

(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10月12日(12.10.2017)



(10) 国際公開番号  
**WO 2017/175495 A1**

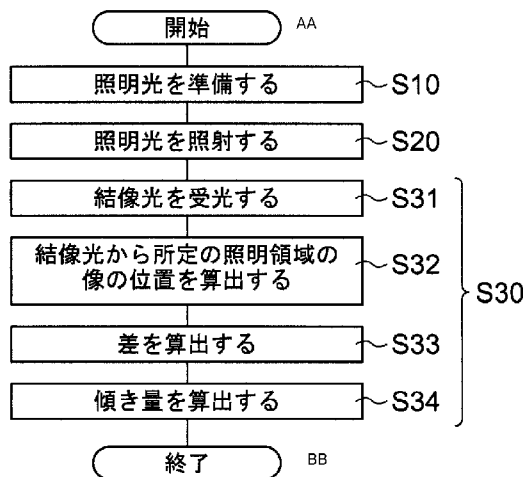
- (51) 国際特許分類:  
**G01B 11/24** (2006.01) **G01B 11/26** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/006304
- (22) 国際出願日: 2017年2月21日(21.02.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
PCT/JP2016/061113 2016年4月5日(05.04.2016) JP
- (71) 出願人: オリンパス株式会社(OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 鈴木良政(SUZUKI Yoshimasa); 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 斎藤圭介, 外(SAITO Keisuke et al.); 〒1010051 東京都千代田区神田神保町1-4-1-3 駿河台下MKビル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, JP, 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).

[続葉有]

(54) Title: SAMPLE SHAPE MEASUREMENT METHOD AND SAMPLE SHAPE MEASUREMENT DEVICE

(54) 発明の名称: 標本形状測定方法及び標本形状測定装置



S10 Prepare illuminating light  
S20 Irradiate with illuminating light  
S31 Receive image-forming light  
S32 Calculate position of image of predetermined illumination region from image-forming light  
S33 Calculate difference  
S34 Calculate inclination amount  
AA Start  
BB End

(57) Abstract: This sample shape measurement method includes a step S10 in which illuminating light that passes through a predetermined illumination region is prepared, a step S20 in which a sample is irradiated with illuminating light, and a predetermined processing step S30. The predetermined illumination region is set so that the area of a region in which illuminating light passes through the pupil of an observation optical system becomes smaller than the area of the pupil of the observation optical system. The illuminating light passes through the sample, light emitted from the sample enters the observation optical system, and the predetermined processing step S30 includes: a step S31 in which light emitted from the observation optical system is received; a step S32 in which the position of an image of the predetermined illumination region is calculated from the received light; a step S33 in which the difference between the position of the image of the predetermined illumination region and a reference position is calculated; and a step S34 in which an inclination amount in the surface of the sample is calculated from the calculated difference.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/175495 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

標本形状測定方法は、所定の照明領域を通過する照明光を準備するステップ S 1 0 と、照明光を標本に照射するステップ S 2 0 と、所定の処理ステップ S 3 0 と、を有し、観察光学系の瞳を通過する照明光の領域の面積が、観察光学系の瞳の面積よりも小さくなるように、所定の照明領域が設定され、照明光は標本を透過し、標本から出射した光は観察光学系に入射し、所定の処理ステップ S 3 0 は、観察光学系から出射した光を受光するステップ S 3 1 と、受光した光から所定の照明領域の像の位置を算出するステップ S 3 2 と、所定の照明領域の像の位置と基準の位置との差を算出するステップ S 3 3 と、算出した差から、標本の表面における傾き量を算出するステップ S 3 4 と、を有する。

## 明 細 書

発明の名称： 標本形状測定方法及び標本形状測定装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、標本の表面における傾きや形状を測定する方法及び装置に関する。

### 背景技術

[0002] 標本の３次元形状を測定する装置として、特許文献１に開示された装置や、特許文献２に開示された装置がある。

[0003] 特許文献１の装置では、縞投影法によって標本の３次元形状を測定している。特許文献１の装置では、撮像手段は、投光部、受光部、照明光出力部、ステージ及び測定制御部を含む。投光部はパターン生成部を有し、パターン生成部で生成されたパターンが標本に照射される。標本に照射されたパターンは受光部で撮像され、これにより縞画像が得られる。特許文献１の装置では、縞画像を用いて、標本の３次元形状を測定している。

[0004] 特許文献２の装置では、像のコントラストが、合焦点位置よりも合焦点位置の前後で高くなる現象を利用している。この現象は、非回折光と回折光との干渉によって生じる。特許文献２の装置では、合焦点位置の前後の画像から差分画像を取得する。そして、差分画像のコントラスト値を算出し、コントラスト値が最大となる位置を合焦点位置としている。特許文献２の装置では、標本面の各位置について合焦点位置を検出することで、標本の３次元形状を測定することができる。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0005] 特許文献１：特開２０１４－１０９４９２号公報

特許文献２：特開２００８－２０４９８号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1の装置では、標本から反射した光を検出している。そのため、透明で表面の反射率の低い標本、例えば、細胞については、高い精度で形状を測定することが困難である。

[0007] 特許文献2の装置では、非回折光と回折光との干渉を利用している。ここで、表面形状が滑らかな標本、例えば、細胞では、非回折光の光強度に比べて回折光の光強度が小さくなる。そのため、表面形状が滑らかになっている標本に対して、合焦点位置を正確に求めることは難しい。このようなことから、表面形状が滑らかな標本については、高い精度で形状を測定することが困難である。

[0008] 本発明は、このような課題に鑑みてなされたもので、表面の反射率が低く、表面形状が滑らかな標本であっても、高い精度で標本面の傾きや形状を測定できる標本形状測定方法及び標本形状測定装置を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0009] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の標本形状測定方法は、

所定の照明領域を通過する照明光を準備するステップと、

照明光を標本に照射するステップと、

所定の処理ステップと、を有し、

観察光学系の瞳を通過する照明光の領域の面積が、観察光学系の瞳の面積よりも小さくなるように、所定の照明領域が設定され、

照明光は標本を透過し、

標本から出射した光は観察光学系に入射し、

所定の処理ステップは、

観察光学系から出射した光を受光するステップと、

受光した光から所定の照明領域の像の位置を算出するステップと、

所定の照明領域の像の位置と基準の位置との差を算出するステップと、

算出した差から、標本の表面における傾き量を算出するステップと、を有

することを特徴とする。

[0010] また、本発明の標本形状測定装置は、

照明光学系と、観察光学系と、保持部材と、検出素子と、処理装置と、を  
備え、

照明光学系は、光源と、コンデンサレンズと、所定の照明領域を形成する  
光学部材と、を有し、

観察光学系は、対物レンズを有し、

保持部材は標本を保持すると共に、照明光学系と観察光学系との間に配置  
され、

コンデンサレンズよりも光源側に、光学部材が配置され、

観察光学系の瞳を通過する照明光の領域の面積が、観察光学系の瞳の面積  
よりも小さくなるように、所定の照明領域が設定され、

照明光学系により標本に照射された照明光は、標本を透過し、

標本から出射した光は観察光学系に入射し、

検出素子は、観察光学系から出射した光を受光し、

処理装置は、

受光した光から所定の照明領域の像の位置を算出し、

所定の照明領域の像の位置と基準の位置との差を算出し、

算出した差から、標本の表面における傾き量を算出することを特徴とする

。

[0011] また、本発明の別の標本形状測定装置は、

照明光学系と、観察光学系と、保持部材と、検出素子と、処理装置と、を  
備え、

照明光学系は、光源と、コンデンサレンズと、所定の照明領域を形成する  
光学部材と、を有し、

観察光学系は、対物レンズを有し、

保持部材は標本を保持すると共に、照明光学系と観察光学系との間に配置  
され、

検出素子は、観察光学系の瞳位置、又は、観察光学系の瞳位置と共役な位置に配置され、

コンデンサレンズよりも光源側に、光学部材が配置され、

所定の照明領域は、照明光学系の瞳位置にて光軸を含まないように設定されると共に、照明光が観察光学系の瞳位置にて該瞳の内側の一部分と該瞳の外縁に照射されるように設定され、

照明光学系により標本に照射された照明光は、標本を透過し、

標本から出射した光は観察光学系に入射し、

検出素子は、観察光学系から出射した光を受光し、

処理装置は、

受光した光に基づく光量を求め、

光量と基準の光量との差又は比を算出し、

差又は比から、標本の表面における傾き量を算出することを特徴とする。

[0012] また、本発明の別の標本形状測定装置は、

照明光学系と、観察光学系と、保持部材と、検出素子と、処理装置と、を備え、

照明光学系は、面光源と、コンデンサレンズと、所定の照明領域を形成する光学部材と、を有し、

観察光学系は、対物レンズと、集光レンズと、マイクロレンズアレイと、を有し、

保持部材は標本を保持すると共に、照明光学系と観察光学系との間に配置され、

コンデンサレンズよりも光源側に、光学部材が配置され、

観察光学系の瞳を通過する照明光の領域の面積が、観察光学系の瞳の面積よりも小さくなるように、所定の照明領域が設定され、

マイクロレンズアレイは、標本と共役な位置に配置され、

検出素子は、観察光学系の瞳と共役な位置に配置され、

照明光学系により標本に照射された照明光は、標本に照射され、

標本から出射した光は観察光学系に入射し、  
マイクロレンズアレイによって、複数の光領域が検出素子上に形成され、  
検出素子は、光領域の各々について、光領域全体の光を受光し、  
処理装置は、  
光領域の各々について、光領域の位置を算出し、  
光領域の各々について、光領域の位置と基準の位置との差を算出し、  
算出した差から、標本の表面における傾き量を算出することを特徴とする  
。

## 発明の効果

[0013] 本発明によれば、表面の反射率が低く、表面形状が滑らかな標本であっても、高い精度で標本面の傾きや形状を測定できる標本形状測定方法及び標本形状測定装置を提供することができる。

## 図面の簡単な説明

[0014] [図1]第1の状態における照明光の様子と結像光の様子を示す図である。

[図2A]第1の状態における照明光の様子を示す図である。

[図2B]第1の状態における結像光の様子を示す図である。

[図3]第2の状態における照明光の様子と結像光の様子を示す図である。

[図4A]第2の状態における結像光の様子を示す図である。

[図4B]第1の状態における結像光の様子を示す図である。

[図5]第3の状態における照明光の様子と結像光の様子を示す図である。

[図6A]第3の状態における結像光の様子を示す図である。

[図6B]第1の状態における結像光の様子を示す図である。

[図7]本実施形態の標本形状測定方法のフローチャートである。

[図8]本実施形態の標本形状測定方法のフローチャートである。

[図9]本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。

[図10]本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。

[図11]本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。

[図12]本実施形態の標本形状測定方法のフローチャートである。

- [図13]本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。
- [図14]本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。
- [図15]本実施形態の標本形状測定方法のフローチャートである。
- [図16A]標本を通過する照明光の様子を示す図である。
- [図16B]標本を通過する照明光の様子を示す図である。
- [図17]本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。
- [図18A]本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。
- [図18B]結像光の様子を示す図である。
- [図19]本実施形態の標本形状測定方法のフローチャートである。
- [図20]本実施形態の標本形状測定方法による測定の様子を示す図である。
- [図21]標本の表面の傾斜角と結像光の中心光線との関係を示す図である。
- [図22]標本の表面の傾斜が0度のときの結像光の中心位置を示す図である。
- [図23]標本の表面の傾斜が $\theta 1$ 度のときの結像光の中心位置を示す図である。
- [図24]標本の表面の傾斜が $\theta 2$ 度のときの結像光の中心位置を示す図である。
- [図25A]標本の像を示す図である。
- [図25B]標本の像を示す図である。
- [図26]照明光学系の例を示す図である。
- [図27]照明光学系の別の例を示す図である。
- [図28A]開口部材の変形例を示す図である。
- [図28B]開口部材の変形例を示す図である。
- [図29]本実施形態の標本形状測定装置を示す図である。
- [図30]結像光の様子を示す図である。
- [図31]本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。
- [図32]軸上結像光の様子を示す図である。
- [図33]光軸方向から見た軸上結像光の位置を示す図である。
- [図34]マイクロレンズアレイと光出射点の像を示す図である。
- [図35]マイクロレンズアレイと光出射点の像を示す図である。
- [図36]本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。

[図37]本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。

[図38]光軸方向から見た2つの結像光の位置を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0015] 以下に、本発明に係る標本形状測定方法及び標本形状測定装置の実施形態及び実施例を、図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態及び実施例によりこの発明が限定されるものではない。

[0016] 本実施形態の標本形状測定方法における測定原理について説明する。まず、第1の状態における照明光と結像光の関係について説明する。図1は、第1の状態における照明光の様子と結像光の様子を示す図である。第1の状態では、標本の表面が平坦で、標本の表面の法線（以下、「面の法線」という）が光軸と平行になっている。

[0017] 図1に示すように、照明光学系1と観察光学系2は、両者がステージ3を挟んで対向するように配置されている。照明光学系1は、遮光部材4とコンデンサレンズ5とを有する。観察光学系2は対物レンズ6を有する。対物レンズ6は絞り7を有する。

[0018] 遮光部材4には、例えば、矩形状の金属板が用いられる。遮光部材4は、遮光領域4aと透過領域4bとで構成されている。遮光領域4aは金属板で形成されている。透過領域4bには何も存在しない。

[0019] 透過領域4bは、遮光部材4の中央部に形成されている。遮光部材4は、中央部が光軸10を含むように配置されている。よって、遮光領域4aには光軸10は含まれていないが、透過領域4bには光軸10が含まれている。

[0020] 遮光部材4が光路中に配置されることで、照明光 $L_{11}$ は、遮光領域4aで遮光される光と透過領域4bを通過する光とに分かれる。照明光 $L_{11}$ では、光軸と直交する面内において光強度の分布が均一になっているものとする。

[0021] 遮光部材4に、透明板が用いられても良い。この場合、例えば、遮光塗料の塗布や、遮光部材の貼付によって、遮光領域4aが形成される。一方、透過領域4bには、遮光塗料の塗布や遮光部材の貼付は行わない。よって、透過領域4bには、透明板のみが存在することになる。

[0022] 絞り 7 は、遮光部 7 a と透過部 7 b とを有する。絞り 7 には、例えば、円形の金属板や透明板が用いられる。絞り 7 に金属板が用いられた場合、遮光部 7 a は金属板で、透過部 7 b は金属板に形成された孔である。絞り 7 に透明板が用いられた場合、遮光塗料の塗布や、遮光部材の貼付によって、遮光部 7 a が形成される。透過部 7 b には透明板のみが存在する。

[0023] 絞り 7 は、対物レンズ 6 の瞳と光学的に等価である。よって、絞り 7 の位置に、光束の通過を制限する部材、例えば、上述の金属板や透明板が存在していなくても良い。

[0024] ステージ 3 の上には、標本 8 が載置されている。標本 8 と対物レンズ 6 との間は、液浸媒質 9（以下「浸液 9」という）で満たされている。ここでは、標本 8 は屈折率が  $n$  の液体、浸液 9 は屈折率が  $n'$  の液体としている。また、 $n > n'$  である。

[0025] 照明光  $L_{IL1}$  は平行な光束であって、光束中に光軸 10 が含まれるように形成されている。照明光  $L_{IL1}$  は、照明光学系 1 の光路を標本 8 に向かって進行する。照明光学系 1 の光路中には、遮光部材 4 とコンデンサレンズ 5 が配置されている。

[0026] 図 2 A は、第 1 の状態における照明光の様子を示す図である。図 2 A では、照明光  $L_{IL1}$  の領域が実線の円で示されている。照明光  $L_{IL1}$  は、遮光領域 4 a で遮光される光と透過領域 4 b を通過する光とに分かれる。遮光部材 4 は、透過領域 4 b が光軸 10 を含むように配置されている。そのため、遮光領域 4 a には光軸 10 は含まれていない。透過領域 4 b を通過したとき、照明光  $L_{IL2}$  の領域の形状は円形になる。

[0027] 遮光部材 4 の位置は、コンデンサレンズ 5 と対物レンズ 6 によって、絞り 7 の位置と共役になっている。よって、遮光部材 4 の位置には、絞り 7 の像が形成される。図 2 A には、遮光部材 4 の位置に形成された境界線像 7 c' が破線で示されている。境界線像 7 c' は、遮光部 7 a と透過部 7 b との境界線 7 c の像である。境界線像 7 c' は、破線で示すように円形の像である。境界線像 7 c' は、対物レンズ 6 の瞳の外縁の像でもある。

[0028] 図2Aに示すように、照明光 $L_{IL2}$ の領域を示す円は、境界線像 $7c'$ を示す円よりも小さい。これは、透過部7bの像の領域よりも狭い領域を照明するように、照明光 $L_{IL2}$ の光束径が設定されていることを意味している。

[0029] 図1に戻って説明を続ける。透過領域4bを通過した照明光 $L_{IL2}$ は、コンデンサレンズ5に入射する。コンデンサレンズ5に入射した照明光 $L_{IL2}$ は、コンデンサレンズ5で集光される。コンデンサレンズ5からは、照明光 $L_{IL3}$ が出射する。照明光 $L_{IL3}$ は、標本8上の観察点11に入射する。これにより、観察点11が照明される。

[0030] 照明光 $L_{IL3}$ は、標本8を透過する。上述のように、第1の状態では、面の法線が光軸と平行になっている。面の法線が光軸と平行な状態では、標本の表面は傾斜していない。標本の表面が傾斜していない場合、照明光 $L_{IL3}$ のうちで光軸10上を進む光線（以下「中心光線 $L_{ILC}$ 」という）は、標本8の表面で屈折されない。

[0031] 標本8から出射した光（以下、「結像光 $L_{IM1}$ 」という）は、対物レンズ6に到達する。図2Aに示すように、照明光 $L_{IL2}$ の領域は、透過部7bの像の領域よりも狭い。この場合、対物レンズ6に到達した結像光 $L_{IM1}$ は、全て対物レンズ6に入射する。対物レンズ6に入射した結像光 $L_{IM1}$ は、遮光部7bで遮られることなく、絞り7を通過する。

[0032] 図2Bは、第1の状態における結像光の様子を示す図である。図2Bに示すように、結像光 $L_{IM1}$ の面積は、透過部7bの面積よりも小さくなっている。結像光 $L_{IM1}$ は透過部7bの内側に位置している。

[0033] また、第1の状態では、標本8の表面が傾斜していない。この場合、中心光線 $L_{ILC}$ は標本8の表面で屈折されない。そのため、結像光 $L_{IM1}$ のうちで中心光線 $L_{ILC}$ に対応する光線（以下、「中心光線 $L_{IMC}$ 」という）も、光軸10上を進む。中心光線 $L_{IMC}$ を結像光 $L_{IM1}$ の中心とみなすと、第1の状態では、結像光 $L_{IM1}$ の中心は光軸10と一致する。

[0034] 次に、第2の状態における照明光と結像光の関係について説明する。図3は、第2の状態における照明光の様子と結像光の様子を示す図である。第2

の状態では、標本の表面は平坦であるが、面の法線が光軸と非平行になっている。

[0035] 図3に示すように、面の法線12と光軸10とのなす角は $\theta_s$ であるので、標本8の表面は傾斜角 $\theta_s$ で傾斜していることになる。角度の正負は、光軸10を基準にして、反時計周りの方向に面の法線12が位置する場合を正、時計周りの方向に面の法線12が位置する場合を負とする。第2の状態では、 $\theta_s$ は正の値である。

[0036] 第2の状態でも、第1の状態と同様に照明が行われる。照明光 $L_{IL3}$ は標本8上の観察点11に入射する。これにより、観察点11が照明される。

[0037] 照明光 $L_{IL3}$ は、標本8を透過する。上述のように、第2の状態では、面の法線が光軸と非平行になっている。面の法線が光軸と非平行な状態では、標本の表面が傾斜している。標本の表面が傾斜している場合、中心光線 $L_{ILC}$ は、標本8の表面で屈折される。

[0038] 標本8から出射した結像光 $L_{IM1}$ は、対物レンズ6に到達する。図2Aに示すように、照明光 $L_{IL2}$ の領域は、透過部7bの像の領域よりも狭い。この場合、対物レンズ6に到達した結像光 $L_{IM1}$ は、全て対物レンズ6に入射する。対物レンズ6に入射した結像光 $L_{IM1}$ は、遮光部7bで遮られることなく、絞り7を通過する。

[0039] 図4Aは、第2の状態における結像光の様子を示す図である。比較のために、第1の状態における結像光の様子を、図4Bに示す。図4Aに示すように、結像光 $L_{IM1}$ の面積は、透過部7bの面積よりも小さくなっている。結像光 $L_{IM1}$ は透過部7bの内側に位置している。

[0040] また、第2の状態では、標本8の表面が傾斜角 $+\theta_s$ で傾斜している。この場合、中心光線 $L_{ILC}$ は、標本8の表面で屈折される。そのため、中心光線 $L_{IMC}$ は、光軸10から離れる方向に進む。その結果、第2の状態では、結像光 $L_{IM1}$ の中心は光軸10と一致しない。

[0041] 図4Aと図4Bとの比較から分かるように、第2の状態における結像光 $L_{IM1}$ の中心は、第1の状態における結像光 $L_{IM1}$ の中心よりも、光軸10から離れる

方向にシフトしている。また、第2の状態では、シフトする方向は、紙面内の右方向になっている。

[0042] 次に、第3の状態における照明光と結像光の関係について説明する。図5は、第3の状態における照明光の様子と結像光の様子を示す図である。第3の状態では、標本の表面は平坦であるが、面の法線が光軸と非平行になっている。

[0043] 図5に示すように、面の法線12と光軸10とのなす角は $\theta_s$ であるので、標本8の表面は傾斜角 $\theta_s$ で傾斜している面のことになる。ただし、第2の状態とは異なり、第3の状態では $\theta_s$ は負の値になっている。

[0044] 第3の状態でも、第1の状態と同様に照明が行われる。照明光 $L_{IL3}$ は標本8上の観察点11に入射する。これにより、観察点11が照明される。

[0045] 照明光 $L_{IL3}$ は、標本8を透過する。上述のように、第3の状態では、面の法線が光軸と非平行になっている。面の法線が光軸と非平行な状態では、標本の表面が傾斜している。標本の表面が傾斜している場合、中心光線 $L_{ILC}$ は、標本8の表面で屈折される。

[0046] 標本8から出射した結像光 $L_{IM1}$ は、対物レンズ6に到達する。図2Aに示すように、照明光 $L_{IL2}$ の領域は、透過部7bの像の領域よりも狭い。この場合、対物レンズ6に到達した結像光 $L_{IM1}$ は、全て対物レンズ6に入射する。対物レンズ6に入射した結像光 $L_{IM1}$ は、遮光部7bで遮られることなく、絞り7を通過する。

[0047] 図6Aは、第3の状態における結像光の様子を示す図である。比較のために、第1の状態における結像光の様子を、図6Bに示す。図6Aに示すように、結像光 $L_{IM1}$ の面積は、透過部7bの面積よりも小さくなっている。結像光 $L_{IM1}$ は透過部7bの内側に位置している。

[0048] また、第3の状態では、標本8の表面が傾斜角 $-\theta_s$ で傾斜している。この場合、中心光線 $L_{ILC}$ は、標本8の表面で屈折される。そのため、中心光線 $L_{IMC}$ は、光軸10から離れる方向に進む。その結果、第3の状態では、結像光 $L_{IM1}$ の中心は光軸10と一致しない。

[0049] 図6Aと図6Bとの比較から分かるように、第3の状態における結像光 $L_{IM1}$ の中心は、第1の状態における結像光 $L_{IM1}$ の中心よりも、光軸10から離れる方向にシフトしている。また、第3の状態では、シフトする方向は、紙面内の左方向になっている。

[0050] 第1の状態、第2の状態及び第3の状態のいずれにおいても、観察光学系2から出射する際、結像光 $L_{IM1}$ は平行光束になっている。そして、第2の状態と第3の状態では、結像光 $L_{IM1}$ は、光軸10から離れる方向に平行移動する。

[0051] このように、本実施形態の標本形状測定方法における測定原理では、以下の(1)、(11)を利用している。

(1) 標本の表面に傾斜がない場合と傾斜がある場合とで、光軸10に対する結像光 $L_{IM1}$ の中心位置が異なる。

(11) 光軸10に対する結像光 $L_{IM1}$ の中心位置のずれ量（以下、「ずれ量 $\Delta$ 」という）が、傾き量に応じて変化する。

[0052] そして、本実施形態の標本形状測定方法における測定原理では、結像光 $L_{IM1}$ の領域の面積が、透過部7bの面積よりも小さくなっている点に特徴がある。

[0053] ここで、結像光 $L_{IM1}$ の領域の面積が透過部7bの面積と同じ場合について、説明する。表面が傾斜していない標本では、透過部7bは結像光 $L_{IM1}$ で満たされている。よって、透過部7bを通過する結像光 $L_{IM1}$ の領域の形状は円形になる。

[0054] 一方、表面が傾斜している標本では、結像光 $L_{IM1}$ が光軸10から離れる方向にシフトする。この場合、結像光 $L_{IM1}$ の一部は、透過部7bの外にはみ出してしまう。そのため、透過部7bを通過する結像光 $L_{IM1}$ の領域の形状は、円の一部が欠けた形（以下、「非円形」という）になる。

[0055] 非円形の結像光 $L_{IM1}$ では、結像光 $L_{IM1}$ の中心は光軸10と一致しない。よって、結像光 $L_{IM1}$ の領域の形状が非円形の場合であっても、ずれ量 $\Delta$ には傾き量の情報が含まれていることになる。しかしながら、傾き量は、結像光 $L_{IM1}$ の領域の形状が円形のときのずれ量 $\Delta$ から求まる。そのため、結像光 $L_{IM1}$ の領域の

形状が非円形のときのずれ量 $\Delta$ からは、正確な傾き量を求めることはできない。

[0056] このように、結像光 $L_{IM1}$ の領域の面積が透過部7bの面積と同じ場合、標本の表面に傾斜がない場合と傾斜がある場合とで、結像光 $L_{IM1}$ の領域の形状が異なる。そのため、結像光 $L_{IM1}$ の領域の面積が透過部7bの面積と同じ場合では、傾き量を正確に測定することは困難である。

[0057] 次に、結像光 $L_{IM1}$ の領域の面積が透過部7bの面積よりも大きい場合について、説明する。表面が傾斜していない標本では、透過部7bは結像光 $L_{IM1}$ で満たされている。よって、透過部7bを通過する結像光 $L_{IM1}$ の領域の形状は円形になる。

[0058] 一方、表面が傾斜している標本では、結像光 $L_{IM1}$ が光軸10から離れる方向にシフトする。この場合、結像光 $L_{IM1}$ の一部は、透過部7bの外にはみ出してしまう。ただし、結像光 $L_{IM1}$ の領域の面積が透過部7bの面積よりも大きい場合は、透過部7bの外側にも結像光 $L_{IM1}$ が存在している。そのため、透過部7bの外側に存在する結像光 $L_{IM1}$ が、結像光 $L_{IM1}$ のシフトに応じて透過部7bの内側にシフトして来る。その結果、透過部7bが結像光 $L_{IM1}$ で満たされた状態がある程度続く。

[0059] 透過部7bが結像光 $L_{IM1}$ で満たされた状態は、表面が傾斜していない標本を測定している状態と同じである。よって、表面が傾斜している標本であっても、透過部7bが結像光 $L_{IM1}$ で満たされた状態が続いている間は、標本の表面における傾き量は測定できないということになる。

[0060] また、透過部7bが結像光 $L_{IM1}$ で満たされた状態が終ると、結像光 $L_{IM1}$ の一部が透過部7bの外にはみ出してしまう。そのため、上述のように、正確な傾き量を求めることはできない。

[0061] このように、結像光 $L_{IM1}$ の領域の面積が透過部7bの面積よりも大きい場合も、傾き量を正確に測定することは困難である。

[0062] これに対して、結像光 $L_{IM1}$ の領域の面積が透過部7bの面積よりも小さい場合、標本の表面に傾斜がない場合と傾斜がある場合とで、結像光 $L_{IM1}$ の領域の

形状は同じである。そのため、傾き量を正確に測定することができる。また、透過部 7 b が結像光  $L_{IM1}$  で満たされた状態にならない。よって、標本の表面における傾き量が測定できない状態を減少させることができる。

[0063] 上述のように、本実施形態の標本形状測定方法における測定原理は、結像光  $L_{IM1}$  の領域の面積が、透過部 7 b の面積よりも小さくなっている点に特徴がある。この特徴は、透過領域 4 b の大きさを適切に設定することで得られる。

[0064] 透過部 7 b は、観察光学系 2 の瞳と見なすことができる。よって、結像光  $L_{IM1}$  の領域の面積は、観察光学系 2 の瞳の面積よりも小さくなっている。

[0065] 結像光  $L_{IM1}$  の領域の面積は、透過部 7 b を通過するときの面積と見なすことができる。上述のように、透過部 7 b は観察光学系 2 の瞳であるので、結像光  $L_{IM1}$  の領域の面積は、観察光学系 2 の瞳を通過するときの面積になる。標本 8 がない場合、結像光  $L_{IM1}$  は照明光そのものである。よって、結像光  $L_{IM1}$  の領域の面積は、観察光学系 2 の瞳を通過する照明光の面積ということができる。

[0066] そうすると、本実施形態の標本形状測定方法における測定原理は、観察光学系 2 の瞳を通過する照明光の面積が、観察光学系 2 の瞳の面積よりも小さいことが特徴になる。

[0067] 結像光  $L_{IM1}$  の領域は、透過領域 4 b の大きさによって決まる。この場合、観察光学系 2 の瞳を通過する照明光の面積も、透過領域 4 b の大きさによって決まる。そのため、透過領域 4 b の大きさは、観察光学系 2 の瞳を通過する照明光の面積が、観察光学系 2 の瞳の面積よりも小さくなるように設定されている。

[0068] 透過領域 4 b を所定の照明領域とすると、本実施形態の標本形状測定方法における測定原理では、観察光学系 2 の瞳を通過する照明光の面積が、観察光学系 2 の瞳を通過するときの面積よりも小さくなるように、所定の照明領域が設定されていることになる。

[0069] 本実施形態の標本形状測定方法における測定原理によれば、高い精度で標

本の表面における傾き量を測定できる。また、測定した傾き量を用いることで、高い精度で標本の表面形状を測定できる。

[0070] 観察光学系2の瞳を通過する照明光の面積は、透過領域4bの大きさだけでなく、瞳投影倍率によっても変化する。よって、瞳投影倍率を適切に設定することも必要である。瞳投影倍率は、対物レンズ6の焦点距離とコンデンサレンズ5の焦点距離から決まる。

[0071] 本実施形態の標本形状測定方法と本実施形態の標本形状測定装置について説明する。以下の説明では、絞り7の代わりに、対物レンズの瞳を用いている。

[0072] 本実施形態の標本形状測定方法は、所定の照明領域を通過する照明光を準備するステップと、照明光を標本に照射するステップと、所定の処理ステップと、を有し、観察光学系の瞳を通過する照明光の領域の面積が、観察光学系の瞳の面積よりも小さくなるように、所定の照明領域が設定され、照明光は標本を透過し、標本から出射した光は観察光学系に入射し、所定の処理ステップは、観察光学系から出射した光を受光するステップと、受光した光から所定の照明領域の像の位置を算出するステップと、所定の照明領域の像の位置と基準の位置との差を算出するステップと、算出した差から、標本の表面における傾き量を算出するステップと、を有することを特徴とする。

[0073] 図7は、本実施形態の標本形状測定方法のフローチャートである。本実施形態の標本形状測定方法は、照明光を準備するステップS10と、照明光を照射するステップS20と、所定の処理ステップS30と、を有し、所定の処理ステップS30は、結像光を受光するステップS31と、結像光から所定の照明領域の像の位置を算出するステップS32と、差を算出するステップS33と、傾き量を算出するステップS34と、を有する。

[0074] 本実施形態の標本形状測定方法では、まず、ステップS10が実行される。ステップS10は、照明光を準備するステップである。ステップS10では、照明光学系内に、所定の照明領域が設定される。所定の照明領域は、照明光が通過する領域である。所定の照明領域は、観察光学系の瞳を通過する

照明光の領域の面積が、観察光学系の瞳の面積よりも小さくなるように設定される。

[0075] 所定の照明領域は、例えば、図1に示す透過領域4bである。照明光学系1の光路に遮光部材4を配置することで、所定の照明領域の設定が行われる。

[0076] ステップS10が終わると、ステップS20が実行される。ステップS20は、照明光を照射するステップである。ステップS20では、照明光が標本に照射される。標本が照明されることで、標本から結像光が出射する。標本から出射した光は、観察光学系に入射する。

[0077] ステップS20が終わると、ステップS30が実行される。ステップS30は、所定の処理を行うステップである。ステップS30では、ステップS31、ステップS32、ステップS33及びステップS34が実行される。

[0078] ステップS30では、まず、ステップS31が実行される。ステップS31は、結像光を受光するステップである。結像光は、観察光学系から出射した光である。

[0079] ステップS31が終わると、ステップS32が実行される。ステップS32は、結像光から所定の照明領域の像の位置を算出するステップである。結像光は、ステップS31で受光した光である。

[0080] ステップS31で受光した結像光は、観察光学系の瞳を通過する照明光と見なすことができる。観察光学系の瞳を通過する照明光は、所定の照明領域を通過した光である。よって、結像光の領域は、所定の照明領域の像と見なすことができる。

[0081] 結像光の領域が円形の場合、所定の照明領域の像も円形となる。この場合、結像光の中心位置を、照明領域の像の位置にすれば良い。また、結像光の領域が円形でない場合、結像光の領域の形状から重心位置を算出する。そして、算出した重心位置を、所定の照明領域の像の位置にしても良い。

[0082] また、結像光では、光軸と直交する面内における光強度の分布が、均一になっている場合や、不均一になっている場合がある。そこで、光強度の分布

を考慮して、所定の照明領域の像の位置を算出しても良い。

[0083] ステップS 3 2が終わると、ステップS 3 3が実行される。ステップS 3 3は、差を算出するステップである。ステップS 3 3では、ステップS 3 2で算出した所定の照明領域の像の位置と基準の位置との差が算出される。

[0084] ステップS 3 3が終わると、ステップS 3 4が実行される。ステップS 3 4は、傾き量を算出するステップである。ステップS 3 4では、ステップS 3 3で算出された結果から、標本の表面における傾き量が算出される。

[0085] このように、本実施形態の標本形状測定方法は、測定原理の特徴を備えている。よって、本実施形態の標本形状測定方法では、高い精度で標本の表面における傾き量を測定できる。また、後述のように、測定した傾き量を用いることで、高い精度で標本の表面形状を測定できる。

[0086] 本実施形態の標本形状測定方法では、標本が存在していない状態で、観察光学系から出射した光を受光し、受光した光から所定の照明領域の像の位置を算出し、算出した位置を基準の位置とすることが好ましい。

[0087] このようにすることで、基準の位置を容易に設定することができる。

[0088] 本実施形態の標本形状測定方法は、照明光を標本に照射するステップよりも前に、基準の位置を設定するステップを有することが好ましい。

[0089] 図8は、本実施形態の標本形状測定方法のフローチャートである。図7のフローチャートと同じステップについては同じ番号を付し、説明は省略する。本実施形態の標本形状測定方法は、照明光を準備するステップS 1 0と照明光を照射するステップS 2 0との間に、基準の位置を設定するステップS 4 0を有する。

[0090] ステップS 1 0が終わると、ステップS 4 0が実行される。ステップS 4 0では、基準の位置を設定する。基準の位置は、標本が存在していない状態での所定の照明領域の像の位置である。

[0091] ステップS 4 0が終わると、標本をステージ上に載置する。そして、ステップS 2 0が実行される。

[0092] 図8に示すフローチャートでは、ステップS 4 0は、ステップS 1 0の後

に実行される。しかしながら、ステップS 4 0は、ステップS 1 0の前に実行されても良い。

[0093] 本実施形態の標本形状測定方法では、最初の標本の測定を行う前に、基準の位置を設定するステップを実行することが好ましい。

[0094] このようにすると、標本形状を測定する直前に、基準の位置が測定されることになる。そのため、ステップS 3 3で算出した差の精度を高めることができる。その結果、正確に傾き量を算出することができる。

[0095] 本実施形態の標本形状測定方法では、基準の位置を測定するために照明光が必要になる。よって、ステップS 4 0は、ステップS 1 0の後に実行される。

[0096] 本実施形態の標本形状測定方法では、基準の位置を予め記憶しておき、最初の標本の測定を行う前に、記憶しておいた基準の位置を読み出して、基準の位置を設定することが好ましい。

[0097] このようにすると、標本形状を測定するたびに、基準の位置を算出する必要がなくなる。よって、測定時間を短縮することができる。

[0098] 本実施形態の標本形状測定方法では、基準の位置を測定しないので、照明光が必要にならない。よって、ステップS 4 0は、ステップS 1 0の前やステップ1 0の後に実行されれば良い。

[0099] 本実施形態の標本形状測定装置について説明する。本実施形態の標本形状測定装置は、照明光学系と、観察光学系と、保持部材と、検出素子と、処理装置と、を備え、照明光学系は、光源と、コンデンサレンズと、所定の照明領域を形成する光学部材と、を有し、観察光学系は、対物レンズを有し、保持部材は標本を保持すると共に、照明光学系と観察光学系との間に配置され、コンデンサレンズよりも光源側に、光学部材が配置され、観察光学系の瞳を通過する照明光の領域の面積が、観察光学系の瞳の面積よりも小さくなるように、所定の照明領域が設定され、照明光学系により標本に照射された照明光は、標本を透過し、標本から出射した光は観察光学系に入射し、検出素子は、観察光学系から出射した光を受光し、処理装置は、受光した光から所

定の照明領域の像の位置を算出し、所定の照明領域の像の位置と基準の位置との差を算出し、算出した差から、標本の表面における傾き量を算出することを特徴とする。

[0100] 図9は、本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。標本形状測定装置20は、例えば、正立型顕微鏡であって、照明光学系21と、観察光学系22と、保持部材23と、検出素子24と、処理装置25と、を備える。照明光学系21は、光源26とコンデンサ27とを有する。観察光学系22は、対物レンズ30を有する。対物レンズの30の内部には、対物レンズの瞳31が位置している。

[0101] コンデンサ27には、コンデンサレンズ28と開口部材29とが設けられている。ここでは、コンデンサレンズ28と開口部材29とが、一体でコンデンサ27に保持されている。しかしながら、コンデンサレンズ28と開口部材29を、それぞれ別々に保持しても良い。開口部材29には、金属板が用いられている。

[0102] 光源26から、照明光 $L_{IL1}$ が出射する。照明光 $L_{IL1}$ は平行な光束であるが、略平行な光束であっても良い。光源26から出射した照明光 $L_{IL1}$ は、コンデンサ27に入射する。照明光 $L_{IL1}$ は、開口部材29に入射する。

[0103] 開口部材29は、遮光部29aと透過部29bとを有する。透過部29bの大きさは、照明光 $L_{IL1}$ の光束径よりも小さい。そのため、照明光 $L_{IL1}$ の一部の光束は遮光部29aで遮光され、残りの光束が透過部29bを通過する。透過部29bからは照明光 $L_{IL2}$ が出射する。透過部29bの大きさは、照明光 $L_{IL1}$ の光束径と同じであっても良い。

[0104] 開口部材29は、コンデンサレンズ28よりも光源26側に位置している。そして、透過部29bは、観察光学系22の瞳を通過する照明光の領域の面積が、観察光学系22の瞳の面積よりも小さくなるように、設定されている。このように、標本形状測定装置20では、透過部29bによって、所定の照明領域が形成されている。よって、開口部材29が、所定の照明領域を形成する光学部材に該当する。

- [0105] 照明光  $L_{IL2}$  は、コンデンサレンズ 28 に入射する。照明光  $L_{IL2}$  は、コンデンサレンズ 28 で集光される。コンデンサレンズ 28 から照明光  $L_{IL3}$  が出射する。照明光  $L_{IL3}$  は、保持部材 23 に到達する。
- [0106] 保持部材 23 は、照明光学系 21 と観察光学系 22 との間に配置されている。保持部材 23 上には、標本 32 が載置されている。標本 32 は、保持部材 23 で保持されている。
- [0107] 照明光学系 21 から出射した照明光  $L_{IL3}$  は、標本 32 に照射される。標本 32 に照射された照明光  $L_{IL3}$  は、標本 32 を透過する。標本 32 からは、結像光  $L_{IM1}$  が出射する。
- [0108] 標本 32 を出射した結像光  $L_{IM1}$  は、観察光学系 22 に入射する。結像光  $L_{IM1}$  は対物レンズ 30 に入射して、対物レンズの瞳 31 を通過する。
- [0109] 対物レンズの瞳 31 を通過した結像光  $L_{IM1}$  は、観察光学系 22 から出射する。観察光学系 22 から出射した結像光  $L_{IM1}$  は、検出素子 24 によって受光される。検出素子 24 からの信号は、処理装置 25 に送信される。
- [0110] 処理装置 25 では、例えば、上述の所定の処理ステップ S30 が実行される。これにより、標本の表面における傾き量を測定できる。
- [0111] 所定の照明領域の像の位置の算出方法について説明する。ここでは、重心位置を、所定の照明領域の像の位置とする。また、所定の照明領域を形成する光学部材に、開口部材 29 が用いられているものとする。開口部材 29 の像の重心  $Rg(Xg, Yg)$  は、開口部材 29 の像を  $S(x, y)$  とすると、以下の式から求めることができる。

[数1]

$$Xg = \frac{\iint S(x, y) x dx dy}{\iint S(x, y) dx dy}$$

[数2]

$$Yg = \frac{\iint S(x, y) y dx dy}{\iint S(x, y) dx dy}$$

ここで、

$(x, y)$  が開口部材 29 の像の内側にある時、 $S(x, y) = 1$ 、

$(x, y)$  が開口部材 29 の像の外側にある時、 $S(x, y) = 0$ 、

である。

[0112] 以上、開口部材 29 の像の重心位置を求める方法について説明した。透過部 29b の像の形状が円形である場合は、円の中心を重心としても構わない。

[0113] 標本形状測定装置 20 では、標本 32 の表面の傾斜の有無に関係なく、観察光学系 22 から出射する際、結像光  $L_{IM1}$  は平行光束になっている。そして、標本 32 の表面に傾斜がある場合、結像光  $L_{IM1}$  は、光軸 33 から離れる方向に平行移動する。

[0114] よって、結像光  $L_{IM1}$  が平行光束になっている位置であれば、検出素子 24 はどの位置に配置しても良い。すなわち、検出素子 24 は、観察光学系 22 の瞳位置や、観察光学系 22 の瞳位置と共役な位置に配置しなくても良い。また、結像光  $L_{IM1}$  をレンズで集光し、集光位置に検出素子 24 を配置しても良い。

[0115] 標本形状測定装置 20 では、結像光  $L_{IM1}$  の領域の面積は、対物レンズの瞳 31 の面積よりも小さくなっている。よって、結像光  $L_{IM1}$  が光軸 10 から離れる方向にシフトしても、結像光  $L_{IM1}$  の領域の形状は変化しない。すなわち、標本 32 の表面に傾斜がない場合と傾斜がある場合とで、結像光  $L_{IM1}$  の領域の形状は同じである。そのため、傾き量を正確に測定することができる。また、対物レンズの瞳 31 の内側が結像光  $L_{IM1}$  で満たされた状態にならない。よって、傾き量が測定できない状態を減少させることができる。

[0116] このように、本実施形態の標本形状測定装置は、測定原理の特徴を備えている。よって、本実施形態の標本形状測定装置では、高い精度で標本の表面における傾き量を測定できる。また、後述のように、測定した傾き量を用いることで、高い精度で標本の表面形状を測定できる。

[0117] 本実施形態の標本形状測定装置では、検出素子は、複数の受光面で構成さ

れていることが好ましい。

[0118] このようにすることで、所定の照明領域の位置を算出することができる。  
検出素子 24 としては、CCD イメージセンサや CMOS イメージセンサがある。

[0119] 本実施形態の標本形状測定装置では、検出素子は、単一の受光面と複数の出力端子とで構成されていることが好ましい。

[0120] このようにすることで、所定の照明領域の位置を算出することができる。  
検出素子 24 としては、PDS（半導体位置検出素子）がある。

[0121] 本実施形態の標本形状測定方法では、受光は、観察光学系の瞳位置で行われることが好ましい。

[0122] 本実施形態の標本形状測定装置では、検出素子は、観察光学系の瞳位置に配置されていることが好ましい。

[0123] 図 10 は、本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。図 9 と同じ構成については同じ番号を付し、説明は省略する。

[0124] 標本形状測定装置 40 は、検出素子 41 を有する。検出素子 41 は、対物レンズの瞳 31 の位置に配置されている。対物レンズの瞳 31 は、観察光学系 22 の瞳でもある。よって、標本形状測定装置 40 では、検出素子 41 は、観察光学系 22 の瞳位置に配置されていることになる。これにより、観察光学系の瞳位置で、結像光  $L_{IM1}$  を受光することができる。

[0125] 本実施形態の標本形状測定方法では、受光は、観察光学系の瞳と共役な位置で行われることが好ましい。

[0126] 本実施形態の標本形状測定装置では、検出素子は、観察光学系の瞳と共役な位置に配置されていることが好ましい。

[0127] 図 11 は、本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。図 9 と同じ構成については同じ番号を付し、説明は省略する。

[0128] 標本形状測定装置 50 は、リレー光学系 51 を有する。リレー光学系 51 は、レンズ 52 とレンズ 53 とを有する。レンズ 52 とレンズ 53 とによって、レンズ 52 と処理装置 25 との間に、対物レンズの瞳 31 の像が形成さ

れる。検出素子 24 は、対物レンズの瞳 31 の像位置に配置されている。

[0129] 対物レンズの瞳 31 の像は、観察光学系 22 の瞳の像でもある。よって、標本形状測定装置 50 では、検出素子 24 は、観察光学系 22 の瞳と共役な位置に配置されていることになる。これにより、観察光学系の瞳と共役な位置で、結像光  $L_{IM1}$  を受光することができる。

[0130] 本実施形態の標本形状測定方法では、光軸と直交する面内で、照明光と標本とを相対的に移動させるステップを有することが好ましい。

[0131] 本実施形態の標本形状測定装置は、光軸と直交する面内で、照明光と保持部材とを相対的に移動させる走査機構を有することが好ましい。

[0132] このようにすることで、標本の複数の位置における傾き量を算出することができる。

[0133] 図 12 は、本実施形態の標本形状測定方法のフローチャートである。図 7 のフローチャートと同じステップについては同じ番号を付し、説明は省略する。本実施形態の標本形状測定方法は、照明光を準備するステップ S10 の前と、傾き量を算出するステップ S34 の後に、照明光と標本とを相対的に移動させるステップ S50 を有する。

[0134] 本実施形態の標本形状測定方法では、ステップ S10 の前に、ステップ S51 とステップ S52 を実行する。ステップ S51 は、総移動回数  $N$  を設定するステップである。総移動回数  $N$  は、傾き量の測定を行う場所の数である。ステップ S52 は、移動回数を初期化するステップである。ここでは、変数  $n$  を使って、移動回数をカウントする。ステップ S52 では、変数  $n$  の値として 1 が設定される。

[0135] ステップ S52 が終わると、ステップ S30 が実行される。これにより、第 1 回目の測定が終了する。ステップ S30 が終わると、ステップ S53 が実行される。

[0136] ステップ S53 は、移動の終了を確認するステップである。変数  $n$  の値が総移動回数  $N$  と一致しない場合、ステップ S53 では、予定していた移動が全て終了していないと判断する。この場合、ステップ S54 とステップ S5

5 が実行される。

[0137] ステップ S 5 4 は、照明光と標本とを相対的に移動させるステップである。ステップ S 5 4 を実行することで、新たな場所での測定が可能になる。新たな場所は、第 1 回目の測定を行った場所とは異なる場所である。

[0138] ステップ S 5 4 が終ると、ステップ S 5 5 が実行される。ステップ S 5 5 では、移動回数のカウントが行われる。ここでは、変数  $n$  の値に 1 が加えられる。ステップ S 5 5 が終ると、再びステップ S 3 0 が実行される。

[0139] ステップ S 3 0 が実行されるたびに変数  $n$  の値が増加し、最終的には、変数  $n$  の値が総移動回数  $N$  と一致する。この場合、ステップ S 5 3 では、予定していた移動が全て終了したと判断する。これにより、照明光と標本との相対的な移動が終了する。

[0140] このように、本実施形態の標本形状測定方法では、光軸と直交する面内で、照明光と標本とを相対的に移動させている。その結果、標本の複数の位置における傾き量を算出することができる。

[0141] 図 1 2 に示すフローチャートでは、ステップ S 3 0 の実行後に、ステップ S 5 3 が実行される。しかしながら、ステップ S 3 2 の実行後に、ステップ S 5 3 を実行しても良い、

[0142] この場合、傾き量の測定を行う全ての場所について、所定の照明領域の像の位置が算出されることになる。そこで、算出された所定の照明領域の像の位置を、全て記憶しておく。そして、照明光と標本との相対的な移動が全て終了した後で、傾き量の測定を行う全ての場所について、傾き量を算出すれば良い。

[0143] 本実施形態の標本形状測定方法では、照明光と標本との相対的な移動は、標本の移動によって行われることが好ましい。

[0144] 本実施形態の標本形状測定装置では、走査機構は、保持部材を移動させる駆動装置を有することが好ましい。

[0145] 図 1 3 は、本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。図 9 と同じ構成については同じ番号を付し、説明は省略する。

[0146] 標本形状測定装置60は、走査機構61を有する。走査機構61は、第1のステージ61a、第2のステージ61b及びベース61cで構成されている。第2のステージ61bは、ベース61c上に位置する。ベース61cには、第2のステージ61bを移動させる機構が設けられている。第1のステージ61aは、第2のステージ61b上に位置する。第2のステージ61bには、第1のステージ61aを移動させる機構が設けられている。

[0147] 第1のステージ61aと第2のステージ61bは、互いに直交する方向に移動する。例えば、第1のステージ61aは紙面内の左右方向に移動し、第2のステージ61bは紙面と直交する方向に移動する。このようにすることで、照明光と標本との相対的な移動を、標本の移動によって行うことができる。

[0148] 標本形状測定装置40では、照明光 $L_{IL3}$ は、常に、光軸10上に集光している。そこで、第1のステージ61aに標本32を載置して、第1のステージ61aと第2のステージ61bを移動させる。このようにすると、標本32の表面の様々な場所が、照明光 $L_{IL3}$ の集光点を横切っていく。その結果、標本32の複数の位置における傾き量を算出することができる。

[0149] 第1のステージ61aの移動や第2のステージ61bの移動は手動で行えるが、電動で行った方が良い。各ステージの移動を電動で行うことで、各ステージの移動や位置決めを、高速且つ正確に行なうことができる。このようなことから、標本形状測定装置60では、第1の駆動素子62と第2の駆動素子63とが、走査機構61に設けられている。第1の駆動素子62と第2の駆動素子63としては、例えば、ステッピングモータがある。

[0150] 第1の駆動素子62は、第2のステージ61bに設けられている。第1の駆動素子62によって、第1のステージ61aを移動させることができる。第2の駆動素子63は、ベース61cに設けられている。第2の駆動素子63によって、第2のステージ61bを移動させることができる。

[0151] 標本形状測定装置60でも、標本32の表面の傾斜の有無に関係なく、観察光学系22から出射する際、結像光 $L_{IM1}$ は平行光束になっている。そして、

標本 3 2 の表面に傾斜がある場合、結像光  $L_{IM1}$  は、光軸 3 3 から離れる方向に平行移動する。

[0152] よって、結像光  $L_{IM1}$  が平行光束になっている位置であれば、検出素子 2 4 はどの位置に配置しても良い。すなわち、検出素子 2 4 は、観察光学系 2 2 の瞳位置や、観察光学系 2 2 の瞳位置と共役な位置に配置しなくても良い。また、結像光  $L_{IM1}$  をレンズで集光し、集光位置に検出素子 2 4 を配置しても良い。

[0153] 本実施形態の標本形状測定方法では、照明光と標本との相対的な移動は、照明光の移動によって行われることが好ましい。

[0154] 本実施形態の標本形状測定装置では、走査機構は、照明光を移動させる駆動装置を有することが好ましい。

[0155] 図 1 4 は、本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。図 1 1 と同じ構成については同じ番号を付し、説明は省略する。

[0156] 標本形状測定装置 7 0 は、走査機構 7 1 を有する。走査機構 7 1 は、第 1 の光偏向素子と第 2 の光偏向素子とで構成されている。第 1 の光偏向素子や第 2 の光偏向素子としては、例えば、ガルバノスキャナ、ポリゴンミラー及び音響光学偏向素子 (AOD) がある。

[0157] 標本形状測定装置 7 0 では、第 1 の光偏向素子と第 2 の光偏向素子の各々に、ガルバノスキャナが用いられている。図 1 4 では、第 1 のガルバノスキャナのミラー (以下、「第 1 のミラー 7 1 a」という) と、第 2 のガルバノスキャナのミラー (以下、「第 1 のミラー 7 1 b」という) と、が図示されている。

[0158] 光源 2 6 から出射した照明光  $L_{IL1}$  は、第 1 のミラー 7 1 a に入射する。照明光  $L_{IL1}$  は、第 1 のミラー 7 1 a で反射される。続いて、照明光  $L_{IL1}$  は、第 2 のミラー 7 1 b に入射する。照明光  $L_{IL1}$  は、第 2 のミラー 7 1 b で反射される。

[0159] 第 1 の光偏向素子では、第 1 のミラー 7 1 a の向きを変えることで、照明光  $L_{IL1}$  の偏向が行われる。第 2 の光偏向素子では、第 2 のミラー 7 1 b の向きを変えることで、照明光  $L_{IL1}$  の偏向が行われる。

- [0160] 第1の光偏向素子は、回転軸が紙面と平行となるように配置されている。第2の光偏向素子は、回転軸が紙面と垂直となるように配置されている。よって、第1のミラー71aの向きと第2のミラー71bの向きを変えることで、照明光 $L_{IL1}$ は、直交する2つの方向に偏向される。このようにすることで、照明光と標本との相対的な移動を、照明光の移動によって行うことができる。
- [0161] 第2の光偏向素子から出射した照明光 $L_{IL1}$ は、リレー光学系72に入射する。リレー光学系72は、アフォーカル光学系である。リレー光学系72は、レンズ72aとレンズ72bとで構成されている。リレー光学系72から出射した照明光 $L_{IL1}$ は、ミラー73で反射された後、コンデンサ27に入射する。
- [0162] 第1のミラー71aと第2のミラー71bとは近接して配置されている。そのため、第1のミラー71aと第2のミラー71bとの中間位置（以下、「中間位置M」という）で、照明光 $L_{IL1}$ の偏向が行われているとみなすことができる。
- [0163] 中間位置Mは、リレー光学系72によって、照明光学系21の瞳の位置と共役になっている。具体的には、透過部29bの位置が中間位置Mと共役になっている。よって、照明光 $L_{IL1}$ の偏向は、透過部29bの位置で行なわれていると見なすことができる。図14では、偏向された照明光 $L_{IL1}$ が点線で示されている。
- [0164] 標本形状測定装置70では、標本32'の位置は固定されている。そこで、第1のミラー71aの向きと第2のミラー71bの向きを、変化させる。このようにすることで、標本32'の表面の様々な場所を、照明光 $L_{IL3}$ の集光点が横切っていく。その結果、標本32'の複数の位置における傾き量を算出することができる。
- [0165] 標本形状測定装置70では、光軸33上や、光軸33から離れた位置（以下、「軸外位置」という）に、照明光 $L_{IL3}$ が照射される。
- [0166] 照明光 $L_{IL3}$ が光軸33上に照射された場合、実線で示すように、光軸33上

から結像光 $L_{IM1}$ が出射する。この結像光 $L_{IM1}$ は、標本32の表面に傾斜が無い場合、光軸33と交差しない。そのため、対物レンズ30よりも検出素子24側では、光軸33上のどの位置でも、結像光 $L_{IM1}$ の中心は対物レンズ30の光軸33と一致している。

[0167] 一方、照明光 $L_{IL3}$ が軸外位置に照射された場合、破線で示すように、軸外位置から結像光 $L_{IM1}$ が出射する。この結像光 $L_{IM1}$ は、標本32の表面に傾斜が無い場合であっても、光軸33と交差する。そのため、対物レンズ30よりも検出素子24側では、光軸33上の位置によっては、結像光 $L_{IM1}$ の中心が光軸33と一致しない。このような位置に検出素子24を配置すると、算出した傾き量は誤ったものになる。

[0168] このようなことから、標本形状測定装置70では、検出素子24は、観察光学系22の瞳位置、又は、観察光学系22の瞳位置と共役な位置に配置することが好ましい。瞳位置又は瞳位置と共役な位置では、標本32の表面に傾斜が無い場合であっても、軸外位置から出射した結像光 $L_{IM1}$ の中心と光軸33とが一致する。よって、正確な傾き量を算出することができる。

[0169] 本実施形態の標本形状測定方法は、相対的に移動するステップで取得した複数の傾き量から、標本の形状を計算し、計算した形状から標本の形状を画像化するステップを有することが好ましい。

[0170] 本実施形態の標本形状測定装置では、処理装置は、相対的な移動によって取得した複数の傾き量から、標本の形状を計算し、計算した形状から標本の形状を画像化する画像化回路を有することが好ましい。

[0171] 本実施形態の標本形状測定方法について説明する。図15は、本実施形態の標本形状測定方法のフローチャートである。図7のフローチャートと同じステップについては同じ番号を付し、説明は省略する。本実施形態の標本形状測定方法は、標本の形状を画像化するステップS60を有する。

[0172] 本実施形態の標本形状測定方法では、ステップS34が終わると、ステップS60が実行される。ステップS60では、傾き量から標本の形状を計算し、計算した形状から標本の形状を画像化する。このようにすることで、標

本の形状を視覚的に把握することができる。ステップS 3 0がステップS 6 0を含んでいても良い。

[0173] 本実施形態の標本形状測定方法と本実施形態の標本形状測定装置では、予め求めておいた対応関係に基づいて傾き量を算出することが好ましい。

[0174] 上述のように、本実施形態の標本形状測定方法や本実施形態の標本形状測定装置では、所定の照明領域の像の位置に基づいて、傾き量を算出している。そこで、所定の照明領域の像の位置と傾き量との対応関係を、予め求めておく。このようにしておく、対応関係に基づいて、所定の照明領域の像の位置から、傾き量を迅速に算出することができる。

[0175] 本実施形態の標本形状測定方法では、対応関係は、所定の照明領域の像の位置と傾き量とをパラメータとするルックアップテーブルで表わされていることが好ましい。

[0176] 本実施形態の標本形状測定装置では、処理装置は、所定の照明領域の像の位置と傾き量とをパラメータとするルックアップテーブルを有し、ルックアップテーブルを用いて傾き量を算出することが好ましい。

[0177] ステップS 3 3では、所定の照明領域の像の位置と基準の位置との差が算出される。そこで、算出された値と一致する値を、ルックアップテーブルの中から探す。算出された値と一致した値があれば、その値に対応する傾斜角を、ルックアップテーブルから求める。これにより、標本の表面における傾き量を迅速に求めることができる。

[0178] 一方、算出された値と一致する値が、ルックアップテーブルの中に存在しない場合もある。この場合、算出された値に対して最も近い2つの値を、ルックアップテーブルの中から抽出する。そして、抽出した2つの値を用いて、傾斜角を求めればよい。これにより、標本の表面における傾き量を求めることができる。

[0179] 本実施形態の標本形状測定方法と本実施形態の標本形状測定装置では、標本が存在していない状態での所定の照明領域の像の大きさと、標本が存在している状態での所定の照明領域の像の大きさと、の比から補正係数を求め、

補正係数を用いて、ルックアップテーブルのデータを補正することが好ましい。

[0180] 観察光学系の瞳位置と照明光学系の瞳の瞳位置とは、共役になっている。

よって、観察光学系側の瞳位置には、照明光学系の瞳が投影される。例えば、図9に示す標本形状測定装置20では、コンデンサレンズ28の瞳位置に、開口部材29が配置されている。よって、透過部29bが、対物レンズの瞳31の位置に投影される。

[0181] 標本32が保持部材23上に載置されていない場合、透過部29bは、コンデンサレンズ28と対物レンズ30とによって投影される。このときの瞳投影倍率を $\beta_p$ とする。

[0182] 標本32は、その形状によっては、レンズとして作用する。レンズ作用を持つ標本32（以下、「標本 $S_L$ 」という）が保持部材23上に載置された場合について、説明する。

[0183] 標本 $S_L$ を保持部材23上に載置したとき、標本 $S_L$ の主点（レンズの主点）が照明光 $L_{IL3}$ の集光位置と一致していたとする。この場合、標本 $S_L$ はレンズとして作用しない。そのため、透過部29bは、コンデンサレンズ28と対物レンズ30とによって投影される。よって、このときの瞳投影倍率は $\beta_p$ になる。

[0184] しかしながら、標本 $S_L$ の主点を把握することは困難である。そのため、標本 $S_L$ を保持部材23上に載置したときに、標本 $S_L$ の主点と照明光 $L_{IL3}$ の集光位置とが一致しない状態が生じる。この場合、標本 $S_L$ はレンズとして作用するので、透過部29bは、コンデンサレンズ28、標本 $S_L$ 及び対物レンズ30によって投影される。このときの瞳投影倍率を $\beta'_p$ とする。

[0185]  $\beta'_p$ の値と $\beta_p$ の値とは異なる。瞳投影倍率が異なると、結像光 $L_{IM1}$ の領域の大きさが異なる。標本 $S_L$ の表面に傾斜がない場合は、結像光 $L_{IM1}$ の領域の大きさが異なっても、結像光 $L_{IM1}$ の中心は光軸33と一致する。すなわち、標本 $S_L$ の表面に傾斜がない場合は、瞳投影倍率が異なっても、所定の照明領域の像の位置は変わらない。

- [0186] 一方、標本 $S_L$ の表面に傾斜がある場合は、結像光 $L_{IM1}$ の領域の大きさが異なるため、結像光 $L_{IM1}$ の中心も異なってくる。すなわち、ずれ量 $\Delta$ が異なってくる。そのため、標本 $S_L$ の表面に傾斜がある場合は、瞳投影倍率が異なると、所定の照明領域の像の位置は変わってしまう。
- [0187] 例えば、ルックアップテーブルのデータが、瞳投影倍率 $\beta_p$ でのデータであるとする。この場合のデータは、標本 $S_L$ が存在していない状態で作成されたデータになる。このルックアップテーブルを用いて、標本 $S_L$ を測定すると、所定の照明領域の像の位置の算出は瞳投影倍率 $\beta'_p$ で行われるにもかかわらず、瞳投影倍率 $\beta_p$ でのデータを用いて傾き量の算出が行われることになる。そのため、算出した傾き量は誤ったものになる。
- [0188] そこで、標本 $S_L$ が存在していない状態での所定の照明領域の像（以下、「領域像A」という）の大きさと、標本 $S_L$ が存在している状態での所定の照明領域の像（以下、「領域像B」という）の大きさを求める。そして、領域像Aの大きさと領域像Bの大きさの比から補正係数を求め、補正係数を用いて、ルックアップテーブルのデータを補正する。このようにすることで、標本 $S_L$ における照明光 $L_{IL3}$ の集光位置を気にすることなく、正確な傾き量を算出することができる。
- [0189] 本実施形態の標本形状測定方法では、対応関係は、所定の照明領域の像の位置と傾き量とをパラメータとする式で表わされていることが好ましい。
- [0190] 本実施形態の標本形状測定装置では、処理装置は、所定の照明領域の像の位置と傾き量とをパラメータとする式を有することが好ましい。
- [0191] 測定原理で説明したように、ずれ量 $\Delta$ は、傾き量に応じて変化する。よって、傾き量は、ずれ量 $\Delta$ をパラメータとする式で表すことができる。ずれ量 $\Delta$ は、光軸に対する結像光の中心位置のずれ量である。そして、結像光の中心位置は、所定の照明領域の像の位置を表している。よって、傾き量は、所定の照明領域の像の位置をパラメータとする式（以下、「関係式」という）で表すことができる。
- [0192] 関係式は、理論的に、又は実験的に求めることができる。そこで、予め関

係式を求めておく。そして、測定では、所定の照明領域の像の位置に対応する傾斜角を関係式から求める。これにより、標本の表面における傾き量を迅速に求めることができる。

[0193] 本実施形態の標本形状測定方法と本実施形態の標本形状測定装置では、標本が存在していない状態での所定の照明領域の像の大きさと、標本が存在している状態での所定の照明領域の像の大きさと、の比から補正係数を求め、補正係数を用いて、所定の照明領域の像の位置と傾き量とをパラメータとする式を補正することが好ましい。

[0194] 補正係数を求めることについての技術的意義は既に説明したので、説明は省略する。

[0195] 本実施形態の標本形状測定方法では、標本が存在している状態での所定の照明領域の像の大きさが、標本が存在していない状態での所定の照明領域の像の大きさと一致するように、光軸に沿って標本の位置を調整することが好ましい。

[0196] 本実施形態の標本形状測定装置では、標本が存在している状態での所定の照明領域の像の大きさが、標本が存在していない状態での所定の照明領域の像の大きさと一致するように、光軸に沿って保持部材の位置を調整することが好ましい。

[0197] 上述のように、標本 $S_L$ を保持部材23上に載置したときに、標本 $S_L$ の主点が照明光 $L_{IL3}$ の集光位置と一致しない状態が生じる。そのため、補正係数を利用しないと、場合によっては、算出した傾き量は誤ったものになる。

[0198] 正確な傾き量を算出するためには、標本 $S_L$ の主点を照明光 $L_{IL3}$ の集光位置に一致させれば良い。このようにすると、標本 $S_L$ はレンズとして作用しなくなる。すなわち、標本 $S_L$ が存在していない状態になる。

[0199] 領域像Aの大きさは、予め求めておくことができる。そこで領域像Bの大きさと、領域像Aの大きさと、を比較する。そして、領域像Bの大きさが領域像Aの大きさと一致するまで、標本32を光軸に沿って移動させる。標本 $S_L$ の移動は、保持部材23を移動させれば良い。

- [0200] 領域像Bの大きさが領域像Aの大きさと一致したところで、標本 $S_L$ の移動を止める。このようにすることで、標本 $S_L$ の主点を照明光 $L_{IL3}$ の集光位置に一致させることができる。この状態だと、標本 $S_L$ を測定しても、所定の照明領域の像の位置の算出は瞳投影倍率 $\beta_p$ で行われる。
- [0201] よって、ルックアップテーブルのデータが、標本 $S_L$ が存在していない状態で作成されたデータの場合であっても、このデータを補正することなく用いることができる。関係式が、標本 $S_L$ が存在していない状態で作成された式の場合であっても、この関係式を補正することなく用いることができる。
- [0202] 本実施形態の標本形状測定方法と本実施形態の標本形状測定装置では、所定の照明領域の境界は、凸部又は凹部を有し、凸部又は凹部は、90度以下の角度で交わる2つの直線で形成された境界を有していることが好ましい。
- [0203] 上述のように、領域像Bの大きさが領域像Aの大きさと一致するまで、標本32を光軸に沿って移動させることで、標本 $S_L$ の主点を照明光 $L_{IL3}$ の集光位置に一致させることができる。
- [0204] そこで、所定の照明領域の境界に凸部又は凹部を設け、凸部又は凹部が90度以下の角度で交わる2つの直線で形成された境界を有するようにする。このようにすることで、領域像Bの大きさと領域像Aの大きさとの比較が容易にできる。
- [0205] 図9に示す標本形状測定装置20では、透過部29bによって、所定の照明領域が形成されている。所定の照明領域の境界は、遮光部29aと透過部29bとの境界である。よって、凸部又は凹部は、開口部材29に設ければ良い。
- [0206] 本実施形態の標本形状測定方法と本実施形態の標本形状測定装置は、以下の条件式(1)を満足することが好ましい。

$$0 < \sigma < 0.9 \quad (1)$$

ただし、

$\sigma = NA_{ill} / NA_{ob}$ で表わされ、

$NA_{ill}$ は、所定の領域を通過した照明光の開口数、

$NA_{ob}$ は、観察光学系の標本側の開口数、である。

- [0207] 図16Aと図16Bは、標本を通過する照明光の様子を示す図である。図16Aでは、照明光 $L_{IL3}$ が、標本80の表面の中央を通過している。そして、標本80の表面と照明光 $L_{IL3}$ の集光位置は、合焦位置FPに一致している。この場合、光線 $L_{L1}$ 、光線 $L_{L2}$ 及び光線 $L_{L3}$ は、標本80の表面の同一点を通過している。
- [0208] 光軸と直交する面内で、照明光 $L_{IL3}$ と標本80を相対的に移動させると、図16Bに示すように、標本80を通過する照明光 $L_{IL3}$ の位置が変化する。図16Bでは、照明光 $L_{IL3}$ が、標本80の表面の周辺部を通過している。この場合、照明光 $L_{IL3}$ が通過する位置では、標本80の表面は合焦位置FPと一致しなくなる。そのため、光線 $L_{L1}$ 、光線 $L_{L2}$ 及び光線 $L_{L3}$ は、標本80の表面の同一点を通過しなくなる。
- [0209] 条件式(1)の上限値を上回ると、所定の領域を通過した照明光の開口数が大きくなりすぎる。この場合、合焦位置からずれている標本面では、光線 $L_{L1}$ 、光線 $L_{L2}$ 及び光線 $L_{L3}$ の各々で、標本を通過する位置が異なる。
- [0210] 光線 $L_{L1}$ の通過位置、光線 $L_{L2}$ の通過位置及び光線 $L_{L3}$ の通過位置の各々で、標本の表面の傾斜角が異なると、各位置での屈折角が異なる。この場合、所定の照明領域の像の形状に変形が生じる。その結果、所定の照明領域の像の位置を、正確に算出することができない。そのため、測定精度が低下する。
- [0211] 光線 $L_{L2}$ の通過位置に対する光線 $L_{L1}$ の通過位置のずれや、光線 $L_{L2}$ の通過位置に対する光線 $L_{L3}$ の通過位置のずれ（以下、「通過位置のずれ」という）は、所定の領域を通過した照明光の開口数が大きくなるほど、大きくなる。また、通過位置のずれは、標本面の合焦位置からのずれが大きくなるほど、大きくなる。
- [0212] 条件式(1)の下限値を下回ると、照明光学系の標本側の開口数が小さくなり、照明光の光量不足が発生する。また、標本や光路内にゴミが存在すると、ゴミの影響を受けるため、測定精度が低下する。

[0213] 条件式(1)に代えて、以下の条件式(1')を満足することが好ましい。

$$0.02 < \sigma < 0.7 \quad (1')$$

条件式(1)に代えて、以下の条件式(1'')を満足することがより好ましい。

$$0.05 < \sigma < 0.5 \quad (1'')$$

[0214] 本実施形態の標本形状測定方法と本実施形態の標本形状測定装置では、所定の照明領域の形状と所定の照明領域の面積の少なくとも一方が可変であることが好ましい。

[0215] 上述のように、所定の領域を通過した照明光の開口数が大きくなると、合焦位置からずれている標本面では、通過位置のずれが照明光の各光線で大きくなる。そこで、所定の照明領域の形状と所定の照明領域の面積の少なくとも一方を変えるようにする。このようにすることで、所定の領域を通過した照明光の開口数を小さくすることができる。その結果、合焦位置からずれている標本面においても、通過位置の位置ずれを小さくすることができる。

[0216] 図9に示す標本形状測定装置20では、透過部29bによって、所定の照明領域が形成されている。よって、透過部29bにおいて、形状と面積の少なくとも一方が変えられるようにすれば良い。

[0217] 本実施形態の標本形状測定方法と本実施形態の標本形状測定装置では、所定の照明領域の形状は、光軸に対して軸対称であることが好ましい。

[0218] 所定の照明領域の形状を光軸に対して軸対称にすると、所定の照明領域の像が円形になる。そのため、所定の照明領域の像の位置を容易に算出することができる。

[0219] 図9に示す標本形状測定装置20では、透過部29bによって、所定の照明領域が形成されている。よって、透過部29bの形状を、光軸33に対して軸対称にすれば良い。

[0220] 本実施形態の標本形状測定方法と本実施形態の標本形状測定装置では、照明光の光量分布は、光軸に対して軸対称であることが好ましい。

- [0221] このようにすることで、照明光のムラを考慮しなくても良くなる。そのため、所定の照明領域の像の位置を容易に算出することができる。光量分布は、光軸と直交する面内における光強度の分布を意味する。
- [0222] 本実施形態の標本形状測定方法と本実施形態の標本形状測定装置では、照明光の光量分布は、光軸から離れるにしたがって光量が少なくなることが好ましい。
- [0223] このようにすることで、標本面に照射される照明光の範囲を狭くすることができる。その結果、合焦位置からずれている標本面において、通過位置のずれを小さくすることができる。光量分布は、光軸と直交する面内における光強度の分布を意味する。
- [0224] 本実施形態の標本形状測定方法と本実施形態の標本形状測定装置では、照明光は単色光、又は白色光の波長域よりも狭い波長域の光であることが好ましい。
- [0225] このようにすることで、照明光の波長域を狭くできる。そのため、照明光学系の瞳の像において色収差の発生を抑制できる。この場合、所定の照明領域の像のコントラストを、良くすることができる。その結果、所定の照明領域の像の位置の算出精度が向上するので、正確な傾き量を求めることができる。
- [0226] また、照明光の波長を変えることで、標本の波長特性情報が得られる。
- [0227] 図9に示す標本形状測定装置20では、光源26として、単色光を発生する光源を用いれば良い。あるいは、光源26として、単色光を発生する光源を用いても良い。この場合、光源26から保持部材23までの間に、光学フィルタを配置する。そして、光学フィルタの分光透過率特性を、白色光の波長域よりも狭い波長域の光を透過するようにしておけば良い。
- [0228] 本実施形態の標本形状測定方法と本実施形態の標本形状測定装置では、観察光学系の焦点深度内からの光のみを受光することが好ましい。
- [0229] 図17は、本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。図11と同じ構成については同じ番号を付し、説明は省略する。図17では、標本

の表面に傾斜がない場合の結像光 $L_{IM1}$ が実線で示され、標本の表面に傾斜がある場合の結像光 $L_{IM1}$ が点線で示されている。

[0230] 標本32から出射した結像光 $L_{IM1}$ は対物レンズ30を通過し、レンズ52で集光される。この集光位置IPは、観察光学系22の焦点位置と共役になっている。標本32が観察光学系22の焦点位置に配置されている場合、集光位置IPに標本32の像が形成される。よって、標本32の表面に傾斜がない場合の結像光 $L_{IM1}$ と傾斜がある場合の結像光 $L_{IM1}$ は、共に、集光位置IPに集光する。

[0231] 標本32が透過標本の場合、標本32の内部からも結像光が出射する。観察光学系22の焦点深度以外の位置から出射した結像光は、標本32の表面の傾斜に関係しない結像光（以下、「ノイズ光」という）である。ノイズ光を、標本32の表面からの結像光 $L_{IM1}$ と一緒に受光すると、正確な傾き量を算出することが困難になる。

[0232] そこで、観察光学系の焦点深度内からの光のみが、受光されるようにする。そのため、標本形状測定装置90では、絞り91が集光位置IPに配置されている。

[0233] ノイズ光は、観察光学系22の焦点深度以外の位置から出射する。そのため、集光位置IPの前後で集光する。すなわち、集光位置IPでは、ノイズ光はある程度広がっている。一方、標本32の表面からの結像光 $L_{IM1}$ は、焦点深度内の位置から出射する。結像光 $L_{IM1}$ は、集光位置IPで集光するので、ほとんど広がっていない。そこで、絞り91の開口部の大きさを、標本32の表面からの結像光 $L_{IM1}$ が通過する程度の大きさにする。

[0234] このようにすることで、ノイズ光を除去することができる。そのため、正確な傾き量を算出することができる。その結果、測定精度を向上させることができる。

[0235] 図14に示すように、照明光 $L_{IL1}$ を移動させる構成では、集光位置IPで結像光 $L_{IM1}$ が移動する。よって、絞り91を集光位置IPに配置する場合は、図13に示すように、標本32を移動させる構成を用いるほうが良い。

[0236] 本実施形態の標本形状測定方法と本実施形態の標本形状測定装置では、観察光学系の倍率が可変であることが好ましい。

[0237] このようにすることで、検出感度や検出範囲を変えることができる。例えば、図 1 1 に示す標本形状測定装置 5 0 では、検出感度を高くしたい場合、リレー光学系 5 1 の倍率を大きくすれば良い。また、検出範囲を広げたい場合は、リレー光学系 5 1 の倍率を小さくすれば良い。検出感度は、検出可能な最小傾き量を表し、検出範囲は、検出可能な最大傾き量を表している。

[0238] リレー光学系 5 1 の倍率を変更する場合、レンズ 5 2 とレンズ 5 3 の少なくとも一方を交換すれば良い。レンズ 5 2 やレンズ 5 3 を交換すると、焦点位置が変化する。よって、光軸方向の位置を調整する必要がある。リレー光学系 5 1 を、アフォーカルズームにしても良い。

[0239] 対物レンズ 3 0 を、倍率が異なる別の対物レンズに交換することで、検出感度や検出範囲を変えることができる。

[0240] 本実施形態の標本形状測定方法と本実施形態の標本形状測定装置では、観察光学系から出射した光のうち、周辺部の光の光量を求めることが好ましい。

[0241] 図 1 8 A は、本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。図 1 8 B は、結像光の様子を示す図である。

[0242] 標本 3 2 の表面に凹凸が無い場合、結像光  $L_{IM1}$  には回折光や散乱光は含まれない。しかしながら、例えば、標本 3 2 の表面に規則的な凹凸がある場合、標本 3 2 から回折光  $L_{DEF}$  が出射する。この場合、結像光  $L_{IM1}$  には、非回折光  $L_{NON}$  と回折光  $L_{DEF}$  とが含まれる。また、回折光  $L_{DEF}$  は、非回折光  $L_{NON}$  の周りに分布している。

[0243] 非回折光  $L_{NON}$  の領域の大きさは、所定の照明領域の像の大きさである。所定の照明領域の像の内側が非回折光  $L_{NON}$  の領域、外側が回折光  $L_{DEF}$  の領域になる。所定の照明領域の像の大きさは、予め計算によって求めることができる。よって、非回折光  $L_{NON}$  と回折光  $L_{DEF}$  とを、別々に検出することができる。

[0244] 所定の照明領域は、透過部 2 9 b によって形成されている。検出素子 2 4

の位置における透過部 29b の像の範囲は、透過部 29b の範囲と光学系の瞳投影倍率から求まる。瞳投影倍率は、以下の式で求めることができる。

[数3]

$$\text{瞳投影倍率} = \frac{\text{対物レンズの焦点距離}}{\text{コンデンサレンズの焦点距離}}$$

[0245] 対物レンズ 30 とは別に、観察光学系 22 にレンズが配置されている場合がある。このような場合、瞳投影倍率は、以下の式で求めることができる。ここでは、観察光学系 22 に結像レンズと瞳投影レンズが配置されているものとする。この場合、瞳投影倍率は、以下の式で求めることができる。

[数4]

$$\text{瞳投影倍率} = \frac{\text{対物レンズの焦点距離} \times \text{瞳投影レンズの焦点距離}}{\text{コンデンサレンズの焦点距離} \times \text{結像レンズの焦点距離}}$$

[0246] 透過部 29b の像の範囲は、所定の照明領域の像をあらわしている。そこで、例えば、CCD イメージセンサや CMOS イメージセンサを、検出素子 24 として用いる。そして、検出素子 24 から読み出した各画素の情報のうち、所定の照明領域の像の外側に対応する画素の情報を抽出する。このようにすることで、回折光  $L_{\text{DEF}}$  の領域に関する情報を取得することができる。取得した情報からは、標本 32 の表面の凹凸に関する光学特性、例えば、粗さ情報を含んだ光学情報を得ることができる。

[0247] 所定の照明領域の像の内側に対応する画素の情報は、非回折光  $L_{\text{NON}}$  の領域の情報を有している。非回折光  $L_{\text{NON}}$  の領域に関する情報は、傾き量に関する情報に対応している。よって、非回折光  $L_{\text{NON}}$  の領域に関する情報のみを抽出することで、傾き量を正確に測定することができる。

[0248] 非回折光  $L_{\text{NON}}$  の光強度は、回折光  $L_{\text{DEF}}$  の光強度に比べて大きい。そこで、光強度に関して閾値を設定し、閾値より大きい光強度を受光した画素の情報のみを抽出する。このようにすることで、非回折光  $L_{\text{NON}}$  の領域に関する情報のみを抽出することができる。

- [0249] また、回折効率は入射光の偏光方向によって異なる。そこで、観察光学系 22 の光路に偏光素子を配置することで、回折光  $L_{DEF}$  の領域に関する偏光情報を抽出することができる。
- [0250] 散乱光については、図 17 に示すように、絞り 91 を集光位置 IP に配置することで除去することができる。散乱光を除去することで、傾き量を正確に測定することができる。
- [0251] 本実施形態の標本形状測定方法は、光軸に沿って、観察光学系と標本とを相対的に移動させるステップを備えることが好ましい。
- [0252] 本実施形態の標本形状測定装置は、光軸に沿って、観察光学系と保持部材とを相対的に移動させる駆動機構を備えることが好ましい。
- [0253] 本実施形態の標本形状測定方法について説明する。図 19 は、本実施形態の標本形状測定方法のフローチャートである。図 7 のフローチャートと同じステップについては同じ番号を付し、説明は省略する。本実施形態の標本形状測定方法は、観察光学系と標本とを相対移動させるステップ S70 を有する。
- [0254] 基本測定方法では、所定の照明領域の像の位置に基づいて、標本の表面における傾き量を算出している。所定の照明領域の像の位置は、標本の表面における傾き量によって変化するが、標本が観察光学系の焦点からずれることでも変化する。標本が観察光学系の焦点位置から大きくずれた状態では、標本の表面における傾き量を正確に求めることはできない。更に、この状態では、光軸と直交する面における空間分解能が低下する。
- [0255] このように、本実施形態の標本形状測定方法では、光軸に沿う方向に関して、標本の表面における傾き量を正確に求めることができる範囲が制限される。この範囲は、例えば、 $\lambda / NA_{ob}^2$  で表される。そのため、標本の高さがこの範囲を超える場合、1 回の測定では、標本の形状を測定することができない。このようなことから、本実施形態の標本形状測定方法では、観察光学系と標本とを相対的に移動させるステップ S70 を有している。
- [0256] ステップ S70 は、測定項目を設定するステップ S71 と、測定項目を確

認するステップS 7 2 と、測定回数を設定するステップS 7 3 と、測定項目を確認するステップS 7 4 と、移動量を設定するステップS 7 5 と、反復回数を初期化するステップS 7 6 と、反復回数を確認するステップS 7 7 と、観察光学系と標本との間隔を変化させるステップS 7 8 と、反復回数の値を増加するステップS 7 9 と、を有する。

[0257] ステップS 7 0 では、ステップS 7 1 が実行される。ステップS 7 1 は測定項目を設定するステップである。ステップS 7 1 では、測定回数N、測定範囲HR、移動量 $\Delta H$ のうち2項目が設定される。

[0258] ステップS 7 1 が終わると、ステップS 7 2 が実行される。ステップS 7 2 は測定項目を確認するステップである。測定範囲HRと移動量 $\Delta H$ が設定された場合、ステップS 7 3 が実行される。ステップS 7 3 は、測定回数を設定するステップである。ステップS 7 3 では、測定範囲HRと移動量 $\Delta H$ から、測定回数Nが設定される。ステップS 7 3 が終わると、ステップS 7 6 が実行される。

[0259] 測定範囲HRと移動量 $\Delta H$ が設定されていない場合、ステップS 7 4 が実行される。ステップS 7 4 は、測定項目を確認するステップである。測定範囲HRと測定回数Nが設定された場合、ステップS 7 5 が実行される。ステップS 7 5 は、移動量 $\Delta H$ を設定するステップである。ステップS 7 5 では、測定範囲HRと測定回数Nから、移動量 $\Delta H$ が設定される。ステップS 7 5 が終わると、ステップS 7 6 が実行される。

[0260] 測定回数Nと測定範囲HRが設定されていない場合、移動量 $\Delta$ と測定回数Nが設定されたことになる。よって、ステップS 7 6 が実行される。

[0261] ステップS 7 6 は、反復回数を初期化するステップである。ステップS 7 6 では、反復回数の初期化が行われる。具体的には、反復回数を表す変数nの値を1にする。

[0262] ステップS 7 6 が終わると、ステップS 1 0 からステップS 3 0 までが実行され、これにより1回目の測定が行われる。

[0263] ステップS 3 0 が終わると、ステップS 7 7 が実行される。ステップS 7

7では、反復回数 $n$ の確認が行われる。反復回数 $n$ の値が測定回数 $N$ と一致しない場合、ステップS 7 8が実行される。ステップS 7 8は、観察光学系と標本との間隔を変化させるステップである。ステップS 7 8では、観察光学系の位置は変えずに標本の移動が行われるか、又は、標本の位置は変えずに観察光学系の移動が行われる。

[0264] ステップS 7 8が終わると、ステップS 7 9が実行される。ステップS 7 9では、反復回数の値の変更が行われる。具体的には、反復回数を表す変数 $n$ の値に1を加える。ステップS 7 8が終わると、ステップS 3 0に戻る。そして、再び、ステップS 3 0が実行される。

[0265] ステップS 3 0の実行によって、2回目の測定が行われる。ここで、1回目の測定位置とは異なる位置に測定位置が移動している。よって、2回目の測定は、標本上の異なる高さで行われる。

[0266] 上述の処理を、反復回数を表す変数 $n$ の値が測定回数 $N$ と一致するまで行う。これにより、測定範囲よりも広い範囲を測定することができる。

[0267] 図2 0は、本実施形態の標本形状測定方法による測定の様子を示す図である。左側の図は1回目の測定の様子を示し、中央の図が2回目の測定の様子を示し、右側の図が3回目の測定の様子を示している。

[0268] 測定回数が増加するにつれて、対物レンズ3 0が標本3 2から離れる方向に $\Delta H$ だけ移動している。そして、対物レンズ3 0の移動に伴って、標本3 2における測定位置が、位置 $h 0$ 、 $h 1$ 、位置 $h 2$ へと移動する。

[0269] また、傾き量を正確に求めることができる範囲は、位置 $h 0$ から位置 $h 1$ までの範囲、位置 $h 1$ から位置 $h 2$ までの範囲、位置 $h 2$ から位置 $h 3$ までの範囲、というように、下から上に移動している。3回の測定を合計することで、位置 $h 0$ から位置 $h 3$ までの広い範囲にわたって、標本の表面における傾き量を正確に求めることができる。

[0270] 本実施形態の標本形状測定方法と本実施形態の標本形状測定装置では、所定の照明領域を複数有することが好ましい。

[0271] 図2 1は、標本の表面の傾斜角と結像光の中心光線との関係を示す図であ

る。図21では、コンデンサレンズ28と対物レンズ30は矢印で示されている。面100は、光軸33と直交する平面である。コンデンサレンズ28の瞳位置に、開口 $OP_0$ 、開口 $OP_1$ 、及び開口 $OP_2$ が設けられている。

[0272] 図21では、標本の表面における光の屈折について説明するため、標本の表面だけが描かれている。よって、標本の裏面は図示を省略している。同様に、裏面における光の屈折の様子も図示を省略している。図22～図24でも、標本の表面だけが描かれている。

[0273] 中心光線 $L_{IL0C}$ は、開口 $OP_0$ の中心を通過する照明光の中心光線である。標本32の表面の傾斜角が0度のとき、中心光線 $L_{IL0C}$ の進行方向が面の法線と平行になる。よって、中心光線 $L_{IL0C}$ は、標本32の表面で屈折されない。標本32から、中心光線 $L_{IM0C}$ が出射する。中心光線 $L_{IM0C}$ は、面100における位置 $P_{OP0}$ に到達する。

[0274] 中心光線 $L_{IL1C}$ は、開口 $OP_1$ の中心を通過する照明光の中心光線である。標本32の表面の傾斜角が $\theta_1$ 度のとき、中心光線 $L_{IL1C}$ の進行方向が面の法線と平行になる。よって、中心光線 $L_{IL1C}$ は、標本32の表面で屈折されない。標本32から、中心光線 $L_{IM1C}$ が出射する。中心光線 $L_{IM1C}$ は、面100における位置 $P_{OP1}$ に到達する。

[0275] 中心光線 $L_{IL2C}$ は、開口 $OP_2$ の中心を通過する照明光の中心光線である。標本32の表面の傾斜角が $\theta_2$ 度のとき、中心光線 $L_{IL2C}$ の進行方向が面の法線と平行になる。よって、中心光線 $L_{IL2C}$ は、標本32の表面で屈折されない。標本32から、中心光線 $L_{IM2C}$ が出射する。中心光線 $L_{IM2C}$ は、面100における位置 $P_{OP2}$ に到達する。

[0276] 以下では、位置 $P_{OP0}$ 、位置 $P_{OP1}$ 及び位置 $P_{OP2}$ を基準にして説明する。

[0277] また、中心光線 $L_{IM0C}$ は、開口 $OP_0$ の像の中心を表している。中心光線 $L_{IM1C}$ は、開口 $OP_1$ の像の中心を表している。中心光線 $L_{IM2C}$ は、開口 $OP_2$ の像の中心を表している。よって、以下では、「開口の像の中心」を用いて説明する。

[0278] 図22は、標本の表面の傾斜が0度のときの結像光の中心位置を示す図で

ある。図 2 1 と同じ構成については同じ番号を付し、説明は省略する。

[0279] 標本 3 2 の表面の傾斜角が 0 度のとき、開口  $OP_0$  の像の中心は位置  $P_{OP0}$  と一致している。一方、開口  $OP_1$  の像の中心は位置  $P_{OP1}$  と一致していない。また、開口  $OP_2$  の像の中心は位置  $P_{OP2}$  と一致していない。

[0280] 図 2 3 は、標本の表面の傾斜角が  $\theta_1$  度のときの結像光の中心位置を示す図である。図 2 1 と同じ構成については同じ番号を付し、説明は省略する。

[0281] 標本 3 2 の表面の傾斜角が  $\theta_1$  度のとき、開口  $OP_1$  の像の中心は位置  $P_{OP1}$  と一致している。一方、開口  $OP_0$  の像の中心は位置  $P_{OP0}$  と一致していない。また、開口  $OP_2$  の像の中心は位置  $P_{OP2}$  と一致していない。

[0282] 図 2 4 は、標本の表面の傾斜角が  $\theta_2$  度のときの結像光の中心位置を示す図である。図 2 1 と同じ構成については同じ番号を付し、説明は省略する。

[0283] 標本 3 2 の表面の傾斜角が  $\theta_2$  度のとき、開口  $OP_2$  の像の中心は位置  $P_{OP2}$  と一致している。一方、開口  $OP_0$  の像の中心は位置  $P_{OP0}$  と一致していない。また、開口  $OP_1$  の像の中心は位置  $P_{OP1}$  と一致していない。

[0284] このように、開口  $OP_0$  の像の中心が位置  $P_{OP0}$  と一致していることが分かったと、標本 3 2 の表面の傾斜角が 0 度であることが分かる。また、開口  $OP_1$  の像の中心が位置  $P_{OP1}$  と一致していることが分かったと、標本 3 2 の表面の傾斜角が  $\theta_1$  度であることが分かる。また、開口  $OP_2$  の像の中心が位置  $P_{OP2}$  と一致していることが分かったと、標本 3 2 の表面の傾斜角が  $\theta_2$  度であることが分かる。

[0285] そこで、開口を複数用意しておき、位置  $P_{OP0}$  ～位置  $P_{OP2}$  のような基準位置を、各開口について予め求めておく。そして、標本の測定では、複数の開口のなかから、像の中心が基準位置に一致している開口を抽出する。上述のように、各開口と傾斜角は一対一で対応している。よって、抽出した開口から、標本の表面の傾斜角を求めることができる。

[0286] 開口  $OP_0$ 、開口  $OP_1$ 、及び開口  $OP_2$  の各々は、所定の照明領域を形成している。よって、開口を複数用意する代わりに、所定の照明領域を用意しておけば良い。

- [0287] また、所定の照明領域は、複数の光源で形成されていても良い。例えば、照明光学系内にLEDアレイを配置し、発光させるLEDを変えるようにしても良い。このようにすることで、所定の照明領域の範囲や形状を変えることができる。
- [0288] 本実施形態の標本形状測定方法と本実施形態の標本形状測定装置では、観察光学系は像側にテレセントリックな光学系であることが好ましい。
- [0289] 波長によって対物レンズの焦点距離が変わるため、対物レンズの後ろ側焦点位置つまり瞳位置は、波長によって変化する。従って、所定の照明領域の像は波長によって光軸方向に移動する。観察光学系が像側にテレセントリック光学系になっていると、波長を変えた時も、所定の照明領域の像の大きさは変化するものの、その中心位置や重心位置は変わらない。そのため、照明光の波長を考慮せずに、所定の照明領域の像の位置を正しく算出することができる。
- [0290] 本実施形態の標本形状測定方法と本実施形態の標本形状測定装置では、照明光学系は射出側にテレセントリックな光学系であることが好ましい。
- [0291] 照明光学系が射出側にテレセントリックな光学系になっていると、テレセントリック照明が行える。テレセントリック照明では、合焦位置に対する標本のずれ量（以下、「デフォーカス量」という）が変化しても、標本の像の横倍率は変化しない。そのため、標本の形状の計算が容易に行える。非テレセントリック照明では、主光線角度とデフォーカス量によって、標本の像の横倍率が変化する。よって、非テレセントリック照明を行うことは好ましいとは言えない。
- [0292] 図25Aと図25Bは、標本の像を示す図である。図25Aは、テレセントリック照明が行われている場合を示し、図25Bは、テレセントリック照明が行われていない場合を示している。いずれの場合においても、標本の形状は円形である。
- [0293] テレセントリック照明が行われている場合、標本の像 $I_{M_{S1}}$ の形状は円形になっている。一方、テレセントリック照明が行われていない場合、標本の像

I  $M_{s2}$ の形状は円が変形した形状になっている。

[0294] 本実施形態の標本形状測定方法と本実施形態の標本形状測定装置では、観察光学系から出射した光の全光量を算出することが好ましい。

[0295] このようにすることで、明視野情報も同時に得られる。受光した光から所定の照明領域の像の位置を算出することで、標本の表面における傾き量や標本の形状を求めることができ、受光した光の総光量を求めることで、標本を明視野観察したとき像に対応する画像を得ることができる。この画像は、検出素子で受光した結像光の総光量を計算し、計算結果を画像化することで得ることができる。

[0296] 本実施形態の標本形状測定装置では、照明光学系は、光源とコンデンサレンズとの間に、光学部材を有し、光学部材は、レンズで構成されていることが好ましい。

[0297] 図26は、照明光学系の例を示す図である。図9と同じ構成については同じ番号を付し、説明は省略する。

[0298] 照明光学系110は、光源26とコンデンサレンズ28との間に、光学部材を有する。光学部材はレンズ111で構成されている。光源26は点光源である。レンズ111の焦点位置が光源26の発光点と一致するように、光源26とレンズ111とが位置決めされている。

[0299] 図9に示す標本形状測定装置20では、光源26とコンデンサレンズ28との間に、開口部材29が配置されている。そして、開口部材29に、照明光 $L_{IL1}$ が照射されている。このとき、照明光 $L_{IL1}$ の照射面積は、透過部29bの面積よりも広がっている。そのため、開口部材29において、照明光の光量損失が生じる。

[0300] 照明光 $L_{IL1}$ の照射面積を、透過部29bの面積と略等しくすることで、照明光の光量損失を防止することができる。更に、開口部材29の配置を省略することができる。

[0301] 照明光学系110では、照明光 $L_{IL2}$ の径と一致するように、レンズ111の焦点位置が設定されている。そのため、照明光の光量損失が発生せず、しか

も、開口部材を必要としない。また、レンズ 111 の焦点位置を変えることで、照明光  $L_{IL2}$  の径を変えることができる。

[0302] 照明光学系 110 では、光源 26 とレンズ 111 との間に、更に、別のレンズが配置されていても良い。この場合、別のレンズで、点光源の像を形成する。そして、点光源の像から出射した光を、レンズ 111 で平行光束に変換すれば良い。

[0303] また、レンズ 111 とコンデンサ 27 との間に、アフォーカルズーム光学系が配置されていても良い。このようにすることで、照明光  $L_{IL2}$  の径を変えることができる。

[0304] 本実施形態の標本形状測定装置では、光源は、レーザ光源であり、照明光学系は、光源と光学部材との間に、光ファイバを有することが好ましい。

[0305] 図 27 は、照明光学系の別の例を示す図である。図 26 と同じ構成については同じ番号を付し、説明は省略する。

[0306] 照明光学系 120 は、光源 26 とコンデンサレンズ 28 との間に、光学部材を有する。光学部材はレンズ 111 で構成されている。更に、光源 26 から出射したレーザ光は、光ファイバ 121 に入射する。レーザ光は光ファイバ 121 内を進行して、光ファイバ 121 の出射端 122 から出射する。

[0307] 光ファイバ 121 がシングルモードファイバの場合、出射端 122 には点光源が形成されている。そこで、レンズ 111 の焦点位置が出射端 122 と一致するように、出射端 122 とレンズ 111 とが位置決めされている。その結果、上述の照明光学系 110 と同じ効果を得ることができる。

[0308] 照明光学系 120 では、光ファイバ 121 とレンズ 111 との間に、更に、別のレンズが配置されていても良い。この場合、別のレンズで、点光源の像を形成する。そして、点光源の像から出射した光を、レンズ 111 で平行光束に変換すれば良い。

[0309] また、レンズ 111 とコンデンサ 27 との間に、アフォーカルズーム光学系が配置されていても良い。このようにすることで、照明光  $L_{IL2}$  の径を変えることができる。

- [0310] 開口部材の変形例について説明する。図28Aと図28Bは、開口部材の変形例を示している。図28Aに示す開口部材130は、第1の遮光部131、第2の遮光部132及び透過部133を有する。
- [0311] 第1の遮光部131は、開口部材130の中心に位置している。第1の遮光部131の外側に、透過部133が位置している。透過部133の外側に、第2の遮光部132が位置している。
- [0312] 第1の遮光部131の形状は円形である。透過部133の形状と第2の遮光部132の形状は円環である。
- [0313] 開口部材130が、所定の照明領域を形成する光学部材に該当する。透過部133は、観察光学系22の瞳を通過する照明光の領域の面積が、観察光学系22の瞳の面積よりも小さくなるように、設定されている。
- [0314] 図28Bに示す開口部材140は、第1の遮光部141、第2の遮光部142及び透過部143を有する。
- [0315] 第1の遮光部141は、開口部材140の中心に位置している。第1の遮光部141の外側に、透過部143が位置している。透過部143の外側に、第2の遮光部142が位置している。
- [0316] 第1の遮光部141の形状は非円形である。透過部143の形状は円環状で、第2の遮光部142の形状は円環である。
- [0317] 開口部材140が、所定の照明領域を形成する光学部材に該当する。透過部143は、観察光学系22の瞳を通過する照明光の領域の面積が、観察光学系22の瞳の面積よりも小さくなるように、設定されている。
- [0318] 以上、説明した方法及び装置では、所定の照明領域の像の位置を用いて、標本の表面における傾き量や、標本の表面形状を測定している。しかしながら、所定の照明領域の像の光量を用いて、標本の表面における傾き量や、標本の表面形状を測定することができる。
- [0319] 本実施形態の標本形状測定装置は、照明光学系と、観察光学系と、保持部材と、検出素子と、処理装置と、を備え、照明光学系は、光源と、コンデンサレンズと、所定の照明領域を形成する光学部材と、を有し、観察光学系は

、対物レンズを有し、保持部材は標本を保持すると共に、照明光学系と観察光学系との間に配置され、検出素子は、観察光学系の瞳位置、又は、観察光学系の瞳位置と共役な位置に配置され、コンデンサレンズよりも光源側に、光学部材が配置され、所定の照明領域は、照明光学系の瞳位置にて光軸を含まないように設定されると共に、照明光が観察光学系の瞳位置にて該瞳の内側の一部分と該瞳の外縁に照射されるように設定され、照明光学系により標本に照射された照明光は、標本を透過し、標本から出射した光は観察光学系に入射し、検出素子は、観察光学系から出射した光を受光し、処理装置は、受光した光に基づく光量を求め、光量と基準の光量との差又は比を算出し、差又は比から、標本の表面における傾き量を算出することを特徴とする。

[0320] 図29は、本実施形態の標本形状測定装置を示す図である。図24と同じ構成については同じ番号を付し、説明は省略する。

[0321] 標本形状測定装置150は、開口部材151を有する。開口部材151は、遮光部151a1、遮光部151a2及び透過部151bを有する。遮光部151a1、遮光部151a2及び透過部151bは、透明な部材、例えば、ガラス板や樹脂板で構成されている。遮光部151a1と遮光部151a2は、例えば、遮光塗料をガラス板上に塗布することで形成されている。一方、透過部151bには何も塗布されていない。よって、透過部151bはガラス板そのものである。

[0322] 開口部材151は、遮光部151a1が光軸33を含むように配置されている。透過部151bは光軸33を含まない。所定の照明領域は、透過部151bによって形成されている。よって、所定の照明領域は、照明光学系21の瞳位置にて光軸33を含まないように設定されている。

[0323] 開口部材151には、円形の照明光 $L_{IL1}$ が入射する。開口部材151では、透過部151bの形状は円環になっている。よって、開口部材151からは、略円環状又は円環状（以下、「円環状」という）の照明光 $L_{IL2}$ が出射する。

[0324] 開口部材151から出射した照明光 $L_{IL2}$ は、コンデンサレンズ28に入射する。コンデンサレンズ28から出射する照明光 $L_{IL3}$ 形状も円環状になる。照明

光 $L_{IL3}$ は、観察光学系の光軸（照明光学系の光軸）と交差するように出射する。

[0325] コンデンサレンズ28から出射した照明光 $L_{IL3}$ は、標本32'に到達する。標本32'から出射した光、すなわち、結像光 $L_{IM1}$ は対物レンズ30に入射する。

[0326] 対物レンズの瞳31では、透過部151bの内縁を通過した光線は、対物レンズの瞳31の内側に到達している。透過部151bの外縁を通過した光線は、対物レンズの瞳31の外縁に到達している。

[0327] 図30は、結像光の様子を示す図である。対物レンズの瞳31には、遮光部の像152と、透過部の像153とが形成されている。透過部の像153の外縁154は、対物レンズの瞳31の外縁と一致している。透過部の像153の内縁155は、対物レンズの瞳31の内側に位置している。後述するように、内縁155は、開口部材151の像の内縁と見なすことができる。

[0328] 所定の照明領域は、透過部151bによって形成されている。よって、所定の照明領域は、照明光が観察光学系21の瞳位置にて該瞳の内側の一部分と該瞳の外縁に照射されるように設定されていることになる。

[0329] 透過部151bの位置と対物レンズの瞳31の位置とは、共役になっている。よって、対物レンズの瞳31の位置には、所定の照明領域の像が形成されている。

[0330] 対物レンズ30から出射した結像光 $L_{IM1}$ は、リレー光学系51に入射する。そして、リレー光学系51を出射した結像光 $L_{IM1}$ によって、検出素子24上に対物レンズの瞳31の像と所定の照明領域の像が形成される。

[0331] 標本32'の表面が傾斜していると、対物レンズの瞳31に対して、所定の照明領域の像がシフトする。この場合、所定の照明領域の像の一部は、対物レンズの瞳31の外側に移動する。そのため、所定の照明領域の像の光量が減少する。標本32'の表面の傾斜角と所定の照明領域の像の光量とは、一対一に対応する。そこで、所定の照明領域の像の光量を求めることで、標本の表面における傾き量や、標本の表面形状を測定することができる。

[0332] 標本形状測定装置 150 では、照明光と標本との相対的な移動を、照明光の移動で行っている。しかしながら、図 13 に示すように、照明光と標本との相対的な移動を、標本の移動によって行っても良い。

[0333] 所定の照明領域の像の位置の算出方法について説明する。ここでは、重心位置を、所定の照明領域の像の位置とする。また、所定の照明領域を形成する光学部材に、開口部材 151 が用いられているものとする。開口部材 151 の重心  $R_g (X_g, Y_g)$  は、開口部材 151 の像の内縁 155 を  $L(x, y)$  とすると、以下の式から求めることができる。

[数5]

$$X_g = \frac{\iint L(x, y) x dx dy}{\iint L(x, y) dx dy}$$

[数6]

$$Y_g = \frac{\iint L(x, y) y dx dy}{\iint L(x, y) dx dy}$$

ここで、

$(x, y)$  が開口部材 151 の内縁にある時、 $L(x, y) = 1$ 、

$(x, y)$  が開口部材 151 の内縁にない時、 $L(x, y) = 0$ 、

である。

[0334] 本実施形態の標本形状測定装置では、照明光学系は、標本と共役な位置に、光出射点群を有し、光出射点群は、光出射点を複数有し、光出射点は、各々、離散的に位置し、観察光学系は、集光レンズと、マイクロレンズアレイと、を有し、マイクロレンズアレイは、標本と共役な位置に配置され、検出素子は、観察光学系の瞳と共役な位置に配置されていることが好ましい。

[0335] 図 31 は、本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。図 14 と同じ構成については同じ番号を付し、説明は省略する。

[0336] 標本形状測定装置 160 では、照明光学系 21 は、光出射点群 161 を有

する。光出射点群 161 は、光出射点 161 a を複数有する。光出射点 161 a は、各々、離散的に位置している。

[0337] 光出射点 161 a から、照明光が出射する。照明光はレンズ 162 を通過して、コンデンサ 27 に入射する。照明光は、コンデンサレンズ 28 を介して、標本 32' に照射される。

[0338] 標本形状測定装置 160 では、レンズ 162 とコンデンサレンズ 28 とによって、光出射点群 161 と標本 32' とが共役になっている。よって、標本 32' 上には、照明光の集光点が、複数、同時に形成される。また、1つの集光点は、他の集光点と重ならないように形成される。

[0339] 集光点から、結像光が出射する。各集光点は同時に形成されるので、標本 32' からは、複数の結像光が、同時に射出する。図 31 には、2つの結像光が、実線と破線とで示されている。

[0340] 実線は、軸上の光出射点から射出した照明光と、軸上の集光点から射出した結像光を示している。破線は、軸外の光出射点から射出した照明光と、軸外の集光点から射出した結像光を示している。

[0341] 結像光は、観察光学系 22 に入射する。観察光学系 22 は、集光レンズ 163 と、マイクロレンズアレイ 164 と、を有する。標本 32' を射出した結像光は、対物レンズ 30 を通過して、集光レンズ 163 で集光される。集光位置には、マイクロレンズアレイ 164 が配置されている。

[0342] マイクロレンズアレイ 164 は、微小なレンズ素子を複数有している。結像光はマイクロレンズアレイ 164 を通過し、検出素子 24 で受光される。検出素子 24 には、CCD イメージセンサ、又は CMOS イメージセンサが用いられる。

[0343] 結像光は、マイクロレンズアレイ 164 の位置で集光しているので、結像光は、発散しながら、マイクロレンズアレイ 164 から射出する。よって、検出素子 24 上では、結像光の形状は点状ではなく、面状になっている。以下の説明では、検出素子 24 上における結像光の領域を「光領域」という。

[0344] 上述のように、開口部材 29 によって、所定の照明領域が形成されている

。開口部材 29 と対物レンズの瞳 31 とは共役になっている。また、検出素子 24 は、観察光学系 22 の瞳と共役な位置に配置されている。観察光学系 22 の瞳は、対物レンズの瞳 31 と見なすことができるので、検出素子 24 と開口部材 29 とは共役になる。これは、光領域と所定の照明領域とが共役であることを意味している。

[0345] 傾き量は、所定の照明領域の像の位置から算出される。光領域と所定の照明領域とが共役であるので、光領域の位置から傾き量を算出することができる。

[0346] 標本形状測定装置 160 では、マイクロレンズアレイ 164 は、標本 32' と共役な位置に配置されている。すなわち、対物レンズ 30 と集光レンズ 163 とによって、標本 32' とマイクロレンズアレイ 164 とが共役になっている。

[0347] 標本 32' では、離散的ではあるものの、中心から周辺までの範囲が照明されている。よって、マイクロレンズアレイ 164 においても、中心に位置するレンズ素子だけでなく、周辺に位置するレンズ素子にも結像光が入射する。その結果、検出素子 24 上には、複数の光領域が形成される。

[0348] また、標本形状測定装置 160 では、1つの光出射点と1つのレンズ素子とが一对一で対応するように、光学系が構成されている。この場合、1つの結像光と1つのレンズ素子とが、一对一で対応する。よって、各レンズ素子に、結像光が到達する。

[0349] 標本 32' では、軸上の集光点と軸外の集光点から、結像光が出射する。軸上の集光点から出射した結像光（以下、「軸上結像光」という）は、マイクロレンズアレイ 164 の中央に位置するレンズ素子を通過して、検出素子 24 の中央部に到達する。検出素子 24 の中央部には、軸上結像光による光領域が形成される。

[0350] 軸外の集光点から出射した結像光（以下、「軸外結像光」という）は、マイクロレンズアレイ 164 の周辺に位置するレンズ素子を通過して、検出素子 24 の周辺部に到達する。検出素子 24 の周辺部には、軸外結像光による

光領域が形成される。

[0351] 図 3 2 は、軸上結像光の様子を示す図である。図 3 2 では、光軸 3 3 の近傍を拡大している。図 3 3 は、光軸方向から見た軸上結像光の位置を示す図である。

[0352] 標本の表面に傾斜がない場合、実線で示すように、軸上結像光は、検出素子 2 4 の中央部に到達する。その結果、検出素子 2 4 の中央部に光領域 L A a が形成される。

[0353] これに対して、標本の表面に傾斜がある場合、破線で示すように、軸上結像光は、検出素子 2 4 の周辺部に到達する。その結果、検出素子 2 4 の周辺部に光領域 L A a が形成される。

[0354] このように、標本の表面に傾斜がない場合と標本の表面に傾斜がある場合とで、検出素子 2 4 上に形成される光領域 L A a の位置が異なる。よって、光領域 L A a の位置から、標本の表面における傾き量を算出することができる。

[0355] 検出素子 2 4 では、微小な受光素子が 2 次元に配列されている。標本形状測定装置 1 6 0 では、1 つの受光素子の面積は、光領域 L A a の面積よりも小さくなっている。よって、光領域 L A a を受光する受光領域 D A a には、複数の受光素子が含まれている。

[0356] 検出素子 2 4 上における光領域 L A a の位置が異なると、光領域 L A a 内に位置する受光素子も異なってくる。光領域 L A a 内に位置する受光素子を用いることで、光領域 L A a の位置を特定することができる。

[0357] 検出素子 2 4 では、受光素子が 2 次元に配列されている。そのため、光領域 L A a の位置は、受光素子の位置で表されることになる。

[0358] 例えば、光領域 L A a の位置として、重心位置を用いるとする。この場合、光領域 L A a 内に位置する受光素子で形成された形状の重心位置を求める。そして、求めた重心位置に対応する受光素子を特定する。特定された受光素子の位置が、光領域 L A a の位置に対応する。

[0359] 光領域 L A a の位置は、基準の位置からのずれで表すことができる。例え

ば、受光領域  $DAa$  の中心に位置する受光素子の位置を、基準の位置に設定する。このようにすると、基準の位置と特定された受光素子の位置との差、すなわち、基準の位置と光領域  $LAa$  の位置との差を算出することで、標本 32' の表面における傾き量を算出することができる。

[0360] 照明光学系 21 や観察光学系 22 では、収差や組み立て誤差が発生していないことが望ましい。この場合、標本の表面に傾斜がないとすると、光領域  $LAa$  の位置は、受光領域  $DAa$  の中心と一致する。

[0361] しかしながら、実際には、収差や組み立て誤差は、ある程度発生してしまう。そのため、収差の発生量や組み立て誤差の発生量によっては、標本の表面に傾斜がない場合であっても、光領域  $LAa$  の位置が受光領域  $DAa$  の中心からずれてしまう。

[0362] このような場合は、あらかじめ、ずれ量を求めておけば良い。そして、算出した差とずれ量とから、標本の表面における傾き量を算出すれば良い。

[0363] 基準の位置となる受光素子は、受光領域  $DAa$  内の受光素子であれば、どの位置の受光素子であっても良い。

[0364] 軸外結像光についても、基準の位置と光領域  $LAa$  の位置との差を算出することで、標本 32' の表面における傾き量を算出することができる。

[0365] このように、本実施形態の標本形状測定装置では、標本の表面に傾斜がない場合と傾斜がある場合とで、検出素子上における結像光の位置が異なる。また、結像光の位置のずれ量が、傾き量に応じて変化する。よって、本実施形態の標本形状測定装置によれば、標本の表面における傾き量を測定できる。また、測定した傾き量を用いることで、標本の表面形状を測定できる。

[0366] また、1つの結像光に対応する受光素子群における受光量の総和は、その結像光が出射した点における標本の明るさを表している。よって、本実施形態の標本形状測定装置によれば、受光素子群の受光量の総和を算出することで、標本の明暗情報を得ることができる。

[0367] また、本実施形態の標本形状測定装置では、複数の結像光が、同時に観察光学系から出射するが、検出素子が複数の受光素子を有するため、複数の結

像光を同時に受光することができる。よって、本実施形態の標本形状測定装置によれば、標本形状測定装置では、標本全体について、表面における傾き量の測定、表面形状の測定及び明暗情報の取得を、一回の測定で行うことができる。

[0368] 本実施形態の標本形状測定装置では、光出射点は、微小な開口であることが好ましい。又は、実施形態の標本形状測定装置では、光出射点は、微小な発光部であることが好ましい。

[0369] このようにすることで、集光点の面積を小さくすることができる。その結果、標本位置における水平方向の分解能を高くすることができる。水平方向の分解能とは、光軸と直交する面内における分解能である。

[0370] 光出射点が微小な開口の場合では、例えば、微小な貫通孔が金属板に形成されている。微小な貫通孔を複数形成することで、光出射点群 161 を形成することができる。この金属板を光出射点群 161 の位置に配置し、金属板上に光源の像を形成する。このようにすることで、複数の照明光を、離散的且つ同時に生成することができる。

[0371] 光出射点が微小な発光部の場合では、例えば、LED が用いられる。LED を複数用いることで、光出射点群 161 を形成することができる。光出射点群 161 の位置において、複数の LED を一定の間隔で配置する。このようにすることで、複数の照明光を、離散的且つ同時に生成することができる。

[0372] このように、本実施形態の標本形状測定装置によれば、複数の照明光を、離散的且つ同時に生成することができる。

[0373] 本実施形態の標本形状測定装置では、マイクロレンズアレイは、複数のレンズ素子を有し、レンズ素子の位置に、光出射点の像が形成され、光出射点の像の大きさは、レンズ素子の大きさよりも小さいことが好ましい。

[0374] 上述のように、標本 32' 上には、集光点が形成される。この集光点は、光出射点の像である。更に、マイクロレンズアレイ 164 は、標本 32' と共役な位置に配置されている。よって、マイクロレンズアレイ 164 の位置

に、光出射点の像が形成される。

[0375] また、標本形状測定装置 160 では、1つの光出射点と1つのレンズ素子とが、一対一で対応するように、光学系が構成されている。よって、1つのレンズ素子の位置に、1つの光出射点の像が形成される。

[0376] 図34、図35は、マイクロレンズアレイと光出射点の像を示す図である。図34は、光出射点の像の大きさが大きい場合を示している。図35は、光出射点の像の大きさが小さい場合を示している。また、2つの図は、共に、標本の表面に傾斜がない場合の結像光の様子を示している。

[0377] レンズ素子 165a の隣には、レンズ素子 165b と 165c が位置している。また、レンズ素子 165a、165b 及び 165c の各々に対応して、受光領域 DAa、受光領域 DAb、受光領域 DAc が設けられている。

[0378] レンズ素子 165a には、結像光 167a が入射する。レンズ素子 165a の位置には、光出射点の像 166a が形成される。また、結像光 167a に基づいて、検出素子 24 上に光領域 LAa が形成される。図34、図35では、結像光 167a は実線で示されている。

[0379] レンズ素子 165b には、結像光 167b が入射する。レンズ素子 165b の位置には、光出射点の像 166b が形成される。また、結像光 167b に基づいて、検出素子 24 上に光領域 LAb が形成される。図34、図35では、結像光 167b は破線で示されている。

[0380] レンズ素子 165c にも結像光 167c が入射する。レンズ素子 165c の位置には、光出射点の像 166c が形成される。また、結像光 167c に基づいて、検出素子 24 上に光領域 LAc が形成される。図34、図35では、結像光 167c は点線で示されている。

[0381] 光出射点の像の大きさがレンズ素子の大きさと略同じである場合について、図34を用いて説明する。

[0382] 図34に示すように、光出射点の像 166a の大きさは、レンズ素子 165a の大きさと略同じになっている。この場合、結像光 167a の一部が、受光領域 DAb や受光領域 DAc に到達する。

- [0383] その結果、受光領域D A aだけでなく、受光領域D A bや受光領域D A cにも、光領域L A aが形成される。これは、光領域L A aでは、光領域L A aの一部が、受光領域D A bや受光領域D A cに形成されてしまうことを意味している。
- [0384] 光領域L A bや光領域L A cについても、光領域L A aと同様の現象が生じる。すなわち、光領域L A bでは、光領域L A bの一部（以下、「部分領域1 6 8 b」という）が、受光領域D A aに形成されてしまう。また、光領域L A cでは、光領域L A cの一部（以下、「部分領域1 6 8 c」という）が、受光領域D A aに形成されてしまう。
- [0385] 傾き量は、光領域の位置から算出される。受光領域に形成された光領域が、受光領域に対応する結像光のみによって形成された光領域であれば、正しい傾き量を算出することができる。
- [0386] 受光領域D A aに注目すると、受光領域D A aには、光領域L A a、部分領域1 6 8 b及び部分領域1 6 8 cが形成されている。
- [0387] 光領域L A aは、結像光1 6 7 aによって形成されている。結像光1 6 7 aは、受光領域D A aに対応する結像光である。よって、光領域L A aは、受光領域D A aに対応する結像光によって形成された光領域である。
- [0388] 部分領域1 6 8 bは、結像光1 6 7 bによって形成されている。結像光1 6 7 bは、受光領域D A bに対応する結像光であるので、受光領域D A aに対応する結像光ではない。よって、部分領域1 6 8 bは、受光領域D A aに対応する結像光によって形成された光領域ではない。
- [0389] 部分領域1 6 8 cは、結像光1 6 7 cによって形成されている。結像光1 6 7 cは、受光領域D A cに対応する結像光であるので、受光領域D A aに対応する結像光ではない。よって、部分領域1 6 8 cは、受光領域D A aに対応する結像光によって形成された光領域ではない。
- [0390] 光領域L A a、部分領域1 6 8 b及び部分領域1 6 8 cは、同時に形成されている。そのため、部分領域1 6 8 bと部分領域1 6 8 cは、光領域L A bから分離することは、空間的にも、時間的にもできない。

- [0391] このように、受光領域 D A a に形成された光領域は、受光領域 D A a に対応する結像光 1 6 7 a だけでなく、受光領域 D A a に対応しない結像光 1 6 7 b と結像光 1 6 7 c とによって形成されている。そのため、正しい傾き量を算出することができない。
- [0392] 受光領域 D A b に対応しない結像光は、結像光 1 6 7 b や結像光 1 6 7 c だけではない。レンズ素子 1 6 5 a の周囲には、複数のレンズ素子が位置している。各レンズ素子に入射する結像光は、いずれも、受光領域 D A b に対応しない結像光である。
- [0393] 各結像光に基づいて光領域が形成されるので、複数の光領域が形成される。このうちの幾つかの光領域では、その一部が受光領域 D A a 上に形成される。そのため、正しい傾き量を算出することができない。
- [0394] 更に、光領域 L A a の一部は、受光領域 D A a に含まれていない。よって、光領域 L A a 自体も、受光領域に対応する結像光のみによって形成された光領域とは言えない。この点からも、正しい傾き量が算出することができない。
- [0395] 以上、受光領域 D A a での傾き量の算出について説明したが、受光領域 D A b での傾き量の算出や、受光領域 D A c での傾き量の算出についても、同様のことが言える。
- [0396] 上述のように、図 3 4 は、標本の表面に傾斜がない場合の結像光の様子を示している。標本の表面に傾斜がある場合、光領域 L A a の位置が変化する。傾き量が大きくなるにつれて、基準位置に対する光領域 L A a の位置のずれも大きくなる。
- [0397] 図 3 4 では、光領域 L A a は受光領域 D A a だけでなく、受光領域 D A b や受光領域 D A c まで分布している。すなわち、光領域 L A a の一部の領域が、受光領域 D A a の外側にはみ出している状態になっている。
- [0398] このような状態では、例えば、光領域 L A a が受光領域 D A c 側に移動しても、受光領域 D A b 側にはみ出した領域が受光領域 D A a 内に位置するまでの間は、受光領域 D A a は光領域 L A a で覆われた状態になる。

- [0399] すなわち、この間では、光領域L A a全体の位置は変化しているにも関わらず、受光領域D A a上の光領域L A aの位置には変化が生じない。これは、この間では、傾き量の算出ができないことを意味している。
- [0400] このように、光出射点の像の大きさがレンズ素子の大きさと略同じである場合には、測定できない傾き量が一定の割合で存在することになる。光領域L A bや光領域L A cについても、同様である。
- [0401] また、マイクロレンズアレイ1 6 4は、標本3 2'と共役な位置に配置されている。ここで、標本3 2'上に、レンズ素子1 6 5 aが縮小投影されたとする。レンズ素子1 6 5 aは、ある程度の広がりを持っている。そのため、標本3 2'上に投影されたレンズ素子1 6 5 aの投影像は、点像にはならない。
- [0402] レンズ素子1 6 5 aの位置には、光出射点の像1 6 6 aが形成されている。図3 4に示すように、光出射点の像1 6 6 aの大きさは、レンズ素子1 6 5 aの大きさと略同じである。
- [0403] 上述のように、標本3 2'上に投影されたレンズ素子1 6 5 aの投影像は、点像にはならない。そのため、光出射点の像1 6 6 aの投影像も、点像にはならない。
- [0404] 光出射点の像1 6 6 aは、標本3 2'上での照明領域を表している。光出射点の像1 6 6 aの投影像は点像にならないので、照明領域は点状ではなく、ある程度の広がりを持つ。
- [0405] この照明領域は、標本位置における水平方向の分解能を表している。そのため、照明領域が点状の場合に比べると、標本位置における水平方向の分解能は低くなる。水平方向の分解能とは、光軸と直交する面内における分解能である。
- [0406] 以上、光出射点の像の大きさがレンズ素子の大きさと略同じ場合について説明したが、光出射点の像の大きさがレンズ素子の大きさよりも大きい場合も同様である。いずれの場合も、正しい傾き量を算出することができず、また、測定できない傾き量が存在し、更に、低い分解能しか得られない。

- [0407] 光出射点の像の大きさがレンズ素子の大きさに対して十分小さい場合について、図35を用いて説明する。
- [0408] 図35では、光出射点の像169a、169b、169cが点像の場合を示している。この場合、光出射点の像169a、169b、169cの大きさは、各々、レンズ素子165a、165b、165cの大きさに比べて非常に小さい。
- [0409] この場合、結像光170aは、全て受光領域DAaに到達する。すなわち、結像光170aの一部が、受光領域DAbや受光領域DAcに到達することはない。その結果、受光領域DAaだけに、光領域LAaが形成される。
- [0410] 光領域LABや光領域LAcについても、光領域LAaと同様の現象が生じる。結像光170bは、全て受光領域DAbに到達し、結像光170cは、全て受光領域DAcに到達する。その結果、光領域LABは受光領域DAbだけに形成され、光領域LAcは受光領域DAcだけに形成される。
- [0411] 受光領域DAaに注目すると、受光領域DAaには、光領域LAaだけが形成されている。光領域LAaは、結像光170aによって形成されている。結像光170aは、受光領域DAaに対応する結像光である。よって、光領域LAaは、受光領域DAaに対応する結像光によって形成された光領域である。
- [0412] このように、受光領域DAaに形成された光領域は、受光領域DAaに対応する結像光170aだけで形成されている。そのため、正しい傾き量を算出することができる。
- [0413] 更に、光領域LAaは、全体が受光領域DAaに含まれている。よって、光領域LAaは、受光領域に対応する結像光のみによって形成された光領域と言える。この点からも、正しい傾き量が算出することができる。
- [0414] 以上、受光領域DAaでの傾き量の算出について説明したが、受光領域DAbでの傾き量の算出や、受光領域DAcでの傾き量の算出についても、同様のことが言える。
- [0415] 上述のように、図35は、標本の表面に傾斜がない場合の結像光の様子を

示している。上述のように、標本の表面に傾斜がある場合、光領域 L A a の位置が変化する。傾き量が大きくなるにつれて、基準位置に対する光領域 L A a の位置のずれも大きくなる。

[0416] 図 3 5 では、光領域 L A a は、受光領域 D A a の一部に分布している。すなわち、光領域 L A a が受光領域 D A a に占める割合が小さく、また、光領域 L A a から受光領域 D A a の外周までの間には、光領域 L A a に含まれない領域が十分に存在している状態になっている。

[0417] このような状態では、例えば、光領域 L A a が受光領域 D A c 側に少しでも移動すると、受光領域 D A a 上の光領域 L A a の位置に変化が生じる。そのため、傾き量が小さくても、基準位置に対する光領域 L A a の位置のずれを検出することができる。

[0418] このように、光出射点の像の大きさがレンズ素子の大きさに対して十分小さい場合では、測定できない傾き量は存在しないことになる。ここでの「測定できない傾き量」とは、光出射点の像の大きさがレンズ素子の大きさと略同じである場合で説明した「一定の割合で存在する傾き量」である。光領域 L A b や光領域 L A b についても、同様である。

[0419] また、レンズ素子 1 6 5 a の位置には、光出射点の像 1 6 9 a が形成されている。図 3 5 に示すように、光出射点の像 1 6 9 a の大きさがレンズ素子 1 6 5 a の大きさに対して十分小さい。

[0420] 上述のように、標本 3 2' 上に投影されたレンズ素子 1 6 5 a の投影像は、点像にはならない。しかしながら、光出射点の像 1 6 6 a は点像であるため、光出射点の像 1 6 6 a の投影像は点像になる。

[0421] 光出射点の像 1 6 6 a は、標本 3 2' 上での照明領域を表している。光出射点の像 1 6 6 a の投影像が点像になるので、照明領域は点状になっている。そのため、標本位置における水平方向の分解能は高くなる。

[0422] 以上のように、本実施形態の標本形状測定装置によれば、正しい傾き量を算出することができ、また、測定できない傾き量が存在せず、更に、高い分解能が得られる。

- [0423] 本実施形態の標本形状測定装置では、光軸と直交する面内で、保持部材を移動させることが好ましい。
- [0424] 図36は、本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。図31と同じ構成については同じ番号を付し、説明は省略する。
- [0425] 本実施形態の標本形状測定装置では、光軸と直交する面内で、保持部材を移動させることができる。そのために、標本形状測定装置180は、保持部材として、走査機構181を有する。走査機構181としては、例えば、図13に示すような走査機構61を用いれば良い。
- [0426] 図36では、走査機構181は平板状の2つの部材で描かれている。これは、見易さのために、中央部の構造の図示を省略しているからである。
- [0427] 標本形状測定装置180では、光出射点群161は、光出射点を複数有する。ここでは、各光出射点から出射する光は、点光源から出射した光であるとする。
- [0428] 軸上の光出射点161aaから出射した照明光によって、標本32'上の集光点Paが照明される。集光点Paから出射した軸上結像光は、受光領域DAaに到達する。受光領域DAa上には、光領域LAaが形成される。
- [0429] 軸外の光出射点161abから出射した照明光によって、標本32'上の集光点Pbが照明される。集光点Pbから出射した軸外結像光は、受光領域DAbに到達する。受光領域DAb上には、光領域LABが形成される。
- [0430] 集光点Paと光領域LAaとは、一対一で対応している。また、集光点Pbと光領域LABとは、一対一で対応している。この場合、標本32'上には、受光領域DAaに対応する領域として領域DAa'が存在し、受光領域DAbに対応する領域として領域DAb'が存在する。同様に、受光領域DAcに対応する領域として、領域DAc'が存在する。
- [0431] 受光領域DAa、DAb、DAcは、各々、ある程度の広がりを持っている。よって、領域DAa'、DAb'、DAc'も、各々、ある程度の広がりを持っている。
- [0432] 光出射点161aaと光出射点161abは、離散的に位置している。こ

の場合、集光点  $P_a$  と集光点  $P_b$  も、離散的に位置する。

[0433] そのため、領域  $DAa'$  がある程度の広がりを持つにもかかわらず、領域  $DAa'$  内には集光点  $P_a$  しか存在しない。すなわち、領域  $DAa'$  内の 1 点における傾き量しか算出されない。

[0434] 同様に、領域  $DAb'$  がある程度の広がりを持つにもかかわらず、領域  $DAb'$  内には集光点  $P_b$  しか存在しない。すなわち、領域  $DAb'$  内の 1 点における傾き量しか算出されない。

[0435] 上述のように、標本形状測定装置 160 では、標本全体について、表面における傾き量の測定や表面形状の測定を、一回の測定で行うことができる。ただし、測定は離散的に行われる。

[0436] 集光点  $P_a$  から集光点  $P_b$  までの間には、無数の点が存在する。例えば、集光点  $P_a$  の近傍には、点  $P_{a'}$  が存在する。集光点  $P_a$  と点  $P_{a'}$  が照明された場合について説明する。

[0437] 集光点  $P_a$  と点  $P_{a'}$  では、共に、標本 32' の表面に傾斜がないとする。この場合、集光点  $P_a$  から出射した軸上結像光は、実線で示すように、受光領域  $DAa$  の中央部に到達する。その結果、受光領域  $DAa$  の中央部に光領域  $LAa$  が形成される。

[0438] 一方、点  $P_{a'}$  から出射した結像光も、点線で示すように、受光領域  $DAa$  の中央部に到達する。その結果、受光領域  $DAa$  の中央部に光領域  $LAa'$  が形成される。

[0439] 図 36 では、光領域  $LAa$  と光領域  $LAa'$  とが区別できるように、光領域  $LAa'$  の位置を、光領域  $LAa$  の位置に対して若干ずらしている。

[0440] 光出射点 161aa によって集光点  $P_a$  を照明することはできるが、点  $P_{a'}$  を照明することはできない。また、光出射点 161ab によって集光点  $P_b$  を照明することはできるが、点  $P_{a'}$  を照明することはできない。

[0441] 点  $P_{a'}$  を照明するためには、矢印で示すように、光軸と直交する面内で、標本 32' を移動させれば良い。標本 32' は保持部材に載置されている。よって、光軸と直交する面内で、保持部材を移動させれば良い。

- [0442] 上述のように、標本形状測定装置 180 は、保持部材として、走査機構 181 を有する。走査機構 181 によって標本 32' を移動させることで、点 P a' を照明することができる。このとき、集光点 P a は照明されていないので、点 P a' における傾き量だけを測定することができる。
- [0443] 領域 D A a' 内には、集光点 P a が位置している。よって、走査機構 181 による走査は、領域 D A a' 全体が集光点 P a で走査されるように行えば良い。
- [0444] また、領域 D A b' 内には集光点 P b が位置している。領域 D A a' の面積と領域 D A b' の面積は等しい。よって、集光点 P a による領域 D A a' の走査が行われると、自動的に、集光点 P b による領域 D A b' の走査が行われる。領域 D A c' や他の領域についても同様である。
- [0445] 本実施形態の標本形状測定装置によれば、光出射点が離散的に位置していても、標本全体について、表面における傾き量の測定や表面形状の測定を、一回の測定で、連続的に行うことができる。
- [0446] 本実施形態の標本形状測定装置では、光出射点群から出射する照明光の位置を変化させることが好ましい。
- [0447] 本実施形態の標本形状測定装置によれば、光出射点が離散的に位置していても、標本全体について、表面における傾き量の測定や表面形状の測定を、一回の測定で、連続的に行うことができる。
- [0448] 光出射点群から出射する照明光の位置を変化させるには、例えば、光出射点群 161 の位置に、デジタルマイクロミラー、ニポウディスク、あるいは L E D アレイを配置すれば良い。
- [0449] デジタルマイクロミラーは、微小なミラーを複数有している。微小なミラーは 2 次元に配列されている。微小なミラーは、対角線を軸として、この軸周りに所定の角度分だけ揺動する。この揺動によって、ミラー面の向きを変化させることができる。
- [0450] 例えば、微小なミラーが揺動していないとき、照明光が標本 32' に照射されたとする。1 つの微小なミラーを揺動させ、残りの微小なミラーは揺動

させないことで、標本32'の1点を照明することができる。揺動させる微小ミラーと、揺動させない微小ミラーを変えていくことで、光出射点群から出射する照明光の位置を変化させることができる。

[0451] また、領域DAa'において、微小なミラーの像が複数形成されるように、微小なミラーを用意しておく。このようにすると、揺動させるミラーを順番に変えることで、集光点Paによる領域DAa'の走査を行うことができる。

[0452] ニポウディスクは、微小な透過部を複数有する。微小な透過部は、不透明な平板に、らせん状に形成されている。ニポウディスクを回転させることで、光出射点群から出射する照明光の位置を変化させることができる。

[0453] ニポウディスクでは、領域DAa'において、微小な透過部の像が複数形成されるように、微小な透過部を用意しておく。このようにすると、ニポウディスクを回転させることで、集光点Paによる領域DAa'の走査を行うことができる。

[0454] LEDアレイは、微小な発光部を有するLEDを複数有する。LEDは2次元に配列されている。光出射点群と同数のLEDを用意し、発光させるLEDを変えることで、光出射点群から出射する照明光の位置を変化させることができる。

[0455] LEDアレイでは、領域DAa'において、微小な発光部の像が複数形成されるように、LEDを用意しておく。このようにすると、発光させるLEDを順番に変えることで、集光点Paによる領域DAa'の走査を行うことができる。

[0456] 本実施形態の標本形状測定装置は、照明光学系と、観察光学系と、保持部材と、検出素子と、処理装置と、を備え、照明光学系は、面光源と、コンデンサレンズと、所定の照明領域を形成する光学部材と、を有し、観察光学系は、対物レンズと、集光レンズと、マイクロレンズアレイと、を有し、保持部材は標本を保持すると共に、照明光学系と観察光学系との間に配置され、コンデンサレンズよりも面光源側に、光学部材が配置され、観察光学系の瞳

を通過する照明光の領域の面積が、観察光学系の瞳の面積よりも小さくなるように、所定の照明領域が設定され、マイクロレンズアレイは、標本と共役な位置に配置され、検出素子は、観察光学系の瞳と共役な位置に配置され、照明光学系により標本に照射された照明光は、標本に照射され、標本から出射した光は観察光学系に入射し、マイクロレンズアレイによって、複数の光領域が検出素子上に形成され、検出素子は、光領域の各々について、光領域全体の光を受光し、処理装置は、光領域の各々について、光領域の位置を算出し、光領域の各々について、光領域の位置と基準の位置との差を算出し、算出した差から、標本の表面における傾き量を算出することを特徴とする。

[0457] 図37は、本実施形態の標本形状測定装置の構成を示す図である。図31と同じ構成については同じ番号を付し、説明は省略する。

[0458] 標本形状測定装置190は、例えば、正立型顕微鏡であって、照明光学系21と、観察光学系22と、保持部材23と、検出素子24と、処理装置25と、を備える。

[0459] 照明光学系21は、面光源191と、レンズ162と、コンデンサ27とを有する。観察光学系22は、対物レンズ30と、集光レンズ163と、マイクロレンズアレイ164と、を有する。対物レンズ30の内部には、対物レンズの瞳31が位置している。

[0460] 面光源191としては、例えば、ハロゲンランプ、キセノンランプ、水銀ランプ、発光ダイオード（LED）等がある。面光源191から、照明光が出射する。照明光はレンズ162を通過して開口部材29に向かう。

[0461] 開口部材29は、遮光部29aと透過部29bとを有する。標本形状測定装置190では、レンズ162によって、透過部29bの位置に面光源191の像（以下、「光源像191'」という）が形成されている。

[0462] 光源像191'の大きさは、透過部29bの大きさと略同じである。光源像191'の大きさは、透過部29bの大きさよりも大きくても良い。ただし、この場合、光量損失が生じる。光量損失を抑えるためには、光源像191'の大きさは、透過部29bの大きさと略同じか、又は透過部29bの大

きさよりも小さいほうが好ましい。

- [0463] 開口部材 29 は、コンデンサ 27 の瞳位置に配置されている。透過部 29b の位置に光源像 191' が形成されているので、ケーラー照明による照明が行われる。ケーラー照明では、光源像 191' の各点から出射した照明光は、平行光束となって標本 32' に照射される。よって、標本形状測定装置 190 では、標本 32' 全体が照明される。
- [0464] 標本 32' の各点からは、結像光が出射する。結像光の光束径は、標本 32' から出射する光束の開口数でほぼ決まる。標本 32' から出射する光束の開口数が小さくなると、対物レンズ 30 を通過する結像光の光束径は小さくなる。
- [0465] 標本 32' で散乱が発生しないと仮定すると、標本 32' から出射する光束の開口数は、照明光の開口数と見なすことができる。
- [0466] 光源像 191' の大きさが透過部 29b の大きさと略同じである場合、又は、光源像 191' の大きさが透過部 29b の大きさよりも大きい場合、照明光の開口数は、透過部 29b の大きさで決まる。
- [0467] 光源像 191' の大きさが透過部 29b の大きさよりも小さい場合、照明光の開口数は、光源像 191' の大きさで決まる。
- [0468] 標本形状測定装置 190 では、照明光の開口数が対物レンズ 30 の開口数よりも小さくなるように、透過部 29b の大きさ、又は光源像 191' の大きさが設定されている。
- [0469] そのため、標本 32' から出射する光束の開口数は、対物レンズ 30 の開口数よりも小さくなる。その結果、対物レンズの瞳 31 を通過する結像光の光束径は、対物レンズの瞳 31 の大きさよりも小さくなる。
- [0470] 標本形状測定装置 190 では、開口部材 29 は、コンデンサレンズ 28 よりも面光源 191 側に位置している。そして、透過部 29b は、観察光学系 22 の瞳を通過する照明光の領域の面積が、観察光学系 22 の瞳の面積よりも小さくなるように、設定されている。このように、標本形状測定装置 190 では、透過部 29b によって、所定の照明領域が形成されている。よって

、開口部材 29 が、所定の照明領域を形成する光学部材に該当する。

[0471] 標本 32' の各点から出射した結像光は、対物レンズ 30 を通過して、集光レンズ 163 で集光される。集光位置には、マイクロレンズアレイ 164 が配置されている。結像光はマイクロレンズアレイ 164 を通過し、検出素子 24 で受光される。

[0472] 標本形状測定装置 190 では、マイクロレンズアレイ 164 は、標本 32' と共役な位置に配置されている。すなわち、対物レンズ 30 と集光レンズ 163 とによって、標本 32' とマイクロレンズアレイ 164 とが共役になっている。

[0473] また、検出素子 24 は、観察光学系 22 の瞳と共役な位置に配置されている。すなわち、集光レンズ 163 とマイクロレンズアレイ 164 とによって、対物レンズの瞳 31 と検出素子 24 とが共役になっている。

[0474] 結像光は、マイクロレンズアレイ 164 の位置で集光している。よって、結像光は、発散しながら、マイクロレンズアレイ 164 から出射する。その結果、検出素子 24 上に、光領域が形成される。

[0475] マイクロレンズアレイ 164 は、微小なレンズ素子を複数有する。上述のように、標本形状測定装置 190 では、標本 32' は、中心から周辺まで連続的に照明されている。よって、レンズ素子の各々に、結像光が到達する。その結果、検出素子 24 上には、複数の光領域が形成される。

[0476] 軸上結像光は、マイクロレンズアレイ 164 の中央に位置するレンズ素子を通過して、検出素子 24 の中央部に到達する。検出素子 24 の中央部には、軸上結像光による光領域が形成される。

[0477] 軸外結像光は、マイクロレンズアレイ 164 の周辺に位置するレンズ素子を通過して、検出素子 24 の周辺部に到達する。検出素子 24 の周辺部には、軸外結像光による光領域が形成される。

[0478] 上述のように、受光領域は複数の受光素子で構成されているので、ある程度の広さを有する。そのため、標本形状測定装置 190 でも、近接している 2 点から出射した結像光は、共に 1 つの受光領域に入射する。

[0479] ただし、上述のように、標本形状測定装置 190 では、標本 32' は、中心から周辺まで連続的に照明されている。この照明状態は、例えば、図 36 において、集光点 P a と点 P a' とが、同時に照明されている状態と等しい。

[0480] 図 36 で示したように、集光点 P a と点 P a' では、共に、標本 32' の表面に傾斜がない場合、検出素子 24 の中央部に光領域 L A a と光領域 L A a' が形成される。

[0481] 次に、集光点 P a では標本の表面に傾斜がなく、点 P a' では標本の表面に傾斜があるとする。図 38 は、光軸方向から見た 2 つの結像光の位置を示す図である。

[0482] この場合、集光点 P a から出射した軸上結像光は、実線で示すように、受光領域 D A a の中央部に到達する。その結果、受光領域 D A a の中央部に光領域 L A a が形成される。

[0483] 一方、点 P a' から出射した結像光は、点線で示すように、受光領域 D A a の中央部からやや離れた位置に到達する。その結果、受光領域 D A a の中央部からやや離れた位置に光領域 L A a' が形成される。

[0484] 集光点 P a と点 P a' は近接しているため、光領域 L A a' の一部の領域は光領域 L A a と重なっている。しかも、光領域 L A a と光領域 L A a' は、受光領域 D A a 上に、同時に形成されている。そのため、光領域 L A a と光領域 L A a' とを別々に受光することは、空間的にも、時間的にもできない。

[0485] このように、標本形状測定装置 190 では、光領域 L A a と光領域 L A a' とを足し合わせた領域を、1 つの光領域として受光することになる。よって、光領域 L A a 内に位置する受光素子と、光領域 L A a' 内に位置する受光素子とから、光領域の位置を算出することになる。

[0486] 算出された光領域の位置は、集光点 P a における傾きと点 P a' における傾きとが反映されたものである。よって、測定された傾き量は、集光点 P a における傾き量と点 P a' における傾き量とを平均した量になる。また、各

受光素子の受光量の総和も、集光点  $P_a$  における明るさと点  $P_{a'}$  における明るさとを平均した明るさになる。

[0487] 点  $P_{a'}$  は集光点  $P_a$  の近傍に位置し、且つ、受光領域  $DA_a$  に光領域を形成可能な結像光を出射する点である。点  $P_{a'}$  のような点は、点  $P_{a'}$  以外にも無数に存在する。これら無数の点からの結像光も受光領域  $DA_a$  に入射する。

[0488] よって、受光領域  $DA_a$  で得られる傾き量は、これら無数の点における傾き量と集光点  $P_a$  における傾き量とを平均した量になる。また、受光領域  $DA_a$  で得られる標本の明るさは、これら無数の点における明るさと集光点  $P_a$  における明るさとを平均したものになる。

[0489] 図 36 に示す領域  $DA_{a'}$  は、受光領域  $DA_a$  を標本 32' 側に投影したときの像の範囲から決まる領域である。領域  $DA_{a'}$  は、点  $P_{a'}$  のような点が含まれる領域を示しているといえることができる。標本形状測定装置 190 では、領域  $DA_{a'}$  における平均的な傾き量や、領域  $DA_{a'}$  における平均的な明るさが得られる。

[0490] 領域  $DA_{b'}$  や領域  $DA_{c'}$  においても、領域  $DA_{a'}$  と同様に、平均的な傾き量や、平均的な明るさが得られる。領域  $DA_{a'}$ 、 $DA_{b'}$ 、 $DA_{c'}$  の周囲にも、同じような領域が存在する。よって、各領域における傾き量や明るさを 2 次元的に繋ぎ合わせることで、標本の表面における傾き量や標本の明るさが得られる。

[0491] 標本の表面における傾き量や標本の明るさは、領域  $DA_{a'}$ 、 $DA_{b'}$ 、 $DA_{c'}$  ごとに求まる。よって、標本形状測定装置 180 では、標本側における分解能は領域  $DA_{a'}$  の大きさで決まることになる。

[0492] 本実施形態の標本形状測定装置によれば、標本全体について、表面における傾き量の測定や表面形状の測定を、一回の測定で、連続的に行うことができる。

### 産業上の利用可能性

[0493] 以上のように、本発明は、表面の反射率が低く、表面形状が滑らかな標本

であっても、高い精度で標本の表面における傾きや形状を測定できる標本形状測定方法及び標本形状測定装置に適している。

### 符号の説明

- [0494]
- 1 照明光学系
  - 2 観察光学系
  - 3 ステージ
  - 4 遮光部材
    - 4 a 遮光領域
    - 4 b 透過領域
  - 5 コンデンサレンズ
  - 6 対物レンズ
  - 7 絞り
    - 7 a 遮光部
    - 7 b 透過部
    - 7 c 境界線
    - 7 c' 境界線像
  - 8 標本
  - 9 液浸媒質（浸液）
  - 10 光軸
  - 11 観察点
  - 12 面の法線
  - 20 標本形状測定装置
    - 21 照明光学系
    - 22 観察光学系
    - 23 保持部材
    - 24 検出素子
    - 25 処理装置
    - 26 光源

- 27 コンデンサ
- 28 コンデンサレンズ
- 29 開口部材
  - 29a 遮光部
  - 29b 透過部
- 30 対物レンズ
- 31 対物レンズの瞳
- 32、32' 標本
- 33 光軸
- 40、50 標本形状測定装置
  - 41 検出素子
- 51 リレー光学系
- 52、53 レンズ
- 60 標本形状測定装置
  - 61 走査機構
    - 61a 第1のステージ
    - 61b 第2のステージ
    - 61c ベース
  - 62 第1の駆動素子
  - 63 第2の駆動素子
- 70 標本形状測定装置
  - 71 走査機構
    - 71a 第1のミラー（第1のガルバノスキャナのミラー）
    - 71b 第2のミラー（第2のガルバノスキャナのミラー）
  - 72 リレー光学系
    - 72a、72b レンズ
  - 73 ミラー
- 80 標本

90 標本形状測定装置

91 絞り

100 面

110、120 照明光学系

111 レンズ

121 光ファイバ

122 出射端

130、140 開口部材

131、141 第1の遮光部

132、142 第2の遮光部

133、143 透過部

150 標本形状測定装置

151 開口部材

151a1、151a2 遮光部

151b 透過部

152 遮光部の像

153 透過部の像

154 透過部の像の外縁

155 透過部の像の内縁（開口部材の像の内縁）

160 標本形状測定装置

161 光出射点群

161a 光出射点

161aa 軸上の光出射点

161ab 軸外の光出射点

162 レンズ

163 集光レンズ

164 マイクロレンズアレイ

165a、165b、165c レンズ素子

1 6 6 a、1 6 6 b、1 6 6 c 光出射点の像

1 6 7 a、1 6 7 b、1 6 7 c 結像光

1 6 8 b、1 6 8 c 部分領域

1 6 9 a、1 6 9 b、1 6 9 c 光出射点の像

1 7 0 a、1 7 0 b、1 7 0 c 結像光

1 8 0 標本形状測定装置

1 8 1 走査機構

1 9 0 標本形状測定装置

1 9 1 面光源（光源像）

1 9 1' 面光源の像

$L_{IL1}$ 、 $L_{IL2}$ 、 $L_{IL3}$  照明光

$L_{IM1}$ 、 結像光

F P 合焦位置

$L_{L1}$ 、 $L_{L2}$ 、 $L_{L3}$  光線

$L_{NON}$  非回折光

$L_{DEF}$  回折光

$L_{ILO0C}$ 、 $L_{IL1C}$ 、 $L_{IL2C}$  中心光線

$L_{IM0C}$ 、 $L_{IM1C}$ 、 $L_{IM2C}$  中心光線

I P 集光位置

$IM_{S1}$ 、 $IM_{S2}$  標本の像

$OP_0$ 、 $OP_1$ 、 $OP_2$  開口

$P_{OP0}$ 、 $P_{OP1}$ 、 $P_{OP2}$  位置

$LAa$ 、 $LAb$ 、 $LAc$  光領域

$DAa$ 、 $DAb$ 、 $DAc$  受光領域

$DAa'$ 、 $DAb'$ 、 $DAc'$  領域

$Pa$ 、 $Pb$  集光点

$Pa'$  点

## 請求の範囲

- [請求項1] 所定の照明領域を通過する照明光を準備するステップと、  
前記照明光を標本に照射するステップと、  
所定の処理ステップと、を有し、  
観察光学系の瞳を通過する前記照明光の領域の面積が、前記観察光学系の瞳の面積よりも小さくなるように、前記所定の照明領域が設定され、  
前記照明光は前記標本を透過し、  
前記標本から出射した光は前記観察光学系に入射し、  
前記所定の処理ステップは、  
前記観察光学系から出射した光を受光するステップと、  
前記受光した光から前記所定の照明領域の像の位置を算出するステップと、  
前記所定の照明領域の像の位置と基準の位置との差を算出するステップと、  
前記算出した差から、前記標本の表面における傾き量を算出するステップと、を有することを特徴とする標本形状測定方法。
- [請求項2] 前記標本が存在していない状態で、前記観察光学系から出射した光を受光し、  
受光した光から前記所定の照明領域の像の位置を算出し、  
算出した位置を前記基準の位置とすることを特徴とする請求項1に記載の標本形状測定方法。
- [請求項3] 前記照明光を標本に照射するステップよりも前に、前記基準の位置を設定するステップを有することを特徴とする請求項1又は2に記載の標本形状測定方法。
- [請求項4] 最初の標本の測定を行う前に、前記基準の位置を設定するステップを実行することを特徴とする請求項3に記載の標本形状測定方法。
- [請求項5] 前記基準の位置を予め記憶しておき、

最初の標本の測定を行う前に、記憶しておいた前記基準の位置を読み出して、前記基準の位置を設定することを特徴とする請求項 3 に記載の標本形状測定方法。

[請求項6] 前記受光は、前記観察光学系の瞳位置で行われることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の標本形状測定方法。

[請求項7] 前記受光は、前記観察光学系の瞳と共役な位置で行われることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の標本形状測定方法。

[請求項8] 前記光軸と直交する面内で、前記照明光と前記標本とを相対的に移動させるステップを有することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の標本形状測定方法。

[請求項9] 前記照明光と前記標本との相対的な移動は、前記標本の移動によって行われることを特徴とする請求項 8 に記載の標本形状測定方法。

[請求項10] 前記照明光と前記標本との相対的な移動は、前記照明光の移動によって行われることを特徴とする請求項 8 に記載の標本形状測定方法。

[請求項11] 前記相対的に移動するステップで取得した複数の前記傾き量から、前記標本の形状を計算し、前記計算した形状から前記標本の形状を画像化するステップを有することを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の標本形状測定方法。

[請求項12] 予め求めておいた対応関係に基づいて前記傾き量を算出することを特徴とする請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の標本形状測定方法。

[請求項13] 前記対応関係は、前記所定の照明領域の像の位置と前記傾き量とをパラメータとするルックアップテーブルで表わされていることを特徴とする請求項 12 に記載の標本形状測定方法。

[請求項14] 前記標本が存在していない状態での前記所定の照明領域の像の大きさと、前記標本が存在している状態での前記所定の照明領域の像の大きさと、の比から補正係数を求め、

前記補正係数を用いて、前記ルックアップテーブルのデータを補正

することを特徴とする請求項 13 に記載の標本形状測定方法。

[請求項15] 前記対応関係は、前記所定の照明領域の像の位置と前記傾き量とをパラメータとする式で表わされていることを特徴とする請求項 12 に記載の標本形状測定方法。

[請求項16] 前記標本が存在していない状態での前記所定の照明領域の像の大きさと、前記標本が存在している状態での前記所定の照明領域の像の大きさと、の比から補正係数を求め、

前記補正係数を用いて、前記所定の照明領域の像の位置と前記傾き量とをパラメータとする式を補正することを特徴とする請求項 15 に記載の標本形状測定方法。

[請求項17] 前記標本が存在している状態での前記所定の照明領域の像の大きさが、前記標本が存在していない状態での前記所定の照明領域の像の大きさと一致するように、前記光軸に沿って前記標本の位置を調整することを特徴とする請求項 1 から 16 のいずれか一項に記載の標本形状測定方法。

[請求項18] 前記所定の照明領域の境界は、凸部又は凹部を有し、

前記凸部又は前記凹部は、90度以下の角度で交わる2つの直線で形成された境界を有していることを特徴とする請求項 17 に記載の標本形状測定方法。

[請求項19] 以下の条件式(1)を満足することを特徴とする請求項 1 から 18 のいずれか一項に記載の標本形状測定方法。

$$0 < \sigma < 0.9 \quad (1)$$

ただし、

$$\sigma = N A_{ill} / N A_{ob}$$

で表わされ、

$N A_{ill}$ は、前記所定の領域を通過した照明光の開口数、

$N A_{ob}$ は、前記観察光学系の標本側の開口数、

である。

[請求項20] 前記所定の照明領域の形状と前記所定の照明領域の面積の少なくと

も一方が可変であることを特徴とする請求項 1 から 19 のいずれか一項に記載の標本形状測定方法。

[請求項21] 前記所定の照明領域の形状は、前記光軸に対して軸対称であることを特徴とする請求項 1 から 20 のいずれか一項に記載の標本形状測定方法。

[請求項22] 前記照明光の光量分布は、前記光軸に対して軸対称であることを特徴とする請求項 1 から 21 のいずれか一項に記載の標本形状測定方法。

[請求項23] 前記照明光の光量分布は、前記光軸から離れるにしたがって光量が少なくなることを特徴とする請求項 1 から 21 のいずれか一項に記載の標本形状測定方法。

[請求項24] 前記照明光は単色光、又は白色光の波長域よりも狭い波長域の光であることを特徴とする請求項 1 から 23 のいずれか一項に記載の標本形状測定方法。

[請求項25] 前記観察光学系の焦点深度内からの光のみを受光することを特徴とする請求項 1 から 24 のいずれか一項に記載の標本形状測定方法。

[請求項26] 前記観察光学系の倍率が可変であることを特徴とする請求項 1 から 25 のいずれか一項に記載の標本形状測定方法。

[請求項27] 前記観察光学系から出射した光のうち、周辺部の光の光量を求めることを特徴とする請求項 1 から 26 のいずれか一項に記載の標本形状測定方法。

[請求項28] 前記光軸に沿って、前記観察光学系と前記標本とを相対的に移動させるステップを備えることを特徴とする請求項 1 から 27 のいずれか一項に記載の標本形状測定方法。

[請求項29] 前記所定の照明領域を複数有することを特徴とする請求項 1 から 28 のいずれか一項に記載の標本形状測定方法。

[請求項30] 前記観察光学系は像側にテレセントリックな光学系であることを特徴とする請求項 1 から 29 のいずれか一項に記載の標本観察方法。

- [請求項31] 前記照明光学系は射出側にテレセントリックな光学系であることを特徴とする請求項1から30のいずれか一項に記載の標本観察方法。
- [請求項32] 前記観察光学系から出射した光の全光量を算出することを特徴とする請求項1から31のいずれか一項に記載の標本形状測定方法。
- [請求項33] 照明光学系と、観察光学系と、保持部材と、検出素子と、処理装置と、を備え、  
前記照明光学系は、光源と、コンデンサレンズと、所定の照明領域を形成する光学部材と、を有し、  
前記観察光学系は、対物レンズを有し、  
前記保持部材は標本を保持すると共に、前記照明光学系と前記観察光学系との間に配置され、  
前記コンデンサレンズよりも前記光源側に、前記光学部材が配置され、  
前記観察光学系の瞳を通過する照明光の領域の面積が、前記観察光学系の瞳の面積よりも小さくなるように、前記所定の照明領域が設定され、  
前記照明光学系により前記標本に照射された照明光は、前記標本を透過し、  
前記標本から出射した光は前記観察光学系に入射し、  
前記検出素子は、前記観察光学系から出射した光を受光し、  
前記処理装置は、  
前記受光した光から前記所定の照明領域の像の位置を算出し、  
前記所定の照明領域の像の位置と基準の位置との差を算出し、  
前記算出した差から、前記標本の表面における傾き量を算出することを特徴とする標本形状測定装置。
- [請求項34] 前記検出素子は、複数の受光面で構成されていることを特徴とする請求項33に記載の標本形状測定装置。
- [請求項35] 前記検出素子は、単一の受光面と複数の出力端子とで構成されてい

ることを特徴とする請求項 33 に記載の標本形状測定装置。

[請求項36] 前記検出素子は、前記観察光学系の瞳位置に配置されていることを特徴とする請求項 33 から 35 のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。

[請求項37] 前記検出素子は、前記観察光学系の瞳と共役な位置に配置されていることを特徴とする請求項 33 から 35 のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。

[請求項38] 前記光軸と直交する面内で、前記照明光と前記保持部材とを相対的に移動させる走査機構を有することを特徴とする請求項 33 から 37 のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。

[請求項39] 前記走査機構は、前記保持部材を移動させる駆動装置を有することを特徴とする請求項 38 に記載の標本形状測定装置。

[請求項40] 前記走査機構は、前記照明光を移動させる駆動装置を有することを特徴とする請求項 38 に記載の標本形状測定装置。

[請求項41] 前記処理装置は、前記相対的な移動によって取得した複数の前記傾き量から、標本の形状を計算し、前記計算した形状から前記標本の形状を画像化する画像化回路を有することを特徴とする請求項 33 から 40 のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。

[請求項42] 予め求めておいた対応関係に基づいて前記傾き量を算出することを特徴とする請求項 33 から 41 のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。

[請求項43] 前記処理装置は、前記所定の照明領域の像の位置と前記傾き量とをパラメータとするルックアップテーブルを有し、

前記ルックアップテーブルを用いて前記傾き量を算出することを特徴とする請求項 42 に記載の標本形状測定装置。

[請求項44] 前記標本が存在していない状態での前記所定の照明領域の像の大きさと、前記標本が存在している状態での前記所定の照明領域の像の大きさと、の比から補正係数を求め、

前記補正係数を用いて、前記ルックアップテーブルのデータを補正することを特徴とする請求項 4 3 に記載の標本形状測定装置。

[請求項45] 前記処理装置は、前記所定の照明領域の像の位置と前記傾き量とをパラメータとする式を有することを特徴とする請求項 4 2 に記載の標本形状測定装置。

[請求項46] 前記標本が存在していない状態での前記所定の照明領域の像の大きさと、前記標本が存在している状態での前記所定の照明領域の像の大きさと、の比から補正係数を求め、

前記補正係数を用いて、前記所定の照明領域の像の位置と前記傾き量とをパラメータとする式を補正することを特徴とする請求項 4 5 に記載の標本形状測定装置。

[請求項47] 前記標本が存在している状態での前記所定の照明領域の像の大きさが、前記標本が存在していない状態での前記所定の照明領域の像の大きさと一致するように、前記光軸に沿って前記保持部材の位置を調整することを特徴とする請求項 3 3 から 4 6 のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。

[請求項48] 前記所定の照明領域の境界は、凸部又は凹部を有し、

前記凸部又は前記凹部は、90度以下の角度で交わる2つの直線で形成された境界を有していることを特徴とする請求項 4 7 に記載の標本形状測定装置。

[請求項49] 以下の条件式 (1) を満足することを特徴とする請求項 3 3 から 4 8 のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。

$$0 < \sigma < 0.9 \quad (1)$$

ただし、

$$\sigma = N A_{ill} / N A_{ob}$$

$N A_{ill}$  は、前記所定の領域を通過した照明光の開口数、

$N A_{ob}$  は、前記観察光学系の標本側の開口数、

である。

- [請求項50] 前記所定の照明領域の形状と前記所定の照明領域の面積の少なくとも一方が可変であることを特徴とする請求項33から49のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。
- [請求項51] 前記所定の照明領域の形状は、前記光軸に対して軸対称であることを特徴とする請求項33から50のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。
- [請求項52] 前記照明光の光量分布は、前記光軸に対して軸対称であることを特徴とする請求項33から51のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。
- [請求項53] 前記照明光の光量分布は、前記光軸から離れるにしたがって光量が少なくなることを特徴とする請求項33から52のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。
- [請求項54] 前記照明光は単色光、又は白色光の波長域よりも狭い波長域の光であることを特徴とする請求項33から53のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。
- [請求項55] 前記観察光学系の焦点深度内からの光のみを受光することを特徴とする請求項33から54のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。
- [請求項56] 前記観察光学系の倍率が可変であることを特徴とする請求項33から55のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。
- [請求項57] 前記観察光学系から出射した光のうち、周辺部の光の光量を求めることを特徴とする請求項33から56のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。
- [請求項58] 前記光軸に沿って、前記観察光学系と前記保持部材とを相対的に移動させる駆動機構を備えることを特徴とする請求項33から57のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。
- [請求項59] 前記所定の照明領域を複数有することを特徴とする請求項33から58のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。
- [請求項60] 前記観察光学系は像側にテレセントリックな光学系であることを特

徴とする請求項 33 から 59 のいずれか一項に記載の標本観察装置。

[請求項61] 前記照明光学系は射出側にテレセントリックな光学系であることを特徴とする請求項 33 から 60 のいずれか一項に記載の標本観察装置。

[請求項62] 前記観察光学系から出射した光の全光量を算出することを特徴とする請求項 33 から 61 のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。

[請求項63] 前記照明光学系は、前記光源と前記コンデンサレンズとの間に、前記光学部材を有し、

前記光学部材は、レンズで構成されていることを特徴とする請求項 33 から 62 のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。

[請求項64] 前記光源は、レーザ光源であり、

前記照明光学系は、前記光源と前記光学部材との間に、光ファイバを有することを特徴とする請求項 63 に記載の標本形状測定装置。

[請求項65] 照明光学系と、観察光学系と、保持部材と、検出素子と、処理装置と、を備え、

前記照明光学系は、光源と、コンデンサレンズと、所定の照明領域を形成する光学部材と、を有し、

前記観察光学系は、対物レンズを有し、

前記保持部材は標本を保持すると共に、前記照明光学系と前記観察光学系との間に配置され、

前記検出素子は、前記観察光学系の瞳位置、又は、前記観察光学系の瞳位置と共役な位置に配置され、

前記コンデンサレンズよりも前記光源側に、前記光学部材が配置され、

前記所定の照明領域は、前記照明光学系の瞳位置にて光軸を含まないように設定されると共に、前記照明光が前記観察光学系の瞳位置にて該瞳の内側の一部分と該瞳の外縁に照射されるように設定され、

前記照明光学系により標本に照射された照明光は、前記標本を透過

し、

前記標本から出射した光は前記観察光学系に入射し、

前記検出素子は、前記観察光学系から出射した光を受光し、

前記処理装置は、

前記受光した光に基づく光量を求め、

前記光量と基準の光量との差又は比を算出し、

前記差又は比から、標本の表面における傾き量を算出することを特徴とする標本形状測定装置。

[請求項66] 前記照明光学系は、前記標本と共役な位置に、光出射点群を有し、  
前記光出射点群は、光出射点を複数有し、  
前記光出射点は、各々、離散的に位置し、  
前記観察光学系は、集光レンズと、マイクロレンズアレイと、を有し、

マイクロレンズアレイは、前記標本と共役な位置に配置され、

前記検出素子は、前記観察光学系の瞳と共役な位置に配置されていることを特徴とする請求項33に記載の標本形状測定装置。

[請求項67] 前記光出射点は、微小な開口であることを特徴とする請求項66に記載の標本形状測定装置。

[請求項68] 前記光出射点は、微小な発光部であることを特徴とする請求項66に記載の標本形状測定装置。

[請求項69] 前記マイクロレンズアレイは、複数のレンズ素子を有し、  
前記レンズ素子の位置に、前記光出射点の像が形成され、  
前記光出射点の前記像の大きさは、前記レンズ素子の大きさよりも小さいことを特徴とする請求項66に記載の標本形状測定装置。

[請求項70] 光軸と直交する面内で、前記保持部材を移動させることを特徴とする請求項66から69のいずれか一項に記載の標本形状測定装置。

[請求項71] 前記光出射点群から出射する前記照明光の位置を変化させることを特徴とする請求項66に記載の標本形状測定装置。

[請求項72]        照明光学系と、観察光学系と、保持部材と、検出素子と、処理装置と、を備え、

      前記照明光学系は、面光源と、コンデンサレンズと、所定の照明領域を形成する光学部材と、を有し、

      前記観察光学系は、対物レンズと、集光レンズと、マイクロレンズアレイと、を有し、

      前記保持部材は標本を保持すると共に、前記照明光学系と前記観察光学系との間に配置され、

      前記コンデンサレンズよりも前記面光源側に、前記光学部材が配置され、

      前記観察光学系の瞳を通過する照明光の領域の面積が、前記観察光学系の瞳の面積よりも小さくなるように、前記所定の照明領域が設定され、

      前記マイクロレンズアレイは、前記標本と共役な位置に配置され、

      前記検出素子は、前記観察光学系の瞳と共役な位置に配置され、

      前記照明光学系により前記標本に照射された照明光は、前記標本に照射され、

      前記標本から出射した光は前記観察光学系に入射し、

      前記マイクロレンズアレイによって、複数の光領域が前記検出素子上に形成され、

      前記検出素子は、前記光領域の各々について、前記光領域全体の光を受光し、

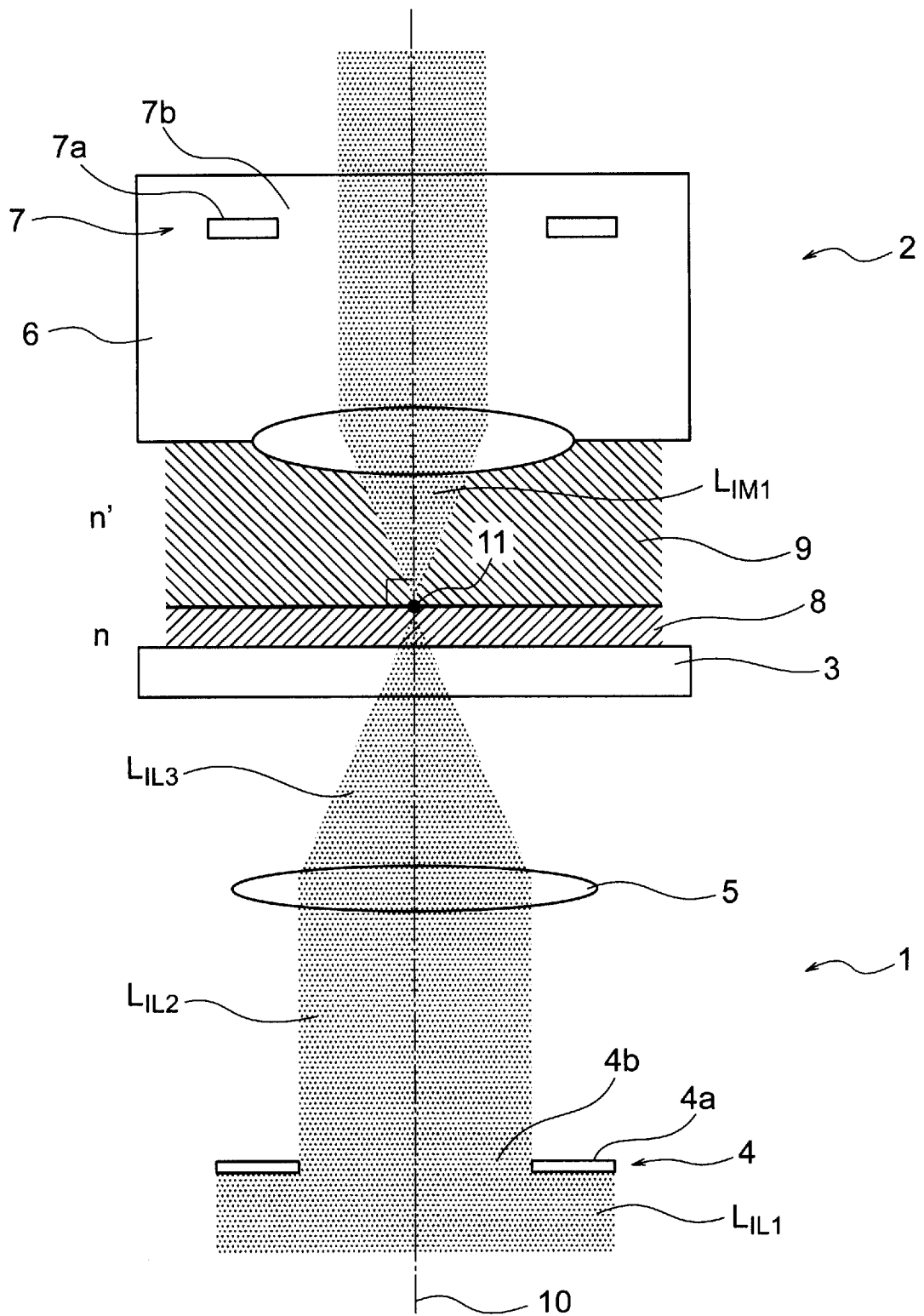
      前記処理装置は、

      前記光領域の各々について、前記光領域の位置を算出し、

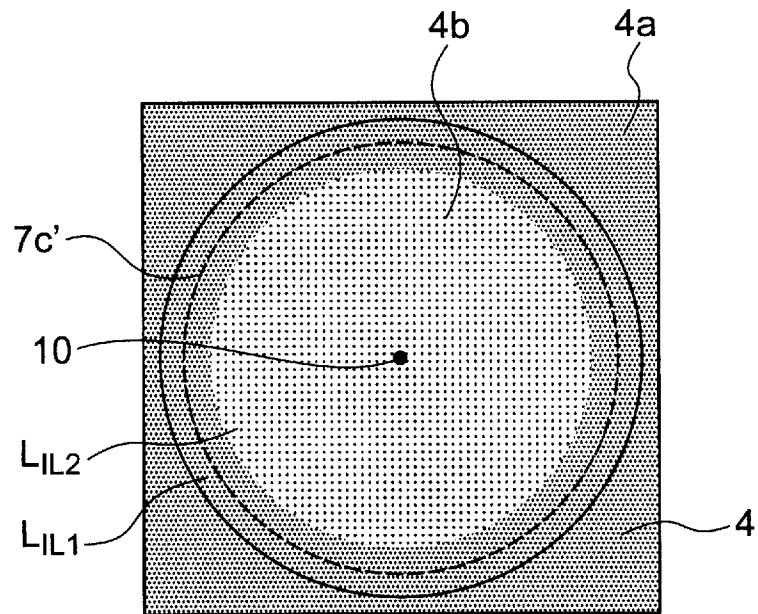
      前記光領域の各々について、前記光領域の位置と基準の位置との差を算出し、

      前記算出した差から、前記標本の表面における傾き量を算出することを特徴とする標本形状測定装置。

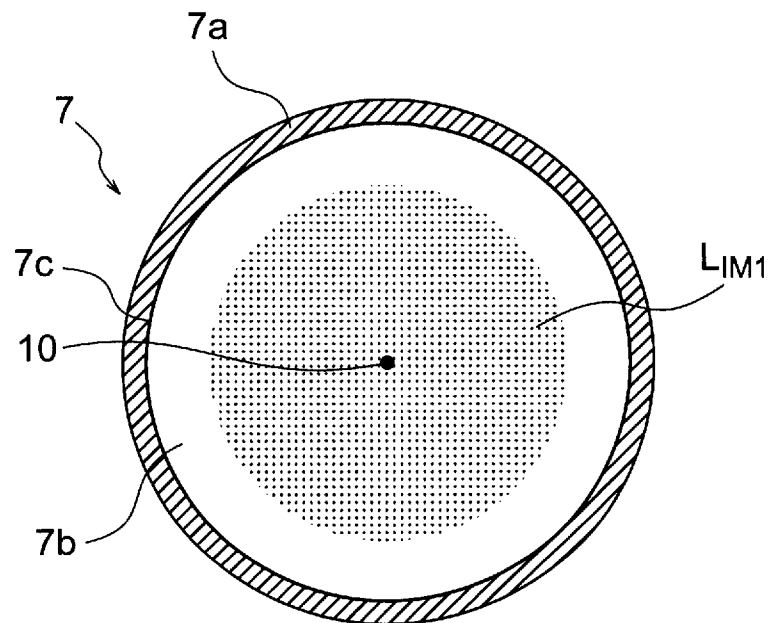
[図1]



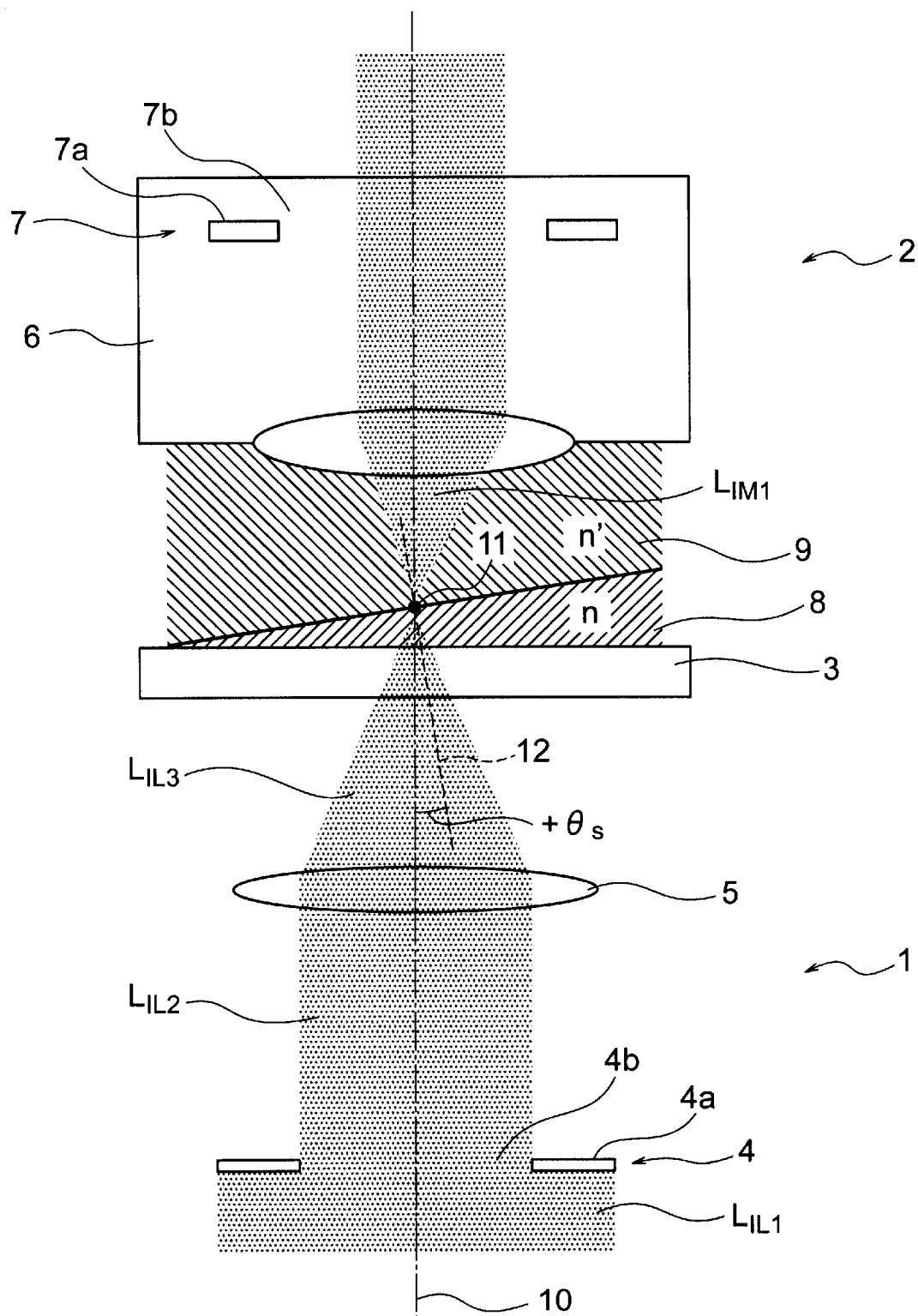
[図2A]



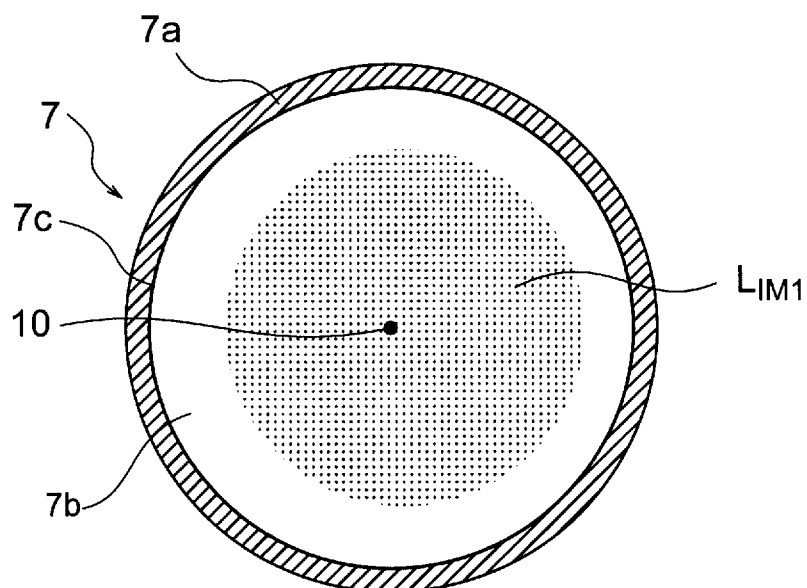
[図2B]



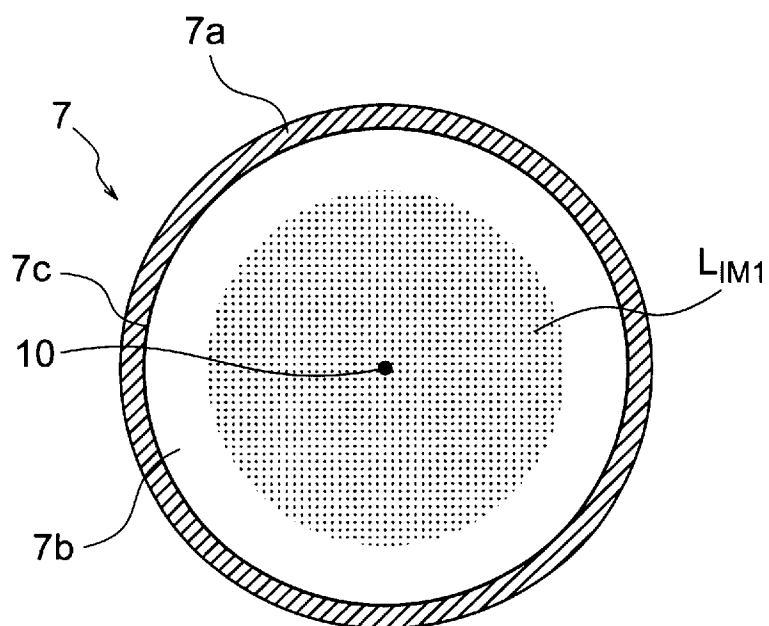
[図3]



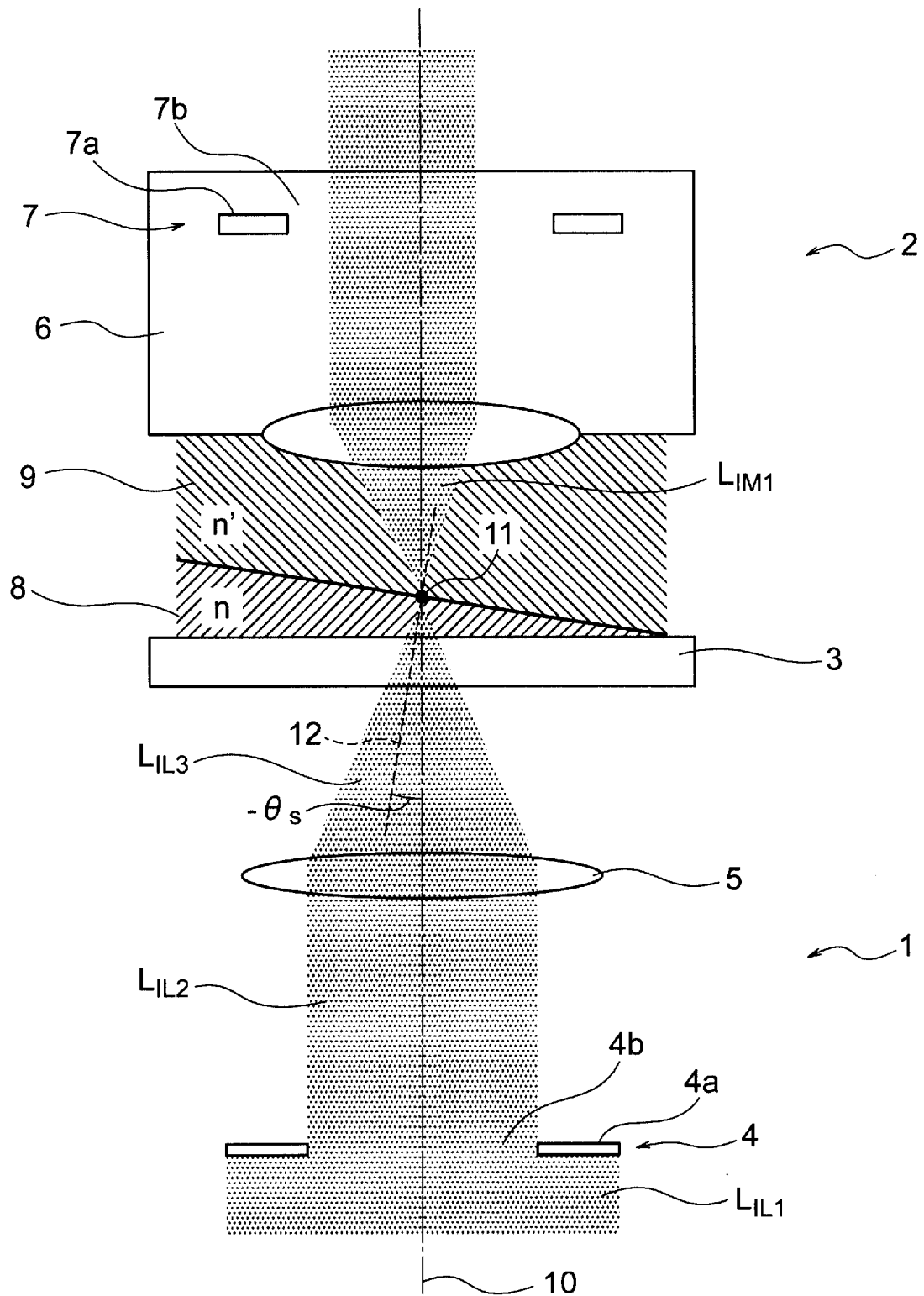
[図4A]



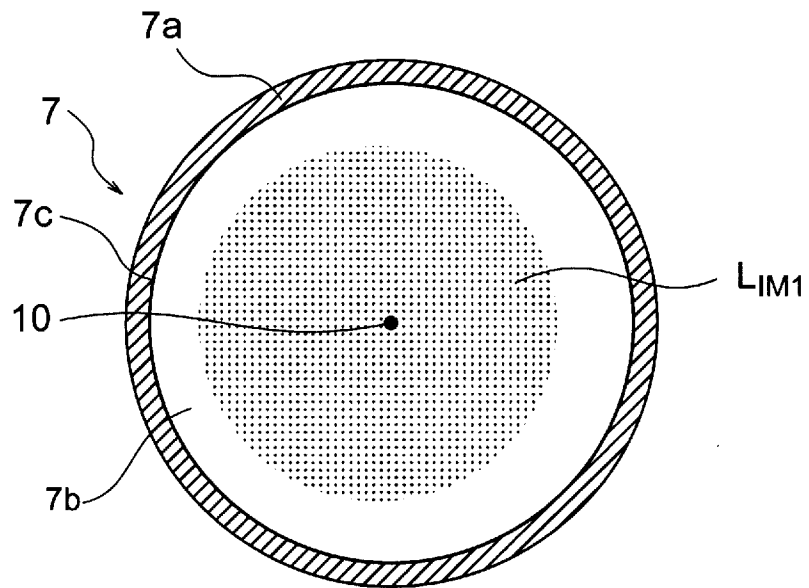
[図4B]



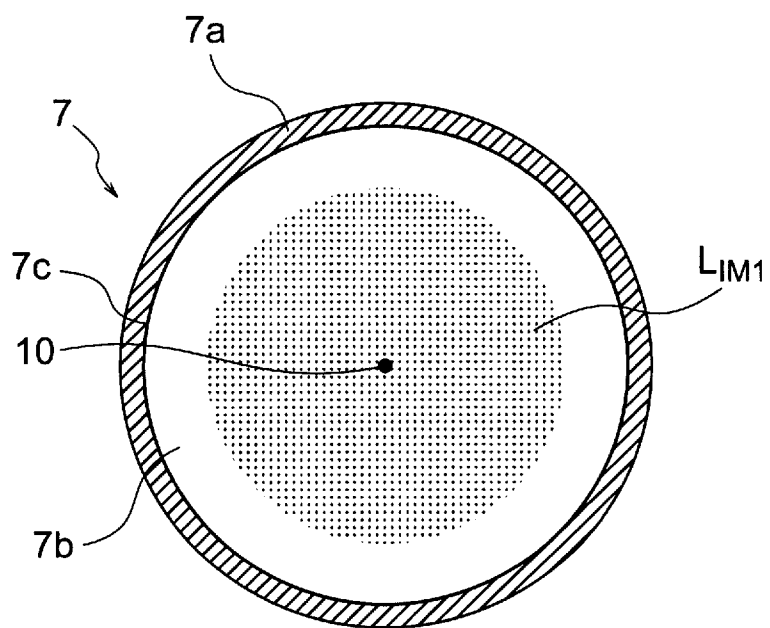
[図5]



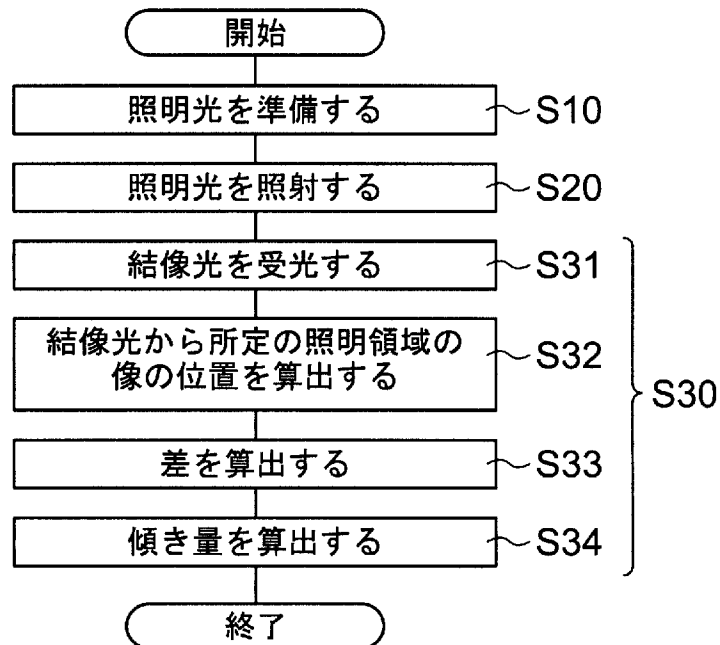
[図6A]



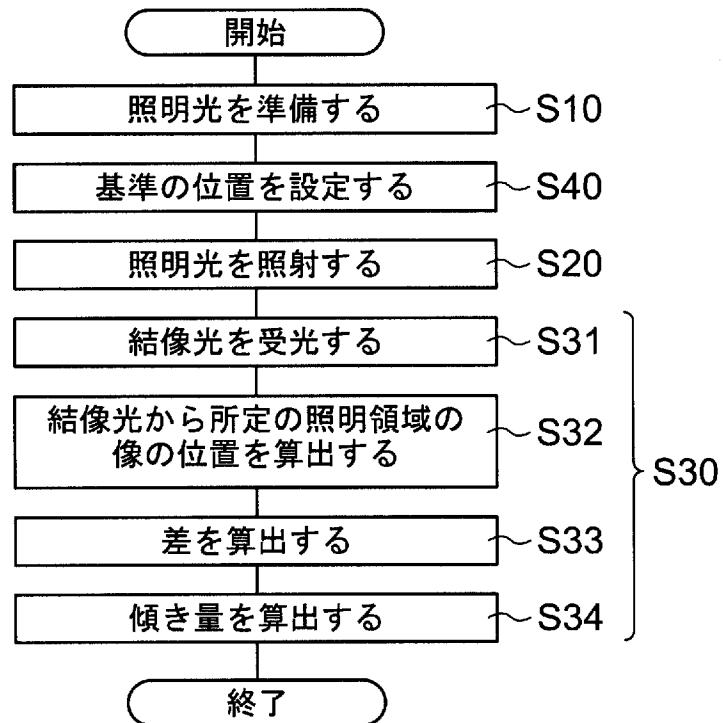
[図6B]



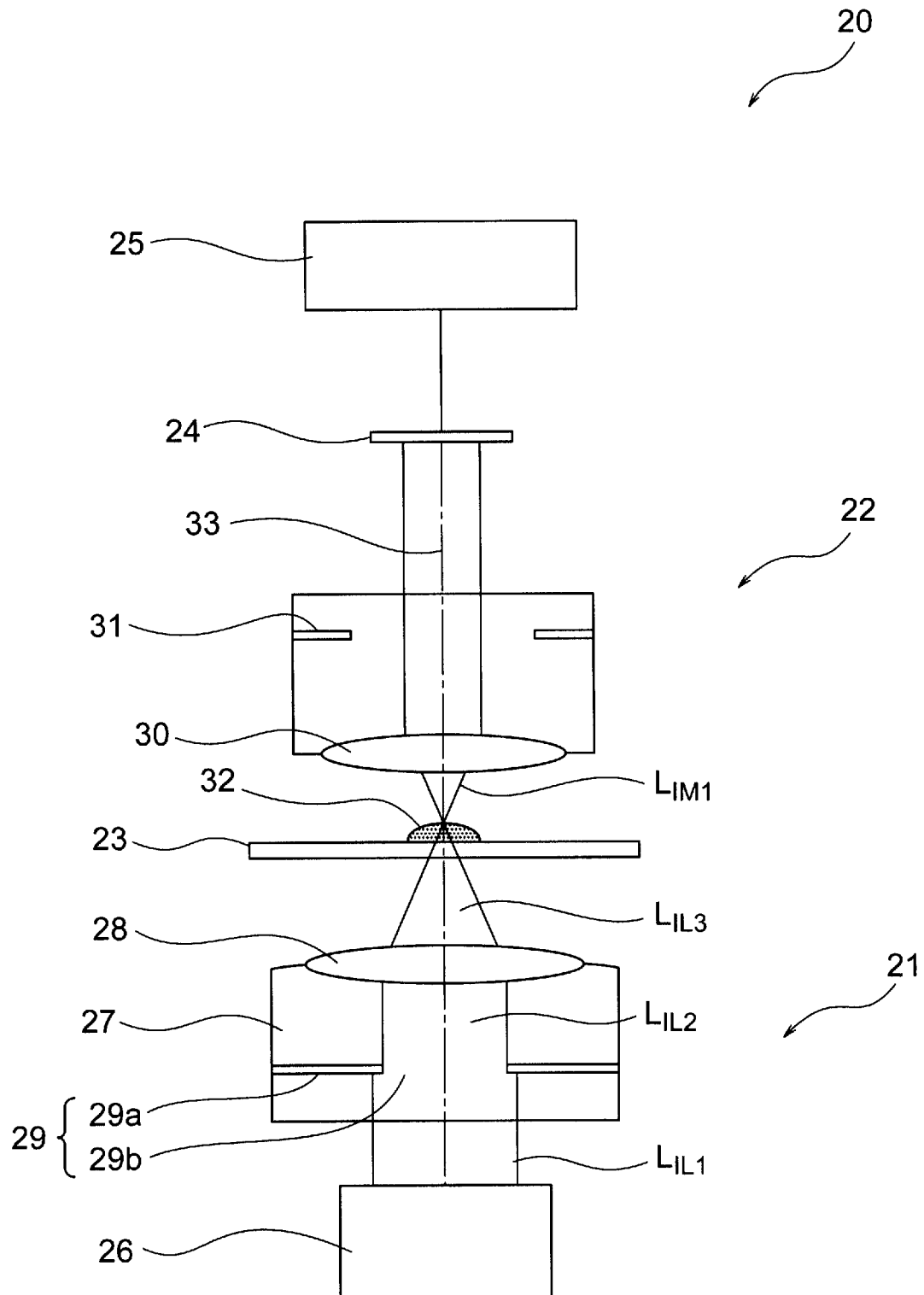
[図7]



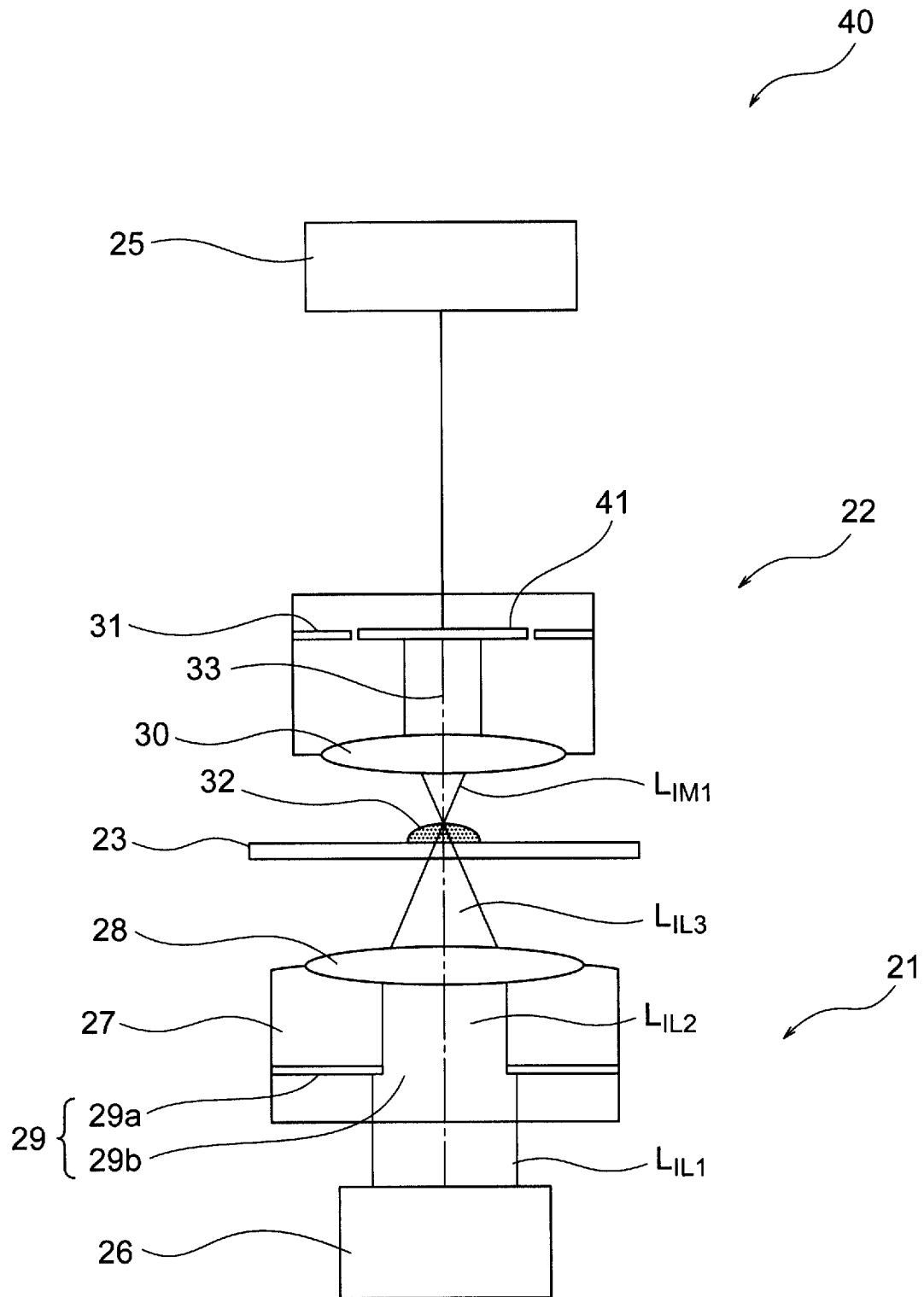
[図8]



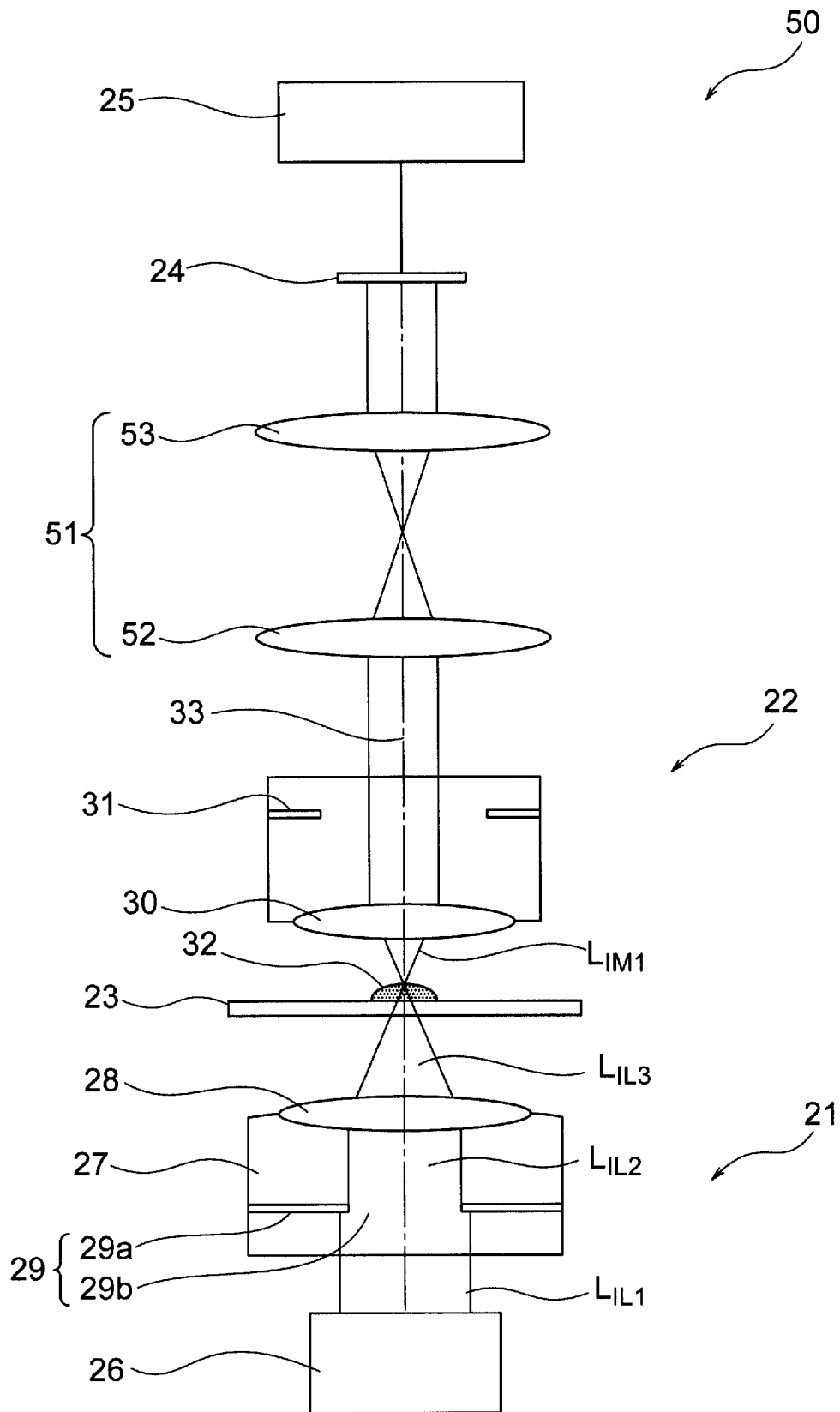
[図9]



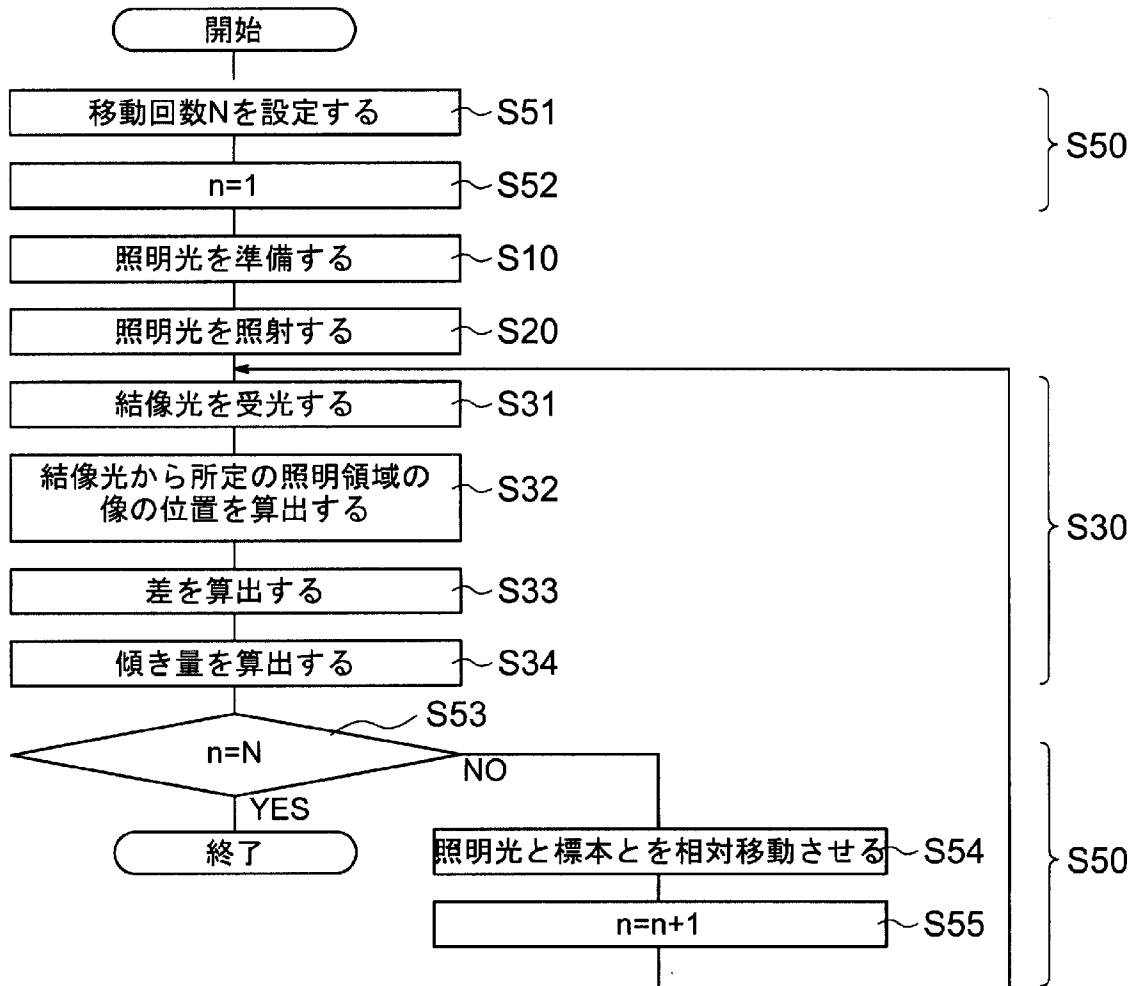
[図10]



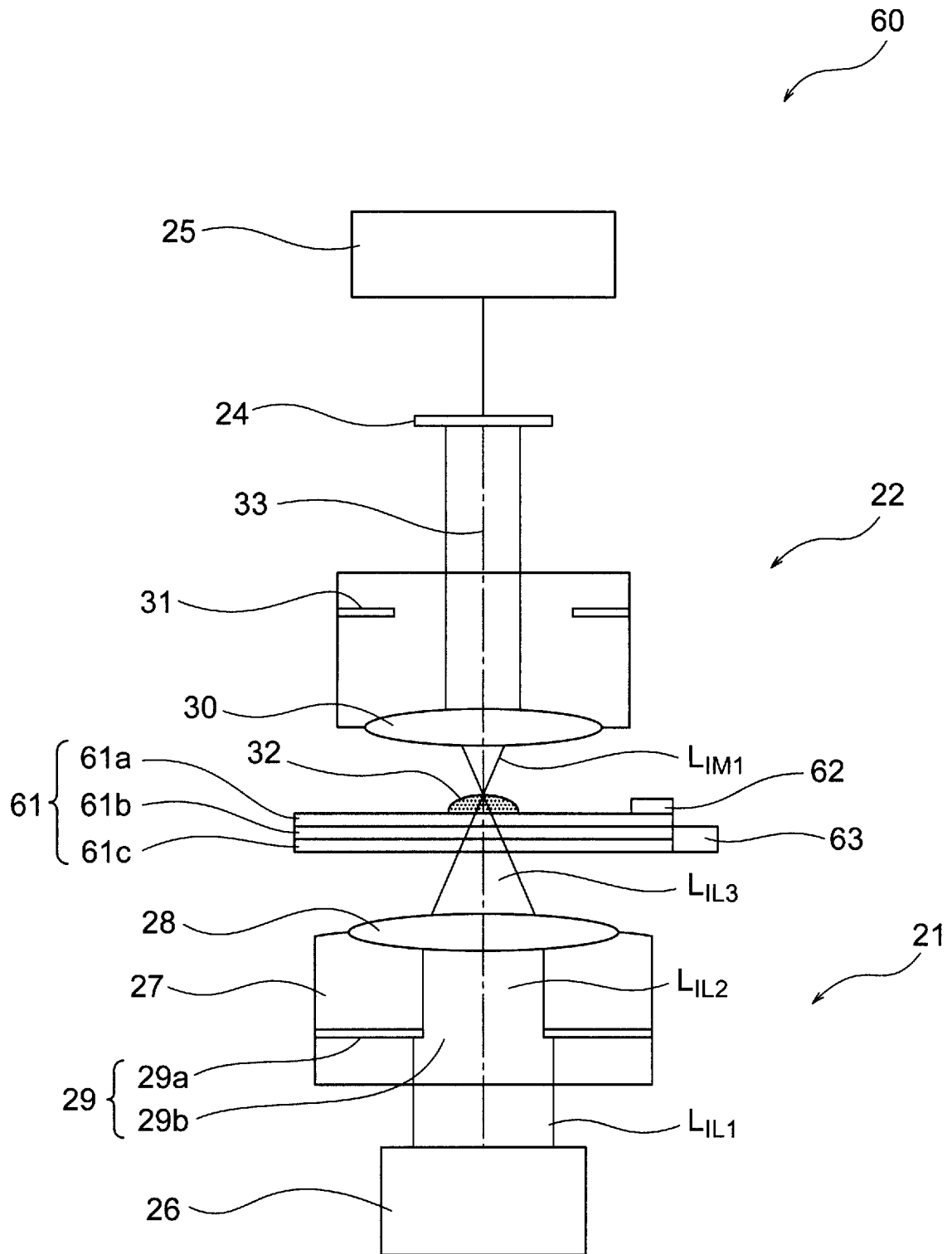
[図11]



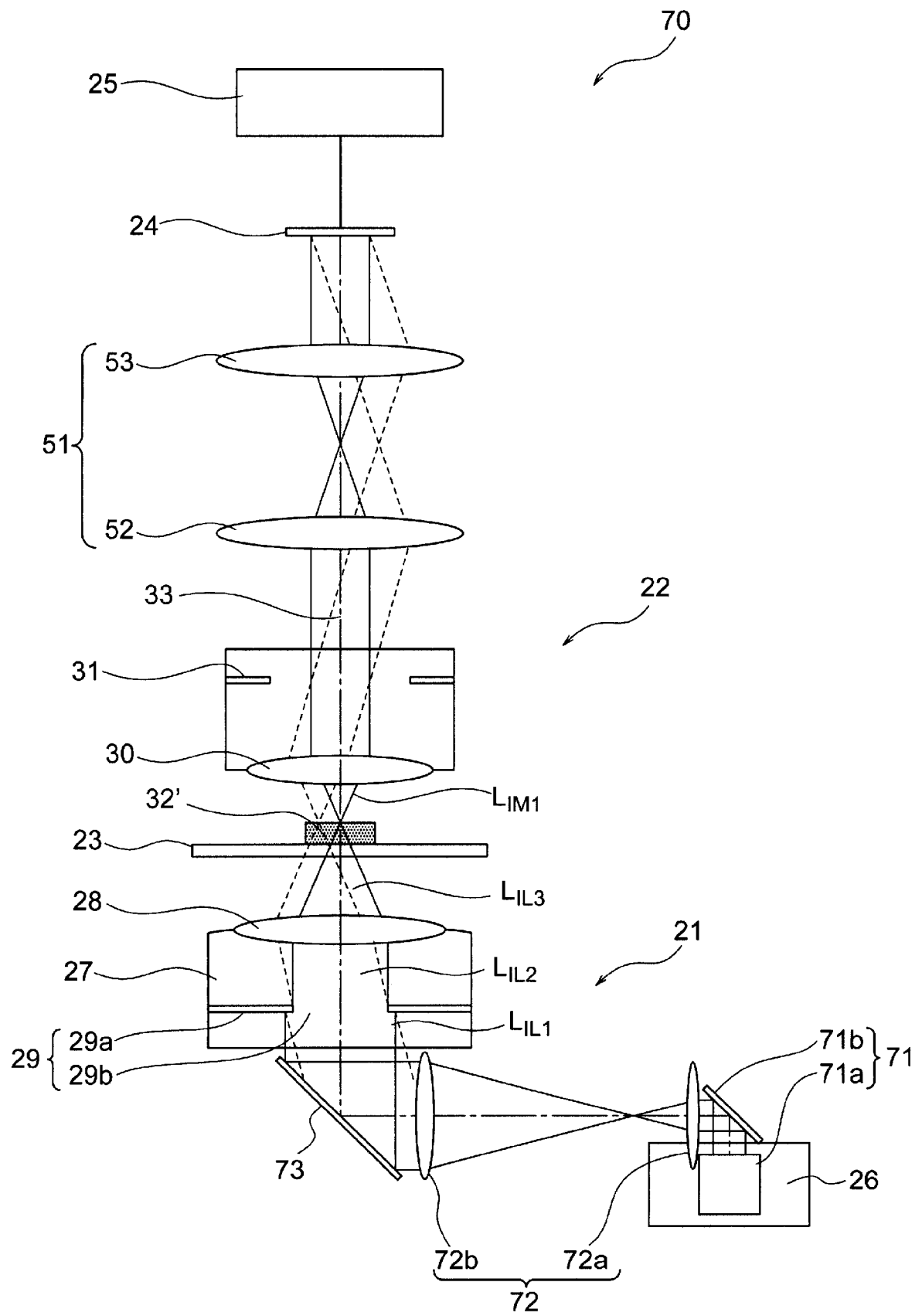
[図12]



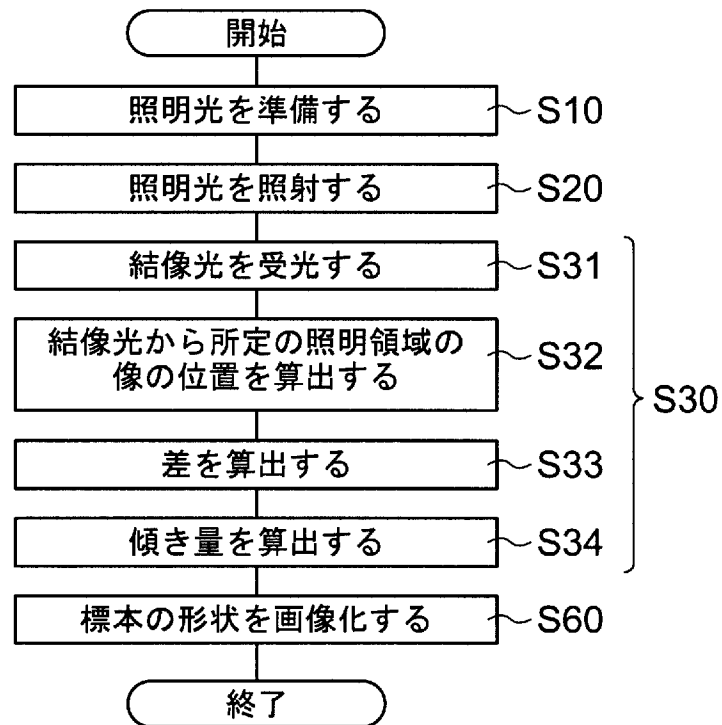
[図13]



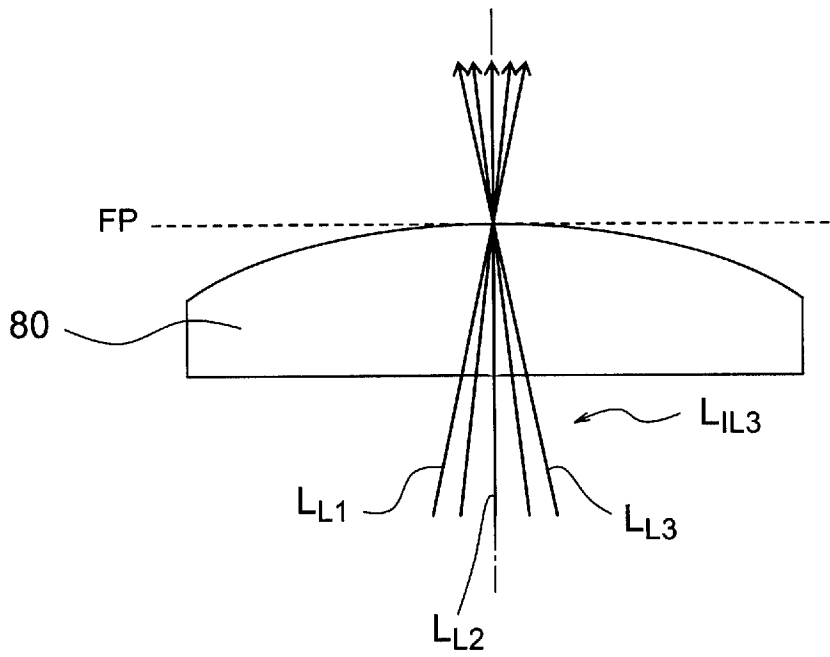
[図14]



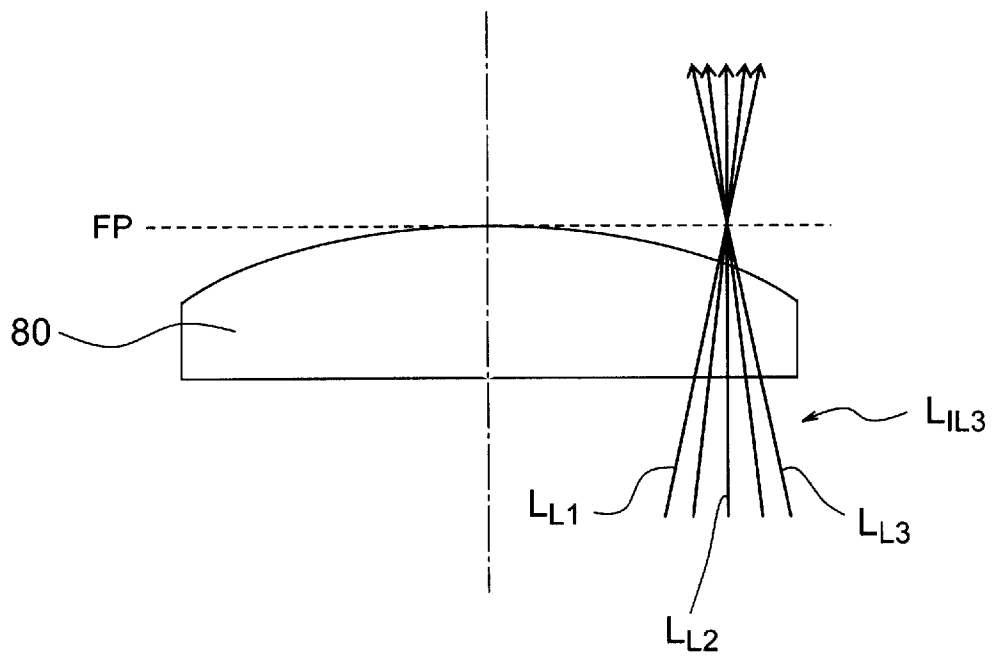
[図15]



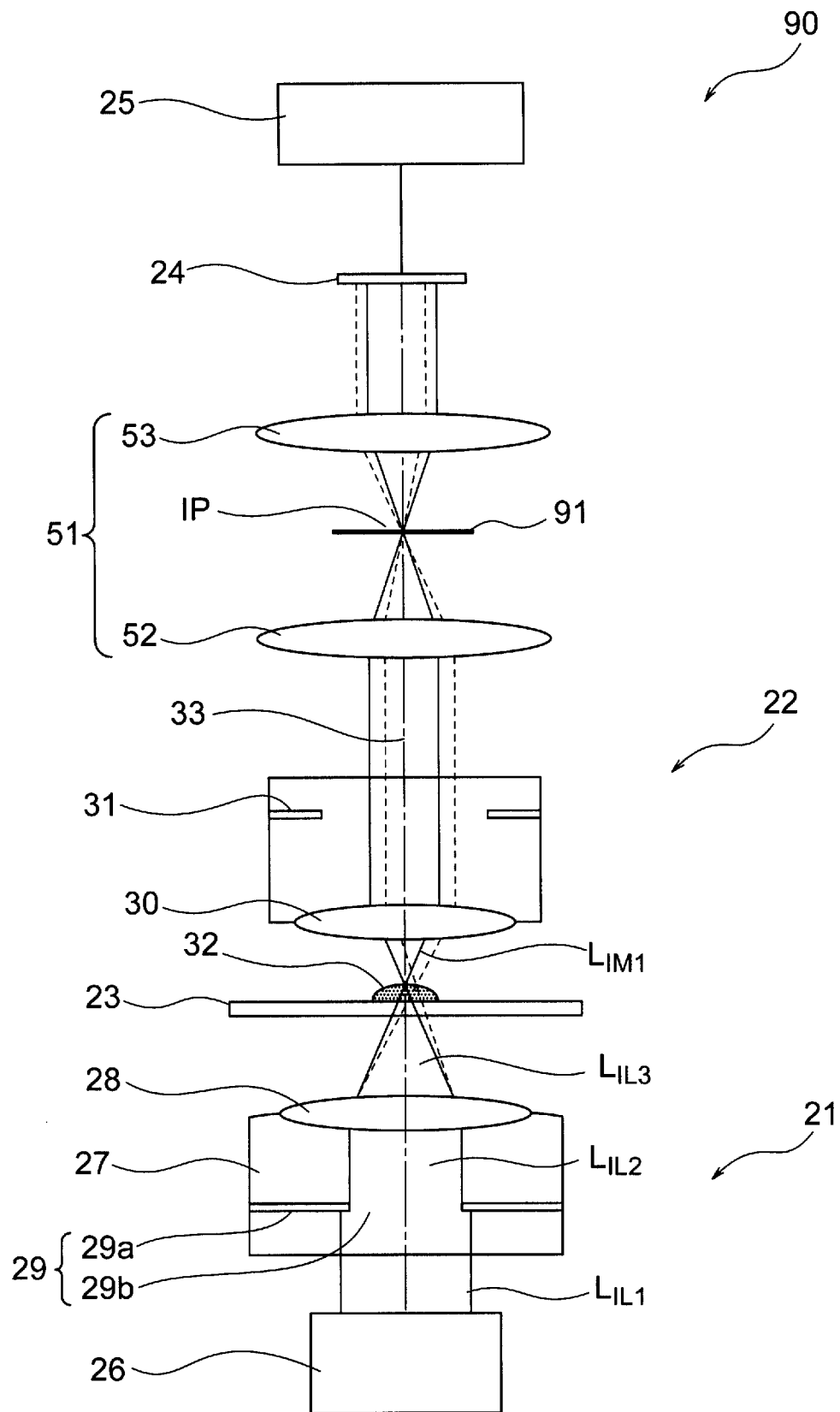
[図16A]



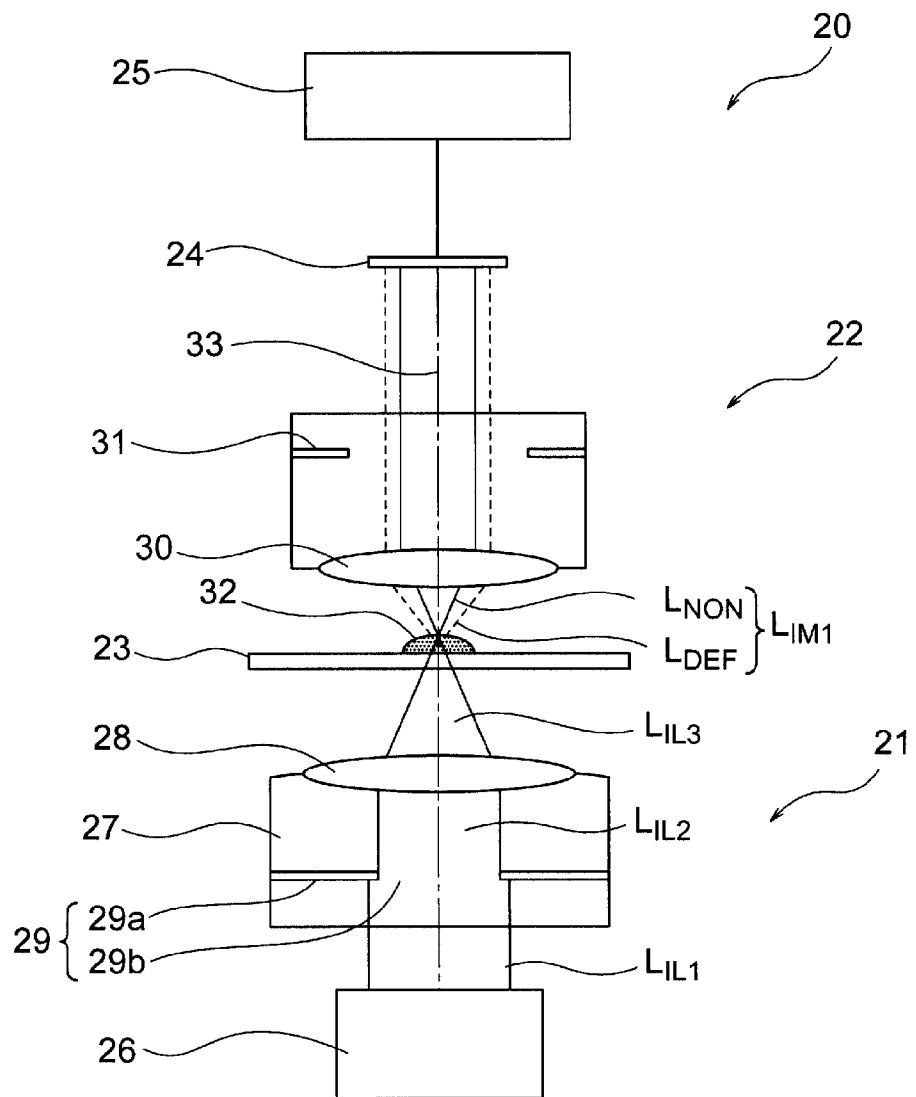
[図16B]



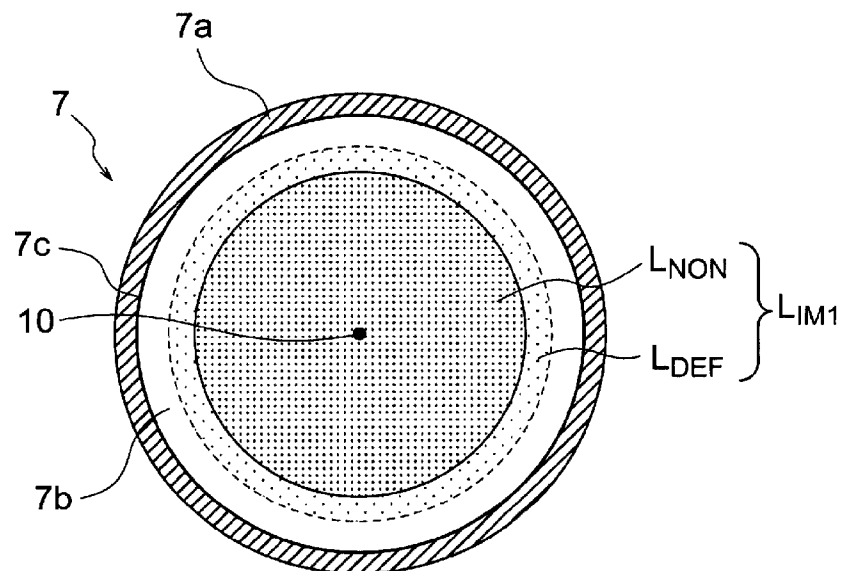
[図17]



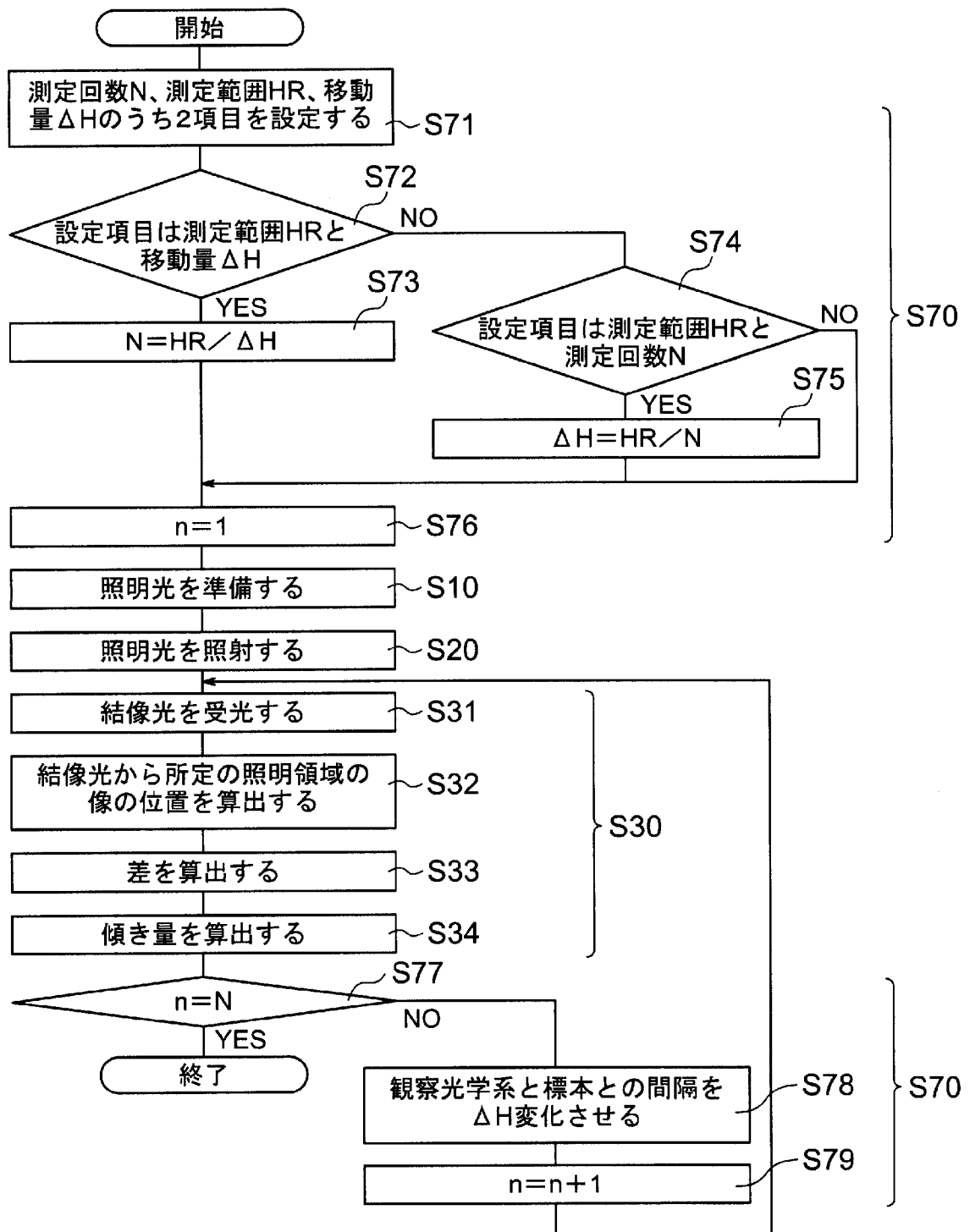
[図18A]



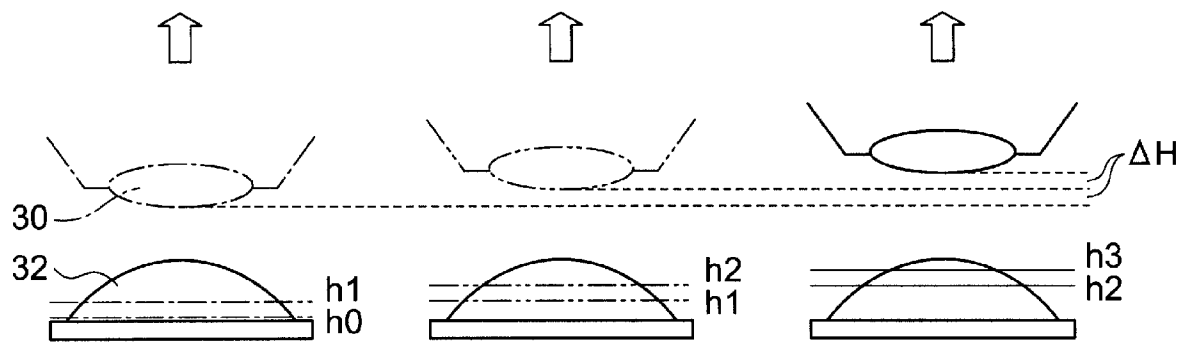
[図18B]



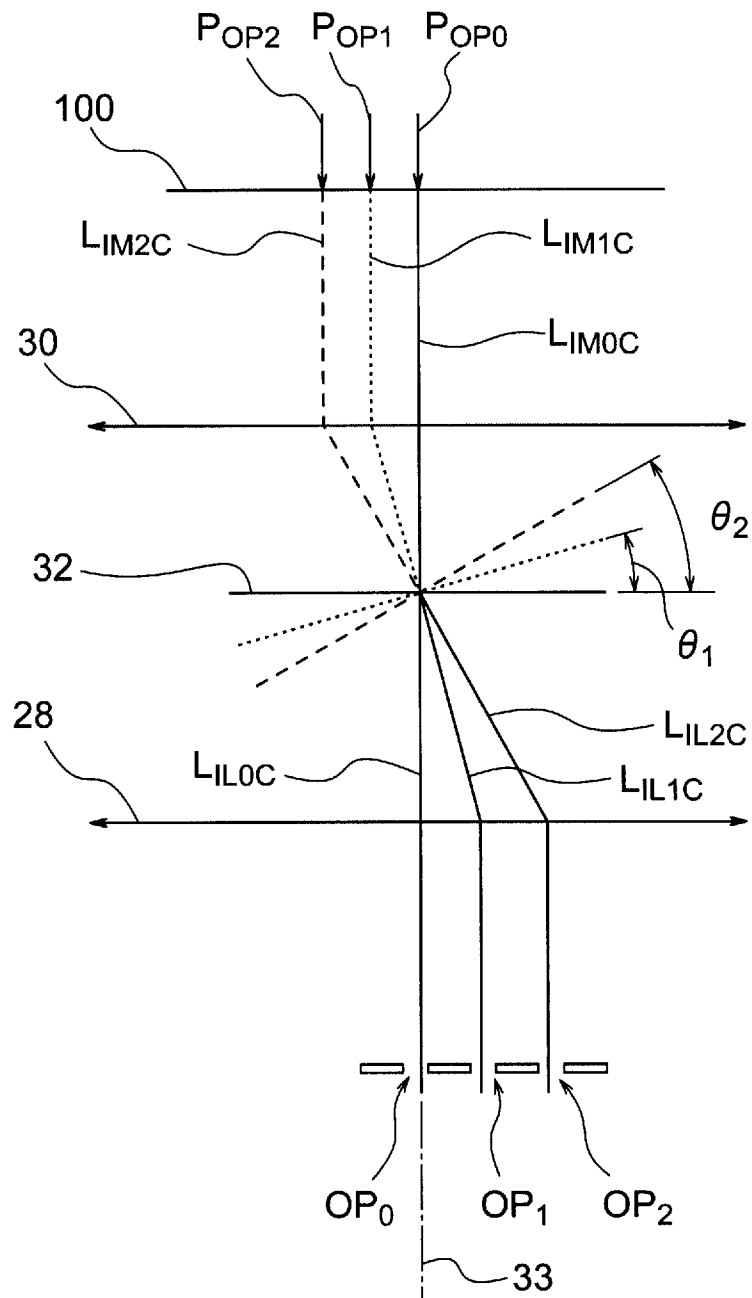
[図19]



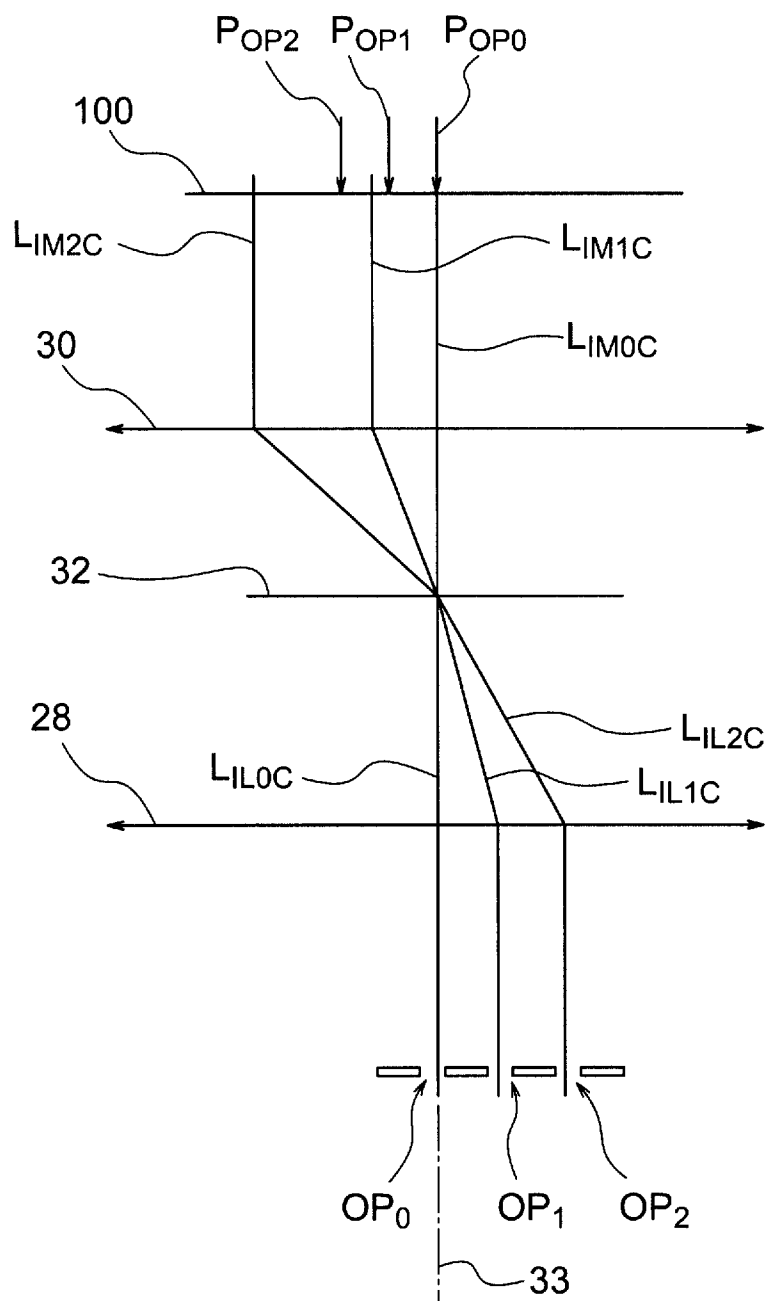
[図20]



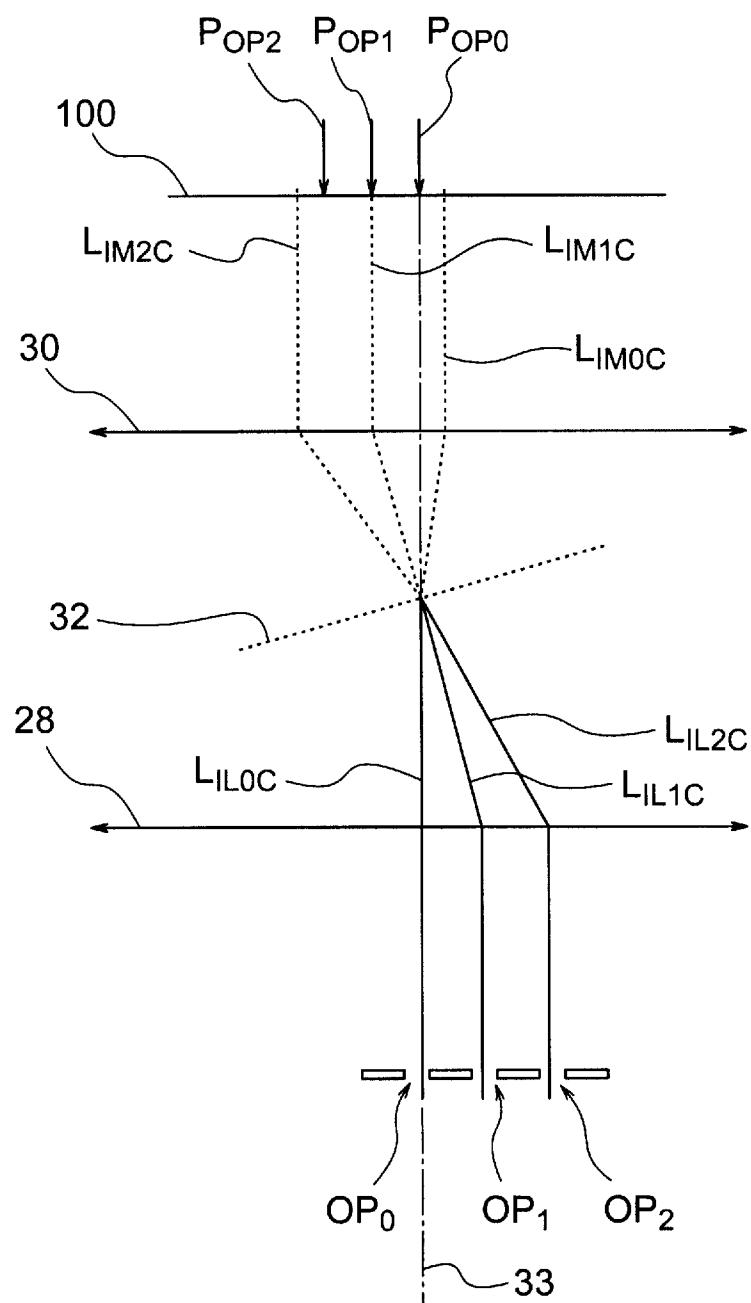
[図21]



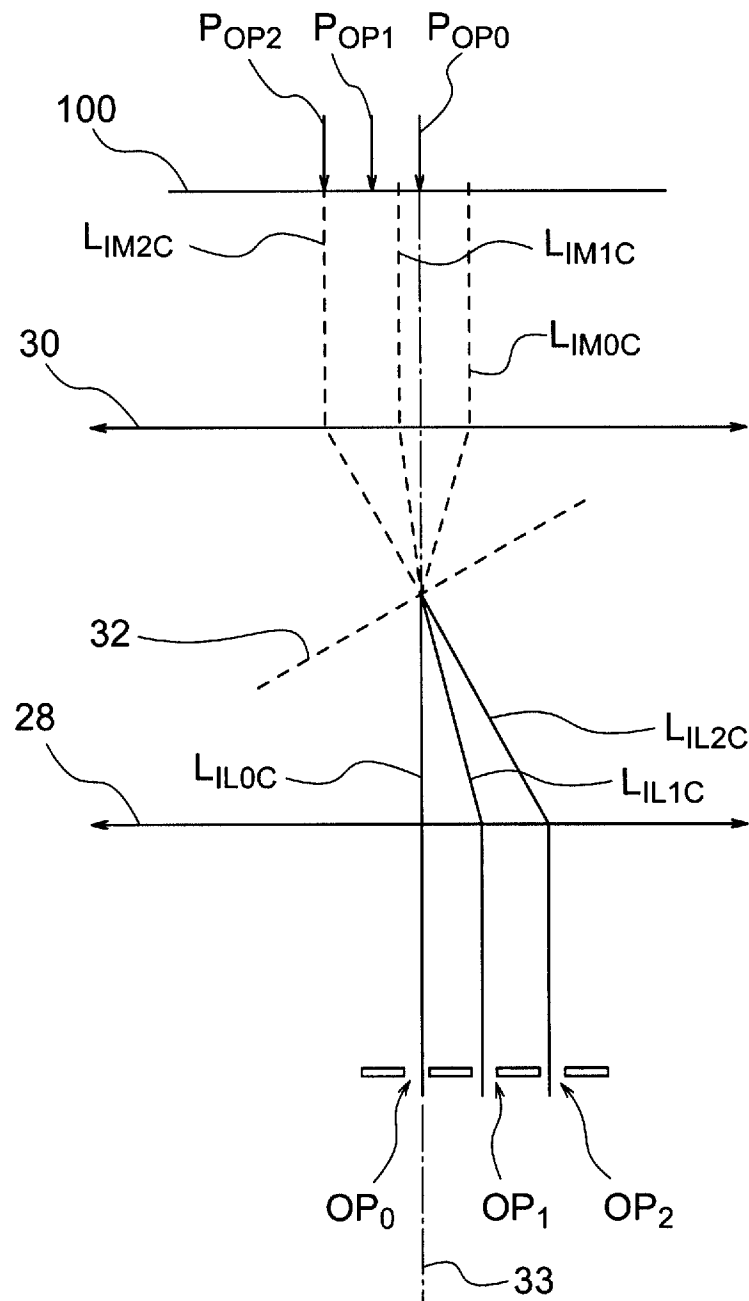
[図22]



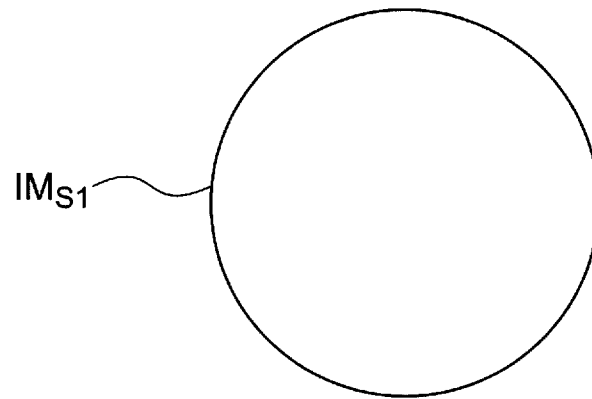
[図23]



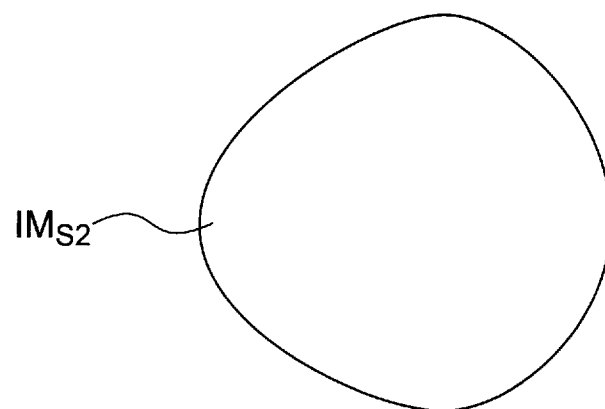
[図24]



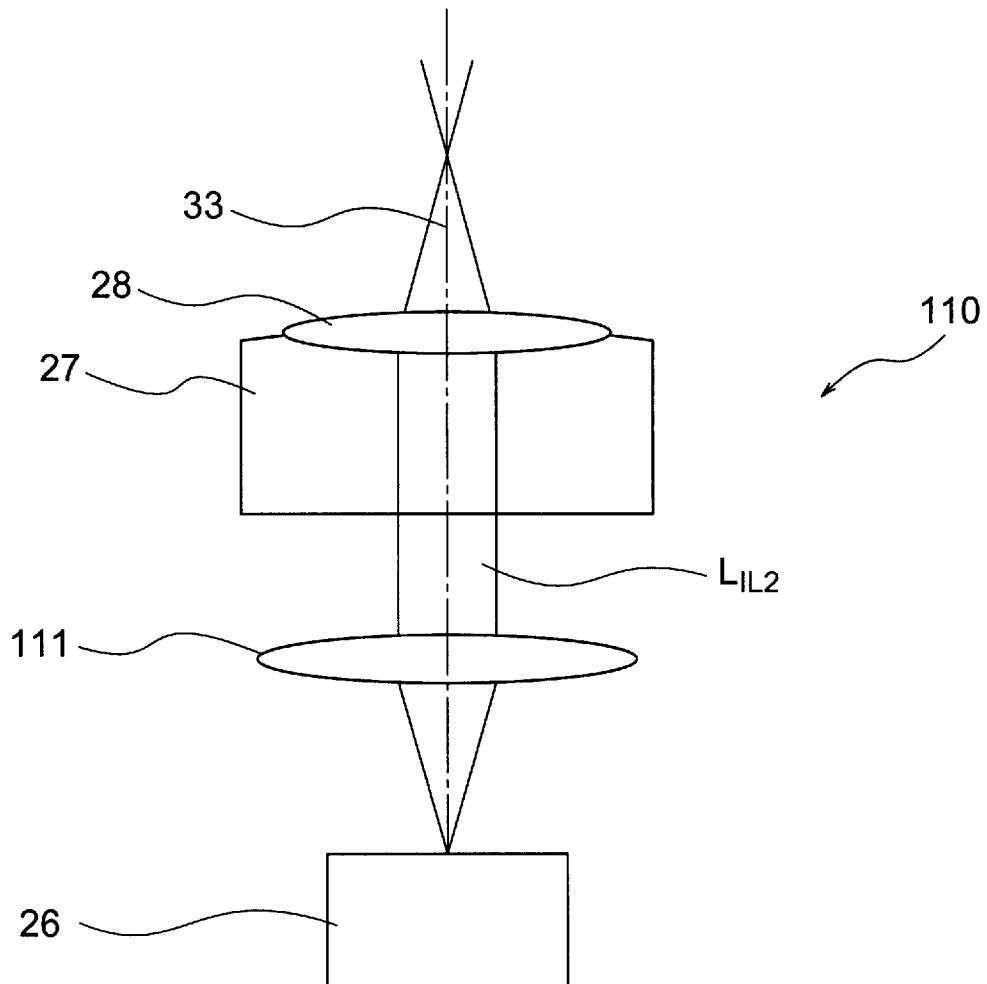
[図25A]



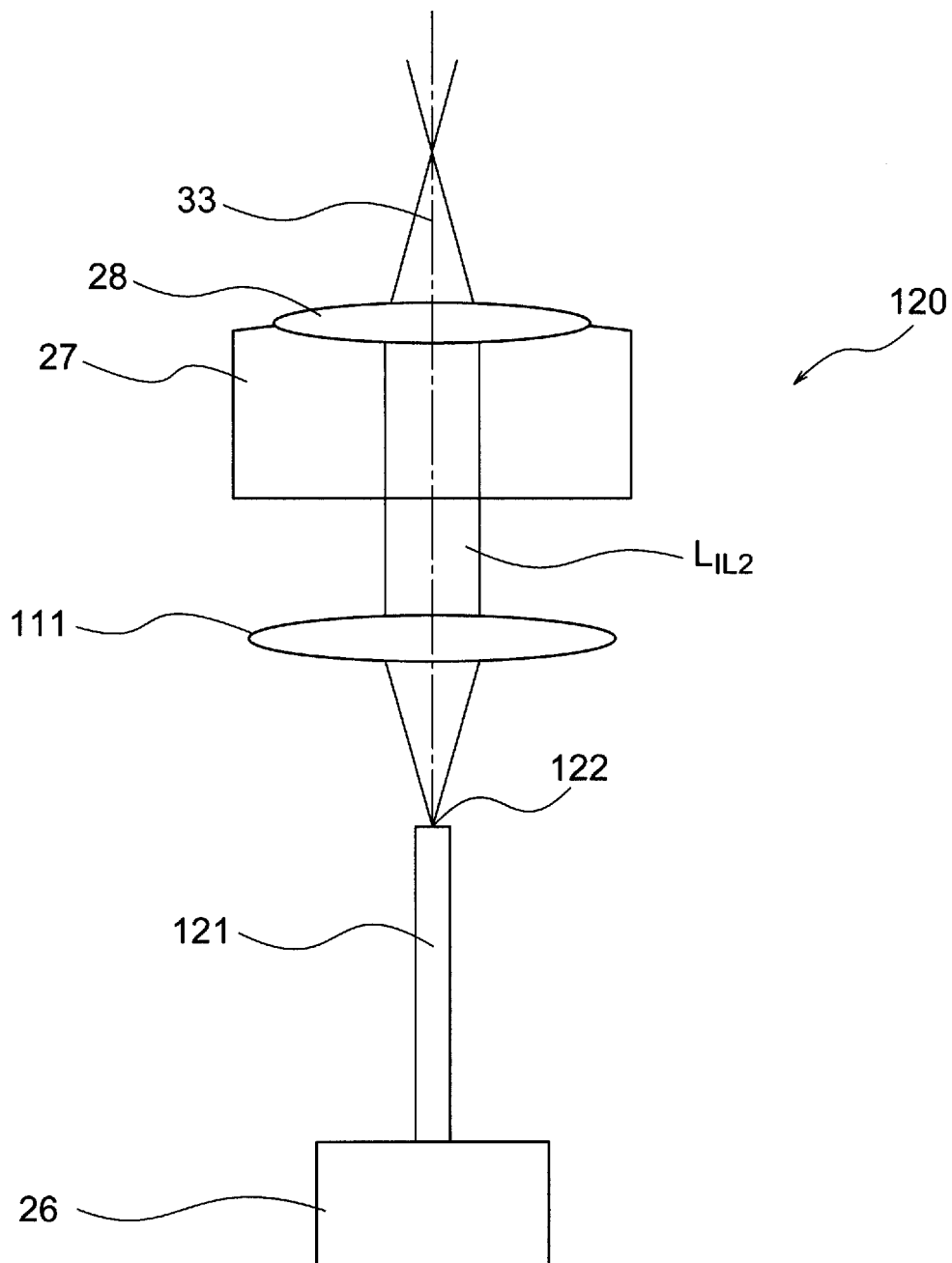
[図25B]



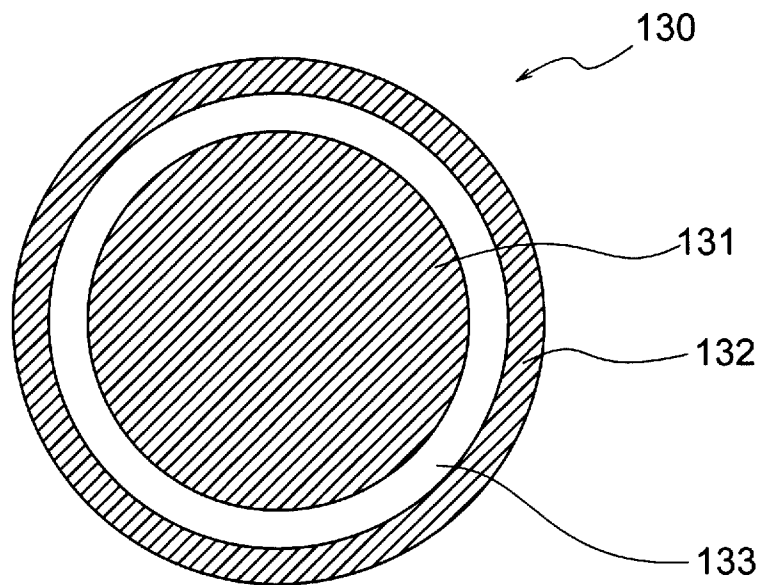
[図26]



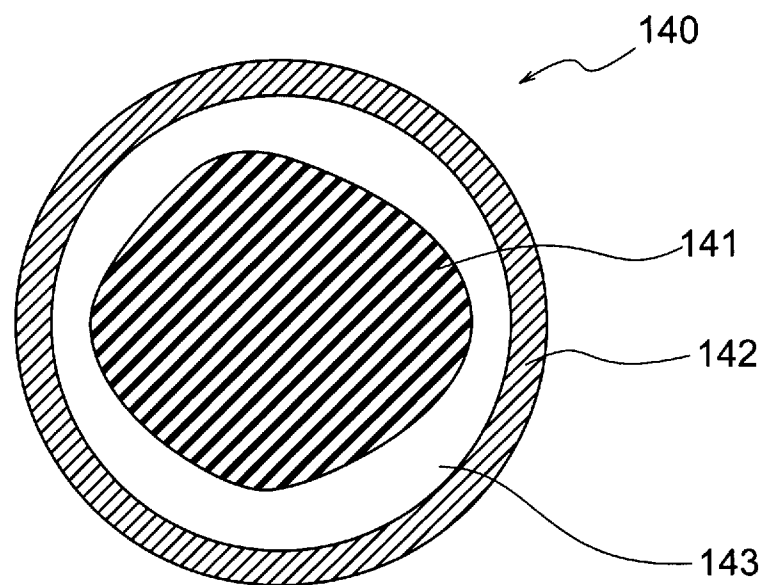
[図27]

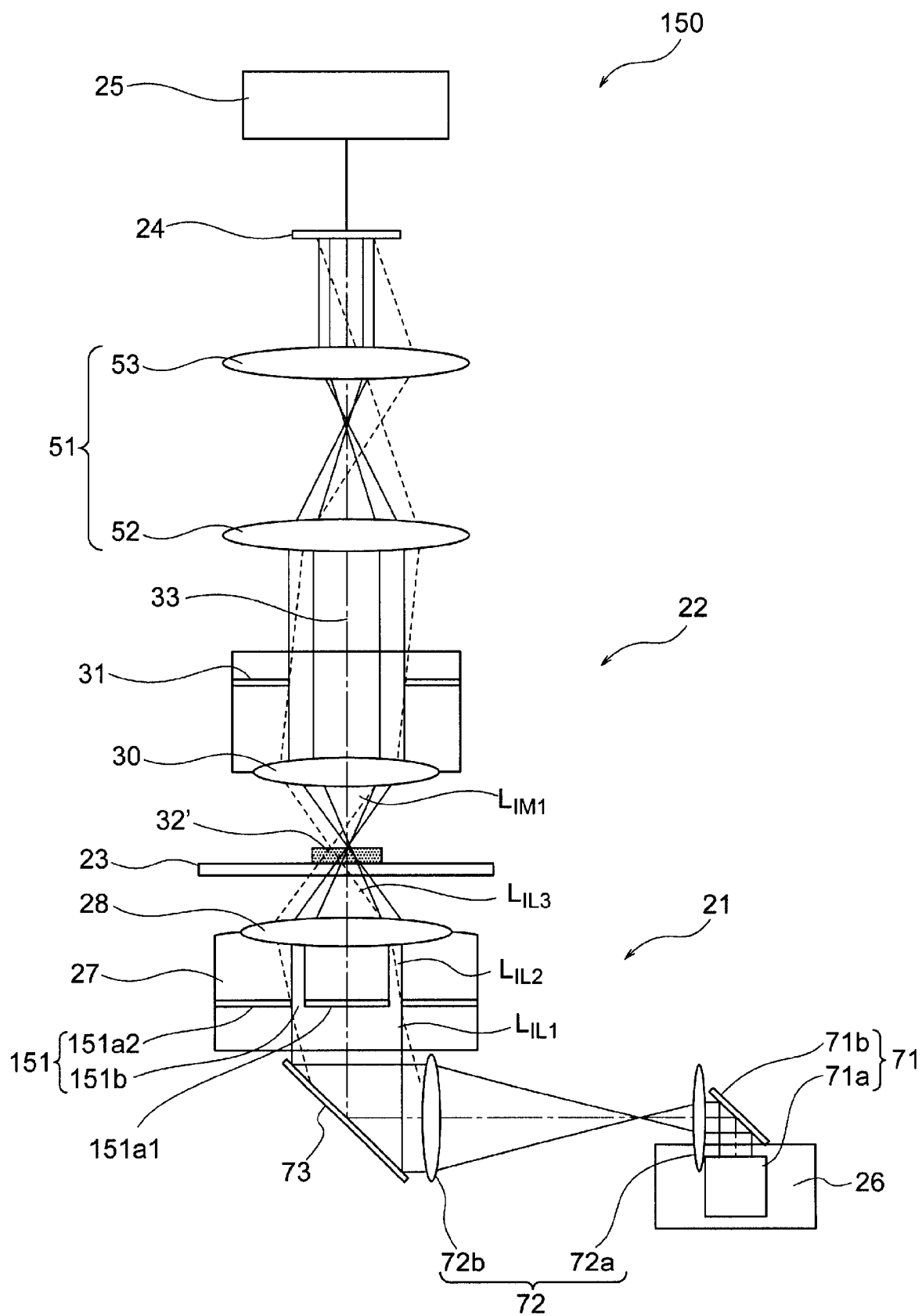


[図28A]

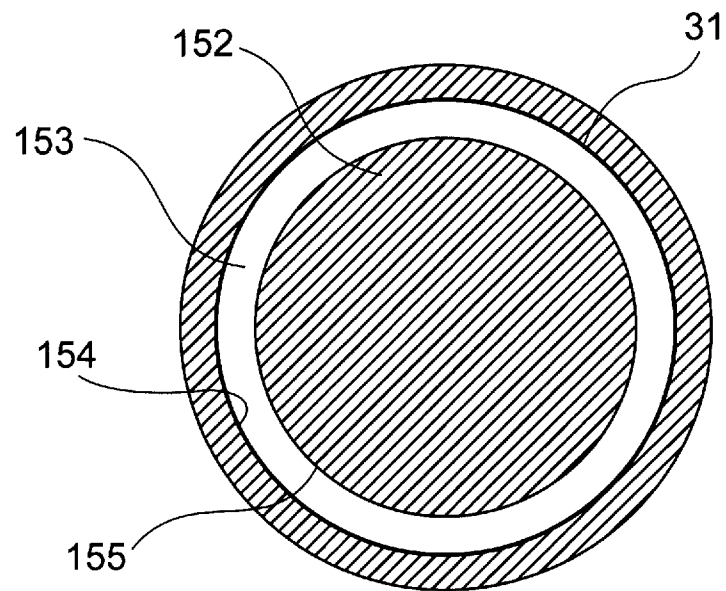


[図28B]

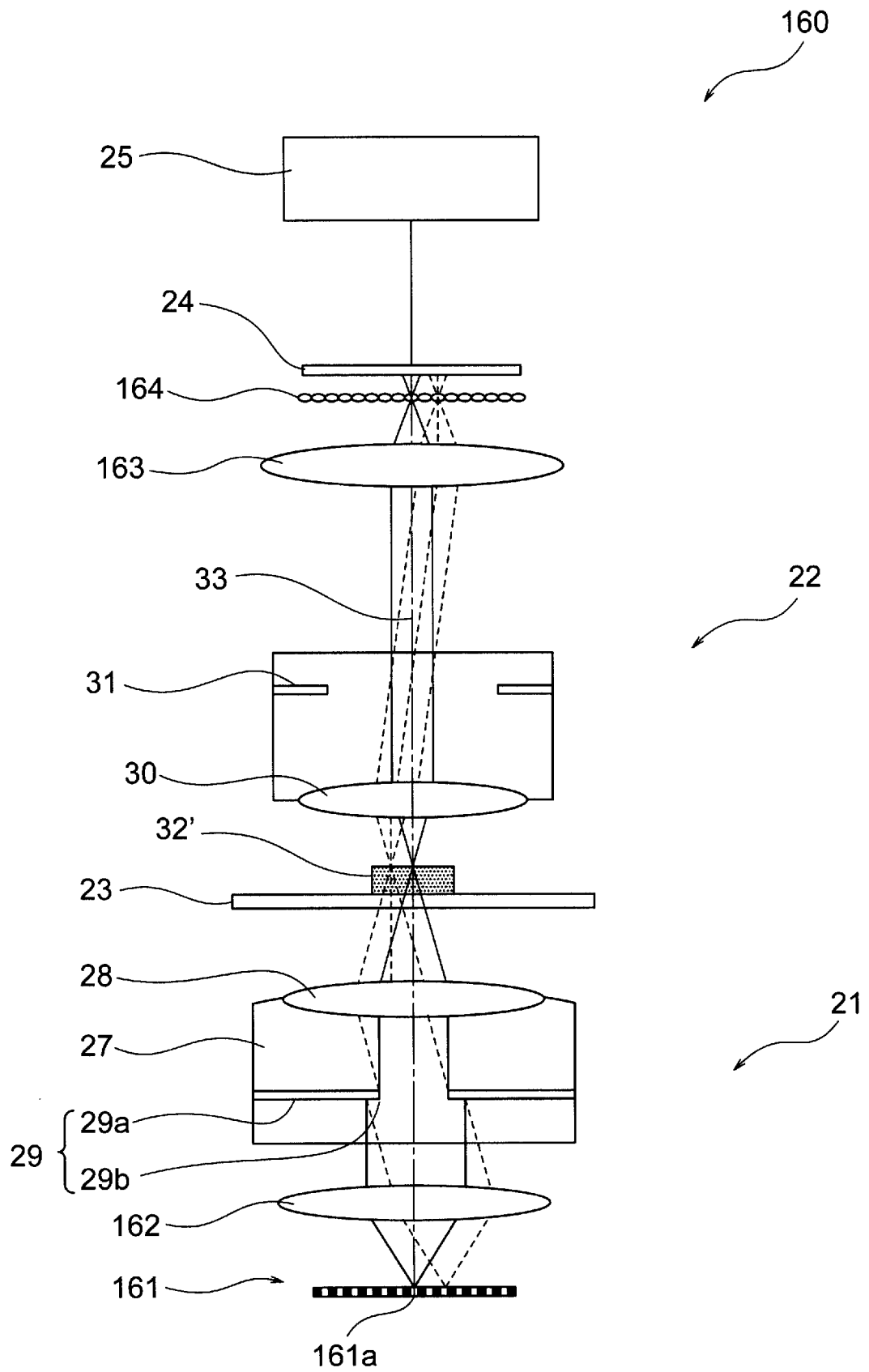




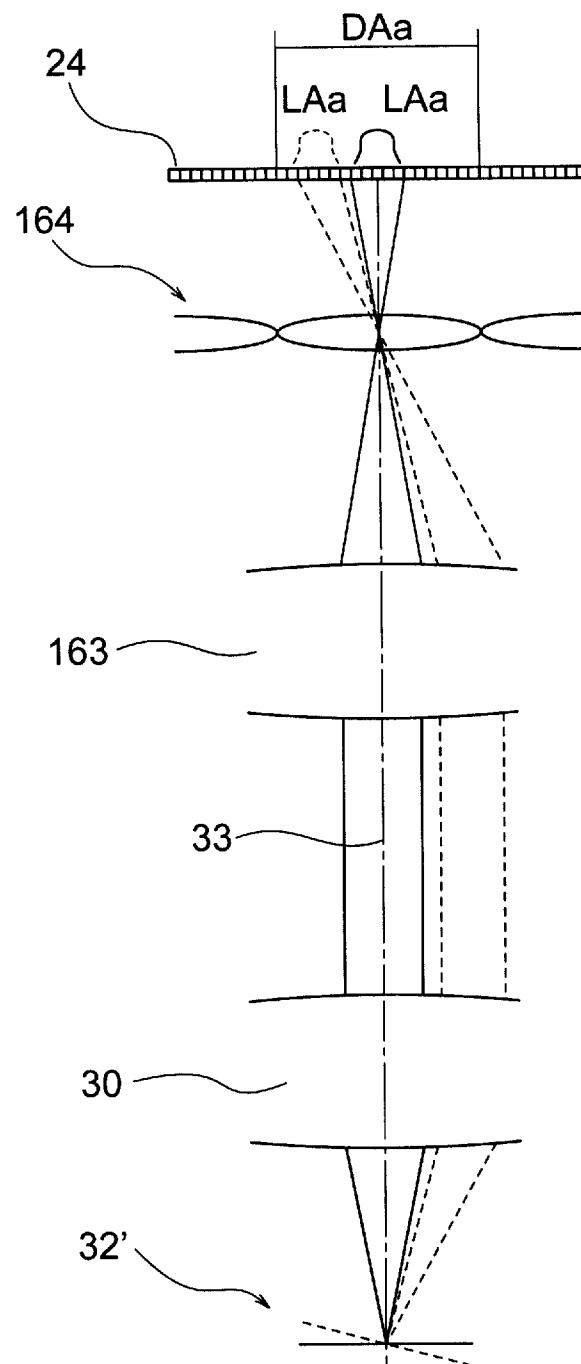
[図30]



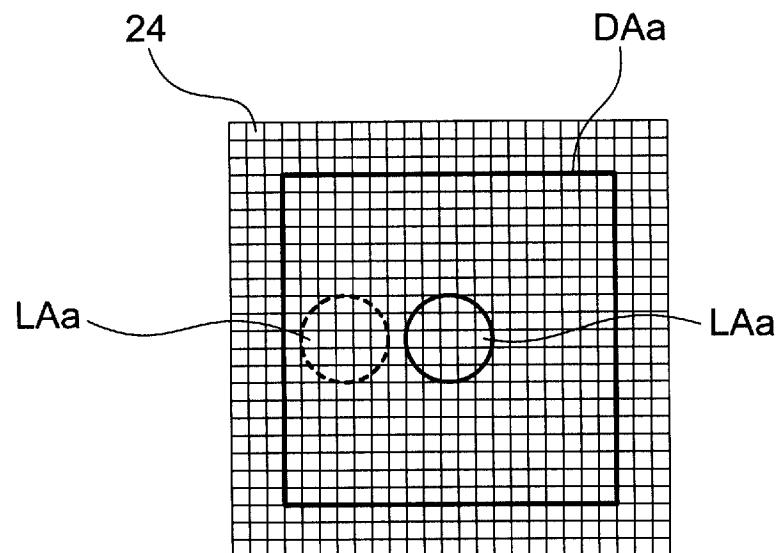
[図31]



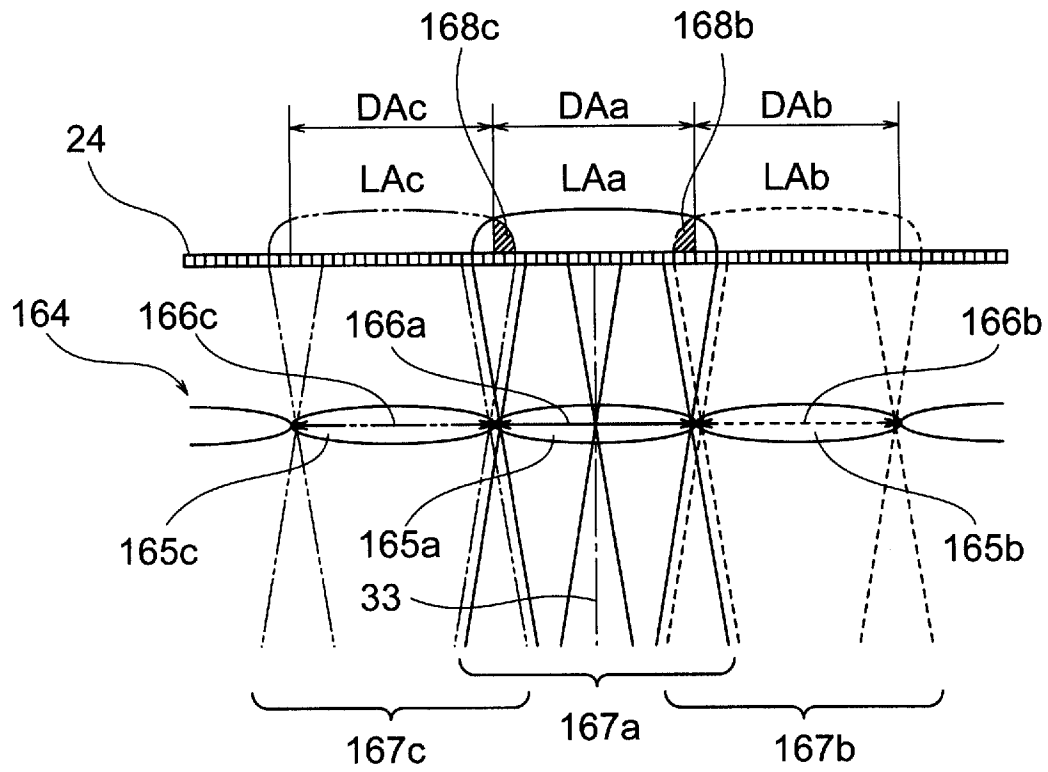
[図32]



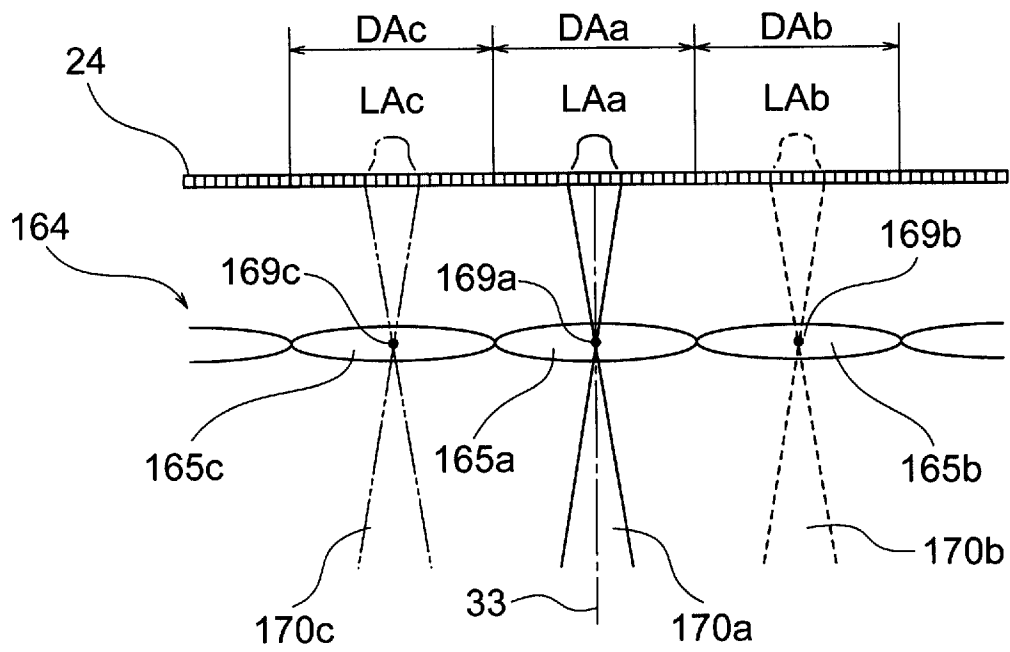
[図33]



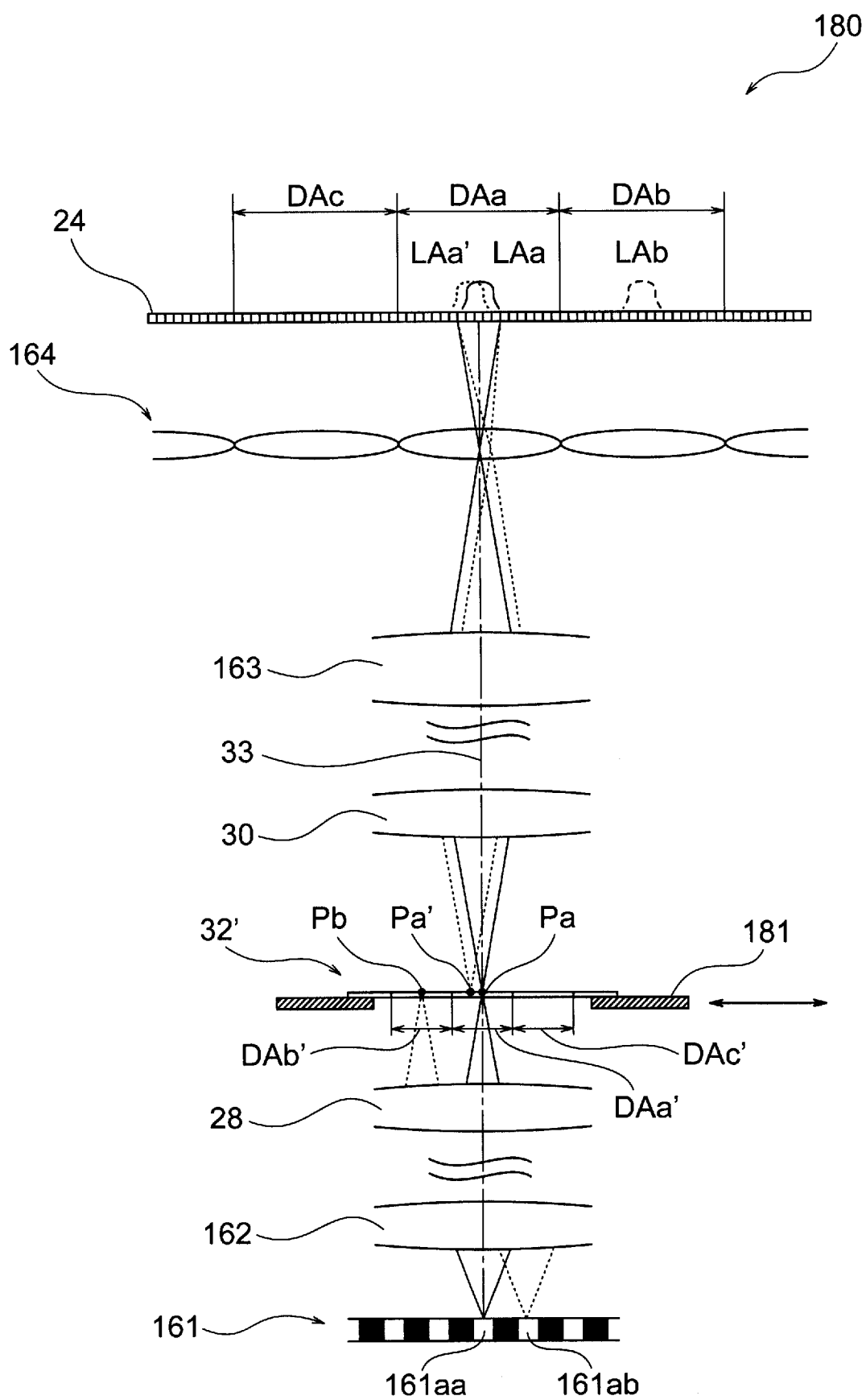
[図34]



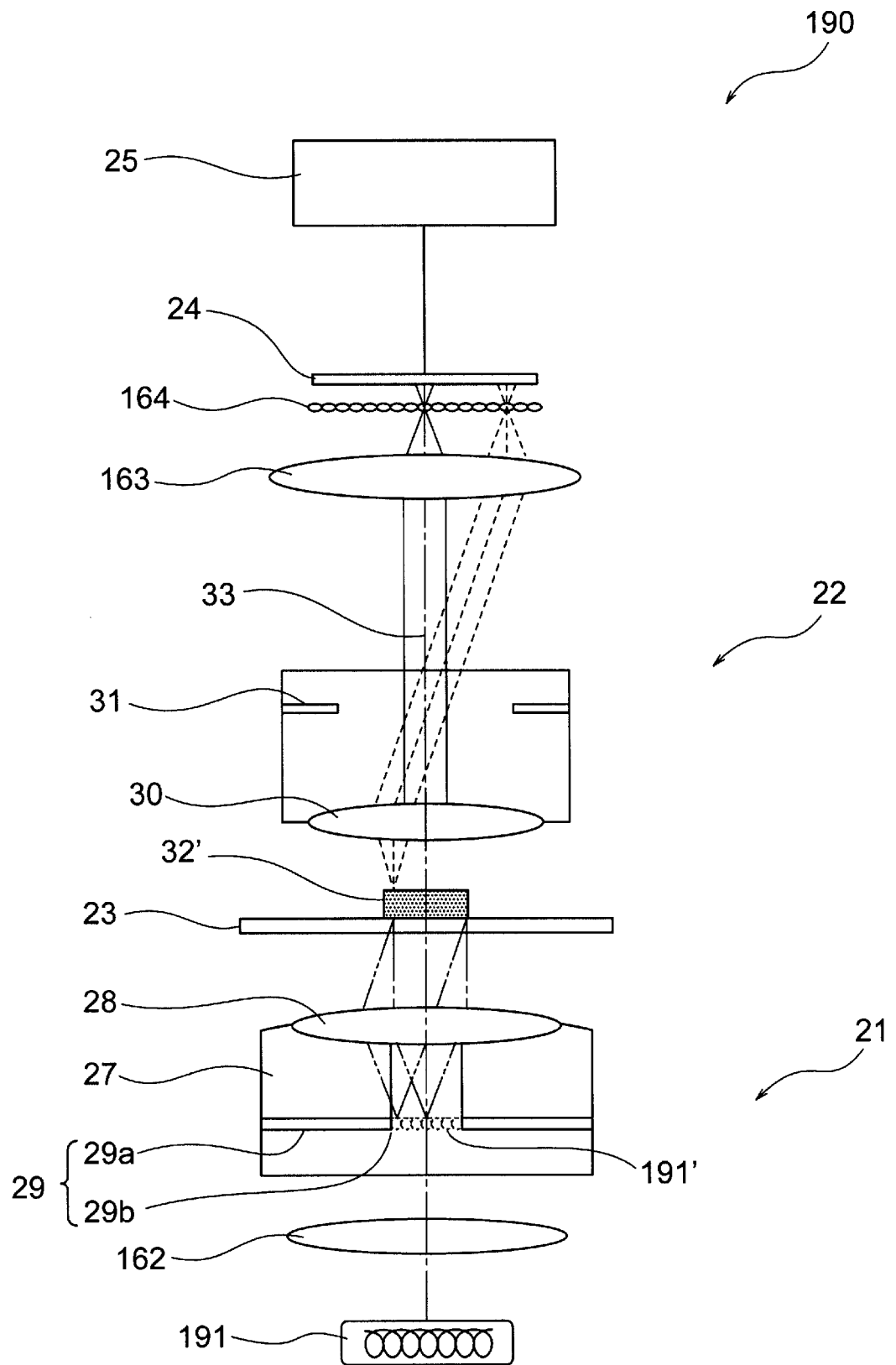
[図35]



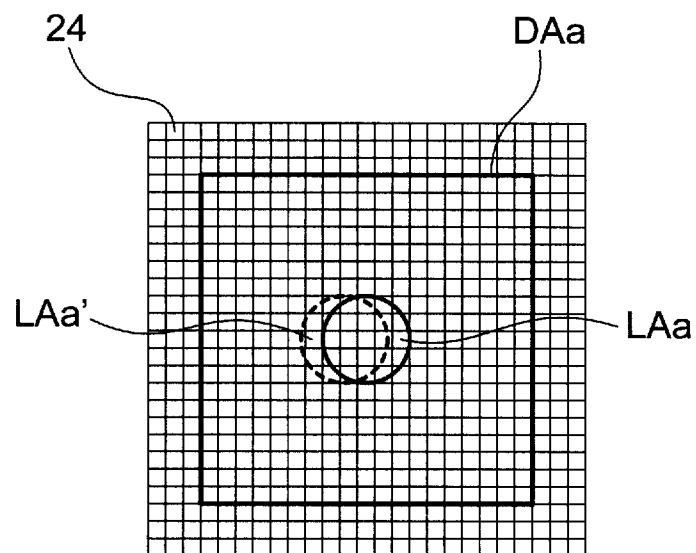
[図36]



[図37]



[図38]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/006304

### A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B11/24(2006.01)i, G01B11/26(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, G02B7/28-7/40, 19/00-21/00, 21/06-21/36

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<br><br>A | JP 2005-181282 A (Sunx Ltd.),<br>07 July 2005 (07.07.2005),<br>claim 1; paragraphs [0025] to [0028], [0034],<br>[0038]; fig. 1 to 4<br>(Family: none) | 1-13, 15,<br>20-22, 24-43,<br>45, 50-52,<br>54-64, 66-72<br>14, 16-19, 23,<br>44, 46-49, 53,<br>65 |

☒ 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  
01 May 2017 (01.05.17)

|                                                    |                        |
|----------------------------------------------------|------------------------|
| Date of mailing of the international search report | 16 May 2017 (16.05.17) |
|----------------------------------------------------|------------------------|

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/JP2017/006304

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Relevant to claim No.                                    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Y         | JP 2015-158570 A (Olympus Corp.),<br>03 September 2015 (03.09.2015),<br>paragraphs [0014], [0039] to [0043], [0132],<br>[0196], [0232] to [0243], [0278] to [0291],<br>[0376], [0395]; fig. 4, 7, 26<br>& US 2016/0357002 A1<br>paragraphs [0113] to [0117], [0213], [0277],<br>[0313] to [0324], [0369] to [0382], [0477],<br>[0496]; fig. 4, 7, 26<br>& WO 2015/125524 A1 | 1-13, 15,<br>20-22, 24-43,<br>45, 50-52,<br>54-64, 66-72 |
| Y         | JP 2009-8643 A (Optware Co., Ltd.),<br>15 January 2009 (15.01.2009),<br>paragraphs [0006], [0029] to [0031]; fig. 4<br>(Family: none)                                                                                                                                                                                                                                       | 1-13, 15,<br>20-22, 24-43,<br>45, 50-52,<br>54-64, 66-72 |
| Y         | JP 2012-93225 A (Nikon Corp.),<br>17 May 2012 (17.05.2012),<br>paragraph [0038]; fig. 1<br>(Family: none)                                                                                                                                                                                                                                                                   | 8-11, 38-41                                              |
| Y         | JP 2006-337113 A (Sunx Ltd.),<br>14 December 2006 (14.12.2006),<br>paragraphs [0002], [0003], [0024], [0032] to<br>[0040], [0043], [0056]; fig. 1, 6, 7, 11, 13<br>(Family: none)                                                                                                                                                                                           | 66-72                                                    |
| Y         | WO 2012/096153 A1 (Nikon Corp.),<br>19 July 2012 (19.07.2012),<br>paragraphs [0021] to [0023]; fig. 1, 9<br>& US 2013/0293698 A1<br>paragraphs [0030] to [0032]; fig. 1, 9                                                                                                                                                                                                  | 66-72                                                    |
| A         | JP 2009-168582 A (Saki Corp.),<br>30 July 2009 (30.07.2009),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1-72                                                     |
| A         | JP 7-318325 A (Matsushita Electric Works,<br>Ltd.),<br>08 December 1995 (08.12.1995),<br>entire text; all drawings<br>& US 5606174 A                                                                                                                                                                                                                                        | 23, 53                                                   |

## 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, G01B11/26(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, G02B7/28-7/40, 19/00-21/00, 21/06-21/36

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<br>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<br>請求項の番号                                           |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Y               | JP 2005-181282 A（サンクス株式会社）2005.07.07, 請求項1,<br>段落[0025]-[0028], [0034], [0038], 第1-4図（ファミリーなし） | 1-13, 15,<br>20-22, 24-43,<br>45, 50-52,<br>54-64, 66-72 |
| A               |                                                                                                | 14, 16-19, 23,<br>44, 46-49, 53,<br>65                   |

☒ 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

01.05.2017

国際調査報告の発送日

16.05.2017

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）

梶田 真也

2S

3303

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<br>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<br>請求項の番号                                           |
| Y                     | JP 2015-158570 A (オリンパス株式会社) 2015. 09. 03,<br>段落[0014], [0039]-[0043], [0132], [0196], [0232]-[0243],<br>[0278]-[0291], [0376], [0395], 第4図, 第7図, 第26図<br>& US 2016/0357002 A1,<br>段落[0113]-[0117], [0213], [0277], [0313]-[0324], [0369]-[0382],<br>[0477], [0496], 第4図, 第7図, 第26図 & WO 2015/125524 A1 | 1-13, 15,<br>20-22, 24-43,<br>45, 50-52,<br>54-64, 66-72 |
| Y                     | JP 2009-8643 A (オプトウエア株式会社) 2009. 01. 15,<br>段落[0006], [0029]-[0031], 第4図 (ファミリーなし)                                                                                                                                                                                                                     | 1-13, 15,<br>20-22, 24-43,<br>45, 50-52,<br>54-64, 66-72 |
| Y                     | JP 2012-93225 A (株式会社ニコン) 2012. 05. 17, 段落[0038],<br>第1図 (ファミリーなし)                                                                                                                                                                                                                                      | 8-11, 38-41                                              |
| Y                     | JP 2006-337113 A (サンクス株式会社) 2006. 12. 14,<br>段落[0002], [0003], [0024], [0032]-[0040], [0043], [0056], 第1図,<br>第6図, 第7図, 第11図, 第13図 (ファミリーなし)                                                                                                                                                            | 66-72                                                    |
| Y                     | WO 2012/096153 A1 (株式会社ニコン) 2012. 07. 19,<br>段落[0021]-[0023], 第1図, 第9図 & US 2013/0293698 A1,<br>段落[0030]-[0032], 第1図, 第9図                                                                                                                                                                               | 66-72                                                    |
| A                     | JP 2009-168582 A (株式会社サキコーポレーション) 2009. 07. 30,<br>全文, 全図 (ファミリーなし)                                                                                                                                                                                                                                     | 1-72                                                     |
| A                     | JP 7-318325 A (松下電工株式会社) 1995. 12. 08, 全文, 全図<br>& US 5606174 A                                                                                                                                                                                                                                         | 23, 53                                                   |