

(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2016-506067

(P2016-506067A)

(43) 公表日 平成28年2月25日(2016.2.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H O 1 L 21/268 (2006.01)</b>	H O 1 L 21/268 J	5 F 1 5 2
<b>H O 1 L 21/265 (2006.01)</b>	H O 1 L 21/265 G O 2 C	
<b>H O 1 L 21/20 (2006.01)</b>	H O 1 L 21/20	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-545109 (P2015-545109)	(71) 出願人	390040660 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド APPLIED MATERIALS, INCORPORATED アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタ クララ パウアーズ アベニュー 3050
(86) (22) 出願日	平成25年11月21日 (2013.11.21)	(74) 代理人	110002077 園田・小林特許業務法人
(85) 翻訳文提出日	平成27年7月23日 (2015.7.23)	(72) 発明者	アダムス, ブルース イー. アメリカ合衆国 オレゴン 97239, ポートランド, サウスウェスト 13番 アヴェニュー 3411
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/071312		
(87) 国際公開番号	W02014/085201		
(87) 国際公開日	平成26年6月5日 (2014.6.5)		
(31) 優先権主張番号	61/730, 924		
(32) 優先日	平成24年11月28日 (2012.11.28)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

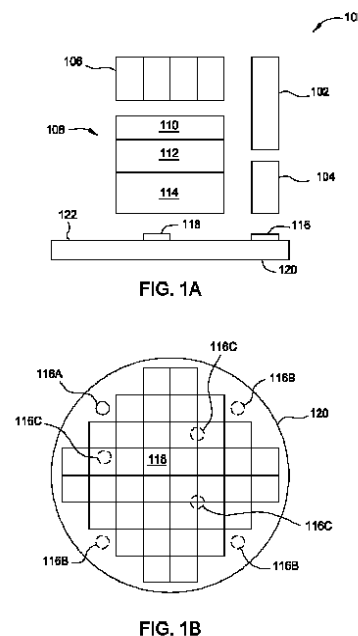
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱処理方法及び装置

## (57) 【要約】

本明細書に記載される実施形態は、基板を熱処理するための方法及び装置を提供する。第一のフルエンスで第一の放射を供給する第一の放射エネルギー源及び第二のフルエンスで第二の放射を供給する第二の放射エネルギー源が、第一の位置で第一の放射を受け、第二の位置で第二の放射を受けるように配置された基板支持体の方にエネルギーを向けるように配置され、第一のフルエンスは第二のフルエンスの10～100倍であり、第一の放射は第二の位置に到達できない。第一の放射エネルギー源はレーザであってよく、第二の放射エネルギー源は、複数のレーザ、例えば、複数のパルスレーザを有するパルスレーザアセンブリであってよい。第二の放射エネルギー源はまた、フラッシュランプであってよい。第一の放射エネルギー源と第二の放射エネルギー源は、同じチャンバの中にあってもよいし、又は異なるチャンバの中にあってもよい。

【選択図】 図1A及び図1B



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

基板を熱処理するための装置であって、  
第一の放射を第一のフルエンスで供給する第一の放射エネルギー源、  
前記第一の放射エネルギー源と光学的に連結される第一の光学アセンブリ、  
第二の放射を第二のフルエンスで供給する第二の放射エネルギー源、  
前記第二の放射エネルギー源と光学的に連結される第二の光学アセンブリ、及び  
前記第一の放射を第一の位置で受け、前記第二の放射を第二の位置で受けるように配置  
される基板支持体を備え、前記第一のフルエンスは前記第二のフルエンスの 10 ~ 100  
倍であり、前記第一の放射は前記第二の位置に到達できない、装置。

10

**【請求項 2】**

前記第二の放射エネルギー源は、複数のレーザを備えるパルスレーザアセンブリである  
、請求項 1 に記載の装置。

**【請求項 3】**

前記第一の放射エネルギー源は、パルスレーザであり、前記第二の放射エネルギー源は  
、複数のレーザを備えるパルスレーザアセンブリである、請求項 1 に記載の装置。

**【請求項 4】**

前記基板支持体は作業表面を含み、前記第一の位置は前記作業表面の周辺部にあり、前  
記第二の位置は前記第一の位置より前記作業表面の中心により近い、請求項 1 に記載の装  
置。

20

**【請求項 5】**

前記第二の光学アセンブリは、パルスコンバイナ、パルス整形器、及びホモジナイザを  
含む、請求項 2 に記載の装置。

**【請求項 6】**

前記第二の光学アセンブリは、空間ホモジナイザ、時間ホモジナイザ、及びエッジ調整  
部材を含む、請求項 2 に記載の装置。

**【請求項 7】**

前記第一の放射エネルギー源は、少なくとも約 30 MW の出力、100 ns 以下の  
パルス持続時間、及び  $5 \text{ cm}^2$  以下のビーム断面積を有するレーザである、請求項 3 に記  
載の装置。

30

**【請求項 8】**

前記第一の放射エネルギー源は、約  $500 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  ~ 約  $3,000 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  の  
フルエンスを供給し、前記第二の放射エネルギー源の各レーザは、約  $50 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  ~  
約  $300 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  のフルエンスを供給する、請求項 3 に記載の装置。

**【請求項 9】**

前記第一の放射エネルギー源は、約  $500 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  ~ 約  $3,000 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  の  
フルエンスを前記第一の位置に供給し、前記第二の放射エネルギー源の各レーザは、約  
 $50 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  ~ 約  $300 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  のフルエンスを前記第二の位置に供給する、請求  
項 4 に記載の装置。

**【請求項 10】**

請求項 5 及び請求項 8 及び請求項 9 に記載の装置。

40

**【請求項 11】**

基板を熱処理するための装置であって、  
第一の放射を第一のフルエンスで供給する第一の放射エネルギー源、  
前記第一の放射エネルギー源と光学的に連結される第一の光学アセンブリ、  
第一の作業領域の周辺部にある第一の位置で前記第一の放射を受けるように配置される  
前記第一の作業領域を含む第一の基板支持体、  
第二の放射を第二のフルエンスで供給する第二の放射エネルギー源、  
前記第二の放射エネルギー源と光学的に連結される第二の光学アセンブリ、及び  
前記第一の作業領域と寸法において同様の第二の作業領域を含み、前記第一の位置から

50

前記第一の作業領域の中心に対する近さよりも、前記第二の作業領域の中心に対してより近くにある前記第二の作業領域の第二の位置で前記第二の放射を受けるように配置される第二の基板支持体を備え、前記第一のフルエンスは前記第二のフルエンスの10～100倍である、装置。

【請求項12】

前記第一の基板支持体は第一のチャンパの中にあり、前記第二の基板支持体は第二のチャンパの中にある、請求項11に記載の装置。

【請求項13】

前記第二の放射エネルギー源は、複数のレーザを備えるパルスレーザアセンブリである、請求項11に記載の装置。

【請求項14】

前記第一の放射エネルギー源は、パルスレーザであり、前記第二の放射エネルギー源は、複数のレーザを備えるパルスレーザアセンブリである、請求項11に記載の装置。

【請求項15】

前記第二の光学アセンブリは、空間ホモジナイザ、時間ホモジナイザ、及びエッジ調整部材を含む、請求項13又は14に記載の装置。

【請求項16】

約 $500\text{ mJ/cm}^2$ ～約 $3,000\text{ mJ/cm}^2$ のフルエンスを供給し、前記第二の放射エネルギー源の各レーザは、約 $50\text{ mJ/cm}^2$ ～約 $300\text{ mJ/cm}^2$ のフルエンスを供給する、請求項15に記載の装置。

【請求項17】

基板を熱処理する方法であって、

シリコンオンインシュレータ構造を有する基板の表面上の第一の処理領域を選択すること、

前記第一の処理領域とオーバーラップしない、前記基板の前記表面上の複数の第二の処理領域を選択すること、

放射エネルギーを前記インシュレータの中に導入するのに十分な第一のフルエンスで前記第一の処理領域に放射エネルギーの第一のパルスを提供すること、及び

前記第二の処理領域に複数の放射エネルギーパルスを提供することであって、前記複数の放射エネルギーパルスの各々について同じである第二のフルエンスで各パルスを提供することを含み、前記第一のフルエンスは、前記第二のフルエンスの10～100倍である、方法。

【請求項18】

前記第一のパルスは、約 $500\text{ mJ/cm}^2$ ～約 $3,000\text{ mJ/cm}^2$ のフルエンスを有し、前記複数の放射エネルギーパルスの各パルスは、約 $50\text{ mJ/cm}^2$ ～約 $300\text{ mJ/cm}^2$ のフルエンスを有する、請求項17に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

【0001】本明細書に記載の実施形態は、概して、基板の熱処理のための方法及び装置に関する。詳細には、半導体基板をアニールするための方法及び装置が記載される。

【背景技術】

【0002】

【0002】半導体処理においては熱処理プロセスが広く用いられる。アモルファス半導体材料の結晶化は、一般に、原子の運動を無秩序状態から秩序状態へ活性化して、ポテンシャルエネルギーを低下させ、その結果生じる原子マトリクス中での電子の移動度を増加させるという熱処理プロセスを用いて、行われている。材料のバンドギャップが減少し、導電率が増加する。他の一般に用いられるプロセスとしては、部分的に無秩序な結晶状態の半導体材料に対するアニールなどがある。部分的な無秩序は、ドーピングプロセスに起因することが少なくない。ドーピングプロセスでは、大部分又は全てが結晶性の半導体

10

20

30

40

50

マトリクスの中ヘドーパント原子を注入し、結晶構造を破壊、「損傷」し、マトリクスの結晶度を低下させ、材料の電気的性質を減退させるからである。材料をアニールすることで、通常、損傷の一部又は全てが回復し、マトリクスを実質的に再結晶化する。ドーパントはまた、結晶マトリクスの中で活性な位置を占めて、材料の電気的性質を変えようとする。

#### 【 0 0 0 3 】

[ 0 0 0 3 ] ムーアの法則によりデバイス寸法が縮小するにつれて、熱処理技術は、より小さい寸法の領域を処理するために進歩して来た。ウェハベーク、RTP及びスパイクアニールは、はるかに短い時間でエネルギーを供給するプロセスによって置き換えられて来た。この置換の背景には非常に小さい基板領域へのエネルギー局所化という必要性があり、エネルギー局所化によって、例えば、 $5,000\text{ nm}^3$ のような小さいターゲット領域でのドーパント拡散を回避して、処理領域の周辺領域の熱破壊の防止を図るものである。非常に短い時間に所望のエネルギーを供給することにより、実質的な熱伝搬が起こる前にエネルギーの多くが放出されるため、熱伝搬が減少する。

10

#### 【 0 0 0 4 】

[ 0 0 0 4 ] レーザアニールプロセスは、非常に短い時間に多量のエネルギーを供給するための一般的な方法になった。しかし、供給エネルギーに対してそれを半導体材料が吸収する能力は、すぐにその限界にまで達するので、レーザアニールプロセスについても、昨今、限界に達してしまった。シリコンの吸収特性は、温度に依存して変化することが知られている。しかし、要求される寸法と時間長にあっては、温度は意味を失い、個々の原子のエネルギー収支が重要となってくる。寸法の縮小化と時間の短縮化は、プロセスウィンドウを厳しく狭めるに至り、今や、基板を熱処理するための新たな方法が求められている。

20

#### 【 発明の概要 】

#### 【 0 0 0 5 】

[ 0 0 0 5 ] 本明細書に記載される実施形態は、第一のフルエンスで第一の放射を供給する第一の放射エネルギー源、第一の放射エネルギー源と光学的に連結される第一の光学アセンブリ、第二のフルエンスで第二の放射を供給する第二の放射エネルギー源、第二の放射エネルギー源と光学的に連結される第二の光学アセンブリ、及び第一の位置で第一の放射を受け、第二の位置で第二の放射を受けるように配置された基板支持体を含み、第一のフルエンスは第二のフルエンスの $10 \sim 100$ 倍であり、第一の放射は第二の位置に到達できない、基板を熱処理するための装置を提供する。第一の放射エネルギー源はレーザでもよく、第二の放射エネルギー源は、複数のレーザ、例えば、複数のパルスレーザを有するパルスレーザアセンブリでもよい。第二の放射エネルギー源はまた、フラッシュランプでもよい。第一と第二の放射エネルギー源は、同じチャンバの中にあってもよいし、又は異なるチャンバの中にあってもよい。

30

#### 【 0 0 0 6 】

[ 0 0 0 6 ] 本明細書に記載される他の実施形態は、基板の表面上の第一の処理領域を選択し、第一の処理領域とオーバーラップしない基板の表面上の複数の第二の処理領域を選択し、放射エネルギーの第一のパルスを第一のフルエンスで第一の処理領域に供給し、複数の放射エネルギーパルスを第二の処理領域に供給し、各パルスは、複数の放射エネルギーパルスの各々について同じである第二のフルエンスで供給され、第一のフルエンスは第二のフルエンスの $10 \sim 100$ 倍であることにより、基板を熱処理する方法を提供する。各パルスは、通常、 $1\text{ nsec} \sim 100\text{ nsec}$ の持続時間を有する。放射エネルギーの第一のパルスは、通常、 $500\text{ mJ/cm}^2 \sim 4,000\text{ mJ/cm}^2$ のフルエンスを有し、これは、基板から一つ又は複数の層を取り除くのに十分でありうる。複数の放射エネルギーパルスは、通常、 $50\text{ mJ/cm}^2 \sim 300\text{ mJ/cm}^2$ のフルエンスを有し、これは、基板の一部を溶融させうる。

40

#### 【 0 0 0 7 】

[ 0 0 0 7 ] 本発明の上記の特徴を詳細に理解できるように、上記で簡単に要約した本

50

発明のより具体的な説明が、その幾つかが添付の図面に示される実施形態を参照することによって得られうる。けれども、本発明は他の等しく有効な実施形態を許容しうるので、添付の図面は本発明の典型的な実施形態のみを示しており、したがって本発明の範囲を限定すると見なすべきではないことに留意されたい。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1A】[0008]一つの実施形態による熱処理装置の概略図である。

【図1B】[0009]図1Aの装置からの基板支持体の上面図である。

【図2】[0010]他の実施形態による熱処理装置の概略図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0009】

[0011]本発明者は、基板の熱処理のための新たな方法及び装置を発明した。新たな方法及び装置を用いて、基板は、第一の位置で第一の熱処理に曝され、第一の位置とオーバーラップしない第二の位置で第二の熱処理に曝される。第一の熱処理は、第一の位置を第一のフルエンスで第一の放射エネルギーに曝し、第二の熱処理は、第二の位置を第二のフルエンスで第二の放射エネルギーに曝す。第一のフルエンスは、第二のフルエンスの10～100倍であってよい。

【0010】

[0012]図1Aは、一つの実施形態による熱処理装置100の概略図である。装置100は、第一の放射エネルギー源102と第二の放射エネルギー源106を有する。第一の光学アセンブリ104は、第一の放射エネルギー源102と光学的に連結される。第二の光学アセンブリ108は、第二の放射エネルギー源106と光学的に連結される。第二の光学アセンブリ108は、第二の放射エネルギー源106からのエネルギーを形成し、及び/又は均一にするための、第一の光学要素110、第二の光学要素112及び第三の光学要素114を備えうる。第一の光学要素110、第二の光学要素112及び第三の光学要素114の各々が、パルスコンバイナ、空間ホモジナイザ、時間ホモジナイザ、パルス整形器、及び/又はエッジ調整部材でありうる。複数のそのような構成要素が含まれてもよく、第一の光学アセンブリ104は、3つより多いそのような構成要素を有してもよい。例示的なパルスコンバイナ、空間ホモジナイザ、時間ホモジナイザ、及びエッジ調整部材が、2011年7月29日に出願された共同所有の米国特許出願番号13/194,552に記載されており、参照により本明細書に援用される。

20

30

【0011】

[0013]基板支持体120は、装置100によって処理されるべき基板を配置するための作業表面122を有する。作業表面122は、第一の処理領域116Aと第二の処理領域118を含む作業領域を有する。第一の処理領域116Aは、作業領域の中の周辺位置にあってよく、第二の処理領域118は、第一の処理領域116Aより作業領域の中心に近い位置にあってよい。図1Bは、装置100の基板支持体120の上面図であり、第一の処理領域116Aと第二の処理領域118の例示的な位置を示す。代表的な状況において、基板は、基板支持体120の作業表面122の上に配置され、第一の処理領域116Aで第一の放射エネルギー源102からの放射エネルギーに曝されるであろう。基板は、それから、図1Bに示される処理領域の直線で囲まれたパターンによって示される連続した第二の処理領域118で第二の放射エネルギー源106からの放射エネルギーに曝されるであろう。

40

【0012】

[0014]第一の放射エネルギー源102は、基板支持体120の方に向けられる強い放射の単一場を作る一つ又は複数のレーザであってよい。第一の光学アセンブリ104は、第一の放射エネルギー源102によって放出される放射エネルギーを所望の方法で変換する反射部品及び屈折部品を有してよい。例えば、第一の光学アセンブリ104は、フルエンスを所望のレベルに増加させるために、第一の放射エネルギー源102によって放出される放射エネルギーを小さい領域の中へ集中させうる。第一の放射エネルギー源10

50

2 が、複数のエネルギー放出又は光軸を有する場合、第一の光学アセンブリ 104 は、コンバイナを含んでよい。第一の光学アセンブリ 104 はまた、望まれる場合には、省いてもよい。

【0013】

[0015] 第二の放射エネルギー源 106 は、強い放射の単一場又は複数の強い放射場を作る一つ又は複数のレーザであってよい。複数のレーザが用いられる場合、第二の光学アセンブリ 108 は、単一のエネルギー場を作るためのコンバイナを含んでよい。

【0014】

[0016] 通常、第一の放射エネルギー源 102 は、第二の放射エネルギー源 106 のフルエンスの 10 ~ 100 倍であるフルエンスを、動作中に有しうる。第一の放射エネルギー源 102 は、約  $1,500 \text{ mJ/cm}^2$  ~ 約  $3,500 \text{ mJ/cm}^2$  など、例えば約  $3,100 \text{ mJ/cm}^2$  などの、約  $500 \text{ mJ/cm}^2$  ~ 約  $4,000 \text{ mJ/cm}^2$  のフルエンスでエネルギー場を放出しうる。第二の放射エネルギー源 106 は、約  $60 \text{ mJ/cm}^2$  ~ 約  $100 \text{ mJ/cm}^2$  など、例えば約  $70 \text{ mJ/cm}^2$  などの、約  $50 \text{ mJ/cm}^2$  ~ 約  $300 \text{ mJ/cm}^2$  のフルエンスでエネルギー場を放出しうる。第一の放射エネルギー源 102 は、約  $10 \text{ nsec}$  ~ 約  $50 \text{ nsec}$  など、例えば約  $25 \text{ nsec}$  などの、約  $1 \text{ nsec}$  ~ 約  $100 \text{ nsec}$  のパルス持続時間でパルスエネルギー場を放出するパルスレーザであってよい。第二の放射エネルギー源 106 は、約  $10 \text{ nsec}$  ~ 約  $50 \text{ nsec}$  など、例えば約  $40 \text{ nsec}$  などの、約  $1 \text{ nsec}$  ~ 約  $100 \text{ nsec}$  の持続時間を有するように、第二の光学アセンブリ 108 によって結合され形成されるエネルギー場を放出してもよく、エネルギー場はまた、パルス強度における立上り立下りが、第二の放射エネルギー源 106 によって作られる自然な強度の立上り立下りとは異なるように適合される時間プロファイルを有してもよい。

【0015】

[0017] 第一と第二の放射エネルギー源 102 と 106 は、単一のチャンバの中に置かれてもよいし、又は別々のチャンバの中に置かれてもよい。別々のチャンバの中に置かれる場合、第一の放射エネルギー源 102 は、対応する第一の基板支持体を有してよく、第二の放射エネルギー源 106 は、対応する第二の基板支持体を有してよい。そのような実施形態における第一と第二の基板支持体は、同様な寸法を有する、それぞれ第一と第二の作業領域を、通常、有するであろう。第一の放射エネルギー源が第一の作業領域の周辺部にある第一の処理領域を照射するように、第一の放射エネルギー源と第一の基板支持体が、配置されるであろうし、第一の処理領域から第一の作業領域の中心に対する近さよりも、第二の作業領域の中心に対してより近くにある複数の第二の処理領域を、第二の放射エネルギー源が照射するように、第二の放射エネルギー源と第二の基板支持体が、配置されるであろう。

【0016】

[0018] 第一の処理領域 116A の照射は、複数の前処理領域 116B と 116C が第一の放射エネルギーによって照射される前処理の一部であってもよい。そのような実施形態において、基板支持体 120 は、前処理領域 116B と 116C の各々、及び第一の処理領域 116A を第一の放射エネルギー源 102 に近接して配置するように移動可能であってよい。代替的に、ディバイダーが、第一の放射エネルギーを、前処理領域 116B と 116C、及び第一の処理領域 116A の間で分割するために用いられてもよい。前処理領域 116B と 116C の数と位置は、処理されるべき基板のサイズとタイプに依存する。

【0017】

[0019] 図 2 は、他の実施形態による熱処理装置 200 の概略図である。熱処理装置 200 は、図 1A の熱処理装置 100 と同じ構成要素の多くを特徴として持ち、それらは同じ番号が付けられている。熱処理装置 200 は、第二の放射エネルギー源 106 によって放出される放射エネルギーを受け取り、第二の光学アセンブリ 108 の周りのルートで放射エネルギーを送り、放射エネルギーを基板支持体 120 の方に向けるように配置さ

10

20

30

40

50

れるバイパスオプティク 202 を特徴として持つ。図 2 の装置 200 は、一つの放射エネルギー源を用いて、第一の放射エネルギーを第一の処理領域に供給し、第二の放射エネルギーを第二の処理領域に供給する代替的態様を提供し、上記のように複数の放射体を有してもよい。バイパスオプティク 202 は、放射されたエネルギーに光学アセンブリ 108 を通過させるのではなく、放射されたエネルギーを直接に作業領域へのルートで送るために使われうる。第一の処理領域が、光学アセンブリ 108 を用いることなく、高フルエンスの第一の放射エネルギーによって照射された後に、第二の処理領域が、第二の放射エネルギーを均一にするための光学アセンブリ 108 を用いて、低フルエンスの第二の放射エネルギーによって照射されてもよい。

【0018】

10

【0020】第一の放射エネルギーは、複数放射体の放射エネルギー源 106 の一つの放射体、例えば一つのレーザから導出されてよく、第二の放射エネルギーは、放射エネルギー源 106 の放射体のうちの一つ又は複数又は全部から導出されてよい。

【0019】

【0021】本明細書で参照されるレーザは、強い放射の短いパルスを放出することができる任意のタイプのレーザであってよい。パルスは、通常、約  $1 \text{ nsec} \sim 100 \text{ nsec}$  の持続時間を有する。高フルエンスのパルスを供給するために、約  $50 \text{ MW}$  又はより高い電力定格を有する高電力レーザが用いられうる。レーザは、パルスを作るためにスイッチ、パワーサイクル、又はポンプサイクルされうるドープされた YAG レーザなどの固体レーザでありうる。低フルエンス源は低出力レーザであってよく、又は一つ又は複数のフラッシュランプが用いられてもよい。例えば、フラッシュランプが、1 回の露光で基板全体に  $50 \sim 100 \text{ mJ/cm}^2$  のフルエンスを供給するために用いられうる。

20

【0020】

【0022】上記のような装置を用いて基板を熱処理する方法は、基板を放射エネルギーの第一の強いパルスに曝露し、それから基板を放射エネルギーの第二の低強度のパルスに曝露することを含み、ここで、放射エネルギーの第一の強いパルスは、放射エネルギーの第二の低強度のパルスのフルエンスの  $10 \sim 100$  倍のフルエンスを有する。第一の処理領域と複数の第二の処理領域が、基板の表面上で選ばれる。第一の処理領域は、第二の処理領域の一つ又は複数とオーバーラップしてもよいし、又は第一の処理領域と第二の処理領域のいずれとの間にもオーバーラップがないように、第一の処理領域は、第二の処理領域から間隔が空いていてもよい。

30

【0021】

【0023】放射エネルギーの第一のパルスが、第一のフルエンスで第一の処理領域に送られ、複数の放射エネルギーパルスが、第二の処理領域に送られ、複数の放射エネルギーパルスの各々のパルスは、複数の放射エネルギーパルスの各々について同じである第二のフルエンスを有する。第二の処理領域の一つ又は複数は、各々、パルス列の中の複数の放射エネルギーパルスのうちの二つ以上のパルスを受けてもよく、パルスの各々は、概して本明細書に記載された範囲内で、同じフルエンスでもよいし、又は異なるフルエンスでもよい。第一のフルエンスは、通常、第二のフルエンスより  $10 \sim 100$  倍高い。第一のフルエンスは、約  $1,500 \text{ mJ/cm}^2 \sim 3,500 \text{ mJ/cm}^2$  など、例えば約  $3,100 \text{ mJ/cm}^2$  などの、約  $500 \text{ mJ/cm}^2 \sim 4,000 \text{ mJ/cm}^2$  でありうる。第二のフルエンスは、約  $60 \text{ mJ/cm}^2 \sim 150 \text{ mJ/cm}^2$  など、例えば約  $70 \text{ mJ/cm}^2$  などの、約  $50 \text{ mJ/cm}^2 \sim 300 \text{ mJ/cm}^2$  でありうる。基板の全ての所望の部分が処理されるまで、第二のフルエンスは、第二の処理領域の各々について上記の範囲で繰り返される。驚くことに、シリコンオンインシュレータの実施形態では、第二のフルエンスは、第一のフルエンスを用いた前処理の後、ポリシリコン層の一部を溶融及び/又は取り除きうる。

40

【0022】

【0024】そのような熱処理から利益を得られうる基板は、第一のポリシリコン層、第一のポリシリコン層の上に形成されたドープされた又はドープされない酸化ケイ素層及

50

びドーブされた又はドーブされない酸化ケイ素層の上に形成された第二のポリシリコン層を特徴として持つシリコンオンインシュレータ基板などの半導体基板を含む。ドーブされた酸化ケイ素層は、ホウ素、炭素、リン、ヒ素などのドーパント、又はそのようなドーパントの組合せでドーブされうる。放射エネルギーの第一のパルスは、第一の処理領域の中の第二のポリシリコン層から材料を取り除き、下の酸化ケイ素層を曝露するのに十分なフルエンスを有しうる。代替的に、酸化物層を曝露するために、第二のポリシリコン層は、第一の処理領域の中でエッチングによって除去されてもよく、その場合、より低いフルエンスが、放射エネルギーの第一のパルスについて用いられうる。より高い屈折率の層に隣接して低い屈折率の少なくとも一つの層を有する基板は、材料の吸収特性及び伝導特性と調和するように選ばれたパルスフルエンスにより、本明細書に記載される方法から利益を得られうる。

10

#### 【0023】

【0025】シリコンオンインシュレータの実施形態において、放射エネルギーは、特に高フルエンス曝露のためには、レーザエネルギーであってよく、低フルエンス曝露は、レーザエネルギー又はフラッシュランプエネルギーであってよい。放射エネルギーの第一のパルス及び複数のパルスの各パルスは、約1 nsec ~ 約100 nsec など、約10 nsec ~ 約50 nsec など、例えば約25 nsec などの、約100 nsec より短い持続時間で、通常、供給される。持続時間は、同じであってもよいし、又は違っていてもよい。一実施形態において、第一のパルスは、約25 nsec の持続時間を有し、一方、複数のパルスの各々は、約40 nsec の持続時間を有する。代替的に、放射エネルギーの第一のパルスが供給された後、基板全体が、単一の曝露でフラッシュランプを用いて低フルエンスで曝露されうる。

20

#### 【0024】

【0026】基板が、第一の層、第二の層及び第三の層を有し、第一の層は、高屈折率を有する材料であり、第二の層は、低屈折率を有する材料であり、第三の層は高屈折率を有する材料である実施形態において、第一の材料又は第三の材料の中に開口が作られてもよく、放射エネルギーのパルスが、開口を通して第二の層に供給されてもよい。そのような実施形態において、パルスは、第一又は第三の層の除去閾値より低い、第一又は第三の層のアニール閾値より高いフルエンスでありうる。放射エネルギーのパルスを、二つの高屈折率材料の間に配置された低屈折率材料に供給することにより、パルスが、低屈折率材料を通して伝わり、第一の層と第三の層の広い領域を、パルスからの放射エネルギーに曝露させる。望まれる場合には、複数のそのような開口が、基板表面の前処理を行うために、曝露されてもよい。

30

#### 【0025】

【0027】第二の層と第一の層又は第三の層との間の界面からの第一の放射エネルギーパルスの高角度反射は、界面に表面粗さを与え、入射放射を横方向に散乱させることによって、減少されうる。粗さのある表面からのオフアクシス反射は、低屈折率材料を通る放射の横方向の伝播を促進する。そのような表面粗さは、酸化物層が形成される前に、スパッタリング、エッチングなどの、表面粗さを作ることが知られている任意のプロセスにより、与えられうる。

40

#### 【0026】

【0028】基板の表面全体が単一の曝露で曝露されない実施形態において、第一の放射エネルギーの後に供給される複数のパルスが、通常、複数の処理領域に順次供給される。基板は、通常、基板の全ての所望の処理領域に複数のパルスを供給するために、放射エネルギー源に対して移動される。

#### 【0027】

【0029】一つの例において、1,000 の厚さの酸化ケイ素の層と、酸化ケイ素層上の1,000 の厚さのポリシリコンの層を有するシリコン基板が、基板上の144個の異なる位置の各々で27 nsec の持続時間の間、8 mm<sup>2</sup> の面積上への3,100 mJ/cm<sup>2</sup> の前処理レーザエネルギー曝露を受けた結果、上部のポリシリコン層の除去

50



、下部の酸化物層の曝露、及び酸化物層を通る前処理レーザエネルギーの伝播を生じた。前処理曝露の後に、アニールプロセスが行われ、基板の連続する処理領域が、一回目の試行では  $27 \text{ nsec}$ 、二回目の試行では  $41 \text{ nsec}$  の持続時間の間、 $50 \text{ mJ/cm}^2 \sim 400 \text{ mJ/cm}^2$  で変動するフルエンスのレーザエネルギーに曝露された。酸化物層の上のポリシリコン層は、前処理の後に、 $100 \text{ mJ/cm}^2$  を超えるフルエンスで除去されることが観察された。溶融が、 $50 \text{ mJ/cm}^2$  のフルエンスで観察された。

【0028】

【0030】比較例において、同様なシリコンオンインシュレータ基板が、高フルエンス前処理なしに、アニールプロセスを受けた。ポリシリコンの除去は、 $400 \text{ mJ/cm}^2$  未満のいかなるフルエンスでも観察されず、これは、前処理エネルギーに曝露されない基板について実質的により高い溶融温度を示す。

10

【0029】

【0031】上記は本発明の実施形態を対象とするが、本発明の基本的な範囲から逸脱することなく、本発明の他のさらなる実施形態を考案することもでき、本発明の範囲は、以下の特許請求の範囲によって決定される。

【図1A】

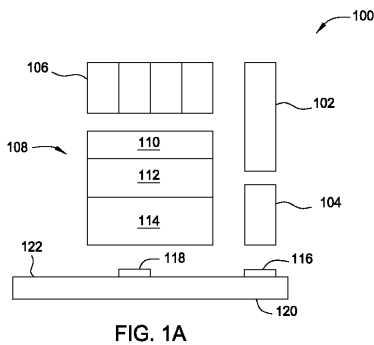


FIG. 1A

【図2】

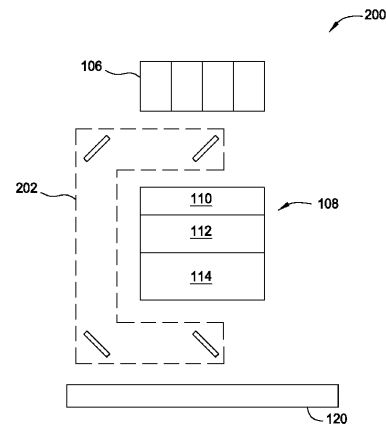


FIG. 2

【図1B】

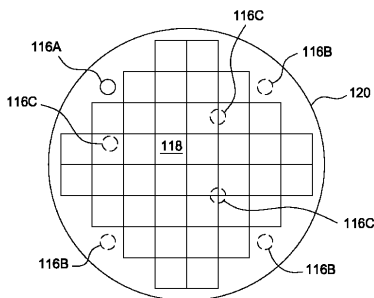




FIG. 1B

## 【 国際調査報告 】

<b>INTERNATIONAL SEARCH REPORT</b>		International application No. <b>PCT/US2013/071312</b>
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<b>H01L 21/324(2006.01)i</b>		
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) H01L 21/324; H01L 21/268; H01L 21/20; B23K 26/14; G02F 1/1368; H01L 21/301; B23K 101/40; H01S 3/23; B23K 26/00; B23K 26/10		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: apparatus, laser, thermal, second source, second area		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-270505 A (SUMITOMO HEAVY IND., LTD.) 20 September 2002 See abstract; paragraphs [0029]-[0035]; claims 1-2 and figure 1.	1-9, 11-18
A	JP 2010-212478 A (PANASONIC CORP.) 24 September 2010 See abstract; paragraphs [0013]-[0015] and figures 1-2.	1-9, 11-18
A	JP 05-226790 A (HITACHI LTD.) 03 September 1993 See abstract; paragraphs [0025]-[0042]; claim 1 and figure 1.	1-9, 11-18
A	US 2003-0089691 A1 (KOICHIRO TANAKA) 15 May 2003 See abstract; paragraphs [0047]-[0056], [0065]-[0081] and figures 2-4.	1-9, 11-18
A	US 2012-0145684 A1 (PAUL CAREY et al.) 14 June 2012 See abstract; paragraphs [0037]-[0044] and figure 1.	1-9, 11-18
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 21 March 2014 (21.03.2014)		Date of mailing of the international search report <b>21 March 2014 (21.03.2014)</b>
Name and mailing address of the ISA/KR  International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon Metropolitan City, 302-701, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-472-7140		Authorized officer CHOI, Sang Won  Telephone No. +82-42-481-8291

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US2013/071312

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☒ Claims Nos.: 10  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:  
Claim 10 does not clearly define the matter for which protection is sought.
3. ☒ Claims Nos.: 10  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of any additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No.

**PCT/US2013/071312**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2002-270505 A	20/09/2002	JP 3973849 B2	12/09/2007
JP 2010-212478 A	24/09/2010	None	
JP 05-226790 A	03/09/1993	None	
US 2003-0089691 A1	15/05/2003	CN 1441467 A	10/09/2003
		CN 1441467 C0	20/09/2006
		JP 2003-218055 A	31/07/2003
		JP 2003-218056 A	31/07/2003
		JP 2007-103962 A	19/04/2007
		JP 2011-066428 A	31/03/2011
		JP 3910523 B2	25/04/2007
		JP 3910524 B2	25/04/2007
		JP 4637816 B2	23/02/2011
		JP 5205431 B2	05/06/2013
		KR 10-0966761 B1	29/06/2010
		KR 10-0967145 B1	05/07/2010
		KR 10-2003-0038483 A	16/05/2003
		KR 10-2007-0114096 A	29/11/2007
		TW 289896 A	11/11/2007
		TW 289896 B	11/11/2007
		TW I289896 B	11/11/2007
		US 2005-0111339 A1	26/05/2005
		US 6852947 B2	08/02/2005
		US 7468312 B2	23/12/2008
US 2012-0145684 A1	14/06/2012	CN 101395712 A	25/03/2009
		CN 101395712 B	12/06/2013
		CN 103295896 A	11/09/2013
		TW 201216369 A	16/04/2012
		US 2007-0212859 A1	13/09/2007
		US 2007-0218644 A1	20/09/2007
		US 2007-0221640 A1	27/09/2007
		US 2010-0323532 A1	23/12/2010
		US 7569463 B2	04/08/2009
		US 8518838 B2	27/08/2013

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 モファット, スティーヴン

イギリス国 ジャージー セント ブリレード ジェーイー 3 8 キューエー, チャンネル諸島  
, リュ ドゥ ラ コルビエール, ヴィル カヌー, ザ バーン

Fターム(参考) 5F152 CE09 FF06 FF13 FF32 FF35 FG04 FG18