

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5420670号
(P5420670)

(45) 発行日 平成26年2月19日(2014.2.19)

(24) 登録日 平成25年11月29日(2013.11.29)

(51) Int.Cl.	F 1
HO 1 J 37/12 (2006.01)	HO 1 J 37/12
HO 1 J 37/305 (2006.01)	HO 1 J 37/305
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 541 B

請求項の数 22 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2011-529560 (P2011-529560)
(86) (22) 出願日	平成21年10月1日 (2009.10.1)
(65) 公表番号	特表2012-504843 (P2012-504843A)
(43) 公表日	平成24年2月23日 (2012.2.23)
(86) 國際出願番号	PCT/EP2009/062788
(87) 國際公開番号	W02010/037832
(87) 國際公開日	平成22年4月8日 (2010.4.8)
審査請求日	平成24年10月1日 (2012.10.1)
(31) 優先権主張番号	61/101,682
(32) 優先日	平成20年10月1日 (2008.10.1)
(33) 優先権主張国	米国 (US)

(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	100091351 弁理士 河野 哲
(74) 代理人	100088683 弁理士 中村 誠
(74) 代理人	100109830 弁理士 福原 淑弘
(74) 代理人	100075672 弁理士 峰 隆司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 静電レンズ構造体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1のアパーチャが設けられた第1の導電プレートと、
前記第1のアパーチャとほぼアライメントされた第2のアパーチャが設けられた第2の導電プレートと、
動作中に、前記第1の導電プレートに第1の電圧を、かつ前記第2の導電プレートに第2の電圧を供給するための電圧供給部と、
前記第1の導電プレートを前記第2の導電プレートから分離するための絶縁構造体と、
を具備し、

前記第2の電圧は、前記第1の電圧よりも高く、

前記絶縁構造体は、前記第1の導電プレートと接触している第1の部分と、前記第2の導電プレートと接触している第2の部分とを有し、

前記第2の部分は、前記第1の部分が前記第1の導電プレートと接触している突出部分を有し、前記突出部分と前記第2の導電プレートとの間にギャップが形成されるよう、前記第1の部分より小さくされており、

前記ギャップは、前記第2のアパーチャに近接した前記絶縁構造体の側面に位置され、

前記第1の導電プレートに面している前記絶縁構造体の表面には、前記第1の導電プレートと電気的に接触している導電層が設けられている静電レンズ。

【請求項 2】

前記ギャップの誘電率は、前記絶縁構造体の誘電率よりも小さい請求項1の静電レンズ

10

20

。

【請求項 3】

前記ギャップの誘電率は、前記絶縁構造体の誘電率よりも少なくとも 4 分の 1 未満である請求項 2 の静電レンズ。

【請求項 4】

動作中、前記絶縁構造体の前記突出部分と前記第 2 の導電プレートとの間の前記ギャップ中の電界強度は、前記絶縁構造体の前記第 2 の部分を横切る電界強度よりも大きい請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 の静電レンズ。

【請求項 5】

前記絶縁構造体の前記第 1 の部分及び前記第 2 の部分は、等しい厚さである請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 の静電レンズ。 10

【請求項 6】

前記絶縁構造体の前記第 1 の部分及び前記第 2 の部分は、一緒に接合された別個の構造体を有する請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 の静電レンズ。

【請求項 7】

前記導電層は、堆積技術を使用して前記絶縁構造体の表面に堆積される請求項 1 の静電レンズ。

【請求項 8】

前記導電層は、クロムかタンタルを含む請求項 1 又は 7 の静電レンズ。

【請求項 9】

前記第 1 の導電プレートと前記第 2 の導電プレートとの間の距離は、約 100 ないし 200 μm の範囲にある請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 の静電レンズ。

【請求項 10】

レンズは、フラッシュオーバなしで 10 V / μm を超える、より好ましくはフラッシュオーバなしで 25 ないし 50 V / μm の範囲内の電界強度に耐えることが可能である請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 の静電レンズ。

【請求項 11】

前記絶縁構造体は、ホウケイ酸ガラスを含む請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 の静電レンズ。

【請求項 12】

請求項 1 ないし 11 のいずれか 1 の静電レンズを複数有する静電レンズアレイ。 30

【請求項 13】

前記絶縁構造体は、少なくとも 1 つの第 3 のアパーチャが設けられた絶縁プレートの形態を取り、

前記少なくとも 1 つの第 3 のアパーチャは、その側壁の突出部が、複数の第 1 のアパーチャ及び第 2 のアパーチャを取り囲むように配置されている請求項 12 の静電レンズアレイ。

【請求項 14】

前記絶縁構造体は、複数の細長いバーの形態を取り、連続したバーの間に、第 1 のアパーチャ及び第 2 のアパーチャによって形成された複数の伝達経路がある請求項 12 の静電レンズアレイ。 40

【請求項 15】

荷電粒子ビームを発生させるための荷電粒子源と、

前記荷電粒子ビームから複数の小ビームを発生させるためのアパーチャアレイと、

パターンに従って前記複数の小ビームに調整するための小ビーム調整システムと、

前記複数の小ビームを集束させるための請求項 12 ないし 14 のいずれか 1 の静電レンズアレイと、を具備する荷電粒子小ビームリソグラフィシステム。

【請求項 16】

前記静電レンズアレイは、前記アパーチャアレイと前記小ビーム調整システムとの間に位置される請求項 15 の荷電粒子小ビームリソグラフィシステム。 50

【請求項 17】

パターン化される基板を支持するための支持ユニットと、
前記基板のターゲット面に複数の調整された小ビームを集束させるために前記小ビーム
調整システムの下流側に位置された前記静電レンズアレイとを有する請求項15又は16
の荷電粒子小ビームリソグラフィシステム。

【請求項 18】

静電レンズに使用する絶縁構造体を製造する方法であって、
第1の絶縁プレートを与えることと、
第1の直径を有する少なくとも1つの第1の貫通孔を前記第1の絶縁プレートに形成す
ることと、
第2の絶縁プレートを与えることと、
前記第1の直径よりも大きい第2の直径を有する少なくとも1つの第2の貫通孔を前記
第2の絶縁プレートに形成することと、
絶縁構造体を形成するように、前記第1の絶縁プレートと前記第2の絶縁プレートとを
組み合わせることと、を具備し、前記絶縁構造体は、少なくとも1つの第1及び第2の貫
通孔によって形成された少なくとも1つのアーチャを有する方法。

【請求項 19】

前記第1及び第2の絶縁プレートは、同じ絶縁材料でできている請求項18の方法。

【請求項 20】

前記第1の絶縁プレートと前記第2の絶縁プレートの少なくとも一方は、ホウケイ酸ガ
ラスを含む請求項18又は19の方法。

【請求項 21】

前記第1の貫通孔と前記第2の貫通孔との少なくとも一方を製造することは、パワープ
ラスチングによって果される請求項18ないし20のいずれか1の方法。

【請求項 22】

請求項18ないし21のいずれか1の方法に従って製造された静電レンズで使用するた
めの絶縁構造体。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、静電レンズ又は静電レンズアレイに関する。さらに、本発明は、このような
静電レンズ又は静電レンズアレイを有する荷電粒子リソグラフィシステムに関する。さら
に、本発明は、静電レンズに使用する絶縁構造体を製造する方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

静電レンズは、走査電子顕微鏡及びリソグラフィ装置のようなアプリケーションに使用
する荷電粒子ビームのカラムに使用される。静電レンズは、代表的には複数の導電プレ
ートからなり、これら導電プレートは、一般的に、導電層が設けられたシリコンプレートで
あり、荷電粒子ビームの方向に積み重ねられている。これら導電プレートは、例えば、ガ
ラス又は他の適切な絶縁材料でできたスペーサを電気的に絶縁することによって分離され
ることができる。これらプレート及びスペーサは、アライメントされた複数のアーチャ
を有し、これらアーチャは、荷電粒子ビームが荷電粒子伝達経路に沿ってプレートを通
過することを可能にする。これらプレートは、荷電粒子ビームの集束、ブランкиング及び
操縦のような動作を可能にするように帯電することができる。

【0003】

プレート間に印加することができる電界は、プレートの材料の特性及び互いに関連す
るプレートの位置決めに依存している。さらに、例えばガラス又は真空でできた電気的に
絶縁性のスペーサであるプレート間の絶縁性の障壁の特性及び構造が重要である。絶縁性
の障壁がその誘電耐力を越えた圧力を加えられたとき、絶縁状態から高導電状態への突然
の転移が起こる。このような転移は、放電、すなわちフラッシュオーバの形態でありうる

10

20

30

40

50

。

【0004】

固体絶縁体の表面は、しばしばこのような放電の経路を与える。代表的にはプレート間の絶縁体の表面に沿って生じるこのような放電が固体誘電体に起きたならば、放電によって引き起こされた放電の経路に沿った変化が、絶縁体の誘電耐力の永久的な減少をもたらしうる。結果として、絶縁体の品質が低下し、また、静電レンズによって高い電界が維持されることができないので、レンズの性能が低下する。

【0005】

導電プレート間のこのような放電を減少させる通常の取り組みは、表面に沿った破壊の経路の長さを増加させることに頼っており、絶縁破壊は、直接のもの、すなわち、プレート間の最短距離のものと比較して、起こりやすい。このアプローチの例は、特開2000-260242号公報及び特開2005-214908号公報に開示されており、そこでは、傾斜された、又は矩形の凹部が、電極との接続の位置に含まれている。

10

【0006】

しかし、電極プレートを互いに近くに維持するという要求は、電極間の放電の経路の長さを延長するのを制限する。さらに、互いに近接して位置された導電プレート間に高電界が印加される必要があれば、単に表面の絶縁破壊の経路の長さを増加させるのでは、例えば、10ないし50V/マイクロメートルの範囲の電界をもたらし、不十分である可能性がある。それ故、静電レンズが絶縁破壊のかなりの危険性なくこれらの状況下で動作することを可能にするために、さらなる設計上の手段が必要とされる。

20

【発明の概要】

【0007】

本発明の目的は、従来技術と比較して、絶縁破壊に関して改良された性能を有する静電レンズ又は静電レンズアレイを提供することである。

【0008】

本発明の背後にある洞察は、電界によって引き起こされる、導電（電極）プレートの1つからの電子の抽出及び放出によって、フラッシュオーバーが生じる、又は少なくとも始まるこことを含んでいる。さらに、電子の抽出は、陽極よりも陰極でより多くなり、従って、電界は、特に陰極で低く保たれるべきである。

【0009】

30

また、電界強化は、フラッシュオーバーを引き起こす役割を果すことが認識されており、この認識は、フラッシュオーバーを防ぐよりよい方法につながる。電界の強化は、特に陰極で、回避されるか減少されるべきである。絶縁構造体の一部と導電プレートの1つとの間の間隙は、間隙での局所的な電界の強化、すなわち上昇を引き起こす。プレート間の距離と比較して間隙の幅が小さいほど、間隙での電界の強化も大きい。このような電界強化は、間隙の位置がフラッシュオーバーによる影響を受けやすくする。このような間隙がいわゆる3つの点（triple points）のところに、すなわち、空気／真空、導電体及び絶縁体の間の境界にある点に起こり、放電の可能性がかなり増加する。これは、特に、3つの点が、より負の、つまりより低い電圧の導電素子に隣接している場合にそうである。3つの点のこのような間隙は、絶縁体のエッジのところの欠け目又は亀裂により実際に生じる可能性があるか、製造誤差、すなわち許容誤差の結果として、導電プレート又は絶縁構造体の製造中に表面の不規則性を生じる。

40

【0010】

本発明は、レンズ又はレンズアレイが高い電界に耐えるように、一方、放電の発生を減少させるように、特に、3つの点で、特に、静電レンズ又は静電レンズアレイの負の、すなわちより低い電圧の電極に隣接している、電界強化を制限する手段を提供する。これらの手段は、経路延長手段を採用する必要を避けるために使用されることができる。

【0011】

この目的のために、本発明の一態様によれば、静電レンズは、第1のアパーチャを備えた第1の導電プレートと、前記第1のアパーチャとほぼアライメントされた第2のアパー

50

チャを備えた第2の導電プレートと、前記第1の導電プレートに第2の電圧より低い第1の電圧を、前記第2の導電プレートに第2の電圧を供給するための電圧供給部と、前記第1の導電プレートを前記第2の導電プレートから分離するための絶縁構造体とを具備する。前記絶縁構造体は、第1の導電プレートと接触している第1の部分と、第2の導電プレートと接触している第2の部分とを有し、前記第1の部分は、突出部分を有し、前記第2の部分は、前記絶縁構造体のエッジに切り込み部分を有し、前記突出部分と前記第2の導電プレートとの間にギャップが形成されている。

【0012】

この手段によって、前記第1の部分と前記第1の導電プレートとの間の前記絶縁構造体の前記エッジのところの間隙の電界強化は減少することができる。この電界強化は、間隙が生じる場合、絶縁材料の前記突出部分よりも下方の小さな間隙及び比較的大きなギャップに割り当てられる。間隙が代表的に非常に小さく、ギャップが代表的にかなり大きいので、電界強化は、電界が単独でそこに集中されたときよりも前記間隙でかなり減少される。正の、すなわちより高い電圧の電極のところの（大きな）ギャップ構造体の位置は、フラッシュオーバを容易にもたらしうる負の、すなわちより低い電圧の電極のところの間隙の有害な影響を減少させるようにするので、さらに有益な効果を高める。

10

【0013】

ギャップの誘電率は、好ましくは、絶縁構造体の誘電率よりも高く、より好ましくは、少なくとも4倍高い。動作中、前記絶縁構造体の突出部分と前記第2の導電プレートとの間のギャップの電界強度は、好ましくは、前記絶縁構造体の前記第2の部分を横切る電界強度よりも大きい。前記絶縁構造体の前記第1の部分及び前記第2の部分は、等しい厚さでできていることができ、また、前記第1の部分及び前記第2の部分は、一緒に接合された別個の構造体である。

20

【0014】

前記第1の導電プレートに面している前記絶縁構造体の表面には、前記第1の導電プレートと前記絶縁構造体との間の電界強化を制限するために、前記第1の導電プレートと電気的に接触している導電層かコーティングが設けられることがある。導電層は、堆積技術を使用して、絶縁構造体の表面に堆積されることがある。前記導電層は、クロムかタンタルを含むことができ、また、前記絶縁構造体は、ホウケイ酸ガラスを含むことができる。

30

【0015】

前記絶縁構造体の表面上に導電コーティングを含むことは、第1の導電プレートと電気的に接触している導電材料によって覆われた絶縁構造体の表面上の間隙又は不規則性をもたらす。第1の導電プレートの表面に対する電界を高める間隙を形成していたこれらの表面の不規則性は、第1の導電プレートと同じ表面電位を有するので、間隙に電界はない。これは、これらの間隙の高められた電界の発生を効果的に防止する。

【0016】

第1の導電プレートと第2の導電プレートとの間の距離は、好ましくは、約100ないし200マイクロメートルまでの範囲にある。また、レンズは、フラッシュオーバが生じることなく、好ましくは、マイクロメートル当たり約10ないし25ボルトまでの範囲内、及びさらにマイクロメートル当たり25ないし50ボルトの電界強度に耐えることが可能である。

40

【0017】

他の態様では、本発明はまた、ここに説明されるような複数の静電レンズを含む静電レンズアレイを有する。この静電レンズアレイの絶縁構造体は、少なくとも1つの第3のアパーチャが設けられた絶縁プレートの形態を取ることができ、前記第3のアパーチャは、その側壁の突出部が、複数の第1のアパーチャ及び第2のアパーチャを取り囲むように配置されている。前記絶縁構造体はまた、複数の細長いバーの形態を取ることができ、連続したバーの間に、第1のアパーチャと第2のアパーチャとによって形成された複数の伝達経路がある。

50

【0018】

他の態様による本発明は、荷電粒子のビームを発生させるための荷電粒子源と、荷電粒子ビームから複数の小ビームを発生させるためのアーチャアレイと、パターンに従って前記複数の小ビームに調整するための小ビーム調整システムと、複数の小ビームを集束させるための、ここに説明されるような静電レンズアレイと、を具備する荷電粒子小ビームリソグラフィシステムである。前記静電レンズアレイは、前記アーチャアレイと前記小ビーム調整システムとの間に位置されることができる。前記荷電粒子小ビームリソグラフィシステムはまた、パターン化される基板を支持するための支持ユニットと、前記基板のターゲット面に複数の調整された小ビームを集束させるために前記小ビーム調整システムの下流側に位置された前記静電レンズアレイとを有することができる。

10

【0019】

本発明の他の態様は、静電レンズに使用する絶縁構造体を製造する方法に関する。この方法は、第1の絶縁プレートを与えることと、第1の直径を有する少なくとも1つの第1の貫通孔を前記第1の絶縁プレートに形成することと、第2の絶縁プレートを与えることと、前記第1の直径よりも大きい第2の直径を有する少なくとも1つの第2の貫通孔を前記第2の絶縁プレートに形成することと、絶縁構造体を形成するように、前記第1の絶縁プレートと前記第2の絶縁プレートとを組み合わせることと、を具備し、前記絶縁構造体は、少なくとも1つの第1及び第2の貫通孔によって形成された少なくとも1つのアーチャを有する。

【0020】

20

前記第1及び第2の絶縁プレートは、同じ絶縁材料でできていることができ、また、前記プレートの少なくとも1つは、ホウケイ酸ガラスを有することができる。前記第1の貫通孔と前記第2の貫通孔との少なくとも一方を製造することは、パワーブラスチング (power blasting) によって果されることができる。

【0021】

本発明のさらなる特徴及び効果が、以下の図面を参照して理解されることができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【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例の簡略化した概略図である。

30

【図2】図2は、図1のリソグラフィシステムのエンドモジュールの側面からの簡略化した概略図である。

【図3A】図3Aは、電界強化が生じうる静電レンズ構成体を概略的に示している。

【図3B】図3Bは、電界強化が生じうる静電レンズ構成体を概略的に示している。

【図3C】図3Cは、電界強化が生じうる静電レンズ構成体を概略的に示している。

【図4】図4は、本発明の第1の態様による静電レンズアレイの一部を概略的に示す側面図である。

【図5】図5は、本発明の第2の態様による静電レンズ又は静電レンズアレイの一部を概略的に示す側面図である。

【図6A】図6Aは、本発明の第3の態様による静電レンズ又は静電レンズアレイの一部を概略的に示す側面図である。

40

【図6B】図6Bは、図6Aの静電レンズ又は静電レンズアレイの詳細な図である。

【図7】図7は、本発明の異なるいくつかの態様を組み合わせた静電レンズアレイの一部を概略的に示す側面図である。

【図8A】図8Aは、本発明の一実施の形態による静電レンズアレイを概略的に示す上面図である。

【図8B】図8Bは、図8Aの静電レンズアレイの一部を概略的に示す側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下では、本発明のいくつかの実施の形態の説明が、単なる例によって、図面を参照し

50

て与えられる。図1は、全ての電子小ビーム (beamlet) の共通のクロスオーバーのない電子ビーム光学系に基づいた荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステムの一例の簡略化した概略図である。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、第6,958,804号、第7,084,414号並びに第7,129,502号に記載されており、本発明の権利者に譲渡されたこれら全体の内容は、参照としてここに組み込まれる。

【0024】

リソグラフィシステムは、均質な拡大する電子ビーム20を発生させるための電子源1を有する。ビームのエネルギーは、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、加速電圧は、好ましくは、低く、また、電子源は、好ましくは接地電位でターゲットに対して約-1ないし-10kVに維持されるが、他の設定もまた使用されることができる。

【0025】

電子源1からの電子ビーム20は、2つのオクトポール (octopole) 2を通り、続いて、電子ビーム20をコリメートするためのコリメータレンズ3を通過する。続いて、電子ビーム20は、アパー・チャアレイ4に衝突し、これは、ビームの一部をブロックし、複数の小ビーム21がアパー・チャアレイ4を通過することを可能にする。アパー・チャアレイは、好ましくは、貫通孔を含むプレートを有する。従って、複数の平行な電子小ビーム21が発生される。このシステムは、非常に多くの小ビームを、好ましくは約10,000ないし1,000,000の小ビーム21を発生させるが、もちろん、これよりも多い又は少ない小ビームを使用することも可能である。コリメートされた小ビームを発生するために、他の既知の方法が使用されることに言及する。

【0026】

複数の電子小ビーム21は、ビームプランカアレイ6の面でこれら電子小ビーム21の各々を集束させる集束レンズアレイ5を通過する。この小ビームプランカアレイ6は、好ましくは、複数のプランカを有し、これらプランカの各々は、前記電子小ビーム21の少なくとも1つを偏向させることができる。

【0027】

続いて、電子小ビーム21は、エンドモジュール7に入る。エンドモジュール7には、複数の電子小ビーム21を受けるための複数の開口が設けられている。一実施の形態では、各小ビーム21は、それ自身の開口を通過し、一方、他の実施の形態では、開口の近くで収束する小ビーム21のグループが、その開口を通過する。エンドモジュール7は、好ましくは、さまざまな構成要素を有する挿入可能で交換可能なユニットとして構成される。エンドモジュール7は、ビーム停止アレイ8と、ビーム偏向器アレイ9と、投影レンズ構成体10とを有するが、エンドモジュール7にこれらの全てが含まれる必要はなく、また、これらが異なるように配置されてもよい。エンドモジュール7は、他の機能に加えて、約50ないし500倍の縮小 (demagnification) を与える。この範囲内の高い値は、電子ビームリソグラフィシステムの上側部分のそれほど厳格でない製造の要求を可能にする。さらに、このような高い値は、システムの高さの減少を可能にすることができる。エンドモジュール7を出た後、小ビーム21は、ターゲット面に位置されたターゲット11の表面に衝突する。リソグラフィの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、すなわちレジスト層が設けられたウェーハを有する。

【0028】

エンドモジュール7では、電子小ビーム21は、まず、ビーム停止アレイ8を通過する。このビーム停止アレイ8は、主に、小ビームの開放角度 (opening angle) を決定する。ビーム停止アレイは、その基本形態では、小ビームを通過させるための複数の貫通孔が設けられた基板を有する。

【0029】

小ビームプランカアレイ6とビーム停止アレイ8とは、小ビーム21をブロックするか通過させるように、一緒に動作する。ビーム停止アレイ8の通過は、ビームプランカアレ

10

20

30

40

50

イ6の要素とアライメントされることができる。このような場合、小ビームプランカアレイ6が小ビームを偏向すれば、小ビームは、ビーム停止アレイ8の対応するアーチャを通過せず、代わりにブロックされる。他方では、小ビームプランカアレイ6が小ビームを偏向しなければ、小ビームは、ビーム停止アレイ8の対応するアーチャを通過し、そして、ターゲット11の表面上にスポットとして投影される。

【0030】

次に、小ビームは、偏向していない小ビーム21の方向にほぼ垂直なX方向とY方向との少なくとも一方に各小ビーム21の偏向を与えるビーム偏向器アレイ9を通過する。次に、小ビーム21は、投影レンズ構成体10を通過して、代表的にはウェーハであるターゲット面でターゲット11上に投影される。

10

【0031】

ターゲット上に投影されたスポット内と、投影されたスポットの間との両方の電流及び電荷の一貫性及び均質性のために、ビーム停止アレイ8のアーチャの直径は、好ましくは、小ビームがビーム停止アレイに達したときの小ビームの直径よりも小さい。

【0032】

現在の例でのビーム停止プレート8のアーチャの直径は、小ビームの横断面積を制限する。このようにして、小ビームの中央部分のみが、ターゲット11上への投影のために、ビーム停止プレート8を通過される。小ビームのこの中央部分は、比較的均一な電荷密度を有する。さらに、ビーム停止アレイ8のアーチャが円形ならば、ビーム停止プレート8を通過する小ビームは、ほぼ均一な開放角度を有する。

20

【0033】

図2は、より詳細なエンドモジュール7の一実施の形態を示しており、ビーム停止アレイ8と、偏向器アレイ9と、ターゲット11上に電子小ビームを投影する投影レンズ構成体10とを示している。小ビーム21は、ターゲット11上に投影され、好ましくは、直径約10ないし30ナノメートルの幾何学的なスポットサイズをもたらす。このようなデザインの投影レンズ構成体10は、好ましくは、約100ないし500倍の縮小を与える。

【0034】

投影レンズ構成体10は、図2に示される実施の形態では、静電レンズのアレイを形成するように使用される、連続して配置された3つのプレート12、13、14を有する。これらプレート12、13、14は、好ましくは、これらに形成された複数のアーチャを含む基板を有する。これらアーチャは、好ましくは、基板を貫通している円形の孔として形成されるが、他の形状もまた使用されることができる。基板は、半導体チップ産業で周知の処理工程を使用して処理されたシリコン又は他の半導体で形成されることがある。これらアーチャは、通常、例えば、半導体製造業において既知のリソグラフィ及びエッティング技術を使用して基板に形成されることができる。使用されるリソグラフィ及びエッティング技術は、好ましくは、アーチャの位置、サイズ及び形状の均一性を確実にするために、十分に正確に制御される。

30

【0035】

例えば、プレート12、13、14のアーチャは、これらがシリコンでできていれば、いわゆるボッシュエッティング処理を使用することによって形成されることができる。ボッシュエッティング処理は、シリコンを異方的にエッティングする方法である。このようなボッシュエッティング処理に関する詳細は、ロバートボッシュゲーエムベーハーに譲渡された欧州特許第0625285号に見られることができる。

40

【0036】

アーチャ間の均一な距離(ピッチ)及び基板の表面上のアーチャの均一な配置は、ターゲット上に均一なグリッドパターンを発生させる、密集して詰められた小ビームを備えたシステムの構成を与える。アーチャ間のピッチは、好ましくは100ナノメートル以下のピッチの偏差で、50ないし500マイクロメートルの範囲にあることができる。さらに、複数のプレートが使用されるシステムでは、各プレートの対応するアーチャが

50

アライメントされる。プレート間のアパー・チャのミスアライメントは、異なる軸に沿った焦点距離の差を引き起こしうる。

【0037】

アパー・チャのサイズの均一性は、アパー・チャの位置のところに形成された静電投影レンズに均一性を与える。アパー・チャのサイズは、好ましくは100ナノメートル以下のサイズの偏差で、50ないし150マイクロメートルの範囲にあることができる。

【0038】

アパー・チャの形状の均一性もまた、好まれる。円形の孔が使用された場合、孔の丸さ(roundness)の均一性は、結果として生じるレンズの焦点距離が全て同じ円形であることに帰着する。

10

【0039】

基板は、電極を形成するように導電性コーティングで覆われることができる。この導電コーティングは、好ましくは、アパー・チャのまわり及び孔の内部のプレートの両面を覆う各基板上に単一の電極を形成する。導電性の自然酸化物を含む金属は、好ましくは、例えば、半導体製造業において周知の技術を使用してプレート上に堆積された、モリブデンのような電極のために使用される。電圧は、各アパー・チャの位置に形成された静電レンズの形状を制御するために、各電極に印加される。各電極は、好ましくは、完全なアレイのための単一の制御電圧によって制御される。従って、3つの電極を有するとして図2に示される実施の形態では、数千のレンズの全てに対して3つの電圧のみがある。

【0040】

20

図2では、プレート12、13、14は、これらの電極にそれぞれ印加される電圧V1、V2、V3を有する。プレート12、13の電極の間、及びプレート13、14の電極の間の電圧差は、プレートの各アパー・チャの位置に静電レンズを形成する。これは、アパー・チャのアレイの各位置に1連の「垂直な」静電レンズを形成し、互いにアライメントされた、投影レンズ系のアレイを形成する。各投影レンズ系は、各プレートのアパー・チャのアレイの対応する点に形成された1連の静電レンズを有する。投影レンズ系を形成している1連の静電レンズの各々は、少なくとも1つの小ビームを集束し縮小する単一の有効な投影レンズとみなさることができる。また、前記静電レンズの各々は、有効焦点距離及び有効縮小を有する。単一のプレートのみが使用されるシステムでは、単一の電圧が、接地面と共に使用されることができ、静電レンズは、プレートの各アパー・チャの位置に形成される。

30

【0041】

これらアパー・チャの均一性の変化は、アパー・チャの位置に形成される静電レンズの変化をもたらす。アパー・チャの均一性は、均一な静電レンズをもたらす。従って、3つの制御電圧V1、V2、V3は、多くの電子小ビーム21を集束し縮小する均一な静電レンズのアレイを形成する。

【0042】

40

静電レンズの特性は、3つの制御電圧によって制御されるので、全ての小ビームの集束及び縮少量は、これらの3つの電圧を制御することによって制御されることができる。このようにして、単一の共通制御信号が、非常に多くの電子小ビームを縮小し集束するために、静電レンズの全体のアレイを制御するように使用されることができる。共通制御信号は、各プレートに、又は複数のプレート間の電圧差として与えられることができる。

【0043】

異なる投影レンズ構成体に使用されるプレートの数は、変わってもよいし、共通制御信号の数もまた、変わってよい。アパー・チャが十分に均一な配置及び寸法を有する場合、これは、少なくとも1つの共通制御信号を使用して、電子小ビームの集束及び小ビームの縮小を可能にする。図2の実施の形態では、3つの制御電圧V1、V2、V3を含む3つの共通信号が、かくして、全ての小ビーム21を集束し縮小するために使用される。

【0044】

投影レンズ構成体は、好ましくは、ターゲット面上に小ビームを集束させるための全て

50

の集束手段を形成する。これは、それぞれの電子小ビームの焦点と経路との少なくとも一方の補正が必要でないよう、小ビームの均一な集束及び縮小を十分に与える投影レンズの均一性によって可能となる。これは、システムの構築を単純化し、システムの制御及び調節を単純化し、システムのサイズを大幅に減少させることによって、システム全体のコスト及び複雑さをかなり減少させる。

【0045】

好ましくは、投影レンズが形成される場合、アパーチャの配置及び寸法は、0.05%よりもよい焦点距離の均一性を達成するために、少なくとも1つの共通制御信号を使用して、電子小ビームの集束を可能にするのに十分な許容範囲内に制御される。投影レンズ系は、所定の公称ピッチで離間されて配置され、各電子小ビームは、ターゲットの表面上にスポットを形成するように集束される。プレートのアパーチャの配置及び寸法は、好ましくは、公称ピッチの0.2%未満のターゲットの表面上のスポットの空間分布の変化を達成するのに十分な許容範囲内に制御される。

【0046】

投影レンズ構成体10は、プレート12、13、14が互いに接近して位置しており、コンパクトであることができるので、(電子ビーム光学系で代表的に使用される電圧と比較して)電極に使用される比較的低い電圧にもかかわらず、非常に高い電界を発生させることができ。静電レンズに関して、焦点距離は、電極間の静電界の強度によって割られたビームのエネルギーに比例するものとして評価されることができるので、これらの高い電界は、小さな焦点距離を有する静電投影レンズを形成する。これに関して、予め10kV/mmを実現することができた場合、10kV/mmを超える、又は25ないし50kV/mmの範囲にある電位差が、第2のプレート13と第3のプレート14との間に与えられることができ。

【0047】

これらの電圧V1、V2、V3は、好ましくは、第2のプレートと第3プレート(13と14)との間の電圧の差が、第1のプレートと第2プレート(12と13)との間の電圧の差よりも大きいように設定される。これは、プレート13、14の間に形成される比較的強いレンズをもたらすので、各投影レンズ系の有効レンズ面は、レンズの開口にプレート13、14の間の曲がった破線によって図2に示されるような、プレート13、14の間に位置される。これは、ターゲットの近くに有効レンズ面を置き、投影レンズ系がより短い焦点距離を有することを可能にする。さらに、簡略化のために、図2の小ビームは、偏向器9からとして集束されて示されることが言及される。

【0048】

電極の電圧V1、V2、V3は、好ましくは、電圧V2が、小ビーム21の荷電粒子の減速を引き起こす電圧V1よりも電子源1の電圧に近いように設定される。例えば、ターゲットが0V(接地電位)であり、電子源がターゲットに対して約-5kVであれば、電圧V1は約-4kVできること、電圧V2は約-4.3kVができる。そして、電圧V3は、ターゲットに対して約0Vできること、これは、プレート14とターゲット11との間の強い電界を回避する。このような強い電界は、ターゲットのトポロジが平らでなければ、小ビームに妨害を引き起こしうる。プレート(及び投影系の他の構成要素)の間の距離は、好ましくは、小さい。

【0049】

この配置に関して、集束及び縮小投影レンズは、小ビームの抽出された荷電粒子の速度の減少と同様に実現される。約-5kVの電圧の電子源に関して、荷電粒子は、中央電極(プレート13)によって減速され、続いて、接地電位で所定の電圧を有する底部電極(プレート14)によって加速される。この減速は、低い電界での電極の使用を可能にする一方、なおも、投影レンズ構成体の所望の縮小及び集束を達成する。

【0050】

図2はまた、左から右への小ビームの偏向として図2に示される、Y方向の偏向器アレイ9による小ビーム21の偏向を示している。図2の実施の形態では、偏向器アレイ9の

10

20

30

40

50

アパー・チャは、通過する少なくとも 1 つの小ビームに対して示されており、電極は、 + V 及び - V の電圧が与えられる電極のアパー・チャの対向面に設けられている。電極に電位差を与えることは、アパー・チャを通過する单一又は複数の小ビームの偏向を引き起こす。電圧（又は電圧の符号）を動的（ダイナミック）に変更することによって、ここでは Y 方向に走査するようにして、（単数又は複数の）小ビームが進行される（sweep）。

【0051】

説明されたように、互いに関連しているエンドモジュール 7 の偏向器及びレンズの配置は、粒子光学の技術において一般に予期されるものと異なる。代表的には、偏向器は、投影レンズの後に位置されるので、まず、集束が行なわれ、そして、集束された小ビームが偏向される。最初に小ビームを偏向し、そして、図 2 に示されるシステムでのようにそれを集束することは、投影レンズの光軸に対して所定の角度で、軸に向かって投影レンズに入る小ビームをもたらす。後者の配置は、偏向された小ビームのかなりの軸外れ（off-axis）を生じうることは、当業者に明らかである。

10

【0052】

リソグラフィのアプリケーションでは、小ビームは、数十ナノメートルのスポットサイズで、ナノメートルのサイズの精度で、及びナノメートルのオーダの位置精度で、極めて高い精度で集束され位置されるべきである。本発明者らは、例えば、小ビームの光軸から離れた数百ナノメートルの、集束された小ビームの偏向が、小ビームの光軸から離れるように（out-of-focus）容易にもたらすことを実現した。精度の要求を満たすために、これは、偏向量を厳しく制限するか、小ビームが、ターゲット 11 の表面のところで焦点を急速に外す。

20

【0053】

上述のように、リソグラフィシステムでの使用の観点で投影レンズ構成体の目的を達成するために、投影レンズ系の有効焦点距離は、短く、また、投影レンズ系のレンズ面は、ターゲット面に非常に近接して位置される。かくして、投影レンズと、小ビーム偏向系のターゲット面との間に残っているスペースがほとんどない。本発明者らは、このような構成体で軸外収差（off-axis aberration）が明白に発生するにもかかわらず、焦点距離が、いかなる偏向器又は偏向系が投影レンズの前に位置されるべきであるこのような制限された大きさであるべきであることを認識した。

【0054】

30

上流側の偏向器アレイ 9 及び下流側の投影レンズ構成体 10 の図 1 並びに図 2 に示される配置は、さらに、各投影レンズ系が 1 つの小ビームのみ（又は少数の小ビーム）を集束するシステムにおいて、特に、少なくとも約 100 倍の、好ましくは約 350 倍の小ビームのサイズの減少（縮小）を与えるように、小ビーム 21 の強い集束を与える。各投影レンズ系がグループの、好ましくは 1 ないし 100 の小ビームのグループを集束するシステムでは、各投影レンズ系は、少なくとも約 25 倍の、好ましくは約 50 倍の縮小を与える。

【0055】

この高い縮小は、投影レンズ構成体 10 の前（上流側）のアパー・チャ及びレンズの精度に関する要求が、かなり減少されるという他の利点を有する。この構成体の他の利点は、系全体のカラムの長さ（高さ）がかなり減少することができるということである。これに関して、制限された高さの投影コラムに達するように、好ましくは、ターゲットから電子源で 1 メートル未満の、より好ましくは約 150 ないし 700 mm の高さの、焦点距離が小さく縮小ファクタの大きい投影レンズが好ましい。短いカラムのこのデザインは、リソグラフィシステムを装着したり収容したりするのをより簡単にし、また、さらに、制限されたコラムの高さ及びより短い小ビームの経路により、個々の小ビームの流れの影響を低減させる。しかし、この配置は、エンドモジュールのさまざまな構成要素にさらなる要求を課す。

40

【0056】

上で説明されたような配置に関して、投影レンズ系 10 の主レンズ面は、好ましくは、

50

2つのプレート13、14の間に位置されている。上で説明された実施の形態によるシステムでの荷電粒子の全体のエネルギーは、既に述べたように、比較的低く保たれる。電子ビームに関して、例えば、エネルギーは、好ましくは、約10 keVまでの範囲にある。このようにして、ターゲットでの熱の発生は、低減される。しかし、荷電粒子のこのような低いエネルギーに関して、系の色収差は増加する。投影レンズ構成体10の既に述べられた比較的高い電界は、不利な影響を阻止することができる。高い静電界は、短い焦点距離を有する静電レンズの形成をもたらすので、レンズは低い色収差を有する。

【0057】

さらに、本発明によるレンズ系10の最後のプレート14は、レンズの内側にある焦点面のない小さな焦点距離を与えるように、非常に薄く形成されることがある。プレート14の厚さは、好ましくは、約50ないし200 μm の範囲内にある。

10

【0058】

上で説明されたように、図1並びに図2を参照して説明された、投影レンズ系として使用される静電レンズは、高い電界で機能しなければならない。前に述べられたように、これは、サイズの均一性、ピッチの均一性、アパーチャの形状の均一性、及びプレート間の明確なアライメントが与えられる明確なプレート処理を必要とする。当業者は、このような静電レンズに関する危険性が、静電放電の可能性を高めることを容易に理解する。

【0059】

このような静電放電は、静電レンズの構成要素の物理的な構造に不利になりうるだけでなく、レンズを通過する電子小ビームの制御及び精度に悪影響を与える。

20

【0060】

静電放電は、アパーチャに、及びアパーチャのエッジに位置された露出された面を横切って生じる。一般的に、このような放電は、静電界の大きさが増加されるところで、しばしば、誘電率の大きな変化があるところで、局所的な静電界強化の領域に生じる。比較的高い静電界のこれらの領域は、絶縁材料の局所的な破壊並びに静電レンズの歪み及び劣化をもたらす突然の放電、すなわち「フラッシュオーバ」を生じる。

【0061】

図3Aないし図3Cは、3つの状況を概略的に示しており、このような状況では、このような局所的な静電界強化及びフラッシュオーバの高められた危険性が生じる。全ての図は、第1の電極31と第2の電極32とを有する静電レンズの一部を概略的に示す側面図である。電極31、32の間の電圧差は、発生された電界のその電位線(field line)33が、互いに対面している電極31、32の表面にほぼ平行に延びるようにされている。

30

【0062】

図3Aでは、第2の電極32は、鋭い突出部35を有する。突出部35の結果として、特に突出部が導電性であれば、電位線33は、突出部35のまわりに高められた電界をもたらすように曲げられる、すなわち、電位線33は、互いに近接して、特に、突出部の鋭いコーナーのところに位置され、比較的高い電界強度を示す。第2の電極32の電位が第1の電極31の電位よりも低ければ、すなわち、電極31が電極32に対して負であれば、これらの比較的高い電界は静電放電の可能性を増加させる。これは、電界が第2の電極32から電子を引き出すのに十分に高く、かつフラッシュオーバを起こす電子の流れが始まるとき、生じる。

40

【0063】

図3Bでは、第1の電極31と第2の電極32とは、例えば、絶縁材料でできたスペーサである絶縁構成体37によって、互いに分離されている。欠陥により、第1の電極31と絶縁構成体37とは、絶縁構成体37の上面に沿って互いに全く接触していない。これは、製造誤差、すなわち許容誤差によって引き起こされ、絶縁構成体か電極の表面の不規則性、又は絶縁構成体のエッジの欠け目か丸み付けによって引き起こされうる。結果として、小さな間隙38(明瞭さのための図面に比較的大きく示される)が、絶縁構成体のエッジのところで、絶縁構成体37と第1の電極31との間にある。絶縁構成体37の誘電

50

率と、間隙 3 8 の誘電率（すなわち、空気の誘電率、もしくは、設備が真空チャンバ中で動作されるならば、真空の誘電率）との間の誘電率にかなりの差があれば、間隙 3 8 の電界は、2 つの電極間の他の領域よりもかなり高いことができる。

【 0 0 6 4 】

電極間のギャップ中の平均電界は、最小電極距離で割られた電位差である。電極が絶縁領域又は2 つの異なる誘電率を有する材料によって分離される場合、電界は、比較的低い誘電率を有する領域又は材料に集中される。電界は、この領域又は材料で高められる、すなわち、電極間の平均電界よりも大きい。材料の誘電定数 (k) 又は比誘電率は、真空の誘電率 0 に対するその誘電率 の比率、すなわち、 $k = / 0$ である。

【 0 0 6 5 】

間隙の誘電定数 / 誘電率が絶縁構造体よりも低いので、電界は間隙で高められる。間隙が小さいほど、電界強化が大きい。第 1 の電極 3 1 の電位が第 2 の電極 3 2 の電位よりも低ければ、このより高い電界は、静電放電の可能性を増加させる。図 3 B に概略的に示される欠陥は、他の製造上の問題のエッジの欠け目によって引き起こされうる。

【 0 0 6 6 】

さらに、図 3 C では、第 1 の電極 3 1 と第 2 の電極 3 2 とは、絶縁構造体 3 7 によって互いに分離されている。この場合、第 1 の電極 3 1 と絶縁構造体 3 7 との間の接続の間隙は、例えば、絶縁構造体又は電極の表面の不規則性によって引き起こされる。これらは、内側間隙 3 9（明瞭さのために拡大して示される）の形成をもたらす。内側間隙 3 9 は、エッジの間隙 3 8 と同じ問題を生じる可能性があり、間隙で局所的に高められた電界をもたらし、これは、第 1 の電極 3 1 の電位が第 2 の電極 3 2 の電位よりも低ければ、静電放電の高い可能性をもたらしうる。

【 0 0 6 7 】

本発明者らによって、いわゆる3 つの点で、すなわち空気 / 真空、導電体及び絶縁体の間の境界にある点で、特に、3 つの点がより負の、すなわちより低い電圧の導電素子に隣接して生じる点で、電界強度を低下させることが重要であることが認識されている。このような3 つの点は、図 3 A ないし図 3 C に概略的に示される配置にある。静電レンズ又は静電レンズアレイにより負の、つまりより低い電圧の電極に隣接している3 つの点のところに電界強化を制限する手段を設けることによって、放電の発生なく、高い電界に耐えることに関する静電レンズ又は静電レンズアレイの性能は、かなり高まる。そのいくつかが以下に説明される本発明の実施の形態では、静電レンズ又は静電レンズアレイは、10 V / μ m ないし 25 V / μ m の電界強度、又は比較的高い範囲の 25 ないし 50 V / μ m の電界強度を与えるのに適している。

【 0 0 6 8 】

図 4 は、本発明の第 1 の態様による静電レンズアレイ 4 0 の一部を概略的に示す側面図である。静電レンズアレイ 4 0 は、第 1 の導電プレート 4 1 と第 2 の導電プレート 4 2 とを有する。第 1 の導電プレート 4 1 と第 2 の導電プレート 4 2 との間の距離は、約 100 ないし 200 μ m の範囲にあることができる。第 1 の導電プレート 4 1 は、第 2 の導電プレート 4 2 の電位よりも低い電位を有するように電気的に帯電されて配置されている。第 1 の導電プレート 4 1 には、複数の第 1 のアーチャ 4 3 が設けられている。第 2 の導電プレート 4 2 には、複数の第 2 のアーチャ 4 4 が設けられている。複数の第 2 のアーチャ 4 4 は、複数の第 1 のアーチャ 4 3 とほぼアライメントされている。第 2 のアーチャ 4 4 に面している第 1 のアーチャ 4 3 のエッジは、丸み付けられている。結果として、図 3 A に概略的に示されるような鋭い突出部と同様に及ぼされうる鋭いエッジによって引き起こされる静電放電は、回避される。

【 0 0 6 9 】

図 4 に示される実施の形態では、第 2 のアーチャ 4 4 に面しているエッジのみならず、第 2 のアーチャ 4 4 から離れて面しているエッジも丸み付けられている。このような一実施の形態は、より容易に製造されることがある。

【 0 0 7 0 】

10

20

30

40

50

図4に示される実施の形態では、絶縁構造体47は、第1の導電プレート41と第2の導電プレート42との間に配置されている。絶縁構造体47は、複数の第1のアーチャ43及び複数の第2のアーチャ44を通る荷電粒子小ビームの伝達を可能にするように形成されている。絶縁構造体47は、静電レンズアレイの構造上の完全性を高めるために使用されることができる。さらに、絶縁構造体47は、2つのプレートの間の距離を制御するためにスペーサの役割をして、第1の導電プレート41と第2の導電プレート42とを互いにに対して位置決めする目的を果すことができる。

【0071】

静電レンズアレイ40に関して図4を参照して説明された実施の形態が理解されることが出来るが、同じ実施の形態が、単一の静電レンズに対しても使用されることがある。この場合、複数の第1のアーチャ及び複数の第2のアーチャの代わりに、単一の第1のアーチャ及び単一の第2のアーチャのみが使用され、第2のアーチャは、第1のアーチャとほぼアライメントされている。

【0072】

図5は、本発明の第2の態様による静電レンズ又は静電レンズアレイの一部を概略的に示す側面図である。静電レンズは、第1の導電プレート51と、第2の導電プレート52とを有する。2つの導電プレート51、52は、絶縁構造体57によって分離されている。絶縁構造体57は、約100ないし200μmの厚さを有することができる。導電プレート51、52の各々には、少なくとも1つのアーチャ(図示されない)が設けられており、第1の導電プレート51の少なくとも1つのアーチャは、第2の導電プレート52の対応する少なくとも1つのアーチャとほぼアライメントされている。第1の導電プレート51は、プレート51の隣に「-」(マイナス)の符号、及びプレート52の隣に「+」(プラス)の符号によって図に示されるように、第2の導電プレート52に与えられる電位よりも低い電位を有するようにして配置されている。

【0073】

絶縁構造体57は、第1の部分57Aと、第2の部分57Bとを有する。第1の部分57Aは、第1の導電プレート51と接触しており、また、第2の部分57Bは、第2の導電プレート52と接触している。絶縁構造体57のこれら部分57A、57Bは、第1の部分が突出部分(overhanging portion)57Cを有し、また、第2の部分が絶縁体57の壁に形成された切り込み部分、すなわち凹み部分58を有するように配置されており、突出部分57Cと第2の導電プレート52との間にギャップを形成している。結果として、絶縁構造体57間の誘電率と、ギャップ、すなわち切り込み部分58の誘電率との差は、第1の部分57Aを横切るよりもギャップを横切って発展する比較的高い電界に比例する。ギャップ58の2倍又はそれ以上の絶縁構造体57の誘電率が好ましく、約4倍以上がより好ましい。例えば、絶縁体は、ギャップ58を占める真空の誘電率の約4.7倍の誘電率を有するガラスで構成することができる。

【0074】

かくして、陰極プレート51に隣接して電界減少が生じ、第1の部分57Aと陽極プレート52との間のギャップに電界強化が生じる。この電界強化は比較的小さく、第2の導電プレート52は第1の導電プレート51に対して正であるので、問題を起こさない。ギャップ中のわずかに高い電界は、フラッシュオーバーの電流が始まるように絶縁体57から電子を引き出すのに十分なほどではない。さらに、陰極プレート51に隣接している低い電界は、フラッシュオーバーが始まるように電子が導電プレート51から引き出される可能性を低減させる。

【0075】

絶縁構造体57が、図3Bに示されるように、プレート51に隣接している間隙を生じる欠陥を含むならば(例えば、エッジの欠け目)、間隙の電界は、例えば、図3Bに示されるような通常の形態の絶縁構造体の場合よりもかなり増加が少ない。図5に示されるようなプレート52に隣接しているギャップを形成する凹み部分の存在は、ギャップと間隙との両方に生じるより電界強化をより少なくする。陰極プレート51に隣接しているこの

10

20

30

40

50

比較的低い電界は、さらに静電放電の可能性を減少させる。間隙がプレート 5 1 中の表面の欠陥によりさらに生じる可能性があり、ギャップが同様にこの問題に対処することに注意する。

【 0 0 7 6 】

第 2 の部分 5 7 B と第 1 の導電プレート 5 1 との間に凹み部分を形成することは、あまり好ましくない解決策であることが注意されるべきである。たとえこのような手段が表面の絶縁破壊の経路を延長するのを助けても、エッジの欠け目の間隙が形成されうる場合、陰極の近くの 3 つの点で電界を低下させるのを助けない。それどころか、このような凹み部分は、図 3 C の間隙と同様の効果を有する、すなわち、減衰の電界増幅が望まれる。さらに、絶縁構造体の突出部分の両面に凹み部分を形成することにより、ギャップが第 1 の導電プレート 5 1 と第 2 の導電プレート 5 2 との両方に対して形成されるようにすることも、同様の理由により、あまり好ましくない解決策である。

10

【 0 0 7 7 】

ギャップの高さ d_r と幅 W_r との少なくとも一方は、静電レンズ（アレイ）の必要性の観点から変更されることがある。図示される実施の形態では、ギャップ 5 8 の高さ d_r は、第 1 の導電プレート 5 1 と第 2 の導電プレート 5 2 との間の距離 D の半分である。距離 D は、約 100 ないし 200 μm の範囲にあることができるが、他のギャップの高さ d_r も可能であり、例えば、プレート間の距離 D の 0.3 ないし 0.7 倍であることができる。好ましくは、ギャップの高さ d_r は、できるだけ大きい。ギャップで発展する電界の割合が高いほど、陰極プレート 5 1 からの電子がフラッシュオーバーを引き起こしにくい。しかし、ギャップ高さ d_r は、残りのリム、すなわち第 1 の部分 5 7 A の構造上の完全性を維持する必要性により制限されることがある。

20

【 0 0 7 8 】

代わりの実施の形態では、ギャップは、プレートに隣接しているギャップの両側に形成されたリムと共に、プレート 5 1 又は 5 2 のどちらかに隣接していないように位置されることがある。しかし、ギャップの両側にリムを維持することは、ギャップの高さを減少させる。また、高さは、絶縁構造体のリムの構造上の完全性を維持する必要性により再びさらに持ち上げられる。

【 0 0 7 9 】

図 6 A は、本発明の第 3 の態様による静電レンズ又は静電レンズアレイの一部を概略的に示す側面図である。静電レンズは、第 1 の導電プレート 6 1 と、第 2 の導電プレート 6 2 とを有する。2 つの導電プレート 6 1、6 2 は、絶縁構造体 6 7 によって分離されている。これら導電プレート 6 1、6 2 の各々には、少なくとも 1 つのアーチャ（図示されない）が設けられており、第 1 の導電プレート 6 1 の少なくとも 1 つのアーチャは、第 2 の導電プレート 6 2 の対応する少なくとも 1 つのアーチャとほぼアライメントされている。第 1 の導電プレート 6 1 は、第 2 の導電プレート 6 2 に与えられる電位よりも低い電位が与えられるように配置されている。

30

【 0 0 8 0 】

絶縁構造体 6 7 の表面、すなわち、第 1 の導電プレート 6 1 に面している表面には、導電層 6 6 が設けられている。導電層 6 6 は第 1 の導電プレート 6 1 と接触しているので、ほぼ同じ電位を有する。図 3 C に示されるように、絶縁構造体 6 7 と第 1 の導電プレート 6 1 との間に間隙 6 9 があれば、導電層 6 6 は、図 6 B に概略的に示された静電レンズの拡大図に示されるような間隙を覆っている絶縁構造体 6 7 の上面に形成される。導電層 6 6 はまた、間隙のサイズ、導電層 6 6 の厚さ及び導電層を形成するために使用される処理によって、間隙を満たすことができる。導電層 6 6 は、導電プレート 6 1 と絶縁構造体 6 7 との間の境界、及び導電層 6 6 と導電プレート 6 1 との間の間隙 6 9 を形成する。また、これらの間隙に電界はほぼない。従って、間隙に関連する影響に起因するフラッシュオーバーが最小にされる。間隙は、第 1 の導電プレート 6 1 の表面の欠陥によりさらに生じる可能性があり、導電層 6 6 は、同様にこの問題に対処することに注意する。

40

【 0 0 8 1 】

50

導電層は、スパッタリングのような適切な堆積技術によって、絶縁構造体 6 7 の表面上に堆積することができる。導電層は、クロム、タンタル又は他の適切な材料を含むことができる。さらに、絶縁構造体は、例えば、パイレックス（登録商標）又は適切な絶縁材料のような、ホウケイ酸ガラスを含むことができる。ホウケイ酸ガラスは、高い電界に耐えることができ、また、クロム及びタンタルは、ホウケイ酸ガラスに容易に付着し、これは、このような材料の組合せを効果的にする。ホウケイ酸ガラスは、例えば、以下で説明される製造方法によって、所望の形式に形成される所以ができるので、適切な絶縁材料である。また、貫通孔は、例えば、パワープラスチングによって、このような材料を含むプレートに比較的容易に製造されることがある。

【0082】

10

図 7 は、本発明の異なる態様を組み合わせた静電レンズアレイの一部を概略的に示す側面図である。図示される実施の形態では、絶縁構造体は、図 5 を参照して説明されるようなギャップ 7 8 を形成している部分を有する。また、第 1 の導電プレート 7 1 に面している絶縁構造体の表面には、導電層 7 6 が設けられている。

【0083】

本発明の異なる態様が、単独で、静電放電の可能性を減少させるように、本発明の少なくとも 1 つの他の態様と組み合わせて、使用されることができることが理解される。

【0084】

図 4 を参照して説明されるような絶縁構造体は、以下のように製造されることがある。まず、第 1 の絶縁プレートが与えられる。第 1 の絶縁プレートには、少なくとも 1 つの第 1 の貫通孔が形成される。この第 1 の貫通孔は、第 1 の直径を有する。そして、第 2 の絶縁プレートが与えられる。第 2 の絶縁プレートには、少なくとも 1 つの第 2 の貫通孔が形成され、この第 2 の貫通孔は、第 1 の貫通孔の直径よりも大きい。最後に、第 1 の絶縁プレート及び第 2 の絶縁プレートが、アライメントされたアーチャを有する絶縁構造体を形成するために組み合わせられて、この結果、絶縁構造体は、第 1 及び第 2 の貫通孔で形成された少なくとも 1 つのアーチャを有する。

20

【0085】

第 2 の絶縁プレートは、第 1 の絶縁プレートとは異なる材料であることができる。代わって、第 2 の絶縁プレートは、第 1 の絶縁プレートと同じ材料であることができる。同じ材料である絶縁プレートは、第 1 及び第 2 の絶縁プレート間の境界表面の電気的及び他の特性中の不連続性が最小にされるという効果を有する。

30

【0086】

図 8 A は、本発明の一実施の形態に係る静電レンズアレイを概略的に示す平面図である。図 8 B は、図 8 A の静電レンズアレイの一部を概略的に示す側面図である。この実施の形態では、複数の第 1 のアーチャ 9 3 が設けられた第 1 の導電プレート 9 1 と複数の第 2 のアーチャ 9 4 が設けられた第 2 の導電プレート 9 2 との間に配置された絶縁構造体 9 7 は、複数の細長いバー又は支柱（strut）の形態を取る。これらバーは、複数の第 1 のアーチャ 9 3 及び複数の第 2 のアーチャ 9 4 によって形成された複数のアーチャが、連続したバーの間にあるように配置される。

【0087】

40

図 8 A では、複数のバーが黒い領域 8 3 で示される。領域 8 1、8 2 は、複数の開口が設けられた領域に対応している。この実施の形態では、広く離間された点線の領域で示された図 8 A の領域 8 2 には、荷電粒子ビームのための経路を与えるために使用されない複数の開口が設けられている。他方では、密度の高い点線の領域で示される図 8 B の領域 8 1 は、荷電粒子ビームのための経路を与える目的を果す複数の開口を与える。領域 8 2 の複数の開口は、側面とエッジとの少なくとも一方の効果を防ぐためにある。領域 8 2 の開口の存在により、領域 8 1 の開口は、ほぼ同一の電気的な環境を受ける。

【0088】

図 8 B は、第 1 の導電プレート 9 1 中の第 1 のアーチャ 9 3 のエッジが丸み付けられている一実施の形態を示している。ギャップ 9 8 は、絶縁構造体 9 7 の一部と第 2 の導電

50

プレート 9 2 との間に設けられており、また、絶縁構造体 9 7 には、第 1 の導電プレート 9 1 に面している表面に導電層 9 6 が設けられている。さらに、図 8 B に示されるようなバー状の形式の絶縁構造体に関して、個々に、又はさまざまな組合せで、図 4 ないし図 7 を参照して説明される本発明のいくつかの態様が可能であることが注意されるべきである。

【 0 0 8 9 】

本発明は、上に説明されたある実施の形態に参照によって説明された。これらの実施の形態が、当業者に既知のさまざまな修正及び変更形態を受けることが理解される。

以下に、本願出願の当初の特許請求の範囲に記載された発明を付記する。

[1]

10

第 1 のアーチャが設けられた第 1 の導電プレートと、

前記第 1 のアーチャとほぼアライメントされた第 2 のアーチャが設けられた第 2 の導電プレートと、

前記第 1 の導電プレートに第 1 の電圧を、かつ前記第 2 の導電プレートに第 2 の電圧を供給するための電圧供給部と、

前記第 1 の導電プレートを前記第 2 の導電プレートから分離するための絶縁構造体と、を具備し、

前記第 2 の電圧は、レンズの意図された機能に関する前記第 1 の電圧よりも低く、

前記絶縁構造体は、前記第 1 の導電プレートと接触している第 1 の部分と、前記第 2 の導電プレートと接触している第 2 の部分とを有し、

前記第 1 の部分は、前記第 1 の導電プレートと接触している突出部分を有し、また、前記第 2 の部分は、前記絶縁構造体のエッジに切り込み部分を有し、

前記突出部分と前記第 2 の導電プレートとの間にギャップが形成されている静電レンズ。

[2]

20

前記ギャップの誘電率は、前記絶縁構造体の誘電率よりも小さい [1] の静電レンズ。

[3]

前記ギャップの誘電率は、前記絶縁構造体の誘電率よりも少なくとも 4 分の 1 未満である [2] の静電レンズ。

[4]

30

動作中、前記絶縁構造体の前記突出部分と前記第 2 の導電プレートとの間の前記ギャップ中の電界強度は、前記絶縁構造体の前記第 2 の部分を横切る電界強度よりも大きい [1] ~ [3] のいずれか 1 の静電レンズ。

[5]

前記絶縁構造体の前記第 1 の部分及び前記第 2 の部分は、等しい厚さである [1] ~ [4] のいずれか 1 の静電レンズ。

[6]

前記絶縁構造体の前記第 1 の部分及び前記第 2 の部分は、一緒に接合された別個の構造体を有する [1] ~ [5] のいずれか 1 の静電レンズ。

[7]

40

前記第 1 の導電プレートに面している前記絶縁構造体の表面には、前記第 1 の導電プレートと前記絶縁構造体との間の電界強化を制限するために、前記第 1 の導電プレートと電気的に接觸している導電層が設けられている [1] ~ [6] のいずれか 1 の静電レンズ。

[8]

前記導電層は、堆積技術を使用して前記絶縁構造体の表面に堆積される [7] の静電レンズ。

[9]

前記導電層は、クロムかタンタルを含む [7] 又は [8] の静電レンズ。

[1 0]

50

前記第 1 の導電プレートと前記第 2 の導電プレートとの間の距離は、約 100 ないし 2

0.0 μmの範囲にある [1] ~ [9] のいずれか 1 の静電レンズ。

[1 1]

レンズは、フラッシュオーバなしで 10 V / μm を超える、より好ましくはフラッシュオーバなしで 25 ないし 50 V / μm の範囲内の電界強度に耐えることが可能である [1] ~ [10] のいずれか 1 の静電レンズ。

[1 2]

前記絶縁構造体は、ホウケイ酸ガラスを含む [1] ~ [11] のいずれか 1 の静電レンズ。

[1 3]

[1] ~ [12] のいずれか 1 の静電レンズを複数有する静電レンズアレイ。

10

[1 4]

前記絶縁構造体は、少なくとも 1 つの第 3 のアーチャが設けられた絶縁プレートの形態を取り、

前記少なくとも 1 つの第 3 のアーチャは、その側壁の突出部が、複数の第 1 のアーチャ及び第 2 のアーチャを取り囲むように配置されている [13] の静電レンズアレイ。

—

[1 5]

前記絶縁構造体は、複数の細長いバーの形態を取り、連続したバーの間に、第 1 のアーチャ及び第 2 のアーチャによって形成された複数の伝達経路がある [13] の静電レンズアレイ。

20

[1 6]

荷電粒子ビームを発生させるための荷電粒子源と、

前記荷電粒子ビームから複数の小ビームを発生させるためのアーチャアレイと、

パターンに従って前記複数の小ビームに調整するための小ビーム調整システムと、

前記複数の小ビームを集束させるための [13] ~ [15] のいずれか 1 の静電レンズアレイと、を具備する荷電粒子小ビームリソグラフィシステム。

[1 7]

前記静電レンズアレイは、前記アーチャアレイと前記小ビーム調整システムとの間に位置される [16] の荷電粒子小ビームリソグラフィシステム。

[1 8]

30

パターン化される基板を支持するための支持ユニットと、

前記基板のターゲット面に複数の調整された小ビームを集束させるために前記小ビーム調整システムの下流側に位置された前記静電レンズアレイとを有する [16] 又は [17] の荷電粒子小ビームリソグラフィシステム。

[1 9]

静電レンズに使用する絶縁構造体を製造する方法であって、

第 1 の絶縁プレートを与えることと、

第 1 の直径を有する少なくとも 1 つの第 1 の貫通孔を前記第 1 の絶縁プレートに形成することと、

第 2 の絶縁プレートを与えることと、

前記第 1 の直径よりも大きい第 2 の直径を有する少なくとも 1 つの第 2 の貫通孔を前記第 2 の絶縁プレートに形成することと、

絶縁構造体を形成するように、前記第 1 の絶縁プレートと前記第 2 の絶縁プレートとを組み合わせることと、を具備し、前記絶縁構造体は、少なくとも 1 つの第 1 及び第 2 の貫通孔によって形成された少なくとも 1 つのアーチャを有する方法。

[2 0]

前記第 1 及び第 2 の絶縁プレートは、同じ絶縁材料でできている [19] の方法。

[2 1]

前記第 1 の絶縁プレートと前記第 2 の絶縁プレートの少なくとも一方は、ホウケイ酸ガラスを含む [19] 又は [20] の方法。

50

[2 2]

前記第1の貫通孔と前記第2の貫通孔との少なくとも一方を製造することは、パワープラスチングによって果される [19] ~ [21] のいずれか1の方法。

[2 3]

[19] ~ [22] のいずれか1の方法に従って製造された静電レンズで使用するための絶縁構造体。

【図1】

図1

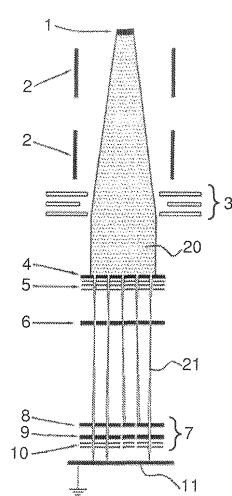


Fig. 1

【図2】

図2

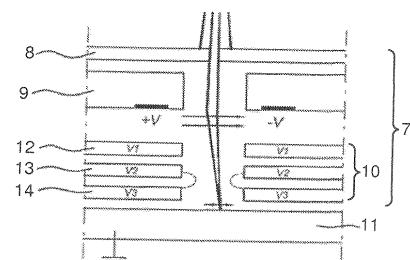


Fig. 2

【図3A】

図3A

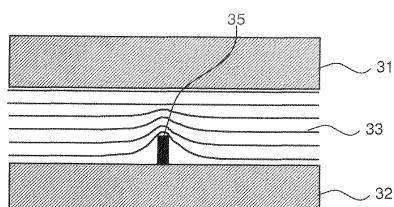


Fig. 3A

【図3C】

図3C

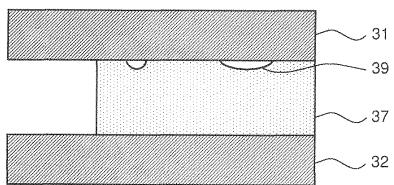


Fig. 3C

【図3B】

図3B

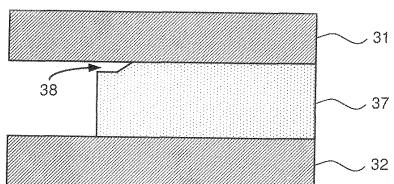


Fig. 3B

【図4】

図4

40

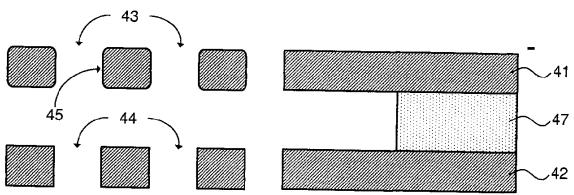


Fig. 4

【図5】

図5

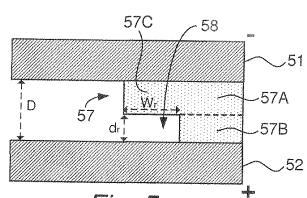


Fig. 5

【図6B】

図6B



Fig. 6B

【図6A】

図6A

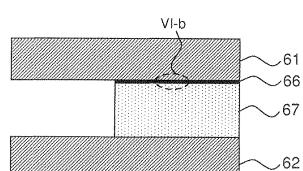


Fig. 6A

【図7】

図7

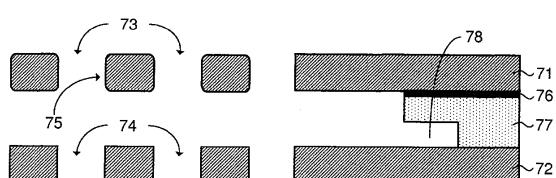


Fig. 7

【図 8 A】

図 8 A

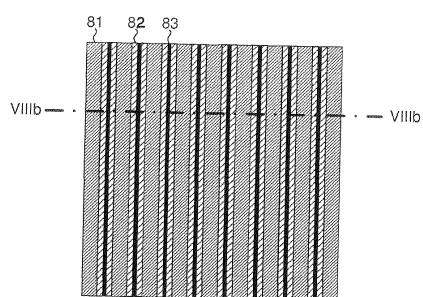


Fig. 8A

【図 8 B】

図 8 B

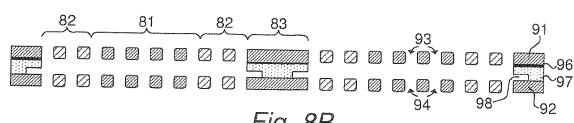


Fig. 8B

フロントページの続き

(74)代理人 100095441
弁理士 白根 俊郎
(74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
(74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久
(74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
(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-2913 エルイー・デン・ハーグ、ガラルド・レイーンストラート 1
4
(72)発明者 コニング、ヨハン・ヨースト
オランダ国、エヌエル-2515 アールエム・デン・ハーグ、ホフヴィーケルプレイン 80
(72)発明者 フェルトマン、ペーテル
オランダ国、エヌエル-2913 エルイー・ニュウェルケルク・エー/デー・イーセル、アルベルト・ファン・ト・ハルトベーク(番地なし)

審査官 桐畠 幸 廣

(56)参考文献 特開2007-173069(JP, A)
特開昭63-278318(JP, A)
特開2005-214908(JP, A)
特開2001-283756(JP, A)
特開平10-040844(JP, A)
特開2001-216923(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01J 37/00 - 37/36

H01L 21/027