

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6101704号
(P6101704)

(45) 発行日 平成29年3月22日(2017.3.22)

(24) 登録日 平成29年3月3日(2017.3.3)

(51) Int.Cl.

F 1

H05G 2/00 (2006.01)

H05G 2/00

K

H01L 21/027 (2006.01)

H01L 21/30

531S

G03F 7/20 (2006.01)

G03F 7/20

503

G03F 7/20

521

請求項の数 11 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2014-547260 (P2014-547260)
 (86) (22) 出願日 平成24年11月20日 (2012.11.20)
 (65) 公表番号 特表2015-506078 (P2015-506078A)
 (43) 公表日 平成27年2月26日 (2015.2.26)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2012/066121
 (87) 国際公開番号 WO2013/089991
 (87) 国際公開日 平成25年6月20日 (2013.6.20)
 審査請求日 平成27年10月26日 (2015.10.26)
 (31) 優先権主張番号 13/328,628
 (32) 優先日 平成23年12月16日 (2011.12.16)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 504151804
 エーエスエムエル ネザーランズ ピー. ブイ.
 オランダ国 ヴェルトホーフェン 550 O エーエイチ, ピー. オー. ボックス 324
 (74) 代理人 100079108
 弁理士 稲葉 良幸
 (74) 代理人 100109346
 弁理士 大貫 敏史
 (72) 発明者 バウムガート ピーター エム
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92
 127 サン デイエゴ ソーンミント
 コート 17075

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】液滴発生器ステアリングシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フレームに結合される第1部材と、第2部材と、前記第2部材に結合された EUV ターゲット材料を分注する分注器と、前記第1部材を前記第2部材に機械的に結合する結合システムと、を備える装置であって、

前記結合システムは、前記第1部材に対する前記第2部材の平行移動を制約する第1結合サブシステムと、前記第1部材に対する前記第2部材の傾きを制御する第2結合サブシステムと、を有し、

前記第1結合サブシステムは、前記第1部材を前記第2部材に機械的に結合する複数の第1結合サブシステム要素を有し、

前記第1結合サブシステム要素の各々が少なくとも1つのフレクスチャを有し、

前記第2結合サブシステムは、前記第1部材を前記第2部材に機械的に結合する複数の第2結合サブシステム要素を有し、

前記第2結合サブシステム要素の各々が少なくとも1つの第1フレクスチャを含む、装置。

【請求項 2】

前記第1部材は、実質的にプレート形状である、請求項1に記載の装置。

【請求項 3】

前記第1部材は、実質的にプレート形状であり、

前記第2部材は、実質的にプレート形状であり、かつ前記第1部材に実質的に平行であ

る、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 つの第 1 フレックスチャは車輪フレックスチャである、請求項 1 から 3 の何れか一項 に記載の装置。

【請求項 5】

前記第 2 結合サブシステム要素の各々が、前記第 1 部材にかつ前記第 1 フレックスチャに結合された少なくとも 1 つのリニアモータを含む、請求項 1 から 4 の何れか一項 に記載の装置。

【請求項 6】

前記第 2 結合サブシステム要素の各々が、前記少なくとも 1 つの第 1 フレックスチャに結合された少なくとも 1 つの第 2 フレックスチャを含む、請求項 1 から 5 の何れか一項 に記載の装置。

10

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つの第 2 フレックスチャは平行四辺形フレックスチャである、請求項 6 に記載の装置。

【請求項 8】

前記第 2 結合サブシステム要素の各々が、前記第 2 部材にかつ前記少なくとも 1 つの第 2 フレックスチャに結合された少なくとも圧電素子を含む、請求項 6 又は 7 に記載の装置。

【請求項 9】

フレームに結合されるプレート形状の第 1 部材と、プレート形状の第 2 部材と、前記第 2 部材に機械的に結合され EUV ターゲット材料を分注する分注器と、前記第 1 部材を前記第 2 部材に機械的に結合する結合システムと、を備える装置であつて、

20

前記結合システムは、

各々が少なくとも 1 つのフレックスチャを含む複数の第 1 結合サブシステム要素を含み、前記第 1 部材と前記第 2 部材との間の横方向移動を制約する第 1 結合サブシステムと、

前記第 1 部材に対する前記第 2 部材の傾きを制御する第 2 結合サブシステムと、を有し、

前記第 2 結合サブシステムは、複数の第 2 結合サブシステム要素を有し、

前記第 2 結合サブシステム要素の各々が、前記第 1 部材に結合されたステッパモータ、前記ステッパモータに結合された第 1 フレックスチャ、前記第 1 フレックスチャに結合された第 2 フレックスチャ、及び、前記第 2 フレックスチャにかつ前記第 2 部材に結合された圧電アクチュエータの線形結合で構成される、装置。

30

【請求項 10】

フレームに結合される第 1 部材と、第 2 部材と、前記第 2 部材に機械的に結合され EUV ターゲット材料を分注する分注器と、前記第 1 部材を前記第 2 部材に機械的に結合する結合システムと、を備える装置であつて、

前記結合システムは、前記第 1 部材に対する前記第 2 部材の平行移動を制約する第 1 結合サブシステムと、前記第 1 部材に対する前記第 2 部材の傾きを制御する第 2 結合サブシステムと、を有し、

前記第 2 結合サブシステムは、前記第 1 部材を前記第 2 部材に機械的に結合する複数の第 2 結合サブシステム要素を有し、

40

前記第 2 結合サブシステム要素の各々が少なくとも 1 つのフレックスチャを含む、装置。

【請求項 11】

材料のターゲットを液体状態で生成する供給源と、前記材料の状態を前記液体状態からプラズマ状態に変えて照射領域に EUV 光を生成するために前記ターゲットを照射するレーザと、前記 EUV 光を前記照射領域から加工物に伝える光学系と、を備える装置であつて、

前記供給源は、

ターゲット発生器と、

前記照射領域に対して固定される第 1 部材と、前記ターゲット発生器を受け入れかつ前

50

記照射領域に対して移動可能な第2部材と、を含み、前記ターゲット発生器に結合されたターゲット発生器ステアリングシステムと、

前記第1部材を前記第2部材に機械的に結合する結合システムと、を有し、

前記結合システムは、前記第1部材に対する前記第2部材の平行移動を制約する第1結合サブシステムと、前記第1部材に対する前記第2部材の傾きを制御する第2結合サブシステムと、を有し、

前記第2結合サブシステムは、前記第1部材を前記第2部材に機械的に結合する複数の第2結合サブシステム要素を有し、

前記第2結合サブシステム要素の各々が少なくとも1つのフレクスチャを含む、装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、代理人整理番号第032573-00010号である2011年12月16日出願の「液滴発生器ステアリングシステム」という名称の米国一般特許出願番号第13/328,628号に対する優先権を主張するものであり、その内容全体は、これにより引用によって本明細書に組み込まれる。

【0002】

本発明の開示は、ターゲット材料を変換することによって生成されたプラズマからEUV光を供給する極紫外線(EUV)光源に関する。

20

【背景技術】

【0003】

極紫外光、例えば、約50nm又はそれ未満の波長を有し、かつ約13.5nmの波長での光を含む電磁放射線(時には軟X線とも呼ばれる)は、フォトリソグラフィ処理に使用されて極めて小さな特徴部をシリコンウェーハのような基板に生成することができる。

【0004】

EUV光を発生させる方法は、ターゲット材料を液体状態からプラズマ状態に変換する段階を含む。ターゲット材料は、1つ又はそれよりも多くの輝線がEUV範囲にある少なくとも1つの元素、例えば、キセノン、リチウム、又は錫を含むことが好ましい。レーザ生成プラズマ(LPP)と呼ばれることが多い1つのこの方法では、所要のプラズマは、所要の線放出元素を有するターゲット材料をレーザビームで照射することによって生成することができる。

30

【0005】

1つのLPP技術は、ターゲット材料液滴の流れを発生させる段階と液滴の少なくとも一部をレーザ光パルスで照射する段階とを伴う。より理論的には、LPP光源は、キセノン(Xe)、錫(Sn)、又はリチウム(Li)のような少なくとも1つのEUV放出元素を有するターゲット材料にレーザエネルギーを注入し、数十のeVの電子温度を有する高電離プラズマを生成することによってEUV放射線を発生させる。

【0006】

これらのイオンの脱励起及び再結合中に発生したエネルギー放射線は、プラズマから全方向に放出される。1つの一般的な配置では、近垂直入射ミラー(「集光ミラー」と呼ばれることが多い)が、光を集光して中間位置(例えば、焦点)に向ける(かつ一部の配置では集束させる)ように位置決めされる。集光された光は、次に、中間位置から1組のスキヤナ光学系にかつ最終的にはウェーハまで中継することができる。

40

【0007】

より定量的には、約100Wを中間位置で生成する目標で現在開発中の1つの配置は、液滴発生器と同期されて約10,000~200,000個/秒の錫液滴を連続して照射する10~12kWのCO₂駆動集束パルスレーザの使用を考えている。この目的のために、液滴の安定した流れを比較的高い繰返し数(例えば、10~200kHz又はそれよりも高いもの)で生成しなければならない。比較的長い期間にわたってタイミング及び位

50

置決めの観点から液滴を高い精度及び良好な反復性で照射部位に送出する必要性も存在する。位置決め精度及び反復性を保証するためには、他のシステム変動、例えば、レーザ標的及びタイミングにおけるものを補償するために液滴をある一定の範囲の位置から放出することができる高精度ステアリングシステムを提供することが必要である。この関連では、用語「ステア」は、放出点の位置を少なくとも2次元で、すなわち、2つの角度的自由度で変える概念を含む。高帯域幅であり、かつ殆ど又は全くヒステリシスなしで高い剛性を示すステアリングシステムを提供することも望ましい。

【0008】

これらの基準を満たすステアリングシステムの設計はまた、液滴発生器自体が比較的重く、例えば、30kg程度になる場合があることも考慮に入れるべきである。ステアリングシステムはまた、比較的大きい範囲の角度にわたって、例えば、少なくとも±2°の作動範囲を用いて作動することが好ましい。また、設計上の考慮事項は、プラズマ位置での液滴の位置決め制御に向けて約1ミクロンの要件を課す。これは、ステアリングシステムに対してマイクロラジアンレベルの精度の必要性を課すものである。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】米国特許第7,439,530号明細書

【特許文献2】米国特許第6,625,191号明細書

【特許文献3】米国特許第6,549,551号明細書

20

【特許文献4】米国特許第6,567,450号明細書

【特許文献5】米国特許出願番号第11/067124号明細書

【特許文献6】米国特許第7,838,854号明細書

【特許文献7】米国特許出願番号第12/075631号明細書

【特許文献8】米国特許第7,589,337号明細書

【特許文献9】米国特許出願番号第11/358,983号明細書

【特許文献10】米国特許出願番号第11/358,988号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

30

上記を念頭に置いて、本出願人は、液滴発生器をステアリングするためのシステムを開示する。

【課題を解決するための手段】

【0011】

以下は、実施形態の基本的な理解が得られるように1つ又はそれよりも多くの実施形態の簡略化された概要を提示する。この概要是、全ての考えられた実施形態の詳細にわたる概要ではなく、全ての実施形態の重要な又は決定的な要素を識別することも、いずれか又は全ての実施形態の範囲を正確に概説することも意図していない。唯一の目的は、1つ又はそれよりも多くの実施形態の一部の概念を後に提示するより詳細説明の序説として簡略した形で提示することである。

40

【0012】

一態様において、本発明は、フレームに結合されるようになった第1の部材と、液滴発生器を受け入れるようになった第2の部材と、第1の部材を第2の部材に機械的に結合する結合システムとを含む装置であり、結合システムは、第1の部材と第2の部材の間の横方向移動を制約するように構成された第1の結合サブシステムと、第2の部材の傾きを第1の部材に対して制御するようになった第2の結合サブシステムとを含むことができる。第1の結合サブシステムは、第1の部材を第2の部材に機械的に結合する複数の第1の結合サブシステム要素を含むことができる。第1の結合サブシステム要素の各々は、ストリングフレックスチャである場合がある少なくとも1つのフレックスチャを含むことができる。実質的にプレート形状である第1の部材の場合に、ストリングフレックスチャは、第1の部

50

材と実質的に平行な向きに配置することができる。

【0013】

第2の結合サブシステムは、第1の部材を第2の部材に機械的に結合する複数の第2の結合サブシステム要素を含むことができる。第2の結合サブシステム要素の各々は、車輪フレクスチャである場合がある少なくとも1つのフレクスチャを含むことができる。第2の結合サブシステム要素の各々はまた、少なくとも1つの第1のフレクスチャに結合された少なくとも1つの第2のフレクスチャ含むことができる。少なくとも1つの第2のフレクスチャは、平行四辺形フレクスチャとすることができます。第2の結合サブシステム要素の各々はまた、第1の部材にかつ第1のフレクスチャに結合された少なくとも1つのリニアモータを含むことができる。

10

【0014】

第2の結合サブシステム要素の各々はまた、少なくとも1つの第1のフレクスチャに結合された少なくとも1つの第2のフレクスチャ含むことができる。第2の結合サブシステム要素の各々はまた、第2の部材にかつ少なくとも1つの第2のフレクスチャに結合された少なくとも圧電素子を含むことができる。

【0015】

別の態様において、本発明は、フレームに結合されるようになったプレート形状の第1の部材と、液滴発生器を受け入れるようになったプレート形状の第2の部材と、第1の部材を第2の部材に機械的に結合する結合システムとを含む装置であり、結合システムは、第1の部材と第2の部材の間の横方向移動を制約するように構成された第1の結合サブシステムを含むことができ、第1の結合サブシステムは、複数の第1の結合サブシステム要素を含み、第1の結合サブシステム要素の各々は、少なくとも1つのフレクスチャと、第2の部材の傾きを第1の部材に対して制御するようになった第2の結合サブシステムとを含み、第1の結合サブシステムは、複数の第1の結合サブシステム要素を含み、第1の結合サブシステム要素の各々は、第1の部材に結合されたステッパモータ、ステッパモータに結合された第1のフレクスチャ、第1のフレクスチャに結合された第2のフレクスチャ、及び第2のフレクスチャにかつ第2の部材に結合された圧電アクチュエータから線形結合で構成される。

20

【0016】

更に別の態様において、本発明は、フレームに結合されるようになった第1の部材と、液滴発生器を受け入れるようになった第2の部材と、第1の部材を第2の部材に機械的に結合する結合システムとを含む装置であり、結合システムは、少なくとも1つのフレクスチャを含むことができる。

30

【0017】

更に別の態様において、本発明は、材料のターゲットを液体状態で生成するようになった供給源と、材料の状態を液体状態からプラズマ状態に変えて照射領域にEUV光を生成するためにターゲットを照射するようになったレーザとを含む装置である。装置はまた、EUV光を照射領域から加工物に伝えるようになった光学系を含む。供給源は、ターゲット発生器と、照射領域に対して固定されるようになった第1の部材及びターゲット発生器を受け入れるようになっており、かつ照射領域に対して移動可能であるようになった第2の部材を含み、ターゲット発生器に結合されたターゲット発生器ステアリングシステムと、少なくとも1つのフレクスチャを含むことができ、第1の部材を第2の部材に機械的に結合する結合システムとを含む。

40

【0018】

更に別の態様において、本発明は、材料のターゲットを液体状態で生成するようになった供給源と、材料の状態を液体状態からプラズマ状態に変えて照射領域にEUV光を生成するためにターゲットを照射するようになったレーザと、EUV光を照射領域から加工物に伝えるようになった光学系とを含む装置を使用して製造された製品である。供給源は、ターゲット発生器と、照射領域に対して固定されるようになった第1の部材及びターゲット発生器を受け入れるようになっており、かつ照射領域に対して移動可能であるようにな

50

った第2の部材を含み、ターゲット発生器に結合されたターゲット発生器ステアリングシステムと、少なくとも1つのフレクスチャを含むことができ、第1の部材を第2の部材に機械的に結合する結合システムとを含む。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の態様によるレーザ生成プラズマEUV光源システムに関する全体的な広義の概念の原寸に比例していない概略図である。

【図2】原材料の液滴を生成する液滴発生器の原寸に比例していない概略図である。

【図3A】液滴発生器及び液滴発生器のためのステアリングシステムの概念図である。

【図3B】液滴発生器及び液滴発生器のためのステアリングシステムの概念図である。

10

【図4】本発明の一態様による液滴発生器のためのステアリングシステムの実施形態の概念図である。

【図5】本発明の一態様による液滴発生器のためのステアリングシステムの実施形態の斜視図である。

【図6A】本発明の一態様による液滴発生器のためのステアリングシステムの一実施形態によって使用することができるフレクスチャ要素の正面図である。

【図6B】本発明の一態様による液滴発生器のためのステアリングシステムの一実施形態によって使用することができるフレクスチャ要素の上面図である。

【図6C】本発明の一態様による液滴発生器のためのステアリングシステムの一実施形態によって使用することができるフレクスチャ要素の等角投影図である。

20

【図7A】本発明の一態様による液滴発生器のためのステアリングシステムの一実施形態によって使用することができる第2のタイプのフレクスチャ要素の正面図である。

【図7B】本発明の一態様による液滴発生器のためのステアリングシステムの一実施形態によって使用することができる第2のタイプのフレクスチャ要素の等角投影図である。

【図8A】本発明の一態様による液滴発生器のためのステアリングシステムの一実施形態によって使用することができる第3のタイプのフレクスチャ要素の正面図である。

【図8B】本発明の一態様による液滴発生器のためのステアリングシステムの一実施形態によって使用することができる第3のタイプのフレクスチャ要素の等角投影図である。

【図9】類似の構成要素が繰り返され、隠れた構成要素をより良く見せるために1つの構成要素が除去された本発明の一態様による液滴発生器のためのステアリングシステムの実施形態の斜視図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0020】

同様の参照番号が一貫して同様の要素を指すために使用される図面を参照して様々な実施形態をここに説明する。以下の説明では、説明上、本発明を完全な理解を容易にすることができるよう多くの特定の詳細に対して説明する。しかし、以下に説明するいずれの実施形態も以下に説明する特定の設計の詳細を使用せずに実施することができることは一部又は全部の事例において明らかであろう。他の事例では、公知の構造及びデバイスは、1つ又はそれよりも多くの実施形態の説明を容易にするためにブロック図の形態に示されている。

40

【0021】

最初に図1を参照すると、本発明の実施形態の一態様による例示的なEUV光源、例えば、レーザ生成プラズマEUV光源20の概略図が示されている。図示のように、EUV光源20は、例えば、10.6 μmでの放射線を生成するパルスガス放電CO₂レーザ源とすることができるパルス式又は連続式レーザ源22を含むことができる。パルスガス放電CO₂レーザ源は、高電力かつ高パルス繰返し数で作動するDC又はRF励起を有することができる。例えば、MO-PA1-PA2-PA3構成を有する適切なCO₂レーザ源は、2008年10月21日に付与された「LPP EUV光源駆動レーザシステム」という名称の米国特許第7,439,530号明細書に開示されており、その内容全体は、これにより引用によって本明細書に組み込まれる。

50

【0022】

用途により、他のタイプのレーザも適切である場合がある。例えば、固体レーザ、エキシマレーザ、分子フッ素レーザ、例えば、米国特許第6,625,191号明細書、米国特許第6,549,551号明細書、及び米国特許第6,567,450号明細書に示すようなMOPA構成エキシマレーザシステム、単一チャンバを有するエキシマレーザ、2つよりも多いチャンバ、例えば、発振器チャンバ及び2つの増幅チャンバ（増幅チャンバは並列又は直列）、主発振器／電力発振器（MOPO）配置、電力発振器／電力増幅器（POPA）配置を有するエキシマレーザ、又は1つ又はそれよりも多くのCO₂、エキシマ、又は分子フッ素増幅器又は発振器チャンバにシード光を供給する固体レーザが適切である場合がある。他の設計も可能である。

10

【0023】

EUV光源20はまた、液滴又は連続液体流れの形態でターゲット材料を送出するためのターゲット送出システム24を含む。ターゲット材料は、錫又は錫化合物で構成することができるが、他の材料を使用することもできる。ターゲット送出システム24は、プラズマを生成するためにターゲット材料を照射することができる照射領域28に至るチャンバ26の内部にターゲット材料を導入する。一部の場合には、ターゲット材料を照射領域28に向けて又はそこから離れるようにステアリングすることを可能にするために電荷がターゲット材料に印加される。本明細書で使用する時に、照射領域は、ターゲット材料照射を行うことができる領域であり、かつ照射が実際に行われていない時でさえも照射領域であることに注意しなければならない。

20

【0024】

引き続き図1では、光源20はまた、コレクター30のような1つ又はそれよりも多くの光学要素を含むことができる。コレクター30は、垂直入射反射器、例えば、光が通過して照射部位28に達することを可能にする開口を有する扁長楕円体の形態で付加的な薄い障壁層が熱誘起層間拡散を実質的に遮断するために各インタフェースに堆積されたMo/Si多層で被覆されたSiC基板とことができる。コレクター30は、例えば、第1の焦点を照射領域28に有し、かつ第2の焦点をEUV光がEUV光源20から出力され、例えば、シリコンウェーハ加工物52を公知の方法で処理するために光を使用する例えば集積回路リソグラフィツール50に入力することができるいわゆる中間点40（中間フォーカス40とも呼ばれる）に有する楕円体の形状とすることができます。その後に、シリコンウェーハ加工物52は、集積回路デバイスを取得するために公知の方法で更に処理される。

30

【0025】

EUV光源20はまた、EUV光源コントローラシステム60を含むことができ、これは、例えば、レーザビーム位置決めシステム（図示せず）と共にレーザ発射制御システム65も含むことができる。EUV光源20は、ターゲット液滴の絶対又は相対位置、例えば、照射領域28に対するものを示す出力を発生させ、この出力をターゲット位置検出フィードバックシステム62に供給する1つ又はそれよりも多くの液滴撮像器70を含むことができるターゲット位置検出システムを含むことができる。ターゲット位置検出フィードバックシステム62は、この出力を使用してターゲット位置及び軌跡を計算することができ、これからターゲット誤差を計算することができる。ターゲット誤差は、液滴単位で、又は平均して、又は何らか他のものをベースにして計算することができる。その後に、ターゲット誤差は、光源コントローラ60への入力として供給することができる。これに応答して、光源コントローラ60は、レーザ位置、方向、又はタイミング補正信号のような制御信号を発生させて、この制御信号をレーザビーム位置決めコントローラ（図示せず）に供給することができる。レーザビーム位置決めシステムは、制御信号を使用してレーザタイミング回路を制御し、及び／又はレーザビーム位置及び成形システム（図示せず）を制御して、例えば、チャンバ26内のレーザビーム焦点の位置及び／又は集束力を変えることができる。

40

【0026】

50

図 1 に示すように、光源 20 は、ターゲット送出制御システム 90 を含むことができる。ターゲット送出制御システム 90 は、照射領域 28 内のターゲット液滴の位置の誤差を補正するために信号、例えば、上述のターゲット誤差又はシステムコントローラ 60 によって供給されたターゲット誤差から導出された何らかの量に応答して作動可能である。これは、例えば、ターゲット送出機構 92 がターゲット液滴を放出する点を再位置決めすることによって達成することができる。

【 0027 】

図 2 は、原材料のターゲットをチャンバ 26 内に送出するためのターゲット送出機構 92 をより詳細に示している。ターゲット送出システム 92 は、本発明の特徴及び効果が、ターゲット送出システム 92 の実施の特定の詳細とは独立しているので本明細書では一般的に説明する。図 2 に示す一般的な実施形態に関して、ターゲット送出機構 92 は、錫のような溶融原材料を保持するカートリッジ 143 を含むことができる。溶融原材料は、アルゴンのような不活性ガスを使用することによって圧力下に置くことができる。圧力は、好ましくは、原材料を強制的に 1 組のフィルタ 145 を通過させる。フィルタ 145 から、原材料は、開 / 閉熱弁 147 を通過して分注器 148 に至ることができる。例えば、ペルチェデバイスを使用して弁 147 を確立し、原材料をフィルタ 145 と分注器 148 の間に凍結させて弁 147 を閉鎖し、凍結した原材料を加熱して弁 147 を開けることができる。図 2 はまた、可動部材 174 の運動が以下でより完全に説明する方法で液滴が分注器 148 から放出される点の位置を変えるように、ターゲット送出システム 92 が可動部材 174 に結合されることを示している。

10

20

【 0028 】

機構 92 に関して、1 つ又はそれよりも多くの調節又は非調節原材料分注器 148 を使用することができる。例えば、オリフィスを用いて形成された毛細管を有する調節分注器を使用することができる。分注器 148 は、選択的に拡張又は収縮して毛細管を変形させて分注器 148 からの原材料の放出を調節することができる 1 つ又はそれよりも多くの電気作動式要素、例えば、圧電材料で製造されたアクチュエータを含むことができる。本明細書で使用する時に、用語「電気作動式要素」及びその同じ語源の語は、電圧、電場、磁場、又はその組合せを受けた時に寸法変化が発生し、かつ以下に限定されるものではないが圧電材料、電歪材料、及び磁歪材料を含む材料又は構造を意味する。加熱器を使用して、分注器 148 を通過中に原材料を溶融状態に維持することができる。調節液滴分注器の例は、2005 年 2 月 25 日出願の「EUV プラズマ源ターゲット送出の方法及び装置」という名称の米国特許出願番号第 11/067124 号明細書からの米国特許第 7,838,854 号明細書と、2008 年 3 月 12 日出願の「LPP EUV プラズマ原材料ターゲット送出システム」という名称の米国特許出願番号第 12/075631 号明細書からの米国特許第 7,589,337 号明細書と、2006 年 2 月 21 日出願の「EUV 光源のための原材料分注器」という名称の米国特許出願番号第 11/358,983 号明細書とに見ることができ、これらの各々の内容全体は、これにより引用によって本明細書に組み込まれる。非調節液滴分注器の例は、2006 年 2 月 21 日出願の「プレパルスによるレーザ生成プラズマ EUV 光源」という名称の現在特許出願中の米国特許出願番号第 11/358,988 号明細書に見ることができ、この特許の各々の内容全体は、これにより引用によって本明細書に組み込まれる。

30

40

【 0029 】

図 3A 及び図 3B に示すように、ターゲット送出機構 92 は、液滴発生器が液滴を放出する点を再位置決めするために液滴の放出点を調節し、従って、液滴が照射領域 28 の中に取ることになる経路を制御するためにターゲット送出機構 92 を異なる方向に傾かせることができるステアリング機構 170 上に取り付けることができる。図 3A 及び図 3B の非常に概念的な図では、傾きは図の平面にあるが、当業者は、傾きは事実上あらゆる方向とすることを容易に認めるであろう。本明細書では、この処理は、液滴発生器を「ステアリングする」を呼ぶ。このようなステアリングが望ましい用途では、液滴発生器は、システム内の他の構成要素及び基準点、及び特に照射領域 28 に対して移動可能

50

でなければならないこと、及び機械的結合システム 102 は、このような移動を可能にするように液滴発生器とシステムの他の構成要素との間に間置しなければならることは明らかである。

【0030】

液滴発生器の（従って、それが発生させる液滴の）適切なステアリングは、非常に正確かつ反復可能であり、かつ低量のヒステリシスを示す結合システムを必要とする。結合は非常に応答性がよく、すなわち、高帯域幅を有することも好ましい。上述したように、結合は、比較的重い荷重、すなわち、典型的に 30 kg 程度の重量になる可能性がある液滴発生器 92 を操作することにも関わらず、これらの要件を満たすことが好ましい。

【0031】

本発明の実施形態により、これらの属性を有することができる結合は、チャンバ 26 の壁のようなシステム内の静止要素に固定的に結合された固定部材 172 と、ターゲット送出機構（液滴発生器）92 に結合された可動部材 174 とを有するデバイスの形態に実現される。固定部材 172 及び可動部材 174 は、次に、結合システム 176 によって結合される。結合システム 176 は、好ましくは、固定部材 172 に対する可動部材 174 のあらゆる相対的な平行移動（例えば、摺動）運動、並びにデバイス軸線周りの固定部材 172 に対する可動部材 174 の相対的な回転を低減又は排除し、同時に可動部材 174 が固定部材 172 に対して傾くことを可能にする第 1 の結合サブシステム 178 を含む。換言すると、x 軸及び y 軸が実質的に平面のプレート状固定部材 172 の平面内にあり、z 軸が、放出点が図 3A に示すように中立（ゼロ傾き）位置にある時にターゲット送出機構（液滴発生器）92 の放出点を通過する 3 次元直交座標系を取ると、第 1 の結合サブシステムは、x 方向及び y 方向の平行移動及び z 軸周りの回転を抑制する。

【0032】

用語「プレート」は、本明細書で使用する時に、単に他の要素が接続することができる基部又はフレームのような構造要素を指し、必然的に平坦又は実質的に平面である構造要素に限定されることは当業者により理解されるであろう。

【0033】

結合システム 176 はまた、好ましくは、固定部材 172 及び可動部材 174 を結合し、かつ固定部材 172 に対して可動部材 174 を傾かせる傾向を有する力を供給する結合要素及びモータ要素の 1 つ又は線形結合を含む第 2 の結合サブシステム 180 を含む。モータ要素は、以下に限定されるものではないが、リニアモータ、ステッパモータ、圧電アクチュエータ、又はこれらの何らかの組合せを含む力を生成するあらゆる要素とすることができます。上述したように、第 1 の結合サブシステム 178 及び第 2 の結合サブシステム 180 は、固定部材 172 及び可動部材 174 の相対的な傾き又は傾斜を可能にするために協働するように構成される。ターゲット送出機構 92 は、可動部材 174 に剛的に結合されることが好ましいので、可動部材 174 を固定部材 172 に対して傾かせると、ターゲット送出機構 92 をステアリングし、すなわち、液滴発生器放出点の位置が変更される。これは、図 3B に示されている。

【0034】

図 4 は、本発明の別の態様によるステアリングシステムの別の概念図である。図 4 に示すように、ステアリングシステムは、固定部材 172 及び可動部材 174 のそれぞれの周囲周りの対応する位置に配置された結合要素 178a、178b、及び 178c で構成された第 1 の結合サブシステム 178 を有する。図 4 の配置の第 1 の結合サブシステム 178 は、3 つの結合要素を有するが、他の数の結合要素も使用することができることは当業者には明らかであろう。同じく図 4 の配置では、結合要素 178a、178b、及び 178c は、対称的に位置決めされる。図 4 の特定の配置では、それらは、デバイスの中心軸（液滴発生器を受け入れる 2 つの円形開口の中心を通過する線）周りに 120 度回転対称性で位置決めされる。対称配置が使用される場合に、他の対称性も続くことができることは当業者には明らかであろう。

【0035】

10

20

30

40

50

同じく図4では、ステアリングシステムは、固定部材172及び可動部材174のそれぞれの周囲周りの対応する位置に配置された結合要素180a、180b、及び180cで構成された第2の結合サブシステム180を有する。図4の配置の第2の結合サブシステム180は、3つの結合要素を有するが、他の数の結合要素も使用することができるることは当業者には明らかであろう。同じく図4の配置では、結合要素180a、180b、及び180cは、対称的に位置決めされる。図4の特定の配置では、結合要素は、デバイスの中心軸（2つの円形開口の中心を通過する線）周りの120度回転対称性で位置決めされる。対称配置が使用される場合に、他の対称性も続くことは当業者には明らかであろう。図4の配置では、第2の結合サブシステム180の結合要素の位置は、固定部材172及び可動部材174の周囲周りで第1の結合サブシステム178の結合要素と交替する。

10

【0036】

上述したように、第1の結合サブシステム178及び第2の結合サブシステム180を含む結合システム176は、少なくとも2つの機能を提供する。1つの機能は、摺動又は平行移動のような固定部材172と可動部材174の間のある一定のタイプの相対移動を抑制し、同時に傾き運動を可能にすることである。別の機能は、2つのプレート間の傾き運動を引き起こすことである。本発明の1つの利点は、これらの2つの機能を2つの別々のサブシステムによって実行することができるという点である。例えば、第1の結合サブシステム178は、他の種類の運動を抑制しながら傾きを可能にする機能を実行することができる。第2の結合サブシステム180は、傾き運動を誘発する機能を実行することができる。これは、2つのサブシステムの各々をそうでなければ同じ結合サブシステムに両方の機能を実行させることによって課せられる制約に対処する必要なくそのそれぞれの機能のその性能を最適化するように設計することを可能にする。

20

【0037】

本発明の別の態様により、第1及び第2の結合サブシステムは、フレクスチャを結合要素として使用する。当業者は、1つの構造要素を別のものに機械的に結合するのに使用される一部のコネクタは、互いに機械的に嵌合する剛性部品を使用することを認めるであろう。ヒンジ、スライダ、自在継ぎ手、及び玉継ぎ手は、このタイプの剛性コネクタ又は結合の例である。このようなコネクタは、それらが接続する部品間の様々な動力学的自由度を可能にする。しかし、それらには、これらの剛性継ぎ手の嵌合部品間の間隙が、バックラッシュにより引き起こされる位置誤差を導入することがあり、すなわち、駆動方向が逆転された時に間隙に失われる運動及び嵌合面間の接触を相対運動が続行される前に再確立しなければならないという短所がある。更に、これらのコネクタの作動は、摩耗及び間隙の望ましくない増大に至る摩擦を引き起こすこれらの部品の相対運動を必然的に伴う。このようなコネクタの動力学的連鎖は、バックラッシュ及び摩耗からの個々の誤差の集積をもたらし、精度及び反復性の限界をもたらす。

30

【0038】

一部の用途に関して、剛性コネクタに関連の問題は、いわゆるフレクスチャの使用により回避又は克服することができる。フレクスチャはまた、撓み継ぎ手、撓み結合、撓みピボット、フレックスコネクタ、リビング継ぎ手、及びコンプライアント継ぎ手を含む様々な名称で公知である。上述の剛性結合とは異なり、撓み継ぎ手は、一般的に、間隙を間に有する剛性要素で構成されない。むしろ、フレクスチャは、変形下での材料の固有のコンプライアンスを利用する。従って、フレクスチャは、摩擦、バックラッシュ、及び摩耗を排除する。それによって優れた精度及び反復性が可能である。更に、フレクスチャを単体モノリシック材料から製造すると、生産を簡素化し、かつ低コスト製作を促進することができる。

40

【0039】

一態様において、本発明は、所要の運動範囲を与えるのに十分に可撓性でありながら、必要な剛性を達成するのに要求される前負荷力と適合するほど十分に強いフレクスチャの使用を通してEUV液滴発生器のための高帯域幅、高精度、高剛性、ヒステリシスなしの

50

ステアリングシステムを提供する。同時に、それは、液滴発生器のステアリングの関連で望ましくないと考えられるシステム共振周波数を低減するほど重くないステアリングシステムの製作を可能にする。

【 0 0 4 0 】

別の態様において、本発明は、2つ又はそれよりも多くの結合サブシステムを使用し、その各々は、フレクスチャを使用して所要の剛性（又は同等に、十分に高い機械的共振周波数）を与えるながら不要な自由度を除去する。

【 0 0 4 1 】

本発明のこの態様により、第1の結合サブシステム178は、各々が第1のフレクスチャ要素190を含む2つ又はそれよりも多くの好ましくは3つの結合要素を含む。図5に示す実施形態において、第1のフレクスチャ要素190は、「ストリングフレクスチャ」である。図5は、明瞭な呈示を目的として1つの第1の結合サブシステム要素178aのみを示すが、当業者は、図4によって示唆されるように、付加的な第1の結合サブシステム要素が存在する場合があることを容易に認めるであろう。固定部材172及び可動部材174が実質的に平行なプレートとして構成されたシステムでは、第1のフレクスチャ要素190は、静止プレート及び可動プレートにほぼ平行に向けられる。これは、第1の結合サブシステム178が、一端が三角形の支柱部材192に結合された第1のフレクスチャ要素190で構成された図5に示されている。三角形の支柱部材192は、可動部材174に固定される。第1のフレクスチャ要素190の他端は、ブラケット194に接続され、これは、次に、固定部材172に取り付けられる。更に、三角形支柱部材192に取り付けられた第1のフレクスチャ要素190の端部も、ブラケット196に取り付けられ、これは、次に、固定部材172に取り付けられる。第1のフレクスチャ要素190は、2つの自由度を考慮した継ぎ手配置198を通じて、及び第1のフレクスチャ要素190に予め負荷を加えるバネ200を通じてブラケット196に取り付けられる。第1の結合サブシステム178は、互いに対する2つのプレートの平行移動、すなわち、平行な摺動、並びにプレートに平行な平面における回転を制限するか又は更に実質的に排除することにより、固定部材172と可動部材174の間の剛性接続を与える。同時に、第1の結合サブシステム178は、互いに対するプレートの相対的な傾きを可能にする。

【 0 0 4 2 】

第2の結合サブシステム180は、好ましくは、フレクスチャの2つ又はそれよりも多くの直列結合及び1つ又はそれよりも多くの駆動デバイスから構成される。本明細書のここで及び他の箇所では、「直列結合」という用語は、要素が、全体的な効果が本質的に加法的であるように各々が次のものと順序づけられた直列に配置される線形構成を指すように意図している。同じく「駆動デバイス」という用語は、駆動力を発生させることができ、かつ制限なしにリニアモータ、リニアアクチュエータ、ステッピングモータ、及び圧電素子を含むあらゆるデバイスを指すように意図している。

【 0 0 4 3 】

特定の構成では、第2の結合サブシステム180の各結合要素は、要素の線形結合を含む。ここでもまた、図5は、明瞭な呈示を目的として1つの第2の結合サブシステム要素180aのみを示すが、当業者は、図4によって示唆されるように付加的な第2の結合サブシステム要素が存在する場合があることを容易に認めるであろう。図5に示すように、第2の結合サブシステム要素180aは、リニアモータ202と、第2のフレクスチャ要素204と、第3のフレクスチャ要素206と、圧電アクチュエータ208（第2のフレクスチャ要素206上、図5では可動部材174により遮られているが図10では見える）とを含むことができる。これは、1つの可能な構成である。他の要素を使用することができ、又は同じか又は他の要素を異なる順序で使用することができることは、当業者により容易に認められるであろう。図5に示す構成では、それぞれ粗い運動及び細かい運動をもたらすために、リニアモータ202は、固定部材172に剛的に結合され、圧電アクチュエータ208は、可動部材174に剛的に結合される。リニアモータ202は、第2及び第3のフレクスチャ要素204、206を通じて圧電アクチュエータ208に機械的に接

10

20

30

40

50

続される。特定の実施形態において、第2のフレクスチャ要素204は、図示のようにかつ以下でより完全に説明するように、いわゆる「車輪」フレクスチャとすることができる。第3のフレクスチャ要素206は、図示のようにかつ以下でより完全に説明するように、「二重」又は「平行四辺形」フレクスチャとすることができる。

【0044】

第2の結合サブシステム180は、固定部材172に対する可動部材174のx及びy回転、及びz平行移動の制御を可能にする。第2のフレクスチャ要素204は、運動が、デバイスの軸線の近くであるが固定部材172の下方の（すなわち、液滴発生器の放出点に向う）空間内の固定点の周りにピボット回転することができるよう、固定部材172に対する可動部材174の何らかの横方向の相対的移動を可能にする。同時に、第2のフレクスチャ要素204は、液滴発生器の長い（z）軸に沿った平行移動に対する剛性を与える、かつリニアモータ202と可動部材174の間の小さいミスアラインメントを許容する。

10

【0045】

第3のフレクスチャ要素206により、圧電アクチュエータ208は、横方向のモーメントを圧電アクチュエータ208に印加することなく、力を可動部材174に作用することができる。これは、圧電変換器にとってそれらの相対的な脆弱性の理由で好ましい。

【0046】

第1のフレクスチャ要素190、第2のフレクスチャ要素204、及び第3のフレクスチャ要素206の特定の材料、寸法、及び形態は、望ましい運動の範囲を剛性及び疲労応力要件を満たしながら達成することができるよう3つのタイプのフレクスチャに向けて選択されることは好ましいことはめられるであろう。

20

【0047】

例えば、ストリングフレクスチャが第1のフレクスチャ要素190として使用される時に、それは、図6A、図6B、及び図6Cに示すように構成することができる。図示のように、これらの図の第1のフレクスチャ要素は、左右に又は上下に屈曲することを可能にする2つの狭められた部分を有する。第1のフレクスチャ要素190の全体的な寸法は、特定の用途により変動することになる。いくつかの材料の1つを使用して、第1のフレクスチャ要素190を製造することができる。1つの例として、第1のフレクスチャ要素190は、熱処理されたステンレス鋼で製造することができる。

30

【0048】

付加的な例として、車輪フレクスチャが第2のフレクスチャ要素204として使用される時に、それは、図7A及び図7Bに示すように構成することができる。図示のように、これらの図の第2のフレクスチャ要素204は、それらの中間点で交差する2枚の可撓性葉状部を有する。図7A及び図7Bの例は、各々が車輪フレクスチャを含む3つの部分で構成された第2のフレクスチャ要素204を示すが、当業者は、1つ、2つ、又は何らかの他の数の部分を使用することを容易に認めるであろう。第2のフレクスチャ要素204の全体的な寸法は、特定の用途により変動することになる。いくつかの材料の1つを使用して、第2のフレクスチャ要素204を製造することができる。1つの例として、第2のフレクスチャ要素204は、ステンレス鋼で製造することができる。

40

【0049】

第3の例として、平行四辺形フレクスチャが第3のフレクスチャ要素206として使用される時に、それは、図8A及び図8Bに示すように構成することができる。図示のように、これらの図の第3のフレクスチャ要素206は、ほぼ箱形であり、箱の下側部分は、プラットフォームとして機能し、箱の上側部分は、片持ち梁として機能する。プラットフォーム及び梁は、互いと一体であり、かつ片持ち梁が図中の上下に対応する方向に屈曲することを可能にする一連の内部隆起及び間隙を通じて相互作用もする。図8A及び図8Bの例は、第3のフレクスチャ要素206の特定の構成を示すが、当業者は、他のフレクスチャ構成を使用することを容易に認めるであろう。第3のフレクスチャ要素206の全体的な寸法は、特定の用途により変動することになる。いくつかの材料の1つ

50

を使用して、第3のフレクスチャ要素206を製造することができる。1つの例として、第3のフレクスチャ要素206は、熱処理されたステンレス鋼で製造することができる。

【0050】

図9は、第1の結合サブシステム178が固定部材172のそれぞれの周囲の周りの対応する位置に配置された結合要素178a、178b、及び178cを含むように示された本発明による液滴発生器の実施形態を示す(可動部材174は、圧電アクチュエータ208がより可視であるように図面から割愛されている)。図9の配置における第1の結合サブシステム178は、3つの結合要素を有するが、他の数の結合要素を使用することができることは当業者には明らかであろう。同じく図9の配置では、結合要素178a、178b、及び178cは、対称的に位置決めされる。図9の特定の配置では、それらは、デバイスの中心軸(液滴発生器を受け入れる2つの円形開口の中心を通過する線)周りに120度回転対称性で位置決めされる。対称配置が使用される場合に、他の対称性も続くことができることは当業者には明らかであろう。また、各結合要素は、図5に関連して説明するように接続された第1のフレクスチャ要素190を含むように示されている。

【0051】

図9に示す実施形態はまた、固定部材172のそれぞれの周囲の周りの対応する位置に配置された結合要素180a、180b、及び180cで構成された第2の結合サブシステム180を含む本発明による液滴発生器の実施形態も含む。図9の配置における第2の結合サブシステム180は、3つの結合要素を有するが、他の数の結合要素も使用することができることは当業者には明らかであろう。同じく図9の配置では、結合要素180a、180b、及び180cは、対称的に位置決めされる。図9の特定の配置では、それらは、デバイスの中心軸(2つの円形開口の中心を通過する線)の周りに120度回転対称性で位置決めされる。対称配置が使用される場合に、他の対称性も続くことができることは当業者には明らかであろう。図9の配置では、第2の結合サブシステム180の結合要素の位置は、固定部材172の周囲周りの第1の結合サブシステム178の結合要素と交替する。また、各結合要素は、図5に関連して説明するように接続されたリニアモータと、第2のフレクスチャ要素と、第3のフレクスチャ要素と、圧電アクチュエータ208とを含むことのように示されている。

【0052】

以上の内容は、1つ又はそれよりも多くの実施形態の例を含む。上述の実施形態を説明する目的で構成要素又は方法の全ての考え得る組合せを説明することは勿論不可能であるが、当業者は、様々な実施形態の多くの更に別の組合せ及び置換が可能であることを認識することができる。従って、記述した実施形態は、特許請求の範囲の精神及び範囲に該当する全てのこののような変更、修正、及び変形を包含することが意図されている。更に、「includes」という用語が詳細説明又は特許請求の範囲に使用される範囲で、このような用語は、「comprising」と特許請求の範囲において転換語として使用されると解釈されるように、「comprising」という用語と同様に包含的であることが意図されている。更に、記述した態様及び/又は実施形態の要素が単数で記述又は特許請求される場合があるが、単数への限定が明示的に示されない限り、複数が考えられている。更に、いかなる態様及び/又は実施形態の全て又は一部分も、特に断らない限り、いずれかの他の態様及び/又は実施形態の全て又は一部分と共に利用することができる。

【符号の説明】

【0053】

26 チャンバ

92 液滴発生器

102 機械的結合システム

172 固定部材

174 可動部材

【図1】

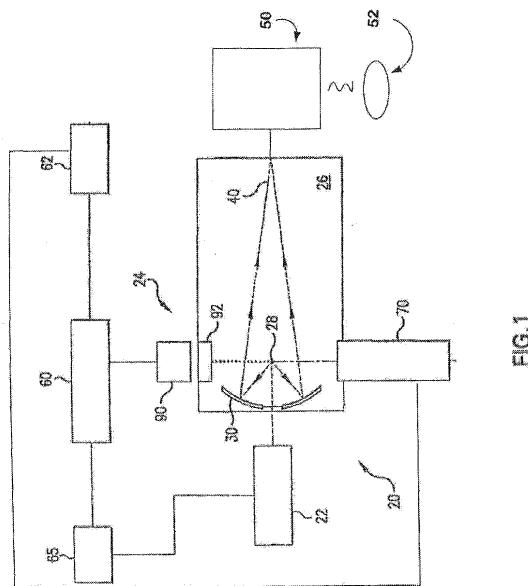


FIG. 1

【図2】

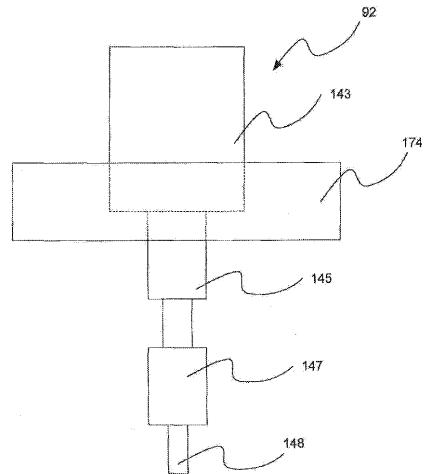


FIG. 2

【図3A】

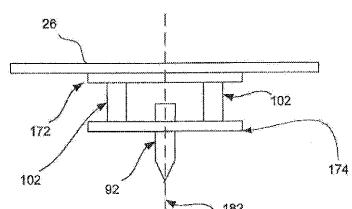


FIG. 3A

【図4】

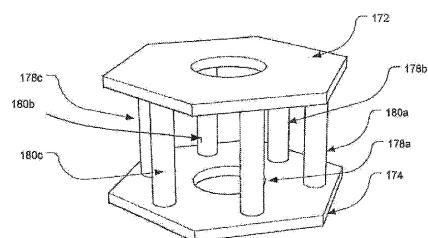


FIG. 4

【図3B】

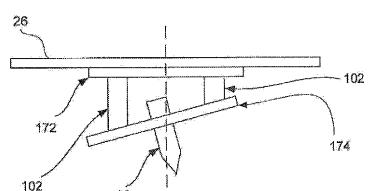


FIG. 3B

【図 5】

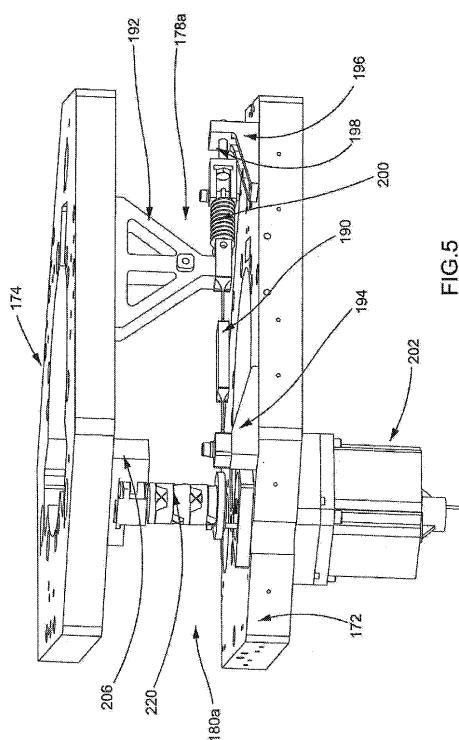


FIG.5

【図 6 A】

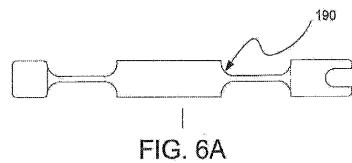


FIG. 6A

【図 6 B】

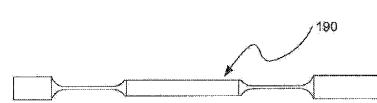


FIG. 6B

【図 6 C】

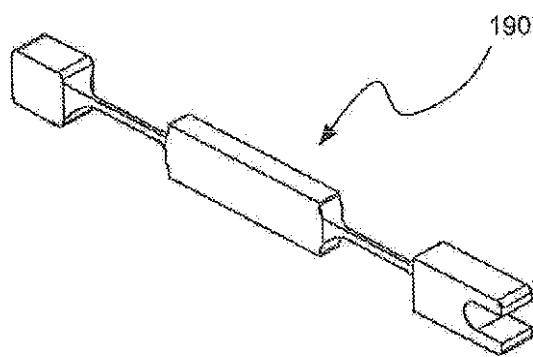


FIG. 6C

【図 7 A】

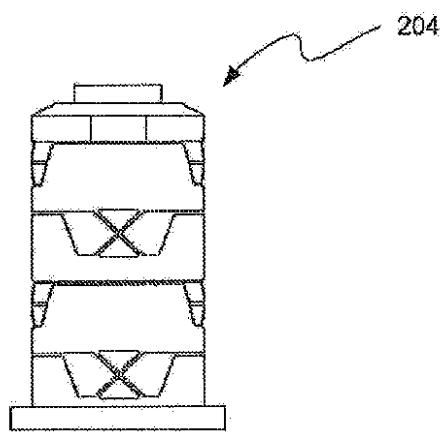
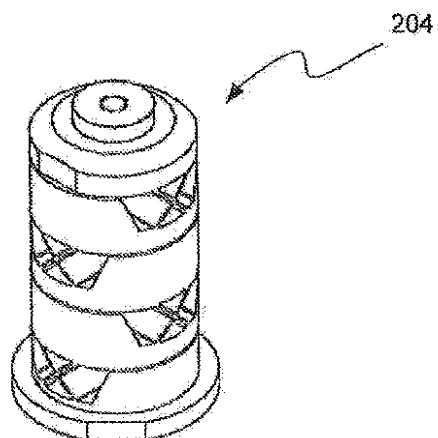


FIG. 7A

【図 7B】



【図 8B】

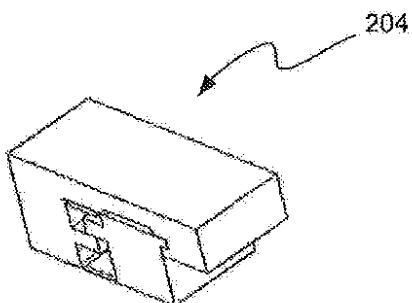


FIG. 8B

FIG. 7B

【図 8A】

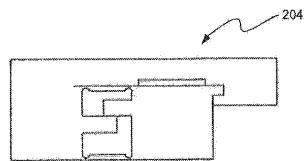


FIG. 8A

【図 9】

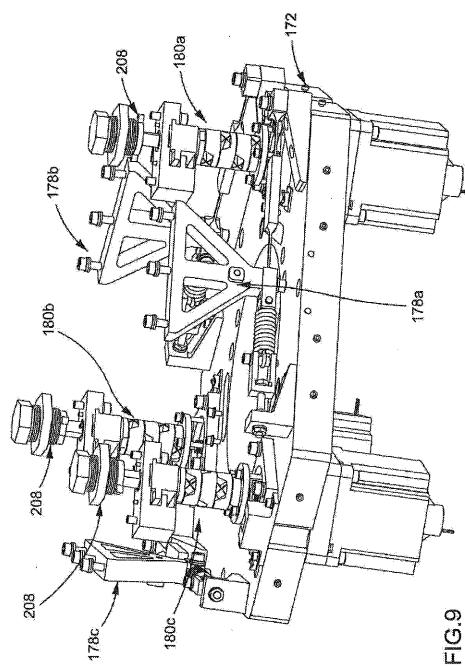


FIG. 9

フロントページの続き

(72)発明者 アルゴツツ ジェイ マーティン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92127 サン デイエゴ ソーンミント コート 17
075

(72)発明者 ゴヴィンダラジュ アブヒラム
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92127 サン デイエゴ ソーンミント コート 17
075

(72)発明者 ラジャグル チラグ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92127 サン デイエゴ ソーンミント コート 17
075

審査官 遠藤 直恵

(56)参考文献 特開2011-003887(JP, A)
特開2009-076521(JP, A)
特開2009-063046(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05G 2/00