

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5960154号
(P5960154)

(45) 発行日 平成28年8月2日(2016.8.2)

(24) 登録日 平成28年7月1日(2016.7.1)

(51) Int.Cl.

F 1

G03F 7/20 (2006.01)

G03F 7/20

503

H01L 21/027 (2006.01)

H01L 21/30

541 L

H01L 21/683 (2006.01)

H01L 21/68

R

請求項の数 13 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2013-542421 (P2013-542421)
 (86) (22) 出願日 平成23年9月21日 (2011.9.21)
 (65) 公表番号 特表2014-502053 (P2014-502053A)
 (43) 公表日 平成26年1月23日 (2014.1.23)
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2011/066387
 (87) 國際公開番号 WO2012/076207
 (87) 國際公開日 平成24年6月14日 (2012.6.14)
 審査請求日 平成26年9月19日 (2014.9.19)
 (31) 優先権主張番号 61/421,076
 (32) 優先日 平成22年12月8日 (2010.12.8)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 503195263
 エーエスエムエル ホールディング エヌ
 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 ヘルムス, ピーター, リチャード
 アメリカ合衆国, コネチカット州 067
 76, ニュー ミルフォード, レイノルズ
 フーム ロード 29

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】静電クランプ、リソグラフィ装置、および静電クランプの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

実質的な固定面において物体を保持する静電クランプであって、
 基部と該基部から延在する複数のバールとを含むサポートであって、該複数のバールの
 各々は頂部と底部とを含み、該バールの該頂部は前記物体が保持される平面を決定する、
 サポートと、

隣接するバール間に設けられた材料の第1層および材料の第2層であって、該第1層お
 よび該第2層は該隣接するバールの頂部より高く延在せず、該隣接するバールの底部より
 低く延在しない、第1層および第2層と、

前記隣接するバール間に設けられ、かつ前記第1層および前記第2層によって囲まれた
 電極と、を備え、

前記第1層は、各バールから第1距離だけ離れて設けられ、

前記第2層は、前記第1層と前記バールとの間の前記第1距離によって形成された領域
 の少なくとも一部内に設けられる、
 静電クランプ。

【請求項 2】

前記第1層および前記第2層は、同様の材料である、請求項1に記載の静電クランプ。

【請求項 3】

前記第2層は、前記第1層の上に設けられる、請求項1または2に記載の静電クランプ
 。

10

20

【請求項 4】

前記第1層、前記第2層、またはそれら両方は、誘電体材料を含む、請求項1乃至3のいずれか1項に記載の静電クランプ。

【請求項 5】

物体を物体サポートに対して静電的にクランプする静電クランプを製造する方法であって、該静電クランプは、基部と該基部から延在する複数のバールとを含むサポートであって、該複数のバールの各々は頂部と底部とを含み、該バールの該頂部は前記物体が保持される平面を決定する、サポートを備え、該方法は、

前記基部および前記バールの頂部の上に材料の第1層を設けることと、

前記第1層を含んで、前記基部および前記バールの上に電極を設けることと、

10

少なくとも前記第1層が前記バールから前記第1距離だけ離れるように、少なくとも第1層において前記複数のバールの周囲に第1凹みをエッティングで形成することと、

前記第1層を含む前記基部、前記第1凹み、および前記バールの前記頂部の上に材料の第2層を設けることと、

少なくとも前記材料の第2層が前記バールから前記第2距離だけ離れるように、少なくとも第2層において前記複数のバールの周囲に第2凹みをエッティングで形成することと、を含む、方法。

【請求項 6】

前記第1層および前記第2層は、同様の材料である、請求項5に記載の方法。

【請求項 7】

前記第1層、前記第2層、またはそれら両方は、誘電体材料を含む、請求項5または6に記載の方法。

20

【請求項 8】

前記第1層および/または前記第2層を設けることは、スパッタリングプロセスを用いること、化学蒸着プロセスを用いること、またはそれら両方を含む、請求項5乃至7のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 9】

前記第1凹みをエッティングで形成すること、および/または、前記第2凹みをエッティングで形成することは、レーザアブレーションプロセスを用いることを含む、請求項5乃至7のいずれか1項に記載の方法。

30

【請求項 10】

装置であって、

放射ビームのビーム経路において物体を支持する物体サポートと、

前記物体サポートに対して前記物体を静電的にクランプする静電クランプであって、

基部と該基部から延在する複数のバールとを含むサポートであって、該複数のバールの各々は頂部と底部とを含み、該バールの該頂部は前記物体が保持される平面を決定する、サポートと、

隣接するバール間に設けられた材料の第1層および材料の第2層であって、該第1層および該第2層は該隣接するバールの頂部より高く延在せず、該隣接するバールの底部より低く延在しない、第1層および第2層と、

40

前記隣接するバール間に設けられ、かつ前記第1層および前記第2層によって囲まれた電極と、を備える、静電クランプと、を備え、

前記第1層は、各バールから第1距離だけ離れて設けられ、

前記第2層は、前記第1層と前記バールとの間の前記第1距離によって形成された領域の少なくとも一部内に設けられる、

装置。

【請求項 11】

前記物体は、前記放射ビームによって露光される基板である、請求項10に記載の装置。

【請求項 12】

50

前記物体は、前記放射ビームにパターンを付けるパターニングデバイスである、請求項 10 または 11 に記載の装置。

【請求項 13】

前記装置はリソグラフィ装置であり、放射ビームにパターンを付けてパターン付き放射ビームを形成するパターニングデバイスを保持するパターニングデバイスサポートと、基板を保持する基板サポートと、パターン付き放射ビームを前記基板上に投影する投影システムと、を備え、前記物体サポートは、前記パターニングデバイスまたは前記基板サポートである、請求項 10 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

[関連出願の相互参照]

[0001] 本出願は、2010年12月8日に出願された米国仮出願第 61/421,076 号の利益を主張し、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

[0002] 本発明は、物体を保持する静電クランプ、そのようなクランプを含むリソグラフィ装置、およびそのようなクランプに関する方法に関する。

【背景技術】

【0003】

20

[0003] リソグラフィ装置は、所望のパターンを基板上、通常、基板のターゲット部分上に付与する機械である。リソグラフィ装置は、例えば、集積回路 (IC) の製造に用いることができる。そのような場合、IC の個々の層上に形成される回路パターンを生成するために、パターニングデバイス、例えば、マスク (レチカル) を用いることができる。このパターンは、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、ダイの一部、または 1 つ以上のダイを含む) に転写することができる。通常、パターンの転写は、基板上に設けられた放射感応性材料 (レジスト) 層上への結像によって行われる。一般には、単一の基板が、連続的にパターニングさ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。

【0004】

30

[0004] 静電クランプは、静電力を用いて物体をクランプするように動作するクランプである。そのようなクランプは、リソグラフィ装置において用いられ得る。例えば EUV 放射または電子ビーム放射を用いるリソグラフィ装置は、真空条件下で特定の領域において動作し得る。静電クランプは、そのような領域において物体をクランプするために有用であり得る。静電クランプは、マスクまたは基板 (ウェーハ) などの物体を、それぞれ、マスクテーブルまたは基板テーブルなどの物体サポートに対して静電的にクランプするためには用いられ得る。

【0005】

[0005] 図 2 および図 3 は、例えばアルミニウムから形成された熱伝導サポート 3、5 を含む静電チャック (クランプ) 2 上に配置された基板 1 を示している。基板 1 をチャック 2 上に位置決めするために、位置決めピン 13a、13b が、基板 1 の平らなエッジ 1a がピン 13a に当接し、丸みをつけたエッジ 13b がピン 13b に当接するように設けられてよく、それによって、基板 1 の位置を一義的に画定することができる。サポートは、厚さ 6 mm とすることができる周縁部 3 と、約 3.5 mm の厚さを有する、より薄い有孔中心部 5 とを有する。中心部は、直径 3 mm を有する断面が円形の穿孔または開口 6 を有する。また、静電チャック 2 は、開口 6 内に固定された銅のピラー 7 の形態をとる熱伝導部を含む。長さが 6 mm であり直径 3 mm を有するピラー 7 は、サポートの中心部と熱接触しており、また、その比較的大きいサイズにより、熱シンクとして機能することができる周縁部 3 と熱接触している。

【0006】

40

50

[0006] ピラー 7 は、同一の固定平面にある平らな端面 8 を有し、それにより、基板 1 は、平らな端面 8 の上に載ることができ、かつサポートの周縁部 3 の主要面 9 の上に載ることができる。このように、基板は、静電チャック 2 に対する固定平面において支持され得る。さらに、ピラー 7 は金属から形成されるので電気的に（および熱的に）伝導性を有し、それにより、基板 1 はその後面（すなわち、静電チャック 2 に面した表面）において、ピラー 7 によって電気的に接触される。

【0007】

[0007] また、チャック 2 は、例えばアルミニウムから形成され得るグリッド電極 10 の形態をとる導電部材を有する。実質的に、グリッド 10 は、直径 9.0 mm および厚さ 1.3 mm を有する円形である。グリッド 10 のメッシュは、直径 5 mm を有する円形開口 11 によって構成され得る。グリッド 10 は、ピラー 7 が開口 11 を通って延在するよう配置されるので、ピラー 7 間に延在する部分を有するが、ピラー 7 およびグリッド 10 は、誘電体材料層 12 によって互いに絶縁される。例えばエポキシ樹脂であり得る誘電体材料層 12 はグリッド 10 を囲み、それにより、グリッドをピラー 7 から絶縁することに加えて、グリッド 10 をサポートの中心部 5 から絶縁する。ピラー 7 およびサポート 2 の中心部 5 の両方からのグリッド 10 の隔離距離は、例えば 1 mm であり、誘電体層 10 はこれらのさまざまな部材間の空間全体を埋める。さらに、誘電体層はグリッド 10 の上面に存在するが、層 10 のこの部分は約 200 マイクロメートルの厚さを有する。以下により詳細に説明する通り、ピラー 7 は誘電体層 12 から突出してよく、それにより、基板 1 は層 12 から約 10 マイクロメートル離される。

10

20

【0008】

[0008] 基板 1 をチャック 2 に対して保持するために、基板 1 とグリッド電極 10 との間に電位差が与えられる。通常、この電位差は 4 kV である。電気接触が、サポート 2 からピラー 7 を介して基板 1 の後面に対して形成され、例えば約 4 kV のバイアス電位が、サポートの中心部 5 および誘電体層 12 を通って延在する電気接続部 4 を介してグリッド 10 に与えられる。従って、静電クランプ力が誘電体層 12 にわたって確立され、それにより、基板 1 は、実質的な固定平面においてチャック 2 のピラー 7 に対して保持される。クランプ力の大きさは、基板 1 と電極 10 との間の電位差の 2 乗に比例し、層 12 の誘電率に正比例し、基板 1 とグリッド 10 との間の距離の 2 乗に反比例する。

30

【0009】

[0009] 図 3 は、図 2 の基板 1 およびチャック 2 の、上方からの平面図であり、基板 1 は部分的に切り取られている。図 2 は、図 3 の線 I - I' に沿う断面を示している。図 3 に示すように、チャック 2 はピラー 7 の対称分布を有する。基板をチャックに対して均一に保持するために、ピラー 7 を比較的狭い間隔で配置して基板の局所的な反りを回避することが望ましい。これは、基板 1 の温度変化を回避する必要性とも一致する。ピラー 7 の数が多いほど、かつその間隔が狭いほど、基板からサポートの厚い周縁熱シンク 3 への熱伝達がより効率的になり得る。しかし、ピラーの数に関する限り、ピラー 7 の数が増加するにつれて静電引力による接触圧力が低下するため、妥協点を見いだす必要がある。ただし、ピラー 7 は誘電体層 12 から突出するので、基板 1 は、ピラー 7 の端面 8 および主要面 9 の内側周縁部においてのみチャック 2 に接触する。接触領域をこのように限定することによって、接触圧力（すなわち、単位面積当たりの力）は最大化される。これは有益である。というのは、基板 1 とピラー 7 との間の伝熱効率は接触電圧に依存するからである。

40

【発明の概要】

【0010】

[0010] 静電クランプ上にクランプされた物体は、非常に高い精度で静電クランプ上に位置決めされる必要があり、静電クランプ上の物体の位置は、経時的に安定している必要がある。例えば、物体の位置の高精度および安定性を示す静電クランプを提供することが有益であろう。

【0011】

50

[0011] 本発明の一態様によれば、実質的な固定平面において物体を保持するように構成された静電クランプが提供される。該静電クランプは、基部と該基部から延在する複数のバールとを含むサポートを含む。該複数のバールの各々は頂部と底部とを含み、該バールの頂部は前記物体が保持される平面を決定する。また、該クランプは、隣接するバール間に設けられた材料の第1層および材料の第2層を含み、該第1層および該第2層は該隣接するバールの頂部より高く延在せず、該隣接するバールの底部より低く延在しない。電極が、前記隣接するバール間に設けられ、かつ前記第1層および前記第2層によって囲まれる。

【0012】

[0012] 本発明の一態様によれば、物体を物体サポートに対して静電的にクランプするように構成された静電クランプを製造する方法が提供される。該静電クランプは、基部と該基部から延在する複数のバールとを含むサポートであって、該複数のバールの各々は頂部と底部とを含み、該バールの該頂部は前記物体が保持される平面を決定する、サポートを含む。該方法は、前記基部および前記バールの頂部の上に材料の第1層を設けることと、前記第1層を含んで、前記基部および前記バールの上に電極を設けることと、少なくとも前記第1層が前記バールから前記第1距離だけ離れるように、少なくとも第1層において前記複数のバールの周囲に第1凹みをエッチングで形成することと、前記第1層を含む前記基部、前記第1凹み、および前記バールの前記頂部の上に材料の第2層を設けることと、少なくとも前記第2層が前記バールから前記第2距離だけ離れるように、少なくとも第2層において前記複数のバールの周囲に第2凹みをエッチングすることと、を含む。

10

【0013】

[0013] 本発明の一態様によれば、装置であって、放射ビームのビーム経路において物体を支持する物体サポートと、前記物体サポートに対して前記物体を静電的にクランプする静電クランプであって、基部と該基部から延在する複数のバールとを含むサポートであって、該複数のバールの各々は頂部と底部とを含み、該バールの該頂部は前記物体が保持される平面を決定する、サポートと、隣接するバール間に設けられた材料の第1層および材料の第2層であって、該第1層および該第2層は該隣接するバールの頂部より高く延在せず、該隣接するバールの底部より低く延在しない、第1層および第2層と、前記隣接するバール間に設けられ、かつ前記第1層および前記第2層によって囲まれた電極と、を備える、静電クランプと、を備える、装置が提供される。

20

【0014】

[0014] 本発明の一態様によれば、リソグラフィ装置であって、放射ビームにパターンを付けてパターン付き放射ビームを形成するように構成されたパターニングデバイスを保持するパターニングデバイスサポートと、基板を保持する基板サポートと、パターン付き放射ビームを前記基板上に投影する投影システムと、前記パターニングデバイスまたは前記パターニングデバイスまたは前記基板をそれぞれのサポート上に静電的にクランプする静電クランプと、を備える、リソグラフィ装置が提供される。前記クランプは、基部と該基部から延在する複数のバールとを含むテーブルを含む。該複数のバールの各々は頂部と底部とを含み、該バールの該頂部は前記パターニングデバイスまたは前記基板が保持される実質的に平らな面を決定する。また、前記クランプは、隣接するバール間に設けられた材料の第1層および材料の第2層であって、該第1層および該第2層は該隣接するバールの頂部より高く延在せず、該隣接するバールの底部より低く延在しない、第1層および第2層と、前記隣接するバール間に設けられ、かつ前記第1層および前記第2層によって囲まれた電極とを含む。

30

【図面の簡単な説明】

【0015】

[0015] 本発明のいくつかの実施形態を、単なる例として、添付の概略図を参照して以下に説明する。これらの図面において同じ参照符号は対応する部分を示す。

40

【0016】

【図1】[0016] 図1は、本発明の一実施形態に係るリソグラフィ装置を示す。

50

【図2】[0017] 図2は、従来の静電チャック上に配置された基板の、図3の線I-I'に沿った断面図である。

【図3】[0018] 図3は、図2の基板1およびチャックの、上方からの平面図であり、基板は部分的に切り取られている。

【図4】[0019] 図4は、本発明の一実施形態に係る静電クランプの最上層の部分断面を示す。

【図5】[0020] 図5は、本発明の一実施形態に係る静電クランプの最上層の部分断面を示す。

【図6】[0021] 図6は、本発明に係る静電クランプに2つ以上の層を塗布する製造方法の第1ステップの詳細な部分断面図である。 10

【図7】[0022] 図7は、本発明に係る静電クランプに2つ以上の層を塗布する製造方法の第2ステップの詳細な部分断面図である。

【図8】[0023] 図8は、本発明に係る静電クランプに2つ以上の層を塗布する製造方法の第3ステップの詳細な部分断面図である。

【図9】[0024] 図9は、本発明に係る静電クランプに2つ以上の層を塗布する製造方法の第4ステップの詳細な部分断面図である。

【図10】[0025] 図10は、本発明の一実施形態に係るバールの、上方からの詳細な平面図である。

【図11】[0026] 図11は、本発明の一実施形態に係る電極領域の詳細な平面図である。 20

【発明を実施するための形態】

【0017】

[0027] 図1は、本発明の一実施形態に係るリソグラフィ装置を概略的に示している。このリソグラフィ装置は、放射ビームB（例えば紫外線またはEUV放射）を調整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）MAを支持するように構築され、かつ特定のパラメータに従って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ポジショナPMに連結されたサポート構造、サポート、またはパターンサポート（例えば、マスクテーブル）MTと、基板（例えば、レジストコートウェーハ）Wを保持するように構築され、かつ特定のパラメータに従って基板を正確に位置決めするように構成された第2ポジショナPWに連結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に付けら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、屈折投影レンズシステム）PSと、を含む。 30

【0018】

[0028] 照明システムとしては、放射を誘導し、整形し、または制御するための、屈折型、反射型、磁気型、電磁型、静電型、またはその他のタイプの光学コンポーネント、あるいはそれらのあらゆる組合せなどのさまざまなタイプの光学コンポーネントを含むことができる。

【0019】

[0029] サポート構造は、パターニングデバイスを保持する。サポート構造は、パターニングデバイスの向き、リソグラフィ装置の設計、および、パターニングデバイスが真空環境内で保持されているか否かなどの他の条件に応じた態様で、パターニングデバイスを保持し得る。サポート構造は、機械式、真空式、静電式またはその他のクランプ技術を使って、パターニングデバイスを保持することができる。サポート構造は、例えば、必要に応じて固定または可動式にすることができるフレームまたはテーブルであってもよい。サポート構造は、パターニングデバイスを、例えば、投影システムに対して所望の位置に確実に置くことができる。本明細書において使用される「レチクル」または「マスク」という用語はすべて、より一般的な「パターニングデバイス」という用語と同義であると考えるとよい。 40 50

【0020】

[0030] 本明細書において使用される「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内にパターンを作り出すように、放射ビームの断面にパターンを与えるために使用できるあらゆるデバイスを指していると、広く解釈されるべきである。なお、留意すべき点として、放射ビームに付与されたパターンは、例えば、そのパターンが位相シフトフィーチャまたはいわゆるアシストフィーチャを含む場合、基板のターゲット部分内の所望のパターンに正確に一致しない場合もある。通常、放射ビームに付けたパターンは、集積回路などのターゲット部分内に作り出されるデバイス内の特定の機能層に対応することになる。

【0021】

[0031] パターニングデバイスは、透過型であっても、反射型であってもよい。パターニングデバイスの例としては、マスク、プログラマブルミラーアレイ、およびプログラマブルLCDパネルが含まれる。マスクは、リソグラフィでは公知であり、バイナリ、レベンソン型(alternating)位相シフト、およびハーフトーン型(attenuated)位相シフトなどのマスク型、ならびに種々のハイブリッドマスク型を含む。プログラマブルミラーアレイの一例では、小型ミラーのマトリックス配列が用いられており、各小型ミラーは、入射する放射ビームを様々な方向に反射させるように、個別に傾斜させることができる。傾斜されたミラーは、ミラーマトリックスによって反射される放射ビームにパターンを付ける。

【0022】

[0032] 本明細書において使用される「投影システム」という用語は、使われている露光放射にとって、あるいは液浸液の使用または真空の使用といった他の要因にとって適切な、屈折型、反射型、反射屈折型、磁気型、電磁型、および静電型光学系、またはそれらのあらゆる組合せを含むあらゆる型の投影システムを包含していると広く解釈されるべきである。本明細書において使用される「投影レンズ」という用語はすべて、より一般的な「投影システム」という用語と同義であると考えるとよい。

【0023】

[0033] サポート構造および基板テーブルは、本明細書において物品サポートとも呼ばれ得る。物品は、レチクルなどのパターニングデバイスおよびウェーハなどの基板を含むがこれらに限定されない。

【0024】

[0034] 本明細書に示されているとおり、リソグラフィ装置は、反射型のもの（例えば、反射型マスクを採用しているもの）である。また、リソグラフィ装置は、透過型のもの（例えば、透過型マスクを採用しているもの）であってもよい。

【0025】

[0035] リソグラフィ装置は、2つ（デュアルステージ）以上の基板テーブル（および/または2つ以上のマスクテーブル）を有する型のものであってもよい。そのような「マルチステージ」機械においては、追加のテーブルは並行して使うことができ、または予備工程を1つ以上のテーブル上で実行しつつ、別の1つ以上のテーブルを露光用に使うこともできる。

【0026】

[0036] また、リソグラフィ装置は、投影システムと基板との間の空間を満たすように、比較的高屈折率を有する液体（例えば、水）によって基板の少なくとも一部を覆うことができるタイプのものであってもよい。また、リソグラフィ装置内の別の空間（例えば、マスクと投影システムとの間）に液浸液を加えてもよい。液浸技術は、投影システムの開口数を増加させることで当技術分野において周知である。本明細書において使用される「液浸」という用語は、基板のような構造物を液体内に沈めなければならないという意味ではなく、単に、露光中、投影システムと基板との間に液体があるということを意味するものである。

【0027】

[0037] 図1を参照すると、イルミネータILは、放射源S0から放射ビームを受ける

10

20

30

40

50

。例えば、放射源がエキシマレーザである場合、放射源とリソグラフィ装置は、別個の構成要素であってもよい。そのような場合には、放射源は、リソグラフィ装置の一部を形成しているとはみなされず、また放射ビームは、放射源S0からイルミネータILへ、例えば、適切な誘導ミラーおよび／またはビームエキスパンダを含むビームデリバリシステムを使って送られる。その他の場合においては、例えば、放射源が水銀ランプである場合、放射源は、リソグラフィ装置の一体部分とすることもできる。放射源S0およびイルミネータILは、必要ならばビームデリバリシステムとともに、放射システムと呼んでもよい。

【0028】

[0038] イルミネータILは、放射ビームの角強度分布を調節するアジャスタを含むことができる。一般に、イルミネータの瞳面内の強度分布の少なくとも外側および／または内側半径範囲（通常、それぞれ-outerおよび-innerと呼ばれる）を調節することができる。さらに、イルミネータILは、インテグレータおよびコンデンサといったさまざまな他のコンポーネントを含むことができる。イルミネータを使って放射ビームを調整すれば、放射ビームの断面に所望の均一性および強度分布をもたらせることができる。10

【0029】

[0039] 放射ビームBは、サポート構造（例えば、マスクテーブル）MT上に保持されているパターニングデバイス（例えば、マスク）MA上に入射して、パターニングデバイスによってパターン形成される。パターニングデバイス（例えば、マスク）MAによって反射された後、放射ビームBは投影システムPSを通過し、投影システムPSは、基板Wのターゲット部分C上にビームの焦点をあわせる。第2ポジショナPWおよび位置センサIF2（例えば、干渉計デバイス、リニアエンコーダ、または静電容量センサ）を使って、例えば、さまざまなターゲット部分Cを放射ビームBの経路内に位置決めするように、基板テーブルWTを正確に動かすことができる。同様に、第1ポジショナPMおよび別の位置センサIF1を使い、例えば、マスクライブラリから機械的に取り出した後またはスキャン中に、パターニングデバイス（例えば、マスク）MAを放射ビームBの経路に対して正確に位置決めすることもできる。通常、サポート構造（例えば、マスクテーブル）MTの移動は、第1ポジショナPMの一部を形成するロングストロークモジュール（粗動位置決め）およびショートストロークモジュール（微動位置決め）を使って達成することができる。同様に、基板テーブルWTの移動も、第2ポジショナPWの一部を形成するロングストロークモジュールおよびショートストロークモジュールを使って達成することができる。ステッパの場合は（スキャナとは対照的に）、サポート構造（例えば、マスクテーブル）MTは、ショートストロークアクチュエータのみに連結されてもよく、または固定されてもよい。パターニングデバイス（例えば、マスク）MAおよび基板Wは、マスクアライメントマークM1およびM2と、基板アライメントマークP1およびP2とを使って、位置合わせされてもよい。例示では基板アライメントマークが専用ターゲット部分を占めているが、基板アライメントマークをターゲット部分とターゲット部分との間の空間内に置くこともできる（これらは、スクライブラインアライメントマークとして公知である）。同様に、複数のダイがパターニングデバイス（例えば、マスク）MA上に設けられている場合、マスクアライメントマークは、ダイとダイの間に置かれてもよい。3040

【0030】

[0040] 例示の装置は、以下に説明するモードのうち少なくとも1つのモードで使用できる。

【0031】

[0041] 1. ステップモードにおいては、パターニングデバイス（例えば、マスクテーブル）MTおよび基板テーブルWTを基本的に静止状態に保ちつつ、放射ビームに付けられたパターン全体を一度にターゲット部分C上に投影する（すなわち、单一静的露光）。その後、基板テーブルWTは、Xおよび／またはY方向に移動され、それによって別のターゲット部分Cを露光することができる。ステップモードにおいては、露光フィールドの最大サイズによって、单一静的露光時に結像されるターゲット部分Cのサイズが限定され50

る。

【0032】

[0042] 2. スキャンモードにおいては、サポート構造（例えば、マスクテーブル）MTおよび基板テーブルWTを同期的にスキャンする一方で、放射ビームに付けられたパターンをターゲット部分C上に投影する（すなわち、単一動的露光）。サポート構造（例えば、マスクテーブル）MTに対する基板テーブルWTの速度および方向は、投影システムPSの（縮小）拡大率および像反転特性によって決めることができる。スキャンモードにおいては、露光フィールドの最大サイズによって、単一動的露光時のターゲット部分の幅（非スキャン方向）が限定される一方、スキャン動作の長さによって、ターゲット部分の高さ（スキャン方向）が決まる。

10

【0033】

[0043] 3. 別のモードにおいては、プログラマブルパターニングデバイスを保持した状態で、サポート構造（例えば、マスクテーブル）MTを基本的に静止状態に保ち、また基板テーブルWTを動かす、またはスキャンする一方で、放射ビームに付けられているパターンをターゲット部分C上に投影する。このモードにおいては、通常、パルス放射源が採用されており、さらにプログラマブルパターニングデバイスは、基板テーブルWTの移動後ごとに、またはスキャン中の連続する放射パルスと放射パルスとの間に、必要に応じて更新される。この動作モードは、前述の型のプログラマブルミラーアレイといったプログラマブルパターニングデバイスを利用するマスクレスリソグラフィに容易に適用することができる。

20

【0034】

[0044] 図4は、本発明の一実施形態に係る静電クランプの部分断面を示している。図4に示す実施形態において、静電クランプ20は、使用中、実質的な固定平面24において物体を保持するように構成され、バール21を備えたサポートまたはテーブル25を含む。バール21の頂部は物体が保持される平面24を決定し、誘電体23によって囲まれた（例えば、封入された）電極22がバール21間に設けられる。誘電体23は絶縁体としても機能する。実質的な固定平面（または実質的に平らな面）は、基板露光中に基板が保持される平面に対応し得る。電極22とバール21の頂部との間の距離は、50～1000μmであり得る。図4には2つのバール21しか示されていないが、当然のことながら、通常、複数のバールが用いられてよく、また、電極22および誘電体材料23がバール21の各々の間に配置されてよい。一実施形態において、バール21を備えたサポート25は1つの材料から形成されてよく、それにより、サポート25上のバール21の位置が非常に安定し固定される。これは、物体を平面24内の当該位置上で安定して保持するのに役立つ。安定性を向上させるために、サポート25は、バール21の高さの10～200倍の厚さを有してよい。例えば、サポートの厚さは40nmとすることでき、バールの高さは約300μmとすることができます。

30

【0035】

[0045] バール21の頂部は、物体が保持される平面24（または実質的に平らな面）を決定する。バール21の頂部は、物体と接触することができ、この接触は、バール21の材料が耐摩耗性を有することを必要とし得る。というのは、物体がバール21上にクランプされるたびにバール21上に力が及ぼされ、これはバール21の摩耗を引き起こすおそれがあるからである。摩耗によって、クランプ20のバール21は付着作用の影響をより受けやすくなり得る。付着作用は、通常、物体の底部とバール21の頂部との間の接着力に起因し、および／または、残留静電荷によって生成された静電力に起因する。接着力は、材料不純物と、接触面のラフネス欠陥とによって生成され得る。物体は、バール21上を滑ることがあり、それによって、バール21上の摩耗およびラフネス欠陥が引き起こされ、それが更なる付着につながり得る。摩耗の別の原因是、汚染物質がバール21に付着した場合に望ましいバール21の洗浄であり得る。

40

【0036】

[0046] 静電クランプ20上にクランプされる物体は、非常に高い精度で位置決めされ

50

る必要があり、静電クランプ 2 0 上の物体の位置は、経時的に安定している必要がある。バール 2 1 およびサポート 2 5 のそれぞれに銅およびアルミニウムが使用される場合、金属の熱膨張（それぞれ、 $16.5 \text{ m/m} \cdot \text{K} \times 10^{-6}$ および $22.5 \text{ m/m} \cdot \text{K} \times 10^{-6}$ ）が高いので、十分に高い精度で位置を保証できない場合がある。クランプ 2 0 の温度が変化する場合、高い熱膨張は、バール 2 1 の平面 2 4 の非平坦性および移動にリスクをもたらすおそれがある。さらに、またはあるいは、クランプ 2 0 に用いられる異なる材料の熱膨張係数の違いは、材料間の張力とクランプ 2 0 の非平坦性を招き得る。別のリスクとしては、バール 2 1 とサポート 2 5 との間の接続が弱すぎることがあり、それによって、例えば電極 2 2 または誘電体 2 3 によって引き起こされるあらゆる張力がクランプに非平坦性および / または平面 2 4 におけるバール 2 1 の平行移動の原因となり得る、ということがある。従って、サポート 2 5 およびバール 2 1 を 1 つの材料から形成することが有益であり得る。1 つの物から形成された場合、向上した剛性を有して両者間の接続を形成することができ、それによって、クランプ 2 0 内のあらゆる張力が解消される。バール 2 1 を備えたサポート 2 5 の材料は、 $10 \text{ m/m} \cdot \text{K} \times 10^{-6}$ 未満の熱膨張を有することが望ましい。材料としては、例えば、SiC ($4 \text{ m/m} \cdot \text{K} \times 10^{-6}$ の熱膨張を有する炭化ケイ素)、SiSiC ($4 \text{ m/m} \cdot \text{K} \times 10^{-6}$ の熱膨張を有するシリコン処理された炭化ケイ素)、または Si₃N₄ ($3.3 \text{ m/m} \cdot \text{K} \times 10^{-6}$ の熱膨張を有する窒化ケイ素) が挙げられる。静電クランプ 2 上にクランプされる必要があり得る物体は、シリコン（基板など）および石英（レチクルなど）から形成され得る。シリコンは、 $2 \sim 3 \text{ m/m} \cdot \text{K} \times 10^{-6}$ の熱膨張を有し、石英は、その製造プロセスによって、 $0.05 \sim 9 \text{ m/m} \cdot \text{K} \times 10^{-6}$ の熱膨張を有する。クランプ 2 0 の熱膨張は、クランプ 2 0 上にクランプされる物体の熱膨張に近くなるように選択されて、物体と静電クランプ 2 0 との間の張力を低減させ得る、または最小限にし得る。これによって、クランプ 2 0 上の物体のより良好な平坦性およびクランプ 2 上の物体のより安定した位置がもたらされる。

【0037】

[0047] 上記の材料は、銅よりかなり硬い。SiC および SiSiC の（ヌープ 100 g）硬度は、9 ~ 10 のモース硬度に当たる 2800 Kg/mm^2 であり、Si₃N₄ は、9 のモース硬度に当たる 2200 Kg/mm^2 の（ヌープ 100 g）硬度を有する。上述の通り、硬度は、バール 2 1 の摩耗および接着力を回避するために重要である。銅は、約 3 ~ 5 のモース硬度を有し、これは、上記のシリコンケイ素および窒化ケイ素よりかなり軟らかいことを意味する。本明細書で述べる通り、静電クランプ 2 上にクランプされる必要があり得る物体は、シリコンおよび / または石英で形成され得る。シリコンは 6 ~ 7 のモース硬度を有し、石英は 7 のモース硬度を有し、それによって、バール 2 1 に銅が用いられる場合、摩耗するバールとなる。バール 2 1 が摩耗すると、平面 2 4 が異なることがあり、バール 2 1 は接着力に影響されやすくなることがある。

【0038】

[0048] SiC の熱伝導率は $120 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ であり、窒化ケイ素の熱伝導率は $30 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ であり、それらは $394 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ である銅の熱伝導率または $237 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ であるアルミニウムの熱伝導率より低い。しかし、たいていの用途において、これは、温度制御システムへの十分な熱伝達を得るために十分である。温度制御システムは、静電クランプ 2 0 のサポート 2 5 内の液体（例えば水）導管 2 7 を用いてクランプ 2 の温度を制御し得る。

【0039】

[0049] 片面または両面クランプに対して誘電体層を形成することは、重大な歩留まりの問題を有することがある。静電クランプの薄層を形成するために用いられる製造プロセスの一部は、さまざまな制限および限定、例えばピンホールおよび / または材料不安定性を伴い得る。例えば、静電クランプの一部の設計には、静電クランプ用の誘電体層およびパターン付き電極を形成するための製造プロセスの一部として、接着および / または陽極接合などの技術が利用される。クランプ上に安定した層を設けることは、基板を支持することに対する安定した基礎を設けることの役に立つ。

【0040】

[0050] 図5は、本発明の一実施形態に係る静電クランプの最上層の一部断面を示している。図4に示す実施形態において、電極32は絶縁体33、35に囲まれ、バール31間に設けられる。一実施形態において、絶縁体は誘電体材料から形成され得る。図5の実施形態において、誘電体材料35は電極32の上方に設けられ、絶縁材料層（誘電体を有し得る）33は電極32の下方に設けられる。誘電体材料としては、例えば、Para Tech Coating, Inc.によるPARYLENE（登録商標）ポリ（p-キシレン）ポリマー、E.I.duPont de Nemours and CompanyによるKAPTON（登録商標）ポリイミドもしくはMYLAR（登録商標）ポリエステル、または液晶ポリマー（LCP）などのプラスチックが挙げられる。SCHOTT（登録商標）封着ガラス、SCHOTT（登録商標）AF37またはSCHOTT BOROFLOAT（登録商標）33などの石英が誘電体材料として用いられ得る。絶縁体および/または誘電体として用いられ得る別の材料は、窒化ホウ素であり得る。
10

【0041】

[0051] 図6～図9は、本発明の一実施形態に係る静電クランプに2つ以上の層を塗布する製造方法の工程の詳細な部分断面図である。すなわち、本明細書記載の実施形態において、誘電体材料（例えば、PARYLENE（登録商標））の2つ以上の層が静電クランプのサポート上に塗布され、アルミニウム電極がバール間に位置し、誘電体層によって囲まれる。本実施形態の複数の誘電体層は、放射（例えば、EUV放射）を照射する際、最小限の固有の絶縁破壊強度を増加させ、誘電体層の局所破壊を低減させる。誘電体層の数の増加によって電極の周囲の厚さを増加させることができ、従って、クランプ領域あたりの不良の数の低下をもたらすことができる。例えば、多くの誘電体不良は欠陥によるものである。複数の層を用いることによってどの層において欠陥の影響を軽減することができ、より最小の絶縁破壊強度がもたらされる。また、クランプを歪めるまたは変形させるパワーまたは力は、層の厚さに正比例する。つまり、誘電体層の厚さが増加するにつれて、強度も増加し、それによってクランプの変形しやすさが低下する。
20

【0042】

[0052] 図6～図9は、物体を（図4に示す方法と同様の方法で）実質的な固定平面に保持するように構成された静電クランプ40を製造する工程の詳細な図である。静電クランプ40は、基部43と、基部43から延在する複数のバール44とを含むサポートまたはテーブル42を含む。複数のバール44の各々は、頂部および底部を含む。バール44は、底部（またはサポート42の表面）から頂部まで測定される高さHを有する。一実施形態において、バール44は、約85μmの範囲の高さHで設けられる。一実施形態において、バールの頂部は物体が保持される平面を決定する。
30

【0043】

[0053] 図6は、サポート42およびそのバール44に対する材料の第1層46が設けられるまたは塗布される、サポート42の表面を示している。第1層46は、基部43とバール44の頂部に対して設けられる。また、電極層48が、少なくともバール44間に設けられる、または塗布される。図示の実施形態において、電極48は、第1層46、基部43、およびバール44の頂部の上に完全に塗布される。
40

【0044】

[0054] 一実施形態において、第1層46は誘電体材料を含む。一実施形態において、第1層46はプラスチックを含む。一実施形態において、第1層46はPARYLENE（登録商標）を含む。

【0045】

[0055] 一実施形態において、電極48はアルミニウムを含む。

【0046】

[0056] サポート42の表面上に設けられる、または塗布される第1層46の厚さTは、限定されるべきでない。一実施形態において、材料の第1層46の厚さTは、約20ミクロン以上かつ約30ミクロン以下である。一実施形態において、第1層46の厚さTは
50

約 25 ミクロンである。一実施形態において、電極の厚さは約 300 nm である。

【0047】

[0057] 次のステップにおいて、図 7 に示すように、サポート 42 の表面から、少なくとも第 1 層 46 をエッティングする。すなわち、複数のバール 44 に対して、および / または複数のバール 44 の周囲に、第 1 凹み 50 が少なくとも第 1 層 46 において形成されるように、少なくとも第 1 層 46 をエッティングし、それにより、第 1 層 46 は、バール 44 のエッジ 56 から第 1 距離 A だけ離れる。また、バール 44 から、電極層 48 をエッティングし得る。一実施形態において、第 1 凹み 50 は、各バール 44 のエッジ 56 から約 100 ミクロンだけ第 1 層 46 および電極層 48 をエッティングすることによって形成される（すなわち、A = 約 100 ミクロン）。一実施形態において、第 1 層 46 をエッティングする量は、距離 A + / - X ミクロンである。一実施形態において、バール 44 から約 100 + / - 25 ミクロンだけ第 1 層 46 をエッティングする。
10

【0048】

[0058] 図 8 において、サポート 42 に、基部 43 に対する（第 1 層 46、第 1 凹み 50、および複数のバール 44 の頂部の上に、を含む）材料の第 2 層 52 が設けられる、または塗布される。一実施形態において、第 2 層 52 は誘電体材料を含む。一実施形態において、第 2 層 52 はプラスチックを含む。一実施形態において、第 2 層 52 は PARYLENE（登録商標）を含む。

【0049】

[0059] 一実施形態において、第 1 層 46 および第 2 層 52 は同様の材料を含む。一実施形態において、第 1 層 46 および第 2 層 52 はともに PARYLENE（登録商標）を含む。
20

【0050】

[0060] サポート 42 の表面上（第 1 層 46、第 1 凹み 50、およびバール 44 に対する、を含む）に設けられる、または塗布される第 2 層 52 の厚さ T2 は、限定されるべきでない。一実施形態において、第 2 層 52 の厚さ T2 は、約 40 ミクロン以上かつ約 60 ミクロン以下である。一実施形態において、第 2 層 52 の厚さ T2 は約 50 ミクロンである。一実施形態において、第 2 層 52 がサポート 42 の表面上に塗布される際、第 2 層 52 の厚さ T2 は実質的に均一である。一実施形態において、第 2 層 52 の厚さ T2 は、サポート 42 の表面に沿って均一でなくてよい。
30

【0051】

[0061] そして、図 9 に示すように、サポート 42 の表面から、少なくとも第 2 層 52 をエッティングする。すなわち、複数のバール 44 に対して、および / または複数のバール 44 の周囲に、第 2 凹み 54 が少なくとも第 2 層 52 において形成されるように、少なくとも第 2 層 52 をエッティングし、それにより、第 2 層 52 は、バール 44 のエッジ 56 から第 2 距離 B だけ離れる。一実施形態において、第 2 凹み 54 は、各バール 44 から約 25 ミクロンだけ第 2 層 52 をエッティングすることによって形成される（すなわち、B = 約 25 ミクロン）。一実施形態において、第 2 層 52 をエッティングする量は、距離 B + / - X ミクロンである（ここで、X は第 1 層 46 についての値と同じ値である必要はない）。一実施形態において、バール 44 のエッジ 56 から約 25 + / - 25 ミクロンだけ第 2 層 52 をエッティングする。一実施形態において、距離 B は距離 A より短い。
40

【0052】

[0062] 第 1 および第 2 層 46、52 の塗布は限定されるべきでない。例えば、一実施形態において、第 1 層 46 および / または第 2 層 52 は、スパッタリングプロセスを用いて、化学蒸着プロセス、またはその組合せを用いてサポート上に設けられる。さらに、第 1 および第 2 層 46、52 のエッティング（すなわち、第 1 および第 2 凹み 50、54 のエッティング）は、あらゆる方法で行われて良く、限定されるべきでない。一実施形態において、第 1 および第 2 凹みを形成するために、レーザアブレーションプロセスが利用される。
50

【0053】

[0063] 図10は、本発明の一実施形態に係る、図6～図9に示すエッティングおよび処理の後の、サポート42上のバール44の、上方からの詳細な上面図である。バール44は、バール44のエッジ56と第2層52のエッジ58との間に実質的に形成された第2凹み54を有する。第1層46および電極48のエッジ60は、図10において破線によつておおむね表されている（というのは、それらの層は、図7に示すように、バール44から、層46および48を第1距離Aだけエッティングすることにより、第2層52の下に設けられるからである）。

【0054】

[0064] 一実施形態において、第1層46および第2層52は誘電体材料を含む。一実施形態において、第1層46および第2層52はPARYLENE（登録商標）を含む。10

【0055】

[0065] 一実施形態において、バール44は、約500ミクロンの直径を有する。材料の第1層46および電極層48は、バール44の周囲から、最大約700+/-ミクロンの直径だけ除去され得る。材料の第2層52は、バール44を囲む最大約550+/-ミクロンの直径だけ除去され得る。20

【0056】

[0066] 1つのバール44の一部しか図6～図10に示されていないが、通常、複数のバールが用いられることと、電極48および材料層46、52がそれらのバール44の各々の間に位置し得ることが明らかである。図11は、本発明の一実施形態に係る、基部と複数のバール44とを有するサポート42の詳細な平面図である。一実施形態において、バール44を備えたサポート42は1つの材料から形成されてよく、それにより、サポート42上のバール44の位置が安定し固定され、これは、物体を平面内の当該位置上で安定して保持するのに役立つ。20

【0057】

[0067] 安定性を向上させるために、サポート42は、バール44の高さの10～200倍とすることができます。例えば、一実施形態において、約85μmのバールの高さHで、サポートは直径約500μmを有し得る。隣接するバールの中心62間の距離Cは、最大約2mm（ミリメートル）であり得る。

【0058】

[0068] バールの中心62から層52、48、および46のエッジ58までの距離Dは、限定されるべきでない。バールの中心62を用いて、例えば2mm×2mmすなわち4mm²の領域を形成することによって、正方形単位セル（square unit cell）が測定され得る。一実施形態において、バールの中心62から層52、48、および46のエッジ58までの距離Dは、約375μmであり得る。4mm²によって形成された領域は、層46、52および電極48の約89%を覆い得る。30

【0059】

[0069] 一実施形態において、電極48とバール44の頂部との間の距離は、50～1000μmであり得る。

【0060】

[0070] 図6～図9の実施形態のサポート42、その基部43、および複数のバール44ならびに図10および図11に示す実施形態は、1つ以上の材料から形成されてよく（当該材料は上記に開示した材料を含むが、これらに限定されない）、限定期であるべきでない。40

【0061】

[0071] 本明細書において、IC製造におけるリソグラフィ装置の使用について具体的な言及がなされているが、本明細書記載のリソグラフィ装置が、集積光学システム、磁気ドメインメモリ用のガイダンスパターンおよび検出パターン、フラットパネルディスプレイ、液晶ディスプレイ（LCD）、薄膜磁気ヘッド等の製造といった他の用途を有し得ることが理解されるべきである。当業者にとっては当然のことであるが、そのような別の用途においては、本明細書で使用される「ウェーハ」または「ダイ」という用語はすべて、50

それより一般的な「基板」または「ターゲット部分」という用語と同義であるとみなしてよい。本明細書に記載した基板は、露光の前後を問わず、例えば、トラック（通常、基板にレジスト層を塗布し、かつ露光されたレジストを現像するツール）、メトロロジーツール、および／またはインスペクションツールで処理されてもよい。適用可能な場合には、本明細書中の開示内容を上記のような基板プロセシングツールおよびその他の基板プロセシングツールに適用してもよい。さらに基板は、例えば、多層ICを作るために複数回処理されてもよいので、本明細書で使用される基板という用語は、すでに多重処理層を包含している基板を表すものとしてもよい。

【0062】

[0072] 光リソグラフィの関連での本発明の実施形態の使用について上述のとおり具体的な言及がなされたが、当然のことながら、本発明は、他の用途、例えば、インプリントリソグラフィに使われてもよく、さらに状況が許すのであれば、光リソグラフィに限定されることはない。インプリントリソグラフィにおいては、パターニングデバイス内のトポグラフィによって、基板上に創出されるパターンが定義される。パター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の中にプレス加工され、基板上では、電磁放射、熱、圧力、またはそれらの組合せによってレジストは硬化される。パターニングデバイスは、レジストが硬化した後、レジスト内にパターンを残してレジストの外へ移動される。

【0063】

[0073] 本明細書で使用される「放射」および「ビーム」という用語は、紫外線(UV)（例えば、365 nm、355 nm、248 nm、193 nm、157 nm、または126 nmの波長、またはおよそこれらの値の波長を有する）、および極端紫外線(EUV)（例えば、5～20 nmの範囲の波長を有する）、ならびにイオンビームや電子ビームなどの微粒子ビームを含むあらゆる種類の電磁放射を包含している。

【0064】

[0074] 「レンズ」という用語は、文脈によっては、屈折、反射、磁気、電磁気、および静電型光学コンポーネントを含む様々な種類の光学コンポーネントのいずれか1つまたはこれらの組合せを指すことができる。

【0065】

[0075] 上記の説明は、制限ではなく例示を意図したものである。従って、当業者には明らかのように、添付の特許請求の範囲を逸脱することなく本記載の発明に変更を加えてよい。

10

20

30

【図1】

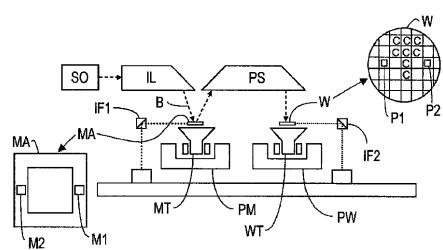


Fig. 1

【図2】

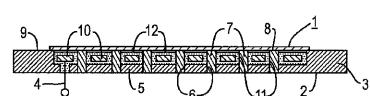


Fig. 2

【図3】

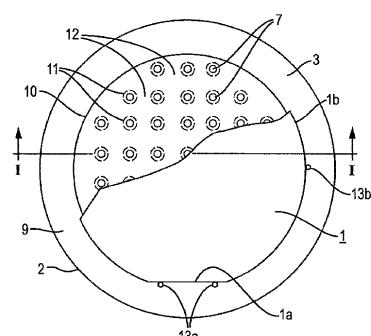


Fig. 3

【図4】

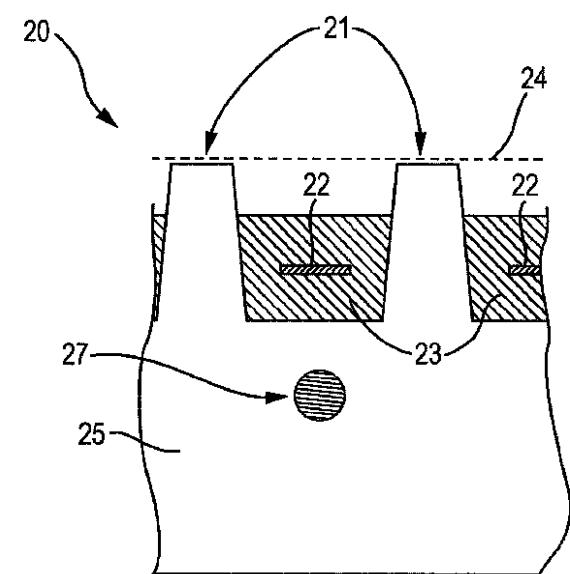


Fig. 4

【図5】

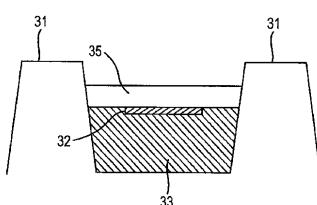


Fig. 5

【図6】

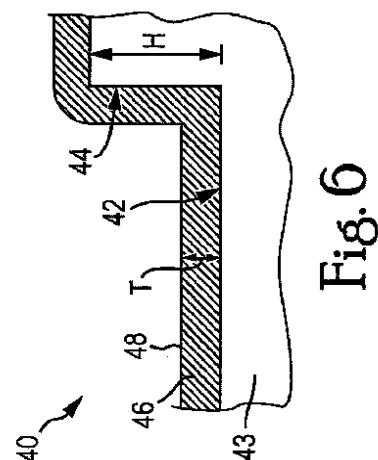


Fig. 6

【図7】

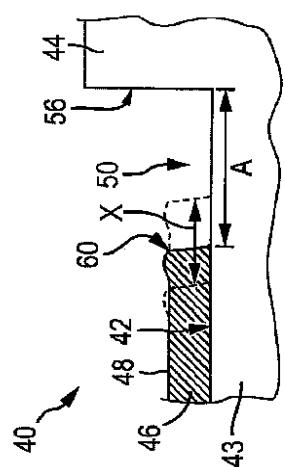


Fig. 7

【図8】

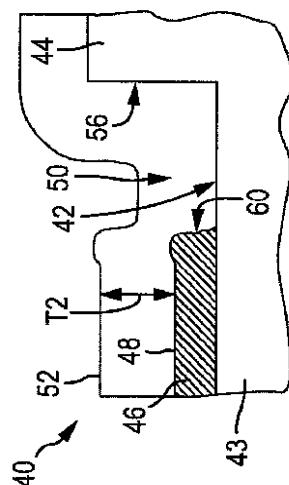


Fig. 8

【図9】

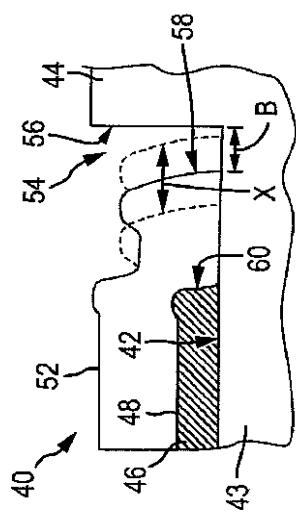


Fig. 9

【図10】

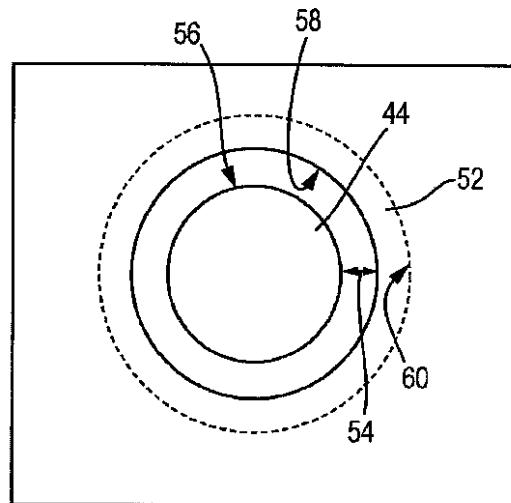


Fig. 10

【図11】

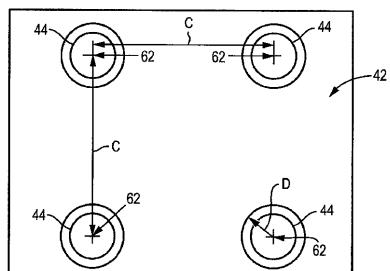


Fig.11

フロントページの続き

(72)発明者 リプソン , マシュー

アメリカ合衆国 , コネチカット州 06907 , スタンフォード , リッジウッド アベニュー
77

(72)発明者 ウィルクロウ , ロナルド , エー .

アメリカ合衆国 , コネチカット州 06824 , フェアフィールド , ピューリタン ロード 20
7

(72)発明者 ケノン , ジェームズ

アメリカ合衆国 , カリフォルニア州 94510 - 3736 , ベニシア , ベルベデーア ドライブ
640

(72)発明者 ホワイト , ケナード

アメリカ合衆国 , カリフォルニア州 94530 , エル サリート , ブルースター ドライブ 1
115

(72)発明者 ライヒマン セカンド , ウィルバー , ジョーダン

アメリカ合衆国 , カリフォルニア州 94806 , サン パブロ , ボニータ ロード 1842

審査官 赤尾 隼人

(56)参考文献 特開2010-161319(JP, A)

特開平10-273371(JP, A)

国際公開第2009/036995(WO, A1)

特開2004-022888(JP, A)

特表2010-522997(JP, A)

特開2010-258280(JP, A)

特開平07-142555(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G03F 7/20

H01L 21/027 ; 21/67 - 21/683