

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2020-535425

(P2020-535425A)

(43) 公表日 令和2年12月3日(2020.12.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO 1 B 11/24 (2006.01)</b>	GO 1 B 11/24 D	2 F 0 6 5
<b>GO 1 M 11/00 (2006.01)</b>	GO 1 M 11/00 L	2 G 0 8 6
	GO 1 M 11/00 M	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2020-517826 (P2020-517826)	(71) 出願人	503263355
(86) (22) 出願日	平成30年9月4日 (2018.9.4)		カール・ツァイス・エスエムティー・ゲー
(85) 翻訳文提出日	令和2年5月11日 (2020.5.11)		ムペーハー
(86) 国際出願番号	PCT/EP2018/073703		ドイツ連邦共和国、7 3 4 4 7 オーバー
(87) 国際公開番号	W02019/063247		コッヘン、ルドルフ・エーバー・シュトラ
(87) 国際公開日	平成31年4月4日 (2019.4.4)		ーセ 2
(31) 優先権主張番号	102017217371.8	(74) 代理人	100147485
(32) 優先日	平成29年9月29日 (2017.9.29)		弁理士 杉村 憲司
(33) 優先権主張国・地域又は機関	ドイツ (DE)	(74) 代理人	230118913
			弁護士 杉村 光嗣
		(74) 代理人	100169823
			弁理士 吉澤 雄郎

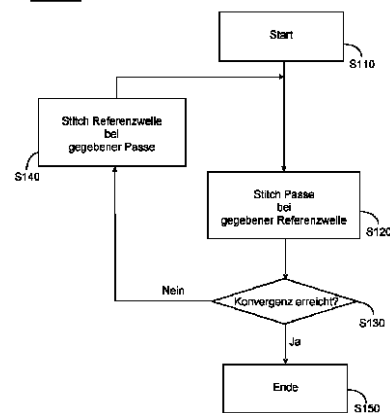
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学素子の表面形状を特性化する方法及び装置

## (57) 【要約】

本発明は、光学素子、特にマイクロリソグラフィ投影露光装置のミラーまたはレンズ素子の表面形状を特性化する方法及び装置に関するものである。本発明による方法は次のステップを含む：複数回の干渉計測を実行するステップであって、干渉計測毎に、光学素子の一部分から出る検査波と参照波との間のインターフェログラムをその都度記録し、検査波に対する光学素子の位置を、これらの干渉計測毎に変化させるステップと；これらの干渉計測に基づいて光学素子の形状を計算するステップ；この計算は、複数回の反復ステップにおいて、前向き計算をその都度実行することによって光学素子の形状を確定する方法で反復的に実行し、これらの反復ステップの各回は、先行する反復ステップに基づいてその都度適合させた参照波に基づく。

Fig. 1



S110 Start  
 S120 Stitching deviation with given reference wave  
 S130 Convergence achieved?  
 S140 Stitching reference wave with given deviation  
 S150 End  
 Ja = Yes  
 Nein = No

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

光学素子の表面形状を特性化する方法であって、  
複数回の干渉計測を実行するステップであって、前記干渉計測毎に、光学素子の一部分から出る検査波と参照波との間のインターフェログラムをその都度記録し、前記検査波に対する前記光学素子の位置を、前記干渉計測毎に変化させるステップと、  
前記干渉計測に基づいて前記光学素子の形状を計算するステップとを含み、  
前記計算は、複数回の反復ステップにおいて、前向き計算をその都度実行することによって前記光学素子の形状を確定する方法で反復的に実行し、前記反復ステップの各回は、先行する前記反復ステップに基づいてその都度適合させた前記参照波に基づく方法。

10

**【請求項 2】**

前記干渉計測を実行するステップが、サブアパーチャを記録することを含み、該サブアパーチャのいずれも前記光学素子の全体をカバーしない、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 3】**

個別に適合させた前記参照波を、後ろ向きの計算を実行することによって確定する、請求項 1 または 2 に記載の方法。

**【請求項 4】**

前記後ろ向きの計算を実行することが、それぞれの測定データから前記形状を計算によって除去することを含む、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の方法。

**【請求項 5】**

前記前向き計算をその都度実行することが、前記干渉計測を実行する際に使用する測定構成の第 1 座標系から、前記光学素子の第 2 座標系へのグリッド変換または変換を含む、請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の方法。

20

**【請求項 6】**

前記後ろ向きの計算をその都度実行することが、前記光学素子の第 2 座標系から、前記干渉計測を実行する際に使用する測定構成の第 1 座標系へのグリッド変換または変換を含む、請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の方法。

**【請求項 7】**

前記計算の反復を、所定の収束基準を満足するまで実行する、請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の方法。

30

**【請求項 8】**

前記計算の反復を、前記反復ステップの所定回数分だけ実行する、請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の方法。

**【請求項 9】**

前記光学素子の位置を変化させることを、前記光学素子の曲率の中心が定位置に留まる方法で実行する、請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載の方法。

**【請求項 10】**

前記光学素子がミラー素子またはレンズ素子である、請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載の方法。

**【請求項 11】**

前記光学素子がマイクロリソグラフィ投影露光装置の光学素子である、請求項 1 ～ 10 のいずれかに記載の方法。

40

**【請求項 12】**

光学素子の表面形状を特性化する装置であって、請求項 1 ～ 11 のいずれかに記載の方法を実行するように設計されている装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本願は、独国特許出願第 102017217371、8 号、2017 年 9 月 29 日出願による優先権を主張する。この独国特許出願の内容は、参照することによって本願明細書

50

中にも含める。

#### 【 0 0 0 2 】

発明の背景

発明の分野

本発明は、光学素子、特にマイクロリソグラフィ投影露光装置のミラー素子またはレンズ素子の表面形状を特性化する方法及び装置に関するものである。

#### 【 背景技術 】

#### 【 0 0 0 3 】

従来技術

マイクロリソグラフィは、微小構造構成部品、例えば集積回路またはLCD (liquid crystal display: 液晶ディスプレイ) の製造に用いられる。マイクロリソグラフィ・プロセスは、いわゆる投影露光装置内で実行され、投影露光装置は照明装置及び投影レンズを具えている。照明装置によって照射されたマスク (= レチクル) の像が、この場合、投影レンズによって基板 (例えば、シリコンウェハー) 上に投影され、この基板は、感光層 (フォトリソ) でコーティングされ、投影レンズの像平面内に配置されて、マスク構造が基板の感光コーティングに転写される。

#### 【 0 0 0 4 】

EUV (extreme ultraviolet: 極紫外) 範囲、即ち、例えばおよそ13 nmまたはおよそ7 nmの波長用に設計された投影レンズでは、適切な光透過性の屈折性材料が利用可能でないことにより、ミラーを結像プロセス用の構成部品として使用している。EUV用に設計された代表的な投影レンズは、例えば米国特許出願公開第2016/0085061号明細書 (特許文献1) より知られ、例えば $NA = 0.55$ の領域内の像側の開口数 ( $NA$ : numerical aperture) を有することができ、(例えば、弓形の) 対物視野を像平面またはウェハー面上へ結像させることができる。

#### 【 0 0 0 5 】

像側の開口数 ( $NA$ ) の増加は、一般に、投影露光装置内で使用されるミラーの必要なミラー面積の拡大によって実現される。このことは、ミラーの製造に加えて、ミラーの表面形状を検査することも厳しい挑戦であることを意味する。

#### 【 0 0 0 6 】

図2aに、ミラー201を検査するための従来可能な干渉検査装置の機能原理を説明するための概略図を示す。図2aによれば、参照表面210 (「フィゾープレート (Fizeau plate) 」) で反射する参照光 (以下では「参照波」と称する) と、ミラー201で反射する測定光 (以下では「検査光」とも称する) との間のインターフェログラムがフィゾー装置内に生成される。ここで、図2aの例では、測定光がコンピュータ生成ホログラム (CGH: computer-generated hologram) 220によって非球面の波面の形に形成され、この波面は数学的に厳密に、意図した距離にある「検査対象物の形状」(即ち、関連するミラー201の形状) に相当する。この波面は1回目に参照表面210によって反射され、2回目に関連するミラーまたは検査対象物によって反射されて、(図3に全体設計の観点から一例として概略的に示す) 干渉計205内で互いに干渉し、図3に示す干渉計205については、コリメータ309、ビームスプリッター・プレート308、遮光板307、接眼レンズ (アイピース) 306、CCD (charge-coupled device: 電荷結合素子) 304、及び光源303を有する。それぞれのミラーのインターフェログラムはCCDカメラ304によって記録される。図2a中に両矢印で示すように、ミラー201を複数回の測定ステップで異なる位置に移動させ、2つの異なる位置「A」及び「B」のみを概略的に示している。

#### 【 0 0 0 7 】

ミラー201の異なる位置で複数回の測定ステップを実行することは、特に、互いにオーバーラップする複数個のいわゆる「サブアパーチャ (部分開口)」の個別の干渉計測値から、(例えば、単一回の干渉計測では全体的に捕捉可能でない) ミラー201の表面をつなぎ合わせることに役立つ。比較的大型のミラーの測定における数百個のサブアパーチャ

ャの一部の位置を図2bに例示的様式で示す。ここで、最終的に測定すべきミラーまたは検査対象物の形状（即ち、意図した所定の表面形状からの偏差）は、個別のサブアパーチャから再構成することができ、それ自体は既知の方法で、第1に、検査対象物の位置のそれぞれを考慮しつつ、これらのサブアパーチャを検査対象物上の共通グリッドに変換する変換が存在し、第2に、（変換された個別のサブアパーチャの、これらのサブアパーチャがオーバーラップする領域内での最良の対応付けを得るための）いわゆる補償器または感度を用いてサブアパーチャどうしを互いに合わせる適合が存在する。上述した概念は時として「スティッチング（縫い合わせ）」とも称される。

【0008】

しかし、この場合に実際に生じる問題は、干渉計測構成自体、あるいはその内部に配置された光学構成部品が、理想的な表面形状からの偏差を有することにある。しかし、上述した方法では、関連する参照波が、考慮されないか不十分に考慮されるに過ぎないかのいずれかであり、このことは不適正な形状の再構成を生じさせ、従って、最終的には、関心事の光学素子またはミラーの不正確な特性化を生じさせる。

【0009】

従来技術に関しては、単なる一例として米国特許第6956657号明細書（特許文献2）を参照されたい。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】米国特許出願公開第2016/0085601号明細書

【特許文献2】米国特許第6956657号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

前述した背景に対して、本発明の目的は、光学素子、特にマイクロリソグラフィ投影露光装置のミラーまたはレンズの表面形状を特性化するための方法及び装置を提供することにある、これらの方法及び装置は、上述した問題を少なくとも部分的に回避しつつ、信頼性の高い表面形状の特性化を促進する。

【課題を解決するための手段】

【0012】

この目的は、独立請求項1の特徴による方法、及び代案の独立請求項12による装置によって達成される。

【0013】

本発明による、光学素子の表面形状を特性化する方法は、次のステップを含む：

複数回の干渉計測を実行するステップであって、干渉計測毎に、光学素子の一部分から出る検査波と参照波との間のインターフェログラムをその都度記録し、検査波に対する光学素子の位置を干渉計測毎に変化させるステップ；

これらの干渉計測に基づいて光学素子の形状を計算するステップ、

この計算は、複数回の反復ステップにおいて、前向き（前進）計算をその都度実行することによって光学素子の形状を確定する方法で反復的に実行し、これらの反復ステップの各回は、先行する反復ステップに基づいてその都度適合させた参照波に基づく。

【0014】

特に、本発明は、複数回の干渉計測を実行することに基づいて光学素子の形状を計算する際に、例えば、干渉計測構成、またはその内部に配置された光学素子における前述した誤差を無視するか単一回の不適切な近似しか実行しないことの結果として、参照波が一定であるものと考えず、その代わりに、この参照波が可変のパラメータであるものとする、というのは、反復的方法において - 先行する反復ステップのそれぞれにおいて取得した情報を考慮しつつ - 第1に光学素子の形状、第2に参照波が交互に測定されるからである、という概念に基づく。ここで、反復ステップの回数は、例えば、所定の収束基準に依存

10

20

30

40

50

させることができ、あるいは所定値にすることもできる。

【0015】

具体的には、本発明によれば、例えば、最初に特定の参照波を指定することによる、手始めに述べて以下により詳細に説明する「ステッチング法」を用いた1回目の形状の測定が存在し得る。その直後に、後ろ向きの（後退）計算を用い、上記のステッチング法も用いた、こうして確定した形状を考慮した新たな参照波の決定が存在する。このようにして得られた参照波についてのより正確な情報を、次の反復ステップで用いて、形状の測定を改善することができる、等々である。

【0016】

上述したように、形状を決定するための前向きの計算と参照波を決定するための後ろ向きの計算とを交互に実行することによって、参照波も、反復するうちにピクセル（画素）に分解された様式で決定されることになり、従って、方法全体でより正確な形状測定を実現することができる。

【0017】

なお、上述した反復的方法を実行することは、コンピュータによる「グリッド（格子）変換」、あるいは、第1には検査対象物の座標系またはピクセルグリッド（画素格子）と、第2には測定構成の座標系またはピクセルグリッドとの間の変換を必要とする。従来の（即ち、非反復的な）ステッチング法で既に必要とされた、こうしたグリッド変換または変換は、本発明による方法において、測定構成の座標系から検査対象物の座標系への変換だけでなく、逆向きの変換でも必要になる、というのは、1回の反復ステップにおいて形状を確定した後の後続する参照波の確定は、（即ち、測定構成の座標系内の）生の測定データのそれぞれから形状を計算により除去することを再度必要とするからである。

【0018】

異なる表現をすれば、1回の反復ステップにおいて個別に確定した形状を後ろ向きに計算して対応する生のデータイメージにし、次に、計算によって減算または除去して参照波をステッチングする。さらに、本発明による反復的方法は、複数回の干渉計測において記録されたインターフェログラムの適正な処理または評価も促進し、このインターフェログラムでは、検査対象物の各位置の結果として、参照波の一部分のみが、それぞれの測定結果に寄与し、あるいはそれぞれのインターフェログラム中に「見られる」。本発明による方法では、このことが、手始めに述べて以下でさらに詳細に説明する「ステッチング」を、個別の反復ステップにおいて検査対象物の形状を決定する際だけでなく参照波を再構成する際にも用いることにより実現される。

【0019】

原則として、開始時の参照波はあらゆる適切な方法で選定することができる、というのは、通例、それぞれの選択は上記反復的方法の収束の速さに影響を与えるに過ぎないからである。好適例では、サブアパーチャをその都度完全に満たすことによるすべての測定値の平均値、前回の測定または評価中にその都度決定した参照波、さもなければ「0の波面」を、開始時の参照波として選定することができる。

【0020】

1つの好適例によれば、干渉計測を実行することがサブアパーチャを記録することを含み、これらのサブアパーチャのいずれもミラーの表面全体を覆わない。

【0021】

1つの好適例によれば、個別に適合させた参照波を、後ろ向きの計算を実行することによって確定する。

【0022】

1つの好適例によれば、こうした後ろ向きの計算を実行することが、それぞれの測定データから形状を計算によって除去することを含む。

【0023】

1つの好適例によれば、上記の前向きの計算をその都度実行することが、干渉計測を実行する際に使用する測定構成の第1座標系から、光学素子の第2座標系へのグリッド変換

10

20

30

40

50

または変換を含む。

【0024】

1つの好適例によれば、上記の後ろ向き計算をその都度実行することが、光学素子の第2座標系から、干渉計測を実行する際に使用する測定構成の第1座標系へのグリッド変換または変換を含む。

【0025】

1つの好適例によれば、上記の反復計算を、所定の収束基準を満足するまで実行する。

【0026】

1つの好適例によれば、上記の反復計算を、反復ステップの所定回数分だけ実行する。

【0027】

1つの好適例によれば、光学素子の位置を変化させることを、光学素子の曲率の中心が定位置に留まる方法で実現する。

【0028】

好適例では、複数回の干渉計測を実行する際に、検査対象物を回転軸受け上の軸の周りに回転させて、複数の回転位置で測定することができ、これらの回転位置は均一な分布で配置することも不規則に配置することもできる。

【0029】

複数回の干渉計測を実行する際の好適なシナリオは次のステップを含む：

回転軸受けを有する検査ステーション上の回転対称な平面、非球面、または球面を測定するステップであって、上記サブアパーチャが少なくとも検査対象物のエッジから検査対象物の中心まで広がり、回転軸受けの軸が検査対象物の対称軸とほぼ一致するステップ。検査対象物の位置は、回転軸受けを変位させることによって変化させることができる。

検査ステーション上の球面を測定するステップであって、この検査ステーションは、この球面が2本以上の軸の周りに回転することを可能にするホルダを有するステップ。反復的スティッチングに関連して、絶対較正する測定方法をこのようにして実現することができる。

非常に多数のサブアパーチャを有する表面（平面、球面、非球面、または自由形状面とすることができる）を走査するステップであって、上記グリッドは規則的または不規則に配列することができる。ここでも、本発明による反復的スティッチングを用いて絶対構成する方法を実現することができる。

【0030】

1つの好適例によれば、上記光学素子がミラー素子またはレンズ素子である。

【0031】

1つの好適例によれば、上記光学素子がマイクロリソグラフィ投影露光装置の光学素子である。

【0032】

さらに、本発明は光学素子の表面形状を特性化する装置に関するものであり、この装置は上述した特徴を有する方法を実行するように設計されている。この装置の利点及び好適な構成に関しては、本発明による方法に関連する以上の説明を参照されたい。

【0033】

本発明の他の構成は、上記の説明及び従属請求項から推測することができる。

【0034】

以下、添付した図面中に図示する好適な実施形態に基づいて、本発明をより詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】本発明の好適な実施形態による方法のステップを説明するフローチャートである。

【図2】本発明の範囲内で使用することができる干渉試験装置の可能な構成を説明するための概略図である。

10

20

30

40

50

【図 3】本発明の範囲内で使用することができる干渉検査装置の可能な構成を説明するための概略図である。

【図 4】EUVにおける動作用に設計された投影露光装置の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0036】

好適な実施形態の詳細な説明

図 4 に、好適な投影露光装置の概略図を示し、この投影露光装置は、EUVでの動作用に設計され、本発明による方法を用いて検査可能なミラーを具えている。

【0037】

図 4 によれば、EUV用に設計された投影露光装置 410 内の照明装置が、視野（フィールド）ファセットミラー 403 及び瞳孔ファセットミラー 404 を具えている。プラズマ光源 401 及びコレクタミラー（集光鏡）402 を具えた光源部からの光が視野ファセットミラー 403 上へ指向される。第 1 テレスコープミラー（望遠鏡鏡面）405 及び第 2 テレスコープミラー 406 が、瞳孔ファセットミラー 404 の下流の光路内に配置されている。偏向ミラー 407 が光路内の下流に配置され、この偏向ミラーは、当該偏向ミラー上に入射する放射を、6 枚のミラー 421 ~ 426 から成る投影レンズの対物面内の対物視野上へ指向させる。対物視野の位置に、反射構造を有するマスク 431 がマスクステージ 430 上に配置され、このマスクは投影レンズを利用して像平面内に結像され、この像平面内に、感光層（フォトレジスト）でコーティングされた基板 441 がウェハーステージ 440 上に配置されている。

【0038】

本発明の範囲内で、その表面形状または形状に関して説明する光学素子は、例えば、投影露光装置 410 のあらゆるミラー、例えば、像平面側の投影レンズの（比較的大型の）最終ミラー 426 とすることができる。他の用途では、上記光学素子を、例えば（例えば 250 nm よりも短い、特に 200 nm よりも短い波長の）DUV（deep ultraviolet：深紫外）における動作用に設計された投影露光装置のレンズ素子とすることもできる。

【0039】

以下、本発明による方法を、実施形態に基づいて、図 1 に示すフローチャートを参照しながら説明する。

【0040】

ここで、ミラーの形状を特性化する目的で、検査対象物の異なる位置決めによる個別の干渉計測において、複数（例えば、50 個）のサブアパーチャをその都度記録する、という仮定を行う。特に、「サブアパーチャ」とは、当該サブアパーチャを記録するために実行する干渉計測が、ミラーの表面全体をその都度カバーしないことを表現することを意図している。

【0041】

ここで、この好適な実施形態では球面鏡を仮定し、図 2 a を再び参照すれば、同図中に示すミラー 201 の位置の変化は、曲率の中心がその都度定位置に留まるような方法で実現される。他の実施形態では、ミラー 201 はほぼ平面のミラーとすることもでき、このミラーは平行移動の様式で鏡面に平行な方向に個別の干渉計測毎に変位させる。

【0042】

さらに、本発明の実施形態では、個別の測定位置の「対称性の破れ」の配列を選定することができる。このことは、個別のサブアパーチャ測定において得られる測定結果を形状の成分と参照波の成分とに明確に分類することができる点で有利である。

【0043】

ここで、ミラーの全体形状または「つなぎ合わせた」形状を、測定した複数のサブアパーチャから決定するために、本発明は、それ自体は既知である「スティッチング法」に基づき、これについては図 1 のフローチャートを参照しながら以下に説明し、但し既知のスティッチング法を修正している。

【0044】

10

20

30

40

50

図 1 によれば、最初に、方法の開始（ステップ S 1 1 0）後の特定の参照波の指定による、形状の 1 回目の計算が存在する。ここで、外部で定めた開始値またはゼロ関数を、特に、参照波用に指定することができる。形状の 1 回目の計算は、特に、前述した測定構成の座標系から検査対象物またはミラー 2 0 1 の座標系へのグリッド変換または変換も含む。所定の参照波において形状を「ステッチングする」ステップは、図 1 では「S 1 2 0」のラベルを付け、次の最小化問題（等式の線形系を生じさせる）を解くことによって実現される：

【数 1】

$$\min_{f, P_n} \sum_{i=1}^m \int_{x,y} \left[ w_{x,y}^{\text{PRF}} \cdot T_{i,x,y}^{\text{CCD} \rightarrow \text{PRF}} (w_i^S) \cdot \left( T_{i,x,y}^{\text{CCD} \rightarrow \text{PRF}} (S_i - I_{n-1}) - \sum_k f_{ik} F_{k,x,y} - P_{n,x,y} \right) \right]^2 dx dy \quad (1)$$

10

【0 0 4 5】

ここに、そして以下では、次の省略形及び変数を用いる：

$P_n$ ：n 回目の反復における光学素子または検査対象物の形状

$I_n$ ：n 回目の反復における参照波。 $I_0$  は外部で定めた開始値またはゼロ関数

$S_i$ ：i 番目のサブアパーチャ測定値

20

$m$ ：サブアパーチャ測定値の個数

$F_k$ ：補償器 / 感度、その振幅は変化させるべきである

$f_{ik}$ ：サブアパーチャ i 用の感度 k の振幅

$w_i^S$

：サブアパーチャ i 用のサブアパーチャ・マスク / 重み関数

$w^{\text{PRF}}$ ：形状マスク / 重み関数

$T_i^{\text{CCD} \rightarrow \text{PRF}}$

：i 回目の測定用の測定グリッド上で定義される関数を検査対象物のグリッドに変換する関数

30

【0 0 4 6】

従来の（非反復的な）方法とは対照的に、本発明によれば、光学素子またはミラーの形状についての受信した情報に基づいて、今度は参照波を「ステッチング」し、このことは、特に、形状を測定構成の座標系に変換する逆変換を含む。ここで実現される後ろ向きの計算は、前回確定した形状を考慮して、参照波についてのより正確な、あるいは改良された情報をもたらし、対応するステップ（即ち、所定形状の場合における参照波の「ステッチング」）は図 1 中に「S 1 4 0」で表す。

【0 0 4 7】

所定形状  $P_n$  の場合の参照波  $I_n$  の「ステッチング」は、次の最小化問題（これも等式の線形系を生じさせる）を解くことによって実現される：

40

【数 2】

$$\min_{f, I_n} \sum_{i=1}^m \int_{x,y} \left[ w_{x,y}^{\text{PRF}} \cdot T_{i,x,y}^{\text{CCD} \rightarrow \text{PRF}} (w_i^S) \cdot \left( T_{i,x,y}^{\text{CCD} \rightarrow \text{PRF}} (S_i - I_n) - \sum_k f_{ik} F_{k,x,y} - P_{n,x,y} \right) \right]^2 dx dy \quad (2)$$

【0 0 4 8】

（例えば、計算時間及び / またはメモリ要求を制限するための）実施形態では、参照波

50



の「スティッチング」はピクセルの一部または選択したピクセルのみを用いて実行することもできる。

【 0 0 4 9 】

図 1 によれば、新たな前向き計算を次のステップで実現し、この計算は、こうして得られた参照波についての改良された、あるいはより正確な情報に基づく形状の新たな「スティッチング」に相当する。

【 0 0 5 0 】

本発明の実施形態では、上記のサブアパーチャ・マスク / 重み関数または形状マスク / 重み関数をマスク関数（関数値 0 または 1）とすることができ、このマスク関数は各回の測定において有効領域を無効領域から分離する。他の実施形態では、上記のサブアパーチャ・マスク / 重み関数または形状マスク / 重み関数を「実数の」重み関数（関数値 0）とすることもでき、この重み関数は局所的な測定誤差から計算される。

10

【 0 0 5 1 】

本発明の実施形態では、比較的小さい重み、さらには 0 の重みを、比較的大きい測定誤差を有する領域に用いることができる。さらに、これらの重みは、この反復的方法の全体にわたって動的に改良することができる。

【 0 0 5 2 】

原則的に、測定位置の数は所望通りに適切に選定することができ、その数は少なくとも 2 である。

【 0 0 5 3 】

20

現実の測定値からのモデルの偏差を最小化する代わりに、オーバーラップする領域内の 2 つの測定値間の差を類似した様式で最小化することもできる。こうした手順は同様な解を提供し、重み

$w_i^S$

の選定が異なるに過ぎない。

【 0 0 5 4 】

グリッド変換関数 T は、特に検査対象物に関する特定の環境に基づいて（即ち、特定のスティッチング問題に適合させて）選択することができる。ここでは、特に検査対象物上のデカルトグリッド上へのグリッド変換が存在し得る。

30

【 0 0 5 5 】

検査対象物上に張るピクセルグリッドは、形状を「スティッチングする」際に用いられ、ピクセルの総数及びグリッドの歪みの両方について変化させることができる。

【 0 0 5 6 】

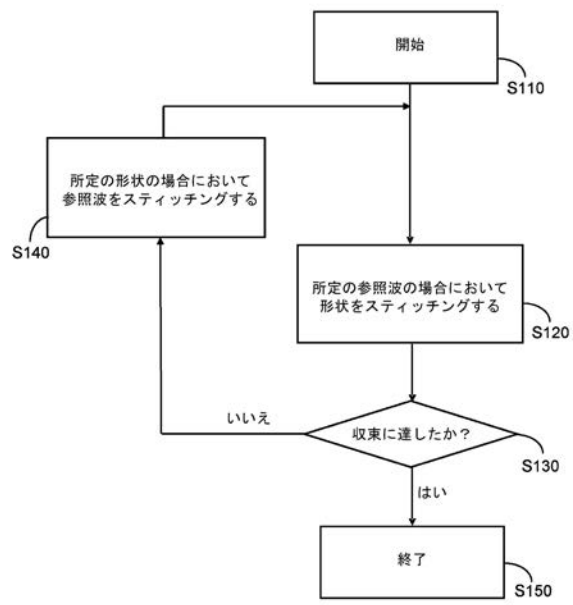
図 1 の好適な実施形態では、ステップ S 1 3 0 における質問により収束基準に到達し次第、こうした反復法を（ステップ S 1 5 0 で）終了する。他の実施形態では、反復ステップの所定回数を予め規定することもでき；一旦、この回数に達すると、反復を終了して最後に確定した形状を出力する。

【 0 0 5 7 】

特定の実施形態に基づいて本発明を説明してきたが、例えば個別の実施形態の特徴の組合せ及び / または交換により、多数の変形例及び代案実施形態が当業者にとって明らかである。従って、こうした変形例及び代案実施形態は、本発明に付随するものとして本発明に包含され、本発明の範囲は添付した特許請求の範囲及びその等価物が意味する範囲内のみに限定されることは、当業者にとって言うまでもない。

40

【図 1】



【図 2 a】

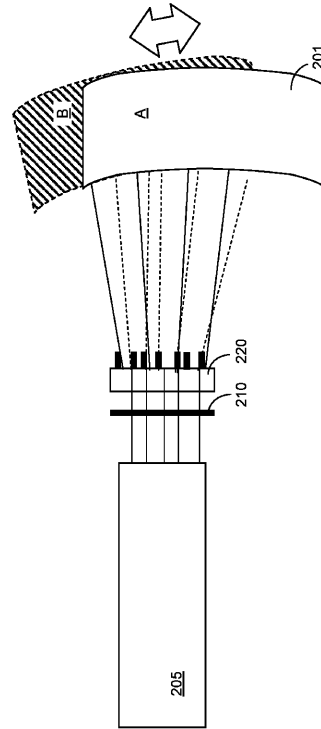


Fig. 2a

【図 2 b】

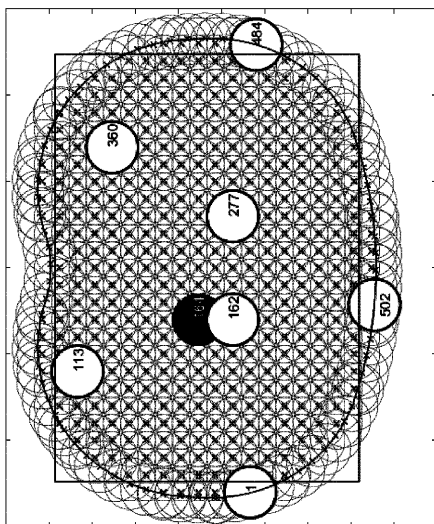
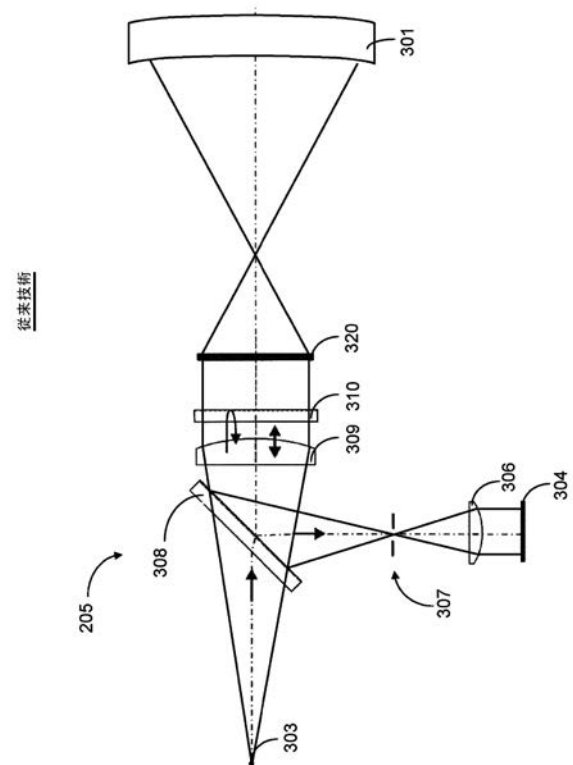
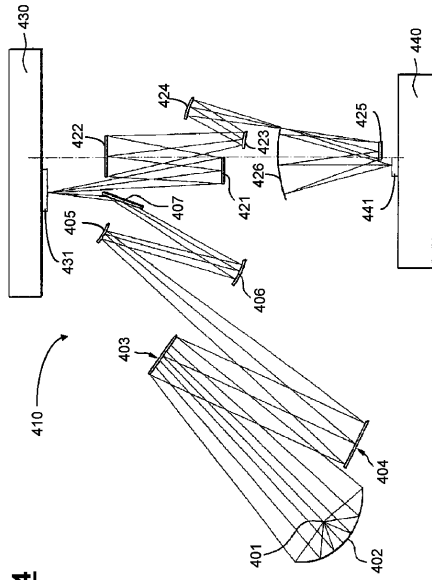


Fig. 2b

【図 3】



【 図 4 】



**Fig. 4**

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/073703

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

*G01B 9/02*(2006.01)i; *G01B 11/24*(2006.01)i; *G01M 11/00*(2006.01)i; *G01M 11/02*(2006.01)i; *G03F 7/20*(2006.01)i; *G06T 7/55*(2017.01)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)

G01B; G01M; G03F; G06T

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

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

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JON FLEIG ET AL. "An automated subaperture stitching interferometer workstation for spherical and aspherical surfaces" <i>PROCEEDINGS OF SPIE</i> , US, Vol. 5188, 07 November 2003 (2003-11-07), pages 296-307 DOI: 10.1117/12.506254 ISBN: 978-1-5106-1533-5. XP055280638 the whole document	1-12
X	US 2003117632 A1 (GOLINI DONALD [US] ET AL.) 26 June 2003 (2003-06-26) cited in the application the whole document	1-12
A	US 2011119011 A1 (YAMAZOE KENJI [JP]) 19 May 2011 (2011-05-19) the whole document	1-12
A	US 2009251702 A1 (MURPHY PAUL [US] ET AL.) 08 October 2009 (2009-10-08) the whole document	1-12

☐ 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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 November 2018

Date of mailing of the international search report

23 November 2018

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office  
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk  
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Stanciu, C

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2018/073703**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2003117632	A1	26 June 2003	AT	321992	T	15 April 2006
				DE	60210195	T2	04 January 2007
				EP	1324006	A1	02 July 2003
				JP	4498672	B2	07 July 2010
				JP	2004125768	A	22 April 2004
				US	2003117632	A1	26 June 2003
US	2011119011	A1	19 May 2011	CN	102713507	A	03 October 2012
				DE	112009005390	T5	13 September 2012
				JP	5597205	B2	01 October 2014
				JP	WO2011061843	A1	04 April 2013
				KR	20120091352	A	17 August 2012
				US	2011119011	A1	19 May 2011
				WO	2011061843	A1	26 May 2011
US	2009251702	A1	08 October 2009	CN	102047072	A	04 May 2011
				EP	2286179	A2	23 February 2011
				JP	5783899	B2	24 September 2015
				JP	2011518322	A	23 June 2011
				KR	20100134712	A	23 December 2010
				US	2009251702	A1	08 October 2009
				WO	2009126269	A2	15 October 2009

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/073703

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV. G01B9/02 G06T7/55	G01B11/24	G01M11/00 G01M11/02 G03F7/20
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01B G01M G03F G06T		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JON FLEIG ET AL: "An automated subaperture stitching interferometer workstation for spherical and aspherical surfaces", PROCEEDINGS OF SPIE, Bd. 5188, 7. November 2003 (2003-11-07), Seiten 296-307, XP55280638, US DOI: 10.1117/12.506254 ISBN: 978-1-5106-1533-5 das ganze Dokument	1-12
X	US 2003/117632 A1 (GOLINI DONALD [US] ET AL) 26. Juni 2003 (2003-06-26) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-12
----- -/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
15. November 2018		23/11/2018
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Stanciu, C

1

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/073703

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2011/119011 A1 (YAMAZOE KENJI [JP]) 19. Mai 2011 (2011-05-19) das ganze Dokument	1-12
A	----- US 2009/251702 A1 (MURPHY PAUL [US] ET AL) 8. Oktober 2009 (2009-10-08) das ganze Dokument -----	1-12

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/073703

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2003117632 A1	26-06-2003	AT 321992 T DE 60210195 T2 EP 1324006 A1 JP 4498672 B2 JP 2004125768 A US 2003117632 A1	15-04-2006 04-01-2007 02-07-2003 07-07-2010 22-04-2004 26-06-2003
US 2011119011 A1	19-05-2011	CN 102713507 A DE 112009005390 T5 JP 5597205 B2 JP W02011061843 A1 KR 20120091352 A US 2011119011 A1 WO 2011061843 A1	03-10-2012 13-09-2012 01-10-2014 04-04-2013 17-08-2012 19-05-2011 26-05-2011
US 2009251702 A1	08-10-2009	CN 102047072 A EP 2286179 A2 JP 5783899 B2 JP 2011518322 A KR 20100134712 A US 2009251702 A1 WO 2009126269 A2	04-05-2011 23-02-2011 24-09-2015 23-06-2011 23-12-2010 08-10-2009 15-10-2009



## フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, JO, 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

(72)発明者 フランク リーペンハウゼン

ドイツ国 7 3 4 4 7 オーバーコッヘン ディーヴ シュル メール シュトラーセ 1 3

(72)発明者 マーティン シュレーター

ドイツ国 7 3 4 4 7 オーバーコッヘン プリメルヴェック 3

Fターム(参考) 2F065 AA53 CC17 CC21 DD03 FF52 HH03 JJ03 JJ26 LL12 MM01

PP22

2G086 FF01 GG04