

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6526575号
(P6526575)

(45) 発行日 令和1年6月5日 (2019. 6. 5)

(24) 登録日 令和1年5月17日 (2019. 5. 17)

(51) Int. Cl.	F I
G03F 7/20 (2006.01)	G03F 7/20 521
H01L 21/683 (2006.01)	H01L 21/68 R
G01N 21/956 (2006.01)	G01N 21/956 A

請求項の数 22 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2015-556477 (P2015-556477)	(73) 特許権者	503195263
(86) (22) 出願日	平成26年2月5日 (2014. 2. 5)		エーエスエムエル ホールディング エヌ
(65) 公表番号	特表2016-509258 (P2016-509258A)		. ブイ.
(43) 公表日	平成28年3月24日 (2016. 3. 24)		オランダ国 ヴェルトホーフエン 550
(86) 国際出願番号	PCT/EP2014/052204		O エーエイチ, ピー. オー. ボックス
(87) 国際公開番号	W02014/122151		324
(87) 国際公開日	平成26年8月14日 (2014. 8. 14)	(73) 特許権者	504151804
審査請求日	平成29年1月27日 (2017. 1. 27)		エーエスエムエル ネザーランズ ビー.
(31) 優先権主張番号	61/762, 047		. ブイ.
(32) 優先日	平成25年2月7日 (2013. 2. 7)		オランダ国 ヴェルトホーフエン 550
(33) 優先権主張国	米国 (US)		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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リソグラフィ装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レチクルを解放可能に保持する静電クランプを備えるリソグラフィ装置であって、
前記静電クランプは、
対向する第 1 及び第 2 の表面を有する第 1 の基板と、
前記第 1 の表面上に位置し前記レチクルに接触する複数の突起と、
対向する第 1 及び第 2 の表面を有する第 2 の基板であって、前記第 2 の基板の前記第 1
の表面が前記第 1 の基板の前記第 2 の表面に結合されている、第 2 の基板と、
前記第 2 の基板の前記第 1 の表面と前記第 1 の基板の前記第 2 の表面との間に位置し、
前記第 1 の基板の前記第 2 の表面から前記第 2 の基板の前記第 1 の表面へと電子を移動さ
せる複数の冷却要素であって、前記複数の冷却要素の 1 つ以上が各突起と実質的に位置合
わせされている、複数の冷却要素と、
を備える、リソグラフィ装置。

【請求項 2】

前記第 2 の基板の前記第 2 の表面に結合され、前記複数の冷却要素のためのヒートシン
クとして作用するチャックを更に備える、請求項 1 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 3】

前記チャックは、冷却剤の循環を行う複数の冷却チャネルを備える、請求項 2 に記載の
リソグラフィ装置。

【請求項 4】

10

20

前記複数の冷却要素は、複数の熱トンネリング冷却（TTC）要素又は複数の熱電冷却要素（TEC）のいずれかを備え、それらの各々が前記基板の前記第2の表面から離れる方向に電流を流す、請求項1に記載のリソグラフィ装置。

【請求項5】

前記複数のTECの各々は、前記第2の基板の前記第1の表面に結合されたはんだバンプを備える、請求項4に記載のリソグラフィ装置。

【請求項6】

前記複数のTECの各々は、前記第1の基板の前記第2の表面に結合されると共に各はんだバンプにつながる支柱を更に備える、請求項5に記載のリソグラフィ装置。

【請求項7】

前記第2の基板の前記第1の表面上に配置されたシリコン層を更に備える、請求項4に記載のリソグラフィ装置。

【請求項8】

前記複数のTECは、熱電膜に含まれている、請求項4に記載のリソグラフィ装置。

【請求項9】

前記第1及び第2の基板の少なくとも一方は、熱伝導性材料で覆われた実質的にゼロ熱膨張材料を含む、請求項4に記載のリソグラフィ装置。

【請求項10】

前記静電クランプは、コーディエライトを含む、請求項1に記載のリソグラフィ装置。

【請求項11】

前記複数のTTC要素の各々は、第1及び第2の金属プレートを備え、
前記第1の金属プレートが前記第1の基板の前記第2の表面に結合され、前記第2の金属プレートが前記第2の基板の前記第1の表面に結合されている、請求項4に記載のリソグラフィ装置。

【請求項12】

前記複数のTTC要素の各々は、前記第1及び第2のプレート間に位置すると共に前記第1及び第2のプレート間の距離を維持するスペーサを更に備える、請求項11に記載のリソグラフィ装置。

【請求項13】

前記複数のTEC要素の各々を流れる電流を制御するコントローラを更に備える、請求項1に記載のリソグラフィ装置。

【請求項14】

前記コントローラは、前記複数のTECの各々を個別に制御する、請求項13に記載のリソグラフィ装置。

【請求項15】

対向する第1及び第2の表面を有する第1の基板と、
前記第1の表面上に位置し前記レチクルに接触する複数の突起と、
対向する第1及び第2の表面を有する第2の基板であって、前記第2の基板の前記第1の表面が前記第1の基板の前記第2の表面に結合されている、第2の基板と、
前記第2の基板の前記第1の表面と前記第1の基板の前記第2の表面との間に位置し、
前記第1の基板の前記第2の表面から前記第2の基板の前記第1の表面へと電子を伝達する複数の冷却要素であって、前記複数の冷却要素の1つ以上が各突起と実質的に位置合わせされている、複数の冷却要素と、
を備える、静電クランプ。

【請求項16】

リソグラフィ装置においてレチクルを解放可能に保持する静電クランプであって、
対向する第1及び第2の表面を有する第1の基板であって、前記第1の基板の前記第2の表面が熱拡散材料の第1のコーティングを有する、第1の基板と、
対向する第1及び第2の表面を有する第2の基板であって、前記第2の基板の前記第1の表面が熱拡散材料の第2のコーティングを有すると共に前記第1の基板の前記第2の表

10

20

30

40

50

面に結合されている、第2の基板と、

前記第2の基板の前記第1の表面と前記第1の基板の前記第2の表面との間に位置し、前記第1の基板の前記第2の表面から前記第2の基板の前記第1の表面へと電子を伝達する熱トンネリング冷却（TTC）要素のアレイと、

複数の突起を有し、前記第1の基板の前記第1の表面上に位置する第3の基板であって、前記複数の突起が前記レチクルに接触する、第3の基板と、
を備える、静電クランプ。

【請求項17】

前記第2の基板の前記第2の表面は、チャックに光学的に接触され、

前記チャックは、冷却剤を循環させる複数のチャンネルを有する、請求項16に記載の静電クランプ。 10

【請求項18】

前記チャック並びに前記第1及び第2の基板の各々がガラスセラミック材料を含み、

前記第3の基板は、多層材料で作成されたガラスを含み、

前記ガラスセラミック材料及び前記多層材料は、ゼロ熱膨張率（CTE）材料である、請求項17に記載の静電クランプ。

【請求項19】

前記第1、第2又は第3の基板の少なくとも1つは、コーディエライトを含む、請求項16に記載の静電クランプ。

【請求項20】 20

前記熱拡散材料の第1及び第2のコーティングは、ダイヤモンド状炭素（DLC）コーティングを備える、請求項16に記載の静電クランプ。

【請求項21】

前記TTC要素アレイの各TTC要素が第1及び第2の金属プレートを備え、

前記第1の金属プレートが前記第1の基板の前記第2の表面に結合され、前記第2の金属プレートが前記第2の基板の前記第1の表面に結合されている、請求項16に記載の静電クランプ。

【請求項22】

前記TTC要素アレイの各TTC要素は、前記第1及び第2のプレート間に位置すると共に前記第1及び第2のプレート間の距離を維持するスペーサを更に備える、請求項21に記載の静電クランプ。 30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

（関連出願の相互参照）

[0001] 本出願は、2013年2月7日出願の米国仮出願第61/762,047号の利益を主張し、その全体が参照によって本明細書に組み込まれる。

【0002】

[0002] 本開示は、リソグラフィ装置及び方法に関し、更に具体的には、パターニングデバイスを支持するリソグラフィ装置の部分に関する。 40

【背景技術】

【0003】

[0003] リソグラフィ装置は、所望のパターンを基板のターゲット部分に適用する機械である。リソグラフィ装置は、例えば、集積回路（IC）の製造に使用可能である。このような場合、代替的にマスク又はレチクルとも呼ばれるパターニングデバイスを使用して、ICの個々の層上に対応する回路パターンを生成することができる。このパターンを、放射感応性材料（レジスト）の層を有する基板（例えばシリコンウェーハ）上のターゲット部分（例えば1つ又は幾つかのダイの一部を含む）に結像することができる。一般的に、1枚の基板は、順次パターンが与えられる隣接したターゲット部分のネットワークを含んでいる。従来のリソグラフィ装置は、パターン全体をターゲット部分に1回で露光するこ 50

とによって各ターゲット部分が照射される、いわゆるステッパと、基板を所与の方向（「スキャン」方向）と平行あるいは逆平行に同期的にスキャンしながら、パターンを所与の方向（「スキャン」方向）にビームでスキャンすることにより、各ターゲット部分が照射される、いわゆるスキヤナと、を含む。パターンを基板にインプリントすることによっても、パターンニングデバイスから基板へとパターンを転写することが可能である。

【0004】

[0004] リソグラフィは、IC及びその他のデバイス及び／又は構造を製造する際の主要なステップの1つとして広く認識されている。しかし、リソグラフィを使用して製造される特徴の寸法がより微細になると共に、リソグラフィは小型IC又はその他のデバイス、及び／又は構造の製造を可能にするためのより決定的なファクタになってきている。

10

【0005】

[0005] パターン印刷の限界の理論的な推定値は式（1）に示すようなレイリーの解像基準によって得られる。

【数1】

$$CD = k_1 * \frac{\lambda}{NA} \quad (1)$$

ただし、 λ は使用される放射の波長、NAはパターンを印刷するために使用される投影システムの開口数、 k_1 はレイリー定数とも呼ばれるプロセス依存調整係数であり、CDは印刷される特徴のフィーチャサイズ（すなわちクリティカルディメンション）である。式（1）から、特徴の印刷可能な最小サイズの縮小は3つの方法で達成できることが分かる。すなわち、露光波長 λ の短縮によるもの、開口数NAの増加によるもの、又は k_1 の値の減少によるものである。

20

【0006】

[0006] 露光波長を短縮し、印刷可能な最小サイズを縮小するため、極端紫外（EUV）放射源を使用することが提案されてきた。EUV放射は5～20nmの範囲内、例えば13～14nmの範囲内、及び、例えば6.7nm又は6.8nmなどの5～10nmの範囲内の波長を有する電磁放射である。可能な放射源には例えば、レーザ生成プラズマ放射源、放電プラズマ放射源、又は電子蓄積リングにより与えられるシンクロトロン放射に基づく放射源が含まれる。

30

【0007】

[0007] EUV放射はプラズマを使用して生成することができる。EUV放射を生成するための放射システムは、燃料を励起してプラズマを提供するレーザ、及びプラズマを封じ込めるための放射源コレクタモジュールを含んでもよい。プラズマは例えば、適切な材料（例えばスズ）の液滴、又はXeガスもしくはLi蒸気などの適切なガスもしくは蒸気の流れなどの燃料にレーザビームを向けることによって生成することができる。その結果生ずるプラズマは例えばEUV放射などの出力放射を放出し、これは放射コレクタを使用して収集される。放射コレクタは、放射を受け、放射をビームに合焦する鏡像化垂直入射コレクタであってもよい。放射源コレクタモジュールは、プラズマを支える真空環境を提供する閉鎖構造又はチャンバを含んでもよい。このような放射システムは通常レーザ生成プラズマ（LPP）放射源と呼ばれる。

40

【0008】

[0008] EUV放射を生成する別の既知の方法は、デュアルレーザパルシング（DLP）として知られている。DLP方法では、Nd：YAGレーザによって液滴を予熱して、液滴（例えばスズ液滴）を蒸気及び微小粒子に分解させ、次いでこれらをCO₂レーザによって極めて高い温度に加熱する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

[0009] しかしながら、このような放射源によって発生された放射はEUV放射のみでな

50

く、放射源は、赤外線（I R）放射及び深紫外線（D U V）放射を含む他の波長の放出も生じる場合がある。D U V放射は、コントラストの損失を招き得るので、リソグラフィシステムにとって有害となる恐れがある。更に、望ましくないI R放射は、システム内のコンポーネントに熱的な損傷を引き起こすことがある。従って、スペクトル純度フィルタを用いることで、送信される放射内のE U Vの割合を高めると共に、D U V及びI R放射等の望ましくない非E U V放射を低減又は排除することが知られている。

【0010】

[0010] 放射がレチクル又はマスクに入射すると、放射から吸収される熱のためにレチクル又はマスクが変形することがある。この変形は、放射が比較的高いエネルギーを有するE U V放射である場合には特に問題となり得る。変形を軽減するため、レチクル又はマスクをリソグラフィ装置の他の部分に固定するために用いるデバイス（例えばチャック及び／又はクランプ）を介して、冷却剤を循環させることができる。しかしながら、この冷却剤は、デバイスの亀裂を通して漏れる可能性がある。更に、そのような冷却剤に基づく冷却システムはデバイスの熱伝導特性に依存し得るが、この特性は良好でないことがある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

[0011] 従って、求められているのは、レチクルを固定し、パターンニングデバイスの熱による変形を防ぐことができるデバイスである。本発明の第1の態様によれば、リソグラフィ装置が提供される。このリソグラフィ装置は、レチクルと、このレチクルを解放可能に保持するように構成された静電クランプと、を含む。静電クランプは、対向する第1及び第2の表面を有する第1の基板と、第1の表面上に位置しレチクルに接触するように構成された複数の突起と、対向する第1及び第2の表面を有する第2の基板と、を含む。第2の基板の第1の表面は第1の基板の第2の表面に結合されている。第2の基板の第1の表面と第1の基板の第2の表面との間に、複数の冷却要素が位置している。冷却要素は、第1の基板の第2の表面から第2の基板の第1の表面へと電子を移動させるように構成されている。各冷却要素は、各突起と実質的に位置合わせされている。

【0012】

[0012] 第2の態様によれば、静電クランプが提供される。この静電クランプは、対向する第1及び第2の表面を有する第1の基板と、第1の表面上に位置しレチクルに接触するように構成された複数の突起と、対向する第1及び第2の表面を有する第2の基板であって、第2の基板の第1の表面が第1の基板の第2の表面に結合されている、第2の基板と、第2の基板の第1の表面と第1の基板の第2の表面との間に位置する複数の冷却要素と、を含む。冷却要素は、第1の基板の第2の表面から第2の基板の第1の表面へと電子を伝達するように構成されている。複数の冷却要素の各々は、各突起と実質的に位置合わせされている。

【0013】

[0013] 第3の態様によれば、方法が提供される。この方法は、コーディエライトからクランプを形成することであって、クランプが対向する第1及び第2の表面を有し、第1の表面が物体に結合するように構成されていることと、クランプの第2の表面上に中間層を提供することと、クランプをチャックに結合することと、を含む。中間層は、クランプとチャックとの間の接着性を向上させる。

【0014】

[0014] [0015] 第4の態様によれば、装置が提供される。この装置は、チャックと、レチクルを解放可能に保持するように構成され、コーディエライトから形成されたクランプと、クランプの表面に結合されると共にチャックに結合される中間層と、を含む。

【0015】

[0016] 本発明の更に別の特徴及び利点、並びに本発明の様々な実施形態の構造及び作用を、添付図面を参照して以下で詳細に説明する。本発明は、本明細書に記載する特定の実施形態に限定されないことに留意すべきである。そのような実施形態は、本明細書において例示のためにのみ提示するものである。本明細書に包含される教示に基づいて、当業者

には追加の実施形態が明らかとなろう。

【図面の簡単な説明】

【0016】

[0017] 本明細書に組み込まれ、その一部を形成する添付の図面は本発明を図示し、説明と共に、更に本発明の原理を説明し、当業者が本発明を作成して使用できるようにする働きをする。

【0017】

【図1】 [0018] リソグラフィ装置を概略的に示す。

【図2】 [0019] リソグラフィ装置の更に詳細な概略図である。

【図3】 [0020] クランプ及びチャックを含むリソグラフィ装置の一部の図である。

10

【図4】 [0021] クランプ及びチャックを含むリソグラフィ装置の一部の概略図である。

【図5】 [0022] 熱電冷却パンプの図である。

【図6】 [0023] クランプ及びチャックを含むリソグラフィ装置の一部の概略図である。

【図7】 [0024] 熱電冷却膜の断面図である。

【図8】 [0025] クランプ及びチャックを含むリソグラフィ装置の一部の概略図である。

【図9】 [0025] クランプ及びチャックを含むリソグラフィ装置の一部の概略図である。

【図10】 [0026] 熱トンネリング冷却要素の概略図である。

【図11】 [0027] コーディエライトからクランプを形成する方法のフローチャートである。

【図12】 [0028] 図11のフローチャートにおける中間ステップを示す。

20

【図13A】 [0028] 図11のフローチャートにおける中間ステップを示す。

【図13B】 [0028] 図11のフローチャートにおける中間ステップを示す。

【図14】 [0028] 図11のフローチャートにおける中間ステップを示す。

【図15】 [0028] 図11のフローチャートにおける中間ステップを示す。

【図16】 [0028] 図11のフローチャートにおける中間ステップを示す。

【図17】 [0029] クランプ及びチャックを含むリソグラフィ装置の一部の図である。

【図18】 [0030] コーディエライトを含む異なる材料の電気伝導性を示すグラフである。

。

【図19】 [0031] コーディエライト層の異なる表面に印加される電圧差に対するコーディエライト層の応答を示すグラフである。

30

【0018】

[0032] 本発明の特徴及び利点は、同様の参照符号は全体を通して対応する要素を識別する図面を参照しながら以下の詳細な説明を読むことで更に明白になろう。図面では、一般に、同様の参照番号が同一の、機能が類似した、及び／又は構造が類似する要素を示す。ある要素が最初に出現する図面は、対応する参照番号の左端の1つ又は複数の数字によって示される。

【発明を実施するための形態】

【0019】

[0033] 本明細書は、本発明の特徴を組み込んだ1つ以上の実施形態を開示する。開示される1つ又は複数の実施形態は本発明を例示するにすぎない。本発明の範囲は開示される1つ又は複数の実施形態に限定されない。本発明は、本明細書に添付される特許請求の範囲によって定義される。

40

【0020】

[0034] 記載された実施形態、及び本明細書で「一実施形態」、「ある実施形態」、「例示的实施形態」などに言及した場合、それは記載された実施形態が特定の特徴、構造、又は特性を含むことができるが、それぞれの実施形態が必ずしも特定の特徴、構造、又は特性を含まないことがあることを示す。更に、このようなフレーズは、必ずしも同じ実施形態に言及するものではない。更に、ある実施形態に関連して特定の特徴、構造、又は特性について記載している場合、明示的に記載されているか、記載されていないかにかかわらず、このような特徴、構造、又は特性を他の実施形態との関連で実行することが当業者の

50

知識の範囲内にあることが理解される。

【0021】

[0035] 本発明の実施形態はハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア又はその任意の組み合わせで実施することができる。本発明の実施形態は、1つ以上のプロセッサで読み取り、実行することができる機械読み取り式媒体に記憶した命令として実施することもできる。機械読み取り式媒体は、機械（例えば、計算デバイス）で読み取り可能な形態で情報を記憶するか、又は伝送する任意の機構を含むことができる。例えば、機械読み取り式媒体は読み取り専用メモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、磁気ディスク記憶媒体、光記憶媒体、フラッシュメモリデバイス、電気、光、音響又は他の形態の伝搬信号（例えば、搬送波、赤外線信号、デジタル信号など）、及びその他を含むことができる。更に、ファームウェア、ソフトウェア、ルーチン、命令を、本明細書では特定の行為を実行するものとして記述することができる。しかし、このような記述は便宜的なものにすぎず、このような行為は実際には計算デバイス、プロセッサ、コントローラ、又はファームウェア、ソフトウェア、ルーチン、命令などを実行する他のデバイスの結果であることを認識されたい。

10

【0022】

[0036] このような実施形態を詳述する前に、本発明の実施形態を実施することができる例示の環境を提示することが有用であろう。

【0023】

[0037] 図1は、本発明の一実施形態による、放射源コレクタモジュールSOを含むリソグラフィ装置LAPを概略的に示す。この装置は、放射ビームB（例えばEUV放射）を調節するように構成された照明システム（イルミネータ）ILと、パターニングデバイス（例えばマスク又はレチクル）MAを支持するように構築されると共にパターニングデバイスを正確に位置決めするように構成された第1のポジショナPMに接続された支持構造（例えばマスクテーブル）MTと、基板（例えばレジストでコーティングしたウェーハ）Wを保持するように構築されると共に基板を正確に位置決めするように構成された第2のポジショナPWに接続された基板テーブル（例えばウェーハテーブル）WTと、パターニングデバイスMAによって放射ビームBに付与されたパターンを基板Wのターゲット部分C（例えば1つ以上のダイを含む）上に投影するように構成された投影システム（例えば反射型投影システム）PSと、を備えている。

20

30

【0024】

[0038] 照明システムは、放射の誘導、整形、又は制御を行うための、屈折、反射、磁気、電磁気、静電気型等の光学コンポーネント、又はその任意の組み合わせなどの種々のタイプの光学コンポーネントを含んでいてもよい。

【0025】

[0039] 支持構造MTは、パターニングデバイスの配向、リソグラフィ装置の設計及び、例えばパターニングデバイスが真空環境で保持されているか否か等の条件に応じた方法でパターニングデバイスMAを保持する。この支持構造は、パターニングデバイスを保持するために、機械式、真空式、静電式等のクランプ技術を使用することができる。支持構造は、例えばフレーム又はテーブルでよく、必要に応じて固定式又は可動式でよい。支持構造は、パターニングデバイスが例えば投影システムに対して確実に所望の位置に来るようにしてもよい。

40

【0026】

[0040] 本明細書において使用する「パターニングデバイス」という用語は、基板のターゲット部分にパターンを生成するように、放射ビームの断面にパターンを与えるために使用し得る任意のデバイスを指すものとして広義に解釈されるべきである。放射ビームに与えられるパターンは、集積回路などのターゲット部分に生成されるデバイスの特定の機能層に相当する。

【0027】

[0041] パターニングデバイスは透過性又は反射性でよい。パターニングデバイスの例に

50

は、マスク、プログラマブルミラーアレイ、及びプログラマブルLCDパネルがある。マスクはリソグラフィにおいて周知のものであり、これには、バイナリマスク、レベンソン型(alternating)位相シフトマスク、ハーフトーン型(attenuated)位相シフトマスクのようなマスクタイプ、更には様々なハイブリッドマスクタイプも含まれる。プログラマブルミラーアレイの一例として、小さなミラーのマトリクス配列を使用し、そのミラーは各々、入射する放射ビームを異なる方向に反射するよう個々に傾斜することができる。傾斜したミラーは、ミラーマトリクスによって反射する放射ビームにパターンを与える。

【0028】

[0042] 投影システムは、照明システムと同様に、用いる露光放射に合わせて、又は真空の使用等の他のファクタに合わせて適宜、屈折、反射、磁気、電磁気、及び静電気、もしくは他のタイプの光学コンポーネント等の様々なタイプの光学コンポーネント、又はその組み合わせを含むことができる。EUV放射に真空を用いることが望ましい場合がある。これは、他のガスでは多量の放射を吸収し過ぎる恐れがあるからである。従って、真空壁及び真空ポンプを利用することで、ビーム経路全体に真空環境を与えることができる。

【0029】

[0043] 本明細書で示すように、装置は反射型である（例えば反射型マスクを使用する）。

【0030】

[0044] リソグラフィ装置は、2つ（デュアルステージ）又はそれ以上の基板テーブル（及び／又は2つ以上のマスクテーブル）を有するタイプでよい。このような「マルチステージ」機械においては、追加のテーブルを並行して使用するか、1つ以上の他のテーブルを露光に使用している間に1つ以上のテーブルで予備工程を実行することができる。

【0031】

[0045] 図1を参照すると、イルミネータILは放射源コレクタ装置SOから極端紫外線放射ビームを受け取る。EUV放射を生成するための方法は、必ずしも限定されるわけではないが、例えばキセノン、リチウム、又はスズ等の、EUV範囲内に1つ以上の輝線を有する少なくとも1つの元素を有する材料をプラズマ状態に変換することを含む。レーザ生成プラズマ（「LPP」）と称されることが多いそのような方法の1つにおいては、必要な輝線を発する元素を有する材料の液滴、流れ、又はクラスタ等の燃料にレーザビームを照射することによって、必要なプラズマを生成することができる。放射源コレクタ装置SOは、燃料を励起するレーザビームを供給するための図1には示していないレーザを含むEUV放射システムの一部とすることができる。その結果生じるプラズマは、例えばEUV放射等の出力放射を放出し、これは放射源コレクタ装置に配置された放射コレクタを用いて収集される。例えばCO₂レーザを用いて燃料励起のためのレーザビームを供給する場合、レーザ及び放射源コレクタ装置は別個の構成要素であり得る。

【0032】

[0046] そのような場合、レーザはリソグラフィ装置の一部を形成すると見なされず、レーザビームは、例えば適切な誘導ミラー及び／又はビームエキスパンダを備えたビームデリバリシステムを利用することで、レーザから放射源コレクタ装置へと渡される。

【0033】

[0047] 放電生成プラズマ（「DPP」）と称されることが多い代替的な方法においては、放電によって燃料を蒸発させることでEUV放出プラズマを生成する。燃料は、EUV範囲内に1つ以上の輝線を有するキセノン、リチウム、又はスズ等の元素とすればよい。放電は電力供給部によって発生可能である。電力供給部は、放射源コレクタ装置の一部を形成するものとするか、又は放射源コレクタ装置への電氣的接続を介して接続された別個のコンポーネントとすることができる。

【0034】

[0048] イルミネータILは、放射ビームの角度強度分布を調整するためのアジャスタを備えることができる。通常、少なくとも、イルミネータの瞳面における強度分布の外側又は内側半径範囲（一般にそれぞれ、 σ -outer及び σ -innerと呼ばれる）を調節することが

10

20

30

40

50

できる。また、イルミネータ I L は、ファセットフィールドミラーデバイス及びファセット瞳ミラーデバイス等の他の種々のコンポーネントを備えることができる。イルミネータを用いて放射ビームを調節し、その断面にわたって所望の均一性と強度分布とが得られるようにしてもよい。

【0035】

[0049] 放射ビーム B は、支持構造（例えばマスクテーブル）M T 上に保持されたパターンニングデバイス（例えばマスク）M A に入射し、パターンニングデバイスによってパターンニングされる。パターンニングデバイス（例えばマスク）M A から反射された後、放射ビーム B は投影システム P S を通過し、投影システム P S は、ビームを基板 W のターゲット部分 C 上に合焦させる。第 2 のポジション P W 及び位置センサ P S 2（例えば干渉計デバイス、リニアエンコーダ、又は容量センサ）を利用することで、基板テーブル W T は、例えば、様々なターゲット部分 C を放射ビーム B の経路に位置決めするように正確に移動できる。同様に、第 1 のポジション P M 及び別の位置センサ P S 1 を用いて、放射ビーム B の経路に対してパターンニングデバイス（例えばマスク）M A を正確に位置決めすることができる。パターンニングデバイス（例えばマスク）M A 及び基板 W は、マスクアラインメントマーク M 1、M 2 及び基板アラインメントマーク P 1、P 2 を用いて位置合わせすることができる。

10

【0036】

[0050] 図示のリソグラフィ装置は、以下のモードのうち少なくとも 1 つにて使用可能である。

20

【0037】

[0051] ステップモードでは、支持構造（例えばマスクテーブル）M T 及び基板テーブル W T は基本的に静止状態に維持される一方、放射ビームに与えられたパターン全体が 1 回でターゲット部分 C に投影される（すなわち単一静的露光）。次に、別のターゲット部分 C を露光できるように、基板テーブル W T が X 及び／又は Y 方向に移動される。

【0038】

[0052] スキャンモードでは、支持構造（例えばマスクテーブル）M T 及び基板テーブル W T は同期的にスキャンされる一方、放射ビームに与えられるパターンがターゲット部分 C に投影される（すなわち単一動的露光）。支持構造（例えばマスクテーブル）M T に対する基板テーブル W T の速度及び方向は、投影システム P S の拡大率（縮小率）及び像反転特性によって求めることができる。

30

【0039】

[0053] 別のモードでは、支持構造（例えばマスクテーブル）M T はプログラマブルパターンニングデバイスを保持して基本的に静止状態に維持され、基板テーブル W T を移動又はスキャンさせながら、放射ビームに与えられたパターンをターゲット部分 C に投影する。このモードでは一般にパルス状放射源を用い、基板テーブル W T を移動させるたびに又はスキャン中に連続する放射パルスの中で、プログラマブルパターンニングデバイスを必要に応じて更新する。この動作モードは、以上で言及したようなタイプのプログラマブルミラーアレイ等のプログラマブルパターンニングデバイスを使用するマスクレスリソグラフィに容易に利用できる。

40

【0040】

[0054] 上述した使用モードの組み合わせ及び／又は変形、又は全く異なる使用モードも利用できる。

【0041】

[0055] 図 2 は、放射源コレクタ装置 S O、照明システム I L、及び投影システム P S を含むリソグラフィ装置 100 を更に詳細に示す。放射源コレクタ装置 S O は、この放射源コレクタ装置 S O の閉鎖構造 220 に真空環境を維持できるように構築及び構成されている。放電生成プラズマ源によって、E U V 放射を発するプラズマ 210 を形成することができる。E U V 放射は、例えば X e ガス、L i 蒸気、又は S n 蒸気等の気体又は蒸気により生成することができ、この場合、極めて高温のプラズマ 210 が生成されて

50

電磁スペクトルのEUV範囲内の放射を発する。極めて高温のプラズマ210は、例えば放電によって少なくとも部分的にイオン化したプラズマを生じることにより生成される。効率的な放射発生のために、例えば分圧が10PaのXe、Li、Snの蒸気又は他のいずれかの適切な気体もしくは蒸気が必要となる場合がある。一実施形態では、EUV放射を生成するため、励起したスズ(Sn)のプラズマを供給する。

【0042】

[0056] 高温のプラズマ210が発した放射は、放射源チャンバ211からコレクタチャンバ212内へ、放射源チャンバ211の開口内又は開口の後ろに位置決めされた任意の気体バリア又は汚染トラップ230（場合によっては汚染バリア又はフォイルトラップとも称される）を介して送出される。汚染トラップ230は、チャンネル構造を含むことができる。また、汚染トラップ230は、気体バリア又は気体バリアとチャンネル構造との組み合わせを含むことができる。本明細書で示す汚染トラップ又は汚染バリア230は、少なくとも、当技術分野において既知のチャンネル構造を含む。

10

【0043】

[0057] コレクタチャンバ212は、いわゆるすれすれ入射（grazing incidence）コレクタとすることができる放射コレクタCOを含み得る。放射コレクタCOは、上流放射コレクタ側251及び下流放射コレクタ側252を有する。コレクタCOを横断した放射は、格子スペクトルフィルタ240で反射させて、仮想放射源点IFに合焦させることができる。仮想放射源点IFは一般に中間焦点と称され、放射源コレクタ装置は、中間焦点IFが閉鎖構造220の開口219に又はその近傍に位置するように構成されている。仮想放射源点IFは、放射を発するプラズマ210の像である。格子スペクトルフィルタ240は、特に赤外線（IR）放射を抑制するために用いられる。

20

【0044】

[0058] この後、放射は照明システムILを横断する。照明システムILは、パターニングデバイスMAにおいて放射ビーム221の所望の角度分布を与えると共にパターニングデバイスMAにおいて所望の放射強度均一性を与えるように配置されたファセットフィールドミラーデバイス222及びファセット腫ミラーデバイス224を含むことができる。支持構造MTによって保持されたパターニングデバイスMAで放射ビーム221が反射されると、パターニングされたビーム226が形成され、このパターニングされたビーム226は、投影システムPSにより、反射要素228、230を介して、ウェーハステージ又は基板テーブルWTにより保持された基板W上に結像される。

30

【0045】

[0059] 一般に、照明光学ユニットIL及び投影システムPSには、図示するよりも多くの要素が存在し得る。格子スペクトルフィルタ240は、リソグラフィ装置のタイプに応じて任意に存在し得る。更に、図示するよりも多くのミラーが存在する場合があります、例えば投影システムPSには図2に示すものに対して1つから6つの追加の反射要素が存在することがある。

【0046】

[0060] 図2に示すようなコレクタ光学部品COは、コレクタ（又はコレクタミラー）の単なる一例として、すれすれ入射リフレクタ253、254、及び255を有する入れ子状のコレクタとして示される。すれすれ入射リフレクタ253、254、及び255は、光軸Oを中心として軸方向に対称に配置され、このタイプのコレクタ光学部品COは、DPP放射源と呼ばれることが多い放電生成プラズマ源と組み合わせて用いることが好ましい。

40

【0047】

レチクルを冷却するための方法及びシステム

[0061] 図3は、一実施形態によるリソグラフィ装置の一部の断面図を示す。具体的には、図3は、クランプ310に結合されたレチクル300を示す。クランプ310は、チャック320に結合（例えば接合）されている。上述のように、レチクルは、入射する放射ビームにパターンを付与するデバイスである。例えば、レチクル300はパターニングさ

50

れた反射性表面を含むことができる（例えばアレイ状に配列された複数のミラーであり、それらの状態を制御することで入射ビームに付与するパターンを決定することができる）（図3において、入射する放射ビームは矢印350を用いて示している）。

【0048】

[0062] 一実施形態において、クランプ310は静電クランプとすることができる。例えば、クランプ310は、レチクル300を所定位置に保持するために静電界を発生することができる。以下で詳述するように、静電クランプ310は、この静電界を発生する電極を含むことができる。

【0049】

[0063] 一例において、クランプ310は第1の基板312及び第2の基板314を含む。第1の基板312は対向する表面313及び315を有し、第2の基板314は対向する表面317及び319を有する。第1の基板312の表面313の上に突起316が配置されている。図3に示すように、突起316はレチクル300に接触している。

10

【0050】

[0064] レチクル300は、入射する放射ビームを受けると、入射ビームからの電力を吸収して加熱される。例えば、入射ビームは28ワットの電力を与え得る。加熱されると、レチクル300の一部が変形することがある。例えばレチクル300が反射性表面を含む実施形態では、その表面の一部が変形する場合がある。一実施形態では、この変形を防ぐため、レチクル300を実質的に室温（約22℃）に保つことが望ましい。

【0051】

20

[0065] レチクル300のこの温度制御を達成するため、クランプ310は室温より低い温度に維持することができる（例えば14℃）。クランプ310とレチクル300との（例えば突起316を介した）接触によって、レチクル300からクランプ310に熱を伝達することができる。冷却剤充填チャネルを用いる従来のクランプとは異なり、クランプ310は、冷却のために用いられる冷却要素318を含む。本明細書の記載に基づいて当業者には認められるであろうが、クランプにおける冷却剤充填チャネルは多くの問題を生じる恐れがある（例えばチャネルに亀裂が入り、冷却剤の漏れを招くことがある）。

【0052】

[0066] 図示する例では、冷却要素318は第1及び第2の基板312及び314間に位置している。例えば図3に示すように、冷却要素318は第1の基板312の表面315と第2の基板314の表面317との間に位置している。冷却要素318は、第1の表面312の表面315から第2の基板314の表面317へと電子の移動を引き起こすように構成することができる。電子が第1の基板312から第2の基板314へ移動すると熱が放散又は移動し、これによって第1の基板312が冷却される。以下で詳述するように、冷却要素318は多種多様な技術を用いて実施可能である（例えば熱電冷却又は熱トンネリング冷却）。

30

【0053】

[0067] 一例において、図3の実施形態に示すように、冷却要素318の各々は突起316のそれぞれに対して実質的に位置合わせされている。一実施形態では、この位置合わせはクランプ310及びレチクル300の構造的な安定性を維持し、これによってレチクル300の変形を更に軽減する。

40

【0054】

[0068] 一例において、クランプ310はチャック320に接合されている。一実施形態では、クランプ310はチャック320に光学的に接合されている。当業者には認められるであろうが、他のタイプの接合又は結合も使用可能である。

【0055】

[0069] 一実施形態では、チャック320はクランプ310のためのヒートシンクとして機能することができる。上記のように、冷却要素318を用いて第1の基板312から熱を伝達することができる。熱がクランプ310に蓄積するのを防ぐために、チャック320がヒートシンクとして機能してこの熱をシステムから除去することができる。例えば図

50

3に示すように、チャック320はチャンネル322を含む。チャンネル322は、冷却剤（例えば水）の流れを収容するように構成することができる。冷却剤を用いてチャック320の温度を一定に維持し、これによってシステムから熱を除去することができる。例えば、冷却剤は22℃に維持された水とすればよい。

【0056】

[0070] 第1及び第2の基板312及び314並びにチャック320は、リソグラフィ装置においてクランプを形成するために用いられる多種多様な材料から生成することができる。図3に示すように、第1の基板312はレチクル300に接触し、第2の基板314は第1の基板312に接触し、チャック320は第2の基板314に接触している。このため、第1の基板312、第2の基板314、又はチャック320のいずれかが変形するとレチクル300を変形させる可能性がある。従って一実施形態では、第1の基板312、第2の基板314、及び／又はチャック320を、ゼロ（又は実質的にゼロ）熱膨張材料から形成することができる。例えば、シリコンベースのガラスセラミック材料及び多層ガラス材料は、ゼロ（又は実質的にゼロ）熱膨張材料の特性を有することが多い。例えば、使用可能な1つの材料はZerodur（商標）である（SCHOTT社により製造される）。第1の基板312、第2の基板314、及びチャック320は、同一の材料又は異なる材料から形成することができる。

10

【0057】

[0071] 従って、冷却要素318を用いることで、クランプ310の第1の基板312を約14℃の温度に維持することができ、熱により誘発されるレチクル300の変形を軽減又は解消することができる。

20

【0058】

[0072] 図17は、一実施形態によるリソグラフィ装置の一部の断面図を示す。具体的には、図17は、クランプ1710に結合されたレチクル300を示す。クランプ1710はクランプ310と実質的に同様であるが、クランプ1710が更に第3の基板1702も含む点が異なっている。図17に示すように、第3の基板1702は第1の基板312の第1の表面313に結合され、突起316は第3の基板1702の上面に形成されている。一実施形態では、第3の基板1702は、第1及び第2の基板312及び314の形成に用いる材料と同様の材料から形成することができる（例えば多層材料又はガラスセラミック材料等、ゼロ又は実質的にゼロの熱膨張係数材料）。

30

【0059】

[0073] 図4は、一実施形態によるリソグラフィ装置の一部の機能断面図を示す。具体的には、図4はクランプ410及びチャック320の一実施形態を示す。図4に示す実施形態において、冷却要素は、熱電冷却（TEC）パンプ406として実施されている。例えば図4に示すように、TECパンプ406は、第1の基板312の表面315と第2の基板314の表面317との間に位置している。TECパンプ406の各々は、突起316のそれぞれに対して位置合わせされている。

【0060】

[0074] 一例において、TEC要素はペルチェ効果を利用することにより動作する。2つの異種の材料間に電子が流れると、一方の材料は冷たくなり、他方は温かくなる。特に、電子が第1の材料から第2の材料に移動すると、電子はそれらと共に熱を持っていく。例えば図4の実施形態では、TECパンプ406の各々の対向端部間に電圧差が生じて、これを流れる電流を発生させ得る。この電流を用いて、第1の基板312から第2の基板314へと熱を伝達することができる。

40

【0061】

[0075] 図4に示すように、チャック320にはコントローラ450が結合されている。一実施形態では、コントローラ450を用いて可変冷却を行うことができる。例えばコントローラ450は、TECパンプ406の各々を流れる電流量を制御するように構成することができる。これによってコントローラ450は、レチクル300の異なる部分で変動する冷却の要求に応えることができる。例えば、第1の基板312全体が約14℃を保つ

50

ように、コントローラ 450 を用いて電流を調節することができる。

【0062】

[0076] 更に、第1の基板312から伝達される熱量を制御する機能を用いて、第1の基板312の熱伝達特性が良好でない場合でも、これを埋め合わせることができる。特に、コントローラ450を用いて第1の基板312から第2の基板314へと流れる電流量を増大させることで、第1の基板312の熱伝達特性が良好でない場合でも、これに対応することができる。これに対して、冷却剤に基づく静電クランプでは、クランプの熱伝達特性が良好でない場合、レチクルのできるだけ近くに冷却剤チャンネルを配置しなければならない。

【0063】

[0077] 一実施形態において、コントローラ450は、TECパンプ406の各々の電氣的接続を介して可変冷却を行うように構成することができる。例えばコントローラ450は、第1及び第2の基板312及び314並びにチャック320に形成された配線層を介して、TECパンプ406に電氣的に接続することができる。この電氣的接続により、コントローラ450はTECパンプ406の各々の電圧差を制御して、TECパンプ406の各々を流れる電流を制御することができる。

【0064】

[0078] 本明細書の記載に基づいて当業者には認められるであろうが、コントローラ450とTECパンプ406との間の電氣的接続を確立するために他の構成も使用可能である。例えば、コントローラ450を第1の基板312に直接結合することで、第2の基板314及びチャック320に配線層を設ける必要をなくすことができる。

【0065】

[0079] 図4に示す実施形態では、表面315及び317は、ダイヤモンド状炭素(DLC)コーティング402及び404によってそれぞれ覆われている。一実施形態では、DLCコーティング402及び404は、第1の基板312と第2の基板314との間の熱伝達を増大させることができる。DLCコーティング402及び404の存在は任意選択である。すなわち、一方又は双方を省略してもよい。他の実施形態では、DLCコーティング402及び404の代わりに又はこれらに加えて、熱伝達を促進する他のコーティングを用いることも可能である。

【0066】

[0080] 図4に示すように、第2の基板314はシリコン層408を含む。一実施形態では、シリコン層408を用いてTECパンプ406の形成を容易にすることができる。例えば一実施形態において、TECパンプ406は、第2の基板314の表面317上に直接堆積プロセスを行うことで生成可能である。この堆積プロセスは、シリコン層408を含むことによって支援することができる。具体的には、標準的な堆積プロセスは、シリコン上への材料の堆積向けに設計されることが多い。このため、シリコン層408を含むことで、これらの標準的なプロセスを用いてTECパンプ406を生成することができる。しかしながら、シリコン層408が存在することは必須ではない。例えばTECパンプ406は、第2の基板314上への直接堆積によって生成することができる。あるいは、TECパンプ406の生成を容易にするために、シリコン層408の代わりに又はこれに加えて他の層を用いることも可能である。

【0067】

[0081] 図5は、一実施形態によるTECパンプ500の一実施形態を示す断面図を示す。図5に示すように、パンプ500は、金属パッド502、はんだパンプ524、支柱506、金属パッド508、熱電層510、金属トレース512、及び金属トレース514を含む。

【0068】

[0082] 図5に示すように、第1の基板312から第2の基板314に熱を伝達するため、電子は金属トレース512から、熱電層510、金属パッド508、支柱506、パンプ524、パッド502、及び金属トレース514を通して流れる。一実施形態では、金

10

20

30

40

50

属トレース 5 1 2 及び 5 1 4 並びにパッド 5 0 2 及び 5 0 8 は、例えば銅又はアルミニウム等の導電性材料から形成することができる。更に、一実施形態では、支柱 5 0 6 は、はんだリフロープロセス中にはんだバンプ 5 2 4 とつながって、第 1 及び第 2 の基板 3 1 2 及び 3 1 4 間の電氣的相互接続を確立するように構成することができる。支柱 5 0 6 は、例えば銅又はアルミニウム等の導電性材料から形成することができる。

【0069】

[0083] 一実施形態では、熱電層 5 1 0 を n ドープ又は p ドープのいずれかとして、第 1 の基板 3 1 2 から第 2 の基板 3 1 4 への電子のアクティブな移動を可能とすることができる。更に別の実施形態では、異なるバンプ 5 0 0 は異なるドーピングの熱電層 5 1 0 を含むことができる。例えば、隣接するバンプ 5 0 0 でドーピングを交互にすることにより、第 1 及び第 2 の基板 3 1 2 及び 3 1 4 間に完全な回路ループを形成可能としてもよい（電流は n ドープ熱電層を有するバンプを通過して一方向に流れ、p ドープ熱電層を有するバンプを通過して反対方向に流れる）。

10

【0070】

[0084] パッド 5 0 2 及び 5 0 8 並びに金属トレース 5 1 2 及び 5 1 4 は、例えばコントローラ 4 5 0 のようなコントローラによって制御されるループ内に含むことができる。コントローラは、第 1 及び第 2 の基板 3 1 2 及び 3 1 4 間に流れる電流を調節して、第 1 の基板 3 1 2 から第 2 の基板 3 1 4 に伝達される熱量を制御することができる。

【0071】

[0085] 上述のように、クランプ 4 1 0 及びレチクル 3 0 0 の構造的な完全性を高めるため、TEC バンプ 5 0 0 等の冷却要素を突起 3 1 6 の各々と実質的に位置合わせすることができる。一実施形態では、TEC バンプとして実施される TEC 要素を用いることで、突起 3 1 6 と各冷却要素との位置合わせが向上する。具体的には、TEC バンプ 5 0 0 の比較的小さいサイズ（例えば長さ、幅、及び厚さが 1 0 0 μm のオーダー）により、TEC バンプ 5 0 0 の分解能が上がるので、突起 3 1 6 との位置合わせを向上させることができる。

20

【0072】

[0086] 上述のように、TEC バンプ 5 0 0 を用いて第 1 の基板 3 1 2 から第 2 の基板 3 1 4 へと熱を伝達する。いったん熱が第 2 の基板 3 1 4 に伝達されると、熱はチャック 3 2 0 へと伝達され、これがヒートシンクとして機能することができる。第 2 の基板 3 1 4 からチャック 3 2 0 への熱伝達を容易にするため、第 2 の基板 3 1 4 は熱バイア 5 2 0 を含むことができる。熱バイア 5 2 0 には、例えば銅又はアルミニウム等の導電性材料を充填して、第 2 の基板 3 1 4 からチャック 3 2 0 への熱伝達を促進することができる。

30

【0073】

[0087] 図 6 は、一実施形態によるリソグラフィ装置の一部の断面図を示す。更に具体的には、図 6 は、チャック 3 2 0 及びクランプ 6 1 0 を含む断面図を示す。クランプ 6 1 0 は図 4 のクランプ 4 1 0 と実質的に同様であるが、TEC バンプ 4 0 6 の代わりに TEC 膜 6 0 2 が設けられている点異なる。一実施形態では、TEC 膜 6 0 2 は比較的薄くすることができる。例えば一実施形態において、TEC 膜 6 0 2 は 1 0 0 μm 厚さのオーダーとすることができる。

40

【0074】

[0088] 図 7 は、一実施形態による TEC 膜 6 0 2 の断面図を示す。図 7 に示すように、TEC 膜 6 0 2 は、金属面 7 0 2、伝導要素 7 0 4、及び金属プレート 7 0 6 を含む。図 7 に示すように、金属プレート 7 0 6 は隣接する伝導要素 7 0 4 を電氣的に結合する。伝導要素 7 0 4 は n ドープ又は p ドープとすることができ、第 1 の基板 3 1 2 から第 2 の基板 3 1 4 への電子の流れを容易にすることによって第 1 の基板 3 1 2 を冷却するために使用可能である。例えば図 7 の実施形態に示すように、伝導要素 7 0 4 は n ドープ及び p ドープを交互に配置して、第 1 及び第 2 の基板 3 1 2 及び 3 1 4 間を流れる電流のループを生成することができる。

【0075】

50

[0089] 図8は、チャック320及び静電クランプ810を含むリソグラフィ装置の一部の断面図を示す。クランプ810は図4に示すクランプ410と実質的に同様であるが、TECパンプ406の代わりにTECモジュール802が設けられている点異なる。一実施形態では、TECモジュール802の各々を表面315及び317に接合して、第1の基板312から第2の基板314までの電子の流れを容易にすることができる。一実施形態では、TECモジュール802は、厚さを約0.6mm、長さ及び幅を約1mmとすることができる。一実施形態では、糊を用いてTECモジュール802を表面315及び317に接合することができる。代替的な実施形態では、例えばはんだ又はナノフォイルはんだ等の他の接着方法も使用可能である。

【0076】

10

[0090] 図9は、一実施形態による、チャック320及びクランプ910を含むリソグラフィ装置の断面図を示す。クランプ910は図4に示すようなクランプ410と実質的に同様であるが、TECパンプ406の代わりに熱トンネル冷却(TTC)アレイ902が設けられている点異なる。

【0077】

[0091] TTC要素は、TEC要素と同様の方法で動作する。具体的には、電子を用いて一方の材料から他方へと熱を伝達する(例えば図9では第1の基板312から第2の基板314へ)。しかしながら、TEC要素とは異なり、TTC要素は2つの材料間に伝導体を含まない。TTC要素は、2つの材料間で電子を渡すために量子トンネリングのみを利用する。例えば図9では、TTCアレイ902はTTC要素のアレイを含み、この要素の各々は5nmのオーダの距離だけ分離した2枚の金属プレートを含むことができる。コントローラ450は、2枚の異なるプレートの電圧を制御することで、2枚のプレート間を通り抜ける(tunnel)電子の流れの大きさ及び方向を制御し、これによって第1の基板312から第2の基板314へと伝達される熱量を制御することができる。更に、TECパンプ406と同様に、TTCアレイ902の要素は各突起316と実質的に位置合わせすることができる。冷却要素を各突起316と位置合わせすることでクランプ910の構造的な安定性が向上するので、取り付けたレチクルの変形を軽減することができる。

20

【0078】

[0092] 図10は、一実施形態によるTTC要素1000の機能図を示す。TTC要素1000は金属プレート1002及び1004を含む。図10に示すように、金属プレート1002はコレクタプレートであり、金属プレート1004はエミッタプレートである。プレート1002及び1004は距離dだけ分離している。一実施形態では、距離dは5nmのオーダとすればよい。一実施形態において、TTC要素1000は、プレート1002及び1004間の距離dを維持することができるスペーサ1006を含む場合がある。スペーサ1006は適切な誘電材料から形成可能である。この実施形態では、TTC要素1000は、半導体材料及びエミッターコレクタ金属の特別なサンドイッチ構造によって製造される。スペーサ1006を化学的に除去して真空封止し、プレート1002と1004との間の距離dを維持する比較的小さい圧電アクチュエータが残される。真空ギャップにより伝動熱損失が生じることがなく(insulate)、このため高いカルノー効率を得られる。

30

【0079】

[0093] 電子は、プレート1004と1002との間の電圧差Vに基づいて、プレート1004からプレート1002へと通り抜けることができる。一実施形態では、例えばコントローラ450のようなコントローラが、アレイ内の各TTC要素について電圧Vを制御して、目的に適合した冷却を実行するように構成することができる。低エネルギーレベル(例えばフェルミ準位付近)の電子及び高エネルギーレベルの電子の双方が、プレート1004及び1002間のポテンシャル障壁の通り抜けに関与し、これによってエミッタからコレクタへと熱を伝達する。この際、広範囲のエミッタ電界において高い効率が維持される。

40

【0080】

50

[0094] 本明細書の記載に基づいて当業者には認められるであろうが、TTC要素は、最低冷却温度が約600℃である状況で使用され得ることが多い。この温度は、リソグラフィ装置の通常動作温度から大きく外れている。しかしながら、プレート1002及び1004をナノメートル範囲の距離に置くことで、電子はこの短い距離を通り抜けて熱を運ぶことができ、これによって約22℃の温度に冷却を行うことができる。エミッタプレート1004は特別な金属を用いている。一実施形態では、特別な金属はその表面に超格子又は共鳴トンネル構造を有し、それらはいずれも効率的にエミッタプレート1004に凹凸を形成する。これらのナノ構造が、エミッタ固体(solid)における電子の波特性と相互作用して、それらの挙動を変化させると共に材料の仕事関数を低下させ得る。仕事関数は、電子がエミッタの表面から出るために必要なエネルギー量と定義される。幅広いスペクトルの電子エネルギーが、真空熱イオン放出熱ポンピングに関与する。

10

【0081】

[0095] 一実施形態において、TTC要素はTEC要素よりも比較的高効率とすることができる。例えば、TTC要素のカルノー効率は40%から55%であり得るが、TEC要素のカルノー効率は5%から7%の間であり得る。

【0082】

コーディエライトからクランプを形成するための方法及びシステム

[0096] コーディエライトは、マグネシウム及び鉄ベースの結晶である。これは、クランプの作成に用いられる多くの材料よりも熱伝導率が高く、剛性も比較的高い。更に、コーディエライトは、室温において又は室温付近で実質的にゼロ熱膨張を示す。

20

【0083】

[0097] 図11は、一実施形態による、コーディエライトからクランプを形成する方法1100を示す。方法1100の全てのステップが必須であるわけではなく、図11に示す全てのステップを必ずしも図示する順序で実行しなければならないわけでもない。

【0084】

[0098] ステップ1102では、第1のコーディエライト層を形成する。例えば、図12に示すコーディエライト層1202を形成することができる。層1202はチャンネル1204を含む。一実施形態では、チャンネル1204は、クランプを通る冷却剤(例えば水)の流れを収容するように構成することができる。一実施形態では、層1202が「未加工の(green)」状態である間にチャンネル1204を形成することができる。「未加工の」状態では、層1202は多孔性であり、操作することができる。例えばチャンネル1204は、機械加工又は穿孔によって形成可能である。

30

【0085】

[0099] ステップ1104では、第1のコーディエライト層を第2のコーディエライト層に焼結する。例えば図12に示すように、層1202をコーディエライト層1206に焼結することができる。図12に示すように、層1206は実質的に平坦とすることができる。代替的な実施形態では、層1206は他の形状を有することも可能である。

【0086】

[00100] 一実施形態では、層1202及び1206の焼結により溶融接合が生成される。いったん層1202及び1206を接合したら、得られた組み合わせコーディエライト層にアニーリングを行って高密度状態とする。この高密度状態では、コーディエライトを操作することは難しくなり得る。一実施形態では、層1202及び1206は同時焼成接合を用いて結合することができる。同時焼成接合を生成するため、各々が「未加工の」状態である層1202及び1206を共にプレスし、約1,300℃に加熱されたオープンに入れることができる。

40

【0087】

[0100] あるいは、層1202及び1206は直接接合を用いて結合することも可能である。直接接合を生成するため、各々がすでに個別に焼結されて高密度状態となっている層1202及び1206を、約1,200℃に加熱されたオープン内で共にプレスすることができる。

50

【0088】

[0101] しかしながら、組み合わせ層の表面を平坦化するため、コーディエライト層を研磨及び／又は研削することも可能である。

【0089】

[0102] ステップ1106では、例えば薄膜堆積(TFD)を用いて、第3のコーディエライト層に複数の電極を形成する。例えば、図13Aはコーディエライト層1302の上面図を示す。図13Aに示すように、層1302にはトレンチ1304が形成されている。更に、層1302は、トレンチ内に形成されたパンプ1306も含むことができる。一実施形態では、トレンチ1304はIBF(ion beam figuring)を用いて形成することができる。パンプ1306を所定位置に残すことで、生成されるクランプに構造的な支持を与えることができる。図13Bに示すように、トレンチ1304に導電性材料1308を充填することができる。一実施形態では、導電性材料1308はアルミニウム(Al)である。導電性材料は、いったん硬化すると電極として機能することができる。

10

【0090】

[0103] 一実施形態では、トレンチ1304に導電性材料1308を充填する前に、平坦化のためトレンチ1304に誘電材料を適用することができる。例えばベンゾシクロブテン(BCB)の層を適用して、導電性材料1308が適用される表面を平坦化することができる。BCB層は、導電性材料1308のための接着剤として機能することも可能である。

【0091】

20

[0104] また、導電性材料1308に、誘電分離層(例えば二酸化シリコン(SiO₂))を適用することができる。更に別の実施形態では、誘電層は比較的薄く、例えば10μm未満である。薄い誘電層はクランプとレチクルとの間のギャップを縮小するので、薄い誘電層を用いると所与の電圧に対するクランプ力を増大させることができる。

【0092】

[0105] 別の実施形態では、薄膜転写(TFD)プロセスを用いて電極を形成することができる。TFDプロセスでは、シリコン(Si)ウェーハに窒素(N)を適用する。次いでウェーハに導電性材料(例えばAl)を適用し、導電性材料に誘電分離層(例えばSiO₂層)を適用することができる。次いでウェーハのシリコン部分を除去し(例えばエッチング又は研削によって)、電極を残せばよい。これらの電極はトレンチ1304に挿入することができる。

30

【0093】

[0106] ステップ1108では、第3のコーディエライト層を組み合わせた第1及び第2のコーディエライト層に接合する。例えば図14に示すように、層1302をコーディエライト層1402に接合する。一実施形態では、層1402は図12に示した層1202及び1206の組み合わせである。一実施形態では、層1302及び1402は、双方が高密度状態である時に組み合わせる。例えば、2つの層の寸法はこの接合プロセスを通して一定のままでなければならないので、接合を高密度状態で実行することができる。一実施形態では、層1302及び1402の接合は高圧でかつ高温を用いて実行することができる。

40

【0094】

[0107] 任意選択のステップ1110では、組み合わせたコーディエライト層上に突起を形成する。例えば図15に示すように、組み合わせたコーディエライト層1502上に突起1504を形成することができる。一実施形態では、組み合わせたコーディエライト層1502は層1302及び1402の組み合わせである。一実施形態では、突起の形成は、フォトレジストを塗布し、フォトレジストをパターニングし、例えば塩酸を用いて保護されていないコーディエライトの領域を溶解することによって実行可能である。更に別の実施形態では、突起にコーティングを塗布することができる。例えば図15に示すように、突起1504及びコーディエライト層1502の上面にコーティング1506を塗布する。コーティング1506は、例えば窒化チタン(TiN)コーティング等の導電性コー

50

ティングとすればよい。コーティング1506は、突起1504の表面上に残留電荷が蓄積するのを防ぐことによって付着作用を低減すると共に、突起1504に対する摩耗の影響を軽減することができる。また、コーティング1506を用いて（例えばコーティング1506の厚さを制御することによって）突起1504の表面特性を制御することも可能である。

【0095】

[0108] 一実施形態では、ステップ1110を省略してもよい。例えば以下に記載するように、コーディエライトクランプ自体の表面を用いて、レチクル等の物体に接触することも可能である。更に別の実施形態では、コーディエライトクランプの表面自体を用いる場合、例えばBCB材料等のコーディエライトクランプの表面を平坦化するために用いる誘電材料を、突起から（例えば研削によって）除去することができる。別の実施形態では、突起の表面粗さ（又はコーディエライトクランプの表面）を、例えばIBFを用いて制御することができる。

10

【0096】

[0109] 任意のステップ1111では、コーディエライトクランプの表面を、物体（例えばレチクル）に接触する（例えば触れる）ように構成する。例えば図14を参照すると、層1302の上面を研磨してレチクルに接触する又は触れることを可能とすることができる。一実施形態では、研磨はダイヤモンド研磨とすればよい。例えばダイヤモンド研磨を用いて、バンプの約20～30nmの高さが残るまで層1302の上面を研磨することができる。例えばコーディエライトは、研磨の後でも表面上にバンプのネットワークを与える混合型（mixed）化合物又は硬さの構造を含むことができる。これらのバンプは、クランプレチクル負荷寿命要求を満足させるのに十分な硬さを有することができる。このため、コーディエライトの表面上に残っているバンプを突起として効果的に用いることができる。

20

【0097】

[0110] 層1302の表面上の突起を省略すると、著しい利点を得られる。例えば突起を省略してその代わりにコーディエライトの表面上のバンプを用いると、クランプの製造のスループットを増大させることができる。更に、コーディエライトの表面粗さによって、クランプとクランプが保持する物体（例えばレチクル）との間の付着作用を低減させることができる。

30

【0098】

[0111] ステップ1112では、中間層を設ける。例えば図16に示すように、クランプ1502上に中間層1602を提供する。一実施形態では、中間層1602は、クランプ1502に陽極接合されるシリコンベースのガラスである（例えばZerodur（商標））。別の実施形態では、層1602は二酸化シリコン層である。そのような実施形態では、クランプ1502上で二酸化シリコン層を成長させることができる。別の実施形態では、中間層1602は金属層とすることができる。そのような実施形態では、クランプ1502上で金属層を成長させることにより、又はクランプ1502に予め形成した金属層を接合することにより、中間層1602を設けることができる。

【0099】

[0112] 中間層1602は、クランプ1502とチャック1604との間の接着性を向上させることができる。当業者には認められるであろうが、多くの場合、コーディエライトを他の構造と接触させることは困難である。例えば、コーディエライトが他の材料に接触することができる十分な円滑さに研磨することは困難である場合がある。このため、中間層1602を設けてこの中間層を研磨することで、クランプ1502とチャック1604との間の接合を強化することができる。

40

【0100】

[0113] ステップ1114では、クランプをチャックに結合する。例えば一実施形態では、クランプをチャックに光学的に接合する。例えば図16に示すように、中間層1602を用いることで、クランプ1502をチャック1604に光学的に接合することができる

50

。例えばクランプ1502を、300℃に加熱したオーブン内でチャック1604に対してプレスする。一実施形態では、ステップ1112は省略することも可能である。そのような実施形態では、クランプ1502をチャック1604に直接接合することができる。例えばクランプ1502を、300℃に加熱したオーブン内でチャック1604にプレスすることができる。

【0101】

[0114] 図18は、コーディエライト、BFガラス、及びClearceram（商標）（クリアセラム）ガラスの電気コンダクタンスを示すグラフ1800である。具体的には、グラフ1800は、所与の時間における材料上の表面電荷の保持を示す。図18に示すように、コーディエライトは、BFガラス及びClearceram（商標）ガラスに比べ、比較的よく表面電荷を保持する。従ってコーディエライトは、BFガラス又はClearceram（商標）ガラスよりも優れた絶縁体である。

10

【0102】

[0115] 図19は、コーディエライト層の異なる表面に印加された電圧差に対するコーディエライト層の応答を示すグラフである。図19に示すように、コーディエライト層は、経時的に異なる表面が電圧差を維持するのでヒステリシスを示し、これによってコーディエライトが高い電氣的分離特性を有することが示される。

【0103】

[0116] 本文ではICの製造におけるリソグラフィ装置の使用に特に言及しているが、本明細書で説明するリソグラフィ装置には他の用途もあることを理解されたい。例えば、これは、集積光学システム、磁気ドメインメモリ用誘導及び検出パターン、フラットパネルディスプレイ、液晶ディスプレイ（LCD）、薄膜磁気ヘッドなどの製造である。こうした代替的な用途に照らして、本明細書で「ウェーハ」又は「ダイ」という用語を使用している場合、それぞれ、「基板」又は「ターゲット部分」という、より一般的な用語と同義と見なしてよいことが、当業者には認識される。本明細書に述べている基板は、露光前又は露光後に、例えばトラック（通常はレジストの層を基板に塗布し、露光したレジストを現像するツール）、メトロロジーツール及び／又はインスペクションツールで処理することができる。適宜、本明細書の開示は、以上及びその他の基板処理ツールに適用することができる。更に基板は、例えば多層ICを生成するために、複数回処理することができ、従って本明細書で使用する基板という用語は、すでに複数の処理済み層を含む基板も指すことができる。

20

30

【0104】

[0117] 光リソグラフィの分野での本発明の実施形態の使用に特に言及してきたが、本発明は文脈によってはその他の分野、例えばインプリントリソグラフィでも使用することができ、光リソグラフィに限定されないことを理解されたい。インプリントリソグラフィでは、パターンニングデバイス内のトポグラフィが基板上に作成されたパターンを画定する。パターンニングデバイスのトポグラフィは基板に供給されたレジスト層内に刻印され、電磁放射、熱、圧力又はそれらの組み合わせを印加することでレジストは硬化する。パターンニングデバイスはレジストから取り除かれ、レジストが硬化すると、内部にパターンが残される。

40

【0105】

[0118] この文書において、リソグラフィ装置における静電クランプの使用について特に述べたが、本明細書に記載した静電クランプは他の用途を有し得ることは理解されよう。それらの他の用途としては、例えばマスク検査装置、ウェーハ検査装置、空間メトロロジ装置における使用や、更に一般的には、例えばプラズマエッチング装置又は堆積装置において、真空又は雰囲気（非真空）条件のいずれかでウェーハ（もしくは基板）又はマスク（もしくは他のパターンニングデバイス）等の物体を測定又は処理するいずれかの装置における使用が挙げられる。

【0106】

[0119] 本明細書で使用する「放射」及び「ビーム」という用語は、イオンビーム又は電

50

子ビームなどの粒子ビームのみならず、紫外線（UV）放射（例えば、365 nm、355 nm、248 nm、193 nm、157 nmもしくは126 nm、又はこれら辺りの波長を有する）及び極端紫外線光（EUV）放射（例えば、5 nm～20 nmの範囲の波長を有する）を含むあらゆるタイプの電磁放射を網羅する。

【0107】

[0120] 「レンズ」という用語は、状況が許せば、屈折、反射、磁気、電磁気及び静電気光学コンポーネントを含む様々なタイプの光学コンポーネントのいずれか一つ、又はその組み合わせを指すことができる。

【0108】

[0121] 本発明の具体的な実施形態について記載したが、本発明は記載したもの以外の方法でも実施可能であることは認められよう。この記載は本発明を限定することは意図していない。

10

【0109】

[0122] 特許請求の範囲を解釈するには、「発明の概要」及び「要約書」の項ではなく、「発明を実施するための形態」の項を使用するよう意図されていることを理解されたい。「発明の概要」及び「要約書」の項は、本発明者が想定するような本発明の1つ以上の例示的实施形態について述べることができるが、全部の例示的实施形態を述べることはできず、従って本発明及び添付の特許請求の範囲をいかなる意味でも限定しないものとする。以上では、特定の機能の実施態様を例示する機能的構成要素及びその関係を用いて本発明について説明してきた。これらの機能的構成要素の境界は、本明細書では説明の便宜を図って任意に画定されている。特定の機能及びその関係が適切に実行される限り、代替的境界を画定することができる。

20

【0110】

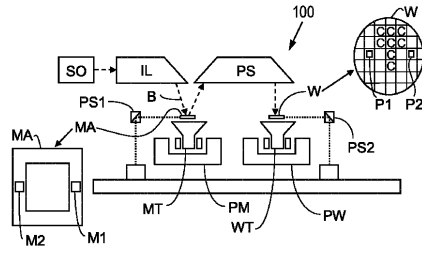
[0123] 特定の实施形態に関する以上の説明は、本発明の全体的性質を十分に明らかにしているので、当技術分野の知識を適用することにより、過度の実験をせず、本発明の全体的概念から逸脱することなく、このような特定の实施形態を容易に修正する、及び／又はこれらを様々な用途に適応させることができる。従って、このような適応及び修正は、本明細書に提示された教示及び案内に基づき、開示された实施形態の同等物の意味及び範囲内に入るものとする。本明細書の言葉遣い又は用語は説明のためのもので、限定するものではなく、従って本明細書の用語又は言葉遣いは、当業者には教示及び案内の観点から解釈されるべきことを理解されたい。

30

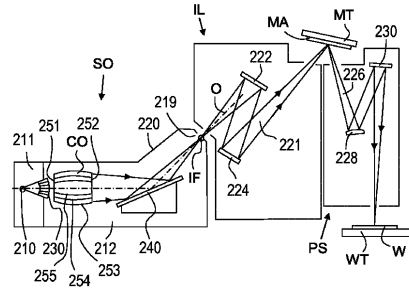
【0111】

[0124] 本発明の幅及び範囲は、上述した例示的实施形態のいずれによっても限定されず、特許請求の範囲及びその同等物によってのみ規定されるものである。

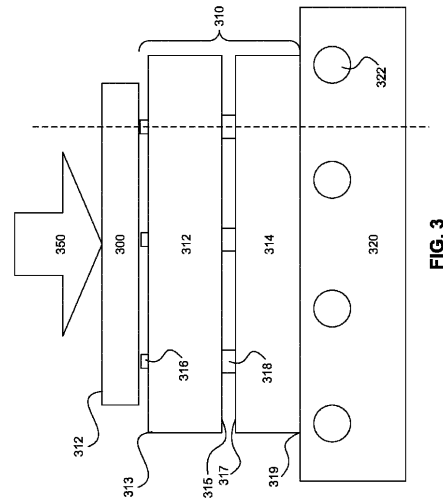
【図 1】

**Fig. 1**

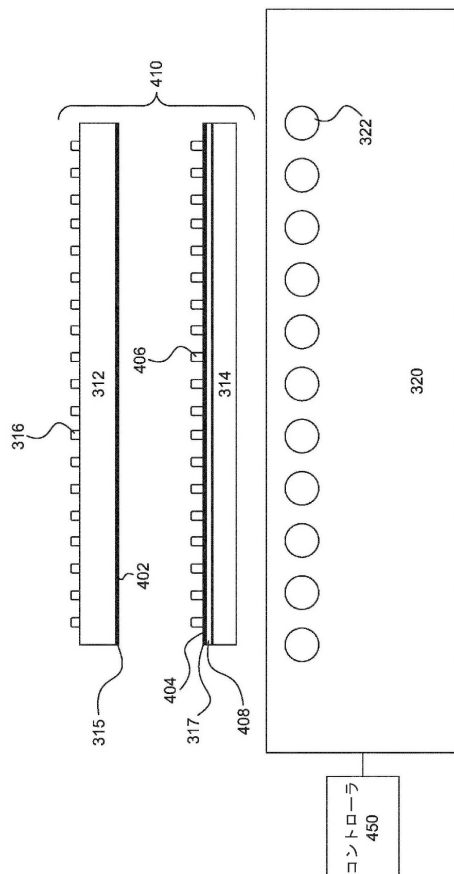
【図 2】

**Fig. 2**

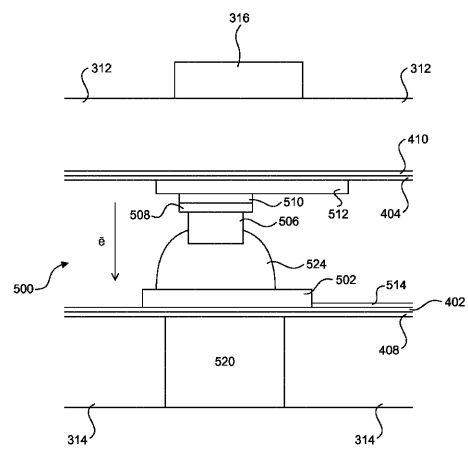
【図 3】

**FIG. 3**

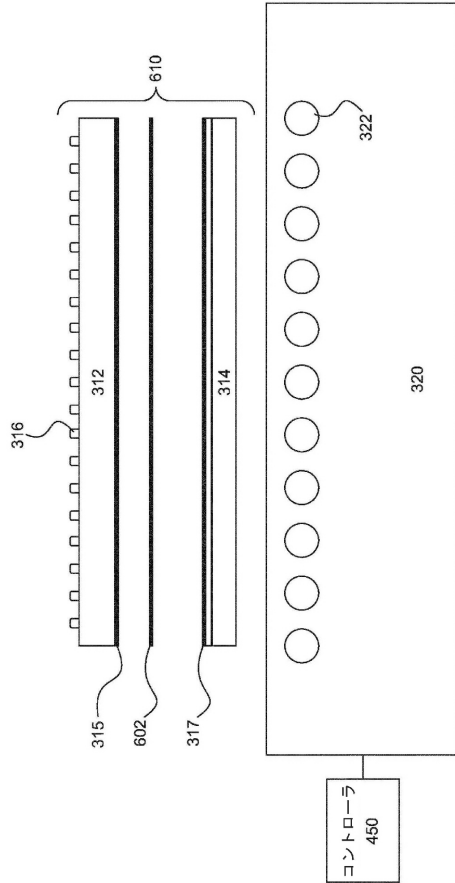
【図 4】



【図 5】

**FIG. 5**

【図 6】



【図 7】

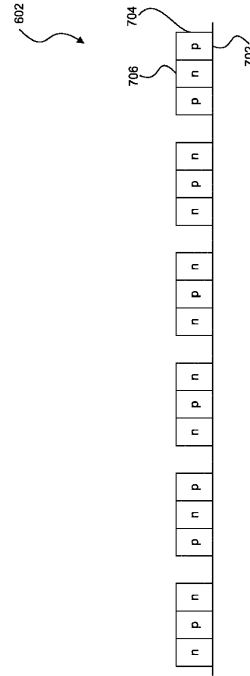
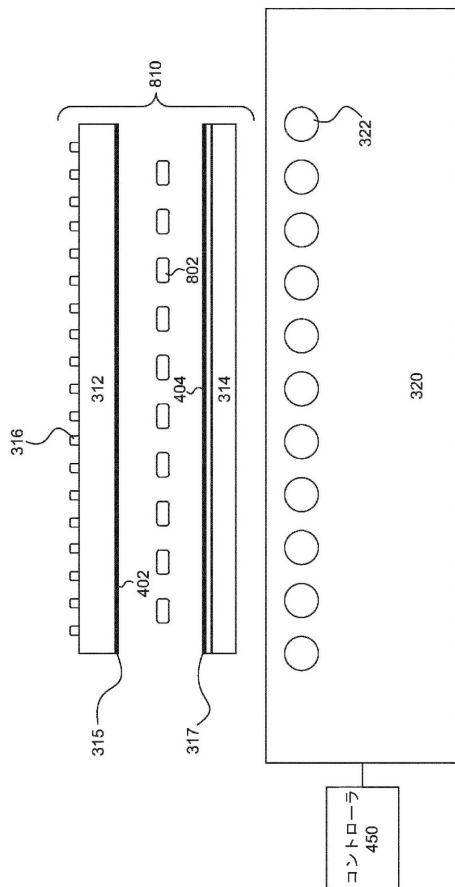
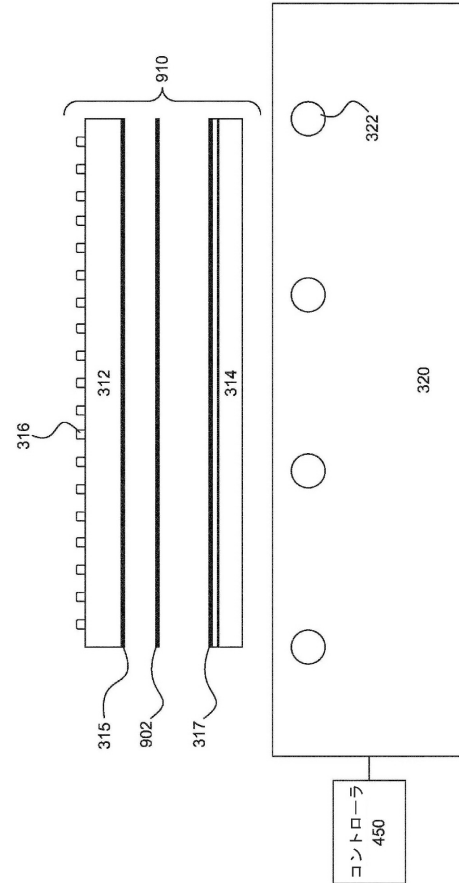


FIG. 7

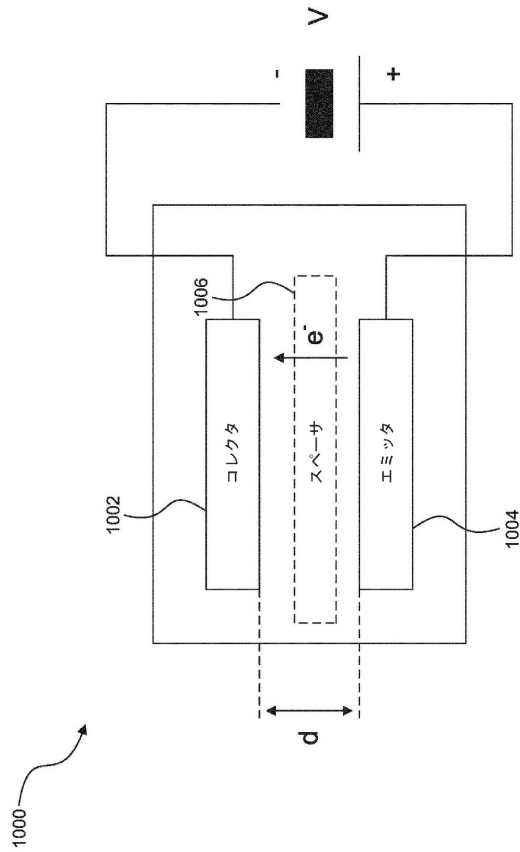
【図 8】



【図 9】

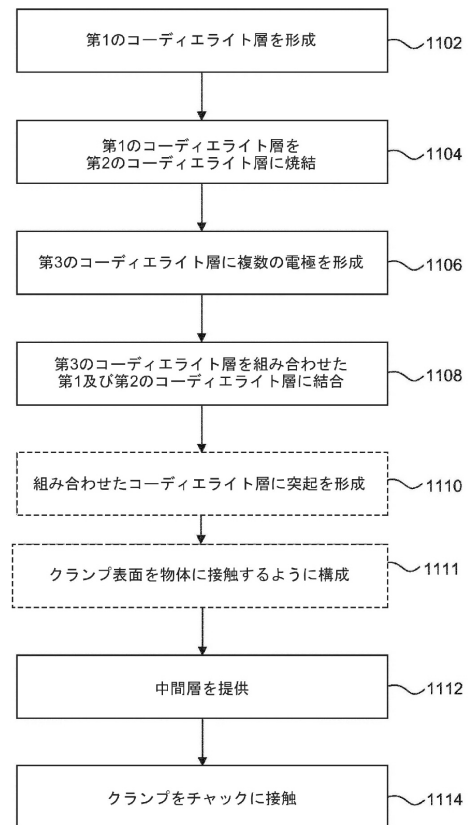


【図 10】



【図 11】

1100



【図 12】

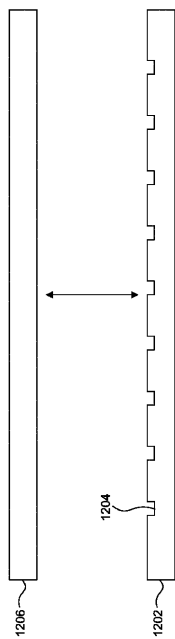


FIG. 12

【図 13 A】

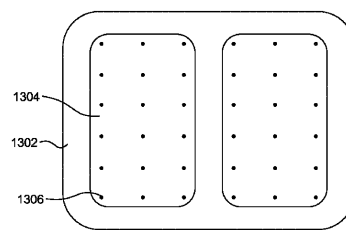


FIG. 13A

【図 13 B】

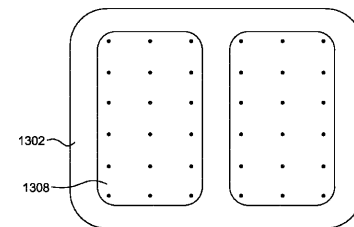
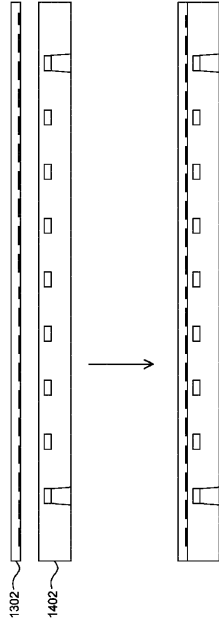
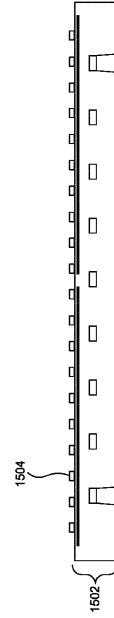


FIG. 13B

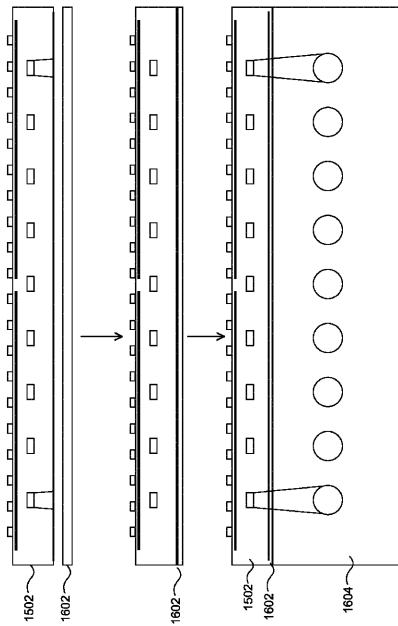
【図 1 4】



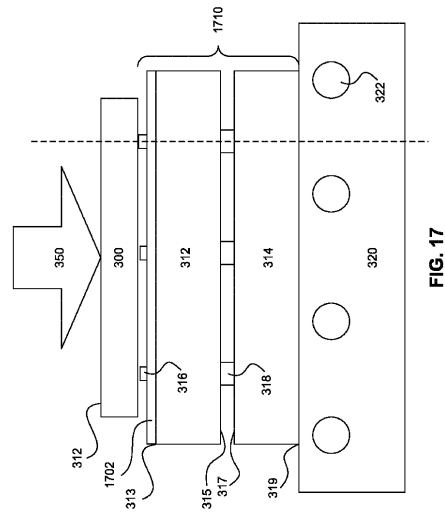
【図 1 5】



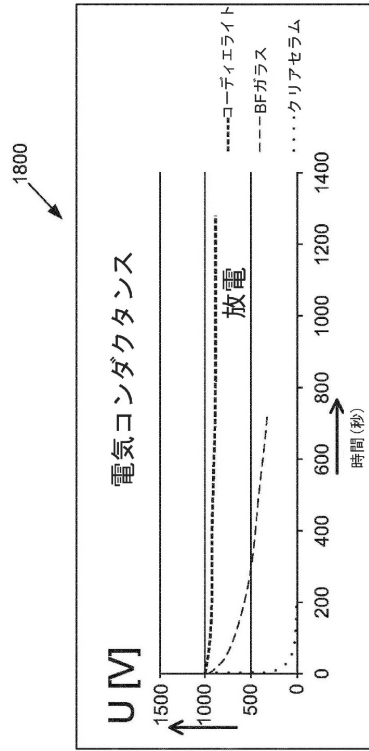
【図 1 6】



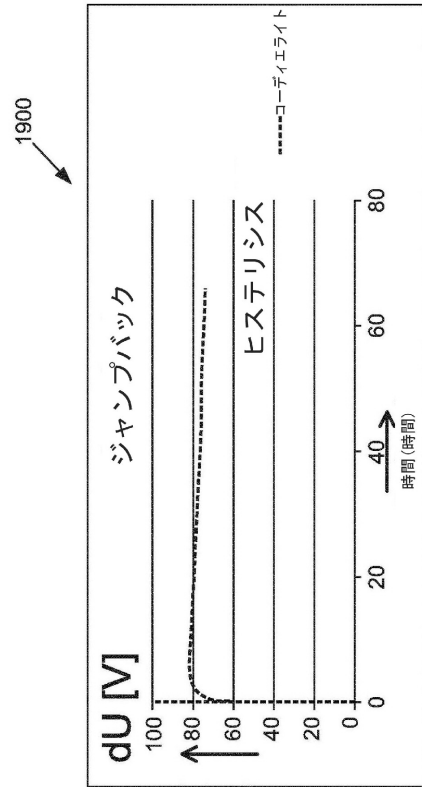
【図 1 7】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

- (74)代理人 100109346
弁理士 大貫 敏史
- (72)発明者 デルプエルト, サンティアゴ, イー
アメリカ合衆国, ニューヨーク州 12547, ミルトン, リリー レーン 14
- (72)発明者 リブソン, マシュー
アメリカ合衆国, コネチカット州 6907, スタンフォード, リッジウッド アベニュー 77
- (72)発明者 ヘンダーソン, ケネス
アメリカ合衆国, ニューヨーク州 10517-0118, クロンボンド, ピーオー ボックス
118
- (72)発明者 ラファール, レイモンド
オランダ国, ヘルモント エヌエルー5607 ジェイエス, ミデレルセルフ 4
- (72)発明者 マルコヤ, ルイス, ジョン
アメリカ合衆国, コネチカット州 6482, サンディー フック, ハニー レーン 30
- (72)発明者 ウィターダイク, タモ
アメリカ合衆国, コネチカット州 06897, ウィルトン, セイヤー ボンド ロード ウィル
トン 489
- (72)発明者 フェルメーレン, ヨハネス, ペトラス, マルティヌス, ベルナルドス
オランダ国, ヘルモント エヌエルー5708 ゼットジェイ, デ プラエッセ 16
- (72)発明者 デ グロート, アントニウス, フランシスカス, ヨハネス
オランダ国, サマレン エヌエルー5712 エルティー, デ ウェールデン 17エー
- (72)発明者 ヴァン デル ウィルク, ロナルド
オランダ国, ネグセル エヌエルー5511 エーシー, ヘト グルーン 23

審査官 新井 重雄

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2005/0132750 (US, A1)
欧州特許出願公開第02392552 (EP, A1)
欧州特許出願公開第01840657 (EP, A1)
国際公開第2009/032197 (WO, A1)
米国特許第06084938 (US, A)
特開平05-021308 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 7/20
H01L 21/683
G01N 21/956
H01L 21/027