

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-126723

(P2019-126723A)

(43) 公開日 令和1年8月1日(2019.8.1)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 1/06 (2006.01)	A 6 1 B 1/06 6 1 0	4 C 1 6 1
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 7 3 2	

審査請求 有 請求項の数 19 O L 外国語出願 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2019-6525 (P2019-6525) (22) 出願日 平成31年1月18日 (2019.1.18) (31) 優先権主張番号 18153149.2 (32) 優先日 平成30年1月24日 (2018.1.24) (33) 優先権主張国・地域又は機関 欧州特許庁 (EP)	(71) 出願人 503435240 デヒニッシェ・ユニヴェルジテート・ドレスデン ドイツ連邦共和国、01069 ドレスデン、ヘルムホルツストラッセ、10 Helmholtzstrasse 10 , 01069 Dresden, Germany (74) 代理人 100069556 弁理士 江崎 光史 (74) 代理人 100111486 弁理士 鍛冶澤 貴 (74) 代理人 100173521 弁理士 篠原 淳司
---	---

最終頁に続く

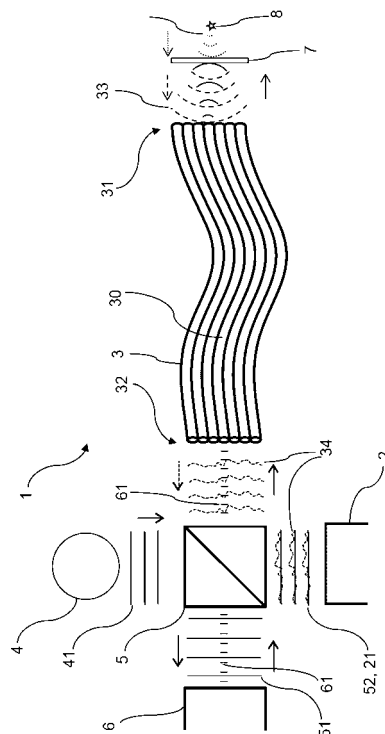
(54) 【発明の名称】 光により物体を照らし検出する、方法及びファイバー光学システム

(57) 【要約】

【課題】光ファイバ束の較正と、光ファイバ束を用いた物体観察とを原位置で行う。

【解決手段】本発明は、特に内視鏡及び顕微鏡への適用のため、ファイバ束(3)の原位置での較正と、乱れを修正した光により物体(9)を照らし検出することとを備える、方法及びファイバ-光学システムに関する。ファイバ束(3)の較正のため、二重位相の歪を測定していた従来技術と比較して、本発明は、ファイバ束による伝送を原因とする光の単一位相の歪を直接決定できるので、ファイバ束(3)のシステム関数を決定できるようになる。システム関数は、物体(9)を照らし検出する際に、光の乱れの修正に用いられる。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光によって物体（ 9 ）を照らし検知する方法が、以下の方法ステップ a ）及び b ）を少なくとも備え、

a ）光ファイバの干渉性束（ 3 ）を較正することであって、方法ステップ a ）は、

i ）光ファイバの干渉性束（ 3 ）の、自由に選択可能な個々のファイバ（ 3 0 ）の少なくとも 1 本を近位から光で照らすことと、

i i ）光ファイバの束（ 3 ）の一領域が反射光によって遠位から照らされるように、光ファイバの束（ 3 ）の遠位断面から離れた位置にある部分反射手段（ 7 ）にて、光を少なくとも部分的に反射することであって、一領域は個々のファイバ（ 3 0 ）の複数を備え、反射光は、照射された個々のファイバ（ 3 0 ）の虚像（ 8 ）から発散される光に相当する、光を少なくとも部分的に反射することと、

i i i ）光ファイバの束の遠位から照らされた領域で伝送されて乱される反射光の空間強度分布と、光ファイバの束の遠位から照らされた領域で伝送されて乱される反射光に参照波がコヒーレントに重ね合わされて生成された干渉パターンの空間強度分布と、の一方を検知することと、

i v ）光ファイバの束（ 3 ）の遠位から照らされた領域で伝送されて乱される反射光の単一位相差 $\Delta \phi$ を少なくとも直接抽出するために、検出データを評価することと、

v ）光ファイバの束（ 3 ）の遠位から照らされた領域の伝送特性を反映するシステム関数を決定することと、

v i ）光ファイバの束（ 3 ）全体の伝送特性を反映するシステム関数を決定するため、下位の方法ステップ i ）から v ）を繰り返すことと、

を、備え、

b ）光の乱れを修正して、光ファイバの束（ 3 ）全体を近位から光で照らし、部分反射手段（ 7 ）の後ろの光路上に配置された物体（ 9 ）を検知することと、

未修正の光で光ファイバの束（ 3 ）全体を近位で照らしてから、光の乱れを修正して、部分反射手段（ 7 ）の後ろの光路上に配置された物体（ 9 ）を検知することと、

の一方を行うことであって、

照明の乱れの修正は、システム関数の逆関数を、照明システムから発せられた光に、個別に作動可能な複数の要素を備える波面変調器（ 6 ）との相互作用によって加えること、において実行され、光ファイバの束（ 3 ）の伝送に続いて、照明システムに発せられた波動場に大部分相当する波動場は、部分反射手段（ 7 ）の後ろの光路上に配置された物体（ 9 ）の近位で照らすことに利用可能であり、

照明の乱れの修正は、システム関数の逆関数を使用して、物体（ 9 ）との相互作用後に光ファイバの束（ 3 ）に伝送されて乱される光の空間強度分布と、光ファイバの束（ 3 ）に伝送されて乱される反射光に参照波をコヒーレントに重ね合わされて生成された干渉パターンの空間強度分布と、の少なくとも一方を数値的に修正することにおいて実行されることを特徴とする、光によって物体を照らし検知する方法。

【請求項 2】

下位の方法ステップ i ）において、光ファイバの束（ 3 ）の個々のファイバ（ 3 0 ）の隣接していない少なくとも 2 本は近位から同時に照らされ、その画像によって下位の方法ステップ i i ）で個々のファイバ（ 3 0 ）の少なくとも 2 つの虚像が生じ、光ファイバの束（ 3 ）の重ならない領域は遠位から照らされることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

下位の方法ステップ i ）において、少なくとも 1 つの第 1 の照明源によって、自由に選択可能な個々のファイバ（ 3 0 ）の少なくとも 1 本を近位から照らし、

方法ステップ b ）において、コヒーレントな光ファイバの束（ 3 ）全体を、光の乱れを修正又は修正せず第 2 の照明源によって近位から照らすことが実行されること、あるいは

下位の方法ステップ i ）の、自由に選択可能な個々のファイバ（ 3 0 ）の少なくとも 1 本

10

20

30

40

50

を近位から照らすことと、方法ステップb)の、光の乱れを修正又は修正せずに光ファイバ(30)の束全体を近位から照らすこととは、正確に一つの照明源(4)で実行され、自由に選択可能な個々のファイバ(30)の少なくとも1本を近位から照らすことを少なくとも目的として、光は、照明源(4)と干渉性光ファイバの束(3)との間の光路上に配置された波面変調器(6)と相互作用することを特徴とする、請求項1又は2に記載の方法。

【請求項4】

部分反射手段(7)は、光の波長に依存して、光ファイバの束(3)の遠位側に、光の大部分を反射するか、光の大部分を透過することを特徴とする、請求項1から3のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項5】

部分反射手段(7)は、光の偏光状態に依存して、光ファイバの束(3)の遠位側に、光の大部分を反射するか、光の大部分を透過することを特徴とする、請求項1から3のいずれか一項に記載の方法。

【請求項6】

検出データを評価することと、光ファイバの束(3)に伝送されて乱される反射光の少なくとも位相情報を抽出こととは、光ファイバの束(3)に伝送されて乱される反射光に基準波を干渉的に重ね合わせて生成された干渉パターン of 空間強度分布のデジタルホログラフィーによって実行されることを特徴とする、請求項1から5のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項7】

検出データを評価することと、光ファイバの束(3)に伝送されて乱される反射光の少なくとも位相情報を空間強度分布から抽出することとは、位相回復法による数値的再構築によって実行されることを特徴とする、請求項1から5のいずれか一項に記載の方法。

【請求項8】

自由に調整可能な光パターンが、光ファイバの束(3)の遠位端に生成されることを特徴とする、請求項1から7のいずれか一項に記載の方法。

【請求項9】

光によって物体(9)を照らし検知するファイバ-光学システム(1)において、光ファイバの干渉性束(3)と、光ファイバの干渉性束(3)を近位から照らす照明システムと、光ファイバの束(3)の遠位断面と、遠位断面から離れたところの物体(9)との間に、照明システムから発せられた光の光路上に配置された光の部分反射手段(7)と、光ファイバの束(3)に伝送されて乱される光の空間強度分布と、光ファイバの束(3)に伝送されて乱される光に参照波をコヒーレントに重ね合わされて生成された干渉パターンの空間強度分布と、の一方を検出する検出手段(2)と、検出された光を評価することと、光ファイバの束(3)に伝送されて乱される光の少なくとも位相情報を決定することとを少なくとも行う信号処理プラットフォームと、を備えて、照明システムは、光ファイバの束(3)を較正するために光ファイバの束(3)の自由に選択可能な個々のファイバ(30)の少なくとも1本を照らし、かつ物体(9)の観察のため光ファイバの束(3)全体を照らすように設計されたことを特徴とする、ファイバ-光学システム(1)。

30

40

【請求項10】

照明システムは、少なくとも1つの照明源(4)と、個々に作動可能な複数の要素を備える波面変調器(6)とを備え、波面変調器(6)は光ファイバの束(3)の近位断面と少なくとも1つの照明源(4)との間の光路上に配置されてあって、波面変調器(6)の複数の要素は、光ファイバの束(3)を較正するために、光ファイバの束(3)の自由に選択可能な個々のファイバ(30)の少なくとも1本が、少なくとも1つの照明源(4)に照らされるように配向可能であることを特徴とする、請求項9に記載のファイバ-光学シ

50

ステム（１）。

【請求項１１】

照明システムは、少なくとも２つの照明源を備え、光ファイバの束（３）の自由に選択可能な個々のファイバ（３０）の少なくとも１本は、光ファイバの束（３）の較正のために少なくとも１つの第１の照明源に照らされ、光ファイバの束（３）全体は、物体（９）の観察のため第２の照明源に照らされることを特徴とする、請求項９に記載のファイバ - 光学システム。

【請求項１２】

個々に作動可能な複数の要素を備える波面変調器（６）は、束（３）の光ファイバの近位断面と、照明システムとの間の光路上に配置されてあって、
光ファイバの束（３）に伝送されて生じた光の乱れの逆数が、波面変調器（６）の複数の要素における反射によって、物体（９）を照らして検出するために照明システムから発せられて乱されていない光に与えられるように、波面変調器（６）の複数の要素が信号処理プラットフォームにより作動可能であることを特徴とする、請求項９から１１のいずれか一項に記載のファイバ - 光学システム（１）。

10

【請求項１３】

調整可能な光パターンが、波面変調器（６）の個々に作動可能な複数の要素によって光ファイバの束（３）の遠位端に生成されることを特徴とする、請求項１２に記載のファイバ - 光学システム（１）。

【請求項１４】

波面変調器（６）が、デジタル局所空間光変調器であることを特徴とする、請求項１２又は１３に記載のファイバ - 光学システム（１）。

20

【請求項１５】

光の部分反射手段（７）が、波長に依存するビームスプリッターとして機能する反射面を備えることを特徴とする、請求項９から１４のいずれか一項に記載のファイバ - 光学システム（１）。

【請求項１６】

光の部分反射手段（７）が、偏光状態に依存するビームスプリッターとして機能する反射面を備えることを特徴とする、請求項９から１４のいずれか一項に記載のファイバ - 光学システム（１）。

30

【請求項１７】

光の部分反射手段（７）が、半透明反射面を備えることを特徴とする、請求項９から１４のいずれか一項に記載のファイバ - 光学システム（１）。

【請求項１８】

検出手段（２）が、ＣＣＤカメラ又はＣＯＭＯＳカメラを備えることを特徴とする、請求項９から１７のいずれか一項に記載のファイバ - 光学システム（１）。

【請求項１９】

信号処理プラットフォームが、ＦＰＧＡ（フィールドプログラマブルゲートアレイ）と、画像処理ユニットとの少なくとも一方を備えることを特徴とする、請求項９から１８のいずれか一項に記載のファイバ - 光学システム（１）。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、特に内視鏡用途及び顕微鏡用途のための、光により物体を照らし検出する方法及びファイバ - 光学システムに関する。本発明は、ファイバ - 光画像導波路（ファイバ束）の原位置での較正と、光の乱れを修正した照明又は検出と、を含む。

【背景技術】

【０００２】

柔軟な内視鏡（軟性鏡）の形態のファイバ - 光学システムは、多数の（１００、０００本となるような）個々の可撓性光ファイバ、例えば、ガラスファイバを備える。ファイバ

50

束の個々のファイバが干渉的に配置されていると、光学的画像伝送が実行可能である。画像情報がロッドレンズシステムを介して伝送される硬性の内視鏡（硬性鏡）と比較した利点は、観察対象へのアクセスが非常に制限されている場合でも、特に極細ファイバ束のコンパクトさ及び柔軟な使用可能性にある。軟性鏡の不利点は、達成可能な画像コントラストが比較的低いことである。これは特に、ファイバ束のビクセレーション、個々のファイバ間のクロストーク、画像のシャープネスの低下（ぼやけ効果）、及び個々のファイバにおける光波誘導のマルチモード性（スペックル効果）に起因する。ファイバ束からの光の上記の乱れによる画質の劣化は、変調伝達関数によって説明可能である。さらに、柔軟なファイバ束は、強度プロファイルの伝送と、レンズを用いたその画像化（近視野技術）とのみ許容されている。個々のファイバの光路長が異なり、未知であるゆえに、透過光の位相情報の直接把握は不可能であり、したがって透過光の遠視野は未知で、具体的に調整不可能である。

10

【0003】

軟性鏡の使用で得る画像の画素間隔を小さくすることは、結像光学系、一般的には、ファイバ束の遠位面を対象物体平面上に結像する、一般的には複数の光学レンズ又はレンズ系といった、結像光学部材を統合することで達成可能である。しかしながら、これは軟性鏡の設置サイズを著しく増大させ、したがって光学的アクセスのための最小寸法が増大される。さらに、結像光学系を統合するためには複雑な構成及び接続技術、並びに複数の調整段階が必要とされる。従来、結像光学系を有するファイバ束は、外側面（矢状面）における二次元測定のみ可能であるという事実から、さらなる不利が生じる。深さ情報を得るためには、例えば、走査方法は、機械的に変位可能な光学素子又は電氣的に調節可能な光学系を用いて、あるいは他の複雑な測定方法（2つのファイバ束を用いた三角測量）を用いて行われなければならない。

20

【0004】

光導波路を通る伝送によって生じた光の乱れ（ゆがみ）を修正する様々な手法が現存する。特許文献1には、光導波路内の偏光依存性の乱れを修正する方法が記載されていて、偏光依存性の乱れの補償関数は光導波路によって計算され、その関数によって最初に歪んだ電気入力信号が計算される。この電気入力信号は、光導波路を介して伝送されるように意図される、対応する歪光入力信号に変換される信号である。補償関数を決定するために、信号対雑音比、偏光依存減衰又はモード分散、ビット誤り率、あるいは信号分散を測定するように構成された検出器が使用される。

30

【0005】

従来技術により公知の補償光学的な方法では、（光）波面センサ及び変調器を使用して位相収差を検出及び均等化可能である。高エネルギーレーザービームのビーム制御のためのこの種の方法は、例えば特許文献2に開示されている。非特許文献1は、「デジタル光学位相共役」といわれる、光学的に不透明な、特に生物学的な媒体の通過による位相歪みの修正に適している開制御ループを備える、補償光学的な一方法を提案している。この方法では、センサとしてCCDカメラが用いられ、アクチュエータとして空間光変調器（SLM）が用いられる。非特許文献1に開示された方法は、SLMの対応する画素上に虚像（仮想イメージ）を生成することをカメラの各画素に要求し、逆もまた同様とされている。結果として、この方法は複雑な校正と非常に高度な調整作業を必要とする。非特許文献2には、遠位端の部分反射器と近位端のSLMを使用して校正可能である、柔軟なマルチモードファイバを含む内視鏡が記載されている。非特許文献2の記載範囲では、そのような内視鏡の校正と内視鏡を用いた測定とを同時に行うことはできない。ここで、用語「近位」及び「遠位」は、ファイバ束に関する位置関係を特徴付け、ファイバ束の近位側は照明源に面する端面であり、ファイバ束の遠位側は面する端面であるとする。

40

【0006】

特許文献3には、ファイバの近位端に配置されたSLMを使用して入射光の相対位相を変更可能な軟性鏡が記載されている。入射光に関してファイバによって生じた位相差は、波面センサ又は干渉計によって決定される。この目的のために、部分反射コーティングが

50

遠位ファイバ端部に施される。結果として、位相差 $\Delta \phi$ は、光がファイバ束を 2 回通過した後に決定され、したがって、測定されるのは単一の位相差ではなく、代わりに $2 \Delta \phi$ 、それぞれ 2π である。二重位相差を測定することの不利点は、この測定が不明確であるということである。例えば、 π についての二重位相差が測定される場合、ファイバ束によって生じた単一位相差は、 $\pi / 2$ 又は $-\pi / 2$ であり得る。真の単一位相差は、複雑な方法を使用しなければ決定できない。

【0007】

特許文献 4 は、上記の不利点について、仮想光源像を用いてマルチモード導波路を遠位方向に照明することを提案している。二重被覆を有し、シングルモードファイバコアを含むマルチモードファイバが検討され、そのファイバの遠位端にホログラフィック写真材料及び点反射生成物体（それによって仮想光源が物体背後に生成される）が配置される。照明の場合には、シングルモードファイバによって転送される（光）波は、写真材料の位置において、仮想光源から発する光と干渉することでこの方法の成果に寄与する。この方法では、仮想光源の位置が固定されていて自由に選択できないことが不利であり、従って実際の焦点に対する位置選択もまた大きく制限される。さらに、特定の光学設計がファイバの遠位端で必要である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献 1】国際公開第 2004/032386 号

【特許文献 2】独国特許第 60223130 号明細書

【特許文献 3】米国特許第 8585587 号明細書

【特許文献 4】米国特許出願公開第 2015/015879 号明細書

【非特許文献】

【0009】

【非特許文献 1】Cui, M. and Yang, C., Implementation of a digital optical phase conjugation system and its application to study the robustness of turbidity suppression by phase conjugation, Optics Express 18, Vol. 4 (2010), page 3444

【非特許文献 2】Gu, R. Y., Mahalati, R. N. and Kahn, J. M., Design of flexible multi-mode fiber endoscope, Optics Express 23, Vol. 21 (2015), page 26905

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明の課題は、それゆえ、照明源から発せられた光において、光ファイバの束を通した伝送によって生じた乱れを修正可能にする、改良された方法と、この方法に関連するファイバ - 光学システムを、提案することである。この提案には、システムの校正のための、複雑な調整工程の繰り返し実行を不要とすることも含まれる。換言すると、光ファイバの束が、光のコヒーレント位相アレイ（「リモートフェイズドアレイ」）として使用可能となることが、意図される。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の課題は、請求項 1 に記載された技術的特徴を有する方法と、請求項 9 に記載された技術的特徴を有するファイバ - 光学システムとによって達成される。本発明の発展的な範囲は、従属請求項に記載される。

【0012】

10

20

30

40

50

本発明による、光を用いて物体を照明し検出する方法は、光ファイバの干渉性（コヒーレントな）束の較正と、物体を、乱れを修正した光で照らすこと又は乱れを修正した光で検出することと、を備える。干渉性光ファイバ束、例えば複数のガラスファイバは好ましくは可撓性（柔軟）である。方法ステップ a）における較正は、ファイバ束のシステム関数を、少なくとも識別し評価するために使用され、ファイバ束の近位端と遠位端との間の転送行列によって表現されてもよい。システム関数は、文献において「伝達関数」としても言及される。方法ステップ b）において、決定された光の乱れは、物体の観察の際には大幅に補償される。乱れは、例えば、光の波面の歪み、又は波動場の変形として視覚化してもよい。物体の観察は、物体を照明することと、物体を検出することとを含むものとする。

10

【0013】

本発明の方法によって、ファイバ束の較正と、光の乱れが補償された光による物体の観察とが、原位置（その場）で有利に実施可能であって、例えば、移動、振動又は温度変化が招くシステム機能における変化が、複雑な手動調整なく即時に把握できる。

【0014】

各場合において束の 2 つのファイバ間の位置関係が束の全長にわたって一定を保っている場合、整えられたファイバ束は、「干渉性」ファイバ束として参照される。以下、ファイバ束に関する位置関係は、「近位」及び「遠位」という用語によってしばしば特徴付けられる。ファイバ束の近位側とは、照明システムに面する端面であり、ファイバ束の遠位側とは、物体に面する端面であるとする。

20

【0015】

本発明の方法は、方法ステップ a）において、ファイバ束を較正する以下の下位の方法ステップを備える。

i）光ファイバの干渉性束の中の少なくとも 1 つの自由に選択可能な個々のファイバを、近位から照らす。

ii）束の光ファイバの遠位端面から離れた位置の部分反射手段において、少なくとも部分的に光を反射する。これにより、2 本以上の個々のファイバを備える光ファイバの束の領域が、反射光によって遠位から照らされる。そして、反射光は、照らされた個々のファイバの虚像から発散する光に相当する光である。

iii）光ファイバの束の遠位で照らされた領域を介して伝送されて乱された反射光の空間強度分布を検出するか、あるいは光ファイバの束の遠位で照らされた領域を介して伝送されて乱された反射波に基準波を干渉的に重ね合わせることで生成される干渉パターンの空間強度分布を検出する。

30

iv）光ファイバの束の遠位で照らされた領域を介して伝送されて乱された反射光の単一位相差 $\Delta\phi$ を、少なくとも直接抽出するために、検出データを評価する。

v）光ファイバの束の遠位で照らされた領域の伝送特性を反映するシステム関数を決定する。

vi）光ファイバ束全体の伝送特性を反映するシステム関数を決定するために方法ステップ i）から v）を繰り返す。

【0016】

40

ファイバ束を較正するために、ファイバ束の個々のファイバを通して導かれた光が、ファイバ束に面していない部分反射手段の面上で、部分反射手段によって反射されるという事実が利用される。すなわち、個々のファイバの虚像（仮想イメージ）がファイバ束の遠位面に生じ、反射光がほぼ点状の仮想光源から出ていると考えることが可能である。仮想光源から、このように（個々のファイバの）遠位の照明が発生し、ファイバ束の遠位から照明されるファイバの数は、仮想光源とファイバ束の遠位端面との間の距離に依存する。ほぼ点状の仮想光源の使用は、天文学のガイド用星印の概念に類似し、以下では、ほぼ点状の仮想光源を「ガイド用星印」として参照することとする。

【0017】

下位方法ステップ iii）において、反射光、すなわち仮想光源によって遠位から照ら

50

されたファイバ束の領域を介して伝送されることで乱される光である、反射光の空間強度分布が検出されるか、あるいは、ファイバ束の遠位から照らされた領域によって伝送されて乱された光に干渉的に重ね合わせることで生成される干渉パターンが検出される。この場合、本発明によれば、ガイド用星印によるファイバの遠位を照らすため、検出されたデータは、二重位相差 $2 \cdot \Delta \phi$ に替えて、純粋にファイバの近位を照らす場合のごとく、単一位相差 $\Delta \phi$ の抽出を可能にする。

【 0 0 1 8 】

原則的に、ファイバ束の単一のファイバを近位から照らすことと、ガイド用星印がファイバ束全体を照らすのに十分に大きい距離で生じるように、部分反射手段をファイバ束の遠位端面から十分に離して配置することが可能である。下位の方法ステップ $v i$) は、光ファイバ束全体の伝送特性を反映するシステム関数が既に下位の方法ステップ i) から v) によって決定されたならば、その後省略可能としてもよい。しかしながら、部分反射手段とファイバ束の遠位端面との間の距離が大きいと、結像誤差が生じ、校正の品質に悪影響を及ぼすおそれがある。本発明の方法は、そのため、部分反射手段とファイバ束の遠位端面との間の距離が、近位から照らされる個々のファイバの周囲のファイバ束の一部のみが遠位から照らされる状態となるように選択されること、となるよう有利に適用される。光ファイバの束全体の伝送特性を反映するシステム関数が決定されるまで、下位の方法ステップ i) から v) を繰り返してもよい。この目的のために、下位の方法ステップ i) において、各ケース（実施例）において、ファイバ束の互いに異なる部分が、近位から照らされる。これにより、ファイバ束の異なる部分が遠位から照らされて、異なる部分のそれぞれが少なくとも一度キャプチャされて、ファイバ束のシステム関数が、それぞれの部分のシステム関数を組み合わせることで計算される。部分反射手段とファイバ束の遠位端面との間の距離は、典型的には約 $100 \mu m$ であってもよい。

【 0 0 1 9 】

複数のガイド用星印を生成することは、良好な焦点品質でより正確な校正の点で有利である。校正にかかる時間を有利に短縮するために、本発明の方法の一実施形態では、光ファイバの束の少なくとも2つの、隣接していない個々のファイバが近位から同時に照らされるように下位の方法ステップ i) が実施される。そして、下位の方法ステップ $i i$) で、個々のファイバの少なくとも2つの虚像が、ファイバ束の、画像が重ならない領域が遠位から照らされることで、得られる。

【 0 0 2 0 】

物体を観察する目的で、本発明の方法は以下の方法ステップ b) を備える。
 b) 光の乱れを修正させて、光により光ファイバの束全体を近位から照らし、部分反射手段の後の光路に配置された物体を検出し、あるいは、光ファイバ束全体を近位から光の乱れを修正せずに照らすことに続いて、部分反射手段の後の光路内に配置された物体を、乱れを修正して検出する。

ここで、照明の乱れ修正は、個々に作動可能な要素を含む波面変調器との相互作用によって、システム関数の逆関数が照明システムによって発せられた光に与えられることによって行われる。ここでは、光ファイバの束の伝送の後、照明システムによる発光にほぼ相当する波動場が、部分反射手段の後の光路に配置された物体の近位照明に、利用可能である。

またここで、検出の乱れ修正は、物体との相互作用に続いて、光ファイバの束によって伝送されて乱された光の空間強度分布、又は、物体との相互作用に続いて、光ファイバの束によって伝送されて乱された光に干渉的に基準波を重ね合わせることで生成された干渉パターンの空間強度分布が、システム関数の逆関数を適用して数値的に修正されることにおいて、行われる。

【 0 0 2 1 】

方法ステップ a) におけるファイバ束の校正の実行後、ファイバ束全体の伝送特性を反映するシステム関数が決定されるこの校正によって、ファイバ束によって物体がファイバ束に照らされる前又は後に、乱れの修正を実行可能である。

【 0 0 2 2 】

このように、ファイバ束を通る光の伝送中に生じる乱れを補償するために、物体は、逆システム関数に従って波面変調器によって予め歪められた波面によって照らされるか、又は、物体での分散後にファイバ束による乱れが数値的に補償されて、予め歪められていない波面を用いて照明が実行される。本発明の意味の範囲内で、「波面変調器」は、光波の位相と、光波の振幅との少なくとも一方に意図的に影響する装置として理解されたい。

【 0 0 2 3 】

本発明の方法の一実施形態では、下位の方法ステップ i) において、少なくとも 1 つの自由に選択可能な個々のファイバが少なくとも 1 つの第 1 の照明源によって近位から照らされ、方法ステップ b) において、光の乱れを修正又は未修正で、干渉性光ファイバ束全体を近位から照らすことは、第 2 の照明源によって実行される。あるいは、下位の方法ステップ i) の自由に選択可能な個々のファイバの少なくとも 1 つを近位から照らすことと、方法ステップ b) の乱れを修正又は未修正で光ファイバ束全体の近位を照らすこととの一方が、正確に一つの照明源を用いて実行される。ここで、自由に選択可能な個々のファイバの少なくとも 1 つを近位から照らすことを少なくとも目的とし、光は、照明源と光ファイバの干渉性束との間の光路に配置された波面変調器と相互作用するものとする。この場合、波面変調器の個々に作動可能な要素は、照明源の光の主要部分がファイバ束に当たらず、替わりに個々のファイバの少なくとも 1 つを照らすために使用される部分のみが当たるように、配向される。上記実施形態によれば、隣接していない複数の個々のファイバを同時に照明することも、有利に可能である。

【 0 0 2 4 】

方法ステップ a) 及び方法ステップ b) におけるシステム関数は少なくとも実質的に同一であるべきなので、ファイバ束の較正の実行頻度は、ファイバ束により生じる光の乱れの特徴的なタイムスケールによって一般的には決定される。この場合、方法ステップ a) 及び方法ステップ b) は任意の所望のシーケンスで実施可能である。例えば、a) - b) - a) - b) 又は a) - b) - b) - b) - a) - b) - b) - b) といったシーケンスである。本発明の実施形態は、特に、検出の光の乱れの修正が数値的に実行されるならば、方法ステップ a) と方法ステップ b) を同時に実行するのにも、適している。

【 0 0 2 5 】

本発明の方法の一実施形態によれば、光は、その波長に応じて、光ファイバの束の遠位側で大部分が反射されるか又は大部分が伝送される。この設計により、有利には、ファイバ束を較正することと、ファイバ束の遠位端で大きく反射される 1 つの波長の光によって物体を観察することとが、同時に可能になる。ファイバ束の遠位端で大部分が反射される波長の光は較正のために使用され、物体を観察するために使用される。この手順により、波長に基づいて、検出された信号をその光路に関してきれいに分離することが、可能となる。

【 0 0 2 6 】

本発明の方法のさらなる実施形態によれば、光は、その偏光状態に応じて、光ファイバの束の遠位側で大部分反射されるか又は大部分伝送される。この設計は、有利には、ファイバ束を較正することと、物体をファイバ束によって観察することとを、同時に可能にする。ファイバ束の遠位端で大部分反射される、1 つの偏光状態の光は、較正のために使用され、ファイバ束の遠位端で大部分伝送される別の偏光状態の光は物体を観察するために使用される。この手順により、偏光状態に基づいて、検出された (光) の信号をその光路に関してきれいに分離することが、可能となる。

【 0 0 2 7 】

本発明による方法のさらなる実施形態は、検出されたデータの評価と、ファイバ束の遠位から照らされた領域によって伝送されて乱された反射光の少なくとも位相情報の抽出とが、デジタルホログラフィーによって実行されることを、特徴とする。この場合、乱された反射光に干渉的に基準波を重ね合わせて得られる干渉パターンの空間強度分布が、検出され評価される。基準波は、特に好ましくは、照明システムによって発せられた光のビー

ム分割によって生成される。デジタルホログラフィーにより、速やかにかつ複雑な反復（イテレーション）なしに位相情報を決定できる可能性を提供する点は有利である。乱れの修正の周波数は、アセンブリにより、例えば波面変調器の要素が調整され得る周波数によって、実質的に制限される。

【0028】

本発明の方法のさらなる実施形態では、検出されたデータの評価と、検出された強度分布から、ファイバ束の遠位から照らされた領域によって伝送されて乱された反射光の少なくとも位相情報の抽出とは、位相回復法を用いた数値的再構成によって実行される。例えば、強度分布が検出されるようにするという目的のために、光路に沿った少なくとも2つの異なる点での強度分布の検出を要するとして、（光の）強度輸送方程式が評価されるようにしてもよい。

10

【0029】

さらなる実施形態では、本発明の方法は、特に複数の焦点も含む、広い変数範囲にわたって自由に調整可能な光パターンがファイバ束の遠位側に生成されるということにおいて、拡張される。この目的のために、近位波面変調器の個々に作動可能な要素は適宜作動される。照明の光の乱れの補償が、それによって同時に実行可能である。波面変調器を使用して焦点合わせが可能となるため、観察対象に関する深さ情報を有利に得られる。走査を実行してもよく、この方法は、例えば、光ピンセットや放射線療法のため、アクチュエータのような光の適用に用いてもよい。

20

【0030】

上記の方法に加えて、本発明は、その方法に関連するファイバ - 光学システムにも関係する。

【0031】

光によって物体を照明し検出するための本発明によるファイバ - 光学システムは、光ファイバ、例えばガラスファイバである、光ファイバの干渉性束が照らされる照明システムを備え、ファイバ束は好ましくは可撓性（柔軟）である。

【0032】

照明システムによって発せられた光を部分的に反射させる手段は、複数の遠位断面（ファセット）、すなわち、物体に面しかつ照明システムから離れた、ファイバ束の複数のファイバの端面と観察される物体との間の光路に、配置される。部分反射手段は、遠位断面から離れている、すなわち遠位断面に直接隣り合っていない（例えば、その上に堆積されていない）。

30

【0033】

さらに、本発明によるファイバ - 光学システムは、ファイバ束によって伝送されて乱される光の空間強度分布を検出するため、あるいは、ファイバ束によって伝送されて乱される光に干渉的に基準波を重ね合わせて生成される干渉パターンを検出する手段を備えてもよい。光の乱れは、例えば光の波面の歪みとして、又は波動面の変形として、視覚化してもよい。

【0034】

さらに、本発明のファイバ - 光学システムは、検出されたデータを少なくとも評価し、ファイバ束によって伝送されて乱される光の少なくとも位相情報を決定する、信号処理プラットフォームを備えてもよい。

40

【0035】

これまでに記載された構成要素に加えて、本発明のシステムはまた、好都合な方法で配置されたさらなる光学構成要素、特にビームスプリッターを備えてもよい。

【0036】

本発明によれば、照明システムは、ファイバ - 光学システムを較正するために、光ファイバの束の中の、自由に選択可能な個々のファイバの少なくとも1つを照らし、物体を検出するために光ファイバの束全体を照らすように設計されてもよい。この場合、ファイバ - 光学システムの較正は、少なくとも、ファイバ束のシステム関数を識別し評価するこ

50

とを備え、この評価は、ファイバ束の近位端と遠位端との間の、特に、転送行列によって示してもよい。

【0037】

本発明のファイバ - 光学システムによって、システム較正と、物体の検出及び観察との両方が、原位置（その場）で即時に実行可能であり、ここで、例えば移動、振動、又は温度変化に起因するシステム関数における変化が、複雑な手動調整なしで瞬時に特定可能である。

【0038】

本発明の方法の説明で既に述べたように本発明により解決策は、ファイバ - 光学システムを較正し、物体の観察時の光の乱れを修正するため、システム関数を使い、よってシステム関数が決定されることにおいて、照明システムによって発せられた光が（ファイバ束を）通過するときの単一位相差 $\Delta\phi$ を直接測定することに、実質的に基づいている。本発明では、システム関数の逆関数がファイバ束全体の近位照明に適用されるか、あるいは、物体を特徴付ける測定データの数値修正にシステム関数の逆関数が使用される。

【0039】

本発明のファイバ - 光学システムは、画像形成に有利に用いることができ、このシステムでは、横方向（矢状面）の解像度がもはやファイバ束の画素間隔（通常 $> 3 \cdot 3 \mu\text{m}$ ）によって制限されず、この替わりに、導光ファイバコアの開口数によってのみ制限される。この場合、ファイバコアの直径に応じて、 $1 \mu\text{m}$ 未満の横方向分解能が達成可能である。

【0040】

本発明のファイバ - 光学システムは、ファイバ束の近位側にのみ器具を備えるのが好ましい。ファイバ束の遠位端に能動的又は拡大光学素子は必要とされない。したがって、本発明によって超薄型内視鏡の製造が有利に可能であり、その遠位側の内視鏡の直径は実質的にファイバ束の直径によって決まる。

【0041】

本発明のファイバ - 光学システムの一実施形態では、照明システムは、少なくとも1つの照明源と、複数の個別に作動可能な要素を含む波面変調器とを備える。波面変調器は、光ファイバの束の近位断面（ファセット）と、少なくとも1つの照明源との間の光路に配列される。ファイバ - 光学システムの較正のため、光ファイバの束のうちの少なくとも1つの自由に選択可能な個々のファイバが、少なくとも1つの照明源によって近位から照らされるように、波面変調器の要素を配向してもよい。個々のファイバの少なくとも1つを照らするのに必要とされない照明光の部分は、ファイバ束に当たらないように波面変調器によって偏向される。本発明の意味の範囲内で、「個々のファイバの少なくとも1つ」との記載は、ファイバ束の、隣接していない個々のファイバの複数、較正の目的で同時に又は連続して近位から照射されることも可能であるとする。これは、個々のファイバの1本のファイバの周囲の領域が複数のファイバを備え、この領域が、較正中にその1本のファイバと同時に近位から照らされることを意味するのではない。有利には、特に簡単に、個々のファイバの複数について、同時又は時間的に連続した照明による較正のため、波面変調器の異なる要素を作動させることによって、上記の照明システムを使用してもよい。

【0042】

本発明のシステムのさらなる実施形態によれば、照明システムはまた、少なくとも2つの照明源を備えてもよく、ファイバ - 光学システムの較正のため、ファイバ束の自由に選択可能な個々のファイバの少なくとも1本は、少なくとも1つの照明源によって照明され、物体を検出するため、第2の照明源によって光ファイバの束の全てが照明されるようにしてもよい。この実施形態では、較正に使用される照明源の全体的強度を有利に利用可能である。

【0043】

例えば、レーザを照明源として用いてもよい。

【0044】

10

20

30

40

50

本発明のファイバ - 光学システムのさらなる実施形態では、複数の個別に作動可能な要素を備える波面変調器が、ファイバ束の光ファイバの近位端面と照明システムとの間の光路に配置される。波面変調器の要素における反射によって、物体を照らすため照明システムによって放射され乱されていない光に、光ファイバの束による伝送によって生じる乱れの逆のもの（反転したもの）が与えられるように、信号処理プラットフォームによって波面変調器が作動可能とされている。

【 0 0 4 5 】

本発明のファイバ - 光学システムのこの実施形態の一変形例によれば、任意の光パターン、すなわち空間強度と、位相と、偏光状態分布との少なくとも一つが広い変数範囲にわたって自由に調整可能な光パターンが、波面変調器の個々に作動可能な要素によって光ファイバの束の遠位側に生成される。特に、光パターンは複数の焦点を持つものであってもよい。これにより、有利には、ファイバ - 光学システムを使用して走査が実行可能となり、観察される物体に関する深さ情報を取得するため、例えば、光ピンセットや放射線療法のために、ファイバ - 光学システムをアクチュエータとしての使用することが可能となる。

10

【 0 0 4 6 】

本発明によるファイバ - 光学システムのこの実施形態のさらなる変形例によれば、波面変調器はデジタル局所空間光変調器である。局所空間光変調器は、一般に、L C o S と、L C D セルと、マイクロミラーとのいずれかが半導体チップに配置された部品と、特定用途向け集積回路とを備え、それらセル又はミラーは、個別に作動可能であり、傾斜と下降との少なくとも一方が可能である。この（変形例）の場合、空間光変調器は、ファイバ束のファイバにつき少なくとも1つの要素、すなわち1つのマイクロミラーを備える。ファイバ当たり約100要素の比率が、一般的である。システム機能の変化に即時対応可能であるように、個々のマイクロミラーの傾斜又は下降を非常に速やかに変更できることは有利である。

20

【 0 0 4 7 】

本発明によるファイバ - 光学システムの複数の実施形態は、照明システムによって発せられた光を部分的に反射する手段は反射面を備え、反射面の反射率が波長の関数又は偏光状態の関数であること、あるいは、反射面は半透明であることを特徴とする。

【 0 0 4 8 】

本発明のファイバ - 光学システムの一実施形態では、照明システムによって発せられた光を部分的に反射するための手段は反射面を含み、その反射率は、反射面が波長選択性ビームスプリッターとして機能するような光の波長の関数である。本発明の意味の範囲内で、波長選択性反射面は、特定の波長又は波長範囲のかなりの部分の光を反射することと、別の特定の波長又は別の波長範囲のかなりの部分の光を透過することとのために使用される。このように機能する、特に多層の反射面は、「二色性フィルタ」とも参照される。この実施形態の利点は、特に、2つの異なる波長の光、特に小さな波長差を有する光を使用するとき、フィルタの端部より、一方の波長はわずかに小さいとして選択され、他方の波長がわずかに大きいとして選択されて、ファイバ - 光学システムの較正と、乱れが修正された光での物体観察とが、同時に（波長分割多重化と同様の方法で）実行可能であることである。結果として、物体は、大部分が透過される少なくとも1つの波長の光を用いて照らされて測定され、同時に大部分が反射される少なくとも1つの波長の光を用いてファイバ - 光学システムが較正される。異なる波長間のスペックルの無相関化の場合でも、既知の分散関係によって修正を実行可能である。

30

40

【 0 0 4 9 】

本発明のファイバ - 光学システムの一実施形態では、照明システムによって発せられた光を部分的に反射する手段は反射面を含み、その反射率は光の偏光状態の関数である。反射面は偏光状態依存ビームスプリッター（偏光ビームスプリッターとも参照される）として機能し、光の偏光状態（例えば右円偏光）は大部分反射され、他の偏光状態（例えば左円偏光）は大部分透過される。結果として、物体は、大部分が透過される偏光状態の光を

50

用いて照らされて測定され、同時に大部分が反射される偏光状態の光を用いてファイバ - 光学システムが校正される。記載された好ましい実施形態の場合では、ファイバ - 光学システムの校正と、乱れが修正された光での物体の観察とが同時に実行可能であることが有利である。そのための前提条件は、ファイバ束のファイバは偏光を維持するものであることである。例えば、フォトリソニック結晶ファイバを備えるファイバ束を、使用してもよい。

【0050】

本発明のファイバ - 光学システムの一実施形態では、照明システムによって発せられた光を部分的に反射するための手段は半透明鏡を含み、「半透明」な特性とは、光の反射される部分と透過される部分とが等しくない鏡のさまざまな構成も含むものとする。光は、好ましくは、半透明鏡によって大部分が透過される。特に好ましくは、1桁のパーセント範囲内の光強度の一部が半透明鏡によって反射されてファイバ - 光学システムを校正するために使用され、残りの部分は透過されて物体の観察に使用される。本実施形態では、光信号の通過時間に応じて、校正に用いる部分と、乱れを修正した光での物体の観察に用いる部分とを分離可能である。

10

【0051】

光を部分的に反射させる手段は、ファイバ束の遠位断面（ファセット）から離されてある。特に、例えば上述の複数の実施形態では、部分反射手段は、ファイバ束の遠位断面上に直接かつ直ちに堆積されていないものである。遠位断面からの距離は、例えばガラススプレーヤーによって確保してもよく、スプレーヤーの遠位端に反射面が適用される。同様の効果は、屈折率を高めるためにコアがGeドープされた、ファイバ束の複数のシリカガラスファイバによって得られ、ファイバの遠位端には、反射面が堆積されたドープされていない領域を備える。ドープされていない領域の軸方向の延長範囲は、ファイバ束の遠位断面と光の部分反射手段との間の距離を、特定する。

20

【0052】

本発明による、ファイバ - 光学システムのさらなる実施形態において、検出手段はCCDカメラ又はCMOSカメラを備えてもよい。この場合、使用されるカメラは、ファイバ束の1ファイバにつき少なくとも1つの画素を備えるものとする。一般的には、ファイバ当たり10画素から100画素の割合である。

【0053】

本発明のファイバ - 光学システムのさらなる実施形態では、信号処理プラットフォームは、FPGA（フィールドプログラマブルゲートアレイ）と、画像処理ユニット（特にGPGPU＝画像処理ユニット上での汎用コンピューティングを使用）との少なくとも一方を備える。デジタル制御システムのこれらの構成要素は、処理の待ち時間が短いことが有利な特徴である。

30

【0054】

本発明により説明されるシステムの特徴及び詳細は、いうまでもなく、本発明による方法に関係して当てはまるものでもあり、逆もまたしかりである。

【0055】

本発明は、例えば、物体の結像を目的としたファイバ - 光学システムに使用可能である。このシステムとして、内視鏡又は顕微鏡を例示する。しかしながら、本発明はまた、例えば、レーザ誘導手術、細胞刺激、又は光遺伝学シミュレーションが意図されているファイバ - 光学システムにも使用可能である。付加製造への応用も可能である。もちろん、このリストは、本発明の多くの可能な用途のうちを部分的に再現しているだけである。

40

【0056】

本発明は、図示し説明した実施形態に限定されるものではなく、本発明の意味の範囲内で同様に機能する全ての実施形態を含む。本発明を実施するために、本発明による上記の変形例及び実施形態と、特許請求の範囲の技術的特徴とを、互いに組み合わせることもまた適宜好都合である。本発明は、具体的に説明した特徴の組み合わせに限定されないが、個々の特徴が相互に排他的ではないこと、又は個々の特徴の特定の組み合わせが明示的に排除されないことを前提に、全体として開示された全ての個々の特徴の特定の特徴の他の

50

あらゆる可能な組み合わせによっても具体化可能であるとする。

【 0 0 5 7 】

本発明は、複数の実施態様を参照して、説明されるが、それら実施態様に限定されないことを理解されたい。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 8 】

【 図 1 】ファイバ束のシステム関数を決定する概略図であり、検出部がファイバ束の近位に配置されている。

【 図 2 】物体を照らす前、ファイバ束のシステム関数を補償する概略図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 5 9 】

図 1 は、可撓性ファイバ束 3 の近位側 3 2 に検出器 2 を含むファイバ - 光学システム 1 の概略図を示している。この図は、システム関数の初期測定の状態での較正を示すことを意図している。この実施形態では、ファイバ束 3 によって伝送されることによって歪みを受ける光の位相情報は、デジタルホログラフィーによって決定される。

【 0 0 6 0 】

照明システムは、照明源 4 と空間光変調器 6 とを備える。複数の平らな波面 4 1 によって表される照明源 4 によって放出された光は、ビームスプリッター 5 において、空間光変調器 6 に向かって反射される部分（フラクション）5 1 と第 2 の部分 5 2 とに分割される。第 2 の部分 5 2 はビームスプリッター 5 によって検出器 2 に直接伝送され、ホログラフ

【 0 0 6 1 】

空間光変調器 6 の個々の要素は、照明光の部分 5 1 のうち、部分 6 1 のみが平らな波の形態でファイバ束 3 に向かって反射されるように傾けられ、それによって正確に 1 つの個々のファイバ 3 0 が近位から照らされる。遠位側 3 1 では、基本波 3 3 の開始点として個々のファイバ 3 0 を解釈してもよく、基本波 3 3 とは、ほぼ点状の個々のファイバ 3 0 を出て、半透明鏡 7 により部分反射されて、少なくとも部分的にファイバ束 3 0 に向かう波である。これは、光学的には、半透明鏡 7 の後に生じる、虚像（仮想イメージ）であるガイド用星印 8 によって遠位側 3 1 から、ほぼ点状の個々のファイバ 3 0 からなるファイバ束を照らすことに相当する。最終的には、したがって、個々のファイバ 3 0 の周りのファイバ束 3 の少なくとも一領域は、基本波 3 3 によって遠位から照らされる。遠位からこのように照明されるファイバ束 3 の領域のサイズは、個々のファイバ 3 0 の遠位断面（ファセット）と、半透明鏡 7 との距離によって決まる。図 1 は、ファイバ束 3 全体が遠位から照らされる一実施形態を示す。

【 0 0 6 2 】

ファイバ束 3 によって伝送されることによって単一位相差 $\Delta \phi$ で乱された波面 3 4 は、近位端 3 2 からファイバ束 3 を離れる。それら波面は、例えば CCD カメラであってもよい検出部 2 上で反射される。ビームスプリッター 5 によって少なくとも部分的に分割され、基準波 2 1 が波面上に重ね合わされ、干渉パターンを検出部 2 が記録する。この干渉パターンの記録としては、信号処理プラットフォーム（図示せず）のデジタル評価を用いて、乱された波 3 4 の位相情報が直接ホログラフィックに抽出されるようにしてもよい。ファイバ束 3 の伝送特性を表すシステム関数は、このようにして伝達行列の形で決定されてもよい。

【 0 0 6 3 】

図 2 は、物体 9 を照明する前に、空間光変調器 6 によってファイバ束 3 の伝送特性を表すシステム関数を補償することについての概略図である。本発明により、各ケース（実施例）で、信号処理プラットフォーム（図示せず）によるシステム関数の測定及び評価は、システム関数の補償の前に行われる。ファイバ束 3 を較正するための実施形態は、図 1 に記載されている。信号処理プラットフォームは、測定されたシステム関数を逆に（反転）し、空間光変調器 6 の個々の要素を調整する。これにより、空間光変調器 6 での反射によ

10

20

30

40

50

って照明源 4 によって発せられた光に、ファイバ束 3 によって引き起こされる位相歪み（光の乱れ）の逆位相（反転したもの）が重ね合わされる。光は、この場合も同様に平面波 4 1 によって表され、ビームスプリッター 5 によって空間光変調器 6 上で少なくとも部分的に反射される。空間光変調器 6 での反射後、波面 6 2 は歪を有しているが、この歪は、後続の伝送中にファイバ束 3 によって補償される。平らな、乱れ（歪）が修正された波 3 5 が、ファイバ束の遠位端 3 1 から出る。物体 9 の前方に配置されている部分反射のための手段は、明瞭さのために図示されない。

【 0 0 6 4 】

空間光変調器 6 の個々の要素は、ファイバ束 3 に起因して平らな波 5 1 が受ける位相歪みが補償されるように配置してもよい。加えて、空間光変調器 6 の個々の要素の配置は、光がファイバ束 3 の遠位に出るときに、光の集束が 1 つ又は複数の焦点（図示せず）で生じるようにする。平らな波 5 1 が空間光変調器 6 で反射されると、逆システム関数がその上加えられ、集束が起こる。次いで、予め変形され集束された波面（図示せず）がファイバ束 3 内に導かれ、そこで集束が維持されながら位相歪みが補償される。集束され、乱れが修正されて歪んでいない波は、ファイバ束 3 の遠位に出る。

10

【 符号の説明 】

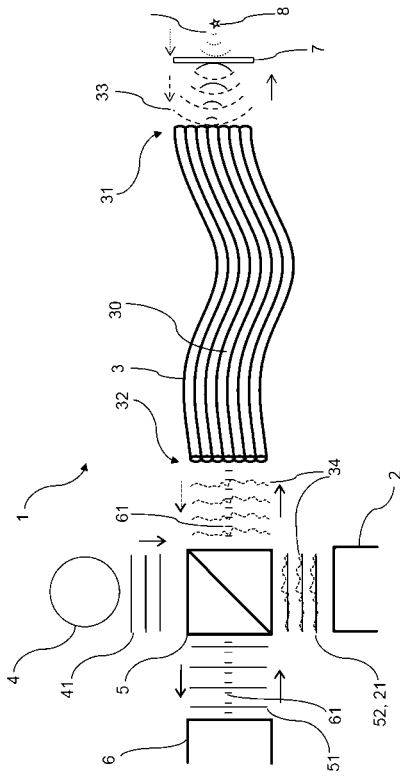
【 0 0 6 5 】

- 1 ファイバ - 光学システム
- 2 検出部
- 2 1 基準波
- 3 ファイバ束
- 3 0 個々のファイバ
- 3 1 ファイバ束の遠位側
- 3 2 ファイバ束の近位側
- 3 3 ファイバ束の遠位から照らす波
- 3 4 近位端にて出現した、ファイバ束によって歪んだ波
- 3 5 光の乱れが修正された波
- 4 照明源
- 4 1 照明源から発せられた平らな波
- 5 ビームスプリッター
- 5 1 空間光変調器に向かってビームスプリッターによって反射された波
- 5 2 ビームスプリッターによって伝送される波
- 6 空間光変調器
- 6 1 空間光変調器によって反射され、個々のファイバを照らす波
- 6 2 空間光変調器に反射された、予め歪められた波
- 7 半透明鏡
- 8 ガイド用星印

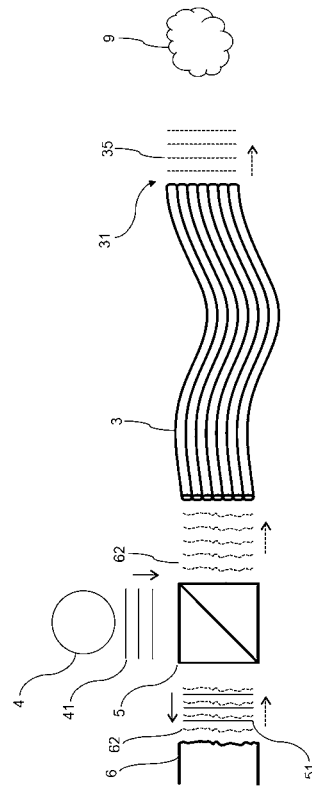
20

30

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(74)代理人 100191835

弁理士 中村 真介

(72)発明者 ユルゲン・チャルスケ

ドイツ連邦共和国、0 1 2 1 7 ドレスデン、カスパーダーヴィト - フリードリヒ - ストラーセ
、 2 3

(72)発明者 ローベルト・クシュミアツ

ドイツ連邦共和国、0 1 0 9 9 ドレスデン、タンネンストラーセ、1 8

F ターム(参考) 4C161 CC07 DD03 FF46 LL03 RR13

【外国語明細書】
2019126723000001.pdf

专利名称(译)	照明和检测物体的方法和光纤系统		
公开(公告)号	JP2019126723A	公开(公告)日	2019-08-01
申请号	JP2019006525	申请日	2019-01-18
[标]申请(专利权)人(译)	德累斯顿工业大学		
申请(专利权)人(译)	Tehinisshe海胆韦利济泰特德累斯顿		
发明人	ユルゲン・チャルスケ ローベルト・クシュミアツ		
IPC分类号	A61B1/06 A61B1/00		
CPC分类号	A61B1/00057 A61B1/00167 A61B1/00172 A61B1/07 G02B6/0006 G02B6/0008 G02B6/06 G02B23/2469 G02B23/26 G01S7/4818 G01S7/497 G01S17/04 G02B6/04		
FI分类号	A61B1/06.610 A61B1/00.732 A61B1/07.731 A61B1/07.732 A61B1/07.733		
F-TERM分类号	4C161/CC07 4C161/DD03 4C161/FF46 4C161/LL03 4C161/RR13		
代理人(译)	中村，伸介		
优先权	2018153149 2018-01-24 EP		
其他公开文献	JP6651032B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

用于对光纤束进行原位校准并使用该光纤束进行物体观察。解决方案：本发明涉及一种方法和光纤系统，其包括就地校准光纤束（3）并照明和检测物体（9）具有干扰校正光，特别是用于内窥镜和显微应用。为了校准纤维束（3），与之相反，本发明使得可以直接确定由纤维束的传输引起的光的单相畸变，从而确定纤维束（3）的系统功能。测量双相失真的现有技术。系统功能用于照亮或检测物体（9）时对光线的干扰进行校正。

