

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5067757号
(P5067757)

(45) 発行日 平成24年11月7日(2012.11.7)

(24) 登録日 平成24年8月24日(2012.8.24)

(51) Int.Cl. F I
G03F 7/24 (2006.01) G O 3 F 7/24 Z

請求項の数 15 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2007-554839 (P2007-554839)	(73) 特許権者	800000068
(86) (22) 出願日	平成18年12月25日(2006.12.25)		学校法人東京電機大学
(86) 国際出願番号	PCT/JP2006/325808		東京都足立区千住旭町5番
(87) 国際公開番号	W02007/083489	(74) 代理人	100087398
(87) 国際公開日	平成19年7月26日(2007.7.26)		弁理士 水野 勝文
審査請求日	平成21年11月13日(2009.11.13)	(74) 代理人	100103506
(31) 優先権主張番号	特願2006-34413 (P2006-34413)		弁理士 高野 弘晋
(32) 優先日	平成18年1月17日(2006.1.17)	(74) 代理人	100126147
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 川上 成年
		(72) 発明者	堀内 敏行
			東京都千代田区神田錦町2-2 東京電機
			大学内
		(72) 発明者	藤田 克行
			栃木県大田原市薄葉1819

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内面露光装置および内面露光方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

露光光源を含む、露光光線を供給する露光光線供給手段と、
 非感光光源を含む、前記露光光線の照射スポットを検知するための非感光光線を供給する非感光光線供給手段と、

前記露光光線を導光する光ファイバーが配索され、かつ被露光物に対して前記露光光線が入射される側と同じ側または反対側から該被露光物の軸方向に入射される前記非感光光線を前記被露光物の内面方向に導光するための少なくとも1個の反射素子が配置されたガイドロッドを含む導光手段と、

前記ガイドロッドと前記被露光物の相対位置および/または相対角度を変えるように該被露光物および/またはガイドロッドを移動させる移動手段と、を有し、

前記非感光光線を前記被露光物の極微細な筒状もしくは穴状の空洞をなす内面に付着された感光性物質に照射し、前記露光光線の照射スポットの焦点合わせおよび/または露光開始位置合わせをした後に、前記露光光線を前記被露光物の所定の位置に照射し、該被露光物の内面に付着された感光性物質を所定のパターンに感光せしめることを特徴とする内面露光装置。

【請求項2】

露光光源を含む、露光光線を供給する露光光線供給手段と、
 非感光光源を含む、前記露光光線の照射スポットを検知するための非感光光線を供給する非感光光線供給手段と、

10

20

前記露光光線を被露光物の内面に直交する方向に反射する反射素子と、該被露光物に対して前記露光光線が入射される側と同じ側または反対側から該被露光物の軸方向に入射される前記非感光光線を前記被露光物の内面方向に導光するための少なくとも1個の反射素子が配置されたガイドロッドを含む導光手段と、

前記ガイドロッドと前記被露光物の相対位置および/または相対角度を変えるように前記被露光物および/またはガイドロッドを移動させる移動手段と、を有し、

前記非感光光線を前記被露光物の極微細な筒状もしくは穴状の空洞をなす内面に付着された感光性物質に照射し、前記露光光線の照射スポットの焦点合わせおよび/または露光開始位置合わせをした後に、前記露光光線を前記被露光物の所定の位置に照射し、該被露光物の内面に付着された感光性物質を所定のパターンに感光せしめることを特徴とする内面露光装置。

10

【請求項3】

露光光源を含む、露光光線を供給する露光光線供給手段と、

非感光光源を含む、前記露光光線の照射スポットを検知するための非感光光線を供給する非感光光線供給手段と、

前記露光光線と前記非感光光線とを合成する合成手段と、

前記露光光線と前記非感光光線との合成光線を前記被露光物の内面に直交する方向に反射する反射素子が設けられたガイドロッドを含む導光手段と、

前記ガイドロッドと前記被露光物の相対位置および/または相対角度を変えるように前記被露光物および/またはガイドロッドを移動させる移動手段と、を有し、

20

前記露光光線と前記非感光光線が、前記合成手段で合成された後に、前記ガイドロッドの内部を軸方向に進行し、前記ガイドロッドに設けられた前記反射素子により、前記被露光物の内面に直交する方向に反射されるようになり、

前記非感光光線を前記被露光物の極微細な筒状もしくは穴状の空洞をなす内面に付着された感光性物質に照射し、前記露光光線の照射スポットの焦点合わせおよび/または露光開始位置合わせをした後に、前記露光光線を前記被露光物の所定の位置に照射し、該被露光物の内面に付着された感光性物質を所定のパターンに感光せしめることを特徴とする内面露光装置。

【請求項4】

露光光源を含む、露光光線を供給する露光光線供給手段と、

30

非感光光源を含む、前記露光光線の照射スポットを検知するための非感光光線を供給する非感光光線供給手段と、

極微細な筒状もしくは穴状の空洞をなす被露光物の内部空間内に、前記露光光線が入射される側の反対側から挿入され、前記露光光線を前記被露光物の内面に直交する方向に反射する反射素子と、被露光物に対して前記露光光線と同じ側または反対側から該被露光物の軸方向に入射される前記非感光光線を前記被露光物の内面方向に導光するための少なくとも1個の反射素子が先端部配置されたガイドロッドを含む導光手段と、

前記ガイドロッドと前記被露光物の相対位置および/または相対角度を変えるように前記被露光物および/またはガイドロッドを移動させる移動手段と、を有し、

前記非感光光線を前記被露光物の極微細な筒状もしくは穴状の空洞をなす内面に付着された感光性物質に照射し、前記露光光線の照射スポットの焦点合わせおよび/または露光開始位置合わせをした後に、前記露光光線を前記被露光物の所定の位置に照射し、該被露光物の内面に付着された感光性物質を所定のパターンに感光せしめることを特徴とする内面露光装置。

40

【請求項5】

露光光源を含む、露光光線を供給する露光光線供給手段と、

非感光光源を含む、前記露光光線の照射スポットを検知するための非感光光線を供給する非感光光線供給手段と、

前記露光光線と前記非感光光線を合成する合成手段と、

筒状もしくは穴状の空洞をなす被露光物の内部空間内に、前記露光光線が入射される側

50

の反対側から挿入され、前記露光光線と前記非感光光線との合成光線を前記被露光物の内面に直交する方向に反射する反射素子が先端部に設けられたガイドロッドを含む導光手段と、

前記ガイドロッドと前記被露光物の相対位置および/または相対角度を変えるように前記被露光物および/またはガイドロッドを移動させる移動手段と、を有し、

前記露光光線と前記非感光光線が、前記合成手段で合成された後に、前記被露光物の内部空間内を軸方向に進行し、前記ガイドロッドの先端部に設けられた前記反射素子により、前記被露光物の内面に直交する方向に反射されるようになり、前記非感光光線を前記被露光物の極微細な筒状もしくは穴状の空洞をなす内面に付着された感光性物質に照射し、前記露光光線の照射スポットの焦点合わせおよび/または露光開始位置合わせをした後に、該露光光線を該被露光物の所定の位置に照射し、該被露光物の内面に付した感光性物質を所定のパターンに感光せしめることを特徴とする内面露光装置。

10

【請求項 6】

前記露光光線が、レーザ光であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 に記載の内面露光装置。

【請求項 7】

露光光源を含む、露光光線を供給する露光光線供給手段と、

非感光光源を含む、露光光線の照射スポットを検知するための非感光光線を供給する非感光光線供給手段と、

前記露光光源となる発光ダイオードが装着され、かつ該発光ダイオードに電力を供給するリード線が配索されたガイドロッドを含む導光手段と、

20

前記ガイドロッドと被露光物の相対位置および/または相対角度を変えるように前記被露光物および/またはガイドロッドを移動させる移動手段と、を有し、

前記非感光光線を前記被露光物の極微細な筒状もしくは穴状の空洞をなす被露光物の内面に付着された感光性物質に照射し、前記露光光線の照射スポットの焦点合わせおよび/または露光開始位置合わせをした後に、前記露光光線を前記被露光物の所定の位置に照射し、該被露光物の内面に付着された感光性物質を所定のパターンに感光せしめることを特徴とする内面露光装置。

【請求項 8】

前記被露光物とガイドロッドの軸線が所定の傾斜角で配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 に記載の内面露光装置。

30

【請求項 9】

前記ガイドロッドに沿って配索された光ファイバーの一端が前記被露光物の内面に直交するように曲げて配索され、他端が前記露光光源に接続されていることを特徴とする請求項 1 に記載の内面露光装置。

【請求項 10】

前記光ファイバーが、前記ガイドロッドに沿って配索され、かつ該光ファイバーの射出端部の前方所定の位置に前記露光光線を前記被露光物の内面に直交する方向に反射する反射素子を設けたことを特徴とする請求項 1 に記載の内面露光装置。

【請求項 11】

40

前記ガイドロッドの先端に設けられた反射素子が、該ガイドロッドの先端を斜めに形成し、鏡面研磨して反射面となしたことを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の内面露光装置。

【請求項 12】

前記露光光源から前記被露光物の露光面までの露光光線経路の途中にピンホールを配置し、該ピンホール射出口の像点を前記被露光物の露光面またはその近傍に結像させる光学系を配置したことを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 に記載の内面露光装置。

【請求項 13】

前記被露光物の内部空間内かつガイドロッドの先端部で、前記露光光線が前記被露光物に向かって照射される該被露光物内面の直近部に、照射する露光光線の照射スポットの大

50

きさを絞るためのピンホールまたはレンズを設けたことを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれか 1 に記載の内面露光装置。

【請求項 1 4】

前記光ファイバーの露光光線の射出端部かつ前記ロッドガイドの先端部に、照射する露光光線の照射スポットの大きさを絞るためのピンホールまたはレンズを設けたことを特徴とする請求項 1 に記載の内面露光装置。

【請求項 1 5】

前記非感光光線が、前記露光光線とは異なる波長帯の光線であることを特徴とする請求項 1 乃至 1 4 のいずれか 1 に記載の内面露光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、円筒、角筒等の内面を所定のパターン形状に露光するための露光装置および露光方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

リソグラフィは、可視光、紫外光、遠紫外光、真空紫外光、極端紫外光、X線、電子ビーム、イオンビーム等の光線または粒子線を、レジスト等の感光性物質に所望の形状を指定して照射することにより該感光性物質を感光させ、その後に行う現像によって、ポジ型感光性物質の場合には感光部、ネガポジ型感光性物質の場合には未感光部を除去し、所望の形状を有する該感光性物質の微細パターンを得る技術である。

【0003】

リソグラフィは半導体集積回路や光エレクトロニクスデバイス、液晶パネルや、マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム(MEMS)と総称される微細構造体やセンサ、アクチュエータ等の製造に広く利用されている。

【0004】

リソグラフィにおいて、感光性物質を所望のパターン形状に感光させる露光工程の露光方法には様々な方式があるが、大別すると、マスクまたはレチクルを原図として用いる方式と、単一または複数の光線ビームまたは粒子線ビームを被露光物に対して走査する方式とがある。

【0005】

光線ビームまたは粒子線ビームの被露光物に対する走査は相対的でよく、光線ビームまたは粒子線ビームを走査しても、被露光物を走査しても、光線ビームまたは粒子線ビームと被露光物の双方を走査してもよい。

【0006】

また、場合によっては、マスクまたはレチクルを用いる露光と、光線ビームまたは粒子線ビームによる露光とを組み合わせる露光を行うこともある。

【0007】

マスクまたはレチクルを用いる露光には、感光性物質を付した被露光物に原図とするマスクを接触させて露光を行う密着露光、感光性物質を付した被露光物と原図とするマスクとを近接させて露光を行う近接露光、原図とするレチクル上のパターンを、レンズまたはミラーを用いた投影光学系、またはレンズとミラーを組み合わせた投影光学系により被露光物上に投影し、該レチクル上のパターンの投影像を作って露光する投影露光等がある。

【0008】

そして、これらの投影露光においては、従来、スピンコート、ブレードスキャン、噴霧等の方法によって、比較的容易に均一膜厚で感光性物質が塗布できる、半導体ウエハやガラス基板等の平面度がかなり良い平面基板が被露光物として利用されてきた。

【0009】

これに対し、最近になって、円柱状や円筒状等の被露光物の外表面上にリソグラフィを施す方法および装置が開発された。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 0 】

例えば、特許文献 1 および非特許文献 1 には、可視光を露光光線とし、投影レンズを介してレチクル上のパターンを円柱状の被露光物の外表面上に投影して該パターンの光像を形成し、該被露光物の外表面上に塗布したレジストを感光させてパターンを形成する、投影露光方法および装置が開示されている。

【 0 0 1 1 】

また、非特許文献 2 には、円柱の表面または円筒の表面に可視光を露光走査してパターンを形成する方法および装置が開示されている。

【 0 0 1 2 】

非特許文献 2 が開示された方法および装置においては、露光光線束を円柱状または円筒状の被露光物に当て、該被露光物に円柱軸または円筒軸方向の直線運動、および / または、円柱軸または円筒軸のまわりの回転運動をさせることにより露光光線束を被露光物に対して相対的に走査して露光を行っている。

10

【 0 0 1 3 】

さらに、非特許文献 3 には、X 線近接露光によって、円柱の表面にレジストパターンを形成する方法が開示されている。

【 0 0 1 4 】

非特許文献 3 が開示されている露光方法および露光装置においては、円柱状の被露光物にラインアンドスペース状のパターンを持つ X 線用マスクを近接させ、該被露光物を円柱軸まわりに回転しながら、該回転に同期させて軸方向に動かし、螺旋状に露光を行っている。

20

【 0 0 1 5 】

上記が開示された円柱状や円筒状等の被露光物の外表面上にリソグラフィを施す方法および装置によれば、円柱状や円筒状等の被露光物の外表面上にレジストパターンを形成することができ、該レジストパターンをマスク材として円柱状や円筒状等の被露光物の外表面をエッチングしたり、該レジストパターンを雌型としてめっきを施すことができる。

【 0 0 1 6 】

しかし、これらの従来の方法では、円筒、角筒等、周囲を囲まれた構造物の内面にリソグラフィを施すことができない。

30

【 0 0 1 7 】

このため、上記のように、円柱状や円筒状の被露光物の外表面上にレジストパターンを形成し、該レジストパターンをマスク材として被露光物の外表面をエッチングしたり、該レジストパターンを雌型としてめっきを施すことによって、ねじ状部品やスプライン状の部品を製作しても、それに噛み合うナット状の部品やスプライン状の部品を製作できないので、折角製作できる円柱状や円筒状等の被露光物外表面の微細形状を十分に活用することができなかった。

【 0 0 1 8 】

すなわち、前記のリソグラフィで円柱状や円筒状の被露光物の外表面上に形成できるパターンと同等の高精細なパターンを筒状や穴状の内面を持つ被露光物の内面に形成する方法は開示されていない。

40

【 0 0 1 9 】

筒状や穴状の内面を持つ被露光物の内面に加工を施す従来技術としては、図 29 に示すように、レーザビーム 61 を集光レンズ 62 で絞って反射ミラー 63 で向きを変え、小径円筒状の軸受スリーブ 64 の内面に当て、円筒の内面を選択的に熔融蒸発させる方法が特許文献 2 が開示されている。

【 0 0 2 0 】

そして、この方法によれば、軸受スリーブ 64 の内面に幅 30 ~ 50 μm の溝を形成することが開示されている。

【 0 0 2 1 】

50

また、特許文献3には、回転可能なプローブにより中空体の内面にレーザスポットを生じさせ、搬送・保護ガス中に含有される合金粉を溶融させて合金化するレーザ加工法が開示されている。

【0022】

しかし、このようにレーザビームの熱エネルギーによって被露光物の内面を直接加工する方法では、被露光物から溶融蒸散した材料が被露光物の内面に再付着し、被露光物の内径が小さい場合には、特に溶融蒸散した蒸気の排気が十分になされないため、溶融部より温度の低い周辺の未照射部への再付着が顕著となる。また、加工形状が滑らかでなく、加工部に凹凸ができるほか、加工部の縁がぎざぎざになったり、加工部の縁に盛り上がりができたりする。

10

【0023】

このため、特許文献3に比して高精度と考えられる特許文献2の場合でも、切削加工と比較すれば高精細であるものの、加工部である溝以外の部分に付着物が付いたり、突起があったりすることは軸受の性質上禁物であることから、溝加工ができてそのままでは製品とすることは困難である。特許文献2には、「5 μm程度の軸受隙間領域でも特性が劣化しない静圧軸受スピンドルが実現された。」と記載されているが、現在はさらに軸受隙間の小さい軸受が要求されており、開示された技術では必要な精細度が不足している。

【0024】

また、被加工物を溶融できるほど大出力のレーザでは、ビーム径をあまり小さくできないため、リソグラフィほど高精細な加工はできない。本発明は、上記問題点に鑑みて鋭意検討の結果なされたものである。

20

【特許文献1】

特願2004-171896号公報

【特許文献2】

特開平6-315784号公報

【特許文献3】

特開平11-320136号公報

【非特許文献1】

第65回応用物理学学会学術講演会講演予稿集、p.618、2004年9月

【非特許文献2】

2002年度精密工学会春季大会講演予稿集、p.564、2002年3月

30

【非特許文献3】

Digest of Papers, Microprocesses and Nanotechnology 2003, pp.156-157、2003年10月

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0025】

従来、高エネルギーのレーザ光を照射して熱反応により表面の一部を溶融蒸発させる加工において見られる、溝底の加工不均一や溝縁のぎざつきや盛り上がりがなく、再付着物による突起も出ない加工を、光化学反応を利用した低エネルギーの光照射により実現し、従来の被加工物より遥かに細い内径1mm以下の被露光物の内面に、上記特許文献2の開示例の「幅30～50 μm」より遥かに微細な幅10 μm以下迄の高精細な感光性物質のパターンを形成できる装置および方法を提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0026】

上記目的を達成するために、本発明は、露光光源を含む、露光光線を供給する露光光線供給手段と、非感光光源を含む、露光光線の照射スポットを検知するための非感光光線を供給する非感光光線供給手段と、露光光線を導光する光ファイバーが配索され、かつ被露光物に対して露光光線が入射される側と同じ側または反対側から該被露光物の軸方向に入射される非感光光線を被露光物の内面方向に導光するための少なくとも1個の反射素子が配置されたガイドロッドを含む導光手段と、ガイドロッドと被露光物の相対位置およびノ

50

または相対角度を変えるように該被露光物および/またはガイドロッドを移動させる移動手段とを有し、非感光光線を被露光物の極微細な筒状もしくは穴状の空洞をなす内面に付着された感光性物質に照射し、露光光線の照射スポットの焦点合わせおよび/または露光開始位置合わせをした後に、露光光線を被露光物の所定の位置に照射し、該被露光物の内面に付着された感光性物質を所定のパターンに感光せしめることを特徴とする内面露光装置である。

【0027】

また、本発明は、露光光源を含む、露光光線を供給する露光光線供給手段と、非感光光源を含む、露光光線の照射スポットを検知するための非感光光線を供給する非感光光線供給手段と、露光光線を被露光物の内面に直交する方向に反射する反射素子と、該被露光物に対して露光光線が入射される側と同じ側または反対側から該被露光物の軸方向に入射される非感光光線を被露光物の内面方向に導光するための少なくとも1個の反射素子が配置されたガイドロッドを含む導光手段と、ガイドロッドと被露光物の相対位置および/または相対角度を変えるように被露光物および/またはガイドロッドを移動させる移動手段と、を有し、非感光光線を被露光物の極微細な筒状もしくは穴状の空洞をなす内面に付着された感光性物質に照射し、露光光線の照射スポットの焦点合わせおよび/または露光開始位置合わせをした後に、露光光線を被露光物の所定の位置に照射し、該被露光物の内面に付着された感光性物質を所定のパターンに感光せしめることを特徴とする内面露光装置である。

【0028】

また、本発明は、露光光源を含む、露光光線を供給する露光光線供給手段と、非感光光源を含む、露光光線の照射スポットを検知するための非感光光線を供給する非感光光線供給手段と、露光光線と非感光光線とを合成する合成手段と、露光光線と非感光光線との合成光線を被露光物の内面に直交する方向に反射する反射素子が設けられたガイドロッドを含む導光手段と、ガイドロッドと被露光物の相対位置および/または相対角度を変えるように被露光物および/またはガイドロッドを移動させる移動手段と、を有し、露光光線と非感光光線が、合成手段で合成された後に、ガイドロッドの内部を軸方向に進行し、ガイドロッドに設けられた反射素子により、被露光物の内面に直交する方向に反射されるようになり、非感光光線を被露光物の極微細な筒状もしくは穴状の空洞をなす内面に付着された感光性物質に照射し、露光光線の照射スポットの焦点合わせおよび/または露光開始位置合わせをした後に、露光光線を被露光物の所定の位置に照射し、該被露光物の内面に付着された感光性物質を所定のパターンに感光せしめることを特徴とする内面露光装置である。

【0029】

また、本発明は、露光光源を含む、露光光線を供給する露光光線供給手段と、非感光光源を含む、露光光線の照射スポットを検知するための非感光光線を供給する非感光光線供給手段と、極微細な筒状もしくは穴状の空洞をなす被露光物の内部空間内に、露光光線が入射される側の反対側から挿入され、露光光線を被露光物の内面に直交する方向に反射する反射素子と、被露光物に対して露光光線と同じ側または反対側から該被露光物の軸方向に入射される非感光光線を被露光物の内面方向に導光するための少なくとも1個の反射素子が先端部配置されたガイドロッドを含む導光手段と、ガイドロッドと被露光物の相対位置および/または相対角度を変えるように被露光物および/またはガイドロッドを移動させる移動手段と、を有し、非感光光線を被露光物の極微細な筒状もしくは穴状の空洞をなす内面に付着された感光性物質に照射し、露光光線の照射スポットの焦点合わせおよび/または露光開始位置合わせをした後に、露光光線を被露光物の所定の位置に照射し、該被露光物の内面に付着された感光性物質を所定のパターンに感光せしめることを特徴とする内面露光装置である。

【0030】

また、本発明は、露光光源を含む、露光光線を供給する露光光線供給手段と、非感光光源を含む、露光光線の照射スポットを検知するための非感光光線を供給する非感光光線供

10

20

30

40

50

給手段と、露光光線と非感光光線を合成する合成手段と、筒状もしくは穴状の空洞をなす被露光物の内部空間内に、露光光線が入射される側の反対側から挿入され、露光光線と非感光光線との合成光線を被露光物の内面に直交する方向に反射する反射素子が先端部に設けられたガイドロッドを含む導光手段と、ガイドロッドと被露光物の相対位置および/または相対角度を変えるように被露光物および/またはガイドロッドを移動させる移動手段と、を有し、露光光線と非感光光線が、合成手段で合成された後に、被露光物の内部空間内を軸方向に進行し、ガイドロッドの先端部に設けられた反射素子により、被露光物の内面に直交する方向に反射されるようになり、非感光光線を被露光物の極微細な筒状もしくは穴状の空洞をなす内面に付着された感光性物質に照射し、露光光線の照射スポットの焦点合わせおよび/または露光開始位置合わせをした後に、該露光光線を該被露光物の所定の位置に照射し、該被露光物の内面に付した感光性物質を所定のパターンに感光せしめることを特徴とする内面露光装置である。

10

【0031】

また、本発明は、露光光源を含む、露光光線を供給する露光光線供給手段と、非感光光源を含む、露光光線の照射スポットを検知するための非感光光線を供給する非感光光線供給手段と、露光光源となる発光ダイオードが装着され、かつ該発光ダイオードに電力を供給するリード線が配索されたガイドロッドを含む導光手段と、ガイドロッドと被露光物の相対位置および/または相対角度を変えるように被露光物および/またはガイドロッドを移動させる移動手段と、を有し、非感光光線を被露光物の極微細な筒状もしくは穴状の空洞をなす被露光物の内面に付着された感光性物質に照射し、露光光線の照射スポットの焦点合わせおよび/または露光開始位置合わせをした後に、露光光線を被露光物の所定の位置に照射し、該被露光物の内面に付着された感光性物質を所定のパターンに感光せしめることを特徴とする内面露光装置である。

20

【0054】

第16の発明は、筒状のもしくは穴状の空洞を有する被露光物の内部空間内に露光光線を射出するためガイドロッドを位置せしめる工程と、露光開始前に露光光線の照射スポットの焦点合わせおよび/または露光開始位置を検知する工程と、前記被露光物と前記ガイドロッドとの相対位置および/または相対角度を連続的または間欠的に変更しつつ、該ガイドロッドの露光光線の射出口から露光光線を該被露光物の内面に付着された感光性物質に照射を開始し、停止する工程とを有し、前記被露光物の筒状もしくは穴状の空洞をなす内面に付着された感光性物質に前記露光光線の照射スポットの焦点合わせおよび/または露光開始位置合わせをした後に、前記露光光線を該感光性物質の所定の位置に照射し、該感光性物質を所定のパターンに感光せしめる内面露光方法である。

30

発明の効果

【0056】

本発明によると、円筒状や角筒状等中空の被露光物の内表面にリソグラフィを施して感光性物質のパターンを形成することができ、またその感光性物質をレジストとし、該レジストのパターンをマスキング材として被露光物の内表面をエッチングしたり、該レジストのパターンを雌型としてめっきを施すことによって、ナット状部品やスプライン筒状の部品等のマイクロ部品を製作できる。また、小径の軸受ボスの潤滑溝や空気軸受溝等の加工を高精度に行うことができる。

40

【0057】

また、該レジストのパターンをマスキング材とする被露光物内表面のエッチングをウェットエッチングで行うと、エッチング溝の断面形状を半円形にすることができ、ボールナットやボールスプライン筒を作ることができる。

【0058】

さらに、リソグラフィでパターンを形成するので、露光によってレジスト等の感光性物質を光化学反応で感光させればよく、被露光物の内表面を熔融蒸発させる場合に比して与えるエネルギー量ははるかに小さくて済むという効果がある。

【0059】

50

また、リソグラフィにおいては、露光後に現像を行ってパターンを形成するため、不要な感光性物質は完全に除去され、滑らかな輪郭線を有する感光形状が得られる。

【 0 0 6 0 】

また、閾値となる露光量を境に急に現像液に溶解、あるいは不溶となる感光性物質を用いれば、該感光性物質のパターンの側壁は垂直側壁かそれに近いシャープな形状とすることができる。

【 0 0 6 1 】

また、露光・現像により得た感光性物質のパターンをマスクング材としてエッチングしたり、該感光性物質のパターンをめっきの雌型としてめっきを行えば、非加工部が感光性物質のパターンで覆われているため、被露光物の素材に余分の付着物が付いたり、加工形状の縁に盛り上がりが出たりすることがないという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 2 】

【図 1】図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態（形態 1 - 1）に係る内面露光装置

【図 2】図 2 は、本発明の第 1 の実施の形態（形態 1 - 1）を変形した形態 1 - 2 に係る内面露光装置

【図 3】図 3 は、本発明の第 1 の実施の形態（形態 1 - 1）を変形した形態 1 - 3 に係る内面露光装置

【図 4】図 4 は、本発明の第 1 の実施の形態（形態 1 - 2）を変形した形態 1 - 4 に係る内面露光装置

【図 5】図 5 は、本発明の第 1 の実施の形態（形態 1 - 4）を変形した形態 1 - 5 に係る内面露光装置

【図 6】図 6 は、本発明の第 1 の実施の形態（形態 1 - 5）を変形した形態 1 - 6 に係る内面露光装置

【図 7】図 7 は、本発明の第 1 の実施の形態（形態 1 - 1）を変形した形態 1 - 7 に係る内面露光装置

【図 8】図 8 は、本発明の第 2 の実施の形態（形態 2 - 1）に係る内面露光装置

【図 9】図 9 は、本発明の第 2 の実施の形態（形態 2 - 1）を変形した形態 2 - 2 に係る内面露光装置

【図 10】図 10 は、本発明の第 2 の実施の形態（形態 2 - 2）を変形した形態 2 - 3 に係る内面露光装置

【図 11】図 11 は、本発明の第 2 の実施の形態（形態 2 - 3）を変形した形態 2 - 4 に係る内面露光装置

【図 12】図 12 は、本発明の第 2 の実施の形態（形態 2 - 3）を変形した形態 2 - 5 に係る内面露光装置

【図 13】図 13 は、本発明の第 2 の実施の形態（形態 2 - 3）を変形した形態 2 - 6 に係る内面露光装置

【図 14】図 14 は、本発明の第 3 の実施の形態（形態 3 - 1）に係る内面露光装置

【図 15】図 15 は、本発明の第 3 の実施の形態（形態 3 - 1）を変形した形態 3 - 2 に係る内面露光装置

【図 16】図 16 は、本発明の第 3 の実施の形態（形態 3 - 2）を変形した形態 3 - 3 に係る内面露光装置

【図 17】図 17 は、本発明の第 3 の実施の形態（形態 3 - 2）を変形した形態 3 - 4 に係る内面露光装置

【図 18】図 18 は、本発明の第 3 の実施の形態（形態 3 - 4）を変形した形態 3 - 5 に係る内面露光装置

【図 19】図 19 は、本発明の第 3 の実施の形態（形態 3 - 3）を変形した形態 3 - 6 に係る内面露光装置

【図 20】図 20 は、本発明の第 4 の実施の形態（形態 4 - 1）に係る内面露光装置

【図 21】図 21 は、本発明の第 4 の実施の形態（形態 4 - 1）を変形した形態 4 - 2 に

10

20

30

40

50

係る内面露光装置

【図 2 2】図 2 2 は、本発明の第 4 の実施の形態（形態 4 - 2）を変形した形態 4 - 3 に係る内面露光装置

【図 2 3】図 2 3 は、本発明の第 5 の実施の形態に係る内面露光装置

【図 2 4】図 2 4 は、ピンホールの直列配置に関する説明図

【図 2 5】図 2 5 は、像形成のためのレンズ配置に関する説明図

【図 2 6】図 2 6 は、本発明の実施例 1 に係る直線状レジストパターンの電子顕微鏡写真

【図 2 7】図 2 7 は、本発明の実施例 2 に係る螺旋状レジストパターン（図（a））と文字パターン（図（b））の電子顕微鏡写真

【図 2 8】図 2 8 は、本発明の実施例 3 に係る螺旋状微細レジストパターンの顕微鏡写真

【図 2 9】図 2 9 は、従来例（特許文献 2 に記載）に係る軸受スリーブの溝加工の説明図

【符号の説明】

【 0 0 6 3 】

- | | | |
|-------------------------------|-----------------------|----|
| 1 | 被露光物 | |
| 2 | 感光性物質 | |
| 3 | チャック | |
| 4 a | ガイドロッド（露光光源側） | |
| 4 a | ガイドロッド（露光光源と反対側） | |
| 5 | 露光光線 | |
| 6 | 光ファイバー | 20 |
| 7 | ピンホール | |
| 8 a、8 b、8 c | レンズ | |
| 9 a、9 b、9 c | レンズホルダ | |
| 1 0 a | ミラー（平面） | |
| 1 0 b | ミラー（凹面） | |
| 1 0 c | 反射面（平な鏡面） | |
| 1 0 d | 反射面（凹形の鏡面） | |
| 1 1 | 光源（発光ダイオード等任意の露光光源） | |
| 1 2 | 光源（レーザ等略平行光線を発する露光光源） | |
| 1 3 | フェルルール | 30 |
| 1 4 | 回転ステージ | |
| 1 5 | Yステージ | |
| 1 6 | 支持台（回転ステージ用） | |
| 1 7 | 支持台 | |
| 1 8 | Xステージ | |
| 1 9 | ステージ | |
| 2 0 | ステージ | |
| 2 1 | ステージ | |
| 2 2 | Zステージ | |
| 2 3 a、2 3 b | 基台 | 40 |
| 2 4 | コンピュータ | |
| 2 5 a、2 5 b、2 5 c、2 5 d、2 5 e | 制御回路 | |
| 3 0 | シャッター | |
| 3 1 | 発光ダイオード | |
| 3 2 | リード線 | |
| 3 3 | 回路（発光ダイオード用） | |
| 3 5 | 発光部（発光ダイオード） | |
| 4 1 | 支持台 | |
| 4 2 | 支持台（チャック用） | |
| 4 3 | 支持部材（ピンホール用） | 50 |

- 4 4 支柱
- 5 1 非感光光源
- 5 2 非感光光線
- 5 3 ビームスプリッタ（非感光光線用）
- 5 4 ミラー（非感光光線用）
- 5 5 ミラー（非感光光線用）
- 5 6 レンズ（非感光光線用）
- 5 7 カメラ
- 5 8 モニタ
- 5 9 ビームスプリッタ

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0064】

以下、本発明を実施するための最良の形態を図面に基づいて説明する。

【0065】

（第1の実施の形態）

図1は本発明の第1の実施の形態（形態1-1）に係る内面露光装置である。図1において、1は円筒状や角筒状等の内部に空洞（内部空間）がある所定の形状からなる被露光物であり、内面にレジストや紫外線硬化樹脂等の感光性物質2が塗布、噴霧、電着、接着等によって付着されている。

【0066】

20

4aは露光光線5と非感光光線52を被露光物1の内面に付着された感光性物質2に導光するための筒状のガイドロッドであり、その内部空間内に露光光線5を導光する光ファイバー6が挿通され、その先端部において略直角に曲げられた光ファイバー6がその壁面孔を挿通している。そして、光ファイバー6が挿通するガイドロッド4aの壁面部にピンホール7とレンズホルダ9aを介してレンズ8aが装着されている。

【0067】

ピンホール7およびレンズ8aは光ファイバー6の射出端から照射される露光光線5を絞って感光性物質2上に円形、楕円形、正多角形、長方形、またはそれらの擬似形状等、所定の形状・大きさの照射スポットを形成している。

【0068】

30

54、55はガイドロッド4aの上壁に設けられた一対のミラーであり、後述の通り、感光性物質2上に形成された露光光線5の照射スポットおよびその近傍に非感光光線52を導光するためのものである。

【0069】

11は露光光源となる発光ダイオードであり、フェルルール13を介して光ファイバー6の他端に接続されている。

【0070】

14は回転ステージであり、チャック3に保持された被露光物1をその長手方向の軸（Y軸）回りに回転させる。表記の都合上、座標軸を装置構成図から離れた位置に示しているが、被露光物1とガイドロッド4aの各座標軸の原点の位置は任意であり、Y軸は、被露光物1の中心軸に合わせるのが一般的である。

40

【0071】

15はYステージであり、被露光物1をその長手方向（Y方向）に移動させるステージである。16はYステージ15上に回転ステージ14を保持するための保持台である。18は、被露光物1を、図1の紙面に垂直な方向（X方向）に移動させるXステージである。なお、上記の回転ステージ14、Yステージ15、Xステージ18の積み上げ順序は任意でよい。

【0072】

19乃至22は、ガイドロッド4aの移動ステージであり、19はZ軸まわりの角度整用のステージ、20はX軸回りの伏仰角調整用のステージ、21はY軸回りのローリ

50

ング角調整用のステージである。これらのステージが上下方向に順次積み上げられ、最上位のステージ19の上にガイドロッド4aと発光ダイオード11が固定されている。

【0073】

ステージ19、ステージ20、ステージ21を積み上げる順序は任意でよく、ステージ20およびステージ21の代りに、Y軸回りのローリング角調整およびX軸回りの伏仰角調整を同時に行う傾斜調整ステージを設けてもよい。

【0074】

22は、ガイドロッド4aのZ方向の位置を調整するZステージであり、23aはその上にXステージ18とZステージ22が設置される基台である。

【0075】

なお、ステージ21によるガイドロッド4aのY軸まわりの回転と、回転ステージ14による被露光物1のY軸回りの回転とは相対的に同じ運動となる場合もある。ステージ21は、ガイドロッド4aをY軸回りに回転させ、露光光線5の射出方向を調整するために設けたものであり、露光光線5の射出方向を変える必要がなければ、省略してもよい。

【0076】

24は被露光物1の回転ステージ14、Yステージ15、Xステージ18を制御し、ガイドロッド4aのステージ19、ステージ20、ステージ21、Zステージ22を制御するコンピュータである。

【0077】

25a、25b、25c、25dは上記各ステージおよび発光ダイオード11をコンピュータ24によりプログラム通りに動作させるための、インターフェイスを含む制御回路である。

【0078】

51は非感光光源、53はビームスプリッタ、56はレンズ、57はカメラである。非感光光源51から出射された非感光光線52は、レンズ56、ビームスプリッタ53と、ガイドロッド4a上に設けられた一对のミラー54、55を介して、感光性物質2上に形成された露光光線5の照射スポットおよびその近傍に場所に導光される。そして、非感光光線の反射光がカメラ57で捉えられモニタ58により画像が形成される。

【0079】

モニタ58の画像データは、インターフェイスを含む制御回路25dを介してコンピュータ24に送られ、感光性物質2上の露光光線5の照射スポットの形状・大きさ、位置が所定値になるように被露光物1内面とガイドロッド4aとの間の相対距離や相対傾斜角がコンピュータ24により制御される。

【0080】

簡便には、ガイドロッド4aが被露光物1の内面の感光性物質2に対して所定の間隙で保持されるように自動制御してもよい。被露光物1内面上への露光光線5の照射スポットの形状・大きさの制御は、露光中も継続して行えばさらによい。

【0081】

露光光線5が感光性物質2上の所定の正確な位置に照射されるようにするには、まず、被露光物1内面の端や、被露光物1内面に付けた位置合わせマークが、露光光線5の照射スポットの中心と合致するようにした後、被露光物1またはガイドロッド4aを所定の距離および/または角度だけ動かし、露光光線5の照射スポット中心が感光性物質2上の露光開始点に来るようにするとよい。

【0082】

非感光光線52を用いないで、露光光線5を感光性物質2に強く当て過ぎると感光性物質を不要に感光してしまうため、露光光線5とは異なる波長帯を有する感光性物質2が感光しにくい非感光光線51を射出する非感光光源52を用いている。

【0083】

非感光光線51として露光光線5と同じ波長帯や露光光線5に近い波長帯の光線を用い

10

20

30

40

50

る場合には、非感光光線 5 1 を、感光性物質 2 が感光しない短時間のみ照射するか、照射強度を感光性物質 2 が感光しない弱い強度として照射する。短時間ずつ断続的に供給するようにしてもよい。

【 0 0 8 4 】

露光光源 1 1 と非感光光源 5 1 とは、必ずしも別々に設けなくてもよく、同じ光源から分けて取り出したり、フィルターによってそれぞれ必要な波長帯の光線を取り出してもよい。

【 0 0 8 5 】

感光性物質 2 上の非感光光線 5 2 の照射範囲は、露光光線 5 の照射スポットおよびその近傍の広い範囲が観察できるように露光光線 5 の照射スポットより大きくする。被露光物 1 はチャック 3 により片側で外周面を保持するに限られず、被露光物 1 の両端の外周面を保持しても、被露光物 1 の下面を保持してもよい。

【 0 0 8 6 】

また、光ファイバー 6 から出射される露光光線 5 は、ガイドロッド 4 a の先端部から出射するに限られずガイドロッド 4 a の中央部等いずれから出射してもよく、出射方向も上方向に限られず水平方向、下方向等いずれでもよい。

【 0 0 8 7 】

露光光線 5 をガイドロッド 4 a の射出口に導くために、筒状のガイドロッド 4 a の内部空間内に光ファイバー 6 を挿通する。この場合、光ファイバー 6 の先端の露光光線の出射方向を感光性物質 2 に対して直角方向に向けることが重要である。一般的に、露光光線 5 の照射スポットの形状は、露光走査方向に関して対称であることが好ましく、光ファイバー 6 の先端の露光光線の出射方向を感光性物質 2 に対して直角方向に向けると、被露光物 1 の軸まわりに回転する走査に対して、露光光線 5 の照射スポットの形状を該露光走査方向に関して対称とすることができる。

【 0 0 8 8 】

ガイドロッド 4 a は円筒状または角筒状に限られず、中実板状または棒状として、その外側に沿って光ファイバー 6 を配索したり、断面を U 字状にして、その溝内に光ファイバー 6 を配索したりしてもよい。

【 0 0 8 9 】

光ファイバー 6 の断面の形状・寸法、コア径は任意でよく、先端部で断面寸法が徐々に減じる光ファイバー 6 を用いてもよい。

【 0 0 9 0 】

露光光線 5 によって感光性物質 2 を微細なパターン形状に感光させるため、露光光線 5 を絞った方がよいことはいうまでもない。

【 0 0 9 1 】

ピンホール 7 とレンズ 8 a は露光光線 5 を円形、楕円形、正多角形、長方形、またはそれらの擬似形状に整形して絞るために配置したものであり、該レンズ 8 a は球形であるかのように描いてあるが、任意の凸レンズでよく、1 枚のレンズに限定されるものではなく組み合わせレンズでもよいことはいうまでもない。

【 0 0 9 2 】

またピンホールおよびレンズの位置・個数は図示したものに限定されるものではなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲で、適宜変更可能である。

【 0 0 9 3 】

レンズ 8 a とレンズホルダ 9 a は一体にしてもよく、光ファイバー 6 の射出端は平滑な鏡面とするのが一般的であるが、球面、2 次曲面等、レンズの有無やレンズの特性を考えて、露光光線 5 を効率よく集光できる形状にするのがよい。

【 0 0 9 4 】

光ファイバー 6 の入射端に、フェルール 1 3 を付けると、光ファイバー 6 の入射端を平滑に磨き易くなり、発光ダイオード 1 1 の発光部の直近にフェルール 1 3 を付けて磨いた光ファイバー 6 の入射端を配置すると、露光光線の集光効率がよくなる。発光ダイオード

10

20

30

40

50

11と、フェールル13を付けて磨いた光ファイバー6の入射端とを十分離し、その間にレンズ等の集光光学系を配置してもよい。

【0095】

露光光線5による感光性物質2の走査は、被露光物1とガイドロッド4aの相対移動で行われるから、被露光物1とガイドロッド4aのいずれか一方、または双方を移動・回転させて行う。

【0096】

各種ステージを、被露光物1のチャック3による固定側に配置するか、ガイドロッド4aの側に配置するかはいずれでもよく、どちらか片方の側に全てのステージを集合させてもよく、同じ移動方向(軸方向)または同じ回転方向のステージを、被露光物1の側とガイドロッド4aの側の両方に重複して配置してもよい。

10

【0097】

また、各種ステージは必要に応じて設ければよく、必ずしも回転ステージ14、Yステージ15、Xステージ18、ステージ19、ステージ20、ステージ21、Zステージ22の全部を設けなくてもよい。

【0098】

被露光物1側のステージの制御回路25aと、ガイドロッド4a側のステージの制御回路を25bと、発光ダイオード11の制御回路を25c、とは分離するものに限られず、その一部または全部を一体に製作してもよい。

【0099】

20

なお、簡単な形状のパターンを露光するのみの用途ならば、コンピュータ24で全体を制御しないで、ジョイスティックやスイッチ類により各種ステージを適宜駆動してもよく、一部のステージを手動としてもよい。また、ピンホール7およびレンズ8aはどちらか片方だけでもよく、露光するパターンが大きい場合には配置しなくてもよい。

【0100】

露光光源は必ずしも発光ダイオード11に限られず、水銀ランプ、キセノンランプ、ハロゲンランプ等のランプ光源や、ブルーレーザ、バイオレットレーザ等のレーザ光源等、各種の光源を用いることができる。

【0101】

本発明の感光性物質2の露光は光化学反応であり、露光後に行う現像によってパターンを形成するため、露光時に与える光エネルギーは、図29に示した従来例に係る軸受スリーブの溝加工等に使用される材料を熱反応によって熔融蒸発させるアブレーション加工に比して遥かに少なくてもよい。

30

【0102】

具体的な数値を示せば、従来例の熔融蒸発加工用のレーザとしては、特許文献3に「レーザ光の出力が1.3~6kWであると、より好ましい発明になる。」と記載されていることから分かるように、出力が数W~数kWのレーザが必要であるのに対して、本発明では、射出光の指向性が良い発光ダイオードやレーザ光源の場合には、数10mW~数100mW程度の小出力光源でよい。レーザ光源は、小型安価な半導体レーザでも出力的には十分であり、露光装置を小型、簡便、安価に製作できる。

40

【0103】

本実施の形態(形態1-1)においては、円筒状や角筒状等内部空間を有する被露光物の内表面にリソグラフィを施して感光性物質のパターンを形成することができ、またその感光性物質をレジストとし、該レジストのパターンをマスキング材として被露光物の内表面のエッチングをしたり、該レジストのパターンをめっきの雌型としてめっきしたりすることによって、ナット状部品やスプライン筒状の部品等のマイクロ部品の製作を少ないエネルギー量で高効率、高精度に行うことができるという効果がある。

【0104】

図2は第1の実施の形態を変形した形態1-2に係る内面露光装置である。図1に示した第1の実施の形態(形態1-1)に対して、レンズ8aを省略して、ピンホール7だけ

50

とし、被露光物 1 に対して、非感光光源 5 1 を露光光源 1 1 と反対側（被露光物 1 のチャック 3 により保持された側）に設け、一对の反射ミラー 5 4、5 5 も反対側に設けたものであり、形態 1 - 1 と同一の部位には同一の符号を付しその説明を省略する。

【 0 1 0 5 】

第 1 の実施の形態（形態 1 - 1）に対して、レンズ 8 a を省略して、ピンホール 7 だけとしているので、図 2 に示すように、ピンホール 7 の射出口をできるだけ被露光物 1 の内面に付着させた感光性物質 2 に近付けた方が好ましく、ピンホール 7 の射出口を感光性物質 2 に軽く押し付けてもよい。ピンホール 7 の射出口を感光性物質 2 に近付けるほど、露光光線 5 は小さい照射スポットで感光性物質 2 に当たることになる。

【 0 1 0 6 】

形態 1 - 1 に対して、レンズ 8 a を省略し、ピンホール 7 のガイドロッド 4 a の上面からの飛び出しを最小限に抑えているので、内径が小さい円筒状の被露光物 1 等、内部空間が小さい被露光物 1 を露光することができるという効果がある。

【 0 1 0 7 】

図 3 は、第 1 の実施の形態（形態 1 - 1）を変形した形態 1 - 3 に係る内面露光装置である。形態 1 - 1 に対して、ガイドロッド 4 a の円筒の内部に配索される光ファイバー 6 の射出端をガイドロッドの途中までとし、その先に露光光線を収束するための凸レンズ 8 b を配置し、さらにその先に露光光線 5 を直角に反射するミラー 1 0 a を配置したものである。レンズ 8 b によって、ピンホール 7 の射出口の光像を作り、ミラー 1 0 a で光路を略直角に曲げて、光像が感光性物質 2 上に形成されるようにしたものであり、形態 1 - 1 と同一の部位については同一の符号を付しその説明を省略する。

【 0 1 0 8 】

本実施の形態においては、図 2 5 (a) に示すように 1 つのレンズ 6 6 で像を形成する結像光学系を用いており、図 2 5 (a) のレンズ 6 6 に相当するレンズ 8 b とピンホール 7 の射出口との間の距離 a を、レンズ 8 b と光像を作る感光性物質 2 との距離 b より大幅に長くでき、光像の倍率は $m = b / a$ となるので、レンズ 8 b の位置を適宜選定することにより、ピンホール 7 の射出口の寸法よりかなり小さい照射スポットを得ることができるという効果がある。

【 0 1 0 9 】

結像性能を上げるため、レンズ 8 a を単レンズではなく組み合わせレンズとしてもよいことは言うまでもない。

【 0 1 1 0 】

なお、ミラー 1 0 a は二等辺三角形のミラーに限られるものではなく、板状等、直角に反射するものであればよい。

【 0 1 1 1 】

図 4 は、第 1 の実施の形態（形態 1 - 2）を変形した形態 1 - 4 に係る内面露光装置である。形態 1 - 2 において、ピンホール 7 を省略し、光ファイバー 6 からの射出光を露光光線 5 として直接感光性物質 2 を感光するようにしたものであり、形態 1 - 2 と同一の部位については同一の符号を付しその説明を省略する。

【 0 1 1 2 】

本実施の形態においては、レンズ 8 b もピンホール 7 も設けていないので、ガイドロッド 4 a に取り付ける光学部品が少なくなるので、より内部空間の小さい被露光物 1 を露光することができる。光ファイバー 6 としてコア径が小さく、開口数の小さいものを用いれば、さらに露光光線 5 を狭い範囲に射出することができ、微細なパターンに露光することができるという効果がある。

【 0 1 1 3 】

図 5 は、第 1 実施の形態（形態 1 - 4）を変形した形態 1 - 5 に係る内面露光装置である。形態 1 - 4 において、光ファイバー 6 を曲げて配索する代わりにミラー 1 0 a を設け、光ファイバー 6 の先端をミラー 1 0 a の直近に配置したものであり、形態 1 - 4 と同一の部位については同一の符号を付しその説明を省略する。

10

20

30

40

50

【0114】

本実施の形態においては、形態1-4のように光ファイバー6の先端を直角に曲げる必要がなく、光ファイバー6の先端部が、ロッドガイド4aの上壁を挿通することもないので装置の製作が容易であり、より内部空間の小さい被露光物1の内面を露光することができるという効果がある。

【0115】

図6は、第1の実施の形態(形態1-5)を変形した形態1-6に係る内面露光装置である。形態1-5において、平面ミラー10aを、凹面ミラー10bに代え、光ファイバー6から射出される光を集光するか、もしくは、光ファイバー6の射出口の光像を感光性物質2上に形成するようにしたものであり、形態1-5と同一の部位については同一の符号を付しその説明を省略する。

10

【0116】

本実施の形態においては、凸レンズ8aやピンホール7を省略して構成を簡素化しながら、凹面ミラー10bによって露光光線を絞るので、内部空間の小さい被露光物1の内面を小さい照射スポットで露光できるという効果がある。

【0117】

図7は、第1の実施の形態(形態1-1)を変形した形態1-7に係る内面露光装置である。形態1-1において、露光光源11と、光ファイバー6の入射端に付けたフェルル13との間に、露光光線の供給、非供給を制御するためのシャッター30を設けたものであり、形態1-1と同一の部位については同一の符号を付しその説明を省略する。

20

【0118】

シャッター30の開閉制御は、コンピュータ24によって制御回路25eを介して行われる。

【0119】

シャッター30の方式は、機械式の開閉シャッターのほか、音響光学素子を利用したシャッター、ミラーの傾き角により光の取り込み有無を制御するシャッター等いずれでよい。また、シャッター30の配置場所も、露光光源11の直前に限られず、露光光線5の供給・非供給を切り換えることができる位置ならばいずれでもよい。

【0120】

本実施の形態においては、露光光源が点灯、消灯を頻繁に繰り返すことが好ましくない、ランプ光源やレーザー光源を用いる場合に、露光光線5の供給・非供給に制約が生じないという効果がある。

30

【0121】

なお、図7に示した露光光線5の供給・非供給をシャッター30により制御する仕組みを、図2乃至図6に示した形態1-2乃至形態1-6の変形形態とできることは、改めて図示するまでもなく明らかである。

【0122】

(第2の実施形態)

図8は本発明の第2の実施の形態(形態2-1)に係る内面露光装置である。第1の実施の形態(形態1-7)に対して、光ファイバー6を省略して、露光光源12から発せられる露光光線5がガイドロッド4aに沿って進行し、ピンホール7を介してミラー10aに達し、ミラー10aで感光性物質2上に所定の照射スポットを形成するものである。また非感光光線52はガイドロッド4a上に装着された一対のミラー54、55によって、感光性物質2上に形成された露光光線5の照射スポットおよびその近傍を照射するものであり、形態1-7と同一の部位については同一の符号を付しその説明を省略する。

40

【0123】

本実施の形態においては、露光光源12として、レーザー等、略平行な光束を出射する光源が用いられ、露光光源12から出射された露光光線5がピンホール7によって円形、楕円形、正多角形、長方形、またはそれらの擬似形状に整形された後、ミラー10aによって直角に反射され、レンズホルダ9bで支持されたレンズ8bによって、ピンホール7の

50

光像が、照射スポットとして感光性物質 2 上に形成される。

【 0 1 2 4 】

ランプや発光ダイオードを光源 1 1 とし、発散光をミラーやレンズにより集光して光軸に平行な光束を得てもよいし、図 2 4 に示すように、2 つのピンホール 7、7 を、距離を隔てて直列に配置することにより、ほぼ平行な光束を得て、それを露光光線 5 としてもよい。6 5 は遮光筒である。

【 0 1 2 5 】

レーザー光はほぼ平行な光束ではあるが、発散角を有しており、また、ビームの強度分布が必ずしも点対称でないため、単にレンズで集光すると、露光光線 5 の照射スポットをあまり小さくできず、また、照射スポットの形状を円形や矩形等に整形することができないが、ピンホール 7 を設けることにより、露光光線 5 の照射スポットをより小さくでき、かつ射出口の形状と相似形に整形することができる。

【 0 1 2 6 】

このため、本実施の形態では、特許文献 3 に開示されているようにレーザー光を単にレンズで集光する場合に比して露光光線 5 の照射スポットがより小さく、かつピンホール 7 の射出口の形状と相似形に整形され、微細なパターンの露光を行うことができるという効果がある。

【 0 1 2 7 】

図 9 は本発明の第 2 の実施の形態（形態 2 - 1）を変形した形態 2 - 2 に係る内面露光装置である。形態 2 - 1 に対して、ビームスプリッタ 5 9 によって、露光光線 5 と非感光光線 5 2 が合成され、その合成光線が、ロッドガイド 4 a の内部空間内を進行し、ロッドガイド 4 a に装着されたピンホール 7 を介してミラー 1 0 a で直角に反射され、レンズ 8 b によってピンホール 7 の射出口の光像が感光性物質 2 上に形成されるようにしたものである。形態 2 - 1 と同一の部位については同一の符号を付しその説明を省略する。

【 0 1 2 8 】

本実施の形態においては、感光性物質 2 上から反射される非感光光線 5 2 は、ガイドロッド 4 a 上のビームスプリッタ 5 9 まで、合成光線の出射経路と同じ経路を逆に進行し、ビームスプリッタ 5 9 で反射されて、カメラ 5 7 で捉えられモニタ 5 8 で観察される。またモニタ 5 8 の画像データが、インターフェイスを含む制御回路 2 5 d を介してコンピュータ 2 4 に送られる。

【 0 1 2 9 】

合成光線に含まれる非感光光線 5 2 の感光性物質 2 上における照射スポットの形状・大きさは、露光光線 5 の照射スポット形状・大きさと同じにする必要はなく、露光光線 5 の照射スポットおよびその近傍が照射され、十分観察できる大きさになるようにレンズ 5 6 の焦点距離を選定する。

【 0 1 3 0 】

本実施の形態においては、露光光線と非感光光線が、ビームスプリッタ 5 9 で合成されるので、非感光光線を導光するための一對のミラー 5 4、5 5 等が不要となり、装置の簡素化、小型化が図られ、内部空間の小さい被露光物 1 の内面露光が容易になるという効果がある。

【 0 1 3 1 】

図 1 0 は、本発明の第 2 の実施の形態（形態 2 - 2）を変形した形態 2 - 3 に係る内面露光装置であり、実施の形態 2 - 2 におけるガイドロッド 4 a の先端部に配置されたピンホール 7 をシャッター 3 0 の直前に移動させたものである。形態 2 - 2 と同一の部位については同一の符号を付しその説明を省略する。

【 0 1 3 2 】

本実施の形態においては、ピンホール 7 をレンズ 8 b から離すことにより、非感光光線 5 2 とは独自に感光性物質 2 上に形成されるピンホールの光像、即ち感光性物質 2 上の露光光線 5 の照射スポットが小さくできるという効果がある。また、ピンホール 7 が非感光光線 5 2 の供給光路および反射光の観察光路に入らないため、露光光線 5 の照射スポット

10

20

30

40

50

をより明るく鮮明に観察できるという効果がある。

【 0 1 3 3 】

図 1 1 は、本発明の第 2 の実施の形態（形態 2 - 3）を変形した形態 2 - 4 に係る内面露光装置である。形態 2 - 3 におけるレンズ 8 b とミラー 1 0 a とを凹面ミラー 1 0 b に代えたものであり、形態 2 - 3 と同一の部位については同一の符号を付しその説明を省略する。

【 0 1 3 4 】

本実施の形態においては、構成を簡素化しながら実施の形態 2 - 2 と同一の効果を得ることができるという効果がある。

【 0 1 3 5 】

図 1 2 は、本発明の第 2 の実施の形態（形態 2 - 3）を変形した形態 2 - 5 に係る内面露光装置である。実施の形態 2 - 3 に対して、凸レンズ 8 b を省略し、ガイドロッド 4 a の先端部で、かつ被露光物 1 の内面の直近にピンホール 7 を移動させたものであり、形態 2 - 3 と同一の部位については同一の符号を付しその説明を省略する。

【 0 1 3 6 】

4 3 はピンホール 7 の支持部材であり、ピンホール 7 の射出口を感光性物質 2 に軽く押し付けてもよい。

【 0 1 3 7 】

本実施の形態においては、形態 2 - 3 に対して、レンズ 8 b が省略され、装置の簡素化が図られるという効果がある。

【 0 1 3 8 】

図 1 3 は、本発明の第 2 の実施の形態（形態 2 - 3）を変形した形態 2 - 6 に係る内面露光装置である。実施の形態 2 - 3 に対して、レンズ 8 b をビームスプリッタ 5 9 の前方かつ被露光物 1 の内部空間の外側に移動したものであり、形態 2 - 3 と同一の部位については同一の符号を付しその説明を省略する。

【 0 1 3 9 】

本実施の形態においては、実施の形態 2 - 3 に対して、レンズ 8 b を被露光物 1 の内部空間の外側に配置しているので、レンズ 8 b の寸法に対する制約が除かれる。一方、被露光物 1 の内部空間内に挿入される光学部品の大きさが小さくなり、内部空間の大きさがより小さい被露光物 1 の内面を露光することができるという効果がある。

【 0 1 4 0 】

（第 3 の実施の形態）

図 1 4 は、本発明の第 3 実施の形態（形態 3 - 1）に係る内面露光装置である。

【 0 1 4 1 】

図 1 4 において、4 1 は支持台であり、光源 1 2、シャッター 3 0、ピンホール 7、一对のレンズ 8 b、8 c と非感光光学系部品（光源 5 1、レンズ 5 6 等）を支持している。1 6 は回転ステージ 1 4 を支持する支持台であり、この支持台 1 6 が Y ステージ 1 5 上に固定されている。被露光物 1 は回転ステージ 1 4、Y ステージ 1 5、X ステージ 1 8 により Y 軸回りの回転と、Y 方向と X 方向の移動が可能である。

【 0 1 4 2 】

ガイドロッド 4 b はその一端にミラー 1 0 a が装着され、露光光源 1 2 の反対側から被露光物 1 内に挿入されている。そしてガイドロッド 4 b の他端は積み上げられたステージ 1 9、ステージ 2 0、ステージ 2 1、Z ステージ 2 2 の最上位に固定されている。支持台 4 1、X ステージ 1 8、Z ステージ 2 2 は基台 2 3 上にそれぞれ固定されている。

【 0 1 4 3 】

露光光源 1 2 から出射された露光光線 5 は、シャッター 3 0、ピンホール 7、一对のレンズ 8 b、8 c を介してガイドロッド 4 b の先端のミラー 1 0 a に達し、ミラー 1 0 a によって、直角に反射され感光性物質 2 上に照射スポットが形成される。レンズ 8 b、8 c により、図 2 5（b）に示す光学系を用いてピンホール 7 の像を感光性物質 2 の上に作る

10

20

30

40

50

としてもよい。非感光光線 5 2 は、支持台 4 1 上に固定されたミラー 5 4 とガイドロッドの先端上部に装着されたミラー 5 5 によって、感光性物質 2 上の露光光線 5 の照射スポットおよびその近傍を照射する。その他、実施の形態 2 - 1 と同一の部位には同一の符号を付しその説明を省略する。

【 0 1 4 4 】

本実施の形態においては、ガイドロッド 4 b にはミラー 1 0 a、5 5 が装着されるのみなので、ガイドロッド 4 b の構成が簡素化され、簡素化されたガイドロッド 4 b が被露光物 1 の内部空間内に挿入されるので内部空間の小さい被露光物 1 の内面を露光できるという効果がある。

【 0 1 4 5 】

図 1 5 は、本発明の第 3 の実施の形態（形態 3 - 1）を変形した形態 3 - 2 に係る内面露光装置である。

【 0 1 4 6 】

実施の形態 3 - 1 に対して、一对のレンズ 8 b、8 c の間にビームスプリッタ 5 9 が配置されている。そして光源 1 2 から出射され、シャッター 3 0、ピンホール 7、レンズ 8 b を通過した後の露光光線 5 と、非感光光線 5 2 とがビームスプリッタ 5 9 で合成され、合成光線はレンズ 8 c を通過し、その後は形態 3 - 1 と同様にガイドロッド 4 b の先端部のミラー 1 0 a で直角に反射され、感光性物質 2 上に所定の照射スポットが形成される。

【 0 1 4 7 】

レンズ像を形成する場合、図 2 5 (a) に示すように、1つのレンズ 6 6 で直接像を形成する方法と、図 (b) のごとく、無限遠補正の2つのレンズ 6 7、6 8 を用いて像を形成する方法とがあるが、本実施の形態は2つのレンズを用いて像を形成するものであり、点 P がピンホール 7 の開口に相当する物点、点 P ' が感光性物質 2 上の像点に相当する。その他、形態 3 - 1 と同一の部位には同一の符号を付しその説明を省略する。

【 0 1 4 8 】

図 1 4、1 5（後述の図 1 6、1 7、1 8 を含む）においては、感光性物質 2 上の像点とレンズ 8 b や 8 c との距離は不変に保つ必要がある。従って、露光中はガイドロッド 4 b を固定し、被露光物 1 を移動および/または回転させて走査する。なお、被露光物 1 が円筒の場合には、露光光線 5 が円筒の中心軸上を通るようにすれば、ガイドロッド 4 b を回転させ、被露光物 1 を Y 方向に移動させるか、もしくは、被露光物 1 を固定し、ガイドロッド 4 b を回転・移動して走査してもよい。

【 0 1 4 9 】

本実施の形態では、レンズ 8 b と 8 c を被露光物 1 の内部空間内に入れず、また形態 3 - 1（図 1 4）に対して、ミラー 1 0 a のみを装着したガイドロッド 4 b を被露光物 1 の内部空間内に挿入するので、さらに内部空間の小さい被露光物 1 の内面を露光できるという効果がある。

【 0 1 5 0 】

図 1 6 は、本発明の第 3 の実施の形態（形態 3 - 2）を変形した形態 3 - 3 に係る内面露光装置である。形態 3 - 2 においてはガイドロッド 4 b に取り付けられた別体のミラー 1 0 a を、ガイドロッド 4 b の先端を斜めに成形して鏡面に研磨した反射面 1 0 c に代えたものであり、形態 3 - 2 と同一の部位については同一の符号を付しその説明を省略する。

【 0 1 5 1 】

細いガイドロッド 4 b の先端の鏡面に銀やアルミニウム等の高反射率の金属膜や、露光光線の波長に合わせた高反射誘電体多層膜を付加すれば、反射率を一層高めることができる。

【 0 1 5 2 】

本実施の形態においては、形態 3 - 2 に対して、別体のミラー 1 0 a が省略され、装置のコスト低減を図ることができるという効果がある。また、被露光物 1 の内部空間内に入れるガイドロッド 4 b が単純なロッドだけとなるため、非常に内部空間の小さい被露光物 1 の内面を露光することができるという効果がある。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 3 】

図 1 7 は、本発明の第 3 の実施の形態（形態 3 - 2）を変形した形態 3 - 4 に係る内面露光装置であり、形態 3 - 2 のガイドロッド 4 b の先端の平面ミラー 1 0 a を凹面ミラー 1 0 b に代えたものである。形態 3 - 2 と同一の部位については同一の符号を付しその説明を省略する。

【 0 1 5 4 】

本実施の形態では、実施の形態 3 - 2 に対して、レンズ 8 b、8 c が省略できるので、装置のコスト低減が図れ、凹面ミラー 1 0 b が装着されたガイドロッド 4 b のみが、被露光物 1 の内部空間内に挿入されるので、形態 3 - 2 と同様に内部空間の小さい被露光物 1 の内面を露光できるという効果がある。

10

【 0 1 5 5 】

図 1 8 は、本発明の第 3 の実施の形態（形態 3 - 4）を変形した形態 3 - 5 に係る内面露光装置である。形態 3 - 4 においてガイドロッド 4 b に取り付けられた別体のミラー 1 0 b を、ガイドロッド 4 b の先端部を凹面形状の鏡面に研磨した反射面 1 0 d に代えたものである。形態 3 - 4 と同一の部位については同一の符号を付しその説明を省略する。

【 0 1 5 6 】

本実施の形態では、実施の形態 3 - 4 に対して、ガイドロッド 4 b の先端部の別体の凹面ミラー 1 0 b が省略できるので、装置のコスト低減が図れ、被露光物 1 の内部空間内にその細いガイドロッド 4 b だけが挿入されるので、内部空間の非常に小さい被露光物 1 の内面を露光ができるという効果がある。

20

【 0 1 5 7 】

図 1 9 は、本発明の第 3 の実施の形態（形態 3 - 3）を変形した形態 3 - 6 に係る内面露光装置である。

【 0 1 5 8 】

実施の形態 3 - 3（図 1 6）では、被露光物 1 が回転ステージ 1 4、Y ステージ 1 5、X ステージ 1 8 によって移動・回転されるのに対して、本実施の形態では、被露光物 1 はチャック 3 で保持され、支持台 4 2 上に固定されている。

【 0 1 5 9 】

一方、ガイドロッド 4 b は保持台 1 6 を介して Y ステージ 1 5 上に設置された回転ステージ 1 4 により回転可能に取り付けられている。

30

【 0 1 6 0 】

そして、露光光線 5 を照射する光源 1 2、シャッター 3 0、ピンホール 7、非感光光線 5 2 の光源 5 1、レンズ 5 6、ビームスプリッタ 5 9、カメラ 5 7 等は保持台 1 7 上に取り付けられ、その保持台 1 7 は回転ステージ 1 4 と同じ Y ステージ 1 5 上に固定されている。

【 0 1 6 1 】

また、Y ステージ 1 5 は順次積み上げられた X ステージ 1 8、ステージ 1 9、ステージ 2 0、ステージ 2 1、Z ステージ 2 2 の最上位に設置されており、その結果、保持台 1 7 上の光源 1 2 等が駆動されるとガイドロッド 4 b もそれに伴って一緒に駆動される。その他、形態 3 - 3 と同一の部位については同一の符号を付しその説明を省略する。

40

【 0 1 6 2 】

本実施の形態では、移動・回転ステージの全てのステージがガイドロッド側に集約されているので、感光性物質 2 上への露光光線 5 の焦点合わせ等、露光動作の初期段階における装置の微調整が容易になるという効果がある。

【 0 1 6 3 】

なお、第 3 の実施の形態 3 - 2 乃至 3 - 6（図 1 5 乃至図 1 9）においても、形態 3 - 1（図 1 4）と同様に、反射素子 5 4、5 5 を設け、非感光光線 5 2 を露光光線 5 とは別の光路で導くようにしてもよいことは、図を示すまでもなく明らかである。

【 0 1 6 4 】

図 2 0 は本発明の第 4 の実施の形態（形態 4 - 1）に係る内面露光装置であり、第 1 の

50

実施の形態（形態 1 - 1）と同一の部位については同一の符号を付しその説明を省略する。本実施の形態は、第 1 の実施の形態（形態 1 - 1）において、ガイドロッド 4 a の先端部に発光ダイオード 3 1 を装着し、この発光ダイオードに電力を供給するリード線 3 2 がガイドロッド 4 a に沿って、ステージ 1 9 上に設置された点灯回路 3 3 まで配索されている。

【 0 1 6 5 】

そして、発光ダイオード 3 1 は点灯回路 3 3 およびその制御回路 2 5 c を介してコンピュータ 2 4 に接続され、コンピュータ 2 4 によって点灯、消灯が制御される。7 はピンホール、8 a はレンズ、9 c はレンズホルダである。

【 0 1 6 6 】

発光ダイオード 3 1 の発光部 3 5 から出射された露光光線 5 はピンホール 7 とレンズ 8 a を通り、感光性物質 2 上に所定の照射スポットを形成する。

【 0 1 6 7 】

本実施の形態では、第 1 の実施の形態（形態 1 - 1）に対して、光ファイバー 6 が不要となりガイドロッド 4 a の製作が容易になるという効果がある。また、露光光線 5 を導光するためのレンズ 8 b、8 c、ビームスプリッタ 5 9、反射ミラー 1 0 a、1 0 b 等の光学部品が不要となり、ガイドロッド 4 a のアライメント調整が不要になるという効果がある。

【 0 1 6 8 】

図 2 1 は、本発明の第 4 の実施の形態（形態 4 - 1）を変形した形態 4 - 2 に係る内面露光装置である。第 4 の実施の形態（形態 4 - 1）において、非感光光源 5 1 を点灯回路 3 3 と反対側に配置し、ミラー 5 5 を発光ダイオード 3 1 に対して、非感光光源 5 1 側となるガイドロッド 4 a の先端部に装着し、さらにレンズ 8 a を省略したものである。第 4 の実施の形態（形態 4 - 1）と同一の部位については同一の符号を付しその説明を省略する。

【 0 1 6 9 】

本実施の形態では、第 4 の実施の形態（形態 4 - 1）と同様に、光ファイバー 6 が不要となりガイドロッド 4 a の製作が容易になるという効果と、露光光線 5 に関するレンズ、ミラー等の光学部品が不要となり、ガイドロッド 4 a のアライメント調整が容易になるという効果がある。

【 0 1 7 0 】

図 2 2 は、本発明の第 4 の実施の形態（形態 4 - 2）を変形した形態 4 - 3 に係る内面露光装置である。実施の形態 4 - 2 に対して、ピンホール 7 を省略したものであり、形態 4 - 2 と同一の部位については同一の符号を付しその説明を省略する。

【 0 1 7 1 】

本実施の形態では、形態 4 - 2（図 2 1）に対して、ガイドロッドの製作がさらに容易になるという効果がある。

【 0 1 7 2 】

図 2 3 は、本発明の第 5 の実施の形態に係る内面露光装置である。本発明の第 1 の実施の形態（形態 1 - 1）において、被露光物 1、ガイドロッド 4 a の長手方向を上下方向としたものであり、形態 1 - 1 における基台 2 3 の代わりに支柱 4 4 を設け、その支柱 4 4 を基台 2 3 b 上に取り付けたものである。その他、形態 1 - 1 と同一の部位には、同一の符号を付しその説明を省略する。

【 0 1 7 3 】

被露光物 1 とガイドロッド 4 a の配置は、被露光物 1 が下側、ガイドロッド 4 a が上側に限定されるものではなく、被露光物 1 を上側、ガイドロッド 4 a を下側に配置してもよい。また被露光物 1、ガイドロッド 4 a の長手方向は、上下方向に限定されるものではなく、所定の傾斜を有するものとすることができる。

【 0 1 7 4 】

また、被露光物 1、ガイドロッド 4 a の長手方向に所定の角度を付与する配置は、第 1

10

20

30

40

50

の実施の形態乃至第 4 の実施の形態の全ての実施の形態（図 1 乃至図 2 2）に適用することができる。

【0175】

本実施の形態では、装置のレイアウトの自由度が増すという効果がある。

【0176】

次に、第 1 の実施の形態および第 4 の実施の形態（図 1 ~ 7 および図 2 0 ~ 図 2 2）に係る発光ダイオード 1 1 を露光光源とする装置の内面露光動作について説明する。

【0177】

内面露光装置の動作は、コンピュータによる自動制御によって行われるが、その主要なものは次の通りである。

【0178】

（1）最初に、被露光物 1 が、チャック 3 を介して、回転ステージ 1 4 にセットされる。

【0179】

（2）発光ダイオード 1 1 を消灯にした状態で、ガイドロッド 4 a の露光光線 5 の射出口が、所定の距離を隔てて、被露光物 1 の内面に近接または接触される。

【0180】

（3）非感光光線 5 1 による光学系によって、露光光線 5 の感光性物質 2 上の照射スポットおよびその近傍が照射され、露光光線 5 の照射スポットの形状や大きさが観察される。

【0181】

（4）一方、モニタ 5 8 の画像データが、インターフェイスを含む制御回路 2 5 d を介してコンピュータ 2 4 に送られ、被露光物 1 内面とガイドロッド 4 a との間の相対距離や相対傾斜角が調整され、被露光物 1 内面上に形成される露光光線 5 の照射スポットの形状・大きさが所定値になるように、自動制御される。

【0182】

この場合、露光光線 5 の感光性物質 2 上への照射スポットの径が最小になるように、自動制御をかけてもよい。また、簡便には、ガイドロッド 4 a が被露光物 1 の内面に対して所定の空隙で保持されるように自動制御してもよい。

【0183】

（5）被露光物 1 とガイドロッド 4 a との相対位置および姿勢角の調整は、コンピュータの指令により、回転ステージ 1 4、Y ステージ 1 5、X ステージ 1 8、ステージ 1 9、ステージ 2 0、ステージ 2 1、Z ステージ 2 2 の各ステージにより行われる。

【0184】

（6）露光光線 5 を感光性物質 2 上の正しい露光開始位置に合致させるために、まず、被露光物 1 内面の端部や、被露光物 1 内面に付けた位置合わせマークに、露光光線 5 の照射スポットの中心を合致させた後、被露光物 1 またはガイドロッド 4 a を所定の距離および/または角度だけ動かして、被露光物 1 内面の露光開始点に合わせられる。

【0185】

（7）次に、所定のステージを移動・回転させて、感光性物質 2 が所定の形状に感光される。

【0186】

(i) 被露光物 1 が円筒の場合には、発光ダイオード 1 1 を点灯・消灯させながら、回転ステージ 1 4 と Y ステージ 1 5 を所定量動かして、ガイドロッド 4 a と被露光物 1 を相対的に移動させることによって、感光性物質 2 が所定のパターンに露光される。

【0187】

各種ステージのうち少なくとも回転ステージ 1 4 の回転と Y ステージ 1 5 の移動と、発光ダイオード 1 1 の点灯・消灯と、その点灯・消灯時間または被露光物 1 上の露光位置に応じた露光・非露光の区別の指定とが、コンピュータ 2 4 によって制御されて、感光性物質 2 が所定のパターンに露光される。

10

20

30

40

50

【 0 1 8 8 】

(ii) パターンが、螺旋形状、円筒の軸直角面の円やその繰り返し形状、円筒軸方向の直線やその繰り返し形状の場合には、回転ステージ 1 4 および / または Y ステージ 1 5 が等速駆動され、駆動と同時に発光ダイオード 1 1 が点灯され上記各パターンに露光される。

【 0 1 8 9 】

(iii) 被露光物 1 が角筒等回転中心に対して点对称でない断面形状（以下「非対称形状」という。）の場合には、感光性物質 2 と、ガイドロッド 4 a の露光光線 5 の射出口との距離が一定になるように、Z ステージ 2 2 を用いて、その距離（Z 方向）が調整される。露光光線 5 の射出方向を一定としたままで、非対称形状の被露光物 1 を、回転中心を一定にして回転すると、感光性物質 2 に照射される露光光線 5 の方向が変化し、必ずしも被露光面に直角な方向から照射されなくなる。

10

【 0 1 9 0 】

また、これらの非対称形状の被露光物 1 を回転速度一定で回転させると、感光性物質 2 に対するガイドロッド 4 a の相対移動速度が変化し露光光線の走査速度も一定でなくなる。

【 0 1 9 1 】

従って、被露光物 1 が非対称形状の場合には、露光光線の照射角度や走査速度を勘案して、感光性物質 2 が内面に直角な方向から均一の露光量で露光されるように、回転ステージ 1 4 および / または Y ステージ 1 5 および / または X ステージ 1 8 が駆動される。

20

【 0 1 9 2 】

例えば、角筒の場合には、各内平面毎に、Y ステージ 1 5 および / または X ステージ 1 8 によって、被露光物 1 をガイドロッド 4 a に対して移動させて走査露光される。

【 0 1 9 3 】

被露光物 1 とガイドロッド 4 a とを相対的に移動させて行う走査は、移動と照射を連続して行うものに限られず、連続移動と間欠照射とを組み合わせ、または間欠移動と間欠照射とを組合せて、小領域の露光の集合として、および / または、照射スポットによる露光点の集合として、所定のパターンを得てもよい。

【 0 1 9 4 】

(9) 被露光物 1 内面の感光性物質 2 が所定のパターンに感光されると露光動作は終了し、露光終了点で発光ダイオード 1 1 が消灯され、駆動された各ステージも停止される。

30

【 0 1 9 5 】

次に、露光光源として、発光ダイオード 1 1 の代わりに、点灯・消灯を頻繁に繰り返すことができないランプ光源やレーザ光源 1 2 を用いる第 2 および第 3 の実施の形態（図 8 ~ 図 1 9）に係る装置の内面露光動作について説明する。

【 0 1 9 6 】

この内面露光動作においては、露光光源を点灯・消灯する代わりに、光源から露光点までの間に設けたシャッター 3 0 を開閉して露光光線の供給・非供給が制御される。その他は、第 1 および第 4 の実施の形態（図 1 ~ 7 および図 2 0 ~ 2 2）に係る内面露光装置により露光する場合と同じである。

40

【 0 1 9 7 】

また、第 1 乃至第 4 の実施の形態に係る内面露光装置を傾斜してレイアウトした第 5 の実施の形態に係る内面露光装置の場合も、上記の第 1 乃至第 4 の実施の形態に係る露光装置により露光する場合と同様に行うことができる。

【 0 1 9 8 】

（実施例 1）

図 2 に示した内面露光装置を用いて下記条件の下、直線状レジストパターンの内面露光を行った。

【 0 1 9 9 】

被露光物 アルミニウム合金製円筒

50

外径：6 mm、内径：5 mm、長さ：50 mm
 被露光物内面の感光性物質
 東京応化工業株式会社製レジストPMER P-AR900
 厚さ：約10 μm
 露光パターン

円筒形の内面の長手軸方向の直線状のレジストパターン

露光光源 発光ダイオード（波長395 nm）

ガイドロッド アルミニウム合金円筒パイプ

外径：2.6 mm、内径：2 mm、長さ：58 mm

光ファイバー プラスチック製

外径：750 μm、コア径：738 μm

ピンホール ニッケル製

穴径：約170 μm、厚さ：20 μm

現像液 PMER P-7G

被露光物とガイドロッド（露光光線）との相対速度

8 μm/s、70 μm/s の2種

【0200】

まず、被露光物であるアルミニウム合金製円筒をY方向に動かして露光し、続けて、現像液に4 min間浸漬し、純水で4 minリンスし、純水を乾燥除去した。その後パターンが形成されたアルミニウム合金製円筒を軸方向に切断し、その内面を電子顕微鏡で観察した。

【0201】

図26(a)はアルミニウム合金製円筒とガイドロッドとの相対速度を8 μm/sとした場合、図26(b)はアルミニウム合金製円筒とガイドロッドとの相対速度を70 μm/sとした場合のレジストパターンの電子顕微鏡写真であり、写真中央部の縦方向に白く見える部分がレジストパターン、周囲の黒く見える部分が現像後に残っているレジスト部分、写真下部中央の横線は、長さ500 μmのスケールである。

【0202】

被露光物と露光光線との相対移動速度が大きい方が、他の現像条件が同一でもレジストを現像する時に得られるレジストパターンの線幅が狭くなっていることが判る。

【0203】

（実施例2）

図2に示した内面露光装置を用いて下記条件の下、螺旋状レジストパターンと文字パターンの2種類の内面露光を行った。

【0204】

被露光物 アルミニウム合金製円筒

外径：6 mm、内径：5 mm、長さ：50 mm

被露光物内面の感光性物質

東京応化工業株式会社製レジストPMER P-AR900

厚さ：約10 μm

露光パターン

螺旋状レジストパターン、文字パターンの2種

露光光源 発光ダイオード

波長：395 nm

ガイドロッド アルミニウム合金円筒パイプ

外径：2.6 mm、内径：2 mm、長さ：58 mm

光ファイバー プラスチック製

外径：750 μm、コア径：738 μm

ピンホール ニッケル製

穴径：約100 μm、厚さ：20 μm、

10

20

30

40

50

現像液 P M E R P - 7 G

被露光物とガイドロッド（露光光線）との相対速度：

Y方向：0.5 $\mu\text{m/s}$ 、

回転方向（Y軸回り）：約0.15 deg/s

【0205】

まず、被被露光物であるアルミニウム合金製円筒をY方向の移動とY軸回りの回転を同時に行って露光し、続けて被露光物を現像液に4 min間浸漬し、純水で4 minリンスし、純水を乾燥除去した。その後パターンが形成されたアルミニウム合金製円筒の上半分を切断除去し、その内面を電子顕微鏡で観察した。図27は本発明の実施例2に係る螺旋状レジストパターン(図(a))と文字パターン(図(b))の電子顕微鏡写真である。写真の中で白っぽく見える部分がレジストパターン、黒っぽく見える部分が現像後に残っているレジスト部分であり、図(a)の右上と左側、図(b)の上下にアルミニウム合金製円筒の切断面が写っている。写真下部に示したスケールから分かるように、レジストパターンの線幅は約200 μm である。

10

【0206】

(実施例3)

図16に示した内面露光装置を用いて露光光源として、レーザー光を用いて螺旋状のレジストパターンの露光を行った。

【0207】

被露光物 アルミニウム合金製円筒

外径：1.4 mm、内径：1 mm、長さ：30 mm

被露光物内面の感光性物質

東京応化工業株式会社製レジスト THMR - i P 3 3 0 0

厚さ：約10 μm

露光パターン

円筒形の内面に形成する螺旋状のレジストパターン

露光光源 半導体レーザー

波長：406 nm、最大出力：50 mW、実効出力：35 mW

ガイドロッド ステンレス製丸棒（直径0.5 mm）

先端を45度に切断・研磨

ピンホール ニッケル製

穴径：約170 μm 、厚さ：20 μm

現像液 P M E R N M D - W

被露光物とガイドロッド（露光光線）との相対速度

Y方向/回転方向（Y軸回り）：

4 $\mu\text{m/s}$ / 5.8 deg/s 、32 $\mu\text{m/s}$ / 11.1 deg/s の2種

【0208】

まず、被被露光物であるアルミニウム合金製円筒をY方向の移動とY軸回りの回転を同時に行って露光し、続けて被露光物を現像液に2 min間浸漬し、純水で1 minリンスし、純水を乾燥除去した。その後パターンが形成されたアルミニウム合金製円筒の上半分を切断除去し、その内面を電子顕微鏡で観察した。

40

【0209】

図28は本発明の実施例3に係る螺旋状微細レジストパターンの顕微鏡写真である。上下の白い帯状の部分がアルミニウム合金製円筒の円筒壁、斜めに白く見える部分が螺旋状レジストパターンであり、ピッチ約250 μm 、線幅約12 μm である。本実施例において、不図示であるが、ピッチ約1 mm、線幅約9 μm の螺旋状レジストパターンも得られた。

【0210】

内径1 mm、長さ30 mmという非常に細くて長い円筒被露光試料に対し、特許文献2に開示されている「30 ~ 50 μm 」という線幅より大幅に微細なパターンを得ることが

50

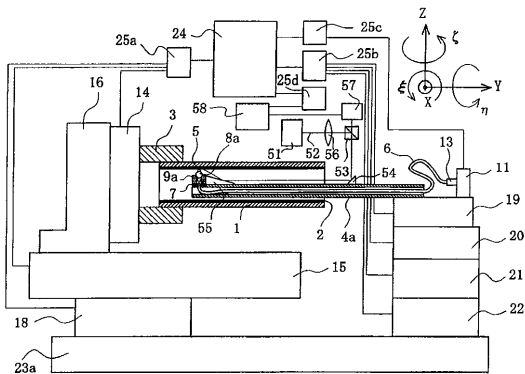
できた。

【産業上の利用可能性】

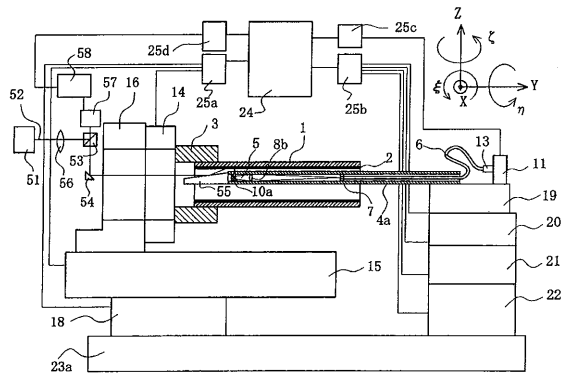
【0211】

本発明を用いれば、細い軸受ボスの内面に潤滑溝や空気軸受溝等の加工を、高効率・高精度に行うことができ、従来不可能であった極細径のボールねじやボールスプラインを得ることができる。

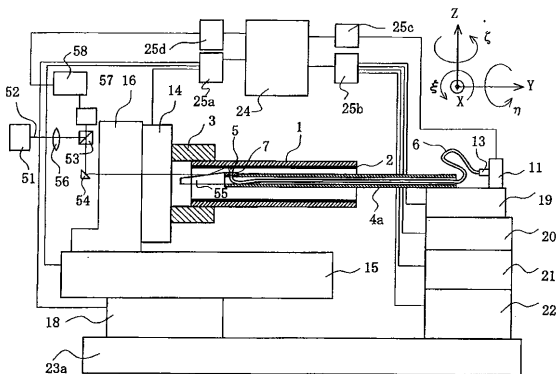
【図1】



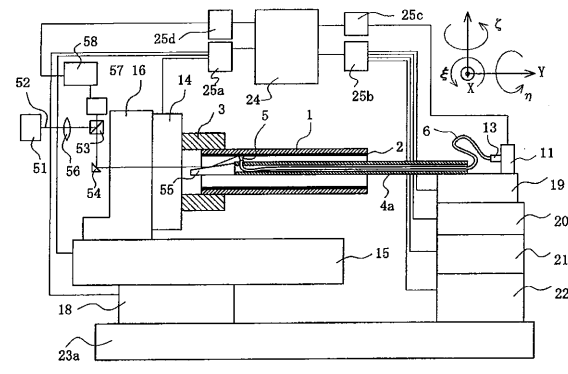
【図3】



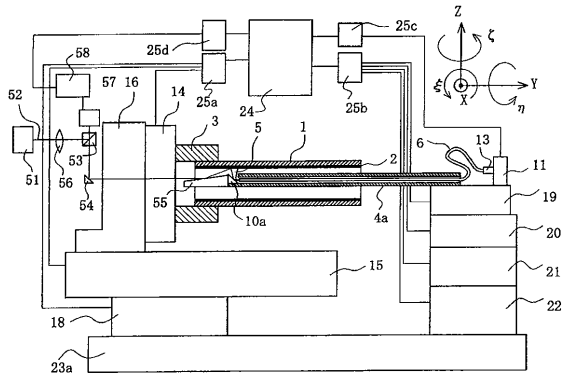
【図2】



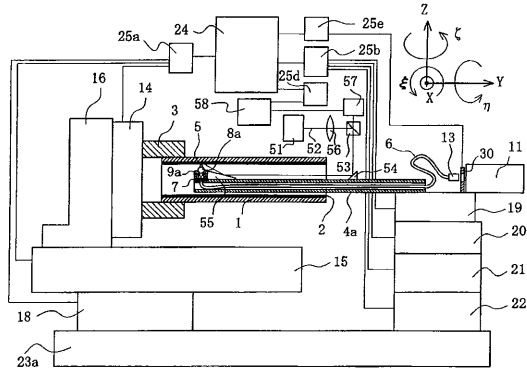
【図4】



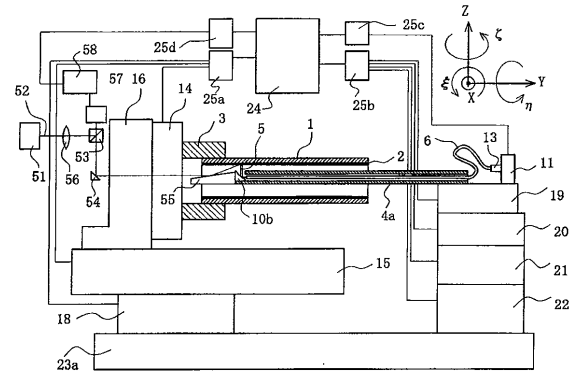
【図5】



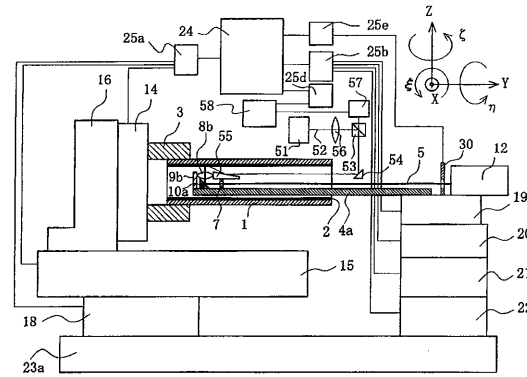
【図7】



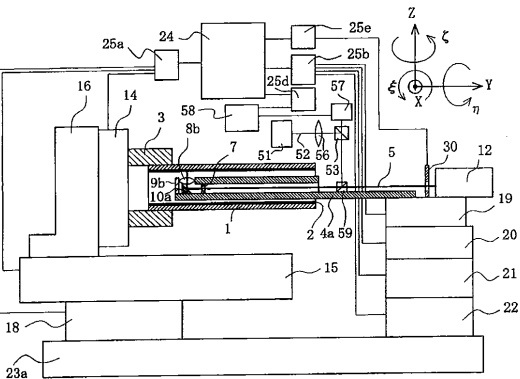
【図6】



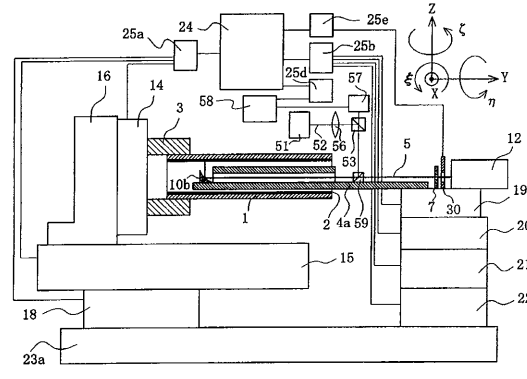
【図8】



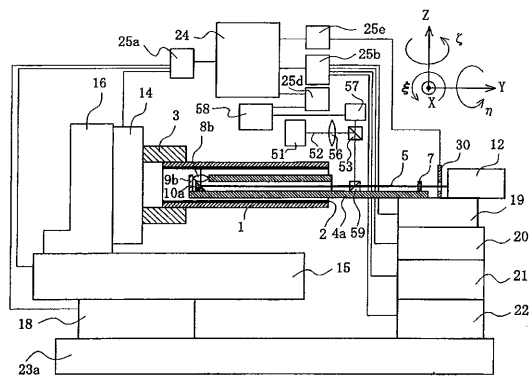
【図9】



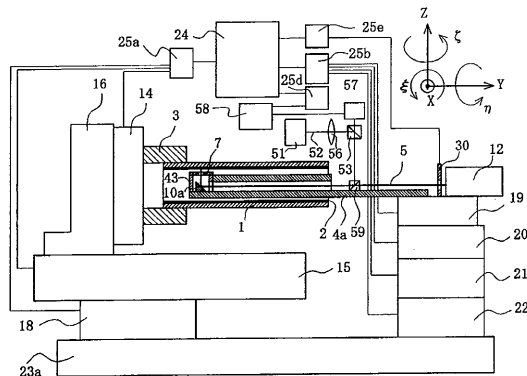
【図11】



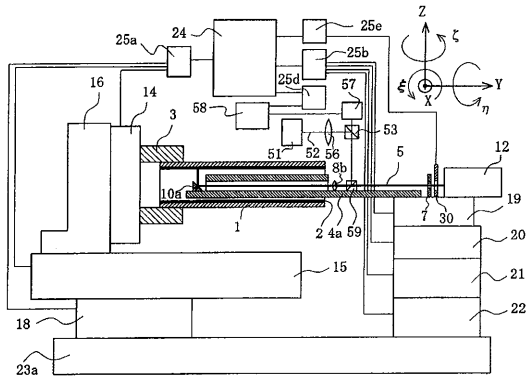
【図10】



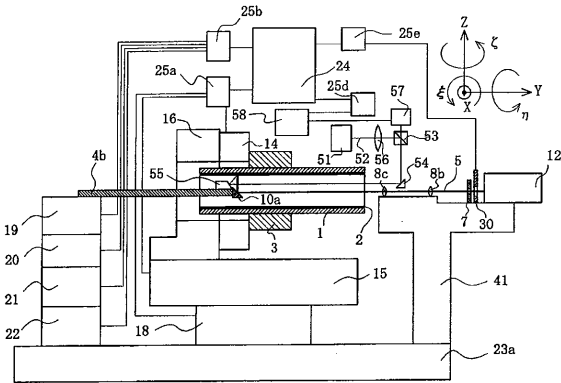
【図12】



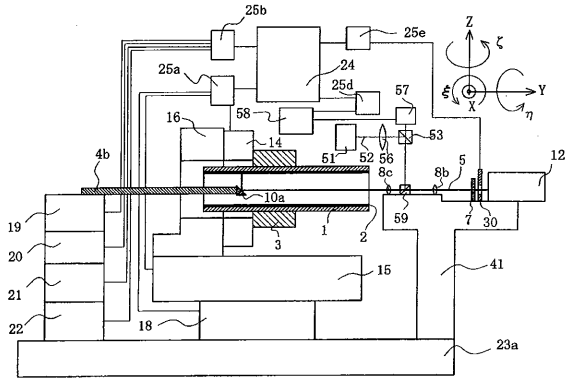
【図13】



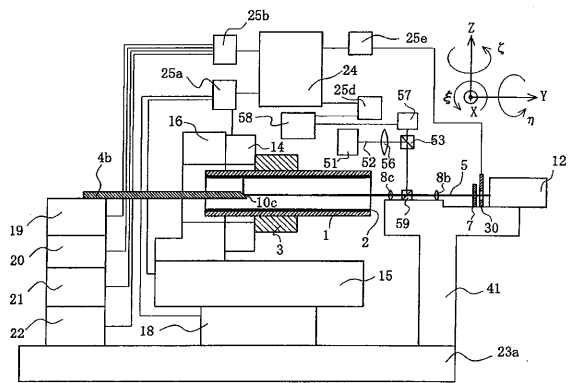
【図14】



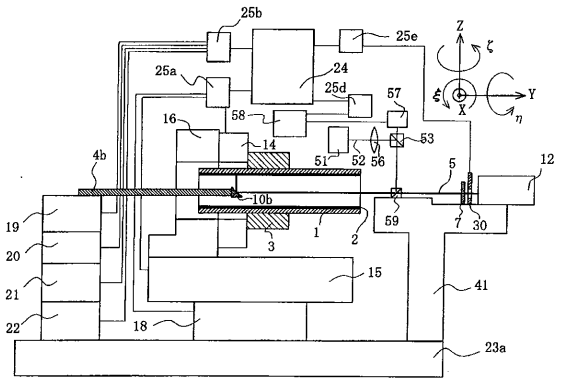
【図15】



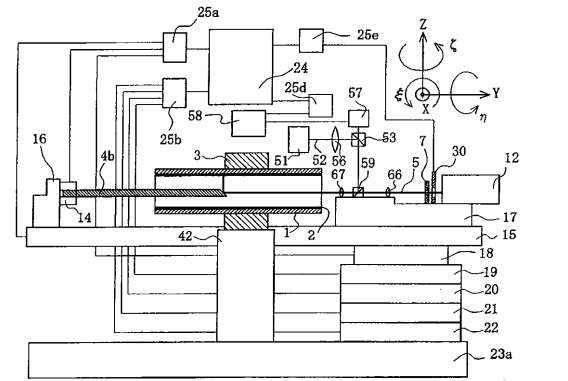
【図16】



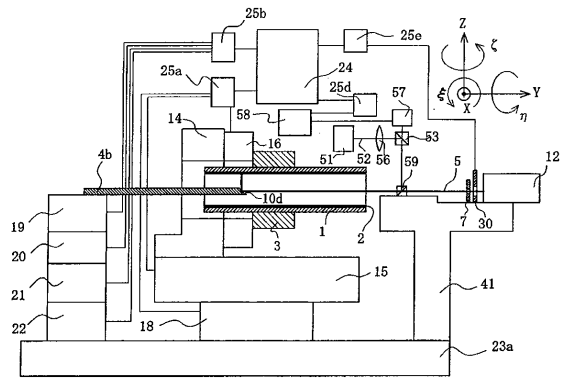
【図17】



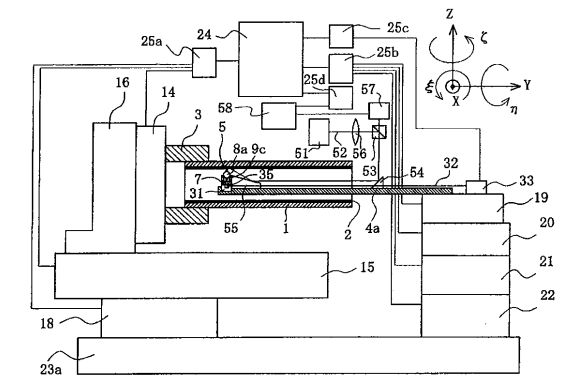
【図19】



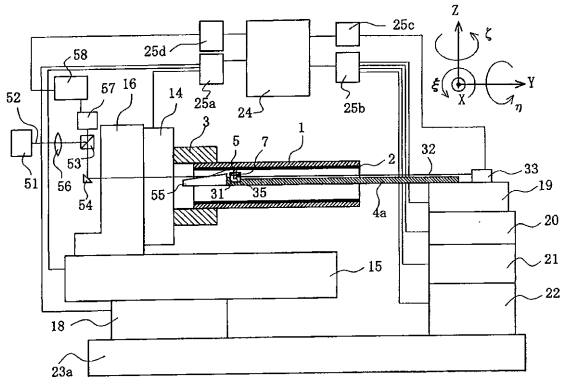
【図18】



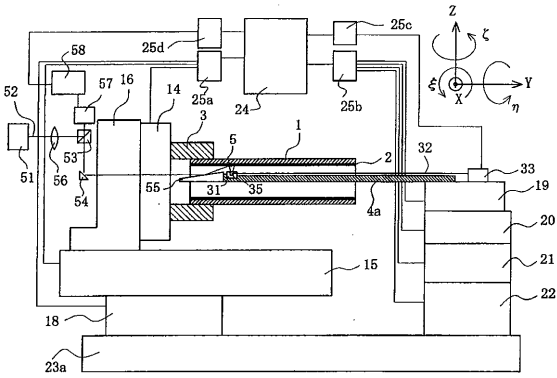
【図20】



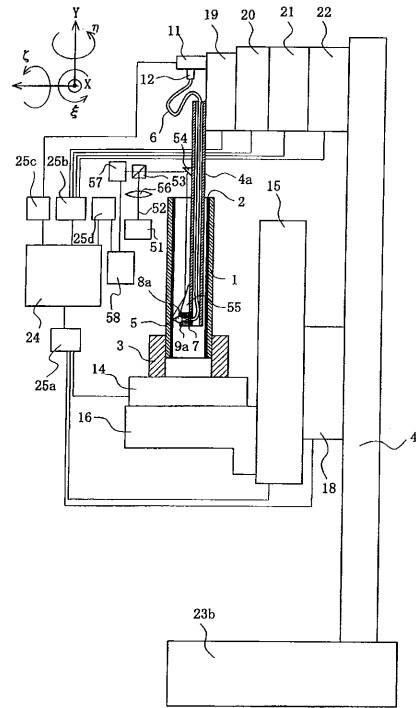
【 2 1 】



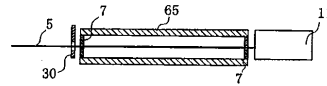
【 2 2 】



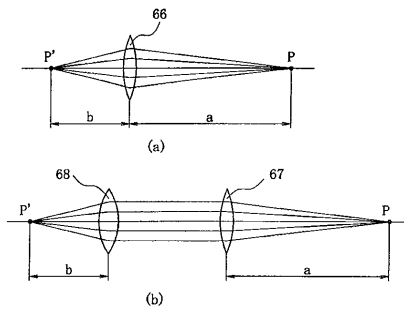
【 2 3 】



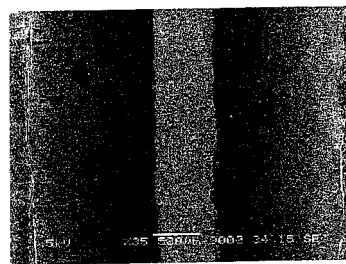
【 2 4 】



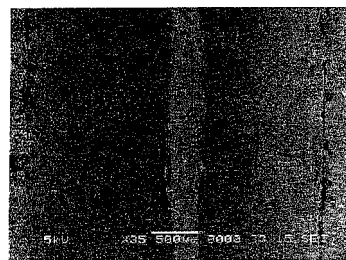
【 2 5 】



【 2 6 】



(a)



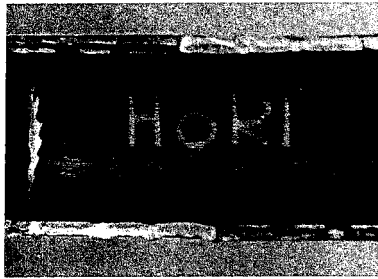
(b)

【 図 27 】



500 μm

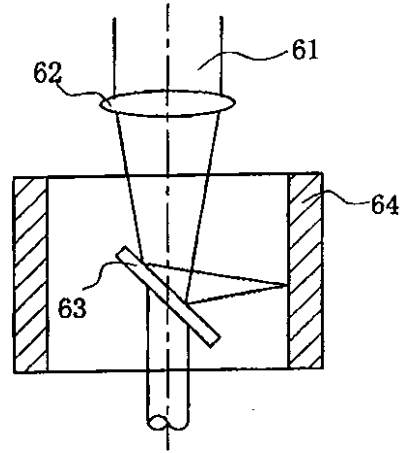
(a)



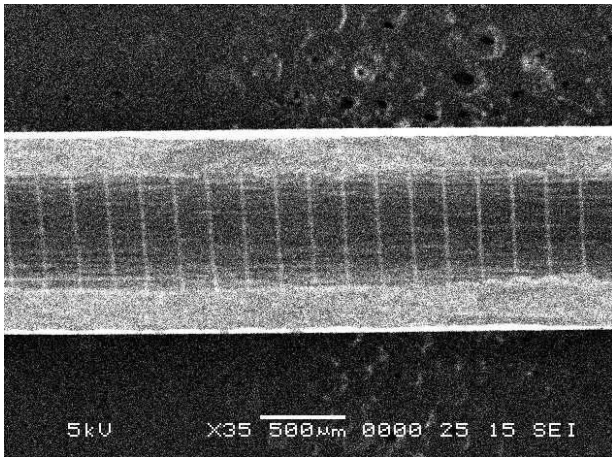
1mm

(b)

【 図 29 】



【 図 28 】



フロントページの続き

(72)発明者 安田 喬
埼玉県鴻巣市下谷208

審査官 渡戸 正義

(56)参考文献 特開平06-315784(JP,A)
特表2002-516386(JP,A)
特開平11-320136(JP,A)
特開2003-075762(JP,A)
特開2000-039724(JP,A)
特開2003-066353(JP,A)
特開平07-321030(JP,A)
特開2000-012445(JP,A)
特開2003-059826(JP,A)
米国特許第05855802(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 7/20 - 7/24
G03F 9/00 - 9/02