域が

50

形成されている開孔と比較して幅がかなり狭い（つまり開孔幅の約75%未満である）領域で基板を捕捉（intercept）するイオンビームを形成する集束イオンの抽出が容易となるように、適切なプラズマパラメータと共に設計することができる。

【0034】

図13は、イオン集束の詳細を示す集束プレートの一実施形態の断面図である。集束プレート101は、開孔407間を距離D1だけ離間させることができる。距離D1は約1cmであってよい。開孔407の長さD2は約2mmであってよい。ワークピース100は、集束プレート101と約1cmの距離D3だけ離間可能である。集束プレート101を使用するワークピース100内の注入領域の幅D4は、約100 μ mであってよい。集束プレート101は、（図13の紙面に対して垂直方向に）約156mm超の高さを有する開孔407を含むことができる。集束プレート101自体の幅は156mm超であってよい。かかる集束プレート101は、10keV注入用の各開孔407から約0.2A/mのイオン406を抽出することができる。ワークピース100を集束プレート101から約1cm離間させた場合は、ワークピース100におけるイオン406の注入幅を100 μ mまで絞ることができる。このことは、15個の開孔407が存在するとした場合に、ワークピース100上に468mAのイオン406電流が存在することと等価である。長さD2を約1mmとし、且つプラズマ源を5keVにバイアスし、且つワークピース100を接地した場合は、イオン406を最大10倍以上に集束させることができる。したがって、本発明の諸実施形態は、約10 μ mの長さD4を有する領域の注入処理に使用可能である。他の集束レベルも可能である。

【0035】

したがって、本発明の諸実施形態は、ミリメートルオーダーの幅の開孔を使用して数ミクロン～数百ミクロンのオーダーの静止時注入幅（stationary implant width）（つまり、ワークピースを集束イオンに対して走査していないときに得られる注入領域の幅）をもたらすことができる。したがって、静止時注入幅と同じ幅または静止時注入幅より大きい幅（走査を使用する場合）を有する狭い選択的注入領域を形成することが可能となる。さらに、集束イオン406は、幅D2の比較的大きい開孔から抽出されるので、ワークピース100における静止時注入幅D4の全体にわたって高いイオン流束（電流）をもたらす。この結果、ブランケット注入の必要な注入レベルを得るために受当なワークピース走査レートを実現する十分な高さのイオン電流を提供することにより、より小さいエリアにおける高ドーズ注入に加えて、急速なブランケット注入も容易に実行することが可能となる。

【0036】

図14は、本発明の方法による注入処理中のステップ移動を示す断面図である。ワークピース100は、イオン406に対して方向405に移動する。これによりワークピース100内に高ドープ領域1400と低ドープ領域1401とが形成される。高ドープ領域1400を形成する際は、低ドープ領域1401の注入処理中に比べてプレート101に対するワークピース100の走査速度を遅くする。かかるプロセスをワークピース100の表面全体に対して繰り返すことができる。

【0037】

図15A～図15Dを参照すると、基板100において受け取られるイオンドーズ量1504と、集束プレート101と基板100との間で提供可能な可変走査速度との間の関係が詳細に示されている。静止した基板100に対して集束プレート101を走査することにより、または静止した集束プレート101に対して基板100を走査することにより、または基板と集束プレートの両方を同時に走査することにより、可変走査速度（またはレート）を実現することができる。注入処理中に走査速度を変更することにより、注入レベルが相対的に高い領域と、注入レベルが相対的に低い領域とを形成することが可能となる。図15A～図15Dに示す実施形態では、可変走査レートを利用して、可変イオンドーズ量1504が基板100に沿ったX方向の位置の関数として示される。図15Aに示すように、集束プレート101を使用してプラズマ140からイオンが抽出され、イオン

406が基板100に衝突したときに焦点形状が形成される。イオン406が基板100に注入されたときは、基板100におけるイオンの電流密度1500は、図15Bに示す形をとり得る。図示のとおり、幅1cmの開孔407を通じて抽出されるイオンの電流密度は狭いピークを持ち、イオンが基板100に衝突するときのイオンの幅は約100 μ mである可能性がある。

【0038】

図15Cは、集束プレート101で使用可能な1つの走査レートシーケンス1502を示す。本実施形態では、走査レートシーケンスを滞留時間関数1504（単位：秒/cm）として示す。この滞留時間関数1504では、滞留時間関数1504のピーク1506が、走査レートが相対的に遅い領域を表し、ベース部分1508が、走査レートが相対的に速い領域を表す。したがって、領域1506では、領域1508と比較して、集束イオン1500が基板100の端から端まで相対的に低速に走査されるので、より高いイオンドーピング量が受け取られることになる。この遅い走査レートと速い走査レートの間の変動が図15Cに示すように周期的に繰り返されるようにすることにより、基板100内のイオンドーピング量1504の周期的な変動をもたらすことが可能となり、したがってX方向にイオンドーピング量が相対的に高い領域と相対的に低い領域とを形成することが可能となる。

【0039】

本発明の諸実施形態は、パルスプラズマ注入を利用してワークピースの様々な領域のドーピングレベルを変更することができる。パルス化DCまたはRF注入の場合、諸代替実施形態では、パルス長またはパルス周波数を増加させて高ドーピング領域1400を形成することができる。これらの代替実施形態では、ワークピース100の走査レートを一定に保ちながら、相対的に短いパルスまたは低いパルスレートに晒される領域1401よりもドーピング濃度が高められる領域1400にイオン406が衝突するとき、パルスプラズマのパルスレート（または長さ）を相対的に大きくすることができる。

【0040】

本発明の諸実施形態では、図5に開示したような装置を使用して、パルスイオン注入処理に関連する各種パラメータが所望のドーピングレベルに従って変更可能となるように、ワークピースの注入処理を実行することができる。これらのパラメータは、ソースパルスおよび基板パルスのパルス持続時間、パルス周波数および同期化を含むことができる。パルス化の例としては、パルス電位をプラズマに印加すること、またはパルス電位をワークピースに印加することが挙げられる。

【0041】

図18および図19は、それぞれRF同期またはDC同期を使用してワークピースの注入処理を複数の異なるドーパントレベルで実行する本発明の方法に関する例示的なステップを示す。無論、図18および図19に示したのとは異なる方法も可能である。どちらの方法でも周期的な注入パルスを生成しながらターゲット1800を開孔板101等の開孔板に対して走査することができる。図18および図19の各実施形態によれば、注入パルスの「オン」期間中にワークピースとプラズマとの間に電位、例えば負電位を印加し、それによりプラズマ140からの正イオンが集束プレート101を通じて加速され、ワークピース100上に届くようにすることができる。

【0042】

本発明の特定の実施形態では、既知の技術に従ってプラズマ140をプラズマパルス源によりパルス状に生成することもできる。特に、パルスプラズマは、ワークピース100にバイアスを印加する必要がない構成要素（図示せず）を使用して生成することも可能である。必要に応じて、注入パルスとソースパルスとが全体的に一致するような周期性を有する注入パルスを生成することも可能である。したがって、注入パルスが生成されるときはプラズマ140も「オン」になり、これによりプラズマ140からのイオンが注入パルスによってワークピースに対して加速され、ワークピース100に注入されることになる。基板の異なる領域で異なるドーパントレベルが達成されるようにするために、注入パル

スの同期化を異なる形で実施することができる。

【 0 0 4 3 】

特に図 1 8 を参照すると、図示の方法は、高ドーズ領域および低ドーズ領域に対応する、ワークピース内の 2 つの異なるドーピングレベルの領域を形成するのに利用することができる。本方法を使用してターゲット 1 0 0 を開孔板 1 0 1 に対して走査することにより、1 つまたは複数のドーピングレベルが相対的に高い領域と、1 つまたは複数のドーピングレベルが相対的に低い領域とをターゲット（ワークピース 1 0 0）内に形成することが可能となる。ステップ 1 8 0 0 で、ソースパルスタイミングが生成される。例えば、イオン注入システムに結合されたパルス発生器が 1 0 0 μ s 毎に 5 0 μ s の持続時間 T_{ON} を有するパルスを生成してもよい。

10

【 0 0 4 4 】

ステップ 1 8 0 2 で、所与の領域に高イオンドーズ量を加えるべきかそれとも低イオンドーズ量を加えるべきかが決定される。例えば、集束プレート 1 0 1 の開孔を通して加速されるイオンを使用して低イオンドーズ量領域を形成することが企図される初期ポイントに、ワークピースを集束プレート 1 0 1 に対して配置することができる。したがって、現在のワークピース位置と適用すべき所望の低ドーズ注入とを相関付けるプログラムまたは命令セットをプロセッサによって実行してもよい。

【 0 0 4 5 】

ステップ 1 8 0 4 および 1 8 0 6 で、低イオンドーズ量レベルまたは高イオンドーズ量レベルに応じて、対応するエンコーダパルスが i パルス毎または j パルス毎に 1 つ生成される。例えば、低ドーズ（1 8 0 4）の場合は、エンコーダパルスを 2 0 0 μ s 毎に相当する 2 ソースパルス毎に 1 つ生成し、高ドーズ（1 8 0 6）の場合は、エンコーダパルスを 1 0 0 0 μ s 毎に相当する 2 0 ソースパルス毎に 1 つ生成するようにしてもよい。

20

【 0 0 4 6 】

一実施形態では、ステップ 1 8 0 8 に示すようにモータエンコーダカウントが増分され、且つステップ 1 8 1 0 に示すように移動メッセージが走査システムモータに送られるまで、ワークピース 1 0 0 を静止状態に保つことができる。エンコーダパルス間ではワークピースを静止状態としてもよい。したがって、低ドーズの場合のワークピース 1 0 0 への注入処理は、プラズマ 1 4 0 がオンのときの 2 ソースパルスで構成される。この注入レシピは、ワークピース 1 0 0 への注入処理がワークピース 1 0 0 の移動前の 1 0 ソースパルス中に実行される高ドーズの場合と対照的である。したがって、高ドーズ領域が低ドーズ領域の 5 倍の数の注入パルスに晒されたとすると、高ドーズ領域は低ドーズ領域の 5 倍のドーズ量を受け取ることになる。

30

【 0 0 4 7 】

図 1 9 に示す方法は図 1 8 の方法と同様であるが、同期化を適用してワークピース上の異なる領域につき任意の数の異なるドーピングレベルを達成するのに使用される点が異なる。ステップ 1 8 0 0 からステップ 1 9 0 2 に進むと、注入処理対象領域に対応する適切なイオン注入ドーズ量が判定される。この判定後、判定した注入対象ドーズ量レベルに対応する代替ステップ（参照符号 1 9 0 4 ~ 1 9 0 8）のうちの 1 つに進み、適切なエンコーダパルスシーケンスが生成される。この場合も所望のエリアの注入処理が所望のドーピングレベルに従って達成されるまで、ワークピース 1 0 0 を走査しながらエンコーダパルスシーケンスを印加することができる。図 1 8 の場合と同様に、図 1 9 の方法は、所望のドーピングレベルに従って、例えば 1 つ、2 つまたは 3 つのソースパルスが生成されるたびにエンコーダパルスを生成するステップを含む。

40

【 0 0 4 8 】

別の実施形態では、ワークピース 1 0 0 の走査時に、ワークピース 1 0 0 内のドーズ量制御にパルス化 RF またはパルス化 DC を使用することができる。このパルス化の時間スケールはマイクロ秒であってよい。例えば、ワークピース 1 0 0 に加えるドーズ量を 2 % 減少させるために、パルス持続時間 T_{ON} を 5 0 μ s から 4 9 μ s に調整してもよい。

【 0 0 4 9 】

50

また別の実施形態では、ワークピース100の走査を図14に示す方向405に一定速度で実行する一方、高ドーズ領域1400を形成するためにパルス持続時間またはパルスレートを増加させる。例えば、低ドーズ領域1401の注入処理と比較して5倍長いパルスまたは5倍高いパルスレートでは、高ドーズ領域1400に5倍のドーズ量をもたらされることになる。RFソースパルス化とDCソースパルス化の併用も可能である。かかる併用は、DCパルス中にRFソースのデューティサイクルを修正することによっても、DCパルス中にRFソースの電力レベルを修正することによっても実現可能である。

【0050】

図23および図24は、それぞれパルス化注入システムで適用可能な例示的な電圧曲線2300および2400を時間の関数として示している。上記のとおり、これらの電圧パルスは注入パルスまたはソースパルスを表し得る。図23および図24は、それぞれワークピース位置曲線2310および2410も時間の関数として示している。図23ではワークピースが一定速度で移動しているが、ワークピース内の高ドーズ領域は、パルス2320のようなより長いパルス持続時間によって形成される。ワークピース内の低ドーズ領域は、パルス2330のようなより短いパルス持続時間によって形成される。

【0051】

図24では、ワークピースは線形曲線2410で示されるとおり一定速度で移動する。ワークピース内の高ドーズ領域2420はより高いパルスレートによって形成され、低ドーズ領域2430はより低いパルスレートによって形成される。図23と図24のいずれの実施形態でも、低ドーズ領域を例えば太陽電池のコンタクト間の領域とし、高ドーズ領域を例えば太陽電池のコンタクト下方の領域とすることができる。

【0052】

図20A～図20Cは、ブランケット注入と選択的注入の両方を実行するように構成された集束プレートシステム1210の上面図である。図20Aおよび図20Bに示すように、ワークピース100は方向1204に走査される。集束プレートシステム1210の実施形態は、第1の開孔1202を有する第1の集束プレート1200を含む。第1の開孔1202は、例えば方向1204における走査を行う（ブランケット開孔として機能することにより、ワークピース100の幅全体にわたるブランケット注入を実行し、それにより図20Cに示すようなブランケット領域1220を形成する。第2の集束プレート1201は第2の開孔1203を有する。これら第2の開孔1203は、例えば各開孔1203を同じ方向1204に走査することによりワークピース100のパターン化注入または選択的注入を実行して、パターン化領域1222を形成することができる。この文脈における走査とは、開孔1202および開孔1203に対するワークピース100の相対運動を指し、ワークピース100もしくは集束プレート1200、1201を移動させること、またはワークピース100および集束プレート1200、1201を移動させることにより達成することができる。図20Aおよび図20Bの実施形態では2枚の集束プレートを示しているが、本発明の範囲は、第1の開孔1202と第2の開孔1203を両方有し得る単一の集束プレートもカバーする。図示の例では、集束プレート1200と集束プレート1201が共に、ポイントAからポイントBまでの距離と等しい距離だけ方向1204に沿って走査される。図20Bは、走査完了後の集束プレート1200と集束プレート1201の相対位置を示す。パターン化領域1222は、走査距離を必要に応じて増加させることによりワークピース100の各端縁まで延在させることができる。図20Cは、図20Aに示した初期位置および図20Bに示した最終位置を有する集束プレートの走査を行った後の、ワークピース100の注入ジオメトリの詳細を示す。走査方向1204と直交する方向1212に沿って、第2の開孔1203は第1の開孔1202の一部分と重なるので、第2の開孔1203の下方に露出する注入領域1222はより高いイオンドーズ量を受け取ることになる。

【0053】

本発明によれば、図20Dおよび図20Eに示すように、これらブランケット注入および選択的注入は少なくとも部分的に同時に行ってもよい。図20Dは、開孔1202およ

10

20

30

40

50

び開孔 1 2 0 3 が同じ集束プレートに含まれる集束プレートシステム 1 2 1 0 の一実施形態を示す。図 2 0 D に示すように、集束プレート 1 2 1 0 は、方向 1 2 0 4 に沿って左に、位置 C まで走査してもよい。図 2 0 D に示す構成は注入走査の途中の一時点を表すものであってもよく、集束プレート 1 2 1 0 を引き続きワークピース 1 0 0 に対して左に移動させてもよい。図 2 0 E は、図 2 0 D に示した時点までに集束プレート 1 2 1 0 によって形成されたイオン注入のパターンを示す。したがって、位置 C におけるブランケット集束用開孔 1 2 0 2 の前縁に相当する前縁 1 2 3 0 a を有するブランケット領域 1 2 3 0 が形成されている。走査が進行するとともに、ブランケット領域 1 2 3 0 は、図 2 0 C に示した状況と同様にワークピース 1 0 0 全体に延在するようにしてもよい。図 2 0 E は、開孔 1 2 0 3 を使用して少なくとも部分的に形成された選択的注入領域 1 2 3 2 も示している。さらに、集束プレートでは、例えばドット状、スポット状または他の形状の注入処理を実現する他の開孔構成も可能である。このように、開孔の形状は所望の注入ジオメトリに関連する円形、楕円形または任意の形状とすることができる。

10

20

30

40

50

【0054】

図 2 1 は、プロセス制御装置の正面斜視図である。本実施形態において、プロセス制御装置 2 1 0 0 はプラテン 4 0 3 およびワークピース 1 0 0 上またはこれらの近傍に配設される。このプロセス制御装置 2 1 0 0 は、イオン流束、集束プレートを離れるイオンの寸法または拡散、イオンの場所またはワークピース 1 0 0 に対するイオンの平行度を測定するように構成可能である。第 1 の開孔 2 1 0 1 の長さ寸法は、イオンの長さ寸法よりも大きい。全イオン測定のために、第 1 の開孔 2 1 0 1 の裏側には、磁気抑制または電気抑制可能なファラデーカップ（図示せず）が配設される。第 1 の開孔 2 1 0 1 によって形成される領域を分割して、水平方向のイオン均一性を判定することができる。開孔アレイ 2 1 0 2 は互い違いの開孔列を含む。開孔アレイ 2 1 0 2 内の各開孔は、想定イオン幅の約 1 / 1 0 である。各開孔アレイ 2 1 0 2 の裏側には、磁気抑制または電気抑制可能なファラデーカップ（図示せず）が配設される。水平方向に離間された付加的なアレイセットが、幅または平行度の変化に関する情報を与える。プロセス制御装置 2 1 0 0 の領域は、イオンビームが衝突したときにルミネセンスが増加する材料で被覆してもよい。かかるルミネセンスは光学的に監視可能である。第 2 の開孔 2 1 0 3 をプラテン 4 0 3 の周辺に配設して実時間のドーズ量測定を行うこと、および第 2 の開孔 2 1 0 3 を走査速度補正に使用することができる。第 2 の開孔 2 1 0 3 の裏側には、それぞれ分割可能な抑制ファラデーカップ（図示せず）が配設される。

【0055】

本システムの諸実施形態を使用して二次電子を生成することができる。ワークピース 1 0 0 の帯電は、イオン 4 0 6 内のイオンの軌道に影響を及ぼす可能性がある。二次電子は、集束プレート 1 0 1 の焦点に影響を及ぼす可能性があり、集束プレート 1 0 1 のエッチングを発生させる可能性があり、集束プレート 1 0 1 の加熱を増加させる可能性がある。二次電子は、ワークピース 1 0 0 より低い電位の略透明な電極により抑制することも、ワークピース 1 0 0 の裏側の磁石により抑制することも可能である。図 1 6 は、静電抑制の一実施形態を示す断面図である。絶縁体もしくは導体または絶縁層と導電層の組合せであってよい少なくとも 1 枚の抑制プレート 1 6 0 0 が集束プレート 1 0 1 上に配設される。図 1 7 A および図 1 7 B は、磁気抑制の 2 つの実施形態を示す断面図である。磁石 1 7 0 0 および磁石 1 7 0 1 はそれぞれ逆の極性を有するものであってもよく、ワークピース 1 0 0 の裏面（図 1 7 A）または集束プレート 1 0 1 とワークピース 1 0 0 との間（図 1 7 B）に配設して、二次電子に影響を及ぼすことができる。図 1 7 A において、磁石 1 7 0 0、1 7 0 1 はプラズマ源に対して固定であっても可動であってもよい。図 1 7 B では、磁石 1 7 0 0、1 7 0 1 を集束プレート 1 0 1 の上部に配設することも、少なくとも部分的に集束プレート 1 0 1 の内部に配設することもできる。図 1 7 B の磁石 1 7 0 0、1 7 0 1 を固定とすることにより動作を単純化することができる。

【0056】

本明細書に開示の各実施形態は、ワークピース 1 0 0 のドーピングまたはワークピース

【 図 4 】

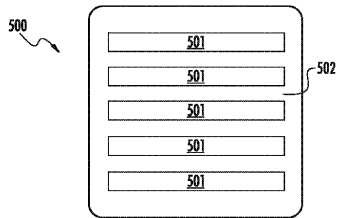


FIG. 4

【 図 5 】

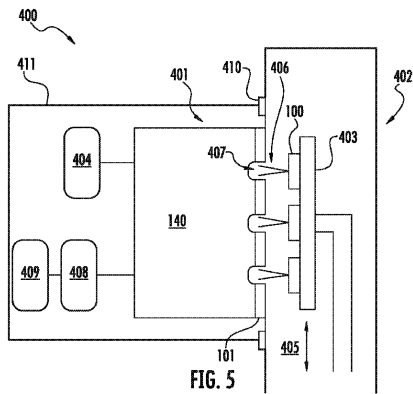


FIG. 5

【 図 6 】

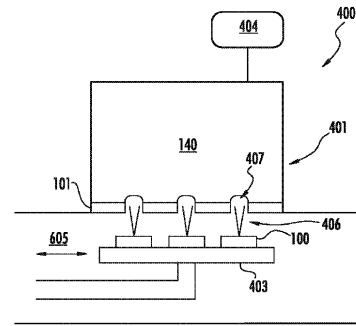


FIG. 6

【 図 7 】

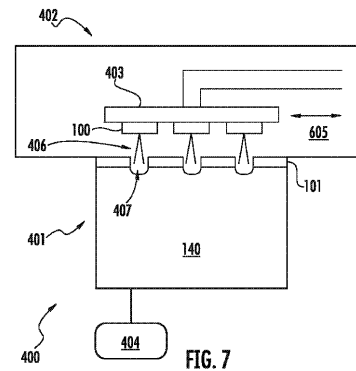


FIG. 7

【 図 8 】

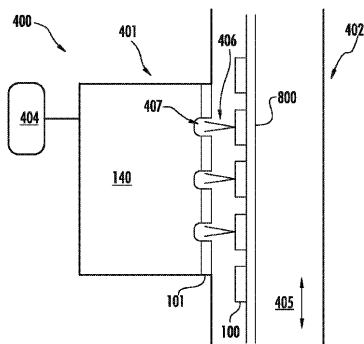


FIG. 8

【 図 10 】

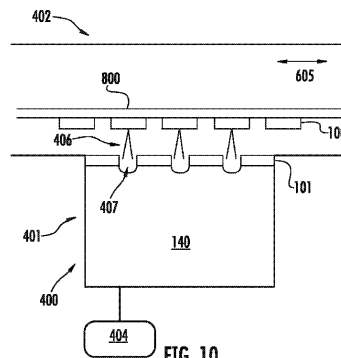


FIG. 10

【 図 9 】

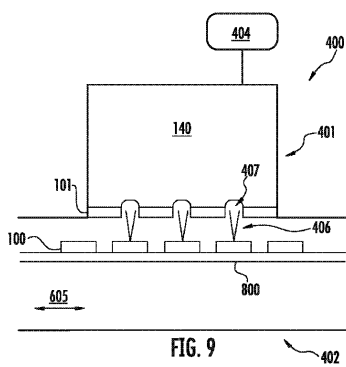


FIG. 9

【 図 11 】

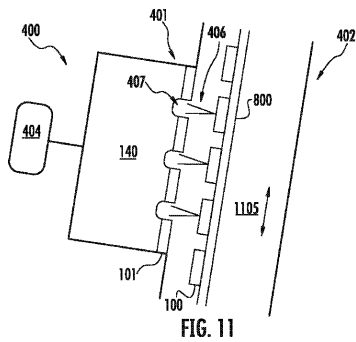


FIG. 11

【図 12】

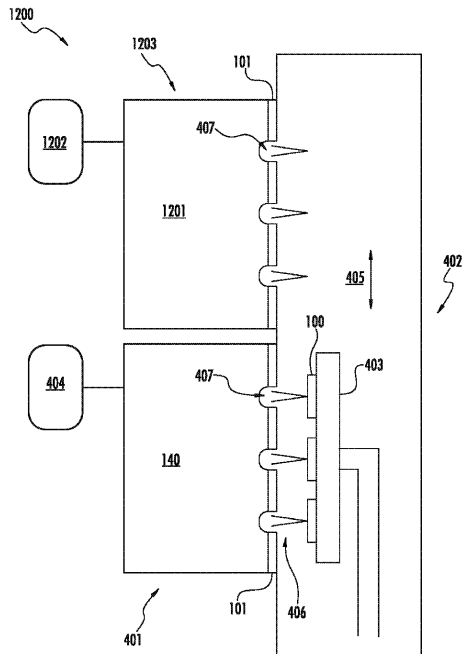


FIG. 12

【図 13】

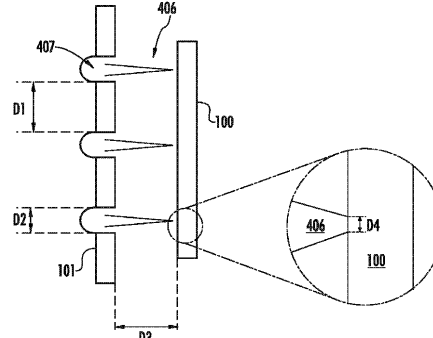


FIG. 13

【図 14】

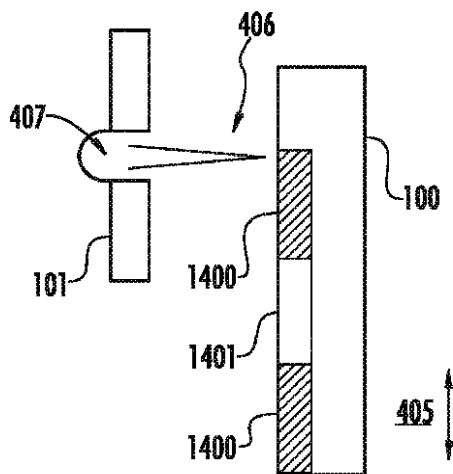
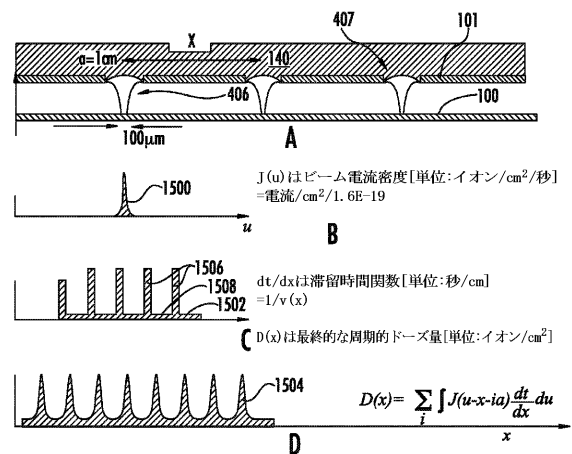
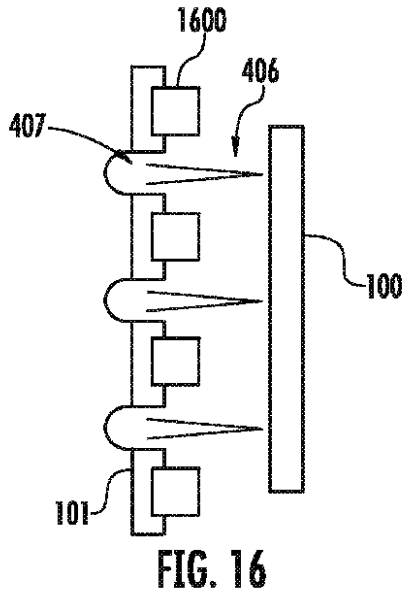


FIG. 14

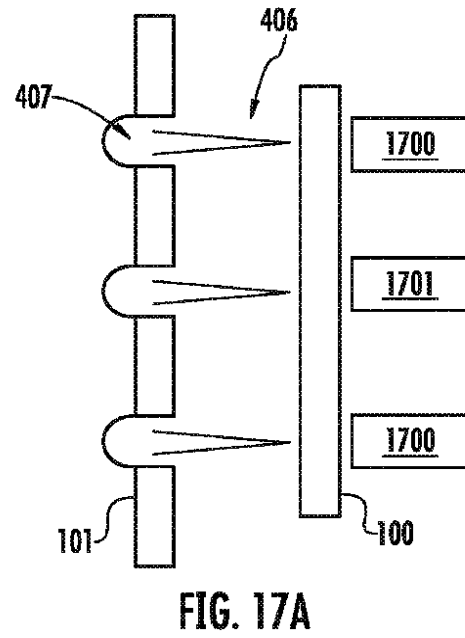
【図 15】



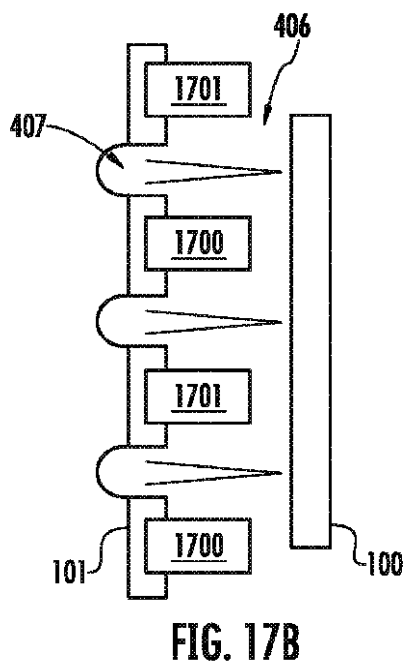
【図16】



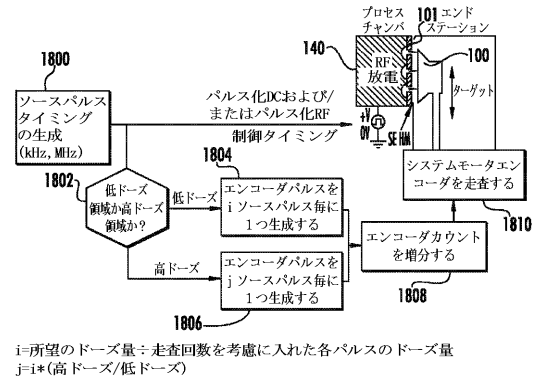
【図17A】



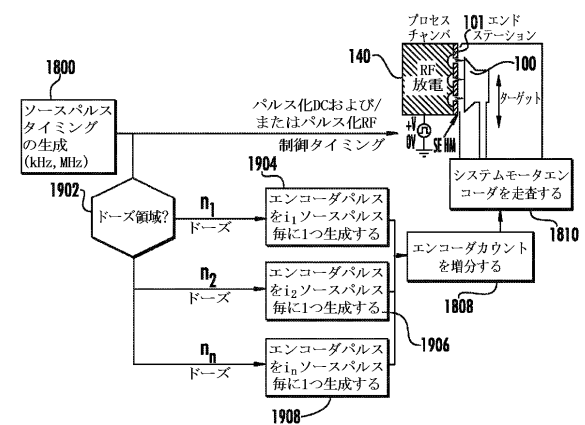
【図17B】



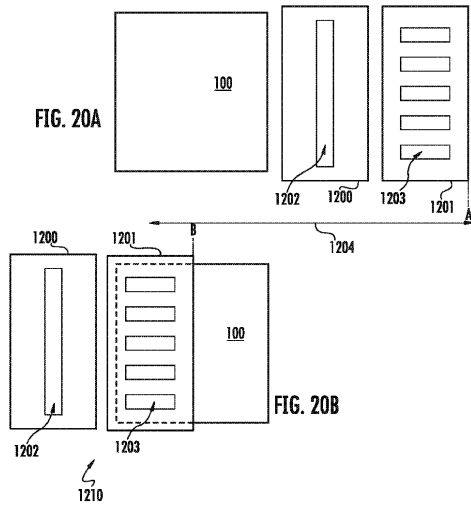
【図18】



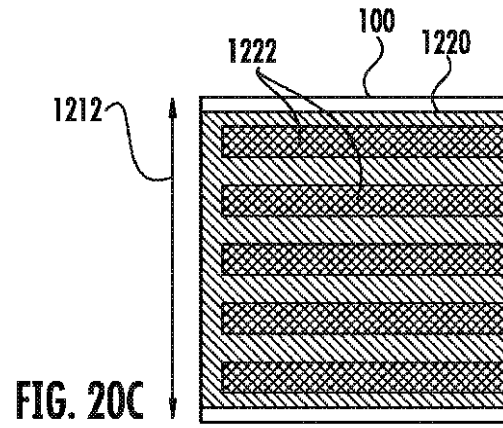
【図19】



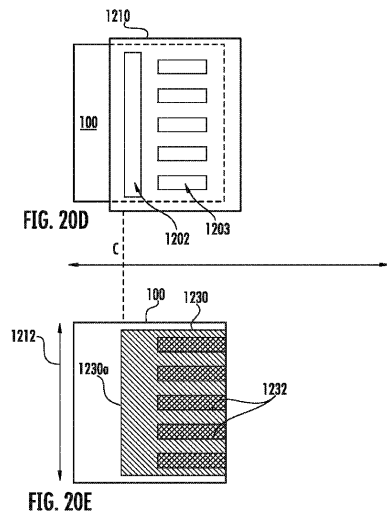
【図 20 A - 20 B】



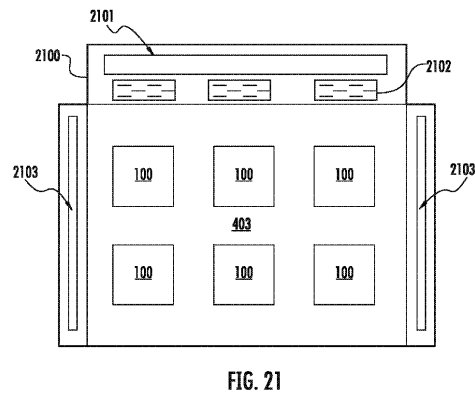
【図 20 C】



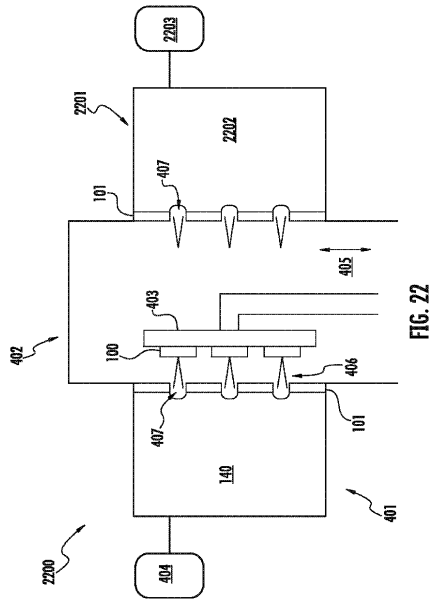
【図 20 D - 20 E】



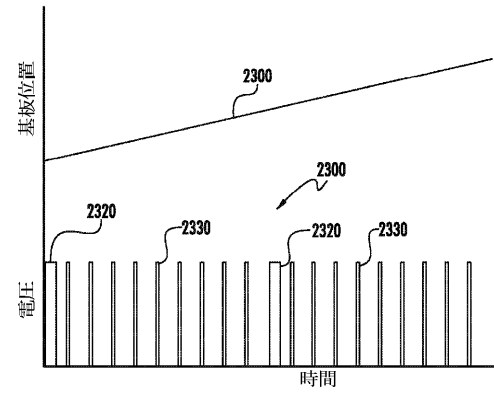
【図 21】



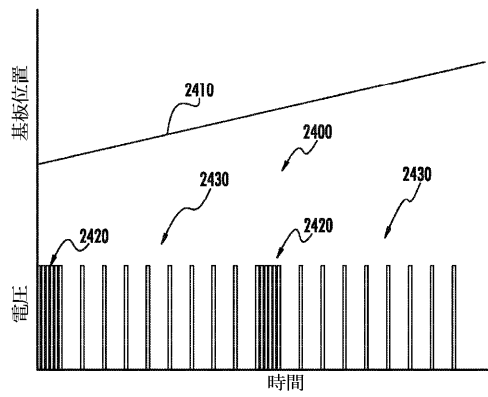
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 4】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2010/056952

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01J37/317 H01J37/32 H01L21/265 H01L21/266 C23C14/48
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 C23C

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, COMPENDEX, IBM-TDB, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>KWOK D T K ET AL: "One-step, non-contact pattern transfer by direct-current plasma immersion ion implantation", JOURNAL OF PHYSICS D: APPLIED PHYSICS IOP PUBLISHING LTD. UK, vol. 42, no. 19, 7 October 2009 (2009-10-07), XP002625245, ISSN: 0022-3727</p> <p>* abstract; figures 1,3 the whole document</p> <p>----- -/--</p>	<p>1-6, 9-12,17</p> <p>13-16, 23-25 8,18,19</p>
Y		
A		

☒ 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.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 February 2011

Date of mailing of the international search report

11/03/2011

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

Remy, Jérôme

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2010/056952

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2007/087574 A1 (GUPTA ATUL [US] ET AL GUPTA ATUL [US] ET AL) 19 April 2007 (2007-04-19)	13-16, 23-25
A	* abstract; figures 1-3 paragraphs [0002], [0009], [0018] - [0022], [0031], [0038], [0039], [0044] - [0050], [0054], [0062], [0065] -----	1-5, 9-12,17
X	US 2005/051517 A1 (OEHRLEIN GOTTLIEB S [US] ET AL) 10 March 2005 (2005-03-10)	1,2, 4-12,17, 20
A	* abstract; figures 1-5,11,12 paragraphs [0003] - [0006], [0049] - [0064], [0069] - [0079] -----	13,19,23
X	JP 2006 278006 A (JAPAN ATOMIC ENERGY AGENCY) 12 October 2006 (2006-10-12)	1,4-6,9, 11
A	* abstract; figures 1-3 the whole document -----	13,17,23
X	WO 02/19377 A2 (AXCELIS TECH INC [US]; EATON LTD [GB]) 7 March 2002 (2002-03-07)	1,4-6,9, 11
A	* abstract; figures 1,3,6 page 1, lines 5-34 page 5, lines 13-35 page 6, line 10 - page 7, line 30 page 11, lines 9-26 page 8, lines 16-21 -----	13,17,23
X,P	WO 2010/115110 A2 (VARIAN SEMICONDUCTOR EQUIPMENT [US]; GODET LUDOVIC [US]; MILLER TIMOTH) 7 October 2010 (2010-10-07)	1,2,6, 9-12,17
A,P	* abstract; figures 1-8,11 page 1, line 33 - page 2, line 5 page 4, line 10 - page 8, line 24 page 9, line 31 - page 10, line 23 -----	7,8,13, 23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2010/056952

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2007087574	A1	19-04-2007	NONE
US 2005051517	A1	10-03-2005	NONE
JP 2006278006	A	12-10-2006	NONE
WO 0219377	A2	07-03-2002	AU 8229801 A 13-03-2002
			CN 1473346 A 04-02-2004
			EP 1314181 A2 28-05-2003
			JP 2004508667 T 18-03-2004
			TW 242788 B 01-11-2005
			US 6534775 B1 18-03-2003
WO 2010115110	A2	07-10-2010	US 2010255665 A1 07-10-2010

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, 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, 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 アンソニー ルノー

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 グローチェスター ドリー ロード 3 5

(72)発明者 ルドヴィック ゴデ

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 グローチェスター ドリー ロード 3 5

(72)発明者 ティモシー ジェイ ミラー

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 グローチェスター ドリー ロード 3 5

(72)発明者 ジョセフ シー オルソン

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 グローチェスター ドリー ロード 3 5

(72)発明者 ヴィクラム シング

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 グローチェスター ドリー ロード 3 5

(72)発明者 ジェームス ブオノドノ

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 グローチェスター ドリー ロード 3 5

(72)発明者 ディーパック ラーマツパ

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 グローチェスター ドリー ロード 3 5

(72)発明者 ラッセル ジェイ ロウ

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 グローチェスター ドリー ロード 3 5

(72)発明者 アトゥル ガプタ

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 グローチェスター ドリー ロード 3 5

(72)発明者 ケビン エム ダニエルズ

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 グローチェスター ドリー ロード 3 5

Fターム(参考) 5C030 DE04 DE09

5C034 CC07 CC11 CD01 CD02 CD07

5F151 AA02 AA03 CB18 CB30 DA03 DA10 GA04