

(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
2016 年 12 月 22 日(22.12.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/204062 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 11/24 (2006.01) *G01B 9/02* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/067190
- (22) 国際出願日: 2016 年 6 月 9 日(09.06.2016)
- (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 2015-122864 2015 年 6 月 18 日(18.06.2015) JP
特願 2016-099617 2016 年 5 月 18 日(18.05.2016) JP
- (71) 出願人: N T N 株式会社(NTN CORPORATION)
[JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀 1 丁
目 3 番 1 7 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 大庭 博明(OHBA, Hiroaki); 〒4388510 静
岡県磐田市東貝塚 1 5 7 8 番地 N T N 株式会
社内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI
PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市
北区中之島二丁目 2 番 7 号 中之島セントラル
タワー Osaka (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, 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, KN, KP, KR, 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
ロピア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
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).

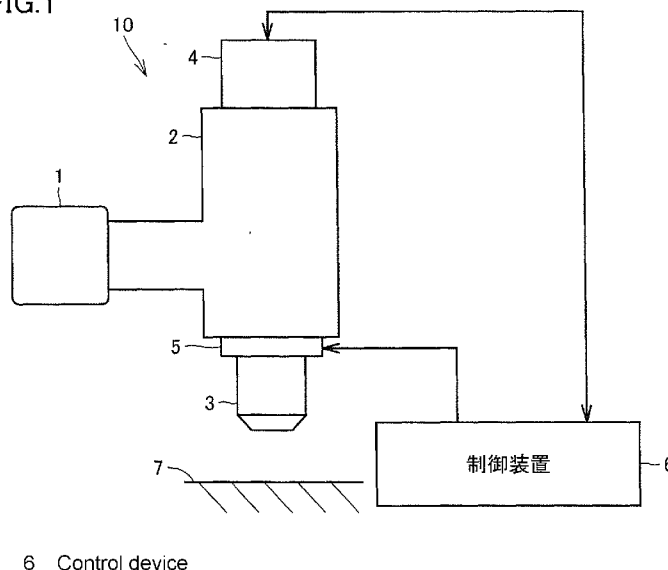
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: SHAPE MEASUREMENT DEVICE AND COATING DEVICE EQUIPPED WITH SAME

(54) 発明の名称: 形状測定装置およびそれを搭載した塗布装置

FIG.1



(57) Abstract: Provided is a shape measurement device in which a control device (6) controls a piezo stage (5) and an imaging device (4), captures an image at each of a plurality of positions (h) while moving an interferometer (3) in an optical axis direction, determines a degree of separation (R) for a brightness histogram of the pixels of each image by discriminant analysis, arranges the piezo stage (5) in a position (hf) corresponding to the image having the maximum value (Rmax) for the degree of separation (R) among the plurality of images, and thereby arranges the focus (P1) of the interferometer (3) on the surface of an object (7). As a result, it is possible to easily match the focus (P1) of the interferometer (3) to the surface of the object (7).

(57) 要約: 形状測定装置の制御装置 (6) は、ピエゾステージ (5) および撮像装置 (4) を制御し、干渉計 (3) を光軸方向に移動させながら複数の位置 (h) でそれぞれの画像を撮影し、各画像の画素の輝度ヒストグラムについて判別分析法による分離度 (R) を求め、複数の画像のうちの分離度 (R) が最大値 (Rmax) になる画像に対応する位置 (hf) にピエゾステージ (5) を配置することにより、干渉計

(3) の焦点 (P1) を対象物 (7) の表面に配置する。したがって、干渉計 (3) の焦点 (P1) を対象物 (7) の表面に容易に合わせることができる。

明 細 書

発明の名称：形状測定装置およびそれを搭載した塗布装置

技術分野

[0001] この発明は形状測定装置およびそれを搭載した塗布装置に関し、特に、干渉計を用いて対象物の表面形状を測定する形状測定装置に関する。より特定的には、この発明は、金属、樹脂、それらの加工品などの表面形状を測定したり、半導体装置、電子回路、フラットパネルディスプレイなどの基板の表面形状を測定する形状測定装置に関する。

背景技術

[0002] 特開2000-56210号公報（特許文献1）には、ZテーブルによってCCDカメラを対象物に対して移動させながら複数の位置でそれぞれの画像を撮影し、各画像に含まれる複数の画素の輝度の微分値（以下、画像の微分値と略記する場合がある）を算出し、微分値が最大になる画像に対応する位置にCCDカメラを配置することにより、CCDカメラの焦点を対象物に合わせるオートフォーカス装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2000-56210号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 画像の微分値は、たとえば、対象物と背景との境界のように明暗パターンが急に変化する箇所で大きな値になる。焦点が合った状態で撮影された画像では、焦点が合っていない状態で撮影された画像に比べ、対象物と背景との境界が明瞭になり、画像の微分値が大きくなる。したがって、画像の微分値が最大になる位置にCCDカメラを配置することにより、CCDカメラの焦点を対象物に合わせることができる。

[0005] ところで、干渉計を用いて対象物の表面形状を測定する形状測定装置では

、通常、対象物の基準面に干渉計の焦点を合わせてから測定を開始する。対象物の基準面としては、対象物の上端面のような平面部、あるいは球面の頂点部が選ばれることが多い。このような基準面では、形状および明暗パターンの変化が緩やかであり、干渉縞の明暗の変化も緩やかとなり、干渉縞の画像の微分値は小さい。したがって、特許文献１のように、干渉縞の画像の微分値のみを使用して干渉計の焦点を基準面に合わせることは難しい。また、従来の技術（特許文献１）では、焦点を合わせるためには目標となる模様が必要であり、目標がないと焦点合わせの作業に不具合を生じることがあった。

[0006] それゆえに、この発明の主たる目的は、干渉計の焦点を対象物の表面に容易に合わせることが可能な形状測定装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] この発明に係る形状測定装置は、対象物の表面形状を測定する形状測定装置であって、照明装置から出射される白色光を第１および第２の光束に分離し、第１の光束を対象物の表面に照射するとともに第２の光束を参照面に照射し、対象物の表面からの反射光と参照面からの反射光とを合成し、対象物の表面形状に対応する干渉縞を生成する干渉計と、干渉縞を観察するための観察光学系と、観察光学系を介して干渉縞の画像を撮影する撮像装置と、対象物および干渉計を光軸方向に相対移動させる第１の位置決め装置と、撮像装置および第１の位置決め装置を制御し、干渉計の焦点を対象物の表面に合わせる第１の自動焦点動作を実行する制御装置とを備えたものである。制御装置は、第１の自動焦点動作では、対象物および干渉計を光軸方向に相対移動させながら複数の相対位置でそれぞれの画像を撮影し、各画像毎に当該画像に含まれる複数の画素の輝度分布図について判別分析法による分離度を求め、複数の画像のうちの分離度が最大になる画像に対応する相対位置に対象物および干渉計を配置する。

発明の効果

[0008] この発明に係る形状測定装置では、各画像毎に当該画像に含まれる複数の

画素の輝度分布図について判別分析法による分離度を求め、複数の画像のうちの分離度が最大になる画像に対応する相対位置に対象物および干渉計を配置することにより、干渉計の焦点を対象物の表面に合わせる。したがって、干渉計の焦点を対象物の表面に容易に合わせることができる。また、干渉計の焦点を対象物の表面に容易かつ確実に合わせることができるので、焦点合わせ後に行なう作業の不具合が生じることがなく、作業効率の向上を図ることができる。さらに、本発明の処理を含めた全作業時間を短縮することができる、製品の製造コストの低減化を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]この発明の実施の形態1による形状測定装置の構成を示すブロック図である。

[図2]図1に示した形状測定装置の構成をより詳細に示す図である。

[図3]図2に示したミロー型干渉計の構成および動作を示す図である。

[図4]図3に示したミロー型干渉計によって生成される干渉縞の画像の輝度ヒストグラムである。

[図5]図1に示したピエゾステージの位置と画像の分離度との関係を示す図である。

[図6]図1～図5に示した形状測定装置の自動焦点動作を例示する図である。

[図7]この発明の実施の形態2による形状測定装置の構成を示すブロック図である。

[図8]図7に示した形状測定装置の自動焦点動作を例示する図である。

[図9]本実施の形態に従う形状測定装置が搭載された塗布装置の全体構成を示す斜視図である。

[図10]観察光学系およびインク塗布機構の要部を示す斜視図である。

[図11]図10のA方向から要部を見た図である。

[図12]インク塗布動作を説明するための第1図である。

[図13]インク塗布動作を説明するための第2図である。

[図14]インク塗布動作を説明するための第3図である。

[図15]インク塗布動作を説明するための第4図である。

[図16]インク塗布動作を説明するための第5図である。

[図17]膜厚検査方法を説明するための図である。

[図18]膜厚検査処理を説明するためのフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0010] [実施の形態1]

図1は、この発明の実施の形態1による形状測定装置の構成を示すブロック図である。図1において、この形状測定装置は、照明装置1、観察光学系2、ミロー型干渉計3、撮像装置4、およびピエゾステージ（第1の位置決め装置）5を含んで構成されるヘッド部10と、制御装置6とを備える。照明装置1は、白色光を出力する。観察光学系2は、照明装置1から出力された白色光を反射してミロー型干渉計3に与えるとともに、ミロー型干渉計3で生成される干渉縞を観察するために用いられる。

[0011] ミロー型干渉計3は、照明装置1から観察光学系2を介して入射された白色光を第1および第2の光束に分離し、第1の光束を対象物7の表面に照射するとともに第2の光束を参照面に照射し、対象物7の表面からの反射光と参照面からの反射光とを干渉させて干渉縞を生成する。撮像装置4は、制御装置6によって制御され、観察光学系2を介して、ミロー型干渉計3で生成された干渉縞の画像を撮影する。撮像装置4によって撮影された各画像は、制御装置6に格納される。ピエゾステージ5は、制御装置6によって制御され、対象物7に対してミロー型干渉計3を光軸方向（垂直方向）に移動させる。

[0012] 制御装置6は、形状測定装置全体を制御する。特に、制御装置6は、撮像装置4およびピエゾステージ5を制御し、対象物7に対してミロー型干渉計3を光軸方向に移動させながら、複数の位置でそれぞれの画像を撮影し、複数の画像に基づいてミロー型干渉計3の焦点を対象物7の表面に合わせる自動焦点動作（第1の自動焦点動作）を実行する。自動焦点動作については、後で詳細に説明する。

[0013] 図2は図1に示した形状測定装置の構成をより詳細に示す図であり、図3はミロー型干渉計3の構成および動作を示す図である。図2および図3において、照明装置1は、観察光学系2の側面に配置され、白色光源11およびフィルタ12を含む。照明装置1の光軸A1（すなわち白色光源11の光軸）は、水平方向に配置され、観察光学系2の光軸A2と直交している。白色光源11は、白色光を出射する。フィルタ12は、白色光源11と観察光学系2の間に配置され、白色光源11から出射された白色光のうち所定の中心波長 λ_0 および波長範囲 $\Delta\lambda$ を有する白色光を通過させる。

[0014] 観察光学系2は、集光レンズ21、ハーフミラー22、および結像レンズ23を含む。観察光学系2の光軸A2（すなわち結像レンズ23の光軸）は、垂直方向に配置される。集光レンズ21は、フィルタ12とハーフミラー22の間に配置され、白色光源11から出射されてフィルタ12を通過した白色光を平行光に変換する。

[0015] ハーフミラー22は、2本の光軸A1、A2の交差部に配置され、2本の光軸A1、A2の各々に対して45度の角度で配置される。ハーフミラー22の下方にミロー型干渉計3が配置され、ハーフミラー22の上方に結像レンズ23および撮像装置4が配置される。ハーフミラー22は、照明装置1から集光レンズ21を介して入射された白色光を下方に反射させるとともに、ミロー型干渉計3からの光（すなわち干渉縞の像）を上方に通過させる。結像レンズ23は、ミロー型干渉計3からの光を撮像装置4の光センサに結像させる。

[0016] ミロー型干渉計3は、ピエゾステージ5を介して観察光学系2の下端に設けられ、対物レンズ31、反射鏡32、および半透鏡33を含む。ミロー型干渉計3の光軸A3（すなわち対物レンズ31の光軸）は、観察光学系2の光軸A2と一致している。ピエゾステージ5は、ミロー型干渉計3を光軸A3の方向に移動させる。図2および図3では、対象物7は基板であり、光軸A3は基板の表面に垂直に配置され、ミロー型干渉計3の焦点P1（すなわち対物レンズ31の焦点）は基板の表面に配置されている状態が示されている。

る。

[0017] 反射鏡 3 2 は、その反射面（参照面）を下向きにして、対物レンズ 3 1 の下面の中央部に固定されている。半透鏡 3 3 は、反射鏡 3 2 の反射面と焦点 P 1 との中間位置に配置されている。反射鏡 3 2 および半透鏡 3 3 の各々は、光軸 A 3 と直交している。

[0018] 照明装置 1 から出射され、観察光学系 2 を介してミロー型干渉計 3 に入射された白色光 L 0 は、図 3 に示すように、対物レンズ 3 1 によって屈折されて焦点 P 1 に向かう。白色光 L 0 の一部は半透鏡 3 3 の一方端部を通過して第 1 の光束 L 1 となり、白色光 L 0 の残りの部分は半透鏡 3 3 の一方端部で反射されて第 2 の光束 L 2 となる。すなわち、白色光 L 0 は、半透鏡 3 3 によって第 1 および第 2 の光束 L 1, L 2 に分離される。

[0019] 第 1 の光束 L 1 は、対象物 7 の表面で反射されて第 1 の反射光 L 1 r となり、半透鏡 3 3 の他方端部に向かう。第 2 の光束 L 2 は、反射鏡 3 2 の反射面で反射されて第 2 の反射光 L 2 r となり、半透鏡 3 3 の他方端部に向かう。第 1 および第 2 の反射光 L 1 r, L 2 r は、半透鏡 3 3 の他方端部で合流し、互いに干渉して干渉光 L 3 となる。

[0020] 2 つの反射光 L 1 r, L 2 r の位相差が 0 度である場合、干渉光 L 3 の振幅は最大となり、干渉光 L 3 の明るさは最大になる。2 つの反射光 L 1 r, L 2 r の位相差が 180 度である場合、干渉光 L 3 の振幅は最小となり、干渉光 L 3 の明るさは最小になる。第 1 の光束 L 1 が焦点 P 1 で反射したときに反射光 L 1 r, L 2 r の光路長差が 0 になるようにミロー型干渉計 3 が設計されている。

[0021] したがって、ミロー型干渉計 3 の焦点 P 1 が対象物 7 の表面に一致したとき（すなわち焦点が合ったとき）、反射光 L 1 r, L 2 r の位相差および光路長差がともに 0 になって干渉光 L 3 は最も明るくなり、焦点 P 1 と対象物 7 の表面との距離が大きくなるに従って干渉光 L 3 は暗くなる。半透鏡 3 3 には、対象物 7 の表面形状に対応する干渉縞が現れる。この干渉縞に基づいて対象物 7 の表面形状を測定することができる。

[0022] 鮮明な干渉縞を得るためには、ミロー型干渉計 3 の焦点 P 1 を対象物 7 の表面に一致させる必要がある。以下、ミロー型干渉計 3 の焦点 P 1 を対象物 7 の表面に一致させる自動焦点動作について説明する。

[0023] 制御装置 6 は、自動焦点動作時には、撮像装置 4 およびピエゾステージ 5 を制御し、ミロー型干渉計 3 を光軸 A 3 の方向に移動させながら、複数の位置で複数の画像を撮影し、撮影した複数の画像の各々の輝度ヒストグラムを作成し、各輝度ヒストグラムについて判別分析法による分離値 R を求め、分離値 R が最大となる位置にミロー型干渉計 3 を配置する。

[0024] 図 4 は、ある干渉縞の画像の輝度ヒストグラムである。画像は、複数行複数列に配置された複数の画素を含む。各画素は、複数段階（たとえば 256 段階）の輝度のうちのいずれかの段階の輝度を表示する。図 4 の横軸は複数段階の輝度を示し、その縦軸は各輝度を表示する画素の数を示している。ミロー型干渉計 3 の焦点 P 1 を対象物 7 の表面に近付けていくと、図 4 に示すように、輝度ヒストグラムは双峰性を示すようになる。

[0025] 判別分析法では、画像の輝度ヒストグラムが輝度しきい値 L_{th} で 2 つのクラス CL_1 、 CL_2 に分離される。クラス CL_1 は、輝度が輝度しきい値 L_{th} よりも小さな画素の集団である。クラス CL_2 は、輝度が輝度しきい値 L_{th} よりも大きな画素の集団である。輝度しきい値 L_{th} は、クラス内分散 σ_w^2 が最小となり、かつクラス間分散 σ_b^2 が最大となるように設定され、クラス間分散 σ_b^2 とクラス内分散 σ_w^2 との比 σ_b^2 / σ_w^2 が分離度 R とされる。

[0026] クラス内分散 σ_w^2 はクラス内でのヒストグラムの広がり具合であり、クラス間分散 σ_b^2 は 2 つのクラス CL_1 、 CL_2 の間の広がり具合である。クラス内分散 σ_w^2 およびクラス間分散 σ_b^2 はそれぞれ数式 (1) (2) で表される。

$$[0027] \quad \sigma_w^2 = (n_1 \times \sigma_1^2 + n_2 \times \sigma_2^2) / (n_1 + n_2) \quad \cdots (1)$$

$$\sigma_b^2 = [n_1 (\mu_1 - \mu_0)^2 + n_2 (\mu_2 - \mu_0)^2] / (n_1 + n_2) \quad \cdots (2)$$

ただし、 σ_1^2 、 σ_2^2 はそれぞれクラスCL1、CL2内の輝度の分散であり、 μ_0 は全画素の輝度の平均値であり、 μ_1 、 μ_2 はそれぞれクラスCL1、CL2内の輝度の平均値であり、 n_1 、 n_2 はそれぞれクラスCL1、CL2内の画素数である。

[0028] 図5は、ピエゾステージ5の位置 h と分離度 R との関係を例示する図である。図5では、ピエゾステージ5の位置 h （ピエゾステージ5の可動部の高さ方向の座標）を $0\mu\text{m}$ から $20\mu\text{m}$ まで変化させながら複数の画像を撮影し、各画像の輝度ヒストグラムを生成し、各輝度ヒストグラムの分離度 R を求めた場合が示されている。図5において、分離度 R は、 $h \div 7.5\mu\text{m}$ になった時点で0から上昇し、 $h \div 9.2\mu\text{m}$ になった時点で最大値（約0.105）となり、その後下降し、 $h \div 10.7\mu\text{m}$ になった時点で0となった。分離度 R が最大値（約0.105）となったときの位置（ $h \div 9.2\mu\text{m}$ ）にピエゾステージ5を配置することにより、ミロー型干渉計3の焦点P1を対象物7の表面に一致させることができた。

[0029] 次に、この形状測定装置における自動焦点動作について具体的に説明する。制御装置6は、自動焦点動作時には、撮像装置4およびピエゾステージ5を制御し、ミロー型干渉計3を光軸A3の方向に一定速度 $V1$ で移動させながら複数の位置 h でそれぞれの画像を撮影する。撮像装置4の画像の取込周期を $T1$ （秒）とし、照明装置1から出力される白色光の中心波長を $\lambda 0$ （ μm ）とすると、取込周期 $T1$ （秒）の間にミロー型干渉計3が $\lambda 0 / 8$ （ μm ）だけ移動するように、ミロー型干渉計3の移動速度 $V1$ が設定される。ミロー型干渉計3が最初に移動する方向は、ミロー型干渉計3が対象物7に近づく方向と遠ざかる方向とのうちのいずれか一方の方向とする。

[0030] ミロー型干渉計3がピエゾステージ5によって一定速度 $V1$ で移動されている間、制御装置6は撮像装置4から所定周期 $T1$ （秒）で画像を取り込む。制御装置6は、画像の取込が完了する度に画像の分離度 R を算出し、分離度 R が最大となる画像が撮影されたときのピエゾステージ5の位置 h_f を求める。最終的に、制御装置6は、分離度 R が最大となる画像が撮影されたと

きの位置 h_f にピエゾステージ 5 の位置 h を設定して自動焦点動作を終了する。

[0031] 詳しく説明すると、制御装置 6 は、ピエゾステージ 5 の駆動速度が一定速度 V_1 に到達すると、撮像装置 4 から画像を T_1 (秒) 間隔で取り込みながら画像の分離度 R の計算を開始し、画像を取り込んだときのピエゾステージ 5 の位置 h と関連付けて分離度 R をメモリ部(図示せず)に記憶する。

[0032] 複数組 (たとえば 3 組) の分離度 R および位置 h を記憶した後、図 6 (a) (b) に示すように、横軸が位置 h を示し、縦軸が分離度 R を示す図を書き、複数の点を結ぶ近似直線を書く。図 6 (a) では、ピエゾステージ 5 は位置 h_1 から位置 h_2 まで移動可能であり、 h_2 から h_1 に向かう方向にピエゾステージ 5 が移動されている状態が示されている。

[0033] たとえば図 6 (a) に示すように、ピエゾステージ 5 の位置 h の移動方向に対して分離度 R が減少している場合は、ピエゾステージ 5 を一旦停止させた後、図 6 (b) に示すように、ピエゾステージ 5 を反対方向に移動させ、位置 h が h_2 になるまでピエゾステージ 5 を移動させながら所定周期 T_1 (秒) で画像を取り込む。最初から、ピエゾステージ 5 の位置 h の移動方向に対して分離度 R が増加している場合は、位置 h が h_1 になるまでピエゾステージ 5 を移動させながら所定周期 T_1 (秒) で画像を取り込む。

[0034] 画像を取り込みながら画像の分離度 R を求め、分離度 R が最大値 R_{max} となる画像に対応するピエゾステージ 5 の位置 h を求める。すなわち、複数組 (たとえば 8 組) の分離度 R および位置 h を記憶した後、複数個の分離値 R のうちの最大値 R_{max} を求める。次に、最大値 R_{max} と最初の組の分離値 R_s との差の絶対値 $\Delta R_s = |R_{max} - R_s|$ と、最大値 R_{max} と最後の組の分離値 R_e との差の絶対値 $\Delta R_e = |R_{max} - R_e|$ とを求め、 ΔR_s と ΔR_e がともに所定のしきい値 R_{th} よりも大きいとき、分離度 R が最大値 R_{max} となる画像に対応するピエゾステージ 5 の位置 h_f を求め、その位置 h_f にピエゾステージ 5 を移動させる。このとき、ミロー型干渉計 3 の焦点 P_1 の位置が対象物 7 の表面に一致している。

[0035] ΔR_s , ΔR_e のうちの少なくとも一方がしきい値 R_{th} よりも小さい場合は、ピエゾステージ位置が h_1 または h_2 に達するまで探索を続ける。 h_1 または h_2 に達しても ΔR_s と ΔR_e がともに所定のしきい値 R_{th} よりも大きくなる R_{max} を検出できなかったときは、探索開始位置にピエゾステージ5を戻し、反対方向にピエゾステージ位置が h_1 または h_2 に達するまで探索を続ける。 $h_1 \sim h_2$ の間で、 ΔR_s と ΔR_e がともに所定のしきい値 R_{th} よりも大きくなる R_{max} を検出できなかったときは自動焦点動作を失敗として終了する。

[0036] 具体的に説明すると、図6 (a)では、 $N=1$ の位置から画像の取り込みを開始し、 $N=3$ の位置で画像を取り込んだ後、3点を結ぶ近似直線を求め、移動方向に対して近似直線の傾きが負であると判定し、図6 (b)に示すように、反対方向に探索を開始した。反対方向の探索では、 $M=1$ の位置から画像の取り込みを開始し、 $M=8$ の位置から画像を取り込んだ後、ピーク判定を開始し、 $M=5$ の位置の分離度 R が最大値 R_{max} であると判定し、 ΔR_s , ΔR_e がともにしきい値 R_{th} よりも大きいと判定し、 $M=5$ に対応する位置 h_f にピエゾステージ5を配置し、ミロー型干渉計3の焦点 P_1 を対象物7の表面に合わせた。

[0037] 以上のように、この実施の形態1では、ピエゾステージ5および撮像装置4を制御し、ミロー型干渉計3を光軸方向に移動させながら複数の位置 h でそれぞれの画像を撮影し、各画像の画素の輝度ヒストグラムについて判別分析法による分離度 R を求め、複数の画像のうちの分離度 R が最大値 R_{max} になる画像に対応する位置 h_f にピエゾステージ5の位置 h を配置することにより、ミロー型干渉計3の焦点 P_1 を対象物7の表面に配置する。したがって、ミロー型干渉計3の焦点 P_1 を対象物7の表面に容易に合わせることができ、作業効率の向上を図ることができる。

[0038] なお、この実施の形態1では、対象物7を固定し、ピエゾステージ5によってミロー型干渉計3を移動させたが、これに限るものではなく、対象物7とミロー型干渉計3を相対的に移動させるのであれば、どのような方法で移

動させても構わない。たとえば、ミロー型干渉計 3 を固定して対象物 7 を移動させてもよいし、ミロー型干渉計 3 と対象物 7 の両方を逆方向に移動させても構わない。

[0039] また、この実施の形態 1 では、ミロー型干渉計 3 を用いた場合について説明したが、これに限るものではなく、他の型式の干渉計を用いてもよい。たとえば、マイケルソン型干渉計あるいはリニーク型干渉計を用いてもよい。

[0040] [実施の形態 2]

図 7 は、この発明の実施の形態 2 による形状測定装置の構成を示す図であって、図 1 と対比される図である。図 7 を参照して、この形状測定装置が図 1 の形状測定装置と異なる点は、Z ステージ（第 2 の位置決め装置）40 が追加されている点である。照明装置 1、観察光学系 2、ミロー型干渉計 3、撮像装置 4、およびピエゾステージ 5 は 1 つの光学ユニットを構成し、この光学ユニットは Z ステージ 40 に搭載されている。Z ステージ 40 は、制御装置 6 によって制御され、光学ユニットを高さ方向に移動させる。

[0041] Z ステージ 40 のストロークは、ピエゾステージ 5 のストロークよりも大きい。実施の形態 1 では、ピエゾステージ 5 のみによってミロー型干渉計 3 を移動させながら複数の画像を撮影し、撮影した複数の画像の分離度 R に基づいて焦点を合わせた（第 1 の自動焦点動作）が、この実施の形態 2 では、第 1 の自動焦点動作を実行する前に、Z ステージ 40 によってミロー型干渉計 3 を移動させながら複数の画像を撮影し、撮影した複数の画像の微分値 D に基づいて焦点の位置を粗調整する（第 2 の自動焦点動作）。ピエゾステージ 5 のストローク内で焦点を合わせることができない場合に有効である。

[0042] 次に、この形状測定装置における第 2 の自動焦点動作について具体的に説明する。制御装置 6 は、第 2 の自動焦点動作時には、撮像装置 4 および Z ステージ 40 を制御し、ミロー型干渉計 3 を光軸 A 3 の方向に一定速度 V 2 で移動させながら複数の位置 H でそれぞれの画像を撮影する。Z ステージ 40 の移動速度 V 2 は、ピエゾステージ 5 の移動速度 V 1 よりも大きい。ミロー型干渉計 3 が最初に移動する方向は、ミロー型干渉計 3 が対象物 7 に近づく

方向と遠ざかる方向とのうちのいずれか一方の方向とする。

[0043] ミロー型干渉計 3 が Z ステージ 40 によって一定速度 V_2 で移動されている間、制御装置 6 は撮像装置 4 から所定周期 T_2 (秒) で画像を取り込む。制御装置 6 は、画像の取込が完了する度に画像の微分値 D を算出し、微分値 D が最大となる画像が撮影されたときの Z ステージ 40 の位置 H_f (Z ステージ 40 の可動部の高さ方向の座標) を求める。最終的に、制御装置 6 は、微分値 D が最大となる画像が撮影されたときの位置 H_f に Z ステージ 40 の位置 H を設定して第 2 の自動焦点動作を終了する。画像の微分値 D は、数式 (3) (4) (5) で表される。

[0044] [数1]

$$D = \frac{\sum_y \sum_x \{d_x(x, y)^2 + d_y(x, y)^2\}}{\sum_y \sum_x \{d_x(x, y) + d_y(x, y)\}} \quad \dots (3)$$

$$d_x(x, y) = |F(x, y) - F(x-1, y)| \quad \dots (4)$$

$$d_y(x, y) = |F(x, y) - F(x, y-1)| \quad \dots (5)$$

[0045] ただし、 F は取り込んだ画像を示し、 (x, y) は画像 F の画素の位置を示し、 d_x は水平方向の微分値を示し、 d_y は垂直方向の微分値を示す。

[0046] 詳しく説明すると、制御装置 6 は、Z ステージ 40 の駆動速度が一定速度 V_2 に到達すると、撮像装置 4 から画像を T_2 (秒) 間隔で取り込みながら画像の微分値 D の計算を開始し、画像を取り込んだときの Z ステージ 40 の位置 H と関連付けて微分値 D をメモリ部(図示せず)に記憶する。

[0047] 複数組 (たとえば 3 組) の微分値 D および位置 H を記憶した後、図 8 (a) (b) に示すように、横軸が位置 H を示し、縦軸が微分値 D を示す図を書き、複数の点を結ぶ近似直線を書く。図 8 (a) では、Z ステージ 40 は位置 H_1 から位置 H_2 まで移動可能であり、 H_2 から H_1 に向かう方向に Z ステージ 40 が移動されている状態が示されている。

[0048] たとえば図 8 (a) に示すように、Z ステージ 40 の位置 H の移動方向に

対して微分値 D が減少している場合は、Zステージ40を一旦停止させた後、図8(b)に示すように、Zステージ40を反対方向に移動させ、位置 H が H_2 になるまでZステージ40を移動させながら所定周期 T_2 (秒)で画像を取り込む。最初から、Zステージ40の位置 H の移動方向に対して微分値 D が増加している場合は、位置 H が H_1 になるまでZステージ40を移動させながら所定周期 T_2 (秒)で画像を取り込む。

[0049] 画像を取り込みながら画像の微分値 D を求め、微分値 D が最大値 D_{max} となる画像に対応するZステージ40の位置 H_f を求める。すなわち、複数組(たとえば8組)の微分値 D および位置 H を記憶した後、複数個の微分値 D のうちの最大値 D_{max} を求める。次に、最大値 D_{max} と最初の組の微分値 D_s との差の絶対値 $\Delta D_s = |D_{max} - D_s|$ と、最大値 D_{max} と最後の組の微分値 D_e との差の絶対値 $\Delta D_e = |D_{max} - D_e|$ とを求め、 ΔD_s と ΔD_e がともに所定のしきい値 D_{th} よりも大きいとき、微分値 D が最大値 D_{max} となる画像に対応するZステージ40の位置 H_f を求め、その位置 H_f にZステージ40を移動させる。このとき、ミロー型干渉計3の焦点 P_1 の位置が対象物7の表面に大体一致している。

[0050] ΔD_s 、 ΔD_e のうちの少なくとも一方がしきい値 D_{th} よりも小さい場合は、ピエゾステージ位置が H_1 または H_2 に達するまで探索を続ける。 H_1 または H_2 に達しても ΔD_s と ΔD_e がともに所定のしきい値 D_{th} よりも大きくなる D_{max} を検出できなかったときは、探索開始位置にピエゾステージ5を戻し、反対方向にピエゾステージ位置が H_1 または H_2 に達するまで探索を続ける。 $H_1 \sim H_2$ の間で、 ΔD_s と ΔD_e がともに所定のしきい値 D_{th} よりも大きくなる D_{max} を検出できなかったときは自動焦点動作を失敗として終了する。

[0051] この後、微分値 D が最大値 D_{max} となる画像に対応する位置 H_f にZステージ40を固定し、実施の形態1で説明した方法(第1の自動焦点動作)でミロー型干渉計3の焦点 P_1 を対象物7の表面に精密に一致させる。

[0052] 具体的に説明すると、図8(a)では、 $N=1$ の位置から画像の取り込み

を開始し、 $N = 3$ の位置で画像を取り込んだ後、3点を結ぶ近似直線を求め、移動方向に対して近似直線の傾きが負であると判定し、図8(b)に示すように、反対方向に探索を開始した。反対方向の探索では、 $M = 1$ の位置から画像の取り込みを開始し、 $M = 8$ の位置から画像を取り込んだ後、ピーク判定を開始し、 $M = 5$ の位置の微分値 D が最大値 D_{max} であると判定し、 ΔD_s 、 ΔD_e がともにしきい値 D_{th} よりも大きいと判定し、 $M = 5$ に対応する位置 H_f にZステージ40を配置し、ミロー型干渉計3の焦点 P_1 を対象物7の表面に大体一致させた。

[0053] 以上のように、この実施の形態2では、実施の形態1の方法（第1の自動焦点動作）によって焦点を合わせる前に、Zステージ40および撮像装置4を制御し、ミロー型干渉計3を光軸方向に移動させながら複数の位置 H でそれぞれの画像を撮影し、各画像の微分値 D を求め、複数の画像のうちの微分値 D が最大値になる画像に対応する位置 H_f にZステージ40を配置することにより、ミロー型干渉計3の焦点 P_1 を対象物7の表面に大体一致させる。したがって、ピエゾステージ5のみによっては焦点 P_1 を合わせることができない場合でも、ミロー型干渉計3の焦点 P_1 を対象物7の表面に容易に合わせることができ、作業効率の向上を図ることができる。

[0054] なお、この実施の形態2では、対象物7を固定し、Zステージ40によってミロー型干渉計3を移動させたが、これに限るものではなく、対象物7とミロー型干渉計3を相対的に移動させるのであれば、どのような方法で移動させても構わない。たとえば、ミロー型干渉計3を固定して対象物7を移動させてもよいし、ミロー型干渉計3と対象物7の両方を逆方向に移動させても構わない。

[0055] また、この実施の形態2では、ミロー型干渉計3を用いた場合について説明したが、これに限るものではなく、他の型式の干渉計を用いてもよい。たとえば、マイケルソン型干渉計あるいはリニーク型干渉計を用いてもよい。

[0056] [塗布装置の構成]

最後に、本実施の形態に従う形状測定装置が適用される装置の一例として

、塗布装置の概要について説明する。

[0057] 図9は、本実施の形態に従う形状測定装置を備えた塗布装置100の全体構成を示す斜視図である。塗布装置100は、基板9の主面上に透明のインク（液状材料）を複数層に亘って塗布可能に構成されている。図9を参照して、塗布装置100は、観察光学系2、CCDカメラ4、カット用レーザ装置8、インク塗布機構50、およびインク硬化用光源20から構成される塗布ヘッド部と、この塗布ヘッド部を塗布対象の基板9に対して垂直方向（Z軸方向）に移動させるZステージ40と、Zステージ40を搭載してX軸方向に移動させるXステージ42と、基板9を搭載してY軸方向に移動させるYステージ44と、装置全体の動作を制御する制御用コンピュータ70と、CCDカメラ4によって撮影された画像などを表示するモニタ74と、制御用コンピュータ70に作業からの指令を入力するための操作パネル72とを備える。

[0058] 観察光学系2は、照明用の光源（図1の照明装置1）を含み、基板9の表面状態や、インク塗布機構50によって塗布されたインクの状態を観察する。観察光学系2によって観察される画像は、CCDカメラ4により電気信号に変換され、モニタ74に表示される。カット用レーザ装置8は、観察光学系2を介して基板9上の不要部にレーザ光を照射して除去する。

[0059] インク塗布機構50は、基板9の主面上にインクを塗布する。インク硬化用光源20は、たとえばCO₂レーザを含み、インク塗布機構50によって塗布されたインクにレーザ光を照射して硬化させる。

[0060] なお、この装置構成は一例であり、たとえば、観察光学系2などを搭載したZステージ40をXステージに搭載し、さらにXステージをYステージに搭載し、Zステージ40をXY方向に移動可能とするガントリー方式と呼ばれる構成でもよく、観察光学系2などを搭載したZステージ40を、対象の基板9に対してXY方向に相対的に移動可能な構成であればどのような構成でもよい。

[0061] 次に、複数の塗布針を用いたインク塗布機構50の例について説明する。

図10は、観察光学系2およびインク塗布機構50の要部を示す斜視図である。図10を参照して、この塗布装置100は、可動板15と、倍率の異なる複数（たとえば5個）の対物レンズ19と、異なる材質からなるインクを塗布するための複数（たとえば5個）の塗布ユニット17とを備える。

[0062] 可動板15は、観察光学系2の観察鏡筒2aの下端と基板9との間で、X軸方向およびY軸方向に移動可能に設けられている。また、可動板15には、たとえば5個の貫通孔15aが形成されている。

[0063] 対物レンズ19は、Y軸方向に所定の間隔で、それぞれ貫通孔15aに対応するように可動板15の下面に固定されている。5個の塗布ユニット17は、それぞれ5個の対物レンズ19に隣接して配置されている。可動板15を移動させることにより、所望の塗布ユニット17を対象の基板9の上方に配置することが可能となっている。

[0064] 図11(a)～(c)は、図10のA方向から要部を見た図であって、インク塗布動作を示す図である。塗布ユニット17は、塗布針170とインクタンク172とを含む。まず図11(a)に示すように、所望の塗布ユニット17の塗布針170を対象の基板9の上方に位置決めする。このとき、塗布針170の先端部は、インクタンク172内のインク内に浸漬されている。

[0065] 次に図11(b)に示すように、塗布針170を下降させてインクタンク172の底の孔から塗布針170の先端部を突出させる。このとき、塗布針170の先端部にはインクが付着している。次に図11(c)に示すように、塗布針170およびインクタンク172を下降させて塗布針170の先端部を基板9に接触させ、基板9にインクを塗布する。その後、図11(a)の状態に戻る。

[0066] 複数の塗布針を用いたインク塗布機構は、この他にも様々な技術が知られているため詳細な説明を省略する。たとえば特許文献1などに示されている。塗布装置100は、たとえば図10に示すような機構をインク塗布機構50として用いることにより、複数のインクのうちの所望のインクを塗布する

ことができ、また、複数の塗布針のうち所望の塗布径の塗布針を用いてインクを塗布することができる。

[0067] 本実施の形態に従う形状測定装置のヘッド部 10（図 1）は、たとえば塗布装置 100 の観察光学系 2 に設けられている。制御用コンピュータ 70 は、インク塗布機構 50 を制御してインク塗布動作を行なった後、Z ステージ 40 を移動させることによってヘッド部 10 をインク塗布部の表面の上方の所定の位置に位置決めする。制御用コンピュータ 70 はさらに、Z ステージ 40 を基板 9 に対して相対的に移動させながら、CCD カメラ 4 により干渉光の画像を撮影する。制御用コンピュータ 70 は、画素ごとに干渉光強度がピークとなる Z ステージ位置を検出し、検出した Z ステージ位置を用いてインク塗布部の膜厚または凹凸部の高さを算出する。

[0068] [インク塗布動作の説明]

次に図 12～16 を用いて、塗布装置 100 で実行されるインク塗布動作の詳細について説明する。

[0069] 塗布装置 100 は、Z ステージ 40 を用いてミロー型干渉計 3 を対象物に対して相対的に移動させ、実施の形態 1 で示した方法で自動的に焦点を検出し、検出した焦点位置を基準としてインク塗布動作を行う。

[0070] ミロー型干渉計 3 で生成される干渉縞は、検出対象とする面に焦点が合ったとき出現する。そのため、塗布動作の高さ方向の基準面として、たとえばガラスの表面や金属薄膜、クロム膜など凹凸のない滑らかな面を用いた場合に焦点を合わせる際に有効である。電子部品の実装工程などで塗布装置 100 を用いる場合、塗布動作の高さ方向の基準面として金属薄膜などの滑らかな面が選択されることがある。

[0071] また、図 5 に示すように、分離度の山型波形の山裾の幅は数 μm と小さくピークが明確に現れるため、焦点位置を高精度に検出することができる。

[0072] ここでは、図 12 に示すように、基板 9 上の金属薄膜 91 の表面上の領域 AR を高さ方向の基準面とし、塗布部 92 にインクを塗布する場合の動作の例について説明する。なお、金属薄膜 91 と塗布部 92 は同じ高さとする。

- [0073] 塗布部 92 と塗布針 170 の先端とのオフセット量を予め求めておき、塗布装置 100 の制御用コンピュータ 70 に保存する。オフセット量は、次のように求める。
- [0074] 制御用コンピュータ 70 は、図 13 に示すように、基準面である金属薄膜 91 の表面に設定した領域 AR に、実施の形態 1 に示す方法で焦点を合わせる。具体的には、領域 AR の画素について輝度ヒストグラムを求め、当該輝度ヒストグラムに基づいて分離度 R を計算し、自動焦点動作を実行する。
- [0075] 次に、制御用コンピュータ 70 は、塗布装置 100 のインク塗布機構 50 の可動板 15 を図 10 の X 軸方向または Y 軸方向に移動して塗布針 170 を塗布部 92 の上方に移動する。この後、図 14 に示すように、制御用コンピュータ 70 は、Z ステージ 40 を Δz だけ下降させた後、インク塗布機構 50 を制御して図 11 で説明した塗布動作を実行し、可動板 15 を元の位置まで戻す。
- [0076] 塗布装置 100 のモニタ 74 を確認し、塗布部 92 にインクが塗布されていない場合は、 Δz を変更し、上記の手順を再度実行する。この操作を塗布部 92 にインクが塗布されるまで繰り返し、初めて塗布されたときの Δz を制御用コンピュータ 70 に保存する。
- [0077] 実際の塗布動作では、実施の形態 1 に示す方法を用いて、基準面である金属薄膜 91 の表面に焦点を合わせた後、塗布装置 100 のインク塗布機構 50 の可動板 15 を図 10 の X 軸方向または Y 軸方向に移動して塗布針 170 を塗布部 92 の上方に移動する。その後、Z ステージ 40 を Δz だけ下降させた後、インク塗布機構 50 を制御して塗布動作を実行し、可動板 15 を元の位置まで戻す。
- [0078] 以上の説明では、金属薄膜 91 と塗布部 92 は同じ高さとして説明したが、図 15 に示すように、金属薄膜 91 よりも塗布部 92 の方が高い場合は、それらの段差 Δd を Δz から引いた ($\Delta z - \Delta d$) だけ Z ステージ 40 を移動させる。また、図 16 に示すように、金属薄膜 91 よりも塗布部 92 の方が低い場合は、段差 Δd を Δz に加えた ($\Delta z + \Delta d$) だけ Z ステージ 40

を移動させる。なお、ここではZステージ40が下降する方向をプラスとした。

[0079] [膜厚検査方法の説明]

上述の方法で、塗布部92にインクを塗布した後、塗布したインクの膜厚を検査する。膜厚を測定する方法として、たとえば特開2015-007564号公報に記載の方法を用いて表面形状を測定することができる。図17に示すように、金属薄膜91と塗布したインク94の頂点部との段差 Δt を求める。

[0080] 求めた段差 Δt が、予め塗布装置100の制御用コンピュータ70に保存された下限値 T_L よりも小さい場合、再度インクを塗布する。このとき、塗布したインクの膜厚を Δt とくと、Zステージ40のオフセット量を($\Delta z - \Delta t$)としてインクを塗布する。この動作を、インクの膜厚 Δt が下限値 T_L を超過するまで繰り返し実行する。ただし、塗布回数 i をカウントし、 i が予め指定した最大回数 N を超えたときは塗布動作を中断する。

[0081] 塗布動作を中断したときは、作業者がモニタ74で塗布部92の状態を確認し、塗布が正しく実行されたか否かを判定する。

[0082] 図18は、制御用コンピュータ70で実行される膜厚検査処理を説明するためのフローチャートである。

[0083] 図18を参照して、塗布動作の実行が開始されると、制御用コンピュータ70は、ステップ(以下、ステップをSと略す。)S100にて、図12の金属薄膜91のような予め定められた基準面に対して焦点を合わせる(図13)。この時の基準面までの焦点距離と、予め設定されている対物レンズ19と塗布針170との高さ方向のオフセットに基づいて、制御用コンピュータ70は、基準面から塗布針170の先端までの高さ Δz を算出する。

[0084] その後、制御用コンピュータ70は、Xステージ42およびYステージ44を動かして、塗布針170が、塗布部92の上方となるように移動する。

[0085] 次に制御用コンピュータ70は、S110にて、塗布回数を示すカウンタ i を $i = 1$ に初期化して処理をS120に進める。S120においては、制

御用コンピュータ 70 は、カウンタ i が所定の最大回数 N 以下であるか否かを判定する。

[0086] カウンタ i が最大回数 N 以下 ($i \leq N$) の場合 (S 120 にて YES) は、処理が S 130 に進められ、制御用コンピュータ 70 は、Z ステージ 40 を Δz だけ下降させて、塗布部 92 に対してインクを塗布する (図 14)。

[0087] その後、制御用コンピュータ 70 は、Z ステージ 40 を Δz だけ上昇させて初期位置に戻し、さらに対物レンズ 19 が塗布部 92 の上方となるように位置決めする。そして、制御用コンピュータ 70 は、S 140 にて、Z ステージ 40 を基板 9 に対して高さ方向に相対的に移動させながら、CCD カメラ 4 により干渉光の画像を撮影し、干渉光強度がピークとなる Z ステージ 40 の位置から、塗布されたインクの頂点部の基準面からの高さ (膜厚) Δt を測定する (図 17)。

[0088] 制御用コンピュータ 70 は、S 150 にて、測定したインク部の膜厚 Δt が所定の下限値 T_L 以上となっているか否か ($\Delta t \geq T_L$) を判定する。

[0089] 膜厚 Δt が下限値 T_L 未満の場合 (S 150 にて NO) は、塗布量が十分でないため、制御用コンピュータ 70 は、S 160 にてカウンタ i をインクリメントして、処理を S 120 に戻して、再度塗布動作を実行する。この際、塗布針 170 の下降量は ($\Delta z - \Delta t$) に修正される。

[0090] なお、上記の塗布動作を繰り返し実行する過程において、カウンタ i が予め指定した最大回数 N を超えた場合 ($i > N$) (S 120 にて NO) は、制御用コンピュータ 70 は、塗布動作を中断する。

[0091] また、インク部の膜厚 Δt が下限値 T_L 以上となった場合 (S 150 にて YES) は、塗布が完了したとして、制御用コンピュータ 70 は、塗布動作を終了する。

[0092] 以上のように、本実施の形態に従う形状測定装置を用いて、上記の処理に従って塗布装置 100 を制御することによって、塗布されたインクの高さを精度よく、かつ、効率良く測定することができるので、作業効率を改善することができる。また、まず基準面に対して焦点を合わせた後に塗布動作を行

なうようにすることで、塗布針と塗布部との位置関係が安定するので、塗布部に付着するインク量を安定させることができる。

[0093] さらに、塗布後の膜厚を測定し、当該膜厚が所定量を超えるまで繰り返し塗布動作を行なうことによって、塗布量不足による製品の不良を低減させることができる。また、不良品の補修の手間を省略することもできるので、製造タクトの向上が可能となる。

[0094] 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0095] 1 照明装置、2 観察光学系、2 a 観察鏡筒、3 ミロー型干渉計、4 撮像装置、5 ピエゾステージ、6 制御装置、7 対象物、8 カット用レーザ装置、9 基板、10 ヘッド部、11 白色光源、12 フィルタ、15 可動板、15 a 貫通孔、17 塗布ユニット、19, 31 対物レンズ、20 インク硬化用光源、21 集光レンズ、22 ハーフミラー、23 結像レンズ、32 反射鏡、33 半透鏡、40 Zステージ、42 Xステージ、44 Yステージ、50 インク塗布機構、70 制御用コンピュータ、72 操作パネル、74 モニタ、91 金属薄膜、92 塗布部、94 インク、100 塗布装置、170 塗布針、172 インクタンク、A1～A3 光軸。

請求の範囲

[請求項1]

対象物の表面形状を測定する形状測定装置であって、
照明装置から出射される白色光を第1および第2の光束に分離し、
前記第1の光束を前記対象物の表面に照射するとともに前記第2の光束を参照面に照射し、前記対象物の表面からの反射光と前記参照面からの反射光とを合成し、前記対象物の表面形状に対応する干渉縞を生成する干渉計と、
前記干渉縞を観察するための観察光学系と、
前記観察光学系を介して前記干渉縞の画像を撮影する撮像装置と、
前記対象物および前記干渉計を光軸方向に相対移動させる第1の位置決め装置と、
前記撮像装置および前記第1の位置決め装置を制御し、前記干渉計の焦点を前記対象物の表面に合わせる第1の自動焦点動作を実行する制御装置とを備え、
前記制御装置は、前記第1の自動焦点動作では、前記対象物および前記干渉計を光軸方向に相対移動させながら複数の相対位置でそれぞれの画像を撮影し、各画像毎に当該画像に含まれる複数の画素の輝度分布図について判別分析法による分離度を求め、複数の画像のうちの前記分離度が最大になる画像に対応する相対位置に前記対象物および前記干渉計を配置する、形状測定装置。

[請求項2]

前記判別分析法では、前記複数の画素の輝度分布図が輝度しきい値で2つのクラスに分離され、前記輝度しきい値は、クラス内分散が最小となり、かつクラス間分散が最大となるように設定され、前記クラス間分散と前記クラス内分散との比が前記分離度とされる、請求項1に記載の形状測定装置。

[請求項3]

前記干渉計は、
前記対象物の表面に対向して設けられた対物レンズと、
前記対物レンズと前記対象物の表面との間に設けられた半透鏡と、

前記半透鏡に対向して前記対物レンズの中央部に設けられた前記参照面を有する反射鏡とを含むミロー型干渉計であり、

前記照明装置から出射された白色光は、前記対物レンズによって屈折されて前記半透鏡に入射し、前記半透鏡を透過した前記第 1 の光束と前記半透鏡で反射した前記第 2 の光束に分離され、

前記第 1 の光束が前記対象物の表面に照射されるとともに前記第 2 の光束が前記参照面に照射され、前記対象物の表面からの反射光と前記参照面からの反射光とが前記半透鏡で合成されて干渉光となり、前記干渉光によって前記干渉縞が生成され、

前記ミロー型干渉計の光軸および焦点は、それぞれ前記対物レンズの光軸および焦点である、請求項 1 または請求項 2 に記載の形状測定装置。

[請求項4]

さらに、前記対象物に対して前記干渉計を光軸方向に相対移動させる第 2 の位置決め装置を備え、

前記第 2 の位置決め装置のストロークは前記第 1 の位置決め装置のストロークよりも大きく、

前記制御装置は、

前記第 1 の自動焦点動作を実行する前に、前記撮像装置および前記第 2 の位置決め装置を制御して前記干渉計の焦点の位置を粗調整する第 2 の自動焦点動作を実行し、

前記第 2 の自動焦点動作では、前記対象物および前記干渉計を光軸方向に相対移動させながら複数の相対位置でそれぞれの画像を撮影し、各画像毎に当該画像に含まれる複数の画素の輝度の微分値を求め、複数の画像のうちの前記微分値が最大になる画像に対応する相対位置に前記対象物および前記干渉計を配置する、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の形状測定装置。

[請求項5]

前記第 1 の位置決め装置は、前記観察光学系に固定されて前記干渉計を移動させ、

少なくとも前記第1の位置決め装置、前記観察光学系、および前記干渉計は1つの光学ユニットを構成しており、

前記第2の位置決め装置は前記光学ユニットを移動させる、請求項4に記載の形状測定装置。

[請求項6]

対象物の表面に液状材料を塗布する塗布装置であって、

塗布針を有し前記塗布針の先端部に付着した液状材料を前記対象物の表面に塗布する塗布ユニットと、

照明装置から出射される白色光を第1および第2の光束に分離し、前記第1の光束を前記対象物の表面に照射するとともに前記第2の光束を参照面に照射し、前記対象物の表面からの反射光と前記参照面からの反射光とを合成し、前記対象物の表面形状に対応する干渉縞を生成する干渉計と、前記干渉縞を観察するための観察光学系と、前記観察光学系を介して前記干渉縞の画像を撮影する撮像装置と、前記対象物および前記干渉計を光軸方向に相対移動させる第1の位置決め装置とを含んで構成されるヘッド部と、

前記ヘッド部と前記対象物とを前記光軸方向と直交する方向に相対移動させて前記ヘッド部を前記対象物の表面の上方の所望の位置に位置決めする第2の位置決め装置と、

前記撮像装置および前記第1および第2の位置決め装置を制御し、前記干渉計の焦点を前記対象物の表面に合わせる第1の自動焦点動作を実行する制御装置とを備え、

前記制御装置は、前記第1の自動焦点動作では、前記対象物および前記干渉計を光軸方向に相対移動させながら複数の相対位置でそれぞれ複数の画像を撮影し、各画像毎に当該画像に含まれる複数の画素の輝度分布図について判別分析法による分離度を求め、前記複数の画像のうちの前記分離度が最大になる画像に対応する相対位置に前記対象物および前記干渉計を配置する、塗布装置。

[請求項7]

前記制御装置は、前記第1の自動焦点動作において、前記対象物上

に設定した基準面に焦点を合わせた後、前記塗布針で前記対象物の表面に前記液状材料を塗布する、請求項 6 に記載の塗布装置。

[請求項 8] 前記制御装置は、前記液状材料を塗布した後、前記基準面と塗布した前記液状材料の頂点との段差を求め、求めた前記段差が予め設定された下限値を超えるまで塗布動作を繰り返す、請求項 7 に記載の塗布装置。

[請求項 9] 前記第 2 の位置決め装置のストロークは、前記第 1 の位置決め装置のストロークよりも大きく、

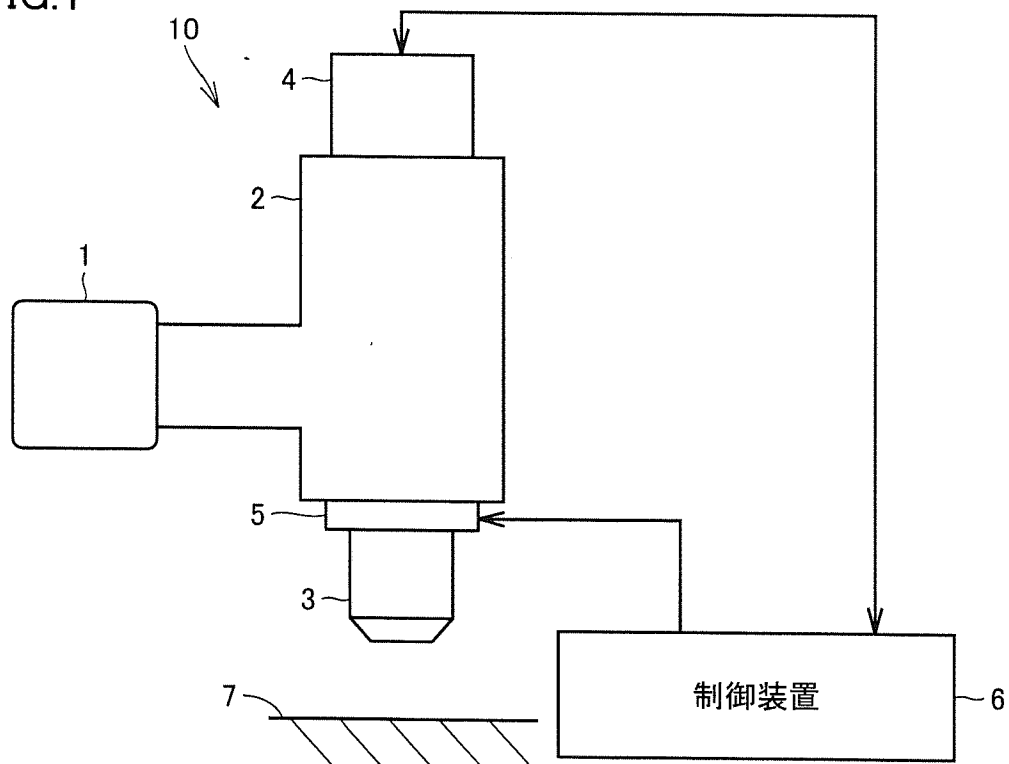
前記制御装置は、

前記第 1 の自動焦点動作を実行する前に、前記撮像装置および前記第 2 の位置決め装置を制御して前記干渉計の焦点の位置を粗調整する第 2 の自動焦点動作を実行し、

前記第 2 の自動焦点動作では、前記対象物および前記干渉計を光軸方向に相対移動させながら複数の相対位置でそれぞれの画像を撮影し、各画像毎に当該画像に含まれる複数の画素の輝度の微分値を求め、複数の画像のうちの前記微分値が最大になる画像に対応する相対位置に前記対象物および前記干渉計を配置する、請求項 6 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の塗布装置。

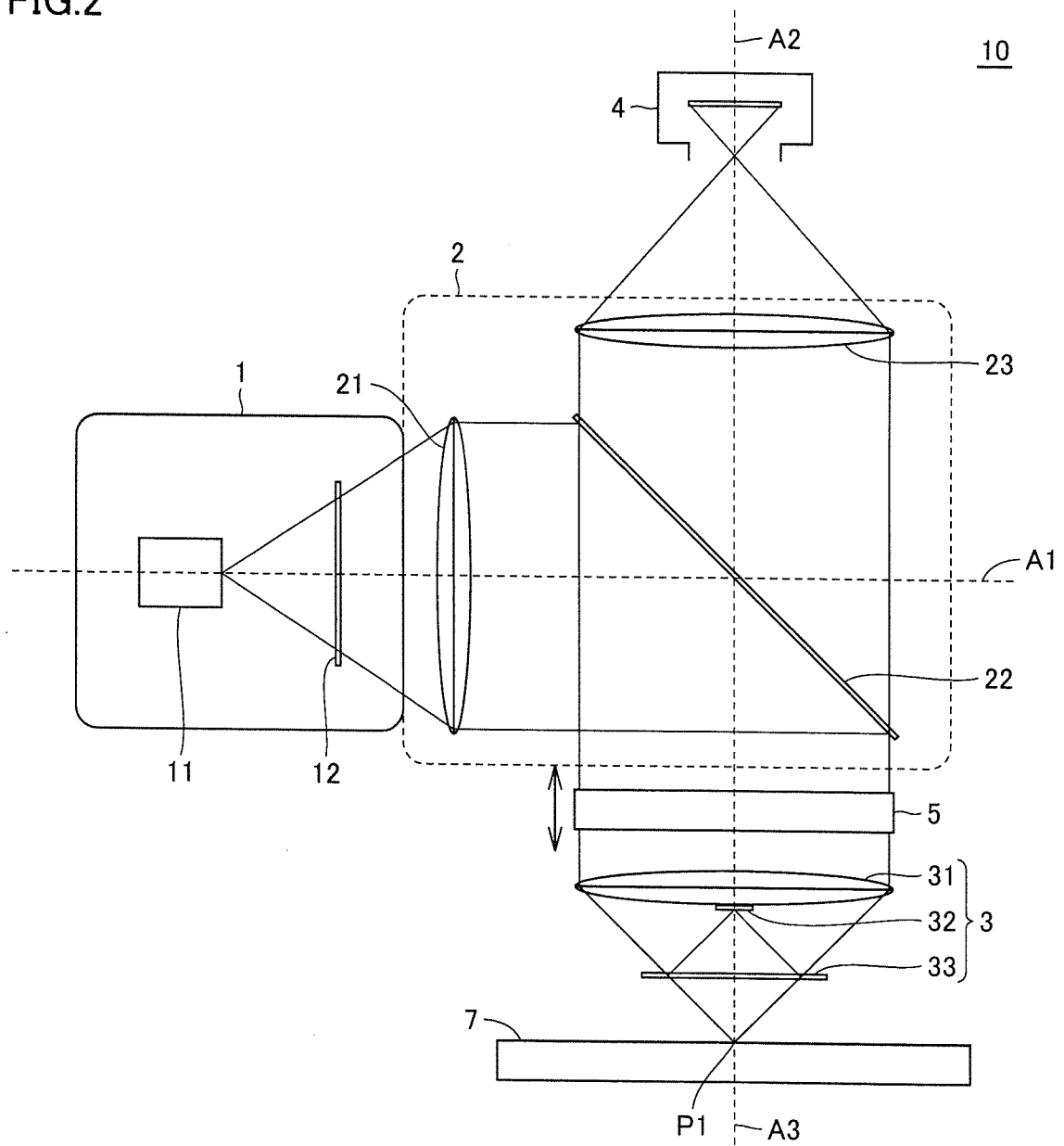
[図1]

FIG.1



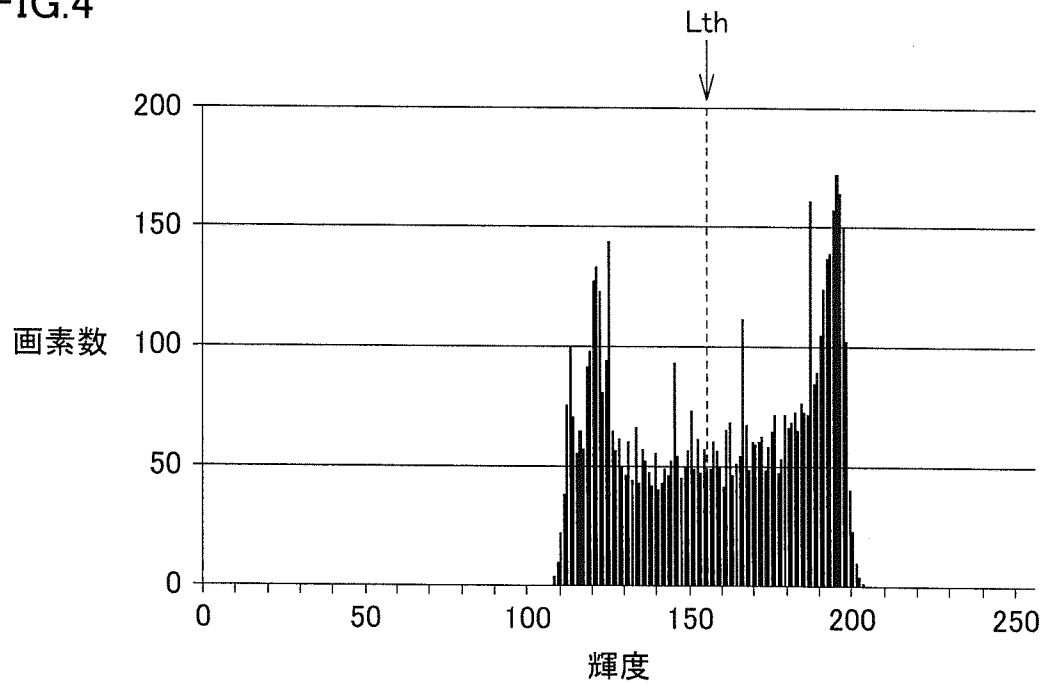
[図2]

FIG.2



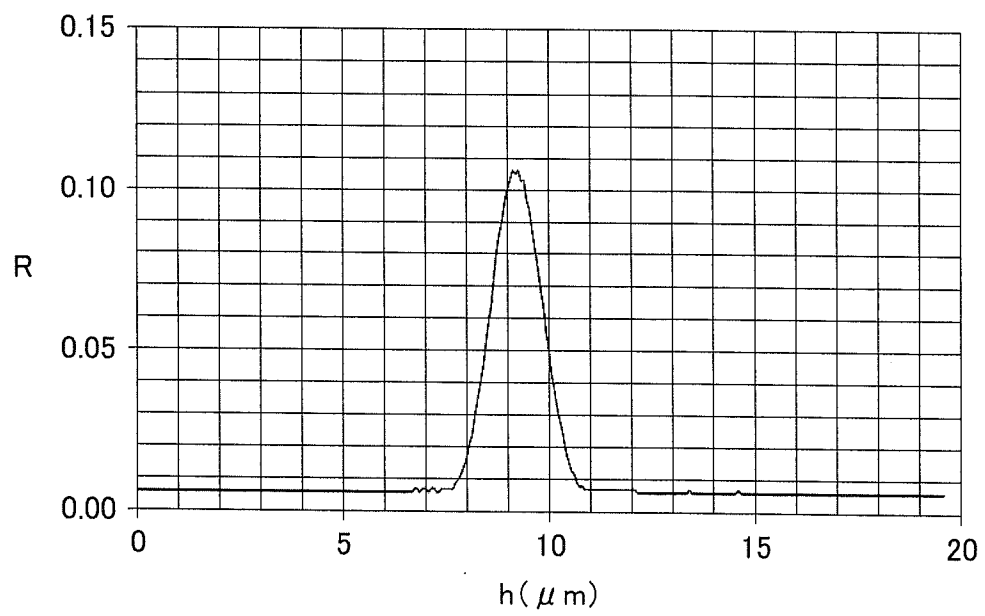
[図4]

FIG.4

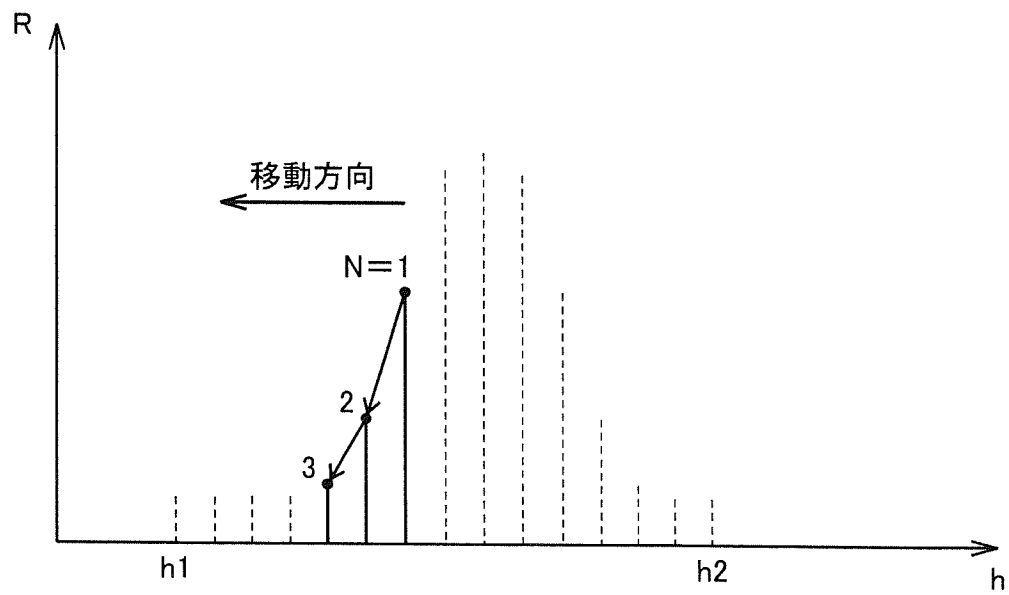


[図5]

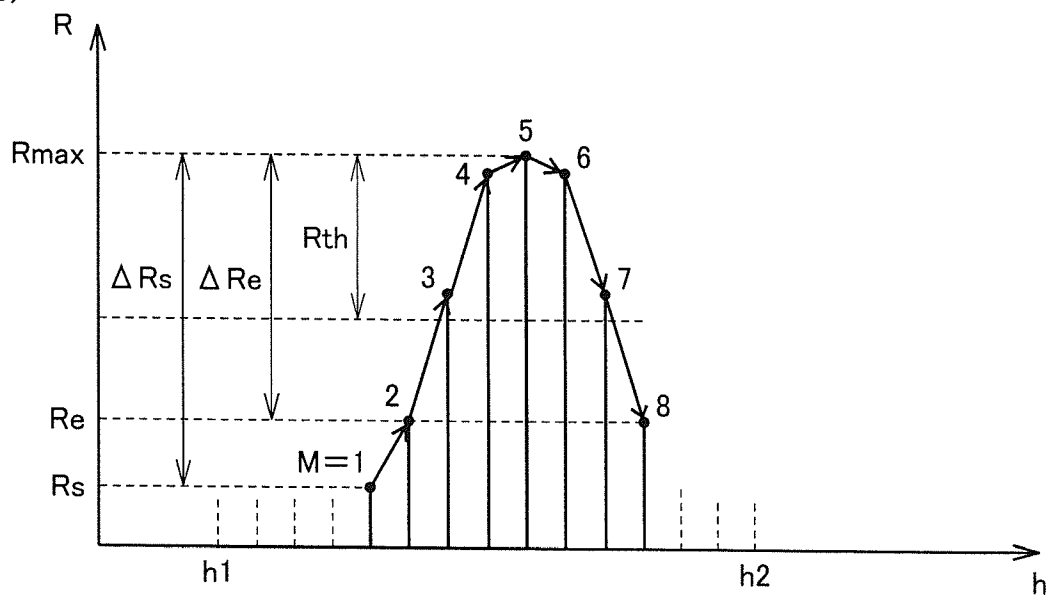
FIG.5



[図6]

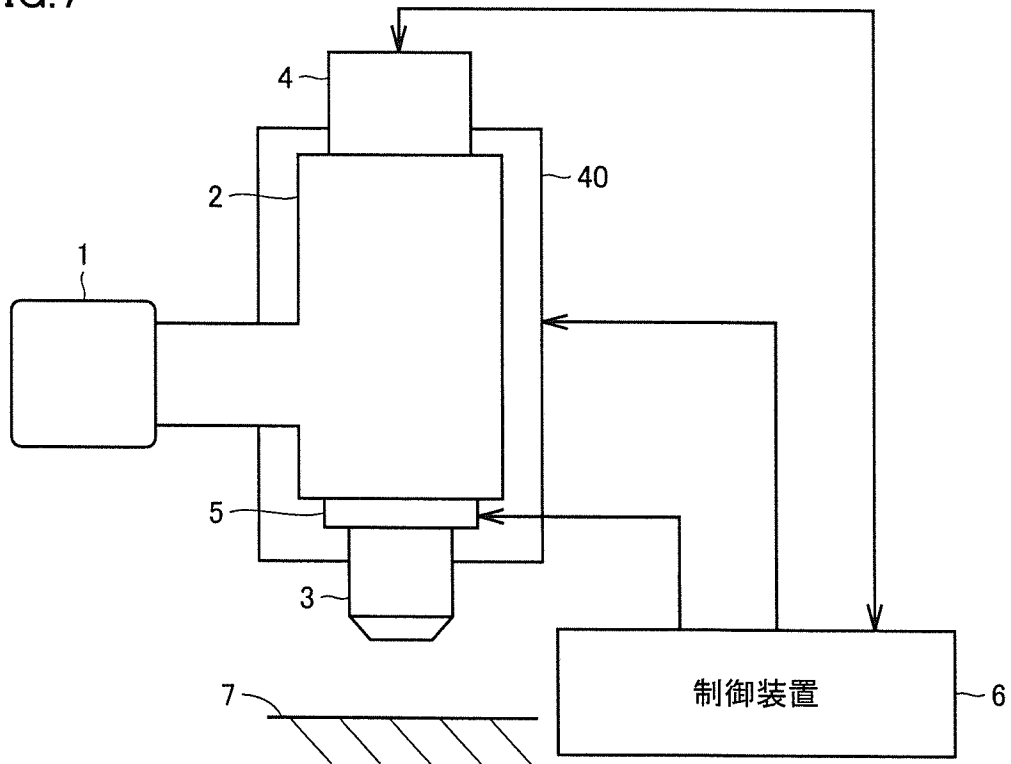
FIG.6
(a)

(b)



[図7]

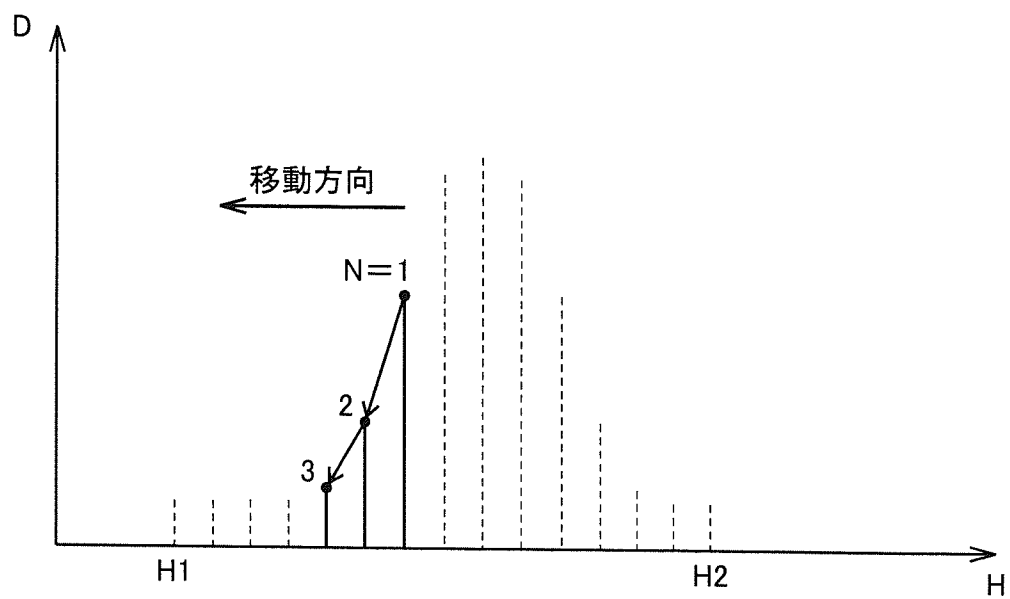
FIG. 7



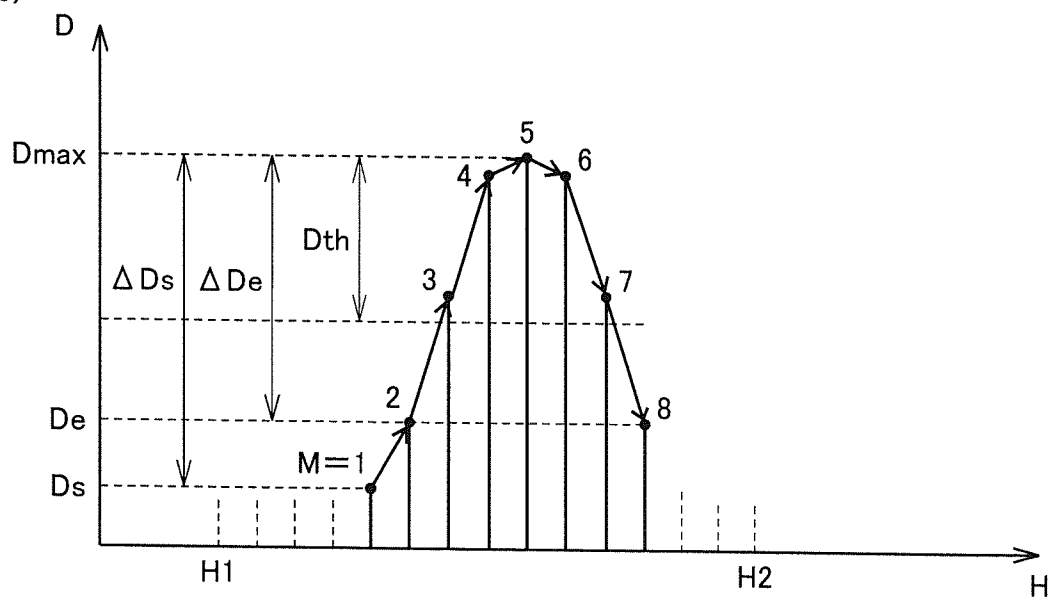
[図8]

FIG.8

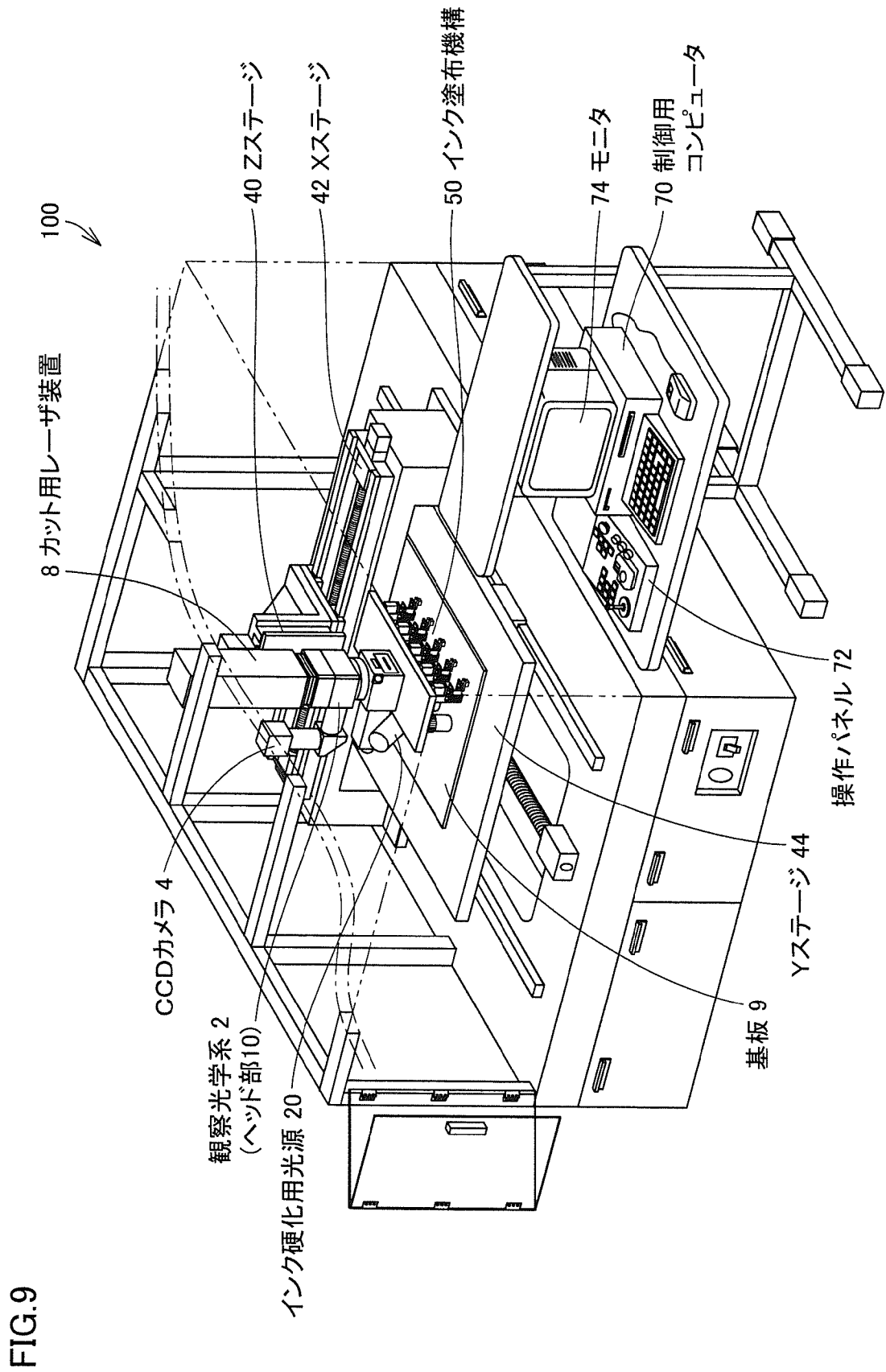
(a)



(b)



[図9]



[図10]

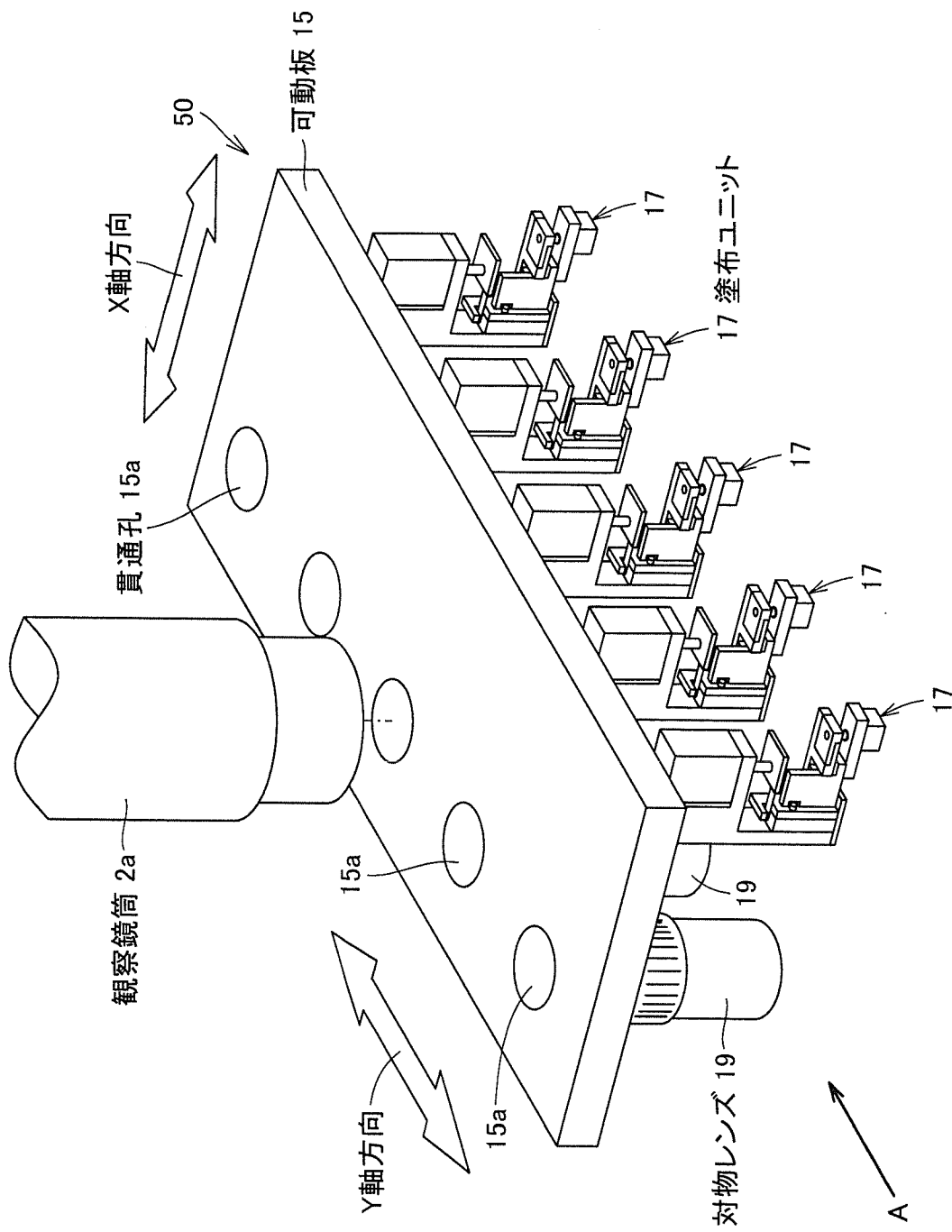
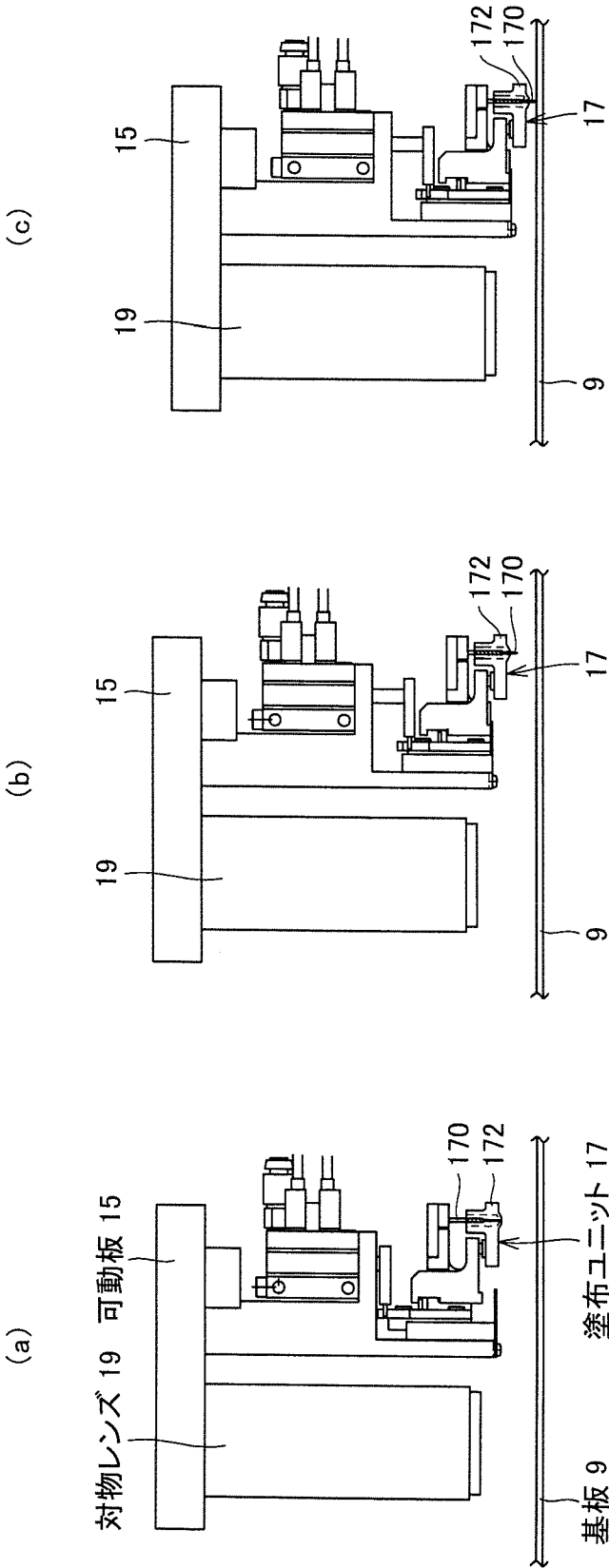


FIG.10

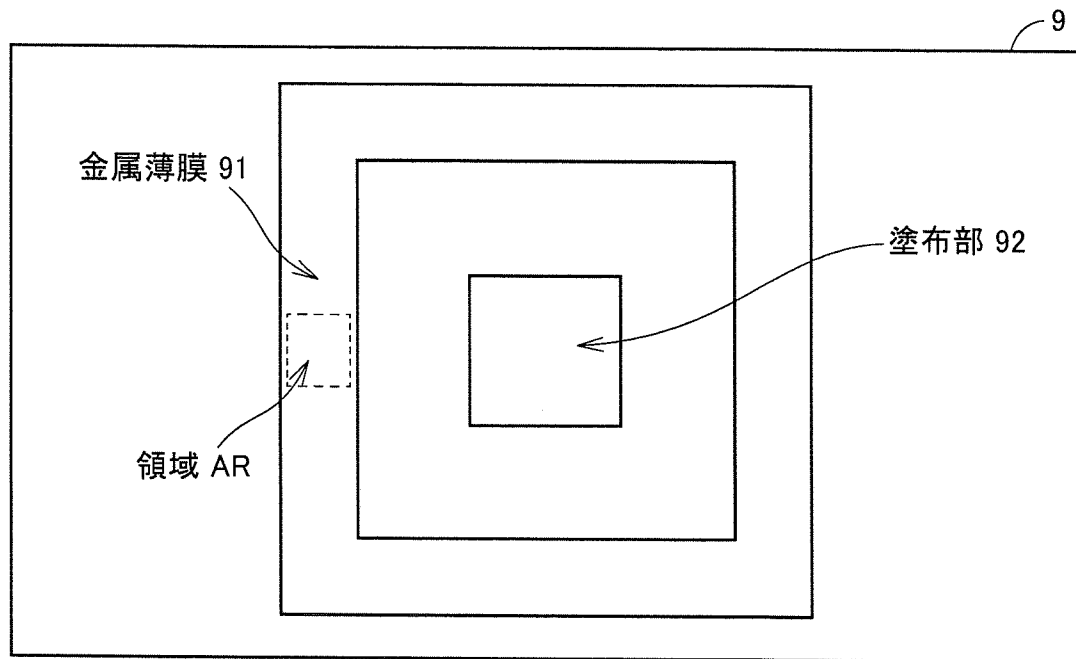
[図11]

FIG.11



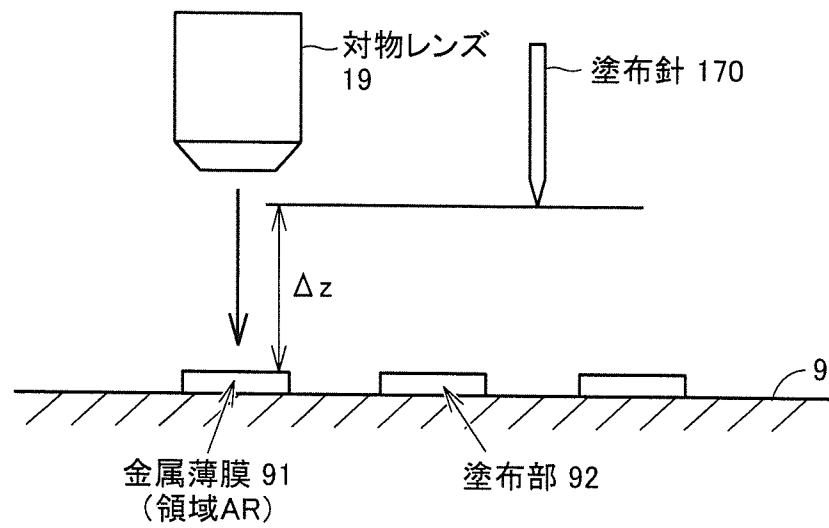
[図12]

FIG.12



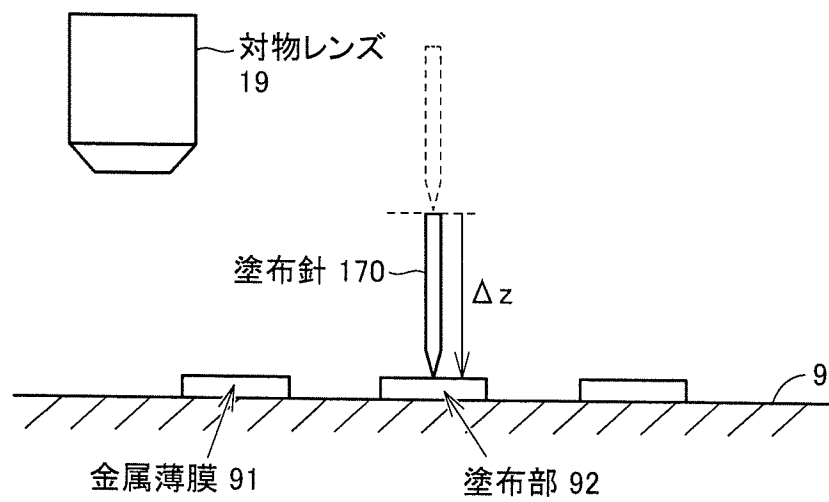
[図13]

FIG.13



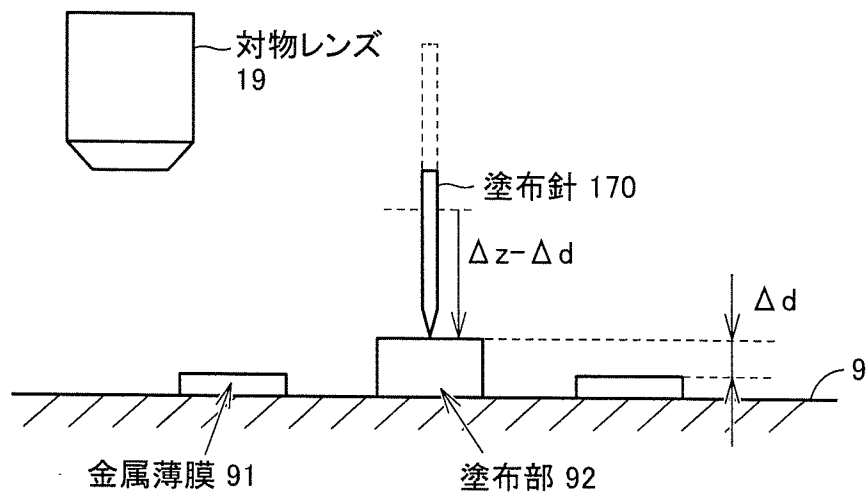
[図14]

FIG.14



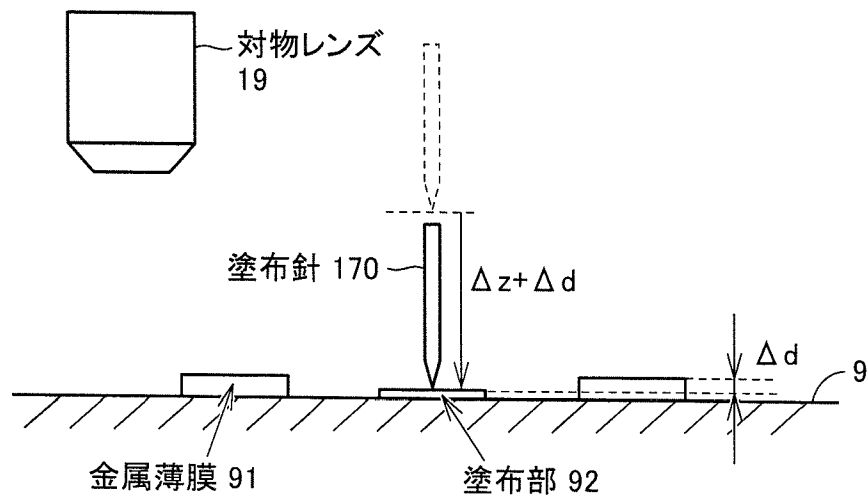
[図15]

FIG.15



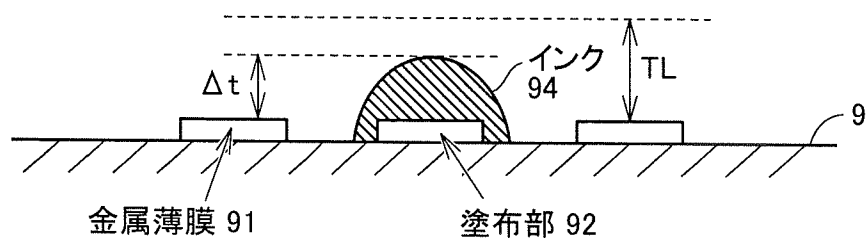
[図16]

FIG.16



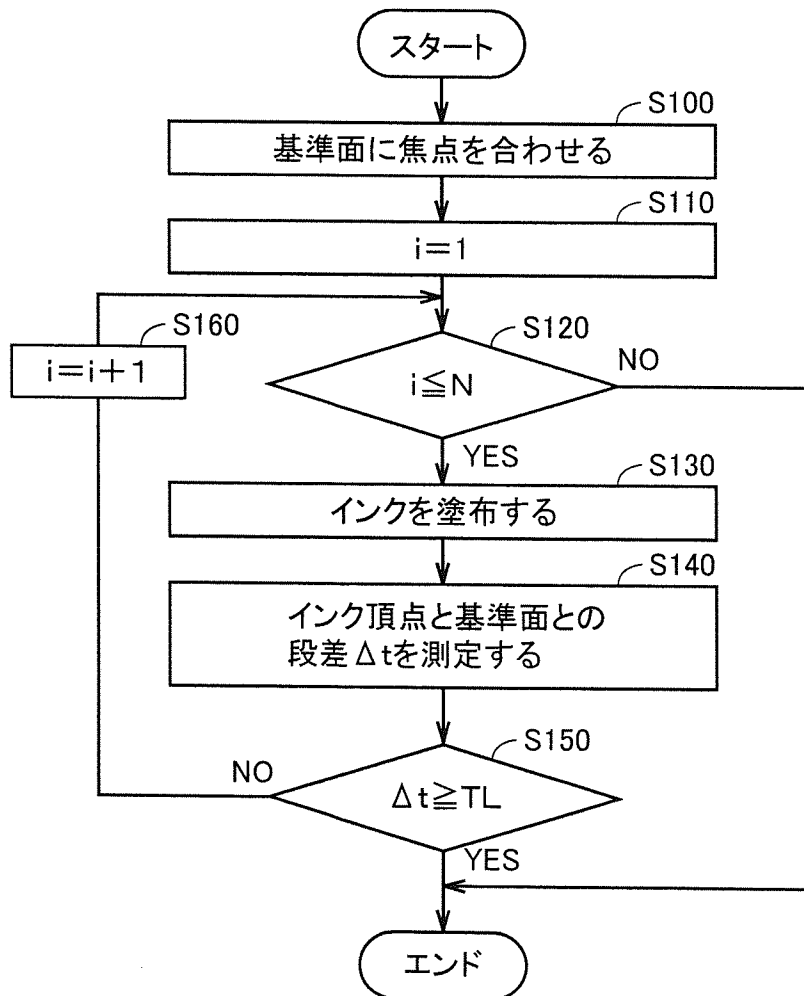
[図17]

FIG.17



[図18]

FIG.18



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/067190

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B11/24(2006.01)i, G01B9/02(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)

G01B11/00-11/30, G01B9/00-9/10

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
A	JP 2007-212268 A (Epson Imaging Devices Corp.), 23 August 2007 (23.08.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2000-56210 A (NTN Corp.), 25 February 2000 (25.02.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2015-7564 A (NTN Corp.), 15 January 2015 (15.01.2015), entire text; all drawings & WO 2014/208362 A1 & CN 105247318 A	1-9

☒ 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
17 August 2016 (17.08.16)

Date of mailing of the international search report
30 August 2016 (30.08.16)

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/JP2016/067190

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 2005-285898 A (Toppan Printing Co., Ltd.), 13 October 2005 (13.10.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01B11/24(2006.01)i, G01B9/02(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. G01B11/00-11/30, G01B9/00-9/10

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
A	JP 2007-212268 A（エプソンイメージングデバイス株式会社） 2007.08.23, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-9
A	JP 2000-56210 A（エヌティエヌ株式会社）2000.02.25, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1-9
A	JP 2015-7564 A（NTN株式会社）2015.01.15, 全文, 全図 & WO 2014/208362 A1 & CN 105247318 A	1-9

☒ 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

17.08.2016

国際調査報告の発送日

30.08.2016

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）

梶田 真也

2S

6200

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

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 2005-285898 A (凸版印刷株式会社) 2005. 10. 13, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9