

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017 年 8 月 3 日(03.08.2017)



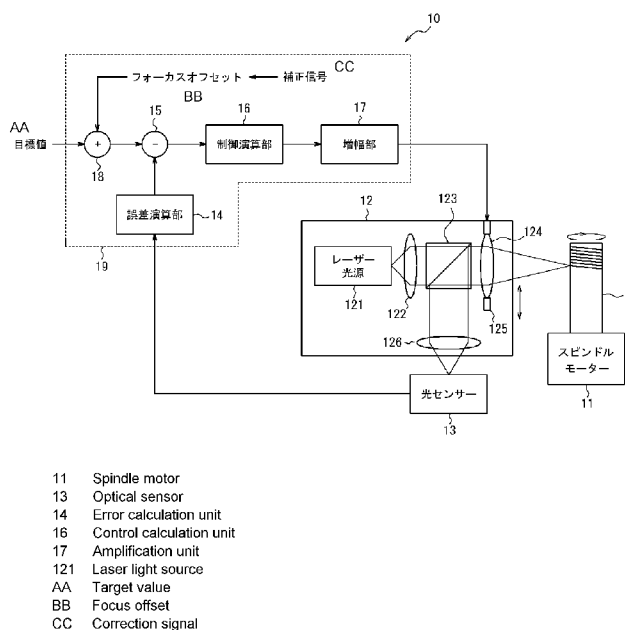
(10) 国際公開番号
WO 2017/130634 A1

- (51) 国際特許分類:
G03F 7/207 (2006.01) *H01L 21/027* (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/089182
- (22) 国際出願日: 2016 年 12 月 28 日(28.12.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-011719 2016 年 1 月 25 日(25.01.2016) JP
- (71) 出願人: デクセリアルズ株式会社 (DEXERIALS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1410032 東京都品川区大崎一丁目 1 番 2 号 ゲートシティ大崎イーストタワー 8 階 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 野上 朝彦 (NOGAMI Asahiko); 〒1410032 東京都品川区大崎一丁目 1 番 2 号 ゲートシティ大崎イーストタワー 8 階 デクセリアルズ株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 杉村 憲司 (SUGIMURA Kenji); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目 2 番 1 号 霞が関コモンゲート西館 3 6 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: EXPOSURE DEVICE AND EXPOSURE METHOD

(54) 発明の名称: 露光装置および露光方法

[図1]



- 11 Spindle motor
- 13 Optical sensor
- 14 Error calculation unit
- 16 Control calculation unit
- 17 Amplification unit
- 121 Laser light source
- AA Target value
- BB Focus offset
- CC Correction signal

レーザー光のフォーカスを調整する制御部 19 と、を備える。

(57) Abstract: An exposure device 10 according to the present invention irradiates a mounted master disc 1 with laser light to form a pattern by exposure, wherein the exposure device 10 is provided with an optical pickup 12 for emitting laser light and being capable of adjusting the focus of the laser light, and a control unit 19 for adjusting the focus of the laser light emitted from the optical pickup 12, using comprehensive surface shape data that corresponds to at least one of the following: the surface roughness of the master disc 1, the tilt of the master disc 1, and the eccentricity of the master disc 1; and that expresses the relative positional relationship between the surface of the master disc 1 and the optical pickup 12.

(57) 要約: 本発明に係る露光装置 10 は、載置された原盤 1 にレーザー光を照射してパターンを露光形成する露光装置であって、レーザー光を出射し、レーザー光のフォーカスを調整可能なオプティカルピックアップ 12 と、原盤 1 の表面粗さ、原盤 1 の傾きおよび原盤 1 の偏心の少なくとも 1 つに応じた、原盤 1 の表面とオプティカルピックアップ 12 との相対的な位置関係を示す総合表面形状データを用いて、オプティカルピックアップ 12 から出射されるレー

明 細 書

発明の名称：露光装置および露光方法

関連出願のクロスリファレンス

[0001] 本出願は、2016年1月25日に日本国に特許出願された特願2016-011719の優先権を主張するものであり、この先の出願の開示全体をここに参照のために取り込む。

技術分野

[0002] 本発明は、原盤にレーザー光を照射してパターンを露光形成する露光装置および露光方法に関する。

背景技術

[0003] 微細加工技術の1つとして、表面に微細なパターンが形成された平板状あるいは円筒状（円柱状）の原盤を樹脂シートなどに押し当てることで、原盤上の微細なパターンを樹脂シートなどに転写するナノインプリント技術がある。

[0004] 特許文献1には、原盤の表面に微細なパターンを形成するための露光装置が開示されている。この露光装置は、円筒状の原盤を両端面から挟みこんで保持するスピンドルと、レーザービーム（レーザー光）を出射する光源とを備える。そして、表面に熱反応レジストまたは光反応レジストが塗布された原盤を回転させながら、光源から出射されたレーザービームを所望のパターンに合わせて原盤に照射（露光）して熱反応レジストまたは光反応レジストを反応させることで、所望のパターンを原盤の表面に形成する。また、この露光装置は、原盤で反射したレーザービームを受光面が4分割された4分割ディテクタで受光し、受光結果に応じて、レーザービームのフォーカス制御を行う。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2015-5678号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 図5は、フォーカス制御を行う露光装置の構成の一例を示す図である。
- [0007] 図5に示す露光装置100は、スピンドルモーター11と、オプティカルピックアップ12と、光センサー13と、誤差演算部14と、減算器150と、制御演算部16と、増幅部17とを備える。
- [0008] スピンドルモーター11は、円筒状（あるいは円柱状）の原盤1が載置され、載置された原盤1を円周方向に回転させる。
- [0009] オプティカルピックアップ12は、レーザー光をスピンドルモーター11に載置された原盤1に向けて出射する。また、オプティカルピックアップ12は原盤1の軸方向にスライド可能に設けられており、スピンドルモーター11により原盤1を回転させつつ、オプティカルピックアップ12を原盤1の軸方向に沿ってスライドさせることで、オプティカルピックアップ12から出射されたレーザー光を原盤1の表面に照射することができる。原盤1の表面には、例えば、熱反応レジストまたは光反応レジストが塗布形成されており、レーザー光を照射することで、レーザー光が照射された部分の熱反応レジストまたは光反応レジストを反応させ、原盤1の表面の任意の領域にパターンを露光形成することができる。
- [0010] オプティカルピックアップ12は、レーザー光源121と、コリメータレンズ122と、偏光ビームスプリッタ123と、対物レンズ124と、アクチュエーター125と、シリンダリカルレンズ126とを備える。
- [0011] レーザー光源121は、レーザー光を出力する。コリメータレンズ122は、レーザー光源121から出力されたレーザー光を平行光化して、偏光ビームスプリッタ123に出力する。
- [0012] 偏光ビームスプリッタ123は、コリメータレンズ122から出力されたレーザー光を対物レンズ124に向けて透過させる。また、偏光ビームスプリッタ123は、オプティカルピックアップ12から出射されたレーザー光が原盤1で反射され、対物レンズ124を介して入射してきた反射光をシリ

シリンダリカルレンズ 126 に反射する。

[0013] 対物レンズ 124 は、偏光ビームスプリッタ 123 を透過したレーザー光を集光して、原盤 1 に向けて出射する。アクチュエーター 125 は、対物レンズ 124 を原盤 1 に向かう方向に沿って変位させる（前後に移動させる）。対物レンズ 124 を変位させることで、出射されるレーザー光の焦点位置が変化する。したがって、オプティカルピックアップ 12 は、レーザー光のフォーカスを調整可能である。

[0014] シリンダリカルレンズ 126 は、偏光ビームスプリッタ 123 により反射された光（原盤 1 からの反射光）を光センサー 13 の受光面上に集光する。

[0015] 光センサー 13 は、シリンダリカルレンズ 126 からの光（原盤 1 からの反射光）を受光面にて受光し、受光した光に応じた出力を行うセンサーであり、例えば、4 分割 PD (Photo Diode) である。この場合、光センサー 13 は、図 6 に示すように、4 つの領域（領域 A, B, C, D）に分割された受光面を備える。

[0016] 原盤 1 に出射されたレーザー光が原盤 1 の表面上で合焦している場合には、光センサー 13 の受光面で受光される光は、図 7 A に示すように、真円となり、領域 A ~ D で概ね均等となる。一方、原盤 1 に出射されたレーザー光が原盤 1 の表面上で合焦していない（レーザー光のフォーカスに誤差がある）場合には、光センサー 13 の受光面で受光される光は、図 7 B, 7 C に示すように、楕円形で斜めに傾いた形状となる。光センサー 13 は、領域 A ~ D それぞれに照射された光に対応する電圧 $V_A \sim V_D$ を誤差演算部 14 に出力する。

[0017] 誤差演算部 14 は、原盤 1 に出射されるレーザー光のフォーカス誤差に応じた出力を行う。具体的には、誤差演算部 14 は、以下の式 (1) に基づき、原盤 1 に出射されるレーザー光のフォーカス誤差に応じた電圧（フォーカス誤差電圧）を算出し、算出したフォーカス誤差電圧を減算器 150 に出力する。

$$\text{フォーカス誤差電圧} = (V_A + V_B) - (V_C + V_D) \quad \cdots \text{式 (1)}$$

[0018] 上述したように、原盤 1 に出射されるレーザー光が原盤 1 の表面上で合焦している場合には、光センサー 13 の受光面で受光される光は真円となり、4 つの領域に均等に光が照射される。そのため、式 (1) により算出されるフォーカス誤差電圧は概ね、ゼロとなる。一方、原盤 1 に出射されるレーザー光が原盤 1 の表面上で合焦していない場合には、光センサー 13 の受光面で受光される光は楕円形で斜めに傾いた形状となる。そのため、式 (1) により算出されるフォーカス誤差電圧はゼロとならない。したがって、誤差演算部 14 からは、原盤 1 に出射されるレーザー光のフォーカス誤差に応じたフォーカス誤差電圧が出力される。

[0019] 減算器 150 は、目標値と誤差演算部 14 の出力（フォーカス誤差電圧）との差分を算出し、算出した差分を制御演算部 16 に出力する。目標値は、例えば、原盤 1 に出射されるレーザー光が原盤 1 の表面上で合焦している状態での誤差演算部 14 の出力電圧に相当する値である。

[0020] 制御演算部 16 は、減算器 150 により算出された差分がゼロとなるように対物レンズ 124 を移動させるためのアクチュエーター 125 の制御信号を生成し、増幅部 17 に出力する。なお、制御演算部 16 は、例えば、比例積分制御（P I D 制御）に従い制御信号を生成する。

[0021] 増幅部 17 は、制御演算部 16 から出力された制御信号を増幅して、アクチュエーター 125 に出力する。したがって、アクチュエーター 125 は、減算器 150 により算出された差分がゼロとなるように制御される。このように、露光装置 100 は、フォーカス誤差を抑制するようにレーザー光の焦点位置を調整するオートフォーカス機能を備える。

[0022] しかしながら、図 5 に示す露光装置 100 においても、フォーカス誤差を完全に取り除くことはできず、減算器 150 から誤差演算部 14 に到るループ（フォーカスサーボループ）全体でのループ伝達関数（ゲイン）分の 1 程度の誤差（取り残し誤差）が生じてしまう。

[0023] 載置された原盤にパターンを露光形成する場合に、原盤の表面の粗さ（凹凸）、原盤の傾きや偏心などの影響により、オプティカルピックアップ 12

と原盤 1 の表面との相対的な位置関係にバラツキが大きいと、取り残し誤差も大きくなってしまいます。取り残し誤差が大きくなると、原盤へのパターンの露光形成が高精度に行うことができなくなってしまいます。

[0024] 従来、上述した取り残し誤差による露光精度の低下を抑制するために、原盤の表面の研磨精度を高めることが行われていた。しかしながら、研磨精度を高めることは、時間や手間がかかり、コストの増加を招いてしまう。

[0025] 本発明の目的は、上述した課題を解決し、コストの増加を抑制しつつ、原盤へのパターンの露光形成をより高精度に行うことができる露光装置および露光方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0026] 上記課題を解決するため、本発明に係る露光装置は、載置された原盤にレーザー光を照射してパターンを露光形成する露光装置であって、前記レーザー光を出射し、前記レーザー光のフォーカスを調整可能な光源装置と、前記原盤の表面粗さ、前記原盤の傾きおよび前記原盤の偏心の少なくとも 1 つに応じた、前記原盤の表面と前記光源装置との相対的な位置関係を示す総合表面形状データを用いて、前記光源装置から出射されるレーザー光のフォーカスを調整する制御部と、を備える。

[0027] また、上記課題を解決するため、本発明に係る露光装置において、前記制御部は、前記レーザー光のフォーカス誤差に応じた出力を行う誤差検出部と、前記レーザー光が前記原盤の表面上で合焦している状態での前記誤差検出部からの出力に相当する目標値と、前記総合表面形状データに基づき生成された補正信号に基づくオフセット値とを加算する加算器と、前記加算器による加算値と前記誤差検出部の出力との差分に基づき前記レーザー光のフォーカスを調整する制御演算部と、を備えることが好ましい。

[0028] また、上記課題を解決するため、本発明に係る露光装置において、前記補正信号は、前記原盤の表面の位置に応じたテーブルまたは関数であることが好ましい。

[0029] また、上記課題を解決するため、本発明に係る露光装置において、前記制

御部は、

前記レーザー光のフォーカス誤差に応じた出力を行う誤差検出部と、前記誤差検出部の出力に対して、前記総合表面形状データに基づく所定の演算処理を行うことで、前記レーザー光が前記原盤の表面上で合焦している状態での前記誤差検出部からの出力に相当する目標値を補正するオフセット値を算出する演算部と、前記目標値と前記演算部により算出されたオフセット値とを加算する加算器と、前記加算器による加算値と前記誤差検出部の出力との差分に基づき前記レーザー光のフォーカスを調整する制御演算部と、を備えることが好ましい。

[0030] また、上記課題を解決するため、本発明に係る露光装置において、前記光源装置はオプティカルピックアップであり、前記総合表面形状データは、前記オプティカルピックアップにより測定されることが好ましい。

[0031] また、上記課題を解決するため、本発明に係る露光装置において、前記オプティカルピックアップは、前記レーザー光のフォーカス誤差に応じた電圧を出力する光センサーを備え、前記総合表面形状データは前記光センサーの出力に基づき測定されることが好ましい。

[0032] また、上記課題を解決するため、本発明に係る露光装置において、前記オプティカルピックアップは、前記レーザー光を前記原盤に出射する対物レンズと、前記対物レンズを変位させるアクチュエーターと、を備え、前記総合表面形状データは前記アクチュエーターに流れる電流に基づき測定されることが好ましい。

[0033] また、上記課題を解決するため、本発明に係る露光装置において、前記総合表面形状データは変位計により測定されることが好ましい。

[0034] また、上記課題を解決するため、本発明に係る露光装置において、前記原盤は、円筒状または円柱状の原盤であることが好ましい。

[0035] また、上記課題を解決するため、本発明に係る露光装置において、前記原盤は、平板状の原盤であることが好ましい。

[0036] また、上記課題を解決するため、本発明に係る露光方法は、レーザー光を

出射し、前記レーザー光のフォーカスを調整可能な光源装置を備え、載置された原盤に前記レーザー光を照射してパターンを露光形成する露光装置による露光方法であって、前記原盤の表面粗さ、前記原盤の傾きおよび前記原盤の偏心の少なくとも１つに応じた、前記原盤の表面と前記光源装置との相対的な位置関係を示す総合表面形状データを用いて、前記光源装置から出射されるレーザー光のフォーカスを調整することが好ましい。

発明の効果

[0037] 本発明に係る露光装置および露光方法によれば、コストの増加を抑制しつつ、原盤へのパターンの露光形成をより高精度に行うことができる。

図面の簡単な説明

[0038] [図1]本発明の第１の実施形態に係る露光装置の構成の一例を示す図である。

[図2]図１に示す露光装置の動作の一例を示すフローチャートである。

[図3]本発明の第２の実施形態に係る露光装置の構成の一例を示す図である。

[図4]図３に示す露光装置の動作の一例を示すフローチャートである。

[図5]フォーカス制御を行う露光装置の構成の一例を示す図である。

[図6]図５に示す光センサーの受光面の一例を示す図である。

[図7A]図５に示す光センサーの受光面での受光状態の一例を示す図である。

[図7B]図５に示す光センサーの受光面での受光状態の一例を示す図である。

[図7C]図５に示す光センサーの受光面での受光状態の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0039] 以下、本発明の実施の形態について説明する。

[0040] (第１の実施形態)

図１は、本発明の第１の実施形態に係る露光装置１０の構成の一例を示す図である。図１において、図５に示す露光装置１００と同様の構成については同じ符号を付し、説明を省略する。

[0041] 図１に示す露光装置１０は、図５に示す露光装置１００と比較して、加算器１８を追加した点と、減算器１５０を減算器１５に変更した点とが異なる。すなわち、露光装置１０は、スピンドルモーター１１と、オプティカルピ

ックアップ１２（光源装置）と、光センサー１３と、誤差演算部１４（誤差検出部）と、減算器１５と、制御演算部１６と、増幅部１７と、加算器１８とを備える。誤差演算部１４、減算器１５、制御演算部１６、増幅部１７および加算器１８は、制御部１９を構成する。なお、図１においては、オプティカルピックアップ１２と光センサー１３とを分けて記載しているが、光センサー１３は、オプティカルピックアップ１２に含まれていてもよい。

[0042] 制御部１９は、スピンドルモーター１１に載置された原盤１の表面の粗さ（凹凸）、原盤１の傾きおよび偏心の少なくとも１つに応じた、オプティカルピックアップ１２と原盤１の表面との相対的な位置関係の測定結果である総合表面形状データを取得する。そして、制御部１９は、取得した総合表面形状データに基づき、原盤１の表面の各位置において、減算器１５から誤差演算部１４に到るフォーカスサーボループでは取り除ききれないフォーカス誤差がゼロとなるように目標値を補正するための補正信号を生成し、図１においては不図示の記憶部などに保持する。補正信号は、例えば、テーブルあるいは関数などで表わされる。

[0043] そして、補正信号に従い、露光を行う原盤１の表面上の位置に応じて、目標値に加算するフォーカスオフセット（オフセット値）が加算器１８に入力される。

[0044] 加算器１８は、目標値と補正信号に基づくフォーカスオフセットとを加算し、加算値を減算器１５に出力する。

[0045] 減算器１５は、加算器１８の出力値と誤差演算部１４から出力されたフォーカス誤差電圧との差分を演算し、演算結果を制御演算部１６に出力する。以下、図５に示す露光装置１００と同様に、減算器１５により算出された差分がゼロとなるように、アクチュエーター１２５が制御される。上述したように、図５に示す露光装置１００では、目標値とフォーカス誤差電圧との差分がゼロとなるように制御しても、フォーカスサーボループのループ伝達関数（フォーカスサーボ伝達関数）分の１程度のフォーカス誤差が残ってしまう。一方、本実施形態に係る露光装置１０では、取得した総合表面形状デー

タに基づき、フォーカスサーボループでは取り除ききれないフォーカス誤差がゼロとなるように目標値を補正するフォーカスオフセットを目標値に加算してからフォーカス制御を行うため、より高精度にフォーカス誤差を抑制することができ、その結果、原盤 1 へのパターンの露光形成をより高精度に行うことができる。

[0046] 次に、補正信号の生成方法について説明する。

[0047] 原盤 1 を載置した後、オートフォーカス機能をオンとし（フォーカスサーボループを有効とし）、スピンドルモーター 1 1 の回転数を所定の値に設定し、また、オプティカルピックアップ 1 2 のスライド速度を所定の値に設定する。

[0048] 次に、オプティカルピックアップ 1 2 から原盤 1 の表面に塗布された熱反応レジストまたは光反応レジストが反応しない程度に（熱反応レジストまたは光反応レジストが反応しない照射量、照射時間で）レーザー光を出射し、原盤 1 の全面または一部をスキャンする。そして、所定のサンプリングレートで誤差演算部 1 4 から出力されるフォーカス誤差電圧を測定する。上述したように、フォーカスサーボループによるフィードバック制御によりフォーカス誤差を抑制することができるが、完全にはフォーカス誤差を取り除くことができず、フォーカスサーボ伝達関数分の 1 程度の誤差が残ってしまう。この誤差が誤差演算部 1 4 から出力されるフォーカス誤差電圧として表れる。ここで、フォーカスサーボ伝達関数は既知であるため、誤差演算部 1 4 から出力されるフォーカス誤差電圧から、原盤 1 の表面とオプティカルピックアップ 1 2 との相対的な位置関係である総合表面形状データを取得することができる。

[0049] 次に、測定されたフォーカス誤差電圧とフォーカスサーボ伝達関数とに基づき、フォーカス誤差電圧がゼロとなるようにフォーカスオフセットを調整するための補正信号（テーブルまたは関数）を算出する。

[0050] なお、補正信号の生成は、上述したフォーカス誤差電圧を用いた方法に限られるものではなく、例えば、アクチュエーター 1 2 5 に流れる電流（V C

M電流)を用いて補正信号を生成することも可能である。以下では、VCM電流を用いた補正信号の生成方法について説明する。

- [0051] 原盤1を載置した後、オートフォーカス機能をオンとし(フォーカスサーボループを有効とし)、スピンドルモーター11の回転数を所定の値に設定し、また、オプティカルピックアップ12のスライド速度を所定の値に設定する。
- [0052] 次に、オプティカルピックアップ12から原盤1の表面に塗布された熱反応レジストまたは光反応レジストが反応しない程度にレーザー光を出射し、原盤1の全面または一部をスキャンする。そして、所定のサンプリングレートでVCM電流を測定する。上述したように、オートフォーカス機能によりフォーカス誤差を抑制するようにアクチュエーター125が駆動される。したがって、VCM電流は、対物レンズ124の変位量、すなわち、原盤1の表面とオプティカルピックアップ12との相対的な位置関係を示すものであり、VCM電流を測定することで、総合表面形状データを取得することができる。
- [0053] 次に、測定されたVCM電流と既知のフォーカスサーボ伝達関数とに基づき、フォーカス誤差電圧がゼロとなるようにフォーカスオフセットを調整するための補正信号を算出する。
- [0054] フォーカス誤差電圧が小さく、量子化誤差が大きい場合、フォーカス誤差電圧に基づいて補正信号を生成すると、誤差が大きくなってしまう。この場合、VCM電流から対物レンズ124の変位量を計算し、その変位量と、フォーカスサーボ伝達関数と、光センサー13の特性とから、取り残し誤差を予測し、その取り残し誤差を補償するような補正信号を生成する。こうすることで、高精度な補正信号を生成することができる。
- [0055] また、フォーカス誤差電圧およびVCM電流の双方を測定し、これらの測定結果から補正信号を生成してもよい。
- [0056] なお、上述したように、光センサー13はオプティカルピックアップ12に含まれていてもよく、フォーカス誤差電圧やVCM電流は、オプティカル

ピックアップ12で検出することができる。したがって、オプティカルピックアップ12により、フォーカス誤差電圧やVCM電流を測定し、その測定結果に基づき総合表面形状データを取得することができる。

[0057] また、変位計を用いて、原盤1の総合表面形状データを測定し、その測定結果から補正信号を生成してもよい。この場合、レーザー変位計、レーザー干渉変位計、静電容量変位計などの変位計を用いて、原盤1の総合表面形状を測定する。そして、変位計による測定結果と、既知のフォーカスサーボ伝達関数とに基づき補正信号)を生成する。

[0058] 次に、本実施形態に係る露光装置10の動作について、図2に示すフローチャートを参照して説明する。

[0059] まず、総合表面形状データの測定を行う。具体的には、円筒状(あるいは円柱状)の原盤1をスピンドルモーター11(SP)に載置する(ステップS101)。次に、スピンドルモーター11の回転速度(SP回転速度)を設定し(ステップS102)、その設定に従い、スピンドルモーター11を回転させる(ステップS103)。

[0060] また、オプティカルピックアップ12をスライドの開始位置(SLスタート位置)へ移動させ(ステップS104)、オプティカルピックアップ12のスライド速度(SL速度)を設定する(ステップS105)。

[0061] 次に、レーザー光源121(LD)をオンにしてレーザー光を出力させるとともに、フォーカスサーボループを有効として、オートフォーカス(AF)機能をオンにする(ステップS106)。また、フォーカス誤差電圧またはVCM電流を測定する測定間隔を設定する(ステップS107)。そして、オプティカルピックアップ12のスライドを開始し、フォーカス誤差電圧またはVCM電流を設定した測定間隔で測定し、総合表面形状データの測定を開始する(ステップS108)。

[0062] レーザー光による原盤1の全面または一部(所定の範囲)のスキャンを終了すると、総合表面形状データの測定を終了する(ステップS109)。次に、測定した総合表面形状データに基づき補正信号を生成する(ステップS

110)。そして、生成した補正信号に基づくフォーカスオフセットの加算器18への出力をオンにする（ステップS111）。

[0063] 次に、生成した補正信号の確認測定を行う。具体的には、オプティカルピックアップ12をSLスタート位置へ移動させ（ステップS112）、フォーカス誤差電圧を測定して、レーザー光が原盤1の表面上で合焦しているか否かの確認測定を行う（ステップS113）。レーザー光が原盤1の表面上で合焦していることが確認されると、確認測定を終了する（ステップS114）。レーザー光が原盤1の表面上で合焦していない場合には、総合表面形状データの測定や補正信号の生成をやり直す。なお、ステップS112からステップS114までの確認測定は適宜、省略してもよい。

[0064] 次に、原盤1への露光を開始する。具体的には、オプティカルピックアップ12をSLスタート位置へ移動させ（ステップS115）、SL速度を設定する（ステップS116）。また、スピンドルモーター11を回転の開始位置（SPスタート位置）へ移動させ（ステップS117）、SP回転速度を設定する（ステップS118）。そして、オプティカルピックアップ12のスライドを開始し、原盤1への露光を開始する（ステップS119）。露光時には、原盤1の表面に塗布された熱反応レジストまたは光反応レジストが反応するようにレーザー光が照射される。原盤1への露光が終了すると（ステップS120）、露光装置10は処理を終了する。

[0065] このように本実施形態によれば、露光装置10は、レーザー光を出射し、レーザー光のフォーカスを調整可能な光源装置であるオプティカルピックアップ12と、載置された原盤1の表面粗さ、原盤1の傾きおよび原盤1の偏心の少なくとも1つに応じた、原盤1の表面とオプティカルピックアップ12との相対的な位置関係を示す総合表面形状データを用いて、オプティカルピックアップ12から出射されるレーザー光のフォーカスを調整する制御部19と、を備える。

[0066] 総合表面形状データを用いることで、フォーカスサーボループだけでは取り除ききれないフォーカス誤差を抑制し、より高精度にフォーカス誤差を抑

制することができ、その結果、原盤 1 へのパターンの露光形成をより高精度に行うことができる。また、より高精度にフォーカス制御を行うことができるため、原盤 1 に求められる表面の研磨精度を下げることもできるので、コストの増加を抑制することもできる。

[0067] (第 2 の実施形態)

図 3 は、本発明の第 2 の実施形態に係る露光装置 10 a の構成の一例を示す図である。図 3 において、図 1 と同様の構成については同じ符号を付し、説明を省略する。

[0068] 図 3 に示す露光装置 10 a は、図 1 に示す露光装置 10 と比較して、制御部 19 を制御部 19 a に変更した点異なる。

[0069] 制御部 19 a は、制御部 19 と比較して、誤差演算部 14 を誤差演算部 14 a に変更した点と、加算器 18 を加算器 18 a に変更した点と、演算部 21 を追加した点と異なる。

[0070] 誤差演算部 14 a は、算出したフォーカス誤差電圧を減算器 15 に出力するとともに、演算部 21 に出力する。

[0071] 演算部 21 は、誤差演算部 14 a から出力されたフォーカス誤差電圧に所定の演算処理を行って、目標値に加算するフォーカスオフセットを算出し、算出したフォーカスオフセットを加算器 18 a に出力する。

[0072] なお、演算部 21 による演算処理としては、フォーカス誤差電圧に対するフィルタ処理、所定の係数を乗算する係数処理などがある。演算部 21 は、測定された総合表面形状データに基づき、上述したフィルタ処理や係数処理を行う。スピンドルモーター 11 に載置された原盤 1 の傾きや偏心にはある程度の傾向があり、総合表面形状データの測定を繰り返すことでこれらの傾向を把握することができる。演算部 21 は、このような傾向に基づき、演算処理を行ってもよい。こうすることで、原盤 1 を載置するたびに総合表面形状データの測定を行う必要がなくなり、高効率に原盤 1 の露光を行うことができる。

[0073] 加算器 18 a は、目標値と演算部 21 から出力されたフォーカスオフセッ

トとを加算し、加算値を減算器 15 に出力する。以下、図 1 に示す露光装置 10 と同様に、減算器 15 により加算器 18 a の出力値とフォーカス誤差電圧との差分が演算され、その差分がゼロとなるように、アクチュエーター 125 が制御される。

[0074] 次に、本実施形態に係る露光装置 10 a の動作について、図 4 に示すフローチャートを参照して説明する。なお、図 4 においては、演算部 21 には、誤差演算部 14 a から出力されたフォーカス誤差電圧に対して、総合表面形状データの測定結果に基づく所定の演算処理を行うためのデータが入力されているものとする。そのため、本実施形態においては、総合表面形状データの測定などを行うことなく、原盤 1 への露光を開始する。

[0075] まず、円筒状の原盤 1 をスピンドルモーター 11 に載置する（ステップ S201）。次に、SP 回転速度を設定し（ステップ S202）、その設定に従い、スピンドルモーター 11 を回転させる（ステップ S203）。

[0076] また、オプティカルピックアップ 12 を SL スタート位置へ移動させ（ステップ S204）、SL 速度を設定する（ステップ S205）。

[0077] 次に、レーザー光源 121（LD）をオンにしてレーザー光を出力させるとともに、フォーカスサーボループを有効として、オートフォーカス（AF）機能をオンにする（ステップ S206）。また、演算部 21 からのフォーカスオフセットの出力をオンとし（ステップ S207）、オプティカルピックアップ 12 のスライドを開始し、原盤 1 への露光を開始する（ステップ S208）。原盤 1 へのレーザー光の照射に応じて、誤差演算部 14 a からはフォーカス誤差電圧が出力され、フォーカス誤差電圧に対する演算処理が演算部 21 により行われて、フォーカスオフセットが加算器 18 a に出力される。これが繰り返されることで、フォーカスサーボループだけでは取り除ききれないフォーカス誤差を抑制し、より高精度のフォーカス誤差を抑制することができ、その結果、原盤 1 へのパターンの露光形成をより高精度に行うことができる。また、より高精度のフォーカス制御を行うことができるため、原盤 1 に求められる表面の研磨精度を下げるできるので、コストの

増加を抑制することもできる。

[0078] 次に、上述した第1および第2の実施形態に係る露光装置10、10aによるパターンの形成精度と、表面形状データを用いない、図5に示す露光装置100によるパターンの形成精度とについて説明する。

[0079] 原盤1としては、直径10cm、高さ10cmの円筒状の金属性の部材を用い、その表面形状誤差は、 $100\mu\text{m p-p}$ であった。また、スピンドルモーター11の回転速度を 2500rpm とし、オプティカルピックアップ12のスライド速度を $10\mu\text{m/s}$ とした。また、レーザー光源121は、波長が 405nm のレーザー光を出力し、フォーカスサーボループの低域ループゲインを 60dB （1000倍）として、第1および第2の実施形態に係る露光装置10、10aおよび図5に示す露光装置100により原盤1へのパターンの露光形成を行った。

[0080] 上述した条件で原盤1へのパターンの露光形成を行った結果、図5に示す露光装置100では、パターンの形成精度は約 100nm p-p （ $1/1000$ ）であったのに対し、第1および第2の実施形態に係る露光装置10、10aでは、パターンの形成精度は約 $10\sim 30\text{nm p-p}$ であった。このように、本発明に係る露光装置10、10aにおいては、表面形状データを用いないと比べて、パターンの形成精度を約3～10倍程度、向上させることができた。

[0081] なお、上述した各実施形態においては、原盤1は円筒状である例を用いて説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、原盤1はディスク状であってもよい。また、原盤1は、例えば、矩形の平板状であってもよい。原盤1が矩形の平板状である場合、原盤1の露光面がオプティカルピックアップ12に対向するように原盤1を載置し、原盤1の露光面に沿って二次元方向に移動させる。この場合、総合表面形状データとしては、原盤1の表面の凹凸および原盤1の傾きの少なくとも1つに応じた、原盤1の表面とオプティカルピックアップ12との相対的な位置関係が測定される。

[0082] また、上述した各実施形態においては、光センサー13の受光面を4つの

領域に分割し、領域A～Dそれぞれに照射された光に対応する電圧 $V_A \sim V_D$ に基づき、フォーカス誤差を検出する方式を用いた。このような方式は、非点収差法と称される。しかしながら、フォーカス誤差の検出には、例えば、対物レンズ124を光束進行方向に沿って前後に動かしたときに原盤1で反射した光束の受光面での光点像の移動量を検出することによって、フォーカス誤差を検出するナイフエッジ法などを用いることもできる。

[0083] 本発明を図面および実施形態に基づき説明してきたが、当業者であれば本開示に基づき種々の変形または修正を行うことが容易であることに注意されたい。したがって、これらの変形または修正は本発明の範囲に含まれることに留意されたい。例えば、各ブロックなどに含まれる機能などは論理的に矛盾しないように再配置可能であり、複数のブロックを1つに組み合わせたり、或いは分割したりすることが可能である。

符号の説明

- [0084] 10, 10a, 100 露光装置
- 11 スピンドルモーター
- 12 オプティカルピックアップ
- 121 レーザー光源
- 122 コリメータレンズ
- 123 偏光ビームスプリッタ
- 124 対物レンズ124
- 125 アクチュエーター
- 126 シリンドリカルレンズ
- 13 光センサー
- 14, 14a 誤差演算部
- 15, 150 減算器
- 16 制御演算部
- 17 増幅部
- 18, 18a 加算器

19, 19a 制御部

21 演算部

請求の範囲

- [請求項1] 載置された原盤にレーザー光を照射してパターンを露光形成する露光装置であって、
- 前記レーザー光を出射し、前記レーザー光のフォーカスを調整可能な光源装置と、
- 前記原盤の表面粗さ、前記原盤の傾きおよび前記原盤の偏心の少なくとも1つに応じた、前記原盤の表面と前記光源装置との相対的な位置関係を示す総合表面形状データを用いて、前記光源装置から出射されるレーザー光のフォーカスを調整する制御部と、を備えることを特徴とする露光装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の露光装置において、
- 前記制御部は、
- 前記レーザー光のフォーカス誤差に応じた出力を行う誤差検出部と、
- 前記レーザー光が前記原盤の表面上で合焦している状態での前記誤差検出部からの出力に相当する目標値と、前記総合表面形状データに基づき生成された補正信号に基づくオフセット値とを加算する加算器と、
- 前記加算器による加算値と前記誤差検出部の出力との差分に基づき前記レーザー光のフォーカスを調整する制御演算部と、を備えることを特徴とする露光装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の露光装置において、
- 前記補正信号は、前記原盤の表面の位置に応じたテーブルまたは関数であることを特徴とする露光装置。
- [請求項4] 請求項1に記載の露光装置において、
- 前記制御部は、
- 前記レーザー光のフォーカス誤差に応じた出力を行う誤差検出部と、

前記誤差検出部の出力に対して、前記総合表面形状データに基づく所定の演算処理を行うことで、前記レーザー光が前記原盤の表面上で合焦している状態での前記誤差検出部からの出力に相当する目標値を補正するオフセット値を算出する演算部と、

前記目標値と前記演算部により算出されたオフセット値とを加算する加算器と、

前記加算器による加算値と前記誤差検出部の出力との差分に基づき前記レーザー光のフォーカスを調整する制御演算部と、を備えることを特徴とする露光装置。

[請求項5] 請求項1に記載の露光装置において、
前記光源装置はオプティカルピックアップであり、
前記総合表面形状データは、前記オプティカルピックアップにより測定されることを特徴とする露光装置。

[請求項6] 請求項5に記載の露光装置において、
前記オプティカルピックアップは、前記レーザー光のフォーカス誤差に応じた電圧を出力する光センサーを備え、
前記総合表面形状データは前記光センサーの出力に基づき測定されることを特徴とする露光装置。

[請求項7] 請求項5または6に記載の露光装置において、
前記オプティカルピックアップは、
前記レーザー光を前記原盤に出射する対物レンズと、
前記対物レンズを変位させるアクチュエーターと、を備え、
前記総合表面形状データは前記アクチュエーターに流れる電流に基づき測定されることを特徴とする露光装置。

[請求項8] 請求項1に記載の露光装置において、
前記総合表面形状データは変位計により測定されることを特徴とする露光装置。

[請求項9] 請求項1に記載の露光装置において、

前記原盤は、円筒状または円柱状の原盤であることを特徴とする露光装置。

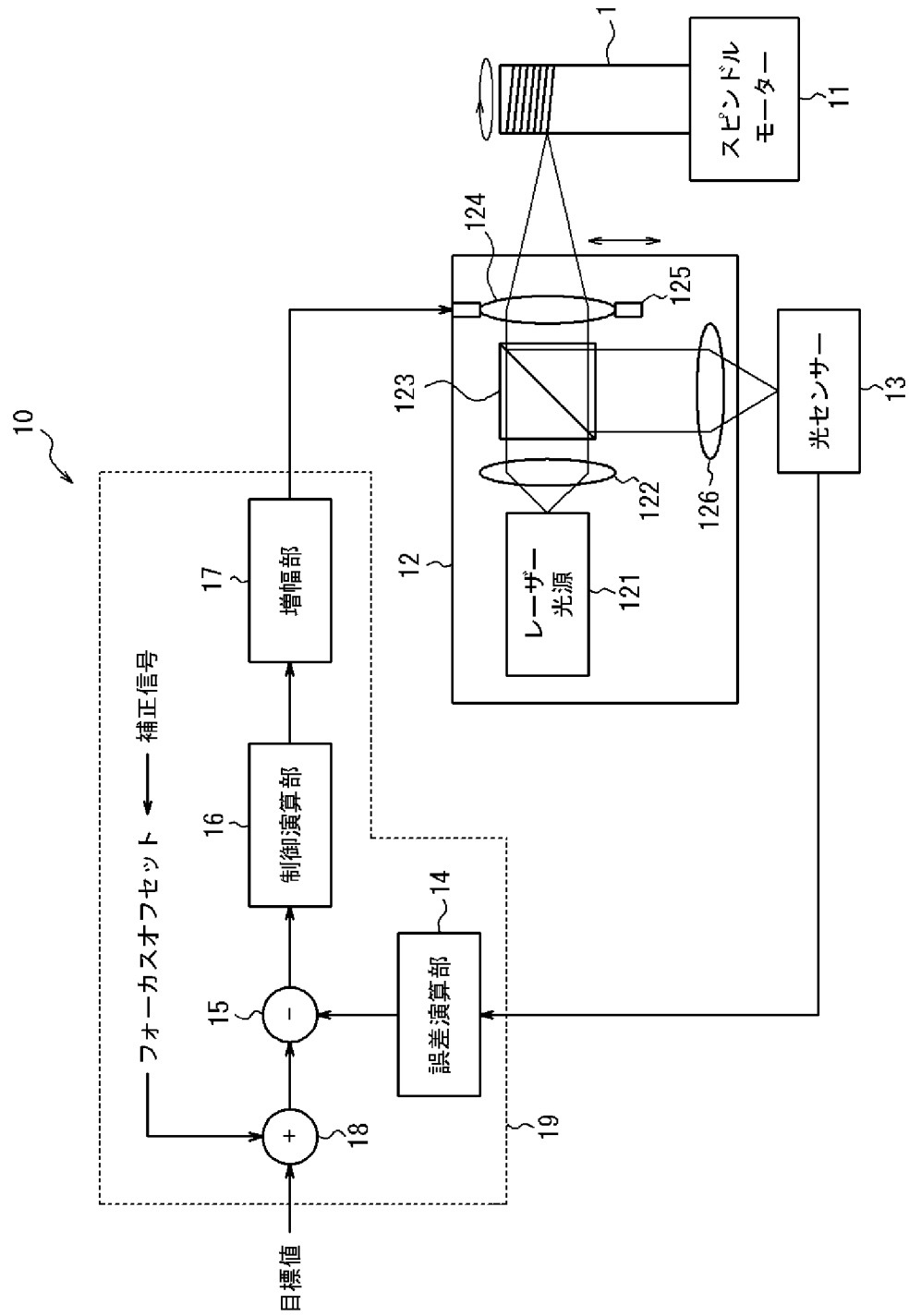
[請求項10] 請求項1に記載の露光装置において、

前記原盤は、平板状の原盤であることを特徴とする露光装置。

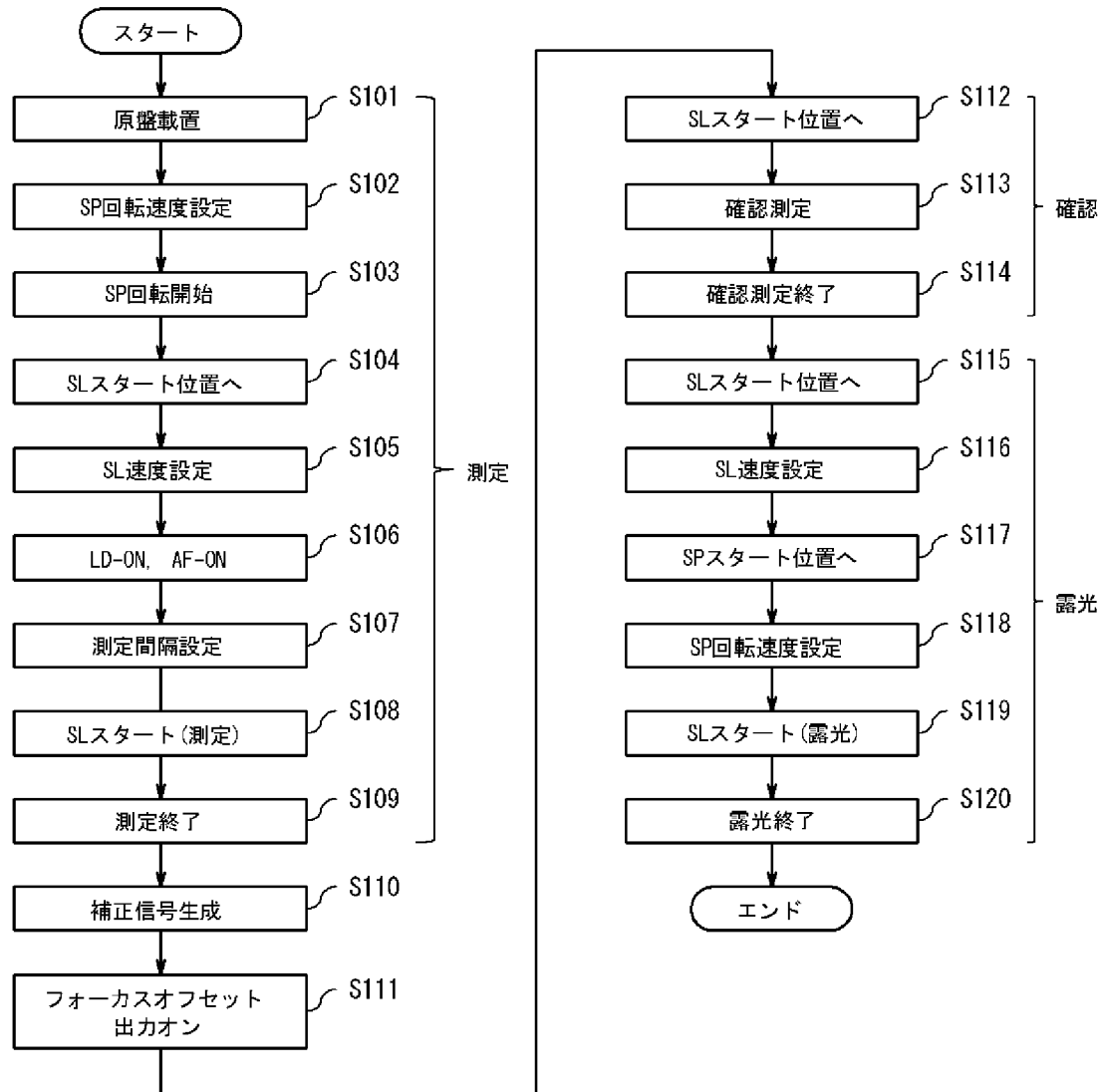
[請求項11] レーザー光を出射し、前記レーザー光のフォーカスを調整可能な光源装置を備え、載置された原盤に前記レーザー光を照射してパターンを露光形成する露光装置による露光方法であって、

前記原盤の表面粗さ、前記原盤の傾きおよび前記原盤の偏心の少なくとも1つに応じた、前記原盤の表面と前記光源装置との相対的な位置関係を示す総合表面形状データを用いて、前記光源装置から出射されるレーザー光のフォーカスを調整することを特徴とする露光方法。

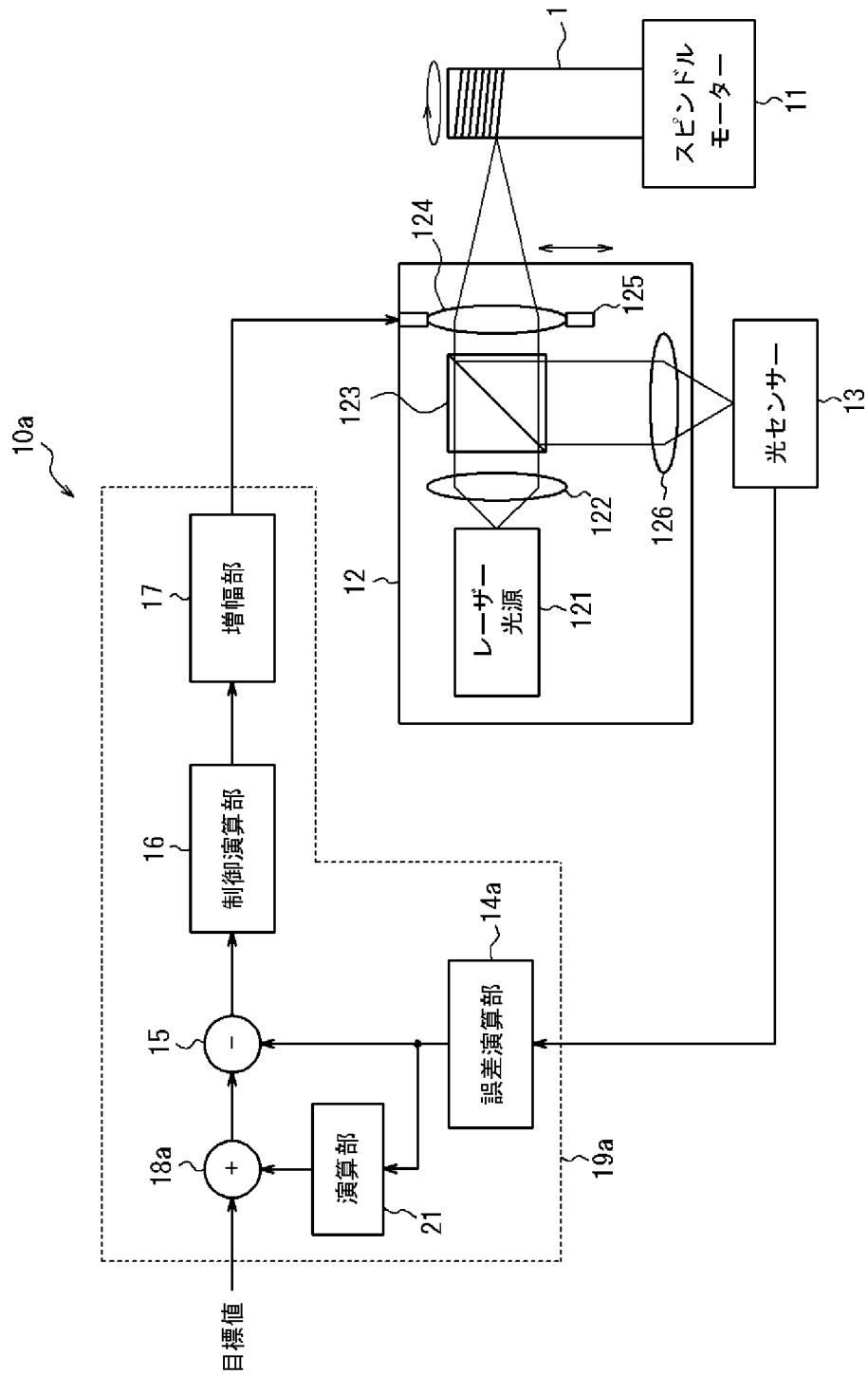
[図1]



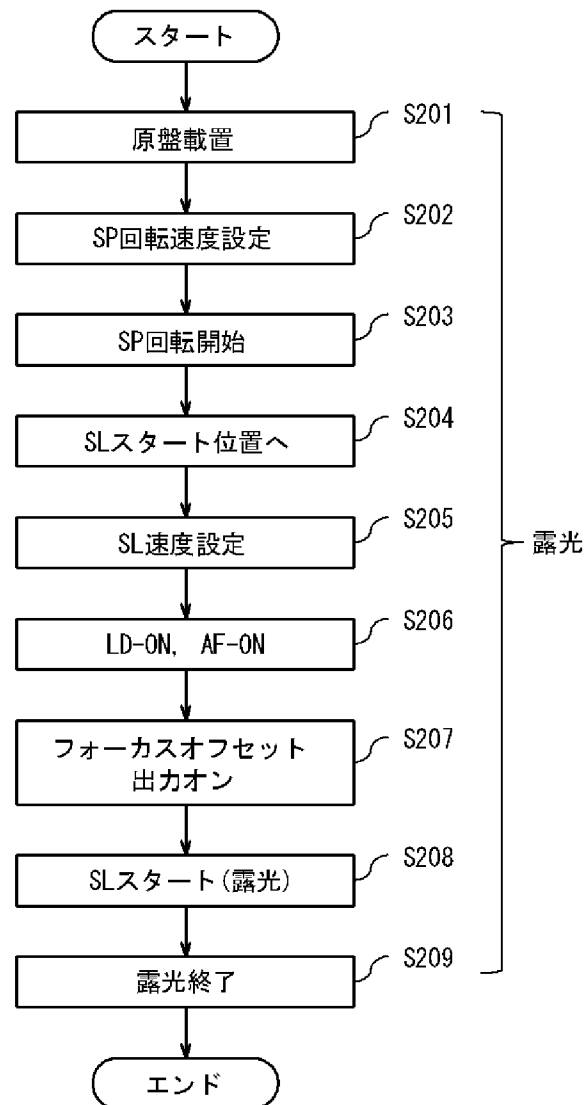
[図2]



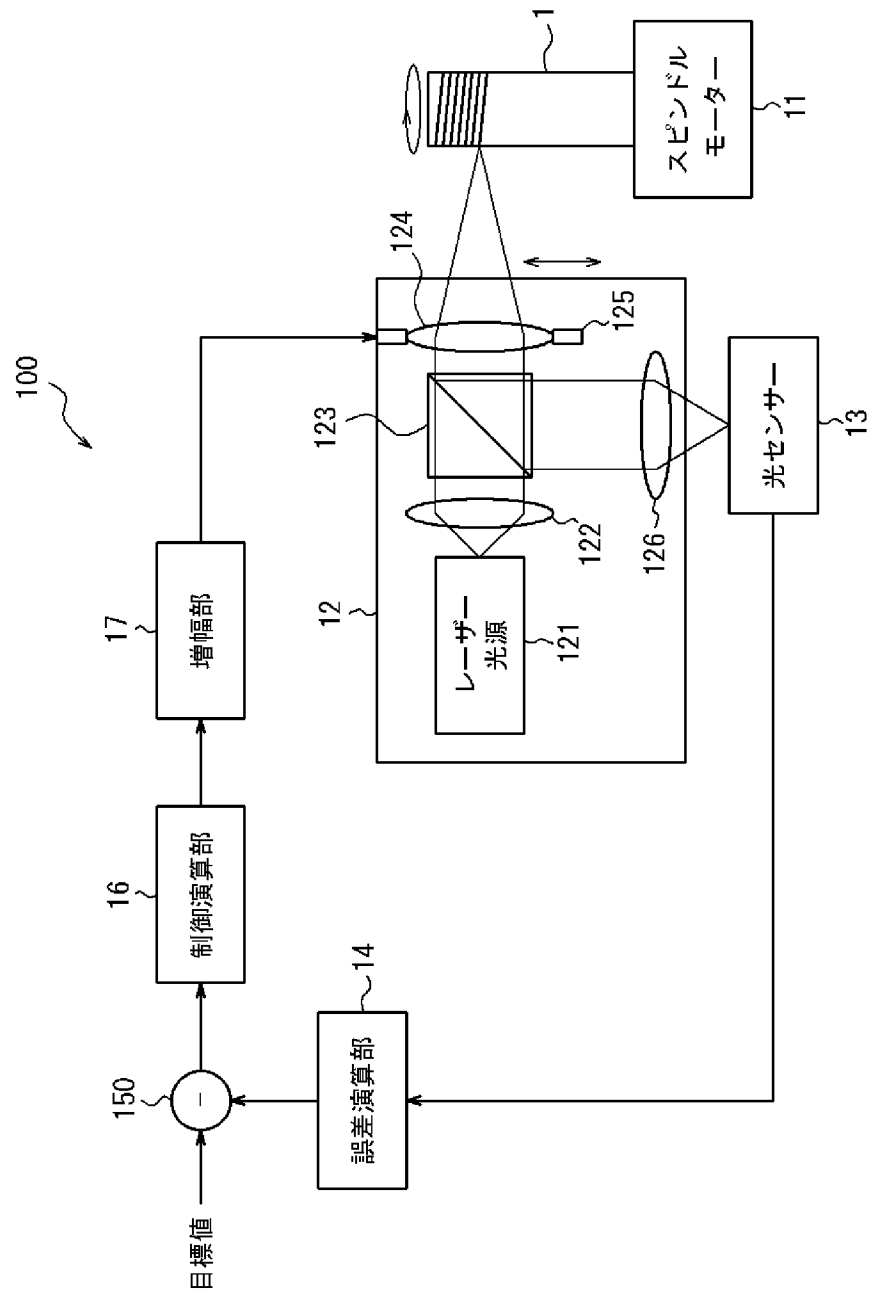
[図3]



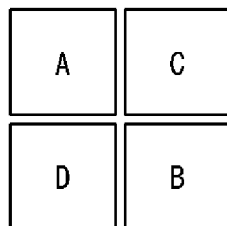
[図4]



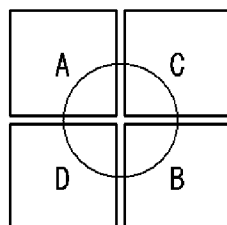
[図5]



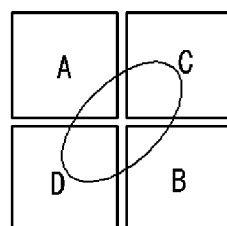
[図6]



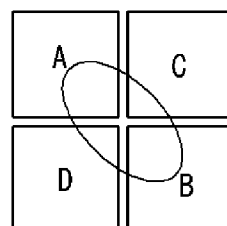
[図7A]



[図7B]



[図7C]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/089182

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G03F7/207(2006.01)i, G03F7/20(2006.01)i, H01L21/027(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G03F7/20-7/24, G03F9/00-9/02, H01L21/027, H01L21/30, H01L21/46, G11B7/24-7/2595, G11B7/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2010-117507 A (Pioneer Corp.), 27 May 2010 (27.05.2010), paragraphs [0008] to [0011], [0023] to [0025], [0030] to [0040]; fig. 2 to 4 (Family: none)	1, 8, 10-11 2-7, 9
Y A	JP 2010-146698 A (Pioneer Corp.), 01 July 2010 (01.07.2010), paragraphs [0016], [0056]; fig. 1 & US 2008/0093562 A1 paragraphs [0028], [0068]; fig. 1	1, 8, 10-11 2-7, 9
A	JP 2005-175334 A (Canon Inc.), 30 June 2005 (30.06.2005), entire text; all drawings & US 2005/0128454 A1 entire text; all drawings	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
29 March 2017 (29.03.17)

Date of mailing of the international search report
11 April 2017 (11.04.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/089182

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-269802 A (NanoSystem Solutions, Inc.), 05 October 2006 (05.10.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 7-73490 A (Sony Corp.), 17 March 1995 (17.03.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2011-170938 A (TDK Corp.), 01 September 2011 (01.09.2011), entire text; all drawings & US 2011/0205881 A1 entire text; all drawings & CN 102163445 A	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G03F7/207(2006.01)i, G03F7/20(2006.01)i, H01L21/027(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G03F7/20-7/24, G03F9/00-9/02, H01L21/027, H01L21/30, H01L21/46, G11B7/24-7/2595, G11B7/26

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2010-117507 A（パイオニア株式会社） 2010.05.27, [0008] - [0011], [0023] - [0025], [0030] - [0040], 図2-4 (ファミリーなし)	1, 8, 10-11 2-7, 9
Y A	JP 2010-146698 A（パイオニア株式会社） 2010.07.01, [0016], [0056], 図1 & US 2008/0093562 A1, [0028], [0068], FIG.1	1, 8, 10-11 2-7, 9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

29.03.2017

国際調査報告の発送日

11.04.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

赤尾 隼人

2G

6002

電話番号 03-3581-1101 内線 3226

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-175334 A (キヤノン株式会社) 2005.06.30, 全文, 全図 & US 2005/0128454 A1, 全文, 全図	1-11
A	JP 2006-269802 A (株式会社ナノシステムソリューションズ) 2006.10.05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 7-73490 A (ソニー株式会社) 1995.03.17, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2011-170938 A (TDK株式会社) 2011.09.01, 全文, 全図 & US 2011/0205881 A1, 全文, 全図 & CN 102163445 A	1-11