

(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2015-521368

(P2015-521368A)

(43) 公表日 平成27年7月27日 (2015.7.27)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 L 21/268 (2006.01)	H 0 1 L 21/268 G	4 E 1 6 8
H 0 1 L 21/324 (2006.01)	H 0 1 L 21/268 J	
B 2 3 K 26/064 (2014.01)	H 0 1 L 21/324 G	
B 2 3 K 26/00 (2014.01)	B 2 3 K 26/064 Z	
B 2 3 K 26/066 (2014.01)	B 2 3 K 26/00 N	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 16 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2015-507019 (P2015-507019)
 (86) (22) 出願日 平成25年3月22日 (2013.3.22)
 (85) 翻訳文提出日 平成26年12月3日 (2014.12.3)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2013/033441
 (87) 国際公開番号 W02013/158335
 (87) 国際公開日 平成25年10月24日 (2013.10.24)
 (31) 優先権主張番号 61/635,136
 (32) 優先日 平成24年4月18日 (2012.4.18)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(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, I
 NCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
 054 サンタ クララ パウアーズ ア
 ベニュー 3050
 (74) 代理人 100109726
 弁理士 園田 吉隆
 (74) 代理人 100101199
 弁理士 小林 義教

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アドバンスアニールプロセスにおいて粒子を低減させる装置および方法

(57) 【要約】

本発明の実施形態は一般に、半導体基板を熱処理する装置および方法であって、ペリクルを使用して開孔部材の汚染を排除する装置および方法に関する。開孔部材は、エネルギー源と処理する基板の間に配置される。ペリクルは、適当な1つまたは複数の波長の放射を所望の時間の間発射するレーザからの電磁エネルギーパルスなどの選択された形態のエネルギーに対して実質的に透過性の薄い一片の膜とすることができる。一実施形態では、このペリクルが、開孔部材から所定の距離のところに取り付けられており、開孔部材上に降着する可能性がある粒子汚染物がペリクル上に降着するような態様で、開孔部材上に形成されたパターン開口（すなわち開孔）を覆っている。ペリクルは、最終的なエネルギーフィールド内において粒子汚染物が焦点を結ばないようにし、それによって処理された基板上に粒子汚染物の像ができることを防ぐ。

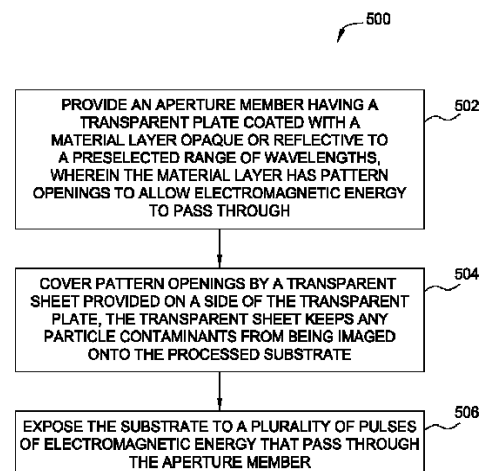


FIG. 5

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板を処理する方法であって、

エネルギー遮断層でコーティングされた透明プレートを提供することであって、前記透明プレートが、前記透明プレートの表側から所定の距離のところに配置され、前記基板の表面上に粒子汚染物の像ができることを防ぐ透明シートを有する、提供することと、

前記透明プレートおよび前記透明シートを通過した複数の電磁エネルギーパルスに前記基板の表面をさらすこと

を含む方法。

【請求項 2】

前記エネルギー遮断層が、約 200 nm から約 2,000 nm の間の予め選択された範囲の波長を透過させないかまたは反射する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記エネルギー遮断層が、前記複数の電磁エネルギーパルスが通過することを許すように構成された所定のパターン開口を有する、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記透明シートが、前記透明プレートの前記表側に取り付けられたフレームによって支持されており、前記透明シートが、前記パターン開口を完全に覆うように構成された、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記透明プレートの裏側から所定の距離のところに第 2 の透明シートを提供することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

それぞれの電磁エネルギーパルスが、前記基板の表面に堆積した層の融解温度よりも高いエネルギーを有する、または前記基板の表面に堆積した層の一部を融解またはほぼ融解させるのに必要なエネルギーよりも小さいエネルギーを有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

それぞれのパルスが、約 100 mJ / cm² および約 50 J / cm² の同じエネルギーを有し、約 1 ナノ秒から約 500 ナノ秒の間の持続時間で送達される、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記所定の距離が約 2 mm から約 20 mm の間である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記透明シートの厚さが約 5 μm から約 500 μm である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記透明シートが、ニトロセルロース、酢酸セルロースまたはフルオロカーボンベースのポリマーを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記透明シートがガラス、石英または熔融シリカを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

基板を処理するシステムであって、

電磁エネルギーのパルスを生成するように動作可能な電磁エネルギー源と、

前記電磁エネルギーの前記パルスの空間エネルギー分布を調整するホモジナイザと、

透明シートを有する開孔部材であり、前記透明シートが、前記開孔部材の表側から所定の距離のところに配置されており、前記開孔部材が、前記電磁エネルギーの前記パルスが通過することを許すパターン開口を有するエネルギー遮断層でコーティングされた、開孔部材と、

均一な量の電磁エネルギーを受け取り、それを前記基板の表面の所望の領域に投射する結像モジュールと

10

20

30

40

50

を備えるシステム。

【請求項 13】

前記エネルギー遮断層が、約 200 nm から約 2,000 nm の間の予め選択された範囲の波長を透過させないかまたは反射する、請求項 12 に記載のシステム。

【請求項 14】

前記透明シートが、前記開孔部材の前記表側に取り付けられたフレームによって支持されており、前記所定の距離が約 2 mm から約 20 mm の間である、請求項 12 に記載のシステム。

【請求項 15】

前記開孔部材の裏側から所定の距離のところに配置された第 2 の透明シートをさらに備え、前記第 2 の透明シートが、前記開孔部材の前記裏側に取り付けられた第 2 のフレームによって支持された、請求項 12 に記載のシステム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書に記載された実施形態は熱処理装置および方法に関する。より詳細には、本明細書に記載された方法は、ペリクル (p e l l i c l e) を使用して開孔部材 (a p e r t u r e m e m b e r) の汚染を低減させる半導体基板のレーザ熱トリートメントに関する。

【背景技術】

20

【0002】

半導体産業において熱処理は一般的に実施されている。ゲートソース、ドレインおよびチャネル構造体のドーピング、活性化およびアニール、ならびにケイ化、結晶化、酸化などを含む多くのトランスフォーメーション (t r a n s f o r m a t i o n) の文脈で半導体基板は熱処理にかけられる。熱処理の技法は、年月を経て、単純な炉ベーキングから、ますます急速になっている RTP、スパイクアニール、レーザアニールなどのさまざまな形態の急速熱処理へと進歩した。

【0003】

従来のレーザアニールプロセスは、レーザビームを所望の形状に集束させ、デフォーカス (d e f o c u s) し、または、さまざまに結像させる光学部品を備える、半導体レーザまたは固体レーザとすることができるレーザ発射器を使用する。一般的な方法は、レーザビームを結像させて線または細い長方形の像にする方法である。このレーザビームは、開孔部材を通過し、基板を走査して (またはこのレーザビームの下を基板が移動して)、基板の表面全体が処理されるまで基板の 1 つのフィールド (f i e l d) を一度に処理するように構成される。典型的には、この開孔部材が、レーザビームを遮断してレーザビームが開孔部材を通過しないようにする予め決められたフィーチャジオメトリ (f e a t u r e g e o m e t r y) のパターンが形成されたガラスプレートである。レーザビームは基板上に像を結び、開孔部材の遮られていないエリアに対応するエリアだけが処理される。

30

【0004】

40

この方法の問題点は、開孔部材が、粒子汚染物の影響を非常に受けやすいことであり、プロセス中に粒子汚染物が開孔部材上に降着することがあり、それによって基板上にそれらの粒子の像ができる可能性がある。それらの粒子汚染物によってレーザビームの一部が反射され、基板まで透過しないことがある。

【0005】

したがって、プロセス中に開孔部材上に降着する可能性がある不必要な粒子の影響を受けることなく半導体基板を高い像精度で熱処理する改良された装置および方法が求められている。

【発明の概要】

【0006】

50

本発明の実施形態は一般に、ペリクルを使用して開孔部材の汚染を排除する半導体基板のレーザ熱トリートメントに関する。開孔部材は、複数のレーザなどのエネルギー源と処理する基板との間に配置される。ペリクルは、光またはレーザ放射などの選択された波長を有する選択された形態のエネルギーに対して実質的に透過性の薄い一片の材料または膜とすることができる。さまざまな実施形態では、このペリクルが、開孔部材から所定の距離のところに取り付けられており、開孔部材上に降着する可能性がある粒子汚染物がペリクル上に降着するような態様で、開孔部材上に形成されたパターン開口（すなわち開孔）を覆っている。ペリクルは、最終的なエネルギーフィールド内において粒子汚染物が焦点を結ばないようにし、それによって処理された基板上に粒子汚染物の像ができることを防ぐ。

10

【0007】

一実施形態では、基板を処理する方法が提供される。この方法は一般に、エネルギー遮断層でコーティングされた透明プレートを提供することを含み、この透明プレートは、透明プレートの表側から所定の距離のところにある透明シートを有し、この方法はさらに、透明プレートおよび透明シートを通過した複数の電磁エネルギーパルスに基板の表面をさらすことを含む。この透明シートは、パターン開口を完全に覆い、基板の表面に粒子汚染物の像ができることを防ぐように構成されている。

【0008】

他の実施形態では、基板を処理するシステムが提供される。このシステムは一般に、電磁エネルギーのパルスを生成するように動作可能な電磁エネルギー源と、電磁エネルギーのパルスの空間エネルギー分布を調整するホモジナイザ（homogenizer）と、透明シートを有する開孔部材であり、この透明シートが、開孔部材の表側から所定の距離のところにある透明シートが、開孔部材が、電磁エネルギーのパルスが通過することを許すパターン開口を有するエネルギー遮断層でコーティングされた開孔部材と、均一な量の電磁エネルギーを受け取り、それを基板の表面の所望の領域に投射する結像モジュールとを含む。

20

【0009】

上に挙げた本発明の諸特徴を詳細に理解することができるように、そのうちのいくつかは添付図面に示された実施形態を参照することによって、上に概要を示した発明をより具体的に説明する。しかしながら、添付図面は本発明の典型的な実施形態だけを示したものであり、したがって添付図面を本発明の範囲を限定するものと考えるべきではないことに留意されたい。等しく有効な別の実施形態を本発明が受け入れる可能性があるためである。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明を実施する目的に使用することができる本発明の一実施形態の等角図である。

【図2】基板をレーザ処理するシステム200の概念図である。

【図3】図3A～3Cは、改良された熱コントラスト結果およびアニールプロセス結果を達成するために、エネルギー源からアニール領域に送達されるエネルギーパルスのさまざまな属性を時間の関数として調整するさまざまな例を示す図である。

40

【図4】図4Aは、本発明の一実施形態に基づく開孔部材の略側面図であり、図4Bは、本発明の他の実施形態に基づく開孔部材の略側面図である。

【図5】基板をレーザ処理する本発明の一実施形態に基づくプロセスを示す流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

図1は、本発明を実施する目的に使用することができる本発明の一実施形態の等角図を示す。エネルギー源20は、基板10の画定された領域またはアニール領域12に、ある量のエネルギーを投射して、アニール領域12内の所望のある領域を優先的にアニールす

50

るように適合されている。図 1 に示した実施形態では、所与の時刻に、アニール領域 1 2 などの基板の画定された 1 つまたは複数の領域だけがエネルギー源 2 0 からの放射にさらされる。本発明の一態様では、基板 1 0 の単一のエリアが、エネルギー源 2 0 から送達された所望の量のエネルギーに連続してさらされ、それによって基板の所望の領域が優先的にアニールされる。一例では、電磁放射源の出力に対して基板を移動させることによって（例えば従来の X - Y ステージ、精密ステージ）、および / または基板に対して放射源の出力を平行移動させることによって、基板の表面のエリアが次々に放射にさらされる。典型的には、別個の精密ステージ（図示せず）の部分とすることができる従来の 1 つまたは複数の電気アクチュエータ 1 7（例えばリニアモータ、親ねじ（lead screw）およびサーボモータ）を使用して、基板 1 0 の移動および位置を制御する。他の例では、基板 1 0 の表面全体が全て一度に連続して放射にさらされる（例えば全てのアニール領域 1 2 が連続して放射にさらされる）。

10

【0012】

図 1 に示した実施形態では、アニール領域 1 2 のサイズおよびアニール領域 1 2 に送達される放射のサイズが、基板の表面に形成されたダイ 1 3（例えば図 1 に示された 4 0 個の「ダイ」）または半導体デバイス（例えばメモリチップ）のサイズと一致する。一例では、それぞれのダイ 1 3 の境界を画定する「切溝（kerf）」線または「罫書き（scribe）」線 1 0 A 内にぴったりと収まるように、アニール領域 1 2 の境界が位置合わせされ、アニール領域 1 2 の境界のサイズが決められる。アニールプロセスを実行する前に、典型的には基板の表面に置かれる位置合わせマークおよび他の従来の技法を使用して、基板を、エネルギー源 2 0 の出力に位置合わせして、アニール領域 1 2 をダイ 1 3 に適切に位置合わせすることができるようにする。罫書き線または切溝線などのダイ 1 3 間の自然に生じる使用されない空間 / 境界でのみアニール領域 1 2 が重なり合うようにアニール領域 1 2 を連続して配置すると、デバイスが形成される基板上のエリアにおいてエネルギーを重ね合わせる必要性が低下し、したがって重なり合うアニール領域間のプロセス結果の変動が低減する。したがって、基板の重要な領域を処理するためにエネルギー源 2 0 から送達されたエネルギーにさらされる量が変化することに起因するプロセス変動の量が最小化される。これは、連続して配置されるアニール領域 1 2 間の送達されるエネルギーの重なりを最小化することができるためである。一例では、連続して配置されるそれぞれのアニール領域 1 2 が、約 2 2 mm × 約 3 3 mm（例えば面積 7 2 6 平方ミリメートル（mm²））の長方形の領域である。基板の表面に形成される連続して配置されるそれぞれのアニール領域 1 2 の面積は、約 4 mm²（例えば 2 mm × 2 mm）から約 1 0 0 0 mm²（例えば 2 5 mm × 4 0 mm）の間とすることができる。処理スキームの要件に応じて、アニール領域 1 2 のサイズを調整可能とすることが企図される。

20

30

【0013】

エネルギー源 2 0 は一般に、電磁エネルギーを送達して、基板表面の所望のある領域を優先的にアニールするように適合される。典型的な電磁エネルギー源には、限定はされないが、光学放射源（例えばレーザまたはフラッシュランプ）、電子ビーム源、イオンビーム源および / またはマイクロ波エネルギー源が含まれる。基板 1 0 を、1 つまたは複数の適当な波長の放射を発射するレーザからの多数のエネルギーパルスに所望の時間の間さらすことができる。エネルギー源 2 0 からのこの多数のエネルギーパルスは、アニール領域 1 2 を横切って送達されるエネルギーの量および / またはパルスの周期中に送達されるエネルギーの量が最適化されて、基板表面に堆積した領域または特定の層を融解またはほぼ融解させることがないように調整される。このようにすると、それぞれのパルスがマイクロアニールサイクルを完了し、その結果、例えば、無秩序アニール領域の底部の近くで、秩序結晶の少数の格子面のエピタキシャル成長が起こる。あるいは、基板表面に堆積した領域または特定の層を融解させるように、この多数のエネルギーパルスを構成してもよい。

40

【0014】

放射のかなりの部分が基板 1 0 上に配置された層によって吸収されるようにエネルギー

50

源 20 の波長を調節することができる。例えば、シリコンを含有する層上で実行されるアニールプロセスに関しては、放射の波長を約 800 nm 未満とすることができ、放射の波長を、深紫外 (UV)、赤外 (IR) または望ましい他の波長で送達することができる。一実施形態では、エネルギー源 20 が、約 500 nm から約 11 マイクロメートルの間の波長の放射を送達するように適合されたレーザなどの強い光源である。他の実施形態では、エネルギー源 20 を、タングステンハロゲンランプ、またはキセノン、アルゴンもしくはクリプトン放電ランプなどの放射を発する複数のランプを含むフラッシュランプとすることができる。このような場合には、シャッタを使用してパルス进行操作することができる。いずれにせよ、このアニールプロセスで使用されるエネルギーパルスは一般に、約 1 ナノ秒から約 10 ミリ秒程度など比較的短い時間持続する。これについては後に詳細に論じる。

10

【0015】

ある種の実施形態では、基板 10 の表面を、熱交換デバイス 15 の基板支持面 16 と熱接触させることによって、熱処理の間、基板の温度を制御することが望ましい。熱交換デバイス 15 は一般に、アニールプロセスの前または最中に基板を加熱しかつ / または冷却するように適合されている。一例では、熱交換デバイス 15 が、基板支持面 16 に配置された基板を加熱するように適合された抵抗加熱要素 15A および (コントローラ 21 と通信する) 温度コントローラ 15C を含む。熱交換デバイス 15 はさらに、基板支持面 16 に配置された基板を冷却するように適合された 1 つまたは複数の流体チャネル 15B および低温冷却器 15D を含むことができる。一態様では、コントローラ 21 と通信する従来の低温冷却器 15D が、1 つまたは複数の流体チャネル 15B を通して冷却流体を送達するよう適合される。

20

【0016】

コントローラ 21 は一般に、本明細書に記載された熱処理技法の制御および自動化を容易にするように設計され、典型的には、中央処理ユニット (CPU) (図示せず)、メモリ (図示せず) および支持回路 (または I/O) (図示せず) を含むことができる。CPU は、さまざまなプロセスおよびハードウェア (例えば従来の電磁放射検出器、モータ、レーザハードウェア) を制御するために工業装置内で使用される任意の形態のコンピュータプロセッサのうちの 1 つのコンピュータプロセッサとすることができ、プロセス (例えば基板温度、基板支持体温度、パルスレーザからのエネルギーの量、検出器信号) を監視することができる。CPU にはメモリ (図示せず) が接続され、このメモリは、ランダムアクセスメモリ (RAM)、リードオンリーメモリ (ROM)、フロッピーディスク、ハードディスクまたは他の任意の形態の局部もしくは遠隔デジタル記憶装置などの容易に入手可能なメモリのうちの 1 つまたは複数のメモリとすることができ、CPU に命令するため、ソフトウェア命令およびデータをコード化し、メモリ内に記憶することができる。この CPU にはさらに、従来の方式でプロセッサをサポートする支持回路 (図示せず) が接続される。この支持回路には例えば、従来のキャッシュ、電源、クロック回路、入力 / 出力回路およびサブシステムなどが含まれ得る。このコントローラが読むことができるプログラム (またはコンピュータ命令) が、基板上でどの作業が実行可能であるのかを決定する。このプログラムは、このコントローラが読むことができるソフトウェアであることが好ましく、基板位置、それぞれの電磁パルスによって送達されるエネルギーの量、1 つまたは複数の電磁パルスのタイミング、それぞれのパルスの時刻ごとの強度および波長、基板のさまざまな領域の温度、ならびにこれらの任意の組合せを監視し、制御するコードを含むことが好ましい。

30

40

【0017】

図 2 は、基板をレーザ処理するシステム 200 の概念図である。システム 200 は一般に、複数のパルスレーザパルス生成する (図 1 に関して上で説明したエネルギー源 20 などの) 1 つまたは複数のエネルギー源を有するエネルギーモジュール 202 と、個々のパルスレーザパルスを結合して結合パルスレーザパルスとし、その結合パルスレーザパルスの強度、周波数特性および極性特性を制御するパルス制御モジュール 204 と、結合さ

50

れたパルスレーザパルスのパルスの時間プロファイルを調整するパルス整形モジュール 206 と、結合パルスレーザパルスを重ね合わせて均一な単一のエネルギーフィールドにすることで、パルスの空間エネルギー分布を調整するホモジナイザ 208 と、このエネルギーフィールドに残る縁の不均一性を除去する開孔部材 216 と、整形され、なめらかにされ、先端が打ち切られたエネルギーフィールドを開孔部材 216 から受け取り、このレーザエネルギーフィールドと基板支持体 210 上に配置された基板 230 との精密位置合わせを実行し、そのエネルギーフィールドを投射する結像モジュール 218 とを含む。図 1 に関して上で説明したコントローラ 21 などのコントローラ 212 が、レーザパルスの生成を制御するためにエネルギーモジュール 202 に結合され、パルス特性を制御するためにパルス制御モジュール 204 に結合され、エネルギーフィールドに対する基板の移動を制御するために基板支持体 210 に結合される。典型的には、包囲体 214 が、システム 200 の動作可能な構成要素を包囲する。

10

【0018】

システム 200 が、図 1 に示したアニール領域 12 に均一なエネルギーカラムを送達するためにエネルギー源 20 によって生成されたエネルギーの集束、偏光、偏光解消もしくはフィルタリングを実行し、またはそのようなエネルギーのコヒーレンシ (coherency) を調整するように構成されたレンズ、フィルタ、ミラーなどの他の光学アセンブリを含むことが企図される。システム 200 の一例が、参照によってその全体が本明細書に組み込まれる 2011 年 7 月 29 日に出願された「NOVEL THERMAL PROCESSING APPARATUS」という名称の米国特許出願第 13/194,552 号にさらに詳細に開示されている。システム 200 とともに使用することができる適当な光学アセンブリの一例が、参照によってその全体が本明細書に組み込まれる 2007 年 7 月 31 日に出願された「APPARATUS AND METHOD OF IMPROVING BEAM SHAPING AND BEAM HOMOGENIZATION」という名称の米国特許出願第 11/888,433 号に詳細に開示されている。

20

【0019】

レーザは、大パワーレーザ放射の短いパルス、例えば持続時間が約 500 ナノ秒未満のパルスを形成する能力を有する上で論じた任意のタイプのレーザとすることができる。このレーザを、単一の波長の光を発射し、もしくは 2 つの波長の光を同時に発射するように構成可能とし、または波長調節が可能な出力を供給するように構成することができる。典型的には、 M^2 が約 30 よりも大きい 500 を超える空間モードを有する高モダリティ (modality) レーザが使用される。Nd:YAG、Nd:ガラスもしくはチタン-サファイヤレーザまたは希土類元素がドープされた他の結晶レーザなどの固体レーザが頻繁に使用されるが、用途によってはエキシマレーザなどのガスレーザ、例えば XeCl_2 、ArF または KrF レーザを使用することもできる。パルスレーザを実現するため、例えば q スwitching (受動または能動)、ゲインスウィッチングまたはモード同期によって、レーザをスウィッチングすることができる。一例では、パルスレーザを提供するためにスイッチ (図示せず) が使用される。このスイッチは、1 マイクロ秒以下の時間で開きもしくは閉じることができる高速シャッタとし、またはしきい値強度の光がそれに入射したときに 1 マイクロ秒未満の時間で透明になる不透明結晶などの光学スイッチとすることができる。いくつかの実施形態では、1 ナノ秒未満の時間で状態を変化させるように光学スイッチが構成されてもよい。この光学スイッチは、基板に向かって導かれている電磁エネルギーの連続ビームを中断することによってパルスを発生させる。所望ならば、レーザの出力の近くでポッケルスセル (Pockels cell) を使用し、レーザによって発射されたビームを中断することによって、パルスを形成することもできる。

30

40

【0020】

パルスレーザ処理に対して使用可能なレーザは一般に、約 100 mJ/cm^2 から約 50 J/cm^2 の間、例えば約 1 J/cm^2 から約 15 J/cm^2 、例えば約 10 J/cm^2 のエネルギー含量および約 1 ナノ秒から約 500 ナノ秒の間、例えば約 5 ナノ秒から約 50 ナノ秒の間、例えば約 10 ナノ秒の持続時間を有するレーザ放射パルスを生成する能

50

力を有する。次のパルスが到着する前に熱エネルギーが基板を通して完全に散逸することを可能にするためには、約 500 ナノ秒から約 1 ミリ秒の間、例えば約 1 マイクロ秒から約 500 マイクロ秒の間、例えば約 100 マイクロ秒の持続時間を有するこのような複数のパルスを基板のそれぞれの部分に当てることができる。典型的には、エネルギーフィールドが、約 0.1 cm^2 から約 10.0 cm^2 の間、例えば約 6 cm^2 のエリアをカバーし、その結果、パルスごとに約 0.2 MW から約 10 GW の間のパワーが送達される。大部分の用途では、それぞれのパルスによって送達されるパワーが約 10 MW から約 500 MW の間である。典型的には、送達されるパワー密度が、約 2 MW/cm^2 から約 1 GW/cm^2 の間、例えば約 5 MW/cm^2 から約 100 MW/cm^2 の間、例えば約 10 MW/cm^2 である。それぞれのパルスで与えられるエネルギーフィールドは、平均強度の約 4 % 以下、例えば約 3.5 % 未満、例えば約 3.0 % 未満である強度の空間標準偏差を有する。

10

【0021】

このレーザの波長は、約 200 nm から約 2,000 nm の間、例えば約 490 nm から約 1,100 nm の間、例えば約 532 nm とすることができる。基板をアニールするためにほとんどの場合に要求される大パワーの均一なエネルギーフィールドの送達は、アニールされる基板によって容易に吸収される放射を発射する複数のレーザを含むエネルギー源 20 を使用して達成することができる。一実施形態では、これらのレーザが、q スイッチフレクエンシーダブルド (q-switched frequency-doubled) Nd:YAG レーザである。これらのレーザは全て同じ波長で動作することができ、またはこれらのレーザのうちの 1 つもしくは複数のレーザは、エネルギーモジュール 202 内の残りのレーザとは異なる波長で動作することができる。一態様では、複数のフレクエンシーダブルド Nd:YAG レーザに基づいて波長約 532 nm のレーザ放射が使用される。これらのレーザを増幅して所望のパワーレベルを得ることができる。基板の材料特性を考慮したレーザアニールプロセスの光学および熱モデリングに基づいて、アニールプロセスで使用する所望の波長およびパルスプロファイルが決定され得ることが企図される。

20

【0022】

図 3A ~ 3C は、改良された熱コントラスト結果およびアニールプロセス結果を達成するために、エネルギー源 20 からアニール領域 12 (図 1) に送達されるエネルギーパルスのさまざまな属性を時間の関数として調整するさまざまな実施形態を示す。一実施形態では、レーザパルスの形状を時間の関数として変化させ、かつ/または送達されるエネルギーの波長を変化させて、融解させることが意図された基板の領域内への熱入力を増強し、他の領域内への熱入力を最小化することが望ましい。一態様では、基板に送達されるエネルギーを変化させることも望ましい。

30

【0023】

図 3A は、台形の電磁放射パルス (例えばパルス 301) をグラフによって示す。この場合には、パルス 301 の 2 つの異なる区間 (例えば 302 および 304) において、送達されるエネルギーを時間の関数として変化させる。図 3A は、時間に対してエネルギーが直線的に変化するパルス 301 のプロファイルまたは形状を示しているが、これは、本発明の範囲を限定することを意図したものではない。パルスによって送達されるエネルギーを例えば 2 次、3 次または 4 次曲線に従って時間変動させることもできるためである。他の態様では、パルスによって送達されるエネルギーの時間の関数としてのプロファイルまたは形状を、2 次、3 次または指数曲線とすることもできる。他の実施形態では、所望のアニール結果を達成するのに、異なる形状を有するパルス (例えば、長方形 / 三角形変調パルス、正弦 / 長方形変調パルス、長方形 / 三角形 / 正弦変調パルスなど) を処理中に使用した方が有利なことがある。

40

【0024】

図 3A に示した一実施形態では、区間 302 の勾配、パルス 301 の形状、区間 303 の形状、あるパワーレベルにある時間 (例えばエネルギーレベル E_1 にある区間 303 の

50

時間)、区間304の勾配および/または区間304の形状を調整して、アニールプロセスを制御する。粒子が生じる懸念およびプロセス結果の可変性の懸念から、アニールされた領域内の材料が処理中に蒸発することは一般に望ましくないことに留意すべきである。したがって、エネルギーパルスの形状を調整して、アニールされた領域を過熱したり、材料の蒸発を引き起こしたりすることなく、アニールされた領域の温度を速やかにターゲット温度にすることが望ましい。一実施形態では、アニール領域を速やかにターゲット温度にし、次いで所望の時間(例えば t_1)の間、材料をその温度に維持し、同時にアニール領域内の材料の蒸発を防ぐために、図3Cに示されているように、パルス301の形状を調整して、パルス301が多数の区間(すなわち区間302、303A、303B、303Cおよび304)を有するようにすることができる。サイズ、融解深さおよびアニール領域内に含まれる材料が変更されたときには、時間の長さ、区間の形状およびそれぞれのパルス区間の持続時間を変更することができる。

10

【0025】

一実施形態では、基板表面の領域の温度を容易に制御することができるよう、基板の領域に2つ以上の電磁放射パルスが異なる時刻に送達される。図3Bは、基板の表面のある領域を選択的に加熱するために時間距離を変えてまたは周期(t)を置いて送達された2つのパルス301Aおよび301Bのプロットをグラフによって示す。この構成では、連続するパルス間の周期(t)を調整することによって、基板表面上の領域が到達するピーク温度を容易に制御することができる。例えば、パルス間の周期(t)または周波数を低減させることによって、第1のパルス301Aによって送達された熱が、第2のパルス301Bが送達されるまでに散逸する時間がより短くなり、それにより、基板内で達成されるピーク温度は、パルス間の周期を長くしたときよりも高くなる。このようにして周期を調整することによって、エネルギーおよび温度を容易に制御することができる。一態様では、それぞれのパルスが単独では、基板をターゲット温度にするのに足る十分なエネルギーを含まず、そのため、パルスを結合することによって、アニールされた領域12(図1)がターゲット温度に到達することを保証することが望ましい。2つ以上など多数のパルスを送達するこのプロセスは、単一のエネルギーパルスを送達するのに比べて、基板材料が経験する温度衝撃を小さくする傾向を有する。

20

【0026】

図4Aは、本発明の一実施形態に基づく開孔部材400の略側面図である。開孔部材400を、図2の開孔部材216の代わりに使用することができる。開孔部材400は一般に、エネルギー遮断層404でコーティングされた透明プレート402を含む。このエネルギー遮断層は、金属、白色ペイントまたは誘電体ミラーなど、光を反射する不透明な材料とすることができる。あるいは、このエネルギー遮断層を高反射率コーティングとすることもできる。適当な透明プレート402は、限定はされないが、ガラス、ホウケイ酸ガラスおよび溶融シリカを含むことができる。透明プレート402は、光またはレーザ放射などの選択された波長を有する選択された形態のエネルギーに対して実質的に透過性である。エネルギー遮断層404は、プレート402の表側403に光吸収層または光反射層を堆積させることによって形成することができる。続いて、この光吸収層または光反射層を、当技術分野で知られているエッチング方法を使用してエッチングして、光吸収層または光反射層の部分を除去し、それによってパターン開口406(開孔とも呼ぶ)を生成する。このプロセス中に、放射源(図示せず。図1に示したエネルギー源20などの放射源)からの電磁放射408が、ホモジナイザ(図示せず。図2に示したホモジナイザ208などのホモジナイザ)を通過する。ホモジナイザでは、このエネルギーが、基板の表面のアニールするエリアにほぼびったり一致する長方形または図1に示された正方形などのあるパターンに配列される。次いで、電磁放射408は、光吸収層または光反射層が除去されたパターン開口406を通過し、図1に関して上で説明した結像モジュール218などの結像モジュールに入射する。結像モジュールは、整形され、なめらかにされ、先端が打ち切られた開孔部材400からのエネルギーフィールドを受け取り、それを、アニールする基板(図示せず)の表面に投射する。

30

40

50

【0027】

開孔部材400のサイズを変更することが企図される。さらに、パターン開口406は、バイナリパターン、すなわち集積回路または他の所望のデバイスフィーチャを基板上に形成する目的に使用されるパターンを有することができる。用途に応じて可変の開孔サイズを提供するように、パターン開口406を構成することができる。示されていないが、さまざまなサイズを有するエリアをアニールするためにエネルギーフィールドのサイズを変更することを可能にするため、異なる開孔サイズを有する多数の開孔部材を提供することができる。

【0028】

本発明の一実施形態では、透明プレート402の表側403に形成されたパターン開口406が、ペリクル410と呼ぶ保護材料によって覆われる。典型的には、ペリクルが、ニトロセルロース、酢酸セルロースまたはフルオロカーボンベースのポリマーなどの有機物でできた平らな透明膜またはシートである。ペリクル410の材料は、少なくとも約200nmから約2,000nmの間、例えば約400nmから約1,000nmの間にまたがる波長範囲内の入射電磁エネルギー、例えば波長約532nmの入射電磁エネルギーに対して使用されるように選択することができる。電磁エネルギー、気体前駆体または大気中の水分の有害な影響に対する優れた抵抗性を提供するため、ペリクル410は例えば、ガラス、石英または溶融シリカから形成することができる。ペリクル410は、透明プレート402の表側403に取り付けられたフレーム412を横切って張り渡される。ペリクル410は、接着剤またはテープ（図示せず）によってフレーム412にしっかりと固定することができる。フレーム412は、金属、金属合金またはプラスチックの単壁フレームとすることができる。ペリクル410は、透明プレート402の表側403からある固定された距離のところに置かれる。一例では、ペリクル410と透明プレート402の間の距離D1が約2mmから約20mm、例えば約6mmである。ペリクル410の厚さは約5μmから約500μmの範囲とすることができる。ペリクル410のこの薄さは、反射防止コーティングの必要性を排除し、ペリクル410が、フレーム412を横切って平らに配置されて、全てのパターン開口406を覆うことを可能にする。パターン開口406をペリクル410で覆い、開孔部材400の縁をフレーム412で囲うことによって、粒子および/または他の汚染物が透明プレート402の表側403に入らず、透明プレート402の表側403に落着しないことが保証される。このことは、最終的なエネルギーフィールド（すなわち基板表面）内において粒子汚染物が焦点を結ばないようにするのに役立ち、その結果、粒子の影によって最終的なエネルギーフィールドの強度が変動することが減る。したがって、ペリクル410は、基板上に粒子汚染物の像ができることを防ぐ。次いで、透明プレート402の表面を洗浄する必要なしにそれらの粒子汚染物を除去することができる。

【0029】

図4Bは、本発明の他の実施形態に基づく開孔部材430の略側面図である。開孔部材430は開孔部材400に似ているが、放射源（図示せず）に面した透明プレート402の裏側413、すなわちペリクル410に面した透明プレート402の表側403とは反対の側に、追加のペリクル432および追加のフレーム434が取り付けられている点が異なる。ペリクル432は、ペリクル410と同じ材料、同じサイズとすることができる。開孔部材430の縁はフレーム434によって囲われており、フレーム434は、透明プレート402の裏側413に微粒子が落着しないことを保証する。ペリクル410とペリクル432の組合せは開孔部材430の防塵保護を提供する。

【0030】

開孔部材400および430は、開孔を通過する光の像を所望の方式で拡大または縮小することができる。開孔部材は、本質的に拡大されない1:1の拡大倍率を有することができる、または、像のサイズを、約1:1から約5:1の間の倍率、例えば約2:1または約4:1の倍率で縮小することができる。結像したエネルギーフィールドの縁がサイズの縮小によって鋭くなることがあるため、サイズの縮小は、いくつかの実施形態に対し

て有用であり得る。いくつかの実施形態では、結像したエネルギーフィールドがカバーする面積を増大させることによって効率およびスループットを向上させるのに、約 1 : 1 . 1 から約 1 : 5 の間の倍率、例えば約 1 : 2 の倍率の拡大が有用であり得る。

【0031】

図 5 は、基板をレーザ処理する本発明の一実施形態に基づくプロセスを示す流れ図 500 である。この図に記載された流れ図 500 は、図 1、2、3A ~ 3C および 4A ~ 4B に関して上で論じたさまざまな実施形態に関連して実行することができる。図 5 に示されたステップの数および順序が、本明細書に記載された発明の範囲を限定することは意図されていないことに留意すべきである。これは、本発明の基本的な範囲を逸脱することなく 1 つもしくは複数のステップを追加し、削除し、かつ / または 1 つもしくは複数のステップの順序を入れ替えることができるためである。

10

【0032】

流れ図 500 はボックス 502 から始まり、ボックス 502 で、予め選択された範囲の波長を透過させないかまたは反射するエネルギー遮断層でコーティングされた透明プレートに有する開孔部材を提供する。透明プレートおよびエネルギー遮断層は、上で論じた透明プレート 402 およびエネルギー遮断層 404 とすることができる。エネルギー遮断層は、電磁エネルギーが通過することを許すパターン開口（すなわち開孔）を有するように形成することができる。パターン開口は、集積回路または他の所望のデバイスフィーチャを基板上に形成する目的に使用されるパターンを有することができる。用途に応じて可変の開孔サイズを提供するようにパターン開口を構成することができる。

20

【0033】

ボックス 504 で、透明プレートの表側に取り付けられたフレームを横切って透明膜またはシートを張る。この透明膜またはシートは、透明プレートの表側から数ミリメートル持ち上げられており、パターン開口を覆っている。必要な持続可能性と、電磁エネルギー、気体前駆体または大気中の水分の有害な影響に対する抵抗性とを提供するために、この透明膜またはシートを、図 4A および 4B に関して上で論じたペリクル 410 とすることができる。この透明膜またはシートは、パターン開口上に降着する可能性がある粒子および / または他の汚染物が透明膜またはシート上に降着することを保証するように構成され、これによって最終的なエネルギーフィールド内において粒子汚染物が焦点を結ぶことができなくなり、それによって基板上に粒子汚染物の像ができることが防止される。

30

【0034】

ボックス 506 で、透明プレート、パターン開口および透明膜またはシートを通過したエネルギーパルスに基板をさらす。この電磁エネルギーパルスがさらに、開孔部材の上流または下流に配置されたパルス制御またはパルス整形モジュールおよびさまざまな光学構成要素を通過できることが企図される。1 つまたは複数の適当な波長の放射を発射する複数の電磁エネルギーパルスに基板をさらすことができ、発射された放射は、上で論じた所望のエネルギー密度および / またはパルス幅を有する。電磁エネルギー源には例えば、限定はされないが、光学放射源、電子ビーム源、イオンビーム源および / またはマイクロ波エネルギー源などが含まれ得る。この複数の電磁エネルギーパルスは、基板の一部に向かって導かれて、基板を、図 1 および 2 に関して上で論じたとおりにアニールする。

40

【0035】

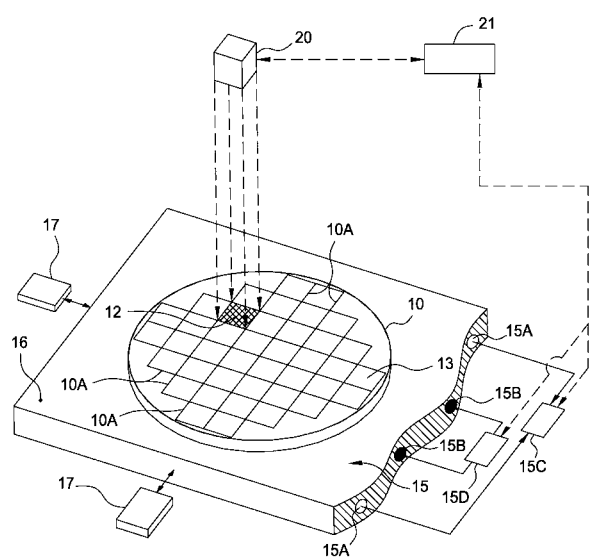
本発明の 1 つの利点は、開孔部材の透明プレート上に形成されたパターン開口（すなわち開孔）が、透明プレートの表側から数ミリメートルのところに置かれた透明膜またはシートによって完全に保護されることである。この透明膜またはシートは、最終的なエネルギーフィールド内において粒子汚染物が焦点を結ばないようにし、それによって基板上に粒子汚染物の像ができることを防ぐ。基板に転写するパターン開口の像平面に粒子汚染物が集まることを透明膜またはシートが防ぐため、透明膜またはシート上に降着した粒子または汚染物は、処理された基板に対して無視できる影響を有する。

【0036】

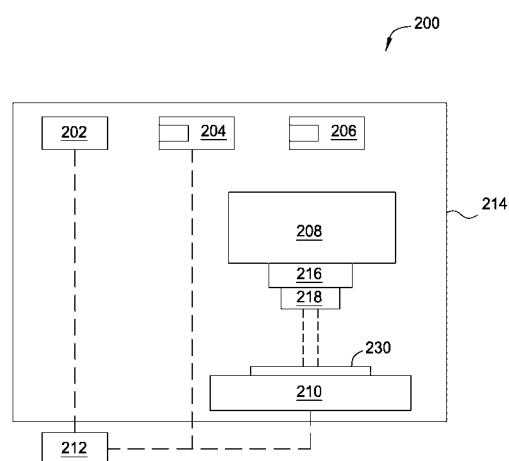
以上の説明は本発明の実施形態を対象としているが、本発明の基本的な範囲を逸脱する

50

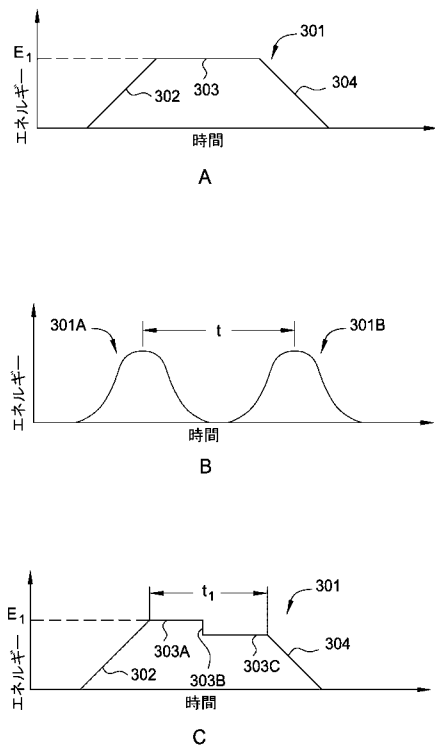
【 図 1 】



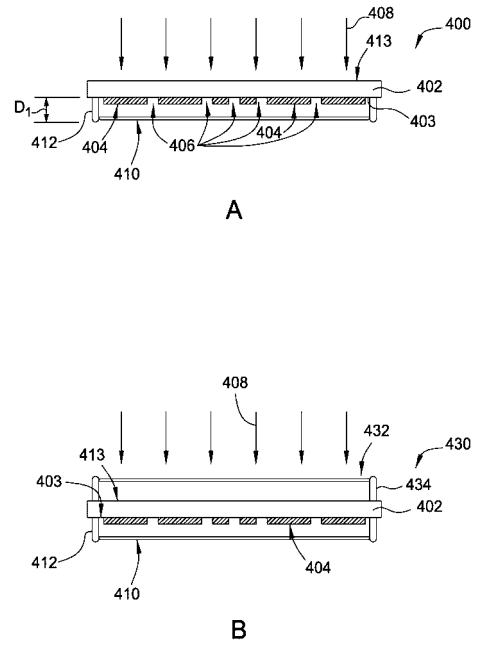
【 図 2 】



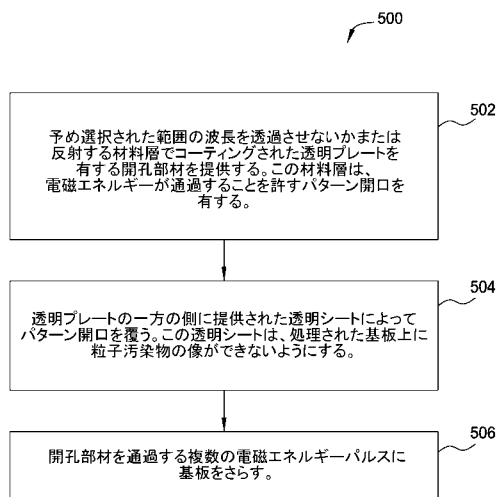
【図 3】





【図 4】



【図 5】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2013/033441
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L 21/324(2006.01)i, H01L 21/027(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L 21/324; B23K 26/06; H01L 21/027; H01L 21/304; G03B 27/62; G03F 7/20; G03B 27/32		
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: aperture, pellicle, transparent, pattern		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 04131363 A (VINCENT SHEA et al.) 26 December 1978 See claims 1-3 and figures 1-2.	1-6,8-11
Y		7,12-15
Y	US 8148663 B2 (BRUCE E. ADAMS et al.) 03 April 2012 See column 9, lines 38-40, column 14, lines 36-40, claim 1 and figure 3.	7,12-15
A		1-6,8-11
A	JP 09-260257 A (CANON INC.) 03 October 1997 See abstract, paragraph [0023] and claims 1-3.	1-15
A	JP 06-140304A (NIKON CORP.) 20 May 1994 See abstract, paragraphs [0004]-[0005], claim 1 and figure 1.	1-15
A	KR 10-2007-0081838 A (KOREA ADVANCED INST SCI & TECH) 20 August 2007 See abstract, claim 1 and figure 1.	1-15
<input 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 application or patent 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 citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 05 July 2013 (05.07.2013)		Date of mailing of the international search report 09 July 2013 (09.07.2013)
Name and mailing address of the ISA/KR  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 OH Eung Gie  Telephone No. +82-42-481-8744

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2013/033441

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 04131363 A	26/12/1978	EP 0002199 A1 EP 0002199 B1	13/06/1979 07/01/1981
US 8148663 B2	03/04/2012	EP 2183766 A1 US 2009-0032511 A1 US 2012-0148701 A1 WO 2009-023442 A1	12/05/2010 05/02/2009 14/06/2012 19/02/2009
JP 09-260257A	03/10/1997	None	
JP 06-140304A	20/05/1994	None	
KR 10-2007-0081838 A	20/08/2007	None	

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

B 2 3 K 26/066

(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, 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, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC

(72)発明者 シャーデー, アミカム

アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 0 1 4, クパチーノ, ユニット 1 2 2, フォージ
ウェイ 2 0 6 7 1

Fターム(参考) 4E168 CA11 DA02 DA03 DA04 DA24 DA25 DA27 DA40 DA43 DA44
DA45 EA11 EA19 EA20 EA24 JA12