

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6133212号
(P6133212)

(45) 発行日 平成29年5月24日(2017.5.24)

(24) 登録日 平成29年4月28日(2017.4.28)

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

請求項の数 12 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2013-538224 (P2013-538224)	(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
(86) (22) 出願日	平成23年11月14日 (2011.11.14)	(74) 代理人	100108855 弁理士 蔵田 昌俊
(65) 公表番号	特表2013-544030 (P2013-544030A)	(74) 代理人	100109830 弁理士 福原 淑弘
(43) 公表日	平成25年12月9日 (2013.12.9)	(74) 代理人	100088683 弁理士 中村 誠
(86) 國際出願番号	PCT/EP2011/070030	(74) 代理人	100103034 弁理士 野河 信久
(87) 國際公開番号	W02012/065941	(74) 代理人	100095441 弁理士 白根 俊郎
(87) 國際公開日	平成24年5月24日 (2012.5.24)		
審査請求日	平成26年11月13日 (2014.11.13)		
(31) 優先権主張番号	61/413,396		
(32) 優先日	平成22年11月13日 (2010.11.13)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		
(31) 優先権主張番号	61/415,200		
(32) 優先日	平成22年11月18日 (2010.11.18)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】アパーチャアレイ冷却部を備えた荷電粒子リソグラフィシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ターゲットの表面上にパターンを転写するために複数の小ビームを発生させる荷電粒子リソグラフィシステムで使用するように構成されたアパーチャアレイ要素であって、

アパーチャアレイ要素は、複数のグループで配置された複数のアパーチャを具備し、

前記アパーチャは、前記小ビームをアパーチャアレイ要素を通過させ、

前記アパーチャの複数のグループは、複数のビーム領域を形成し、これらビーム領域は、これらビーム領域間に形成された複数の非ビーム領域とは異なりこれら非ビーム領域から分離され、前記非ビーム領域は、前記小ビームを通過させるアパーチャを含まず、

前記アパーチャアレイ要素の前記ビーム領域は、ビームのシャフトを形成するようにアライメントされ、各々が、複数の小ビームを有し、前記アパーチャアレイ要素の前記非ビーム領域は、その中に小ビームを有さない非ビームのシャフトを形成するようにアライメントされ、

アパーチャアレイ要素には、アパーチャアレイ要素を冷却する冷却媒体を透過させるように構成された冷却チャネルが設けられ、前記冷却チャネルは、アパーチャアレイ要素の前記複数のビーム領域間に形成された前記複数の非ビーム領域に設けられ、前記アパーチャアレイ要素は、厚さ及び幅を有するプレートを有し、

前記アパーチャは、前記プレートの前記ビーム領域に前記プレートの厚さにわたって形成され、前記非ビーム領域は、前記プレートの前記ビーム領域間に形成され、

前記冷却チャネルは、前記複数の非ビーム領域で前記プレートに取着された外部要素に

10

20

形成され、前記プレートの幅の方向に延び、

前記冷却チャネルは、アパー・チャアレイ要素に構造支持を与えるように構成されており、前記構造支持は、前記アパー・チャアレイ要素の剛性を高める、アパー・チャアレイ要素。

【請求項 2】

前記アパー・チャのアレイは、タングステンでできたプレートにより形成されている請求項 1 のアパー・チャアレイ要素。

【請求項 3】

前記アパー・チャのアレイは、銅又はモリブデンでできたプレートにより形成されている請求項 1 又は 2 のアパー・チャアレイ要素。

【請求項 4】

アパー・チャアレイ要素は、一体的な電流制限アパー・チャアレイを有し、前記電流制限アパー・チャアレイは、前記アパー・チャアレイ要素のアパー・チャとアライメントしているアパー・チャを有し、前記電流制限アパー・チャアレイのアパー・チャは、前記アパー・チャアレイ要素のアパー・チャよりも小さく、前記アパー・チャのアレイには、前記アパー・チャアレイ要素と前記電流制限アパー・チャアレイとの間に設けられている共通の冷却チャネルが設けられている請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 のアパー・チャアレイ要素。

10

【請求項 5】

アパー・チャアレイ要素は、プレートを有し、

前記プレートには、ビームの方向に面している湾曲した上面が設けられている請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 のアパー・チャアレイ要素。

20

【請求項 6】

アパー・チャアレイ要素は、アパー・チャ無し領域及びアパー・チャ領域に交互に細分され、各アパー・チャ領域は、複数のアパー・チャを有し、

前記湾曲した上面は、複数の前記アパー・チャ無し領域及び前記アパー・チャ領域を囲んでいる請求項 5 のアパー・チャアレイ要素。

【請求項 7】

前記アパー・チャのアレイの前記湾曲した上面は、荷電粒子源に向かって前記上面の上方に突出している高くなつたドーム形状領域を形成している請求項 5 又は 6 のアパー・チャアレイ要素。

【請求項 8】

30

前記アパー・チャのアレイの前記湾曲した上面は、荷電粒子源に面している前記上面の領域にドーム形状の窪みを形成している請求項 5 又は 6 のアパー・チャアレイ要素。

【請求項 9】

このシステムは、光軸を有し、

前記湾曲した上面は、前記光軸を中心とした余弦関数に従う形状である請求項 5 ないし 8 のいずれか 1 のアパー・チャアレイ要素。

【請求項 10】

発散する荷電粒子ビームを発生させるように構成された荷電粒子源と、

第 1 の電極を有し、前記発散する荷電粒子ビームを屈折させるコリメートシステムと、請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 のアパー・チャアレイ要素とを具備し、

40

前記アパー・チャアレイ要素は、第 2 の電極を形成し、

前記コリメートシステムは、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間に加速電場を生成するように構成されている荷電粒子ビームジェネレータ。

【請求項 11】

ターゲットの表面上にパターンを転写する荷電粒子リソグラフィシステムであつて、

カラムを規定している複数の荷電粒子を発生させるビームジェネレータと、

第 1 のアパー・チャアレイと、プランカアレイと、ビーム停止アレイと、投影レンズアレイとを有する複数のアパー・チャアレイ要素とを具備し、

各アパー・チャアレイ要素は、複数のグループで配置された複数のアパー・チャを有し、前記アパー・チャは、前記小ビームを前記アパー・チャアレイ要素を通過させ、

50

各アーチャアレイ要素のアーチャの前記グループは、複数のビーム領域を形成し、これらビーム領域は、これらビーム領域間に形成された複数の非ビーム領域とは異なりこれら非ビーム領域から分離され、前記非ビーム領域は、前記小ビームを通過させるアーチャを含まず、

前記アーチャアレイ要素の前記ビーム領域は、ビームのシャフトを形成するようにアライメントされ、各々が、複数の小ビームを有し、前記アーチャアレイ要素の前記非ビーム領域は、その中に小ビームを有さない非ビームのシャフトを形成するようにアライメントされ、

第1のアーチャアレイ要素は、請求項1ないし9のいずれか1のアーチャアレイ要素である荷電粒子リソグラフィシステム。

10

【請求項12】

前記冷却チャネルを通して前記冷却媒体を流す冷媒システムをさらに具備し、

前記冷媒システムは、前記冷却チャネルを通る前記冷却媒体の乱流を生成するように構成されている請求項11の荷電粒子リソグラフィシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、荷電粒子リソグラフィ装置に、特に、冷却システムを備えたリソグラフィシステムのためのアーチャアレイに関する。

【背景技術】

【0002】

昨今、多くの商用リソグラフィシステムは、レジストのコーティングを備えたウェーハのような、ターゲットを露光するためのパターンデータを複製する手段として、光束及びマスクを使用する。マスクレスリソグラフィシステムでは、荷電粒子のビームが、ターゲット上にパターンデータを描画するために使用される。小ビーム(beamlet)は、要求されるパターンを発生させるために、例えば、これらを個々にオンオフの切り替えをすることによって、個々に制御される。高解像度に関して、このようなシステムの、商業的に受入可能なスループット、サイズ、複雑さ、及びコストで動作するように意図されたリソグラフィシステムは、障害となる。

【0003】

さらに、既存の荷電粒子ビーム技術は、例えば、90nm以上の限界寸法を達成するために、画像の比較的決まったパターン形成のためのリソグラフィシステムに適している。しかし、性能を改良するために成長の必要がある。例えば、22nmである、かなり小さな限界寸法を達成することが望ましく、一方、例えば、1時間当たり10ないし100のウェーハである十分なウェーハのスループットを維持することが望ましい。減少されたフィーチャサイズでこのような大きなスループットを達成するために、システムによって発生されるビームの数を増加させ、荷電粒子ビームの電流を増加させ、ビーム間の距離を減少させることが必要である。

【0004】

荷電粒子ビームは、単一ビームをコリメートして、複数のアーチャを有するアーチャアレイを使用してコリメートされたビームからマルチビームを発生させることにより生成されることができる。アーチャアレイに衝突する荷電粒子ビームは、アーチャアレイに加えられるかなりの熱負荷を受け、アーチャアレイを変形させる。この変形は、アーチャアレイを構成している材料の膨張によるアーチャアレイの寸法の変化をもたらす。これは、個々の荷電粒子ビームを生成しているアーチャの間隔及びアライメントを変更し、正しくない限り、ターゲット上にパターンを描画するときに誤差をもたらしうる。

【発明の概要】

【0005】

本発明は、ターゲットの表面上にパターンを転写する荷電粒子リソグラフィシステムを

20

30

40

50

提供することによってこの問題に対処する。このシステムは、カラムを規定している複数の荷電粒子を発生させるビームジェネレータと、第1のアパーチャアレイと、プランカアレイと、ビーム停止アレイと、投影レンズアレイとを有する複数のアパーチャアレイ要素とを具備する。各アパーチャアレイ要素は、複数のグループで配置された複数のアパーチャを有し、前記アパーチャは、前記小ビームを前記アパーチャアレイ要素を通過させ、各アパーチャアレイ要素のアパーチャの前記グループは、複数のビーム領域を形成し、これらビーム領域は、これらビーム領域間に形成された複数の非ビーム領域とは異なりこれら非ビーム領域から分離され、前記非ビーム領域は、前記小ビームを通過させるアパーチャを含まず、前記アパーチャアレイ要素の前記ビーム領域は、ビームのシャフトを形成するようにアライメントされ、各々が、複数の小ビームを有し、前記アパーチャアレイ要素の前記非ビーム領域は、その中に小ビームを有さない非ビームのシャフトを形成するようにアライメントされている。前記第1のアパーチャアレイ要素には、前記第1のアパーチャアレイ要素を冷却する冷却媒体を透過させるように構成された冷却チャネルが設けられ、前記冷却チャネルは、前記第1のアパーチャアレイ要素の前記非ビーム領域に設けられている。

【 0 0 0 6 】

前記第1のアパーチャアレイ要素は、前記カラムの軸の方向に厚さを、及び前記カラムの軸に垂直な方向に幅を有するプレートを有することができ、前記アパーチャは、前記プレートの前記非ビーム領域に前記プレートの厚さにわたって形成されることができ、前記冷却チャネルは、前記プレートの前記非ビーム領域の内部に形成され、前記プレートの幅の方向に延びている。前記第1のアパーチャアレイ要素は、前記カラムの軸の方向に厚さを、及び前記カラムの軸に垂直な方向に幅を有するプレートを有することができ、前記アパーチャは、前記プレートに前記非ビーム領域のプレートの厚さにわたって形成され、前記冷却チャネルは、前記非ビーム領域で前記プレートに取着された外部要素に形成され、前記プレートの幅の方向に延び、前記冷却チャネルは、前記第1のアパーチャアレイ要素に構造支持を与えるように構成されている。

【 0 0 0 7 】

前記冷却媒体は、水であることができる。前記冷却チャネルを通して前記冷却媒体を流す冷媒システムをさらに具備し、前記冷媒システムは、前記冷却チャネルを通る前記冷却媒体の乱流を生成するように構成されていることができる。

【 0 0 0 8 】

前記第1のアパーチャアレイは、前記アパーチャアレイ及び冷却チャネルが形成された材料でできたモノリシックプレートの材料でできていることができる。前記第1のアパーチャアレイは、タンクステンでできたプレート、もしくは銅又はモリブデンでできたプレートにより形成されている。

【 0 0 0 9 】

前記複数のアパーチャアレイ要素は、電流制限アパーチャアレイとコンデンサレンズアレイとをさらに具備し、各々が、複数のグループで配置された複数のアパーチャを有し、前記アパーチャは、前記小ビームを前記アパーチャアレイ要素を通過させ、各アパーチャアレイ要素のアパーチャの前記グループは、複数のビーム領域を形成し、これらビーム領域は、これらビーム領域間に形成された複数の非ビーム領域とは異なりこれら非ビーム領域から分離され、前記非ビーム領域は、前記小ビームを通過させるアパーチャを含まず、前記アパーチャアレイ要素の前記ビーム領域は、ビームのシャフトを形成するようにアライメントされ、各々が、複数の小ビームを有し、前記アパーチャアレイ要素の前記非ビーム領域は、その中に小ビームを有さない非ビームのシャフトを形成するようにアライメントされている。前記第1のアパーチャアレイ要素は、一体的な電流制限アパーチャアレイを有することができ、前記第1のアパーチャアレイ要素の前記アパーチャは、前記第1のアパーチャアレイ要素の前記上面の下方に窪んだ最狭小部分を有する。

【 0 0 1 0 】

前記第1のアパーチャアレイ要素には、前記ビームジェネレータに面している湾曲した

10

20

30

40

50

上面が設けられることができる。前記第1のアーチャアレイ要素は、アーチャ無し領域及びアーチャ領域に交互に細分されることができ、各アーチャ領域は、複数のアーチャを有し、前記湾曲した上面は、複数の前記アーチャ無し領域及びアーチャ領域を囲んでいる。前記第1のアーチャアレイ要素の前記湾曲した上面は、前記ビームジェネレータに向かって前記上面の上方に突出している高くなつたドーム形状領域を形成していることができるか、前記ビームジェネレータに面している前記上面の領域にドーム形状の窪みを形成していることができる。このシステムは、光軸を有することができ、前記湾曲した上面は、前記光軸を中心とした余弦関数に従う形状であることができる。前記湾曲した上面の周囲は、前記湾曲した上面の高さよりも実質的に高いことができる。

【0011】

10

他の態様では、本発明は、ターゲットの表面上にパターンを転写するために複数の小ビームを発生させる荷電粒子リソグラフィシステムで使用するように構成されたアーチャアレイ要素であつて、アーチャアレイは、複数のグループで配置された複数のアーチャを具備し、前記アーチャは、前記小ビームを前記アーチャアレイ要素を通過させる。前記アーチャのグループは、複数のビーム領域を形成し、これらビーム領域は、これらビーム領域間に形成された複数の非ビーム領域とは異なりこれら非ビーム領域から分離され、前記非ビーム領域は、前記小ビームを通過させるアーチャを含まず、前記第1のアーチャアレイ要素には、前記第1のアーチャアレイ要素を冷却する冷却媒体を透過するように構成された冷却チャネルが設けられ、前記冷却チャネルは、前記第1のアーチャアレイ要素の前記非ビーム領域に設けられている。第1のアーチャアレイ要素は、リソグラフィシステムのアーチチャアレイ要素に関して上述された特徴部分を有することができる。

【0012】

20

さらなる他の態様では、本発明は、発散する荷電粒子ビームを発生させるように構成された荷電粒子源と、第1の電極を有し、前記発散する荷電粒子ビームを屈折させるコリメートシステムと、第2の電極を形成しているアーチチャアレイ要素とを具備する。このシステムは、前記第1の電極と前記第2の電極との間に加速電場を生成するように構成されている。前記荷電粒子ビームジェネレータの前記第1のアーチチャアレイは、リソグラフィシステムのアーチチャアレイ要素に関して上述された特徴部分を有することができる。

【0013】

30

本発明のさまざまな態様並びに本発明の実施の形態のいくつかの例が図示される。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【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、図1のリソグラフィシステムにおける小ビームプランカアレイの一実施の形態の動作を示す概略図である。

【図3a】図3aは、小ビームプランカアレイ内の電極の構成の概略図である。

【図3b】図3bは、小ビームプランカアレイ内の電極の構成の概略図である。

【図4】図4は、小ビームプランカアレイ内の電極の他の実施の形態の概略図である。

【図5】図5は、小ビームプランカアレイの構成要素の表面上の（topographic）構成の概略図である。

【図6】図6は、小ビームプランカアレイの構成要素の他の表面上の構成の概略図である。

【図7】図7の（A）並びに（B）は、ビーム領域と非ビーム領域とに分割されたカラムを備えたリソグラフィ装置の概略図である。

【図8A】図8Aは、真空チャンバ中のアーチチャアレイ要素を示す、リソグラフィ装置の概略図である。

【図8B】図8Bは、真空チャンバ中のアーチチャアレイ要素を示す、リソグラフィ装置の概略図である。

40

50

【図9】図9は、マルチサブビーム及びマルチ小ビームを形成しているリソグラフィ装置の簡略化された概略図である。

【図10】図10は、荷電粒子リソグラフィシステム中のアパーチャアレイ要素の電流及び加熱の効果を示す概略図である。

【図11】図11は、ビーム領域と非ビーム領域とを示す小ビームプランカ要素の一実施の形態の上面図である。

【図12】図12は、ビーム領域と非ビーム領域とを備えたアパーチャアレイ及び冷却チャネルを通る横断面図である。

【図13】図13は、ビーム領域と非ビーム領域とを備えたアパーチャアレイ及び冷却チャネルの他の実施の形態の図である。 10

【図14】図14は、ビーム領域と非ビーム領域とを備えたアパーチャアレイ及び冷却チャネルの他の実施の形態の図である。

【図15】図15は、ビーム領域と非ビーム領域とを備えたアパーチャアレイ及び冷却チャネルの他の実施の形態の図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下は、単に例によって、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。図面は、スケール合わせして描かれておらず、単に例示することを意図している。

【0016】 20

図1は、荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステム1の一実施の形態の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、本出願の出願人に譲渡された米国特許第6,897,458号、米国特許第6,958,804号、米国特許第7,084,414号並びに米国特許第7,129,502号に開示されており、これらの内容全体が参考としてここに組み込まれる。

【0017】

このようなリソグラフィシステム1は、適切には、複数の小ビームを発生させる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ようにこれら小ビームをパターニングする小ビームモジュレータと、ターゲットの表面上に変調された小ビームを投影する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は、代表的には、発生源と、少なくとも1つのビームスプリッタとを有する。図1の発生源は、ほぼ均質な、拡大する電子ビーム4を生成するように配置された電子源3である。電子ビーム4のビームエネルギーは、好ましくは、約1ないし10keVの範囲で比較的低く維持される。これを達成するためには、加速電圧は、好ましくは、低く、電子源3は、接地電位でターゲットに対して約-1~-10kVの電圧で保たれることができるが、他の設定もまた使用されることができる。 30

【0018】

図1では、電子源3からの電子ビーム4は、電子ビーム4をコリメートするように、コリメータレンズ5を通過する。コリメータレンズ5は、コリメータ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、2つのオクタポール(図示されない)を通過することができる。続いて、電子ビーム4が、ビームスプリッタに、図1の実施の形態では、第1のアパーチャアレイ6に衝突する(が、アレイ6の前に他のアパーチャアレイがあってもよい)。第1のアパーチャアレイ6は、好ましくは、貫通孔を備えたプレートを有する。アパーチャアレイ6は、ビーム4の一部を遮断するように配置されている。さらに、アレイ6は、複数の平行な電子小ビーム7を生成するように、複数の小ビーム7を通過させる。 40

【0019】

図1のリソグラフィシステム1は、多くの小ビーム7を、好ましくは約10,000ないし1,000,000の小ビームを発生させるが、もちろん、これ以上又はこれ以下の小ビームが発生されることも可能である。また、コリメートされた小ビームを発生させる 50

ために他の既知の方法が使用されてもよいことに注意する。第2のアーチャアレイは、電子ビーム4から複数のサブビームを生成して、これらサブビームから電子小ビーム7を生成するように、システムに追加されることができる。これは、さらなる下流側でのサブビームの操作を可能にし、システムの動作にとって、特に、システム中の小ビームの数が5,000以上であるとき、有益であることがわかっている。

【0020】

モジュレーションシステム8として図1に示される小ビームモジュレータは、代表的には、複数のプランカの構成を有する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。これらプランカは、電子小ビーム7の少なくとも1つを偏向することができる。本発明のいくつかの実施の形態では、これらプランカは、特に、第1の電極と、第2の電極と、アーチャとが設けられた静電デフレクタである。そして、これら電極は、アーチャを横切る電場を発生させるために、アーチャの対向側に位置されている。一般的に、第2の電極は、接地電極、即ち、接地電位に接続された電極である。

【0021】

プランカアレイ9の平面内に電子小ビーム7を集束させるために、リソグラフィシステムは、コンデンサレンズアレイ(図示されない)をさらに有することができる。

【0022】

図1の実施の形態では、小ビーム停止アレイ10は、小ビームを通過させるアーチャアレイを有する。小ビーム停止アレイ10は、その基本形態において、貫通孔が設けられた基板を有し、貫通孔は、代表的には円形の孔であるが、他の形状もまた使用されることができる。いくつかの実施の形態では、小ビーム停止アレイ10の基板は、規則的に離間された貫通孔のアレイを備えたシリコンウェーハにより形成されており、表面の帯電を防ぐために金属の表層で覆われていることができる。さらなるいくつかの実施の形態では、金属は、CrMoのような、自然酸化膜を形成しないタイプである。

【0023】

小ビームプランカアレイ9及び小ビーム停止アレイ10は、協働して小ビーム7を遮断する又は通過させるように動作する。いくつかの実施の形態では、小ビーム停止アレイ10のアーチャは、小ビームプランカアレイ9の静電デフレクタのアーチャとアライメントされている。小ビームプランカアレイ9が小ビームを偏向したならば、偏向されたビームは小ビーム停止アレイ10の対応するアーチャを通過しない。代わって、小ビームは、小ビームブロックアレイ10の基板によって遮断される。小ビームプランカアレイ9が小ビームを偏向しなければ、小ビームは、小ビーム停止アレイ10の対応するアーチャを通過する。いくつかの代わりの実施の形態では、小ビームプランカアレイ9と小ビーム停止アレイ10との間の協働は、プランカアレイ9のデフレクタによる小ビームの偏向が、小ビーム停止アレイ10の対応するアーチャを小ビームが通過するようにし、一方、非偏向は、小ビーム停止アレイ10の基板による遮断をもたらす。

【0024】

モジュレーションシステム8は、制御ユニット60によって与えられる入力の基礎に基づいて小ビーム7にパターンを追加す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、データ変換部63とを有することができる。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、クリーンルームの内部の外に位置されることができる。パターンデータを保持している変調された光束14は、光ファイバ64を使用してプロジェクタに伝達することができ、プロジェクタは、ファイバアレイ(プレート15として概略的に図示される)内のファイバの端部からの光を、破線の箱により概略的に示され参照符号18が付された、リソグラフィシステム1の電子光学部分に投影する。

【0025】

図1の実施の形態では、変調された光束は、小ビームプランカアレイ9に投影される。特に、光ファイバ端部からの変調された光束14は、小ビームプランカアレイ9に位置された対応する感光性要素に投影される。感光性要素は、光信号を異なるタイプの信号、例

10

20

30

40

50

えば、電気信号に変換するように構成されている。変調された光束 14 は、対応する感光性要素と結合された少なくとも 1 つのプランカを制御するためにパターンデータの一部を伝達する。適切には、光束 14 を対応する感光性要素に投影するために、プロジェクタ 65 のような光学素子が使用されることができる。さらに、適切な入射角で光束 14 を投影するために、鏡が包含され、例えば、プロジェクタ 65 と小ビームプランカアレイ 9 との間に適切な位置に配置されることができる。

【 0 0 2 6 】

プロジェクタ 65 は、制御ユニット 60 の制御の下で、プロジェクタ位置決め装置 17 によってプレート 15 と適切にアライメントされることができる。結果として、小ビームプランカアレイ 9 内のプロジェクタ 65 と感光性要素との間の距離は、同様に変化することができる。10

【 0 0 2 7 】

いくつかの実施の形態では、光束は、少なくとも部分的に、光導波路によって感光性要素に向かってプレートから伝達されることができる。光導波路は、感光性要素に非常に近い位置に、適切には、1 センチメートル未満、好ましくは、ミリメートルのオーダのところに光を案内することができる。光導波路と対応する感光性要素との間の距離が短いことにより、光の損失が減少される。一方では、荷電粒子小ビームによって占有されうる空間から離れて位置されたプレート 15 及びプロジェクタ 65 の使用が、小ビームの妨害を最小にし、小ビームプランカアレイ 9 の構造がより複雑でなくなるという効果を有する。

【 0 0 2 8 】

小ビームモジュレータから出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 24 のターゲット面 13 にスポットとして投影される。小ビームプロジェクタは、代表的には、ターゲット面 13 で変調された小ビームを走査するための走査デフレクタと、変調された小ビームをターゲット面 13 に集束させるための投影レンズ系とを有する。これら構成要素は、単一のエンドモジュール内にあることができる。20

【 0 0 2 9 】

このようなエンドモジュールは、好ましくは、挿入可能な、交換可能なユニットとして構成されている。かくして、エンドモジュールは、デフレクタアレイ 11 と、投影レンズ構成体 12 とを有することができる。挿入可能な、交換可能なユニットはまた、小ビームモジュレータとして参照され上で説明されたような小ビーム停止アレイ 10 を含むことができる。エンドモジュールを通った後、これら小ビーム 7 は、ターゲット平面に位置されたターゲット面 13 に衝突する。リソグラフィアプリケーションに関して、ターゲットは、通常、荷電粒子感知層、即ちレジスト層が設けられたウェーハを有する。30

【 0 0 3 0 】

デフレクタアレイ 11 は、小ビーム停止アレイ 10 を通過された各小ビーム 7 を偏向するよう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 11 は、比較的小さな駆動電圧の印加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 11 が投影レンズ構成体 12 の上流側に描かれているが、デフレクタアレイ 11 もまた、投影レンズ構成体 12 とターゲット面 13 との間に位置決めされることができる。40

【 0 0 3 1 】

投影レンズ構成体 12 は、デフレクタアレイ 11 による偏向の前に、又は後に、小ビーム 7 を集束させるように配置されている。好ましくは、集束は、約 10 ないし 30 ナノメートルの直径のスポットサイズを与える。このような好ましい実施の形態では、投影レンズ構成体 12 は、好ましくは、約 100 ないし 500 倍の縮小 (demagnification) 、より好ましくは、できるだけ大きな、例えば、300 ないし 500 倍の範囲の縮小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 12 は、効果的には、ターゲット面 13 の近くに位置されることができる。

【 0 0 3 2 】

いくつかの実施の形態では、ビームプロジェクタは、ターゲット面 13 と投影レンズ構

10

20

30

40

50

成体 1 2との間に位置することができる。ビームプロジェクタは、適切に位置決めされた複数のアーチャが設けられたフォイル又はプレートであることができる。ビームプロジェクタは、リソグラフィシステム 1 の感光性要素に到達することができる前に、放出されたレジスト粒子を吸収するように構成されている。

【 0 0 3 3 】

かくして、投影レンズ構成体 1 2 は、ターゲット面 1 3 上の単一画素のスポットサイズが正確であることを確実にすことができる、一方、デフレクタアレイ 1 1 が、適切な走査動作によって、ターゲット面 1 3 上の画素の位置がマイクロスケールで正確であることを確実にすことができる。特に、デフレクタアレイ 1 1 の動作は、画素が画素のグリッドに適合し、最終的にターゲット面 1 3 にパターンを構成するようにする。ターゲット面 1 3 上の画素のマクロスケールの位置決めは、適切には、ターゲット 2 4 の下にあるウェーハ位置決めシステムによって与えられることが理解される。

【 0 0 3 4 】

一般的に、ターゲット面 1 3 は、基板の上面にレジスト膜を有する。レジスト膜の部分は、荷電粒子、例えば、電子の小ビームの適用によって化学的に変化される。この結果として、膜の照射された部分は、ディベロッパで多かれ少なかれ溶解され、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、基層に、即ち、半導体製造の分野で周知であるような、インプリメンテーション、エッチング、堆積工程によって、連続的に転写されることができる。必然的に、照射が均一でなければ、レジストは、均一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ことに関係している。照射の違いは、偏向工程からもたらされるものではない。

【 0 0 3 5 】

図 2 は、図 1 のリソグラフィシステムの小ビームプランカアレイ 9 の一実施の形態の動作を概略的に示す図である。特に、図 2 は、小ビームプランカアレイ 9 と小ビーム停止アレイ 1 0 とを有する小ビームモジュレータの一部の横断面を概略的に示す図である。小ビームプランカアレイ 9 には、複数のアーチャ 3 5 が設けられている。参照として、ターゲット 2 4 もまた示される。図面は、スケール合わせされていない。

【 0 0 3 6 】

小ビームモジュレータの図示される部分は、3 つの小ビーム 7 a、7 b、7 c を変調するように配置されている。これら小ビーム 7 a、7 b、7 c は、単一源又は単一サブビームを起源とするビームから発生されることができる単一のグループの小ビームの部分を形成することができる。図 2 の小ビームモジュレータは、各グループに対して共通の収束点 P に向かって小ビームのグループを収束させるように配置されている。この共通の収束点 P は、好ましくは、小ビームのグループに対する光軸 O に位置されている。

【 0 0 3 7 】

図 3 a は、小ビームプランカアレイ内の電極の構成を概略的に示す上面図であり、小ビームプランカアレイは、共通の収束点に向かって小ビームのグループを収束させるように配置されている。この実施の形態では、小ビームプランカは、静電モジュレータ 3 0 の形態を取り、各モジュレータ 3 0 は、第 1 の電極 3 2 と、第 2 の電極 3 4 と、小ビームプランカアレイの本体を通って延びているアーチャ 3 5 とを有する。これら電極 3 2、3 4 は、アーチャ 3 5 を横切る電場を発生させるために、アーチャ 3 5 の対向側に位置されている。個々のモジュレータ 3 0 は、中心に位置された光軸 O を中心とした径方向の構成を取る。図 3 a に示される実施の形態では、両電極 3 2、3 4 は、凹形状を有し、電極 3 2、3 4 の形状が円柱状のアーチャ 3 5 に適合する。この円柱状のアーチャの形状は、それ自身、非点収差のような、所定の光学収差の導入を防ぐのに適している。

【 0 0 3 8 】

図 3 b は、小ビームプランカアレイ内の代わりの電極の構成を示す図であり、小ビームプランカアレイは、共通の収束点に向かって小ビームのグループを収束させるように配置されている。この構成では、個々のモジュレータ 3 0 は、再び、中心に位置された光軸 O

10

20

30

40

50

を中心とした径方向の構成を取る。しかし、個々のモジュレータ 30 は、光軸を中心として同心円に配置されていないが、オリエンテーションを備えた複数の行及び列（カラム）によって形成されたアレイでは、互いにほぼ垂直である。同時に、個々のモジュレータ 30 の電極 32、34 は、これらが、光軸 0 から延びている径方向の線に沿って小ビームを偏向させることができるようにオリエンテーションを有する。

【0039】

図 4 は、小ビームプランカアレイ内の電極の他の実施の形態を概略的に示す上面図である。この実施の形態では、これら電極 32、34 は、再び、アパートチャ 35 のまわりに位置されているが、いくつかのモジュレータ 30 の第 2 の電極 34 は、単一のストリップに組み込まれている。モジュレータ 30 は、列 (row) をなして配置されている。絶縁ゾーン 39 が、適切には、モジュレータ 30 の第 1 の列 37 とモジュレータ 30 の第 2 の列 38 との間にある。絶縁ゾーン 39 は、好ましくない放電を避けることを意図されている。

10

【0040】

図 5 は、本発明の実施の形態に係る小ビームプランカアレイ 9 で使用されることができる構成要素の表面上の構成を概略的に示す上面図である。小ビームプランカアレイは、ビーム領域 51 と非ビーム領域 52 とに分割される。ビーム領域 51 は、小ビームを受けて変調するように構成された領域である。非ビーム領域 52 は、ビーム領域 51 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ように構成された領域である。

20

【0041】

ビーム領域 51 内にある構成要素は、モジュレータ 30 を含む。モジュレータ 30 は、図 2 ないし図 4 を参照して説明されるような静電デフレクタの形態を取ることができる。

【0042】

非ビーム領域 52 内の構成要素は、例えば、図 1 を参照して説明されるようにして、変調された光信号を受信するように構成された感光性要素 40 を有することができる。感光性要素 40 の適切な例は、限定的ではないが、フォトダイオード及びフォトトランジスタである。図 5 に示される実施の形態の非ビーム領域は、さらに、デマルチプレクサ 41 を含む。感光性要素 40 によって受信された光信号は、少なくとも 1 つのモジュレータ 30 に対する情報を含むように、信号を多重送信させることができる。それ故、感光性要素 40 により光信号を受信した後、光信号は、デマルチプレクサ 41 に伝達されて、信号が多重送信される。多重送信した後、多重送信された信号が、専用の電気接続 42 を介して正しいモジュレータ 30 に転送される。

30

【0043】

多重送信光信号、及び感光性要素 40 とデマルチプレクサ 41 との構成体の使用の結果として、感光性要素 40 の数は、モジュレータ 30 の数よりも少ない。感光性要素 40 の数を制限することにより、非ビーム領域 52 の寸法を小さくすることが可能である。そして、ビーム領域 51 が、プランカアレイの単位面積当たりのモジュレータ 30 の数を増加させるために、互いにより近接して配置することができる。多重送信でない実施の形態と比較して、同じ数のモジュレータが使用されたとき、小ビームプランカアレイのレイアウトは、よりコンパクトになる。プランカアレイの寸法は、ほぼ同じにとどまるならば、より多くのモジュレータが使用されることができる。代わって、非ビーム領域 52 のサイズを減少させる代わりに、多重送信の実施の形態を使用することにより、より多くの受光領域で感光性要素 40 の使用が可能になる。感光性要素 40 当たりのより多くの受光領域の使用は、正しい感光性要素 40 に向かって光信号を向けるために必要とされる光学の複雑さを低減させ、より強固な受光構造を与える。

40

【0044】

モジュレータ 30 は、図 6 に示されるように、ワードライン 56、ピットライン 57 及び記憶要素 58 を介してアドレスするように、行及び列で適切に配置されることができる。このようなアレイのようなアドレスにより、デマルチプレクサ 41 からモジュレータ 30 に延びている接続の数が減少する。例えば、図 6 には 10 の接続ラインのみがあるが、

50

個々のアドレスは、25のモジュレータ30をアドレスするために、25の接続ラインをもたらす。デマルチプレクサ41とモジュレータ30との間の接続がうまく機能しないことによる失敗を受けにくくなるので、接続ラインのこのような減少は、小ビームプランカアレイ9の信頼性を改良する。さらに、このようなアレイのようなアドレスの構成体を置くことにより、接続の占有するスペースが小さくなることができる。

【0045】

図7の(A)並びに(B)は、ビーム領域と非ビーム領域とに分割されたカラムを備えたりソグラフィ装置を概略的に示す図であり、装置の構成要素のいくつかをより詳細に示している。図7の(A)は、カソード70aと銃装着プレート70bとが設けられた電子銃70を有する荷電粒子源を示す図である。また、コリメータ電極72と、アパー・チャアレイ6を含む1連のアレイ要素と、コンデンサレンズアレイ74と、マルチアパー・チャアレイ75と、小ビームプランカアレイ9と、ビーム停止アレイ10と、投影レンズアレイ12とが示される。

10

【0046】

図7の(B)は、これらアパー・チャアレイ要素を通る横断面を概略的に示す拡大図である。図示される実施の形態では、第1のアパー・チャアレイ6は、コリメータアパー・チャアレイ6aと、電流制限アレイ6bとを有する。このシステムはまた、コンデンサレンズアレイ74と、マルチアパー・チャアレイ75と、小ビームプランカアレイ9と、ビーム停止アレイ10と、3つの投影レンズアレイ12とを有する。各アパー・チャアレイ要素は、複数のアパー・チャアレイ要素を通るビーム領域と小ビームを通すアパー・チャアレイ要素とを有し、ビーム領域では、対応するグループの小ビームが発生源からこれらアパー・チャアレイ要素を通ってターゲットへとこれらの経路を通過する。ビーム領域は、小ビームを伝達し操作するための別個の分離された領域であり、また、非ビーム領域は、さまざまなアパー・チャアレイ要素の機能の支持のための構成要素及び電気回路を収容する別個の分離された領域である。

20

【0047】

図7の(B)に示される実施の形態では、ビーム領域は、さまざまなアパー・チャアレイ要素上の対応する垂直位置に位置されているので、小ビームの垂直なカラムが、小ビームの軌道に沿って各アパー・チャアレイ要素の単一の対応するビーム領域のアパー・チャアレイ要素を通る。図示される実施の形態では、複数の小ビームのカラムがあり、各カラムは、ほぼ平行な小ビームと、互いにほぼ平行な異なる小ビームのカラムとを有し、小ビームの各グループが、各アパー・チャアレイ要素の単一のビーム領域を通過する。他の実施の形態では、カラム内の小ビームは、平行でない、例えば、収束する又は発散する、あるいは、小ビームのカラムが平行でないことができる。非ビーム領域は、同様に、さまざまなアパー・チャアレイ要素に対応する垂直位置に位置されている。結果として生じる構造は、リソグラフィ装置の投影カラムの垂直高さの実質的な部分内に垂直なシャフトを生じ、これらシャフトは、荷電粒子ビームによって占有されたシャフトと小ビームがないシャフトとが交互になっている。アパー・チャアレイ要素及び投影カラムは、通常、例えば、図8A並びに図8Bに概略的に示されるように、真空チャンバ中に位置される。複数のアパー・チャアレイ要素が、メイン真空チャンバ内の中間チャンバ中に図示されるが、代わって、第1のアパー・チャアレイ要素は、中間真空チャンバの下方かつ外側の残りのアパー・チャアレイ要素を備えた中間チャンバ中に位置されてもよい。

30

【0048】

図7の(B)の実施の形態では、交互の小ビームのシャフト及び非小ビームのシャフトが、投影カラムにおいて第1のアパー・チャアレイ要素6aから始まっている。第1のアパー・チャアレイ要素6aは、そのアパー・チャアレイ要素6aにより、初めに、シャフトを生じる。第1のアパー・チャアレイ要素6aは、コリメータ電極の一部であることができるか、図7の(A)に示されるように、コリメータ電極に近接して位置されることができる。コリメータアパー・チャアレイ要素6aは、アライメントされた複数のアパー・チャアレイ要素を有する電流制限アパー・チャアレイ6b、又はアパー・チャアレイ6aのアパー・チャアレイの一部と一体化されるこ

40

50

とができる。これら 2 つのアーチャアレイ要素には、共通の冷却ダクト 77 が設けられることができ、これら冷却ダクトは、図 7 の (B) に示されるような水のような冷却媒体を通過させるように、アーチャアレイ要素の非ビーム領域に位置される。各アーチャアレイ要素、又はアーチャアレイ要素の一体部は、これら自身の冷却ダクトを有することができ、冷却の設定点は異なる温度に設定し、例えば、冷却媒体の流量によって設定する。

【0049】

図 7 の (A) 並びに (B) の投影カラムでは、カラムは、続いて、コンデンサレンズアレイ 74 を有し、この実施の形態では、1 組の 3 つのコンデンサレンズ電極を有する。コンデンサレンズ電極 74 の下流側には、マルチアーチャアレイ要素 75 と、小ビームモジュレータ又はプランカ要素 9 とがある。これら要素のさらに下流側には、光学系及びセンサを収容するための十分な介入スペース 79 が設けられ、ビーム停止アレイ 10 が含まれ、さらに下流側には、投影レンズアセンブリ 12 がある。小ビームデフレクタアレイは、図 7 の (A) 並びに (B) から省かれているが、小ビームデフレクタアレイは小ビーム停止アレイの上方又は下方に位置されることができる。

10

【0050】

投影カラムは、かくして、システムは、ビーム及び非ビームのシャフトに部分的に細分される (subdivide) ことによって改良される。図 9 に示される発生源からターゲットへの投影カラムの簡略化された図は、各サブビームから、(アーチャアレイ 6 による) 複数のサブビーム 7a 及び (マルチアーチャアレイ 75 による) 複数の小ビーム 7b を形成しているリソグラフィ装置を示しており、これらサブビーム及び小ビームは、非ビームと交互のシャフトで投影カラム内に配置されている。

20

【0051】

小ビームプランカ要素 9 の位置でのビームのシャフト及び非ビームのシャフトへのこのような分割は、光学系、光学センサ、その非ビーム領域の関連する、及びさらに必要な電気回路の効率的な空間的結合を与える。光学系は、自由空間光学系と、光ファイバと、パターンストリーミングシステムから小ビームプランカ要素に光信号を案内することと、特に、プランカ要素に位置された感光性要素とを有する。

【0052】

ビームのシャフト及び非ビームのシャフトは、第 1 のアーチャアレイ要素 6 から投影レンズアレイ要素 12 まで伸びていることができる。この延長は、カラムのスペース及び上流側及び下流側でこれに含まれる要素に関する。全ての場合において、特に、アーチャアレイ要素 6a、6b、マルチアーチャアレイ 75、プランカアレイ 9、ビーム停止アレイ 10 で、非ビーム領域には、好ましくは、構造支持部材が設けられており、剛性を、それ故、アーチチャアレイ要素の機能上の品質を高める。図 7 の (B) で理解することができるように、支持部材は、投影カラムの 2 つの連続するアーチチャアレイ要素に共通することができる。構造部材はまた、構造冷却部材として、例えば、冷却媒体のための冷却ダクトの形態で、機能するように構成されることがある。これに関して、少なくとも、カラムの第 1 のアーチチャアレイ要素 6 には、非ビーム領域に冷却ダクト 77 が設けられている。

30

【0053】

図 10 は、小ビームが投影カラムのさまざまなアーチチャアレイ要素を通過するときの荷電粒子リソグラフィ装置の小ビームの電流及び加熱の影響の一例を示す図である。小ビームの電流のレベルがミリアンペア (mA) で、電力のレベルがワット (W) で示されている。熱の形態で生じる最大の電力は、カラムの第 1 のアーチチャアレイ要素 6a のところに集まる。それ故、少なくとも、第 1 のアーチチャアレイ要素 6a には、この要素の非ビーム領域に位置された冷却部材が設けられている。アーチチャアレイ要素 6a の下流側に、又はアーチチャアレイ要素 6a と一体化されて、カラムには、好ましくは、第 2 の、機能的な電流制限アーチチャアレイ 6b が設けられ、アライメントされたアーチチャアレイ要素は、アーチチャアレイ要素 6a よりも小さな直径のアーチチャを有する。コンデン

40

50

サレンズ要素 5、74 には、先述の電流制限アーチャアレイ要素のアーチャよりも大きな直径のアーチャが設けられ、従って、これらコンデンサレンズ要素は小ビームからの熱を負荷されず、冷却設備が設けられていない。（図 10 に示される実施の形態において単一ユニットに一体化された）マルチアーチャアレイ要素 75 及びプランカアレイ 9 は、相対的に、ほとんど熱で負荷されないこともまた明らかであろう。しかし、マルチアーチャアレイ要素 75 によって生じる小ビームの品質を改良するために、この要素及びプランカ要素 9 にもまた、各々、ここでは 1 組の冷却媒体ダクトの形態である冷却部が設けられることができ、冷却部は、同様に、強固な支持構造と一体化されていることができる。好ましくは、マルチアーチャアレイ要素 75 及びプランカ要素 9 には、共通の冷却システムが設けられる。ビーム停止アレイ 10 にもまた、好ましくはその上流側に、一体化された冷却設備が設けられることができる。 10

【0054】

図 12 は、ビーム / アーチャ領域 84 と、非ビーム / 非アーチャ領域 85 とを示す、アーチャアレイ要素を通る横断面を示す図である。支持部材として組み込まれた冷却ダクト 77 は、複数の内部サブチャネル 77a を有し、冷却媒体がこれらサブチャネルを通って流れる。各冷却ダクト / 支持部材 77 が、隣接しているアーチャ領域 84 の間に位置された非アーチチャ領域 85 に位置されている。

【0055】

図 13 ないし図 15 は、湾曲した上面を備えたモノリシックプレート 90 を有するアーチチャアレイ要素 6 の一実施の形態を示す図である。アーチチャアレイ要素 6 のこの実施の形態は、ここに説明されるリソグラフィシステムの実施の形態のいくつかで、ここに説明される他のアレイ要素と共に使用されることができる。アーチチャアレイ要素 6 は、一体ユニットとして形成されたコリメータアーチチャアレイ 6a 及び電流制限アーチチャアレイ 6b を有することができる。また、アーチチャアレイ要素 6 は、アライメントされた交互のビーム領域と非ビーム領域とを有することができ、シャフトを形成していることがここに説明される。 20

【0056】

アーチチャアレイの上面は、高くなつたドーム形状部分 91 を形成するように、単純な凸形状で上向きに（荷電粒子源の方向に）湾曲している。この湾曲の中心は、例えば 50 mm の周囲に関して、湾曲した部分の縁よりも約 3 mm 高いことができる。アーチチャ領域 84 は、荷電粒子ビームを受けるように構成された領域であり、各アーチチャ領域 84 は、貫通孔の形態である複数のアーチチャを有する。この実施の形態では、アーチチャ領域 84 は、図 11 に示されるプランカアレイ 9 のような他の要素の矩形のビーム領域に適合するように、矩形である（5 つの矩形領域が示されているが、異なる数が使用されてもよい）。非アーチチャ領域 85 は、アーチチャ無しの領域であり、アーチチャ領域 84 との間に、アーチチャ領域 84 と交互に、矩形領域を形成している。 30

【0057】

アーチチャアレイの上面のドーム形状部分は、システムの光軸を中心として余弦関数に従って上向きに湾曲していることができる。この余弦形状は、ビームの収差のよりよい減少を与えることがわかっている。ドーム形状部分 91 の半径は、好ましくは、荷電粒子ビームの直径よりも大きく、ビームは、アーチチャアレイの表面と交差する。他の実施の形態では、ドーム形状部分 91 はまた、アーチチャアレイの上面にドーム形状の窪みとして形成されることができる。 40

【0058】

アーチチャアレイのプレート 90 は、プレートの内部に形成された冷却チャネル 77a を有し、冷却媒体がこれら冷却チャネルを通って流れることができる。これら冷却チャネルは、非アーチチャ領域 85 を通つて延び、各非アーチチャ領域の長さに沿つて延びている。

【0059】

冷却媒体は、好ましくは水であるが、他の適切な流体もまた使用されることができる。 50

冷却媒体は、好ましくは、チャネル内に乱流を与えるように、チャネル 77a を通って流される。乱流は、代表的には、かなり高いヌセルト数を有する。これは、流れの境界層で乱流混合が生じるという事実により、チャネル壁から流れの内部への熱伝達を高める。層流では、チャネル壁に垂直な流れ成分がないので、ある方向への熱伝達が、もっぱら、冷却流体のかなり効率的でない伝導によって生じる。乱流に対してヌセルト数を決定するためのいくつかの関係が存在するが、一般的に、ヌセルト数は、主に、流れのレイノルズ数に依存している。3 mm のチャネル及び 10 m/s の流れ速度に関して、20 の水の流れに対して $Re = 30000$ であり、関連するヌセルト数は 190 であり、熱伝達係数、流体の壁の温度差は、40 K でますますである。この評価は、乱流の対流熱伝達が、アパー・チャアレイのための適切な熱伝達メカニズムであることができるることを示している。 10

【0060】

収容される配置の制限を考慮すると、アパー・チャアレイから離れた効率的な熱伝達の最も実用的な方法は、対流によるものである。伝達による熱伝達は、アパー・チャアレイの表面からヒートシンク（例えば、冷媒チャネル）への熱の移動の際、常にある程度生じるが、対流熱伝達は、ある点で引き継がれるべきである。層流の対流熱伝達は、不十分であるが、数十度の穏当な流体チャネルデルタ T で熱の入力を吸収することができる。二相（沸騰）対流流れもまた使用されることができるが、かなり複雑であり、乱流の対流以上の効果を与えるものではない。

【0061】

通常の水は、冷媒として好ましい。水は、最もよい振る舞いをする慣例的な流体の 1 つである。アンモニアを使用するのが簡単であるが、アンモニアの使用は、高圧システムを必要とし、より大規模な安全手段を必要とする。液体金属と比較すると、ガリウムのみがよい振る舞いをするが、温度が上昇した水は、ガリウムの振る舞いと同様の振る舞いをすることができ、必要であれば、水は、可能な流速の範囲がガリウムよりもかなり大きく、ガリウムの使用は、凝固、コスト、腐食、拡散のような他の複雑さをもたらす。 20

【0062】

アパー・チャアレイは、モノリシック冷却ブロックとして構成されることができるので、アパー・チャアレイは、単一ユニットとして冷却ブロックと一体化されている。冷却チャネル、アパー・チャ及び支持構造は、全て、同じ材料でできたモノリシックブロックから製造されることができる。この設計の大きな効果は、（荷電粒子源に面している）湾曲したアパー・チャアレイの上面を可能にするということである。この湾曲は、コリメータの球面収差を著しく改良する。 30

【0063】

第 1 のアパー・チャアレイ 6 は、湾曲した上面（例えば、3 mm の突出部、又はドーム形状部分 91）、及びまっすぐな冷媒チャネル 77a を備えるものとして構成されることが可能、このような構成により、冷媒チャネルとアパー・チャアレイ要素の湾曲した上面との間の距離が変化する。この配置は、球面収差の改良の効果を与えるが、ビーム領域から冷媒チャネルへの熱経路長をかなり大きく変化させる。他の実施の形態では、冷却チャネルは、熱経路長の変化を低減させるように、上面と同様にドーム形状部分で湾曲している。 40

【0064】

アパー・チャアレイは、好ましくは、金属材料、特に、銅、モリブデン又はタングステンでできている。銅は、その高い熱伝導性に関して好ましく、モリブデン及びタングステンは、これらの良い熱伝導性 / 膨張比に関して好ましい。

【0065】

ディスク 90 及び冷媒チャネル 77a は、従来の方法を使用して製造されることができる。湾曲した上面は、必要とされる表面及び形状の公差に応じて、従来の技術を使用して製造されることができる。アパー・チャアレイのアパー・チャは、レーザであけられることができるか、レーザマイクロ機械加工が使用されることがある。オックスフォードレーザが、例えば、レーザ穴あけシステム及び副請負を提供する。シリコン、銅、モリブデン、タングステン及び他の材料でできた平板プレートでは、100 マイクロメートルの直径の 50

孔の製造が可能である。湾曲した表面をエッティングするのは、レジストのスピニング、リソグラフィの露光及びエッティングの深さの困難性により、好ましくない。しかし、あけられた非常に多くの孔（例えば、非アーチャの領域の盲孔を含む約100,000のアーチャ）及び500マイクロメートルのあけた孔の深さが、さらに考慮すべきことであり、各アレイを製造するのには長い時間を必要とし、タングステンの使用が好ましい。

【0066】

孔をあける技術を使用して冷却チャネルを製造することにより、まっすぐなチャネルをとどり、冷却チャネルとアーチャアレイ要素の湾曲した上面との間の距離を変化させる。モノリシック要素が、いわゆる3D印刷技術を使用して製造されることが可能で、湾曲した冷媒チャネルを備えた構成を可能にする。これにより、冷媒チャネルが、アーチャアレイ要素の上面の湾曲に従うこととなり、アーチャアレイの上面と冷媒チャネルとの間の熱経路長が一定になり、アーチャアレイ要素のビーム領域の範囲にわたって冷媒チャネルにより一定の熱伝達をもたらす。

10

【0067】

動作の際、アーチャアレイが加熱されたとき、z方向（即ち、リソグラフィカラムの軸に平行な方向）への大きなスケールの変形が、軸対称な反りの効果により支配される。非対称な変形の特性は、湾曲したアレイの表面の温度勾配を径方向に変化させることによるものであることができる。（中心40mmの直径に関する）z方向の変形の代表的な変化は、銅に関して約30μmであり、モリブデンに関して20μmであり、タングステンに関して15μmである。

20

【0068】

このz方向の変形は、相対的に高いが、アーチャアレイの上面の球形状は、リソグラフィのカラムのいくつかの形態で望ましく、表面形状の球状の構成要素は、変形から差し引かれることができる。図13ないし図15のアーチチャアレイに関する計算は、このアーチチャアレイが、3マイクロメートルの平坦さ及び200未満の平均温度を維持しながら、3400Wの加熱負荷を分散させることができることを示している。X-Y方向（即ち、リソグラフィカラムの軸に垂直な方向）の変形により、アーチチャ位置、即ちアーチチャアレイのアーチチャの位置のある程度のプレ補正が望ましく、動作中、アーチチャアレイが加熱されたとき、その温度上昇によるアーチチャアレイの変形が、これらの所望のX-Y方向の位置を仮定するアーチチャをもたらす。

30

【0069】

図13ないし図15のアーチチャアレイの2つの主要な効果は、アレイのモノリシックなデザイン及び冷却構造である。これは、熱的な振る舞いに関する効果的であり、配置及び内部応力に関して、より一貫した部品の品質を確実にする。熱機械特性を変化させる材料間の結合を含む他のデザインは、製造中、予測できない内部応力を生じうる。

【0070】

本発明が、上述の所定の実施の形態を参考することにより説明されてきた。これらの実施の形態には、本発明の意図並びに範囲を逸脱することなく、当業者にとって明らかなさまざまな変更並びに変形がなされることがある。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、本発明の範囲は添付の特許請求の範囲により規定される。

40

以下に、本出願の出願当初の特許請求の範囲に記載された発明を付記する。

[1] ターゲットの表面上にパターンを転写する荷電粒子リソグラフィシステムであって、カラムを規定している複数の荷電粒子を発生させるビームジェネレータと、第1のアーチチャアレイと、プランカアレイと、ビーム停止アレイと、投影レンズアレイとを有する複数のアーチチャアレイ要素とを具備し、各アーチチャアレイ要素は、複数のグループで配置された複数のアーチチャを有し、前記アーチチャは、前記小ビームを前記アーチチャアレイ要素を通過させ、各アーチチャアレイ要素のアーチチャの前記グループは、複数のビーム領域を形成し、これらビーム領域は、これらビーム領域間に形成された複数の非ビーム領域とは異なりこれら非ビーム領域から分離され、前記非ビーム領域は、前記小ビーム

50

ムを通過させるアーチャを含まず、前記アーチャアレイ要素の前記ビーム領域は、ビームのシャフトを形成するようにアライメントされ、各々が、複数の小ビームを有し、前記アーチャアレイ要素の前記非ビーム領域は、その中に小ビームを有さない非ビームのシャフトを形成するようにアライメントされ、前記第1のアーチャアレイ要素には、前記第1のアーチャアレイ要素を冷却する冷却媒体を透過させるように構成された冷却チャネルが設けられ、前記冷却チャネルは、前記第1のアーチャアレイ要素の前記非ビーム領域に設けられている荷電粒子リソグラフィシステム。

[2] 前記第1のアーチャアレイ要素は、前記カラムの軸の方向に厚さを、及び前記カラムの軸に垂直な方向に幅を有するプレートを有し、前記アーチャは、前記プレートの前記非ビーム領域に前記プレートの厚さにわたって形成され、前記冷却チャネルは、前記プレートの前記非ビーム領域の内部に形成され、前記プレートの幅の方向に延びている[1]のシステム。10

[3] 前記第1のアーチャアレイ要素は、前記カラムの軸の方向に厚さを、及び前記カラムの軸に垂直な方向に幅を有するプレートを有し、前記アーチャは、前記プレートの前記非ビーム領域に前記プレートの厚さにわたって形成され、前記冷却チャネルは、前記非ビーム領域で前記プレートに取着された外部要素に形成され、前記プレートの幅の方向に延び、前記冷却チャネルは、前記第1のアーチャアレイ要素に構造支持を与えるように構成されている[1]のシステム。

[4] 前記冷却媒体は、水である[1]ないし[3]のいずれか1のシステム。

[5] 前記冷却チャネルを通して前記冷却媒体を流す冷媒システムをさらに具備し、前記冷媒システムは、前記冷却チャネルを通る前記冷却媒体の乱流を生成するように構成されている[1]ないし[4]のいずれか1のシステム。20

[6] 前記第1のアーチャアレイは、前記アーチャ及び冷却チャネルが形成された材料でできたモノリシックプレートの材料でできている[1]ないし[5]のいずれか1のシステム。

[7] 前記第1のアーチャアレイは、タンクステンでできたプレートにより形成されている[1]ないし[6]のいずれか1のシステム。

[8] 前記第1のアーチチャアレイは、銅又はモリブデンでできたプレートにより形成されている[1]ないし[6]のいずれか1のシステム。

[9] 前記複数のアーチチャアレイ要素は、電流制限アーチチャアレイとコンデンサレンズアレイとをさらに具備し、各々が、複数のグループで配置された複数のアーチチャを有し、前記アーチチャは、前記小ビームを前記アーチチャアレイ要素を通過させ、各アーチチャアレイ要素のアーチチャの前記グループは、複数のビーム領域を形成し、これらビーム領域は、これらビーム領域間に形成された複数の非ビーム領域とは異なりこれら非ビーム領域から分離され、前記非ビーム領域は、前記小ビームを通過させるアーチチャを含まず、前記アーチチャアレイ要素の前記ビーム領域は、ビームのシャフトを形成するようにアライメントされ、各々が、複数の小ビームを有し、前記アーチチャアレイ要素の前記非ビーム領域は、その中に小ビームを有さない非ビームのシャフトを形成するようにアライメントされている[1]ないし[8]のいずれか1のシステム。30

[10] 前記第1のアーチチャアレイ要素は、一体的な電流制限アーチチャアレイを有し、前記第1のアーチチャアレイ要素の前記アーチチャは、前記第1のアーチチャアレイ要素の前記上面の下方に窪んだ最狭小部分を有する[1]ないし[9]のいずれか1のシステム。40

[11] 前記第1のアーチチャアレイ要素には、前記ビームジェネレータに面している湾曲した上面が設けられている[1]ないし[10]のいずれか1のシステム。

[12] 前記第1のアーチチャアレイ要素は、アーチチャ無し領域及びアーチチャ領域に交互に細分され、各アーチチャ領域は、複数のアーチチャを有し、前記湾曲した上面は、複数の前記アーチチャ無し領域及びアーチチャ領域を囲んでいる[11]のシステム。

[13] 前記第1のアーチチャアレイ要素の前記湾曲した上面は、前記ビームジェネレータに向かって前記上面の上方に突出している高くなつたドーム形状領域を形成している[50

[11] 又は [12] のシステム。

[14] 前記第1のアーチャアレイ要素の前記湾曲した上面は、前記ビームジェネレータに面している前記上面の領域にドーム形状の窪みを形成している [11] 又は [12] のシステム。

[15] このシステムは、光軸を有し、前記湾曲した上面は、前記光軸を中心とした余弦関数に従う形状である [11] ないし [14] のいずれか1のシステム。

[16] 前記湾曲した上面の周囲は、前記湾曲した上面の高さよりも実質的に高い [11] ないし [15] のいずれか1のシステム。

[17] ターゲットの表面上にパターンを転写するために複数の小ビームを発生させる荷電粒子リソグラフィシステムで使用するように構成されたアーチャアレイ要素であって、アーチャアレイは、複数のグループで配置された複数のアーチャを具備し、前記アーチャは、前記小ビームを前記アーチャアレイ要素を通過させ、前記アーチャのグループは、複数のビーム領域を形成し、これらビーム領域は、これらビーム領域間に形成された複数の非ビーム領域とは異なりこれら非ビーム領域から分離され、前記非ビーム領域は、前記小ビームを通過させるアーチャを含まず、第1のアーチャアレイ要素には、前記第1のアーチャアレイ要素を冷却する冷却媒体を透過するように構成された冷却チャネルが設けられ、前記冷却チャネルは、前記第1のアーチャアレイ要素の前記非ビーム領域に設けられているアーチャアレイ要素。

[18] 前記第1のアーチャアレイ要素は、厚さ及び幅を有するプレートを有し、前記アーチャは、前記プレートの前記非ビーム領域に前記プレートの厚さにわたって形成され、前記冷却チャネルは、前記プレートの前記非ビーム領域の内部に形成され、前記プレートの幅の方向に延びている [17] のアーチャアレイ要素。

[19] 前記第1のアーチャアレイ要素は、厚さ及び幅を有するプレートを有し、前記アーチャは、前記プレートの前記非ビーム領域に前記プレートの厚さにわたって形成され、前記冷却チャネルは、前記非ビーム領域で前記プレートに取着された外部要素に形成され、前記プレートの幅の方向に延び、前記冷却チャネルは、前記第1のアーチャアレイ要素に構造支持を与えるように構成されている [17] のアーチャアレイ要素。

[20] 前記冷却媒体は、水である [17] ないし [19] のいずれか1のアーチチャアレイ要素。

[21] 前記冷却チャネルを通して前記冷却媒体を流す冷媒システムをさらに具備し、前記冷媒システムは、前記冷却チャネルを通る前記冷却媒体の乱流を生成するように構成されている [17] ないし [20] のいずれか1のアーチチャアレイ要素。

[22] 前記第1のアーチチャアレイは、前記アーチチャ及び冷却チャネルが形成された材料でできたモノリシックプレートの材料でできている [17] ないし [21] のいずれか1のアーチチャアレイ要素。

[23] 前記第1のアーチチャアレイは、タングステンでできたプレートにより形成されている [17] ないし [21] のいずれか1のアーチチャアレイ要素。

[24] 前記第1のアーチチャアレイは、銅又はモリブデンでできたプレートにより形成されている [17] ないし [22] のいずれか1のアーチチャアレイ要素。

[25] 前記第1のアーチチャアレイ要素は、一体的な電流制限アーチチャアレイを有し、前記第1のアーチチャアレイ要素の前記アーチチャは、前記第1のアーチチャアレイ要素の前記上面の下方に窪んだ最狭小部分を有する [17] ないし [24] のいずれか1のアーチチャアレイ要素。

[26] 前記アーチチャアレイ要素は、プレートを有し、前記プレートには、ビームの方向に面している湾曲した上面が設けられている [17] ないし [25] のいずれか1のアーチチャアレイ要素。

[27] 前記アーチチャアレイ要素は、アーチチャ無し領域及びアーチチャ領域に交互に細分され、各アーチチャ領域は、複数のアーチチャを有し、前記湾曲した上面は、複数の前記アーチチャ無し領域及び前記アーチチャ領域を囲んでいる [26] のアーチチャアレイ要素。

10

20

30

40

50

[28] 前記アーチャアレイの前記湾曲した上面は、前記荷電粒子源に向かって前記上面の上方に突出している高くなつたドーム形状領域を形成している [26] 又は [27] のアーチャアレイ要素。

[29] 前記アーチャアレイの前記湾曲した上面は、前記荷電粒子源に面している前記上面の領域にドーム形状の窪みを形成している [26] 又は [27] のアーチャアレイ要素。

[30] このシステムは、光軸を有し、前記湾曲した上面は、前記光軸を中心とした余弦関数に従う形状である [26] ないし [29] のいずれか 1 のアーチャアレイ要素。

[31] 前記上面の周囲は、前記湾曲した上面の高さよりも実質的に高い [26] ないし [30] のいずれか 1 のアーチャアレイ要素。

[32] 発散する荷電粒子ビームを発生させるように構成された荷電粒子源と、第 1 の電極を有し、前記発散する荷電粒子ビームを屈折させるコリメートシステムと、[17] ないし [31] のいずれか 1 のアーチャアレイ要素とを具備し、前記アーチャアレイ要素は、第 2 の電極を形成し、前記システムは、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間に加速電場を生成するように構成されている荷電粒子ビームジェネレータ。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0071】

【特許文献 1】米国特許第 6,897,458 号

【特許文献 2】米国特許第 6,958,804 号

【特許文献 3】米国特許第 7,084,414 号

【特許文献 4】米国特許第 7,129,502 号

10

20

【図 1】

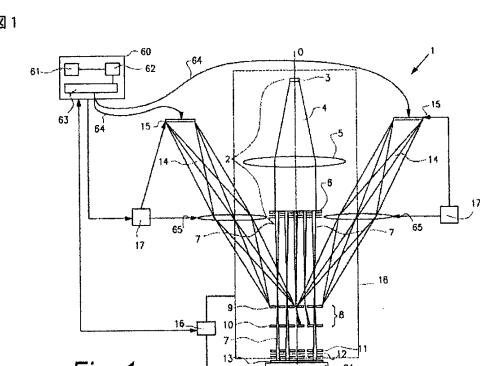


Fig. 1

【図 2】

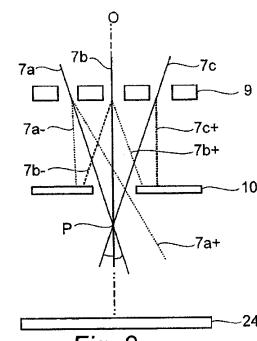


Fig. 2

【図3a】

図3a

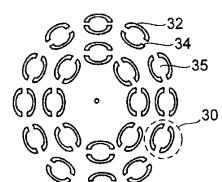


Fig. 3a

【図3b】

図3b

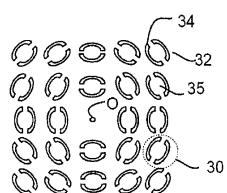


Fig. 3b

【図4】

図4

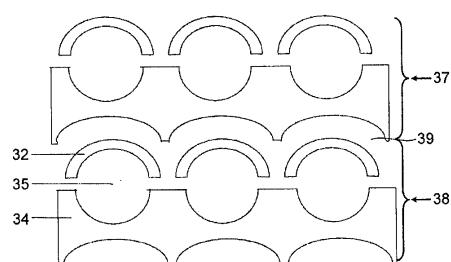


Fig. 4

【図5】

図5

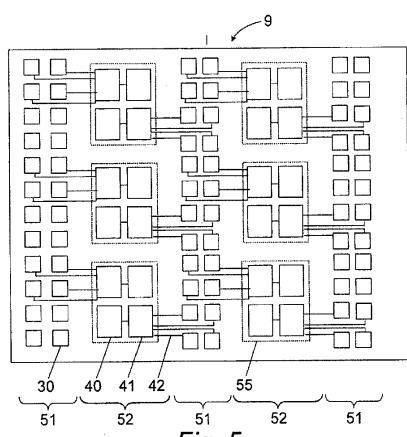


Fig. 5

【図6】

図6

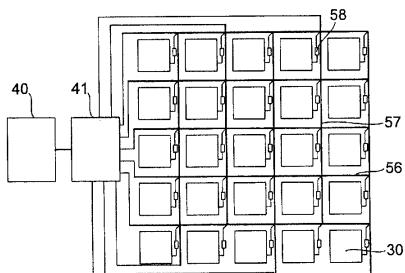
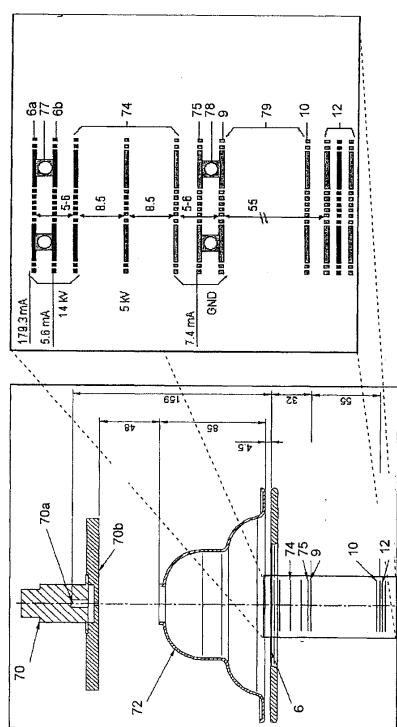


Fig. 6

【図7】

図7

Fig. 7A
(A)
Fig. 7B
(B)

【図8 A】

図8 A

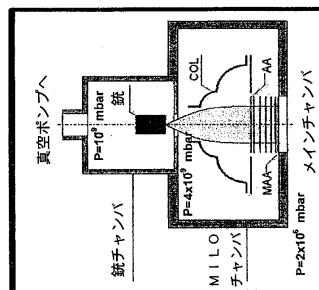


Fig. 8A

【図8 B】

図8 B

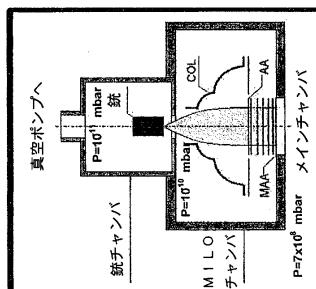


Fig. 8B

【図9】

図9

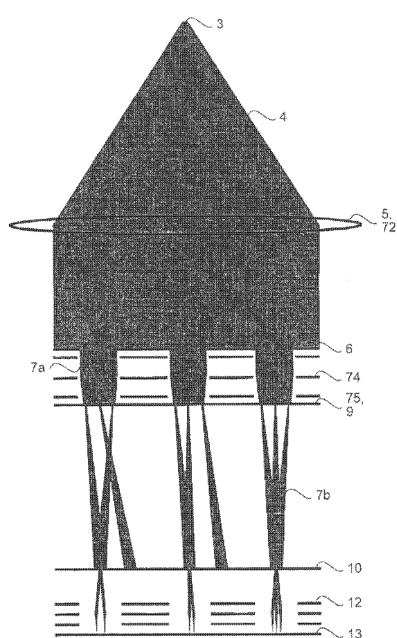


Fig. 9

【図10】

図10

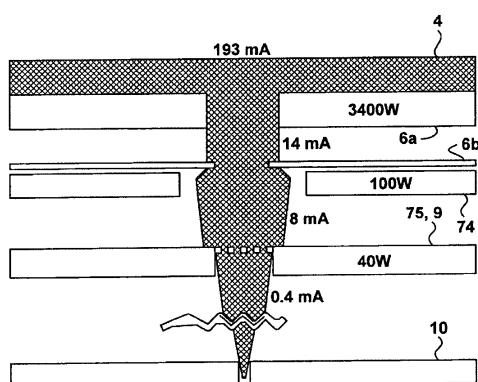


Fig. 10

【図11】

図11

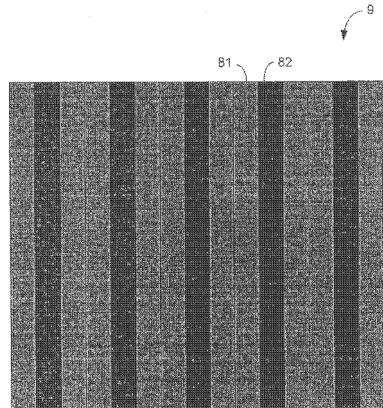


Fig. 11

【図12】

図12

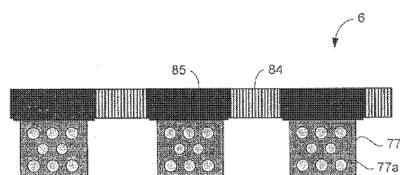


Fig. 12

【図13】

図13

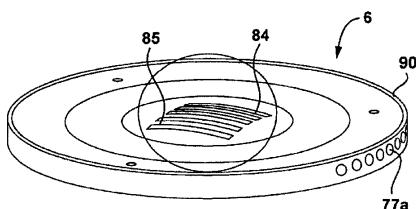


Fig. 13

【図14】

図14

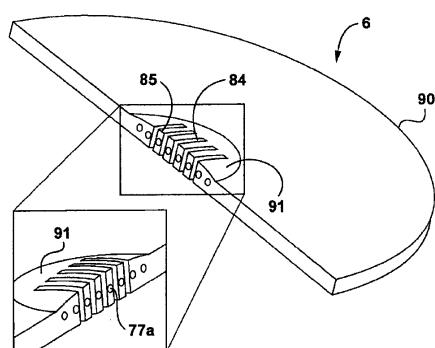


Fig. 14

【図15】

図15

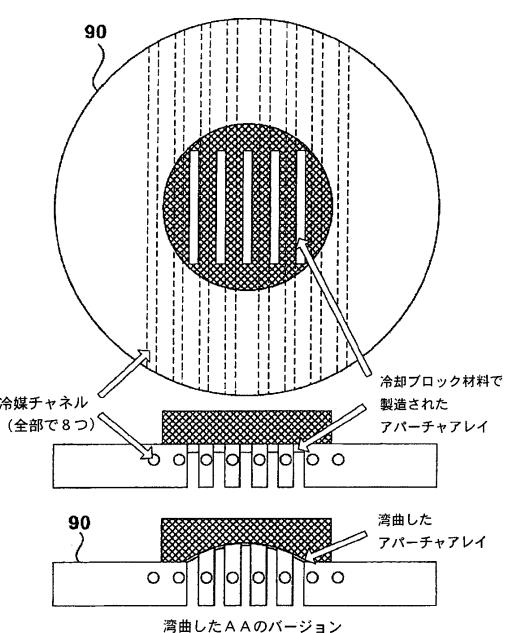


Fig. 15

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 61/421,717

(32)優先日 平成22年12月10日(2010.12.10)

(33)優先権主張国 米国(US)

(74)代理人 100075672

弁理士 峰 隆司

(74)代理人 100140176

弁理士 砂川 克

(72)発明者 ピエランド、マルコ・ヤン・ヤコ

オランダ国、エヌエル- 2612 ジーディー・デルフト、ブーローストラート 23

(72)発明者 ファン・ビーン、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、スタッドホウデルスブレイン 2

7シテ

(72)発明者 デ・ヨン、ヘンドリク・ヤン

オランダ国、エヌエル- 2531 エーエー・デン・ハーグ、トロールストラカデ 21エー

審査官 今井 彰

(56)参考文献 国際公開第2009/127658 (WO, A1)

特開2006-140267 (JP, A)

特開2002-203776 (JP, A)

特開2001-237161 (JP, A)

国際公開第2010/109647 (WO, A1)

特開2005-268788 (JP, A)

特開2006-210460 (JP, A)

特開2000-030647 (JP, A)

特開平11-354063 (JP, A)

特開平11-224846 (JP, A)

特開2002-231606 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027