(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2014-178207
(P2014-178207A)
(43)公開日　平成26年9月25日(2014.9.25)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
G01B 9/02	(2006.01)	G01B 9/02		2F064
G01B 11/24	(2006.01)	G01B 11/24	D	2F065

審査請求 未請求　請求項の数 12　ＯＬ　（全 13 頁）

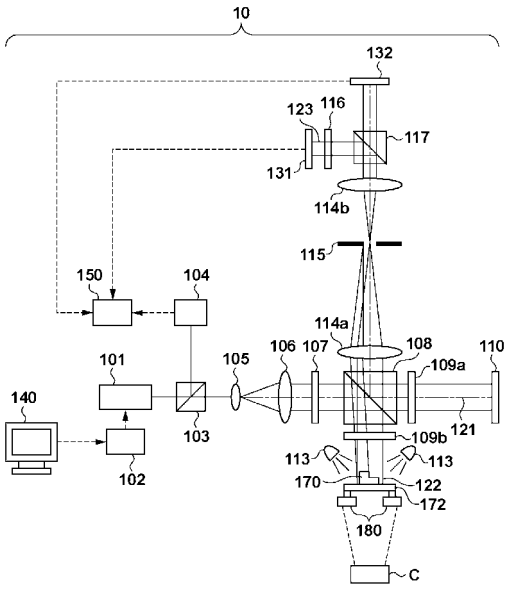
(21)出願番号　特願2013-52428(P2013-52428)
(22)出願日　平成25年3月14日(2013.3.14)

(71)出願人　000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号
(74)代理人　100076428
弁理士　大塚　康徳
(74)代理人　100112508
弁理士　高柳　司郎
(74)代理人　100115071
弁理士　大塚　康弘
(74)代理人　100116894
弁理士　木村　秀二
(74)代理人　100130409
弁理士　下山　治
(74)代理人　100134175
弁理士　永川　行光

最終頁に続く

(54)【発明の名称】形状の計測装置及び計測方法並びに物品の製造方法

(57)【要約】　（修正有）
【課題】同一視野内に反射率が大きく異なる領域が混在する場合でも、迅速かつ高精度に被検物の形状を計測することができる形状の計測装置を提供する。
【解決手段】参照面からの参照光と被検物の被検領域を含む領域からの被検光との干渉光に基づいて被検領域の形状を計測する計測装置１０は、干渉光を検出する検出器と、被検物と検出器との間に配置された絞り１１５と、被検物から絞り１１５に至る被検光の光路と絞りの開口との相対的な位置および角度の少なくともいずれかを調整する調整部１８０と、制御部Ｃと、を備える。領域は、表面粗さが互いに異なる第１領域と第２領域とを含む。制御部Ｃは、絞り１１５を通過した後の第１領域からの被検光の強度と第２領域からの被検光の強度との比を調整するように調整部１８０を制御する。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
参照面からの参照光と被検物の被検領域を含む領域からの被検光との干渉光に基づいて前記被検領域の形状を計測する計測装置であって、
前記干渉光を検出する検出器と、
前記被検物と前記検出器との間に配置された絞りと、
前記被検物から前記絞りに至る前記被検光の光路と前記絞りの開口との相対的な位置および角度の少なくともいずれかを調整する調整部と、
制御部と、を備え、
前記領域は、表面粗さが互いに異なる第１領域と第２領域とを含み、
前記制御部は、前記絞りを通過した後の前記第１領域からの被検光の強度と前記第２領域からの被検光の強度との比を調整するように前記調整部を制御する、
ことを特徴とする計測装置。
【請求項２】
前記絞りに前記被検光を集光させる光学系をさらに備える、ことを特徴とする請求項１に記載の計測装置。
【請求項３】
前記被検物を支持する支持台を備え、
前記調整部は、前記支持台を前記光学系の光軸に対して傾斜させることによって前記角度を調整する支持台傾斜機構を含む、ことを特徴とする請求項２に記載の計測装置。
【請求項４】
前記調整部は、前記絞りを前記光学系の光軸を横切る方向に沿って移動させることによって前記位置を調整する絞り移動機構を含む、ことを特徴とする請求項２に記載の計測装置。
【請求項５】
前記絞りは、前記開口が形成された遮光部材を含み、前記絞り移動機構は、前記遮光部材を移動させる、ことを特徴とする請求項４に記載の計測装置。
【請求項６】
前記絞りは、複数のブレードを含み、前記絞り移動機構は、前記複数のブレードの少なくとも１つを移動することによって前記開口の位置を変化させる、ことを特徴とする請求項４に記載の計測装置。
【請求項７】
前記第１領域は、前記被検領域であり、前記第２領域は、前記支持台である、ことを特徴とする請求項３に記載の計測装置。
【請求項８】
前記第１領域は、前記被検領域の一部であり、前記第２領域は、前記被検領域の他の一部である、ことを特徴とする請求項１ないし６のいずれか１項に記載の計測装置。
【請求項９】
前記第１領域および前記第２領域の一方は、鏡面反射面であり、前記第１領域および前記第２領域の他方は、ランバート反射面である、ことを特徴とする請求項１ないし８のいずれか１項に記載の計測装置。
【請求項１０】
計測装置を用いて参照面からの参照光と被検物の被検領域を含む領域からの被検光との干渉光に基づいて前記被検領域の形状を計測する計測方法であって、
前記計測装置は、
前記干渉光を検出する検出器と、
前記被検物と前記検出器との間に配置された絞りと、
前記被検物から前記絞りに至る前記被検光の光路と前記絞りの開口との相対的な位置および角度の少なくともいずれかを調整する調整部と、を備え、
前記領域は、表面粗さが互いに異なる第１領域と第２領域とを含み、

前記計測方法は、
前記絞りを通過した後の前記第１領域からの被検光および前記第２領域からの被検光それぞれの強度と前記位置および角度の少なくともいずれかとの関係を示すデータを取得する工程と、
前記取得されたデータに基づいて、前記絞りを通過した後の前記第１領域からの被検光の強度と前記第２領域からの被検光の強度との比を調整するように前記調整部を制御する工程と、
前記調整部を制御した状態で前記被検領域の形状を計測する工程と、
を含む、ことを特徴とする計測方法。
【請求項１１】
前記データは、前記参照光を遮光した状態で取得される、ことを特徴とする請求項１０に記載の計測方法。
【請求項１２】
請求項１ないし９のいずれか１項に記載の計測装置を用いて物品の被検面の形状を計測する工程と、
計測された形状に基づいて前記被検面を加工する工程と、
を有することを特徴とする物品の製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、被検物の形状を計測する計測装置及び計測方法並びに物品の製造方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
特許文献１、２には、被検物の立体形状を計測する計測装置が開示されている。特許文献１に記載の計測装置は、周波数走査干渉計測の原理を用いて被検物の高さを計測する。特許文献２に記載の計測装置は、非密着光波干渉計測の原理を用いて、被検物の高さを計測する。これらの計測装置では、被検物とそれを支持する支持台を一括で計測する場合など、同一視野内に反射率が大きく異なる領域が混在する場合に問題が発生する。このような場合には、反射率が高く光強度が大きい部分が飽和しないように干渉光を検出するカメラの感度を設定する必要がある。このため、光強度が小さい領域では十分なカメラの分解能が得られず、ノイズの影響を強く受けるため、高精度な計測が困難となる。特許文献２に記載の計測装置は、このような課題を解決するために、入射光量もしくは干渉光の検出器の感度を調整して複数枚の画像を取得し、領域ごとに異なる画像から干渉信号の情報を取得する。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】米国特許第７９８６４１４号明細書
【特許文献２】特開２００６－１７６１３号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
しかしながら、特許文献２に記載の計測装置は、反射率が異なる領域ごとに別の条件で画像を取得する必要があるため、計測に時間がかかる。特に、特許文献１に記載の計測装置のように、被検物の高さを計測するために多数の干渉信号画像を取得する必要がある場合は、領域ごとに条件を変えて計測しようとすると、計測に多大な時間を要する。
【０００５】
本発明は、同一視野内に反射率が大きく異なる領域が混在する場合でも、迅速かつ高精度に被検物の形状を計測することを目的とする。

【課題を解決するための手段】
【０００６】
本発明の１つの側面は、参照面からの参照光と被検物の被検領域を含む領域からの被検光との干渉光に基づいて前記被検領域の形状を計測する計測装置であって、前記干渉光を検出する検出器と、前記被検物と前記検出器との間に配置された絞りと、前記被検物から前記絞りに至る前記被検光の光路と前記絞りの開口との相対的な位置および角度の少なくともいずれかを調整する調整部と、制御部と、を備え、前記領域は、表面粗さが互いに異なる第１領域と第２領域とを含み、前記制御部は、前記絞りを通過した後の前記第１領域からの被検光の強度と前記第２領域からの被検光の強度との比を調整するように前記調整部を制御する、ことを特徴とする。
【発明の効果】
【０００７】
本発明によれば、同一視野内に反射率が大きく異なる領域が混在する場合でも、迅速かつ高精度に被検物の形状を計測することができる。
【図面の簡単な説明】
【０００８】
【図１】第１実施形態の計測装置を示した図である。
【図２】第１実施形態の調整部を説明するための図である。
【図３】第１実施形態の調整部による調整を説明するための図である。
【図４】傾斜角と絞りを通過した光の強度変化との関係を示す図である。
【図５】第２実施形態の計測装置を示した図である。
【図６】第２実施形態の調整部を説明するための図である。
【図７】第２実施形態の調整部による調整を説明するための図である。
【図８】絞りの移動量と絞りを通過した光の強度変化との関係を示す図である。
【図９】絞りの他例を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【０００９】
以下に、本発明の実施形態を添付の図面に基づいて詳細に説明する。
【００１０】
〔第１実施形態〕
図１は第１実施形態の計測装置１０の概略図である。第１実施形態の計測装置１０は、周波数を走査可能な干渉計を有する。干渉計は、被検物の３次元形状を点群データとして計測するために構成される。周波数を走査可能な干渉計は、周波数が可変なコヒーレント光源と、コヒーレント光源からの光を分岐・結合して干渉光を生成する干渉光学系と、干渉光を検出する検出器などから構成される。周波数走査干渉計は、コヒーレント光の周波数を走査しながら干渉信号を取得し、干渉信号の位相変化から距離を算出する。干渉計として、周波数走査干渉計に限らず、例えば複数の異なる波長の光によって合成波長を生成する多波長干渉計や光源に白色ＬＥＤなどの低コヒーレント光源を用いる白色干渉計など公知の干渉計を使用ことができる。
【００１１】
干渉性を有する光源１０１は、一定の範囲内で周波数の走査が可能なコヒーレント光源である。光源１０１として、例えば外部共振器を用いた半導体レーザー（ＥＣＤＬ）やフルバンド・チューナブルＤＦＢレーザーを用いることができる。光源１０１はデジタル／アナログコンバーター１０２と接続されている。デジタル／アナログコンバーター１０２から光源１０１に印加される電流値を調整することによって、光源１０１の出力周波数が制御される。
【００１２】
光源１０１から射出された光はビームスプリッター１０３に導かれる。ビームスプリッター１０３によって分岐された光の一方は、周波数計測ユニット１０４に導かれる。周波数計測ユニット１０４は、光源１０１から射出される光の周波数を計測することができる

。周波数計測ユニット１０４により計測された周波数は、演算部１５０に転送される。周波数計測ユニット１０４は、必ずしも備えなくてもよい。周波数を計測しなくても、光源１０１が所望の周波数に高い精度で走査できるのであれば、周波数計測ユニット１０４を省略することができる。

【００１３】

ビームスプリッター１０３によって分岐された光の他方は、レンズ１０５，１０６によってビーム径が拡大された後、λ／２波長板１０７に導かれる。λ／２波長板１０７は不図示の回転機構によって回転可能である。光源１０１からは直線偏光の光が射出される。λ／２波長板１０７の回転角によって、λ／２波長板１０７を透過した光の偏光方向を任意の方向に調整することができる。λ／２波長板１０７の後方には、偏光ビームスプリッター１０８が配置され、λ／２波長板１０７の回転角によって、透過光と反射光の分岐比を変えることができる。

【００１４】

偏光ビームスプリッター１０８に入射した光は、互いに直交する偏光方向を有する参照光１２１および被検光１２２に分岐される。参照光１２１は、λ／４波長板１０９ａを通過した後、参照ミラー（参照面）１１０に導かれる。被検光１２２は、λ／４波長板１０９ｂを通過した後、被検物１７０の被検領域を含む領域に導かれる。被検物１７０は、支持台１７２によって支持されている。支持台１７２は、支持台傾斜機構（調整部）１８０によって、光学系１１４ａの光軸に対して傾斜されうる。制御部Ｃは、支持台傾斜機構１８０の光学系１１４ａの光軸に対する傾斜角度（調整パラメータ）を制御する。支持台傾斜機構１８０についての詳細は後述する。

【００１５】

被検物１７０の被検領域および支持台１７２によって反射または散乱された光は、再びλ／４波長板１０９ｂを通過した後、偏光ビームスプリッター１０８に導かれる。同様に、参照ミラー１１０によって反射された光は、再びλ／４波長板１０９ａを通過した後、偏光ビームスプリッター１０８に導かれる。λ／４波長板を２回通過することで、参照光１２１および被検光１２２の偏光方向は共に９０°回転する。参照光１２１は偏光ビームスプリッター１０８によって反射され、被検光１２２は偏光ビームスプリッター１０８を透過することによって、参照光１２１および被検光１２２は、共に光学系１１４ａの方向に導かれる。これによって、参照光１２１および被検光１２２は空間的に重ね合わされる。

【００１６】

ビームスプリッター１０８によって再び重ね合わされた光は、光学系１１４ａによって集光される。光学系１１４ａの前側焦点は被検物１７０の付近となるように設定する。これによって、被検物１７０が第１の検出器１３１と第２の検出器１３２にぼけることなく結像される。光学系１１４ａの後ろ側焦点付近には、絞り１１５が配置される。光学系１１４ａは、被検光１２２を絞り１１５に集光する光学系を構成する。また、光学系１１４ａは、後述する光学系１１４ｂとともに被検物１７０を第１、第２の検出器１３１，１３２に結像する結像光学系を構成している。絞り１１５として虹彩絞りを用いれば、その径を調整することによって、光量や被写界深度、スペックルの大きさを調整することができる。

【００１７】

絞り１１５を通過した光は、光学系１１４ｂによって集光され、波長フィルター１１７によって反射されて偏光子１１６に導かれる。偏光子１１６の透過軸は、参照光１２１および被検光１２２の偏光方向に対して４５°となるように配置される。これによって、参照光１２１と被検光１２２は干渉し、干渉光１２３が生成される。計測装置１０は第１の検出器１３１および第２の検出器１３２を有する。干渉光１２３は波長フィルター１１７によって反射され、第１の検出器１３１に導かれ、光強度が計測される。第１の検出器１３１は、例えばＣＣＤやＣＭＯＳである。第１の検出器１３１で計測した画像は、演算部１５０に転送される。

【００１８】
周波数の全走査量をΔＦ、光の速度をｃ、干渉信号の位相変化量をΔφとしたとき、被検物１７０の被検領域および支持台１７２を含む領域と参照面１１０との光路長差Ｌは以下の式１で表される。
Ｌ＝ｃΔφ／４πΔＦ・・・（１）
【００１９】
周波数走査干渉計は、光源１０１の周波数を走査して干渉信号を計測し、位相の変化量を算出することで、光路長差を求めることができる。計測装置１０は、光源１０１の周波数を走査して第１の検出器１３１で複数枚の画像を取得する。取得された画像は演算部１５０に転送され、干渉信号を解析することによって、光路長差が計算される。演算部１５０は、第１の検出器１３１の各画素について干渉信号を処理することによって、ＸＹＺの３次元点群データを取得することができる。
【００２０】
周波数走査干渉計は、光路長差の情報を得るために、複数枚の画像を取得する必要がある。検出器の画素数とフレームレートにはトレードオフの関係がある。そこで画像の取得時間を短縮し、計測に要する時間を短くするために、第１の検出器１３１として画素数は少ないが高速なカメラを用いる。
【００２１】
被検物１７０表面の被検領域（第１領域）１７１と支持台１７２の表面（第２領域）１７３とは、表面粗さが互いに異なっているとする。表面粗さが大きい場合、コヒーレント光を照射するとスペックルが発生する。周波数を走査したとき、スペックルの光強度が小さい部分では位相の相関が低下するため、計測誤差が大きくなる。計測の信頼性が低下するのを避けるため、スペックルの光強度が小さい部分については、３次元点群データから除去することで、計測の信頼性を高められる。
【００２２】
スペックルが存在すると明瞭な画像を得ることができないため、光学系１１４ａの光軸と直交する方向（横方向）の寸法を精度良く計測することが困難である。そこで、計測装置１０にはインコヒーレント光の光源１１３が構成されている。被検物１７０の横方向の寸法は、光源１１３を照射して得られる画像を用いて算出する。光源１１３は複数の光源素子から構成されており、複数の光源素子はリング状に配置されている。光源素子は例えばＬＥＤやランプである。各光源素子は個別に点灯状態を制御可能であり、これによって所望の方向からの照明を実現している。
【００２３】
光源１１３と光源１０１は、異なる波長の光を出力する。波長フィルター１１７は、光源１１３の光を透過し、光源１０１の光を反射するように設計されている。光源１１３によって照射されたインコヒーレント光は、被検物１７０によって反射または散乱され、波長フィルター１１７を透過して第２の検出器１３２に結像され、被検物１７０の２次元画像が取得される。横方向の寸法計測精度はカメラの解像度に依存する。干渉信号とは異なり、被検物１７０の横方向の寸法を計測するためには多数の２次元画像を取得する必要はないため、第２の検出器１３２には低速だが高画素のカメラを用いる。第２の検出器１３２によって取得された２次元画像は演算部１５０に転送される。
【００２４】
図２乃至図４を用いて、第１実施形態の調整部について説明する。調整部は、被検物１７０から絞り１１５に至る被検光１２２の光路と絞り１１５の開口との相対的な位置および角度の少なくともいずれかを調整する。第１実施形態の調整部は、支持台１７２を光学系１１４ａの光軸に対して傾斜させることによって相対的な角度を調整する支持台傾斜機構１８０として構成されている。図２は第１実施形態の調整部である支持台傾斜機構１８０の役割について説明するための図である。図２は、支持台傾斜機構１８０による前記角度の調整に関わりのある部分のみを抜き出して示してある。このため、偏光ビームスプリッター１０８やλ／４波長板１０９ｂは図示していない。

【００２５】
ここでは、被検物１７０の被検領域１７１は表面粗さが大きな粗面（ランバート反射面）であり、支持台１７２の表面１７３は表面粗さが小さな鏡面（鏡面反射面）である場合について考える。この場合、被検物１７０に入射した光は広範な角度に散乱される成分（散乱成分）が多くなり、支持台１７２に入射した光は入射角と反射角が等しくなる方向に反射される成分（鏡面反射成分）が多くなる。散乱光の強度分布は表面粗さに依存する。表面粗さが大きなランバート反射面では、角度によらず散乱光の強度は一定となる。
【００２６】
図２（ａ）では、支持台傾斜機構１８０によって支持台１７２が傾斜されておらず、支持台１７２および被検物１７０は光学系１１４ａの光軸に対して垂直な状態となっている。図２（ｂ）では、支持台傾斜機構１８０によって支持台１７２が傾斜されて、支持台１７２および被検物１７０は、光学系１１４ａの光軸に対して傾斜された状態となっている。図２（ｃ）は、支持台傾斜機構１８０によって支持台１７２がさらに傾斜された状態を表す図である。
【００２７】
図３は、支持台傾斜機構１８０によって絞り１１５を通過した後の被検物１７０からの被検光の強度と支持台１７２からの被検光の強度との比を調整される原理を説明するための図である。図３には、絞り１１５と、支持台１７２から反射された鏡面反射光の絞り１１５における光１９２が図示されている。図３（ａ）乃至図３（ｃ）はそれぞれ、支持台傾斜機構１８０が図２（ａ）乃至図２（ｃ）の状態の場合に対応する。
【００２８】
図３（ａ）では、支持台１７２および被検物１７０が光学系１１４ａの光軸に対して垂直な姿勢となっているため、支持台１７２からの反射光１９２は絞り１１５の開口の中心を通過する。図３（ｂ）では、支持台１７２が光学系１１４ａの光軸に対して傾斜しているため、支持台１７２からの光１９２は絞り１１５によって部分的に遮光される。図３（ｃ）では、支持台１７２が光学系１１４ａの光軸に対して大きく傾斜しているため、支持台１７２からの反射光１９２は絞り１１５によってほぼ完全に遮光される。
【００２９】
図４は、支持台１７２および被検物１７０の傾斜角度と絞り１１５を通過した光の強度との関係を示した図である。支持台１７２からの反射光１９２の強度は、図４の破線のグラフで示されるように、支持台１７２の傾斜角度に依存する。図２（ａ）に示されるような傾きがない状態から反射光１９２が絞り１１５によって遮光され始める状態までは、絞り１１５を通過した鏡面反射光の強度は一定である。傾斜角度がそれよりも大きくなると絞り１１５によって鏡面反射光１９２が部分的に遮光されるようになるため、鏡面反射光の強度が傾斜角の増大につれて低下する。さらに傾斜角度が大きくなると、支持台１７２によって反射された鏡面反射光１９２は絞り１１５によってほぼ完全に遮光されるため、光の強度はゼロとなる。
【００３０】
一方、図４の実線のグラフで示されるように、被検物１７０によって散乱された光１９１については、被検物１７０の表面粗さがランバート反射面とみなせるほど大きい場合、絞り１１５を通過した光の強度は傾斜角度に依存しない。このため、支持台１７２によって反射された光１９２と被検物１７０によって散乱された光１９１との絞り１１５を通過した後の光強度は、ある傾斜角度で一致する。
【００３１】
この傾斜角度の状態では、被検物１７０と支持台１７２の両方の領域について、第１の検出器１３１が受光する光強度が等しくなる。結果として、それぞれの領域で撮像条件を変えなくても十分なカメラの分解能が得られるようになるため、ノイズが干渉信号に及ぼす影響が小さくなり、高精度な計測が可能となる。また、反射率が異なる領域ごとに別の条件で画像を取得する必要がないため、短時間での計測が可能となる。
【００３２】

最適な傾斜角度を決定するためには、絞り１１５を通過した後の被検物１７０からの反射光と支持台１７２からの反射光それぞれの強度と傾斜角度との関係を示すデータを取得して、２つの反射光の強度が一致する角度を求めれば良い。この場合、干渉信号が生成されて光強度が変化しないように、参照光１２１を遮光するか、被検光１２２に対して参照光１２１の光量を小さくしておくことが望ましい。同一の型番の部品を複数個計測するような場合は、型番に対応して最適の傾斜角度を装置に記憶させておき、計測時にデータを読み出すようにすれば、傾け角を最適化するための計測ステップは省略することができる。

【００３３】

このように、第１実施形態の計測装置によれば、同一視野内に反射率が大きく異なる領域が混在する場合でも、短時間で高精度に被検物の形状を計測できる。なお、これまでは、支持台１７２よりも被検物１７０の表面粗さの方が大きい場合について述べてきたが、本発明はこのような場合のみに限定されるものではなく、表面粗さの大きさが逆の場合にも適用できる。なお、絞りに被検光と集光させる光学系がなくてもよい。また、計測装置に支持台が無くてもよく、支持台のない計測装置とは別に支持台を用意し、被検物が載せられた支持台に光を照射して被検面の形状を計測してもよい。

【００３４】

〔第２実施形態〕

図５は第２実施形態の計測装置２０の概略図である。第２実施形態の計測装置２０の干渉計は白色干渉計である。白色干渉計は、低コヒーレント光を出力する光源と、光源からの光を分岐・結合して干渉光を生成する干渉光学系と、干渉光を検出する検出器などから構成される。白色干渉計は、被検物を載置したステージを光軸の方向に走査しながら干渉信号を取得し、干渉信号のピーク位置から距離を算出する。

【００３５】

干渉性を有する光源としての低コヒーレント光を射出する光源２０１は、広いスペクトル範囲の光を出力する。光源２０１としては、例えば白色ＬＥＤやランプ光源を用いることができる。光源２０１から出力された光は、レンズ２０５乃至２０６によってビーム径が拡大された後、ビームスプリッター２０８に導かれる。

【００３６】

ビームスプリッター２０８に入射した光は、参照光２２１および被検光２２２に分岐される。参照光２２１は参照ミラー（参照面）２１０に導かれ、被検光２２２は被検物２７０に導かれる。被検物２７０は支持台２１１の上に載置されている。参照ミラー２１０は不図示のＺ軸ステージによって光軸方向に移動可能となっている。

【００３７】

被検物２７０によって、反射または散乱された光は再びビームスプリッター２０８に導かれる。同様に、参照ミラー２１０によって反射された光は再びビームスプリッター２０８に導かれる。ビームスプリッター２０８によって反射された参照光２２１と、ビームスプリッター２０８を透過した被検光２２２は、光学系２１４ａの方向に導かれる。これによって、参照光２２１および被検光２２２は空間的に重ね合わされ、干渉光２２３が生成される。

【００３８】

ビームスプリッター２０８によって再び重ね合わされた光は光学系２１４ａによって集光される。光学系２１４ａの前側焦点は被検物２７０の付近となるように設定する。これによって、被検物２７０が検出器２３１にぼけることなく結像される。光学系２１４ａの後ろ側焦点付近には、絞り２１５が配置される。絞り２１５として虹彩絞りを用いれば、絞りの径を調整することによって光量や被写界深度、スペックルの大きさを調整することができる。絞り２１５は調整部としての絞り移動機構２８０によって、光学系２１４ａの光軸を横切る方向にそって移動可能となっている。制御部Ｃは、絞り移動機構２８０の絞り２１５の開口の位置（調整パラメータ）を制御する。絞り移動機構２８０についての詳細は後述する。

【００３９】
絞り２１５を通過した光は、光学系２１４ｂによって集光され、検出器２３１に結像される。干渉光２２３は検出器２３１によって光強度が計測される。検出器２３１は、例えばＣＣＤやＣＭＯＳである。検出器２３１で計測した画像は、演算部２５０に転送される。白色干渉計では、Ｚ軸ステージによって参照ミラー２１０を光軸方向に走査して干渉信号を計測し、干渉信号のピーク位置を算出することで、光路長差を求めることができる。計測装置２０では、参照ミラー２１０を光軸方向に移動するとともに、検出器２３１で複数枚の画像を取得する。取得した画像は演算部２５０に転送され、干渉信号を解析することによって、光路長差が計算される。検出器２３１の各画素について干渉信号を処理することによって、ＸＹＺの３次元点群データを取得することができる。

【００４０】
スペックルが存在すると明瞭な画像を得ることができないため、光軸と直交する方向（横方向）の寸法を精度良く計測することが困難である。そこで、計測装置２０にはインコヒーレント光の光源２１３が構成されている。被検物２７０の横方向の寸法は、光源２１３を照射して得られる画像を用いて算出する。光源２１３は複数の光源素子から構成されており、複数の光源素子はリング状に配置されている。光源素子は例えばＬＥＤやランプである。各光源素子は個別に点灯状態を制御可能であり、これによって所望の方向からの照明を実現している。

【００４１】
第２実施形態の調整部は、被検光２２２の光路と絞り２１５の開口との相対的な位置を調整する絞り移動機構２８０である。図６乃至図８を用いて、第２実施形態の絞り移動機構２８０について説明する。図６は第２実施形態の調整部である絞り移動機構２８０の役割について説明するための図である。図６には、絞り移動機構２８０による調整に関わりのある部分のみを抜き出して示してある。このため、ビームスプリッター２０８などは図示していない。

【００４２】
ここでは、被検物２７０が表面粗さの異なる２つの面を有する場合について考える。被検物２７０の一方の面２７１ａは表面粗さが大きな粗面であり、被検物２７０の他方の面２７１ｂは表面粗さが小さな鏡面である場合について考える。この場合、面２７１ａに入射した光は広範な角度に散乱される成分（散乱成分）が多くなり、面２７１ｂに入射した光は入射角と反射角が等しくなる方向に反射される成分（鏡面反射成分）が多くなる。散乱光の強度分布は表面粗さに依存する。表面粗さが大きなランバート反射面では、角度によらず散乱光の強度は一定となる。

【００４３】
図６（ａ）では、絞り２１５の開口中心が光学系２１４ａの光軸と一致している。図６（ｂ）では、絞り移動機構２８０によって絞り２１５の位置が調整され、絞り２１５の開口中心は光学系２１４ａの光軸に対して偏心している。図６（ｃ）は、絞り移動機構２８０によって絞り２１５の位置が光学系２１４ａの光軸に対してさらに偏心された状態を表す図である。

【００４４】
図７は第２実施形態の絞り移動機構２８０によって、面２７１ａでの反射光と面２７１ｂでの反射光との絞り２１５を通過した後の強度の比が調整される原理を説明するための図である。図７には、絞り２１５と、面２７１ｂから反射された光の絞り面における光２９２が図示されている。図７（ａ）乃至図７（ｃ）はそれぞれ、絞り移動機構２８０が図６（ａ）乃至図６（ｃ）の状態の場合に対応する。

【００４５】
図７（ａ）では、絞り２１５の開口中心が光学系２１４ａの光軸と一致しているため、面２７１ｂによって反射された光２９２は絞り２１５の開口の中心を通過する。図７（ｂ）では、絞り２１５の開口中心が光学系２１４ａの光軸から偏心しているため、面２７１ｂから反射された光２９２は絞り２１５によって部分的に遮光される。図７（ｃ）では、

絞り２１５の開口中心が光学系２１４ａの光軸に対して大きく偏心しているため、面２７１ｂから反射された光２９２は絞り２１５によってほぼ完全に遮光される。

【００４６】

図８は、絞り２１５の開口中心の光学系２１４ａの光軸からの移動量と絞り２１５を通過した後の被検光の強度との関係を示した図である。面２７１ｂによって反射された光２９２の強度は、図８の破線のグラフで示されるように、移動量に依存する。図６（ａ）に示されるような偏心がない状態から光２９２の一部が絞り２１５によって遮光される移動量までは、光の強度は一定である。移動量が大きくなると絞り２１５によって光２９２が部分的に遮光されるようになるため、光の強度が移動量の増加につれて低下する。さらに移動量が大きくなると、面２７１ｂによって反射された光２９２は、絞り２１５によってほぼ完全に遮光されるため、光の強度はゼロとなる。

【００４７】

一方、図８の実線のグラフで示されるように、面２７１ａによって散乱された光２９１が絞り２１５を通過した後の強度は、面２７１ａの表面粗さがランバート反射面とみなせるほど大きい場合、絞り２１５の移動量に依存しない。このため、面２７１ｂによって反射された光２９２と面２７１ａによって散乱された光２９１との絞り２１５を通過した後の強度は、ある移動量で一致する。この移動量の条件では、面２７１ａと面２７１ｂの両方の領域について、検出器２３１が受光する光強度が等しくなる。結果として、それぞれの領域で撮像条件を変えなくても十分なカメラの分解能が得られるようになるため、ノイズが干渉信号に及ぼす影響が小さくなり、高精度な計測が可能となる。また、反射率が異なる領域ごとに別の条件で画像を取得する必要がないため、短時間での計測が可能となる。

【００４８】

最適な移動量を決定するためには、移動量を変えながら検出器２３１で面２７１ａからの散乱光と面２７１ｂからの反射光の光強度を計測し、両者が一致するような移動量を求めれば良い。この場合、干渉信号が生成されて光強度が変化しないように、参照光２２１を遮光するか、被検光２２２に対して光量を小さくしておくことが望ましい。同一の型番の部品を複数個計測するような場合は、型番に対応して絞り２１５の移動量を装置に記憶させておき、計測時にデータを読み出すようにすれば、移動量を最適化するための計測ステップは省略することができる。このように、第２実施形態の計測装置によれば、同一視野内に反射率が大きく異なる領域が混在する場合でも、短時間で高精度に被検物の形状を計測できる。

【００４９】

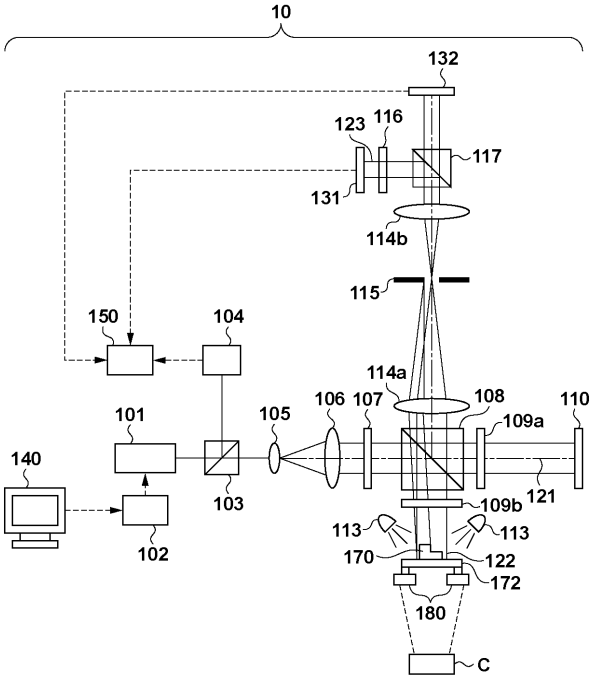
第２実施形態では、絞り２１５を開口２１５ｂが形成された遮光部材２１５ａとして構成し、絞り移動機構２８０が遮光部材２１５ａを移動することによって被検光の光路と開口２１５ｂとの相対的な位置を調整した。しかし、絞り２１５は、図９に示されるように、それぞれ移動可能な複数のブレード２１５ｃによって構成してもよい。図８の絞り２１５では、絞り移動機構２８０が少なくとも１つのブレード２１５ｃを移動することによって開口２１５ｂの位置を変化させる。

【００５０】

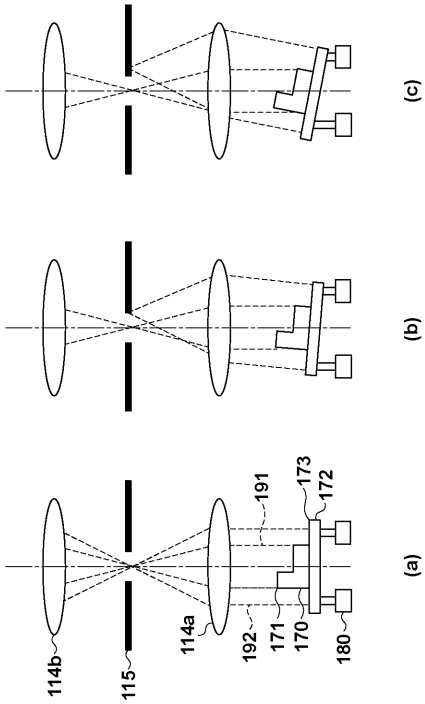
［物品の製造方法の実施形態］

本実施形態における物品の製造方法は、例えば、ギアなどの金属部品や光学素子等の物品を加工する際に用いられる。本実施形態の物品の製造方法は、上記の計測装置を用いて、上記物品の被検面の形状を計測する工程と、かかる工程における計測結果に基づいて被検面を加工する工程とを含む。例えば、被検面の形状を計測装置を用いて計測し、その計測結果に基づいて、被検面の形状が設計値など所望の形状になるように当該被検面を加工する。

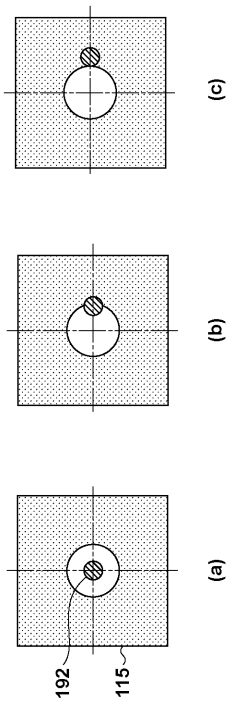
【図１】


10
132
123
116
117
131
114b
115
150
104
114a
106
107
108
110
101
105
109a
140
103
121
109b
113
113
102
170
122
172
180
C

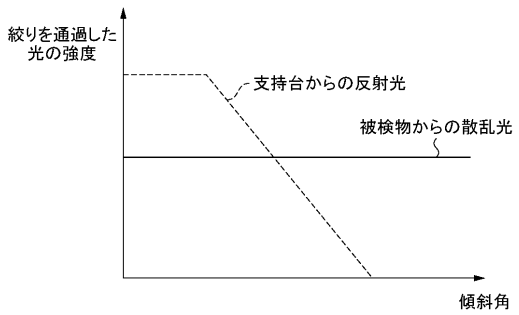
【図２】


(c)
(b)
(a)
191
173
172
114a
192
171
170
180
114b
115

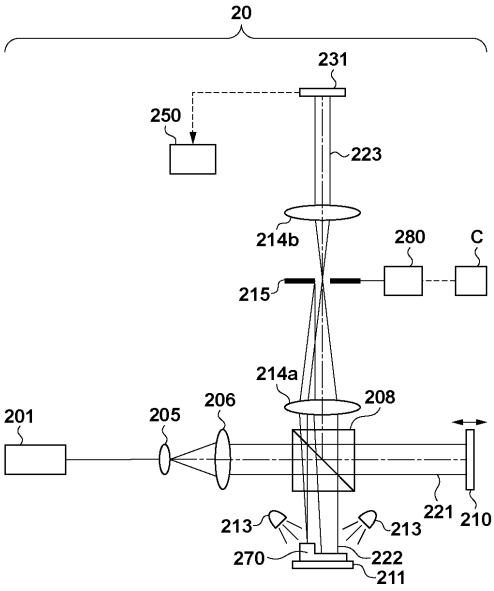
【図３】


(c)
(b)
(a)
192
115

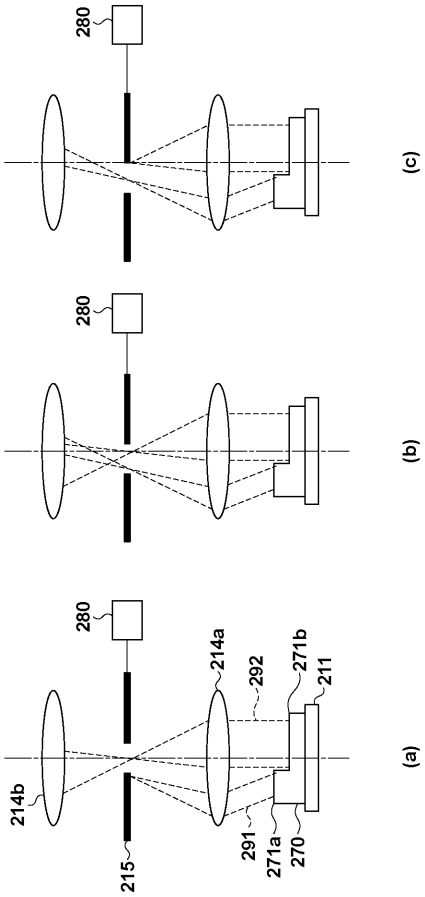
【図４】


絞りを通過した
光の強度
支持台からの反射光
被検物からの散乱光
傾斜角

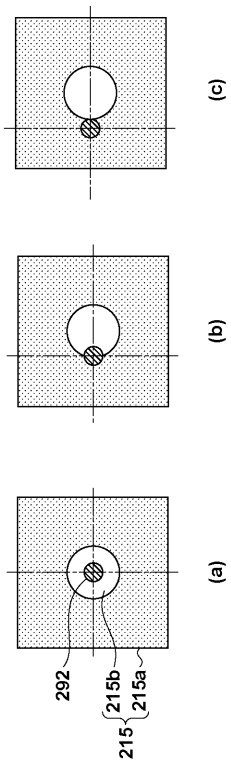
【図５】


20
231
250
223
214b
280
C
215
214a
206
208
201
205
213
213
221
210
270
222
211

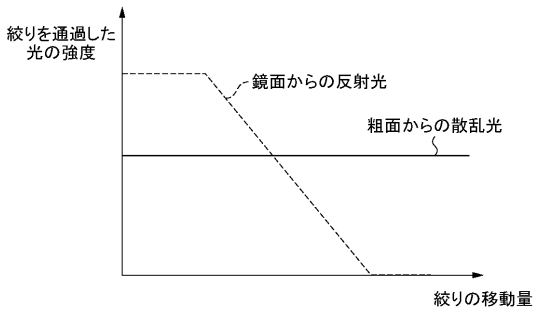
【図６】


280
(c)
280
(b)
280
214a
292
271b
211
(a)
214b
291
271a
270
215

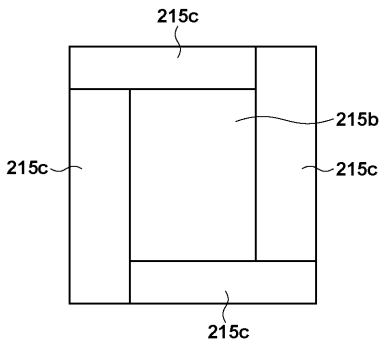
【図７】


(c)
(b)
(a)
292
215b
215a
215

【図８】


絞りを通過した
光の強度
鏡面からの反射光
粗面からの散乱光
絞りの移動量

【図９】


215c
215b
215c
215c
215c

フロントページの続き

(72)発明者　植村　卓典
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号　キヤノン株式会社内

Ｆターム(参考) 2F064 AA09 BB03 BB07 EE01 FF01 FF03 FF08 GG22 GG23 GG33
GG38 GG39 GG42 HH03 HH08
2F065 AA53 BB26 CC05 CC21 FF42 FF52 GG02 GG06 GG07 GG17
GG23 GG25 HH14 JJ03 JJ26 LL22 LL30 LL33 LL35 LL37
LL46 PP11 TT08