

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年10月5日(05.10.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/169732 A1

- (51) 国際特許分類:
G01C 3/06 (2006.01) G01N 21/27 (2006.01)
G01N 21/17 (2006.01) G01N 21/49 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/010149
- (22) 国際出願日: 2017年3月14日(14.03.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-064725 2016年3月28日(28.03.2016) JP
- (71) 出願人: オリンパス株式会社(OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 村上 峰雪(MURAKAMI, Miyuki); 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 補正された請求の範囲及び説明書 (条約第19条(1))

(54) Title: MEASUREMENT DEVICE AND MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称: 計測装置及び計測方法

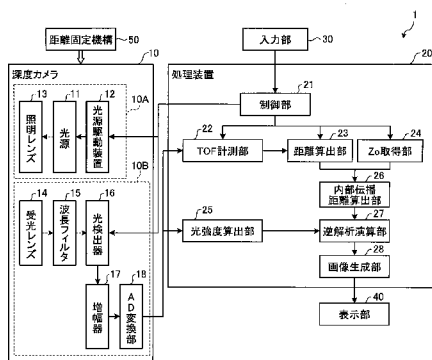


FIG. 1:
10 Depth camera
11 Light source
12 Light source driving device
13 Illumination lens
14 Light receiving lens
15 Wavelength filter
16 Light detector
17 AD converter
18 AD converter
20 Processing unit
21 Control unit
22 TOF measurement unit
23 Distance calculation unit
24 Zo acquiring unit
25 Light intensity calculation unit
26 Internal propagation distance calculation unit
27 Inverse analysis calculation unit
28 Image generating unit
30 Input unit
40 Display unit
50 Distance fixing mechanism

(57) Abstract: The measurement device according to the present invention is provided with: a light source unit for projecting pulsed light or light periodically modulated in intensity to a measurement object, the light source unit being disposed with a gas layer or a vacuum layer interposed between the measurement object and the light source unit; a light receiving unit for receiving backscattered light backscattered by the measurement object from the light projected by the light source unit, the light receiving unit being disposed with the gas layer or the vacuum layer interposed between the measurement object and the light receiving unit; and a TOF measurement unit for measuring TOF information of the backscattered light received by the light receiving unit. A measurement device is thereby provided whereby the measurement object can be measured using TOF estimation without contact with the measurement object by the light source unit or the light receiving unit.

(57) 要約: 計測装置は、計測物に対して気体層又は真空層を介して配置されており、前記計測物に対してパルス光又は周期的に強度を変調させた光を投光する光源部と、前記計測物に対して前記気体層又は前記真空層を介して配置されており、前記光源部が投光した光の前記計測物における後方散乱光を受光する受光部と、前記光源部が投光した光と、前記受光部が受光した前記後方散乱光とのTOF情報を計測するTOF計測部と、を備える。これにより、光源部及び受光部を計測物に接触させずに、TOF測定を用いて計測物を計測することができる計測装置を提供する。

明 細 書

発明の名称：計測装置及び計測方法

技術分野

[0001] 本発明は、計測装置及び計測方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、顕微鏡や内視鏡等の光源から光を投光して被検体を計測する計測装置が知られている。特許文献1、2には、光源部及び受光部を計測物に接触させて、被検体の内部を計測する計測装置が開示されている。これらの計測装置では、TOF (Time Of Flight) 測定が用いられており、光源から投光する光の強度を周期的に変調させて、投光する光と被検体からの戻り光との強度変調の位相差から計測物内部で光が伝播する距離の計測を行う手法や、光源から短パルスを送光し被検体からの戻り光を受光するまでの時間遅れから光伝播距離を計測する手法が知られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平8-254497号公報

特許文献2：特開平11-287755号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、特に医療分野では、コンタミネーションを防止する観点から、光源部及び受光部を計測物に接触させずに、計測物を計測する計測装置の開発が求められていた。

[0005] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、光源部及び受光部を計測物に接触させずに、TOF測定を用いて計測物を計測することができる計測装置及び計測方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の一態様に係る計

測装置は、計測物に対して気体層又は真空層を介して配置されており、前記計測物に対してパルス光又は周期的に強度を変調させた光を投光する光源部と、前記計測物に対して前記気体層又は前記真空層を介して配置されており、前記光源部が投光した光の前記計測物における後方散乱光を受光する受光部と、前記光源部が投光した光と、前記受光部が受光した前記後方散乱光とのTOF情報を計測するTOF計測部と、を備えることを特徴とする。

[0007] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記計測物の表面から前記光源部及び前記受光部までの距離を取得する距離取得部と、前記TOF計測部が計測した前記TOF情報と、前記距離取得部が取得した前記距離とに応じて、前記計測物内における内部伝播距離を算出する内部伝播距離算出部と、を備えることを特徴とする。

[0008] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記受光部が受光した光の光強度を算出する光強度算出部と、前記光強度算出部が算出した前記光強度と、前記内部伝播距離算出部が算出した前記内部伝播距離とに応じて、前記計測物の光学特性を演算する演算部と、を備えることを特徴とする。

[0009] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記演算部は、逆解析により前記計測物の前記光学特性を演算する逆解析演算部を含むことを特徴とする。

[0010] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記演算部が演算する前記光学特性は、散乱係数、吸収係数、又は非等方パラメータの少なくともいずれか1つを含むことを特徴とする。

[0011] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記演算部が演算した前記光学特性に基づいて、画像を生成する画像生成部を備えることを特徴とする。

[0012] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記距離取得部は、前記距離を固定する距離固定機構と、前記距離を取得する基準距離取得部を含むことを特徴とする。

[0013] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記距離取得部は、前記計測物と前記気体層又は前記真空層の間に配置される基準部材を含み、前記基準部材から前記光源部及び前記受光部までの距離をそれぞれ取得することを特徴

とする。

[0014] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記受光部が光を受光する領域の一部に前記基準部材が配置されていることを特徴とする。

[0015] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記基準部材は、透明部材上に配置されていることを特徴とする。

[0016] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記距離取得部は、複数の前記基準部材を有することを特徴とする。

[0017] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記計測物に当て付ける当て付け部材と、前記当て付け部材の位置決めを行う位置決め機構と、前記当て付け部材の長さと同記当て付け部材の前記計測物の表面に対する位置とから前記距離を算出する基準距離算出部と、を含むことを特徴とする。

[0018] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記当て付け部材の先端に接触センサが配置されていることを特徴とする。

[0019] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記光源部は、前記計測物に投光する光源と、前記光源から前記計測物に投光された光が空間的に明部と暗部とを周期的に繰り返す照度分布を形成するように光を透過する光学素子と、を有することを特徴とする。

[0020] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記照度分布を変化させる照度分布変化手段を備え、前記受光部は、前記照度分布変化手段により前記照度分布を変化させた前記照度分布が異なる複数の前記後方散乱光を受光し、前記内部伝播距離算出部は、前記受光部が受光した複数の前記後方散乱光の前記暗部の計測結果を用いて、前記内部伝播距離を算出することを特徴とする。

[0021] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記距離取得部は、前記受光部が受光した複数の前記後方散乱光の前記明部及び前記暗部の計測結果を用いて、前記距離を算出することを特徴とする。

[0022] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記距離取得部は、前記受光部が受光した複数の前記後方散乱光のうち、2つ以上の前記後方散乱光の前記

明部及び前記暗部の計測結果を用いて、前記距離を算出し、前記内部伝播距離算出部は、前記受光部が受光した複数の前記後方散乱光のうち、2つ以上の前記後方散乱光の前記暗部の計測結果を用いて、前記内部伝播距離を算出することを特徴とする。

[0023] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記照度分布変化手段は、前記光学素子の位置を移動させることを特徴とする。

[0024] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記照度分布変化手段は、前記光源の位置を移動させることを特徴とする。

[0025] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記光学素子は、選択的に光を透過するパターンフィルタであることを特徴とする。

[0026] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記光学素子は、所定の偏光の光を選択的に透過する偏光素子であることを特徴とする。

[0027] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記受光部は、互いに異なる複数の所定の波長帯域の光のみをそれぞれ透過させる複数の波長フィルタを有し、前記各所定の波長帯域で受光を行うことを特徴とする。

[0028] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記光源部は、互いに異なる複数の所定の波長帯域の光をそれぞれ投光する複数の光源を有し、前記各所定の波長帯域で投光を行うことを特徴とする。

[0029] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記光源部は、互いに異なる複数の変調周波数の光を投光する光源を有し、前記各変調周波数で投光を行うことを特徴とする。

[0030] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記光源部又は前記受光部を移動させる移動手段を備え、前記移動の前後において投光及び受光を行うことを特徴とする。

[0031] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記受光部は、所定の波長帯域の光のみを透過させる波長フィルタを有することを特徴とする。

[0032] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記光源部は、前記計測物に投光する光源と、前記光源から投光された光を拡散させる拡散レンズと、を有

することを特徴とする。

[0033] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記光源部は、前記計測物に投光する光源と、前記光源から投光された光を集光する集光レンズと、を有することを特徴とする。

[0034] また、本発明の一態様に係る計測装置は、前記光源部は、前記計測物に投光する光源と、前記光源から投光された光が前記計測物に投光される範囲を限定するようにガイドする光ガイドと、を有することを特徴とする。

[0035] また、本発明の一態様に係る計測方法は、計測物に対して気体層又は真空層を介して光源部及び受光部が配置されており、前記計測物に対してパルス光又は周期的に強度を変調させた光を投光するとともに、前記光源部が投光した光の前記計測物における後方散乱光を受光する計測装置を用いた計測方法であって、前記光源部が投光した光と、前記受光部が受光した前記後方散乱光とのTOF情報を計測する計測ステップを含むことを特徴とする。

[0036] また、本発明の一態様に係る計測方法は、前記計測物の表面及び前記計測物の内部から前記光源部及び前記受光部までの前記TOF情報に基づく距離をそれぞれ取得する距離取得ステップと、計測した前記TOF情報と、取得した前記距離とに応じて、前記計測物内における内部伝播距離を算出する内部伝播距離算出ステップと、を含むことを特徴とする。

[0037] また、本発明の一態様に係る計測方法は、前記受光部が受光した光の光強度を算出する光強度算出ステップと、算出した前記光強度と、算出した前記内部伝播距離とに応じて、前記計測物の光学特性を演算する演算ステップと、を含むことを特徴とする。

[0038] また、本発明の一態様に係る計測方法は、逆解析により前記計測物の前記光学特性を演算する逆解析演算ステップを含むことを特徴とする。

[0039] また、本発明の一態様に係る計測方法は、演算した前記光学特性に基づいて、画像を生成する画像生成ステップを含むことを特徴とする。

[0040] また、本発明の一態様に係る計測方法は、前記光源部による投光及び前記受光部による受光を複数回行うことを特徴とする。

発明の効果

[0041] 本発明によれば、光源部及び受光部を計測物に接触させずに、TOF測定を用いて計測物を計測することができる計測装置及び計測方法を実現することができる。

図面の簡単な説明

[0042] [図1]図1は、実施の形態1に係る計測装置の構成を示す模式図である。

[図2]図2は、図1に示す計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。

[図3]図3は、図1に示す計測装置で計測物を計測する動作を示すフローチャートである。

[図4]図4は、実施の形態1の変形例1-1に係る計測装置の構成を示す模式図である。

[図5]図5は、図4に示す計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。

[図6]図6は、図4に示す計測装置の計測方法を説明するための図である。

[図7]図7は、実施の形態1の変形例1-2に係る計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。

[図8]図8は、実施の形態1の変形例1-3に係る計測装置の構成を示す模式図である。

[図9]図9は、図8に示す計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。

[図10]図10は、実施の形態1の変形例1-4に係る計測装置の構成を示す模式図である。

[図11]図11は、図10に示す計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。

[図12]図12は、実施の形態1の変形例1-5に係る計測装置の構成を示す模式図である。

[図13]図13は、図12に示す計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。

[図14]図14は、図12に示す位置変更手段がパターンフィルタを移動させる様子を表す図である。

[図15]図15は、図12に示す計測装置の計測方法を説明するための図である。

[図16]図16は、パターンフィルタの変形例を表す図である。

[図17]図17は、パターンフィルタの変形例を表す図である。

[図18]図18は、実施の形態1の変形例1-6に係る計測装置のパターンフィルタ及び偏光素子を表す図である。

[図19]図19は、実施の形態1の変形例1-6に係る計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。

[図20]図20は、実施の形態1の変形例1-6に係る計測装置の計測方法を説明するための図である。

[図21]図21は、実施の形態1の変形例1-7に係る計測装置の構成を示す模式図である。

[図22]図22は、実施の形態2に係る計測装置の構成を示す模式図である。

[図23]図23は、図22に示す計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。

[図24]図24は、図22に示す計測装置で計測物を計測する動作を示すフローチャートである。

[図25]図25は、実施の形態2の変形例2-1に係る計測装置の構成を示す模式図である。

[図26]図26は、実施の形態2の変形例2-2の計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。

[図27]図27は、実施の形態3に係る計測装置の構成を示す模式図である。

[図28]図28は、実施の形態4に係る計測装置の構成を示す模式図である。

[図29]図29は、図28に示す計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。

[図30]図30は、図28に示す計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。

[図31]図31は、実施の形態4の変形例4-1に係る計測装置で計測物を計

測する様子を表す図である。

[図32]図32は、照明レンズが集光レンズである場合の計測装置の概略構成図である。

[図33]図33は、照明レンズの代わりに光ガイドを備える計測装置の概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0043] 以下に、図面を参照して本発明に係る計測装置及び計測方法の実施の形態を説明する。なお、これらの実施の形態により本発明が限定されるものではない。本発明は、計測装置及び計測方法一般に適用することができる。

[0044] また、図面の記載において、同一又は対応する要素には適宜同一の符号を付している。また、図面は模式的なものであり、各要素の寸法の関係、各要素の比率などは、現実と異なる場合があることに留意する必要がある。図面の相互間においても、互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれている場合がある。

[0045] (実施の形態1)

図1は、実施の形態1に係る計測装置の構成を示す模式図である。図1に示すように、本実施の形態1に係る計測装置1は、計測物に対して投光するとともに計測物における後方散乱光を受光する深度カメラ10と、深度カメラ10が取得した信号を処理する処理装置20と、ユーザによる各種入力を受け付ける入力部30と、処理装置20が生成した画像を表示する表示部40と、深度カメラ10と計測物との間の距離を固定する距離固定機構50と、を備える。

[0046] 図2は、図1に示す計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。図2に示すように、深度カメラ10は、計測物2に対して空気層を介して配置される。計測物2の表面と深度カメラ10との離間距離である基準距離 Z_0 は、距離固定機構50によって固定されている。飛行距離 Z_s は、深度カメラ10から投光された光が計測物2の内部において後方散乱され、深度カメラ10に入射するまでに飛行する距離の半分である。なお、図2において、

光源 11 から投光される光と光検出器 16 に入射する光とに、角度をつけて記載しているが、この経路は光の飛行する経路を説明するために複数の照明光の経路のうちの一つを抜粋したものである。また、光源 11 から投光される光の光軸と、光検出器 16 に入射する光の光軸とが、実際に計測物 2 に対して角度をつけた配置となるように、光源 11 及び光検出器 16 を配置してもよいが、計測物 2 に対して同軸となるように、光源 11 及び光検出器 16 を配置してもよい。以下、本明細書中の各実施例においても同様である。

[0047] 深度カメラ 10 は、計測物 2 に対して周期的に光強度を変調させた光を投光する光源部 10A と、投光した光の計測物 2 における後方散乱光を受光する受光部 10B と、を有する。

[0048] 光源部 10A は、計測物 2 に投光する光源 11 と、光源 11 を駆動制御する光源駆動装置 12 と、光源 11 が投光した光を計測物 2 の所定の範囲に照射するための照明レンズ 13 と、を有する。

[0049] 光源 11 は、例えば、LED (Light Emitting Diode) であり、波長 850nm の光を投光する。光源 11 は、光源駆動装置 12 による制御に応じて、30MHz の正弦波となるように光強度が変調された光を投光する。ただし、光源 11 から投光する光の強度変調は、パルスや矩形波としてもよい。また、光源 11 から投光する光の波長は、特に限定されず、可変であってもよいし、波長帯域の広い光であってもよい。

[0050] 照明レンズ 13 は、例えば、光源 11 から投光された光を拡散させる高 NA (例えば、両側開き角度 90°) の拡散レンズである。

[0051] 受光部 10B は、計測物 2 における後方散乱光を集光する受光レンズ 14 と、所定の波長の光のみを透過させる波長フィルタ 15 と、波長フィルタ 15 を透過した光を検出する光検出器 16 と、光検出器 16 が出力した信号を増幅する増幅器 17 と、増幅器 17 が増幅した信号を AD 変換する AD 変換部 18 と、を有する。

[0052] 受光レンズ 14 は、例えば、計測物 2 における後方散乱光を集光する高 NA (例えば、両側開き角度 90°) の集光レンズである。

- [0053] 波長フィルタ 15 は、例えば、波長 850 nm 近傍の光のみを選択的に透過させるバンドパスフィルタである。波長フィルタ 15 は、計測物 2 における後方散乱光のみを透過させ、それ以外の波長の迷光が光検出器 16 に入射するのを防止する。
- [0054] 光検出器 16 は、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 型の TOF センサチップである。光検出器 16 は、受光した光を光電変換により電気信号に変換する。ただし、光検出器 16 は、CCD (Charge Coupled Devices) 型の TOF センサチップであってもよい。
- [0055] 増幅器 17 は、光検出器 16 が出力した電気信号を増幅して出力する。AD 変換部 18 は、増幅器 17 が増幅したアナログ信号である電気信号をデジタル信号に変換 (AD 変換) して出力する。
- [0056] 処理装置 20 は、制御部 21 と、TOF 計測部 22 と、距離算出部 23 と、Z 取得部 24 と、光強度算出部 25 と、内部伝播距離算出部 26 と、演算部としての逆解析演算部 27 と、画像生成部 28 と、を有する。
- [0057] 制御部 21 は、CPU (Central Processing Unit) 等を用いて実現される。制御部 21 は、処理装置 20 の各部の処理動作を制御する。制御部 21 は、処理装置 20 の各構成に対する指示情報やデータの転送等を行うことによって、処理装置 20 の動作を制御する。また、制御部 21 は、光源 11 と光検出器 16 との動作が同期するように制御を行う。
- [0058] TOF 計測部 22 は、TOF 情報として、光源 11 から投光する光と光検出器 16 が受光した光との強度変調の位相ずれを測定する。具体的には、制御部 21 から光源部 10A が投光する光の位相を取得し、AD 変換部 18 から受光部 10B が受光した光の位相を取得し、取得した位相を比較して位相ずれ ϕ を算出する。
- [0059] 距離算出部 23 は、制御部 21 の制御のもと、TOF 計測部 22 が算出した位相ずれ ϕ から光源部 10A から投光された光が受光部 10B に到達する

までに伝播した距離（図2の飛行距離 Z_s ）を算出する。飛行距離 Z_s は、強度変調の周波数を f_m 、光の速度を c とすると、位相ずれ ϕ を用いて下記の式（1）のように算出することができる。

[数1]

$$Z_s = \frac{\phi c}{4\pi f_m} \quad \dots (1)$$

[0060] Z_o 取得部24は、計測物2の表面から光源部10A及び受光部10Bまでの距離（図2の基準距離 Z_o ）をそれぞれ取得する。具体的には、計測物2の表面から光源部10A及び受光部10Bまでの距離は、距離固定機構50によって基準距離 Z_o に固定されているため、この基準距離 Z_o を制御部21から取得する。なお、 Z_o 取得部24は、デジタルカメラのAF機能（コントラストAF、像面位相差AF）など、非接触で距離を測ることが可能な種々の方法により基準距離 Z_o を取得してもよい。

[0061] 光強度算出部25は、AD変換部18から取得した電気信号から光強度を算出する。光検出器16が受光する光強度 A は、 A_0 、 A_1 、 A_2 、 A_3 をそれぞれ位相 0° 、 90° 、 180° 、 270° におけるTOFセンサチップの各画素の輝度値として、下記の式（2）のように算出することができる。

[数2]

$$A = \frac{\sqrt{(A_0 - A_2)^2 + (A_1 - A_3)^2}}{2} \quad \dots (2)$$

[0062] 内部伝播距離算出部26は、 Z_o 取得部24が取得した基準距離 Z_o と、距離算出部23が算出した飛行距離 Z_s とに応じて、計測物2内における内部伝播距離 ΔZ を算出する。具体的には、内部伝播距離 ΔZ は、下記の式（3）のように算出することができる。

[数3]

$$\Delta Z = 2 \times (Z_s - Z_o) \quad \dots (3)$$

[0063] 逆解析演算部 27 は、内部伝播距離算出部 26 が算出した内部伝播距離 ΔZ と、光強度算出部 25 が算出した光強度 A とに応じて、逆解析により計測物 2 の散乱係数、吸収係数、又は非等方パラメータ等の光学特性を演算する。

[0064] 画像生成部 28 は、逆解析演算部 27 が演算により求めた光学特性に基づいて画像信号を生成し、出力する。具体的には、画像生成部 28 は、逆解析演算部 27 が演算により求めた画素ごとの光学特性の値に応じて、濃淡や色、コントラスト等を変化させた画像信号を生成する。画像生成部 28 は、各種カメラで撮像した 2D や 3D の画像、超音波画像等に、光学特性の値に応じて色等を変化させた画像を重畳した画像信号を生成してもよい。

[0065] 入力部 30 は、マウス、キーボード及びタッチパネル等の操作デバイスを用いて実現され、計測装置 1 の各種指示情報の入力を受け付ける。

[0066] 表示部 40 は、液晶又は有機 EL (Electro Luminescence) を用いた表示ディスプレイ等を用いて構成される。表示部 40 は、画像生成部 28 が出力した画像信号に基づいた画像を表示する。

[0067] 距離固定機構 50 は、計測物 2 に当接する当接部 51 と、計測物 2 と深度カメラ 10 との間の距離を所定の値に固定するアーム部 52 と、を有する。深度カメラ 10 と当接部 51 との間は、例えば空気層であるが、その他の気体が充填された気体層であってもよく、真空層であってもよい。

[0068] 図 3 は、図 1 に示す計測装置で計測物を計測する動作を示すフローチャートである。図 3 に示すように、はじめに、光源駆動装置 12 は、制御部 21 による制御に従って、光源 11 から照明レンズ 13 を介して計測物 2 への投光を行う (ステップ S1)。

[0069] 同時に、光検出器 16 は、制御部 21 に同期制御され、計測物 2 において後方散乱され、受光レンズ 14 及び波長フィルタ 15 を通過した光の受光を

行う（ステップS2）。光検出器16は、受光した光信号を電気信号に変換する。さらに、この電気信号は、増幅器17により増幅され、AD変換部18によりAD変換されて処理装置20に出力される。

[0070] 続いて、内部伝播距離算出部26は、深度カメラ10の出力に応じて内部伝播距離 ΔZ を算出する（ステップS3）。具体的には、TOF計測部22が光源11から投光した光と光検出器16が受光した光との強度変調の位相ずれ ϕ を算出し、距離算出部23が位相ずれ ϕ に応じて飛行距離 Z_s を算出する。さらに、 Z_o 取得部24が制御部21から基準距離 Z_o を取得する。そして、内部伝播距離算出部26は、飛行距離 Z_s と基準距離 Z_o との差を算出し、内部伝播距離 ΔZ を算出する。

[0071] その後、逆解析演算部27が計測物2の光学特性を演算し、画像生成部28が光学特性に応じた画像を生成する（ステップS4）。具体的には、逆解析演算部27が、内部伝播距離算出部26が算出した内部伝播距離 ΔZ と光強度算出部25が算出した光強度Aに応じて、逆解析により計測物2の光学特性を演算する。画像生成部28が、逆解析演算部27により算出された光学特性に応じた画像信号を生成し、出力する。

[0072] そして、表示部40は、画像生成部28から出力された画像信号に応じた画像を表示する（ステップS5）。

[0073] 以上説明したように、実施の形態1によれば、光源部10A及び受光部10Bが計測物2に対して空気層を介して配置されており、直接接触していない。また、距離取得部として、距離固定機構50が光源部10A及び受光部10Bと計測物2との間の距離を基準距離 Z_o に固定し、基準距離取得部としての Z_o 取得部24がこの基準距離 Z_o を取得するため、内部伝播距離 ΔZ を算出して計測物2の内部の光学特性を算出することができる。

[0074] （変形例1-1）

図4は、実施の形態1の変形例1-1に係る計測装置の構成を示す模式図である。変形例1-1に係る計測装置100の処理装置120は、光強度算出部25が算出した光強度が所定の閾値以上であるかを判定する判定器12

1 と、判定器 1 2 1 の判定結果に応じてデータを分配する分配器 1 2 2 と、データを記憶するデータ記憶部 1 2 3 と、を有する。

[0075] 図 5 は、図 4 に示す計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。図 5 に示すように、計測装置 1 0 0 では、光源 1 1 から投光される光の波長帯域に対する反射率が高い部材からなる厚さ d_1 の基準部材 1 0 1 の表面までの距離 Z_b と、飛行距離 Z_s とを測定により求める。

[0076] 図 6 は、図 4 に示す計測装置の計測方法を説明するための図である。図 6 に示すように、計測物 2 を上方（深度カメラ 1 0 側）から見ると、基準部材 1 0 1 は、計測物 2 の表面に、深度カメラ 1 0 を用いて計測する範囲の周囲を取り囲むように配置されている。なお、図 6 の横軸（X 軸）は、図 5 の左右方向の座標に対応し、図 6 の縦軸（Z 軸）は、図 5 の縦方向の座標に対応する。ただし、基準部材 1 0 1 の配置は特に限定されない。例えば、基準部材 1 0 1 が四隅に配置されていてもよく、点状のマーカとして配置されていてもよい。

[0077] 判定器 1 2 1 は、距離算出部 2 3 が算出した距離が所定の閾値以上であるか否かを判定する。図 6 に示すように、破線 B 上において算出される距離は、距離 Z_b と飛行距離 Z_s とである。そこで、判定器 1 2 1 は、距離算出部 2 3 が算出した距離が閾値 T より小さい場合に、その画素は基準部材 1 0 1 が配置されている、光が距離 Z_b だけ飛行した画素であると判定する。一方、判定器 1 2 1 は、距離算出部 2 3 が算出した距離が閾値 T 以上である場合に、その画素は基準部材 1 0 1 が配置されていない、光が飛行距離 Z_s だけ飛行した画素であると判定する。

[0078] 分配器 1 2 2 は、判定器 1 2 1 の判定結果に応じて、距離算出部 2 3 が算出した距離と、光強度算出部 2 5 が算出した光強度とを分配する。具体的には、判定器 1 2 1 により光が距離 Z_b だけ飛行したと判定された画素の距離及び光強度と、判定器 1 2 1 により光が飛行距離 Z_s だけ飛行したと判定された画素の距離及び光強度と、を分配してデータ記憶部 1 2 3 に記憶させる。

[0079] データ記憶部 123 は、第 1 記憶部 123 a と、第 2 記憶部 123 b と、を有する。第 1 記憶部 123 a には、分配器 122 により、光が距離 Z_b だけ飛行した画素の距離及び光強度が記憶される。第 2 記憶部 123 b には、分配器 122 により、光が飛行距離 Z_s だけ飛行した画素の距離及び光強度が記憶される。

[0080] 内部伝播距離算出部 26 は、距離 Z_b と飛行距離 Z_s とに応じて、計測物 2 内における内部伝播距離 ΔZ を算出する。具体的には、内部伝播距離 ΔZ は、下記の式 (4) のように算出することができる。

[数4]

$$\Delta Z = 2 \times (Z_s - Z_b) - 2d_1 \quad \dots (4)$$

なお、基準部材 101 の厚さ d_1 が内部伝播距離 ΔZ に対して無視できるほど小さい値である場合には、 $\Delta Z = Z_s - Z_b$ に近似してもよい。

[0081] 以上説明したように、変形例 1-1 によれば、光源部 10A 及び受光部 10B が計測物 2 に対して空気層を介して配置されており、直接接触していない。また、変形例 1-1 では、距離取得部として、基準部材 101 を配置し、基準部材 101 までの距離を測定することにより、計測物 2 の表面から光源部 10A 及び受光部 10B までの距離をそれぞれ取得する。その結果、内部伝播距離 ΔZ を算出することができ、計測物 2 の内部の光学特性を算出することができる。

[0082] なお、変形例 1-1 では、深度カメラ 10 を用いて計測する領域の一部に基準部材 101 を配置して 1 回の測定で距離 Z_b と飛行距離 Z_s とを測定したがこれに限られない。例えば、計測物 2 の表面を覆うように基準部材 101 を配置して距離 Z_b を測定し、その後、基準部材 101 を取り除いて飛行距離 Z_s を測定してもよい。この場合には、深度カメラ 10 で計測する範囲全体において、計測物 2 の内部を計測することができる。

[0083] (変形例 1-2)

図 7 は、実施の形態 1 の変形例 1-2 に係る計測装置で計測物を計測する

様子を表す図である。図 7 に示すように、この計測装置では、ガラスやプラスチック等の透明な部材からなる厚さ d_2 の透明部材 102 を介して、光源 11 から投光される光の波長帯域に対する反射率が高い部材からなる厚さ d_1 の基準部材 101 の表面までの距離 Z_b と、飛行距離 Z_s とを測定により求める。基準部材 101 は、透明部材 102 の表面に配置されている。基準部材 101 は、変形例 1-1 と同様に深度カメラ 10 が計測する領域の一部に配置されている。なお、基準部材 101 と透明部材 102 との界面、及び透明部材 102 と計測物 2 との界面には、これらの界面での反射を低減させるため、透過率が高い液体等のマッチング剤が挿入されていることが好ましい。

[0084] 内部伝播距離算出部 26 は、距離 Z_b と飛行距離 Z_s とに応じて、計測物 2 内における内部伝播距離 ΔZ を算出する。ここで、距離 Z_b と飛行距離 Z_s との両方に、透明部材 102 の厚さ d_2 の往復の距離が内包されているため、内部伝播距離 ΔZ の算出において厚さ d_2 を考慮する必要はない。従って、具体的には、内部伝播距離 ΔZ は、上述した式 (4) を用いて算出することができる。なお、基準部材 101 の厚さ d_1 が内部伝播距離 ΔZ に対して無視できるほど小さい値である場合には、 $\Delta Z = Z_s - Z_b$ に近似してもよい。

[0085] このように、基準部材 101 は、透明部材 102 上に配置されていてもよい。この場合にも、変形例 1-1 と同様に、計測物 2 の表面を覆うように基準部材 101 を配置して距離 Z_b を測定し、その後、基準部材 101 を取り除いて飛行距離 Z_s を測定してもよい。

[0086] (変形例 1-3)

図 8 は、実施の形態 1 の変形例 1-3 に係る計測装置の構成を示す模式図である。変形例 1-3 に係る計測装置 200 の処理装置 220 は、位置決め機構 250 を制御する位置指令部 221 と、計測物 2 と深度カメラ 10 との離間距離である基準距離 Z_o を算出する基準距離算出部としての Z_o 算出部 222 と、を有する。

[0087] 図9は、図8に示す計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。図9に示すように、計測装置200の位置決め機構250は、計測物2の表面に当て付けられる長さ L_a の当て付け部材251と、当て付け部材251及び深度カメラ10を上下に可動させる可動部252と、を有する。位置決め機構250は、位置指令部221の制御のもと、当て付け部材251の先端を計測物2の表面に当て付ける。そして、そこから可動部252を距離 Z_m だけ戻し、この状態で計測を行う。

[0088] Z_o 算出部222は、制御部21から当て付け部材251の長さ L_a と、所定の距離 Z_m とを取得し、基準距離 Z_o を $Z_o = L_a + Z_m$ として算出する。

[0089] 以上説明したように、変形例1-3によれば、光源部10A及び受光部10Bが計測物2に対して空気層を介して配置されており、直接接触していない。また、変形例1-3では、距離取得部として、位置決め機構250、位置指令部221、及び基準距離算出部としての Z_o 算出部222により基準距離 Z_o を算出することができるため、内部伝播距離 ΔZ を算出することができ、計測物2の内部の光学特性を算出することができる。

[0090] なお、位置決め機構250は、当て付け部材251を伸縮させて当て付け部材251の長さのみを変更する構成であってもよい。

[0091] (変形例1-4)

図10は、実施の形態1の変形例1-4に係る計測装置の構成を示す模式図である。図11は、図10に示す計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。変形例1-4に係る計測装置300は、変形例1-3の当て付け部材251の先端に接触センサ360を配置した構成である。計測装置300の処理装置320は、接触センサ360が接触を検知したか否かを判定する判定部321を有する。

[0092] この構成では、接触センサ360により、当て付け部材251の先端が計測物2の表面に接触したかを精度よく検出することができる。そのため、弾性のある計測物2が当て付け部材251により凹み、 Z_o 算出部222が算

出する基準距離 Z_0 に誤差が生じることが防止されている。

[0093] (変形例 1-5)

図 12 は、実施の形態 1 の変形例 1-5 に係る計測装置の構成を示す模式図である。図 12 に示すように、変形例 1-5 に係る計測装置 800 の深度カメラ 810 において、光源部 810A は、計測物に投光する光源 11 と、光源 11 から計測物に投光された光が空間的に明部と暗部とを周期的に繰り返す照度分布を形成するように光を透過する光学素子としてのパターンフィルタ 811 と、パターンフィルタ 811 の位置を移動させて照度分布を変化させる照度分布変化手段としての位置変更手段 812 と、を有する。受光部 810B は、所定の偏光の光を選択的に透過させる偏光素子 813 を有する。計測装置 800 の処理装置 820 は、 n 個の記憶部（第 1 記憶部 823a ~ 第 n 記憶部 823n）を有するデータ記憶部 823 を有する。なお、受光部 810B は、偏光素子 813 を有しない構成であってもよい。

[0094] 図 13 は、図 12 に示す計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。図 13 に示すように、光源部 810A の光源 11 から投光された光は、パターンフィルタ 811 によって選択的に透過され、明部 BS 及び暗部 DS が周期的に繰り返す微細なストライプ状のパターンとして腫瘍等の観察対象 O がある計測物 2 に投光される。パターンフィルタ 811 は、いわゆる構造化照明 (Structured illumination) を実現するために用いられる。そして、受光部 810B の光検出器 16 は、偏光素子 813 を介して、投光した光の計測物 2 における後方散乱光を受光する。また、位置変更手段 812 は、パターンフィルタ 811 を光源 11 から投光された光に直交する方向に移動させる。

[0095] 図 14 は、図 12 に示す位置変更手段がパターンフィルタを移動させる様子を表す図である。図 14 (a) ~ (c) に示すように、位置変更手段 812 がパターンフィルタ 811 を移動させると、明部 BS 及び暗部 DS が移動する。なお、図 14 には、図 13 に示す複数の暗部 DS のうち 3 つの暗部 DS のみを記載した。位置変更手段 812 は、パターンフィルタ 811 を n 回

等間隔に移動させる。このとき、明部BS及び暗部DSは、合計で1ピッチ分（明部BS及び暗部DSが隣接する明部BS及び暗部DSの位置に移動するまで）移動する。そして、受光部810Bは、位置変更手段812によりパターンフィルタ811が移動する度に後方散乱光を受光し、n個の計測結果を取得する。n個の計測結果は、それぞれ第1記憶部823a～第n記憶部823nに記憶される。

[0096] Z取得部24は、第1記憶部823a～第n記憶部823nに記憶されたn個の後方散乱光の明部BS及び暗部DSの計測結果を用いて、基準距離Z₀を算出する。図15は、図12に示す計測装置の計測方法を説明するための図である。図15に示すように、暗部DSから受光した光は、計測物2の表面で反射された直接反射、及び計測物2の表層で1回だけ散乱された単散乱の成分を含まない計測物2の内部で多重散乱した光である。一方、明部BSから受光した光は、直接反射、単散乱、及び多重散乱の成分を含む光である。なお、図15には、図13に示す複数の暗部DSのうち2つの暗部DSのみを記載した。

[0097] ここで、構造化照明でない場合の計測結果の位相を ϕ_0 （中央値）、振幅を α_0 （中央値）、直接成分（直接反射及び単散乱）の位相を ϕ_d 、振幅を α_d 、間接成分（多重散乱）の位相を ϕ_g 、振幅を α_g とすると、光源11から投光した強度変調光の戻り光は、戻り光の位相遅れ τ を用いた相関関数 $c(\tau)$ により、下記の式（5）で表される。なお、 f_m は強度変調の周波数、 β は強度（中間値）である。

[数5]

$$\begin{aligned} c(\tau) &= \frac{\alpha_0}{2} \cos(fm \cdot \tau + \phi_0) \\ &= \frac{\alpha_d}{2} \cos(fm \cdot \tau + \phi_d) + \frac{\alpha_g}{2} \cos(fm \cdot \tau + \phi_g) + \beta \quad \dots (5) \end{aligned}$$

[0098] 式（5）から下記の式（6）、（7）が導かれる。

[数6]

$$\varphi_o = \arctan \left(\frac{\alpha d \sin \varphi d + \alpha g \sin \varphi g}{\alpha d \cos \varphi d + \alpha g \cos \varphi g} \right) \quad \dots (6)$$

$$\alpha_o^2 = \alpha d^2 + \alpha g^2 + 2\alpha d \cdot \alpha g \cos(\varphi d - \varphi g) \quad \dots (7)$$

[0099] ここで、明部BSの計測結果は、式(6)、(7)に相当し、暗部DSの計測結果は、式(6)、(7)において $\alpha d = 0$ とした2つの式に相当するから、計測結果から4つの式が得られる。この4式を用いて連立方程式を解き、式(6)、(7)から導かれる下記の式(8)に代入すると、直接成分の位相 φd_h (推定値)が得られる。

[数7]

$$\varphi d_h = \arctan \left(\frac{\alpha d \cdot \gamma + \alpha g (\sin(\varphi d - \varphi g) + \gamma \cos(\varphi d - \varphi g))}{\alpha d + \alpha g (\cos(\varphi d - \varphi g) - \gamma \sin(\varphi d - \varphi g))} \right) \quad \dots (8)$$

この位相 φd_h を用いて式(1)と同様に距離を算出すると、基準距離 Z_o を算出することができる。

[0100] 内部伝播距離算出部26は、第1記憶部823a～第n記憶部823nに記憶されたn個の計測結果を用いて、内部伝播距離 ΔZ を算出する。具体的には、内部伝播距離算出部26は、受光部810Bが受光したn個の後方散乱光の暗部DSの計測結果を用いて、内部伝播距離 ΔZ を算出する。上述したように、暗部DSから受光した光は、計測物2の内部で多重散乱した光であるから、この計測結果から飛行距離 Z_s を算出し、 Z_o 取得部24が算出した基準距離 Z_o を用いて、式(3)により内部伝播距離 ΔZ を算出する。

[0101] 変形例1-5によれば、構造化照明を用いて基準距離 Z_o を算出するため、計測物2の表面に凹凸があっても正確に基準距離 Z_o を算出することができる。

[0102] なお、上述したパターンフィルタ811は、ストライプ状のパターンを有

するものとして説明したがこれに限られない。パターンフィルタ 811 は、構造化照明を実現可能な微細なパターンを有する構成であればよい。図 16、図 17 は、パターンフィルタの変形例を表す図である。図 16 に示すように、パターンフィルタ 811 は、明部 B S 及び暗部 D S が微細な格子状に配列された市松模様状のパターンを有していてもよい。この場合、位置変更手段 812 は、パターンフィルタ 811 を左右方向、又は上下方向に移動させる。また、図 17 に示すように、パターンフィルタ 811 は、明部 B S 及び暗部 D S が微細な同心円状に配列されているパターンを有する構成であってもよい。この場合、位置変更手段 812 は、パターンフィルタ 811 を光源 11 から遠ざける又は近づけるように移動させる。すると、同心円状の縞模様が放射状に外側又は内側へ移動する。

[0103] また、上述した例では、受光部 810 B が複数の計測結果を取得する例を説明したがこれに限られない。例えば、受光部 810 B は、計測物 2 の一部に構造化照明を投光するとともに、計測物 2 の観察したい領域に強度変調光を投光して、後方散乱光を 1 回取得する。この場合、構造化照明の後方散乱光により基準距離 Z_0 を算出し、この算出した基準距離 Z_0 を用いて、観察したい領域の内部伝播距離 ΔZ を算出することができる。

[0104] また、上述した例では、照度分布変化手段として位置変更手段 812 がパターンフィルタ 811 の位置を移動させる例を説明したがこれに限られない。照度分布変化手段としての位置変更手段が光源 11 の位置を移動させてもよい。

[0105] (変形例 1-6)

変形例 1-6 に係る計測装置は、変形例 1-5 と同様の構成を備えるが、パターンフィルタ 811、位置変更手段 812、偏光素子 813 の形状及び動作が異なる。図 18 は、実施の形態 1 の変形例 1-6 に係る計測装置のパターンフィルタ及び偏光素子を表す図である。図 18 に示すように、変形例 1-6 に係る計測装置 800 の深度カメラ 810 は、照明側（光源部 810 A）に配置された円盤状のパターンフィルタ 811 と、パターンフィルタ 8

11を回転させる位置変更手段812と、受光側（受光部810B）に配置された円盤状の偏光素子813と、を有する。

[0106] 図19、図20は、実施の形態1の変形例1－6に係る計測装置の計測方法を説明するための図である。図19に示すように、深度カメラ810の光源11から投光された光は、パターンフィルタ811によって選択的に透過され、明部BS及び暗部DSが周期的に繰り返す微細なストライプ状のパターンとして腫瘍等の観察対象Oがある計測物2に投光される。そして、深度カメラ810の受光部810Bの光検出器16は、偏光素子813を介して、投光した光の計測物2における後方散乱光を受光する。また、位置変更手段812は、図20（a）～（c）に示すように、パターンフィルタ811をn回同じ角度で回転させる。このとき、位置変更手段812は、パターンフィルタ811を明部BS及び暗部DSが隣接する明部BS及び暗部DSの位置に移動するまで回転移動させる。そして、受光部810Bは、位置変更手段812によりパターンフィルタ811が回転移動する度に後方散乱光を受光し、n個の計測結果を取得する。n個の計測結果は、それぞれ第1記憶部823a～第n記憶部823nに記憶される。

[0107] 内部伝播距離算出部26は、変形例1－5と同様に、第1記憶部823a～第n記憶部823nに記憶された計測結果を用いて、内部伝播距離 ΔZ を算出する。

[0108] （変形例1－7）

図21は、実施の形態1の変形例1－7に係る計測装置の構成を示す模式図である。図21に示すように、変形例1－7に係る計測装置900の深度カメラ910において、光源部910Aには、図12に示す変形例1－5のパターンフィルタ811に替えて、光学素子として偏光素子911が配置されている。この場合、偏光素子911と偏光素子813とを平行ニコルに配置することにより、直接成分（直接反射及び単散乱）及び間接成分（多重散乱）を計測することができ、この計測結果から基準距離 Z_0 を算出することができる。さらに、偏光素子911と偏光素子813とを直交ニコルに配置

することにより、間接成分（多重散乱）のみを計測することができ、この計測結果から内部伝播距離 ΔZ を算出することができる。

[0109] 平行ニコル及び直交ニコルに加えて、さらに偏光素子 9 1 1 と偏光素子 8 1 3 とを部分ニコルに配置することにより、単散乱と多重散乱との方向依存性も計測できるため、内部が不均質な計測物 2 に対しても内部伝播距離 ΔZ をより高精度に算出することができる。

[0110] （実施の形態 2）

図 2 2 は、実施の形態 2 に係る計測装置の構成を示す模式図である。実施の形態 1 の計測装置 1 と同様の構成については適宜説明を省略する。

[0111] 計測装置 4 0 0 の深度カメラ 4 1 0 の受光部 4 1 0 B は、フィルタを切り替えるフィルタ切替部 4 1 1 と、第 1 の波長帯域の光のみを透過させる第 1 波長フィルタ 4 1 2 と、第 2 の波長帯域の光のみを透過させる第 2 波長フィルタ 4 1 3 と、を有する。

[0112] 光源 1 1 は、例えば波長 1 8 0 n m ~ 2 0 0 0 n m の広帯域なスペクトルの光を投光するキセノンランプである。なお、計測物 2 が生体である場合には、生体に有害な紫外域の光が計測物 2 に投光されないように、光源 1 1 と照明レンズ 1 3 との間に波長フィルタを配置する、又は照明レンズ 1 3 に所定の波長帯域を透過させないコーティングを施すことが好ましい。

[0113] フィルタ切替部 4 1 1 は、第 1 波長フィルタ 4 1 2 と第 2 波長フィルタ 4 1 3 とを、例えばユーザの入力に応じて切り替える。計測装置 4 0 0 では、少なくとも 2 回測定が行われるが、フィルタ切替部 4 1 1 は、1 回目の測定では、計測物 2 における後方散乱光の光路上に第 1 波長フィルタ 4 1 2 を配置させ、2 回目の測定では、計測物 2 における後方散乱光の光路上に第 2 波長フィルタ 4 1 3 を配置させる。

[0114] 第 1 波長フィルタ 4 1 2 は、例えば近紫外域の波長帯域のみを透過するバンドパスフィルタである。第 2 波長フィルタ 4 1 3 は、例えば波長 5 4 0 n m 近傍の光のみを透過するバンドパスフィルタである。

[0115] 図 2 3 は、図 2 2 に示す計測装置で計測物を計測する様子を表す図である

。図23に示すように、第1波長フィルタ412が透過する近紫外域の光は、計測物2のごく表層において後方散乱された光であり、この光の飛行距離は基準距離 Z_o に近似することができる。一方、第2波長フィルタ413が透過する波長540nmの光は、計測物2の内部伝播後に後方散乱された飛行距離 Z_s の光である。

[0116] 計測装置400の処理装置420は、測定の回数をカウントする測定カウンタ421と、を有する。分配器122は、測定カウンタ421のカウントに応じて、1回目に測定したデータを第1記憶部123aに記憶させ、2回目に測定したデータを第2記憶部123bに記憶させる。

[0117] 図24は、図22に示す計測装置で計測物を計測する動作を示すフローチャートである。図24に示すように、はじめに、光源駆動装置12は、制御部21による制御に従って、光源11から照明レンズ13を介して計測物2への1回目の投光を行う（ステップS11）。

[0118] 同時に、光検出器16は、1回目の受光を行う（ステップS12）。1回目の受光では、フィルタ切替部411により、計測物2において後方散乱された光の光路上には第1波長フィルタ412が配置されている。従って、光検出器16は、計測物2において後方散乱され、受光レンズ14及び第1波長フィルタ412を通過した光の受光を行う。光検出器16は、受光した光信号を電気信号に変換する。さらに、この電気信号は、増幅器17により増幅され、AD変換部18によりAD変換されて処理装置420に出力される。この信号は、処理装置420において分配器122に分配され、第1記憶部123aに記憶される。

[0119] 続いて、フィルタ切替部411は、計測物2において後方散乱された光の光路上に配置されたフィルタを第1波長フィルタ412から第2波長フィルタ413に切り替える（ステップS13）。

[0120] その後、光源駆動装置12は、制御部21による制御に従って、光源11から照明レンズ13を介して計測物2への2回目の投光を行う（ステップS14）。

[0121] 同時に、光検出器 1 6 は、2 回目の受光を行う（ステップ S 1 5）。2 回目の受光では、フィルタ切替部 4 1 1 により、計測物 2 において後方散乱された光の光路上には第 2 波長フィルタ 4 1 3 が配置されている。従って、光検出器 1 6 は、計測物 2 において後方散乱され、受光レンズ 1 4 及び第 2 波長フィルタ 4 1 3 を通過した光の受光を行う。光検出器 1 6 は、受光した光信号を電気信号に変換する。さらに、この電気信号は、増幅器 1 7 により増幅され、A/D 変換部 1 8 により A/D 変換されて処理装置 2 0 に出力される。この信号は、処理装置 2 0 において分配器 1 2 2 に分配され、第 2 記憶部 1 2 3 b に記憶される。

[0122] 続いて、内部伝播距離算出部 2 6 は、深度カメラ 4 1 0 の出力に応じて内部伝播距離 ΔZ を算出する（ステップ S 3）。具体的には、内部伝播距離算出部 2 6 は、1 回目の測定で得た信号から基準距離 Z_0 を算出し、2 回目の測定で得た信号の飛行距離 Z_s との差を算出することにより、内部伝播距離 ΔZ を算出する。

[0123] その後、実施の形態 1 と同様の制御が行われ、計測物 2 の光学特性に応じた画像が表示部 4 0 に表示される。

[0124] 以上説明したように、実施の形態 2 によれば、光源部 1 0 A 及び受光部 4 1 0 B が計測物 2 に対して空気層を介して配置されており、直接接触していない。また、距離取得部として、フィルタ切替部 4 1 1 と、第 1 波長フィルタ 4 1 2 と、第 2 波長フィルタ 4 1 3 と、を有し、受光部 4 1 0 B で受光する光の波長を変えて測定を行うことにより基準距離 Z_0 を求めることができるため、内部伝播距離 ΔZ を算出して計測物 2 の内部の光学特性を算出することができる。

[0125] なお、この計測装置 4 0 0 では、第 2 波長フィルタ 4 1 3 を透過する光の波長をより長波長にすることで、計測物 2 のより深部を計測することができる。従って、第 2 波長フィルタ 4 1 3 を透過する光の波長を調整することにより、ユーザが所望の深度を計測することが可能である。

[0126] （変形例 2 - 1）

図25は、実施の形態2の変形例2-1に係る計測装置の構成を示す模式図である。図25に示すように、計測装置500の深度カメラ510の光源部510Aは、駆動させる光源を切り替えるスイッチ511と、第1の波長の光を投光する第1光源512と、第2の波長の光を投光する第2光源513と、を有する。

[0127] この計測装置500では、光源部510Aから投光する光の波長を変えることによって、実施の形態2と同様の測定を行うことができる。なお、受光部410Bは、フィルタ切替部411、第1波長フィルタ412、及び第2波長フィルタ413を有しない構成であってもよい。

[0128] (変形例2-2)

図26は、実施の形態2の変形例2-2の計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。図26に示すように、この計測装置では、計測物2の表面に紫外域の光は反射し、波長540nmの光は透過する基準部材101aが配置されている。基準部材101aを配置する位置は、実施の形態1の変形例1-1と同様であってもよい。

[0129] この構成では、紫外域の光から基準距離Z₀を算出し、波長540nmの光によって計測物2の内部の光学特性を算出する。従って、実施の形態1の変形例1-1と同様に、1回の測定で計測物2の内部の光学特性を測定することができる。ただし、計測物2の表面を覆うように基準部材101aを配置して基準距離Z₀を測定し、その後、基準部材101aを取り除いて飛行距離Z_sを測定してもよい。

[0130] (実施の形態3)

図27は、実施の形態3に係る計測装置の構成を示す模式図である。図27に示すように、計測装置600の処理装置620は、光源11が投光する光の強度変調の周波数を切り替える周波数切替部621を有する。

[0131] 周波数切替部621は、強度変調の周波数を例えば30MHzと3GHzとに切り替える。ここで、変調周波数が30MHzで測定を行った場合の位相ずれを ϕ_1 、変調周波数が3GHzで測定を行った場合の位相ずれを ϕ_2

とすると、計測物 2 が同一であれば $\phi 2 = 100 \times \phi 1$ の関係が成り立つ。すなわち、位相ずれ $\phi 2$ に対して位相ずれ $\phi 1$ は十分小さいため、位相ずれ $\phi 1$ から算出した距離を近似的に基準距離 Z_0 とみなすことができる。そして、位相ずれ $\phi 2$ から算出した距離を飛行距離 Z_s として、これらの差から内部伝播距離 ΔZ を算出することができる。

[0132] 以上説明したように、実施の形態 3 によれば、光源部 10A 及び受光部 10B が計測物 2 に対して空気層を介して配置されており、直接接触していない。また、距離取得部として、周波数切替部 621 により光源部 10A が投光する光の強度変調の周波数を変えて測定を行うことにより基準距離 Z_0 を求めることができるため、内部伝播距離 ΔZ を算出して計測物 2 の内部の光学特性を算出することができる。

[0133] (実施の形態 4)

図 28 は、実施の形態 4 に係る計測装置の構成を示す模式図である。図 28 に示すように、計測装置 700 は、光源部 710A と受光部 710B とが分割して構成されており、受光部 710B は、移動手段としての位置決め機構 750 によって可動するように構成されている。

[0134] 計測装置 700 の処理装置 720 において、内部伝播距離算出部 721 は、所定の異常値を示す画素を判別する判別部 721a と、測定データを補正する補正部 721b と、基準距離 Z_0 を算出する Z_0 算出部 721c と、内部伝播距離 ΔZ を算出する伝播算出部 721d と、を有する。

[0135] 図 29、図 30 は、図 28 に示す計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。計測装置 700 では、図 29 に示すように、受光部 710B を位置 X1 に配置して 1 回目の測定を行い、位置決め機構 750 により受光部 710B を移動量 ΔX だけ移動させ、位置 X2 に配置して 2 回目の測定を行う。受光部 710B の計測範囲 W は、両側開き角度 90° の受光レンズ 14 を用いた場合、 $W = 2Z_0$ となる。

[0136] データ記憶部 123 の第 1 記憶部 123a には、1 回目の測定データが、第 2 記憶部 123b には、2 回目の測定データがそれぞれ記憶されている。

[0137] 判別部 7 2 1 a は、データ記憶部 1 2 3 に記憶された 1 回目の測定データ及び 2 回目の測定データから、それぞれ所定の異常値を示す画素を判別する。図 3 0 に示すように、計測装置 7 0 0 を用いて測定を行う際に、受光部 7 1 0 B の特定の位置に対応する画素 S が周辺の画素と大きく異なる飛行距離 Z_s 及び光強度 A を示す場合がある。判別部 7 2 1 a は、この異常値を示す画素 S を判別する。

[0138] 補正部 7 2 1 b は、異常値を示す画素 S の飛行距離 Z_s 及び光強度 A を、周辺画素の飛行距離 Z_s 及び光強度 A を用いて補正する。

[0139] Z_o 算出部 7 2 1 c は、異常値を示す画素 S の動きから、基準距離 Z_o を算出する。まず、画素 S は、受光部 7 1 0 B を移動させても計測物 2 上での位置が変化しない。このとき、受光部 7 1 0 B が移動量 ΔX だけ移動すると、異常値を示す画素 S は、受光部 7 1 0 B 内で画素数 ΔGN だけ移動する。また、移動方向に配列された全画素数を m とする。移動した距離の比率である $\Delta X / W$ と、移動した画素の比率である $\Delta GN / m$ とは、近似することができるため、以下の式 (9) が成り立つ。

[数8]

$$\frac{\Delta X}{W} = \frac{\Delta GN}{m} \quad \dots (9)$$

[0140] ここに、上述した $W = 2 Z_o$ を代入して整理すると、以下の式 (10) が算出される。

[数9]

$$Z_o = \frac{m \Delta X}{2 \Delta GN} \quad \dots (10)$$

[0141] Z_o 算出部 7 2 1 c は、位置指令部 2 2 1 から移動量 ΔX を取得するとともに、測定データから画素数 ΔGN を取得して、式 (10) に代入することにより基準距離 Z_o を算出する。

[0142] 伝播算出部 7 2 1 d は、補正部 7 2 1 b が出力する補正された測定データと、 Z_0 算出部 7 2 1 c が算出した基準距離 Z_0 とを用いて内部伝播距離 ΔZ を算出する。なお、伝播算出部 7 2 1 d は、1 回目の測定データと 2 回目の測定データとのどちらのデータから内部伝播距離 ΔZ を算出してもよいし、1 回目の測定データと 2 回目の測定データとの平均値から内部伝播距離 ΔZ を算出してもよい。

[0143] 以上説明したように、実施の形態 4 によれば、光源部 7 1 0 A 及び受光部 7 1 0 B が計測物 2 に対して空気層を介して配置されており、直接接触していない。また、距離取得部として、受光部 7 1 0 B を移動させる前後の位置で測定を行うことにより基準距離 Z_0 を求めることができるため、内部伝播距離 ΔZ を算出して計測物 2 の内部の光学特性を算出することができる。

[0144] (変形例 4 - 1)

図 3 1 は、実施の形態 4 の変形例 4 - 1 に係る計測装置で計測物を計測する様子を表す図である。図 3 1 に示すように、この計測装置では、光源部 7 1 0 A を移動させて測定を行うことにより、実施の形態 4 と同様に基準距離 Z_0 を算出する。

[0145] なお、実施の形態 4 及び変形例 4 - 1 において、光源部 7 1 0 A 又は受光部 7 1 0 B を水平方向に移動させることにより基準距離 Z_0 を算出したが、これに限られない。例えば、光源部 7 1 0 A 又は受光部 7 1 0 B を鉛直方向に移動させることにより基準距離 Z_0 を算出してもよい。

[0146] また、実施の形態 4 及び変形例 4 - 1 において、光源部 7 1 0 A 又は受光部 7 1 0 B を移動させる構成を説明したが、これに限られない。異なる位置に複数の光源部 7 1 0 A 又は受光部 7 1 0 B が配置されており、順次動作させる光源部 7 1 0 A 又は受光部 7 1 0 B を切り替えることにより、基準距離 Z_0 を算出してもよい。

[0147] また、上述した実施の形態では、照明レンズ 1 3 は、拡散レンズとして説明したがこれに限らない。図 3 2 は、照明レンズが集光レンズである場合の計測装置の概略構成図である。図 3 2 のように、照明レンズとして集光レン

ズ 1 3 a を用いてもよい。図 3 3 は、照明レンズの代わりに光ガイドを備える計測装置の概略構成図である。図 3 3 のように、照明レンズの代わりに、光源 1 1 から投光された光をガイドする光ガイド 1 3 b を用いてもよい。光ガイド 1 3 b は、内部が鏡面の筒であってもよく、光ファイバであってもよい。

[0148] また、上述した実施の形態において、T O F 計測部 2 2 が、T O F 情報として、光源 1 1 から投光する光と光検出器 1 6 が受光した光との強度変調の位相ずれを算出する構成を説明したがこれに限らない。例えば、光源 1 1 から投光する光がパルス光である場合、T O F 計測部 2 2 は、T O F 情報として、光源 1 1 からパルス光を投光し、計測物 2 からの戻り光を受光するまでの時間遅れを計測する。そして、距離算出部 2 3 は、T O F 計測部 2 2 が計測した時間遅れから飛行距離 Z_s を算出する。

[0149] さらに効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。よって、本発明のより広範な態様は、以上のように表わしかつ記述した特定の詳細及び代表的な実施形態に限定されるものではない。従って、添付のクレーム及びその均等物によって定義される総括的な発明の概念の精神又は範囲から逸脱することなく、様々な変更が可能である。

符号の説明

[0150] 1、1 0 0、2 0 0、3 0 0、4 0 0、5 0 0、6 0 0、7 0 0、8 0 0、9 0 0 計測装置
2 計測物
1 0、4 1 0、5 1 0、8 1 0、9 1 0 深度カメラ
1 0 A、5 1 0 A、7 1 0 A、8 1 0 A、9 1 0 A 光源部
1 0 B、4 1 0 B、7 1 0 B、8 1 0 B 受光部
1 1 光源
1 2 光源駆動装置
1 3 照明レンズ
1 3 a 集光レンズ

1 3 b 光ガイド

1 4 受光レンズ

1 5 波長フィルタ

1 6 光検出器

1 7 増幅器

1 8 A D変換部

2 0、1 2 0、2 2 0、3 2 0、4 2 0、6 2 0、7 2 0、8 2 0 処理

装置

2 1 制御部

2 2 T O F 計測部

2 3 距離算出部

2 4 Z o 取得部

2 5 光強度算出部

2 6、7 2 1 内部伝播距離算出部

2 7 逆解析演算部

2 8 画像生成部

3 0 入力部

4 0 表示部

5 0 距離固定機構

5 1 当接部

5 2 アーム部

1 0 1、1 0 1 a 基準部材

1 0 2 透明部材

1 2 1 判定器

1 2 2 分配器

1 2 3、8 2 3 データ記憶部

1 2 3 a、8 2 3 a 第 1 記憶部

1 2 3 b 第 2 記憶部

2 2 1 位置指令部
2 2 2、7 2 1 c Z o 算出部
2 5 0、7 5 0 位置決め機構
2 5 1 当て付け部材
2 5 2 可動部
3 2 1 判定部
3 6 0 接触センサ
4 1 1 フィルタ切替部
4 1 2 第1波長フィルタ
4 1 3 第2波長フィルタ
4 2 1 測定カウンタ
5 1 1 スイッチ
5 1 2 第1光源
5 1 3 第2光源
6 2 1 周波数切替部
7 2 1 a 判別部
7 2 1 b 補正部
7 2 1 d 伝播算出部
8 1 1 パターンフィルタ
8 1 2 位置変更手段
8 1 3、9 1 1 偏光素子
8 2 3 n 第n記憶部
d 1、d 2 厚さ
B 破線
L a 長さ
S、S 1 画素
T 閾値
Z b、Z m 距離

Z_o 基準距離

Z_s 飛行距離

ΔZ 内部伝播距離

請求の範囲

- [請求項1] 計測物に対して気体層又は真空層を介して配置されており、前記計測物に対してパルス光又は周期的に強度を変調させた光を投光する光源部と、
- 前記計測物に対して前記気体層又は前記真空層を介して配置されており、前記光源部が投光した光の前記計測物における後方散乱光を受光する受光部と、
- 前記光源部が投光した光と、前記受光部が受光した前記後方散乱光とのTOF情報を計測するTOF計測部と、
- を備えることを特徴とする計測装置。
- [請求項2] 前記計測物の表面から前記光源部及び前記受光部までの距離を取得する距離取得部と、
- 前記TOF計測部が計測した前記TOF情報と、前記距離取得部が取得した前記距離とに応じて、前記計測物内における内部伝播距離を算出する内部伝播距離算出部と、
- を備えることを特徴とする請求項1に記載の計測装置。
- [請求項3] 前記受光部が受光した光の光強度を算出する光強度算出部と、
- 前記光強度算出部が算出した前記光強度と、前記内部伝播距離算出部が算出した前記内部伝播距離とに応じて、前記計測物の光学特性を演算する演算部と、
- を備えることを特徴とする請求項2に記載の計測装置。
- [請求項4] 前記演算部は、逆解析により前記計測物の前記光学特性を演算する逆解析演算部を含むことを特徴とする請求項3に記載の計測装置。
- [請求項5] 前記演算部が演算する前記光学特性は、散乱係数、吸収係数、又は非等方パラメータの少なくともいずれか1つを含むことを特徴とする請求項3又は4に記載の計測装置。
- [請求項6] 前記演算部が演算した前記光学特性に基づいて、画像を生成する画像生成部を備えることを特徴とする請求項3～5のいずれか1つに記

載の計測装置。

- [請求項7] 前記距離取得部は、前記距離を固定する距離固定機構と、前記距離を取得する基準距離取得部を含むことを特徴とする請求項2～6のいずれか1つに記載の計測装置。
- [請求項8] 前記距離取得部は、前記計測物と前記気体層又は前記真空層の間に配置される基準部材を含み、前記基準部材から前記光源部及び前記受光部までの距離をそれぞれ取得することを特徴とする請求項2～6のいずれか1つに記載の計測装置。
- [請求項9] 前記受光部が光を受光する領域の一部に前記基準部材が配置されていることを特徴とする請求項8に記載の計測装置。
- [請求項10] 前記基準部材は、透明部材上に配置されていることを特徴とする請求項8又は9に記載の計測装置。
- [請求項11] 前記距離取得部は、複数の前記基準部材を有することを特徴とする請求項8～10のいずれか1つに記載の計測装置。
- [請求項12] 前記計測物に当て付ける当て付け部材と、前記当て付け部材の位置決めを行う位置決め機構と、前記当て付け部材の長さや前記当て付け部材の前記計測物の表面に対する位置とから前記距離を算出する基準距離算出部と、を含むことを特徴とする請求項2～6のいずれか1つに記載の計測装置。
- [請求項13] 前記当て付け部材の先端に接触センサが配置されていることを特徴とする請求項12に記載の計測装置。
- [請求項14] 前記光源部は、前記計測物に投光する光源と、前記光源から前記計測物に投光された光が空間的に明部と暗部とを周期的に繰り返す照度分布を形成するように光を透過する光学素子と、を有することを特徴とする請求項2～6のいずれか1つに記載の計測装置。
- [請求項15] 前記照度分布を変化させる照度分布変化手段を備え、
前記受光部は、前記照度分布変化手段により前記照度分布を変化させた前記照度分布が異なる複数の前記後方散乱光を受光し、

前記内部伝播距離算出部は、前記受光部が受光した複数の前記後方散乱光の前記暗部の計測結果を用いて、前記内部伝播距離を算出することを特徴とする請求項 14 に記載の計測装置。

[請求項16] 前記距離取得部は、前記受光部が受光した複数の前記後方散乱光の前記明部及び前記暗部の計測結果を用いて、前記距離を算出することを特徴とする請求項 15 に記載の計測装置。

[請求項17] 前記距離取得部は、前記受光部が受光した複数の前記後方散乱光のうち、2つ以上の前記後方散乱光の前記明部及び前記暗部の計測結果を用いて、前記距離を算出し、

前記内部伝播距離算出部は、前記受光部が受光した複数の前記後方散乱光のうち、2つ以上の前記後方散乱光の前記暗部の計測結果を用いて、前記内部伝播距離を算出することを特徴とする請求項 15 に記載の計測装置。

[請求項18] 前記照度分布変化手段は、前記光学素子の位置を移動させることを特徴とする請求項 15～17 のいずれか1つに記載の計測装置。

[請求項19] 前記照度分布変化手段は、前記光源の位置を移動させることを特徴とする請求項 15～17 のいずれか1つに記載の計測装置。

[請求項20] 前記光学素子は、選択的に光を透過するパターンフィルタであることを特徴とする請求項 14～19 のいずれか1つに記載の計測装置。

[請求項21] 前記光学素子は、所定の偏光の光を選択的に透過する偏光素子であることを特徴とする請求項 14～19 のいずれか1つに記載の計測装置。

[請求項22] 前記受光部は、互いに異なる複数の所定の波長帯域の光のみをそれぞれ透過させる複数の波長フィルタを有し、前記各所定の波長帯域で受光を行うことを特徴とする請求項 1～6 のいずれか1つに記載の計測装置。

[請求項23] 前記光源部は、互いに異なる複数の所定の波長帯域の光をそれぞれ投光する複数の光源を有し、前記各所定の波長帯域で投光を行うこと

を特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 つに記載の計測装置。

[請求項24] 前記光源部は、互いに異なる複数の変調周波数の光を投光する光源を有し、前記各変調周波数で投光を行うことを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 つに記載の計測装置。

[請求項25] 前記光源部又は前記受光部を移動させる移動手段を備え、前記移動の前後において投光及び受光を行うことを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 つに記載の計測装置。

[請求項26] 前記受光部は、所定の波長帯域の光のみを透過させる波長フィルタを有することを特徴とする請求項 1 ～ 25 のいずれか 1 つに記載の計測装置。

[請求項27] 前記光源部は、前記計測物に投光する光源と、前記光源から投光された光を拡散させる拡散レンズと、を有することを特徴とする請求項 1 ～ 26 のいずれか 1 つに記載の計測装置。

[請求項28] 前記光源部は、前記計測物に投光する光源と、前記光源から投光された光を集光する集光レンズと、を有することを特徴とする請求項 1 ～ 26 のいずれか 1 つに記載の計測装置。

[請求項29] 前記光源部は、前記計測物に投光する光源と、前記光源から投光された光が前記計測物に投光される範囲を限定するようにガイドする光ガイドと、を有することを特徴とする請求項 1 ～ 26 のいずれか 1 つに記載の計測装置。

[請求項30] 計測物に対して気体層又は真空層を介して光源部及び受光部が配置されており、前記計測物に対してパルス光又は周期的に強度を変調させた光を投光するとともに、前記光源部が投光した光の前記計測物における後方散乱光を受光する計測装置を用いた計測方法であって、
前記光源部が投光した光と、前記受光部が受光した前記後方散乱光との T O F 情報を計測する計測ステップを含むことを特徴とする計測方法。

[請求項31] 前記計測物の表面及び前記計測物の内部から前記光源部及び前記受

光部までの前記 T O F 情報に基づく距離をそれぞれ取得する距離取得ステップと、

計測した前記 T O F 情報と、取得した前記距離とに応じて、前記計測物内における内部伝播距離を算出する内部伝播距離算出ステップと、

を含むことを特徴とする請求項 3 0 に記載の計測方法。

[請求項 32] 前記受光部が受光した光の光強度を算出する光強度算出ステップと、

算出した前記光強度と、算出した前記内部伝播距離とに応じて、前記計測物の光学特性を演算する演算ステップと、

を含むことを特徴とする請求項 3 1 に記載の計測方法。

[請求項 33] 逆解析により前記計測物の前記光学特性を演算する逆解析演算ステップを含むことを特徴とする請求項 3 2 に記載の計測方法。

[請求項 34] 演算した前記光学特性に基づいて、画像を生成する画像生成ステップを含むことを特徴とする請求項 3 2 又は 3 3 に記載の計測方法。

[請求項 35] 前記光源部による投光及び前記受光部による受光を複数回行うことを特徴とする請求項 3 1 ～ 3 4 のいずれか 1 つに記載の計測方法。

補正された請求の範囲
[2017年7月14日(14.07.2017)国際事務局受理]

[請求項1] (補正後) 計測物に対して気体層又は真空層を介して配置されており、前記計測物に対してパルス光又は周期的に強度を変調させた光を投光する光源部と、

前記計測物に対して前記気体層又は前記真空層を介して配置されており、前記光源部が投光した光の前記計測物における後方散乱光を受光する受光部と、

前記光源部が投光した光と、前記受光部が受光した前記後方散乱光とのTOF情報を計測するTOF計測部と、

前記計測物の表面から前記光源部及び前記受光部までの距離を取得する距離取得部と、

前記TOF計測部が計測した前記TOF情報と、前記距離取得部が取得した前記距離とに応じて、前記計測物内における内部伝播距離を算出する内部伝播距離算出部と、

を備えることを特徴とする計測装置。

[請求項2] (削除)

[請求項3] (補正後) 前記受光部が受光した光の光強度を算出する光強度算出部と、

前記光強度算出部が算出した前記光強度と、前記内部伝播距離算出部が算出した前記内部伝播距離とに応じて、前記計測物の光学特性を演算する演算部と、

を備えることを特徴とする請求項1に記載の計測装置。

[請求項4] 前記演算部は、逆解析により前記計測物の前記光学特性を演算する逆解析演算部を含むことを特徴とする請求項3に記載の計測装置。

[請求項5] 前記演算部が演算する前記光学特性は、散乱係数、吸収係数、又は非等方パラメータの少なくともいずれか1つを含むことを特徴とする請求項3又は4に記載の計測装置。

[請求項6] 前記演算部が演算した前記光学特性に基づいて、画像を生成する画像生成部を備えることを特徴とする請求項3～5のいずれか1つに記載の計測装置。

[請求項7] (補正後) 前記距離取得部は、前記距離を固定する距離固定機構と、前記距離を取得する基準距離取得部を含むことを特徴とする請求項1、3～6のいずれか1つ

に記載の計測装置。

〔請求項 8〕（補正後） 前記距離取得部は、前記計測物と前記気体層又は前記真空層の間に配置される基準部材を含み、前記基準部材から前記光源部及び前記受光部までの距離をそれぞれ取得することを特徴とする請求項 1、3～6 のいずれか 1 つに記載の計測装置。

〔請求項 9〕 前記受光部が光を受光する領域の一部に前記基準部材が配置されていることを特徴とする請求項 8 に記載の計測装置。

〔請求項 10〕 前記基準部材は、透明部材上に配置されていることを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の計測装置。

〔請求項 11〕 前記距離取得部は、複数の前記基準部材を有することを特徴とする請求項 8～10 のいずれか 1 つに記載の計測装置。

〔請求項 12〕（補正後） 前記計測物に当て付ける当て付け部材と、前記当て付け部材の位置決めを行う位置決め機構と、前記当て付け部材の長さや前記当て付け部材の前記計測物の表面に対する位置とから前記距離を算出する基準距離算出部と、を含むことを特徴とする請求項 1、3～6 のいずれか 1 つに記載の計測装置。

〔請求項 13〕 前記当て付け部材の先端に接触センサが配置されていることを特徴とする請求項 12 に記載の計測装置。

〔請求項 14〕（補正後） 前記光源部は、前記計測物に投光する光源と、前記光源から前記計測物に投光された光が空間的に明部と暗部とを周期的に繰り返す照度分布を形成するように光を透過する光学素子と、を有することを特徴とする請求項 1、3～6 のいずれか 1 つに記載の計測装置。

〔請求項 15〕 前記照度分布を変化させる照度分布変化手段を備え、
前記受光部は、前記照度分布変化手段により前記照度分布を変化させた前記照度分布が異なる複数の前記後方散乱光を受光し、

前記内部伝播距離算出部は、前記受光部が受光した複数の前記後方散乱光の前記暗部の

計測結果を用いて、前記内部伝播距離を算出することを特徴とする請求項14に記載の計測装置。

〔請求項16〕 前記距離取得部は、前記受光部が受光した複数の前記後方散乱光の前記明部及び前記暗部の計測結果を用いて、前記距離を算出することを特徴とする請求項15に記載の計測装置。

〔請求項17〕 前記距離取得部は、前記受光部が受光した複数の前記後方散乱光のうち、2つ以上の前記後方散乱光の前記明部及び前記暗部の計測結果を用いて、前記距離を算出し、

前記内部伝播距離算出部は、前記受光部が受光した複数の前記後方散乱光のうち、2つ以上の前記後方散乱光の前記暗部の計測結果を用いて、前記内部伝播距離を算出することを特徴とする請求項15に記載の計測装置。

〔請求項18〕 前記照度分布変化手段は、前記光学素子の位置を移動させることを特徴とする請求項15～17のいずれか1つに記載の計測装置。

〔請求項19〕 前記照度分布変化手段は、前記光源の位置を移動させることを特徴とする請求項15～17のいずれか1つに記載の計測装置。

〔請求項20〕 前記光学素子は、選択的に光を透過するパターンフィルタであることを特徴とする請求項14～19のいずれか1つに記載の計測装置。

〔請求項21〕 前記光学素子は、所定の偏光の光を選択的に透過する偏光素子であることを特徴とする請求項14～19のいずれか1つに記載の計測装置。

〔請求項22〕（補正後） 前記受光部は、互いに異なる複数の所定の波長帯域の光のみをそれぞれ透過させる複数の波長フィルタを有し、前記各所定の波長帯域で受光を行うことを特徴とする請求項1、3～6のいずれか1つに記載の計測装置。

〔請求項23〕（補正後） 前記光源部は、互いに異なる複数の所定の波長帯域の光をそれぞれ投光する複数の光源を有し、前記各所定の波長帯域で投光を行うことを特徴とする請求項1、3～6のいずれか1つに記載の計測装置。

〔請求項 2 4〕（補正後） 前記光源部は、互いに異なる複数の変調周波数の光を投光する光源を有し、前記各変調周波数で投光を行うことを特徴とする請求項 1、3～6 のいずれか 1 つに記載の計測装置。

〔請求項 2 5〕（補正後） 前記光源部又は前記受光部を移動させる移動手段を備え、前記移動の前後において投光及び受光を行うことを特徴とする請求項 1、3～6 のいずれか 1 つに記載の計測装置。

〔請求項 2 6〕（補正後） 前記受光部は、所定の波長帯域の光のみを透過させる波長フィルタを有することを特徴とする請求項 1、3～2 5 のいずれか 1 つに記載の計測装置。

〔請求項 2 7〕（補正後） 前記光源部は、前記計測物に投光する光源と、前記光源から投光された光を拡散させる拡散レンズと、を有することを特徴とする請求項 1、3～2 6 のいずれか 1 つに記載の計測装置。

〔請求項 2 8〕（補正後） 前記光源部は、前記計測物に投光する光源と、前記光源から投光された光を集光する集光レンズと、を有することを特徴とする請求項 1、3～2 6 のいずれか 1 つに記載の計測装置。

〔請求項 2 9〕（補正後） 前記光源部は、前記計測物に投光する光源と、前記光源から投光された光が前記計測物に投光される範囲を限定するようにガイドする光ガイドと、を有することを特徴とする請求項 1、3～2 6 のいずれか 1 つに記載の計測装置。

〔請求項 3 0〕（補正後） 計測物に対して気体層又は真空層を介して光源部及び受光部が配置されており、前記計測物に対してパルス光又は周期的に強度を変調させた光を投光するとともに、前記光源部が投光した光の前記計測物における後方散乱光を受光する計測装置を用いた計測方法であって、

前記光源部が投光した光と、前記受光部が受光した前記後方散乱光との T O F 情報を計測する計測ステップと、

前記計測物の表面及び前記計測物の内部から前記光源部及び前記受光部までの前記 T O F 情報に基づく距離をそれぞれ取得する距離取得ステップと、

計測した前記TOF情報と、取得した前記距離とに応じて、前記計測物内における内部伝播距離を算出する内部伝播距離算出ステップと、

を含むことを特徴とする計測方法。

[請求項31] (削除)

[請求項32] (補正後) 前記受光部が受光した光の光強度を算出する光強度算出ステップと、

算出した前記光強度と、算出した前記内部伝播距離とに応じて、前記計測物の光学特性を演算する演算ステップと、

を含むことを特徴とする請求項30に記載の計測方法。

[請求項33] 逆解析により前記計測物の前記光学特性を演算する逆解析演算ステップを含むことを特徴とする請求項32に記載の計測方法。

[請求項34] 演算した前記光学特性に基づいて、画像を生成する画像生成ステップを含むことを特徴とする請求項32又は33に記載の計測方法。

[請求項35] (補正後) 前記光源部による投光及び前記受光部による受光を複数回行うことを特徴とする請求項30、32～34のいずれか1つに記載の計測方法。

条約第19条（1）に基づく説明書

請求項 1 では、補正前の請求項 2 を根拠として、「前記計測物の表面から前記光源部及び前記受光部までの距離を取得する距離取得部と、前記 T O F 計測部が計測した前記 T O F 情報と、前記距離取得部が取得した前記距離とに応じて、前記計測物内における内部伝播距離を算出する内部伝播距離算出部と、」という部分を追加した。

請求項 2 は削除した。

請求項 3、7、8、12、14、22～29 では、形式的な従属関係の補正を行った。

請求項 4～6、9～11、13、15～21 は変更していない。

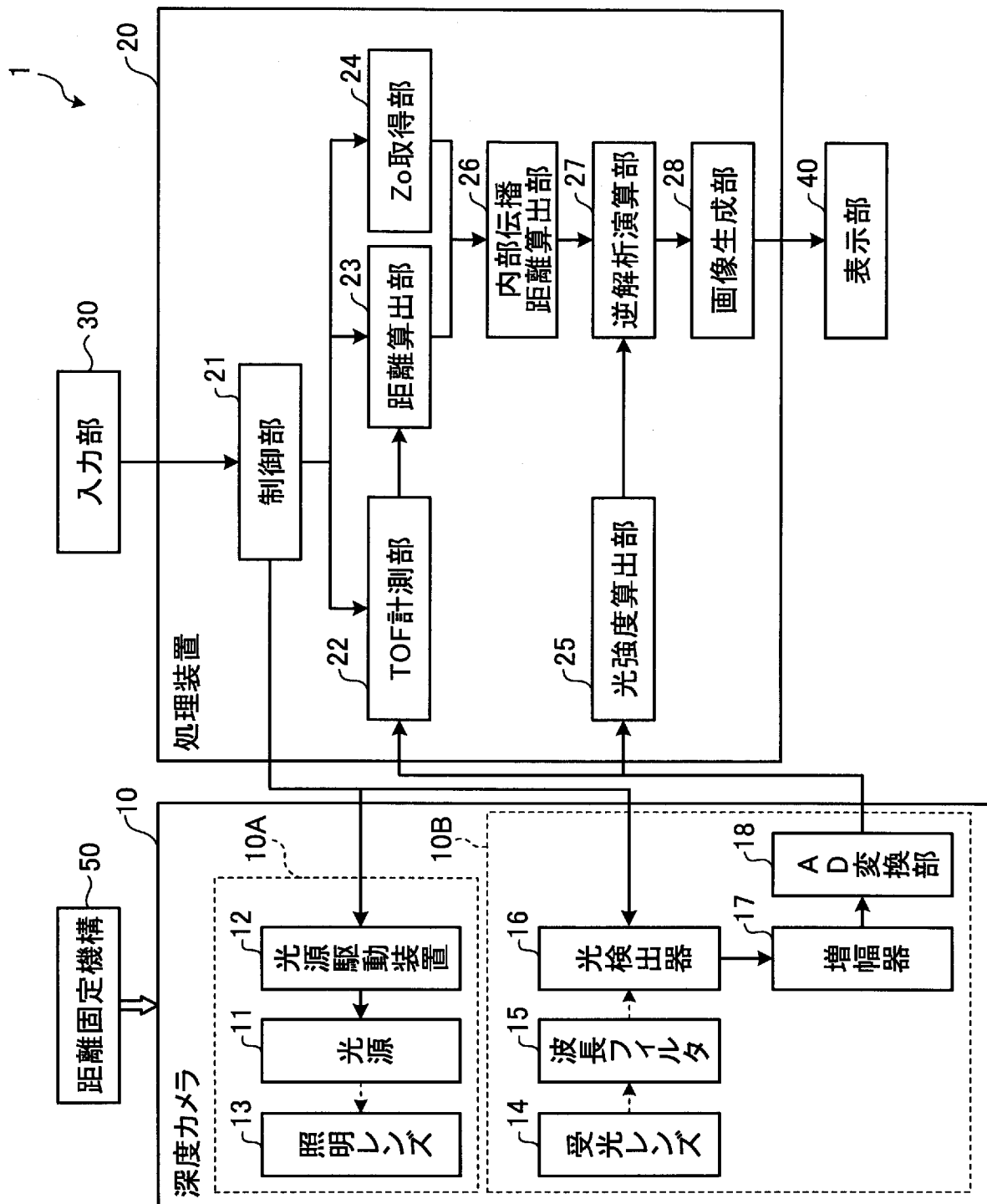
請求項 30 では、補正前の請求項 31 を根拠として、「前記計測物の表面及び前記計測物の内部から前記光源部及び前記受光部までの前記 T O F 情報に基づく距離をそれぞれ取得する距離取得ステップと、計測した前記 T O F 情報と、取得した前記距離とに応じて、前記計測物内における内部伝播距離を算出する内部伝播距離算出ステップと、」という部分を追加した。

請求項 31 は削除した。

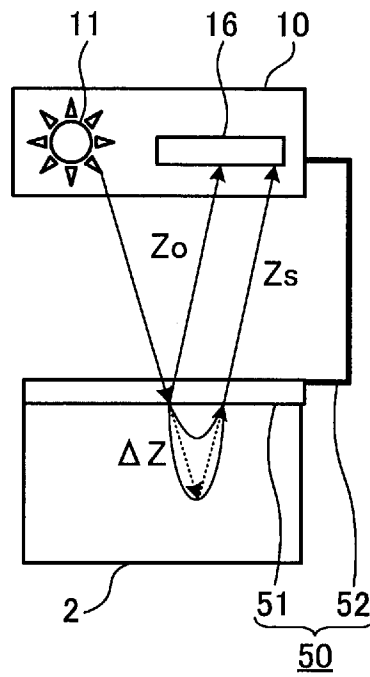
請求項 32、35 では、形式的な従属関係の補正を行った。

請求項 33、34 は変更していない。

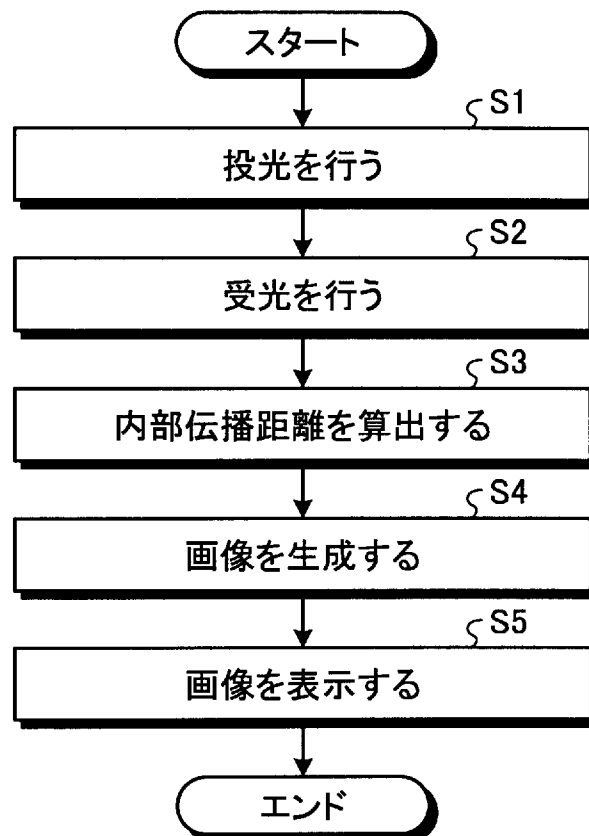
[図1]



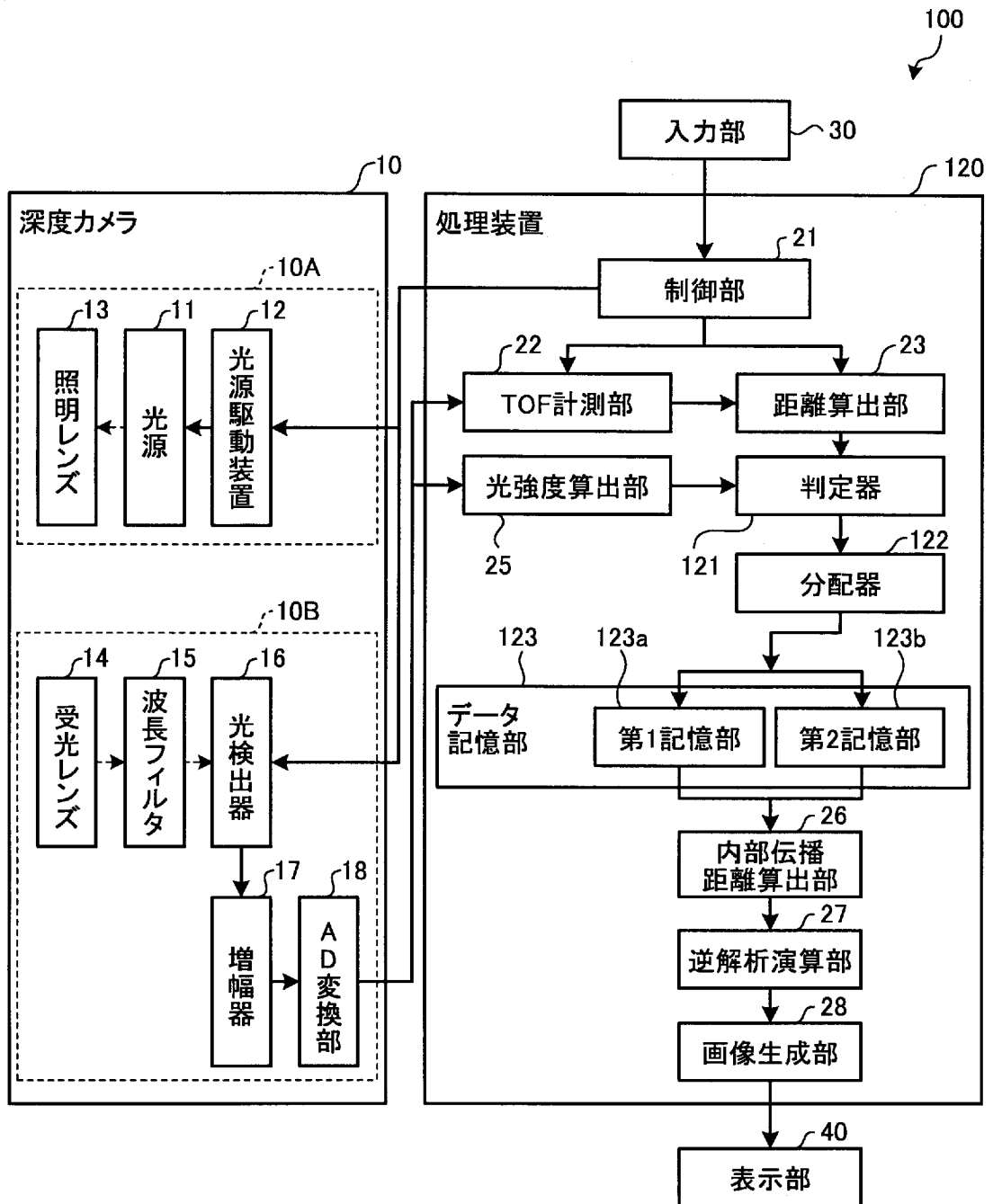
[図2]



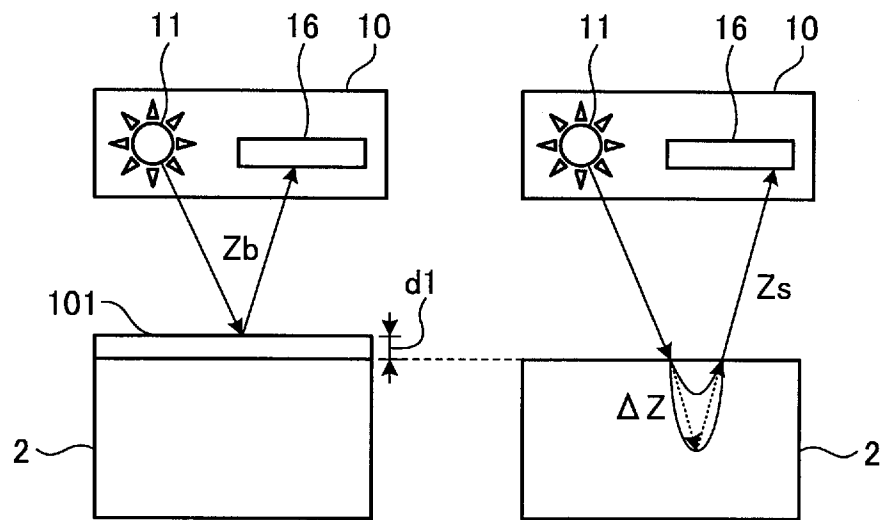
[図3]



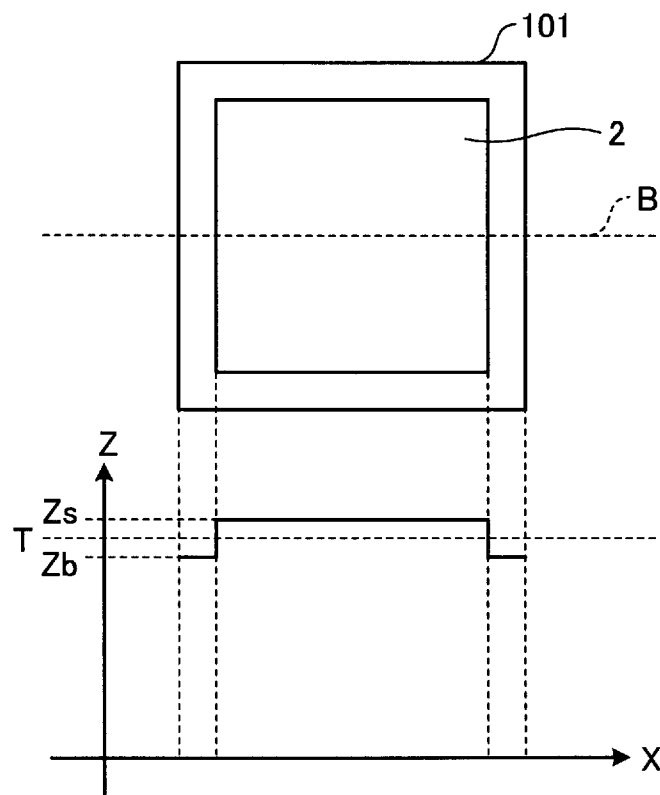
[図4]



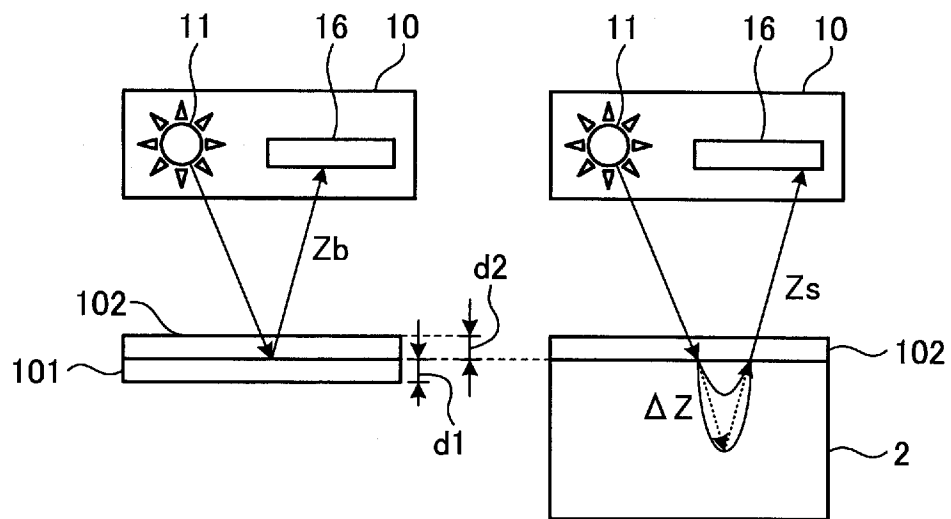
[図5]



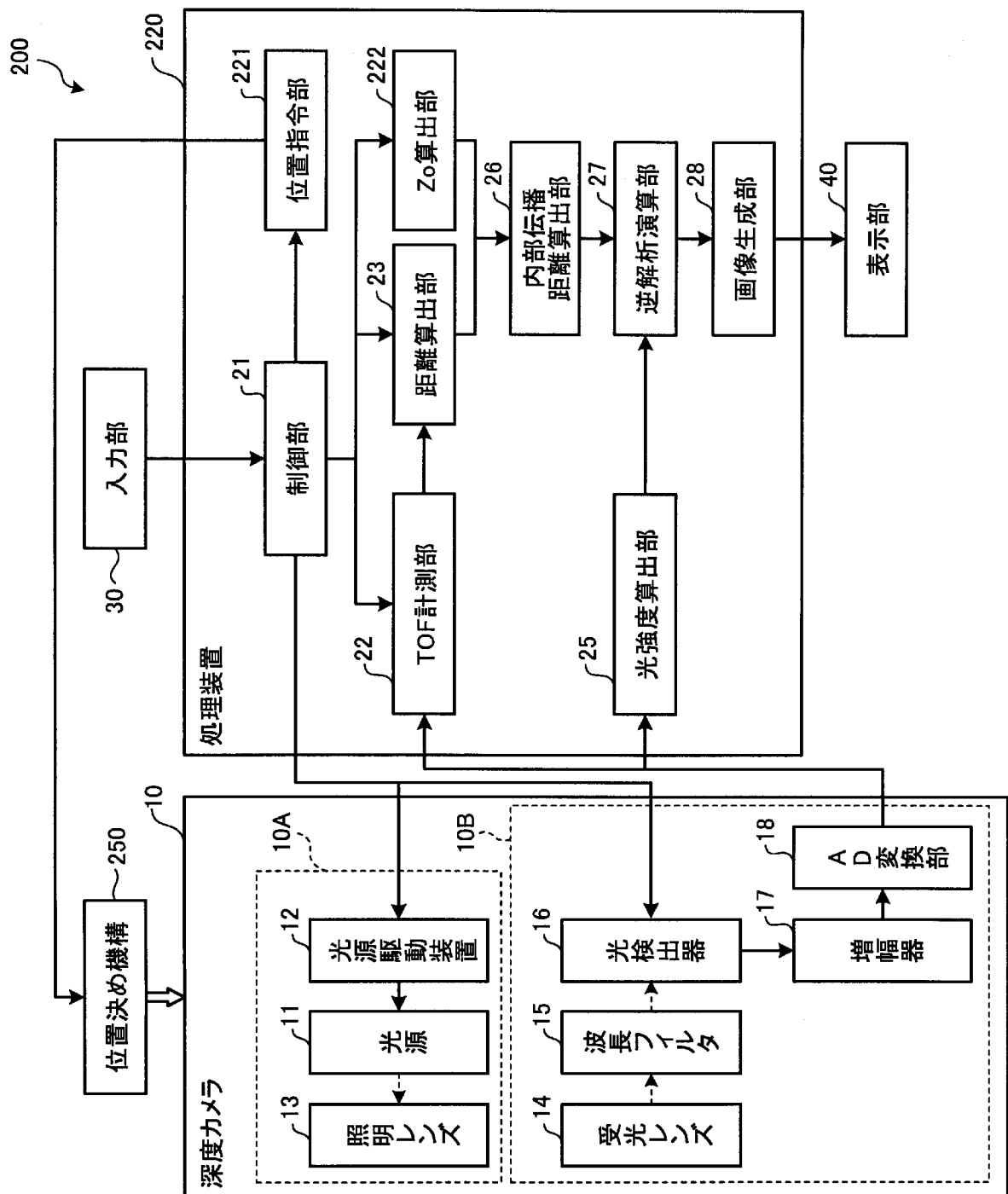
[図6]



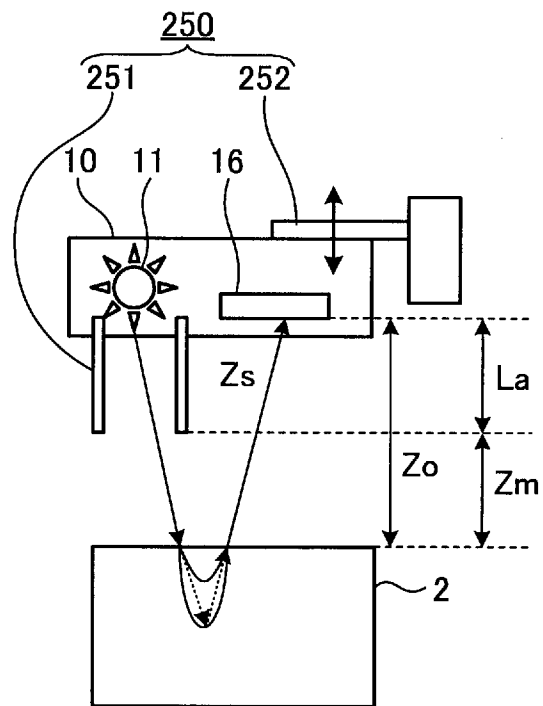
[図7]



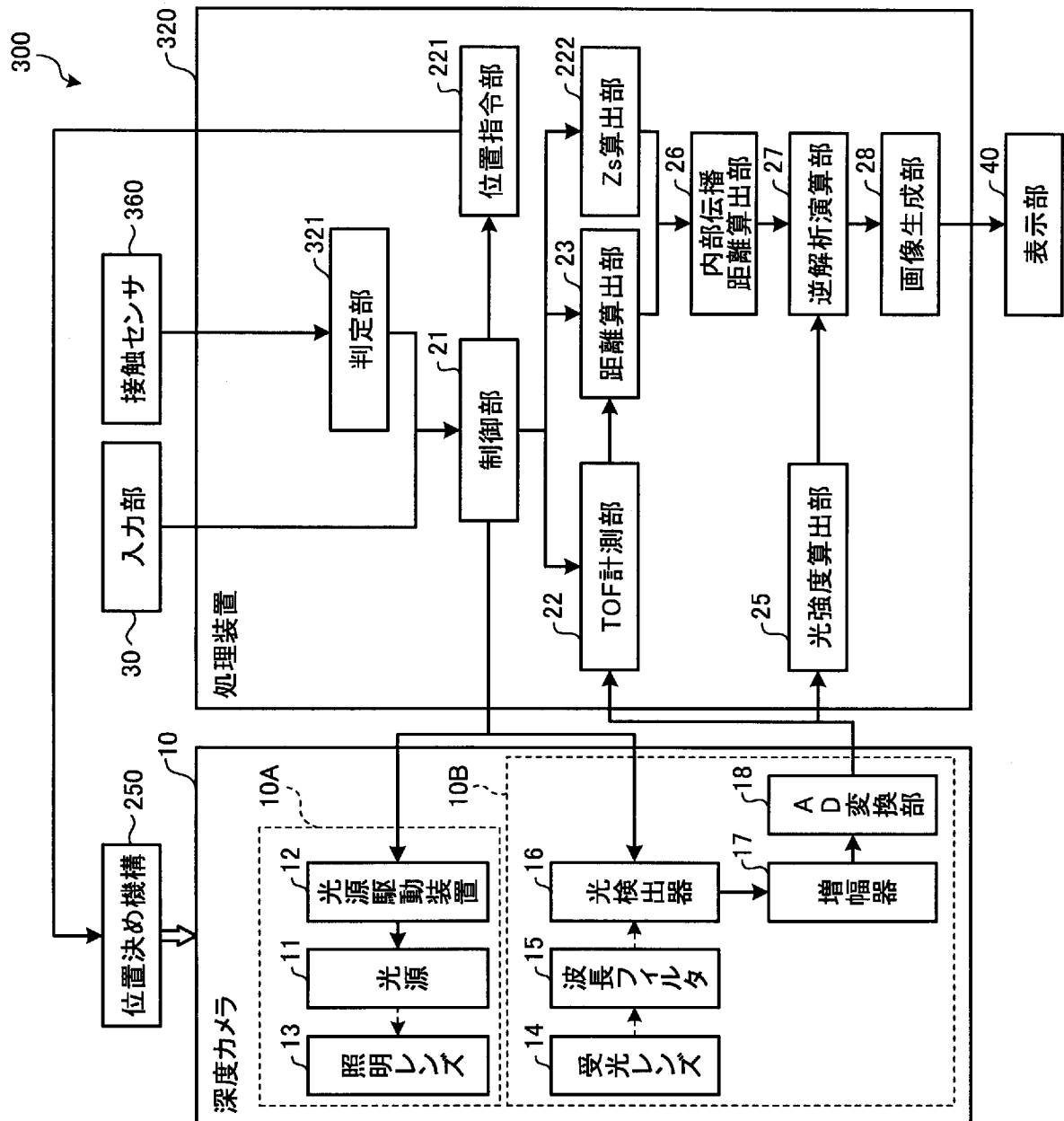
[図8]



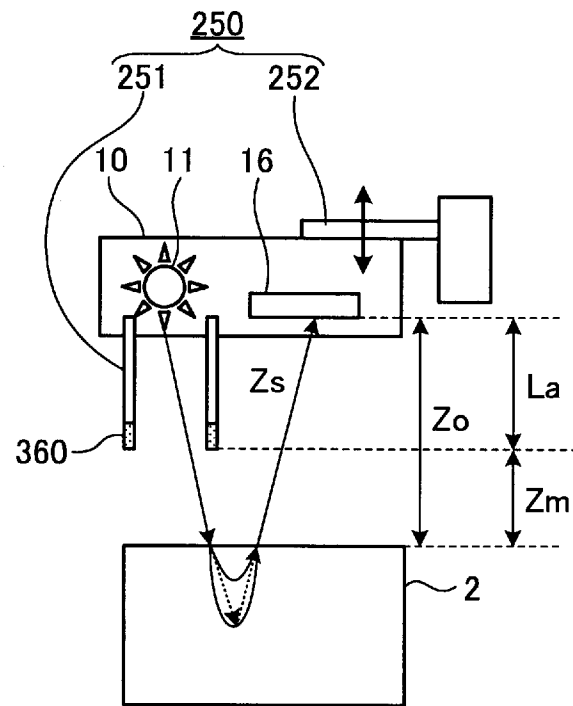
[図9]



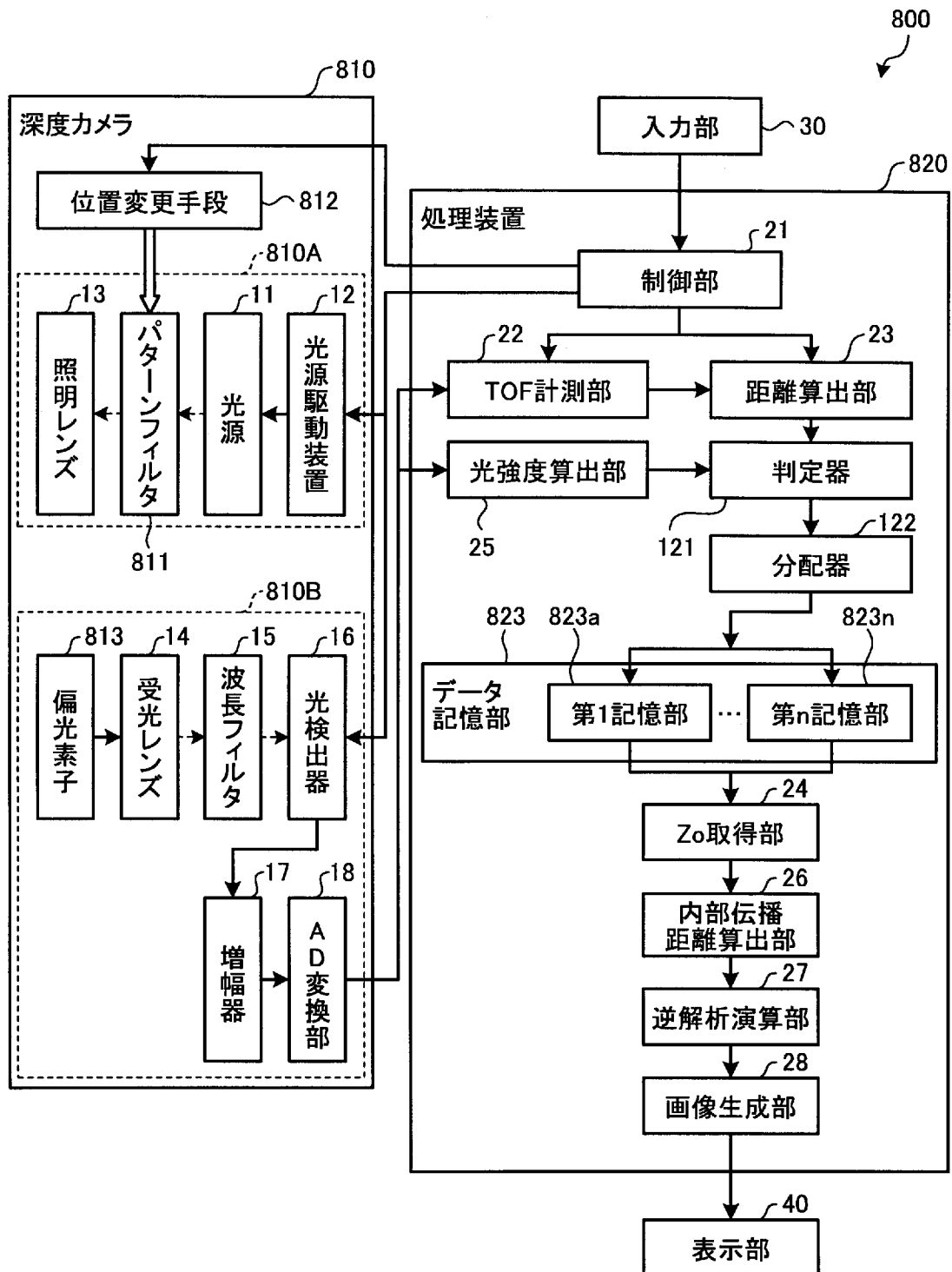
[図10]



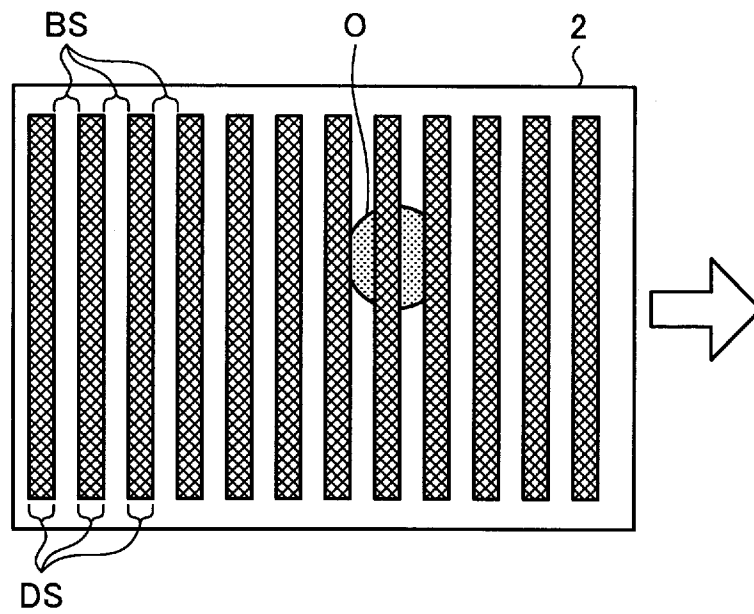
[図11]



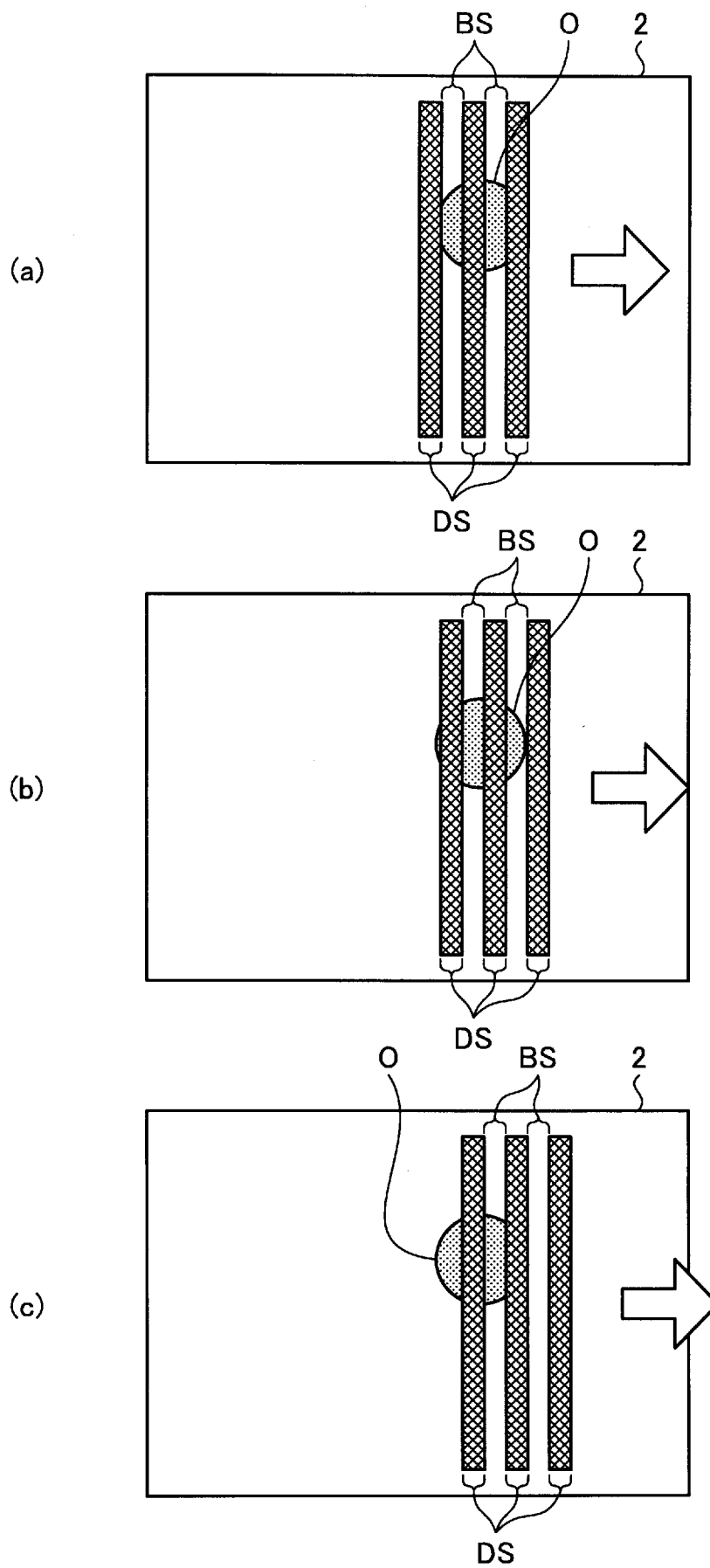
[図12]



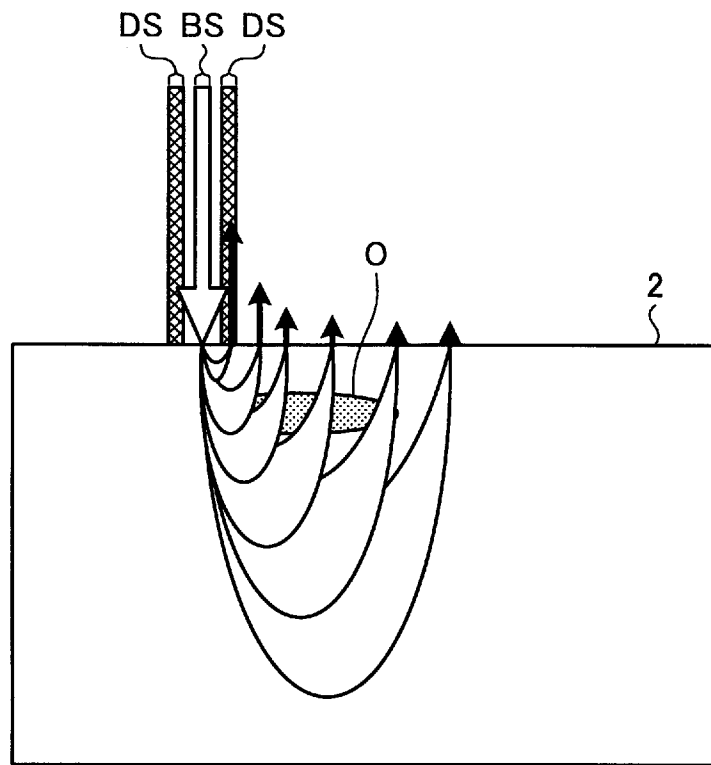
[図13]



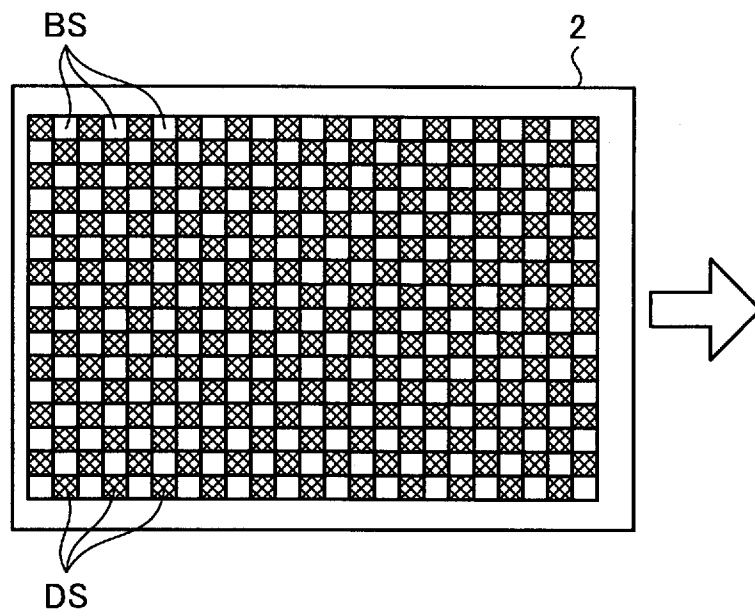
[図14]



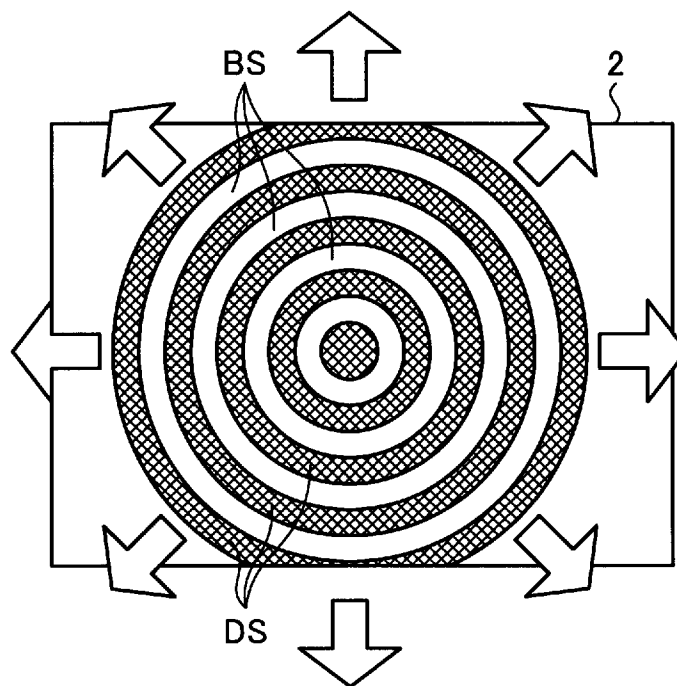
[図15]



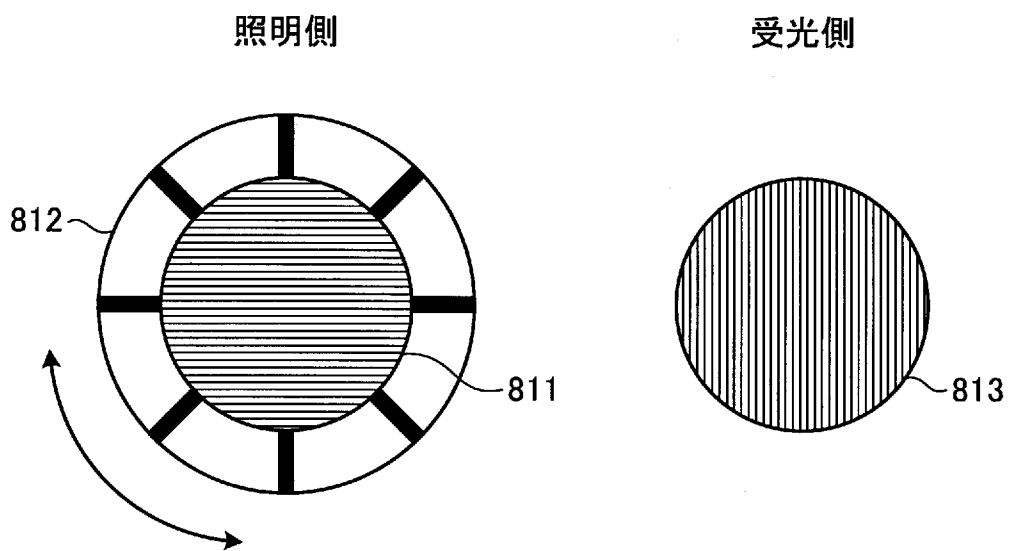
[図16]



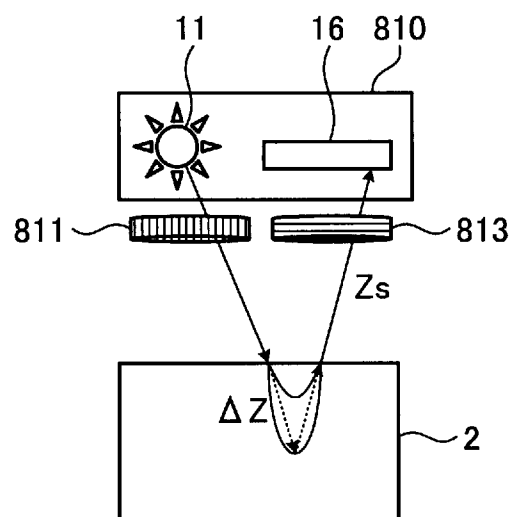
[図17]



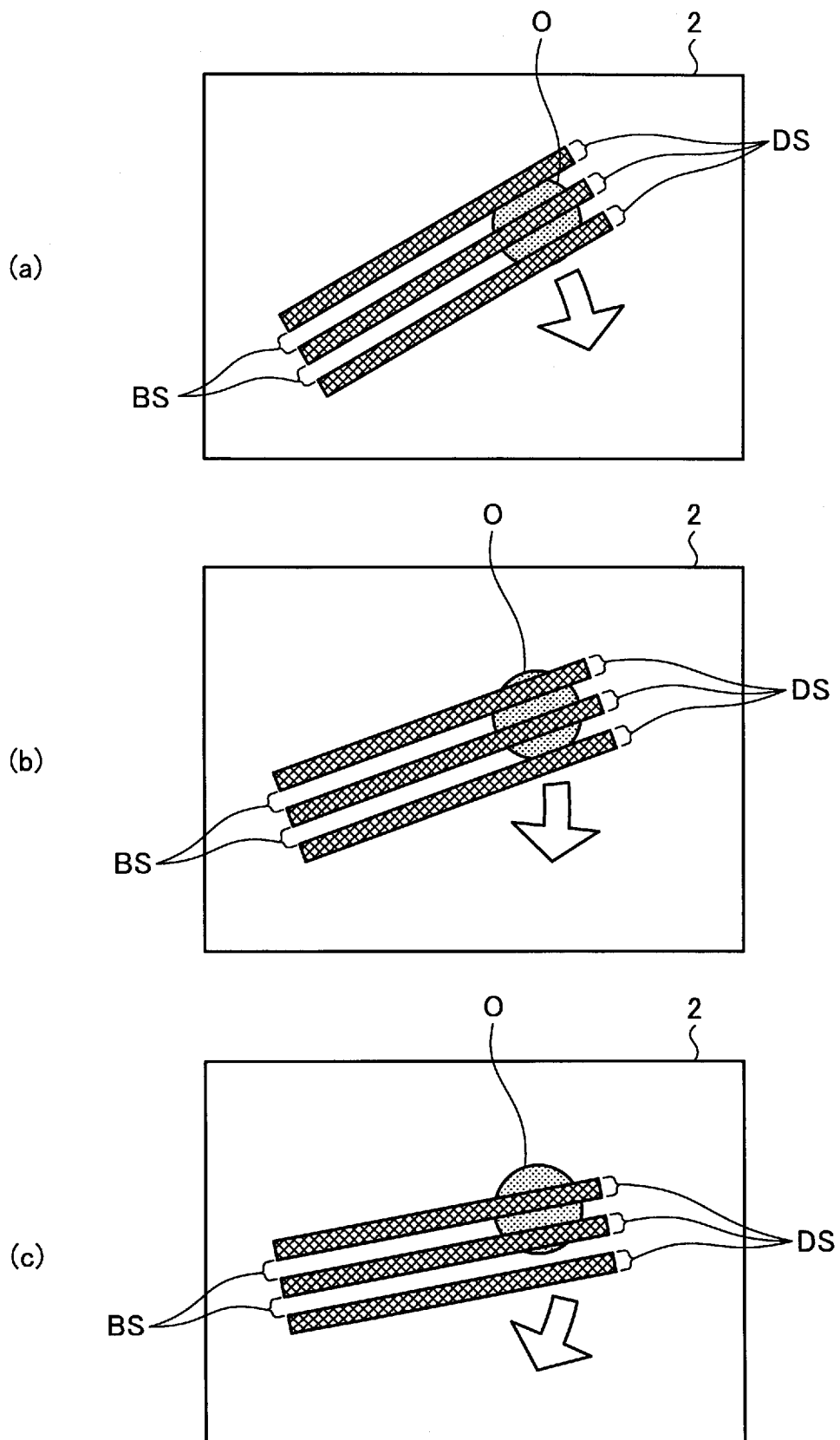
[図18]



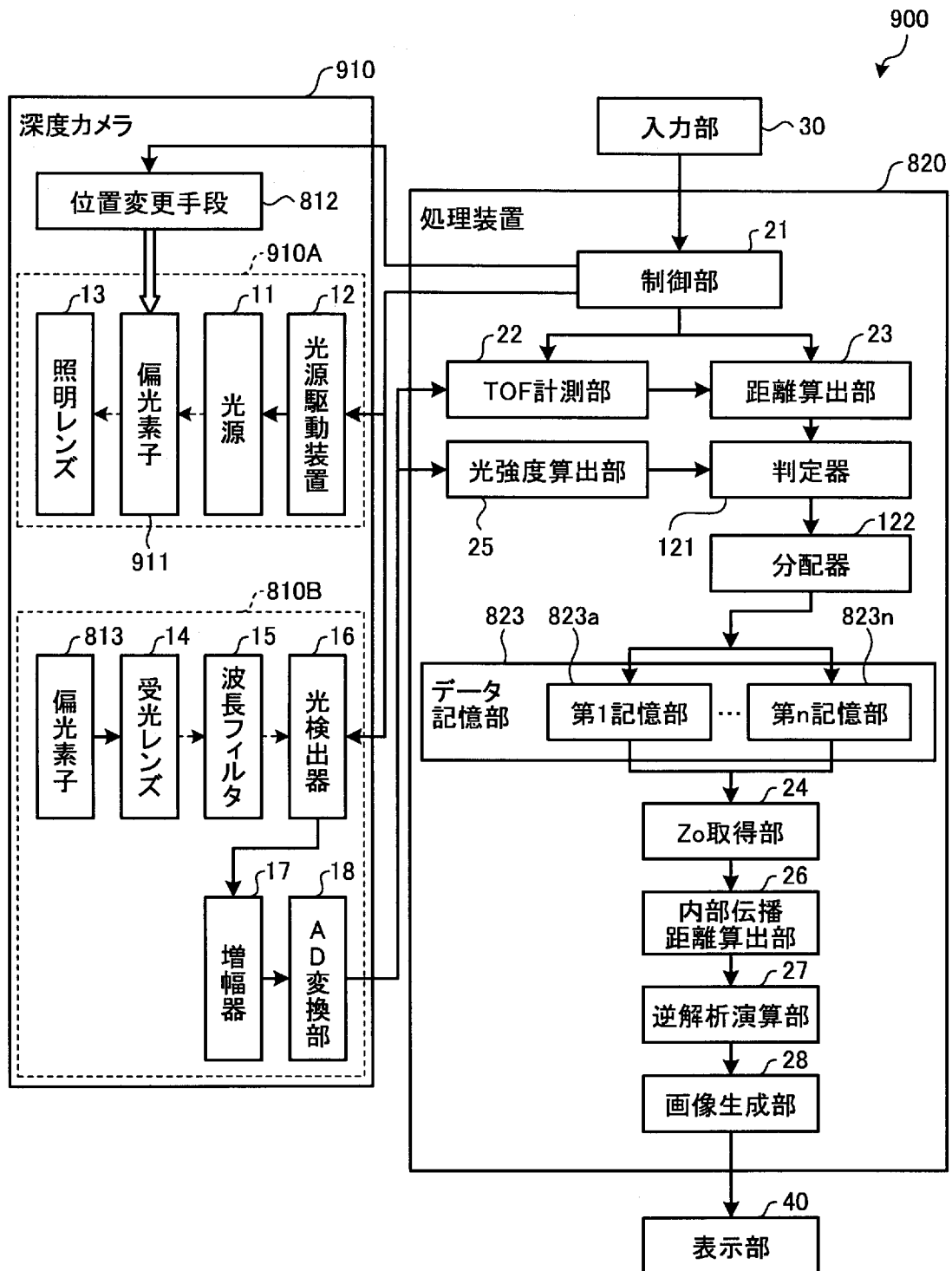
[図19]



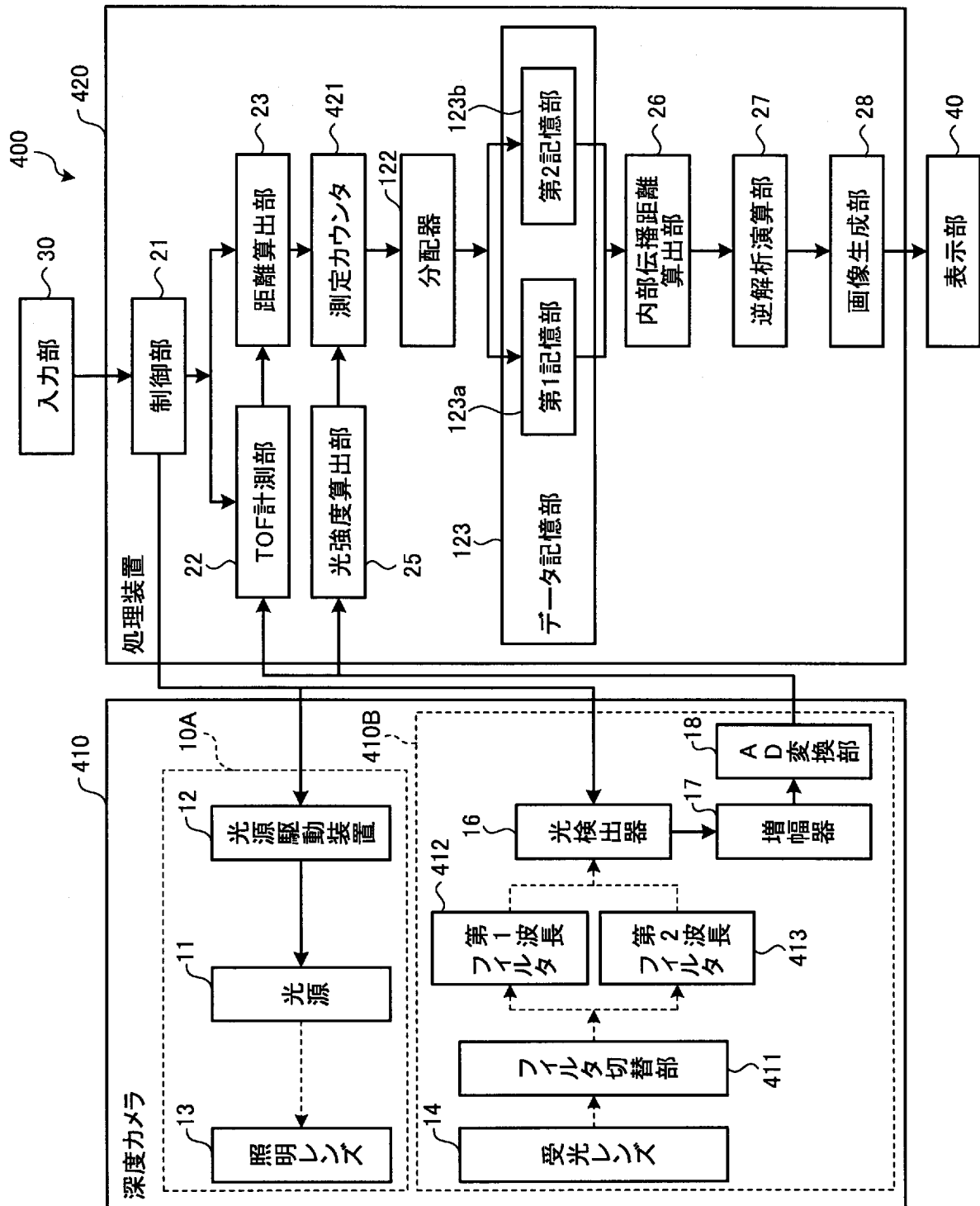
[図20]



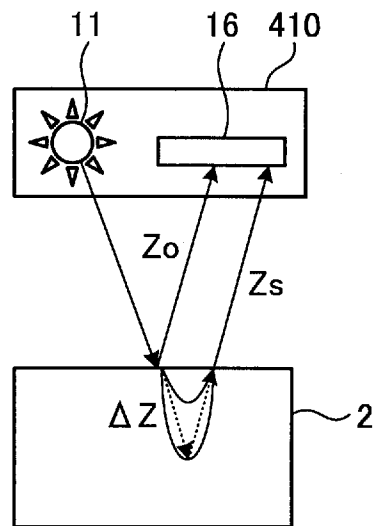
[図21]



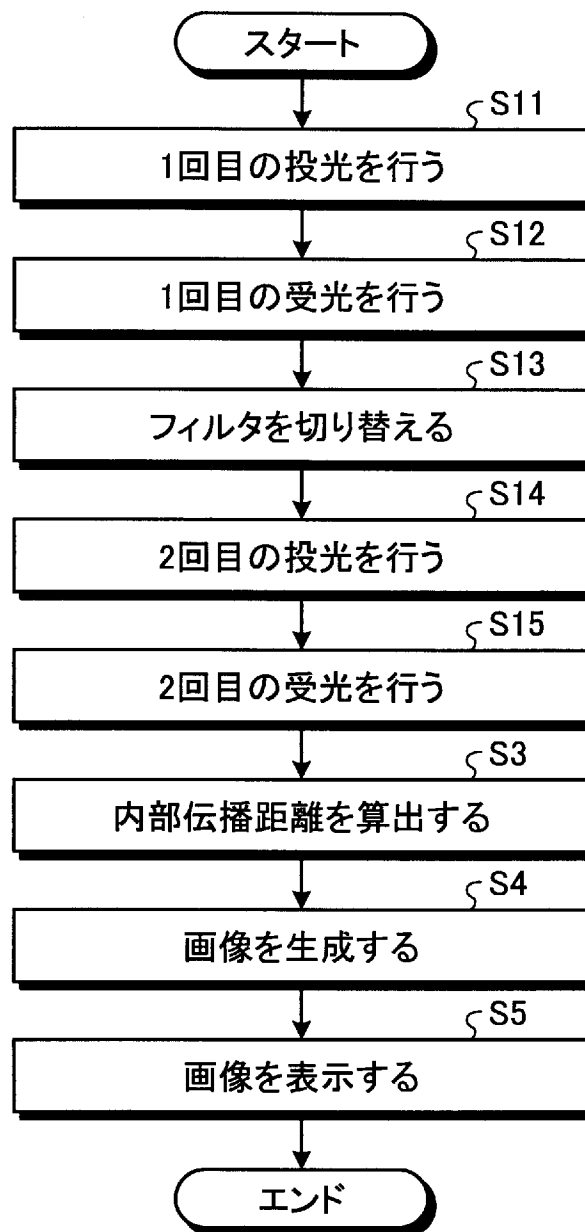
[図22]



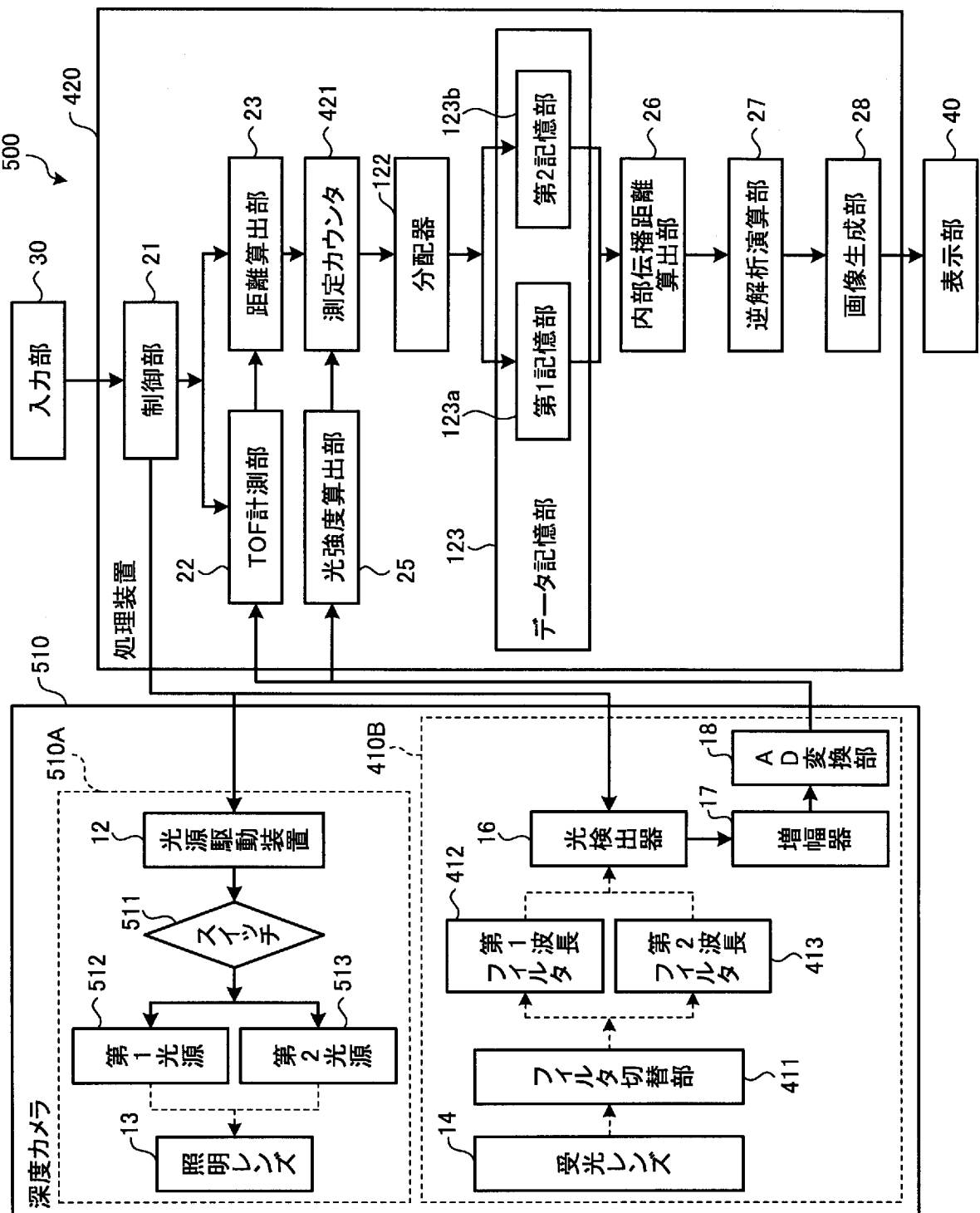
[図23]



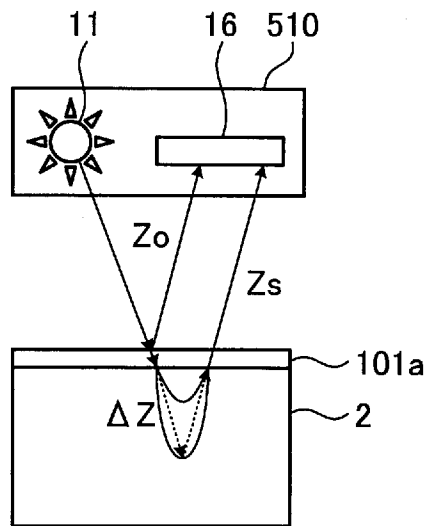
[図24]



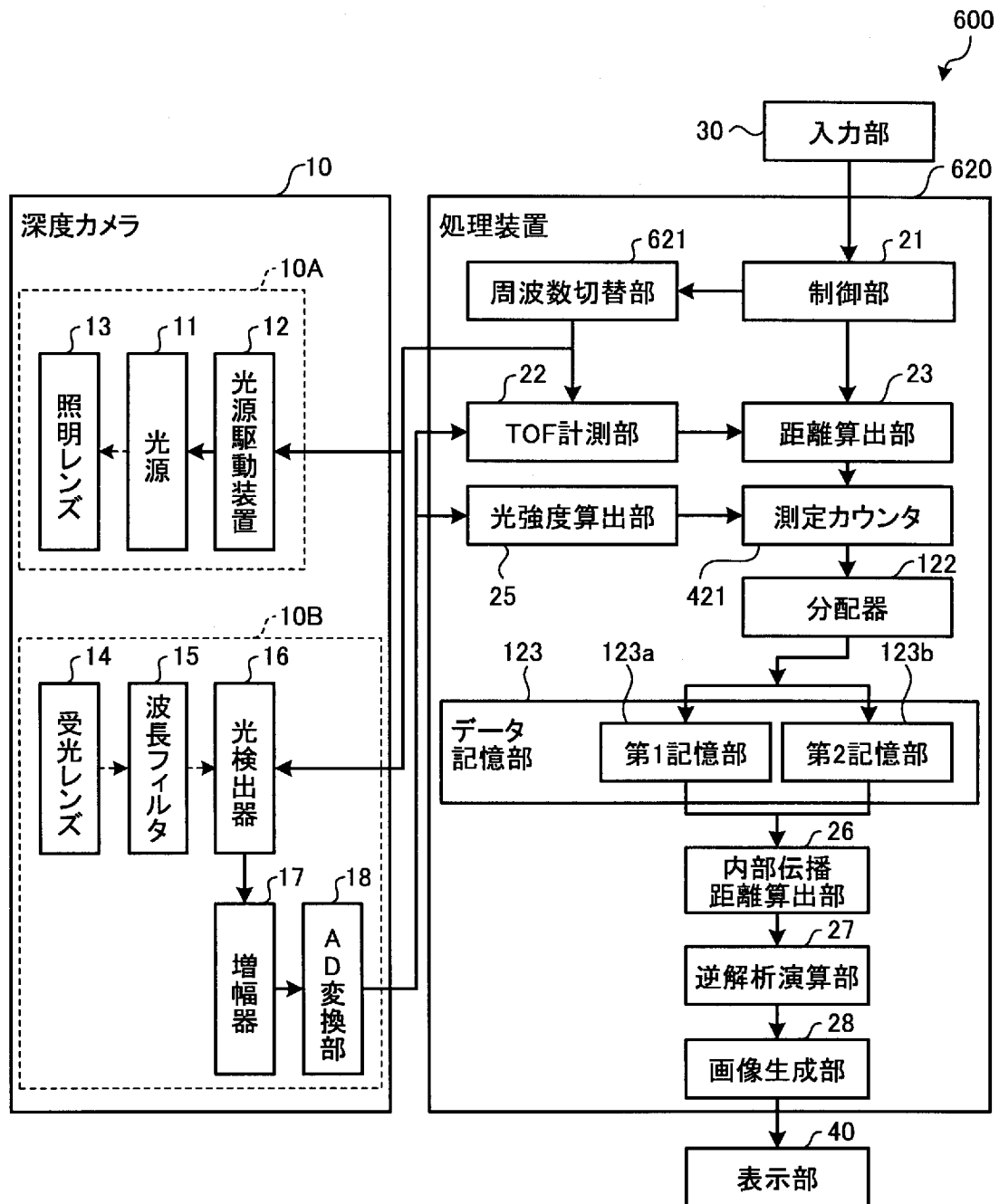
[図25]



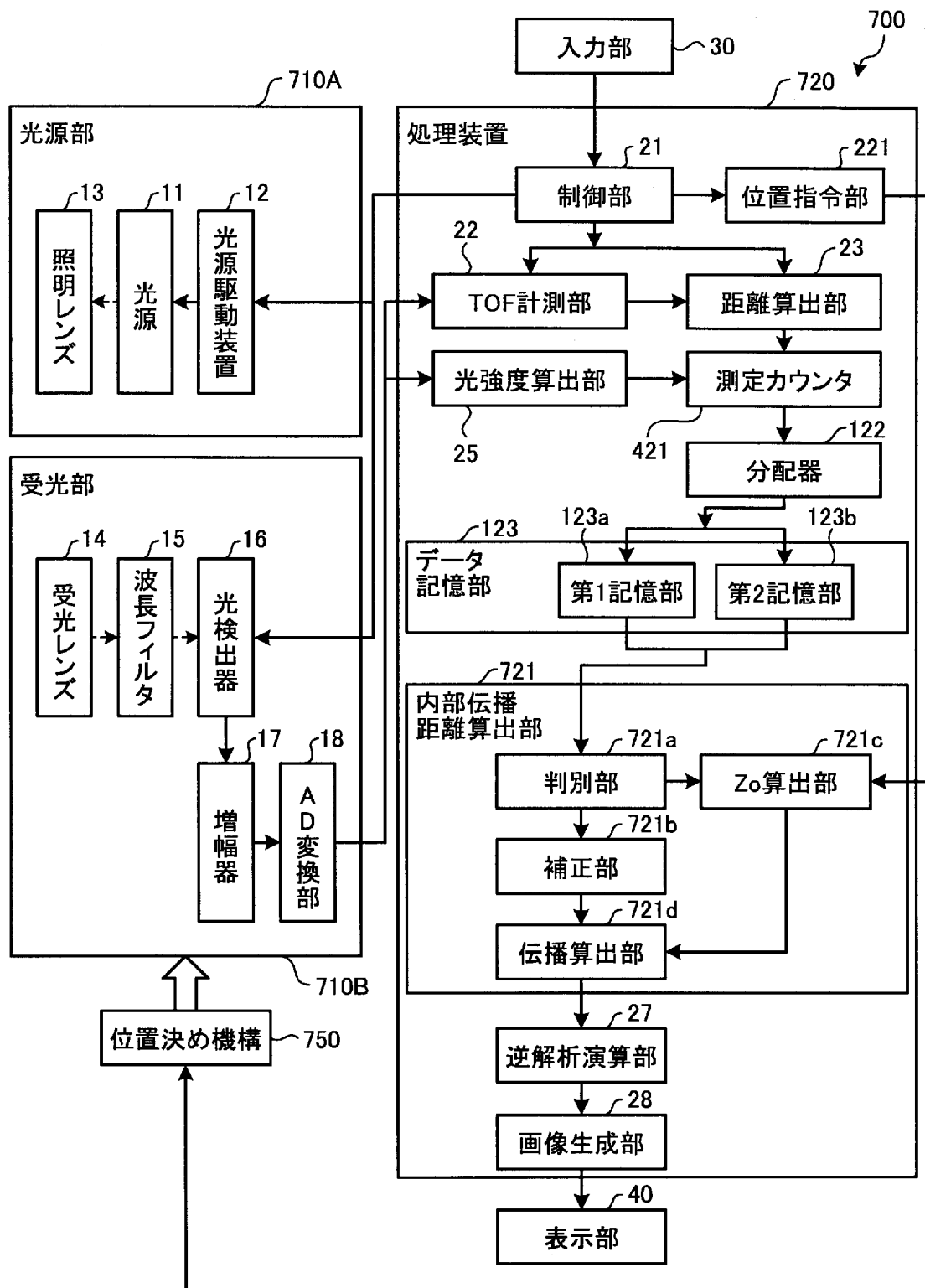
[図26]



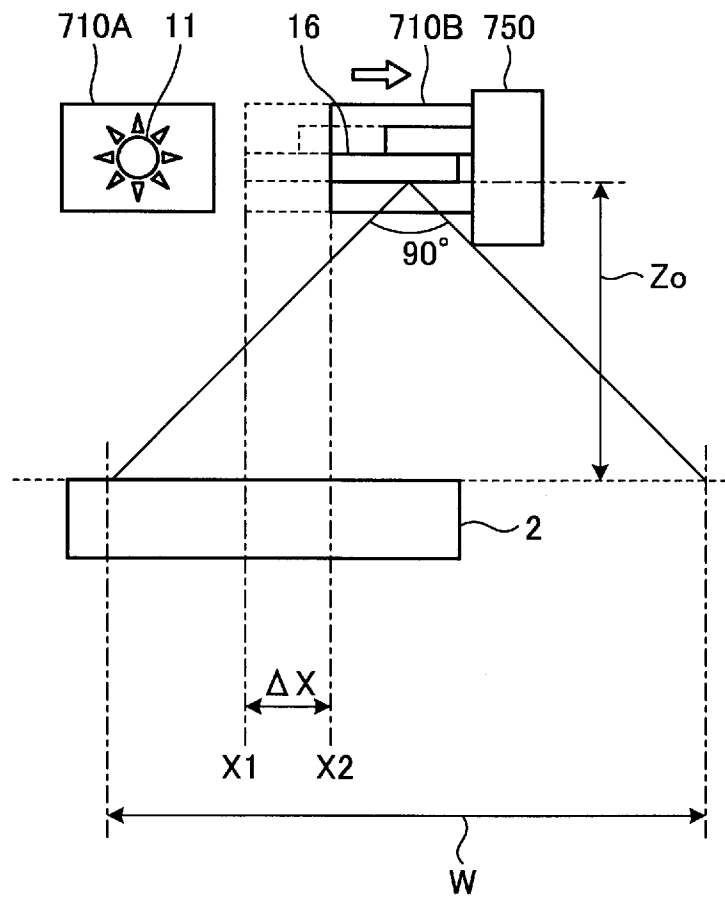
[図27]



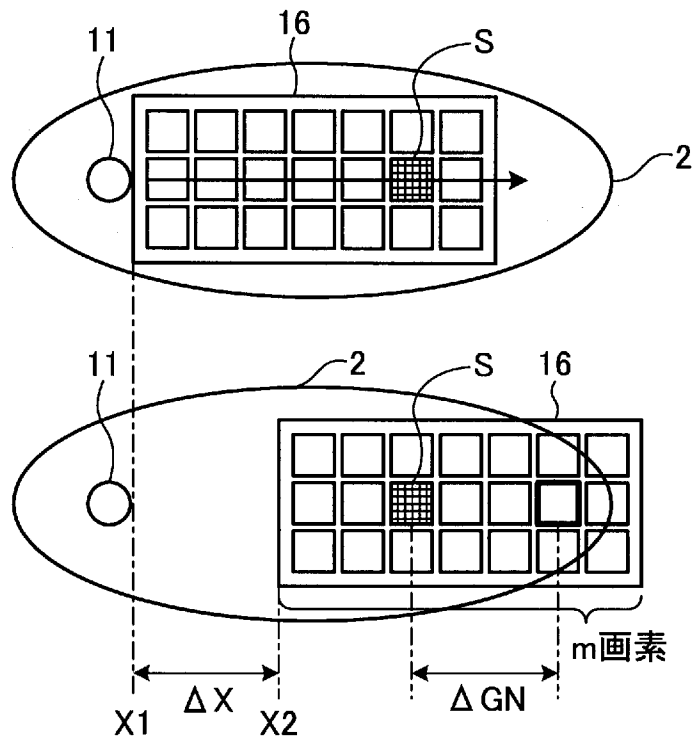
[図28]



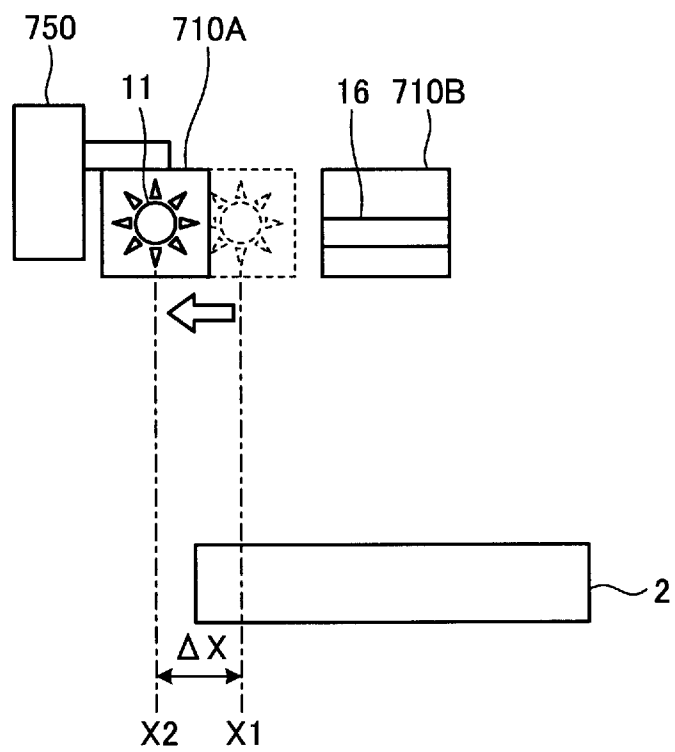
[図29]



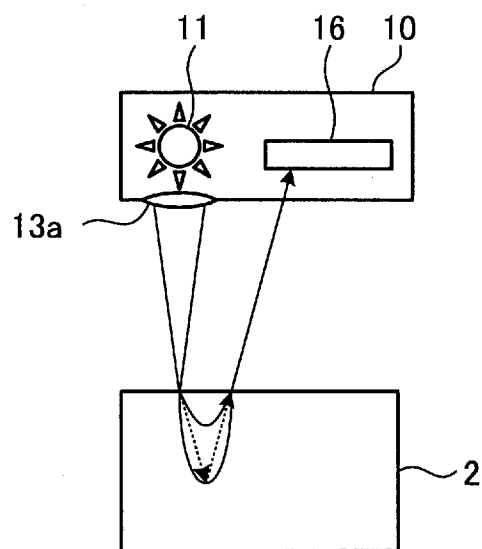
[図30]



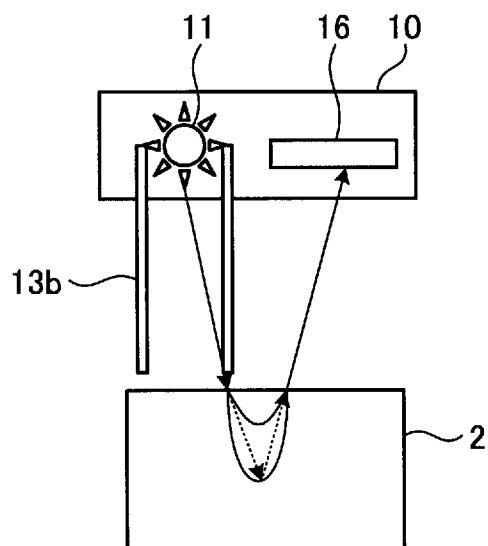
[図31]



[図32]



[図33]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/010149

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01C3/06(2006.01)i, G01N21/17(2006.01)i, G01N21/27(2006.01)i, G01N21/49(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01C3/06, G01N21/17, G01N21/27, G01N21/49

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 10-111238 A (Technology Research Association of Medical and Welfare Apparatus), 28 April 1998 (28.04.1998), paragraphs [0001], [0037] to [0095]; fig. 1 to 12 & US 6104946 A column 1, lines 7 to 21; column 9, line 31 to column 22, line 6; fig. 1 to 12 & EP 834277 A1 & EP 1338239 A2 & EP 1683477 A2 & DE 69737544 D & DE 69740101 D	1-7, 22-23, 25-26, 28-35 14, 20-21, 24 12-13, 15-19

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
23 May 2017 (23.05.17)

Date of mailing of the international search report
30 May 2017 (30.05.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/010149

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 03-501652 A (Kaman Aerospace Corp.), 11 April 1991 (11.04.1991), page 5, upper left column, line 18 to page 6, upper left column, line 21; fig. 1 & US 4963024 A column 2, line 66 to column 4, line 58; fig. 1 & WO 1990/000736 A1 & EP 379575 A1 & NZ 229854 A & AU 4071689 A & CA 1338358 A & IL 90905 A	1-7, 27, 30-35 12-13, 15-19
X Y A	JP 2013-190350 A (Canon Inc.), 26 September 2013 (26.09.2013), paragraphs [0014] to [0036]; fig. 1 to 3 & US 2015/0051496 A1 paragraphs [0021] to [0043]; fig. 1 to 3 & WO 2013/137031 A1 & EP 2825093 A1	1, 7-11, 30 14, 20-21 12-13, 15-19
Y	JP 2010-210506 A (Nikon Corp.), 24 September 2010 (24.09.2010), paragraphs [0079] to [0106]; fig. 1, 7 (Family: none)	14, 20-21
Y	JP 2004-333344 A (Hitachi, Ltd.), 25 November 2004 (25.11.2004), paragraphs [0009] to [0010]; fig. 6 (Family: none)	24

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01C3/06(2006.01)i, G01N21/17(2006.01)i, G01N21/27(2006.01)i, G01N21/49(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01C3/06, G01N21/17, G01N21/27, G01N21/49

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 10-111238 A (技術研究組合医療福祉機器研究所) 1998. 04. 28 段落0001、0037-0095、図1-図12	1-7, 22-23, 25-26, 28-35
Y	& US 6104946 A、第1欄第7-21行、第9欄第31行-第22欄 第6行、Fig. 1-Fig. 12	14, 20-21, 24
A	& EP 834277 A1 & EP 1338239 A2 & EP 1683477 A2 & DE 69737544 D & DE 69740101 D	12-13, 15-19

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

23. 05. 2017

国際調査報告の発送日

30. 05. 2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

續山 浩二

2 S

4 4 5 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 03-501652 A (カマン アエロスペース コーポレイション) 1991.04.11 第5頁左上欄第18行—第6頁左上欄21行、第1図	1-7, 27, 30-35
A	& US 4963024 A、第2欄第66行—第4欄第58行、FIG. 1 & WO 1990/000736 A1 & EP 379575 A1 & NZ 229854 A & AU 4071689 A & CA 1338358 A & IL 90905 A	12-13, 15-19
X	JP 2013-190350 A (キヤノン株式会社) 2013.09.26	1, 7-11, 30
Y	段落0014—0036、図1—図3	14, 20-21
A	& US 2015/0051496 A1、段落0021—0043、FIG. 1—FIG. 3 & WO 2013/137031 A1 & EP 2825093 A1	12-13, 15-19
Y	JP 2010-210506 A (株式会社ニコン) 2010.09.24 段落0079—0106、図1、図7 (ファミリーなし)	14, 20-21
Y	JP 2004-333344 A (株式会社日立製作所) 2004.11.25 段落0009—0010、図6 (ファミリーなし)	24