

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6643135号  
(P6643135)

(45) 発行日 令和2年2月12日 (2020.2.12)

(24) 登録日 令和2年1月8日 (2020.1.8)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006.01)  
G O 3 F 7/207 (2006.01)H O 1 L 21/30 5 O 2 D  
G O 3 F 7/207 Z

請求項の数 16 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2016-28297 (P2016-28297)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成28年2月17日 (2016.2.17)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2017-147343 (P2017-147343A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成29年8月24日 (2017.8.24)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成31年2月18日 (2019.2.18)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409
			弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175
			弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リソグラフィ装置および物品製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

原版のパターンを基板に転写するリソグラフィ装置であって、  
 前記基板および前記原版の一方の側面を取り囲むように配置された電極構造と、  
 前記電極構造に交流電圧を供給する電源と、を備え、  
 前記電極構造は、互いに電氣的に絶縁された複数の電極群を含み、各電極群は、互いに電氣的に接続された複数の電極を含み、  
 前記電源は、前記複数の電極群に対して互いに異なる位相を有する交流電圧を供給する、  
 ことを特徴とするリソグラフィ装置。

10

【請求項 2】

前記基板および前記原版の前記一方の側面を取り囲むように配置された周辺部材を更に備え、  
 前記周辺部材は、絶縁部材を含み、前記電極構造は、前記絶縁部材に埋め込まれている、  
 ことを特徴とする請求項 1 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 3】

前記周辺部材は、平坦な表面を有する、  
 ことを特徴とする請求項 2 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 4】

20

前記複数の電極群における電極の配列ピッチは、前記周辺部材の前記平坦な表面に対向しうる部材と前記表面との距離より小さい、

ことを特徴とする請求項 3 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 5】

前記電源が各電極群に供給する交流電圧の周波数は、 $1 \sim 1000 \text{ Hz}$  の範囲内である、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 6】

前記基板と前記原版との間の空間に前記基板に沿った気体の流れが形成されるように、前記空間に向けて気体を供給する気体供給部を更に備える、

10

ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 7】

前記原版を取り囲むように配置され、気体を吹き出す吹き出し部を更に備える、

ことを特徴とする請求項 6 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 8】

前記基板を保持する基板チャックを更に備え、

前記基板および前記原版の一方は、前記基板であり、

前記電極構造は、前記基板および前記基板チャックを取り囲むように配置された第 1 電極構造を含む、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のリソグラフィ装置。

20

【請求項 9】

前記基板および前記原版の他方の側面を取り囲むように配置された第 2 電極構造を更に備え、

前記第 2 電極構造は、互いに電氣的に絶縁された複数の第 2 電極群を含み、各第 2 電極群は、互いに電氣的に接続された複数の第 2 電極を含み、

前記電源は、前記複数の第 2 電極群に対して互いに異なる位相を有する交流電圧を供給する、

ことを特徴とする請求項 8 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 10】

前記原版を保持する原版チャックを更に備え、

30

前記第 2 電極構造は、前記原版および前記原版チャックを取り囲むように配置された第 2 電極構造を含む、

ことを特徴とする請求項 9 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 11】

前記複数の電極群を構成する電極は、同心円状に配置されている、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 12】

前記複数の電極群を構成する各電極は、放射状に延びている、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のリソグラフィ装置。

40

【請求項 13】

前記複数の電極群によって電界の定在波が形成される、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 14】

前記複数の電極群によって電界の進行波が形成される、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 15】

前記進行波は、前記基板および前記原版の前記一方から離れる方向に進行するように形成される、

ことを特徴とする請求項 14 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 16】

50

請求項 1 乃至 15 のいずれか 1 項に記載のリソグラフィ装置を用いて基板の上にパターンを形成する工程と、

前記パターンが形成された前記基板を処理する工程と、

を含むことを特徴とする物品製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、リソグラフィ装置および物品製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

原版のパターンを基板に転写するリソグラフィ装置として、露光装置およびインプリント装置等を挙げることができる。露光装置は、基板の上に塗布あるいは配置されたフォトレジスト（被転写材）に原版のパターンを潜像として転写する装置である。潜像が形成されたフォトレジストを現像することによってレジストパターンが形成される。インプリント装置は、基板の上に塗布あるいは配置されたインプリント材（被転写材）に原版を接触させた状態でインプリント材を硬化させることによってインプリント材に原版のパターンを転写する装置である。

【0003】

露光装置およびインプリント装置などのリソグラフィ装置において、基板、原版および／または被転写材などにパーティクルが付着すると、形成されるパターンに不良が発生しうる。リソグラフィ装置のチャンバの中のパーティクルは、チャンバの外部から侵入する場合もあるし、チャンバの中において、機械要素の相互の摩擦、機械要素と基板または原版との摩擦などによって発生する場合もある。あるいは、被転写材からパーティクルが発生する場合もあるかもしれない。

【0004】

部材、基板および原版などの部材の表面と気流との間には境界層が存在する。気流によって移動するパーティクルが気流の流線から外れると、パーティクルは境界層に入り込む。境界層の内部では、パーティクルに対する重力、ブラウン拡散、静電気等の影響が相対的に大きくなり、それらの要因によりパーティクルは部材の表面に付着しうる。部材の表面に対するパーティクルの付着力は非常に弱いので、パーティクルは、外的刺激（静電気、気流、振動）によって容易に部材の表面から離脱しうる。基板または原版の近くに配置された部材の表面から離脱したパーティクルは、基板、原版および／または被転写材に付着しうる。

【0005】

特許文献 1 は、インプリント装置に関するものであり、同文献には、モールド（原版）に主凸構造部および副凸構造部を備え、副凸構造部を帯電させることによって異物（パーティクル）を副凸構造部に捕捉させることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2014 - 175340 号公報

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献 1】Masuda, S., Fujibayashi, K., Ishida, K., and Inaba, H., Electric Engineering in Japan, 92, 9 (1972).

【非特許文献 2】C. I. Calle, J. L. McFall, C. R. Buhler, et al., Proc. ESA Annual Meeting on Electrostatics 2008, Paper 01.

【発明の概要】

10

20

30

40

50

**【発明が解決しようとする課題】****【0008】**

特許文献1に記載された発明のように原版の一部分などを捕捉部とし、該捕捉部を帯電させることによってパーティクルを捕捉するアプローチでは、多量のパーティクルを捕捉した捕捉部は、パーティクル源ともなりうる。例えば、何らかの原因で帯電状態が解除された場合は当然として、帯電状態が解除されていない場合であっても、静電気力、気流、振動等の刺激が加わることによって、捕捉部からパーティクルが離脱し自由になりうる。また、特許文献1のように、原版の一部分を捕捉部とした場合、原版を操作する際に捕捉部からパーティクルが離脱しうる。捕捉部から離脱したパーティクルは、基板または原版に直接に付着したり、それらの周辺の部材に一旦は付着した後に再離脱して結局は基板または原版に付着したりしうる。

10

**【0009】**

本発明は、上記の課題認識を契機としてなされたものであり、パーティクルに起因するパターンの転写不良を低減するために有利な技術を提供することを目的とする。

**【課題を解決するための手段】****【0010】**

本発明の1つの側面は、原版のパターンを基板に転写するリソグラフィ装置に係り、前記リソグラフィ装置は、前記基板および前記原版の一方の側面を取り囲むように配置された電極構造と、前記電極構造に交流電圧を供給する電源と、を備え、前記電極構造は、互いに電氣的に絶縁された複数の電極群を含み、各電極群は、互いに電氣的に接続された複数の電極を含み、前記電源は、前記複数の電極群に対して互いに異なる位相を有する交流電圧を供給する。

20

**【発明の効果】****【0011】**

本発明によれば、パーティクルに起因するパターンの転写不良を低減するために有利な技術が提供される。

**【図面の簡単な説明】****【0012】**

【図1】第1、第2実施形態のインプリント装置の一部の構成を示す図。

【図2】第1実施形態のインプリント装置におけるパーティクルの付着の防止ないし低減の原理を説明する図。

30

【図3】第1、第2実施形態のインプリント装置の構成を示す図。

【図4】第1実施形態の基板チャックおよび周辺部材の構成例を示す図。

【図5】第1実施形態における電極構造の複数の電極群と電源との接続例を示す図。

【図6】第1実施形態における電極構造の複数の電極群に対して電源から供給される交流電圧を例示する図。

【図7】第2実施形態における電極構造の複数の電極群と電源との接続例を示す図。

【図8】第2実施形態における電極構造の複数の電極群に対して電源から供給される交流電圧を例示する図。

【図9】第3実施形態のインプリント装置の一部の構成を示す図。

40

【図10】第4実施形態のインプリント装置の一部の構成を示す図。

【図11】電極の配置例を示す図。

**【発明を実施するための形態】****【0013】**

以下、添付図面を参照しながら本発明をその例示的な実施形態を通して説明する。

**【0014】**

本発明は、大気圧環境、減圧環境または真空環境などの環境の下で原版のパターンを基板に転写する種々のリソグラフィ装置に適用可能である。そのようなリソグラフィ装置としては、例えば、インプリント装置および露光装置を挙げることができる。インプリント装置は、基板の上のインプリント材（被転写材）に原版を接触させた状態で該インプリン

50

ト材を硬化させることによって基板の上のインプリント材に原版のパターンを転写する。露光装置は、基板の上のフォトレジスト（被転写材）に原版のパターンを潜像として転写する。露光装置は、例えば、紫外光、EUV光などの光を使って基板の上のフォトレジストを露光する露光装置、および、電子線などの荷電粒子線を使って基板の上のフォトレジストを露光する露光装置を挙げることができる。露光装置は、例えば、投影露光装置でもよいし、プロキシミティ露光装置でもよい。原版は、基板または基板の上の被転写体に転写すべきパターンを有する部材である。インプリント装置において使用される原版は、モールド、型またはテンプレートなどとも呼ばれる。露光装置において使用される原版は、レチクル、マスクまたはフォトマスクとも呼ばれる。以下では、本発明をインプリント装置に適用した例を説明する。

10

#### 【0015】

図3には、リソグラフィ装置の一例としてのインプリント装置IMPの構成が例示されている。図1には、図3の一部が拡大して示されている。インプリント装置IMPは、原版100のパターンを基板101に転写する。別の表現をすると、インプリント装置IMPは、原版100のパターンを基板101の上のインプリント材（被転写材）に転写する。原版100は、凹部で構成されたパターンを有する。基板101の上のインプリント材（未硬化樹脂）に原版100を接触させることによってパターンの凹部にインプリント材が充填される。この状態で、インプリント材に対してそれを硬化させるエネルギーを与えることによって、インプリント材が硬化する。これによって原版のパターンがインプリント材に転写され、硬化したインプリント材からなるパターンが基板101の上に形成される。

20

#### 【0016】

インプリント材は、それを硬化させるエネルギーが与えられることによって硬化する硬化性組成物である。インプリント材は、硬化した状態を意味する場合もあるし、未硬化の状態を意味する場合もある。硬化用のエネルギーとしては、例えば、電磁波、熱等が用いられる。電磁波は、例えば、その波長が10nm以上1mm以下の範囲から選択される光（例えば、赤外線、可視光線、紫外線）でありうる。

#### 【0017】

硬化性組成物は、典型的には、光の照射により、あるいは、加熱により硬化する組成物である。これらのうち光により硬化する光硬化性組成物は、少なくとも重合性化合物および光重合開始剤を含有しうる。また、光硬化性組成物は、付加的に非重合性化合物または溶剤を含有しうる。非重合性化合物は、例えば、増感剤、水素供与体、内添型離型剤、界面活性剤、酸化防止剤、ポリマー成分などの群から選択される少なくとも一種でありうる。

30

#### 【0018】

本明細書および添付図面では、基板101の表面に平行な方向をXYZ平面とするXYZ座標系において方向を示す。XYZ座標系におけるX軸、Y軸、Z軸にそれぞれ平行な方向をX方向、Y方向、Z方向とし、X軸周りの回転、Y軸周りの回転、Z軸周りの回転をそれぞれX、Y、Zとする。X軸、Y軸、Z軸に関する制御または駆動は、それぞれX軸に平行な方向、Y軸に平行な方向、Z軸に平行な方向に関する制御または駆動を意味する。また、X軸、Y軸、Z軸に関する制御または駆動は、それぞれX軸に平行な軸の周りの回転、Y軸に平行な軸の周りの回転、Z軸に平行な軸の周りの回転に関する制御または駆動を意味する。また、位置は、X軸、Y軸、Z軸の座標に基づいて特定される情報であり、姿勢は、X軸、Y軸、Z軸に対する相対的な回転で特定される情報である。位置決めは、位置および/または姿勢を制御することを意味する。

40

#### 【0019】

インプリント装置IMPは、基板101を位置決めする基板駆動機構SDMを備え、基板駆動機構SDMは、例えば、基板チャック102、周辺部材113、微動機構114、粗動機構115およびベース構造体116を含みうる。基板チャック102は、基板101を吸着（例えば、真空吸着、静電吸着）によって保持しうる。微動機構114は、基板

50

チャック１０２および周辺部材１１３を支持する微動ステージおよび該微動ステージを駆動する駆動機構を含みうる。周辺部材１１３は、基板１０１の側面を取り囲むように、基板１０１が配置される領域の周辺に配置されている。周辺部材１１３は、電極構造１４０を含み、電極構造１４０は、基板１０１の側面を取り囲むように、基板１０１が配置される領域の周辺に配置されている。電極構造１４０は、互いに電氣的に絶縁された複数の電極群を含みうる。各電極群は、互いに電氣的に接続された複数の電極を含みうる。周辺部材１１３は、絶縁部材を含み、電極構造１４０は、絶縁部材に埋め込まれうる。微動機構１１４は、基板チャック１０２を微駆動することによって基板１０１を微駆動する機構である、粗動機構１１５は、微動機構１１４を粗駆動することによって基板１０１を粗駆動する機構である。ベース構造体１１６は、粗動機構１１５、微動機構１１４、基板チャック１０２および周辺部材１１３を支持する。基板駆動機構ＳＤＭは、例えば、基板１０１を複数の軸（例えば、Ｘ軸、Ｙ軸、Ｚ軸の３軸）について駆動するように構成されうる。微動機構１１４における基板チャック１０２と一体化された部分（微動ステージ）の位置は、干渉計などの計測器１１７によってモニタされる。

10

#### 【００２０】

インプリント装置ＩＭＰは、原版１００を位置決めする原版動機構ＭＤＭを備え、原版駆動機構ＭＤＭは、原版チャック（構造体）１１０および駆動機構１０９を含みうる。原版駆動機構ＭＤＭは、支持構造体１０８によって支持されうる。原版チャック１１０は、原版１００を吸着（例えば、真空吸着、静電吸着）によって保持しうる。駆動機構１０９は、原版チャック１１０を駆動することによって原版１００を駆動する。原版駆動機構ＭＤＭは、例えば、原版１００を複数の軸（例えば、Ｘ軸、Ｙ軸、Ｚ軸、Ｘ軸、Ｙ軸、Ｚ軸の６軸）について駆動するように構成されうる。

20

#### 【００２１】

基板駆動機構ＳＤＭおよび原版駆動機構ＭＤＭは、基板１０１と原版１００との相対的な位置決めを行う駆動部を構成する。駆動部は、Ｘ軸、Ｙ軸、Ｘ軸、Ｙ軸およびＺ軸に関して基板１０１と原版１００との相対位置を調整するほか、Ｚ軸に関して基板１０１と原版１００との相対位置を調整する。Ｚ軸に関する基板１０１と原版１００との相対位置の調整は、基板１０１の上のインプリント材と原版１００との接触および分離の動作を含む。

#### 【００２２】

インプリント装置ＩＭＰは、基板１０１の上に未硬化のインプリント材を塗布あるいは供給するディスペンサ（供給部）１１１を備えうる。ディスペンサ１１１は、例えば、基板１０１の上にインプリント材を複数のドロップレットの形態で配置するように構成されうる。ディスペンサ１１１は、支持構造体１０８によって支持されうる。

30

#### 【００２３】

インプリント装置ＩＭＰは、基板１０１の上のインプリント材にＵＶ光などの光を照射することによって該インプリント材を硬化させる硬化部１０４を備えうる。インプリント装置ＩＭＰはまた、インプリントの様子を観察するためのカメラ１０３を備えうる。硬化部１０４から射出された光は、ミラー１０５で反射され、原版１００を透過してインプリント材に照射されうる。カメラ１０３は、原版１００およびミラー１０５を介してインプリントの様子、例えば、インプリント材と原版１００との接触状態などを観察するように構成されうる。

40

#### 【００２４】

インプリント装置ＩＭＰは、基板１０１のマークと原版１００のマークとの相対位置を検出するためのアライメントスコープ１０７ａ、１０７ｂを備えうる。アライメントスコープ１０７ａ、１０７ｂは、支持構造体１０８によって支持された上部構造体１０６に配置されうる。インプリント装置ＩＭＰは、基板１０１の複数のマークの位置を検出するためのオフアクシススコープ１１２を備えうる。オフアクシススコープ１１２は、支持構造体１０８によって支持されうる。

#### 【００２５】

50

インプリント装置IMPは、1又は複数の吹き出し部118a、118bを備えうる。吹き出し部118a、118bは、原版チャック110を取り囲むように原版チャック110の周囲に配置されうる。吹き出し部118a、118bは、エアー等の気体を吹き出すことによってエアーカーテン等の気流カーテンを形成しうる。吹き出し部118a、118bは、例えば、支持構造体108によって支持されうる。インプリント装置IMPは、基板101と原版100との間の空間に基板101に沿った気体の流れが形成されるように、該空間に向けて気体を供給する気体供給部130を備えうる。

#### 【0026】

インプリント装置IMPは、その他、主制御部126、インプリント制御部120、照射制御部121、スコープ制御部122、ディスペンサ制御部123、カーテン制御部124、基板制御部125を備えうる。主制御部126は、インプリント制御部120、照射制御部121、スコープ制御部122、ディスペンサ制御部123、カーテン制御部124、基板制御部125を制御する。インプリント制御部120は、原版駆動機構MDMを制御する。照射制御部121は、硬化部104を制御する。スコープ制御部122、アライメントスコープ107a、107bおよびオフアクシススコープ112を制御する。ディスペンサ制御部123は、ディスペンサ111を制御する。カーテン制御部124は、吹き出し部118a、118bを制御する。基板制御部125は、基板駆動機構SDMを制御する。

#### 【0027】

基板101と原版100との間の空間およびその周辺の空間には、吹き出し部118a、118bから吹き出される気体による気流201、および、気体供給部130から供給される気体による気流203が存在しうる。ここで、部材の表面へのパーティクルの付着について考える。コントロールされた気流の主流にパーティクルが存在している時は、パーティクルはその主流にのって移動する。そのため、パーティクルは、部材の表面に対して容易に近づくことはできず、該表面への付着は起こらない。しかし、インプリント装置IMPは、様々な部品によって構成されている。気体供給部130の出口（吹き出し部）の近傍は、層流が形成されうるが、出口から離れるに従って、様々な部品が障害物となって、気流が乱され、淀みが生じうる。したがって、インプリント装置IMPの中にパーティクルが侵入し又はインプリント装置IMPの中でパーティクルが発生すると、パーティクルは、気流から外れ、部品、基板101および原版100などの物体の表面と気流との間に存在する境界層に入り込む。境界層は、主流よりも流速が遅く、流速分布が急激に変化する層であり、特に物体の表面近傍は空気の粘性により流速が0に近い。その場合、パーティクルには重力、ブラウン拡散、静電気力の影響が大きく作用することになり、物体の表面に非常に付着しやすくなる。物体の表面に付着したパーティクルは、付着力が弱く、外的刺激（静電気力、気流、振動）によって容易に物体の表面から離脱しうる。

#### 【0028】

そこで、第1実施形態では、基板101の側面を取り囲むように配置された周辺部材113の絶縁部材に電極構造140を埋め込み、電極構造140の複数の電極群に対して互いに異なる位相を有する交流電圧を供給する。これによって周辺部材113の表面に交流電界を形成し、周辺部材113の表面の上の境界層に入り込んだパーティクル200を弾き飛ばす。これによって、パーティクル200は、主流に戻され、主流にのって移動する。よって、パーティクル200が基板101の周辺に存在する部材の表面に付着した後に離脱し、これが基板101、原版100またはインプリント材に付着する現象が防止ないし低減される。

#### 【0029】

周辺部材113は、その一部または全体が絶縁部材で構成され、該絶縁部材に電極構造140が埋め込まれうる。周辺部材113（絶縁部材）は、平坦な表面Sを有するように構成されうる。表面Sは、基板101の表面と同一の高さを有することが好ましい。埋め込みの形式は、電極構造140が完全に絶縁部材の表面の下に埋没する形式でもよいし、電極構造140の表面が露出した形式でもよい。電極構造140は、互いに電氣的に絶縁

10

20

30

40

50

された複数の電極群を含みうる。電極構造 140 は、互いに電氣的に接続された電極 10a、11a、12a、13a、14a、15a...で構成される電極群（a 群）と、互いに電氣的に接続された電極 10b、11b、12b、13b、14b、15b...で構成される電極群（b 群）とを含みうる。

#### 【0030】

図 2 において、 $U_x$  は、周辺部材 113 の表面の近傍に形成される気流の流速分布を示している。また、 $E$  は、電極構造 140 に交流電圧を供給することによって形成される電界を示している。また、 $D$  は、周辺部材 113 の表面と気流の主流との間の境界層の厚さを示している。また、 $P$  は、電極構造 140 の複数の電極群における電極の配列ピッチを示している。また、 $V$  ( $V_x$ 、 $V_z$ ) は、パーティクル 200 の境界層内における移動速度を示し、 $V_x$  は X 方向の速度、 $V_z$  は Z 方向の速度である。

10

#### 【0031】

電源 PS は、電極構造 140 の a 群および b 群に対して、互いに位相差が  $\pi$  の交流電圧を供給するように構成されうる。交流電圧のある半周期では、a 群に + の電圧が印加され、b 群に - の電圧が印加され、a 群から b 群に向かう湾曲した不平等な電界が発生する。次の半周期では、b 群から a 群に向かう湾曲した不平等な電界が発生する。つまり、電極構造 140（周辺部材 113）の表面上に形成される電界  $E$  は、定在波となる。

#### 【0032】

このような電界  $E$  が形成された表面の近傍に帯電したパーティクル 200 が飛来した場合、パーティクル 200 が電界  $E$  に沿った力を受ける。一方、帯電していないパーティクル 200 が飛来した場合、電界  $E$  が不平等電界であることから、グラディエント力が発生する。その結果、パーティクル 200 は、電極構造 140 から離れる方向に力を受ける。このような技術は、電界カーテンと呼ばれる（非特許文献 1、2）。パーティクル 200 がこのような力を受けると、部材の表面に容易には付着せず表面から遠ざかる。したがって、境界層に入ったパーティクル 200 は、境界層から弾きだされ、気流の主流にのって移動する。

20

#### 【0033】

一般的に、境界層の厚さ  $D$  は、

$$D = 3 \sqrt{\nu x / U_0} \quad (1)$$

で示される。ここで、 $U$  は主流の速度、 $\nu$  は気体の動粘度、 $x$  は周辺部材 113 の端からの距離である。電極構造 140 の複数の電極群における電極の配列ピッチ  $P$  は、境界層厚  $D$  より小さいことが好ましい。配列ピッチ  $P$  は、隣り合う電極の中心間距離である。

30

#### 【0034】

配列ピッチ  $P$  が境界層厚  $D$  より大きいと、境界層内のパーティクル 200 を気流の主流に戻すために必要な強度を有する電界  $E$  を形成することが困難になり、周辺部材 113 の表面に付着する可能性が高くなる。一方、配列ピッチ  $P$  が境界層厚  $D$  よりも小さい場合、境界層内のパーティクル 200 を気流の主流に戻すために必要な強度を有する電界  $E$  を形成することが容易である。

#### 【0035】

さらに言えば、配列ピッチ  $P$  の設計については、次のように考えることができる。図 2 において、電界  $E$  は、点線の電気力線で示されている。電極群（a 群）10a ~ 15a と電極群（b 群）10b ~ 15b との間で発生する電気力線のうち周辺部材 113 の表面で閉じている電気力線が多い構成が好ましい。例えば、基板 101（基板チャック 102）の移動に伴って電極に対して、それに対向する部材（以下、対向部材）が接近してきた場合、閉じている電気力線が多ければ、その対向部材の近傍の電位は略 0 V に保たれる。しかし、閉じている電気力線が少ない場合は、対向部材に入る電気力線が多くなり、電極と対向部材との間で電界が発生する。この場合、電極と対向部材との間の空間にパーティクル 200 が存在する場合、パーティクル 200 が電気力線に沿って移動して対向部材に付着する可能性がある。そこで、配列ピッチ  $P$  は、周辺部材 113 の平坦な表面  $S$  に対向しうる部材（例えば、吹き出し部 118a、118b、原版チャック 110、原版 100）

40

50



と表面 S との距離よりも小さくされることが好ましい。

【 0 0 3 6 】

以下、他の観点での好ましいパラメータを考察する。パーティクル 2 0 0 の速度を図 2 のように  $V (V_x, V_z)$  と定義する。境界層における周辺部材 1 1 3 の表面の近傍の z 方向のパーティクル 2 0 0 の速度  $V_z$  は、重力による移動速度 (重力沈降速度)  $V_G$  と、ブラウン拡散による移動速度  $V_B$  と、電界による移動速度  $V_E$  の和  $V_G + V_B + V_E$  になる。気流を構成する気体 (典型的には空気) の物性は一定であるため、この  $V_z$  は粒径、発生させる電界 E に依存していると考えられ、以下のように推定することができる。

【 0 0 3 7 】

$$V_G = C_c \cdot \rho_p D_p^2 g / (18 \eta) \cdots (2)$$

10

ここで、 $C_c$  はカニンガムの補正係数といわれる無次元数であり、パーティクル 2 0 0 の径と周囲の気体の平均自由工程のオーダーがほぼ同じになる場合に考慮すべき数である。 $\rho_p$  はパーティクル 2 0 0 の密度、 $D_p$  はパーティクル 2 0 0 の径、 $g$  は重力加速度である。

【 0 0 3 8 】

$V_B$  は、以下の式で与えられる。

【 0 0 3 9 】

$$V_B = \left( \frac{4 C_c k T}{3 \eta D_p} \right) \cdots (3)$$

ここで、 $k$  はボルツマン係数、 $T$  は気体の温度である。

【 0 0 4 0 】

20

$V_E$  は、以下の式で与えられる。

【 0 0 4 1 】

$$V_E = C_c p e E_{max} / (3 \eta D_p) \cdots (4)$$

ここで、 $p$  はパーティクルの荷電数である。インプリント装置 IMP で発生するパーティクル 2 0 0 の荷電数は不明であるものの、ここでは、パーティクル 2 0 0 の径  $D_p$  に依存する平均の荷電数を仮定する。 $e$  は電気素量、 $E_{max}$  は境界層内に発生させる電界強度の最大値である。

【 0 0 4 2 】

以上の (2) ~ (4) 式を利用して  $V_z$  を推定できるため、パーティクル 2 0 0 が周辺部材 1 1 3 の表面に到達する移動時間を  $t$  とすると、 $t \sim D / V_z$  と近似することができる。この移動時間  $t$  の間に電界の向きが変わらないと、パーティクル 2 0 0 はそのまま周辺部材 1 1 3 の表面に付着してしまう。パーティクル 2 0 0 を周辺部材 1 1 3 の表面に付着させないためには、移動時間  $t$  の間に電界の向きが変わる必要がある。したがって、電極構造 1 4 0 に供給する交流電圧の周期を  $T$  とすると、 $T < t$  が満たされるべきである。

30

【 0 0 4 3 】

あるいは、電極構造 1 4 0 に供給する交流電圧の好ましい周波数を次のように考えることもできる。パーティクル 2 0 0 の移動速度で支配的なものは電界による移動速度  $V_E$  である。周辺部材 1 1 3 (電極構造 1 4 0) の近くにイオナイザが設置されている場合、仮に、発生したパーティクル 2 0 0 が偏った電荷を持っていたとしても、イオナイザによって電荷分布は概ねボルツマン平衡荷電分布に従うようになる。この場合、平均の荷電数を見積もることができる。(4) 式で  $p / D_p$  が最も大きくなる粒径は 50 nm であるため、パーティクル径  $D_p = 50 \text{ nm}$ 、平均荷電数  $p = 0.411$  を利用して  $V_E$  を見積もる。電界  $E$  を例えば  $1 \times 10^6 \text{ V/m}$  とすると、 $V_E = 3.8 \times 10^{-2} \text{ m/sec}$  となる。

40

【 0 0 4 4 】

周辺部材 1 1 3 とこれに対向する対向部材との距離を 2 mm とすると、この中間に位置するパーティクル 2 0 0 が、周辺部材 1 1 3 および対向部材の双方に付着しないようにするためには、 $t = 2.6 \times 10^{-2} \text{ sec}$  となる。すなわち、 $1/t = 38 \text{ Hz}$  程度の周波数の交流電圧を電極構造 1 4 0 に供給すればよいことになる。以上のように、電源 PS が電極構造 1 4 0 に供給する交流電圧の周波数に関しては、インプリント装置 IMP の仕様に基づいて決定することができる。本発明者が行った実験では、電源 PS が電極構造

50

140に供給する交流電圧の主半数を1～1000Hzの範囲内にすることによってパーティクル200が周辺部材113および対向部材に付着することを妨げる効果が確認された。

#### 【0045】

図4(a)、(b)には、基板チャック102および周辺部材113の構成例が示されている。図4(a)は平面図、図4(b)は断面図である。図4(a)には、参考として、ショット配列(ショット領域の配列)150が示されている。周辺部材113は、絶縁部材1131を含み、絶縁部材1131に電極構造140が埋め込まれている。周辺部材113は、基板チャック102(基板101)を取り囲むように基板チャック102の周囲に配置されている。電極構造140は、基板チャック102(基板101)を取り囲むように基板チャック102の周囲に配置されている。電極構造140はまた、ショット配列150の外側に、ショット配列150を取り囲むように配置されうる。電極構造140を構成する複数の電極群は、同心円状に配置されている。周辺部材113は、乱れが少ない気流が周辺部材113の上に形成されるように、平坦な表面を有することが好ましい。

#### 【0046】

図5には、電極構造140の複数の電極群(a群、b群)と電源PSとの接続例が示されている。図6には、電極構造140の複数の電極群(a群、b群)に対して電源PSから供給される交流電圧が例示されている。図5に示される例では、電極構造140は、2つの電極群(a群、b群)で構成されている。電源PSは、第1電源31と第2電源32とを含む。第1電源31は、a群を構成するように互いに電氣的に接続された複数の電極10a、11a、12aに第1交流電圧V1を供給する。第2電源32は、b群を構成するように互いに電氣的に接続された複数の電極10b、11b、12bに第2交流電圧V2を供給する。一例において、第1交流電圧V1および第2交流電圧V2は、周波数が100Hz、振幅が±500Vであり、位相の位相差は である。a群の電極およびb群の電極に対して互いの位相差が の交流電圧を供給することによって湾曲した不平等な電界を有する定在波が形成される。この電界によってパーティクルが境界層の外に弾き飛ばされる。

#### 【0047】

図4(a)、(b)に示される例では、電極構造140の複数の電極群を構成する電極が同心円状に等間隔で配置されているが、これは一例である。例えば、周辺部材113にセンサやマークなどを設ける場合には、それらを避けるように電極を配置するために、複数の電極群を構成する電極は、必ずしも同心円状に等間隔では配置されない。例えば、図11(a)の電極構造141のように、複数の電極群を構成する電極は、同心円状ではあるが、非等間隔で配置されうる。あるいは、図11(b)の電極構造142のように、複数の電極群を構成する各電極は、放射状に延びていてもよい。あるいは、周辺部材113の領域が複数の領域に分割され、各領域に複数の電極群が配置されてもよい。

#### 【0048】

図7、図8を参照しながら本発明の第2実施形態を説明する。第2実施形態として言及しない事項は、第1実施形態に従いうる。第2実施形態では、電極構造140は、複数の電極群として、3つの電極群を有する。換言すると、第2実施形態の電極構造140は、3相構成を有する。具体的には、第2実施形態の電極構造140は、a群、b群、c群の電極群を含む。a群は、互いに電氣的に接続された電極20a、21a...で構成される電極群である。b群は、互いに電氣的に接続された電極20b、21b...で構成される電極群である。c群は、互いに電氣的に接続された電極20c、21c...で構成される電極群である。

#### 【0049】

電源PSは、第1電源33と、第2電源34と、第3電源35とを含む。第1電源33は、a群を構成するように互いに電氣的に接続された複数の電極20a、21a...に第1交流電圧V3を供給する。第2電源34は、b群を構成するように互いに電氣的に接続された複数の電極20b、21b...に第2交流電圧V4を供給する。第3電源35は、c群

を構成するように互いに電氣的に接続された複数の電極 20b、21c...に第3交流電圧V5を供給する。一例において、第1交流電圧V3、第2交流電圧V4および第3交流電圧V5は、周波数が100Hz、振幅が $\pm 500V$ であり、互いの位相差は $2\pi/3$ である。第2交流電圧V4は、第1交流電圧V3に対して位相差が $2\pi/3$ 進んでいる。第3交流電圧V5は、第2交流電圧V4に対して位相差が $2\pi/3$ 進んでいる。基板101の側からa群、b群、c群、a群、b群、c群...のように配置されている。

#### 【0050】

以上のような構成において、電源PSが電極構造140に交流電圧V3、V4、V5を供給することにより、進行波が発生する。その進行波は、基板101から離れる方向に進行する。パーティクルは、境界層から弾き飛ばされる方向に力を受けるとともに、進行波に沿った方向、即ち基板101から離れる方向に力を受けて移動する。よって、第2実施形態によれば、第1実施形態よりも効果的に境界層からパーティクルを主流に戻すことができる。

#### 【0051】

図9を参照しながら本発明の第3実施形態を説明する。第3実施形態として言及しない事項は、第1又は第2実施形態に従いうる。第3実施形態では、原版100の側面を取り囲むように、原版100が配置されるように領域の周辺に配置された電極構造170を含み、電極構造170は、互いに電氣的に絶縁された複数の電極群を含み、各電極群は、互いに電氣的に接続された複数の電極を含む。周辺部材160は、絶縁部材を含み、電極構造170は、絶縁部材に埋め込まれている。周辺部材160は、平坦な表面(下面)を有する。該表面は、原版100における周辺部分と同じ高さを有することが好ましい。電極構造170に対して交流電圧を供給する電源PS2は、第1実施形態における電源PSと同様の構成を有する。

#### 【0052】

インプリント装置IMPでは、ショット領域上のインプリント材へのインプリントの度にインプリント材への原版100の接触とインプリント材からの原版100の分離とを繰り返す。したがって、原版100は帯電しやすいこの帯電を除去するためにイオナイザ等の除電装置を適用することも考えられる。しかし、基板101と原版100との間隙が小さいことを考慮すると、イオナイザによって帯電を十分に除去することは難しいかもしれない。また、基板101と原版100との間隙が狭いことによって、基板101と原版100との間隙に大きな電位勾配が発生し、これによってパーティクルが原版100に付着する可能性がある。

#### 【0053】

第2実施形態においても、第1実施形態と同様に、電極構造170の複数の電極群における電極の配列ピッチPは、境界層厚Dより小さいことが好ましい。また、配列ピッチPは、周辺部材160の平坦な表面に対向する部材(例えば、基板101、周辺部材113)と該表面との距離よりも小さくされることが好ましい。

#### 【0054】

パーティクルの速度V( $V_x$ ,  $V_z$ )に関しては、重力による移動速度(重力沈降速度) $V_G$ は、周辺部材160から遠ざかる方向である。したがって、トータルの移動速度 $V_z$ としては、重力による移動速度 $-V_G$ と、ブラウン拡散による移動速度 $V_B$ と、電界による移動速度 $V_E$ の和 $-V_G + V_B + V_E$ になる。この $V_z$ は前述の(2)~(4)式を用いてある程度の推定が可能である。

#### 【0055】

したがって、パーティクル200が周辺部材160の表面に到達する移動時間をtとすると、 $t \sim D/V_z$ と近似することができる。この移動時間tの間に電界の向きが変わらないと、パーティクル200はそのまま周辺部材160の表面に付着してしまう。周辺部材160の表面にパーティクル200を付着させないためには、tの間に電界の向きが変わる必要がある。したがって、電極構造170に供給する交流電圧の周期をTとすると、 $T < t$ が満たされるべきである。

## 【 0 0 5 6 】

第3実施形態によれば、原版100の周辺に配置された周辺部材160に埋め込まれた電極構造170が発生する電界によって周辺部材160に対するパーティクル200の付着が防止ないし低減される。そして、パーティクル200は、気流の主流にのって基板101および原版100の周辺から遠ざかる。よって、基板101、原版100およびインプリント材へのパーティクル200の付着が防止ないし低減される。

## 【 0 0 5 7 】

図10を参照しながら本発明の第4実施形態を説明する。第4実施形態は、第1又は第2実施形態と第3実施形態とを組み合わせたものである。即ち、第4実施形態のインプリント装置IMPは、基板101を取り囲むように配置された周辺部材113に配置された電極構造140と、原版100を取り囲むように配置された周辺部材160に配置された電極構造170とを備えている。電極構造140、170には、電源PS、第2電源PS2から交流電圧が供給される。第4実施形態によれば、基板101の周辺に配置された周辺部材113に対するパーティクル200の付着および原版100の周辺に配置された周辺部材160に対するパーティクル200の付着が防止ないし低減される。そして、パーティクル200は、気流の主流にのって基板101および原版100の周辺から遠ざかる。よって、基板101、原版100およびインプリント材の付着が防止ないし低減される。

10

## 【 0 0 5 8 】

第1乃至第4実施形態を通して例示的に説明されたように、本発明のリソグラフィ装置は、基板および原版の一方の側面を取り囲むように配置された電極構造と、該電極構造に交流電圧を供給する電源とを備える。該電極構造は、互いに電氣的に絶縁された複数の電極群を含みうる。各電極群は、互いに電氣的に接続された複数の電極を含みうる。該電源は、該複数の電極群に対して互いに異なる位相を有する交流電圧を供給しうる。また、本発明のリソグラフィ装置は、基板および原版の他方の側面を取り囲むように配置された第2電極構造と、該第2電極構造に交流電圧を供給する第2電源とを備える。該第2電極構造は、互いに電氣的に絶縁された複数の第2電極群を含みうる。各第2電極群は、互いに電氣的に接続された複数の電極を含みうる。該第2電源は、該複数の電極群に対して互いに異なる位相を有する交流電圧を供給しうる。

20

## 【 0 0 5 9 】

以下、上記のインプリント装置等のリソグラフィ装置を用いて物品を製造する物品製造方法を説明する。物品の製造方法は、リソグラフィ装置を用いて基板の上にパターンを形成する工程と、該パターンが形成された基板を処理（例えば、エッチング、イオン注入、酸化）する工程とを含みうる。

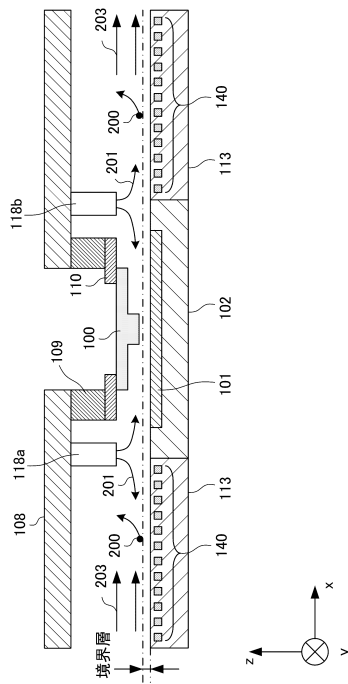
30

## 【 符号の説明 】

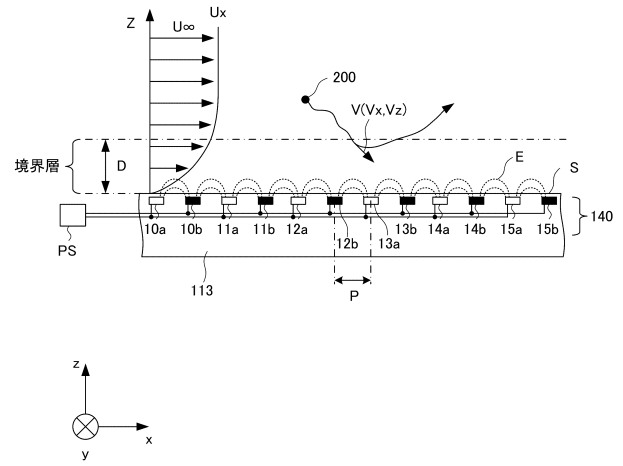
## 【 0 0 6 0 】

IMP：インプリント装置、100：原版、101：基板、102：基板チャック、110：原版チャック、113：周辺部材、140：電極構造、160：周辺部材、電極構造170

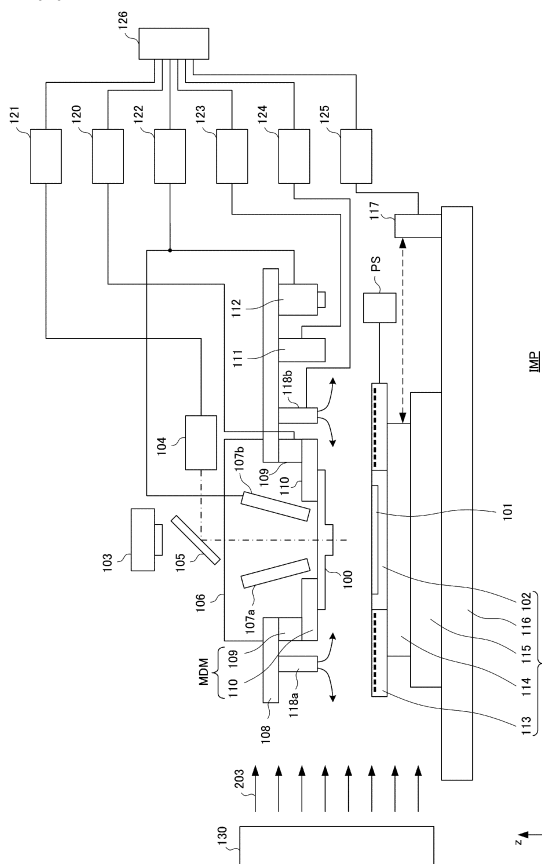
【図 1】



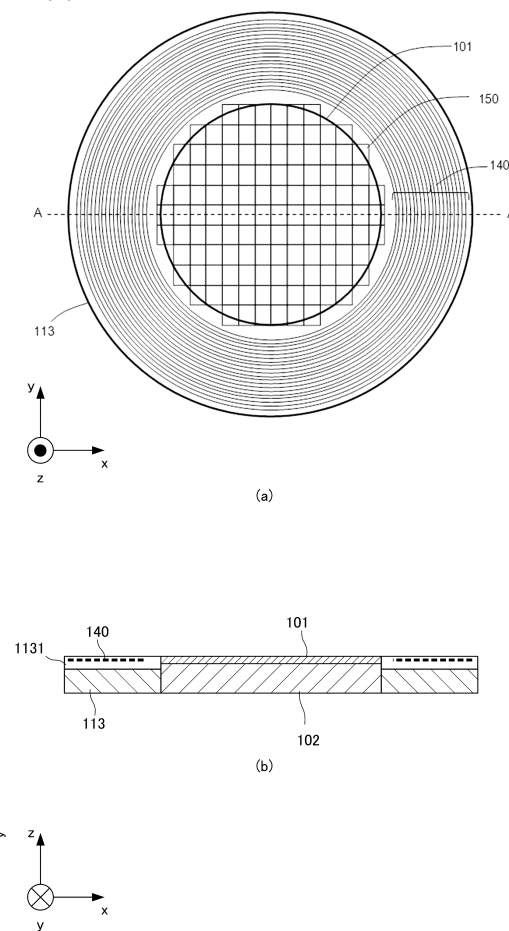
【図 2】



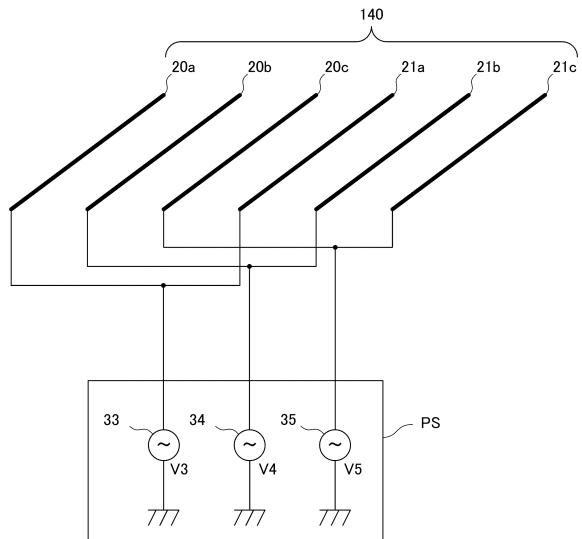
【図 3】



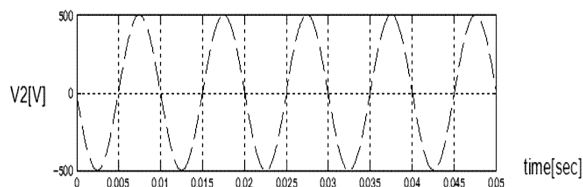
【図 4】



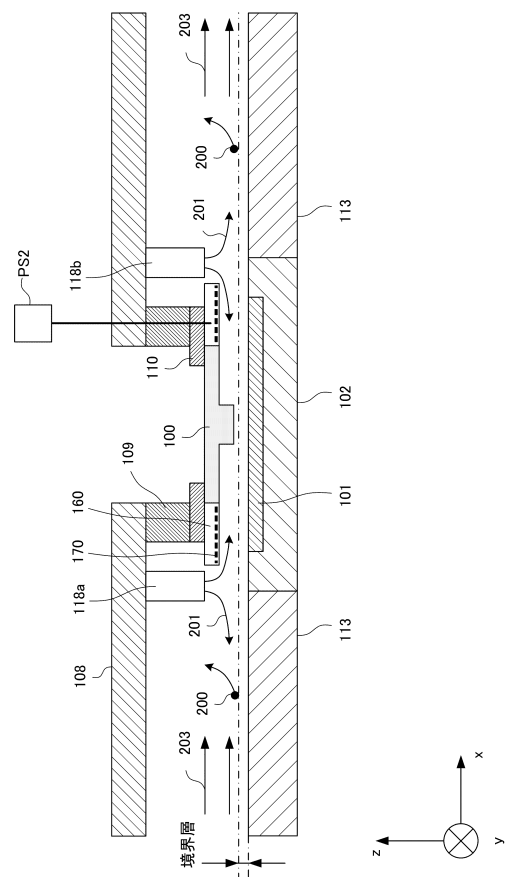
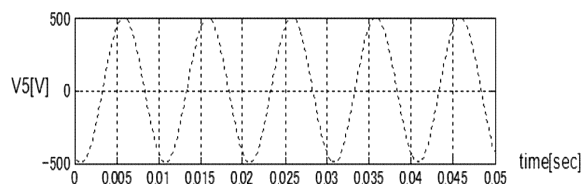
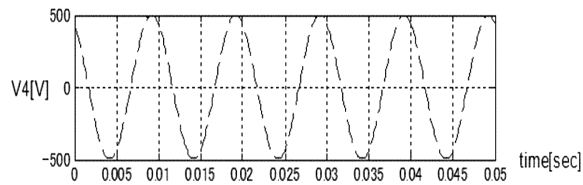
【 図 7 】



【 図 9 】



【 図 9 】





---

フロントページの続き

(72)発明者 米川 雅見  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 山口 敦司

(56)参考文献 特開2000-228439(JP,A)  
特開2015-149390(JP,A)  
米国特許出願公開第2013/026393(US,A1)  
特開2013-197465(JP,A)  
特開2011-40464(JP,A)  
特開2009-302234(JP,A)  
特開2008-258490(JP,A)  
米国特許出願公開第2016/0236245(US,A1)  
C. I. Calle, et al., Dust Particle removal by Electrostatic and Dielectrophoretic Forces with Applications to NASA Exploration Missions, Proc. ESA Annual Meeting on Electrostatics 2008, Paper 01, 2008年, pp.1-14

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	21/027
G03F	7/207
B08B	7/00