

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5773317号
(P5773317)

(45) 発行日 平成27年9月2日(2015.9.2)

(24) 登録日 平成27年7月10日(2015.7.10)

(51) Int.Cl.

H01L 21/266 (2006.01)
H01J 37/317 (2006.01)

F 1

H01L 21/265
H01J 37/317M
B

請求項の数 17 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2012-504867 (P2012-504867)
 (86) (22) 出願日 平成22年4月8日 (2010.4.8)
 (65) 公表番号 特表2012-523708 (P2012-523708A)
 (43) 公表日 平成24年10月4日 (2012.10.4)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2010/030400
 (87) 國際公開番号 WO2010/118237
 (87) 國際公開日 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 12/756,020
 (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 500324750
 バリアン・セミコンダクター・エクイップメント・アソシエイツ・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01930, グロスター, ドリー・ロード35
 (74) 代理人 110000877
 龍華国際特許業務法人
 (72) 発明者 ダニエルズ、ケビン エム.
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州01930, グロスター, ドリー・ロード35
 バリアン・セミコンダクター・エクイップメント・アソシエイツ・インコーポレイテッド内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】マスクおよび装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板にイオンを注入する際に用いられるマスクであって、
 前記マスクの対辺に配される第1のベース部および第2のベース部と、
 互いに離間して配され、1以上の隙間を形成し、前記第1のベース部に支持される第1の複数のフィンガー部と、
 互いに離間して配され、1以上の隙間を形成し、前記第2のベース部に支持される第2の複数のフィンガー部と、

前記第1の複数のフィンガー部および前記第2の複数のフィンガー部に隣接して、対辺上に配される第3のベース部および第4のベース部と
 を備え、

互いに離間して配された前記第1のベース部と前記第2のベース部とによって、開口が規定され、

前記第1の複数のフィンガー部によって、または前記第2の複数のフィンガー部によつて画定された1以上の隙間をイオンビームが通過することにより、選択的な注入が実行され、前記開口を前記イオンビームが通過することにより、ブランケット注入が実行されるマスク。

【請求項 2】

前記第1の複数のフィンガー部のそれぞれは、第1の端部および第2の端部を有し、

前記第1の端部は、前記第1のベース部上に配される、

10

20

請求項 1 に記載のマスク。

【請求項 3】

前記第 1 の複数のフィンガー部の前記第 2 の端部は、支持されていない、

請求項 2 に記載のマスク。

【請求項 4】

前記マスクは、石英、グラファイト、サファイア、シリコン、炭化シリコンおよび窒化シリコンから選択される少なくとも 1 つの材料を含む、

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のマスク。

【請求項 5】

基板にイオンを注入する装置であって、

10

目的とする種のイオンを含むイオンビームを発生させるイオン源と、

前記基板を収容するエンドステーションと、

前記イオン源および前記基板の間に配されるマスクと、

を備え、

前記基板および前記マスクの一方は、前記基板および前記マスクの他方に対して移動するように構成され、

前記イオンビームは、互いに近接した第 1 の部分および第 2 の部分を含み、

前記マスクは、1 以上の隙間を含み、

前記イオンビームの前記第 1 の部分からのイオンの部分が、前記 1 以上の隙間を通過し、選択的なイオン注入を実施するために、前記第 1 の部分からの前記イオンの前記部分が前記基板に注入され、ブランケット・イオン注入を実施するために、前記イオンビームの前記第 2 の部分からのイオンが前記基板に注入されるように、前記マスクは、前記イオンビームの前記第 1 の部分の軌道中に配される

20

装置。

【請求項 6】

前記マスクは、前記イオンビームに対して特定の位置に位置決めされる、

請求項 5 に記載の装置。

【請求項 7】

前記マスクは、前記基板の全高よりも短い、

請求項 5 または 6 に記載の装置。

30

【請求項 8】

前記マスクは、互いに離間して配され、前記 1 以上の隙間を形成する複数のフィンガー部を有し、

前記複数のフィンガー部は、前記イオンビームの前記第 1 の部分の軌道中に配される、
請求項 5 に記載の装置。

【請求項 9】

前記複数のフィンガー部は、前記イオンビームの前記第 2 の部分の軌道中に配されない

、

請求項 8 に記載の装置。

【請求項 10】

40

前記イオンビームの前記第 1 の部分の高さは、前記イオンビームの前記第 2 の部分の高さに等しい、

請求項 5 から 9 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 11】

前記イオンビームの前記第 1 の部分の高さは、前記イオンビームの前記第 2 の部分の高さより大きい、

請求項 5 から 9 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 12】

前記イオンビームの前記第 1 の部分の高さと、前記イオンビームの前記第 2 の部分の高さとの比は、3 : 2 である、

50

請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 3】

前記イオンビームの前記第 1 の部分の高さは、前記イオンビームの前記第 2 の部分の高さより小さい、

請求項 5 から 9 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 1 4】

前記イオンビームの前記第 1 の部分の高さと、前記イオンビームの前記第 2 の部分の高さとの比は、2 : 3 である、

請求項 1 3 に記載の装置。

【請求項 1 5】

基板にイオンを注入する装置であって、

目的とする種のイオンを含むイオンビームを発生させるイオン源と、

前記基板を収容するエンドステーションと、

前記イオン源および前記基板の間に配されるマスクと、

を備え、

前記マスクは、互いに離間して配され、1 以上の隙間を形成する複数のフィンガー部を有し、

前記複数のフィンガー部の高さ方向の長さは、前記イオンビームの全高よりも短い、装置。

【請求項 1 6】

前記マスクおよび前記基板の少なくとも一方が、前記マスクおよび前記基板の他方に対して移動させられる、

請求項 1 5 に記載の装置。

【請求項 1 7】

前記イオンビームは、前記イオンビームの対辺に配される第 1 の部分および第 2 の部分を含み、

前記イオンビームの前記第 1 の部分からのイオンが、前記基板上でプランケット・イオン注入を実施し、前記イオンビームの前記第 2 の部分からのイオンが、前記基板上で選択的なイオン注入を実施するように構成される、

請求項 1 5 または 1 6 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示は、基板を処理する技術に関連する。特に、基板に、ドーパントまたは不純物を導入する技術に関連する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

電子デバイスの製造において、基板本来の機械的、光学的または電気的な特性を変化させる目的で、基板にドーパントまたは不純物が導入 (introduce) される。メモリデバイスの製造においては、シリコン基板にホウ素イオンが導入される。ホウ素イオンおよびシリコン原子は、結晶格子中ににおいて異なる電気的特性を有するので、十分な量のホウ素イオンを導入することで、シリコン基板の電気的特性を変化させることができる。

【0 0 0 3】

ドーパントの導入には、イオン注入技術 (ion implantation technique) が用いられてよい。この技術においては、目的とする (特定の) 種 (species) を含む供給原料がイオン化される。その後、供給原料のイオンが、十分なエネルギーを有するイオンビームの形態で、基板に向けられ、注入される。異なる種のイオンを含む場合には、それぞれのイオンが、基板の特性を変化させることができる。

【0 0 0 4】

シリコン基板にイオンまたはドーパントを導入することで、太陽電池のほか、シリコン

10

20

30

40

50

基板を利用したデバイスを製造することができる。従来、ドーパントは、拡散プロセスを用いて導入されていた。つまり、ガラスまたは鉛ガラス (paste) を含むドーパントがシリコン基板上に配置される。その後、基板が加熱され、熱拡散により、ガラスまたは鉛ガラス中のドーパントが基板中に拡散する。

【0005】

拡散プロセスはコスト的に有利であるが、多くの欠点を有する。例えば、太陽電池に関して、選択的にドーピングして、基板の選択された領域にだけドーパントを導入することが求められる場合がある。しかしながら、拡散プロセスは制御が難しく、拡散による選択的ドーピングは、実現が困難な場合がある。結果として、不明確なドーピング (imprecise doping) をもたらすことになる、または不均一なドーピング領域を形成することになる場合がある。さらに、拡散プロセスの間に、ドーパントに加えて、空洞 (void) もしくは気泡またはその他の物質が基板中に混入する可能性がある。10

【0006】

このような欠点に対処することを目的として、イオン注入プロセスを利用したドーピングが提案されている。提案されているプロセスによれば、基板が、フォトレジスト層で覆われ、リソグラフィープロセスが実施されて、基板の一部が露出させられる。その後、イオン注入が実施され、ドーパントが基板の露出した部分に注入される。このプロセスを用いることで、正確な選択的ドーピングを実施することができるが、当該プロセスは安価なプロセスではない。フォトレジストの塗布、パターニングおよび除去のための追加的な工程および時間が必要であり、追加的な工程のそれぞれは、製造工程のコストを増加させる。露出させられるべき領域が極めて小さい場合には、これらの工程はより複雑になる可能性がある。20

【0007】

太陽電池の製造工程における付加費用は、いかなるものであっても、太陽電池が低コストのエネルギーを発生させる能力を減退させるであろう。一方、高効率で高性能な太陽電池の製造工程においてコストを削減することができれば、どのようなものであれ、世界的な太陽電池の推進にプラスの効果を与えるであろう。これにより、より幅広く利用することができるようになり、クリーンエネルギー技術を採用することができるようになる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

このように、新しい技術が求められている。

【課題を解決するための手段】

【0009】

改良された基板処理技術が開示される。ある特定の一実施形態において、上記技術は、基板を処理するためのマスクを用いることで実現されてよい。マスクは、第1のベース部と、複数のフィンガー部とを含んでよい。複数のフィンガー部は、互いに離間して配され、1以上の隙間を形成する。

【0010】

上記の実施形態の他の側面によれば、複数のフィンガー部のそれぞれは、第1の端部 (end) と、第2の端部とを有し、第1の端部は、第1のベース部上に配される。40

【0011】

この特定の例示的な実施形態のさらなる側面に関して、複数のフィンガー部の第2の端部は、支持されていないよ。

【0012】

この特定の例示的な実施形態のさらなる側面に関して、マスクは、石英 (quartz)、グラファイト、サファイア、シリコン、炭化シリコンおよび窒化シリコンから選択される少なくとも1つの材料を含んでよい。

【0013】

他の例示的な実施形態において、本技術は、基板処理装置を用いて実現されてよい。

10

20

30

40

50

上記の装置は、目的とする種のイオンを含むイオンビームを発生させるイオン源と、基板を収容するエンドステーションと、イオン源および基板の間に配されるマスクとを備えてよい。上記の装置において、基板およびマスクの一方は、基板およびマスクの他方に対しで移動するように構成されてよい。

【0014】

この特定の例示的な実施形態の他の側面に関して、マスクは、イオンビームに対して特定の位置に位置決めされてよい。

【0015】

この特定の例示的な実施形態の他の側面に関して、マスクは、基板の全高より短い距離だけ延伸していてよい。

10

【0016】

この特定の例示的な実施形態の他の側面に関して、マスクの少なくとも一部は、イオンビームの全高より短い距離だけ延伸していてよい。

【0017】

この特定の例示的な実施形態の他の側面に関して、イオンビームは、第1の部分および第2の部分を含んでよく、マスクは、互いに離間して配され、1以上の隙間を形成する複数のフィンガー部を有してよく、複数のフィンガー部は、イオンビームの第1の部分の軌道中に配されてよい。

【0018】

この特定の例示的な実施形態のさらなる側面に関して、複数のフィンガー部は、前記イオンビームの前記第2の部分の軌道中に配されなくてよい。

20

【0019】

この特定の例示的な実施形態のさらなる側面に関して、イオンビームの第1の部分の高さは、イオンビームの第2の部分の高さと実質的に等しくてよい。

【0020】

この特定の例示的な実施形態のさらなる側面に関して、イオンビームの第1の部分の高さは、イオンビームの第2の部分の高さより大きくてよい。

【0021】

この特定の例示的な実施形態のさらなる側面に関して、イオンビームの第1の部分の高さと、イオンビームの第2の部分の高さとの比は、おおよそ3:2であってよい。

30

【0022】

この特定の例示的な実施形態のさらなる側面に関して、イオンビームの第1の部分の高さは、イオンビームの第2の部分の高さより小さくてよい。

【0023】

この特定の例示的な実施形態のさらなる側面に関して、イオンビームの第1の部分の高さと、イオンビームの第2の部分の高さとの比は、おおよそ2:3であってよい。

【0024】

この特定の例示的な実施形態のさらなる側面に関して、選択的なイオン注入を実施すべく、イオンビームの第1の部分からのイオンの一部が、1以上の隙間を通過して基板に注入されてよい。

40

【0025】

この特定の例示的な実施形態のさらなる側面に関して、プランケット・イオン注入を実施すべく、イオンビームの第2の部分からのイオンが、基板に注入されてよい。

【0026】

他の例示的な実施形態において、本技術は、基板処理装置を用いて実現されてよい。上記の装置は、目的とする種のイオンを含むイオンビームを発生させるイオン源と、基板を収容するエンドステーションと、イオン源および基板の間に配されるマスクとを備えてよい。上記の装置において、マスクは、互いに離間して配され、1以上の隙間を形成する複数のフィンガー部を有してよい。上記の装置において、複数のフィンガー部は、イオンビームの全高より短い距離だけ、イオンビームの高さ方向に沿って延伸していてよい。

50

【0027】

この特定の例示的な実施形態の他の側面に関して、マスクおよび基板の少なくとも一方が、マスクおよび基板の他方に対して移動するよう構成されてよい。

【0028】

この特定の例示的な実施形態のさらなる側面に関して、イオンビームは、イオンビームの対辺に配される第1の部分および第2の部分を含んでよく、イオンビームの第1の部分からのイオンが、基板上でプランケット・イオン注入を実施し、イオンビームの第2の部分からのイオンが、基板上で選択的なイオン注入を実施するように構成されてよい。

【0029】

以下において、添付図面に示されるような本開示の例示的な実施形態を参照して、本開示の詳細が説明される。以下において、例示的な実施形態を参照して本開示が説明されるが、本開示は当該実施形態に限定されないと理解されるべきである。当業者は、本明細書で説明される本開示の範囲内における、本開示の利用が功を奏する他の分野への応用だけでなく、追加的な実施例、変更例、および実施形態に想到することができるであろう。10

【図面の簡単な説明】**【0030】**

【図1】本開示において説明された技術を用いて得られた基板の一例を示す。

【図2】本開示の一実施形態に係る基板処理に用いられるビームライン・イオン注入システムの一例を示す。

【図3】本開示の一実施形態に係る基板処理に用いられるマスクの一例を示す。20

【図4】本開示の他の実施形態に係る基板処理に用いられるマスクの他の例を示す。

【図5a】本開示の一実施形態に係る基板処理技術の一例を示す。

【図5b】本開示の一実施形態に係る基板処理技術の一例を示す。

【図6】本開示の一例に係る基板処理技術の他の例を示す。

【図7】本開示の他の実施形態に係る基板処理に用いられるマスクの他の例を示す。

【図8a】本開示の他の実施形態に係る基板処理技術の他の例を示す。

【図8b】本開示の他の実施形態に係る基板処理技術の他の例を示す。

【図9】本開示の他の実施形態に係る基板処理に用いられるマスクの他の例を示す。

【図10】本開示の他の実施形態に係る基板処理に用いられるマスクの他の例を示す。

【図11】本開示の他の実施形態に係る基板処理技術の他の例を示す.30

【図12】本開示の他の実施形態に係る基板処理に用いられるマスクの他の例を示す。

【発明を実施するための形態】**【0031】**

以下、基板処理技術に関するいくつかの実施形態が説明される。説明を明確かつ簡潔にする目的で、実施形態は、ドーパントまたは不純物を基板に導入する技術に焦点をあてて説明される場合がある。例えば、本明細書に記載された技術は、不純物の注入量 (dose) もしくはレベルが異なる領域、および / または、不純物またはドーパントの種類が異なる領域を形成するのに用いられる場合がある。本開示は、特定の技術に焦点をあてるけれども、本開示はそれらに限定されない。

【0032】

本開示においては、リボンビーム、ビームライン・イオン注入システムに関する実施形態について説明される。詳細には記載されていないが、その他の種類のイオン注入システム（スポットまたは集中的な（focused）イオンビームを用いたスキャンビーム・イオン注入システムを含む。）が利用されてもよい。加えて、その他の種類の基板処理システム（例えば、プラズマ支援ドーピング（P L A D）またはプラズマ浸入イオン注入（P I I I）システムを含む。）も、同様に適用することができる。40

【0033】

これらの実施形態において開示される基板は、シリコンを用いた基板（silicon based substrate）であってよく、太陽電池の製造に用いられてよい。主にシリコンを用いた基板について説明するが、本開示は、その他の材料を含む基板についても、同様に適用する50

ことができる。例えば、テルル化カドミウム (CdTe)、銅のインジウムガリウムセレン化物 (CIGS) またはその他の材料もまた適用可能である。加えて、その他、太陽電池用以外の基板もまた、本開示に適用することができる。機械デバイス、電子デバイス(例えば、メモリデバイス)もしくは光学デバイス(例えば、発光ダイオード)またはその他のデバイスを製造するために用いられる、金属基板その他の半導体基板および絶縁基板も、同様に適用することができる。

【0034】

図1は、一実施形態に係る基板100を示す。基板100は、本開示の技術を用いて製造される。本実施形態において、太陽電池基板100が示される。一方の側において、基板100は、1以上のコンタクト領域102を含む。コンタクト領域のそれぞれの上には、金属コンタクト(図示されていない。)が形成されてもよい。コンタクト領域102は、予め定められた量の目的ドーパントを領域102に導入することで形成されてよい。基板100が2以上のコンタクト領域102を含む場合には、コンタクト領域102は、スペーサ領域104によって、互いに離間して配されてよい。いくつかの実施形態において、基板100は、1以上のスペーサ領域104を含んでよく、それぞれのスペーサ領域104に、ドーパントまたは不純物が導入されてもよい。本実施形態において、コンタクト領域102およびスペーサ領域104に導入されるドーパント種は、同一である。しかしながら、コンタクト領域102のドーパント注入量(dopant dose)は、スペーサ領域104のドーパント注入量よりも大きくてよい。基板が太陽電池である場合、基板100の表面(front side)上における、高濃度にドープされた(heavily doped)コンタクト領域102と、低濃度にドープされた(lightly doped)スペーサ領域104とを含むこのパターンは、選択的なエミッターデザイン(selective emitter design)と称される場合がある。コンタクト領域102を高濃度にドープすることにより、コンタクト領域102と金属コンタクトとの間の接点を良好にすることができます。加えて、コンタクト領域102を高濃度にドープすることにより、コンタクト領域102の導電率を大きくすることができます。好ましくはないかもしれないが、他の実施形態において、コンタクト領域102およびスペーサ領域104に、ドーパント種の異なるドーパントが導入されてもよい。例えば、特定のコンタクト領域102およびスペーサ領域104に、p型ドーパントが導入されてよく、他のコンタクト領域102およびスペーサ領域104に、n型ドーパントが導入されてもよい。他の実施形態において、コンタクト領域102およびスペーサ領域104に、型が同一で、種の異なるドーパントが導入されてよい。加えて、コンタクト領域102中のドーパント注入量は、スペーサ領域104中のドーパント注入量より大きくてよい。あるいは、コンタクト領域102中のドーパント注入量は、スペーサ領域104中のドーパント注入量以下であってもよい。

【0035】

図2は、一実施形態に係るシステム200を示す。システム200は、本開示の一実施形態に係る基板を処理する。本実施形態において、システム200は、図2に示される選択的なエミッターデザインを有する太陽電池基板の製造に利用されてよい。図2に示されるように、システム200は、ビームライン・イオン注入システムであってよい。ビームライン・イオン注入システムにより、イオン形態のドーパントが、基板100に導入されてよい。

【0036】

本実施形態において、イオン注入システム200は、目的とするドーパント種の原料ガスを収容するガスボックス230と結合されたイオン源202を備えてよい。原料ガスは、ガスボックス230からイオン源202に供給され、その後イオン化される。原料ガスは、I族および3A-8A族の1以上の元素を有するドーパント種を含んでよい。例えば、原料ガスは、水素(H)、ヘリウム(He)もしくはその他の希ガス、酸素(O)、窒素(N)、砒素(As)、ホウ素(B)、リン(P)、アンチモン、ガリウム(Ga)、インジウム(In)、または、その他のガスを含んでよい。加えて、原料ガスは、カルボラン(carborane) $C_2B_{10}H_{12}$ または他の分子化合物を含んでもよい。原料ガスが

10

20

30

40

50

イオン化された後、イオン源 202 中のイオン 20 は、引き出し電極 201 によって引き出される。引き出し電極 201 は、抑制電極 (suppression electrode) 201a と、接地電極 (ground electrode) 201b とを含む。電力供給装置 (図示していない。) は、引き出し電極 201 と結合され、調整可能な伝夏を供給してよい。

【0037】

イオン注入システム 200 は、オプションで、ビームライン要素 (beam-line component) を備えててもよい。一実施形態において、ビームライン要素は、システムにとって任意的な構成要素であってよく、ビームライン要素を備えなくてもよい。システムがビームライン要素を備える場合、任意のビームライン要素は、少なくとも 1 つの質量分析計 203 と、角度補正磁石 (angle corrector magnet) 207 と、第 1 および第 2 の加速 / 減速ステージ 205 および 209 を有してよい。10

【0038】

質量分析計 203 は、当該イオンの質量に基づいて、イオンを偏向させてよい。目的とする質量を有するイオンは、十分に偏向されて、質量分析計 203 の出射孔を通過して、システム 200 のさらに下流 (downstream) へと進んでよい。一方、目的としない質量を有するイオンは、十分に偏向されない、または、過剰に偏向される。当該イオンは、質量分析計 203 の壁の方向へと方向付けられてよい。一方、角度補正磁石 207 は、発散する軌道上を進んでいる (複数の) イオン 20 を平行にして、実質的に平行な軌道上を進むようとする。本実施形態において、発散するイオンビーム 20 は平行にされて、実質的に平行なリボン状の (ribbon shaped) イオンビーム 20 を形成してよい。システムが、第 1 および第 2 の加速 / 減速ステージ 205 および 209 を備える場合、第 1 および第 2 の加速 / 減速ステージ 205 および 209 は、イオンビーム 軌道に沿って進むイオンビーム 20 中のイオンを加速または減速させてよい。20

【0039】

イオンビーム 軌道に沿って進むイオンビーム 20 は、エンドステーション 206 に向かって方向付けられてよい。エンドステーション 206 において、1 以上の基板 100 がイオンビーム 軌道中に配されてよい。その結果、イオンビーム 20 中のイオンが基板 100 に注入されてよい。エンドステーション 206 は、注入プロセスを制御するための様々な構成要素を有してよい。例えば、エンドステーション 206 は、プラテン 214 を有してよい。プラテン 214 は、1 以上の基板 100 を支持する。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、ホットイオン注入またはコールドイオン注入を提供してよい。コールドイオン注入を提供するために、プラテン 214 は、基板 100 を、室温より低い温度 (好ましくは、273 K 未満の温度) に維持してよい。ホットイオン注入を提供するために、プラテン 214 は、基板を、室温より高い温度 (好ましくは、293 K より高い温度) に維持してよい。プラテン 214 に加えて、本開示に係るイオン注入システム 200 は、冷却および / または加熱ステーション (図示されていない。) を備えてよい。冷却および / または加熱ステーションにおいて、基板 100 は、イオン注入前またはイオン注入後に、冷却または加熱される。

【0040】

エンドステーション 206 は、スキナ (図示されていない。)、ロプラット (ropplat) などを有してよく、基板 100 をイオンビーム 20 の軌道中に配置することができる。スキナは、目的とする位置およびイオンビーム 20 に対する向き (orientation) にまで、基板 100 を移動 (並進) / 回転させてもよい。一実施形態において、基板 100 は、イオンが実質的に 0° の入射角または注入角で注入されるように、イオンビームの軌道に対して実質的に垂直の向きに配されてよい。他の実施形態において、基板は、イオンビーム 20 に対して垂直に配されなくてもよく、入射角または注入角が 0° でなくてもよい。一実施形態において、注入角は、注入プロセスを通じて一定値に維持されてよい。他の実施形態において、注入角が、注入プロセス中に変化させられてもよい。本開示において、注入されるイオンの注入量を制御する目的で、基板 100 を特定の速度で移動させてもよい。注入量を適正にする目的で、エンドステーション 206 は、注入量測定システムを4050

有してもよい。

【0041】

イオン源202と基板100との間に、1以上のマスク250が配されてよい。本開示において、マスク250は、1以上のフィンガー部を有してよい。フィンガー部は、イオン20が基板100に到達することを妨げる。マスク250は、1以上の開口を有してもよい。イオン20は、上記の開口を通過して、基板100中に注入されてよい。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の様々な構成要素によって支持されてよい。マスク250を支持する様々な構成要素によって、マスク250が、イオンビーム20および／または基板100に対して適切な向きまたは位置に配されてよい。例えば、アクチュエータ（図示されていない。）がマスク250に結合され、マスク250を、基板100および／またはイオンビーム20に対して、並進、回転または傾転させてもよい。マスク250の温度が過度に上昇することを抑制する目的で、マスク250が冷却されてもよい。10

【0042】

図3は、本開示の一実施形態に係るマスク350の一例を示す。本実施形態において、マスク350は、少なくとも1つのフィンガー部352を有する。マスク350は、オプションでベース部354を有してもよく、フィンガー部352は、ベース部354に支持されてもよい。マスク350がベース部354を有しない場合、マスク350が、互いに支持および／または保持される1以上のフィンガー部352であってもよい。マスク350が2以上のフィンガー部352を有する場合、フィンガー部352が、互いに離間して配され、隙間または開口356を形成してもよい。一実施形態において、マスク350は、複数のフィンガー部352を有し、1以上の隙間または開口を形成してもよい。複数のフィンガー部352は、均一な形状および大きさを有してよい。加えて、フィンガー部352は、隙間または開口356の形状および大きさが均一になるように構成されてよい。他の実施形態において、マスク350は、61個のフィンガー部352を有して、60個の開口356を形成してよい。開口356は、均一な長方形の形状を有してよい。しかしながら、当業者は、マスク350は、任意の数のフィンガー部352および開口356を有してよいことを理解することができるであろう。加えて、開口356は、様々な形状および大きさを有してよく、それらは、均一であっても、均一でなくてもよい。20

【0043】

マスク350は、様々な材料を用いて形成されてよい。マスクは、イオン注入の反応条件に耐えることができる不活性物質（inert material）を用いて形成されることが好ましい。マスク350に含まれる材料の一例として、石英、グラファイト、サファイア、シリコン（Si）、炭化シリコンおよび窒化シリコンを例示することができる。マスク350には、他の材料が含まれてもよい。他の材料の例として、ドーパント種を含む材料を例示することができる。30

【0044】

図4は、本開示の他の実施形態に係るマスク450の一例を示す。本実施形態において、マスク450は、少なくとも1つのフィンガー部452を有してよい。マスク450は、マスク450の対辺に配され、フィンガー部452を支持する第1のベース部454aおよび第2のベース部454bを有してよい。必要に応じて、マスク450は、フィンガー部に隣接して配され、マスク450の対辺に配された第3のベース部454cおよび第4のベース部454dを有してもよい。そうではなく、第3のベース部454cおよび第4のベース部454dの代わりに、付加的なフィンガー部452が配されてもよい。マスク450が2以上のフィンガー部452を有する場合、フィンガー部452は、互いに離間して配され、1以上の隙間または開口456を形成してよい。一実施形態において、マスク450は、複数のフィンガー部452を有してよく、複数のフィンガー部452は、均一な形状および大きさを有してよい。加えて、フィンガー部452は、開口456の形状および大きさが均一になるように構成されてよい。しかしながら、当業者は、任意の数のフィンガー部452および開口456を有してよいことを理解することができるである4050

う。加えて、開口 456 は、様々な形状および大きさを有してよく、それらは、均一であつても、均一でなくてもよい。

【0045】

図 3 に示された実施形態に係るマスク 350 の場合と同様に、マスク 450 は、様々な材料を含んでよい。説明を明確かつ簡潔にする目的で、材質に関する説明は省略する。

【0046】

図 5 a および図 5 b は、本開示の一実施形態に係る基板処理技術の一例を示す。なお、図面は必ずしも寸法通りには作図されていない。説明を明確かつ簡潔にする目的で、図 2 に関連して説明されたビームライン・イオン注入システム 200 と、図 3 に関連して説明されたマスク 350 とを用いて、当該技術について説明する。しかしながら、スポットまたは集中的なイオンビームを用いるスキャンビーム・イオン注入システムを含む、他の様々なシステムを使用することができる。加えて、図 4 に関連して説明されたマスク 450 を含む、他の様々なマスクを使用することができる。説明を明確かつ簡潔にする目的で、本技術は、ビームの高さ（図中における垂直方向の長さを示す。）に関連して説明される。当業者は、リボンビーム・イオン注入において、ビームの高さ（長さ）とは、リボンビームの実際の高さ（長さ）を示すことを理解することができるであろう。スポットまたは集中的なイオンビームを用いるスキャンビーム・イオン注入において、上記の用語は、スポットビームによってスキャンされ、リボンビーム・イオン注入のビーム高さと同様の効果が得られる領域の高さ（長さ）を示す。

【0047】

本実施形態において、基板 500 およびマスク 350 は、イオン注入システム 200 の内部に配されてよい。図 5 a および図 5 b に示されるように、マスク 350 のフィンガー部 352 の大きさまたは位置は、矢印 510 で示される高さ方向にそって、基板 500 の全高（全長）にわたって延伸することができないように決定される。また、フィンガー部 352 の大きさまたは位置は、イオンビーム 20 の全高（全長）にわたって延伸することができないように決定されてよい。本実施形態において、マスク 350 のフィンガー部 352 は、イオンビーム 20 の高さの約 50% にわたって延伸してよい。全高の最初から最後までは延伸していないフィンガー部 352 を有することで、基板 500 に方向付けられたイオンビーム 20 を、複数の軌道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 の端部 20i から仮想的な参照線 20iii にわたる第 1 の部分 20a を含んでよい。また、イオンビーム 20 は、イオンビーム 20 の第 2 の端部 20ii から参照線 20iii にわたる第 2 の部分 20b を含んでよい。参照線 20iii は、フィンガー部 352i の端部によって規定されてよい。

【0048】

フィンガー部 352 が、イオンビーム 20 の高さの約 50% にわたって延伸している場合、イオンビーム 20 の第 1 の部分 20a および第 2 の部分 20b は、実質的に等しくてよい。イオンビームの第 1 の部分 20a 中のイオンが、基板 500 に直接注入されて、ブランケット・イオン注入 (blanket ion implantation) が実施されてよい。一方、第 2 の部分 20b 中のイオンの一部が、開口 356 を通じて基板 500 に注入されて、選択的なイオン注入が実施されてよい。

【0049】

イオンビーム 20、マスク 350 および基板 500 のそれぞれは、独立に、回転および並進の自由度を有してよい。イオンビーム 20、マスク 350 および基板 500 は、連携してまたは独立に、傾転、回転および / または並進してよい。本実施形態において、マスク 350 は、イオンビーム 20 に対して特定の位置に (fixedly) 位置決めされてよい。一方、基板 500 は、矢印 510 によって示される高さ方向に沿って、イオンビーム 20 および / またはマスク 350 に対して移動してよい。詳細には説明されていないけれども、他の実施形態において、基板 500 は、矢印 512 によって示される方向に沿って、イオンビーム 20 および / またはマスク 350 に対して移動してよい。基板 500 が高さ方向 510 に移動するので、ドーパントを含む第 1 の領域 502 および第 2 の領域 504 が

10

20

30

40

50

形成される。イオンビームの第1の部分20aおよび第2の部分20bからのドーパントが注入されるので、第1の領域502は、高濃度にドープされた領域であってよい。一方、イオンビームの第1の部分20aからのドーパントが注入されるので、第2の領域504は、低濃度にドープされた領域であってよい。本実施形態に係る基板500と、図1に関連して説明された基板100とを比較すると、高濃度にドープされた領域502は、コンタクト領域102に対応してよい。一方、低濃度にドープされた領域504は、スペーサ領域104に対応してよい。その他の実施形態において、コンタクト領域102におけるドーパントの注入量は、スペーサ領域104におけるドーパントの注入量よりも少なくてもよく、その場合、高濃度にドープされた第1の領域502は、スペーサ領域104に対応してよく、低濃度にドープされた領域504は、コンタクト領域102に対応してよい。

【0050】

フィンガー部352およびイオンビーム20の高さに応じて、第1の領域502および第2の領域504におけるドーパントの注入量またはレベルが調整されてよい。本実施形態において、フィンガー部352の高さは、イオンビーム20の高さの約50%であってよい。これにより、フィンガー部352によって生じたイオンビームの第1の部分20aおよび第2の部分20bの高さが同程度になる。高さ方向510におけるイオンビーム20中のイオンの量が実質的に均一であり、基板500の移動速度が一定である場合には、第1の領域502におけるドーパントの注入量は、第2の領域504におけるドーパントの注入量の約2倍であってよい。例えば、第1の領域502におけるドーパントの注入量は、約 2×1015 (15は上付き)cm⁻²(-2は上付き)であってよく、第2の領域504におけるドーパントの注入量は、約 1×1015 (15は上付き)cm⁻²(-2は上付き)であってよい。別の実施形態において、フィンガー部352の高さは、イオンビーム20の高さの約33%(1/3)であってよい。この実施形態において、イオンビーム20の第1の部分20aの高さは、第2の部分20bの高さよりも約50%長くなる。イオン注入後において、第1の領域502におけるドーパントの量は、第2の領域504におけるドーパントの量よりも約50%大きくなつてよい。同様にして、第1の領域502と第2の領域504におけるドーパントの注入量の比が、約3:2となつてもよい。

【0051】

ドーパントの注入量を制御することに加えて、フィンガー部352の高さが調整され、イオンビームの均一性が調整されてよい。例えば、マスク350のフィンガー部352の高さを調整して、ドーパントを2倍均一に注入してもよい。

【0052】

本開示に係る技術を用いることで、ドーパント注入量の異なる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、本開示に係る技術は、それが用いられた場合に、単一のイオンビームまたはイオンビームの単一の経路(pass)を用いて選択的なプランケット注入を実施することができ、2つの領域を同時に、または、実質的に同時に形成することができる。加えて、上記の技術は、2つの異なるマスクを必要としない。さらに、異なるマスクを配置する工程、異なるマスクを用いて処理する工程およびマスクを取り外す工程といった追加的な工程の手間を省くことができる。本開示に記載された技術は、はるかに簡単で効率的である。

【0053】

図6は、本開示の一実施形態に係る基板処理技術の他の例を示す。なお、図面は必ずしも尺図通りには作図されていない。当業者は、本実施形態が、上述した実施形態において説明された特徴に類似する多くの特徴を備えることを理解するであろう。説明を明確かつ簡潔にする目的で、類似する特徴については、繰り返しの説明を省略する。なお、図面は必ずしも尺図通りには作図されていない。

【0054】

本実施形態において、マスク650は、少なくとも1つのフィンガー部652を含んで

10

20

30

40

50

よく、フィンガー部 652 は、隙間もしくは開口 656 を規定するために、互いに離間して配されてよい。例えば、イオンビーム 30 は、イオンビーム 30 の第 1 の端部から仮想的な参照線 30i1i に延びる第 1 の部分 30a を含んでよい。イオンビーム 30 は、イオンビーム 30 の第 2 の端部から参照線 30i1i に延びる第 2 の部分 30b を含んでよい。参照線 30i1i は、フィンガー部 652i の端部によって定義されてよい。本実施形態において、基板 500 およびマスク 650 が、イオン注入システムの中に配置される。その後、イオンビーム 30 が、基板 500 に向かって方向付けられてよい。本実施形態において、矢印 510 に示された方向におけるイオンビーム 30 の高さは、基板 500 がイオンビーム 30 に対して移動しなくてもよいように、十分に大きくてよい。言い換れば、イオンビーム 30 の高さは、注入されるべき基板 500 内の特定の領域が、イオンビーム 30 の高さによって覆われる程度に十分に大きく、基板 500 またはイオンビーム 30 が、互いに相対移動する必要がない。

【0055】

一方、本実施形態に係るマスク 650 は、マスク 350 と同様の構成を有してもよい。上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 および基板 500 のそれぞれは、独立した回転および並進の自由度を有してよい。しかしながら、基板 500 およびイオンビーム 30 は、基板 500 およびイオンビーム 30 が、一緒に、傾転、回転および / または並進することができるよう、お互いの相対位置が固定されていてよい。一方、マスク 650 は、イオンビームイオンビーム 30 および基板 500 に対して移動してよい。マスク 650 が高さ方向に沿って移動するにつれて、高濃度にドープされた第 1 の領域 502 と、低濃度にドープされた第 2 の領域 504 とが形成されてよい。第 1 の領域 502 および第 2 の領域 504 に、付加的なドーパントが注入されることを抑制する目的で、本実施形態のマスク 650 は、オプションで、より大きな高さを有するベース部 654 を備えてよい。本実施形態に係る技術を実施して、マスク 650 をイオンビーム 30 に対して移動させることで、高濃度にドープされた第 1 の領域 502 と、低濃度にドープされた第 2 の領域 504 とが得られる。

【0056】

図 7 は、本開示の他の実施形態に係るマスク 750 の他の例を示す。本実施形態において、マスク 750 は、マスク 750 の対辺に配される上方部分 702 および下方部分 704 を備えてよい。当業者は、上方部分 702 および下方部分 704 のそれぞれが、図 3 に関連して説明された実施形態に係るマスク 350 と同様の構成を有してよいことを理解できるであろう。上方部分 702 および下方部分 704 のそれぞれにおいて、マスク 750 は、1 以上の第 1 のフィンガー部 752a と、1 以上の第 2 のフィンガー部 752b とを有してよい。マスク 750 は、オプションで、第 1 のフィンガー部 752a および第 2 のフィンガー部 752b を支持する、第 1 のベース部 754a および第 2 のベース部 754b を備えてよい。加えて、マスク 750 は、オプションで、フィンガー部に隣接し、対辺に配される第 3 のベース部 754c および第 4 のベース部 754d を備えてもよい。

【0057】

マスク 750 の上方部分 702 および下方部分 704 のそれぞれが、2 以上の第 1 のフィンガー部 752a および第 2 のフィンガー部 752b を有する場合、第 1 のフィンガー部 752a および第 2 のフィンガー部 752b は、幅方向 712 に互いに離間して配されてよい。これにより、1 以上の第 1 の開口 756a を形成することができる。マスク 750 は、高さ方向 710 に互いに離間して配された上方部分 702 および下方部分 704 によって形成される第 2 の開口 756b を備えてよい。

【0058】

上述した実施形態に係るマスク 350 およびマスク 450 の場合と同様に、本実施形態に係るマスク 750 は、様々な材料を含んでよい。

【0059】

図 8a および図 8b は、本開示の他の実施形態に係る基板処理技術の他の例を示す。なお、図面は必ずしも尺図通りには作図されていない。説明を明確かつ簡潔にする目的で、

10

20

30

40

50

本実施形態に係る技術は、図 7 に関連して説明したマスク 750 を用いて説明される。当業者は、本技術が、他のマスクを用いて実施されてもよいことを理解することができるであろう。加えて、説明を明確かつ簡潔にする目的で、オプションの第 3 のベース部 754c および第 4 のベース部 754d は図示されていない。

【0060】

本実施形態に係る技術は、複数の工程を有する技術 (multi-part technique) であつてよい。本実施形態に係る技術の第 1 の工程は、図 5a および図 5b を用いて説明された技術と同様の構成を有してよい。本実施形態に係る技術は、そういうものとして、図 5a および図 5b を用いて説明された上述の実施形態を参照して理解されるべきである。

【0061】

本実施形態において、マスク 750 は、イオン源（図示されていない。）と基板 500 との間に配されてよい。その後、イオンビーム軌道 (ion beam path) に沿って、イオンビーム 20 が基板 500 に向かって方向付けられてよい。本技術の第 1 の工程の間、イオンビーム 20 は、マスク 750 の上方部分 702 に向かって方向付けられてよい。マスク 750 の上方部分 702 は、イオンビーム軌道中に配されてよい。図 8a に記載されているように、第 1 のフィンガー部 752a の大きさまたは位置は、第 1 のフィンガー部 752a がイオンビーム 20 の全高にわたって延伸しないように決定されてよい。上記の工程において、イオンビーム 20 は、第 1 の部分 20a と第 2 の部分 20b とに分割されてよい。イオンビーム 20 の第 1 の部分 20a に含まれるイオンは、第 2 の開口 756b を通つて、基板に直接的に注入されてよい。これにより、プランケット・イオン注入が実施される。一方、イオンビーム 20 の第 2 の部分 20b からのイオンの一部は、1 以上の第 1 の開口 756a を通過して、選択的なイオン注入が実施されてよい。図 5a および図 5b に関連して説明された技術の場合と同様に、基板 500 は、高さ方向 710 に移動してよい。一方、マスク 750 の上方部分 702 は、イオンビーム 20 に対して固定して配されてよい。結果として、基板 500 上に、高濃度にドープされた領域（図示されていない。）と、低濃度にドープされた領域（図示されていない。）とが形成されてよい。

【0062】

本技術の第 2 の工程の間、イオンビーム 20 は、マスク 750 の下方部分 704 に向かって方向付けられてよい。第 2 の工程は、第 1 の工程の後で、または、第 1 の工程に先立つて実施されてよい。本技術の第 1 の工程の場合と同様に、第 2 のフィンガー部 752b の大きさまたは位置は、第 2 のフィンガー部 752b がイオンビーム 20 の全高にわたって延伸しないように決定されてよい。上記の工程において、イオンビーム 20 は、第 1 の部分 20a と第 2 の部分 20b とに分割されてよい。本技術の第 1 の工程の場合とは異なり、イオンビームの第 1 の部分 20a は、マスク 750 の下方部分 704 における第 1 の開口 756a を通過して、選択的なイオン注入の実施に用いられてよい。一方、プランケット・イオン注入は、イオンビーム 20 の第 2 の部分 20b を用いて実施されてよい。

【0063】

本実施形態に係る技術は、いくつかの利点を提供する。中でも、イオンビーム 20 の高さ方向 710 の不均一性に対処するのに用いられる。多くのイオン注入装置において、高さ方向に不均一性（例えば、イオン注入量の変動）が存在する場合がある。この変動は、中でも、空間電荷効果によってもたらされうる。イオンビームの第 1 の部分および第 2 の部分の両方を用いて、高濃度にドープされた領域と、低濃度にドープされた領域とを精製することで、不均一性が軽減される。

【0064】

加えて、基板に対するマスク 750 の位置が決定されてよい。例えば、基板 500 およびイオンビーム 20 に対する第 1 のフィンガー部 752a および第 2 のフィンガー部 752b の相対位置を測定することなく、基板 500 の上流側にマスク 750 が配置されてよい。イオンビーム 20 がマスク 750 に向かって方向付けられてよく、フィンガー部 752a およびフィンガー部 752b によるイオンビーム電流 (ion beam current) の損失に基づいて、「ウエハーマップ (wafer map)」が生成されてよい。加えて、高さ方向 710

10

20

30

40

50

0におけるイオンビームまたは基板スキャンの速度が調整され、不均整 (asymmetry) を補正する。例えば、基板 500 にイオンが注入されていない場合、基板 500 が方向転換 (turn around)させられている間に、マスク 750 が、イオンビームに対して移動させられてよい。これにより、基板のプランケット・イオン注入が実施された部分におけるイオンビームの不均一性 (non-uniformity) を相殺することができる。マスク 750 は、基板が方向転換させられるたびに移動させられる必要はないが、イオンビーム変動 (ion beam fluctuation) とのオーバーラップが小さくなるような間隔で移動させられてよい。例えば、これにより、50 Hz および 60 Hz の高調波 (harmonic) を抑制することができる。

【0065】

10

図 9 は、本開示の他の実施形態に係る基板処理に用いられるマスク 950 の他の例を示す。説明を明確かつ簡潔にする目的で、マスク 950 は、開口に関連して説明される。マスク 950 は、高さ方向 910 に沿って配された、開口 956a - 956c の複数の列 (row) 955a - 955c を備えてよい。本実施形態において、マスク 950 は、955a - 955c という 3 つの横列を備えてよい。横列 955a - 955c のそれぞれには、1 以上の開口 956a - 956c が配されてよい。本実施形態において、開口 956a - 956c の形状は、方形であってよい。図 9 に示されるように、本実施形態に係る開口 956a - 956c のそれぞれは、高さ方向 910 に沿って、距離 1 だけ延伸する第 1 の辺 (side) 967a および第 2 の辺 967b と、幅方向 912 に沿って、距離 W だけ延伸する第 1 の幅 (width) 969a および第 2 の幅 969b とを有してよい。一実施形態において、開口 956a - 956c は、その他の形状を有してよい。

【0066】

20

本実施形態において、隣接する横列 955a - 955c に含まれる開口 956a - 956c は、不均一であってよい。本実施形態において、開口 956a - 956c の位置または配置 (alignment) について、不均一であってよい。例えば、第 1 の横列 955a に含まれる (複数の) 第 1 の開口 956a と、第 2 の横列 955b に含まれる (複数の) 第 2 の開口 956b とは、高さ方向 910 に位置あわせされていない。この工程において、開口 956a および開口 956b の中心は、幅方向 912 に沿って、距離 x だけずれた状態で配されてよい。

【0067】

30

さらに、隣接する横列 955a - 955c のうちの特定の一列に含まれる開口 956a - 956c は、横列 955a - 955c のうちの特定の一列に含まれる開口 956a - 956c の第 1 の辺 967a と、隣接する横列 955a - 955c に含まれる開口 956a - 956c の第 1 の辺 967a とが一列に並ばないようにずらして配されるように、配置されてよい。本実施形態において、隣接する横列に含まれる開口 956a - 956c は、第 1 の開口 956a の第 1 の辺 967a と、第 2 の開口 956b の第 2 の辺 967b とが一列に並ぶように、ずらして配されてよい。他の実施形態において、第 1 の開口 956a の第 1 の辺 967a は、第 2 の開口 956b の第 2 の辺 967b と一列に並ばないように、距離 d (図示されていない。) だけずらして配されてよい。本開示において、第 1 の開口 956a は、第 3 の横列 955c に含まれる第 3 の開口 956c と一列に並ぶように配されてもよく、一列に並ばないように配されてもよい。

【0068】

40

上述された実施形態に係るマスクと同様に、本実施形態に係るマスク 950 は、様々な材料を含んでよい。

【0069】

図 10 は、本開示の他の実施形態に係るマスク 1050 の他の例を示す。本実施形態において、マスク 1050 は、図 9 に関連して説明したマスク 950 と同様の構成を有してよい。しかしながら、隣接する横列 955a - 955c に含まれる開口 956a - 956c が、幅方向 912 に沿って、距離 y だけオーバーラップしてよい。

【0070】

50

図11は、本開示の他の実施形態に係る基板処理技術の他の例を示す。なお、図面は必ずしも寸法通りには作図されていない。説明を明確かつ簡潔にする目的で、本実施形態に係る技術は、図9に関連して説明されたマスク950を用いて説明される。当業者は、本技術が、その他のマスクを用いて実施されてもよいことを理解できるであろう。

【0071】

本実施形態に係る技術は、複数の工程を有する技術であってよい。本実施形態に係る技術の第1の工程は、図5a、図5b、8aおよび図8bを用いて説明された技術と同様の構成を有してよい。本実施形態に係る技術は、そういうものとして、図5a、図5b、8aおよび図8bを用いて説明された上述の実施形態を参照して理解されるべきである。

【0072】

本実施形態において、マスク950は、イオン源（図示されていない。）と基板（図示されていない。）との間に配されてよい。その後、イオンビーム軌道に沿って、イオンビーム20が基板に向かって方向付けられてよい。本技術の第1の工程の間、イオンビーム20は、マスク950の上方部分に向かって方向付けられてよい。例えば、イオンビーム20およびマスク950は、イオンビームの第1の部分20aが、第2の横列955bに含まれる第2の開口956bの少なくとも一部とオーバーラップするように、配置される。一方、イオンビームの第2の部分20bは、第1の横列955aに含まれる第1の開口956aの少なくとも一部とオーバーラップしてよい。基板が高さ方向910に移動するにつれて、イオン注入領域が形成されてよい。

【0073】

第1の開口966aの第1の辺967aと、第2の開口966bの第2の辺967bとが、高さ方向910に沿って一列に並んでいる場合には、第1の開口956aおよび第2の開口956bの幅と等しい幅を有するイオン注入領域が形成されてよい。第1の開口966aの第1の辺967aと、第2の開口966bの第2の辺967bとが、距離dだけずらして配されている場合には、離間して配された2つのイオン注入領域の間に、幅dを有するイオン非注入領域が形成さてよい。

【0074】

本技術の第2の工程の間、イオンビーム20は、イオンビーム20がマスク950の下方部分に向かって方向付けられるように、マスク950に対して移動させられてよい。第2の工程は、第1の工程の後で、または、第1の工程に先立って実施されてよい。例えば、イオンビーム20およびマスク950は、イオンビームの第1の部分20aが、第3の横列955cに含まれる第3の開口956cの少なくとも一部とオーバーラップするように、配置されてよい。一方、イオンビームの第2の部分20bは、第2の開口956bの一部とオーバーラップしてよい。基板が移動するにつれて、イオンビームの高さ方向910における不均一性が軽減されてよい。

【0075】

図10に関連して説明されたマスク1050が用いられた場合には、第1の開口956aと第2の開口956bとのオーバーラップ、または、第2の開口956bと第3の開口956cとのオーバーラップにより、（複数の）低濃度にドープされた領域の間に、幅yを有する高濃度にドープされた領域が形成されてよい。オーバーラップしている領域を通過するイオンによって、高濃度にドープされた領域が形成されてよく、オーバーラップしていない領域を通過するイオンによって、低濃度にドープされた領域が形成されてよい。さらに、本技術が複数の工程を有する場合、ビーム（図示されていない。）の高さ方向の不均一性が軽減されてよい。

【0076】

図12は、本開示の他の実施形態に係る基板処理に用いられるマスクの他の例を示す。マスク1250は、複数の列を有する。複数の列のそれぞれは、1以上の開口を含んでよい。本実施形態において、マスク1250は、高さ方向1210に沿って、5つの横列1255a - 1255eを備える。横列1255a - 1255eのそれぞれには、幅方向1212に沿って、1以上の開口1256a - 1256eが配されてよい。図10に関連し

10

20

30

40

50

て説明したように、隣接する列に含まれる開口 1256a - 1256e は、不均一であつてよい。例えば、隣接する列に含まれる開口 1256a - 1256e の大きさおよび配置が異なってよい。

【 0 0 7 7 】

上述した実施形態に係るマスクと同様に、本実施形態に係るマスク 1250 は、様々な材料を含んでよい。

【 0 0 7 8 】

本開示は、本明細書に記載された特定の実施形態の範囲に限定されるものではない。実際、当業者にとって、本明細書に記載された実施形態に加えて、上述の詳細な説明および添付の図面に基づいて、本開示の他の様々な実施形態および本開示に対する修正を実施できることは明らかであろう。したがって、そのような他の実施形態および修正は、本開示の範囲に含まれる。さらに、本開示は、特定の目的のための特定の環境における特定の実施形態について説明されている。当業者は、その有用性は、当該特定の実施形態に限定されないこと、また、本開示は、様々な目的のために、様々な環境において、有利に実施されうることを理解することができるであろう。したがって、以下の特許請求の範囲の記載は、詳細な説明において説明された本開示の全容および精神を考慮して理解されるべきである。

10

【 図 1 】

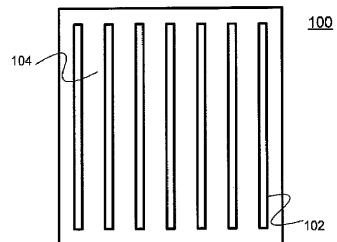


FIG. 1

【 図 2 】

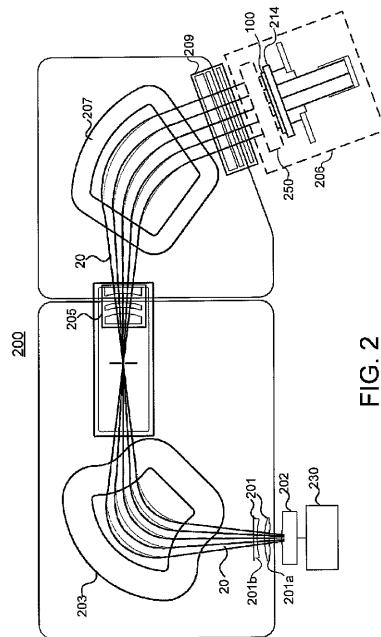
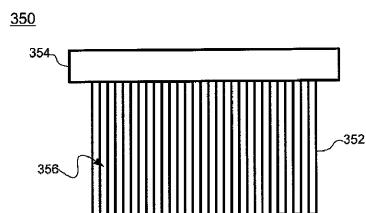
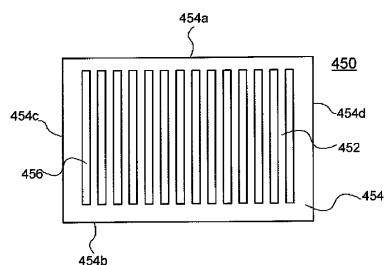


FIG. 2

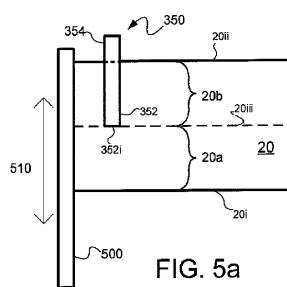
【図3】



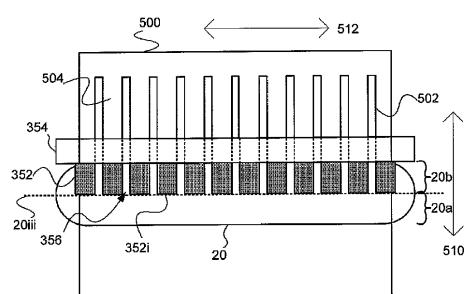
【図4】



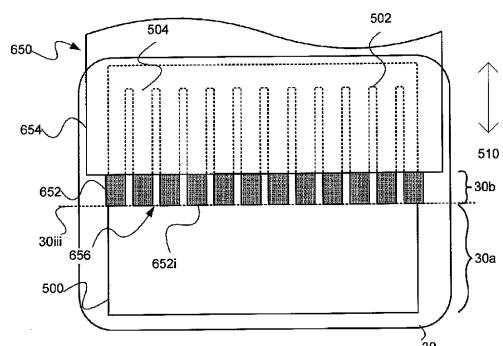
【図5 a】



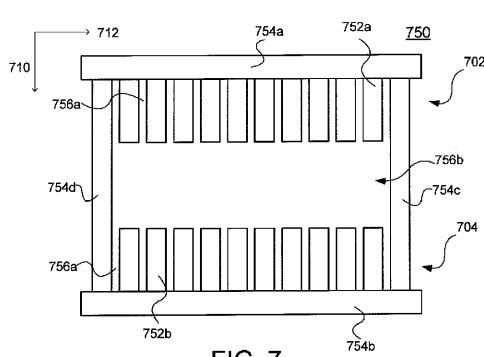
【図5 b】



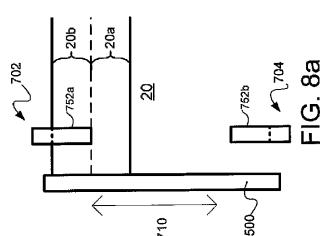
【図6】



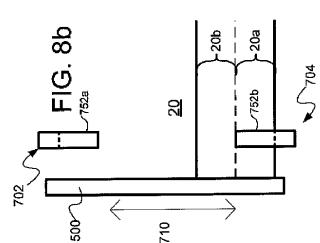
【図7】



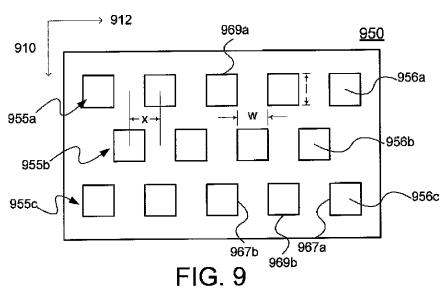
【図8 a】



【図8 b】



【図9】



【図 1 0】

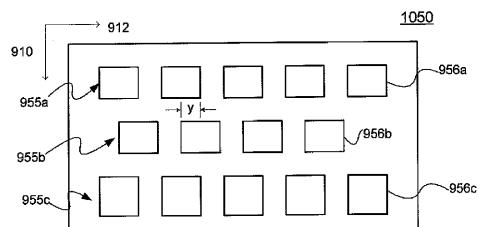


FIG. 10

【図 1 2】

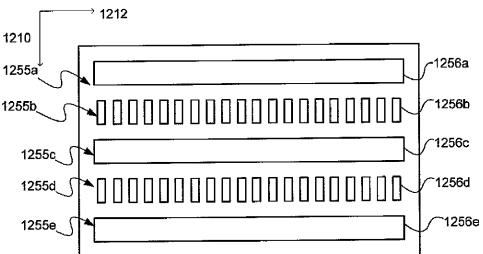


FIG. 12

【図 1 1】

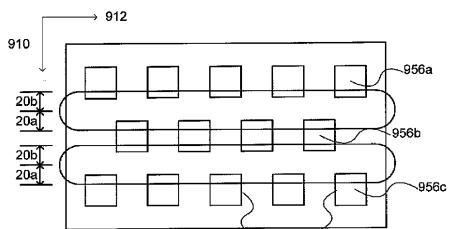


FIG. 11

フロントページの続き

(72)発明者 ロウ、ラッセル ジェイ .

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

(72)発明者 リオードン、ベンジャミン ビー .

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

審査官 柴山 将隆

(56)参考文献 特開平08-318387(JP,A)

特開2007-163640(JP,A)

米国特許第02591842(US,A)

特開平08-213339(JP,A)

特表2012-516551(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/266

H01J 37/317