

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5771187号  
(P5771187)

(45) 発行日 平成27年8月26日(2015.8.26)

(24) 登録日 平成27年7月3日(2015.7.3)

(51) Int.Cl.	F 1
HO 1 J 37/317 (2006.01)	HO 1 J 37/317 B
HO 1 L 21/265 (2006.01)	HO 1 J 37/317 Z
HO 1 L 21/266 (2006.01)	HO 1 J 37/317 C
	HO 1 L 21/265 T
	HO 1 L 21/265 M

請求項の数 22 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2012-504863 (P2012-504863)
(86) (22) 出願日	平成22年4月8日(2010.4.8)
(65) 公表番号	特表2012-523669 (P2012-523669A)
(43) 公表日	平成24年10月4日(2012.10.4)
(86) 国際出願番号	PCT/US2010/030391
(87) 国際公開番号	W02010/118231
(87) 国際公開日	平成22年10月14日(2010.10.14)
審査請求日	平成25年4月5日(2013.4.5)
(31) 優先権主張番号	61/167,550
(32) 優先日	平成21年4月8日(2009.4.8)
(33) 優先権主張国	米国(US)
(31) 優先権主張番号	12/756,026
(32) 優先日	平成22年4月7日(2010.4.7)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	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 O 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 憲司
(74) 代理人	100153017 弁理士 大倉 昭人
(74) 代理人	100174023 弁理士 伊藤 恵愛

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理技術

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板の処理方法において、

複数のイオンを含むイオンビームを、イオンビーム経路に沿ってイオン源から前記基板に向けて指向させるステップであって、前記イオンビームは、高さ方向に沿って設けた第1部及び第2部を備えている、ステップと、

前記イオンビーム経路内で、前記イオン源と前記基板との間に、マスクの少なくとも一部分を設けるステップと、

を含み、

前記マスクの前記少なくとも一部分を、前記イオンビームの高さ方向に延在させるとともに、前記イオンビームの第1部の経路内に設け、

前記マスクの前記少なくとも一部分を、前記イオンビームの前記第2部の経路内に設けないようにして、

さらに、前記イオンビームの前記第1部からのイオンを用いて選択的イオン注入を行い、前記イオンビームの前記第2部からのイオンを用いてプランケットイオン注入を行うステップと、

前記基板及び前記マスクのうち一方を、該基板及び該マスクのうち他方に対して、前記高さ方向に沿って平行移動させるステップと、

を含む、方法。

## 【請求項 2】

10

20

請求項 1 に記載の方法において、  
前記マスクを、前記イオンビームに対して固定配置する方法。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の方法において、  
前記マスクは、互いに離間した複数のフィンガーを備え、少なくとも 1 つのギャップを規定し、  
前記イオンビームの前記第 1 部からのイオンの一部を、前記マスクの前記少なくとも 1 つのギャップを通過させ、前記基板に注入して、選択的イオン注入を行う方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の方法において、  
前記マスクは、前記複数のフィンガーを支持するベースを備えている方法。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の方法において、  
前記イオンビームの前記第 1 部の高さを、前記イオンビームの前記第 2 部の高さにほぼ等しくする方法。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の方法において、  
前記イオンビームの前記第 1 部の高さを、前記イオンビームの前記第 2 部の高さよりも大きくする方法。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の方法において、  
前記イオンビームの前記第 1 部の高さと前記イオンビームの前記第 2 部の高さとの比を、3 : 2 とする方法。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の方法において、  
前記イオンビームの前記第 1 部の高さを、前記イオンビームの前記第 2 部の高さより小さくする方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の方法において、  
前記イオンビームの前記第 1 部の高さと前記イオンビームの前記第 2 部の高さとの比を、2 : 3 とする方法。

【請求項 10】

基板の処理方法において、  
イオンビームをイオン源から前記基板に向けてイオンビーム経路に沿って指向させるステップであって、該イオンビームは複数のイオンを含む、ステップと、  
前記イオン源と前記基板との間で前記イオンビーム経路内にマスクを設けるステップであって、前記マスクの少なくとも一部分を、前記イオンビームの全体高さの一部のみに亘って前記イオンビームの高さ方向に延在させている、ステップと、  
を含み、

前記イオンビームは、第 1 部及び第 2 部を有し、  
前記マスクの前記少なくとも一部分を、前記イオンビームの前記第 1 部の経路内に設け、

前記マスクの前記少なくとも一部分を、前記イオンビームの前記第 2 部の経路内に設けないようにし、

前記マスクは、互いに離間した複数のフィンガーを備え、1 つ以上のギャップを規定し、  
前記イオンビームの前記第 1 部からのイオンの一部を、前記フィンガーにより規定した前記 1 つ以上のギャップを通過させる方法。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の方法において、

10

20

30

40

50

前記マスク及び前記イオンビームを、相対的に固定配置する方法。

【請求項 1 2】

請求項 1 0 に記載の方法において、

前記マスク及び前記基板のうち少なくともいずれか一方を、前記マスク及び前記基板のうち他方に対して、平行移動させるステップを、さらに含む方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 0 に記載の方法において、

前記イオンビームの前記第 1 部の高さを、前記イオンビームの前記第 2 部の高さにほぼ等しくする方法。

【請求項 1 4】

10

請求項 1 0 に記載の方法において、

前記イオンビームの前記第 1 部の高さを、前記イオンビームの前記第 2 部の高さより大きくする方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載の方法において、

前記イオンビームの前記第 1 部の高さと前記イオンビームの前記第 2 部の高さとの比を、3 : 2 とする方法。

【請求項 1 6】

請求項 1 0 に記載の方法において、

前記イオンビームの前記第 1 部の高さを、前記イオンビームの前記第 2 部の高さより小さくする方法。

20

【請求項 1 7】

請求項 1 6 に記載の方法において、

前記イオンビームの前記第 1 部の高さと前記イオンビームの前記第 2 部の高さとの比を、2 : 3 とする方法。

【請求項 1 8】

請求項 1 0 に記載の方法において、

前記イオンビームの前記第 1 部からのイオンを用いて選択的イオン注入を行い、前記イオンビームの前記第 2 部からのイオンを用いてプランケットイオン注入を行う方法。

【請求項 1 9】

30

基板の処理方法において、

複数のイオンを含むイオンビームをイオンビーム経路に沿って指向させるステップと、

前記イオンビームの第 1 部からのイオンを用いて前記基板に対してプランケットイオン注入を行い、前記イオンビームの第 2 部からのイオンを用いて前記基板に対して選択的イオン注入を行うステップであって、前記第 1 部及び前記第 2 部を前記イオンビームの互いに対向する側に配置している、実行ステップと、

を含む方法。

【請求項 2 0】

請求項 1 9 に記載の方法において、

前記実行ステップは、前記イオンビームの前記第 1 部の経路内にマスクの少なくとも一部分を設けずに、前記イオンビームの前記第 2 部の経路内に前記マスクの前記少なくとも一部分を設けることを含む方法。

40

【請求項 2 1】

請求項 2 0 に記載の方法において、

前記選択的イオン注入を、前記イオンビームの前記第 1 部の幅方向に設けられた 1 つ以上のギャップを通過するイオンを用いて行う方法。

【請求項 2 2】

請求項 2 1 に記載の方法において、

前記イオンビーム及び前記マスクを固定配置するステップと、

前記マスク及び前記基板のうち一方を、該マスク及び該基板のうち他方に対して平行移

50

動させるステップと、  
を含む方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板を処理するための技術に関連し、特に、ドーパント又は不純物を基板に導入するための技術に関連する。

【背景技術】

【0002】

電子デバイスの製造においては、基板の元々の機械的性質、光学的性質、又は電気的性質を変化させるために、ドーパント又は不純物を基板に導入する。メモリデバイスの製造においては、ホウ素イオンをケイ素基板に導入することがある。結晶格子内のケイ素原子とホウ素イオンとが異なる電気的性質を有することから、十分な量のホウ素イオンを導入することによって、ケイ素基板の電気的性質を変化させることができる。

【0003】

ドーパントを導入するためには、イオン注入技術を用いることができる。この技術では、所望の種を含む供給材料をイオン化する。その後、供給材料のイオンを、所望エネルギーを有するイオンビームの形態で、基板に向けて指向させ、その後注入する。イオンが互いに異なる種からなる場合、イオンによって基板の性質を変化させることができる。

【0004】

他のケイ素基板ベースのデバイスである太陽電池も、イオン又はドーパントをケイ素基板に導入することにより製造することができる。従来では、ドーパントを含むガラス又はペーストをケイ素基板上に設けて行う拡散処理により、ドーパントを導入していた。その後、基板を加熱し、ガラス又はペースト内のドーパントを熱拡散により基板内に拡散させる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

拡散処理は、コスト効果が高いものであり得るが、多くの欠点を有する。一部の太陽電池では、選択的ドーピングを行って基板の選択領域のみにドーパントを導入することが望ましい。しかしながら、拡散処理は制御が困難であり、拡散による選択的ドーピングを達成することは困難であり得る。当該処理は、不精密なドーピング又は不均一なドープ領域の形成をもたらし得る。さらに、拡散処理中に、空隙、空気泡、又は他の汚染物質が、ドーパントと共に基板に導入され得る。

【0006】

かかる欠点に対処するために、イオン注入処理によるドーピングが提案されてきた。提案された処理では、基板をフォトレジスト層で覆い、リソグラフィック処理を行って基板の一部分を露出させる。その後、イオン注入を行い、ドーパントを露出部分に注入する。この処理は、精密な選択的ドーピングを達成するが、安価ではない。フォトレジストで覆い、パターンを形成し、フォトレジストを除去するためのさらなるステップ及び時間が必要となり、その各々により製造処理のコストが増大される。露出させるべき領域が極度に小さい場合、これらのステップはさらに複雑となり得る。

【0007】

太陽電池の製造に追加されるコストにより、太陽電池により低コストのエネルギーを生産しにくくなる。一方、高効率・高性能の太陽電池の製造におけるコストの低減は、世界中で太陽電池の実装に良い影響を与えるはずである。これにより、クリーンエネルギー技術のより幅広い利用及び採用が可能になる。

【0008】

したがって、新規技術が要求されている。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

## 【0009】

本発明は、基板を処理するための改良技術を開示するものである。1つの特定の例示的実施形態において、本技術は、基板の処理方法として実現することができる。当該方法は、複数のイオンを含むイオンビームを、イオンビーム経路に沿ってイオン源から基板に向けて指向させるステップと、マスクの少なくとも一部分を、イオンビーム経路内でイオン源と基板との間に設けるステップと、基板及びマスクのうち一方を、基板及びマスクのうち他方に対して平行移動させるステップと、を含むことができる。

## 【0010】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、マスクを、イオンビームに対して固定配置することができる。

10

## 【0011】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、マスクは、互いに離間した複数のフィンガーを備え、少なくとも1つのギャップを規定することができる。

## 【0012】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、マスクは、複数のフィンガーを支持するベースを備えることができる。

## 【0013】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、上記マスクの少なくとも一部分を、イオンビームの高さ方向に延在させることができるとともに、イオンビームの第1部の経路内に設けることができる。

20

## 【0014】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、イオンビームは、第2部をさらに備えることができ、マスクの少なくとも一部分を、イオンビームの第2部の経路内に設けないようとする。

## 【0015】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、イオンビームの第1部の高さを、イオンビームの第2部の高さにほぼ等しくすることができる。

## 【0016】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、イオンビームの第1部の高さを、イオンビームの第2部の高さよりも大きくすることができる。

30

## 【0017】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、イオンビームの第1部の高さとイオンビームの第2部の高さとの比を、約3:2とすることができます。

## 【0018】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、イオンビームの第1部の高さを、イオンビームの第2部の高さより小さくすることができる。

## 【0019】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、イオンビームの第1部の高さとイオンビームの第2部の高さとの比を、約2:3とすることができます。

## 【0020】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、マスクは、互いに離間した複数のフィンガーを備え、少なくとも1つのギャップを規定することができ、イオンビームの第1部からのイオンの一部を、マスクの少なくとも1つのギャップを通過させ、基板に注入して、選択的イオン注入を行うことができる。

40

## 【0021】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、イオンビームの第2部からのイオンを、基板に注入して、プランケットイオン注入を行うことができる。

## 【0022】

この他の例示的実施形態によれば、本技術は、基板の処理方法として実現することができる。上記方法は、イオンビームをイオン源から基板に向けてイオンビーム経路に沿って

50

指向させるステップであって、イオンビームは複数のイオンを含む、ステップと、イオン源と基板との間でイオンビーム経路内にマスクを設けるステップであって、マスクの少なくとも一部分を、イオンビームの全体高さの一部のみに亘ってイオンビームの高さ方向に延在させている、ステップと、を含むことができる。

【0023】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、マスク及びイオンビームを、相対的に固定配置することができる。

【0024】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、上記方法は、マスク及び基板のうち少なくともいずれか一方を、マスク及び基板のうち他方に対して、平行移動させるステップをさらに含むことができる。

10

【0025】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、イオンビームは、第1部及び第2部を有することができ、マスクの少なくとも一部分を、イオンビームの第1部の経路内に設け、マスクの少なくとも一部分を、イオンビームの第2部の経路内に設けないようにしている。

【0026】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、イオンビームの第1部の高さを、イオンビームの第2部の高さにほぼ等しくすることができる。

【0027】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、イオンビームの第1部の高さを、イオンビームの第2部の高さより大きくすることができる。

20

【0028】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、イオンビームの第1部の高さとイオンビームの第2部の高さとの比を、約3:2とすることができます。

【0029】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、イオンビームの第1部の高さを、イオンビームの第2部の高さより小さくする。

【0030】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、イオンビームの第1部の高さとイオンビームの第2部の高さとの比を、約2:3とすることができます。

30

【0031】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、マスクは、互いに離間した複数のフィンガーを備え、1つ以上のギャップを規定することができ、イオンビームの第1部からのイオンの一部を、フィンガーにより規定した1つ以上のギャップを通過させることができる。

【0032】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、上記方法は、イオンビームの第1部からのイオンを用いて選択的イオン注入を行い、イオンビームの第2部からのイオンを用いてプランケットイオン注入を行うステップとを、さらに含むことができる。

40

【0033】

他の特定の例示的実施形態によれば、本技術は、基板の処理方法として実現することができる。上記方法は、複数のイオンを含むイオンビームを、イオンビーム経路に沿って指向させるステップと、イオンビームの第1部からのイオンを用いて基板に対してプランケットイオン注入を行い、イオンビームの第2部からのイオンを用いて基板に対して選択的イオン注入を行うステップであって、第1部及び第2部をイオンビームの互いに対向する側に配置している、実行ステップとを、含むことができる。

【0034】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、上記実行ステップは、イオンビームの第2部の経路内にマスクの少なくとも一部分を設けずに、イオンビームの第1部の経路内

50

にマスクの当該少なくとも一部分を設けることを含むことができる。

【0035】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、選択的イオン注入を、イオンビームの第1部の幅方向に設けられた1つ以上のギャップを通過するイオンを用いて行うことができる。

【0036】

この特定の例示的実施形態の他の態様によれば、上記方法は、イオンビーム及びマスクを固定配置するステップと、マスク及び基板のうち一方を、マスク及び基板のうち他方に對して平行移動させるステップとを、さらに含むことができる。

【0037】

以下、本発明について、図面に示す例示的実施形態を参照しつつ、さらに詳細に説明する。以下では、本発明について、例示的実施形態を参照しつつ説明するが、本発明がこれに限定されないことは明らかである。当業者は、本明細書で説明する本発明の範囲内に属する他の実装、変更、実施形態、及び使用分野であって、本発明が大いに有用となり得るもの、理解するはずである。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】本開示で説明する技術を用いて得ることができる基板を示す図である。

【図2】本発明の一実施形態による基板を処理するための例示的なビームラインイオン注入システムを示す図である。

【図3】本発明の一実施形態による基板を処理するための例示的なマスクを示す図である。

【図4】本発明の他の実施形態による基板を処理するための他の例示的なマスクを示す図である。

【図5a】本発明の一実施形態による基板を処理するための例示的な技術を示す図である。

【図5b】本発明の一実施形態による基板を処理するための例示的な技術を示す図である。

【図6】本発明の一実施形態による基板を処理するための他の例示的な技術を示す図である。

【図7】本発明の他の実施形態による基板を処理するための他の例示的なマスクを示す図である。

【図8a】本発明の他の実施形態による基板を処理するための他の例示的な技術を示す図である。

【図8b】本発明の他の実施形態による基板を処理するための他の例示的な技術を示す図である。

【図9】本発明の他の実施形態による基板を処理するための他の例示的なマスクを示す図である。

【図10】本発明の他の実施形態による基板を処理するための他の例示的なマスクを示す図である。

【図11】本発明の他の実施形態による基板を処理するための他の例示的な技術を示す図である。

【図12】本発明の他の実施形態による基板を処理するための他のマスクを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0039】

ここで、基板を処理するための技術の実施形態を幾つか説明する。明確かつ単純な説明のために、実施形態の説明は、基板にドーパント又は不純物を導入する技術を中心とする場合がある。例えば、本明細書で説明する技術は、異なるドーズ量又は準位の不純物を含む領域及び/又は異なる型の不純物又はドーパントを含む領域を形成するために用いるこ

10

20

30

40

50

とができる。本発明は、特定の技術を中心に説明するが、これに限られるものではない。

#### 【0040】

本開示では、リボンビームを用いたビームラインイオン注入システムに関する実施形態を説明する。スポットイオンビーム又は集束イオンビームを用いた走査ビームイオン注入システムを含む、他の種類のイオン注入システムについては、詳細に説明しないが、除外されるものではない。さらに、例えば、プラズマ支援ドーピング (P L A D: Plasma Assisted Doping) システム又はプラズマ浸漬イオン注入 (P I I I: Plasma Immersion Ion Implantation) システムを含む、他の種類の基板処理システムを、同等に使用することができる。

#### 【0041】

10

実施形態で開示する基板は、太陽電池を製造するためのケイ素ベースの基板とすることができます。ケイ素ベースの基板について主に説明するが、本発明は、他の材料を含む基板に、同等に使用することができる。例えば、テルル化カドミウム (CdTe)、セレン化銅インジウムガリウム (CIGS)、又は他の材料を含む基板も、使用することができる。さらに、他の非太陽電池の基板も、本発明に使用することができる。他の機械デバイス、電子デバイス (例えばメモリデバイス)、又は光学デバイス (例えば発光ダイオード)、又は他のデバイスの製造に、金属基板、他の半導体基板、及び絶縁基板を、同等に使用することができる。

#### 【0042】

20

図1は、本発明の技術を用いて製造した例示的な基板100を示す。本実施形態では、太陽電池基板100を示している。基板100は、一方側において、1つ以上のコンタクト領域102を含むことができる。各コンタクト領域102上には、金属コンタクト部 (図示せず) を形成することができる。コンタクト領域102は、領域102内に所望のドーパントを所定ドーザ量だけ導入することにより、形成することができる。基板100が2つ以上のコンタクト領域102を含む場合、スペーサー領域104によりコンタクト領域102を互いに離間させることができる。一部の実施形態において、基板100は、1つ以上のスペーサー領域104を備えることもでき、各スペーサー領域104にドーパント又は不純物を導入することもできる。本実施形態では、コンタクト領域102とスペーサー領域104に導入するドーパント種を、互いに同一とすることができる。ただし、コンタクト領域102のドーパントのドーザ量は、スペーサー領域104のドーパントのドーザ量よりも、多くすることができる。基板が太陽電池である場合、基板100の正面において高濃度にドープしたコンタクト領域102と低濃度にドープしたスペーサー領域104とを含むこのパターンを、選択的エミッタ設計と称する場合がある。高濃度にドープしたコンタクト領域102により、コンタクト領域102と金属コンタクト部との間のインタフェースを向上することができる。さらに、ドーパントのドーザ量をより多くすることにより、コンタクト領域102の導電率をより高くすることができる。他の実施形態において、コンタクト領域102とスペーサー領域104とに、異なるドーパント種を導入することができるが、好ましくはない。例えば、コンタクト領域102及びスペーサー領域104のうち一方にp型ドーパントを導入し、コンタクト領域102及びスペーサー領域104のうち他方にn型ドーパントを導入することができる。他の例では、コンタクト領域102及びスペーサー領域104に、同じ型で異なる種のドーパントを導入することができる。さらに、コンタクト領域102内のドーパントのドーザ量を、スペーサー領域104内のドーパントのドーザ量よりも多くすることもできる。代案として、コンタクト領域102内のドーパントのドーザ量を、スペーサー領域104内のドーパントのドーザ量以下とすることができます。

30

#### 【0043】

40

図2は、本発明の一実施形態による基板を処理するための例示的システム200を示す。本実施形態において、システム200は、図1に示す選択的エミッタ設計を有する太陽電池基板を製造するために使用することができる。図2に示すように、システム200は、イオン形態のドーパントを基板100に導入し得るビームラインイオン注入システムと

50

することができる。

【0044】

本実施形態のイオン注入システム200は、所望のドーパント種の供給ガスを含むガスボックス230に接続されたイオン源202を含むことができる。ガスボックス230からの供給ガスは、イオン源202に供給され、その後イオン化される。この供給ガスは、I族及び3A～8A族に属する1以上の元素のドーパント種を含むことができる。例えば、供給ガスは、水素(H)、ヘリウム(He)、他の希ガス、酸素(O)、窒素(N)、ヒ素(As)、ホウ素(B)、リン(P)、アンチモン、ガリウム(Ga)、インジウム(In)、又は他のガスを含むことができる。さらに、供給ガスは、カルボラン $C_2B_1H_{12}$ 又は他の分子化合物を含むことができる。供給ガスがイオン化された後、イオン源202内のイオン20は、抑制電極201a及び接地電極201bを含む引き出し電極201により引き出される。電源(図示せず)は、引き出し電極201に接続することができ、可変電圧を供給することができる。

【0045】

イオン注入システム200は、随意的なビームラインコンポーネントを備えることもできる。他の実施形態におけるシステムでビームラインコンポーネントを省略することができるため、ビームラインコンポーネントは、随意とすることができます。ビームラインコンポーネントを含む場合、随意的なビームラインコンポーネントは、質量分析器203、角度補正磁石207、第1加速/減速ステージ205、及び第2加速/減速ステージ209のうち少なくともいずれか1つを含むことができる。

【0046】

質量分析器203は、イオンの質量に応じてイオンを偏向させることができる。所望の質量を有するイオンを、十分に偏向させ、質量分析器203の出口側アパーチャを通過させ、システム200のさらに下流を移動させることができる。一方、不所望の質量を有するイオンを、不十分に又は過剰に偏向させ、質量分析器203の壁に向けて指向させることができる。一方、角度補正磁石207は、発散経路内を移動するイオン20を、ほぼ平行な経路内を移動するようにコリメートすることができる。本実施形態では、発散するイオンビーム20を、ほぼ平行なリボン型のイオンビーム20へとコリメートすることができる。第1加速/減速ステージ205及び第2加速/減速ステージ207を含む場合、第1加速/減速ステージ205及び第2加速/減速ステージ207は、イオンビーム経路に沿って移動するイオンビーム20内のビームを、加速又は減速させることができる。

【0047】

イオンビーム経路に沿って移動するイオンビーム20は、エンドステーション206に向けて指向させることができる。エンドステーション206内には、基板100内にイオンビーム20内のイオンを注入し得るように、1つ以上の基板100を、イオンビーム経路内に配置することができる。注入処理を制御するために、エンドステーション206は、様々なコンポーネントを含むことができる。例えば、エンドステーション206は、1つ以上の基板100を支持し得るプラテン214を含むことができる。プラテン214は、基板100を支持することに加えて、例えば基板100の温度を制御して、高温イオン注入又は低温イオン注入をもたらすこともできる。低温イオン注入をもたらすために、プラテン214は、基板100を室温より低い温度、好ましくは273K未満の温度に、維持することができる。高温イオン注入をもたらすために、プラテン214は、基板100を室温より高い温度、好ましくは293Kより高い温度に、維持することができる。プラテン214に加えて、本発明のイオン注入システム200は、イオン注入前又はイオン注入後に基板100を冷却又は加熱し得る、冷却及び/又は加熱ステーション(図示せず)を含むことができる。

【0048】

エンドステーション206は、基板100をイオンビーム20の経路内に配置し得るスキーナー(図示せず)、例えばロプラット(roplat)を含むこともできる。スキーナーは、基板100をイオンビーム20に対して所望の位置及び配向まで平行移動/回転させる

10

20

30

40

50

こともできる。一実施形態では、イオンがほぼ 0° の入射角又は注入角で注入されるように、基板 100 を、イオンビーム経路に対してほぼ垂直に配向させることができる。他の実施形態では、非ゼロの入射角又は注入角をもたらすように、基板を、イオンビーム 20 に対して非垂直にすることができる。一実施形態では、注入処理全体を通じて、注入角を一定に維持することができる。他の実施形態では、注入処理中に、注入角を変化させることができる。本発明では、注入されるイオンのドーズ量を制御するために、基板を所望速度で平行移動させることもできる。適切なドーズ量を保証するために、エンドステーション 306 は、ドーズ量測定システムを含むこともできる。

#### 【0049】

イオン源 202 と基板 100 との間には、1つ以上のマスク 250 を配置することができる。本発明において、マスク 250 は、イオン 20 が基板 100 に到達するのを阻止するため、1つ以上のフィンガーを含むことができる。マスク 250 は、イオン 20 を通過させて基板 100 に注入し得るような、1つ以上のアーチャを含むこともできる。マスク 250 は、エンドステーション 206 の壁を含むシステム 200 の様々なコンポーネントにより、支持することができる。マスク 250 を支持する様々なコンポーネントによって、イオンビーム 20 及び / 又は基板 100 に対するマスク 250 の適切な配向又は位置をもたらすことができる。例えば、アクチュエータ（図示せず）をマスク 250 に接続して、マスク 250 を基板 100 及び / 又はイオンビーム 20 に対して平行移動させ、回転させ、又は傾けることができる。マスク 250 の温度が過度に上昇するのを防ぐために、マスク 250 の冷却手段を設けることもできる。

10

#### 【0050】

図 3 は、本発明の一実施形態による例示的なマスク 350 を示す。本実施の形態において、マスク 350 は、少なくとも 1 つのフィンガー 352 を備えることができる。マスク 350 は、随意にベース 354 を含むことができ、フィンガー 352 をベース 354 により支持することができる。マスク 350 がベース 354 を含まない場合、マスク 350 は、共に支持及び / 又は保持される 1 つ以上のフィンガー 352 とすることができます。マスク 350 が 2 つ以上のフィンガー 352 を備える場合、フィンガー 352 を互いに離間させて、ギャップ又はアーチャ 356 を規定することができる。一実施形態において、マスク 350 は、複数のフィンガー 352 を有して 1 つ以上のギャップ又はアーチャを規定することができ、フィンガー 352 は、互いに均一の形状又は寸法を有することができる。さらに、ギャップ又はアーチャ 356 が均一の形状又は寸法を有するように、フィンガー 352 を構成することができる。他の実施形態において、マスク 350 は、61 個のフィンガー 352 を有することができ、フィンガー 352 は、60 個の均一かつ矩形状のアーチャ 356 を形成するように構成される。ただし、マスク 350 が任意数のフィンガー 352 及びアーチャ 356 を有し得ることは、当業者に理解されるはずである。さらに、アーチャ 356 は、均一又は非均一に関わらず、様々な形状及び寸法を有することができる。

20

30

#### 【0051】

マスク 350 は、様々な材料で作ることができ。マスクは、イオン注入の反応条件に耐え得る不活性材料で作ることが好ましい。マスク 350 に含まれる材料の例は、石英、グラファイト、サファイア、ケイ素 (Si)、SiC、及び SiN を含むことができる。他の材料の例を、マスク 350 に含めることもできる。他の材料の例は、ドーパント種を含む材料を含むことができる。

40

#### 【0052】

図 4 は、本発明の他の実施形態による他の例示的なマスク 450 を示す。本実施形態において、マスク 450 は、少なくとも 1 つのフィンガー 452 を備えることができる。マスク 450 は、フィンガー 452 を支持し、マスク 450 の互いに対向する側に設けられた、第 1 ベース 454a 及び第 2 ベース 454b を備えることもできる。必要に応じて、マスク 450 は、マスク 450 の互いに対向する側において、フィンガーの隣に設けられた第 3 ベース 454c 及び第 4 ベース 454d を含むこともできる。代案として、第 3 ベ

50

ース 454c 及び第 4 ベース 454d を、追加のフィンガー 452 に置き換えることができる。マスク 450 が 2 つ以上のフィンガー 452 を備える場合、フィンガー 452 を互いに離間させて、1 つ以上のギャップ又はアパーチャ 456 を規定することができる。一実施形態において、マスク 450 は、複数のフィンガー 452 を有することができ、フィンガー 452 は、均一の形状及び寸法を有することができる。さらに、アパーチャ 450 が均一の形状及び寸法を有するように、フィンガー 452 を構成することができる。ただし、マスク 456 が任意数のフィンガー 452 及びアパーチャ 456 を有し得ることは、当業者に理解されるはずである。さらに、アパーチャ 456 は、均一又は非均一に関わらず、様々な形状及び寸法を有することができる。

【0053】

10

図 3 に示した上記実施形態のマスク 350 と同様に、マスク 450 は、様々な材料を含むことができる。明確かつ単純な説明のために、材料の説明を省略する。

【0054】

図 5a 及び図 5b は、本発明の一実施形態による基板を処理するための例示的な技術を示す。これらの図は、必ずしも原寸に比例して描かれていない。明確かつ単純な説明のために、図 2 に示すビームラインイオン注入システム 200 及び図 3 に示すマスク 350 を参照して、この技術を説明する。ただし、スポットイオンビーム又は集束イオンビームを用いた走査ビームイオン注入システムを含む、他のシステムを使用することもできる。さらに、図 4 に示すマスク 450 を含む、他のマスクを使用することもできる。明確かつ単純な説明のために、本技術をビーム高さに関して説明する場合がある。リボンビームイオン注入装置について、ビーム高さが、リボンビームの実際の高さを意味し得ることは、当業者に理解されるはずである。スポットビーム又は集束ビームを用いる走査ビームイオン注入装置に対して、この用語は、リボンビームイオン注入装置の効果と同様の効果を達成するようにスポットビームにより走査される領域の高さを意味し得る。

20

【0055】

本実施形態では、基板 500 及びマスク 350 を、イオン注入システム 200 内に設けることができる。図 5a 及び図 5b に示すように、マスク 350 のフィンガー 352 を、矢印 510 に示す高さ方向に基板 500 の全体高さに亘って延びないように、寸法決め又は配置することができる。フィンガー 352 を、イオンビーム 20 の全体高さに亘って延びないように、寸法決め又は配置することもできる。本実施形態において、マスク 350 のフィンガー 352 は、イオンビーム 20 の高さの約 50 % に亘って延びることができる。フィンガー 352 が全体高さの一部のみに亘って延びることにより、基板 500 に向けて指向されたときのイオンビーム 20 を、複数の部分に分割することができる。例えば、イオンビーム 20 は、イオンビーム 20 の第 1 エッジ 20i から仮想基準線 20i1i1 まで延びる第 1 部 20a を備えることができる。イオンビーム 20 は、イオンビーム 20 の第 2 エッジ 20i1i から基準線 20i1i1 まで延びる第 2 部 20b を備えることもできる。基準線 20i1i1 は、フィンガーの一端 352i により規定することができる。

30

【0056】

フィンガー 352 がイオンビーム 20 の高さの約 50 % に亘って延びる場合、イオンビーム 20 の第 1 部 20a 及び第 2 部 20b の高さを、ほぼ等しくすることができる。イオンビームの第 1 部 20a のイオンを、基板 500 に直接注入して、ブランケット (blanket) イオン注入を行うことができる。一方、第 2 部 20b のイオンの一部を、アパーチャ 356 を介して基板 500 に注入して、選択的イオン注入を行うことができる。

40

【0057】

イオンビーム 20 、マスク 350 、及び基板 500 の各々は、個別の回転自由度及び平行移動自由度を有することができる。イオンビーム 20 、マスク 350 、及び基板 500 は、連帶して又は個別に、傾け、回転させ、及び / 又は平行移動させることができる。本実施形態では、マスク 350 を、イオンビーム 20 に対して固定配置することができる。一方、基板 500 は、矢印 510 で示す高さ方向に、イオンビーム 20 及び / 又はマスク 350 に対して平行移動させることができる。詳細には説明しないが、他の実施形態では

50

、基板 500 を、矢印 512 で示す方向に、イオンビーム 20 及び / 又はマスク 350 に 10  
対して平行移動させることもできる。基板 500 が高さ方向 510 に平行移動するとき、ドーパントを含む第 1 領域 502 及び第 2 領域 504 を形成することができる。第 1 領域 502 は、イオンビームの第 1 部 20a 及び第 2 部 20b からのドーパントが注入されることから、高濃度ドープ領域とすることができます。一方、第 2 領域 504 は、イオンビームの第 1 部 20a からのドーパント又はイオンが注入されることから、低濃度ドープ領域とすることができます。本実施形態の基板 500 を図 1 に示す基板 100 と比較すると、高濃度にドープした第 1 領域 502 はコンタクト領域 102 に対応し、低濃度にドープした第 2 領域 504 はスペーサー領域 104 に対応し得る。コンタクト領域 102 のドーパントのドーズ量がスペーサー領域 104 のドーパントのドーズ量よりも少ない他の実施形態において、高濃度にドープした第 1 領域 502 はスペーサー領域 104 に対応し、低濃度にドープした第 2 領域 504 はコンタクト領域 102 に対応し得る。

#### 【0058】

フィンガー 352 及びイオンビーム 20 の高さに応じて、第 1 領域 502 及び第 2 領域 504 内のドーパントのドーズ量及び準位を調節することができる。本実施形態において、フィンガー 352 の高さは、イオンビーム 20 の高さの約 50 % とすることができる。その結果、フィンガー 352 によりもたらされるイオンビームの第 1 部 20a 及び第 2 部 20b は、等しい高さを有することができる。イオンビーム 20 内のイオン量は、高さ方向 510 にほぼ均一であり、かつ基板 500 の平行移動速度が一定である場合は、第 1 領域 502 内のドーパントのドーズ量を、第 2 領域 504 内のドーパントのドーズ量の約 2 倍とすることができる。例えば、第 1 領域 502 内のドーパントのドーズ量を約 2 E 15 / cm<sup>2</sup> とすることができる、第 2 領域 504 内のドーパントのドーズ量を 1 E 15 / cm<sup>2</sup> とすることができる。他の実施形態では、フィンガー 352 の高さを、イオンビーム 20 の高さの約 33 % (3 分の 1) とすることができる。この実施形態では、イオンビームの第 1 部 20a の高さを、第 2 部 20b の高さより約 50 % 大きくすることができる。イオン注入後、第 1 領域 502 内のドーパントの量を、第 2 領域 504 内のドーパントの量より約 50 % 多くすることができる。これにより、第 1 領域 502 及び第 2 領域 504 内のドーパントのドーズ量の比を、約 3 : 2 とすることができる。

#### 【0059】

ドーパントのドーズ量の制御に加えて、フィンガー 352 の高さを調節することで、イオンビームの均一性の調節をもたらすことができる。例えば、2 × の均一な注入を達成するように、マスク 350 のフィンガー 352 の長さを調節することができる。

#### 【0060】

本発明の技術を用いて、ドーパントのドーズ量が異なる 2 つの領域を有する基板を製造することができる。従来技術とは異なり、本発明の技術を使用すれば、1 本のイオンビームを用いて、又はイオンビームを 1 回通過させて、プランケット注入及び選択的注入を達成し、同時又はほぼ同時に、2 つの領域を生成することができる。さらに、この技術は、2 つの異なるマスクを必要としない。さらに、異なるマスクを設け、異なるマスクを用いて処理し、マスクを除去するという追加的なステップを回避することができる。本開示で説明した技術の方が、ずっと単純かつ効率的である。

#### 【0061】

図 6 は、本発明の一実施形態による基板を処理するための他の例示的な技術を示す。この図は、必ずしも原寸に比例して描かれていない。本実施形態が、上記実施形態で説明した特徴と同様の特徴を多く含むことは、当業者に理解されるはずである。明確かつ単純な説明のために、同様の特徴の説明を繰り返さない場合がある。これらの特徴は、必ずしも原寸に比例して描かれていない。

#### 【0062】

本実施形態において、マスク 650 は、少なくとも 1 つのフィンガー 652 を備えることができ、複数のフィンガー 652 を互いに離間させて、ギャップ又はアーチャ 656 を規定することができる。例えば、イオンビーム 30 は、イオンビーム 30 の第 1 エッジ

10

20

30

40

50

30iから仮想基準線30i i iまで延びる第1部30aを備えることができる。イオンビーム30は、イオンビーム30の第2エッジ30i i iから基準線30i i iまで延びる第2部30bを備えることもできる。基準線30i i iは、フィンガーの一端652iにより規定することができる。

本実施形態において、基板500及びマスク650を、イオン注入システム内に設けることができる。その後、イオンビーム30を基板500に向けて指向させることができる。本実施形態において、イオンビーム30に対する基板500の平行移動を不要とし得るよう、矢印510で示す方向に沿ったイオンビーム30の高さを、十分に大きくすることができる。言い換えれば、注入されるべき基板500内の領域をイオンビーム30の高さにより包囲し得るとともに、基板500及びイオンビーム30の一方を他方に対して平行移動させる必要が無いほど、イオンビーム30の高さは、十分に大きい。

#### 【0063】

一方、本実施形態のマスク650は、マスク350と同様とすることができます。前述した実施形態と同様に、本実施形態のイオンビーム30、マスク650、及び基板500の各々は、個別の回転自由度及び平行移動自由度を有することができる。ただし、基板500及びイオンビーム30は、連帶して傾け、回転させ、及び/又は平行移動させ得るよう、相対的に固定配置することができる。一方、マスク650は、イオンビーム30及び基板500に対して、平行移動させることができます。マスク650が高さ方向に平行移動するとき、高濃度にドープした第1領域502及び低濃度にドープした第2領域504を形成することができる。第1領域502及び第2領域504へのさらなるドーパントの注入を防ぐために、本実施形態のマスク650は、より大きな高さのベース654を随意に含むことができる。本実施形態の技術では、マスク650をイオンビーム30に対して平行移動させることにより、高濃度にドープした第1領域502及び低濃度にドープした第2領域504を得ることができます。

#### 【0064】

図7は、本発明の他の実施形態による他の例示的なマスク750を示す。本実施形態において、マスク750は、マスク750の互いに対向する側に設けられた上部702及び下部704を備えることができる。上部702及び下部704の各々が、図3に示した上記実施形態のマスク350と同様であることは、当業者に理解されるはずである。上部702及び下部704の各々において、マスク750は、1つ以上の第1フィンガー752a及び1つ以上の第2フィンガー752bを備えることができる。マスク750は、第1フィンガー752a及び第2フィンガー752bを支持する随意的な第1ベース754a及び第2ベース754bを備えることもできる。さらに、マスク750は、フィンガーの隣において互いに対向する側に設けられた随意的な第3ベース754c及び第4ベース754dを含むこともできる。

#### 【0065】

マスク750の上部702及び下部704の各々が2つ以上の第1フィンガー752a及び第2フィンガー752bを備える場合、フィンガー752a、752bを幅方向712に互いに離間させ、1つ以上の第1アパーチャ756aを規定することができる。マスク750は、高さ方向710に互いに離間した上部702及び下部704により規定した第2アパーチャ756bを備えることもできる。

#### 【0066】

上記実施形態のマスク350、450と同様に、本実施形態のマスク750は、様々な材料を含むことができる。

#### 【0067】

図8a及び図8bは、本発明の他の実施形態による基板を処理するための他の例示的な技術を示す。これらの図は、必ずしも原寸に比例して描かれていない。明確かつ単純な説明のために、本実施形態の技術を、図7に示すマスク750を参照して説明する。本技術を他のマスクを用いて使用し得ることは、当業者に理解されるはずである。さらに、説明を簡単かつ単純にするために、随意的な第3ベース754c及び第4ベース754dを図

示していない。

#### 【0068】

本実施形態の技術は、複数部からなる技術とすることができる、第1部を図5a及び図5bを参照して説明した技術と同様とし得る。したがって、本実施形態の技術は、図5a及び図5bを参照して説明した上記実施形態の技術と共に理解されるべきである。

#### 【0069】

本実施形態において、マスク750を、イオン源（図示せず）と基板500との間に設けることができる。その後、イオンビーム20を、イオンビームの経路に沿って基板500に指向させることができる。本技術の第1部中では、イオンビーム20を、マスク750の上部702に指向させることができ、マスク750の上部702を、イオンビームの経路内に設けることができる。図8aに示すように、第1フィンガー752aがイオンビーム20の全体高さに亘って伸びないように、第1フィンガー752aを寸法決め又は配置することができる。この処理では、イオンビーム20を、第1部20a及び第2部20bに分割することができる。イオンビーム20の第1部20a内のイオンを、第2アパーチャ756bを介して基板に直接注入して、プランケットイオン注入を行うことができる。一方、イオンビーム20の第2部20bからのイオンの一部を、1つ以上の第1アパーチャ756aを通過させて、選択的イオン注入を行うことができる。図5a及び図5bに示した技術と同様に、基板500を高さ方向710に平行移動させることができる。ただし、マスク750の上部702は、イオンビーム20に対して固定配置することができる。結果として、高濃度ドープ領域（図示せず）及び低濃度ドープ領域（図示せず）を、基板500上に形成することができる。

#### 【0070】

第1部の後又は前に起こり得る本技術の第2部中では、イオンビーム20をマスク750の下部704に向けて指向させることができる。本技術の第1部と同様に、第2フィンガー752bがイオンビーム20の全体高さに亘って伸びないように、第2フィンガー752bを寸法決め又は配置することができる。この処理では、イオンビーム20を、第1部20a及び第2部20bに分割することができる。本技術の第1部とは異なり、イオンビームの第1部20aを、マスク750の下部704内の第1アパーチャ756aを介して選択的イオン注入を行うために用いることができる。一方、プランケットイオン注入を、イオンビーム20の第2部20bを用いて行うことができる。

#### 【0071】

本実施形態の技術は、複数の利点をもたらす。本技術は、特に、高さ方向710におけるイオンビーム20の非均一性に対処するために用いることができる。多くのイオン注入装置では、非均一性、例えばイオンのドーズ量のバラツキが、高さ方向に存在することがある。このバラツキは、特に、空間電荷効果により発生し得る。イオンビームの第1部及び第2部の両方を用いて高濃度ドープ領域及び低濃度ドープ領域を生成することにより、非均一性を軽減することができる。

#### 【0072】

さらに、基板に対するマスク750の位置を決定することができる。例えば、基板500及びイオンビーム20に対する第1フィンガー752a及び第2フィンガー752bの相対位置を補正することなく、マスク750を、基板500の上流に設けることができる。イオンビーム20をマスク750に指向させることができ。フィンガー752a、752bに起因するイオンビームの損失に応じて、「ウェハーマップ」を生成することができる。さらに、イオンビーム又は基板が高さ方向710に走査する速度を、いかなる反対称性をも補償するように、調節することができる。例えば、基板500がイオン注入されていないときに、基板500を方向転換させる間に、マスク750をイオンビームに対して移動させることができる。これにより、イオンビームの非均一性を、基板のプランケット注入された部分内で相殺することができる。基板を方向転換させる度にマスク750を移動させる必要はないが、イオンビームの変動とのオーバーラップを最小化させる間隔で移動させることができる。例えば、これにより、50Hz及び60Hzの高調波を回避す

ることができる。

#### 【0073】

図9は、本発明の他の実施形態による他の例示的なマスク950を示す。明確かつ単純な説明のために、マスク950について、アパー・チャに関して説明する場合がある。マスク950は、高さ方向910に、アパー・チャ956a～956cの複数の行955a～955cを備えることができる。本実施形態において、マスク950は、3行955a～955cを備えることができる。各行995a～955cには、1つ以上のアパー・チャ956a～956cを、矩形状とすることができます。図9に示すように、本実施形態の各アパー・チャ956a～956cは、高さ方向910に距離1だけ延びる第1側部967a及び第2側部967bと、幅方向912に距離wだけ延びる第1幅部969a及び第2幅部969bとを、備えることができる。他の実施形態において、アパー・チャ956a～956cは、他の形状を有することができる。

#### 【0074】

本実施形態では、隣接行955a～955cのアパー・チャ956a～956cを、非均一とすることができます。本実施形態において、非均一性とは、アパー・チャ956a～956cの位置又は整列に関連し得る。例えば、第1行955aの第1アパー・チャ956aと第2行955bの第2アパー・チャ956bは、高さ方向910に不整列である。この処理では、アパー・チャ956a、956bの中心を、高さ方向910に距離xだけ変位させて不整列にすることができます。

#### 【0075】

さらに、1行955a～955cのアパー・チャ956a～956cの第1側部967aを、隣接行955a～955cのアパー・チャ956a～956cの第1側部967aに対して、変位させて不整列にし得るように、隣接行955a～955cのアパー・チャ956a～956cを配置することができます。本実施形態において、第1アパー・チャ956aの第1側部967aが第2アパー・チャ956bの第2側部967bと整列されるように、隣接行のアパー・チャ956a～956cを変位させている。他の実施形態において、第1アパー・チャ956aの第1側部967aを、第2アパー・チャ956bの第2側部967bに対して、距離d(図示せず)だけ変位させて不整列にすることができます。本発明では、第1アパー・チャ956aを、第3行955cの第3アパー・チャ956cに対して整列させ又は不整列にすることができます。

#### 【0076】

上記実施形態のマスクと同様に、本実施形態のマスク950は、様々な材料を含むことができる。

#### 【0077】

図10は、本発明の他の実施形態による他の例示的なマスク1050を示す。本実施形態において、マスク1050は、図9に示すマスク950と同様である。ただし、隣接行955a～955cのアパー・チャ956a～956cを、高さ方向910に距離yだけオーバーラップさせることができる。

#### 【0078】

図11は、本発明の他の実施形態による基板を処理するための他の例示的な技術を示す。この図は、必ずしも原寸に比例して描かれていない。明確かつ単純な説明のために、本実施形態の技術を、図9に示すマスク950を参照して説明する。本技術を他のマスクを用いて使用し得ることは、当業者に理解されるはずである。

#### 【0079】

本実施形態の技術は、複数部からなる技術とすることができます、第1部を図5a、図5b、図8a、及び図8bを参照して説明した技術と同様とすることができます。よって、本実施形態の技術は、図5a、図5b、図8a、及び図8bを参照して説明した上記実施形態の技術とあわせて理解されるべきである。

#### 【0080】

10

20

30

40

50

本実施形態では、マスク 950 を、イオン源（図示せず）及び基板（図示せず）との間に設けることができる。その後、イオンビーム 20 を、イオンビームの経路に沿って基板に向けて指向させることができる。本技術の第 1 部中では、イオンビーム 20 を、マスク 950 の上部に向けて指向させることができる。例えば、イオンビームの第 1 部 20a が第 2 行 955b の第 2 アパー チャ 956b の少なくとも一部分とオーバーラップするように、イオンビーム 20 及びマスク 950 を配置することができる。一方、イオンビームの第 2 部 20b を、第 1 行 955a の第 1 アパー チャ 956a の少なくとも一部分とオーバーラップさせることができる。基板が高さ方向 910 に平行移動するとき、注入領域を形成することができる。

## 【0081】

10

第 1 アパー チャ 966a の第 1 側部 967a を第 2 アパー チャ 966b の第 2 側部 967b と高さ方向 910 に整列させた場合、第 1 アパー チャ 956a 及び第 2 アパー チャ 956b の幅と等しい幅を有する注入領域を形成することができる。第 1 アパー チャ 966a の第 1 側部 967a を第 2 アパー チャ 966b の第 2 側部 967b から距離 d だけ変位させた場合、2 つの離間した注入領域の間に、幅 d を有する非注入領域を形成することができる。

## 【0082】

20

第 1 部の前又は後に起こり得る本技術の第 2 部中では、イオンビーム 20 がマスク 950 の下部に向けて指向されるように、イオンビーム 20 を、マスク 950 に対して移動させることができる。例えば、イオンビームの第 1 部 20a が第 3 行 955c の第 3 アパー チャ 956c の少なくとも一部分とオーバーラップするように、イオンビーム 20 及びマスク 950 を配置することができる。一方、イオンビームの第 2 部 20b を、第 2 アパー チャ 956b の少なくとも一部分とオーバーラップさせることができる。基板が平行移動するとき、イオンビームの高さ方向 910 の非均一性を軽減することができる。

## 【0083】

30

図 10 に示すマスク 1050 を用いる場合、第 1 アパー チャ 956a 及び第 2 アパー チャ 956b のオーバーラップ、又は第 2 アパー チャ 956b 及び第 3 アパー チャ 956c のオーバーラップにより、低濃度ドープ領域間に、幅 y を有する高濃度ドープ領域を形成することができる。高濃度ドープ領域は、オーバーラップ領域を通過するイオンによって形成することができ、低濃度ドープ領域は、非オーバーラップ領域を通過するイオンによって形成することができる。さらに、本技術が複数部からなる処理である場合、ビームの高さ方向（図示せず）の非均一性を軽減することができる。

## 【0084】

40

図 12 は、本発明の他の実施形態による他の例示的なマスクを示す。マスク 1250 は、複数行を備えることができ、各行は 1 つ以上のアパー チャを備える。本実施形態において、マスク 1250 は、高さ方向 1210 に 5 行 1255a ~ 1255e を備えることができ、幅方向 1212 に沿う 1 つ以上のアパー チャ 1256a ~ 1256e を、それぞれ各行 1255a ~ 1255e に設けることができる。図 12 に示すように、隣接行のアパー チャ 1256a ~ 1256e は、互いに非均一である。例えば、隣接行のアパー チャ 1256a ~ 1256e は、互いにその寸法及び位置に関して異なることができる。

## 【0085】

上記実施形態のマスクと同様に、本実施形態のマスク 1050 は、様々な材料を含むことができる。

## 【0086】

50

本発明の範囲は、本明細書で説明した特定の実施形態により限定されるものではない。本明細書で説明した実施形態に加えて、本発明の他の様々な実施形態及び変更が、上記の説明及び図面に基づき、当業者に明らかにわかる。よって、かかる他の実施形態及び変更は、本発明の範囲に属するものである。また、本明細書で説明した本発明を、特定用途のための特定の環境での特定の実装に関して説明したが、本発明がこれ以外にも有用なものであり、本発明をあらゆる用途のためにあらゆる環境で有利に実装し得ることは、当

業者に理解されるはずである。したがって、特許請求の範囲は、本明細書で説明した本発明の全範囲に鑑みて、解釈されるべきである。

【図1】

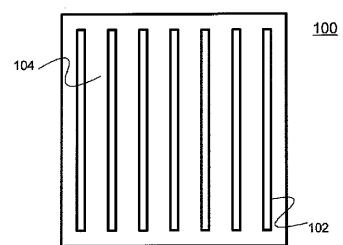


FIG. 1

【図2】

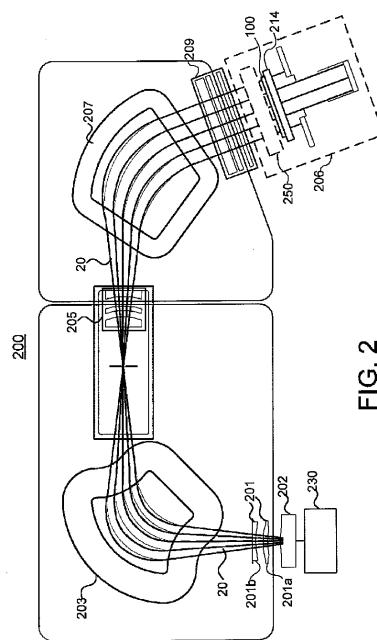


FIG. 2

【 図 3 】

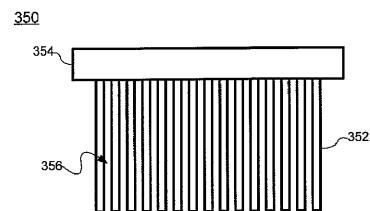
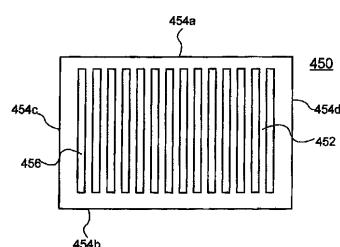


FIG. 3

( 义 4 )



【図5a】

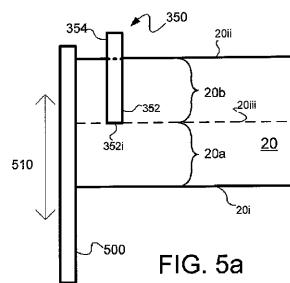


FIG. 5a

(図 5 b)

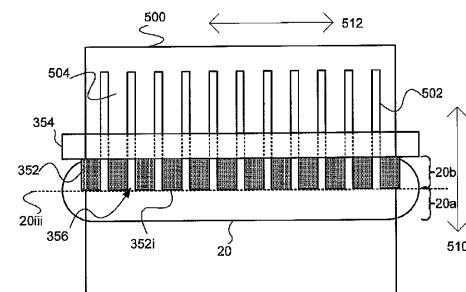


FIG. 5b

【 义 6 】

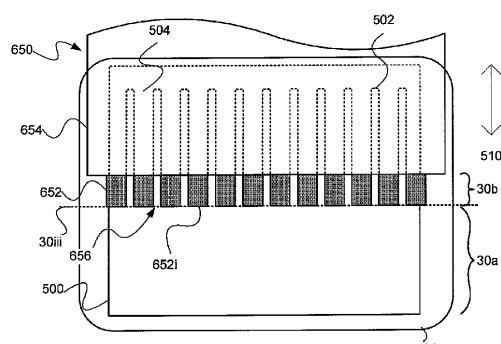


FIG. 6

( 义 7 )

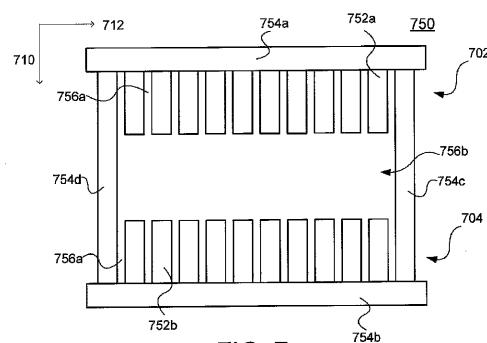
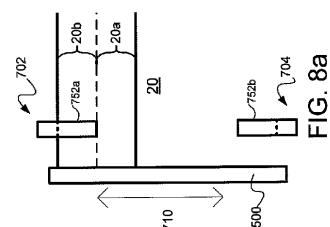


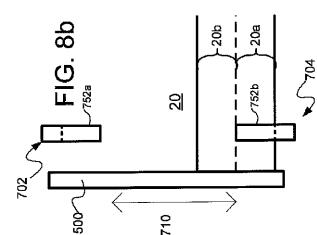
FIG. 7

### 【図 8 a】



۱۰۸

【図 8 b】



【図9】

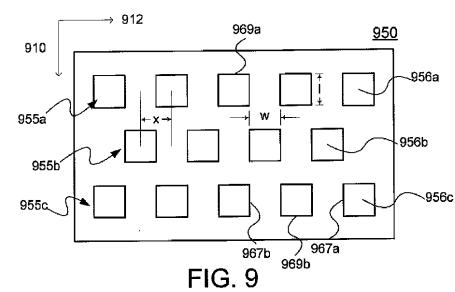


FIG. 9

【図 1 0】

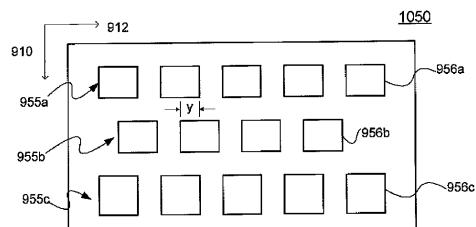


FIG. 10

【図 1 2】

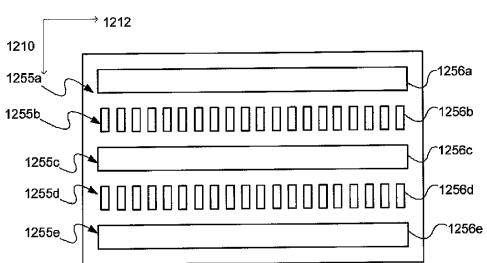


FIG. 12

【図 1 1】

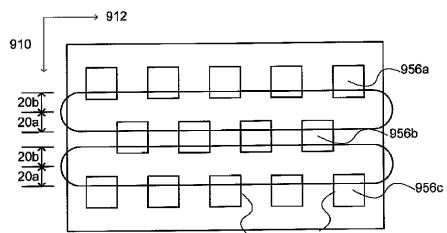


FIG. 11

---

フロントページの続き

(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

(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 ベンジャミン ビー リオードン  
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

審査官 遠藤 直恵

(56)参考文献 特開平05-028956 (JP, A)

特開2007-273368 (JP, A)

特開2001-229872 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01J 37/30 - 37/36

H01L 21/26, 21/263, 21/268, 21/322 - 21/32