

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7591004号
(P7591004)

(45)発行日 令和6年11月27日(2024.11.27)

(24)登録日 令和6年11月19日(2024.11.19)

(51)国際特許分類		F I			
G 0 3 F	7/24 (2006.01)	G 0 3 F	7/24	Z	
G 0 3 F	7/20 (2006.01)	G 0 3 F	7/20	5 0 5	
B 2 9 C	59/04 (2006.01)	B 2 9 C	59/04	C	

請求項の数 11 (全34頁)

(21)出願番号	特願2022-58791(P2022-58791)	(73)特許権者	000108410 デクセリアルズ株式会社 栃木県下野市下坪山1724
(22)出願日	令和4年3月31日(2022.3.31)	(74)代理人	110000936 弁理士法人青海国際特許事務所
(65)公開番号	特開2023-149954(P2023-149954 A)	(72)発明者	菊池 正尚 栃木県下野市下坪山1724 デクセリ アルズ株式会社内
(43)公開日	令和5年10月16日(2023.10.16)	審査官	佐藤 海
審査請求日	令和6年5月13日(2024.5.13)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 原盤の製造方法、転写物の製造方法、レプリカ原盤の製造方法、および原盤の製造装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

円筒形状または円柱形状の基材の外周面にレジスト層を形成する工程と、
 三次元形状を有する少なくとも1つのオブジェクトが二次元的に描かれた入力画像を複数の小領域に分割する工程と、
 前記小領域の各々に前記オブジェクトが含まれるか否かに基づいて、前記小領域の各々にレーザ光を照射するか否かを決定するとともに、前記オブジェクトが含まれる前記小領域の各々内における前記オブジェクトの部分画像の濃淡に基づいて、当該小領域の各々に照射するレーザ光の強度を段階的に決定し、当該決定結果に基づいて、前記オブジェクトに対応する露光制御信号を生成する工程と、
 前記露光制御信号に基づいて、前記小領域ごとに前記オブジェクトの前記部分画像の濃淡に応じて前記レーザ光の強度を変調しつつ、当該強度が変調される前記レーザ光を、前記レジスト層の面方向に相対移動させながら、前記レジスト層の表面に対して連続的に照射する走査露光を行うことにより、前記オブジェクトに対応する位置の前記レジスト層を、前記オブジェクトの三次元形状に合わせて変性させて、前記オブジェクトに対応する三次元形状を有する潜像を前記レジスト層に形成する工程と、
 前記潜像が形成された前記レジスト層を現像することにより、前記オブジェクトに対応するレジストパターンであって、前記小領域ごとに前記オブジェクトの前記部分画像の濃淡に応じて前記レジストパターンの深さが変化する前記レジストパターンを、前記レジスト層に形成する工程と、

前記レジストパターンが形成された前記レジスト層をマスクとして用いて、前記基材の前記外周面に、前記オブジェクトの三次元形状に対応する凹凸パターンを形成する工程と、を含む、原盤の製造方法。

【請求項 2】

前記入力画像は、前記オブジェクトの三次元形状の高さの変化を、画像の濃淡を用いて表現したグレースケール画像であり、

前記露光制御信号を生成する工程では、前記オブジェクトが含まれる前記小領域の各々内における前記オブジェクトの前記部分画像のグレースケールの階調に基づいて、当該小領域の各々に照射する前記レーザー光の強度を段階的に決定する、請求項 1 に記載の原盤の製造方法。

10

【請求項 3】

前記露光制御信号は、前記レジスト層を露光する前記レーザー光の強度を段階的に変調するための変調信号であり、前記オブジェクトの前記部分画像の濃淡を表すグレースケールの階調に応じた階段状の波形を有する、請求項 1 または 2 に記載の原盤の製造方法。

【請求項 4】

前記小領域の大きさは、前記レーザー光のスポットの大きさよりも小さい、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の原盤の製造方法。

【請求項 5】

前記レジスト層に前記レジストパターンを形成する工程では、

前記基材の中心軸を回転軸として前記基材を回転させながら、前記基材の前記レジスト層に前記レーザー光を照射する、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の原盤の製造方法。

20

【請求項 6】

前記露光制御信号は、前記基材の回転を制御する信号と同期するように生成される、請求項 5 に記載の原盤の製造方法。

【請求項 7】

前記レーザー光の光源は、半導体レーザーであり、

前記レジスト層は、有機系レジストからなり、

前記レジスト層に前記レジストパターンを形成する工程では、光リソグラフィにより前記レジスト層に前記レジストパターンが形成される、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の原盤の製造方法。

30

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の製造方法により製造された原盤のパターンを転写する工程を含む、転写物の製造方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の製造方法により製造された転写物のパターンを転写する工程を含む、レプリカ原盤の製造方法。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の製造方法により製造されたレプリカ原盤のパターンを転写する工程を含む、転写物の製造方法。

【請求項 11】

40

円筒形状または円柱形状の基材の外周面にレジスト層を形成する成膜装置と、

三次元形状を有する少なくとも 1 つのオブジェクトが二次元的に描かれた入力画像を複数の小領域に分割し、前記小領域の各々に前記オブジェクトが含まれるか否かに基づいて、前記小領域の各々にレーザー光を照射するか否かを決定するとともに、前記オブジェクトが含まれる前記小領域の各々内における前記オブジェクトの部分画像の濃淡に基づいて、当該小領域の各々に照射するレーザー光の強度を段階的に決定し、当該決定結果に基づいて、前記オブジェクトに対応する露光制御信号を生成する露光制御装置と、

前記露光制御信号に基づいて、前記小領域ごとに前記オブジェクトの前記部分画像の濃淡に応じて前記レーザー光の強度を変調しつつ、当該強度が変調される前記レーザー光を、前記レジスト層の面方向に相対移動させながら、前記レジスト層の表面に対して連続的に照

50

射する走査露光を行うことにより、前記オブジェクトに対応する位置の前記レジスト層を、前記オブジェクトの三次元形状に合わせて変性させて、前記オブジェクトに対応する三次元形状を有する潜像を前記レジスト層に形成する露光装置と、

前記潜像が形成された前記レジスト層を現像することにより、前記オブジェクトに対応するレジストパターンであって、前記小領域ごとに前記オブジェクトの前記部分画像の濃淡に応じて前記レジストパターンの深さが変化する前記レジストパターンを、前記レジスト層に形成する現像装置と、

前記レジストパターンが形成された前記レジスト層をマスクとして用いて、前記基材の前記外周面に、前記オブジェクトの三次元形状に対応する凹凸パターンを形成するエッチング装置と、

を備える、原盤の製造装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、原盤の製造方法、原盤を用いた転写物およびレプリカ原盤の製造方法、並びに原盤の製造装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、微細加工技術の一つとして、表面に微細な凹凸パターンが形成された平板形状または円柱形状の原盤を樹脂シート等に押し当てることで、原盤上の微細な凹凸パターンを樹脂シート等に転写するナノインプリント技術の開発が進んでいる。このようなインプリント用の原盤を製造する場合、レーザー光による露光を利用したリソグラフィ技術が用いられる。

【0003】

例えば、特許文献1には、レーザー光によるリソグラフィによって、平板形金型原盤の表面に、マイクロレンズの凹凸構造を形成する技術が開示されている。

【0004】

また、特許文献2には、レーザー光による熱リソグラフィによって、円筒または円柱形状のロール原盤の外周面に凹凸構造（例えば、可視光帯域に属する波長以下の凹凸周期を有するモスアイ構造）のパターンを形成し、当該ロール原盤の外周面の凹凸構造のパターンを、樹脂シートに転写する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2018-165811号公報

【文献】特開2016-028867号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記の特許文献1に記載の技術では、レーザー光により平板形金型原盤の表面のレジスト膜を露光する際、区画された露光対象領域毎に露光を行っており、当該露光対象領域は、露光光の強度が小さく、露光深さの浅い凹部同士の境界部分で区画されていた。このため、隣り合う区画の凹凸構造同士が連続的にシームレスに連結されるような任意の三次元形状を有する凹凸構造を自由に形成することができないという問題があった。

【0007】

また、特許文献2に記載された技術では、ロール原盤の外周面のレジスト層を露光するときにレーザー光の強度を変調しておらず、一定の強度のレーザー光をオン/オフすることで、凹凸パターンを露光していた。このため、レジスト層に一定の深さの露光パターンしか形成することができなかった。したがって、凹凸構造のパターンの深さを任意に変化させて、任意の三次元形状を有する凹凸構造を自由に形成することが困難であるという問題が

10

20

30

40

50

あった。

【0008】

そこで、本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、本発明の目的とするところは、原盤の外周面に、任意の三次元形状を有する凹凸構造のパターンを高精度で形成することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明のある観点によれば、

円筒形状または円柱形状の基材の外周面にレジスト層を形成する工程と、

三次元形状を有する少なくとも1つのオブジェクトが二次元的に描かれた入力画像を複数の小領域に分割する工程と、

前記小領域の各々に前記オブジェクトが含まれるか否かに基づいて、前記小領域の各々にレーザ光を照射するか否かを決定するとともに、前記オブジェクトが含まれる前記小領域の各々内における前記オブジェクトの部分画像の濃淡に基づいて、当該小領域の各々に照射するレーザ光の強度を段階的に決定し、当該決定結果に基づいて、前記オブジェクトに対応する露光制御信号を生成する工程と、

前記露光制御信号に基づいて、前記小領域ごとに前記オブジェクトの前記部分画像の濃淡に応じて前記レーザ光の強度を変調しつつ、当該強度が変調される前記レーザ光を、前記レジスト層の面方向に相対移動させながら、前記レジスト層の表面に対して連続的に照射する走査露光を行うことにより、前記オブジェクトに対応する位置の前記レジスト層を、前記オブジェクトの三次元形状に合わせて変性させて、前記オブジェクトに対応する三次元形状を有する潜像を前記レジスト層に形成する工程と、

前記潜像が形成された前記レジスト層を現像することにより、前記オブジェクトに対応するレジストパターンであって、前記小領域ごとに前記オブジェクトの前記部分画像の濃淡に応じて前記レジストパターンの深さが変化する前記レジストパターンを、前記レジスト層に形成する工程と、

前記レジストパターンが形成された前記レジスト層をマスクとして用いて、前記基材の前記外周面に、前記オブジェクトの三次元形状に対応する凹凸パターンを形成する工程と、を含む、原盤の製造方法が提供される。

【0010】

前記入力画像は、前記オブジェクトの三次元形状の高さの変化を、画像の濃淡を用いて表現したグレースケール画像であり、

前記露光制御信号を生成する工程では、前記オブジェクトが含まれる前記小領域の各々内における前記オブジェクトの前記部分画像のグレースケールの階調に基づいて、当該小領域の各々に照射する前記レーザ光の強度を段階的に決定するようにしてもよい。

【0011】

前記露光制御信号は、前記レジスト層を露光する前記レーザ光の強度を段階的に変調するための変調信号であり、前記オブジェクトの前記部分画像の濃淡を表すグレースケールの階調に応じた階段状の波形を有するようにしてもよい。

【0012】

前記小領域の大きさは、前記レーザ光のスポットの大きさよりも小さいようにしてもよい。

【0013】

前記レジスト層に前記レジストパターンを形成する工程では、

前記基材の中心軸を回転軸として前記基材を回転させながら、前記基材の前記レジスト層に前記レーザ光を照射するようにしてもよい。

【0014】

前記露光制御信号は、前記基材の回転を制御する信号と同期するように生成されるようにしてもよい。

【0015】

10

20

30

40

50

前記レーザー光の光源は、半導体レーザーであり、
 前記レジスト層は、有機系レジストからなり、
 前記レジスト層に前記レジストパターンを形成する工程では、光リソグラフィにより前記レジスト層に前記レジストパターンが形成されるようにしてもよい。

【0016】

上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、
 前記原盤の製造方法により製造された原盤のパターンを転写する工程を含む、転写物の製造方法が提供される。

【0017】

上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、
 前記転写物の製造方法により製造された転写物のパターンを転写する工程を含む、レプリカ原盤の製造方法が提供される。

【0018】

上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、
 請求項9に記載の製造方法により製造されたレプリカ原盤のパターンを転写する工程を含む、転写物の製造方法が提供される。

【0019】

上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、
 円筒形状または円柱形状の基材の外周面にレジスト層を形成する成膜装置と、
 三次元形状を有する少なくとも1つのオブジェクトが二次元的に描かれた入力画像を複数の小領域に分割し、前記小領域の各々に前記オブジェクトが含まれるか否かに基づいて、前記小領域の各々にレーザー光を照射するか否かを決定するとともに、前記オブジェクトが含まれる前記小領域の各々内における前記オブジェクトの部分画像の濃淡に基づいて、当該小領域の各々に照射するレーザー光の強度を段階的に決定し、当該決定結果に基づいて、前記オブジェクトに対応する露光制御信号を生成する露光制御装置と、

前記露光制御信号に基づいて、前記小領域ごとに前記オブジェクトの前記部分画像の濃淡に応じて前記レーザー光の強度を変調しつつ、当該強度が変調される前記レーザー光を、前記レジスト層の面方向に相対移動させながら、前記レジスト層の表面に対して連続的に照射する走査露光を行うことにより、前記オブジェクトに対応する位置の前記レジスト層を、前記オブジェクトの三次元形状に合わせて変性させて、前記オブジェクトに対応する三次元形状を有する潜像を前記レジスト層に形成する露光装置と、

前記潜像が形成された前記レジスト層を現像することにより、前記オブジェクトに対応するレジストパターンであって、前記小領域ごとに前記オブジェクトの前記部分画像の濃淡に応じて前記レジストパターンの深さが変化する前記レジストパターンを、前記レジスト層に形成する現像装置と、

前記レジストパターンが形成された前記レジスト層をマスクとして用いて、前記基材の前記外周面に、前記オブジェクトの三次元形状に対応する凹凸パターンを形成するエッチング装置と、

を備える、原盤の製造装置が提供される。

【発明の効果】

【0020】

以上説明したように本発明によれば、原盤の外周面に、任意の三次元形状を有する凹凸構造のパターンを高精度で形成することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の一実施形態に係る原盤の製造方法により製造される原盤を模式的に示す斜視図である。

【図2】同実施形態に係る原盤を用いて転写物を製造する転写装置を示す説明図である。

【図3A】同実施形態に係る原盤の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図3B】同実施形態に係る原盤の製造方法の各工程を示す断面図である。

10

20

30

40

50

- 【図 3 C】同実施形態に係る原盤の製造方法の各工程を示す断面図である。
- 【図 3 D】同実施形態に係る原盤の製造方法の各工程を示す断面図である。
- 【図 4】同実施形態に係る露光装置の概略構成を示す説明図である。
- 【図 5】同実施形態に係るフォーマッタの構成を示すブロック図である。
- 【図 6】同実施形態に係る複数の小領域に分割された入力画像を示す説明図である。オブジェクトが描かれた入力画像に対する小領域の分割を説明する説明図である。
- 【図 7】同実施形態に係る露光制御信号の具体例を示す説明図である。
- 【図 8】同実施形態の変更例に係る入力画像の具体例を示す説明図である。
- 【図 9】同実施形態の変更例に係る複数の小領域に分割された入力画像と、オブジェクトの部分画像の濃淡の具体例を示す説明図である。
- 【図 10】同実施形態の変更例に係る露光制御信号の具体例を示す説明図である。
- 【図 11】同実施形態に係る露光装置の構成例を示す説明図である。
- 【図 12】同実施形態に係る露光装置の他の構成例を示す説明図である。
- 【図 13】本発明の実施例 1 に係る入力画像と、製造された転写物の SEM 画像を示す説明図である。
- 【図 14】本発明の実施例 2 に係る入力画像と、製造された転写物の SEM 画像を示す説明図である。
- 【図 15】本発明の実施例 3 に係る入力画像と、製造された転写物の SEM 画像を示す説明図である。
- 【図 16】本発明の実施例 4 に係る入力画像と、製造された転写物の SEM 画像を示す説明図である。

10

20

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【0023】

[1 . 原盤と転写物の概略]

まず、図 1 および図 2 を参照して、本発明の一実施形態に係る原盤の製造方法により製造される原盤 1、および当該原盤 1 を用いて製造される転写物の概略について説明する。

30

【0024】

[1 . 1 . 原盤の構成]

図 1 は、本実施形態に係る原盤の製造方法により製造される原盤 1 を模式的に示す斜視図である。図 1 に示すように、本実施形態に係る原盤 1 は、外周面に凹凸構造 13 が形成された基材 11 を備える。

【0025】

基材 11 は、例えば、円筒形状の部材である。ただし、基材 11 の形状は、図 1 で示すように内部に空洞を有する中空の円筒形状であってもよく、内部に空洞を有さない中実の円柱形状であってもよい。また、基材 11 の材料は、特に限定されず、熔融石英ガラスまたは合成石英ガラスなどの石英ガラス (SiO_2)、あるいは、ステンレス鋼などの金属を用いることができる。基材 11 の大きさは、特に限定されるものではないが、例えば、軸方向の長さが 100 mm 以上であってもよく、外径が 50 mm 以上 300 mm 以下であってもよく、厚みが 2 mm 以上 50 mm 以下であってもよい。

40

【0026】

凹凸構造 13 は、基材 11 の外周面に任意の三次元形状で形成される。凹凸構造 13 は、任意の三次元形状の凹凸パターンを有する。例えば、凹凸構造 13 の凹凸パターンは、任意の三次元形状を有する 1 または 2 以上の凹部または凸部が規則的または不規則に配列された凹凸パターンであってもよい。また、凹凸構造 13 の凹凸パターンは、複数のマイクロレンズが規則的または不規則に配列されたマイクロレンズアレイに対応する凹凸パターンであってもよい。

50

【0027】

凹凸構造13は、任意の平面形状を有する少なくとも1つの凹部または凸部から構成される。図1の例では、凹凸構造13は、多様な平面形状を有する複数の凹部12A、12B、12C、・・・(以下、「凹部12」と総称する場合もある。)を含む。例えば、凹部12の平面形状は、円または楕円などの曲線を含む図形、三角形または四角形などの多角形、直線または曲線などの線状若しくは帯状、あるいは文字、記号を表す形状などであってもよい。ここで、凹部12(または凸部)の平面形状とは、凹部12(または凸部)を基材11の中心軸11aに平行な平面に投影した場合に、当該凹部12(または凸部)によって投影面に描かれる図形の形状を意味する。すなわち、凹部12(または凸部)の平面形状とは、凹部12(または凸部)を平面視したときの二次元形状を意味する。

10

【0028】

本実施形態に係る原盤1の製造方法によれば、原盤1の基材11の外周面に、任意の三次元形状を有する凹凸構造13のパターンを高精度で形成することができる。このような本実施形態に係る原盤1の製造方法の詳細については、後述する。

【0029】

ここで、原盤1は、凹凸構造13を転写した転写物(例えば、マイクロレンズアレイ、またはマイクロレンズアレイ製造用のレプリカ原盤など)を製造するための原盤である。原盤1は、例えば、ロールツーロール(roll-to-roll)方式のインプリントに用いられるロール原盤である。原盤1は、ロールツーロール方式のインプリント転写装置に設けられる。例えば、原盤1は、図2に示す転写装置6により、原盤1の外周面に形成された凹凸構造13を転写した転写物を製造することができる。

20

【0030】

[1.2.転写物の製造方法]

次に、図2を参照して、原盤1を備える転写装置6を用いて、ロールツーロール方式で原盤1の凹凸構造13を被転写物61の樹脂層62に転写することにより、転写物を製造する方法について説明する。図2は、本実施形態に係る原盤1を用いて転写物を製造する転写装置6を示す説明図である。

【0031】

図2に示すように、転写装置6は、原盤1と、基材供給ロール51と、巻取ロール52と、ガイドロール53、54と、ニップロール55と、剥離ロール56と、塗布装置57と、光源58とを備える。

30

【0032】

基材供給ロール51は、シート状の被転写物61がロール状に巻かれたロールである。被転写物61は、転写物の基材である。被転写物61は、帯状に延びるシート形態の基材である。被転写物61の一方の表面に樹脂層62が積層される。巻取ロール52は、原盤1の凹凸構造13が転写された樹脂層62が積層された被転写物61を巻き取るロールである。また、ガイドロール53、54は、被転写物61を搬送するためのロールである。ニップロール55は、樹脂層62が積層された被転写物61を、円筒形状の原盤1に対して密着させるためのロールである。剥離ロール56は、原盤1の凹凸構造13が樹脂層62に転写された後、当該樹脂層62が積層された被転写物61を、原盤1から剥離するためのロールである。

40

【0033】

塗布装置57は、コーターなどの塗布手段を備え、光硬化性樹脂組成物を被転写物61の表面に塗布する。塗布装置57により光硬化性樹脂組成物を塗布することにより、被転写物61の表面に樹脂層62が形成される。塗布装置57は、例えば、グラビアコーター、ワイヤーバーコーター、またはダイコーターなどであってもよい。また、光源58は、光硬化性樹脂組成物を硬化可能な波長の光を発する光源であり、例えば、紫外線ランプなどであってもよい。

【0034】

なお、光硬化性樹脂組成物は、所定の波長の光が照射されることにより流動性が低下し

50

、硬化する樹脂である。具体的には、光硬化性樹脂組成物は、アクリル樹脂アクリレートなどの紫外線硬化樹脂であってもよい。また、光硬化性樹脂組成物は、必要に応じて、開始剤、フィラー、機能性添加剤、溶剤、無機材料、顔料、帯電防止剤、または増感色素などを含んでもよい。なお、樹脂層 6 2 の材料として、上記の光硬化性樹脂組成物に替えて、熱硬化性樹脂組成物などの他のエネルギー線硬化性樹脂組成物を用いてもよい。

【 0 0 3 5 】

次に、上記構成の転写装置 6 を用いて転写物を製造する方法について説明する。

【 0 0 3 6 】

まず、基材供給ロール 5 1 から被転写物 6 1 が連続的に送出され、ガイドロール 5 3 により搬送される。次いで、送出された被転写物 6 1 の一方の表面に対して、塗布装置 5 7 により光硬化性樹脂組成物が塗布され、被転写物 6 1 の一方の表面に、未硬化の樹脂層 6 2 が積層される。さらに、未硬化の樹脂層 6 2 が積層された被転写物 6 1 は、ニップロール 5 5 により、原盤 1 の外周面に対して密着させられる。これにより、原盤 1 の外周面に形成された凹凸構造 1 3 が、未硬化の樹脂層 6 2 に転写される。その後、凹凸構造 1 3 が転写された樹脂層 6 2 に対して、光源 5 8 から、例えば紫外線などの光が照射される。これにより、未硬化の樹脂層 6 2 は硬化し、硬化後の樹脂層 6 2 に転写された凹凸パターンの形状が安定化する。次いで、硬化した樹脂層 6 2 が積層された被転写物 6 1 は、剥離ロール 5 6 により原盤 1 から剥離される。その後、原盤 1 から剥離された被転写物 6 1 は、ガイドロール 5 4 を介して搬送され、巻取ロール 5 2 に巻き取られる。

【 0 0 3 7 】

このようにして、ロールツーロール方式の転写装置 6 を用いて、原盤 1 に形成された凹凸構造 1 3 が転写された転写物を連続的に製造することができる。

【 0 0 3 8 】

また、原盤 1 に形成された凹凸構造 1 3 が転写された転写物をさらに別の被転写材に転写して、レプリカ原盤を製造することも可能である。レプリカ原盤は、原盤 1 と比べて、凹凸構造 1 3 の凹部および凸部の位置（いわゆる、凹凸パターンのトーン）が一致しており、原盤 1 の複製原盤として使用することができる。また、レプリカ原盤をさらに被転写物に転写して、表面に凹凸構造 1 3 が形成された転写物（すなわち、原盤 1 から凹凸構造 1 3 を 3 回転写した転写物）を製造することも可能である。

【 0 0 3 9 】

以上にて説明したように、本実施形態に係るロール原盤 1 は、任意の三次元形状を有する凹凸構造 1 3 が形成された外周面を有し、当該凹凸構造 1 3 が転写された転写物を連続的に製造することができる。これにより、当該凹凸構造 1 3 が高精度で転写された転写物を、効率的かつ低コストで大量に製造することが可能になる。

【 0 0 4 0 】

[2 . 原盤の製造方法]

次に、図 3 ~ 図 1 2 を参照して、本実施形態に係る原盤 1 の製造方法について説明する。

【 0 0 4 1 】

[2 . 1 . 原盤の製造方法の概略]

まず、図 3 A ~ 図 3 D を参照して、本実施形態に係る原盤 1 の製造装置を用いた原盤 1 の製造方法の概略工程（工程 S 1 0 ~ S 5 0 ）について説明する。図 3 A ~ 図 3 D は、本実施形態に係る原盤 1 の製造方法の各工程を説明するための断面図である。なお、図 3 A ~ 図 3 D では、円筒形状を有する原盤 1 の基材 1 1 を厚み方向に切断した場合の断面形状を模式的に示している。

【 0 0 4 2 】

本実施形態に係る原盤 1 の製造装置は、例えば、成膜装置、露光装置、現像装置、エッチング装置、露光制御装置、その他各種の制御装置などを備える。

【 0 0 4 3 】

(S 1 0 : レジスト成膜工程)

本実施形態に係る原盤 1 の製造方法によれば、まず、図 3 A に示すように、製造装置の

10

20

30

40

50

成膜装置は、原盤 1 の基材 1 1 の外周面にレジスト層 1 5 を形成する。

【 0 0 4 4 】

より詳細には、図 3 A に示すように、原盤 1 の基材 1 1 としては、例えば、石英ガラスなどからなる基材を用いることが好ましい。基材 1 1 は、円筒形状または円柱形状を有するロール状の基材である。この基材 1 1 の外周面上に、レジスト材料を用いてレジスト層 1 5 が成膜される。ここで、レジスト層 1 5 の材料としては、有機系レジストを使用することが好ましい。有機系レジストとしては、例えば、ノボラック系レジスト、または化学増幅型レジストなどを用いることができる。なお、レジスト層 1 5 には、階調露光を行うために、ポジ型フォトリソグレイド（例えば、製品名：「A Z - P 4 2 1 0」、Mer c 社製）を使用することが好ましい。

10

【 0 0 4 5 】

レジスト層 1 5 の材料として有機系レジストを使用する場合、レジスト層 1 5 は、例えば、スピコーティング、スリットコーティング、ディップコーティング、スプレーコーティング、またはスクリーン印刷等により、基材 1 1 の外周面上に成膜される。例えば、ディップコーティングにより有機系レジストを基材 1 1 の外周面上に塗布して、厚さが数 μm ~ 数十 μm のレジスト層 1 5 を成膜することが好ましい。有機系レジストを用いることで、比較的厚いレジスト層 1 5 を成膜することができる。

【 0 0 4 6 】

（ S 2 0 : 露光制御信号生成工程 ）

次いで、製造装置のコンピュータ（例えば露光制御装置）は、少なくとも 1 つのオブジェクト 1 3 0 が描かれた入力画像 1 1 0（図 6 参照。）を取得し、当該入力画像 1 1 0 に基づいて、オブジェクト 1 3 0 に対応する露光制御信号（図 7 参照。）を生成する。かかる入力画像 1 1 0 やオブジェクト 1 3 0、露光制御信号等の詳細については後述する。

20

【 0 0 4 7 】

（ S 3 0 : 露光工程 ）

さらに、図 3 B に示すように、製造装置の露光装置は、上記 S 2 0 で生成された露光制御信号に基づいて、レーザー光 2 0 をレジスト層 1 5 に照射する。これにより、所定の露光パターンでレジスト層 1 5 を露光して、オブジェクト 1 3 0 に対応する潜像 1 6 を形成する。

【 0 0 4 8 】

30

より詳細には、図 3 B に示すように、露光装置によりレーザー光 2 0 をレジスト層 1 5 に対して照射し、レーザー光 2 0 が照射されたレジスト層 1 5 の部位を変性させる。これにより、レジスト層 1 5 が露光されて、レジスト層 1 5 に複数の潜像 1 6 が形成される。この露光時には、露光光としてのレーザー光をレジスト層 1 5 に対して連続的に照射してもよいし、あるいは、断続的に照射してもよい。レーザー光 2 0 を連続的に照射する場合には、例えば、レーザー光 2 0 をレジスト層 1 5 の面方向に相対移動させながら、レジスト層 1 5 の表面に対して連続的に照射する走査露光を行ってもよい。また、レーザー光 2 0 を断続的に照射する場合には、例えば、レーザー光 2 0 の照射装置をレジスト層 1 5 の面方向に相対移動させながら、レーザー光 2 0 の照射をオン / オフして、レーザー光 2 0 のスポットをレジスト層 1 5 の表面に対して断続的に照射してもよい。レーザー光 2 0 の連続的な照射または断続的な照射のいずれを用いるかは、入力画像 1 1 0 に応じて、適宜選択すればよい。

40

【 0 0 4 9 】

ここで、露光制御装置は、上記 S 2 0 のように、オブジェクト 1 3 0 が描かれた入力画像 1 1 0 に基づいて、オブジェクト 1 3 0 に対応する露光制御信号を生成する。当該露光制御信号によって、基材 1 1 のレジスト層 1 5 に対するレーザー光 2 0 の照射が制御され、レーザー光 2 0 の強度がオブジェクト 1 3 0 の三次元形状に応じて変調される。これにより、露光装置は、レジスト層 1 5 の表面のうちオブジェクト 1 3 0 に対応する位置に対して、オブジェクト 1 3 0 の三次元形状に応じて強度が変調されたレーザー光 2 0 を照射する。この結果、当該オブジェクト 1 3 0 に対応する位置のレジスト層 1 5 を、オブジェクト 1 3 0 の三次元形状に合わせて変性させることができる。これにより、入力画像 1 1 0 中の

50

複数のオブジェクト130にそれぞれ対応する複数の潜像16が、レジスト層15に形成される。各潜像16の三次元形状は、各オブジェクト130の三次元形状に対応している。なお、露光制御装置が入力画像110に基づいて露光制御信号を生成する具体的な処理については後述する。

【0050】

(S40：現像工程)

次いで、図3Cに示すように、製造装置の現像装置は、上記潜像16が形成されたレジスト層15を現像する。これにより、レジスト層15に、オブジェクト130に対応するレジストパターン17が形成される。

【0051】

より詳細には、図3Cに示すように、現像装置は、上記S30で潜像16が形成されたレジスト層15上に現像液を滴下して、レジスト層15を現像する。これにより、レジスト層15に、三次元的な凹凸構造を有するレジストパターン17が形成される。かかるレジストパターン17は、三次元形状を有する複数の凹部18から構成される。複数の凹部18の三次元形状はそれぞれ、各オブジェクト130の三次元形状に対応している。凹部18の深さは、凹部18の最深部が基材11の表面まで到達する深さであってもよいし、到達しない深さであってもよい。

【0052】

なお、レジスト層15がポジ型レジストである場合、レーザ光20で露光された露光部は、非露光部と比較して現像液に対する溶解速度が増加するため、現像処理により除去される。これにより、図3Cに示すように、レジスト層15のうち潜像16の部分が除去されたレジストパターン17がレジスト層15に形成される。一方、レジスト層15がネガ型レジストである場合、レーザ光20で露光された露光部は、非露光部と比較して現像液に対する溶解速度が低下するため、現像処理により非露光部が除去される。これにより、潜像16の部分が残存したレジストパターン(図示せず。)がレジスト層15に形成される。

【0053】

(S50：エッチング工程)

その後、図3Dに示すように、製造装置のエッチング装置は、レジストパターン17が形成されたレジスト層15をマスクとして用いて、基材11をエッチングする。これにより、基材11の外周面に、オブジェクト130に対応する凹部12からなる凹凸パターン(即ち、凹凸構造13)が形成される。

【0054】

より詳細には、図3Cおよび図3Dに示すように、上記S40にてオブジェクト130に対応するレジストパターン17が形成されたレジスト層15をマスクとして用いて、基材11がエッチングされる。これにより、基材11の外周面に、複数の凹部12からなる凹凸構造13(凹凸パターン)が形成される。図3Dに示す凹凸構造13の凹凸形状は、図3Cに示すレジストパターン17の凹凸形状に対応しており、かつ、原盤1から転写物に転写される複数のオブジェクト130の三次元形状の反転形状に相当する。凹凸構造13を構成する複数の凹部12の三次元形状はそれぞれ、原盤1から転写物に転写されるオブジェクト130の三次元形状に対応している。

【0055】

なお、基材11に対するエッチングには、ドライエッチングまたはウェットエッチングのいずれも使用することができる。例えば、基材11の材質が石英ガラス(SiO_2)である場合、フッ化炭素系ガス(例えば、 CHF_3)を用いたドライエッチング、またはフッ化水素酸等を用いたウェットエッチングを利用することで、基材11をエッチングすることができる。

【0056】

[2.2.露光制御信号生成工程(S20)の詳細]

次に、図6および図7を参照して、本実施形態に係る原盤1の製造方法のうち露光制御

10

20

30

40

50

信号生成工程（S20）について、より詳細に説明する。

【0057】

露光制御信号生成工程（S20）では、原盤1の製造装置のコンピュータ、例えば、露光制御装置は、オブジェクト130が描かれた入力画像110に基づいて、原盤1の基材11を露光するための露光制御信号を生成する。

【0058】

（S21：入力画像取得ステップ）

具体的には、まず、図6に示すように、三次元形状を有する少なくとも1つのオブジェクト130A、130B、130C、130D（以下、オブジェクト130と総称する場合もある。）が二次元的に描かれた入力画像110が、露光制御装置に入力される。

10

【0059】

ここで、入力画像110は、例えば、円筒形状の原盤1の外周面を平面展開した矩形状の画像である。入力画像110は、例えば、原盤1の外周面に形成される三次元的な凹凸構造13を二次元的に表すグレースケール画像であってよい。入力画像110には、凹凸構造13の複数の凹部12または凸部を構成する複数のオブジェクト130が二次元的に表現されている。

【0060】

オブジェクト130は、任意の三次元形状を有する構造体（例えば、凸構造体または凹構造体）である。入力画像110には、三次元形状のオブジェクト130を二次元的に表現した平面画像が含まれる。オブジェクト130の平面形状は、例えば、円または楕円などの曲線を含む図形、三角形または四角形などの多角形、直線または曲線などの線状若しくは帯状、あるいは文字、記号を表す形状など、任意の形状であってよい。図6の例の入力画像110では、矩形のオブジェクト130Aと、楕円形のオブジェクト130Bと、五角形のオブジェクト130Cと、三角形のオブジェクト130Dが描かれている。

20

【0061】

入力画像110は、オブジェクト130の三次元形状の高さ変化を、画像の濃淡を用いて表現した画像である。例えば、入力画像110は、オブジェクト130の三次元形状の高さの変化を、画像の濃淡（即ち、グレースケールの階調）を用いて表現したグレースケール画像であることが好ましい。図6の例では、オブジェクト130中の薄い色の部分（白色に近いグレースケールの領域）が、オブジェクト130の高い部分を表し、オブジェクト130中の濃い色の部分（黒色に近いグレースケールの領域）が、オブジェクト130の低い部分を表している。

30

【0062】

なお、入力画像110で用いられるグレースケールの階調は、例えば、2～65、536階調（1～16ビット）であることが好ましく、2～256階調（1～8ビット）であることがより好ましい。しかし、かかる例に限定されず、グレースケールの階調は、2階調（1ビット）以上の任意の階調であってよい。本実施形態では、例えば、256階調のグレースケールを用いる。グレースケールの階調が多いほど、オブジェクト130の三次元形状を、より精細に表現できるというメリットがある反面、入力画像110の解析処理や露光制御信号の生成処理、露光制御処理などに要するデータ処理量が増加するというデメリットがある。したがって、入力画像110のグレースケールの階調は、入力画像110の画像解析処理等に必要なデータ処理量を、フォーマット40のデータ処理能力の許容範囲以下に抑制し、且つ所望の三次元形状の精細さと滑らかさが得られる階調以上に設定されることが好ましい。これにより、オブジェクト130の三次元形状を高精度で原盤1に再現できるようになる。

40

【0063】

（S22：入力画像分割ステップ）

次いで、露光制御装置は、図6に示すように、入力画像110を複数の小領域115に分割する。本実施形態では、入力画像110を複数の小領域115に分割するとき、入力画像110のX方向（横方向）およびY方向（縦方向）に規則的に分割する。図6の例で

50

は、入力画像 110 は、正方格子状のグリッド線を用いて、縦横に規則的に分割されている。

【0064】

ここで、分割された小領域 115 の大きさ（例えば、面積または一辺の長さ）は、レーザー光 20 のスポットの大きさ（例えば、照射面積またはスポット径）に合わせて調整されている。特に、小領域 115 の大きさは、レーザー光 20 のスポットの大きさより小さいことが好ましい。このような小領域 115 ごとにレーザー光 20 のスポットを照射する露光方法により、オブジェクト 130 の三次元形状に対応するレジストパターン 17 を好適に形成できる。

【0065】

なお、入力画像 110 を小領域 115 に分割する形態は、上記のような正方格子の例に限定されず、例えば、矩形格子状、三角格子状または六角格子状などのグリッド線を用いて、規則的に入力画像 110 を分割してもよい。あるいは、直線または曲線などの任意の形状の分割線を用いて不規則的に入力画像 110 を分割してもよい。

【0066】

（S23：露光制御信号生成ステップ）

次いで、図 7 に示すように、露光制御装置は、上記入力画像 110 の各小領域 115 の部分画像に基づいて、レジスト層 15 を露光するための露光制御信号を生成する。部分画像は、入力画像 110 を複数の小領域 115 に分割したときの、各小領域 115 内の画像に相当する。

【0067】

ここで、露光制御信号の生成方法の具体例について説明する。まず、露光制御装置は、入力画像 110 を分割した小領域 115 の各々にオブジェクト 130 が含まれるか否かに基づいて、小領域 115 の各々にレーザー光 20 を照射するか否かを決定する。図 6 に示すように、入力画像 110 には、オブジェクト 130 が描かれている領域（オブジェクト 130 が存在する凹凸部分を表す画像領域）と、オブジェクト 130 が描かれていない領域（オブジェクト 130 が存在しない平坦部分を表す画像領域）が存在する。したがって、図 6 に示すように、入力画像 110 を分割した複数の小領域 115 のうち、一部の小領域 115 B、115 C は、オブジェクト 130 を含んでおり、他の一部の小領域 115 A は、オブジェクト 130 を含んでいない。さらに、オブジェクト 130 を含まない小領域 115 A と比べて、オブジェクト 130 を含む小領域 115 B、115 C では、オブジェクト 130 の三次元形状の高さに応じて、当該部分画像の濃淡（グレースケールの階調）が変化している。

【0068】

そこで、露光制御装置は、入力画像 110 を解析することにより、入力画像 110 の各小領域 115 にオブジェクト 130 が含まれるか否かを判定する。さらに、露光制御装置は、当該判定の結果、オブジェクト 130 が含まれる小領域 115 B、115 C に対しては、レーザー光 20 を照射することを決定する。一方、オブジェクト 130 が含まれない小領域 115 A に対しては、レーザー光 20 を照射しないことを決定する。

【0069】

さらに、露光制御装置は、入力画像 110 を解析することにより、図 7 に示すように、オブジェクト 130 が含まれる各小領域 115 内におけるオブジェクト 130 の部分画像の濃淡（例えば、当該部分画像のグレースケールの階調）を判定する。そして、露光制御装置は、当該判定した濃淡（例えば、当該部分画像のグレースケールの階調）に基づいて、当該各小領域 115 に照射するレーザー光 20 の強度を段階的に決定する。例えば、各小領域 115 内のオブジェクト 130 の部分画像の色が薄くて白色に近く、グレースケールの階調が大きいほど（つまり、当該各小領域 115 内のオブジェクト 130 の高さが高いほど）、当該各小領域 115 に照射するレーザー光 20 の強度は、高い強度に決定される。一方、各小領域 115 内のオブジェクト 130 の部分画像の色が濃くて黒色に近く、グレースケールの階調が小さいほど（つまり、当該各小領域 115 内のオブジェクト 130 の

10

20

30

40

50

高さが低いほど)、当該各小領域 1 1 5 に照射するレーザー光 2 0 の強度は、低い強度に決定される。

【 0 0 7 0 】

また、上記のように各小領域 1 1 5 内の部分画像の濃淡(グレースケールの階調)を判定する際、露光制御装置は、各小領域 1 1 5 のグレースケールの階調の判定結果として、各小領域 1 1 5 内の部分画像の濃淡の平均値に対応する階調を用いることが好ましい。例えば、ある 1 つの小領域 1 1 5 内でオブジェクト 1 3 0 の高さが大幅に変化して、当該 1 つの小領域 1 1 5 内の部分画像が、相異なる複数のグレースケールの階調を有する場合がある。この場合、当該 1 つの小領域 1 1 5 内の複数のグレースケールの階調の平均値(例えば、面積割合での平均値、または画素数割合での平均値)を、当該小領域 1 1 5 内の部分画像全体のグレースケールの階調として用いてもよい。これにより、各小領域 1 1 5 内の部分画像のグレースケールの階調を適切に判定でき、当該判定された階調に応じて、当該各小領域 1 1 5 に照射するレーザー光 2 0 の強度を適切に決定できる。よって、入力画像 1 1 0 に含まれるオブジェクト 1 3 0 の三次元形状に対応するレジストパターン 1 7 や凹凸パターン(凹凸構造 1 3)を、高精度で形成できるようになる。

10

【 0 0 7 1 】

以上のようにして、露光制御装置は、入力画像 1 1 0 の小領域 1 1 5 ごとに、オブジェクト 1 3 0 の有無と、当該小領域 1 1 5 内に含まれるオブジェクト 1 3 0 の部分画像の濃淡の度合い(グレースケールの階調)を判定する。そして、露光制御装置は、各小領域 1 1 5 内に含まれるオブジェクト 1 3 0 の部分画像の濃淡に応じて、各小領域 1 1 5 に照射するレーザー光 2 0 の強度を複数段階で決定する。次いで、露光制御装置は、かかる決定結果に基づいて、入力画像 1 1 0 に含まれるオブジェクト 1 3 0 に対応する露光制御信号を生成する。

20

【 0 0 7 2 】

露光制御信号は、原盤 1 の基材 1 1 の外周面に成膜されたレジスト層 1 5 を露光するために用いられるレーザー光 2 0 (露光光)を制御するための制御信号である。本実施形態では、各小領域 1 1 5 内のオブジェクト 1 3 0 の三次元形状の高低差(即ち、オブジェクト 1 3 0 の部分画像の濃淡)に合わせて、レジスト層 1 5 の各小領域 1 1 5 に照射されるレーザー光 2 0 の強度を変調する。このために、露光制御信号は、図 7 に示すように、各小領域 1 1 5 内のオブジェクト 1 3 0 の部分画像の濃淡(グレースケールの階調)に応じて、信号レベルが段階的に変化する階段状の波形を有する信号として生成される。かかる露光制御信号を用いることにより、入力画像 1 1 0 の各小領域 1 1 5 内のオブジェクト 1 3 0 の部分画像のグレースケールの階調に応じて、レジスト層 1 5 の表面のうち当該各小領域 1 1 5 に対応する領域に照射するレーザー光 2 0 の強度を変調することができる。このように露光制御信号は、露光レーザー光の強度を変調するための変調信号(露光レーザー強度変調信号)として構成される。

30

【 0 0 7 3 】

以上、本実施形態に係る原盤 1 の製造方法における露光制御信号生成工程(S 2 0)について詳細に説明した。

【 0 0 7 4 】

その後、露光工程(S 3 0:図 3 B 参照。)では、露光装置は、上記露光制御信号に基づいて変調された強度を有するレーザー光 2 0 を、レジスト層 1 5 に照射する。これにより、上記露光制御信号に対応する露光パターンで、レジスト層 1 5 が露光される。

40

【 0 0 7 5 】

詳細には、露光工程において、露光装置は、上記露光制御信号に基づいて、小領域 1 1 5 ごとに、オブジェクト 1 3 0 の部分画像の濃淡に応じてレーザー光 2 0 の強度を変調し、当該変調されたレーザー光 2 0 を、レジスト層 1 5 の表面のうち各小領域 1 1 5 に対応する領域に対して照射する。これにより、レジスト層 1 5 の表面に、複数のオブジェクト 1 3 0 に対応する露光パターンで、各オブジェクト 1 3 0 の三次元形状に対応する潜像 1 6 が形成される。

50

【 0 0 7 6 】

次いで、現像工程（S 4 0：図 3 C 参照。）において、現像装置は、当該露光後のレジスト層 1 5 を現像する。これにより、複数のオブジェクト 1 3 0 の三次元形状に対応するレジストパターン 1 7 をレジスト層 1 5 に形成できる。当該レジストパターン 1 7 では、レジスト層 1 5 の表面における小領域 1 1 5 ごとに、上記オブジェクト 1 3 0 の部分画像の濃淡に応じて、レジストパターン 1 7 の凹部 1 8 の深さが変化している。

【 0 0 7 7 】

その後、エッチング工程（S 5 0：図 3 D 参照。）において、エッチング装置は、当該レジストパターン 1 7 が形成されたレジスト層 1 5 をマスクとして用いて、基材 1 1 をエッチングする。これにより、原盤 1 の基材 1 1 の外周面に、複数のオブジェクト 1 3 0 の三次元形状にそれぞれ対応する複数の凹部 1 2 からなる凹凸構造 1 3（凹凸パターン）を形成できる。当該凹凸構造 1 3 の各凹部 1 2 は、各オブジェクト 1 3 0 の三次元形状の反転形状を有する。

10

【 0 0 7 8 】

以上のようにして原盤 1 を製造することにより、任意の三次元形状を有するオブジェクト 1 3 0 に対応する凹凸構造 1 3 を、原盤 1 の外周面に高精度で形成することができる。そして、このように製造された原盤 1 の凹凸構造 1 3 を被転写物の表面に転写することで、転写物やレプリカ原盤を製造することができる。よって、所望の三次元形状を有するオブジェクト 1 3 0 の凹凸構造 1 3 のパターンが高精度で形成された転写物やレプリカ原盤を、効率的かつ低コストで量産可能になる。

20

【 0 0 7 9 】

なお、上述した特許文献 2 に記載の従来技術では、原盤のレジスト層を露光するとき照射されるレーザー光の強度が変調されておらず、一定の強度であった。このため、レジスト層の表面に、三次元形状のオブジェクトに対応する三次元形状の凹凸構造のレジストパターンを形成することが困難であった。また、当該従来技術では、無機系レジストからなるレジスト層を用いた熱リソグラフィにより、厚さが数十 nm ~ 数百 nm の薄いレジスト層を露光して、レジストパターンを形成していた。さらに、当該従来技術の熱リソグラフィでは、露光時のレーザー照射によるレジスト層の吸収熱がある閾値を超えると、無機系レジストの化学反応が急激に進んでしまう。このため、薄い無機レジスト層に形成されるレジストパターンの深さの制御が困難であり、所望の三次元形状のレジストパターンを高精度で生成することができなかった。

30

【 0 0 8 0 】

これに対し、本実施形態に係る原盤 1 の製造方法によれば、レジスト層 1 5 の各小領域 1 1 5 を露光する時のレーザー光 2 0 の強度を、入力画像 1 1 0 の各小領域 1 1 5 内におけるオブジェクト 1 3 0 の部分画像の濃淡に合わせて変調している。この入力画像 1 1 0 における部分画像の濃淡は、原盤 1 の外周面に実際に形成されるオブジェクト 1 3 0 の三次元形状（凹凸構造 1 3）の高さに対応している。したがって、当該オブジェクト 1 3 0 に対応する三次元形状を有するレジストパターン 1 7 を、レジスト層 1 5 の表面に高精度で形成することができる。

【 0 0 8 1 】

さらに、本実施形態によれば、感光材を含む有機系レジストからなり、厚さが数 μm ~ 数十 μm の厚いレジスト層 1 5 を用いて、光リソグラフィにより当該レジスト層 1 5 を露光する。有機系レジストは、無機系レジストと比べて、厚く成膜することが可能である。また、有機系レジストは、含まれる感光材の光反応がレーザー光の光強度に応じて反応が進む。したがって、本実施形態にかかる露光工程では、有機系レジストからなる比較的厚いレジスト層 1 5 を用いた光リソグラフィを適用することにより、露光時のレジスト層 1 5 の光反応を深さ方向に徐々に進行させることができる。加えて、露光時に照射されるレーザー光 2 0 の強度の変調によって、レジスト層 1 5 に形成される潜像 1 6 の深さや三次元形状を好適に制御できる。したがって、図 3 B ~ 図 3 C に示すように、所望の三次元形状のオブジェクト 1 3 0 に対応した三次元形状のレジストパターン 1 7 を高精度で形成できる

40

50

。よって、図 3 D に示すように、原盤 1 の基材 1 1 の外周面にも、所望の三次元形状のオブジェクト 1 3 0 に対応した三次元形状の凹凸構造 1 3 (凹凸パターン) を高精度で形成することができる。

【 0 0 8 2 】

[2 . 3 . 露光装置と露光方法]

次に、図 4 ~ 図 7 を参照して、本実施形態に係る原盤 1 の製造方法で使用される露光装置 2 と露光方法について、より詳細に説明する。図 4 は、本実施形態に係る露光装置 2 の概略構成を示す説明図である。

【 0 0 8 3 】

図 4 に示すように、本実施形態に係る露光装置 2 は、ロール原盤 1 の基材 1 1 の外周面に成膜されたレジスト層 1 5 を露光するための装置である。露光装置 2 は、レーザ光源 2 1 と、レーザ変調ドライバ 3 0 と、フォーマッタ 4 0 とを備える。

【 0 0 8 4 】

レーザ光源 2 1 は、レーザ光 2 0 を発する光源であり、例えば、固体レーザまたは半導体レーザなどである。レーザ光 2 0 の波長は、特に限定されないが、例えば、400 nm ~ 500 nm の青色光帯域の波長であってもよい。

【 0 0 8 5 】

フォーマッタ 4 0 は、上述した露光制御装置に相当する。フォーマッタ 4 0 は、オブジェクト 1 3 0 が描かれた入力画像 1 1 0 に基づいて、レジスト層 1 5 にレーザ光 2 0 を照射するための露光制御信号を生成する。例えば、フォーマッタ 4 0 は、基材 1 1 のレジスト層 1 5 の表面のうち、オブジェクト 1 3 0 に対応する位置に対してレーザ光 2 0 を照射するための露光制御信号を生成してもよい。これにより、基材 1 1 上のレジスト層 1 5 に、任意の形状のオブジェクト 1 3 0 に対応する潜像 1 6 が形成される。なお、フォーマッタ 4 0 は、レーザ光源 2 1 によるレーザ光 2 0 の発光を制御することで、基材 1 1 へのレーザ光 2 0 の照射を制御してもよく、レーザ光 2 0 が基材 1 1 に照射されないように照射位置を制御することで、基材 1 1 へのレーザ光 2 0 の照射を制御してもよい。

【 0 0 8 6 】

レーザ変調ドライバ 3 0 は、レーザ光源 2 1 によるレーザ光 2 0 の照射を制御するドライバである。レーザ変調ドライバ 3 0 は、レーザ光源 2 1 から照射されるレーザ光 2 0 の強度 (パワー) を変調する機能を有する。レーザ変調ドライバ 3 0 には、上記フォーマッタ 4 0 により生成された露光制御信号が入力される。レーザ変調ドライバ 3 0 には、露光制御信号に基づいて、レーザ光源 2 1 から照射されるレーザ光 2 0 の強度を変調する。例えば図 7 に示したように、露光制御信号は、上記入力画像 1 1 0 の各小領域 1 1 5 に含まれるオブジェクト 1 3 0 の部分画像の濃淡 (グレースケールの階調) に応じて、信号レベルが段階的に変化する階段状の波形を有する。このため、レーザ変調ドライバ 3 0 は、当該階段状の波形の露光制御信号の信号レベルに合わせて、レーザ光源 2 1 から照射されるレーザ光 2 0 の強度を変調する。この結果、レーザ光源 2 1 から基材 1 1 に対して、当該オブジェクト 1 3 0 の部分画像の濃淡に応じて強度が変調されたレーザ光 2 0 が照射され、レジスト層 1 5 が露光される。

【 0 0 8 7 】

以上のような構成の露光装置 2 は、基材 1 1 のレジスト層 1 5 に対してレーザ光 2 0 を照射することにより、レジスト層 1 5 の一部を変性させて、潜像 1 6 (図 3 B 参照。) を形成する。かかる露光時に、露光装置 2 は、例えば、円筒形状の基材 1 1 の外周面に形成されたレジスト層 1 5 に対して、螺旋状の軌跡に沿ってレーザ光 2 0 を断続的に、または連続的に照射して、レジスト層 1 5 を螺旋状に露光してもよい。この場合、露光装置 2 は、円筒形状の基材 1 1 の中心軸 1 1 a を回転軸として基材 1 1 を一定速度で回転させながら、レーザ光 2 0 を基材 1 1 の中心軸 1 1 a に沿った一方向 (R 方向) に一定速度で走査するようにして、基材 1 1 にレーザ光 2 0 を照射してもよい。これにより、基材 1 1 の軸方向の一侧から他側にかけて順次、レーザ光 2 0 が螺旋状の軌跡に沿ってレジスト層 1 5 の表面に断続的にまたは連続的に照射され、レジスト層 1 5 の表面のうち必要箇所に所望

10

20

30

40

50

形状の潜像 16 が形成される。

【0088】

本実施形態に係る露光装置 2 では、レーザ変調ドライバ 30 は、フォーマッタ 40 により生成された露光制御信号に基づいて、レーザ光 20 の強度を変調しながら、レーザ光 20 の照射を制御する。これにより、レーザ光 20 により露光されるレジスト層 15 の深さおよび形状を変化させて、オブジェクト 130 に対応する三次元形状を有する潜像 16 をレジスト層 15 に形成することができる。

【0089】

次に、図 5 を参照して、本実施形態に係るフォーマッタ 40 (露光制御装置)の機能構成について説明する。図 5 は、本実施形態に係るフォーマッタ 40 の構成を示すブロック図である。

10

【0090】

図 5 に示すように、本実施形態に係るフォーマッタ 40 は、レーザ光 20 の照射を制御するための露光制御信号とクロック信号を生成する。フォーマッタ 40 は、入力画像取得部 401 と、小領域分割部 403 と、信号生成部 405 と、クロック信号生成部 407 と、を備える。

【0091】

入力画像取得部 401 は、オブジェクト 130 が描かれた入力画像 110 (図 6 参照。)を取得する。入力画像 110 は、例えば、円筒形状の基材 11 の外周面を、当該基材 11 の軸方向に切り開いて、平面に展開した展開図に相当する画像である。また、入力画像 110 に描かれたオブジェクト 130 の平面形状は、例えば、円または楕円などの曲線を含む図形、三角形または四角形などの多角形、直線または曲線などの線状若しくは帯状、あるいは文字、記号を表す形状などであってもよい。

20

【0092】

小領域分割部 403 は、入力画像取得部 401 により取得された入力画像 110 を、所定の形状および大きさを有する複数の小領域 115 に分割する。具体的には、小領域分割部 403 は、入力画像 110 を所定の格子間隔で複数の小領域 115 に分割する。例えば、図 6 に示すように、小領域分割部 403 は、入力画像 110 を基材 11 の周方向に対応する方向(入力画像 110 の X 方向)に所定の間隔 P_x で分割するとともに、入力画像 110 を基材 11 の軸方向に対応する方向(入力画像 110 の Y 方向)に所定の間隔 P_y で分割する。なお、間隔 P_x と間隔 P_y とは、同じであってもよく、異なってもよい。

30

【0093】

ここで、分割された小領域 115 の大きさ(例えば、上記間隔 P_x 、 P_y)は、レーザ光 20 のスポットの大きさ(例えば、スポット径)よりも小さいことが好ましい。これにより、レーザ光 20 の照射により形成された潜像 16 を隣接した小領域 115 同士で隙間なく重ね合わせることができる。すなわち、露光装置 2 は、レーザ光 20 の複数のスポットを重ね合わせることで、オブジェクト 130 に対応する位置を塗りつぶすように露光することができる。例えば、レーザ光 20 のスポットの直径が、約 200 nm である場合、小領域 115 の間隔 P_x 、 P_y は、100 nm であってもよく、小領域 115 は、100 nm × 100 nm の正方形であってもよい。また、小領域 115 の形状は、正方形の例に限定されず、上述したように矩形状、三角形状、多角形状など、任意の形状であってもよい。

40

【0094】

さらに、小領域分割部 403 は、小領域 115 の各々にオブジェクト 130 が含まれるか否かを判定する。また、小領域分割部 403 は、オブジェクト 130 が含まれる小領域 115 の各々内におけるオブジェクト 130 の部分画像の濃淡の度合い(グレースケールの階調)を判定する。

【0095】

ここで、図 6 を参照して、小領域分割部 403 の機能についてより詳細に説明する。図 6 は、複数の小領域 115 に分割された入力画像 110 を示す説明図である。なお、図 6

50

において、X方向は基材11の外周面の周方向に対応し、Y方向は基材11の軸方向に対応する。

【0096】

図6に示すように、小領域分割部403は、オブジェクト130A、130B、130C、130Dを含む入力画像110をX方向に間隔 P_x にて分割し、Y方向に間隔 P_y にて分割している。これにより、入力画像110は、格子状の小領域115に分割される。また、小領域分割部403は、小領域115の各々にオブジェクト130が含まれるか否かを判定する。例えば、小領域分割部403は、小領域115Aをオブジェクト130が含まれない小領域であると判定し、小領域115Bおよび115Cをオブジェクト130が含まれる小領域であると判定する。なお、小領域分割部403は、各小領域115にわ

10

【0097】

なお、入力画像110のうち一部領域のみを露光することを指示するために、入力画像110内に露光領域111が設定されていてもよい。この場合、小領域分割部403は、入力画像110のうち露光領域111内の小領域115に対してのみ、オブジェクト130が含まれるか否かを判定してもよい。

【0098】

信号生成部405は、レーザ光20の照射を制御するための露光制御信号を生成する。具体的には、信号生成部405は、上記小領域分割部403の判定結果に基づいて、レジスト層15における各小領域115に対応する領域に、レーザ光20を照射するか否かを決定する。さらに、信号生成部405は、オブジェクト130が含まれる各小領域115内におけるオブジェクト130の部分画像の濃淡（例えば、グレースケールの階調）を段階的に判定する。そして、信号生成部405は、当該判定結果に基づいて、当該各小領域115に照射するレーザ光20の強度を段階的に決定する。さらに、信号生成部405は、当該決定結果（例えば、各小領域115に照射するレーザ光20の強度を表すデータ）に基づいて、各小領域115に照射するレーザ光20の強度とタイミングを示す露光制御信号を生成する。このとき、信号生成部405は、クロック信号生成部407が生成した

20

30

【0099】

[2.4.入力画像と露光制御信号の具体例]

ここで、図6および図7を参照して、入力画像110に基づく露光制御信号の生成方法の具体例について、より詳細に説明する。なお、図7は、図6に示す入力画像110のうちオブジェクト130Aの周辺画像に対応する露光制御信号の具体例を示す説明図である。

【0100】

図6および図7に示すように、信号生成部405は、入力画像110のX方向の行ごとに、各小領域115内の部分画像の濃淡（例えばグレースケールの階調）を判定し、当該判定結果に基づいて、当該各小領域115に照射するレーザ光20の強度を決定する。

【0101】

例えば、まず、信号生成部405は、入力画像110（または、露光領域111）の最も上の行を選択し、この行の左端の小領域115から順に右端の小領域115まで（即ち、X軸の正方向に向けて）、各小領域115内の部分画像の濃淡（例えば、グレースケールの階調）を判定する。

【0102】

このとき、信号生成部405は、オブジェクト130が含まれてない小領域115に対

40

50

して、グレースケールの階調として「0」を割り当てる。一方、信号生成部405は、オブジェクト130が含まれる小領域115に対して、当該小領域115内のオブジェクト130の部分画像の濃淡に応じたグレースケールの階調の数値（例えば、図7の例では、「0～23」の24階調）を割り当てる。これにより、信号生成部405は、1つの行内の左端の小領域115から順に右端の小領域115まで、各小領域115のグレースケールの階調を判定する。

【0103】

その後、信号生成部405は、一つ下の次の行を選択し、その行内で上記と同様な処理を行うことで、その行の各小領域115のグレースケールの階調を判定する。さらに、かかる判定処理を、上の行から順に下の行まで（Y方向の負方向に向けて）繰り返すことにより、入力画像110（または、露光領域111）全域内の複数の小領域115のグレースケールの階調を判定する。

10

【0104】

なお、信号生成部405が、入力画像110のX方向の各行においてグレースケールの階調を判定する順序は、基材11の回転方向に基づいて設定される。そのため、信号生成部405は、基材11の回転方向によっては、X方向の行ごとに右端の小領域115から順に左端の小領域115まで（X軸の負方向に向けて）、グレースケールの階調を判定してもよい。また、信号生成部405が、入力画像110のY方向に関し、グレースケールの階調を判定する順序は、基材11に対するレーザ光20の走査方向に基づいて設定される。そのため、信号生成部405は、基材11に対するレーザ光20の走査方向によっては、入力画像110の下の行から順に上の行まで（Y軸の正方向に向かって）、グレースケールの階調を判定してもよい。

20

【0105】

また、図7に示すように、信号生成部405は、クロック信号生成部407から取得したクロック信号を用いて、上記各小領域115のグレースケールの階調の判定結果を表すデータ（各小領域115に照射するレーザ光20の強度を表すデータに相当する。）を、露光制御信号に変換する。例えば、クロック信号は所定の周波数を有する矩形波の信号である。また、当該グレースケールの階調の判定結果を表すデータは、例えば、入力画像110の各小領域115に割り当てられたグレースケールの階調を表す数値データである。

【0106】

図7に示すように、露光制御信号は、階段状の波形を有する信号である、露光制御信号の信号レベルは、各小領域115の部分画像の濃淡を表すグレースケールの階調に応じて段階的に増減する。図7の例では、グレースケールの階調が「16」であると判定された小領域115に関し、露光制御信号の信号レベルが最も高くなっている。

30

【0107】

また、信号生成部405は、クロック信号に合わせて露光制御信号を生成する。例えば、露光制御信号の立ち上がりおよび立ち下りのタイミングが、クロック信号の立ち上がりまたは立ち下りのいずれかのタイミングと一致するように、露光制御信号が生成される。図7の例では、露光制御信号の立ち上がりおよび立ち下りがクロック信号の立ち上がりと一致するように、露光制御信号が生成されている。

40

【0108】

クロック信号生成部407は、露光制御信号の基準となるクロック信号を生成する。具体的には、クロック信号生成部407は、基材11を回転させるスピンドルモータ35から、当該スピンドルモータ35の回転を制御するための回転制御信号を取得し、当該回転制御信号に基づいて、所定の周波数を有するクロック信号を生成する。

【0109】

ここで、基材11を回転させるスピンドルモータ35の回転数は、一定の回転数を設定した場合であっても、常に一定ではなく、揺らいでいる。そのため、スピンドルモータ35の回転を制御する回転制御信号と、レーザ光20の照射を制御する露光制御信号とが同期していない場合、スピンドルモータ35の1回転と、露光制御信号の1周分とが一致し

50

ない可能性がある。このような場合、レーザ光 20 が照射される基材 11 の外周面の位置が、基材 11 の 1 回転ごとにずれるため、オブジェクト 130 に対応する凹凸パターンを基材 11 の外周面の正確な位置に形成できない恐れがある。

【0110】

そこで、本実施形態に係る露光装置 2 では、上述したように、スピンドルモータ 35 の回転を制御するための回転制御信号からクロック信号を生成し、該クロック信号に基づいて、レーザ光 20 の照射を制御するための露光制御信号を生成する。これにより、回転制御信号と露光制御信号を同期させている。したがって、レーザ光 20 が照射される基材 11 の外周面の位置が、基材 11 の 1 回転ごとにずれないので、オブジェクト 130 に対応する凹凸パターンを基材 11 の外周面の正確な位置に形成することができる。

10

【0111】

なお、回転制御信号と露光制御信号とを同期させる方法は、上記の例に限定されない。例えば、クロック信号生成部 407 は、基準となるクロック信号をそれぞれスピンドルモータ 35 および信号生成部 405 に送信してもよい。このような場合、スピンドルモータ 35 は、該クロック信号を基にスピンドルモータ 35 の回転を制御する回転制御信号を生成し、信号生成部 405 は、該クロック信号を基に露光制御信号を生成する。この方法によっても、スピンドルモータ 35 の回転を制御する回転制御信号と、レーザ光 20 の照射を制御する露光制御信号とを同期させることができる。

【0112】

以上にて、レーザ光 20 の照射を制御する露光制御信号を生成するフォーマッタ 40 の機能構成について説明した。このようなフォーマッタ 40 によれば、任意のオブジェクト 130 の三次元形状に対応する露光制御信号を好適に生成することができる。

20

【0113】

なお、このようなフォーマッタ 40 の機能は、ソフトウェアとハードウェアとの協働によって実現される。例えば、フォーマッタ 40 は、ブリッジにて相互に接続された CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory) 等を備え、これらのハードウェアによって上記の機能を実現してもよい。

【0114】

例えば、CPU は、演算処理装置および制御装置として機能し、各種プログラムに従って、フォーマッタ 40 内の動作全般を制御する。ROM は、CPU が使用するプログラム、演算パラメータを記憶し、RAM は、CPU の実行において使用するプログラムや、その実行において適宜変化するパラメータ等を一時記憶する。これにより、CPU は、例えば、入力画像取得部 401、小領域分割部 403、信号生成部 405、クロック信号生成部 407 の機能を実行することができる。

30

【0115】

[2.5 . 入力画像と露光制御信号の別の具体例]

次に、図 8 ~ 図 10 を参照して、入力画像 110 に基づく露光制御信号の生成方法の別の具体例について、より詳細に説明する。なお、図 8 は、本実施形態に係る入力画像 110 の具体例を示す説明図である。図 9 は、複数の小領域 115 に分割された入力画像 110 と、オブジェクト 130 の部分画像の濃淡 (グレースケールの階調) の具体例を示す説明図である。図 10 は、図 9 に示す入力画像 110 のうち 1 つのオブジェクト 130 (マイクロレンズ) の部分画像に対応する露光制御信号の具体例を示す説明図である。

40

【0116】

なお、図 8 ~ 図 10 の具体例でも、上述した図 6 および図 7 の具体例と同様に、入力画像 110 が複数の小領域 115 に分割され、各小領域 115 の部分画像の濃淡 (グレースケールの階調) に基づいて、露光制御信号が生成される。よって、これらの分割処理および生成処理の詳細説明は省略する。

【0117】

図 8 および図 9 に示すように、入力画像 110 は、同一の形状を有する複数のオブジェ

50

クト130が描かれたグレースケール画像であってもよい。図8の例の入力画像110は、マイクロレンズアレイを表しており、個々のマイクロレンズはオブジェクト130に相当する。図8に示すように、オブジェクト130として複数のマイクロレンズが縦横（XおよびY方向）に正方格子状に規則的に配列されている。複数のマイクロレンズは、相互に間隔を空けて配置されている。図8の例のマイクロレンズ（オブジェクト130）は、球面または非球面形状を有する凸レンズであり、当該マイクロレンズの表面形状は、レンズ頂点に近いほど高くなる三次元形状を有する。このため、図9に示すように、入力画像110のうちマイクロレンズが存在する領域では、レンズ頂点に近いほど、マイクロレンズの画像の濃淡は白色に近くなり、グレースケールの階調が大きくなっている（例えば、階調＝「1」～「16」）。一方、相隣接する複数のマイクロレンズの間の非レンズ領域は、高さが低い平坦面となっており、当該非レンズ領域の画像の濃淡は黒色に近くなり、グレースケールの階調が最も小さくなっている（例えば、階調＝「0」）。

10

【0118】

図9の上側に示す入力画像110は、図8の入力画像110から、Y方向の中央の1行に配列された5個のマイクロレンズ（オブジェクト130）の部分画像を切り出したものである。図9に示すように、入力画像110が、正方格子状のグリッド線により、複数の小領域115に分割されている。図9の例では、X方向のグリッド線の間隔 P_x と、Y方向のグリッド線の間隔 P_y とは等しく、小領域115は正方形のグリッドとなっている。しかし、かかる例に限定されず、例えば、間隔 P_x と間隔 P_y は互いに異なってよく、小領域115は、矩形状または他の形状を有するグリッドであってもよい。

20

【0119】

図9に示すように、入力画像110中で1つのマイクロレンズ（オブジェクト130）が存在する領域を、マイクロレンズの三次元形状の高低差に応じて、例えば100個以上の多数の小領域115に分割することが好ましい（例えば、X方向に10分割以上、Y方向に10分割以上）。これにより、当該多数の小領域115の部分画像を用いて、個々のマイクロレンズの三次元的な球面または非球面形状を、原盤1の基材11の外周面に緻密かつ滑らかに再現することが可能になる。

【0120】

また、図9の下側に示す棒グラフは、図9の上側の入力画像110のうち、Y方向のほぼ中央において5個のマイクロレンズをX方向に横断する1行の部分画像の濃淡（例えば、グレースケールの階調）の変化を示している。このように、入力画像110を小領域115に分割した上で、各小領域115の部分画像を解析することにより、各小領域115の部分画像の濃淡を求める。これにより、入力画像110で二次元的に描かれているマイクロレンズの三次元形状の高さの変化を的確に把握して、露光制御信号に反映させることが可能になる。したがって、図10に示すように、各小領域115の部分画像の濃淡（グレースケールの階調）から、マイクロレンズの三次元形状に対応した露光制御信号を生成することができる。

30

【0121】

図10に示す露光制御信号は、上述した図7の例の露光制御信号と同様に、マイクロレンズ（オブジェクト130）の部分画像の濃淡を表すグレースケールの階調に応じた階段状の波形を有する。グレースケールの階調が大きいほど、露光制御信号の信号レベルが高い値に設定されている。この露光制御信号の信号レベルの変化は、1つのマイクロレンズの三次元形状の高さの変化に対応している。当該露光制御信号を用いてレーザ光20の強度を変調しながらレジスト層15を露光することで、マイクロレンズアレイの三次元形状に対応するレジストパターン17を、レジスト層15に的確に再現することができる。

40

【0122】

以上、図8～図10を参照して、オブジェクト130として複数のマイクロレンズが規則的に配列されたマイクロレンズアレイを表す入力画像110と、当該入力画像110に基づいて生成された露光制御信号の具体例について説明した。かかる具体例によれば、当該入力画像110に描かれたマイクロレンズアレイを製造するための原盤1を製造するこ

50

とができる。当該製造方法によれば、例えば図 8 に示した入力画像 110 に二次元的に描かれたマイクロレンズアレイの三次元形状に対応する凹凸構造 13 を、原盤 1 の外周面に高精度で再現することができる。

【0123】

なお、原盤 1 による製造対象の製品は、上記図 8 等に示したマイクロレンズアレイの例に限定されず、多様な製品に適用可能である。例えば、原盤 1 による製造対象の製品は、複数のマイクロレンズが不規則に配置されたマイクロレンズアレイであってもよいし、あるいは、可視光帯域に属する波長以下の凹凸周期を有するモスアイ構造が形成された反射防止フィルム、拡散板、偏光板、回折格子、その他各種の光学部材などであってもよい。これら各種の光学部材に形成される所望の凹凸構造を、オブジェクト 130 としてグレー
スケールで描画した入力画像 110 を生成し、本実施形態に係る原盤 1 の製造方法に当該
入力画像 110 を適用すればよい。これにより、当該所望の凹凸構造を有する光学部材の
製品を製造するために用いる原盤 1 を、容易かつ高精度で製造可能である。

10

【0124】

[2.6 . 露光装置の構成例]

次に、図 11 および図 12 を参照して、本実施形態に係る原盤 1 の製造方法に使用される露光装置 2 の構成例について説明する。図 11 は、本実施形態に係る露光装置 2 A の構成例を示す説明図である。図 12 は、本実施形態に係る露光装置 2 B の他の構成例を示す説明図である。

【0125】

まず、図 11 を参照して、本実施形態に係る露光装置 2 A について説明する。露光装置 2 A は、レーザ光源 21 A として、固体レーザを用いる露光装置である。

20

【0126】

図 11 に示すように、露光装置 2 A は、レーザ光源 21 A と、電気光学素子 (Electro Optical Modulator : EOM) 22 と、第 1 ミラー 23 と、フォトダイオード (Photodiode : PD) 24 と、変調光学系 25 と、制御機構 37 と、第 2 ミラー 31 と、移動光学テーブル 32 と、スピンドルモータ 35 と、ターンテーブル 36 とを備える。また、基材 11 は、ターンテーブル 36 上に載置され、回転することができるようになっている。

【0127】

レーザ光源 21 A は、具体的には、固体レーザである。例えば、レーザ光源 21 A として、266 nm の波長を有する固体レーザなどを用いることができる。

30

【0128】

レーザ光源 21 A から出射されたレーザ光 20 は、平行ビームのまま直進し、電気光学素子 22 に入射する。電気光学素子 22 を透過したレーザ光 20 は、第 1 ミラー 23 で反射され、変調光学系 25 に導かれる。

【0129】

第 1 ミラー 23 は、偏光ビームスプリッタで構成されており、偏光成分の一方を反射させ、偏光成分の他方を透過させる機能を有する。第 1 ミラー 23 を透過した偏光成分は、フォトダイオード 24 によって受光され、光電変換される。また、フォトダイオード 24
によって光電変換された受光信号は、電気光学素子 22 に入力される。電気光学素子 22
は、入力された受光信号に基づいてレーザ光 20 の位相変調を行う。

40

【0130】

また、変調光学系 25 は、集光レンズ 26 と、音響光学素子 (Acousto - Optical Modulator : AOM) 27 と、コリメータレンズ 28 とを備える。

【0131】

変調光学系 25 において、レーザ光 20 は、集光レンズ 26 によって、ガラス (SiO₂) などからなる音響光学素子 27 に集光される。レーザ光 20 は、音響光学素子 27 によって強度変調され発散した後、コリメータレンズ 28 によって、再度、平行ビーム化される。変調光学系 25 から出射されたレーザ光 20 は、第 2 ミラー 31 によって反射され

50

、移動光学テーブル32上に水平かつ平行に導かれる。

【0132】

また、制御機構37は、フォーマッタ40と、ドライバ30とを備え、レーザ光20の照射を制御する。フォーマッタ40は、上述したようにレーザ光20の照射を制御するための露光制御信号を生成し、ドライバ30は、フォーマッタ40が生成した露光制御信号に基づいて、音響光学素子27を制御する。これにより、レジスト層15へのレーザ光20の照射が制御される。

【0133】

移動光学テーブル32は、ビームエキスパンダ(Beam expander: BEX)33と、対物レンズ34とを備える。移動光学テーブル32に導かれたレーザ光20は、
10
ビームエキスパンダ33により所望のビーム形状に整形された後、対物レンズ34を介して、基材11の外周面のレジスト層15に照射される。

【0134】

なお、図示していないが、露光装置2Aは、レーザ光20が常に基材11上のレジスト層15にて焦点を結ぶように動的にフォーカス制御されることが好ましい。具体的には、
20
基材11は、回転の際に、回転軸の軸ぶれ、および基材11の表面の加工精度等によって対物レンズ34から基材11までの距離が変動している。そのため、レーザ光20が常に基材11のレジスト層15にて焦点を結ぶようにするために、露光装置2Aは、レーザ光20のフォーカスズレを検出し、動的にレーザ光20のフォーカスを制御することが好ましい。なお、基材11上のレジスト層15に対するレーザ光20のフォーカスズレを検出する方法は、例えば、レジスト層15に照射したレーザ光20の反射光の非点収差を検出する方法などを用いることができる。

【0135】

これらの構成により、ターンテーブル36により基材11を一定速度で回転させ、レーザ光20を基材11の軸方向に一定速度で走査しながら照射することにより、レジスト層15が露光される。なお、レーザ光20の走査は、移動光学テーブル32により、レーザ光20を矢印R方向へ一定速度で移動させることによって行われる。

【0136】

なお、上記で説明したように、露光装置2Aでは、レーザ光20の実際の照射位置と、露光制御信号が示す照射位置とが一致する(同期する)ように、スピンドルモータ35の
30
回転を制御するための回転制御信号と、レーザ光20の照射を制御するための露光制御信号とが同期されている。これにより、露光装置2Aは、基材11の1周ごとにレーザ光20の照射位置がずれることなくレジスト層15を露光することができる。

【0137】

また、露光装置2Aのターンテーブル36の回転数、フォーマッタ40が生成する露光制御信号の周波数は、基材11の円筒形状の外周長さ、および入力画像110の周方向(X方向)の分割間隔Pxにより決定される。さらに、露光装置2Aの移動光学テーブル32の送りピッチは、入力画像110の軸方向(Y方向)の分割間隔Pyにより決定される。すなわち、これらの露光パラメータは、レーザ光20の照射位置が入力画像110の分割された小領域と一致するように決定される。
40

【0138】

次に、図12を参照して、本実施形態の別の構成例に係る露光装置2Bについて説明する。露光装置2Bは、レーザ光源21Bとして、半導体レーザを用いる露光装置である。

【0139】

図12に示すように、露光装置2Bは、レーザ光源21Bと、第1ミラー23と、フォトダイオード(PD)24と、集光レンズ26と、電気光学偏向素子(Electro Optic Deflector: EOD)29と、コリメータレンズ28と、制御機構37と、第2ミラー31と、移動光学テーブル32と、スピンドルモータ35と、ターンテーブル36とを備える。また、基材11は、ターンテーブル36上に載置され、回転することができるようになっている。
50

【 0 1 4 0 】

ここで、移動光学テーブル 3 2、スピンドルモータ 3 5、およびターンテーブル 3 6 については、図 1 1 を参照して説明した露光装置 2 A と同様であるので、ここでの説明は省略する。

【 0 1 4 1 】

レーザ光源 2 1 B は、具体的には、半導体レーザである。例えば、レーザ光源 2 1 B として、400 nm ~ 500 nm の青色光帯域の波長のレーザ光を発する青色半導体レーザを用いることができる。本実施形態に係る製造方法にて使用される露光装置では、レーザ光源 2 1 B として、半導体レーザを用いることが好ましい。

【 0 1 4 2 】

レーザ光源 2 1 B から出射されたレーザ光 2 0 は、平行ビームのまま直進し、第 1 ミラー 2 3 で反射される。また、第 1 ミラー 2 3 にて反射されたレーザ光 2 0 は、集光レンズ 2 6 によって電気光学偏向素子 2 9 に集光された後、コリメータレンズ 2 8 によって、再度、平行ビーム化される。平行ビーム化されたレーザ光 2 0 は、第 2 ミラー 3 1 によって反射され、移動光学テーブル 3 2 上に水平かつ平行に導かれる。

【 0 1 4 3 】

第 1 ミラー 2 3 は、偏光ビームスプリッタで構成されており、偏光成分の一方を反射させ、偏光成分の他方を透過させる機能を有する。第 1 ミラー 2 3 を透過した偏光成分は、フォトダイオード 2 4 によって受光され、光電変換される。また、フォトダイオード 2 4 によって光電変換された受光信号は、レーザ光源 2 1 B に入力される。レーザ光源 2 1 B は、入力された受光信号に基づいてレーザ光 2 0 の変調を行う。

【 0 1 4 4 】

電気光学偏向素子 2 9 は、レーザ光 2 0 の照射位置を制御することが可能な素子である。露光装置 2 B は、電気光学偏向素子 2 9 により、移動光学テーブル 3 2 上に導かれるレーザ光 2 0 の照射位置を変化させることも可能である。

【 0 1 4 5 】

また、制御機構 3 7 は、フォーマッタ 4 0 と、ドライバ 3 0 とを備え、レーザ光 2 0 の照射を制御する。ドライバ 3 0 は、フォーマッタ 4 0 が生成した露光制御信号に基づいてレーザ光源 2 1 B の出力を制御する。これにより、レジスト層 1 5 へのレーザ光 2 0 の照射が制御される。

【 0 1 4 6 】

なお、図 1 2 で示した露光装置 2 B は、図 1 1 で示した露光装置 2 A と同様に、レーザ光 2 0 のフォーカスを動的に制御しており、スピンドルモータ 3 5 の回転制御信号と、レーザ光 2 0 の露光制御信号とを同期させている。

【 0 1 4 7 】

[3 . ま と め]

以上、本実施形態に係る原盤 1 の製造方法、当該製造方法に用いられる原盤 1 の製造装置、並びに、転写物およびレプリカ原盤の製造方法などについて詳細に説明した。本実施形態によれば、任意の入力画像 1 1 0 に描かれたオブジェクト 1 3 0 の画像の濃淡（例えばグレースケールの階調）に応じて、レーザ光 2 0 の強度を変調し、当該強度が変調されたレーザ光 2 0 を用いて、基材 1 1 の外周面のレジスト層 1 5 を露光する。かかる露光方法により、オブジェクト 1 3 0 の任意の三次元形状に対応するレジストパターン 1 7 を、レジスト層 1 5 に形成できる。したがって、当該レジストパターン 1 7 を用いて基材 1 1 の外周面をエッチング等することにより、当該三次元形状に対応する凹凸構造 1 3 を基材 1 1 の外周面に形成することができる。よって、本実施形態によれば、従来技術と比べて、原盤 1 の基材 1 1 の外周面に、任意の三次元形状を有するオブジェクト 1 3 0 に対応する凹凸構造 1 3 のパターンを高精度に形成することができる。

【 0 1 4 8 】

より詳細には、上記特許文献 1 に開示された技術では、区画された露光対象領域毎に露光を行っており、当該露光対象領域は、露光光の強度が小さく、露光深さの浅い凹部同士

10

20

30

40

50

の境界部分で区画されていた。このため、隣り合う区画の凹凸構造同士が連続的にシームレスに連結されるような任意の三次元形状を有する凹凸構造を自由に形成することができないという問題があった。

【 0 1 4 9 】

これに対し、本実施形態によれば、入力画像 1 1 0 におけるオブジェクト 1 3 0 の配置や凹凸形状とは無関係に、入力画像 1 1 0 を複数の小領域 1 1 5 に分割するためのグリッド線を自由に設定することができる。このように小領域 1 1 5 の分割方法の自由度が高いため、オブジェクト 1 3 0 の配置や凹凸形状に柔軟に対応した露光制御信号を生成して、レジスト層 1 5 の露光に利用できる。よって、任意の三次元形状を有するオブジェクト 1 3 0 に対応する凹凸構造 1 3 を、原盤 1 の外周面に自由に形成することが可能である。

10

【 0 1 5 0 】

また、上記特許文献 1 に記載の技術では、露光光として、入力画像 1 1 0 に応じて強度が変調されたレーザ光のスポットを断続的に照射するのではなく、露光光をレジスト膜の面方向に相対移動させて連続的に照射する走査露光を行っていた。このため、かかる連続的な走査露光では、所望の三次元形状の凹凸構造のパターンを高精度で形成することが困難であるという問題があった。

【 0 1 5 1 】

これに対し、本実施形態によれば、露光光として、入力画像 1 1 0 の濃淡に応じて強度が変調されたレーザ光 2 0 のスポットを使用し、入力画像 1 1 0 の小領域 1 1 5 に対応するレジスト層 1 5 の各領域に対して、レーザ光 2 0 のスポットを断続的または連続的に照射する。この際、入力画像 1 1 0 の小領域 1 1 5 ごとにレーザ光 2 0 の強度を変調しつつ、当該小領域 1 1 5 に対応するレジスト層 1 5 の各領域に対して、強度が変調されたレーザ光 2 0 のスポットを照射する。ここで、小領域 1 1 5 の大きさ（例えば、面積または間隔 P_x 、 P_c など）は、レジスト層 1 5 に照射されるレーザ光 2 0 のスポットの大きさ（例えば、照射面積またはスポット径など）よりも小さいことが好ましい。かかる階調露光方法により、入力画像 1 1 0 に描かれたオブジェクト 1 3 0 の高さ、三次元形状および配置に合わせて、レジスト層 1 5 を所望の深さ、三次元形状および配置で好適に露光できる。したがって、オブジェクト 1 3 0 に対応する複数の潜像 1 6 からなるレジストパターン 1 7 を高精度かつ自由に形成することができる。よって、当該レジストパターン 1 7 を用いて、原盤 1 の基材 1 1 の外周面に、所望の三次元形状を有する凹凸構造 1 3 のパターンを高精度かつ自由に形成することができる。

20

30

【 0 1 5 2 】

また、上記特許文献 2 に記載された技術では、ロール原盤の外周面のレジスト層を露光するとき、レーザ光の強度を変調しておらず、一定の強度のレーザ光をオン/オフすることで、凹凸パターンを露光していた。したがって、凹凸構造のパターンの深さを任意に変化させることができないため、任意の三次元形状を有する凹凸構造を自由に形成することが困難であるという問題があった。

【 0 1 5 3 】

これに対し、本実施形態によれば、入力画像 1 1 0 中のオブジェクト 1 3 0 の部分画像の濃淡（例えば、グレースケールの階調）に合わせて、レジスト層 1 5 に照射するレーザ光 2 0 の強度を自由に変調可能である。したがって、レジスト層 1 5 の露光時に、所望の三次元形状を有するレジストパターン 1 7 を適切に形成できる。よって、当該レジストパターン 1 7 を用いて原盤 1 の外周面に形成される微細な凹凸構造 1 3 の深さや三次元形状、配置を、所望のオブジェクト 1 3 0 の三次元形状のパターンに合わせて自由に変化させることができる。

40

【 0 1 5 4 】

さらに、本実施形態に係る製造方法により製造される原盤 1 は、円筒形状または円柱形状を有するロール原盤であって、その外周面に、任意の三次元形状を有する凹凸構造 1 3 が形成されている。ここで、凹凸構造 1 3 の三次元形状は、例えば、図 1 および図 6 に示すように任意のオブジェクト 1 3 0 に対応する多様な形状であってもよいし、図 8 および

50

図 9 に示すように、複数のマイクロレンズ（個々のマイクロレンズは、オブジェクト 1 3 0 の一例である。）が規則的または不規則に配列されたマイクロレンズアレイなどの光学部材の凹凸形状であってもよい。

【 0 1 5 5 】

かかるロール原盤 1 を用いて転写物を製造することにより、上記のような任意の三次元形状を有する凹凸構造 1 3 が表面に転写された転写物（例えば、マイクロレンズアレイが形成された光学シート）の生産性と品質を向上することができる。さらに、本実施形態では、ロール原盤 1 を備えた製造装置を用いて、ロールツーロール方式で転写物を製造する。これにより、平板形原盤を備えた従来の製造装置と比べて、マイクロレンズアレイ等の微細凹凸構造を備えた製品を、安価かつ高い生産性で製造することが可能となる。

10

【実施例】

【 0 1 5 6 】

以下に、上述した本実施形態に係る原盤の製造方法の実施例について、具体的に説明する。なお、以下に示す実施例は、上記実施形態に係る原盤の製造方法の実施可能性および効果を示すための一例であり、本発明に係る原盤の製造方法が以下の実施例に限定されるものではない。

【 0 1 5 7 】

以下の製造方法により、本発明の実施例 1 ~ 4 に係る原盤 1 と転写物を製造した。

【 0 1 5 8 】

（実施例 1：図 1 3）

まず、実施例 1 に係る原盤 1 と転写物の製造方法について説明する。

20

【 0 1 5 9 】

レジスト成膜工程（S 1 0）にて、円筒形状の基材 1 1 の外周面に、ディップコート法により厚み 1 0 μm のレジスト層 1 5 を形成した。基材 1 1 としては 4 . 5 mm 厚の円筒形状の石英ガラスからなる基材を用いた。レジスト材料としては、有機系レジストであるポジ型フォトリソレジスト（例えば、製品名：「AZ - P 4 2 1 0」、M e r c 社製）を用いた。

【 0 1 6 0 】

次いで、露光制御信号生成工程（S 2 0）にて、入力画像 1 1 0 を用いて露光制御信号を生成した。入力画像 1 1 0（露光パターン）としては、図 1 3 に示すように、同一形状を有する複数のマイクロレンズ（オブジェクト 1 3 0 に相当する。）が正方格子状に規則的に配列されたマイクロレンズアレイのグレースケール画像を使用した。このマイクロレンズアレイでは、直径 2 0 μm 、高さ 4 μm のマイクロレンズが、2 0 μm ピッチで、相互の間にほぼ隙間なく整列されている。入力画像 1 1 0 を複数の小領域 1 1 5 に分割する間隔 P_x 、 P_y （図 9 参照。）は、2 0 0 nm とした。マイクロレンズの部分画像の濃淡を示すグレースケールの階調は、2 5 6 階調とした。

30

【 0 1 6 1 】

その後、露光工程（S 3 0）にて、露光制御信号に基づいてレーザー光 2 0 の強度を変調しながら、基材 1 1 の外周面に成膜されたレジスト層 1 5 を露光した。具体的には、図 1 2 に示す露光装置 2 B を用いて、レーザー光 2 0 による光リソグラフィにより、基材 1 1 のレジスト層 1 5 に潜像 1 6 を形成した。露光装置 2 B のレーザー光源 2 1 B には、波長 4 0 5 nm のレーザー光 2 0 を発する青色半導体レーザーを用いた。また、露光時には、中心軸 1 1 a を中心に基材 1 1 を 9 0 0 r p m で回転させながら、レーザー光 2 0 を基材 1 1 の軸方向に 1 . 5 μm / 秒にて走査した。

40

【 0 1 6 2 】

次いで、現像工程（S 4 0）にて、上記露光後の基材 1 1 を現像した。この現像工程では、TMAH の 2 . 3 8 質量% 水溶液を用いて、2 7 にて 1 8 0 0 秒間現像し、露光した部分のレジストを溶解させ、レジストパターン 1 7 を形成した。

【 0 1 6 3 】

その後、エッチング工程（S 5 0）にて、上記現像後のレジストパターン 1 7 をマスク

50

として用いて、基材 1 1 をドライエッチングした。このエッチング工程では、エッチングガスとして CHF_3 ガス（流量 30 sccm）を用い、チャンバーのガス圧 0.5 Pa、印加 RF 電力 150 W にて、エッチング時間 300 分間で、反応性イオンエッチングを行った。かかるエッチング工程により、基材 1 1 の外周面に凹凸構造 1 3 を形成した。

【0164】

以上の工程により、実施例 1 に係る原盤 1 を製造した。さらに、製造した原盤 1 を用いて、実施例 1 に係る転写物を製造した。具体的には、図 2 で示したような転写装置 6 を用いて、転写物のシート状基材（被転写物 6 1）の表面に、紫外線硬化樹脂からなる樹脂層 6 2 を積層し、原盤 1 の外周面に形成された凹凸構造 1 3 を未硬化の樹脂層 6 2 に転写した。なお、転写物のシート状基材には、ポリエチレンテレフタレート（Polyethylene Terephthalate: PET）フィルムを用いた。その後、メタルハライドランプにより、 1000 mJ/cm^2 の紫外線を 1 分間照射することで、紫外線硬化樹脂からなる樹脂層 6 2 を硬化させた。このようにして、原盤 1 の凹凸構造 1 3 が樹脂層 6 2 に転写された転写物（マイクロレンズアレイの製品）を製造した。

10

【0165】

上記のように製造された実施例 1 に係る転写物である整列マイクロレンズアレイの SEM 画像を、図 1 3 の下部側に示す。図 1 3 に示すように、実施例 1 に係る整列マイクロレンズアレイでは、入力画像 1 1 0 に描かれた複数のマイクロレンズ（オブジェクト 1 3 0）からなるマイクロレンズアレイの三次元形状が、転写物の表面に高精度で再現されていることが分かる。

20

【0166】

（実施例 2：図 1 4）

次に、実施例 2 に係る原盤 1 と転写物の製造方法について説明する。実施例 2 では、露光制御信号生成工程（S20）で用いる入力画像 1 1 0 以外は、実施例 1 と同様な製造方法で、原盤 1 と転写物を製造した。

【0167】

実施例 2（図 1 4）では、実施例 1（図 1 3）と比べて大きい配列ピッチでマイクロレンズが配列された整列マイクロレンズアレイを製造するための入力画像 1 1 0 を用いた。実施例 2 に係る入力画像 1 1 0 としては、図 1 4 に示すように、同一形状を有する複数のマイクロレンズ（オブジェクト 1 3 0 に相当する。）が正方格子状に規則的に配列されたマイクロレンズアレイのグレースケール画像を使用した。このマイクロレンズアレイでは、直径 $25 \mu\text{m}$ 、高さ $3 \mu\text{m}$ のマイクロレンズが、 $25 \mu\text{m}$ ピッチで、相互に間隔を空けて整列されている。入力画像 1 1 0 を複数の小領域 1 1 5 に分割する間隔 P_x 、 P_y （図 9 参照。）は、 200 nm とした。マイクロレンズの部分画像の濃淡を示すグレースケールの階調は、256 階調とした。

30

【0168】

実施例 2 に係る転写物である整列マイクロレンズアレイの SEM 画像を、図 1 4 の下部側に示す。図 1 4 に示すように、実施例 2 に係る整列マイクロレンズアレイでも、入力画像 1 1 0 に描かれた複数のマイクロレンズ（オブジェクト 1 3 0）からなるマイクロレンズアレイの三次元形状が、転写物の表面に高精度で再現されていることが分かる。

40

【0169】

（実施例 3：図 1 5）

次に、実施例 3 に係る原盤 1 と転写物の製造方法について説明する。実施例 3 では、露光制御信号生成工程（S20）で用いる入力画像 1 1 0 以外は、実施例 1 と同様な製造方法で、原盤 1 と転写物を製造した。

【0170】

実施例 3（図 1 5）では、複数のマイクロレンズが不規則に配置されたランダムマイクロレンズアレイを製造するための入力画像 1 1 0 を用いた。実施例 3 に係る入力画像 1 1 0 としては、図 1 5 に示すように、ほぼ同一形状を有する複数のマイクロレンズ（オブジェクト 1 3 0 に相当する。）が、ランダムに配置されたマイクロレンズアレイのグレース

50

ケール画像を使用した。このマイクロレンズアレイでは、概ね直径 $10\ \mu\text{m}$ 、高さ $3\ \mu\text{m}$ のマイクロレンズが、ある程度分散してランダムに配置されている。入力画像110を複数の小領域115に分割する間隔 P_x 、 P_y (図9参照。)は、 $200\ \text{nm}$ とした。マイクロレンズの部分画像の濃淡を示すグレースケールの階調は、 256 階調とした。

【0171】

実施例3に係る転写物であるランダムマイクロレンズアレイのSEM画像を、図15の下部側に示す。図15に示すように、実施例3に係るランダムマイクロレンズアレイでは、入力画像110に描かれた複数のマイクロレンズ(オブジェクト130)からなるマイクロレンズアレイの三次元形状が、転写物の表面に高精度で再現されていることが分かる。

10

【0172】

(実施例4:図16)

次に、実施例4に係る原盤1と転写物の製造方法について説明する。実施例4では、露光制御信号生成工程(S20)で用いる入力画像110以外は、実施例1と同様な製造方法で、原盤1と転写物を製造した。

【0173】

実施例4(図16)では、実施例3(図15)と比べて多数のマイクロレンズが密集して不規則に配置されたランダムマイクロレンズアレイを製造するための入力画像110を用いた。実施例4に係る入力画像110としては、図16に示すように、相異なる形状を有する複数のマイクロレンズ(オブジェクト130に相当する。)が、ランダムに配置されたマイクロレンズアレイのグレースケール画像を使用した。このマイクロレンズアレイでは、概ね直径 $10\ \mu\text{m}$ 、高さ $2\ \mu\text{m}$ のマイクロレンズが、相互に隙間なく密集しつつ、ランダムに配置されている。入力画像110を複数の小領域115に分割する間隔 P_x 、 P_y (図9参照。)は、 $200\ \text{nm}$ とした。マイクロレンズの部分画像の濃淡を示すグレースケール画像の階調は、 256 階調とした。

20

【0174】

実施例4に係る転写物であるランダムマイクロレンズアレイのSEM画像を、図16の下部側に示す。図16に示すように、実施例4に係るランダムマイクロレンズアレイでも、入力画像110に描かれた複数のマイクロレンズ(オブジェクト130)からなるマイクロレンズアレイの三次元形状が、転写物の表面に高精度で再現されていることが分かる。

30

【0175】

以上の実施例1~4の結果によれば、本実施形態に係る原盤の製造方法によって、原盤1の外周面に、任意の三次元形状を有するマイクロレンズアレイの微細な凹凸構造13のパターンを高精度で形成できることが確認された。さらに、当該原盤1を用いた転写物の製造方法によって、原盤1の凹凸構造13を転写物に高精度で転写して、各種のマイクロレンズアレイの製品を安価かつ効率的に量産できることが確認された。

【0176】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

40

【0177】

なお、本実施形態に係る製造方法により製造された原盤1とその転写物は、任意の三次元形状の凹凸構造を好適に実現できるため、様々な用途に適用することができる。

【0178】

例えば、転写物は、転写された凹凸構造に回路を形成することで、プリントド・エレクトロニクスに適用することができる。他の例としては、転写物は、転写された凹凸構造に血液等の生体試料の流路を形成することにより、バイオセンサまたは診断デバイスに適用することができる。また、転写物は、転写された凹凸構造により光学的特性を制御する

50

ことにより、光学素子に適用することができる。さらに、転写物は、転写された凹凸構造を用いることにより、粒子配列シートに適用することができる。

【符号の説明】

【0179】

1 原盤

2、2A、2B 露光装置

6 転写装置

11 基材

12、12A、12B、12C 凹部

13 凹凸構造

10

15 レジスト層

16 潜像

17 レジストパターン

18 凹部

20 レーザ光

21 レーザ光源

30 ドライバ（レーザ変調ドライバ）

40 フォーマッタ（露光制御装置）

110 入力画像

115 小領域

20

401 入力画像取得部

403 小領域分割部

405 信号生成部

407 クロック信号生成部

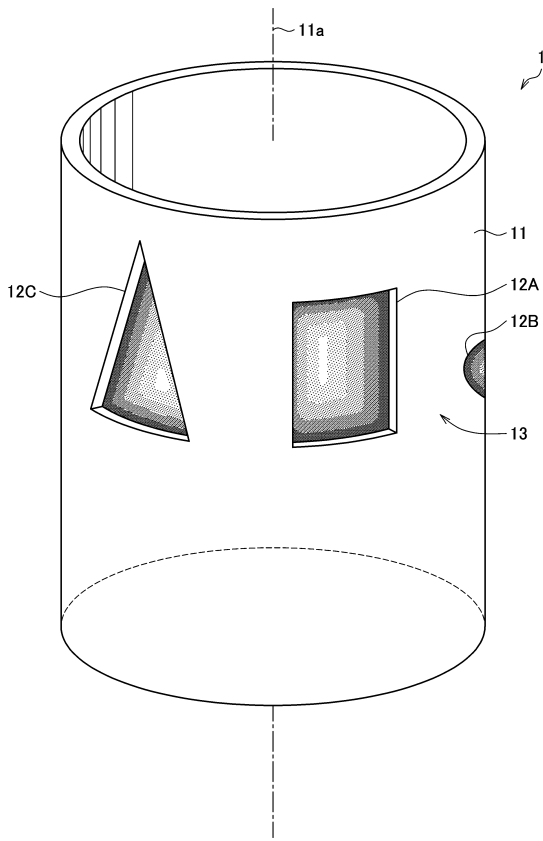
30

40

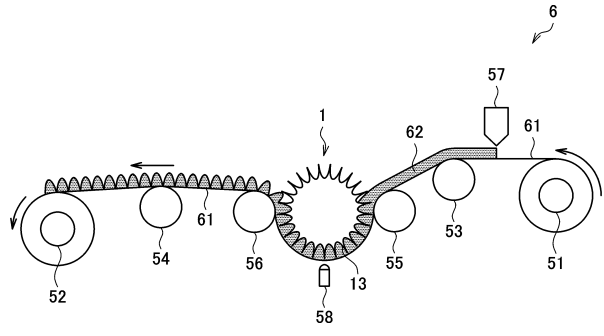
50

【図面】

【図 1】



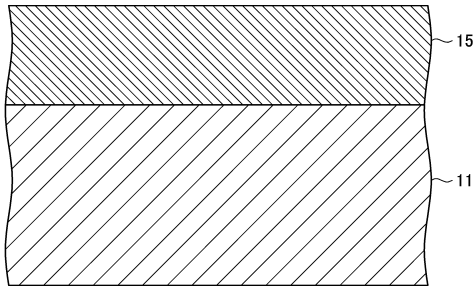
【図 2】



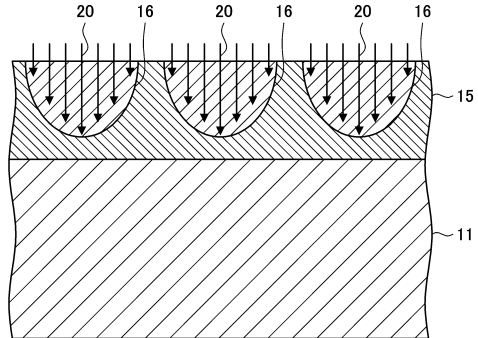
10

20

【図 3 A】



【図 3 B】

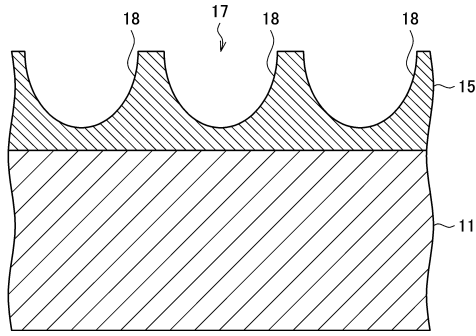


30

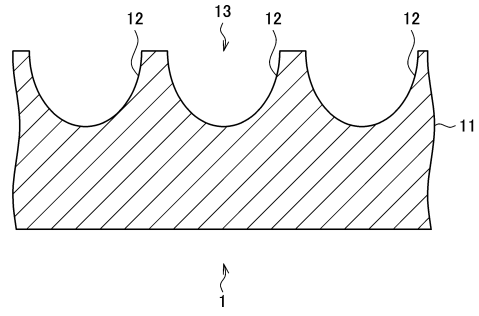
40

50

【図 3 C】

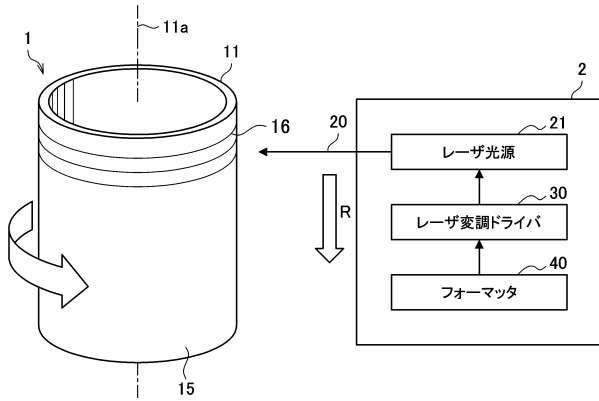


【図 3 D】

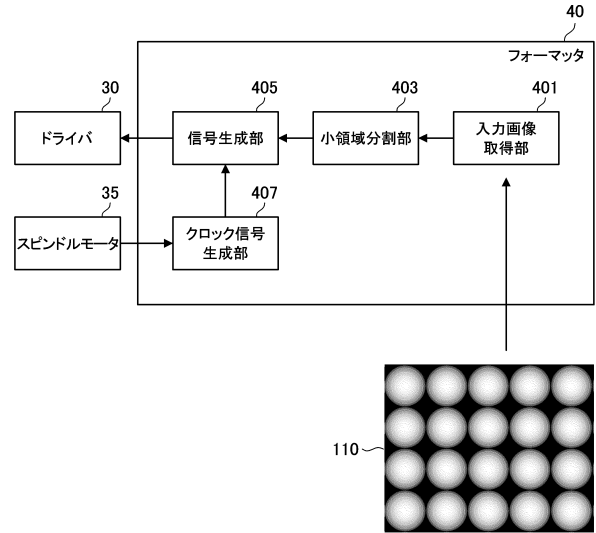


10

【図 4】

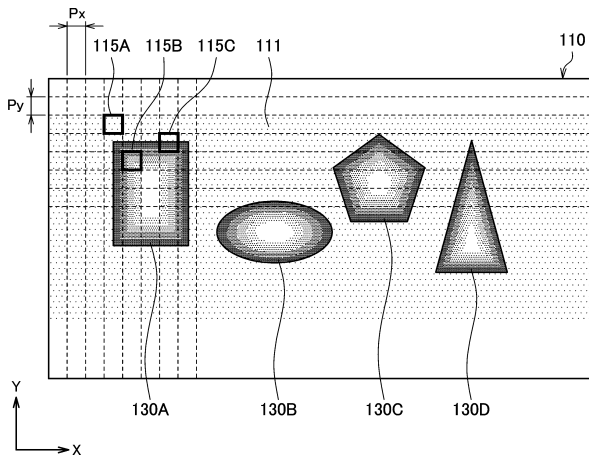


【図 5】

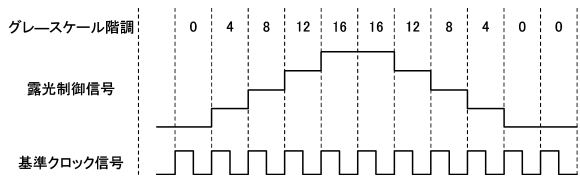


20

【図 6】



【図 7】

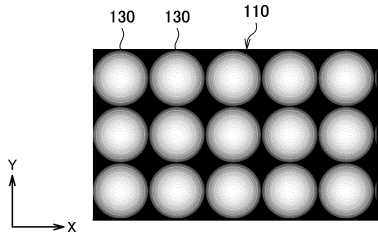


30

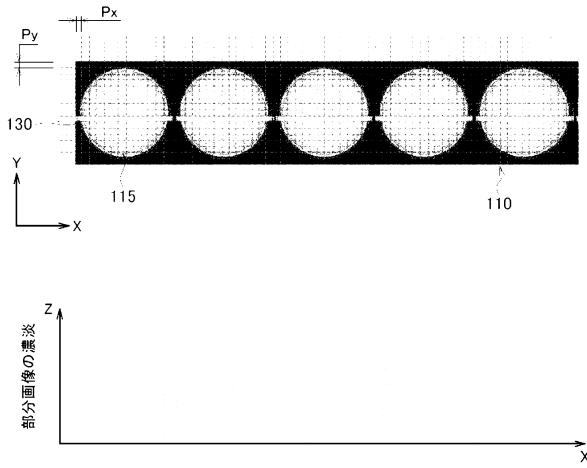
40

50

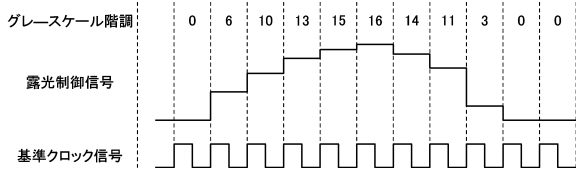
【図 8】



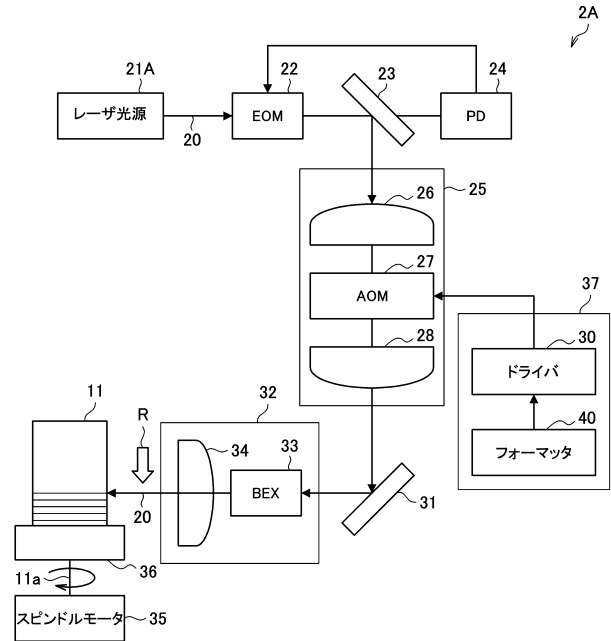
【図 9】



【図 10】



【図 11】



10

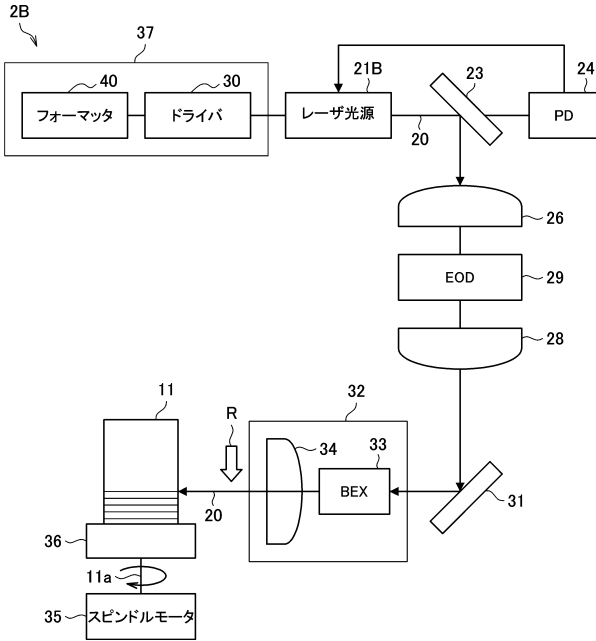
20

30

40

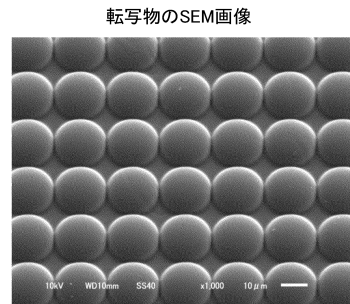
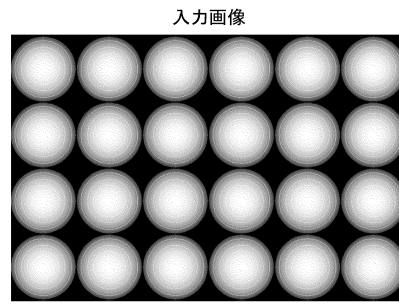
50

【図12】



【図13】

実施例1 (整列マイクロレンズアレイ)

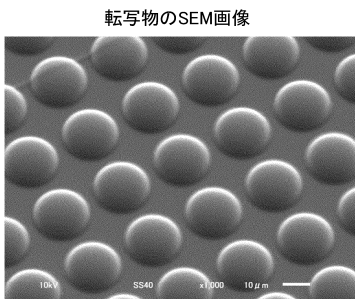
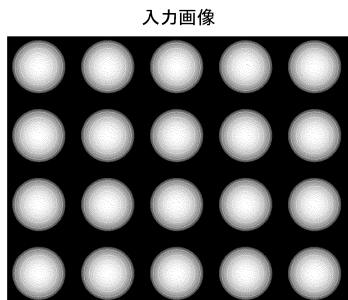


10

20

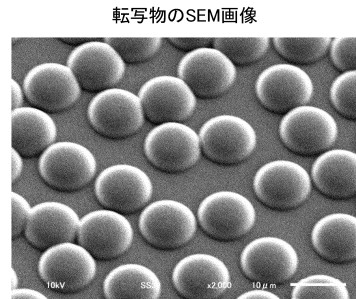
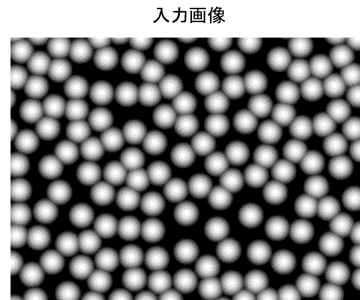
【図14】

実施例2 (整列マイクロレンズアレイ)



【図15】

実施例3 (ランダムマイクロレンズアレイ)



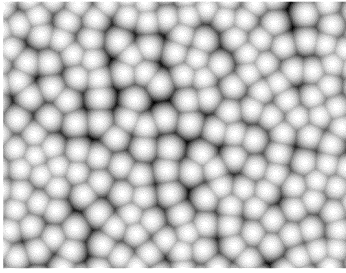
30

40

【 図 1 6 】

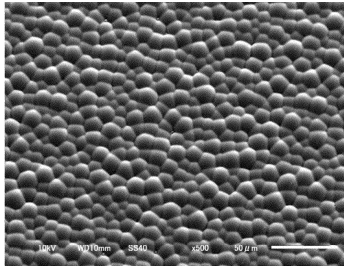
実施例4 (ランダムマイクロレンズアレイ)

入力画像



10

転写物のSEM画像



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 2 1 - 1 5 4 6 2 6 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 0 2 8 8 6 7 (J P , A)
特表 2 0 2 1 - 5 2 7 2 3 8 (J P , A)
韓国公開特許第 1 0 - 2 0 1 0 - 0 0 5 8 9 9 8 (K R , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- G 0 3 F 7 / 2 0 , 7 / 2 4
B 2 9 C 5 9 / 0 4