

(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 1	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/265 (2006.01)	HO 1 L 21/265	F 5 C O 3 0
HO 1 L 31/04 (2006.01)	HO 1 L 31/04	A 5 C O 3 4
HO 1 J 37/317 (2006.01)	HO 1 J 37/317	B 5 F 1 5 1
HO 1 J 37/08 (2006.01)	HO 1 J 37/317	C
	HO 1 J 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) 國際出願番号	PCT/US2010/056952
(87) 國際公開番号	W02011/062945
(87) 國際公開日	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 イクリッ プメント アソシエイツ 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 0 1930 グローチェスター ドリー ロ ード 35
(74) 代理人	100147485 弁理士 杉村 慎司
(74) 代理人	100164448 弁理士 山口 雄輔
(74) 代理人	100165696 弁理士 川原 敏祐

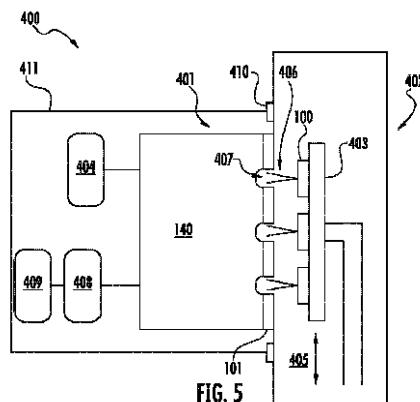
最終頁に続く

(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工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】**

前記複数の開孔はプランケット開孔と 1 組の選択的開孔とを含み、前記プ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プ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】**

10

20

30

40

50

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、

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14】

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14に記載の処理装置。

#### 【請求項15】

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。

#### 【請求項16】

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14に記載の処理装置。

#### 【請求項17】

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、

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18】

前記集束プレートは、プランケット開孔と、1組の選択的開孔とを含み、单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プランケット注入と、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17に記載の方法。

#### 【請求項19】

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17に記載の方法。

#### 【請求項20】

10

20

30

40

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】

##### 【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。 40

##### 【背景技術】

##### 【0002】

イオン注入(iion 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

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。

10

20

30

40

50

#### 【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、局所的にもしくは選択的ドーピングまたは局所的に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を得られるであろう。

**【0009】**

【図1】既知の選択的エミッタ太陽電池の断面図である。

10

【図2】既知の櫛形裏面電極太陽電池の断面図である。

【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。

20

【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。

【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。

【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】**

40

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カピース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)を有する隙間が画定される。パネル212は絶縁体、半導体、導体のいずれであってもよい。他の実施形態において、集束プレート101は一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/または隙間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、ワーカピース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であってよい。

10

#### 【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、ワーカピース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なることができる。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よい。

20

#### 【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、ワーカピース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との間の隙間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+°の角度でワーカピース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°の角度でワーカピース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-°の角度でワーカピース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。

30

#### 【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ズ量でドーピングされた、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/cm<sup>2</sup>でドーピングされ、エミッタ502は約1E15ドーパント原子/cm<sup>2</sup>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

40

50

入を使用して、これらのコンタクト領域 501 は約 3 E 15 でドーピングされ、エミッタ 502 は約 1.5 E 15 でドーピングされる。太陽電池 500 の表面全体に及ぶプランケット注入を実行してエミッタ 502 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 501 のドーピングを行うことができる。

#### 【0016】

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 400 は、プラズマ源 401、集束プレート 101（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 402 を含む。プラズマ源 401 にはガス源 404 が連結されている。プラズマ源 401 またはシステム 400 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 140 を生成するプラズマ源 401 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 401 は、R F 源ジェネレータ 408 および R F 源ジェネレータ 409 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 401 は筐体 411 に取り囲まれ、筐体 411 は D C ブレーク 410 によってプロセスチャンバ 402 から分離される。プロセスチャンバ 402、プラズマ源 401 またはプラテン 403 は接地可能である。

10

#### 【0017】

集束プレート 101 は、ワークピース 100 に注入されるイオン 406 を抽出するのに使用される。集束プレート 101 は冷却可能である。このプラズマ源 401 からのプラズマ 140 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 401 はバイアス可能である。また、イオン 406 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。

20

#### 【0018】

図 5 の例では複数の開孔 407 を示しているが、集束プレート 101 は少なくとも 1 つの開孔 407 を含むことができる。図 20 に関して後で詳述するように、開孔 407 はワークピース 100 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 101 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 401 内の圧力とプロセスチャンバ 402 内の圧力を略等しくすることによりアーケ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、高電圧アーケ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 100 内の注入領域の寸法は、システム 400 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。

30

#### 【0019】

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 100 が、プロセスチャンバ 402 内のプラテン 403 上に配置される。集束プレート 101 の熱膨張は、集束プレート 101 とワークピース 100 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 100 は、ワークピース 100 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、 $1 \times 3$  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 403 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 100 を保持することができる。ワークピース 100 は、プラテン 403 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 403 は方向 405 に走査可能である。しかしながら、プラテン 403 はワークピース 100 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 100 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 101 は、静止したワークピース 100 に対して走査を行う。ワークピース 100 は、様々な積み重ねし機構体を使用してプラテン 403 上に配置することができる。一例では、プラテ

40

50

ン 4 0 3 は、ワークピース 1 0 0 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 1 0 0 は、注入処理前または注入処理中に、プラテン 4 0 3 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。

#### 【0 0 2 0】

プラズマ源 4 0 1 のパルスは、集束プレート 1 0 1 および / またはワークピース 1 0 0 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 1 0 0 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 4 0 6 を形成することは、ワークピース 1 0 0 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。

#### 【0 0 2 1】

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 4 0 3 は集束プレート 1 0 1 の下方に配設され、方向 6 0 5 に移動する。重力を使用してワークピース 1 0 0 を支持するとプラテン 4 0 3 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。

#### 【0 0 2 2】

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 4 0 3 は集束プレート 1 0 1 の上方に配設され、方向 6 0 5 に移動する。これによりワークピース 1 0 0 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 4 0 3 は、システム 4 0 0 内の処理中にワークピース 1 0 0 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。

#### 【0 0 2 3】

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 1 0 0 はコンベヤベルト 8 0 0 上に配設され、コンベヤベルト 8 0 0 は垂直方向であってもよい方向 4 0 5 に移動する。

#### 【0 0 2 4】

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 1 0 0 はコンベヤベルト 8 0 0 上に配設され、コンベヤベルト 8 0 0 は水平方向であってもよい方向 6 0 5 に移動する。このシステム 4 0 0 は、図 6 の実施形態の場合と同様に、ワークピース 1 0 0 上に堆積物または粒子が形成される可能性がある。

#### 【0 0 2 5】

図 1 0 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 1 0 0 は、方向 6 0 5 に移動するコンベヤベルト 8 0 0 上に配設される。コンベヤベルト 4 0 5 は、ワークピース 1 0 0 が上下逆向きに保持されるようにワークピース 1 0 0 を把持することができる。本実施形態は、ワークピース 1 0 0 上の堆積物または粒子の形成リスクを解消する。

#### 【0 0 2 6】

図 5 ~ 図 1 0 の各実施形態ではコンベヤベルト 8 0 0 およびプラテン 4 0 3 を図示しているが、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。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 8 0 0 またはプラテン 4 0 3 だけに限定されるものではない。コンベヤベルト 8 0 0 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 4 0 2 内の真空を維持することができる。

#### 【0 0 2 7】

図 1 1 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 8 0 0 および集束プレート 1 0 1 は傾斜しており、ワークピース 1 0 0 は水平から垂直までの角度であってよい方向 1 1 0 5 に移動する。システム 4 0 0 の残りの部分は傾斜させなくてもよいが、図 1 1 の実施形態ではシステム 4 0 0 全体が傾斜するように図示している。コンベヤベルト 8 0 0 を図示しているが、プラテン 4 0 3 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。傾斜構成を用いるとワークピース 1 0 0 の重力アライメント (gravity alignment) が可能になるとともに、ワークピース 1 0 0 をコンベヤベルト 8 0 0 上に保持する機構が単純化さ

10

20

30

40

50

れる。

### 【0028】

図12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1200では、プラズマ源401およびプラズマ源1203を図示してある。プラズマ源1203は、ガス源1202からプラズマ1201を形成する。一例では、プラズマ1201はp型、即ちワークピース100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140はn型、即ちワークピース100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140およびプラズマ1201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1200を使用して図2に示したIBC太陽電池が形成される。したがって、プラテン403は、プラズマ源401とプラズマ源1203との間でワークピース100を平行移動させて、IBC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401、1203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100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1201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140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

### 【0029】

プラテン403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100用搬送機構体を使用してもよい。

20

### 【0030】

図22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2200は、プラズマ源401とプラズマ源2201の両方を有する。プラズマ源2201は、ガス源2203からプラズマ2202を形成する。プラテン403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100用搬送機構体を使用してもよい。本実施形態のプラテン403は、プラズマ源401とプラズマ源2201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403または他の何らかの搬送機構体を用いてワークピース100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402とプラズマ源2201が異なる高さに配置されることもある。

30

### 【0031】

図12および図22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1200および2200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。プ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。

### 【0032】

本明細書に開示する諸実施形態では、プラズマ源401のようなプラズマ源を連続動作させてよい。これによりプラズマ140の生成に要する時間が短縮される。集束プレート101は、システム400内でin situ洗浄可能である。一例では、プラズマ源401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401において使用される場合に、イオン406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101の熱制御により集束プレート101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

### 【0033】

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に、選択的小エリアとプ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100μm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100μm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10μm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。

10

20

30

#### 【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、プランケット注入の必要な注入レベルを得るために妥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、急速なプ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。

30

40

#### 【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

50

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100μm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ズ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内のイオンドーズ量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。  
10

#### 【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プ領域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が衝突するときに、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。  
20

#### 【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。  
30

#### 【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。  
40

#### 【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  
50

スの同期化を異なる形で実施することができる。

#### 【0043】

特に図18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100を開孔板101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100)内に形成することが可能となる。ステップ1800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 $100\mu s$ 毎に $50\mu s$ の持続時間 $T_{ON}$ を有するパルスを生成してもよい。

10

#### 【0044】

ステップ1802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101の開孔を通っ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101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關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。

#### 【0045】

ステップ1804および1806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(1804)の場合は、エンコーダパルスを $200\mu s$ 毎に相当する2ソースパルス毎に1つ生成し、高ドーズ(1806)の場合は、エンコーダパルスを $1000\mu s$ 毎に相当する20ソースパルス毎に1つ生成するようにしてもよい。

20

#### 【0046】

一実施形態では、ステップ1808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1810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100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100への注入処理は、プラズマ140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100への注入処理がワークピース100の移動前の10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

#### 【0047】

図19に示す方法は図18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1800からステップ1902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1904～1908)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100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18の場合と同様に、図19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

#### 【0048】

別の実施形態では、ワークピース100の走査時に、ワークピース100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100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 $50\mu s$ から $49\mu s$ に調整してもよい。

#### 【0049】

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、高ドープ領域 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、低ドープ領域 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、高ドープ領域 1400 に 5 倍のドーズ量が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。

10

#### 【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ます。

20

#### 【0052】

図 20A ~ 図 20C は、プ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（プ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 の幅全体にわたるプランケット注入を実行し、それにより図 20C に示すようなプランケット領域 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 を両方に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、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。

30

#### 【0053】

本発明によれば、図 20D および図 20E に示すように、これらプ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あってもよい。図 20D は、開孔 1202 およ

40

50

び開孔 1203 が同じ集束プレートに含まれる集束プレートシステム 1210 の一実施形態を示す。図 20D に示すように、集束プレート 1210 は、方向 1204 に沿って左に、位置 C まで走査してもよい。図 20D 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 1210 を引き続きワークピース 100 に対して左に移動させてもよい。図 20E は、図 20D に示した時点までに集束プレート 1210 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 におけるプランケット集束用開孔 1202 の前縁に相当する前縁 1230a を有するプランケット領域 1230 が形成されている。走査が進行するとともに、プランケット領域 1230 は、図 20C に示した状況と同様にワークピース 100 全体に延在するようにしてよい。図 20E は、開孔 1203 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 1232 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、橢円形または任意の形状とすることができます。

#### 【0054】

図 21 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 2100 はプラテン 403 およびワークピース 100 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 2100 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 100 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 2101 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 2101 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 2101 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 2102 は互い違いの開孔列を含む。開孔アレイ 2102 内の各開孔は、想定イオン幅の約 1 / 10 である。各開孔アレイ 2102 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 2100 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 2103 をプラテン 403 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 2103 を走査速度補正に使用することができる。第 2 の開孔 2103 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 100 の帯電は、イオン 406 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 101 の焦点に影響を及ぼす可能性があり、集束プレート 101 のエッチングを発生させる可能性があり、集束プレート 101 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 100 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 100 の裏側の磁石により抑制することも可能である。図 16 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 1600 が集束プレート 101 上に配設される。図 17A および図 17B は、磁気抑制の 2 つの実施形態を示す断面図である。磁石 1700 および磁石 1701 はそれぞれ逆の極性を有するものであってよく、ワークピース 100 の裏面（図 17A）または集束プレート 101 とワークピース 100 との間（図 17B）に配設して、二次電子に影響を及ぼすことができる。図 17A において、磁石 1700、1701 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 17B では、磁石 1700、1701 を集束プレート 101 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 101 の内部に配設することもできる。図 17B の磁石 1700、1701 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 100 のドーピングまたはワークピース

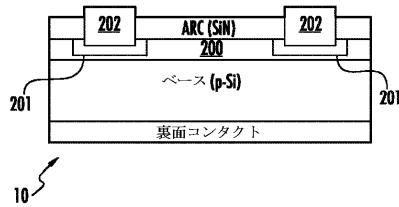
100の結晶格子の改質に使用可能である。一例では、水素および／またはヘリウム注入を実行してワークピース100の劈開を可能にし、ワークピース100全体に様々なドーズ量の水素および／またはヘリウムを行き渡らせることができる。アモルファス化のような他の材料改質も実行可能である。本明細書に開示の各実施形態を使用した注入処理は、半導体または他の用途に適用可能である。

### 【0057】

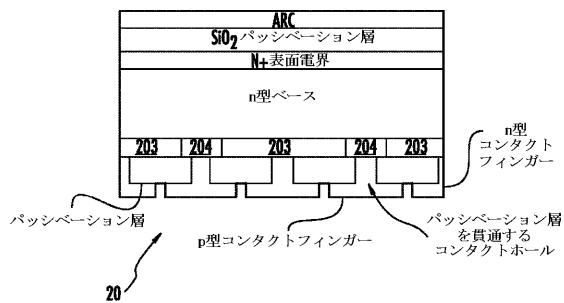
本開示は、本明細書に記載した特定の実施形態によって範囲が限定されるものではない。実際、上記の説明を添付図面と併せて読んだ当業者なら、本明細書に記載したものだけでなく本開示の他の様々な実施形態および修正形態を理解するであろう。したがって、このような他の実施形態および修正形態も本開示の範囲に含まれるものとする。さらに、本明細書では特定の環境、特定の目的および特定の実施形態の文脈で本発明の説明を行ってきたが、本発明の有用性はこれらに限定されるものではなく、本発明は任意の数の環境および任意の数の目的で有利に実施可能であることが当業者には理解されるであろう。したがって、添付の特許請求の範囲の記載は本明細書に記載した本発明の範囲および趣旨に鑑みて解釈すべきものである。

10

【図1】



【図2】



【図3】

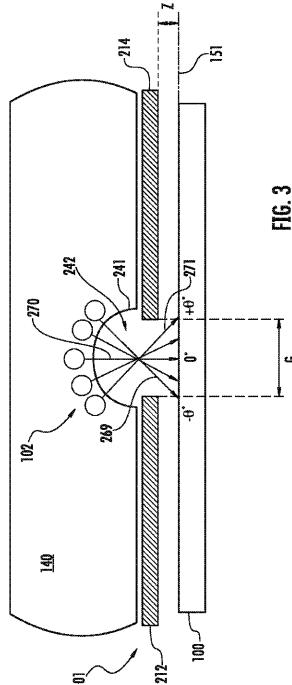


FIG.3

【図4】

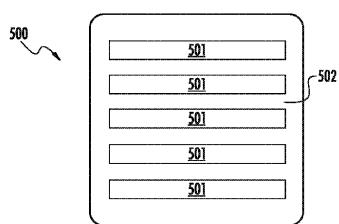


FIG. 4

【図6】

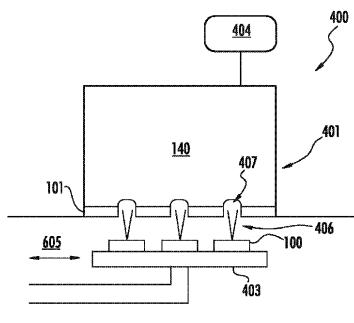


FIG. 6

【図5】

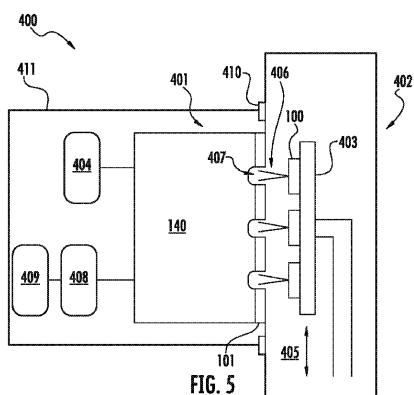


FIG. 5

【図7】

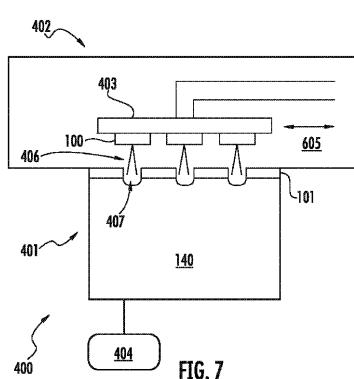


FIG. 7

【図8】

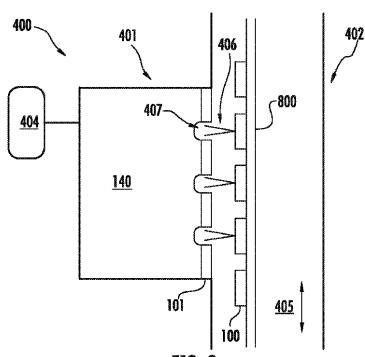


FIG. 8

【図10】

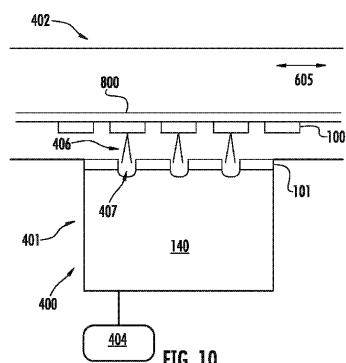


FIG. 10

【図9】

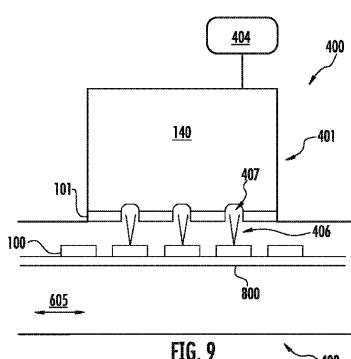


FIG. 9

【図11】

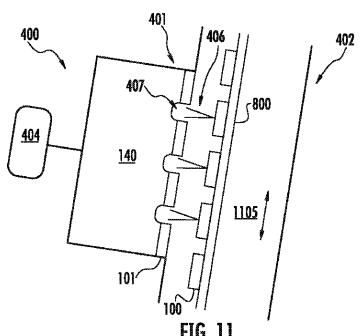


FIG. 11

【図 1 2】

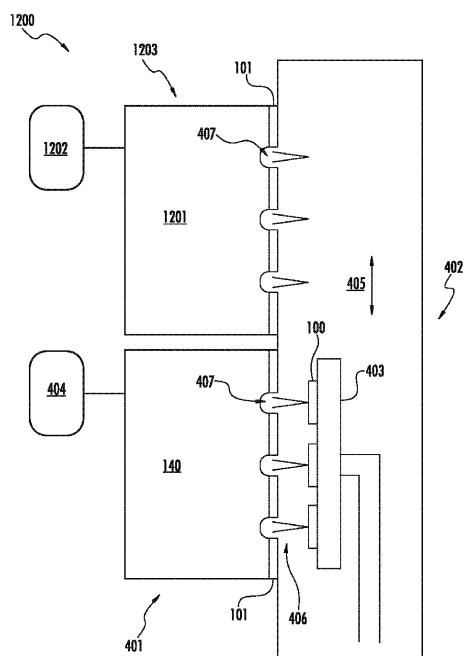


FIG. 12

【図 1 3】

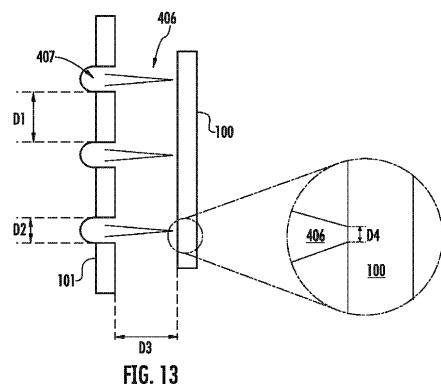


FIG. 13

【図 1 4】

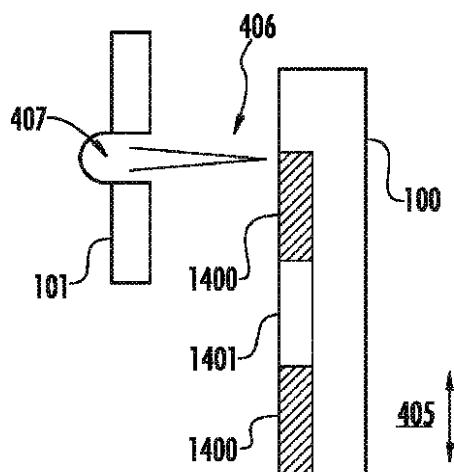
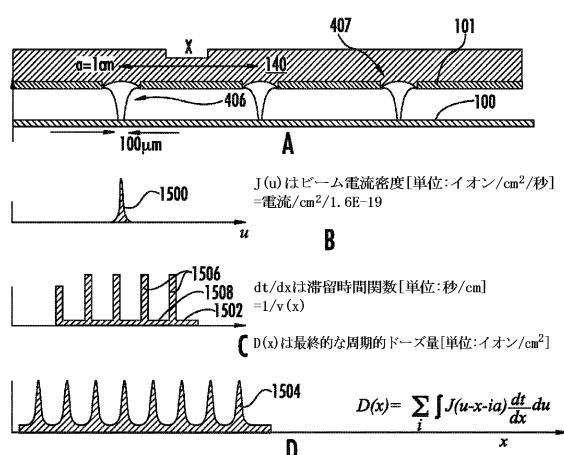


FIG. 14

【図 1 5】



【図 16】

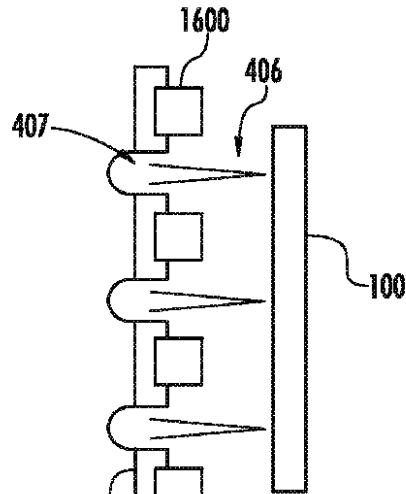


FIG. 16

【図 17A】

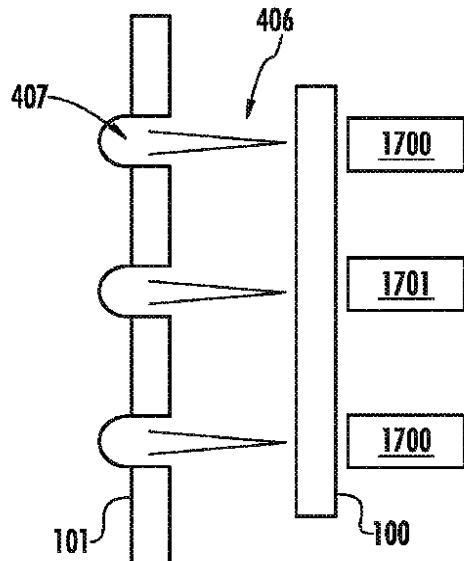


FIG. 17A

【図 17B】

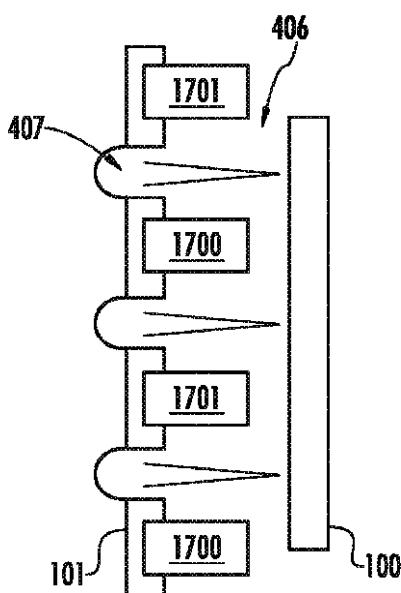
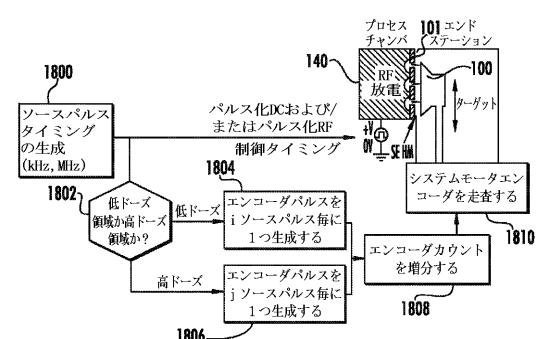
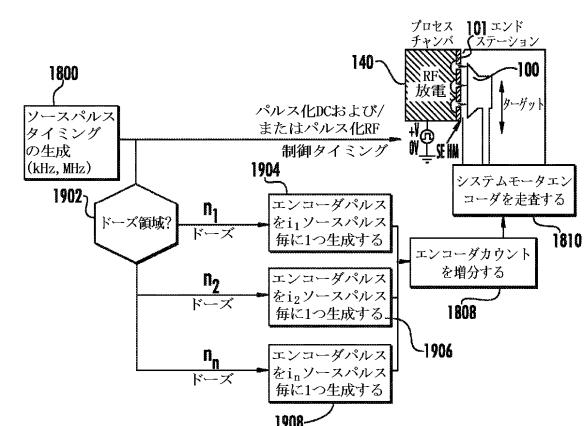


FIG. 17B

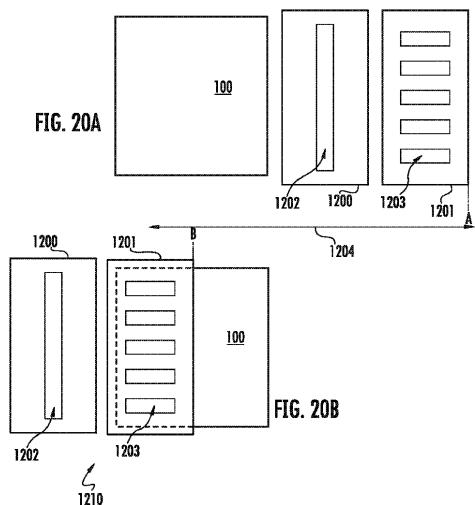
【図 18】



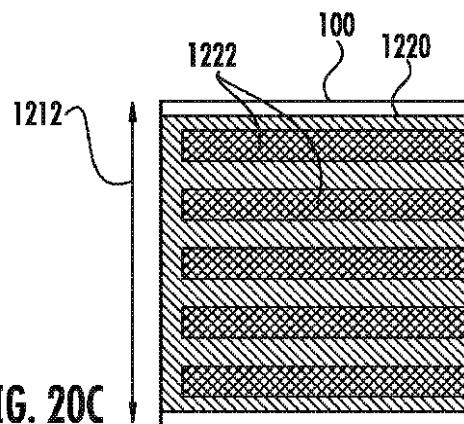
【図 19】



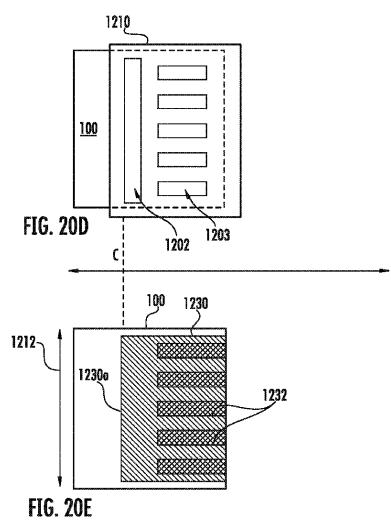
【図 20A - 20B】



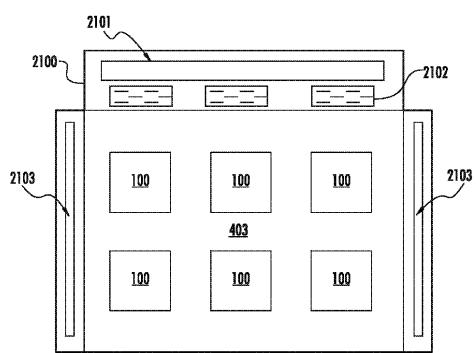
【図 20C】



【図 20D - 20E】



【図 21】



【図 2 2】

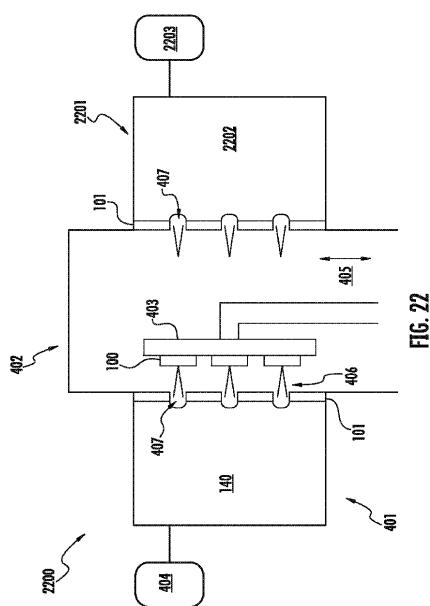
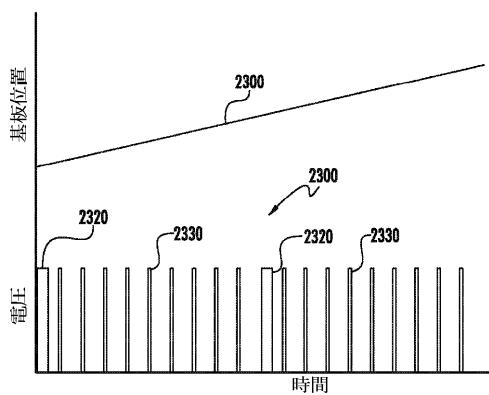
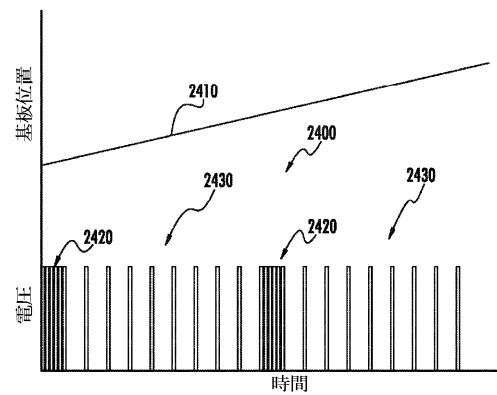


FIG. 22

【図 2 3】



【図 2 4】



## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No PCT/US2010/056952												
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> 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>B. FIELDS SEARCHED</b> 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														
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Category*</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">X</td> <td style="padding: 2px;">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 * abstract; figures 1,3 the whole document</td> <td style="padding: 2px;">1-6, 9-12,17</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Y</td> <td style="padding: 2px;">-----</td> <td style="padding: 2px;">13-16, 23-25</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">A</td> <td style="padding: 2px;">----- -/-</td> <td style="padding: 2px;">8,18,19</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	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 * abstract; figures 1,3 the whole document	1-6, 9-12,17	Y	-----	13-16, 23-25	A	----- -/-	8,18,19
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
X	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 * abstract; figures 1,3 the whole document	1-6, 9-12,17												
Y	-----	13-16, 23-25												
A	----- -/-	8,18,19												
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> 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														
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) * abstract; figures 1-3 paragraphs [0002], [0009], [0018] - [0022], [0031], [0038], [0039], [0044] - [0050], [0054], [0062], [0065] -----	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) * abstract; figures 1-5,11,12 paragraphs [0003] - [0006], [0049] - [0064], [0069] - [0079] -----	1,2, 4-12,17, 20 13,19,23
X	JP 2006 278006 A (JAPAN ATOMIC ENERGY AGENCY) 12 October 2006 (2006-10-12) * abstract; figures 1-3 the whole document -----	1,4-6,9, 11 13,17,23
X	WO 02/19377 A2 (AXCELIS TECH INC [US]; EATON LTD [GB]) 7 March 2002 (2002-03-07) * 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 -----	1,4-6,9, 11 13,17,23
X,P	WO 2010/115110 A2 (VARIAN SEMICONDUCTOR EQUIPMENT [US]; GODET LUDOVIC [US]; MILLER TIMOTH) 7 October 2010 (2010-10-07) * 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 -----	1,2,6, 9-12,17 7,8,13, 23
A,P		

**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,R,S,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 01930 グローチェスター ドリー ロード 35

(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 01930 グローチェスター ドリー ロード 35

(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 01930 グローチェスター ドリー ロード 35

(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 01930 グローチェスター ドリー ロード 35

(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 01930 グローチェスター ドリー ロード 35

(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 01930 グローチェスター ドリー ロード 35

(72)発明者 ディーパック ラーマッパ

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01930 グローチェスター ドリー ロード 35

(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 01930 グローチェスター ドリー ロード 35

(72)発明者 アトゥル ガブタ

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01930 グローチェスター ドリー ロード 35

(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 01930 グローチェスター ドリー ロード 35

F ターム(参考) 5C030 DE04 DE09

5C034 CC07 CC11 CD01 CD02 CD07

5F151 AA02 AA03 CB18 CB30 DA03 DA10 GA04