

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5973061号  
(P5973061)

(45) 発行日 平成28年8月23日(2016.8.23)

(24) 登録日 平成28年7月22日(2016.7.22)

(51) Int.Cl.	F 1
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 4 1 B
G03F 7/20 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 4 1 W
HO 1 J 37/09 (2006.01)	GO 3 F 7/20 5 0 4
HO 1 J 37/305 (2006.01)	HO 1 J 37/09 A
	HO 1 J 37/305 B

請求項の数 17 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2015-512034 (P2015-512034)
(86) (22) 出願日	平成25年5月14日 (2013.5.14)
(65) 公表番号	特表2015-521385 (P2015-521385A)
(43) 公表日	平成27年7月27日 (2015.7.27)
(86) 國際出願番号	PCT/EP2013/059948
(87) 國際公開番号	W02013/171216
(87) 國際公開日	平成25年11月21日 (2013.11.21)
審査請求日	平成28年5月16日 (2016.5.16)
(31) 優先権主張番号	61/646,398
(32) 優先日	平成24年5月14日 (2012.5.14)
(33) 優先権主張国	米国 (US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者	505152479 マッパー・リソグラフィー・アイピー・ビ ー・ブイ、オランダ国、2628 エックスケー・デ ルフト、コンピューターラーン 15
(74) 代理人	100108855 弁理士 蔵田 昌俊
(74) 代理人	100103034 弁理士 野河 信久
(74) 代理人	100075672 弁理士 峰 隆司
(74) 代理人	100153051 弁理士 河野 直樹
(74) 代理人	100140176 弁理士 砂川 克

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステム及び冷却装置製造方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

複数の荷電粒子小ビーム(7)を使用してターゲット(13)を露光するための荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステム(1)であって、

前記荷電粒子小ビームを発生するための小ビームジェネレータ(2)と、  
変調された小ビームを形成するために前記小ビームをパターニングするための小ビームモジュレータ(8)と、

前記変調された小ビームを前記ターゲットの表面上に投影するための小ビームプロジェクタ(12)とを具備し、

前記小ビームジェネレータと、前記小ビームモジュレータと、前記小ビームプロジェクタとの少なくとも1つは、1以上のプレートを有し、前記プレートには、前記小ビームを前記プレートを通過させるための複数のアーチャが設けられ、前記アーチャは、前記小ビームの通過するアーチャを含まない複数の非ビーム領域(92)とは異なる別個の複数のビーム領域(91)を前記1以上のプレートの前記表面に形成するようにグループで配置され、

リソグラフィシステムの前記アーチャを備えた前記プレートの少なくとも1つには、1以上の非ビーム領域でその表面に配置された冷却装置(93)が設けられ、前記冷却装置は、冷却液を入れるための入口(31)と、その中に冷却液の流れを向けるために配置された複数の冷却チャンネル(94)と、冷却液を取り除くための出口(35)とが設けられたプレート状部材を有し、前記プレート状部材には、前記冷却チャンネルの間に複数

10

20

のスロット(34)が設けられ、前記スロットは、前記アーチャのプレートの表面の前記ビーム領域と実質的にアライメントされ、

前記入口と前記複数の冷却チャンネルとは、単一の分配チャンネルによって互いに接続され、前記単一の分配チャンネルは、冷却液を拡散するための拡散セクション(41)と、前記複数の冷却チャンネル(94)に前記冷却液を分かれさせるための分割セクション(42)とを有するシステム。

#### 【請求項2】

前記拡散セクションは、前記入口(31)に面する側の第1の横断面積と、前記複数の冷却チャンネルに面する第2の横断面積とを有し、

前記第1の横断面積と前記第2の横断面積とは、等しく、

10

前記第1の横断面積の高さは、前記第2の横断面積の高さよりも大きく、これら高さは、冷却チャンネルが通って延びているプレート状部材の平面部分に垂直な方向の高さである請求項1のシステム。

#### 【請求項3】

前記プレート状部材は、前記アーチャが設けられた前記プレートに接続するための接触面(P)に広がる平らな表面(37)を有し、前記冷却チャンネル(94)は、前記接触面(P)とほぼ平行なフロー方向(F)を規定するために互いにほぼ平行に配置されている請求項1又は2のシステム。

#### 【請求項4】

前記冷却装置の前記プレート状部材は、接着層(97)によって、前記アーチャが設けられた前記少なくとも1つのプレートに接続されている請求項1ないし3のいずれか1のシステム。

20

#### 【請求項5】

前記接着層(97)は、100kW/m<sup>2</sup>・Kよりも大きい全体の熱伝導係数を有する請求項4のシステム。

#### 【請求項6】

前記接着層(97)は、150kW/m<sup>2</sup>・Kよりも大きい全体の熱伝導係数を有する請求項4のシステム。

#### 【請求項7】

前記複数の冷却チャンネルを通る冷却液の乱流を生成するために、十分に高いフロー速度で前記冷却装置の前記入口に冷却液を供給するように配置された冷却液システム(25)をさらに具備する請求項1ないし6のいずれか1のシステム。

30

#### 【請求項8】

前記小ビームモジュレータは、小ビームプランカアレイ(9)と小ビーム停止アレイ(10)とを有し、前記冷却装置の前記プレート状部材は、前記小ビームプランカアレイの表面に配置されている請求項1ないし7のいずれか1のシステム。

#### 【請求項9】

前記複数の冷却チャンネルを通る冷却液の層流を生成するために、十分に低いフロー速度で前記冷却装置の前記入口に冷却液を供給するための冷却液システム(25)をさらに具備し、前記小ビームモジュレータは、小ビームプランカアレイ(9)と小ビーム停止アレイ(10)とを有し、前記冷却装置の前記プレート状部材は、前記小ビーム停止アレイの表面に配置されている請求項1ないし6のいずれか1のシステム。

40

#### 【請求項10】

前記冷却装置の前記プレート状部材は、前記小ビームプロジェクタのアーチャのプレートの表面に配置されている請求項9のシステム。

#### 【請求項11】

前記冷却液は水である請求項1ないし10のいずれか1のシステム。

#### 【請求項12】

前記冷却装置の前記プレート状部材は、チタンでできている請求項1ないし11のいずれか1のシステム。

50

**【請求項 1 3】**

マルチ小ビーム荷電粒子リソグラフィシステムで使用される、複数のアーチャが設けられたプレートの上面で使用するための冷却部材の製造方法であって、前記アーチャは、前記プレートの表面に複数のビーム領域(91)を形成するためにグループで配置され、この方法は、

プレート状部材を設けることを具備し、前記プレート状部材の表面側(37)には、レイアウトに従って切り欠き容積部が設けられ、

前記プレート状部材に複数のスロット(34)を設けることを具備し、前記スロットは、前記アーチャのプレートの表面に前記ビーム領域とアライメントされるように配置され、

10

前記プレート状部材内に複数の冷却チャンネル(94)を形成するように前記切り欠き容積部を覆うことを具備し、前記スロット(34)は、前記冷却チャンネル(94)間に配置され、前記複数の冷却チャンネルは、前記プレート状部材の一方の側の入口を前記プレート状部材の他方の側の出口に接続している方法。

**【請求項 1 4】**

覆うことは、レーザ溶接によって前記プレート状部材に1以上のカバープレートを接続することを含む請求項13の方法。

**【請求項 1 5】**

前記プレート状部材は、チタンでできている請求項13又は14の方法。

**【請求項 1 6】**

覆うことは、冷却される前記アーチャのプレートを前記プレート状部材に取り付けることを含む請求項13の方法。

20

**【請求項 1 7】**

マルチ小ビーム荷電粒子リソグラフィシステムで使用される、複数のアーチャが設けられたプレートの上面で使用するための冷却部材の製造方法であって、前記アーチャは、前記プレートの表面に複数のビーム領域(91)を形成するためにグループで配置され、この方法は、

第1のプレート状部材を設けることを具備し、前記第1のプレート状部材の表面側には、第1のレイアウトに従って第1の切り欠き容積部が設けられ、

第2のプレート状部材を設けることを具備し、前記第2のプレート状部材の表面側には、第2のレイアウトに従って第2の切り欠き容積部が設けられ、

30

前記第1のプレート状部材及び前記第2のプレート状部材に複数のスロット(34)を設けることを具備し、前記スロットは、前記アーチャのプレートの表面の前記ビーム領域とアライメントされるように配置され、

前記第1の切り欠き容積部及び前記第2の切り欠き容積部が組み立てられた部材内に複数の冷却チャンネルを形成するように、前記第1のプレート状部材及び前記第2のプレート状部材の表面を互いに接続することを具備し、前記スロット(34)は、前記冷却チャンネル(94)間に配置され、前記複数の冷却チャンネルは、前記組み立てられた部材の一方の側の入口を前記組み立てられた部材の他方の側の出口に接続し、

前記接続することは、前記第1のプレート状部材の表面と前記第2のプレート状部材の表面との間に接着層を設けることによって行われる方法。

40

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステムに関する。本発明は、さらに、このようなリソグラフィシステム内で使用する冷却装置の製造に関する。

**【背景技術】****【0002】**

半導体産業では、高精度かつ信頼性の高いより小さな構造を製造することに関する要望がますます高まっている。リソグラフィは、このような製造プロセスの重要な部分で

50

ある。現在、最も量産されているリソグラフィシステムは、光ビームと、その上にレジストのコーティングがなされたウェーハなどのターゲットを露光するためのパターンデータを複写する手段としてマスクとを使用する。マスクレスリソグラフィシステムでは、荷電粒子小ビームは、このようなターゲット上にパターンを転写するために使用されることができる。これら小ビームは、所望のパターンを得るために個々に制御可能であることができる。

#### 【0003】

しかしながら、このような荷電粒子リソグラフィシステムが商業的利益を上げるために 10 は、これらシステムは、所定の最小スループットを扱う必要がある、すなわち、毎時処理されるウェーハの数が光リソグラフィシステムで現在処理されている毎時のウェーハの数よりもかなり少なくなるべきではない。さらに、荷電粒子リソグラフィシステムは、許容誤差が低い必要がある。高スループットと比較的低い許容誤差であるという要求との組合せを実現するのは難しい。

#### 【0004】

より多くの小ビームを、それ故、より多くの電流を使用することによってより高いスループットが得られることができる。しかしながら、多くの小ビームを扱うとより多くの制御回路が必要となる。さらに、電流が増大すると、より多くの荷電粒子がリソグラフィシステム中の構成要素と相互作用する。回路と構成要素への荷電粒子の衝突との両方が、リソグラフィシステム内のそれぞれの構成要素の熱を引き起こしうる。このような熱は、リソグラフィシステム内のパターニングプロセスの精度を低下させうる。最悪の場合のシナリオでは、このような熱は、リソグラフィシステム内の1以上の構成要素が機能するのを止める。 20

#### 【発明の概要】

#### 【0005】

本発明の目的は、熱制御に関する性能が改良された荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステムを提供することである。この目的のために、本発明は、複数の荷電粒子小ビームを使用してターゲットを露光するための荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステムを提供し、このシステムは、前記荷電粒子小ビームを発生するための 小ビームジェネレータと、変調された小ビームを形成するために前記小ビームをパターニングするための 小ビームモジュレータと、前記ターゲットの表面上に前記変調された小ビームを投影するための 小ビームプロジェクタとを具備し、前記小ビームジェネレータと、前記小ビームモジュレータと、前記小ビームプロジェクタとの少なくとも1つは、1以上のプレートを有し、前記プレートには、前記小ビームを前記プレートを通過させるための複数のアパーチャが設けられ、前記アパーチャは、前記小ビームの通過するアパーチャを含まない複数の非ビーム領域とは異なる別個の複数のビーム領域を前記1以上のプレートの前記表面に形成するようにグループで配置され、リソグラフィシステムの前記アパーチャを備えた前記プレートの少なくとも1つには、1以上の非ビーム領域でその表面に配置された冷却装置が設けられ、前記冷却装置は、冷却液を入れるための入口と、その中に冷却液の流れを向けるための複数の冷却チャンネルと、前記冷却液を取り除くための出口とが設けられたプレート状部材を有する。前記冷却装置の前記プレート状部材には、前記冷却チャンネル間に複数のスロットが設けられ、前記スロットは、前記アパーチャのプレートの表面の前記ビーム領域と実質的にアライメントされている。 30 40

#### 【0006】

用語「ビーム領域」は、ここでは、(例えば、小ビームジェネレータ、小ビームモジュレータ又は小ビームプロジェクタの)プレートの表面の領域であって、アパーチャがグループで配置され、これらアパーチャが小ビームの通過を与えるように配置されている領域を指す。「非ビーム領域」は、荷電粒子小ビームに露光されない領域である。アパーチャのプレートにプレート状部材の形態である冷却装置を配置することは、冷却装置がリソグラフィシステムの動作に干渉しない領域での有効な冷却を可能にする。

#### 【0007】

入口及び出口に接続された複数の冷却チャンネルの使用は、冷却装置全体にわたる冷却液の適切な空間分布と組み合わせた冷却液の十分な供給を可能にし、また、リソグラフィシステム内の限られたスペースを占める。冷却装置のプレート状部材は、ほぼ平面部分、すなわち平らな面で形成されることができる。特に、プレート状部材は、アパーチャが設けられたプレートに接続するための接触面に広がる平らな面を有することができる。平らな面は、平らな部材の表面及び平らなプレート領域がほぼ平行で直接接しているか、ほぼ平行で熱伝導性材料の中間層（例えば接着層）によって熱により結合されるようにして、プレート状部材をアパーチャを備えたプレートの平らな領域と熱接触させるためのインターフェース領域を与える。

## 【0008】

10

冷却チャンネルは、接触面と平行なフロー方向を規定するために互いに平行に配置することができる。冷却チャンネルは、このように、部材の平面部分を介して横並びで平行に、かつ平面部分の平面と平行に延びることができる。（ほぼ）平行なアライメントが、達成可能な製造及びアライメント許容範囲内で得られることができる。プレート状部材やチャンネルに対する比較的大きなミスアライメントは望ましくない。なぜならば、これは、小ビームジェネレータと、小ビームモジュレータと、小ビームプロジェクタとの少なくとも1つによって行われる荷電粒子ビームの発生及びマニピュレーション機能を著しく乱し、リソグラフィの結果の質を低下させうるからである。（例えばここで以下に説明される実施の形態による）ミリメートル範囲の冷却チャンネル及びスロットを備えた冷却装置が設けられたリソグラフィシステムに関して、平行なアライメントからのずれは、好ましくは、0.5ミリメートル未満に、より好ましくは100マイクロメートル未満にとどまる絶対移動量となる。

## 【0009】

20

スロットは、冷却装置のプレート状部材を通る荷電粒子小ビームの通過を可能にする。さらに、スロットを備えた単一のプレート状構造の使用は、冷却装置内の構成要素の数を減少させる。さらに、スロットの適切なアライメントは、このような接触がリソグラフィシステムの動作と干渉することなく適度に可能なあらゆるところで、アパーチャのプレートを備えた冷却装置の接触を可能にする。接触領域の増大は、冷却装置が吸収することができる熱量を増加させることができる。スロットは、フロー方向に沿った細長い形状を有することができ、各スロットは、フロー方向を横切る2つの隣接する冷却チャンネルの間にあることができる。

## 【0010】

30

いくつかの実施の形態では、前記入口と前記複数の冷却チャンネルとは、単一の分配チャンネルによって互いに接続され、前記単一の分配チャンネルは、冷却液を拡散するための拡散セクションと、前記複数の冷却チャンネルに前記冷却液を分かれさせるための分割セクションとを有し、前記拡散セクションは、前記入口に面する側の第1の横断面積と、前記複数の冷却チャンネルに面する第2の横断面積とを有し、前記第1の横断面積と前記第2の横断面積とは、等しく、前記第1の横断面積の高さは、前記第2の横断面積の高さよりも高く、この高さは、前記冷却チャンネルが延びている前記プレート状部材の平面部分に垂直な方向の高さである。このような分配チャンネルの使用は、制御可能な速度で比較的大量の冷却液の供給を可能にする。いくつかの実施の形態では、入口及び出口を備えたプレート状部材は、平らな面によって広がった接触面の一方の側に完全に設けられている。

## 【0011】

40

いくつかの実施の形態では、冷却装置のプレート状部材は、接着層によって、アパーチャが設けられた少なくとも1つのプレートに接続されている。接着層は、冷却装置の完全に接続された表面がアパーチャのプレートから熱を除去するために使用されることがあることを確実にする。好ましくは、接着層は、 $100 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{K}$ を超える、好ましくは $150 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{K}$ を超える全熱伝導係数を有する。

## 【0012】

50

いくつかの実施の形態では、システムは、前記複数の冷却チャンネルを通る冷却液の乱流を生成するために、十分に高いフロー速度で前記冷却装置の前記入口に冷却液を供給するように配置された冷却液システムをさらに具備する。乱流は、層流よりもアーチャのプレートからより多くの熱を受けることができる。さらに、フロー速度の増加は、冷却チャンネルの出口とその冷却チャンネルの入口との間の冷却液の温度差を減少させる。

#### 【0013】

いくつかの実施の形態では、前記小ビームモジュレータは、小ビームプランカアレイと、小ビーム停止アレイとを有し、前記冷却装置の前記プレート状部材は、前記小ビームプランカアレイの表面に配置されている。小ビームプランカアレイは、そこを通過する小ビームを変調させるための制御回路の存在に起因してかなりの熱を受ける。

10

#### 【0014】

他のいくつかの実施の形態では、冷却液システムは、前記複数の冷却チャンネルを通る冷却液の層流を生成するために、十分に低いフロー速度で前記冷却装置の前記プレート状部材の前記入口に冷却液を供給するために配置されることができる。層流は、冷却されているアーチャのプレートの性能を危険に晒しうる振動をほとんど取り込まない。層流のレジームで冷却液を含む冷却構造から利益を得ることができる構成要素は、小ビーム停止アレイ及び小ビームプロジェクタ内のレンズプレートに限定されない。

#### 【0015】

好みしくは、冷却液は水である。水は、十分な熱容量を有し、アンモニアなどの他の既知の冷却液よりも使用するのがより簡単である。

20

#### 【0016】

本発明の実施の形態は、さらに、マルチ小ビーム荷電粒子リソグラフィシステムで使用される、複数のアーチャが設けられたプレートの表面の上部で使用するための冷却部材の製造方法に関する。前記アーチャは、前記プレートの前記表面に複数のビーム領域を形成するためにグループで配置されている。

#### 【0017】

いくつかの実施の形態では、この方法は、第1のプレート状部材を設けることを具備し、前記第1の部材の表面側には、第1のレイアウトに従って第1の切り欠き容積部が設けられ、第2のプレート状部材を設けることを具備し、前記第2の部材の表面側には、第2のレイアウトに従って第2の切り欠き容積部が設けられ、前記第1及び第2のプレート状部材に複数のスロットを設けることを具備し、前記スロットは、前記アーチャのプレートの表面の前記ビーム領域とアライメントされるように配置され、前記第1の切り欠き容積部及び前記第2の切り欠き容積部が組み立てられた部材内に複数の冷却チャンネルを形成するように、前記第1の部材の表面と前記第2の部材との表面を互いに接続することを具備し、前記スロットは、前記冷却チャンネル間に配置され、前記複数の冷却チャンネルは、前記組み立てられた部材の一方の側の入口を前記組み立てられた部材の他方の側の出口に接続している。接続することは、前記第1の部材の表面と前記第2の部材の表面との間に接着層を設けることによって行われることができる。第1の部材と第2の部材との少なくとも一方が窒化アルミニウムを含むならば、このような方法が特に有用である。

30

#### 【0018】

他のいくつかの実施の形態では、この方法は、プレート状部材を設けることを具備し、前記部材の表面側には、レイアウトに従って切り欠き容積部が設けられ、前記プレート状部材に複数のスロットを設けることを具備し、前記スロットは、前記アーチャのプレートの表面の前記ビーム領域とアライメントされるように配置され、前記部材内に複数の冷却チャンネルを形成するように前記切り欠き容積部を覆うことを具備し、前記スロットは、前記冷却チャンネル間に配置され、前記複数の冷却チャンネルは、前記部材の一方の側の入口を前記部材の他方の側の出口に接続している。覆うことは、レーザ溶接によって前記部材に1以上のカバープレートを接続することを含むことができる。前記部材がチタンでできているならば、このような実施の形態が特に有用である。

40

#### 【0019】

50

冷却チャンネルのレイアウトに従って形成された切り欠き容積部は、プレート状部材の平らな表面に切り欠きアーチャを規定することができる。切り欠き容積部は、切り欠きアーチャに相補的な形状を有するカバープレートでシールされることができ、部材の内部に複数の冷却チャンネルを形成するように、平らな表面と面一で切り欠きアーチャを覆うように配置されることができる。

#### 【0020】

あるいは、覆うことは、冷却される前記アーチャのプレートを前記部材に取り付けることを含むことができる。このような実施の形態は、層流が望ましい場合に特に有用である。アーチャのプレートは、冷却チャンネルの壁を部分的に形成し、これは、部材と、冷却チャンネルを通って流れる冷却液との間の熱伝導を高める。

10

#### 【0021】

本発明の原理がさまざまなやり方で実行されることが明らかである。

#### 【0022】

本発明のさまざまな態様が、図面に示される実施の形態を参照してさらに説明される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0023】

【図1】図1は、荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステムの一実施の形態の簡略化された概略図である。

【図2】図2は、本発明の一実施の形態による電子光学カラムを示す簡略化された図である。

20

【図3】図3は、冷却チャンネルが設けられた小ビームプランカアレイの一部分を示す概略的な横断面図である。

【図4A】図4Aは、冷却装置の高尚な横断面を示す上面図である。

【図4B】図4Bは、図4Aの冷却装置の横断面図である。

【図5】図5は、本発明の一実施の形態による冷却液チャンネルのレイアウトの一部を示す図である。

【図6】図6は、図5の冷却液チャンネルのレイアウトを示す上面図である。

【図7A】図7Aは、冷却装置の一部を概略的に示す横断面図である。

【図7B】図7Bは、冷却装置の一部を概略的に示す横断面図である。

【図8A】図8Aは、本発明の一実施の形態による冷却装置の高尚な底面図である。

30

【図8B】図8Bは、本発明の一実施の形態による冷却装置の高尚な上面図である。

【図9A】図9Aは、本発明の一実施の形態による他の冷却装置の高尚な上面図である。

【図9B】図9Bは、本発明の一実施の形態による他の冷却装置の高尚な底面図である。

【図10A】図10Aは、小ビーム停止アレイに配置された図9A並びに図9Bの冷却装置の高尚な上面図である。

【図10B】図10Bは、小ビーム停止アレイに配置された図9A並びに図9Bの冷却装置の高尚な底面図である。

【図11A】図11Aは、本発明の他の実施の形態による冷却装置の高尚な底面図である。

【図11B】図11Bは、本発明の他の実施の形態による冷却装置の高尚な上面図である。

40

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0024】

以下は、単なる例によって図面を参照して与えられる本発明のさまざまな実施の形態の説明である。

#### 【0025】

図1は、荷電粒子リソグラフィ装置1の一実施の形態を示す簡略化された概略図である。このようなリソグラフィシステムは、例えば、米国特許第6,897,458号、米国特許第6,958,804号、米国特許第7,019,908号及び米国特許第7,084,414号、米国特許7,129,502号、米国特許出願公開第2007/0064

50

213号、同時継続中の米国特許出願番号第61/031,573号及び米国特許出願番号第61/031,594号、米国特許出願番号第61/045,243号及び米国特許出願番号第61/055,839号、米国特許出願番号第61/058,596号及び米国特許出願番号第61/101,682号に説明されており、これらは全て本発明の権利者に譲渡され、これら内容が参照として全てここに組み込まれる。

#### 【0026】

図1に示される実施の形態では、リソグラフィ装置1は、複数の小ビームを発生するための小ビームジェネレータ2と、変調された小ビームを形成するために小ビームをパターニングするための小ビームモジュレータ8と、変調された小ビームをターゲット13の表面上に投影するための小ビームプロジェクタとを有する。小ビームジェネレータ2は、代表的には、荷電粒子ビーム4を生成するための発生源3を有する。図1では、発生源3は、実質的に均質な拡大する荷電粒子ビーム4を生成する。以後、本発明の実施の形態は、電子ビームリソグラフィシステムを参照して説明される。それ故、発生源3は、電子源3と称されることができ、ビーム4は、電子ビーム4と称されることができる。例えば、イオンビームを生成するためのイオン源を使用することによって、図1に示されるのと同様のシステムが異なるタイプの放射線で使用されてもよいことが理解されなければならない。

10

#### 【0027】

図1に示される実施の形態では、小ビームジェネレータ2は、さらに、電子源3によって生成された電子ビーム4をコリメートするためのコリメータレンズ5と、複数の小ビーム7を形成するためのアパーチャアレイ6とを有する。コリメータレンズ5は、コリメート光学系のタイプであることができる。コリメーションの前に、電子ビーム4は、ダブルオクトポール(図示されない)を通ってもよい。好ましくは、アパーチャアレイ6は、複数の貫通孔が設けられたプレートを有する。アパーチャアレイ6は、電子ビーム4の一部を遮断するが、電子ビーム4の一部は、複数の電子小ビーム7を生成するように孔を通してアパーチャアレイ6を通過する。システムは、好ましくは約10,000~1,000,000の小ビームである多数の小ビーム122を生成する。

20

#### 【0028】

図1の実施の形態における小ビームモジュレータ又はモジュレーションシステム8は、小ビームプランカアレイ9と、小ビーム停止アレイ10とを有する。小ビームプランカアレイ9は、1以上の電子小ビーム7を偏向するための複数のプランカを有する。偏向された及び偏向されない電子小ビーム7は、複数のアパーチャを有するビーム停止アレイ10に到達する。小ビームプランカアレイ9及びビーム停止アレイ10は、小ビーム7を遮断するか通過させるために一緒に動作する。一般的に、小ビームプランカアレイ9が小ビーム7を偏向すると、小ビームはビーム停止アレイ10の対応するアパーチャを通過せず、遮断される。しかしながら、小ビームプランカアレイ9が小ビーム7を偏向しないと、小ビームはビーム停止アレイ10の対応するアパーチャを通過する。あるいは、小ビーム7は、小ビームプランカアレイ9の対応するプランカによる偏向により小ビーム停止アレイ10を通過し、それらが偏向されないと、小ビーム停止アレイ10によって遮断されることができる。プランカアレイ9の平面内に小ビーム7を合焦させるために、リソグラフィシステム1は、さらに、コンデンサレンズアレイ20を有することができる。

30

#### 【0029】

小ビームモジュレータ8は、制御ユニット60によって与えられるパターンデータ入力に基づいて小ビーム7にパターンを与えるように構成されている。制御ユニット60は、データ記憶ユニット61と、読み出しユニット62と、データ変換ユニット63とを有する。制御ユニット60は、システムの残りの部分から離れて、例えばクリーンルームの外部に配置されることができる。パターンデータは、光ファイバ64によって伝送されることができる。光ファイバ64の光送信端は、1以上のファイバアレイ15で組み立てられることができる。そして、パターンデータを保持している光ビーム14が、小ビームプランカアレイ9に設けられたフォトダイオードなどの対応する受光素子に投影される。この

40

50

のような投影は、直接行われるか、投影レンズ 6 5 によって図 1 に概略的に示される投影システムによって行われることができる。投影レンズ 6 5 のような、このような投影システムの 1 以上の要素は、小ビームプランカアレイ 9 の対応する感光素子にデータを保持している光ビーム 1 4 を適切にアライメントするか合焦することを可能にするために、位置決め装置 1 7 によって制御ユニット 6 0 の制御の下で移動可能であることができる。

#### 【 0 0 3 0 】

感光素子は、1 以上のプランカに結合され、光信号を異なるタイプの信号に、例えば電気信号に変換するように配置されている。パターンデータを保持している光ビーム 1 4 は、小ビームプランカアレイ 9 内の 1 以上のプランカのためのデータを保持することができる。従って、パターンデータは、プランカがパターンデータに従ってそこを通過する荷電粒子小ビーム 7 を変調することを可能にするために、パターンデータを保持している光ビームによってプランカに送られる。

10

#### 【 0 0 3 1 】

小ビームモジュレータ 8 から出てくる変調された小ビームは、小ビームプロジェクタによってターゲット 1 3 のターゲット面上に投影される。小ビームプロジェクタは、変調された小ビームをターゲット面上を走査するための小ビームデフレクタアレイ 1 1 と、変調された小ビームをターゲット面上に合焦させるための投影レンズの 1 以上のアレイを有する投影レンズ構成体 1 2 とを有する。ターゲット 1 3 は、一般的には、移動可能なステージ 2 4 に配置され、その移動は、制御ユニット 6 0 などの制御装置によって制御することができます。

20

#### 【 0 0 3 2 】

リソグラフィ用途では、ターゲットは、通常、荷電粒子感應層、すなわちレジスト層が設けられたウェーハを有する。レジスト膜の部分は、荷電粒子の小ビームの照射、すなわち電子の照射によって化学的に変質される。その結果、フィルムの照射された部分は、現像液で多かれ少なかれ溶解可能であり、ウェーハ上にレジストパターンをもたらす。ウェーハ上のレジストパターンは、続いて、半導体製造の分野で知られているような、インプリメンテーション、エッチング、蒸着工程によって、下層に転写ができる。明らかに、照射が均一でないと、レジストが一様であるようにして現像されず、パターンのミスにつながる。それ故、高品質の投影が、再生可能な結果を与えるリソグラフィシステムを得るために適切である。

30

#### 【 0 0 3 3 】

デフレクタアレイ 1 1 及び投影レンズ構成体 1 2 は、シングルエンドモジュールに組み込まれることができる。このようなエンドモジュールは、好ましくは、挿入可能で交換可能なユニットとして構成されている。挿入可能で交換可能なユニットはまた、小ビーム停止アレイ 1 0 を有することができる。

#### 【 0 0 3 4 】

デフレクタアレイ 1 1 は、小ビーム停止アレイ 1 0 を通過する各小ビーム 7 を偏向するために配置された走査デフレクタアレイの形態を取ることができる。デフレクタアレイ 1 1 は、比較的小さな駆動電圧の適用を可能にする複数の静電デフレクタを有することができる。デフレクタアレイ 1 1 は投影レンズ構成体 1 2 の上流側に描かれているが、デフレクタアレイ 1 1 はまた、投影レンズ構成体 1 2 とターゲット面 1 3との間に配置されてもよい。

40

#### 【 0 0 3 5 】

投影レンズ構成体 1 2 は、このように、デフレクタアレイ 1 1 による偏向の前に、又はその偏向の後に小ビーム 7 を合焦させるために配置されることがある。好ましくは、合焦は、直径約 1 0 ~ 3 0 ナノメートルの幾何学的なスポットサイズをもたらす。このような好ましい実施の形態では、投影レンズ構成体 1 2 は、約 1 0 0 ~ 5 0 0 倍の縮小率を、最も好ましくはできるだけ大きな、例えば、3 0 0 ~ 5 0 0 倍の範囲の縮小率を与えるように配置されている。この好ましい実施の形態では、投影レンズ構成体 1 2 は、効果的には、ターゲット面 1 3 に近接して位置されることができる。

50

## 【0036】

荷電粒子リソグラフィ装置1は、真空環境中で動作する。真空は、荷電粒子ビームによってイオン化されて発生源に引きつけられるようになりえ、解離することができ、マシンの構成要素上に堆積さえ、荷電粒子ビームを分散させうる粒子を除去することが望まれる。少なくとも $10^{-6}$ バールの真空が代表的に必要とされる。好ましくは、リソグラフィ装置1の主要な要素の全てが、荷電粒子源3を含む小ビームジェネレータ2と、小ビームモジュレータ8と、小ビームプロジェクトシステムと、移動可能なステージ24とを有する共通の真空チャンバ中に収容されている。これらの主要な要素もまた、電子光学カラム、又は単にカラムと称され、図1に概略的に破線で示される箱18で表わされる。

## 【0037】

一実施の形態では、荷電粒子源の環境は、 $10^{-10}$ ミリバールまでのかなり高い真空に差圧で下げられる。このような実施の形態では、発生源3は、個々のチャンバ、すなわちソースチャンバに配置されることができる。ソースチャンバの圧力レベルを下げることは、以下のようにして行われることができる。まず、真空チャンバ及びソースチャンバが、真空チャンバのレベルまで下げられる。そして、ソースチャンバが、当業者によって既知であるようにして、好ましくはケミカルゲッタによって、所望の低圧にさらに下げられる。再生的な、化学的な、ゲッタのようないわゆる受動ポンプを使用することによって、ソースチャンバ内の圧力レベルが、この目的のために真空ターボポンプの必要なく、真空チャンバ中の圧力レベルよりも低いレベルにされることができる。ゲッタの使用は、真空ターボポンプ又は同様のものがこのような目的のために使用される場合にそうであるように、真空チャンバの内部又は外部近辺に音響的振動や機械的振動が伝わるのを回避する。

## 【0038】

図2は、本発明の一実施の形態による電子光学カラムを示す簡略化された図である。図2では、小ビームのグループが单一のビーム27として描かれている。小ビーム27のグループは、グループ27が小ビームプランカアレイ9に到達するまで、アパー・チャアレイ6を通過し、1以上のコンデンサレンズアレイ20を通過する。小ビームプランカアレイ9は、アパー・チャアレイを有することができ、プランカアレイ9の一体部分を形成する。あるいは、このようなアパー・チャアレイは、プランカアレイ9の上流側に配置された個別のアレイであってもよい。プランカアレイ9の上流側でのさらなるアパー・チャアレイの使用は、プランカアレイ9の熱負荷を低減させる。

## 【0039】

小ビームプランカアレイ9は、ビーム領域91と非ビーム領域92とに分けられている。ビーム領域91は、複数のアパー・チャアレイが設けられた領域であり、これらアパー・チャアレイを通過した小ビームを受けて変調するために配置されている。非ビーム領域92は、荷電粒子小ビームに露光されない領域である。これら非ビーム領域92は、ビーム領域91内の構成要素を支持するために必要とされる構成要素のための領域を与えるために配置されている。例えば、非ビーム領域92は、データパターンを保持している、あるいは変調された光信号を受けるために、フォトダイオードなどの光感応素子、ビーム領域91内でモジュレータに転送することができる光信号が経由する電気接続を収容することができる。

## 【0040】

図2に描かれる実施の形態では、非ビーム領域のフォトダイオード及び電気回路などの構成要素が、発生源3から離れて面しているプランカアレイ9の表面側に置かれ、以後、プランカアレイ9のターゲット側と称される。発生源3に面しているプランカアレイ9の表面側、以後、プランカアレイ9の発生源側には、冷却装置93が設けられている。冷却装置93は、水などの冷却液の流れを収容するための1以上の冷却チャンネルを有する。また、チャンネル中を流れる水は、非ビーム領域92の上側表面に置かれることができる。冷却装置93は、そのいかなる構成要素も小ビーム27のグループからの粒子を遮断するか直接相互作用することを回避するために、プランカアレイ9の非ビーム領域92内に配置されている。

## 【0041】

10

20

30

40

50

冷却装置 9 3 は、適切な速度で冷却装置の入口に冷却液を供給するための冷却液システム 2 5 に結合されることがある。いくつかの実施の形態では、特に、冷却液の冷却能力が最大に活用されるならば、そのようなフロー速度は複数の冷却チャンネルを通って冷却液の乱流を生成するために十分高くなければならない。しかしながら、冷却される構造体の動作が振動に非常に敏感ならば、冷却液システムは複数の冷却チャンネルを通って冷却液の層流を生成するために冷却液に十分に低いフロー速度を与えるように配置されることがある。冷却装置 9 3 はまた、あるタイプの流れ、例えば乱流又は層流を生成するための手段を有することができる。

#### 【 0 0 4 2 】

図 3 ないし図 8 を参照して、冷却装置が小ビームプランカアレイ 9 の上面に配置された本発明の実施の形態が説明される。さらに、図 9 並びに図 10 を参照して、冷却装置が小ビーム停止アレイの上面に配置された本発明の実施の形態が説明される。しかしながら、図 2 に示されるカラムから明らかであるので、このような冷却装置が電子光学カラム内の他の構成要素の表面に設けられてもよいことが理解されなければならない。特に、冷却装置の実施の形態は、小ビームをプレートを通過させるための複数のアパーチャが設けられたプレートの表面に使用されることができる。このようなプレートの例は、限定的ではないが、アパーチャアレイ 6 のようなアパーチャアレイと、1 以上のコンデンサレンズアレイ 2 0 の部分であるプレートのようなレンズプレート又は図 1 に示される投影レンズ構成体 1 2 の部分であるプレートと、小ビームプランカアレイ 9 や小ビーム停止アレイ 1 0 のような小ビームモジュレータ 8 のプレートとを含む。アパーチャが電流制限アパーチャである必要はない。いくつかの場合には、熱は、荷電粒子小ビーム内の荷電粒子の衝突以外の手段によって発生される。例えば、小ビームプランカアレイ 9 は、熱を発生する電子回路を有する。さらに、荷電粒子は、他の構成要素と同様にエネルギーを伝達しうる 2 次荷電粒子をもたらす構成要素で散乱することができる。

#### 【 0 0 4 3 】

冷却液は、好ましくは水である。水は、アンモニアなどの他の既知の冷却液よりも使用するのがより簡単である。アンモニアは、高圧システム及びより広範囲な安全対策を必要とする。原理上、液体ガリウムなどの液体金属を使用することができるが、水は、ガリウムよりもはるかに大きな許容可能フロー速度範囲を有し、ガリウムの使用は、凝固、コスト、腐食及び拡散などの他の複雑さを導入する。水の場合には、入口 3 1 の適温が、15 ~ 25 に、好ましくは約 20 にある。

#### 【 0 0 4 4 】

図 3 は、冷却装置 9 3 の一部である冷却チャンネル 9 4 が設けられた、小ビームプランカアレイ 9 の一部分を概略的に示す断面図である。冷却チャンネル 9 4 は、冷却液 9 6 の流れを収容するために配置されている。好ましくは、流れは、冷却チャンネル 9 4 中の強制対流を得るために、外部源、すなわち図 2 の冷却液システム 2 5 による強制的な流れである。

#### 【 0 0 4 5 】

冷却装置 9 3 は、接着層 9 7 によって小ビームプランカアレイ 9 に接続されている。好ましくは、接着層 9 7 に使用される接着剤は、できるだけ冷却能力を与えるために十分に高い熱伝導率を有する。好ましくは、接着層は、 $100 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{K}$  を超える、より好ましくは $150 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{K}$  を超える熱伝導率を有する。

#### 【 0 0 4 6 】

冷却装置 9 3 内の冷却液による熱伝導は、小ビームプランカアレイ 9 を閾値温度よりも低く保つように、熱が小ビームプランカアレイ 9 から取り除かれる際に装置 9 3 の役割を改良する。冷却チャンネル 9 4 の側壁 9 5 と冷却液 9 6 との間の熱伝導は、熱伝導率によって示されることができる。実験は、チャンネル中の冷却液 9 6 のフロー速度とともに熱伝導率が概して増加することを示している。

#### 【 0 0 4 7 】

チャンネル 9 4 中の冷却液 9 6 の比較的高いフロー速度の他の利点は、このような速度

10

20

30

40

50

がチャンネル 9 4 の入口での冷却液の温度とチャンネル 9 4 の出口での冷却液の温度との間の温度差  $T$  を減少させるということである。その結果、より均質であるようにしてチャンネル位置の機能及び冷却を達成することができるとともに、冷却液の熱吸収度が著しく変わらない。

#### 【 0 0 4 8 】

しかしながら、リソグラフィシステム内のいくつかの構成要素について、冷却に関する必要条件は、振動の影響などの他のパラメータに関する必要性よりも幾分重要でない。このような構成要素について、比較的低い速度を有することが望ましい。いくつかの実施の形態では、フロー速度は、流体フローが層流であるようになっていることができる。層流の使用は、冷却液 9 6 と冷却装置 9 3 との間の相互作用によって引き起こされる振動の発生を低減させる。さらに、腐食浸食は、乱流に対してよりも層流に対してかなり少ない。10

#### 【 0 0 4 9 】

冷却に関する限り、乱流は、層流よりも望ましい。真の層流では、チャンネル壁に垂直な流れ成分はなく、したがって、その方向のいかなる熱伝導も、冷却液中のそれほど効率的でない伝導によって生じる。しかしながら、乱流では、熱は、チャンネル壁に垂直な方向に伝達される。この結果、冷却液は、より熱を吸収することができる。

#### 【 0 0 5 0 】

含まれる幾何学的形状の制限を考慮すると、対流は、熱を有効であるようにして光学部品から遠ざけて伝達する理想的なメカニズムである。伝導熱伝導は、常にある程度まで生じるが、対流熱伝導が一般に支配的である。20

#### 【 0 0 5 1 】

さらに、冷却装置 9 3 は、好ましくは、所定の熱膨張率 ( C T E ) を有する材料でできており、この熱膨張率は、小ビームプランカアレイの材料の C T E と同様であるか、この C T E と少なくとも異なりすぎない。冷却装置の材料と小ビームプランカアレイの材料との間の C T E の差が大きすぎると、小ビームプランカアレイの変形を引き起こしうる。さらに、接着層は、好ましくは、冷却装置 9 3 及び小ビームプランカアレイ 9 がその発生源の表面側で荷電粒子の衝突から生じる熱に晒されることに起因して小ビームプランカアレイが膨張した場合に互いに対してもほぼ同じ位置にとどまるこことを確実にするために、同様にあまり異なる C T E を有する。さらに、小ビームプランカアレイ 9 は、非ビーム領域内の回路に使用される熱の結果として膨張しうる。30

#### 【 表 1 】

表 1 さまざまな材料の C T E

材料	C T E [ $\mu\text{m}/\text{m} \cdot \text{K}$ ]
シリコン	2. 6
タンゲステン／A I N	4. 5
チタン	8. 6
銅	16. 5

40

#### 【 0 0 5 2 】

表 1 は、さまざまな材料の C T E を示している。多くの実施の形態では、小ビームプランカアレイ材料はシリコンである。表 1 に示されるように、シリコンは、 $2.6 \mu\text{m}/\text{m} \cdot \text{K}$  の C T E を有する。冷却装置 9 3 の代表的な材料は、銅 ( C u )、タンゲステン ( W )、窒化アルミニウム ( A l N ) 及びチタン ( T i ) である。表 1 に示されるように、これら材料のうち銅は、シリコンの小ビームプランカアレイに設けられた冷却装置に使用されることが最も適切でない。なぜならば、銅の C T E はかなり高く、すなわち、 $16.5 \mu\text{m}/\text{m} \cdot \text{K}$  だからである。50

## 【0053】

図4Aは、そこを通って流れる冷却液なしで冷却装置93の横断面を示す上面図である。冷却装置93の冷却チャンネル94は、一般的に、閉じた冷却チャンネル、すなわちそれらの長さに沿った側壁で完全に囲まれたチャンネルである。図4Aでは、例えば、冷却チャンネル94の側壁として機能するように冷却装置のさまざまな構成要素を覆うためのカバーは、明りょう化の理由から示されていない。このようなカバーは、冷却液が冷却装置93から漏れ出るのを防ぐ。冷却装置93は、平らな表面37が熱伝導面として機能することを可能にするために、アパー・チャを備えたプレートに接続するための平らな表面37を有する。冷却装置93は、冷却チャンネル94のレイアウトに従って2つの切り欠き容積部を備えた表面側37に設けられている。切り欠き容積部の周囲は、切り欠きアパー・チャ38を規定している。冷却装置93には、冷却液の受け入れのための1以上の入口31と、冷却液の除去のための1以上の出口35とが設けられている。冷却液は、1以上の入口31から冷却チャンネル94を通って1以上の出口35に向かって流れ、その途中で熱を得る。好ましくは、冷却チャンネル94の数は、入口31及び出口35の数を超えている。この設計に関するさらなる詳細が、図5並びに図6を参照して説明される。

## 【0054】

冷却装置93が荷電粒子小ビームと干渉するのを回避するために、冷却装置93には、小ビームプランカアレイ9のビーム領域の上に配置されたスロット34が設けられている。プランカアレイ9のビーム領域に対してスロット34を適切にアライメントすることによって、冷却装置は、非ビーム領域のために用意された表面積の大部分を、好ましくは全てを覆うことができ、プランカアレイと接触することができる。

## 【0055】

図4Bは、線IVb-IVb'に沿った、図4Aに描かれた冷却装置93の断面図である。好ましくは、冷却装置93は、空間をあまり占めない。好ましくは、冷却装置93は、電子光学カラム内の他の構成要素の最適な位置と干渉すべきでない。すなわち、多くの場合、冷却装置の高さは、電子光学カラムの隣接している構成要素、すなわち、冷却装置がプランカアレイ9の発生源側に配置されたならば上流側の構成要素、あるいは冷却装置がプランカアレイ9のターゲット側に配置されたならば下流側の構成要素が、その所望の位置に配置されることができないことを回避するために制限されている。すなわち、電子光学カラムの電子光学部品は、一般的に、荷電粒子小ビームによるこれらの影響がカラムの電子光学性能にとって最適であるようにして置かれている。例えば、図2に示される実施の形態では、冷却装置93の寸法は、コンデンサレンズアレイ20の存在によって制限される。

## 【0056】

図4Bに示される実施の形態では、小ビームプランカアレイ9の上部の冷却チャンネル94の高さd<sub>1</sub>は、上述の理由から制限される。しかしながら、小ビームプランカアレイ9の側に利用可能な空間があってもよいので、入口31に接続された冷却チャンネル又はリザーバの36の高さd<sub>2</sub>はより高くてもよい。同様の高さd<sub>2</sub>は、出口35に接続された冷却チャンネル又はリザーバで使用されることができる。このような空間が利用可能な個所でのより大きな高さd<sub>2</sub>の使用は、十分な量の冷却液が除去されたり供給されたりすることができるという利点を有する。同時に、限定された高さの複数の冷却チャンネルの存在は、小ビームプランカアレイを十分に冷却することができることを確実にする。高さd<sub>1</sub>及びd<sub>2</sub>の例示的な寸法は、1~3mm、それぞれ、例えば、1.7mm及び3~10mm、例えば、4.0mmである。

## 【0057】

図5は、本発明の一実施の形態による冷却液チャンネルのレイアウトの一部分を示す図である。入口31は、単一の分配チャンネル又はチューブによって複数の冷却チャンネル94に接続されている。単一の分配チャンネルは、冷却液を拡散するための拡散セクション41と、複数の冷却チャンネル94に冷却液を分かれさせるための分割セクション42とを有する。複数のチャンネル94に冷却液のフローを分かれさせることは、流体の乱流

10

20

30

40

50

によって引き起こされる抵抗を分散させることを可能にする。

#### 【0058】

図6は、図5の冷却液チャンネルのレイアウトを示す上面図である。図5に見られることができるよう、冷却チャンネルのレイアウトの高さは、複数の冷却チャンネル94に近い位置でよりも入口31に近い位置で高い。先に述べられたように、冷却チャンネル94のために利用可能な空間は制限されうる。しかしながら、流体は、好ましくは、例えば、図2に描かれるような冷却液システム25を使用することによって、冷却チャンネル94を通る乱流を生成するために十分に高い速度で供給される。

#### 【0059】

高速で流体を収容するために、好ましくは、冷却装置93は、ビーム領域からかなり離れたところで厚く、入口31がこのような厚い部分に位置されている。入口31は、比較的大きな横断面積を有することができる。拡散セクションは、フローが分割セクション42内の複数の冷却チャンネルにできるだけ均質に広がることができるように、流体が拡散することを可能にする。拡散セクションの入口でのフロー経路の横断面積は、好ましくは、拡散セクションの出口でのフロー経路の横断面積と同じである。このような寸法は、冷却液が実質的に同じ速度で拡散セクション41を出入りすることを確実にする。図6では、寸法は、このように、長方形の断面積 $d_I$ と入口の高さの積が、 $d_{II}$ と拡散セクションの出口の高さの積に等しいようになっていることができる。

#### 【0060】

いくつかの実施の形態、例えば図6に描かれるようなレイアウトの実施の形態では、入口と実質的にアライメントされている1以上のチャンネルの横断面積は、入口に対してよりオフセットされたチャンネルの横断面積よりも小さい寸法を有する。図6では、全てのチャンネルが同じ高さを有するという仮定の下では、中心チャンネルは、側面チャンネルの径 $d_s$ よりも小さな径 $d_M$ を有する。さまざまな横断面積の使用が、複数のチャンネル94に流体抵抗を均一に広げるのを助けることができる。

#### 【0061】

冷却装置93は、複数の部材を互いに組み合わせることによって製造される。部材のサイズ及び形状は、使用される材料、組立て方法及び寸法によって決まりうる。図7A並びに図7Bは、チャンネル94の場合の組立て前の冷却装置93の一部分を概略的に示す断面図である。

#### 【0062】

図7Aの冷却装置93は、2つの部材93a、93bを互いに組み合わせることによって製造される。両部材93a、93bは、チャンネルの重要な部分がその中に形成されるように成形され、この場合には、各部材93a、93bの切り欠き領域は、形成される(1又は複数の)チャンネルに約50%寄与する。図示される実施の形態では、2つの部材93a、93bは、領域51で接着剤で互いに接続されている。部材93a、93bがA1Nでできていれば、このようなアセンブリが有効である。

#### 【0063】

図7Bの冷却装置93も、2つの部材93a、93bを組み合わせることによって製造される。しかしながら、第1の部材93aがチャンネルに主として寄与している場合には、第2の部材93bが単にチャンネルを閉じる役割を果たす。この場合、第2の部材93bは、領域52でレーザ溶接によって第1の部材93aに接続されることができる。領域52は、切り欠きアーバーチャ38のエッジによって境界が定められる。チタンが冷却装置材料として使用されるならば、このようなアセンブリが使用されることがある。

#### 【0064】

図8A並びに図8Bは、本発明の一実施の形態による冷却装置93を示す底面図並びに上面図である。この実施の形態では、冷却装置は、図7Bに示される組立て技術に従ってなされている。図4Aを参照して説明された実施の形態と同様の冷却装置93のこの実施の形態は、5つのスロット34によって分離された6つの冷却チャンネル94が設けられた平らな部材によって形成されている。これらスロット34は、冷却装置93による荷電

10

20

30

40

50

粒子小ビームとの干渉が回避されるようにして、アパー・チャが設けられたプレートのビーム領域（例えば、リソグラフィシステムの小ビームプランカアレイ9又は小ビーム停止アレイ10）に配置されるように構成されている。プレートのビーム領域に対してスロット34を適切にアライメントすることによって、冷却装置93は、非ビーム領域のために用意された表面積の大部分を、好ましくは全てを覆うことができ、プレートと接触することができる。

#### 【0065】

図8A並びに図8Bの冷却装置93は、第1の部材93aを2つの第2の部材93bに接合することによって製造することができる。第1の部材は、6つの冷却チャンネル94及び5つのスロット34が設けられたプレート状部材93aとして形成されている。プレート状部材93aは、好ましくは、チタンでできている。プレート状部材93aは、平らな表面37が熱伝導面として機能することを可能にするように、アパー・チャでプレートに接続するための接触面Pに広がる平らな表面37を有する。6つの冷却チャンネル94は、共面上に配置され、フロー方向Fを規定するために互いに（ほぼ）平行である。6つの冷却チャンネル94によって広がった平面は、平らな表面側37と、したがって接触面Pとほぼ平行である。各冷却チャンネル94は、少なくともその（フロー方向Fで見られるような）一方の側に沿って、1つのスロット34によって境界が定められている。各スロット34は、フロー方向Fに沿って、すなわち冷却チャンネル94に平行な細長い形状を有する。図8A並びに図8Bの冷却装置93には、冷却装置93に冷却液を受けるための2つの入口31と、冷却装置93から冷却液を放出するための2つの出口35とが設かれている。冷却動作中、冷却液は、2つの入口から冷却チャンネル94を通って2つの出口35に向かって流れ、途中のアパー・チャでプレートから熱エネルギーを取り出す。冷却装置93は、プレート状部材93aの外側域39により厚く、この厚さは、接触面Pに垂直な方向に対応している。入口31及び出口35は、厚い外側領域39に配置され、入口31及び出口35が冷却チャンネル94の横断面積よりも大きな横断面積を有することを可能にする。入口31及び出口35も、フロー方向Fにほぼ平行になり、これにより、流体フローのいかなる妨害も最小にする。1つの入口31は、単一の分配チャンネルによって3つの冷却チャンネル94に接続され、これは、図5並びに図6を参照して説明されるように、拡散セクション41と分割セクション42とを有する。出口35は、同様に、3方向分配チャンネルを有する。結果として生じるチャンネルのレイアウトでは、2つの入口31の各々の分配チャンネルは、3つの冷却チャンネル94に分割され、これら3つの冷却チャンネル94は、続いて、2つの出口35のうちの1つの分配チャンネルに合流する。この冷却装置93のチャンネルのレイアウトは、 $n \times 3$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) 個の冷却チャンネル94と、n個の入口31及び出口35で使用されることができる。

#### 【0066】

2つの入口31及び2つの出口35を備えたプレート状部材93aは、接触面Pの一方の側（すなわち1/2の空間）に完全に設けられている。この結果、平らな表面側37は、冷却装置93の他の一部分による妨害なくリソグラフィシステム（例えば、小ビームプランカアレイ9又は小ビーム停止アレイ10）のアパー・チャを備えたプレートの所望の部分に熱伝導面として取り付けられることができる。

#### 【0067】

プレート状部材は、表面側37の第1の部材93aに冷却チャンネル94のレイアウトに従って2つの切り欠き容積部を設けることによって得られることができる。表面側37の近くの各切り欠き容積部の周囲は、切り欠きアパー・チャ38を規定している（図4A参照）。結果として生じる2つの切り欠きアパー・チャ38は、第2の部材93bによって覆われ、各々が切り欠きアパー・チャ38と同様の形状を有するカバープレートによって形成され、平らな表面側37と面一で切り欠き容積部を覆うように配置されている。2つのカバープレート93bは、図7Bによって示される組立て技術に従って冷却チャンネル94を形成するように、2つの切り欠きアパー・チャ38に配置されている。冷却チャンネル94は、かくして、（フロー方向Fに垂直に見られる）矩形の横断面でチャンネルのレイア

10

20

30

40

50

50

ウトを規定するように形成されることがある。説明された組立て技術は、この矩形のチャンネルのレイアウトを製造するのに特に適している。カバープレート 93b は、レーザ溶接によって、対応する切り欠きアーチャ 38 の輪郭に沿ったそれぞれのカバープレート 93b を第 1 の部材 93a に接続されることがある。カバープレート 93b は、好ましくは、チタンでできている。プレート状部材 93a に切り欠き容積部を設けて平らな表面側 37 のカバープレート 93b 切り欠き容積部を覆う技術は、一方では、よい熱伝導特定と、他方では、製造上の精度との最適なバランスを与える。これは、特に、およそ数（数十）ミリメートルの寸法（例えば、ここで上に説明された  $d_1$  及び  $d_2$  の値）を有する冷却装置 93 に適用する。（フロー方向 F に沿って見られる）冷却チャンネル 94 及びスロット 34 の代表的な長さは、例えば、25 ミリメートル～50 ミリメートルの範囲に、好ましくは 37 ミリメートルであることができる。（フロー方向 F を横切る）冷却チャンネル 94 の代表的な外幅は、3 ミリメートル～4 ミリメートル、好ましくは 3.5 ミリメートルであり、代表的な内幅は、2 ミリメートル～3 ミリメートル、好ましくは 2.5 ミリメートルであることができる。スロット 34 の代表的な幅は、2 ミリメートル～3 ミリメートル、好ましくは 2.5 ミリメートルであることができる。

#### 【0068】

図 9A 並びに図 9B は、本発明の一実施の形態による他の冷却装置 93' を示す上面図並びに底面図である。冷却装置 93' はまた、入口 31 を出口 35 に接続している複数の冷却チャンネル 94 を有する。しかしながら、この実施の形態では、図 9B に示されるように、冷却装置 93' の冷却チャンネル 94 は、開いた構造を有する。

#### 【0069】

冷却装置 93' は、入口 31 を複数の冷却チャンネル 94 に接続している分配チャンネル 43 を有し、分配チャンネル 43 は、例えば、冷却液システム 25 によって供給される入口 31 からの冷却液 31 を受けるために配置され、冷却液が層流レジームで冷却チャンネル 94 を通って搬送されるようにして冷却液をガイドする。層流の結果、冷却液は、振動に関して冷却される構造に無視できる程度の影響があつてもよい。

#### 【0070】

入口 31 及び出口 35 は、好ましくは、高速の乱流の場合には、このような温度差と比較して冷却チャンネル入口での冷却液と冷却チャンネル出口での冷却液との間の幾分高い温度差によって引き起こされた位置の関数としての冷却の非均質性を低減するために、ビーム領域間の冷却チャンネル 94 の向きに対して対角線上に置かれている。

#### 【0071】

図 10A 並びに図 10B は、小ビーム停止アレイ 10 に配置された図 9A 並びに図 9B の冷却装置 93' を示す上面図並びに底面図である。冷却装置 93' に小ビーム停止アレイ 10 を直接取り付けることによって、冷却チャンネル 94 が閉じられ、冷却装置 93' と小ビーム停止アレイ 10 との組合せから冷却液の漏れ出しが回避されることがある。冷却装置 93' はまた、リソグラフィシステム内の振動に敏感な構成要素を、例えば小ビームプロジェクタの投影レンズアレイの重要なレンズプレートを冷却するのに特に有用であることができる。

#### 【0072】

図 11A 並びに図 11B は、本発明の実施の形態による他の冷却装置 93'' を示す底面図及び上面図である。冷却装置 93'' は、図 8A 並びに図 8B を参照して説明された実施の形態に代わるものをしており、そこで説明された冷却装置 93 の特徴の大部分が、図 11A 並びに図 11B に示される冷却装置 93'' にもあることができる。これらの特徴は、ここでは再び説明されない。ここで説明される特徴については、同様の参照符号が同様の特徴に対して使用されるが、実施の形態を区別するために「'''」で示される。

#### 【0073】

冷却装置 93'' は、再び、プレートのビーム領域の上に配置されるように構成された 5 つのスロット 34'' で分離された 6 つの冷却チャンネル 94'' が設けられた平らな部材によって形成されている。この場合、冷却装置 93'' には、冷却液を入れるために

10

20

30

40

50

单一の入口 31'，と、冷却液を放出するための单一の出口 35'，とが設けられている。動作中、冷却液は、入口 31'，からフロー方向 F'，に沿って 6 つの冷却チャンネル 94'，を通って出口 35'，に向かって流れる。冷却チャンネル 94'，を通って流れる冷却液は、例えば接触面 P'，に沿って平らな表面側 37'，に接続された熱い平面の対象物から生じうる熱エネルギーを途中で回収することができる。再び、冷却装置 93'，は、プレート状部材 93a'，の外側領域 39'，でより厚く、入口 31'，及び出口 35'，は、これらの厚い外側領域 39'，に位置されている。入口 31'，は、2 段階分配チャンネルによって 6 つの冷却チャンネル 94'，に接続されている。入口 31'，の 2 段階分配チャンネルは、冷却液を拡散するための拡散セクション (41'') と、冷却チャンネル 94'，に冷却液を分かれさせるための分割セクション (42'') とを有し、これらセクションは、図 5 並びに図 6 を参照してここで上に説明されるような分配チャンネルと同様である。分割セクションでは、入口チャンネル 31'，は、初めに、各々が分岐セクション 40'，を有する 3 つのチャンネルに分岐している。これら分岐セクション 40'，は、好ましくは、それぞれのチャンネルを拡大させ、フロー速度の漸減を発生させるために、滑らかな側方曲率で逸れている（すなわち、フロー方向に沿って進行しながらフロー方向に垂直なチャンネルの横断面を増加させる）。チャンネルの拡大した部分は、図 6 を参照して説明されたものと同様にして形成され、すなわち、中間初期チャンネル（入口 31 と実質的にアライメントされている）は、外側初期チャンネル（入口 31 に対してよりオフセットされている）の横断面積よりも小さな横断面積を有する。各チャンネルは、続いて、スロット 34'，で側方に分離された 2 つの隣接する冷却チャンネル 94'，に分割されている。（フロー方向 F'，に沿って見られる）スロット 34'，の他端で、冷却チャンネル 94'，の隣接する対の各々は、続いて、さらなるチャンネルに合流する。3 つのさらなるチャンネルの各々は、収束セクション 44'，を有し、収束セクションは、好ましくは、チャンネルが滑らかに側方で狭くなることによって形成されている。3 つのさらなるチャンネルは、入口 31'，に設けられたものに相補的な 2 段階分配チャンネルによって出口チャンネル 35'，に接合する。  
10  
20

#### 【0074】

プレート状部材 93a'，は、6 つの冷却チャンネル 94'，のレイアウトに従って平らな表面側 37'，に单一の切り欠き容積部を設けることによって得られることができ、また、図 7B によって示される技術に従って製造されることができる。表面側 37'，の近くの切り欠き容積部の周囲は、单一の切り欠きアーチャを規定している。結果として生じる切り欠きアーチャは、カバープレート 93b'，が平らな表面側 37'，と面一に配置される能够のようにして、切り欠きアーチャの輪郭形状と一致する形状を有するカバープレート 93'，で覆われている。この冷却チャンネル 94'，のレイアウトは、单一の切り欠き容積部のみを必要とし、冷却液の供給及び放出のための单一の導管への接続を可能にする。この冷却装置 93'，のチャンネルのレイアウトは、特に、 $n \times 6$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) 個の冷却チャンネル 94'，と、 $n$  個の入口 31'，及び出口 35'，とを有する。好ましくは、入口 31'，及び出口 35'，は、各々、冷却チャンネル 94'，の横断面積の和に等しい横断面積を有する。  
30

#### 【0075】

本発明は、上に説明された所定の実施の形態を参照して説明してきた。これら実施の形態が、本発明の意図及び範囲を逸脱することなく、当業者に周知のさまざまな変更及び変形を受けることができる事が理解される。従って、特定の実施の形態が説明されてきたが、これらは単なる例であり、本発明の範囲を限定するものではなく、本発明の範囲は特許請求の範囲に規定される。  
40

本発明の出願当初の特許請求の範囲に記載された発明を以下に付記する。

[1] 複数の荷電粒子小ビーム (7) を使用してターゲット (13) を露光するための荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステム (1) であって、前記荷電粒子小ビームを発生するための小ビームジェネレータ (2) と、変調された小ビームを形成するために前記小ビームをパターニングするための小ビームモジュレータ (8) と、前記変調された小ビ  
50

ームを前記ターゲットの表面上に投影するための小ビームプロジェクタ(12)とを具備し、前記小ビームジェネレータと、前記小ビームモジュレータと、前記小ビームプロジェクタとの少なくとも1つは、1以上のプレートを有し、前記プレートには、前記小ビームを前記プレートを通過させるための複数のアーチャが設けられ、前記アーチャは、前記小ビームの通過するアーチャを含まない複数の非ビーム領域(92)とは異なる別個の複数のビーム領域(91)を前記1以上のプレートの前記表面に形成するようにグループで配置され、リソグラフィシステムの前記アーチャを備えた前記プレートの少なくとも1つには、1以上の非ビーム領域でその表面に配置された冷却装置(93)が設けられ、前記冷却装置は、冷却液を入れるための入口(31)と、その中に冷却液の流れを向けるために配置された複数の冷却チャンネル(94)と、冷却液を取り除くための出口(35)とが設けられたプレート状部材を有し、前記プレート状部材には、前記冷却チャンネルの間に複数のスロット(34)が設けられ、前記スロットは、前記アーチャのプレートの表面の前記ビーム領域と実質的にアライメントされているシステム。

[2] 前記入口と前記複数の冷却チャンネルとは、単一の分配チャンネルによって互いに接続され、前記单一の分配チャンネルは、冷却液を拡散するための拡散セクション(41)と、前記複数の冷却チャンネル(94)に前記冷却液を分かれさせるための分割セクション(42)とを有し、前記拡散セクションは、前記入口(31)に面する側の第1の横断面積と、前記複数の冷却チャンネルに面する第2の横断面積とを有し、前記第1の横断面積と前記第2の横断面積とは、等しく、前記第1の横断面積の高さは、前記第2の横断面積の高さよりも大きく、これら高さは、冷却チャンネルが通って延びているプレート状部材の平面部分に垂直な方向の高さである[1]のシステム。

[3] 前記プレート状部材は、前記アーチャが設けられた前記プレートに接続するための接触面(P)に広がる平らな表面(37)を有し、前記冷却チャンネル(94)は、前記接触面(P)とほぼ平行なフロー方向(F)を規定するために互いにほぼ平行に配置されている[1]又は[2]のシステム。

[4] 前記冷却装置の前記プレート状部材は、接着層(97)によって、前記アーチャが設けられた前記少なくとも1つのプレートに接続されている[1]ないし[3]のいずれか1のシステム。

[5] 前記接着層(97)は、 $100 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{K}$ よりも大きい、好ましくは $150 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{K}$ よりも大きい全体の熱伝導係数を有する[4]のシステム。

[6] 前記複数の冷却チャンネルを通る冷却液の乱流を生成するために、十分に高いフロー速度で前記冷却装置の前記入口に冷却液を供給するように配置された冷却液システム(25)をさらに具備する[1]ないし[5]のいずれか1のシステム。

[7] 前記小ビームモジュレータは、小ビームプランカアレイ(9)と小ビーム停止アレイ(10)とを有し、前記冷却装置の前記プレート状部材は、前記小ビームプランカアレイの表面に配置されている[1]ないし[6]のいずれか1のシステム。

[8] 前記複数の冷却チャンネルを通る冷却液の層流を生成するために、十分に低いフロー速度で前記冷却装置の前記入口に冷却液を供給するための冷却液システム(25)をさらに具備する[1]ないし[5]のいずれか1のシステム。

[9] 前記小ビームモジュレータは、小ビームプランカアレイ(9)と小ビーム停止アレイ(10)とを有し、前記冷却装置の前記プレート状部材は、前記小ビーム停止アレイの表面に配置されている[8]のシステム。

[10] 前記冷却装置の前記プレート状部材は、前記小ビームプロジェクタのアーチャのプレートの表面に配置されている[8]のシステム。

[11] 前記冷却液は水である[1]ないし[10]のいずれか1のシステム。

[12] 前記冷却装置の前記プレート状部材は、チタンできている[1]ないし[11]のいずれか1のシステム。

[13] マルチ小ビーム荷電粒子リソグラフィシステムで使用される、複数のアーチャが設けられたプレートの上面で使用するための冷却部材の製造方法であって、前記アーチャは、前記プレートの前記表面に複数のビーム領域(91)を形成するためにグループ

10

20

30

40

50

で配置され、この方法は、プレート状部材を設けることを具備し、前記部材の表面側（37）には、レイアウトに従って切り欠き容積部が設けられ、前記プレート状部材に複数のスロット（34）を設けることを具備し、前記スロットは、前記アーチャのプレートの表面上に前記ビーム領域とアライメントされるように配置され、前記部材内に複数の冷却チャンネル（94）を形成するように前記切り欠き容積部を覆うことを具備し、前記スロット（34）は、前記冷却チャンネル（94）間に配置され、前記複数の冷却チャンネルは、前記部材の一方の側の入口を前記部材の他方の側の出口に接続している方法。

[14] 覆うことは、レーザ溶接によって前記部材に1以上のカバープレートを接続することを含む[13]の方法。

[15] 前記部材は、チタンでできている[13]又は[14]の方法。 10

[16] 覆うことは、冷却される前記アーチャのプレートを前記部材に取り付けることを含む[13]の方法。

[17] マルチ小ビーム荷電粒子リソグラフィシステムで使用される、複数のアーチャが設けられたプレートの上面で使用するための冷却部材の製造方法であって、前記アーチャは、前記プレートの前記表面に複数のビーム領域（91）を形成するためにグループで配置され、この方法は、第1のプレート状部材を設けることを具備し、前記第1の部材の表面側には、第1のレイアウトに従って第1の切り欠き容積部が設けられ、第2のプレート状部材を設けることを具備し、前記第2の部材の表面側には、第2のレイアウトに従って第2の切り欠き容積部が設けられ、前記第1及び第2のプレート状部材に複数のスロット（34）を設けることを具備し、前記スロットは、前記アーチャのプレートの表面の前記ビーム領域とアライメントされるように配置され、前記第1の切り欠き容積部及び前記第2の切り欠き容積部が組み立てられた部材内に複数の冷却チャンネルを形成するように、前記第1の部材及び前記第2の部材の表面を互いに接続することを具備し、前記スロット（34）は、前記冷却チャンネル（94）間に配置され、前記複数の冷却チャンネルは、前記組み立てられた本体の一方の側の入口を前記組立てられた部材の他方の側の出口に接続している、方法。 20

[18] 接続することは、前記第1の部材の表面と前記第2の部材の表面との間に接着層を設けることによって行われる[17]の方法。

[19] 前記第1の部材と前記第2の部材との少なくとも一方は、窒化アルミニウムを含む[17]又は[18]の方法。 30

【 図 1 】

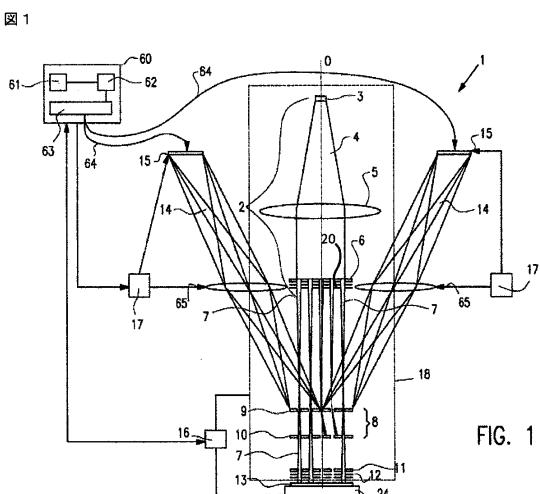
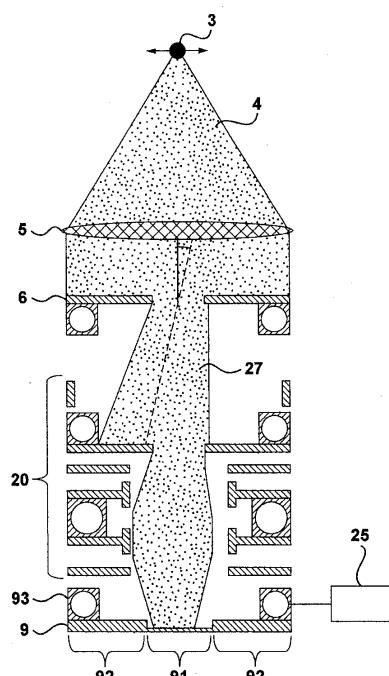


FIG. 1

【 図 2 】



**Fig. 2**

【図3】

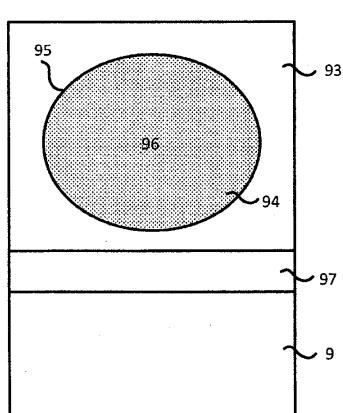
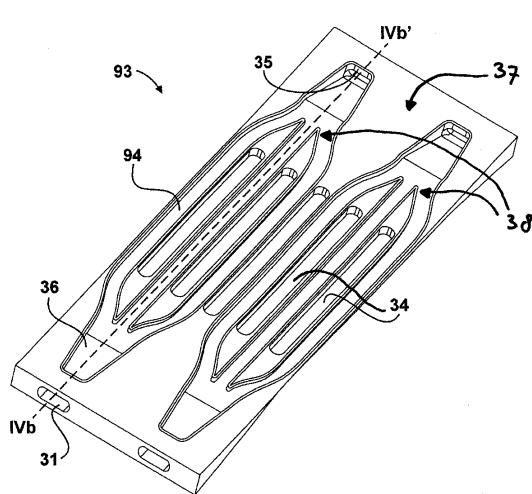


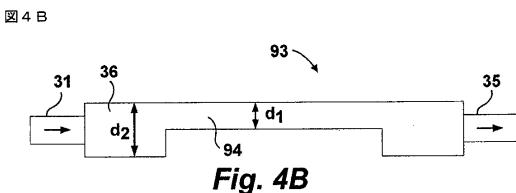
FIG. 3

【図4A】

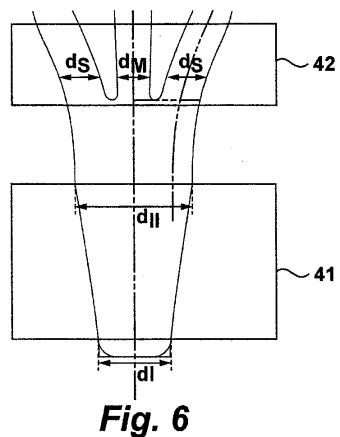


*Fig. 4A*

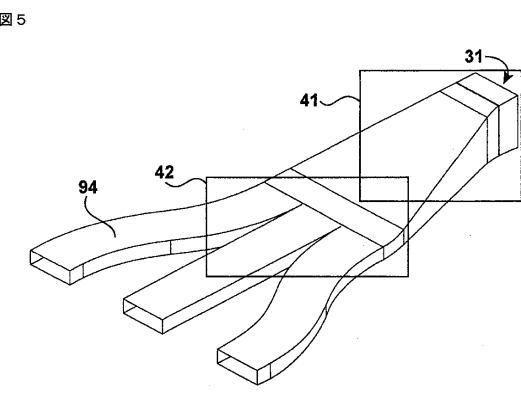
【図4B】



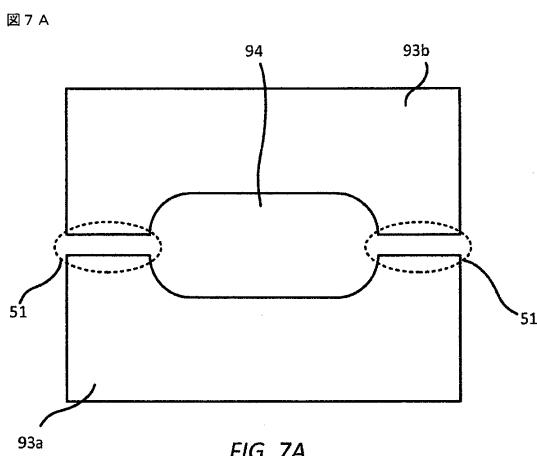
【図6】



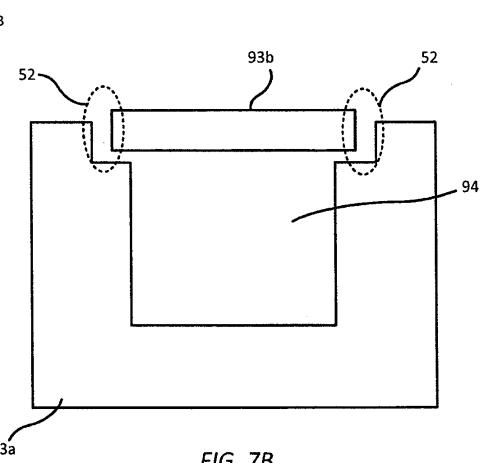
【図5】



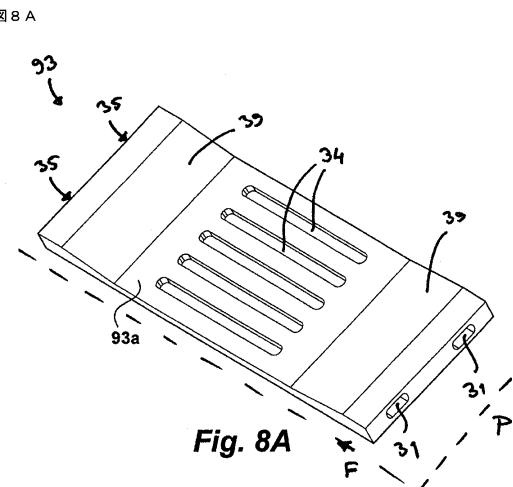
【図7A】



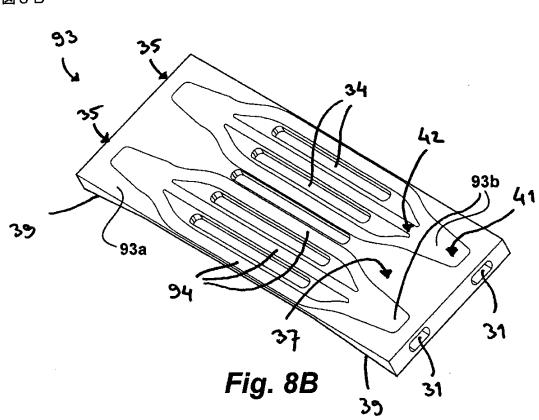
【図7B】



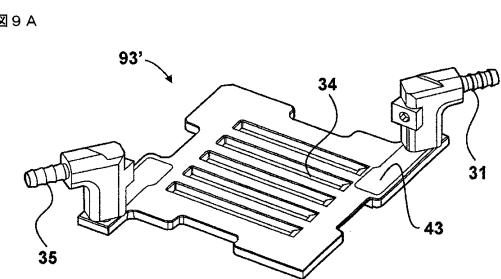
【図 8 A】



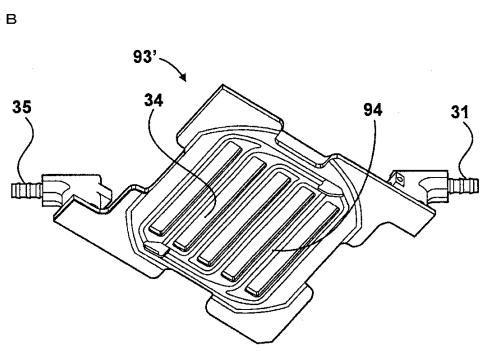
【図 8 B】



【図 9 A】



【図 9 B】



【図 10 A】

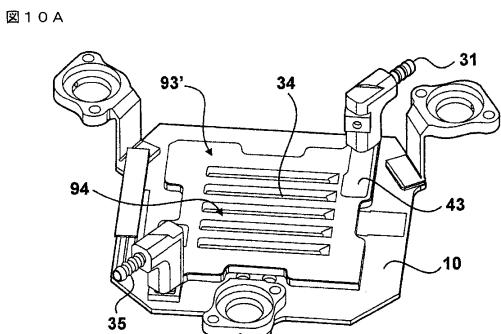
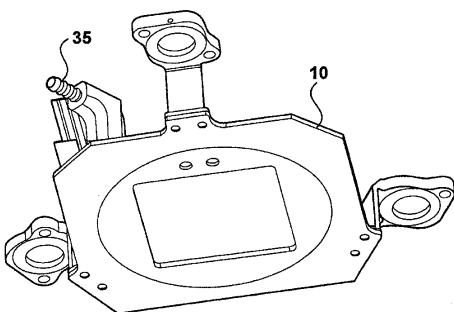


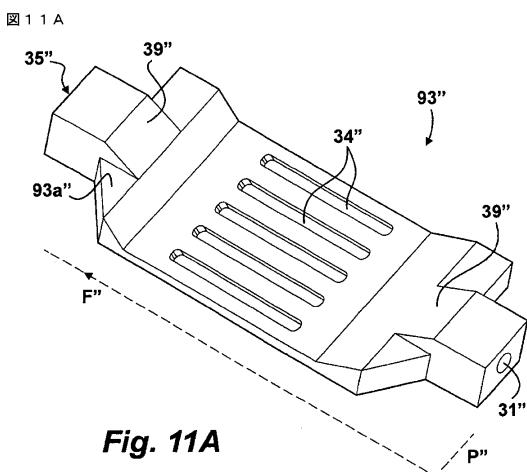
Fig. 10A

【図10B】



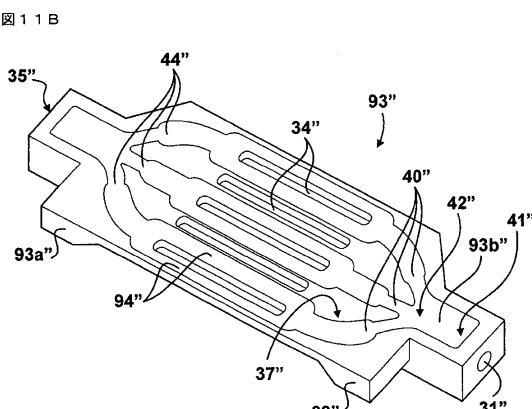
*Fig. 10B*

【図11A】



*Fig. 11A*

【図11B】



*Fig. 11B*

---

フロントページの続き

(74)代理人 100124394  
弁理士 佐藤 立志

(74)代理人 100112807  
弁理士 岡田 貴志

(74)代理人 100111073  
弁理士 堀内 美保子

(72)発明者 スプレンガース、ヨハネス・ペトルス  
オランダ国、エヌエル- 2497 ティーエル・デン・ハーグ、リースウィークス・ランディング  
スラーン 404

(72)発明者 オッテン、クリスティアン  
オランダ国、エヌエル- 3402 ブイエイチ・イーッセルスタイン、テレビシエバーン 98

(72)発明者 イエガー、レムコ  
オランダ国、エヌエル- 3011 エックスダブリュ・ロッテルダム、ウィーンブルクストラート  
239

(72)発明者 ステーンブリンク、スティーン・ウィレム・ヘルマン・カレル  
オランダ国、エヌエル- 2593 イーシー・デン・ハーグ、ジェラルド・レイーンストストラ  
ト 14

(72)発明者 ケーニヒ、ヨハン・ヨースト  
オランダ国、エヌエル- 2182 アールジー・ヒルゴム、ヒメラ 54

(72)発明者 ウルバヌス、ウィレム・ヘンク  
オランダ国、エヌエル- 4101 ゼットジェイ・キュレムボルク、ウェスターインゲル 18

(72)発明者 ファン・フェーン、アレクサンダー・ヘンドリク・ピンセント  
オランダ国、エヌエル- 3039 イーアール ロッテルダム、スタッドハウデルスブライン 2  
7シー

審査官 今井 彰

(56)参考文献 特開2006-140267(JP, A)  
米国特許出願公開第2012/0273690(US, A1)  
特開2002-203776(JP, A)  
特表2013-544030(JP, A)  
特表2013-544031(JP, A)  
特開2004-327080(JP, A)  
特開平11-264900(JP, A)  
特開2012-182294(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027  
H01J 37/04, 37/06 - 37/08, 37/248