

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7440983号
(P7440983)

(45)発行日 令和6年2月29日(2024.2.29)

(24)登録日 令和6年2月20日(2024.2.20)

(51)国際特許分類	F I		
G 0 2 B 27/00 (2006.01)	G 0 2 B 27/00	Z	
G 0 2 B 7/00 (2021.01)	G 0 2 B 7/00	E	
G 0 1 M 11/00 (2006.01)	G 0 2 B 7/00	D	
G 0 1 B 11/26 (2006.01)	G 0 1 M 11/00	T	
	G 0 1 B 11/26	H	
請求項の数 20 (全49頁)			

(21)出願番号	特願2023-515065(P2023-515065)	(73)特許権者	518105275
(86)(22)出願日	令和3年11月18日(2021.11.18)		ルーマス リミテッド
(65)公表番号	特表2023-553776(P2023-553776 A)		Lumus Ltd.
(43)公表日	令和5年12月26日(2023.12.26)		イスラエル国 7 4 0 3 6 3 1 ネス ジオナ、ピンカス サビル ストリート 8
(86)国際出願番号	PCT/IL2021/051378	(74)代理人	110000523
(87)国際公開番号	WO2022/107141		アクシス国際弁理士法人
(87)国際公開日	令和4年5月27日(2022.5.27)	(72)発明者	イド・アイゼンバーグ
審査請求日	令和5年10月19日(2023.10.19)		イスラエル国 7 4 0 3 6 3 1 ネス・ジオナ、ピンカス・サビル・ストリート8、シーノオー・ルーマス・リミテッド
(31)優先権主張番号	63/115,151	審査官	河村 麻梨子
(32)優先日	令和2年11月18日(2020.11.18)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 内部ファセットの配向の光学に基づく検証

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

サンプルの外部の平坦な第1の表面に対する前記サンプルの内部ファセットの配向を検証するための光学に基づくシステムであって、

導光構成(LGA)であって、光屈曲構成要素(LFC)及び結合インフラストラクチャを備え、前記サンプルの前記外部の平坦な第1の表面に垂直な方向でLGAに入射する光を前記サンプル内又は前記サンプル上に方向転換するように構成されており、それによって前記サンプル内に透過した光は、前記サンプルの前記内部ファセットに対して公称上垂直に前記内部ファセットに衝突する、LGA、及び

照明及び収集構成(ICA)であって、

(a)前記第1の表面からの反射によって第1の戻り光ビーム(LB)を生成するために、前記第1の表面に第1の入射光ビーム(LB)を投射するように、かつ(b)第2の入射光ビーム(LB)のLGAによる前記サンプル内又は前記サンプル上への方向転換、前記内部ファセットからの前記第2の入射光ビーム(LB)の反射、及び前記LGAによる逆方向転換によって、第2の戻り光ビーム(LB)を生成するために、前記第1の入射光ビーム(LB)と平行に前記第2の入射光ビーム(LB)を前記LGA上に投射するように構成された光源及び光学機器と、

前記第1の戻り光ビーム(LB)に対する前記第2の戻り光ビーム(LB)の第1の角度偏差を測定するように構成された少なくとも1つのセンサ、及び/又は前記第1の角度偏差を手動で測定することを可能にするように構成された接眼レンズアセンブリと、を

備える、ICAと、を備え、

前記測定された第1の角度偏差が、前記第1の表面に対する前記内部ファセットの実際の傾斜角を示す、光学に基づくシステム。

【請求項2】

前記ICAが、前記入射光ビーム(LB)の各々を選択的に遮断するように構成された少なくとも2つのシャッタ、及び/又は前記戻り光ビーム(LB)の区別を少なくとも容易にするように構成された1つ以上のスペクトルフィルタを更に備える、請求項1に記載の光学に基づくシステム。

【請求項3】

前記少なくとも1つのセンサを備え、前記少なくとも1つのセンサが、1つ以上の光センサ及び/又は1つ以上の画像センサを備え、

前記光源が、単一の光ビーム(LB)を生成するように構成されており、前記光学機器が、前記単一の光ビーム(LB)をコリメートするように構成されている、請求項1に記載の光学に基づくシステム。

【請求項4】

オートコリメータを更に備え、前記オートコリメータが、前記光源、前記少なくとも1つのセンサ、及びコリメータレンズ又はコリメータレンズアセンブリを備える、請求項3に記載の光学に基づくシステム。

【請求項5】

前記第1の入射光ビーム(LB)及び前記第2の入射光ビーム(LB)が、前記コリメートされた光ビーム(LB)の相補的部分である、請求項3に記載の光学に基づくシステム。

【請求項6】

前記光源が、多色光源であるか、又は前記光源が、レーザビームを生成するように構成されている、請求項5に記載の光学に基づくシステム。

【請求項7】

前記サンプルが、第1の部分及び第2の部分を含み、前記第1の部分と前記第2の部分との間には前記内部ファセットが延在し、前記第1の部分が、前記サンプルの外部の第2の表面と前記内部ファセットとの間に位置付けられており、前記光屈曲構成要素(LFC)及び前記結合インフラストラクチャを備える前記LGAが、前記第2の表面を介して前記第2の入射光ビーム(LB)を前記第1の部分内又は上に方向転換するように構成されている、請求項1に記載の光学に基づくシステム。

【請求項8】

前記サンプルが、プリズム又は導波路である、請求項7に記載の光学に基づくシステム。

【請求項9】

前記光屈曲構成要素(LFC)は、少なくとも、前記第1の表面に垂直な方向に光が投射されたとき、前記光を、前記第1の表面に対する前記内部ファセットの公称傾斜角に等しい光屈曲角で屈曲させるように公称上構成され、

前記LFCが、プリズム、1つ以上のミラー、及び/又は回折格子であるか、又はそれらを備える、請求項7に記載の光学に基づくシステム。

【請求項10】

前記LFCの前記光屈曲角が、前記LFCのピッチの変動に影響されない、請求項9に記載の光学に基づくシステム。

【請求項11】

前記LFCが、ペンタプリズム若しくは、偶数の内部反射表面を有するプリズム、又は互いに対してある角度に設置された一対のミラーであるか、又はそれらを備える、請求項10に記載の光学に基づくシステム。

【請求項12】

前記LGAが、前記LFCによって屈曲した前記光を、前記サンプル上又は前記サンプル内に誘導するように構成された前記結合インフラストラクチャを更に備え、それによっ

10

20

30

40

50

て前記サンプル内に透過した光は、前記内部ファセットに公称上垂直に衝突する、請求項 9 に記載の光学に基づくシステム。

【請求項 13】

前記結合インフラストラクチャが、結合プリズム (CP) を備え、前記 CP が、外部の平坦な CP 第 1 の表面、前記 CP 第 1 の表面に対して前記公称傾斜角で公称上傾斜している外部の平坦な CP 第 2 の表面、及び前記 CP 第 2 の表面の反対側の外部の CP 第 3 の表面を備え、

前記 CP が、前記サンプルの前記第 1 の部分と同じ屈折率、又はそれに近い屈折率を有し、

前記 CP が、前記 CP 第 1 の表面が前記サンプルの前記第 1 の表面に平行であるように配置され、更に、前記 LFC によって屈曲した前記光が、前記 CP 第 2 の表面に公称上垂直に衝突するように配置されている、請求項 12 に記載の光学に基づくシステム。

10

【請求項 14】

前記結合インフラストラクチャが、形状適合界面を更に備え、前記形状適合界面が、前記 CP 第 1 の表面が前記サンプルの前記第 1 の表面に対して平行であるように、前記 CP 第 3 の表面と前記サンプルとの間に配置されており、前記形状適合界面が、前記サンプルの前記第 1 の部分と同じ屈折率又はそれに近い屈折率を有する、請求項 13 に記載の光学に基づくシステム。

【請求項 15】

前記形状適合界面が、液体及び / 又はゲルであるか、又はそれらを含む、請求項 14 に記載の光学に基づくシステム。

20

【請求項 16】

前記システムが、前記第 1 の入射光ビーム (LB) が前記第 1 の表面に垂直に衝突するように、かつ / 又は前記 LFC による前記第 2 の入射光ビーム (LB) の屈曲によって得られた屈曲した光ビーム (LB) が、前記 CP 第 2 の表面に公称上垂直に衝突するように、前記サンプルを配向するように構成された配向インフラストラクチャを更に備える、請求項 14 に記載の光学に基づくシステム。

【請求項 17】

前記少なくとも 1 つのセンサを備え、前記システムが、少なくとも前記測定された第 1 の角度偏差に基づいて、前記実際の傾斜角を計算するように構成された 1 以上のプロセッサを更に備える、請求項 16 に記載の光学に基づくシステム。

30

【請求項 18】

前記サンプルが、前記第 1 の表面に平行である外部の平坦な第 3 の表面を更に備え、前記 1 以上のプロセッサが、第 3 の戻り光ビーム (LB) に対する第 4 の戻り光ビーム (LB) の測定された第 2 の角度偏差を追加で考慮に入れて前記実際の傾斜角を計算するように構成されており、前記第 3 の戻り光ビーム (LB) が、前記第 1 の表面と前記第 3 の表面とが逆転されるように前記サンプルが反転された状態で、(a') 前記第 3 の表面からの反射によって前記第 3 の戻り光ビーム (LB) を生成するように、前記サンプルの前記第 3 の表面上に第 3 の入射光ビームを投射することと、(b') 第 4 の入射光ビーム (LB) の LGA による前記サンプル内又は前記サンプル上への方向転換、前記内部ファセットからの前記第 4 の入射光ビーム (LB) の反射、及び前記 LGA による逆方向転換によって、前記第 4 の戻り光ビーム (LB) を生成するように、前記第 3 の入射光ビーム (LB) と平行に前記第 4 の入射光ビーム (LB) を前記 LFC 上に投射することと、によって取得される、請求項 17 に記載の光学に基づくシステム。

40

【請求項 19】

前記 CP が、前記 CP 第 1 の表面に平行である外部の平坦な CP 第 4 の表面を更に備え、前記 CP が、前記サンプルに対する前記 CP 第 2 の表面の公称配向を維持しつつ、前記 CP 第 1 の表面と前記 CP 第 4 の表面とが逆転可能であるように、機械的に反転可能である、請求項 18 に記載の光学に基づくシステム。

【請求項 20】

50

前記測定された第2の角度偏差が、前記CP第1の表面と前記CP第4の表面とが逆転され、前記サンプルに対する前記CP第2の表面の公称配向が維持されるように、前記CPを反転させた状態で取得される、請求項19に記載の光学に基づくシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概して、内部ファセットを含むサンプルの計測のための方法及びシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

プリズムガラス及び導波路などの一部の透明な光学要素は、反射性の内部ファセットを含み得る。光学要素の1つ以上の外部表面に対するそのようなファセットの配向を高精度で検証するには、現在の最先端技術では、ハイエンド光学部品、並びに複雑なアライメント及び較正手順の実装が必要である。したがって、ハイエンド光学部品の使用を回避し、それによって大量生産の需要に応える、単純で、容易に実装可能な計測技術への満たされていないニーズが当技術分野には存在する。

【発明の概要】

【0003】

本開示の態様は、その一部の実施形態によれば、1つ以上の内部ファセットを含むサンプルの計測のための方法及びシステムに関する。より具体的には、限定的ではないが、本開示の一部の実施形態によれば、本開示の態様は、1つ以上の内部ファセットを含むサンプルの計測のための光学に基づく方法及びシステムに関する。

【0004】

有利なことに、本出願は、サンプルの1つ以上の外部の平坦な表面に対する、サンプルの内部ファセット、又はサンプルの複数の公称上平行な内部ファセットの傾斜を検証するための、高速、単純、かつ正確な方法及びシステムを開示する。

【0005】

したがって、一部の実施形態の態様によれば、サンプルの外部の平坦な表面に対するサンプルの1つ以上の内部ファセットの配向を検証するための光学に基づく方法が提供される。方法は以下を含む：

- 外部の平坦な第1の表面、及び第1の表面に対して公称傾斜角 μ で公称上傾斜している（設計及び作製上、傾斜していると意図されている）内部ファセットを含むサンプルを提供すること。

- 導光構成（LGA）を提供することであって、LGAが、第1の表面に垂直な方向において、LGAに入射する光をサンプル内又はサンプル上へ方向転換するように構成されており、そのため、それによってサンプル内に透過した光が、内部ファセットに対して公称上垂直に内部ファセットに衝突する、提供すること。

- 第1の表面に対して垂直に第1の表面に方向付けられる第1の入射光ビーム（LB）と、第1の入射LBに対して平行であり、LGAに方向付けられる第2の入射LBとを生成すること。

- 第1の入射LBの第1の表面からの反射によって第1の戻りLBを取得すること。

- 第2の入射LBのLGAによるサンプル内又はサンプル上への方向転換、第2の入射LBの内部ファセットからの反射、及びLGAによる逆方向転換によって、第2の戻りLBを取得すること。

- 第1の戻りLBに対する第2の戻りLBの第1の角度偏差を測定すること。

- 測定された第1の角度偏差に基づいて、第1の外部表面に対する内部ファセットの実際の傾斜角 μ を推定すること。

【0006】

方法の一部の実施形態によれば、サンプルは第1の部分及び第2の部分を含み、内部ファセットは両部分の間に延在している。第1の部分は、サンプルの外部の第2の表面と内

10

20

30

40

50

部ファセットとの間に位置付けられている。第 2 の入射 L B の一部分を構成する透過した L B は、サンプル内へ直接又は間接的に透過し、第 2 の表面を介してサンプル内に入る。

【 0 0 0 7 】

方法の一部の実施形態によれば、L G A は、少なくとも、第 1 の表面に対して垂直な方向において光が投射されたとき、光を、公称傾斜角に等しい光屈曲角で屈曲させるように公称上構成された光屈曲構成要素 (L F C) を備える。

【 0 0 0 8 】

方法の一部の実施形態によれば、L F C は、プリズム、1 つ以上のミラー、及び / 又は回折格子であるか、又はそれらを含む。

【 0 0 0 9 】

方法の一部の実施形態によれば、光屈曲角は、L F C のピッチの変動に影響されない。

【 0 0 1 0 】

方法の一部の実施形態によれば、L F C は、ペンタプリズム若しくは同様の機能を有するプリズム、又は互いに対してある角度に設置された一对のミラー、又は同様の機能を有するミラー構成であるか、又はそれらを含む。

【 0 0 1 1 】

方法の一部の実施形態によれば、L G A は、L F C によって屈曲した光を、サンプル上又はサンプル内に誘導するように構成された結合インフラストラクチャを更に含み、そのため、それによってサンプル内に透過した光が、内部ファセットに公称上垂直に衝突する。

【 0 0 1 2 】

方法の一部の実施形態によれば、結合インフラストラクチャは、結合プリズム (C P) を含む。C P は、外部の平坦な C P 第 1 の表面、C P 第 1 の表面に対して公称角度で公称上傾斜している外部の平坦な C P 第 2 の表面、及び C P 第 2 の表面の反対側の外部の C P 第 3 の表面を含む。C P は、サンプルの第 1 の部分と同じ屈折率、又はサンプルの第 1 の部分の屈折率に近い屈折率 (例えば、0 . 0 0 1 %、0 . 0 1 %、又は場合によっては 0 . 1 % 以内であり、各選択肢が別個の実施形態に対応する) を有する。C P は、C P 第 1 の表面がサンプルの第 1 の表面に対して平行であるように配置され、L F C によって屈曲した光が、C P 第 2 の表面に公称上垂直に衝突するように更に配向されている。

【 0 0 1 3 】

方法の一部の実施形態によれば、結合インフラストラクチャは、形状適合界面を更に含む。形状適合界面は、C P 第 3 の表面とサンプルとの間に配置され、C P 第 1 の表面がサンプルの第 1 の表面に対して平行であるような形状を採るように作製されている。

【 0 0 1 4 】

方法の一部の実施形態によれば、形状適合界面は、サンプルの第 1 の部分と同じ屈折率、又はサンプルの第 1 の部分の屈折率に近い屈折率 (例えば、0 . 0 0 1 %、0 . 0 1 %、又は場合によっては 0 . 1 % 以内であり、各選択肢が別個の実施形態に対応する) を有する。

【 0 0 1 5 】

方法の一部の実施形態によれば、形状適合界面は、液体及び / 又はゲルであるか、又はそれらを含む。

【 0 0 1 6 】

方法の一部の実施形態によれば、サンプルは、プリズム、導波路、又はビームスプリッタであり得る。

【 0 0 1 7 】

方法の一部の実施形態によれば、第 1 の入射 L B 及び第 2 の入射 L B は、単一のコリメートされた光ビームの相補的部分を構成するか、又は単一のコリメートされた光ビームの 1 つ以上の部分を遮断することによって調製される。

【 0 0 1 8 】

方法の一部の実施形態によれば、第 1 の入射 L B 及び第 2 の入射 L B は、単一のコリメートされた L B の 1 つ以上の部分を遮断することによって調製される。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

方法の一部の実施形態によれば、単一のコリメートされた L B は、多色性である。

【 0 0 2 0 】

方法の一部の実施形態によれば、単一のコリメートされた L B は、レーザビームである。

【 0 0 2 1 】

結合インフラストラクチャが C P を含む方法の一部の実施形態によれば、方法は、初期較正段階を更に含み、初期較正段階では、L F C、C P、及び / 又はサンプルの配向を較正するために標準サンプルが利用される。

【 0 0 2 2 】

結合インフラストラクチャが C P を含む方法の一部の実施形態によれば、方法は、追加の入射 L B を生成することを更に含み、追加の入射 L B は、C P 第 1 の表面に方向付けられ、第 1 の入射 L B と平行である。C P の配向は、第 1 の戻り L B に対する追加の戻り L B の追加の角度偏差を測定することによって、第 1 の角度偏差の測定中に (a) 較正され、かつ / 又は (b) 正しい配向に対してテストされる。追加の戻り L B は、第 1 の C P 表面からの追加の入射 L B の反射によって取得される。

10

【 0 0 2 3 】

一部の実施形態によれば、第 1 の角度偏差が、第 1 の戻り L B 及び第 2 の戻り L B によって、光センサの感光面上にそれぞれ形成される、第 1 のスポット及び第 2 のスポットの測定された座標から取得される。

【 0 0 2 4 】

方法の一部の実施形態によれば、第 1 の角度偏差は、オートコリメータを使用して測定される。

20

【 0 0 2 5 】

方法の一部の実施形態によれば、測定された第 1 の角度偏差は u / f である。 u は、オートコリメータの感光面上の第 1 のスポットの座標と、対応する第 2 のスポットの座標との間の差である。 f は、オートコリメータのコリメータレンズの焦点距離である。第 1 のスポットは第 1 の戻り L B によって形成され、第 2 のスポットは第 2 の戻り L B によって形成される。

【 0 0 2 6 】

結合インフラストラクチャが C P を含む方法の一部の実施形態によれば、第 1 の表面に対する内部ファセットの実際の傾斜角が、測定された第 1 の角度偏差、並びに C P 第 1 の表面に対する C P 第 2 の表面の実際の傾斜角の値、サンプルの第 1 の部分の屈折率の値、及び任意選択的に、L F C の実際の光屈曲角の値から取得される。

30

【 0 0 2 7 】

方法の一部の実施形態によれば、方法は、L F C の実際の光屈曲角を測定することを更に含む。

【 0 0 2 8 】

結合インフラストラクチャが C P を含む方法の一部の実施形態によれば、方法は、C P 第 1 の表面に対する C P 第 2 の表面の実際の傾斜角を測定することを更に含む。

【 0 0 2 9 】

方法の一部の実施形態によれば、公称傾斜角は鈍角である。

40

【 0 0 3 0 】

方法の一部の実施形態によれば、公称傾斜角は鋭角である。

【 0 0 3 1 】

方法の一部の実施形態によれば、公称傾斜角は 90° であり、サンプルは、サンプルの第 1 の表面に対して平坦かつ平行である外部の第 3 の表面を含む。方法は、第 1 の角度偏差の測定後に以下を行うことを更に含む：

- 第 1 の表面と第 3 の表面とが逆転するようにサンプルを反転させること。

- 第 3 の表面に対して垂直に方向付けられた第 3 の入射 L B と、第 3 の入射 L B に対して平行であり、L G A に対して方向付けられた第 4 の入射 L B と、を生成すること。

50

- 第3の入射LBの第2の表面からの反射によって第3の戻りLBを取得すること。
- 第2の入射LBのLGAによるサンプル内又はサンプル上への方向転換、第2の入射LBの内部ファセットからの反射、及びLGAによる逆方向転換によって、第4の戻りLBを取得すること。
- 第3の戻りLBに対する第4の戻りLBの第2の角度偏差を測定すること。
- 測定された第1の角度偏差及び測定された第2の角度偏差に基づいて、第1の外部表面と内部ファセットとの間の実際の傾斜角を推定すること。

【0032】

結合インフラストラクチャがCPを含む方法の一部の実施形態によれば、CPは、CP第1の表面の反対にあり、かつCP第1の表面と平行なCP第4の表面を更に含む。サンプルの反転は、サンプルに対するCP第2の表面の公称配向を維持しつつ、CP第1の表面とCP第4の表面とが逆転するようにCPを反転させることを伴う。

10

【0033】

方法の一部の実施形態によれば、サンプルの第1の表面及びサンプルの第3の表面の平行性における不確実性が、実際の傾斜角の要求測定精度よりも小さいか、又は場合によっては著しく小さい(例えば、一桁以上)。

【0034】

結合インフラストラクチャがCPを含む方法の一部の実施形態によれば、第1の表面に対する内部ファセットの実際の傾斜角が、測定された第1の角度偏差、並びにCP第1の表面に対するCP第2の表面の実際の傾斜角の値、及びサンプルの第1の部分の屈折率の値から取得される。

20

【0035】

結合インフラストラクチャがCPを含む方法の一部の実施形態によれば、実際の傾斜角は、 $90^\circ + (\alpha_1 - \alpha_2) / (4n) + \mu' \cdot (n-1) / n$ に等しいか、又はほぼ等しい(例えば、推定された実際の傾斜角が $90^\circ + 0.95 \cdot [(\alpha_1 - \alpha_2) / (4n) + \mu' \cdot (n-1) / n]$ 、 $90^\circ + 0.9 \cdot [(\alpha_1 - \alpha_2) / (4n) + \mu' \cdot (n-1) / n]$ 、 $90^\circ + 1.1 \cdot [(\alpha_1 - \alpha_2) / (4n) + \mu' \cdot (n-1) / n]$ 、又は $90^\circ + 0.8 \cdot [(\alpha_1 - \alpha_2) / (4n) + \mu' \cdot (n-1) / n]$ であり、それぞれの選

30

択肢が別個の実施形態に対応する)。 α_1 及び α_2 は、それぞれ、測定された第1の角度偏差及び測定された第2の角度偏差であり、 n は、サンプルの第1の部分の屈折率である。 μ' は、CP第1の表面に対するCP第2の表面の傾斜の 90° からの偏差である。有利なことに、一部のそのような実施形態によれば、LFCの実際の光屈曲角の公称傾斜角からの偏差の知識又は測定は必要とされない。

【0036】

方法の一部の実施形態によれば、内部ファセットは、サンプルの第1の表面まで延在している。

【0037】

方法の一部の実施形態によれば、サンプルは、内部ファセットに公称上平行な $k-1$ 個の追加の内部ファセットを含む。第2の戻りLBの取得において、 k 個の追加の内部ファセットの各々からの k 本のLBの反射によって、それぞれ、 k 個の追加の戻りLBが取得される。 k 本のLBは、サンプル内に透過し、更に内部ファセットを介して透過する、第2の入射LBの一部分を構成する。第1の角度偏差の測定において、第1の戻りLBに対する k 本の追加の戻りLBの k 個の追加の角度偏差が測定される。内部ファセットの実際の傾斜角 μ' を推定する際に、(i) k 個の追加の内部ファセットの各々の k 個の追加の実際の傾斜角が追加で推定され、かつ/又は(ii) 内部ファセット及び k 個の追加の内部ファセットの実際の傾斜角の平均と等しい、又はほぼ等しい実際の平均傾斜角が推定される。実際の平均傾斜角は、内部ファセットの実際の傾斜角 μ' を示す。

40

【0038】

50

方法の一部の実施形態によれば、 $k = 2$ である。追加の内部ファセットのうちの第1のファセットは、内部ファセットと、追加の内部ファセットのうちの第2のファセットとの間に位置付けられる。 $2 \leq m \leq k - 1$ を満たす各 m について、 k 個の追加の内部ファセットのうちの m 番目の内部ファセットは、 k 個の追加の内部ファセットのうちの $(m - 1)$ 番目の内部ファセットと $(m + 1)$ 番目の内部ファセットとの間に位置付けられる。一部のそのような実施形態によれば、第2の戻りLB及び k 本の追加の戻りLBによって光又は画像センサの感光面上に形成される $k + 1$ 個のスポットの各々が、スポットの輝度に基づいて、それぞれ、それぞれの戻りLBに帰属させられ得る（すなわち、それぞれの戻りLBによって形成されたと特定され得る）。 $k + 1$ 個のスポットのうちの最も明るいものは、第2の戻りLBに帰属させられ得、 $2 \leq j \leq k + 1$ を満たす各 j については、 j 番目の明るさのスポットは、 k 個の追加の内部ファセットのうちの $(j - 1)$ 番目からの反射によって生じた戻りLBに帰属させられ得る。

10

【0039】

方法の一部の実施形態によれば、内部ファセット及び k 個の追加の内部ファセットの各々は、それぞれのスペクトルの光を反射するように構成される。第2の戻りLB及び k 本の追加の戻りLBを区別することを可能にするように、各スペクトルが他のスペクトルとは異なる。

【0040】

一部の実施形態の態様によれば、サンプルの外部の平坦な表面に対するサンプルの内部ファセットの配向を検証するための光学に基づくシステムが提供される。システムは以下を含む：

20

- 導光構成（LGA）であって、LGAは、サンプルの外部の平坦な第1の表面に垂直な方向でLGAに入射する光をサンプル内又はサンプル上に方向転換するように構成されており、それによってサンプル内に透過した光は、サンプルの内部ファセットに対して公称上垂直に内部ファセットに衝突する、LGA。

- 照明及び収集構成（ICA）であって、

(a) 第1の表面からの反射によって第1の戻りLBを生成するために、第1の表面に第1の入射光ビーム（LB）を投射するように、かつ(b) 第2の入射LBのLGAによるサンプル内又はサンプル上への方向転換、内部ファセットからの第2の入射LBの反射、及びLGAによる逆方向転換によって、第2の入射LBを生成するように、第1の入射LBと平行に第2の入射LBをLGA上に投射するように構成された光生成アセンブリと、

30

第1の戻りLBに対する第2の戻りLBの第1の角度偏差を測定するように構成された少なくとも1つのセンサ、及び/又は第1の角度偏差を手動で測定することを可能にするように構成された接眼レンズアセンブリと、を含む、ICA。

【0041】

測定された第1の角度偏差が、第1の表面に対する内部ファセットの実際の傾斜角を示す。

【0042】

システムの一部の実施形態によれば、光生成アセンブリは、光源及び光学機器を含む。

40

【0043】

システムの一部の実施形態によれば、少なくとも1つのセンサは、1つ以上の光センサ及び/又は1つ以上の画像センサ（例えば、1つ以上のカメラ）を含む。

【0044】

システムの一部の実施形態によれば、サンプルは第1の部分及び第2の部分を含み、内部ファセットは两部分の間に延在している。第1の部分は、サンプルの外部の第2の表面と内部ファセットとの間に位置付けられる。LGAは、LGAを第2の表面を介して第1の部分内又は上に方向転換するように構成されている。

【0045】

システムの一部の実施形態によれば、LGAは、少なくとも、第1の表面に対して垂直

50

な方向において光が投射されたとき、光を、公称傾斜角に等しい光屈曲角で屈曲させるように公称上構成された光屈曲構成要素（LFC）を含む。

【0046】

システムの一部の実施形態によれば、LFCは、プリズム、1つ以上のミラー、及び/又は回折格子であるか、又はそれらを含む。

【0047】

システムの一部の実施形態によれば、LFCの光屈曲角は、LFCのピッチの変動に影響されない。

【0048】

システムの一部の実施形態によれば、LFCは、ペンタプリズム若しくは同様の機能を有するプリズム、又は互いに対してある角度に設置された一対のミラー、又は同様の機能を有するミラー構成であるか、又はそれらを含む。

10

【0049】

システムの一部の実施形態によれば、LGAは、LFCによって屈曲した光を、サンプル上又はサンプル内に誘導するように構成された結合インフラストラクチャを更に含み、そのため、それによってサンプル内に透過した光が、内部ファセットに公称上垂直に衝突する。

【0050】

システムの一部の実施形態によれば、結合インフラストラクチャは、結合プリズム（CP）を含み、CPは、外部の平坦なCP第1の表面、CP第1の表面に対して公称角度で公称上傾斜している外部の平坦なCP第2の表面、及びCP第2の表面の反対側の外部のCP第3の表面（平坦である場合があるか、又は平坦ではない場合がある）を含む。CPは、サンプルの第1の部分と同じ屈折率、又はサンプルの第1の部分の屈折率に近い屈折率（例えば、0.001%、0.01%、又は場合によっては0.1%以内であり、各選択肢が別個の実施形態に対応する）を有する。CPは、CP第1の表面がサンプルの第1の表面に対して平行であるように配置され、LFCによって屈曲した光が、CP第2の表面に公称上垂直に衝突するように更に配向されている。

20

【0051】

システムの一部の実施形態によれば、結合インフラストラクチャは、形状適合界面を更に含む。形状適合界面は、CP第1の表面がサンプルの第1の表面に対して平行であるように、CP第3の表面とサンプルとの間に配置されている。形状適合界面は、サンプルの第1の部分と同じ屈折率、又はサンプルの第1の部分の屈折率に近い屈折率（例えば、0.001%、0.01%、又は場合によっては0.1%以内であり、各選択肢が別個の実施形態に対応する）を有する。

30

【0052】

システムの一部の実施形態によれば、形状適合界面は、液体及び/又はゲルであるか、又はそれらを含む。

【0053】

システムの一部の実施形態によれば、サンプルは、プリズム、導波路、又はビームスプリッタであり得る。

40

【0054】

LGAが少なくとも1つのセンサを含むシステムの一部の実施形態によれば、システムは、少なくとも測定された第1の角度偏差に基づいて、実際の傾斜角を計算するように構成された計算モジュールを更に含む。

【0055】

システムの一部の実施形態によれば、計算モジュールは、LGA及びICAの製造許容誤差及び不完全性を少なくとも考慮に入れて、実際の傾斜角の計算値における不確実性を計算するように更に構成される。

【0056】

CPを含むシステムの一部の実施形態によれば、システムは、第1の入射LBが第1の

50

表面に垂直に衝突するように、かつ/又は L F C による第 2 の入射 L B の屈曲によって得られた屈曲した L B が、C P 第 2 の表面に公称上垂直に衝突するように、サンプルを配向するように構成された配向インフラストラクチャを更に含む。

【 0 0 5 7 】

システムの一部の実施形態によれば、システムは、オートコリメータを更に含む。オートコリメータは、光源、少なくとも 1 つのセンサ、及びコリメータレンズ又はコリメータレンズアセンブリを含む。

【 0 0 5 8 】

システムの一部の実施形態によれば、I C A は、入射 L B の各々を選択的に遮断するように構成された少なくとも 2 つのシャッタ、及び/又は戻り L B の区別を少なくとも容易にするように構成された 1 つ以上のスペクトルフィルタを更に含む。

10

【 0 0 5 9 】

サンプルが第 1 の部分及び第 2 の部分を含むシステムの一部の実施形態によれば、公称傾斜角は 90° であり、サンプルは、第 1 の表面に対して平行である外部の平坦な第 3 の表面を更に含む。

【 0 0 6 0 】

システムの一部の実施形態によれば、システムは、サンプルの反転を容易にするように構成される。

【 0 0 6 1 】

少なくとも 1 つのセンサ及び計算モジュールを含むシステムの一部の実施形態によれば、計算モジュールは、第 3 の戻り L B に対する第 4 の戻り L B の測定された第 2 の角度偏差を追加で考慮に入れて、実際の傾斜角を計算するように構成される。第 1 の表面と第 3 の表面とが逆転するようにサンプルが反転した状態で：(a ') 第 3 の表面からの反射によって第 3 の戻り L B を生成するために、サンプルの第 3 の表面に第 3 の入射光ビームを投射することによって、第 3 の戻り L B が取得され、(b ') 第 4 の入射 L B を生成するために、第 4 の入射 L B の L G A によるサンプル内又はサンプル上への方向転換、内部ファセットからの第 4 の入射 L B の反射、及び L G A による逆方向転換によって、第 3 の入射 L B と平行に第 4 の入射 L B を L F C 上に投射することによって、第 4 の戻り L B が取得される。

20

【 0 0 6 2 】

C P を含むシステムの一部の実施形態によれば、C P は、C P 第 1 の表面に対して平行である外部の平坦な C P 第 4 の表面を更に含む。C P は、サンプルに対する C P 第 2 の表面の公称配向を維持しつつ、C P 第 1 の表面と C P 第 4 の表面とが逆転し得るよう、機械的に反転可能である。

30

【 0 0 6 3 】

システムの一部の実施形態によれば、測定された第 2 の角度偏差は、C P 第 1 の表面及び C P 第 4 の表面が反転され、C P 第 2 の表面のサンプルに対する公称配向が維持されるように、C P が反転した状態で取得される。

【 0 0 6 4 】

システムが配向インフラストラクチャを含むシステムの一部の実施形態によれば、計算モジュールは、配向インフラストラクチャの製造許容誤差及び不完全性を追加で考慮に入れて、実際の傾斜角の計算値における不確実性を計算するように構成される。

40

【 0 0 6 5 】

光生成アセンブリが光源及び光学機器を含むシステムの一部の実施形態によれば、光源は、単一の L B を生成するように構成されており、光学機器は、単一の L B をコリメートするように構成されている。

【 0 0 6 6 】

システムの一部の実施形態によれば、第 1 の入射 L B 及び第 2 の入射 L B は、コリメートされた L B の相補的部分である。

【 0 0 6 7 】

50

システムの一部の実施形態によれば、光源は多色性光源である。

【0068】

システムの一部の実施形態によれば、光源は、レーザービームを生成するように構成される。

【0069】

本開示の特定の実施形態は、上記利点の一部若しくは全てを含み得るか、又はいずれも含まない場合がある。本出願に含まれる図面、明細書、及び特許請求の範囲から、1つ以上の他の技術的利点が当業者に容易に明らかになり得る。更に、具体的な利点が上記に列挙されているが、様々な実施形態が、列挙された利点の全て若しくは一部を含み得るか、又はいずれも含まない場合がある。

【0070】

特に明記されない限り、本明細書において使用される全ての技術用語及び科学用語は、本開示に関する技術分野における当業者によって一般に理解されるものと同じの意味を有する。矛盾する場合は、定義を含め、本特許明細書が優先される。本明細書で使用される不定冠詞「a」及び「an」は、文脈上、そうではないことが明らかな場合を除き、「少なくとも1つ」又は「1つ以上」を意味する。

【0071】

特に明記されない限り、本開示から明らかなように、一部の実施形態によれば、「処理する」、「計算する」、「演算する」、「決定する」、「推定する」、「評価」、又は「測る」などの用語は、計算システムのレジスタ及び/又はメモリ内の物理的な（例えば、電子的な）量として表されるデータを、計算システムのメモリ、レジスタ、又は他のそのような情報記憶、送信、若しくは表示デバイス内の物理量として同様に表される他のデータへと操作及び/又は変換する、コンピュータ若しくは計算システム、又は同様の電子計算デバイスの行為及び/又はプロセスを指し得ることが理解されよう。

【0072】

本開示の実施形態は、本明細書における動作を実行するための装置を含み得る。装置は、所望の目的のために特別に構築され得るか、又はコンピュータに記憶されたコンピュータプログラムによって選択的に差動又は再構成される汎用コンピュータを含み得る。そのようなコンピュータプログラムは、コンピュータ可読記憶媒体、例えば、限定はされないが、フロッピーディスク、光ディスク、CD-ROM、磁気光ディスク、読み取り専用メモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、電氣的にプログラム可能な読み取り専用メモリ（EPROM）、電氣的に消去可能及びプログラム可能な読み取り専用メモリ（EEPROM）、磁気若しくは光カード、又は電子命令を記憶するのに適し、かつコンピュータシステムバスに結合可能な任意の他のタイプの媒体などに記憶され得る。

【0073】

本明細書に提示されるプロセス及びディスプレイは、いかなる特定のコンピュータ又は他の装置に本来的に関連付けられていない。本明細書の教示によるプログラムとともに様々な汎用システムを使用することができ、又は、所望の方法を実行するために、より特化した装置を構築することが好都合であり得る。様々なこれらのシステムのための所望の構造が以下の説明から理解されよう。また、本開示の実施形態の説明では、いかなる特定のプログラミング言語も参照していない。様々なプログラミング言語が、本明細書に記載されるように本開示の教示を実装するために使用され得ることが理解されよう。

【0074】

本開示の態様は、コンピュータによって実行される、プログラムモジュールなどのコンピュータ実行可能命令の一般的なコンテキストで記述され得る。一般に、プログラムモジュールは、特定のタスクを実行する、又は特定の抽象データ型を実装するルーチン、プログラム、オブジェクト、コンポーネント、及びデータ構造などを含む。開示される実施形態はまた、通信ネットワークを介してリンクされたりリモート処理デバイスによってタスクが実行される分散コンピューティング環境で実施され得る。分散コンピューティング環境では、プログラムモジュールは、メモリストレージデバイスを含むローカル及びリモート

10

20

30

40

50

コンピュータストレージ媒体の両方に配置され得る。

【図面の簡単な説明】

【0075】

本開示の一部の実施形態を、添付の図面を参照しながら説明する。説明は、図とともに、一部の実施形態がどのように実施され得るかを当業者に明らかにする。図は、例示的な説明を目的としたものであり、本開示の根本的な理解のために必要とされる以上に詳細に、実施形態の構造の細部を示そうとはしていない。明瞭さのために、図に描写されている一部の物体は、縮尺通りに描画されていない。更に、同じ図における2つの異なる物体が、異なる縮尺で描画されている場合がある。特に、一部の物体の縮尺が、同じ図の他の物体と比較して大幅に誇張されている場合がある。

10

図中、

【0076】

【図1A】一部の実施形態による、サンプルの検査中の、サンプルの内部ファセット計測のための光学に基づくシステムを概略的に描写する。

【図1B】一部の実施形態による、システム及びサンプルの導光構成内の光ビームの軌道を概略的に描写する。

【図1C】一部の実施形態による、図1Aのシステムのセンサの感光面上のスポットを概略的に描写する。

【図2】サンプルの検査中の、サンプルの内部ファセット計測のための光学に基づくシステムを概略的に描写しており、システムは、図1Aのシステムの具体的実施形態に対応する。

20

【図3】サンプルの検査中の、サンプルの内部ファセット計測のための光学に基づくシステムを概略的に描写しており、システムは、図1Aのシステムの具体的実施形態に対応する。

【図4A】一部の実施形態による、図1Aのシステムによる内部ファセット計測に供され得るサンプルの非限定的な例を提示する。

【図4B】一部の実施形態による、図1Aのシステムによる内部ファセット計測に供され得るサンプルの非限定的な例を提示する。

【図4C】一部の実施形態による、図1Aのシステムによる内部ファセット計測に供され得るサンプルの非限定的な例を提示する。

30

【図4D】一部の実施形態による、図1Aのシステムによる内部ファセット計測に供され得るサンプルの非限定的な例を提示する。

【図5A】サンプルの検査中の、サンプルの平行である2つの外部の平坦な表面に対するサンプルの内部ファセットの垂直性を検証するための光学に基づくシステムを概略的に描写しており、システムは、図1Aのシステムの具体的実施形態に対応する。

【図5B】サンプルの検査中の、サンプルの平行である2つの外部の平坦な表面に対するサンプルの内部ファセットの垂直性を検証するための光学に基づくシステムを概略的に描写しており、システムは、図1Aのシステムの具体的実施形態に対応する。

【図5C】一部の実施形態による、図5A及び図5Bのシステムのセンサの感光面上のスポットを概略的に描写する。

40

【図6A】公称上平行である一对の内部ファセットを含むサンプルの検査を概略的に描写しており、検査は、図1Aのシステムの具体的実施形態に対応するシステムを利用して実施される。

【図6B】一部の実施形態による、図6Aのサンプルを検査するために利用されるシステムのセンサの感光面上のスポットを概略的に描写する。

【図7】一部の実施形態による、サンプルの内部ファセット計測のための光学に基づく方法のフローチャートを提示する。

【図8A】一部の実施形態による、サンプルの平行である2つの外部の平坦な表面に対するサンプルの内部ファセットの垂直性を検証するための光学に基づく方法のフローチャートを提示する。

50

【図 8 B】一部の実施形態による、サンプルの平行である 2 つの外部の平坦な表面に対するサンプルの内部ファセットの垂直性を検証するための光学に基づく方法のフローチャートを提示する。

【図 9】一部の実施形態による、サンプルの検査中の、サンプルの内部ファセット計測のための光学に基づくシステムを概略的に描写する。

【図 10】一部の実施形態による、サンプルの検査中の、サンプルの内部ファセット計測のための光学に基づくシステムを概略的に描写する。

【発明を実施するための形態】

【0077】

本出願に開示される教示の原理、使用、及び実装は、添付の明細書及び図面を参照することにより、より良く理解され得る。本出願の明細書及び図面を精査した当業者は、過度の努力又は実験を行うことなく、本明細書の教示を実施することができるであろう。図中、同じ参照番号は、全体を通して同じ部分を指す。

10

【0078】

本出願の明細書及び特許請求の範囲では、単語「含む」及び「有する」、並びにこれらの語形は、それらの単語が関連付けられ得るリスト内の構成要素に限定されない。

【0079】

本出願で使用される場合、「約」という用語は、量又はパラメータ（例えば、要素の長さ）の値を、所与の（記載されている）値の近傍（及びその値を含む）の連続した値の範囲内に指定するために使用され得る。一部の実施形態によれば、「約」は、パラメータの値を、所与の値の 80% ~ 120% に指定し得る。例えば、「要素の長さは約 1 m に等しい」という記述は、「要素の長さは 0.8 m ~ 1.2 m である」という記述に等しい。一部の実施形態によれば、「約」は、パラメータの値を、所与の値の 90% ~ 110% に指定し得る。一部の実施形態によれば、「約」は、パラメータの値を、所与の値の 95% ~ 105% に指定し得る。

20

【0080】

本明細書で使用される場合、一部の実施形態によれば、「実質的に」及び「約」という用語は同義であり得る。

【0081】

説明を簡単にするために、一部の図面では三次元デカルト座標系が導入されている。描写されている物体に対する座標系の配向は、図によって異なり得ることに留意されたい。また、記号

30

【数 1】

⊙

は、「ページから外」を指す軸を表すために使用され得、一方、記号

【数 2】

⊗

は、「ページ内へ」を指す軸を表すために使用され得る。

40

【0082】

図中、任意選択的な要素及び（フローチャートにおける）任意選択的な段階は、破線で描かれている。

【0083】

明細書全体を通して、三次元要素の内部の平坦な表面（三次元要素の 2 つの部分間の平坦な境界又は三次元要素内に組み込まれた材料の内部平坦層など）は、「内部ファセット」と称される。

【0084】

システム

一部の実施形態の態様によれば、サンプルの内部ファセット計測のための光学に基づく

50

システムが提供される。図 1 A は、一部の実施形態によるそのようなシステムである、光学に基づくシステム 100 を概略的に描写する。光学に基づくシステム 100 は、サンプルの内部ファセットとサンプルの外部の平坦な表面との間の角度を検証するように構成される。図 1 A は、一部の実施形態による、システム 100 及びサンプル 10 の断面側面図を提示する。(サンプル 10 は、システム 100 の一部を構成しないと理解されたい。) システム 100 によって検査されている状態のサンプル 10 が示されている。

【0085】

サンプル 10 は、外部の第 1 の表面 12 a (すなわち、第 1 の外部表面)、外部の第 2 の表面 12 b (すなわち、第 2 の外部表面)、及び内部ファセット 14 を含む。第 1 の表面 12 a は平坦である。サンプル 10 の残りの外部表面は、以下で詳述されるように、サンプル 10 の位置決め及び配向を妨げない形状である限り、例えば、曲面など、任意の形状を有し得る。非限定的な例として、第 2 の表面 12 b は凸状として描写されているが、第 2 の表面 12 b は、平坦、凹状、又は更には波状若しくは粗面(例えば、研磨されていない)であり得るか、又は複数の非平行な平坦な表面を含み得ることを理解されたい。図 1 A に描写されていない一部の実施形態によれば、サンプル 10 は、多面体として成形され得る。

10

【0086】

サンプル 10 は、少なくとも第 1 の部分 16 a 及び第 2 の部分 16 b から構成される。一部の実施形態によれば、第 1 の部分 16 a 及び第 2 の部分 16 b は、平坦であり、内部ファセット 14 によって構成される共通の境界を共有する。そのような実施形態では、第 1 の部分 16 a 及び第 2 の部分 16 b は、それぞれ異なる屈折率によって特徴付けられる(すなわち、第 1 の部分 16 a の屈折率は第 2 の部分 16 b の屈折率とは異なる)。非限定的な例として、一部のそのような実施形態によれば、サンプルは、2 つのガラス部分から構成される要素であり得、ガラス部分は、それぞれ 2 つの異なる屈折率によって特徴付けられる。代替的に、一部の実施形態によれば、第 1 の部分 16 a 及び第 2 の部分 16 b は、内部ファセット 14 によって形成される、1 つ以上の材料の薄く平坦な層によって分離され得る。層は、第 1 の部分 16 a 及び第 2 の部分 16 b のうちの少なくとも 1 つとは異なる屈折率によって特徴付けられる(2 つの部分の屈折率は、同一である場合があるか、又は同一ではない場合がある)。一部のそのような実施形態によれば、第 1 の部分 16 a 及び第 2 の部分 16 b は同じ材料で作製され得、例えば、サンプル 10 がプリズム又は導波路であり、第 1 の部分 16 a 及び/又は第 2 の部分 16 b の屈折率とは異なる屈折率を有する平坦な材料層(layer/stratum)が、第 1 の部分 16 a と第 2 の部分 16 b との間でサンプル 10 内に組み込まれる実施形態において、そのように作製され得る。

20

30

【0087】

サンプル 10 は、第 1 の表面 12 a と内部ファセット 14 との間に(公称)傾斜角(図 1 B に示されている)を呈するように製造される。しかし、製作の不完全性のために、第 1 の表面 12 a と内部ファセット 14 との間の実際の傾斜角 θ' は、一般に、公称傾斜角 θ とは異なる。図 1 A に示される直線の(第 1 の)破線 L は内部ファセット 14 と交差し、第 1 の表面 12 a に対して公称傾斜角 θ で傾斜している。破線 L は、内部ファセット 14 の意図された傾きを示す。公称傾斜角 θ は、鋭角(すなわち、 $\theta < 90^\circ$)でも鈍角(すなわち、 $\theta > 90^\circ$)であり得るか、又は 90° であり得る。 θ' とラベル付けされている、実際の傾斜角 θ' に対する補足角度(すなわち、 $\theta' = 180^\circ - \theta$)が図 1 B に示されている。

40

【0088】

サンプル 10 の少なくとも 1 つの外部の平坦な表面に対して、傾斜角 θ の公称角度で傾斜していること他には、内部ファセット 14 の配向は原則的には限定されない。共通する同じ外形を有するサンプル内の内部ファセットのいくつかの異なる配向が図 4 A ~ 図 4 D の説明において以下で説明される。内部ファセットの(実際の)傾斜角は、システム 100 を利用して測定され得る。

50

【 0 0 8 9 】

一部の実施形態によれば、第 1 の部分 1 6 a は透明又は半透明材料で作製される一方、第 2 の部分 1 6 b は透明材料若しくは半透明材料、又は場合によっては不透明材料で作製され得る。一部の実施形態によれば、第 1 の部分 1 6 a はガラス又は結晶（又は透明若しくは半透明のポリマー若しくは金属）で作製され得、第 2 の部分 1 6 b は、原則として、任意の材料（不透明材料を含む）で作製され得る。第 1 の部分 1 6 a 及び第 2 の部分 1 6 b が共通の境界を共有する一部の実施形態によれば、第 1 の部分 1 6 a 及び第 2 の部分 1 6 b は、共通の境界に沿って、互いに接着及び/又は溶着され得る（例えば、レーザ溶着され得る）。

【 0 0 9 0 】

一部の実施形態によれば、システム 1 0 0 は、導光構成（LGA）1 0 2 と、照明及び収集構成（又はアセンブリ、ICA）1 0 4 とを含む。システム 1 0 0 は更に、ICA 1 0 4 に機能的に関連付けられ、その動作を制御するように構成されたコントローラ 1 0 8 を含む得る。一部の実施形態によれば、図 1 A に描写されるように、ICA 1 0 4 は、光源 1 1 2（又は複数の光源）と、センサ 1 1 4（又は複数のセンサ）と、を含む。図 1 A に描写されていない一部の代替的な実施形態によれば、ICA 1 0 4 は、センサ 1 1 4 の代わりに接眼レンズアセンブリを含み、それによって、実際の傾斜角の目視判定（すなわち、目による）のために構成されている。

【 0 0 9 1 】

以下で詳述されるように、ICA 1 0 4 は、第 1 の LB 1 0 5 a（「第 1 の入射 LB」とも称され、図 1 A では一対の平行光線によって示される）及び第 2 の LB 1 0 5 b（「第 2 の入射 LB」とも称され、図 1 A では一対の平行光線によって示される）を含む少なくとも 2 つの平行光ビーム（LB）を出力するように構成されている。

【 0 0 9 2 】

一部の実施形態によれば、光学機器 1 1 8 は、光源 1 1 2 によって生成された光をコリメートし、それによって（平行）入射 LB 1 0 5 a 及び 1 0 5 b を生成するように構成され得る。一部のそのような実施形態によれば、光学機器 1 1 8 は、コリメータレンズ又はコリメータレンズアセンブリ（図示せず）を含み得る。一部の実施形態によれば、入射 LB 1 0 5 a 及び 1 0 5 b は、（コリメータレンズ又はコリメータレンズアセンブリによって集束された）コリメートされた光ビームの相補的部分を形成し得る。代替的に、一部の実施形態によれば、入射 LB 1 0 5 a 及び 1 0 5 b は、離間（及び平行に）され得る。一部のそのような実施形態によれば、光学機器 1 1 8 は更に、1 つ以上の光学フィルタ（例えば、光吸収フィルタ又は不透明なプレート）、及び/又は 1 つ以上のビームスプリッタ、任意選択的に、コリメートされた光ビームから一対の離間した平行な光ビームを調製するように構成された 1 つ以上のミラー（図示せず）を含み得る。

【 0 0 9 3 】

一部の実施形態によれば、光学機器 1 1 8 は更に、各入射 LB 1 0 5 を選択的に遮ることを可能にするように構成された、又は少なくとも、第 1 の入射 LB 1 0 5 によって生じた第 1 の戻り LB 1 3 3 a と、第 2 の入射 LB 1 0 5 b によって生じた第 2 の戻り LB 1 3 3 b とを区別することを容易にするように構成された複数の遮断要素（図 2 に描写される遮断要素など）を含み得る。本明細書で使用される場合、光学要素に関する「遮断要素」という用語は、（閉じられている場合）入射光ビームを遮断するように構成された開閉制御可能な不透明要素（シャッタなど）と、光スペクトル（例えば、可視スペクトル）の 1 つ以上の部分を完全に又は部分的に遮断するように構成されたフィルタリング要素（スペクトルフィルタなど）との両方を包含すると広く解釈される。

【 0 0 9 4 】

一部の実施形態によれば、光源 1 1 2 は、多色光を生成するか、又は生成することを可能にするように構成され得る。一部のそのような実施形態によれば、光のスペクトルは、制御可能であり得る。一部の実施形態によれば、光源 1 1 2 は、単色光を生成するか、又は生成することを可能にするように構成され得る。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 5 】

一部の実施形態によれば、ICA 104は、オートコリメータであるか、又はオートコリメータを含む（すなわち、光源112、センサ114、及び光学機器118の一部又は全てが、オートコリメータの構成要素を構成する）。一部の実施形態によれば、入射LB105は、オートコリメータによって生成された単一のコリメートされた広範囲LBの隣接する部分ビームを構成する。そのような実施形態によれば、光学機器118は、オートコリメータによって調製され、光学フィルタに入射するコリメートされたLBの2つの部分ビーム（入射LB105など）を透過するように構成された光学フィルタを含み得る（2つの部分ビームの平行性は光学フィルタからの出射時に維持される）。

【 0 0 9 6 】

一部の実施形態によれば、図1Aに描写されるように、LGA102は、光屈曲構成要素122（LFC）、及びLFC122とサンプル10との間に配置され得る結合インフラストラクチャ124を含む。LFC122は、公称上、第1の表面12aに垂直な方向で自身に投射された光を、公称傾斜角 θ に等しい光屈曲角 θ' で屈曲させるように構成される。（つまり、理想的には、光屈曲角 θ' は公称傾斜角に等しくなる。）一部の実施形態によれば、LFC122は、プリズム、1つ以上のミラー、又は回折格子であり得るか、又はそれらを含み得る。一部の実施形態によれば、LFC122は、（図3に描写されるように）ペンタプリズムであり得るか、又はピッチ変動に影響されない（LFC122のピッチがわずかに変化したとき、すなわちLFC122がy軸を中心としてわずかに回転したとき、その光屈曲角が変化しないままであるという意味で）同様の機能を有するプリズムであり得る。一部の実施形態によれば、LFC122は、互いに対してある角度で設置された一对のミラー、又は同様の機能を有するミラー構成（すなわち、ピッチ変動に影響されない）であり得る。

【 0 0 9 7 】

内部ファセット14が（意図的に）第2の表面12bに平行ではない実施形態では、内部ファセット14に垂直な方向で第2の表面12b上に（サンプル10の外側に）投射された光の伝播方向を、サンプル10に入射した後に維持するための追加のインフラストラクチャが必要とされ得る。製造許容誤差のため、第2の表面12bが十分に滑らかであっても、第2の表面12bの実際の傾斜は概して公称傾斜とわずかに異なるため、内部ファセット14及び第2の表面12bが公称平行である場合にも、これが該当する場合がある。以下に記載されるように、結合インフラストラクチャ124はこの目的のために構成される。

【 0 0 9 8 】

一部の実施形態によれば、図1Aに描写されるように、結合インフラストラクチャ124は、結合プリズム（CP）132及び形状適合界面134を含み得る。CP132は、外部の平坦な（CP）第1の表面138a、外部の平坦な（CP）第2の表面138b、及び外部の（CP）第3の表面138c（平坦である場合があるか、又は平坦ではない場合がある）を含む。CP第2の表面138bは、第1の破線Lと平行である第2の破線L'によって示されるように、CP第1の表面138aに対して公称傾斜角 θ で公称上傾斜している。CP第3の表面138cは、CP第1の表面138aと反対側に位置付けられ得る。

【 0 0 9 9 】

一部の実施形態によれば、形状適合界面134は、（サンプル10の）第2の表面12bとCP第3の表面138cとの間に、それぞれに隣接して封入され得る。形状適合界面134は、狭い空間内に封入されたときにその完全性及び配置を維持するなど、表面張力及び/又は接着特性によって特徴付けられる液体、ゲル、又はペーストであり得る。一部の実施形態によれば、形状適合界面134は可鍛性材料であり得る。一部の実施形態によれば、及び図1Bに描写されるように、CP132及び形状適合界面134の屈折率は各々、サンプル10の屈折率と等しいか、又はそれに近い（例えば、0.001%、0.01%、又は0.1%以内であり、各選択肢が別個の実施形態に対応する）。一部の実施形

10

20

30

40

50

態によれば、CP132及び形状適合界面134の屈折率の値は、実際の傾斜角 θ の測定値の全体的不確実性が、要求される測定精度を超えないように十分に小さい。したがって、CP132、形状適合界面134、及びサンプル10を通過して伝播する光ビームは、CP132から形状適合界面134へと遷移し、及び形状適合界面134からサンプル10へと遷移する際に、その伝播方向を維持する。

【0100】

一部の実施形態によれば、システム100は、ICA104に対してサンプル10を配向させるための配向インフラストラクチャ140を更に含み得る。非限定的な例として、配向インフラストラクチャ140は、6つの自由度での動きのために構成された、配向可能な(第1の)ステージ142(すなわち、配向され得る第1のステージ)を含み得る。ステージ142は、サンプル10などのサンプルをその上に取り付けるように構成される。特に、配向インフラストラクチャ140は、第1の入射LB105aが第1の表面12a上に垂直に衝突するように、サンプル10を配向させるように構成され得る。一部の実施形態によれば、配向インフラストラクチャ140は、コントローラ108と機能的に関連付けられ得、それによって制御されるように構成される。

10

【0101】

一部の実施形態によれば、配向インフラストラクチャ140は、LGA102、ICA104、及びサンプル10に対してCP132を配向させるように更に構成され得る。一部のそのような実施形態によれば、配向インフラストラクチャ140は、配向可能な第2のステージ144を含み得、配向可能な第2のステージ144は、その上にCP132を載置し、3つの非平行軸のそれぞれに沿ってCP132を回転させ、任意選択的にCP132を並進させるように構成される。

20

【0102】

本明細書で使用される場合、一部の実施形態によれば、「公称上」及び「理想的には」という用語は同義であり得る。物体が、設計及び製作上、ある内在的特性(サンプルの平坦な表面間の傾斜角など)を呈する(すなわち、それによって特徴付けられる)ことが意図されているとき、その物体はその特性を「公称上」呈すると言われ得るが、実際には、製造許容誤差のために、物体は、事実上その特性を不完全にしか呈さない場合がある。これは、光ビームの光伝播方向など、物体の外在的特性にも適用される。この場合、物体は、理想的には、その特性を呈するように意図的に調製されたか、又は他の方法で操作されたが、実際には、例えば、その調製に使用される環境における本来的不完全性のために、物体は、実際にはその特性を不完全にしか呈さない場合があることを理解されたい。

30

【0103】

動作中、第1の入射LB105aはサンプル10上に、第1の表面12aに対して垂直な方向で投射され、第2の入射LB105bはLFC122上に投射される。第1の入射LB105a(又はその少なくとも一部)は、第1の戻りLB133aによって示されるように、第1の表面12aから反射され、センサ114によって感知される。

【0104】

第2の入射LB105bは、屈曲したLB113bによって示されるように、LFC122によって光屈曲角 θ' で屈曲させられる。光屈曲角 θ' は公称傾斜角 θ と公称上等しい40。しかしながら、実際には、製造上の不完全性により、LFC122の光屈曲角 θ' は、公称傾斜角 θ からわずかにずれている場合がある。LFC122の光屈曲角における(製造許容誤差に起因した)不確実性が、内部ファセット14の実際の傾斜角が求められるべき精度よりも低い、又は著しく低い場合、光屈曲角における不確実性は無視され得る(すなわち、LFC122は、第2の入射LB105bを正確に公称傾斜角 θ で屈曲させると仮定され得る)。そうでない場合、光屈曲角の不確実性は、実際の傾斜角の測定値の全体的な不確実性に(無視できないほど)寄与し得る。

【0105】

図を煩雑にしないために、通常は各光ビームの2つの光線のみが示される。また、光ビームの描写は、概略的であり、描写された光ビームは、描画されているよりも広い又は狭

50

くあり得ることが理解されるべきである。したがって、例えば、一部の実施形態によれば、第1の入射LB105aが第1の表面12a全体に衝突し得、かつ/又は第2の入射LB105bがLFC122の受光面全体に衝突し得る。

【0106】

図1Bも参照すると、屈曲したLB113BはCP132に移動する。透過したLB117bは、CP第2の表面138bを介してCP132内に透過する屈曲したLB113bの一部を示す(無視可能であり得る、CP第2の表面138bで反射される屈曲したLB113bの一部は図示せず)。透過したLB117bは、CP132を横断してCP第2の表面138bからCP第3の表面138cに伝播し、次に形状適合界面134を横断してCP第3の表面138cからサンプル10の第2の表面12bに伝播し、最後に、第1の部分16aを横断して内部ファセット14に向かって伝播する。

10

【0107】

反射LB121bは、形状適合界面134に戻るよう内部ファセット14によって反射される透過したLB117bの一部(存在する場合、第1の部分16aから第2の部分16bに透過する、透過したLB117bの一部は、図示せず)を示す。反射LB121bは、第1の部分16aを横断して第2の表面12bに向かって伝播し、次に、形状適合界面134を横断して第2の表面12bからCP第3の表面138cに伝播し、最後に、CP132を横断してCP第3の表面138cからCP第2の表面138bに伝播する。出射LB125bは、CP第2の表面138bを介してCP132を出る反射LB121bの一部を示す(CP第2の表面138bによって内部反射される反射LB121bの一部は図示せず)。第2の戻りLB133bによって示されるように、出射LB125bはLFC122に向かって移動し、それによって光屈曲角 θ' だけ屈曲させられる。より正確には、出射LB125bは、(第2の戻りLB133bによって示されるように) LFC122によってICA104に向かって方向転換される。第2の戻りLB133bはセンサ114によって感知される。

20

【0108】

透過したLB117bは、入射角 θ で内部ファセット14に衝突する。角度は、図を見る者の視点に対して時計回りに測定されている。180°超の角度の値は、360°を差し引くことで負の値に設置されている。したがって、より具体的にすることによって説明を容易にすることを意図した非限定的な例として、図1Bでは、入射角 θ は負であり、戻り角 θ_R (すなわち、反射角)は正である。より正確には、入射角 θ は、第2の表面12bの法線を示す点線Bから光線117b1(透過したLB117bを示す2つの光線のうちの1つ)まで反時計回りに広がるように示されている。傾斜角 α 及び β は、第1の表面12aから時計回りに測定されている(説明を容易にすることを意図した非限定的な例として、図1Aでは、 β はより大きいものとして示されている)。公称傾斜角 α_c は、第1の表面12aから破線Lまで時計回りに広がり、実際の傾斜角 α は、第1の表面12aから内部ファセット14まで時計回りに広がっている。

30

【0109】

入射角 θ は、偏差 $\delta = \theta - \alpha_c$ (すなわち、公称傾斜からの内部ファセット14の傾斜の偏差)、 $\theta' = \theta - \beta$ (すなわち、 β からのLFC122の(実際の)光屈曲角の40偏差)、及び $\theta'' = \theta - \alpha$ (すなわち、公称傾斜からのCP第2の表面138bの傾斜の偏差)のそれぞれに依存する。システム100にいかなる不完全性もなく(すなわち、 $\theta' = \theta'' = \theta$)、CP第1の表面138aが第1の表面12aに平行な配向にされている場合、入射角 θ は θ' に等しくなる。別の言い方をすれば、入射角 θ が厳密に θ' に等しいかは、光屈曲角 β 及び実際の傾斜角 α の不確実性、並びにLGA102、ICA104、及び配向インフラストラクチャ140のパラメータの任意の他の関連する不確実性(すなわち、これらの配向の精度)に依存する。特に、システム100は、 $\theta = 0$ のとき、透過したLB117bが内部ファセット14に垂直に衝突するように、公称上は構成される。内部ファセット14の法線が(直線の)点線Bによって図1Bに示されている。

50

【0110】

通常、サンプル10及びLGA102の両方の製造上の不完全性に起因して、第2の戻りLB133bは、第1の戻りLB133aに平行ではない。第1の戻りLB133aと第2の戻りLB133bとの間の角度（「角度偏差」とも称される）は、偏差 θ 、 θ' 、及び θ'' と、第1の部分16aの屈折率 n （CP132及び形状適合界面134の屈折率に等しいか、又はその屈折率に近い）に依存する。角度 θ は、光線105b1（第2の入射LB105bを示す2つの光線のうちの1つ）から光線133b1（2つの光線のうち、第2の戻りLB133bを示すもの）まで時計回りに広がるように示されており、したがって、図1Aにおいて正である。

【0111】

角度 θ は、幾何光学の法則、特にスネルの法則を使用して（また、LFC122の実際の光屈曲角、CP第1の表面138aに対するCP第2の表面138bの実際の傾斜角、及び屈折率 n を考慮に入れて）、 θ に関連付けられ得る。別の言い方をすれば、 θ は θ' 、 θ'' 、角度 θ の測定値、及び屈折率 n に依存する。

【0112】

また、図1Cを参照すると、図1Cは、一部の実施形態による、センサ114の感光面148上において、それぞれ第1の戻りLB133a及び第2の戻りLB133bによって形成される第1のスポット147a及び第2のスポット147bを概略的に描写する。 u_1 及び u_2 は、それぞれ、第1のスポット147a及び第2のスポット147bの水平座標（すなわち、 x 軸に沿って測定されるとき）である。（図1Cに描写される座標系は、可能性のある原点の並進まで、図1Aに描写される座標系と一致すると仮定される。したがって、図1Cの x 軸は、第2の入射LB105bから第1の入射LB105aまで、第1の表面12aに平行に延在する。）角度 θ は、差 $u = u_2 - u_1$ から直接推測され得る。非限定的な例として、測定がオートコリメータに基づく場合（すなわち、ICA104がオートコリメータであるか、又はオートコリメータを含む実施形態では）、 $\theta = u / f$ である。

【0113】

一部の実施形態によれば、コントローラ108は、計算モジュール130と通信可能に関連付けられ得る。計算モジュール130は、プロセッサ、並びに揮発性及び/又は非揮発性メモリ構成要素を含み得る。プロセッサは、コントローラ108センサ114からデータ（すなわち、 u_1 及び u_2 の値）を受信し、それらに基づいて θ を計算するように構成され得る。任意選択的に、一部の実施形態によれば、プロセッサは更に、LGA102（実際の光屈曲角における不確実性を含む）、ICA104、及び配向インフラストラクチャ140の製造許容誤差及び校正限界を考慮に入れて、 θ （の計算値）の不確実性を計算するように構成され得る。一部の実施形態によれば、計算モジュール130はシステム100に含まれ得る。

【0114】

一部の実施形態によれば、光源112は、コリメートされた（第1の）レーザービームを生成するように構成され得る。一部のそのような実施形態によれば、光学機器118は、拡大されたレーザービームがサンプル10及びLFC122の両方に同時に衝突し得るように、レーザービームの直径を増加させるように構成されたビームエキスパンダ（図示せず）を含み得る。そのような実施形態では、第1の入射LB105a及び第2の入射LB105bは、レーザービームの相補的部分を構成し得る。代替的に、光学機器118は、レーザービームを一对の平行な（離間された）部分ビーム、すなわち、第1の入射LB105a及び第2の入射LB105bをそれぞれ構成する第1の部分ビーム及び第2の部分ビーム、に分割するように構成されたビームスプリッタ及び光学要素を含み得る。一部のそのような実施形態によれば、光学機器118は、戻り部分ビーム（すなわち、第1の戻りLB133a及び第2の戻りLB133b）を再結合し、部分ビームを単一の光センサ（すなわち、その一部の実施形態によるセンサ114）上に方向転換するように構成され得る。理想的には、（LFC122によって方向転換され、サンプル10まで透過した後）第2の

10

20

30

40

50

部分ビームが内部ファセット 1 4 に垂直に衝突する場合、再結合された部分ビームは、コリメートされた（第 2 の）レーザビームを形成し、光センサ上の再結合された部分ビームによって形成される 2 つのスポットは互いに重なり合う。一部の他の実施形態によれば、2 つの光センサが用いられ得、両者間の距離及び相対的な配向は既知である。そのような実施形態では、戻り部分ビームの各々は、2 つの光センサの異なる光センサに方向付けられ得る。

【 0 1 1 5 】

一部の代替的な実施形態によれば、I C A 1 0 4 は、干渉法のために構成され得る。すなわち、光源 1 1 2、光学機器 1 1 8 の一部又は全て、及びセンサ 1 1 4 は、以下に記載されるように、干渉法環境の構成要素を構成し得る。そのような実施形態では、光源 1 1 2 は、コヒーレントかつ平面である波面を生成するように構成され得る。光学機器 1 1 8 は、生成された波面を、それぞれ第 1 の入射 L B 1 0 5 a 及び第 2 の入射 L B 1 0 5 b を構成する第 1 の（コヒーレントかつ平面な）入射波面及び第 2 の（コヒーレントかつ平面な）入射波面の 2 つの波面に分割するように構成され得る。そのような実施形態では、角度は、第 1 の戻り L B 1 3 3 a 及び第 2 の戻り L B 1 3 3 b によって形成される干渉パターンから推測され得る。より具体的には、そのような実施形態では、第 1 の戻り L B 1 3 3 a は、第 1 の表面 1 2 a からの第 1 の入射波面の反射から得られた第 1 の戻り波面を構成し、第 2 の戻り L B 1 3 3 b は、L F C 1 2 2 による第 2 の入射波面の屈曲、内部ファセット 1 4 での反射、及び L F C 1 2 2 による再度の屈曲によって得られた第 2 の戻り波面を構成する。戻り波面は再結合され、その干渉パターンがセンサ 1 1 4 によって測定される。第 1 の波面及び第 2 の波面がそれぞれの表面（すなわち、それぞれ第 1 の表面 1 2 a 又は内部ファセット 1 4）上に垂直に衝突する場合、再結合された波面は、センサ 1 1 4 上に均一なパターンを形成する。第 2 の表面 1 2 b が公称傾斜からずれている場合、再結合された波面は、センサ 1 1 4 上に周期的なパターンを形成する。偏差 θ はパターンの周期性から推測され得る。

【 0 1 1 6 】

一部の実施形態によれば、システム 1 0 0 は更に、第 1 の戻り L B 1 3 3 a 及び第 2 の戻り L B 1 3 3 b のそれぞれを選択的に遮断することを可能にするように構成された 2 つのシャッタを含み得、これにより、各戻り L B 1 3 3 が別々に感知され得る（これにより、スポットを生じさせた戻り L B に各スポットを帰属させることを容易にする）。

【 0 1 1 7 】

一部の実施形態によれば、第 1 の表面 1 2 a は、反射コーティングによってコーティングされ得るか、又は一時的にコーティングされ得、その場合、第 1 の表面 1 2 a に入射する光が最大限に反射されるか、又は第 1 の表面 1 2 a からの反射が少なくとも増加する。一部の実施形態によれば、C P 第 2 の表面 1 3 8 b は、反射防止コーティングによってコーティングされ得、その場合、第 2 の表面 1 3 8 b に入射する外部光が C P 1 3 2 まで最大限に透過され、第 2 の表面 1 3 8 b に入射する内部光が C P 1 3 2 から最大限に透過される。光源 1 1 2 が多色光を生成するように構成されている一部の実施形態によれば、第 1 の表面 1 2 a は、第 1 のスペクトル内の光を反射するように構成された第 1 のコーティングによってコーティングされ得、C P 第 2 の表面 1 3 8 b（又は L F C 1 2 2 若しくは内部ファセット 1 4）は、第 2 のスペクトル内の光を反射するように構成された第 2 のコーティングによってコーティングされ得、第 2 のスペクトルは第 1 のスペクトルと重複していないか、又は実質的に重複していない。そのような実施形態では、第 1 の戻り L B 1 3 3 a 及び第 2 の戻り L B 1 3 3 b の選択的遮断は、（任意選択的に、シャッタの代わりに）スペクトルフィルタ又はスペクトルフィルタ構成を使用して実装され得、スペクトルフィルタ又はスペクトルフィルタ構成は、各戻り L B 1 3 3 を受光するように位置付けられており、かつ、第 2 のスペクトル及び第 1 のスペクトルの光をそれぞれ選択的に遮断又は少なくとも部分的に遮断することを可能にするように構成されている。

【 0 1 1 8 】

一部の代替的な実施形態によれば、第 1 の入射 L B 1 0 5 a を第 1 のスペクトルにフィ

ルタリングするために第1の(パッシブ)スペクトルフィルタが用いられ得、第2の入射LB105bを第2のスペクトルにフィルタリングするために第2の(パッシブ)スペクトルフィルタが用いられ得る。そのような実施形態では、各戻りLB133を別々に感知することを可能にするために、スペクトルフィルタとセンサ114との間に配置され、かつ第1のスペクトル又は第2のスペクトル内に光を選択的にフィルタリングすることを可能にするように構成された、追加のスペクトルフィルタが用いられ得る。

【0119】

なお、スペクトルフィルタ又はスペクトルフィルタ構成は、入射LB105のいずれか1つに関連付けられた、センサ114に到着する迷光に関連付けられた信号を減少させるために使用され得ることに留意されたい。

【0120】

図1Aでは、内部ファセット14は、サンプル10を部分化する(すなわち、2つに分割する)ものとして、特に、第1の表面12aまで延在するものとして示されているが、本開示の範囲は、そのような形状のサンプルの計測に限定されないことを理解されたい。平坦な外部表面と、その平坦な外部表面に対して傾斜しているが、平坦な外部表面まで延在していない、内部ファセットと、を含む、任意のサンプルは、上記のように、システム100を利用した内部ファセット計測を受け得る。

【0121】

図2は、一部の実施形態による、サンプルの内部ファセットとサンプルの平坦な外部表面との間の角度を検証するための光学に基づくシステム200を概略的に描写する。システム200は、システム100の具体的実施形態に対応する。より具体的には、図2は、一部の実施形態による、システム200、及びシステム200によって検査されるサンプル10の側面図を提供する。システム200は、LGA102及びICA104の具体的実施形態に対応するLGA202、及びICA204を含む。一部の実施形態によれば、図2に描写されるように、システム200は、配向インフラストラクチャ240、コントローラ208、及び任意選択的に、計算モジュール230を更に含み得る。配向インフラストラクチャ240、コントローラ208、及び計算モジュール230は、それぞれ、配向インフラストラクチャ140、コントローラ108、及び計算モジュール130の具体的実施形態に対応する。配向インフラストラクチャ240は、それぞれ第1のステージ142及び第2のステージ144の具体的実施形態に対応する第1のステージ242及び第2のステージ244を含み得る。

【0122】

一部の実施形態によれば、ICA204は、オートコリメータ250を含む。オートコリメータ250は、サンプル10の第1の表面12aに垂直な方向において、コリメートされた広範囲LB201を生成するように構成され得る。第1の入射LB205a及び第2の入射LB205bは、それぞれ、LB201の第1の部分ビーム及び第2の部分ビームを構成する。第1の入射LB205a及び第2の入射LB205bは、それぞれ、第1の入射LB105a及び第2の入射LB105bの具体的実施形態に対応する。また、屈曲したLB113b及び出射LB225bの具体的実施形態にそれぞれ対応する屈曲したLB213b及び出射LB225bも示されている。

【0123】

LGA202は、それぞれ、LFC122及び結合インフラストラクチャ124の具体的実施形態に対応するLFC222及び結合インフラストラクチャ224を含む。一部の実施形態によれば、図2に描写されるように、結合インフラストラクチャ224は、CP132及び形状適合界面134の具体的実施形態にそれぞれ対応するCP232及び形状適合界面234を含む。CP232は、CP132のCP第1の表面138a、CP第2の表面138b、及びCP第3の表面138cの具体的実施形態にそれぞれ対応するCP第1の表面238a、CP第2の表面238b、及びCP第3の表面238cを含む。

【0124】

CP第2の表面238bを内部ファセット14に(公称上)平行な配向するために、追

10

20

30

40

50

加の入射 L B 2 0 5 s が使用され得る。より具体的には、追加の入射 L B 2 0 5 s を使用して、C P 2 3 2 の C P 第 1 の表面 2 3 8 a と、サンプル 1 0 の第 1 の表面 1 2 a (第 1 の入射 L B 2 0 5 a が垂直に衝突する) との平行性が確保され得る。なぜなら、C P 第 1 の表面 2 3 8 a が第 1 の表面 1 2 a に平行に配向されると、追加の入射 L B 2 0 5 s は、C P 第 1 の表面 2 3 8 a に垂直に衝突するからである。したがって、第 1 の戻り L B 2 3 3 a に対する、C P 第 1 の表面 2 3 8 a からの追加の入射 L B 2 0 5 s の反射によって得られた追加の戻り L B 2 3 3 s の角度偏差を測定することによって、C P 第 1 の表面 2 3 8 a の配向を、第 1 の表面 1 2 a に対する平行が達成されるまで、(第 2 のステージ 2 4 4 及び / 又は第 1 のステージ 2 4 2 をローテーションすることによって) 調整することができる。C P 第 1 の表面 2 3 8 a が第 1 の表面 1 2 a に平行に配置されている場合、C P 第 2 の表面 2 3 8 b 及び内部ファセット 1 4 の (公称) 平行性は、z 軸に平行な軸を中心として C P 2 3 2 を回転させることによって達成され得る。

10

【 0 1 2 5 】

一部の実施形態によれば、図 2 に描写されるように、I C A 2 0 4 の光学機器は、第 1 の入射 L B 2 0 5 a 及び第 2 の入射 L B 2 0 5 b の各々を選択的に遮断すること、又は少なくとも第 1 の戻り L B 2 3 3 a と第 2 の戻り L B 2 3 3 b との区別を容易にすることを可能にする、一対の遮断要素 2 5 6 a 及び 2 5 6 b を含み得る。一部のそのような実施形態によれば、I C A 2 0 4 は、追加の入射 L B 2 0 5 s を生成するように更に構成され、光学機器は、追加の入射 L B 2 0 5 s を選択的に遮断することを可能にする、又は少なくとも第 1 の戻り L B 2 3 3 a 及び第 2 の戻り L B 2 3 3 b から追加の戻り L B 2 3 3 s を区別することを容易にするように構成された第 3 の遮断要素 2 5 6 s を更に含み得る。

20

【 0 1 2 6 】

一部の実施形態によれば、各遮断要素 2 5 6 a 及び 2 5 6 b、並びに遮断要素 2 5 6 s (含まれている場合) は、シャッタであり得る。

【 0 1 2 7 】

一部の実施形態によれば、第 1 の表面 1 2 a は、反射コーティングによってコーティングされ得るか、又は一時的にコーティングされ得、その場合、第 1 の表面 1 2 a に入射する光が最大限に反射されるか、又は第 1 の表面 1 2 a からの反射が少なくとも増加する。一部の実施形態によれば、C P 第 2 の表面 2 3 8 b は、反射防止コーティングによってコーティングされ得、その場合、第 2 の表面 2 3 8 b に入射する光が C P 2 3 2 内に最大限に透過されるか、又は C P 2 3 2 までの透過が少なくとも増加される。一部の実施形態によれば、C P 第 1 の表面 2 3 8 a は、反射コーティングによってコーティングされ得、その場合、C P 第 1 の表面 2 3 8 a に入射する光が最大限に反射されるか、又は C P 第 1 の表面 2 3 8 a からの反射が少なくとも増加する。

30

【 0 1 2 8 】

(オートコリメータ 2 5 0 が多色光を生成するように構成されている) 一部の実施形態によれば、第 1 の戻り L B 2 3 3 a と第 2 の戻り L B 2 3 3 b との区別を容易にするために、第 1 の表面 1 2 a は、第 1 のスペクトル内の光を反射するように構成された第 1 のコーティングによってコーティングされ得、C P 第 2 の表面 2 3 8 b は、第 1 のスペクトルとは異なる第 2 のスペクトル内の光を C P 2 3 2 内に透過するように構成されたコーティングによってコーティングされ得、かつ / 又は、内部ファセット 1 4 は、第 2 のスペクトルの光を反射するように (及び第 1 のスペクトル内の光を少なくとも部分的に透過するように) 構成され得る。一部のそのような実施形態によれば、第 1 のスペクトル又は第 2 のスペクトル内の光を制御可能にフィルタリングすることを可能にするように構成された (例えば、オートコリメータ 2 5 0 に含まれる) スペクトルフィルタ又はスペクトルフィルタ構成を用いて、各戻り L B 2 3 3 を別々に感知することを容易にし得る。

40

【 0 1 2 9 】

I C A 2 0 4 が更に追加の入射 L B 2 0 5 s を生成するように構成されている一部の実施形態によれば、C P 第 1 の表面 2 3 8 a は、第 1 のスペクトル及び第 2 のスペクトルの各々と異なる第 3 のスペクトル内の光を反射するように構成されている第 3 のコーティン

50

グによってコーティングされ得、これにより、追加の戻りLB233sを、第1の戻りLB233a及び第2の戻りLB233bの各々と区別することを容易にする。そのような実施形態では、(例えば、オートコリメータ250に含まれる)スペクトルフィルタ又はスペクトルフィルタ構成は、第3のスペクトル内の光を制御可能にフィルタリングすることを可能にするように更に構成され得る。

【0130】

一部の実施形態によれば、遮断要素256a及び256bは、それぞれ、第1のスペクトル及び第2のスペクトル内の光をフィルタリングするように構成された(パッシブ)スペクトルフィルタ(具体例として、二色フィルタ)であり得る。そのような実施形態では、各戻りLB233を別々に感知することを可能にするために、遮断要素256とオートコリメータ250との間に位置付けられるか、又はオートコリメータ250内に含まれており、かつ第1のスペクトル若しくは第2のスペクトル内の光を選択的にフィルタリングすることを可能にするように構成された、追加のスペクトルフィルタが用いられ得る。

10

【0131】

図3は、一部の実施形態による、サンプルの内部ファセットとサンプルの平坦な外部表面との間の角度を検証するための光学に基づくシステム300を概略的に描写する。システム300は、LFCがプリズムであるか、又はプリズムを含むシステム100の具体的実施形態に対応する。より具体的には、図3は、システム300、及びシステム300によって検査されるサンプル10の側面図を提供する。システム300は、LGA102及びICA104の具体的実施形態に対応するLGA302、及びICA304(構成要素は図示せず)を含む。一部の実施形態によれば、図3に描写されるように、システム300は、コントローラ308、配向インフラストラクチャ340、及び任意選択的に、計算モジュール330を更に含み得る。配向インフラストラクチャ340、コントローラ308、及び計算モジュール330は、それぞれ、配向インフラストラクチャ140、コントローラ108、及び計算モジュール130の具体的実施形態に対応する。

20

【0132】

LGA302は、プリズム322と、CP332及び形状適合界面334を含む結合インフラストラクチャ324とを含む。プリズム322はLFC122の具体的実施形態に対応する。CP332及び形状適合界面334は、CP332及び形状適合界面134の具体的実施形態に対応する。

30

【0133】

一部の実施形態によれば、プリズム322は、ピッチの変動、すなわち、y軸を中心とした回転に対して、少なくともあるピッチ角の連続した範囲にわたって、影響されないものであり得る。一部のそのような実施形態によれば、図3に描写されるように、プリズム322は、ペンタプリズム、又は同様の機能を有するプリズムであり得、例えば、偶数の内部反射表面を含むプリズムであり得る。図3に描写されていない一部の代替的な実施形態によれば、プリズム322の代わりに、LGA302は、プリズム322の2つの表面(ペンタプリズムの第1の表面328a及びペンタプリズムの第2の表面328b)の設置角度と同じ角度で互いに対して公称上設置された2つのミラーを含み得る。第1の表面328a及び第2の表面328bは、第2の入射LB305bの透過部分を内部反射する。

40

【0134】

図3には、第1の入射LB305a、第1の戻りLB333a、第2の入射LB305b、屈曲したLB313b、透過したLB317b、反射LB321b、出射LB325b、及び第2の戻りLB333bが示され、これらは、それぞれ、第1の入射LB105a、第1の戻りLB133a、第2の入射LB105b、屈曲したLB113b、透過したLB117b、反射LB121b、出射LB125b、及び第2の戻りLB133bの具体的実施形態に対応する。また、図3には、プリズム322内に入射した後のプリズム322内部での第2の入射LB305bの軌道及び出射LB325bの軌道が示されている。プリズム322内への透過後、プリズム322内での反射後、プリズム322内で2回反射した後の第2の入射LB305bの貫通部分には、それぞれ309b1、309b

50

2、309b3という番号が付されている。プリズム322内への屈折後、プリズム322内での反射後、プリズム322内で2回反射した後の第2の出射LB325bの貫通部分には、それぞれ329b1、329b2、329b3という番号が付されている。

【0135】

図4A～図4Dは、一部の実施形態によるサンプル内の内部ファセットの配向の例を提示する。描写されているサンプルは非限定的であり、サンプルが以下を含む限り、システム100の能力が原則として限定されないことを、具体例を使用して例示することを意図したものである。(i)平坦である外部の(第1の)表面、(ii)第1の表面に対して角度を有するように設置された内部ファセット、及び(iii)サンプルの外部の第2の表面と内部ファセットとの間に位置付けられ、均一な屈折率によって特徴付けられ、第2の表面を介してサンプル内に透過した光ビームが、連続している直線経路を通り、内部ファセットに対して垂直に衝突することを可能にする第1の部分。

10

【0136】

図4Aを参照すると、一部の実施形態によるサンプル40が描写されている。サンプル40は、外部の平坦な第1の表面42a、外部の第2の表面42b、及び内部ファセット44を含む。第2の表面42bは、内部ファセット44の反対側に位置付けられる。サンプル40の第1の部分46aは、均一な屈折率によって特徴付けられ、第2の表面42b及び内部ファセット44と部分的に境を接している。内部ファセット44は、第1の表面42aに対して90°で公称上傾斜している。一部の実施形態によれば、図4Aに描写されるように、第2の表面42bは、平坦であり得、内部ファセット44に平行に公称上配向され得る。サンプル40は、第1の表面42aと反対側に位置付けられた外部の第3の表面42cを更に含む。

20

【0137】

また、システム100の具体的実施形態に対応する、サンプルの内部ファセット計測のためのシステムのCP432が示されている(システムのうち、CP432のみが示されている)。特に、CP432は、CP132の具体的実施形態に対応する。CP432は、外部の平坦なCP第1の表面438a、外部の平坦なCP第2の表面438b、及び外部のCP第3の表面(番号は付されていない)を含む。CP第2の表面438bは、CP第1の表面438aに対して公称傾斜角で公称上傾斜している。CP432は、CP第1の表面438aが第1の表面42aに対して平行であり、CP第2の表面438bが内部ファセット44に対して公称上平行であるように配向されている。CP第3の表面と第2の表面42bとの間には、形状適合界面(図示せず)が配置され得る。

30

【0138】

サンプル40が検査されるとき、本明細書で開示される教示によれば、システム100の説明で述べられているように、入射LBは、CP第2の表面438bに公称上垂直に衝突するように、LFCによって屈折させられる。

【0139】

一部の実施形態によれば、図4Aに描写されるように、第3の表面42cは、平坦で、かつ第1の表面42aに対して平行であり、第3の表面42cと第1の表面42aとの平行性における不確実性は、傾斜角の要求測定精度よりも小さい。図5A及び図5Bに描写されているシステムは、(実際の)傾斜角を測定するために利用され得る。

40

【0140】

図4Bを参照すると、一部の実施形態によるサンプル40'が描写されている。サンプル40'は、外部の平坦な第1の表面42a'、外部の第2の表面42b'、及び内部ファセット44'を含む。サンプル40'の第1の部分46a'は、均一な屈折率によって特徴付けられ、第2の表面42b'及び内部ファセット44'と部分的に境を接している。サンプル40'は、サンプル40と同じ幾何学的外形を有するが、鈍角である、内部ファセット44'の(第1の表面42a'に対する)傾斜角において異なる。より具体的には、内部ファセット44'の傾斜は、y軸に平行な軸を中心とした回転によって、内部ファセット44の傾斜とは異なる。

50

【0141】

また、システム100の具体的実施形態に対応する、サンプルの内部ファセット計測のためのシステムのCP432'が示されている(システムのうち、CP432'のみが示されている)。特に、CP432'は、CP132の具体的実施形態に対応する。CP432'は、外部の平坦なCP第1の表面438a'、外部の平坦なCP第2の表面438b'、及び外部のCP第3の表面(番号は付されていない)を含む。CP第2の表面438b'は、CP第1の表面438a'に対して公称傾斜角で公称上傾斜している。CP432'は、CP第1の表面438a'が第1の表面42a'に対して平行であり、CP第2の表面438b'が内部ファセット44'に対して公称上平行であるように配向されている。CP第3の表面と第2の表面42b'との間には、形状適合界面(図示せず)が配置され得る。

10

【0142】

サンプル40'が検査される時、本明細書で開示される教示によれば、システム100の説明で述べられているように、入射LBは、CP第2の表面438b'に公称上垂直に衝突するように、LFCによって屈折させられる。

【0143】

図4Cを参照すると、一部の実施形態によるサンプル40''が描写されている。サンプル40''は、外部の平坦な第1の表面42a''、外部の第2の表面42b''、外部の第3の表面42c''、外部の第4の表面42d''、及び第1の表面42a'に対して90°で公称上傾斜している内部ファセット44''を含む。サンプル40''の第1の部分46a''は、均一な屈折率によって特徴付けられ、第2の表面42b''及び内部ファセット44''と部分的に20境を接している。第3の表面42c''は、第1の表面42a''の反対側に位置付けられている。第4の表面42d''は、第1の表面42a'と第2の表面42b'との間に延在し、第2の表面42b'と共通の辺を共有している。一部の実施形態によれば、図4Cに描写されるように、第4の表面42d'は平坦である。サンプル40''は、サンプル40と同じ幾何学的外形を有するが、内部ファセット44''の配向が異なる。より具体的には、内部ファセット44''の配向は、z軸に平行な軸を中心とした回転によって、内部ファセット44の配向とは異なる。

【0144】

また、システム100の具体的実施形態に対応する、サンプルの内部ファセット計測のためのシステムのCP432''が示されている(システムのうち、CP432''のみが示されている)。特に、CP432''は、CP132の具体的実施形態に対応する。CP432''は、外部の平坦なCP第1の表面438a''、外部の平坦なCP第2の表面438b''、及び外部のCP第3の表面(番号は付されていない)を含む。CP第2の表面438b''は、CP第1の表面438a''に対して公称傾斜角で公称上傾斜している。CP432''は、CP第1の表面438a''が第1の表面42a''に対して平行であり、CP第2の表面438b''が内部ファセット44''に対して公称上平行であるように配向されている。CP第3の表面と第2の表面42b''との間には、形状適合界面(図示せず)が配置され得る。

【0145】

サンプル40''が検査される時、本明細書で開示される教示によれば、システム100の説明で述べられているように、入射LBは、CP第2の表面438b''に公称上垂直に衝突するように、LFCによって屈折させられる。

40

【0146】

一部の実施形態によれば、図4Cに描写されるように、第3の表面42c''は、平坦で、かつ第1の表面42a'に対して平行であり、第3の表面42c''と第1の表面42a''との平行性における不確かさは、傾斜角の要求測定精度よりも小さい。図5A及び図5Bに描写されているシステムは、(実際の)傾斜角を測定するために利用され得る。

【0147】

図4Dを参照すると、一部の実施形態によるサンプル40'''が描写されている。サンプル40'''は、外部の平坦な第1の表面42a'''、外部の第2の表面42b'''、及び内部ファセット44'''を含む。サンプル40'''の第1の部分46a'''は、均一な屈折率によつて

特徴付けられ、第2の表面42b' ' '及び内部ファセット44' ' 'と部分的に境を接している。サンプル40' ' 'は、サンプル40と同じ幾何学的外形を有するが、鈍角である、内部ファセット44' ' 'の(第1の表面42a' ' 'に対する)傾斜角と、第2の表面42b' ' 'に対する配向とが異なる。より具体的には、内部ファセット44' ' 'の傾斜は、(図4Cに示される)軸sに平行な第1の軸を中心とした回転によって、内部ファセット44の傾斜とは異なる。軸sは、yz平面上であって、正のy軸と正のz軸との中間辺りに位置付けられている。

【0148】

内部ファセット44' ' 'の上辺48a' ' 'は、第1の表面42a' ' 'に沿って延在している。また、以下のものが図示されている。(i)内部ファセット44' ' 'に沿って延在し、上辺1048a' ' 'に対して垂直である直線、破線の第1の線T(i i)第1の表面42a' ' 'に垂直であり、上辺48a' ' 'において第1の線と交差する直線、破線の第2の線T₂、及び(i i i)第1の表面42a' ' 'に対して平行に(したがって、第2の線に対して垂直に)第1の線T₁から第2の線T₂まで延在する直線、破線の第3の線T₃。最後に、傾斜角が示されている。

【0149】

また、システム100の具体的実施形態に対応する、サンプルの内部ファセット計測のためのシステムのCP432' ' 'が示されている(システムのうち、CP432' ' 'のみが示されている)。特に、CP432' ' 'は、CP132の具体的実施形態に対応する。CP432' ' 'は、外部の平坦なCP第1の表面438a' ' '、外部の平坦なCP第2の表面438b' ' '、及び外部のCP第3の表面(番号は付されていない)を含む。CP第2の表面438b' ' 'は、CP第1の表面438a' ' 'に対して公称傾斜角で公称上傾斜している。CP432' ' 'は、CP第1の表面438a' ' 'が第1の表面42a' ' 'に対して平行であり、CP第2の表面438b' ' 'が内部ファセット44' ' 'に対して公称上平行であるように配向されている。CP第3の表面と第2の表面42b' ' 'との間には、形状適合界面(図示せず)が配置され得る。

【0150】

サンプル40' ' 'が検査される時、本明細書で開示される教示によれば、システム100の説明で述べられているように、入射LBは、CP第2の表面438b' ' 'に公称上垂直に衝突するように、LFCによって屈折させられる。

30

【0151】

図5A及び図5Bは、一部の実施形態による、サンプルの内部ファセットの、サンプルの互いに平行な少なくとも2つの他の外部の平坦な表面に対する垂直性を検証するための光学に基づくシステム500を概略的に描写する。システム500は、システム100の具体的実施形態に対応する。より具体的には、図5A及び図5Bは各々、一部の実施形態による、システム500、及びシステム500によって検査されるサンプル50の断面側面図を提示する。

【0152】

サンプル50は、外部の平坦な第1の表面52a、外部の第2の表面52b、外部の平坦な第3の表面52c、及び内部ファセット54を含む。(サンプル10の第1の部分16aと第2の部分16bとの間の境界を構成するか、又は両者の間に配置された薄い平坦な層を形成する)内部ファセット14と同様に、内部ファセット54は、サンプル50の第1の部分56aと第2の部分56bとの間の境界を構成するか、又は両者の間に配置された薄い平坦な層を形成する。第1の表面52a及び第3の表面52cは、設計上平行である。更に、サンプル50は、第1の表面52a(及び第3の表面52c)に対して90°の内部ファセット54の(公称)傾斜角を呈するように製造される。しかし、製作の不完全性のために、図5A及び図5Bにおいて'とラベル付けされている第1の表面52aに対する内部ファセット52bの実際の傾斜角は、概して90°とは異なる。

40

【0153】

なお、最先端の製造技術を使用する場合、平行であるように製作される外部の平坦な表

50

面間の実際の角度の（製造）許容誤差は、内部ファセットと外部の平坦な表面との間の実際の角度の許容誤差よりも著しく小さい。したがって、第1の表面52a及び第3の表面52cが平行であるように製造されているため、実際の傾斜角 θ の90°からの偏差と比較して、両者の平行性からの偏差は無視できると予測される。したがって、内部ファセット54と第1の表面52aとの間の実際の角度 θ' （「実際の補足角度」とも称される）は、180° \sim θ' 、すなわち、実際の傾斜角 θ への補足角度に等しいとみなされ得る。（実際の補足角度の公称値は90°である。）

【0154】

システム500は、LGA502及びICA504を含む。LGA502は、LGA102の具体的実施形態に対応し、LFC122及び結合インフラストラクチャ124の具体的実施形態にそれぞれ対応するLFC522及び結合インフラストラクチャ524を含む。LFC522は、内部ファセット54の公称傾斜に垂直な方向で自身に入射する光を90°屈折させるように公称上構成される。一部の実施形態によれば、LFC522は、プリズム、1つ以上のミラー、又は回折格子であり得る。一部の実施形態によれば、LFC522は、ペンタプリズム、又は自身に入射する光を90°で屈折させるように構成された同様の機能を有するプリズム（すなわち、ピッチの変動に影響されない）であり得る。一部の実施形態によれば、LFC522は、自身に入射する光を90°で屈折させるように構成された、ある角度で設置された一对のミラー、又は同様の機能を有するミラー構成（すなわち、ピッチ変動に影響されない）であり得る。

【0155】

一部の実施形態によれば、図5A及び図5Bに描写されるように、結合インフラストラクチャ524は、CP132及び形状適合界面134の具体的実施形態にそれぞれ対応するCP532及び形状適合界面534を含み得る。CP532は、CP第1の表面138a、CP第2の表面138b、及びCP第3の表面138cの具体的実施形態にそれぞれ対応するCP第1の表面538a、CP第2の表面538b、及びCP第3の表面538cを含む。CP第2の表面538bは、CP第1の表面538aに対して公称上垂直である。CP532は、CP第1の表面538aと反対側に位置付けられたCP第4の表面538dを更に含む。一部の実施形態によれば、図5A及び図5Bに描写されるように、CP第4の表面538dは、CP第1の表面538aに平行であり得る。

【0156】

一部の実施形態によれば、システム500は、配向インフラストラクチャ140の具体的実施形態に対応する配向インフラストラクチャ540を更に含み得る。配向インフラストラクチャ540は、配向可能な第1のステージ542及び配向可能な第2のステージ544を含み、これらはそれぞれ、本質的にシステム100の説明において第1のステージ142及び第2のステージ144に関して説明したように、サンプル50及びCP532の載置及び配向のために構成されている。

【0157】

一部の実施形態によれば、図5A及び図5Bに描写されるように、システム500は、コントローラ508、及び任意選択的に、計算モジュール530を更に含み得、これらはそれぞれ、コントローラ108及び計算モジュール130の具体的実施形態に対応する。

【0158】

ICA504は、ICA104の具体的実施形態に対応し、光源512、センサ514、及び任意選択的に光学機器518を含む。これらはそれぞれ、光源112、センサ114、及び光学機器118の具体的実施形態に対応する。一部の実施形態によれば、光源512及びセンサ514、並びに光学機器518の一部又は全てが、オートコリメータ250と同様であり得るオートコリメータの構成要素を構成し得る。一部の実施形態によれば、光学機器518は、遮断要素256と同様であり得る遮断要素（図示せず）を含み得る。

【0159】

ICA504は、サンプル50に方向付けられた第1の入射LB505a、及びLFC522に方向付けられた第2の入射LB505bを射出するように構成されている。IC

10

20

30

40

50

A 2 0 4 及びサンプル 5 0 は、第 1 の入射 L B 5 0 5 a が第 1 の表面 5 2 a 上に垂直に入射するように位置付けられ、配向されている。動作中、第 1 の入射 L B 5 0 5 a (又はその少なくとも一部)は、第 1 の戻り L B 5 3 3 a によって示されるように、第 1 の表面 5 2 a から反射される。第 1 の戻り L B 5 3 3 a はセンサ 5 1 4 によって感知される。

【 0 1 6 0 】

L F C 5 2 2 は、第 2 の入射 L B 5 0 5 b を 90° 公称上屈曲させるように構成されている。より正確には、L F C 5 2 2 は、(第 2 の入射 L B 5 0 5 b の屈曲によって得られる)(第 1 の)屈曲した L B 5 1 3 b が、第 2 の入射 L B 5 0 5 b に対して 90° に、かつ C P 第 2 の表面 5 3 8 b に(公称上)垂直に公称上方向付けられるように、第 2 の入射 L B 5 0 5 b を屈曲させるように構成され、配向されている。実際には、製造の不完全性のために(及び、L F C 5 2 2 がピッチの変動の影響を受けやすい実施形態では、アライメントの不正確さのために)、L F C 5 2 2 の実際の光屈曲角 θ' は、 90° からわずかにずれる場合がある。以下に詳述するように、第 1 の表面 5 2 a と第 3 の表面 5 2 c とが逆転するようにサンプル 5 0 を反転させ、第 1 の表面 5 3 8 a と C P 第 4 の表面 5 3 8 d とが逆転するように C P 5 3 2 を反転させ、その後、次の 2 つの段落に記載される測定を繰り返すことによって、L F C 5 2 2 の製造の不完全性の影響を相殺するか、又は実質的に相殺することができる。

10

【 0 1 6 1 】

動作中、(第 1 の)透過した L B 5 1 7 b によって示されるように、屈曲した L B 5 1 3 b、又はその少なくとも一部が、C P 第 2 の表面 5 3 8 b を介して C P 5 3 2 内へと透過する。透過した L B 5 1 7 b は、C P 5 3 2、形状適合界面 5 3 4、及び第 1 の部分 5 6 a を横断して伝播し、本質的には、図 1 B の説明で透過した L B 1 1 7 b に関して上述したように、(第 1 の)入射角 θ_1 で内部ファセット 5 4 に衝突する。入射角 θ_1 は、 $\theta_1 = 90^\circ - \theta'$ (すなわち、第 1 の表面 5 2 a に対する内部ファセット 5 4 の傾斜における 90° からの偏差)、 $\theta_1 = 90^\circ - \theta''$ (すなわち、L F C 5 2 2 の(実際の)光屈曲角の 90° からの偏差)、及び $\theta_1 = 90^\circ - \theta'''$ (すなわち、C P 第 1 の表面 5 3 8 a に対する C P 第 2 の表面 5 3 8 b の傾斜の 90° からの偏差)の各偏差に依存する。特に、システム 5 0 0 は、 $\theta_1 = 0$ のとき、透過した L B 5 1 7 b が内部ファセット 5 4 に垂直に衝突するように、公称上は構成される。内部ファセット 5 4 の法線が(直線の)破線 C₁ によって図 5 A に示されている。

20

30

【 0 1 6 2 】

(第 1 の)反射 L B 5 2 1 b によって示されるように、透過した L B 5 1 7 b (又はその少なくとも一部分)は、内部ファセット 5 4 によって鏡面反射される(すなわち、第 1 の入射角 θ_1 の負の値に等しい戻り角 θ_1 で反射される)。反射 L B 5 2 1 b は、第 1 の部分 5 6 a、形状適合界面 5 3 4、及び C P 5 3 2 を介して L F C 5 2 2 に戻る。(第 1 の)出射 L B 5 2 5 b は、C P 第 2 の表面 5 3 8 b を介して C P 5 3 2 の外部に屈折される(ただし、C P 第 2 の表面 5 3 8 上に正確に垂直に入射しない限りで、その場合は、第 1 の部分は、その伝播方向を維持し、また、C P 5 3 2 内で C P 第 2 の表面 5 3 8 b によって鏡面反射される反射 L B 5 2 1 b の第 2 の部分は図示せず)反射 L B 5 2 1 b の(第 1 の)部分を示す。出射 L B 5 2 5 b は、第 2 の戻り L B 5 3 3 b によって示されるように、L F C 5 2 2 によって光屈曲角 θ'' で屈曲させられる。第 2 の戻り L B 5 3 3 b は、センサ 5 1 4 によって感知される。

40

【 0 1 6 3 】

第 2 の戻り L B 5 3 3 b と第 1 の戻り L B 5 3 3 a との間の角度 θ_1 (「第 1 の角度偏差」とも称される)は、偏差 θ' 、 θ'' 、及び θ''' 、並びに第 1 の部分 5 6 a の屈折率 n' (C P 5 3 2 及び形状適合界面 5 3 4 の屈折率に等しいか、又は近い)に依存する。図 5 C は、一部の実施形態による、センサ 5 1 4 の感光面 5 4 8 上において、それぞれ第 1 の戻り L B 5 3 3 a 及び第 2 の戻り L B 5 3 3 b によって形成される第 1 のスポット 5 4 7 a 及び第 2 のスポット 5 4 7 b を概略的に描写する。 w_1 及び w_2 は、それぞれ、第 1 のスポット 5 4 7 a 及び第 2 のスポット 5 4 7 b の水平座標(すなわち、x 軸に沿って測定

50

されるとき)である。角度 θ_1 は、差 $w = w_2 - w_1$ から直接推測され得る。

【0164】

図5Bを参照すると、図5Aと比較して、(LGA502に対する内部ファセット54の公称配向を維持しつつ)第1の表面52aと第3の表面52cとが逆転するように、サンプル50が反転されており、(サンプル50に対するCP第2の表面538bの公称配向を維持しつつ)CP第1の表面538aとCP第4の表面538dとが逆転するように、CP532が反転されている。

【0165】

動作中、第3の入射LB505a'は、サンプル50に対して垂直にサンプル50に方向付けられ、第4の入射LB505b'は、LFC522に方向付けられる。第3の入射LB505a'(又はその少なくとも一部)は、第3の戻りLB533a'によって示されるように、第3の表面52cから反射される。第3の戻りLB533a'は、センサ514によって感知される。

10

【0166】

第4の入射LB505b'はLFC522に衝突し、第2の屈曲したLB513b'をもたらす。第2の屈曲したLB513b'はCP第2の表面538bに衝突し、第2の透過したLB517b'をもたらす。第2の透過したLB517b'は、CP532を横断し、形状適合界面534を横断し、サンプル50の第1の部分56a内へと伝播する。第2の透過したLB517b'は、第2の入射角 θ_2 で内部ファセット54に衝突する。第2の入射角 θ_2 は、 $\theta_2 = 90^\circ - \theta_1$ (すなわち、第3の表面52cに対する内部ファセット54の傾斜における 90° からの偏差)、 $\theta_2 = 90^\circ - \theta_1'$ 、及び $\theta_2 = 90^\circ - \theta_1''$ の各偏差に依存する(CP第1の表面538aとCP第4の表面538dとの平行性における不現実性が、実際の傾斜角 θ_1 の要求測定精度よりも小さいと暗黙的に仮定して)。内部ファセット54の法線が(直線の)破線C₂によって図5Bに示されている。

20

の

【0167】

第2の反射LB521b'によって示されるように、第2の透過したLB517b'(又はその少なくとも一部分)は、内部ファセット54によって鏡面反射される(すなわち、第2の入射角 θ_2 の負の値に等しい戻り角 θ_2 で反射される)。第2の反射LB521b'は、第1の部分56a、形状適合界面534、及びCP532を介してLFC522に戻る。第2の出射LB525b'は、CP第2の表面538bを介してCP532を出る第2の反射LB521b'の一部分を示す(CP第2の表面538bによって内部反射される第2の反射LB521b'の一部分は図示せず)。第2の出射LB525b'は、第4の戻りLB533b'によって示されるように、LFC522によって光屈曲角 θ_3 で屈曲させられる。第4の戻りLB533b'は、センサ514によって感知される。

30

【0168】

第4の戻りLB533b'と第3の戻りLB533a'との間の角度(「第2の角度偏差」とも称される)は、偏差 θ_1 、 θ_1' 、及び θ_1'' 、並びに屈折率 n' に依存する。より具体的には、角度 θ_2 は、角度 θ_1 が呈する偏差 θ_1 、 θ_1' 、及び θ_1'' 、並びに屈折率 n' それぞれへの依存性と同じ、 $\theta_2 = 180^\circ - \theta_1$ 、 $\theta_2 = 180^\circ - \theta_1'$ 、及び $\theta_2 = 180^\circ - \theta_1''$ 、並びに屈折率 n' への依存性を呈する。図5Dは、一部の実施形態による、感光面548上において、それぞれ第3の戻りLB533a'及び第4の戻りLB533b'によって形成される第3のスポット547a'及び第4のスポット547b'を概略的に描写する。 w_1 及び w_2 は、それぞれ、第3のスポット547a'及び第4のスポット547b'の水平座標である。角度 θ_2 は、差 $w' = w_2' - w_1'$ から直接推測され得る。

【0169】

図5C及び図5Dでは、 w 及び w' はともに負である(したがって、 θ_1 及び θ_2 はともに負である)と示されているが、一般に、 w 及び w' は、反対の符号を有し得る(したがって、 θ_1 及び θ_2 は反対の符号を有する)か、又は両方が正であり得る(したがって、 θ_1 及び θ_2 はともに正である)ことが理解されるべきである。

【0170】

50

測定された角度 θ_1 及び θ_2 のそれぞれを使用して、偏差角 θ' のそれぞれの推定値が提供され得る。システム 500 が完璧である場合、 θ_2 は $-\theta_1$ に等しく、 θ_1 は $-\theta_2$ に等しい。しかし、実際には、実際の光屈曲角が 90° からずれており、かつ CP 第 2 の表面 538b の実際の傾斜角が 90° からずれているために、2 つの推定値は概して異なる。 θ_1 及び θ_2 の偏差 θ' への依存性は同じ (LFC がピッチの変動に影響されない場合) 又は実質的に同じであるため (すなわち、 θ_1 及び θ_2 の両方が、 θ' が増加すると増加し、 θ' が減少すると減少する)、偏差角 θ' の 2 つの推定値の平均を取ることによって、(実際の) 光屈曲角の 90° からの偏差が相殺又は実質的に相殺され得る。そのようにして平均化した内部ファセット 54 の実際の傾斜の推定値を $\theta' >$ とし、 90° からの実際の傾斜角の偏差の平均推定値を $\theta' <$ とすると (すなわち、 $\theta' < = 90^\circ - \theta' >$)、
 $\theta' < = 90^\circ + (\theta_1 - \theta_2) / (4n') + \theta'' \cdot (n' - 1) / n'$ と示され得る。より一般的には、 $\theta' >$ は、 $90^\circ + 0.95 \cdot [(\theta_1 - \theta_2) / (4n) + \theta'' \cdot (n - 1) / n]$ ~ $90^\circ + 1.05 \cdot [(\theta_1 - \theta_2) / (4n) + \theta'' \cdot (n - 1) / n]$ 、 $90^\circ + 0.9 \cdot [(\theta_1 - \theta_2) / (4n) + \theta'' \cdot (n - 1) / n]$ ~ $90^\circ + 1.1 \cdot [(\theta_1 - \theta_2) / (4n) + \theta'' \cdot (n - 1) / n]$ 、又は場合によっては $90^\circ + 0.8 \cdot [(\theta_1 - \theta_2) / (4n) + \theta'' \cdot (n - 1) / n] = 90^\circ + 1.2 \cdot [(\theta_1 - \theta_2) / (4n) + \theta'' \cdot (n - 1) / n]$ であり得る。各選択肢が別個の実施形態に対応する。特に、ICA 504 がオートコリメータであるか、又はオートコリメータを含む実施形態では、 $\theta' >$ は、 $90^\circ + (w - w') / (2 \cdot f_0 \cdot n') + \theta'' \cdot (n' - 1) / n'$ と等しいか、又はほぼ等しいと示され得、ここで、 $2f_0$ は、オートコリメータのコリメータレンズの焦点距離である。

【0171】

図 5 A 及び図 5 B に描写されていない一部の代替的な実施形態によれば、光源 512 及び光学機器 518 は、システム 100 の説明で本質的に上述したように、拡大された (コリメートされた) レーザビーム、又は平行で離間された (コリメートされた) 一對のレーザビームを生成するように構成され得る。更に他の実施形態によれば、ICA 504 は、システム 100 の説明で上述したように、干渉法環境であり得るか、又はそれを含まれる。

【0172】

図 1 A、図 1 B、図 2、図 3、図 5 A、及び図 5 B の各々において、サンプルは単一の内部ファセット (例えば、サンプル 10 内の内部ファセット 14 及びサンプル 50 内の内部ファセット 54) を含むように示されているが、開示されるシステムは、公称上平行である複数の内部ファセットに関する情報を得るために利用され得る。一部の実施形態によれば、情報は、集合情報であり得、以下に説明されるように、内部ファセットの実際の傾斜角の平均 (average 又は mean)、又は実際の傾斜角の加重平均を特定し得る。

【0173】

図 6 A を参照すると、図 6 A は、一部の実施形態によるそのようなサンプルであるサンプル 60 を描写する。より具体的にすることによって説明を容易にするために、サンプル 60 は、2 つの公称上平行な内部ファセットを含むように示されているが、当業者は、図 6 A 及び図 6 B の教示を、公称上平行である 3 つ以上の内部ファセットを含むサンプルに適用することが簡単であることを容易に理解するであろう。サンプル 60 は、外部の平坦な第 1 の表面 62 a、外部の第 2 の表面 62 b、第 1 の内部ファセット 64 a、及び第 2 の内部ファセット 64 b を含む。第 2 の表面 62 b は、第 1 の表面 62 a に対してある角度で設置されている (平坦である場合があるか、又は平坦ではない場合がある)。第 1 の内部ファセット 64 a は平坦であり、第 1 の表面 62 a に対して公称傾斜角 (図示せず) で公称上傾斜している。第 2 の内部ファセット 64 b は平坦であり、第 1 の内部ファセット 64 a と公称上平行である。第 1 の内部ファセット 64 a は、第 2 の表面 62 b と第 2 の内部ファセット 64 b との間に位置付けられている。サンプル 60 の第 1 の部分 66 a は、第 2 の表面 62 b 及び第 1 の内部ファセット 64 a と部分的に境を接している。サンプル 60 の第 2 の部分 66 b は、第 1 の内部ファセット 64 a 及び第 2 の内部ファセット 64 b と部分的に境を接している。第 2 の内部ファセット 64 b は、サンプル 60 の第 2

10

30

40

50

の部分 6 6 b と第 3 の部分 6 6 c との間に延在する。第 1 の部分 6 6 a 及び第 2 の部分 6 6 b は同じ屈折率（又は近い屈折率）を有する。第 1 の内部ファセット 6 4 a は、第 1 の部分 6 6 a 及び第 2 の部分 6 6 b のものとは異なる屈折率によって特徴付けられる材料の薄層を構成する。

【 0 1 7 4 】

システム 1 0 0、2 0 0、又は 3 0 0 のうちのいずれかが 1 つを利用することで、本質的には対応する説明で上述したように、及び以下に述べるような追加 / 調整を伴って、第 1 の表面 6 2 a に対する第 1 の内部ファセット 6 4 a 及び第 2 の内部ファセット 6 4 b の実際の傾斜角に関する情報が取得され得る。公称傾斜角が 9 0 ° であり、サンプル 6 0 が第 1 の表面 6 2 a に平行である外部の平坦な第 3 の表面 6 2 c を含む実施形態では、システム 5 0 0 を利用して、本質的には対応する説明で上述したように、及び以下に述べるような追加 / 調整を伴って、実際の傾斜角に関する情報が取得され得る。

10

【 0 1 7 5 】

説明を容易にするため、及び考察をより具体的にするために、システム 1 0 0 の具体的実施形態に対応するシステム（図 6 A には図示せず）がサンプル 6 0 を検査するために利用されると仮定する。第 1 の表面 6 2 a 上に垂直に投射される第 1 の入射 L B 6 0 5 a（そのうちの単一の光線のみが示されている）が示されている。第 1 の戻り L B 6 3 3 a は、第 1 の入射 L B 6 0 5 a の第 1 の表面 6 2 a からの反射から得られる。また、第 2 の入射 L B を（検査を実行するために使用されるシステム（図示せず）の L F C を使用して）公称傾斜角で公称上屈曲させることによって取得され得る透過した L B 6 1 7 b（そのうち、単一の光線のみが示されている）が示されている。透過した L B 6 1 7 b は、次いでシステムの C P 内に透過する。C P は、屈曲した L B が、内部ファセット 6 4 に公称上平行である C P の外部の平坦な表面上に公称上垂直に入射するように、配向されている。透過した L B 6 1 7 b は C P から出て、C P とサンプル 6 0 との間に位置付けられた形状適合界面内に入る。C P 及び形状適合界面の各々は、サンプル 6 0 の第 1 の部分 6 6 a 及び第 2 の部分 6 6 b の屈折率と等しいか、又は少なくともそれに近い屈折率によって特徴付けられる。

20

【 0 1 7 6 】

透過した L B 6 1 7 b は、第 2 の表面 6 2 b を介してサンプル 6 0 に入る。透過した L B 6 1 7 b は、第 1 の内部ファセット 6 4 a に公称上垂直に衝突する。反射 L B 6 2 1 b は、第 1 の内部ファセット 6 4 a で鏡面反射された、透過した L B 6 1 7 b の部分に対応する。（第 1 の）透過部分 6 3 7 b は、第 2 の部分 6 6 b 内へ透過した、透過した L B 6 1 7 b の部分に対応する。透過部分 6 3 7 b は、第 2 の内部ファセット 6 4 b に公称上垂直に衝突する。反射部分 6 4 1 b は、第 2 のファセット 6 4 b で鏡面反射された、透過部分 6 3 7 b の部分に対応する。第 2 の透過部分 6 4 5 b は、第 1 の内部ファセット 6 4 a を介して第 1 の部分 6 6 a に戻される反射部分 6 4 1 b の部分を示す。

30

【 0 1 7 7 】

図 6 B は、一部の実施形態による、サンプル 6 0 を検査するために用いられるシステムのセンサ 6 1 4 の感光面 6 4 8 上の第 1 のスポット 6 4 7 a 及び一対のスポット 6 4 7 b（第 2 のスポット 6 4 7 b 1 及び第 3 のスポット 6 4 7 b 2 を含む）を概略的に描写する。第 1 のスポット 6 4 7 a は、第 1 の戻り L B 6 3 3 a によって形成される。第 2 のスポット 6 4 7 b 1 及び第 3 のスポット 6 4 7 b 2 は、反射 L B 6 2 1 b 及び第 2 の透過部分 6 4 5 b によって生じた（すなわち、それぞれ、第 1 の内部ファセット 6 4 a 及び第 2 の内部ファセット 6 4 b からの反射によって生じた）戻り L B によって形成される。遮断要素及び遮断 / フィルタリング技術を利用することで、第 1 の戻り L B 6 3 3 a が、反射 L B 6 2 1 b 及び第 2 の透過部分 6 4 5 b によって生じた戻り L B（図示せず）から区別され得る。第 2 のスポット 6 4 7 b 1（及び第 3 のスポット 6 4 7 b 2）を、反射 L B 6 2 1 b 及び第 2 の透過部分 6 4 5 b によって生じた 2 つの戻り L B のうちの 1 つに帰属させることができない場合、第 2 のスポット 6 4 7 b 1 及び第 3 のスポット 6 4 7 b 2 の位置から（第 1 の戻り L B 6 3 3 a に対する、反射 L B 6 2 1 b 及び第 2 の透過部分 6 4 5 b

40

50

に関連付けられた戻りLBの偏差角の平均から)、第1の内部ファセット64a及び第2の内部ファセット64bに関する集合情報(例えば、実際の傾斜の平均)のみが抽出され得る。

【0178】

一部の実施形態によれば、反射LB621bに関連付けられた戻りLBの強度は、第2の透過部分645bに関連付けられた戻りLBの強度よりも著しく大きい場合がある。したがって、第1のスポット647b1の輝度が第2のスポット647b2の輝度よりも高いか低いかに応じて、第1のスポット647b1が、それぞれ、反射LB621b又は第2の透過部分645bに帰属させられ得る(第2のスポット647b2についてはその逆が適用される)。

10

【0179】

一部の実施形態によれば、第1の内部ファセット64aは、第1のスペクトルの光を反射させるように構成され、第2の内部ファセット64bは、第2のスペクトルの光を反射させるように構成される。第2のスペクトルは、第1の内部ファセット64aからの反射によって生じる戻りLBと、第2の内部ファセット64bからの反射によって生じる戻りLBとを区別するのを可能にするのに十分な程度、第1のスペクトルから異なる。区別は、図1A及び図2の説明で上述したように、第1のスペクトル及び第2のスペクトルのいずれかの光を選択的にフィルタリングするように構成されたスペクトルフィルタを利用して行われ得る。第1の戻りLB633aと、内部ファセット64からの反射によって生じる戻りLBとの間の区別も同様に行われ得る。

20

【0180】

第1の表面62aの反対にある第3の表面62cをサンプル60が含む一部の実施形態によれば、測定を実行するのに使用されるLGAに対する第2の表面62bの配向を維持しつつ、第1の表面62aと第3の表面62cとが逆転するように、サンプル60を反転させ、本質的にはシステム500の説明において上述したように、また図8A及び図8Bの方法の説明で後述されるように測定を繰り返すことによって、内部ファセット64の実際の傾斜角に関する追加の集合又は個別情報が取得され得る。

【0181】

方法

一部の実施形態の態様によれば、サンプルの内部ファセットの計測のための光学に基づく方法が提供される。方法は、サンプルの1つ以上の内部ファセットの、サンプルの外部の平坦な表面に対する配向を検証するために使用され得る。図7は、一部の実施形態による、そのような方法である光学に基づく方法700のフローチャートを提示する。方法700は、以下の段階を含み得る。

30

- 方法を実装するために使用されるシステム(例えば、システム100)が較正される任意選択的な段階705。

- テストされるサンプル(例えば、サンプル10)が提供される段階710。サンプルは、外部の平坦な第1の表面(平坦である第1の外部表面、例えば、第1の表面12a)と、第1の表面に対して公称傾斜角(例えば、公称傾斜角)で公称上傾斜している内部ファセット(例えば、内部ファセット14)とを含む。

40

- 一对の平行な光ビーム(LB)が(例えば、光源112及び光学機器118によって、又はオートコリメータ250によって)生成される段階720:第1の入射LB(例えば、第1の入射LB105a)は、サンプルの第1の表面に垂直に投射される。第2の入射LB(例えば、第2の入射LB105b)は、第1の入射LBと平行に導光構成(LGA、例えば、LGA102)に投射される。

- 第1の戻りLB(例えば、第1の戻りLB133a)が、サンプルの第1の表面からの第1の入射LBの反射から取得される段階730。

- 第2の入射LBのLGAによるサンプル内又はサンプル上への方向転換、内部ファセットに公称上垂直に衝突した後の第2の入射LBの内部ファセットからの反射、及びLGAによる逆方向転換によって、第2の戻りLB(例えば、第2の戻りLB133b)が取

50

得される段階 740。

- 第1の戻りLB及び第2の戻りLBを（例えば、センサ114又はオートコリメータ250によって）感知することによって、第1の戻りLBに対する第2の戻りLBの角度偏差が測定される段階750。

- 測定された角度偏差 f に少なくとも基づいて、第1の表面に対する内部ファセットの実際の傾斜角（例えば、実際の傾斜角 θ ）が推定される段階760。

【0182】

本明細書で使用される「取得」という用語は、能動的及び受動的な意味の両方で用いられ得る。したがって、例えば、段階730での第1の戻りLBの取得は、段階730で実装される動作に起因せず、段階720での第1の入射LBの生成に起因し得る。一般に、段階は、ユーザによって、若しくは方法を実装するために使用されるシステムによって実行される能動的動作、及び/又は1つ以上の前の段階で実行される1つ以上の動作の結果若しくは効果を表し得る。

10

【0183】

方法700は、光学に基づくシステム、例えば、それぞれの説明において上述した光学に基づくシステム100、200、及び300のいずれか1つ、又はそれらに類似する光学に基づくシステムを用いて実装され得る。特に、一部の実施形態によれば、方法700は、システム100の様々な実施形態の説明において詳述されているように、オートコリメータに基づくもの、レーザビーム間の距離の測定に基づくもの、又は干渉法に基づくものであり得る。段階730において、第2の入射LBは、LFC122、LFC222、及びプリズム322、又は同様の機能を有するLFCのいずれか1つを利用して、公称傾斜角で公称上屈曲させられ得る。同様に、第2の戻りLBは、LFC122、LFC222、及びプリズム322、又は同様の機能のLFCのいずれか1つを利用して取得され得る。

20

【0184】

一部の実施形態によれば、内部ファセットは、異なる屈折率を有するサンプルの第1の部分（例えば、第1の部分16a）と第2の部分（例えば、第2の部分16b）との間の平坦な境界を画定し得る。代替的に、一部の実施形態によれば、内部ファセットは、サンプルの第1の部分と第2の部分との間にある、（屈折率が同じ又は異なり得る）第1の部分及び第2の部分の各々とは異なる屈折率を有する薄くて平坦な層を構成し得る。第1の部分は、サンプルの内部ファセットと外部の平坦な第2の表面（例えば、第2の表面12b）との間に延在し得る。段階740において、サンプル内へ透過する第2の入射LBの部分を構成する透過したLB（例えば、透過したLB117b）は、第2の表面を介して入射し得る。

30

【0185】

一部の実施形態によれば、段階720において、LB201などのコリメートされた光ビームが生成され得、そのうちの第1の部分ビーム及び第2の部分ビームが、それぞれ、第1の入射LB及び第2の入射LBを構成する。一部の実施形態によれば、第1の入射LB及び第2の入射LBは、隣接し得る。一部の実施形態によれば、第1の入射LB及び第2の入射LBは、コリメートされた光ビームの相補的部分を形成し得る。代替的に、一部の実施形態によれば、第1の入射LBと第2の入射LBとの間に位置付けられていたコリメートされた光ビームの部分が取り除かれ（例えば、光吸収フィルタ又は不透明なプレートを使用して遮断され）、両者が離間され得る。一部の実施形態によれば、コリメートされた光ビームは、オートコリメータ250などのオートコリメータを使用して生成され得る。

40

【0186】

一部の実施形態によれば、LFCは、その光屈曲角が、LFCが設置されるピッチ角度に依存しないように構成され得る（したがって、第2の入射LBは、ピッチ角度によらず、公称傾斜角 θ で公称上屈曲する）。一部のそのような実施形態によれば、LFCは、「システム」の小項目でシステム100及び300の説明において上述したように、ペンタ

50

プリズム若しくは同様の機能を有するプリズム、又は互いに対してある角度に設置された一対の平面ミラー、又は同様の機能を有するミラー構成であり得る。

【0187】

一部の実施形態によれば、LGAは、LFCに加えて、結合インフラストラクチャ124などの結合インフラストラクチャを含み得る。結合インフラストラクチャは、LFCによって公称傾斜角で公称上屈曲させられた光（例えば、屈曲したLB113b）を、透過光（例えば、透過したLB117b）が内部ファセットに公称上垂直に衝突するように、サンプル内又はサンプル上へ誘導するように構成されている。

【0188】

一部の実施形態によれば、結合インフラストラクチャは、CP132などの結合プリズム（CP）、及び形状適合界面134などの形状適合界面を含み得る。CP及び形状適合界面は各々、サンプルの屈折率に等しい若しくは略等しい屈折率によって特徴付けられるか、又は、サンプルの第1の部分と第2の部分とが同じ屈折率を有さない実施形態では、サンプルの少なくとも第1の部分の屈折率に等しい若しくは略等しい屈折率によって特徴付けられる。CPは、外部の平坦な第1の表面（「CP第1の表面」と称される）、外部の平坦な第2の表面（「CP第2の表面」と称される）、及び外部の第3の表面（「CP第3の表面」と称される）を含み、例えば、それぞれCP第1の表面138a、CP第2の表面138b、及びCP第3の表面138cである。特に、CP第2の表面は、CP第1の表面に対して公称傾斜角で公称上傾斜している。

【0189】

形状適合界面は、同じ、又は略同じ屈折率を有する複数の材料の連続体を画定するように、CPとサンプルの第1の部分との間に、各々に隣接して配置されている。より具体的には、形状適合界面は、CP第3の表面とサンプルの第2の表面との間に配置され、CPとサンプルとは、CP第2の表面とサンプルの内部ファセットとが公称上平行であるように、互いに整列している。

【0190】

同じ屈折率、又は近い屈折率を有する複数の材料の連続体の形成は、段階740において、(i)CPから形状適合界面内への横断時に、及びその次の形状適合界面からサンプルの第1の部分内への横断時に、CP内に透過した光ビーム（例えば、透過したLB117b）の伝播方向が維持されることと、(ii)サンプルの第1の部分から形状適合界面内への横断時、及びその次の形状適合界面からCP内への横断時に、内部ファセットから反射された光ビーム（例えば、反射LB121b）の伝播方向が維持されることを確実にするのに役立つ。有利なことに、これは、CP第2の表面に垂直に入射する光ビーム（例えば、屈曲したLB113b）の透過部分（例えば、透過したLB117b）が、公称上、サンプルの内部ファセットに公称上垂直に衝突することを確実にするのに役立つ。

【0191】

したがって、CP及び形状適合界面の両方を含む実施形態では、LFCによる第2の入射LBの屈曲によって取得される屈曲したLB（例えば、屈曲したLB113b）は、CP第2の表面に公称上垂直に衝突し、CP内に（少なくとも部分的に）透過する。透過したLB（例えば、透過したLB117b）は、CP、形状適合界面、及びサンプルの第1の部分（例えば、出射LB125b）は、LFCの方向にCPから出射する。LFCは、出射LBを公称傾斜角で公称上屈曲させ、それによって第2の戻りLBが取得される。

【0192】

一部の実施形態によれば、段階705において、追加の入射LB（例えば、追加の入射LB205s）が、CP第1の表面に公称上垂直に投射され得る。追加の入射LBは、例えば、CP第1の表面から離れた追加の入射LBの反射から取得された追加の戻りLB（例えば、追加の戻りLB233s）と第1の戻りLBとの間の角度偏差を測定することに

10

20

30

40

50

よって、CP第1の表面とサンプルの第1の表面とが整列していることを検証するために使用され得る。

【0193】

一部の実施形態によれば、段階705において、方法700を実装するために使用されるシステムの較正の一部として、「標準」(gold standard、GS)サンプルが使用され得る。より具体的には、所与のテスト対象サンプルに対して、対応するGSサンプル(すなわち、要求される幾何学的形状を高精度で示し、テスト対象サンプルと同じ屈折率を有することが知られているサンプル)がシステムの較正において使用され得る。GSサンプルは、(i)第1の入射光がGSサンプルの第1の表面(第1の表面12aに類似)に垂直に衝突し、(ii)透過したLBがGSサンプルの内部ファセット(内部ファセット14に類似)に垂直に(すなわち、GSサンプル及びLGAによって可能とされる精度で)衝突するように、配向インフラストラクチャ(例えば、配向インフラストラクチャ140、配向インフラストラクチャ240)及びLGAを較正するために使用され得る。

10

【0194】

一部の実施形態によれば、LGA(全体又はその単一の構成要素(例えば、CP)及びICAの各々に対するGSサンプルを配向するために、サンプルが取り付けられ得る配向可能なステージ(例えば、ステージ142)が使用され得る。追加的に又は代替的に、第2の配向可能なステージ(例えば、第2のステージ144)を使用して、GSサンプル及びLFCに対してCPを配向し得る。オートコリメータがICAの一部であるか(システムがオートコリメータを含む実施形態)、又はシステムに含まれていないかにかかわらず、透過したLBの垂直性を検証するためにオートコリメータが使用され得る。

20

【0195】

一部の実施形態によれば、テスト対象サンプルが提供され、例えば、配向可能なステージ上に配置されると、段階710の後、較正又は追加較正が実行され得る。追加較正は、例えば、テスト対象サンプルが取り付けられる配向可能なステージを、第1の入射LBがテスト対象サンプルの第1の表面に垂直に衝突するように、配向又は再配向することを含み得る。一部の実施形態によれば、段階750において、オートコリメータ(例えば、オートコリメータ250、より一般的には、オートコリメータが入射LBを調製するために用いられる実施形態では、同じオートコリメータ)を使用して、第1及び第2の戻りLB(例えば、戻りLBがオートコリメータのセンサの感光面に当たる位置)を感知し、それによって角度偏差を測定し得る。一部の実施形態によれば、システム100及び200の説明で本質的に上述したように、各戻りLBを選択的に遮断する(又は少なくとも部分的に遮断する)ために、シャッタ及び/又はスペクトルフィルタなどの遮断要素が用いられ得る。一对のスポット(戻りLBを感知するために利用される光又は画像センサ(例えば、センサ114)の感光面上のスポット)の各々を、スポットを形成した戻りLBに帰属させることを容易にすることに加えて、一方の戻りLBの遮断は、他方の戻りLBを感知すると同時に、迷光に関連付けられた信号を減衰させることによって測定精度を高めるといふ役割を果たし得る。

30

【0196】

一部の実施形態によれば、特に、段階710、720、及び730がオートコリメータ250などのオートコリメータを用いて実装される実施形態では、段階740において、第1の戻りLBに対する第2の戻りLBの角度偏差

40

【数3】

$\tilde{\delta}$

が、

【数4】

$$\tilde{\delta} = (\tilde{u}_2 - \tilde{u}_1) / \tilde{f}$$

50

によって計算され得る。

【数 5】

\tilde{u}_1 及び \tilde{u}_2

は、それぞれ、第 1 の戻り L B 及び第 2 の戻り L B によってオートコリメータの感光面（例えば、感光面 2 4 8）上に形成された第 1 のスポット（例えば、第 1 のスポット 2 4 7 a）及び第 2 のスポット（例えば、第 2 のスポット 2 4 7 b）の水平座標である。

【数 6】

\tilde{f}

10

は、オートコリメータのコリメータレンズの焦点距離である。

【0 1 9 7】

段階 7 5 0 において、実際の傾斜角

【数 7】

$\tilde{\alpha}'$

が、幾何光学の法則、特にスネルの法則を使用して（また、L F C の実際の光屈曲角、C P 第 1 の表面に対する C P 第 2 の表面の実際の傾斜角、及びサンプルの第 1 の部分の屈折率の値を考慮に入れて）計算され得る。

20

【0 1 9 8】

サンプル（例えば、サンプル 6 0）が、第 1 の表面に対して公称上垂直な複数の内部ファセット（例えば、内部ファセット 6 4）を含み、内部ファセットを除いて、サンプルが、均一又は略均一な屈折率によって更に特徴付けられる一部の実施形態によれば、本質的に図 6 A 及び図 6 B の説明に記載されているように、段階 7 4 0 において、L G A による第 2 の入射 L B のサンプル内又は上への方向転換、各内部ファセットからの第 2 の入射 L B の反射、及び L G A による逆方向転換によって、複数の戻り L B が取得される。段階 7 5 0 では、第 1 の戻り L B 及び複数の戻り L B の各々を感知することによって、第 1 の戻り L B に対する各戻り L B の複数の角度偏差が測定される。一部のそのような実施形態によれば、段階 7 6 0 において、複数の測定された角度偏差に少なくとも基づいて、第 1 の表面に対する複数の内部ファセットの各々の実際の傾斜角が推定され得る。一部の実施形態によれば、センサ（例えば、センサ 6 1 4）の感光面上に複数の戻り L B によって形成されるスポットの各々は、スポットの相対的な輝度に基づいて、及び/又は、各内部ファセットがそれぞれの異なるスペクトルの光を反射するように構成されている実施形態では、スペクトルフィルタを用いて、複数の戻り L B の各々に帰属させられ得る。追加的に又は代替的に、一部の実施形態によれば、実際の傾斜角に関する集合情報（実際の傾斜角の平均など）は、複数の測定された角度偏差に少なくとも基づいて推定される。

30

【0 1 9 9】

図 8 A 及び図 8 B は、一部の実施形態による、サンプルの内部ファセットの計測のための光学に基づく方法 8 0 0 のフローチャートを提示する。方法 8 0 0 は、方法 7 0 0 の具体的実施形態に対応し、互いに平行である、サンプルの少なくとも 2 つの外部の平坦な表面に対する、サンプルの 1 つ以上の内部ファセットの垂直性を検証するために使用され得る。方法 8 0 0 は以下の段階を含み得る。

40

- テストされるサンプル（例えば、サンプル 5 0）が提供される段階 8 0 5。サンプルは、外部の平坦な第 1 の表面（すなわち、平坦である第 1 の外部表面、例えば、第 1 の表面 5 2 a）、外部の第 2 の表面（すなわち、平坦である場合があるか、又は平坦ではない場合がある第 2 の外部表面、例えば、第 2 の表面 5 2 b）、第 1 の表面に平行な外部の平坦な第 3 の表面（すなわち、平坦である第 3 の外部表面、例えば、第 3 の表面 5 2 c）、及び第 1 の表面に対して公称上 9 0 ° で傾斜している内部ファセットを含む。

- 第 1 の一対の平行 L B が（例えば、光源 5 1 2、及び任意選択的に光学機器 5 1 8 に

50

よって)生成される段階 8 1 0 : 第 1 の入射 L B (例えば、第 1 の入射 L B 5 0 5 a) は、サンプルの第 1 の表面に垂直に投射される。第 2 の入射 L B (例えば、第 2 の入射 L B 5 0 5 b) は、(第 1 の入射 L B と平行に) L G A に投射される。

- 第 1 の戻り L B (例えば、第 1 の戻り L B 5 3 3 a) が、第 1 の表面からの第 1 の入射 L B の反射から取得される段階 8 1 5 。

- 第 2 の入射 L B の L G A によるサンプル内又はサンプル上への方向転換、内部ファセットに公称上垂直に衝突した後の第 2 の入射 L B の内部ファセットからの反射、及び L G A による逆方向転換によって、第 2 の戻り L B (例えば、第 2 の戻り L B 5 3 3 b) が取得される段階 8 2 0 。

- 第 1 の戻り L B 及び第 2 の戻り L B を (例えば、センサ 5 1 4 によって) 感知することによって、第 1 の戻り L B に対する第 2 の戻り L B の (第 1 の) 角度偏差が測定される段階 8 2 5 。

10

- (L G A に対する内部ファセットの公称配向を維持しつつ) 第 1 の表面及び第 3 の表面を逆転させるようにサンプルが反転される段階 8 3 0 。

- 第 2 の一对の平行 L B が (例えば、光源 5 1 2、及び任意選択的に光学機器 5 1 8 によって) 生成される段階 8 3 5 : 第 3 の入射 L B (例えば、第 3 の入射 L B 5 0 5 a ') は、サンプルの第 3 の表面に垂直に投射される。第 4 の入射 L B (例えば、第 4 の入射 L B 5 0 5 b ') は、(第 3 の入射 L B と平行に) L G A に投射される。

- 第 3 の戻り L B (例えば、第 3 の戻り L B 5 3 3 a ') が、第 3 の表面からの第 3 の入射 L B の反射から取得される段階 8 4 0 。

20

- 第 4 の入射 L B の L G A によるサンプル内又はサンプル上への方向転換、内部ファセットに公称上垂直に衝突した後の第 4 の入射 L B の内部ファセットからの反射、及び L G A による逆方向転換によって、第 4 の戻り L B (例えば、第 4 の戻り L B 5 3 3 b ') が取得される段階 8 4 5 。

- 第 3 の戻り L B 及び第 4 の戻り L B を (例えば、センサ 5 1 4 によって) 感知することによって、第 3 の戻り L B に対する第 4 の戻り L B の (第 2 の) 角度偏差が測定される段階 8 5 0 。

- 測定された角度偏差に基づいて、第 1 の表面に対する内部ファセットの実際の傾斜角が推定される段階 8 5 5 。

【 0 2 0 0 】

30

方法 8 0 0 は、図 5 A ~ 図 5 D の説明において上述したように、光学に基づくシステム、例えば、光学に基づくシステム 5 0 0 又は類似する光学に基づくシステムを用いて実装され得る。特に、一部の実施形態によれば、方法 8 0 0 は、オートコリメータに基づくもの、レーザビーム間の距離の測定に基づくもの、又は干渉法に基づくものであり得る。段階 8 2 0 では、自身に入射する光を公称上 9 0 ° 屈折させるように構成された L F C、例えば、L F C 5 2 2 又は同様の機能を有する L F C を利用して、第 2 の入射 L B 及び第 1 の反射 L B から、それぞれ、第 1 の屈曲した L B 及び第 2 の戻り L B が取得され得る。一部の実施形態によれば、L F C は、光を 9 0 ° 屈折させるように構成されたプリズム (例えば、ペンタプリズム)、又は光を 9 0 ° 屈折させるように (合わせて) 構成された 1 つ以上のミラーであり得るか、又はそれらを含み得る。同様に、段階 8 4 5 では、L F C 5 2 2 又は同様の機能の L F C を利用して、第 4 の入射 L B 及び第 2 の反射 L B から、それぞれ、第 2 の屈曲した L B 及び第 4 の戻り L B が取得され得る。

40

【 0 2 0 1 】

一部の実施形態によれば、L G A は、L F C に加えて、結合インフラストラクチャ 5 2 4 などの結合インフラストラクチャを含み得る。結合インフラストラクチャは、L F C によって屈曲させられた光 (例えば、屈曲した L B 5 1 3 b) を、透過光 (例えば、透過した L B 5 1 7 b) が内部ファセットに公称上垂直に衝突するように、サンプル内又はサンプル上へ誘導するように構成されている。

【 0 2 0 2 】

一部の実施形態によれば、結合インフラストラクチャは、C P 5 3 2 などの結合プリズ

50

ム(CP)、及び形状適合界面534などの形状適合界面を含み得る。CP及び形状適合界面は各々、サンプルの屈折率に等しい若しくは近いそれぞれの屈折率によって特徴付けられるか、又は、サンプルの第1の部分と第2の部分とが同じ屈折率を有さない実施形態では、サンプルの少なくとも第1の部分の屈折率に等しい若しくは近いそれぞれの屈折率によって特徴付けられる。CPは、外部の平坦な第1の表面(「CP第1の表面」と称される)、外部の平坦な第2の表面(「CP第2の表面」と称される)、及び外部の第3の表面(「CP第3の表面」と称される)を含み、例えば、それぞれCP第1の表面538a、CP第2の表面538b、及びCP第3の表面538cである。特に、CP第2の表面は、CP第1の表面に対して公称上垂直に傾斜している。CP及び形状適合界面は、本質的には方法700の説明で上述したように利用され得、任意選択的に、追加的に、後述されるように利用され得る。

10

【0203】

一部の実施形態によれば、CPは、CP第4の表面538dなどの外部の平坦な第4の表面(「CP第4の表面」と称される)を含む。CP第4の表面は、CP第1の表面の反対にあり、CP第1の表面と平行である。そのような実施形態では、段階830において、内部ファセットに対するCP第2の表面(LFCによって屈曲した光がCPに入る表面)の公称配向を維持しつつ、CP第1の表面及びCP第4の表面のように、CPも反転され得る。

【0204】

一部の実施形態によれば、段階810及び835において、オートコリメータ(例えば、オートコリメータ)を使用して、複数の対をなす平行な入射LBが生成され得る。一部の実施形態によれば、段階815、820、840、及び845において、オートコリメータ(例えば、入射LBを調製する際に使用されるオートコリメータ)を用いて、戻りLBが感知され得る。一部の実施形態によれば、本質的には図5A及び図5Bの説明で上述したように、第2の戻りLB及び第1の戻りLBのうちの1つと、第4の戻りLB及び第3の戻りLBのうちの1つとを選択的に遮断する(又は少なくとも部分的に遮断する)ために、シャッタ及び/又はスペクトルフィルタが用いられ得る。

20

【0205】

一部の実施形態によれば、方法800は、方法700の段階705と同様の任意選択的な較正段階(図8A及び図8Bには図示せず)であって、段階830でサンプルを反転させた後(かつ段階835~855の前に実行される)に(部分的に)繰り返される、段階を含み得る。より具体的には、段階830では、サンプルを反転させた後、サンプル内に透過した光が内部ファセットに公称上垂直に入射するように、サンプルの配向が再配向され得る。CPも反転される実施形態では、LFC(例えば、第2の屈曲したLB513b)によって屈曲した光がCP第2の表面に公称上垂直に衝突するように、CPも再配向され得る。

30

【0206】

一部の実施形態によれば、特に、段階810、815、820、835、840、及び845がオートコリメータ(例えば、オートコリメータ250)を用いて実装される実施形態では、段階825において、第1の戻りLBに対する第2の戻りLBの第1の角度偏差

40

【数8】

$$\tilde{\delta}_1$$

が、

【数9】

$$\tilde{\delta}_1 = (\tilde{w}_2 - \tilde{w}_1) / \tilde{f}_0$$

によって取得される。

【数10】

50

\tilde{w}_1 及び \tilde{w}_2

は、それぞれ、第 1 の戻り L B 及び第 2 の戻り L B によってオートコリメータの感光面（例えば、感光面 5 4 8）上に形成された第 1 のスポット及び第 2 のスポット（例えば、第 1 のスポット 5 4 7 a 及び第 2 のスポット 5 4 7 b）の水平座標である。

【数 1 1】

$$\tilde{f}_0$$

10

は、オートコリメータのコリメータレンズの焦点距離である。同様に、段階 8 5 0 では、第 3 の戻り L B に対する第 4 の戻り L B の第 2 の角度偏差

【数 1 2】

$$\tilde{\delta}_2$$

が、

【数 1 3】

$$\tilde{\delta}_1 = (\tilde{w}_2 - \tilde{w}_1) / \tilde{f}_0$$

20

によって取得される。

【数 1 4】

$$\tilde{w}'_1 \text{ 及び } \tilde{w}'_2$$

は、それぞれ、第 3 の戻り L B 及び第 4 の戻り L B によってオートコリメータの感光面上に形成された第 3 のスポット及び第 4 のスポット（例えば、第 3 のスポット 5 4 7 a ' 及び第 4 のスポット 5 4 7 b '）の水平座標である。

【0 2 0 7】

段階 8 5 5 では、実際の傾斜角

30

【数 1 5】

$$\tilde{\chi}'$$

の値（又は、より正確には、2 つの取得された推定値の平均化から得られた平均値）が、角度偏差

【数 1 6】

$$\tilde{\delta}_1 \text{ 及び } \tilde{\delta}_2$$

40

（の測定値）から、関係

【数 1 7】

$$\langle \tilde{\chi}' \rangle = 90^\circ - \langle \Delta \tilde{\chi}' \rangle = \tilde{\chi} + (\tilde{\delta}_1 - \tilde{\delta}_2) / (4\tilde{n}') + \Delta \tilde{\chi}''' \cdot (\tilde{n}' - 1) / \tilde{n}'$$

によって取得され得る。

【数 1 8】

$$\tilde{n}'$$

は、サンプルの第 1 の部分の屈折率（並びに C P 及び形状適合界面の屈折率であるか、又

50

はそれぞれの屈折率に少なくとも近い)である。

【0208】

サンプル(例えば、サンプル60)が、第1の表面に対して公称上垂直な複数の内部ファセット(例えば、内部ファセット64)を含み、内部ファセットを除いて、サンプルが、均一又は略均一な屈折率によって更に特徴付けられる一部の実施形態によれば、本質的に図6A及び図6Bの説明に記載されているように、段階820において、LGAによる第2の入射LBのサンプル内又はサンプル上への方向転換、各内部ファセットからの第2の入射LBの反射、及びLGAによる逆方向転換によって、第1の複数の戻りLBが取得される。段階825では、第1の戻りLB及び第1の複数の戻りLBの各々を感知することによって、第1の戻りLBに対する第1の複数の戻りLBの各々の第1の複数の角度偏差が測定される。同様に、段階845では、第4の入射LBのLGAによるサンプル内又はサンプル上への方向転換、第4の入射LBの各内部ファセットからの反射、及びLGAによる逆方向転換によって、第2の複数の戻りLBが取得される。段階850では、第3の戻りLB及び第2の複数の戻りLBの各々を感知することによって、第3の戻りLBに対する各第2の戻りLBの第2の複数の角度偏差が測定される。一部のそのような実施形態によれば、段階855において、第1の複数の測定された角度偏差及び第2の複数の測定された角度偏差に少なくとも基づいて、第1の表面に対する複数の内部ファセットの各々の実際の傾斜角が推定され得る。一部の実施形態によれば、複数の戻りLBによって形成されるスポットの各々は、スポットの相対的な輝度に基づいて、及び/又は、各内部ファセットがそれぞれの異なるスペクトルの光を反射するように構成されている実施形態では、スペクトルフィルタを用いて、複数の戻りLBの各々に帰属させられ得る。追加的に又は代替的に、一部の実施形態によれば、実際の傾斜角に関する集合情報(実際の傾斜角の平均など)は、第1及び第2の複数の測定された角度偏差に少なくとも基づいて推定される。

10

20

【0209】

サンプルが反転されると、LGAに対する内部ファセットの配向を維持しつつ、サンプルの第1及び第3の表面が逆転され、かつ、(CPが反転されていないとき)内部ファセットがCP第2の表面に対して公称上平行なままである一部の実施形態によれば、方法800は、追加で4つの測定を含み得、すなわち、サンプル及びCPの両方が反転されていない第1の測定と、サンプルが反転されておらず、CPが反転されている第2の測定と、サンプル及びCPの両方が反転されている第3の測定と、サンプルが反転されており、CPが反転されていない第4の測定と、を含み得る。4つの測定は、

30

【数19】

$\langle \bar{\chi} \rangle$

に対する

【数20】

$\Delta \bar{\chi}'''$

の寄与を効果的に相殺することによって、測定の精度を高め得る。そのようなサンプルの非限定的な例は、サンプル40が、第1の表面42aの反対にある外部の平坦な表面を更に備える一部の具体的実施形態によれば、図4Aのサンプル40である。

40

【0210】

追加システム

図9は、一部の実施形態による、サンプルの内部ファセット計測のための光学に基づくシステム900を概略的に描写する。システム900は、システム100と類似しているが、システム100の一部の実施形態とは異なり、結合インフラストラクチャ(例えば、結合インフラストラクチャ124)を含まない。システム900は、少なくとも2つの外部の平坦な表面と、これらの2つの表面のうちの第1の表面に対して公称傾斜角で公称上傾斜している内部ファセットとを含むサンプルとともに使用するように構成されている。

50

一部の実施形態による、そのようなサンプルであるサンプル 90 が図 9 に描写されている。サンプル 90 は、外部の平坦な第 1 の表面 92 a と、外部の平坦な第 2 の表面 92 b と、内部ファセット 94 とを含む。内部ファセット 94 は、第 1 の表面 92 a に対して公称傾斜角 θ で公称上傾斜している。システム 900 によって検査されている状態のサンプル 90 が示されている。

【0211】

システム 900 は、ICA 104 及び LFC 122 の具体的実施形態にそれぞれ対応し得る ICA 904 及び LFC 922 を含む。ICA 904 は、光源、少なくとも 1 つのセンサ、及び任意選択的に、光学機器を含み得（全て図示せず）、これらは光源 112、少なくとも 1 つのセンサ 114、及び光学機器 118 の具体的実施形態に対応し得る。システム 900 は、コントローラ、配向可能なステージ、及び計算モジュール（全て図示せず）を更に含み得、これらはコントローラ 108、第 1 のステージ 142、及び計算モジュール 130 の具体的実施形態に対応し得る。コントローラは、ICA 104 構成要素、第 1 のステージ 142、及び計算モジュール 130 とのコントローラ 108 の機能的関連付けと同様に、それぞれ、ICA 904 構成要素、段階、及び計算モジュールと機能的に関連付けられ得る。

10

【0212】

動作中、ICA 904 は一対の入射 LB、すなわち、第 1 の入射 LB 905 a、及び第 1 の入射 LB 905 a に平行である第 2 の入射 LB 905 b を生成する。第 1 の入射 LB 905 a は、第 1 の表面 92 a に公称上垂直に投射される。第 1 の入射 LB 905 a の第 1 の表面 92 a からの反射によって第 1 の戻り LB 933 a が取得され、ICA 904 のセンサ（図示せず）によって感知される。

20

【0213】

第 2 の入射 LB 905 b は、屈曲した LB 913 b によって示されるように、LFC 922 によって屈曲される。屈曲した LB 913 b は第 2 の表面 92 b に衝突する。透過した LB 917 b は、サンプル 90 内に透過した、屈曲した LB 913 b の部分を示す。透過した LB 917 b は、内部ファセット 94 に公称上垂直に衝突する。すなわち、LFC 922 の公称屈曲角及び LFC 922 に対するサンプル 90 の配向は、透過した LB 917 b が、内部ファセット 94 に公称上垂直に衝突するように選択される。

30

【0214】

反射 LB 921 b は、内部ファセット 94 で鏡面反射された、透過した LB 917 b の部分を示す。出射 LB 925 b は、第 2 の表面 92 b を介する屈折によってサンプル 90 から出る、反射 LB 921 b の部分を示す。第 2 の戻り LB 933 b は、LFC 922 による出射 LB 925 b の屈曲によって取得される。第 2 の戻り LB 933 b は、ICA 904 のセンサによって感知される。

【0215】

一部の実施形態によれば、第 1 の戻り LB 933 a に対する第 2 の戻り LB 933 b の角度偏差は、システム 100 及び方法 700 の説明において上述したように、センサの感光面上に第 2 の戻り LB 933 b 及び第 1 の戻り LB 933 a によってそれぞれ形成される第 2 のスポットと第 1 のスポットとの間の水平距離から取得され得る。角度偏差の測定値から、本質的にはシステム 100 及び方法 700 の説明で述べたように、内部ファセット 94 の（実際の）傾斜の公称傾斜からの偏差が導出され得る。

40

【0216】

図 10 は、一部の実施形態による、サンプルの内部ファセット計測のための光学に基づくシステム 1100 を概略的に描写する。システム 1100 は、外部の平坦な表面と、この表面に対して公称傾斜角で公称上傾斜している内部ファセットとを含むサンプルとともに使用されるように構成されている。一部の実施形態によるそのようなサンプルであるサンプル 1010 が図 10 に描写されている。サンプル 1010 は、外部の平坦な（第 1 の）表面 1012 a 及び内部ファセット 1014 を含む。内部ファセット 1014 は、第 1 の表面 1012 a に対して公称傾斜角 θ で公称上傾斜している。システム 1100 によっ

50

て検査されている状態のサンプル 1 0 1 0 が示されている。

【 0 2 1 7 】

システム 1 1 0 0 は I C A 1 1 0 4 及び L F C 1 1 2 2 を含み、これらはそれぞれ、I C A 1 0 4 及び L F C 1 2 2 に類似し得るが、以下に記載されるように、それらと異なる。I C A 1 1 0 4 は、光源、少なくとも 1 つのセンサ、及び任意選択的に、光学機器を含み得（全て図示せず）、これらは光源 1 1 2、少なくとも 1 つのセンサ 1 1 4、及び光学機器 1 1 8 にそれぞれ類似し得る。システム 1 1 0 0 はコントローラ及び計算モジュール（全て図示せず）を更に含み得、これらはコントローラ 1 0 8 及び計算モジュール 1 3 0 の具体的実施形態に対応し得る。コントローラは、I C A 1 0 4 構成要素及び計算モジュール 1 3 0 とのコントローラ 1 0 8 の機能的関連付けと同様に、それぞれ、I C A 1 1 0 4 構成要素及び計算モジュールと機能的に関連付けられ得る。システム 1 1 0 0 は、第 1 のステージ 1 4 2 と類似し得、かつコントローラによって制御され得る配向可能なステージ（図示せず）を更に含み得る。

10

【 0 2 1 8 】

動作中、I C A 1 1 0 4 は一対の入射 L B、すなわち、第 1 の入射 L B 1 1 0 5 a、及び第 1 の入射 L B 1 1 0 5 a に平行である第 2 の入射 L B 1 1 0 5 b を生成する。第 1 の入射 L B 1 1 0 5 a は、第 1 の表面 1 0 1 2 a に公称上垂直に投射される。第 1 の入射 L B 1 1 0 5 a の第 1 の表面 1 0 1 2 a からの反射によって第 1 の戻り L B 1 1 3 3 a が取得され、I C A 1 1 0 4 のセンサ（図示せず）によって感知される。

【 0 2 1 9 】

第 2 の入射 L B 1 1 0 5 b は、屈曲した L B 1 1 1 3 b によって示されるように、L F C 1 1 2 2 によって屈曲される。屈曲した L B 1 1 1 3 b は、第 1 の表面 1 0 1 2 a に衝突する。透過した L B 1 1 1 7 b は、サンプル 1 0 0 0 内に屈折された、屈曲した L B 1 1 1 3 b の部分を示す。透過した L B 1 1 1 7 b は、内部ファセット 1 0 1 4 に公称上垂直に衝突する。すなわち、L F C 1 1 2 2 の公称屈曲角及び L F C 1 1 2 2 に対するサンプル 1 0 0 0 の配向は、透過した L B 1 1 1 7 b が、内部ファセット 1 0 1 4 に公称上垂直に衝突するように選択される。

20

【 0 2 2 0 】

反射 L B 1 1 2 1 b は、内部ファセット 1 0 1 4 で鏡面反射された、透過した L B 1 1 1 7 b の部分を示す。出射 L B 1 1 2 5 b は、第 1 の表面 1 0 1 2 a を介する屈折によってサンプル 1 0 0 0 から出る、反射 L B 1 1 2 1 b の部分を示す。第 2 の戻り L B 1 1 3 3 b は、L F C 1 1 2 2 による出射 L B 1 1 2 5 b の屈曲によって取得される。第 2 の戻り L B 1 1 3 3 b は、I C A 1 1 0 4 のセンサによって感知される。

30

【 0 2 2 1 】

一部の実施形態によれば、第 1 の戻り L B 1 1 3 3 a に対する第 2 の戻り L B 1 1 3 3 b の角度偏差は、システム 1 0 0 及び方法 7 0 0 の説明において上述したように、センサの感光面上に第 2 の戻り L B 1 1 3 3 b 及び第 1 の戻り L B 1 1 3 3 a によってそれぞれ形成される第 2 のスポットと第 1 のスポットとの間の水平距離から取得され得る。角度偏差の測定値から、（システム 1 0 0 及び方法 7 0 0 の説明で述べた）角度偏差 からの実際の傾斜角 θ の導出と同様にして、内部ファセット 1 0 1 4 の（実際の）傾斜の公称傾斜 からの偏差が導出され得る。

40

【 0 2 2 2 】

一部の実施形態によれば、L F C 1 1 2 2 の公称屈曲角は、第 2 の戻り L B 1 1 3 3 b の強度が最大になるように選択され得る。

【 0 2 2 3 】

明瞭さのために、別々の実施形態の文脈で説明されている本開示の特定の複数の特徴は、単一の実施形態において組み合わせ提供され得ることを理解されたい。逆に、簡潔さのために、単一の実施形態の文脈で説明されている本開示の様々な特徴は、別々に、任意の適切な部分組み合わせで、又は本開示の任意の他の記載された実施形態に適した状態で提供され得る。実施形態の文脈で説明されている特徴は、特に明記されていない限り、そ

50

の実施形態の本質的な特徴とみなされるべきではない。

【0224】

一部の実施形態による方法の段階が特定のシーケンスで記載されている場合があるが、本開示の方法は、異なるシーケンスで実行される及び/又は発生する、記載されている段階の一部又は全てを含み得る。本開示の方法は、記載された段階のうちのいくつか、又は記載された段階の全てを含み得る。開示される方法のいずれの特定の段階も、特に明記されない限り、その方法の本質的な段階とみなされるべきではない。

【0225】

本開示は、その具体的実施形態とともに説明されているが、当業者にとって明らかな多数の代替形態、改変形態、及び変形形態が存在し得ることは明らかである。したがって、本開示は、添付の特許請求の範囲の範囲に含まれる全てのそのような代替形態、改変形態、及び変形形態を包含する。本開示は、本明細書に記載されている構成要素の構造及び配置、並びに/又は方法の細部への適用に必ずしも限定されないことを理解されたい。他の実施形態が実施され得、また、実施形態が様々な状態で実行され得る。

10

【0226】

本明細書で用いられる表現及び用語は、説明を目的とするものであり、制限を課すものとみなされるべきではない。本出願におけるいかなる参考文献の引用又は特定も、そのような参考文献が本開示に対する先行技術として利用可能であることを認めるものと解釈されるべきではない。本明細書で使用される項目の見出しは、本明細書の理解を容易にするためのものであり、必ずしも制限を課すものと解釈されるべきではない。

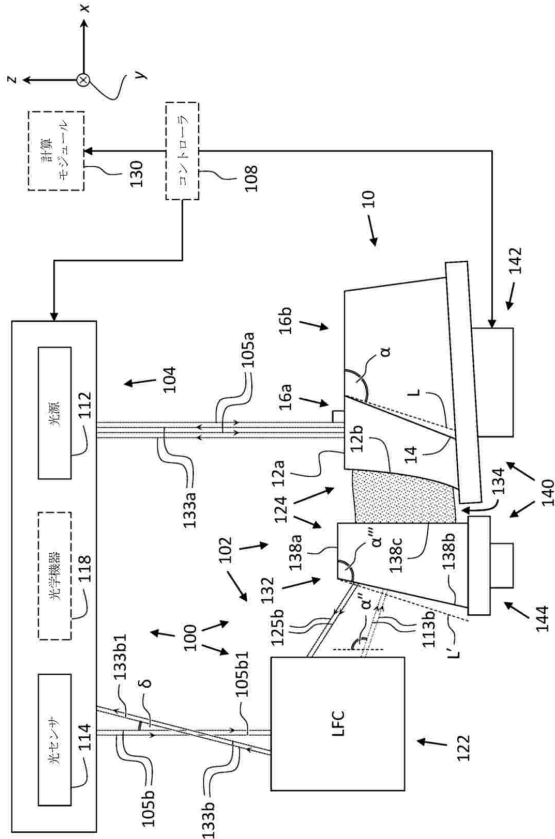
20

30

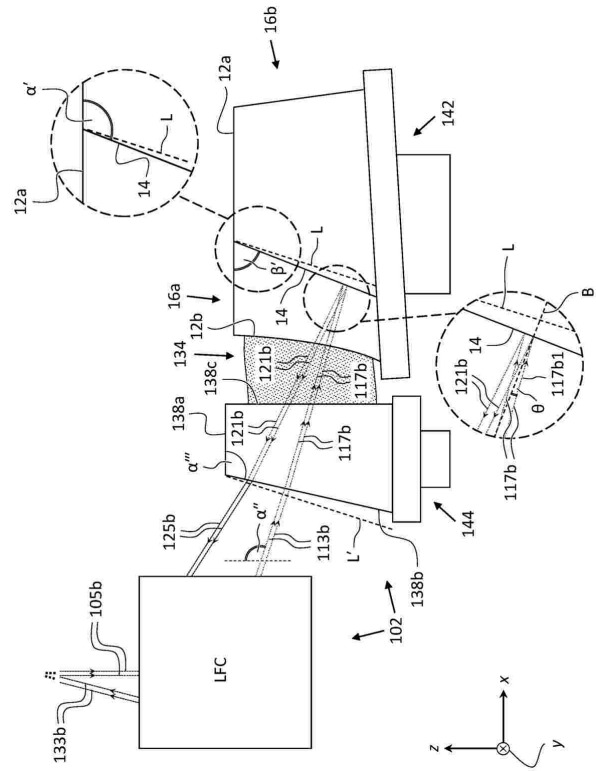
40

50

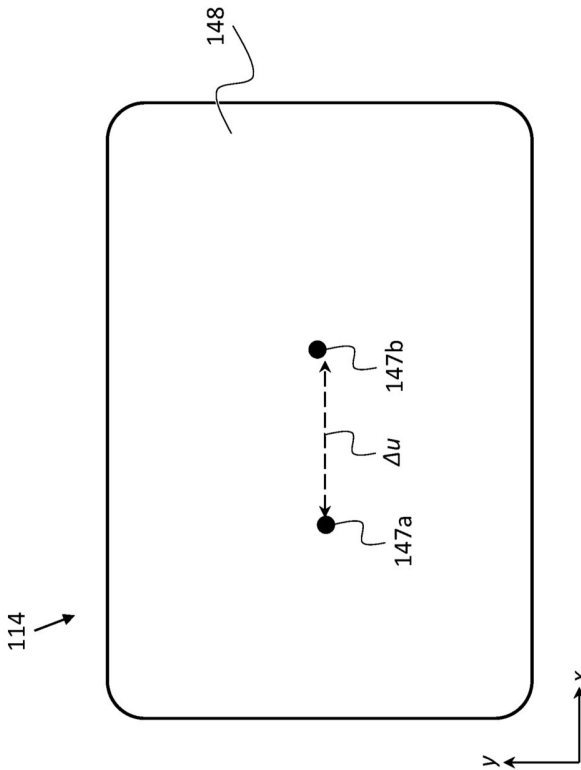
【図面】
【図 1 A】



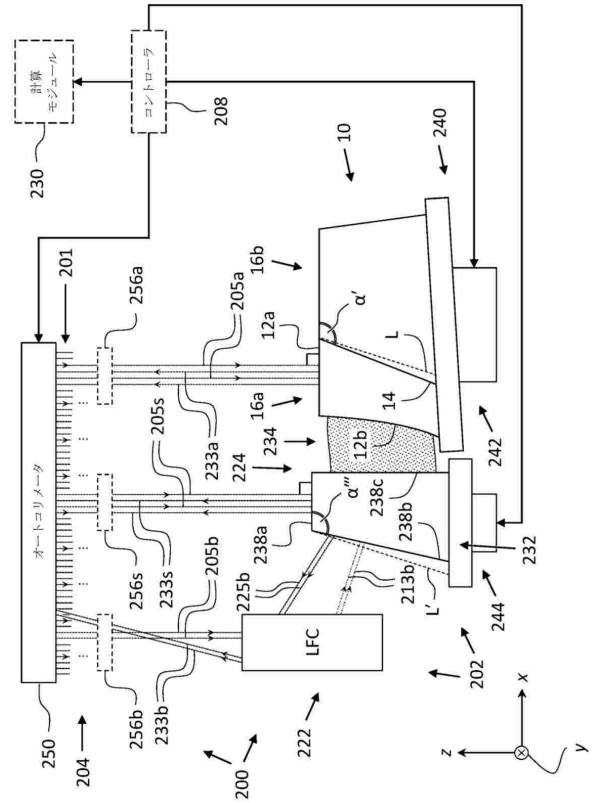
【図 1 B】



【図 1 C】



【図 2】



10

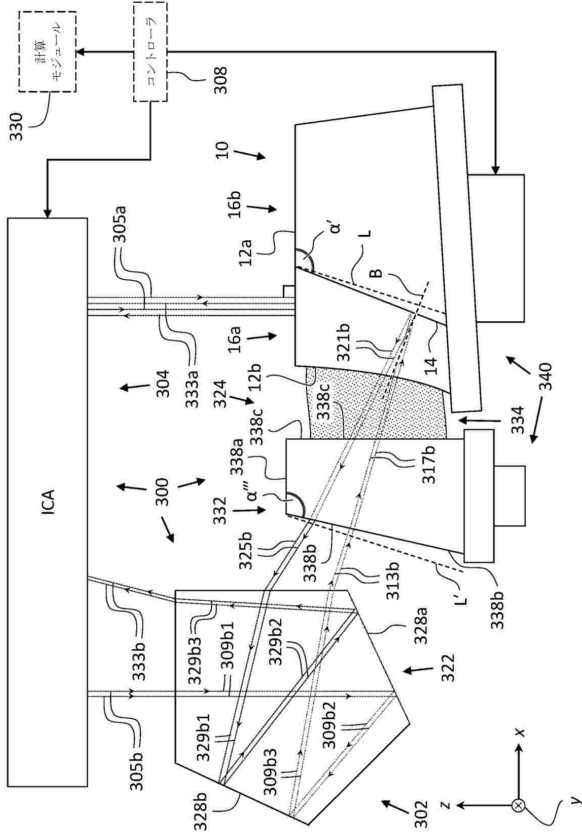
20

30

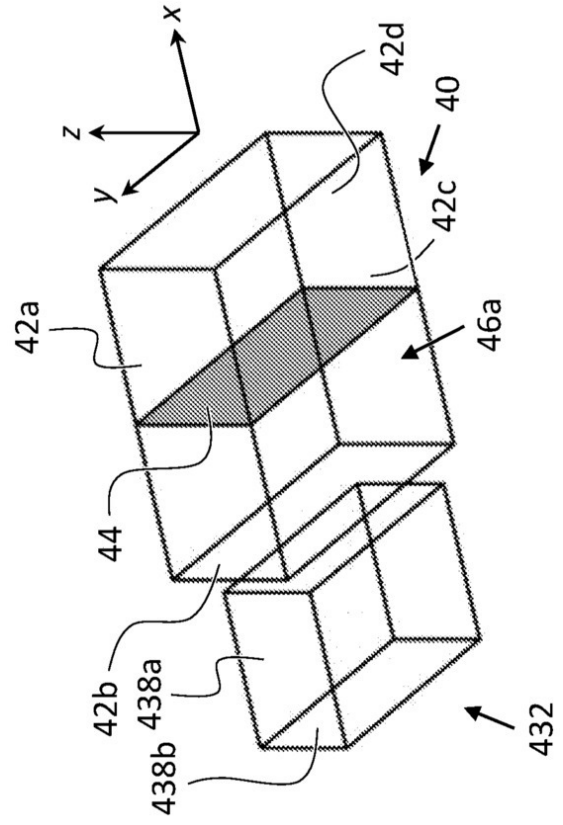
40

50

【図 3】



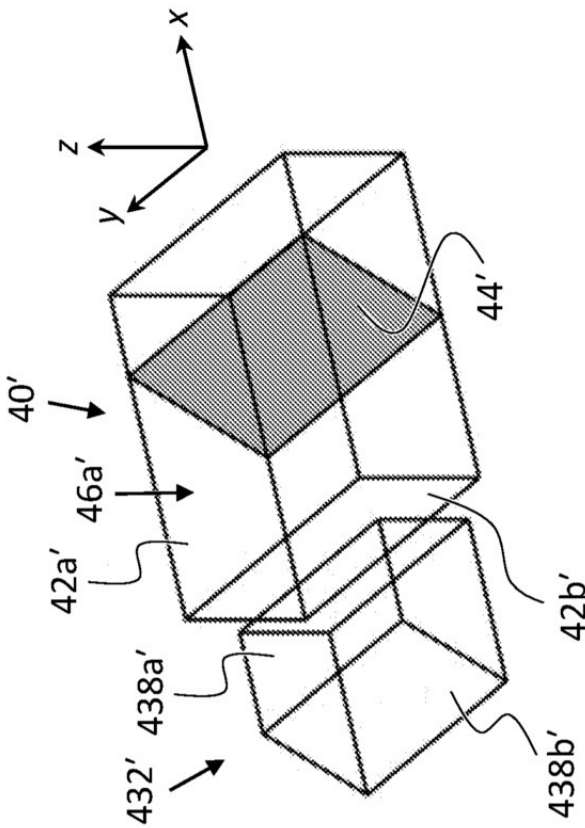
【図 4 A】



10

20

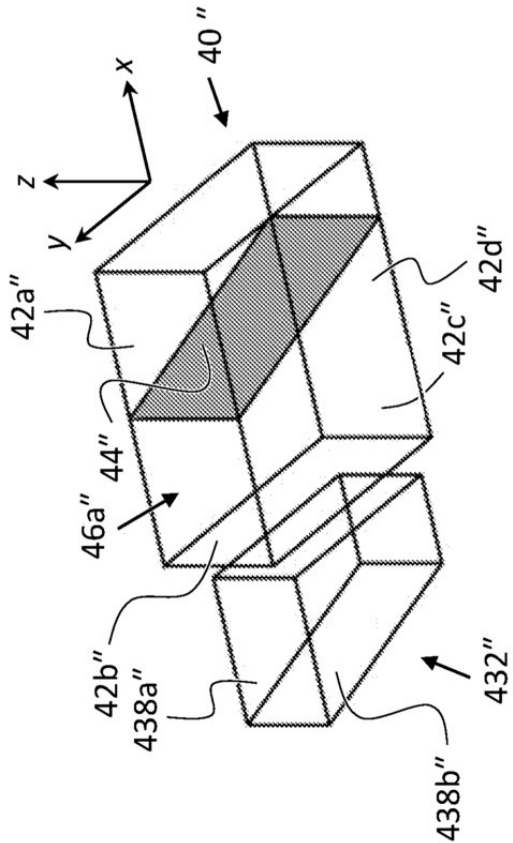
【図 4 B】



30

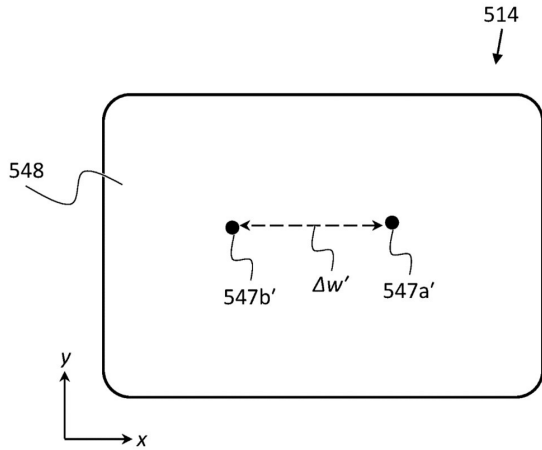
40

【図 4 C】

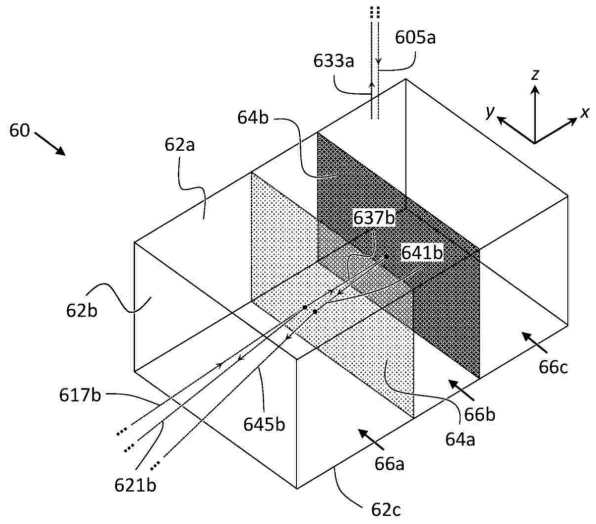


50

【図 5 D】

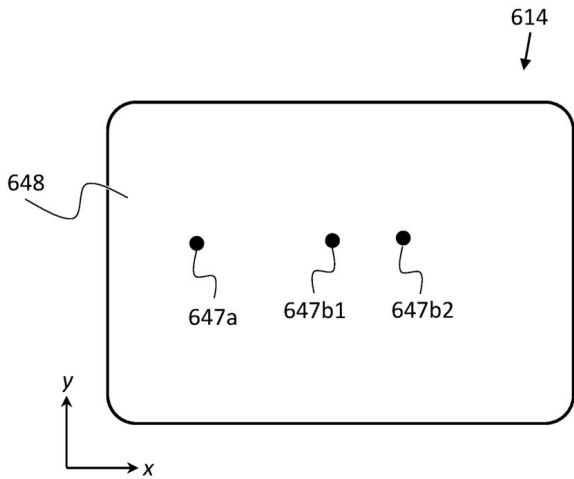


【図 6 A】

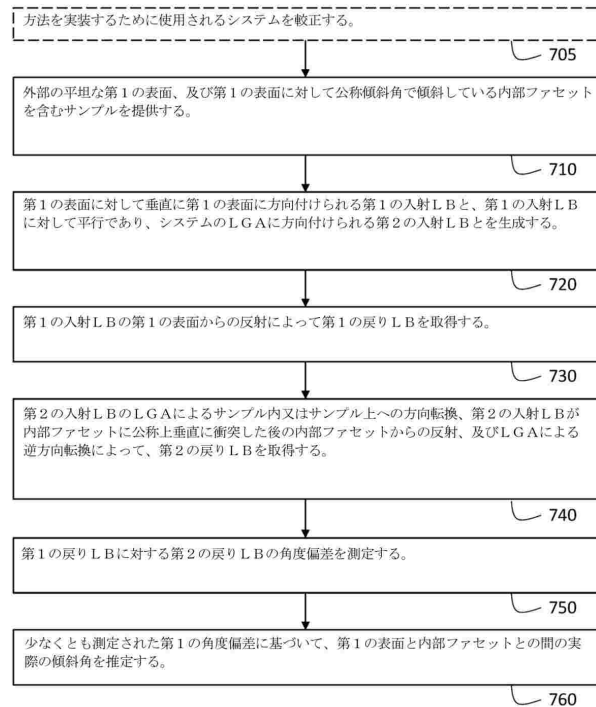


10

【図 6 B】



【図 7】



20

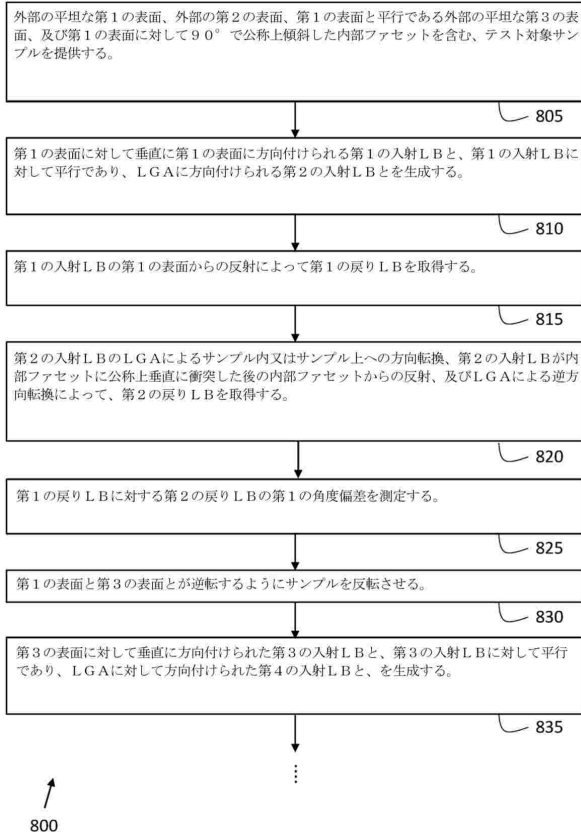
30

700

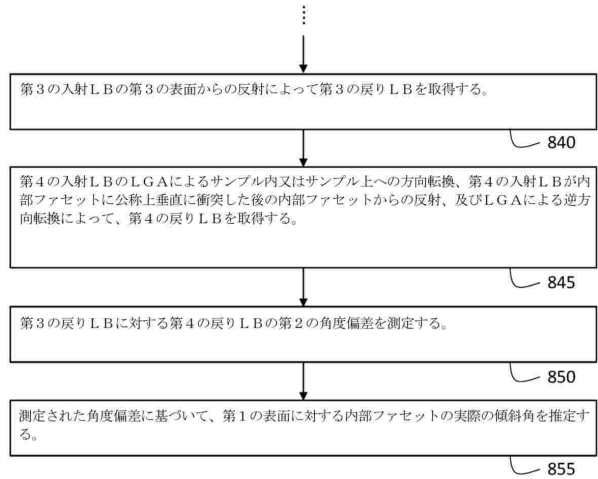
40

50

【図 8 A】



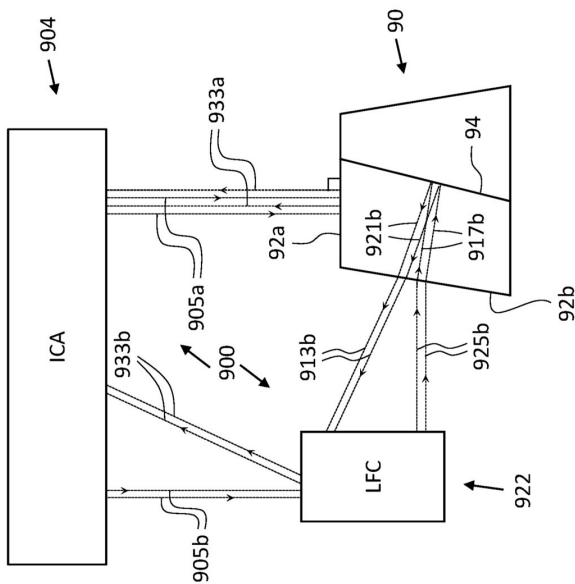
【図 8 B】



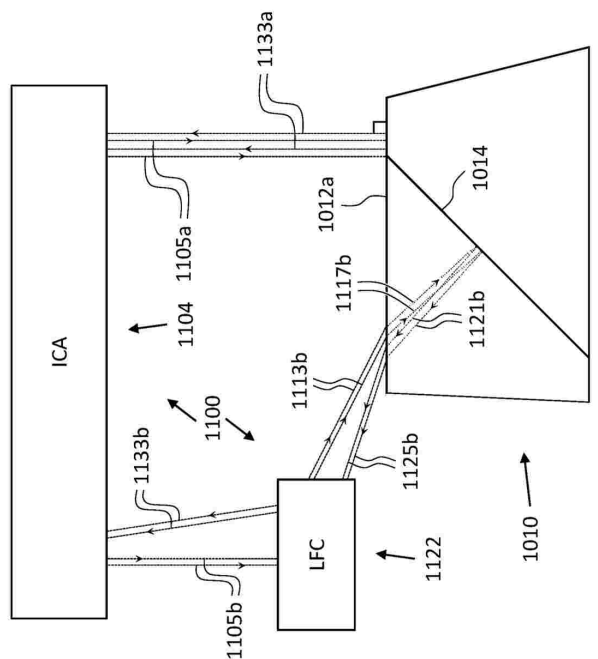
10

20

【図 9】



【図 10】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭61-184438(JP,A)
特開平09-304036(JP,A)
特開2003-065739(JP,A)
米国特許第05220397(US,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- G02B 5/00 - 5/136
G02B 27/00 - 27/64
G01B 11/26 - 11/275