(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
2022年7月14日(14.07.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/149290 A1

(51) 国際特許分類:
G01B 11/00 (2006.01)　*G01C 3/06* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2021/007847

(22) 国際出願日：　2021年3月2日(02.03.2021)

(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 2021-002272　2021年1月8日(08.01.2021)　JP

(71) 出願人：オムロン株式会社 (**OMRON CORPORATION**) [JP/JP]；〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者：▲高▼嶋　潤 (**TAKASHIMA, Jun**)；〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).

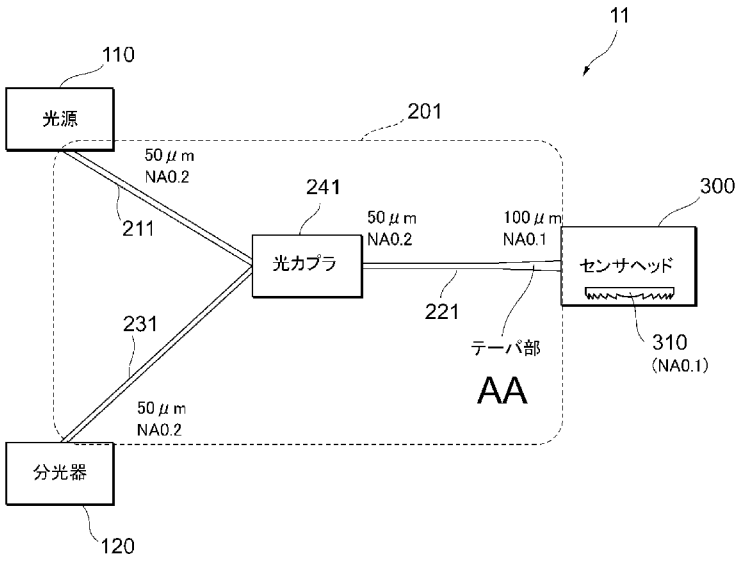
(74) 代理人：稲葉 良幸，外(**INABA, Yoshiyuki** et al.)；〒1066123 東京都港区六本木６－１０－１ 六本木ヒルズ森タワー２３階 ＴＭＩ総合法律事務所 Tokyo (JP).

(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, IT, JO, KE, KG, KH,

(54) **Title:** DISPLACEMENT SENSOR

(54) 発明の名称： 変位センサ

[図2]



(57) **Abstract:** Provided is a displacement sensor that is capable of suppressing reduction in movement resolution and the amount of light received while achieving appropriate measurement accuracy and measurement speed. This displacement sensor 11 comprises: a light source 110 that outputs white light; a light guiding part 201 comprising at least one optical fiber; a sensor head 300 that accommodates a diffractive lens 310, which produces chromatic aberration along the optical axis direction in white light that has been introduced via the light guiding part 201, and emits the light that the chromatic aberration has been produced in onto an object TA under measurement; and a spectrometer 120 that acquires, via the light

WO 2022/149290 A1

［続葉有］

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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

guiding part 201, reflected light that has been reflected by the object TA under measurement and collected by the sensor head 300 and measures the spectrum of the reflected light. Optical fiber connected to the sensor head 300 has a larger core diameter than optical fiber connected to the spectrometer 120.

(57) 要約：移動分解能及び受光量の低下を抑止しつつ、適切な計測精度や計測速度を実現可能な変位センサを提供する。変位センサ１１は、白色光を出力する光源１１０と、少なくとも１つの光ファイバを含む導光部２０１と、導光部２０１を介して入射した白色光に対して、光軸方向に沿って色収差を生じさせる回折レンズ３１０を収容し、色収差を生じさせた光を計測対象物ＴＡに照射するセンサヘッド３００と、計測対象物ＴＡで反射されてセンサヘッド３００により集光された反射光を、導光部２０１を介して取得し、反射光のスペクトルを計測する分光器１２０と、を備え、センサヘッド３００に接続される光ファイバは、分光器１２０に接続される光ファイバよりも大きいコア径を有する。

明　細　書

発明の名称 ： 変位センサ

技術分野

[0001] 本発明は、変位センサに関する。

背景技術

[0002] 従来、非接触で計測対象物の変位を計測する装置として、共焦点光学系を利用した共焦点計測装置が用いられている。

[0003] 例えば、下記特許文献１に記載の共焦点計測装置は、光源と計測対象物の間に、回折レンズを用いた共焦点光学系を有する。この共焦点計測装置では、光源からの出射光は、共焦点光学系によって、その波長に応じた焦点距離で計測対象物に照射される。そして、反射光の波長のピークを検出することで、計測対象物の変位を計測することができる。

[0004] また、下記特許文献２では、計測対象物の位置の検出精度が高められた共焦点計測装置に関する技術が開示されており、当該共焦点計測装置は、分光器に接続される第２光ファイバ及びセンサヘッドに接続される第３光ファイバのコア径が５μｍから２５μｍである。さらに、第２光ファイバと第３光ファイバとでコア径が異なっていてもよいことが記載されている。

[0005] ところで、上述のような共焦点計測装置の計測精度の指標として、例えば、リニアリティ、静止分解能及び移動分解能等があるが、変位計測をする場合、これらが加算され、最終的な計測誤差となる。点計測の変位センサでは、一般的に、これらの計測精度の指標の中で、移動分解能による計測誤差が最も大きいため、これを向上させることが重要な課題の１つとなる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：米国特許第５７８５６５１号明細書

特許文献2：特開２０１９－６６３４３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、共焦点計測装置において、移動分解能を向上させるためには、光ファイバのコア径を小さくすることが考えられるが、コア径を小さくすれば受光量が低下し、その結果、計測速度が低下してしまうという問題がある。

[0008] そこで、本発明は、移動分解能及び受光量の低下を抑止しつつ、適切な計測精度及び計測速度を実現可能な変位センサ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

[0009] 本発明の一態様に係る変位センサは、白色光を出力する光源と、少なくとも１つの光ファイバを含む導光部と、導光部を介して入射した白色光に対して、光軸方向に沿って色収差を生じさせる回折レンズを収容し、色収差を生じさせた光を計測対象物に照射するセンサヘッドと、計測対象物で反射されてセンサヘッドにより集光された反射光を、導光部を介して取得し、反射光のスペクトルを計測する分光器と、を備え、センサヘッドに接続される光ファイバは、分光器に接続される光ファイバよりも大きいコア径を有する。

[0010] この態様によれば、本発明の一態様に係る変位センサは、センサヘッドに接続される光ファイバが分光器に接続される光ファイバよりも大きいコア径を有するように構成されるため、移動分解能及び受光量の低下を抑止しつつ、適切な計測精度及び計測速度を実現することができる。

[0011] 上記態様において、センサヘッドと分光器との間に配置される光ファイバは、コア径が連続的に変化するテーパ部を含んでもよい。

[0012] この態様によれば、センサヘッドと分光器との間に配置される光ファイバがテーパ部を含むため、センサヘッドに接続される光ファイバが分光器に接続される光ファイバよりも大きいコア径を有するように構成することができる。

[0013] 上記態様において、導光部は、光源と接続される第１光ファイバと、センサヘッドと接続される第２光ファイバと、分光器と接続される第３光ファイバと、第１光ファイバ、第２光ファイバ及び第３光ファイバが接続される光

カプラと、を含んでもよい。

[0014] この態様によれば、導光部が第１光ファイバと第２光ファイバと第３光ファイバと光カプラとを含むため、センサヘッドに接続される光ファイバが分光器に接続される光ファイバよりも大きいコア径を有するように構成することができる。

[0015] 上記態様において、第２光ファイバは、コア径が連続的に変化するテーパ部を含んでもよい。

[0016] この態様によれば、第２光ファイバがテーパ部を含むため、センサヘッドに接続される光ファイバが分光器に接続される光ファイバよりも大きいコア径を有するように構成することができる。

[0017] 上記態様において、第３光ファイバは、コア径が連続的に変化するテーパ部を含んでもよい。

[0018] この態様によれば、第３光ファイバがテーパ部を含むため、センサヘッドに接続される光ファイバが分光器に接続される光ファイバよりも大きいコア径を有するように構成することができる。

[0019] 上記態様において、第２光ファイバは、第３光ファイバよりも大きいコア径を有してもよい。

[0020] この態様によれば、第２光ファイバ及び第３光ファイバを用いて、センサヘッドに接続される光ファイバが分光器に接続される光ファイバよりも大きいコア径を有するように構成することができる。

[0021] 上記態様において、センサヘッドに接続される光ファイバは、回折レンズと同一の開口数を有してもよい。

[0022] この態様によれば、センサヘッドに接続される光ファイバは、回折レンズと同一の開口数を有するため、移動分解能の低下を抑止しつつ、受光量を向上させることができる。その結果、本発明の一態様に係る変位センサは、計測精度の低下を抑止しつつ、計測速度を向上させることができる。

[0023] 上記態様において、センサヘッドに接続される光ファイバは、回折レンズよりも大きい開口数を有してもよい。

[0024] この態様によれば、センサヘッドに接続される光ファイバは、回折レンズよりも大きい開口数を有するため、受光量の低下を抑止しつつ、移動分解能を向上させることができる。その結果、本発明の一態様に係る変位センサは、計測速度の低下を抑止しつつ、計測精度を向上させることができる。

発明の効果

[0025] 本発明によれば、移動分解能及び受光量の低下を抑止しつつ、適切な計測精度及び計測速度を実現可能な変位センサを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]本発明の各実施形態に係る変位センサ１０の概略構成の一例を示す構成図である。

[図2]本発明の第１実施形態に係る変位センサ１１の構成を模式的に示す図である。

[図3A]テーパ部を備える光ファイバの一具体例を示す図である。

[図3B]テーパ部を備える光ファイバの内部構造を示す図である。

[図4]図２に示された変位センサ１１の評価を示す図である。

[図5]センサヘッド波形及び分光器波形と、受光波形との関係を示す図である。

[図6]センサヘッド波形の半値幅及び分光器波形の半値幅と、受光量との関係を示す図である。

[図7]本発明の第２実施形態に係る変位センサ１２の構成を模式的に示す図である。

[図8]図７に示された変位センサ１２の評価を示す図である。

[図9]本発明の第３実施形態に係る変位センサ１３の構成を模式的に示す図である。

[図10]本発明の第４実施形態に係る変位センサ１４の構成を模式的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0027] 以下、本発明の好適な実施形態について、図面を参照しながら具体的に説

明する。なお、以下で説明する実施形態は、あくまで、本発明を実施するための具体的な一例を挙げるものであって、本発明を限定的に解釈させるものではない。また、説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては可能な限り同一の符号を付して、重複する説明を省略する場合がある。

[0028] 先ず、本発明の各実施形態に係る変位センサの基本的な構成について説明する。

[0029] ［変位センサの基本構成］

図１は、本発明の各実施形態に係る変位センサ１０の概略構成の一例を示す構成図である。図１に示されるように、変位センサ１０は、コントローラ１００と、導光部２００と、センサヘッド３００とを備え、共焦点光学系を利用することによって計測対象物ＴＡまでの距離を計測する。

[0030] コントローラ１００は、光源１１０と、分光器１２０と、処理部１３０とを備え、さらに、当該分光器１２０は、コリメータレンズ１２１と、回折格子１２２と、調整レンズ１２３と、受光素子１２４とを有する。

[0031] 導光部２００は、コントローラ１００とセンサヘッド３００との間に配置され、例えば、第１光ファイバ２１０と、第２光ファイバ２２０と、第３光ファイバ２３０と、光カプラ２４０とを有し、光を伝搬する。なお、導光部２００の一部は、コントローラ１００に収容されても構わない。

[0032] センサヘッド３００は、導光部２００を介してコントローラ１００に脱着自在に構成されており、例えば、回折レンズ３１０と、対物レンズ３２０とを有する。

[0033] 光源１１０は、例えば、白色光を第１光ファイバ２１０に出力する。光源１１０は、処理部１３０の指令に基づいて、白色光の光量を調整してもよい。なお、光源１１０が発する光は、複数の波長成分を含む光であって、変位センサ１０に要求される測定距離範囲をカバーする波長範囲を含む光であれば、白色光に限定されるものではない。

[0034] 第１光ファイバ２１０は、その一端が光源１１０と光学的に接続されてお

り、第２光ファイバ２２０は、その一端がセンサヘッド３００と光学的に接続しされており、第３光ファイバ２３０は、その一端が分光器１２０と光学的に接続されている。そして、第１光ファイバ２１０の他端及び第３光ファイバ２３０の他端と、第２光ファイバ２２０の他端とは、光カプラ２４０を介して光学的に結合されている。

[0035] 光カプラ２４０は、第１光ファイバ２１０から入射された光（照射光）を第２光ファイバ２２０に伝送するとともに、第２光ファイバ２２０から入射された光（反射光）を分割して第１光ファイバ２１０及び第３光ファイバ２３０にそれぞれ伝送する。なお、光カプラ２４０によって第２光ファイバ２２０から第１光ファイバ２１０に伝送された光は、光源１１０において終端される。

[0036] センサヘッド３００には、第１光ファイバ２１０、光カプラ２４０及び第２光ファイバ２２０を介して、光源１１０から出力された白色光が入射される。センサヘッド３００は、第２光ファイバ２２０の端面から出射された白色光を、光軸方向に沿って色収差を生じさせる回折レンズ３１０と、色収差を生じさせた光を計測対象物ＴＡに集める対物レンズ３２０とを収容し、当該色収差を生じさせた光を計測対象物ＴＡに照射する。

[0037] 図１に示される例では、焦点距離が相対的に短い順に、第１波長の光４１０、第２波長の光４２０及び第３波長の光４３０としている。第２波長の光４２０は計測対象物ＴＡの表面で焦点が合う（第２焦点位置）が、第１波長の光４１０は計測対象物ＴＡの手前側で焦点が合い（第１焦点位置）、第３波長の光４３０は計測対象物ＴＡの奥側で焦点が合う（第３焦点位置）。

[0038] 計測対象物ＴＡの表面で反射した光は、対物レンズ３２０によって集められ、回折レンズ３１０を通って集光されて、第２光ファイバ２２０のコアに返送される。反射光のうち第２波長の光４２０は、第２光ファイバ２２０の端面で焦点が合うため、そのほとんどが第２光ファイバ２２０に入射するが、その他の波長の光は、第２光ファイバ２２０の端面で焦点が合わず、そのほとんどが第２光ファイバ２２０に入射しない。第２光ファイバ２２０に入

射した反射光は、光カプラ２４０を経由して第３光ファイバ２３０に伝送され、分光器１２０に入力される。なお、第２光ファイバ２２０に入射した反射光は、光カプラ２４０を経由して第１光ファイバ２１０にも伝送されるが、光源１１０にて終端される。

[0039] 分光器１２０は、計測対象物ＴＡで反射されてセンサヘッド３００により集光された反射光を、第２光ファイバ２２０、光カプラ２４０及び第３光ファイバ２３０を介して取得し、反射光のスペクトルを計測する。分光器１２０は、第３光ファイバ２３０から出射された反射光を集めるコリメータレンズ１２１と、反射光を分光する回折格子１２２と、分光された反射光を集める調整レンズ１２３と、分光された反射光を受光する受光素子１２４とを含む。

[0040] 処理部１３０は、受光素子１２４によって受光された光の波長及び光量を示す受光量分布信号に基づいて、計測対象物ＴＡの位置を検出する。具体的には、分光器１２０によって受光波形における波長のピークを検出することで計測対象物ＴＡの位置を計測することができるが、本例の場合、計測対象物ＴＡで反射された光のうち、光ファイバで焦点が合う第２波長の光４２０が分光器１２０においてピークとして表われ、計測対象物ＴＡの位置を検出することができる。

[0041] ［移動分解能と受光量］

ここで、変位センサ１０の計測精度に関して、計測誤差に与える影響が大きい移動分解能について、説明する。移動分解能は、被写界深度及び平均化効果に影響されることから、光ファイバのコア径や回折レンズ３１０の開口数（以下、「ＮＡ（numerical aperture）」と称する場合もある。）を小さく設定すれば、改善すると考えられる。

[0042] 一方、変位センサ１０の計測速度に影響を与える受光量は、センサヘッド３００の結合効率に影響されることから、回折レンズ３１０の開口数（ＮＡ）を大きく設定すれば、改善すると考えられ、上記移動分解能の改善策とは相反するものである。また、センサヘッド３００によって集光された光の波

形（以下、「センサヘッド波形」等と称する場合もある。）に、分光器１２０等のデバイスに起因するデバイス特性波形（以下、「分光器波形」等と称する場合もある。）が合成される畳み込み演算によって受光波形（受光量分布信号）が求められる際に、受光量が低下する場合もある。

[0043] そこで、本発明の発明者らは、センサヘッド３００に接続される第２光ファイバ２２０は、分光器１２０に接続される第３光ファイバ２３０よりも大きいコア径を有すること見出した。

[0044] 以下、導光部２００を構成する光ファイバ等の具体的な実施形態について、詳細に説明する。

[0045] ＜第１実施形態＞

図２は、本発明の第１実施形態に係る変位センサ１１の構成を模式的に示す図である。図２において、変位センサ１１は、光源１１０と分光器１２０とセンサヘッド３００とを備え、それぞれ導光部２０１を介して光が伝搬される。導光部２０１は、第１光ファイバ２１１と、第２光ファイバ２２１と、第３光ファイバ２３１と、光カプラ２４１とを有し、各光ファイバは、以下のコア径及び開口数（ＮＡ）を有する。

[0046] 第１光ファイバ２１１：コア径＝５０μｍ、ＮＡ＝０．２

第２光ファイバ２２１：コア径＝５０μｍ、ＮＡ＝０．２（光カプラ２４１側）

：コア径＝１００μｍ、ＮＡ＝０．１（センサヘッド３００側）

第３光ファイバ２３１：コア径＝５０μｍ、ＮＡ＝０．２

[0047] ここで、第２光ファイバ２２１は、光カプラ２４１側では、コア径＝５０μｍであり、センサヘッド３００側では、コア径＝１００μｍであり、光カプラ２４１とセンサヘッド３００との間のうち、一部、コア径が連続的に変化するテーパ部を備える。

[0048] 図３Ａは、テーパ部を備える光ファイバの一具体例を示す図であり、図３Ｂは、テーパ部を備える光ファイバの内部構造を示す図である。図３Ａに示

されるように、３ｍの光ファイバのうち１ｍの範囲に亘って光ファイバの径が連続的に徐々に変化することによってテーパ部が形成されている。

[0049] なお、図３Ａに示される一具体例では、光ファイバの端部にテーパ部が形成されているが、これに限定されるものではなく、例えば、中央部等にテーパ部を形成し、両端部は、それぞれ５０μｍ及び１００μｍの円柱形状であっても構わない。

[0050] また、テーパ部を形成する範囲について、光ファイバの長さの１／３程度又は１ｍに限定されるものではなく、両端のコア径等に応じて適宜設定されるようにしても構わない。

[0051] また、図２に示されたように、第２光ファイバ２２１は、光カプラ２４１側では、コア径＝５０μｍであり、センサヘッド３００側では、コア径＝１００μｍであることから、光カプラ２４１側では、ＮＡ＝０．２であり、センサヘッド３００側ではＮＡ＝０．１となる（ラグランジュの不変量）。

[0052] さらに、本実施形態では、センサヘッド３００に収容される回折レンズ３１０について、ＮＡ＝０．１であり、当該センサヘッド３００に接続される第２光ファイバ２２１のＮＡと同一に設定されている。

[0053] ［変位センサ１１の評価］

図４は、図２に示された変位センサ１１の評価を示す図である。図４に示されるように、変位センサ１１では、比較例（全てコア径＝５０μｍ及びＮＡ＝０．２の光ファイバ）と比べて、移動分解能の低下を抑止しつつ、受光量を大幅に増加させている（５．５倍）。

[0054] より詳細には、センサヘッド３００の半値幅は、センサヘッド３００側の光ファイバのコア径と回折レンズ３１０のＮＡにより影響され、移動分解能は、センサヘッド３００の半値幅及びスポット径により影響されるところ、変位センサ１１では、比較例と比べて、回折レンズ３１０のＮＡ＝０．１で同一である。また、変位センサ１１は、センサヘッド３００側の光ファイバのコア径＝１００μｍであり、比較例に比べて２倍であるが、それに伴い、スポット径も２倍になる。これにより、変位センサ１１は、比較例と比べて

、移動分解能の低下を抑止することができている。

[0055] ここで、受光波形（受光量分布信号）、センサヘッド３００によって集光された光の波形（センサヘッド波形）、及び分光器１２０等のデバイスに起因するデバイス特性波形（分光器波形）の半値幅について説明する。

[0056] 図５は、センサヘッド波形及び分光器波形と、受光波形との関係を示す図である。図５において、各波形は、縦軸に光量を示し、横軸に波長を示している。そして、図５に示されるように、受光波形は、センサヘッド波形に分光器波形が合成される畳み込み演算によって求められ、受光波形の半値幅は、概ねセンサヘッド波形の半値幅と分光器波形の半値幅とに基づいて算出される。

[0057] 半値幅とは、受光量のピーク（最大値）の５０％の受光量の線と受光量分布信号との２つの交点の長さ（幅）であり、ガウス分布の広がりの程度を表す指標である。受光波形は、計測対象物ＴＡで焦点が合った光の波長がピークとなって表われるため、当該ピークがより鮮明に表われることにより、計測対象物ＴＡの位置を適切に計測することができる。すなわち、半値幅が小さければ、計測精度は高いと言える。

[0058] 一方、センサヘッド波形の半値幅と分光器波形の半値幅との関係において、受光量が低下する場合がある。

[0059] 図６は、センサヘッド波形の半値幅及び分光器波形の半値幅と、受光量との関係を示す図である。図６に示されるように、センサヘッド波形の半値幅／分光器波形の半値幅が小さくなるに従って、受光量が低下している。例えば、図５（Ｂ）に示されるように、センサヘッド波形の半値幅を小さくなると、受光波形の半値幅が小さくなるとともに、センサヘッド波形の半値幅／分光器波形の半値幅も小さくなる。これにより、受光量が著しく低下することになる。

[0060] なお、図４において、変位センサ１１を評価する際に、全て、コア径＝５０μｍ、ＮＡ＝０．２の光ファイバを用いた比較例を示したが、全て、コア径＝１００μｍ、ＮＡ＝０．１の光ファイバを用いることも考えられる。し

かし、この場合、センサヘッド波形の半値幅及び分光器波形の半値幅の両方が大きくなるため、受光波形の半値幅は、図４に示した比較例と比べて概ね２倍になる。これにより、リニアリティ及び静止分解能が悪化し、計測精度が著しく低下することになる。

[0061] 以上のように、本発明の第１実施形態に係る変位センサ１１によれば、導光部２０１がテーパ部を備える第２光ファイバ２２１を含むため、センサヘッド３００に接続される光ファイバは、分光器１２０に接続される光ファイバよりも大きいコア径を有する。これにより、移動分解能の低下を抑止しつつ、受光量を大幅に増加させることができる。その結果、変位センサ１１は、計測精度の低下を抑止しつつ、計測速度を向上させることができる。

[0062] なお、本実施形態で用いられる光ファイバは、単一のコアを有するシングルコアであっても、複数のコアを有するマルチコアであっても構わないが、シングルコアを適用した場合であっても上述した効果が得られるため、マルチコアを適用することによるコスト負担を軽減することにも繋がる。

[0063] 以降、第２～第４実施形態について説明するが、各実施形態では、主に、本発明の第１実施形態と異なる構成について詳しく説明し、第１実施形態と共通の事柄についての記述を省略又は簡略化する。

[0064] ＜第２実施形態＞

図７は、本発明の第２実施形態に係る変位センサ１２の構成を模式的に示す図である。図７において、変位センサ１２は、第１実施形態に係る変位センサ１１と比べて、センサヘッド３００における回折レンズ３１０のＮＡが異なる。本実施形態では、回折レンズ３１０のＮＡ＝０．０５である。

[0065] 図８は、図７に示された変位センサ１２の評価を示す図である。図８に示されるように、変位センサ１２では、比較例（全てコア径＝５０μｍ及びＮＡ＝０．２の光ファイバ）と比べて、受光量の低下を抑止しつつ、移動分解能を大幅に改善させている（２倍）。

[0066] より詳細には、変位センサ１２では、センサヘッド３００側の光ファイバのＮＡに対する回折レンズ３１０のＮＡは１／２であって、比較例と同一で

ある。このため、変位センサ１２と比較例とは、センサヘッドの結合効率（比）も同一であり、受光量の低下を抑止している。一方、変位センサ１２では、センサヘッド３００側の光ファイバのコア径が１００μｍで、比較例と比べて２倍であり、回折レンズ３１０のＮＡ＝０．０５で、比較例と比べて１／２であるため、センサヘッド３００の半値幅は、比較例と比べて同一となる。また、センサヘッド３００側の光ファイバのコア径が２倍であり、比較例と比べてスポット径が２倍になるため、スポット内での平均化により、移動分解能は大幅に改善している。

[0067] 以上のように、本発明の第２実施形態に係る変位センサ１２によれば、第１実施形態に係る変位センサ１１における導光部２０１と同一の構成を備えつつ、センサヘッド３００の回折レンズのＮＡを、センサヘッド３００側の光ファイバのＮＡよりも小さく設定する。これにより、受光量の低下を抑止しつつ、移動分解能を大幅に改善させることができる。その結果、変位センサ１２は、計測速度の低下を抑止しつつ、計測精度を向上させることができる。

[0068] ＜第３実施形態＞

図９は、本発明の第３実施形態に係る変位センサ１３の構成を模式的に示す図である。図９において、変位センサ１３は、光源１１０と分光器１２０とセンサヘッド３００とを備え、それぞれ導光部２０３を介して光が伝搬される。導光部２０３は、第１光ファイバ２１３と、第２光ファイバ２２３と、第３光ファイバ２３３と、光カプラ２４３とを有し、各光ファイバは、以下のコア径及び開口数（ＮＡ）を有する。

[0069] 第１光ファイバ２１３：コア径＝１００μｍ、ＮＡ＝０．１

第２光ファイバ２２３：コア径＝１００μｍ、ＮＡ＝０．１

第３光ファイバ２３３：コア径＝１００μｍ、ＮＡ＝０．１（光カプラ２４３側）

：コア径＝５０μｍ、ＮＡ＝０．２（分光器１２０側）

[0070] 図９に示されるように、変位センサ１３における導光部２０３に含まれる光ファイバのうちテーパ部を備える光ファイバが第３光ファイバ２３３である点で、図２に示された第１実施形態に係る変位センサ１１（第２光ファイバ２２１にテーパ部を備える）と異なる。

[0071] より詳細には、第３光ファイバ２３３は、光カプラ２４３側では、コア径＝１００μｍであり、分光器１２０側では、コア径＝５０μｍであり、光カプラ２４３と分光器１２０との間のうち、一部、コア径が連続的に変化するテーパ部を備える。また、第３光ファイバ２３３は、光カプラ２４３側では、ＮＡ＝０．１であり、分光器１２０側ではＮＡ＝０．２となる（ラグランジュの不変量）。

[0072] また、第１光ファイバ２１３は、図２に示された第１実施形態に係る変位センサ１１における第１光ファイバ２１１と比べて、コア径が２倍であることにより、断面積は４倍になるが、ＮＡは１／２である。これにより、光源１１０が出力されて第１光ファイバ２１３によって伝搬される光量は、第１実施形態に係る変位センサ１１と同一である。

[0073] なお、光カプラ２４３は、コア径１００μｍの２本の光ファイバを結合するカプラである。

[0074] 上述のように、第３光ファイバ２３３がテーパ部を備えることにより、センサヘッド３００に接続される光ファイバは、分光器１２０に接続される光ファイバよりも大きいコア径を有するように構成される。

[0075] ［変位センサ１３の評価］

センサヘッド３００に収容される回折レンズ３１０について、ＮＡ＝０．１であり、当該センサヘッド３００に接続される第２光ファイバ２２３のＮＡと同一に設定される場合には、変位センサ１３は、図４で示されたように第１実施形態に係る変位センサ１１と同様の効果を奏する。

[0076] すなわち、変位センサ１３は、移動分解能の低下を抑止しつつ、受光量を大幅に増加させることができる（５．５倍）。その結果、変位センサ１３は、計測精度の低下を抑止しつつ、計測速度を向上させることができる。

[0077] また、センサヘッド３００に収容される回折レンズ３１０について、ＮＡ＝０．０５であり、センサヘッド３００側の光ファイバのＮＡに対する回折レンズ３１０のＮＡが１／２に設定される場合には、変位センサ１３は、図８で示されたように第２実施形態に係る変位センサ１２と同様の効果を奏する。

[0078] すなわち、変位センサ１３は、受光量の低下を抑止しつつ、移動分解能を大幅に改善させることができる（２倍）。その結果、計測速度の低下を抑止しつつ、計測精度を向上させることができる。

[0079] ＜第４実施形態＞

図１０は、本発明の第４実施形態に係る変位センサ１４の構成を模式的に示す図である。図１０において、変位センサ１４は、光源１１０と分光器１２０とセンサヘッド３００とを備え、それぞれ導光部２０４を介して光が伝搬される。導光部２０４は、第１光ファイバ２１４と、第２光ファイバ２２３と、第３光ファイバ２３３と、光カプラ２４４とを有し、各光ファイバは、以下のコア径及び開口数（ＮＡ）を有する。

[0080] 第１光ファイバ２１４：コア径＝５０μｍ、ＮＡ＝０．２

第２光ファイバ２２３：コア径＝１００μｍ、ＮＡ＝０．１

第３光ファイバ２３３：コア径＝１００μｍ、ＮＡ＝０．１（光カプラ２４４側）

：コア径＝５０μｍ、ＮＡ＝０．２（分光器１２０側）

[0081] 図１０に示されるように、変位センサ１４における導光部２０４に含まれる光ファイバのうちテーパ部を備える光ファイバが第３光ファイバ２３３である点で、図２に示された第１実施形態に係る変位センサ１１（第２光ファイバ２２１にテーパ部を備える）と異なる。この点においては、第４実施形態に係る変位センサ１４は、第３実施形態に係る変位センサ１３と同様である。

[0082] 一方、第１光ファイバ２１４は、図９に示された第３実施形態に係る変位

センサ１３の第１光ファイバ２１３とは異なり、図２に示された第１実施形態に係る変位センサ１１における第１光ファイバ２１１と同様である。

[0083] なお、光カプラ２４４は、コア径５０μｍの光ファイバ及びコア径１００μｍの光ファイバを結合するカプラである。

[0084] 上述のように、第３光ファイバ２３３がテーパ部を備えることにより、センサヘッド３００に接続される光ファイバは、分光器１２０に接続される光ファイバよりも大きいコア径を有し、この点においては、第３実施形態の変位センサ１３と同様であり、当該変位センサ１３と同様の効果を奏する。

[0085] 具体的には、センサヘッド３００に収容される回折レンズ３１０について、ＮＡ＝０．１の場合には、変位センサ１４は、図４で示されたように第１実施形態に係る変位センサ１１と同様の効果を奏し、移動分解能の低下を抑止しつつ、受光量を大幅に増加させることができる（５．５倍）。その結果、変位センサ１４は、計測精度の低下を抑止しつつ、計測速度を向上させることができる。

[0086] また、センサヘッド３００に収容される回折レンズ３１０について、ＮＡ＝０．０５の場合には、変位センサ１４は、図８で示されたように第２実施形態に係る変位センサ１２と同様の効果を奏し、受光量の低下を抑止しつつ、移動分解能を大幅に改善させることができる（２倍）。その結果、変位センサ１４は、計測速度の低下を抑止しつつ、計測精度を向上させることができる。

[0087] さらに、本発明の第１～第４実施形態では、導光部に含まれる光ファイバのうち、いずれかにテーパ部を備えることにより、センサヘッド３００に接続される光ファイバは、分光器１２０に接続される光ファイバよりも大きいコア径を有するようにしたが、これ以外に光カプラで実現するようにしても構わない。例えば、光カプラとセンサヘッド３００とを接続する第２光ファイバのコア径を１００μｍとし、当該光カプラと分光器１２０とを接続する第２光ファイバのコア径を５０μｍとし、当該光カプラによりコア径の差異を吸収するような構造としても構わない。

[0088] 以上説明した各実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。各実施形態が備える各要素並びにその配置、材料、条件、形状及びサイズ等は、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、異なる実施形態で示した構成同士を部分的に置換し又は組み合わせることが可能である。

[0089] ［附記］

白色光を出力する光源（１１０）と、

少なくとも１つの光ファイバを含む導光部（２００，２０１，２０２，２０３，２０４）と、

前記導光部を介して入射した前記白色光に対して、光軸方向に沿って色収差を生じさせる回折レンズ（３１０）を収容し、色収差を生じさせた光を計測対象物（ＴＡ）に照射するセンサヘッド（３００）と、

前記計測対象物で反射されて前記センサヘッドにより集光された反射光を、前記導光部を介して取得し、前記反射光のスペクトルを計測する分光器（１２０）と、を備え、

前記センサヘッドに接続される光ファイバ（２２０，２２１，２２３）は、前記分光器に接続される光ファイバ（２３０，２３１，２３３）よりも大きいコア径を有する、

変位センサ（１０，１１，１２，１３，１４）。

符号の説明

[0090] １０，１１，１２，１３，１４…変位センサ、１１０…光源、１２０…分光器、２００，２０１，２０２，２０３，２０４…導光部、２１０，２１１，２１３，２１４…第１光ファイバ、２２０，２２１，２２３…第２光ファイバ、２３０，２３１，２３３…第３光ファイバ、２４０，２４１，２４３，２４４…光カプラ、３００…センサヘッド、３１０…回折レンズ、４１０…第１波長の光、４２０…第２波長の光、４３０…第３波長の光、ＴＡ…計測対象物

請求の範囲

[請求項1] 白色光を出力する光源と、

少なくとも１つの光ファイバを含む導光部と、

前記導光部を介して入射した前記白色光に対して、光軸方向に沿って色収差を生じさせる回折レンズを収容し、色収差を生じさせた光を計測対象物に照射するセンサヘッドと、

前記計測対象物で反射されて前記センサヘッドにより集光された反射光を、前記導光部を介して取得し、前記反射光のスペクトルを計測する分光器と、を備え、

前記センサヘッドに接続される光ファイバは、前記分光器に接続される光ファイバよりも大きいコア径を有する、

変位センサ。

[請求項2] 前記センサヘッドと前記分光器との間に配置される光ファイバは、コア径が連続的に変化するテーパ部を含む、

請求項１に記載の変位センサ。

[請求項3] 前記導光部は、

前記光源と接続される第１光ファイバと、

前記センサヘッドと接続される第２光ファイバと、

前記分光器と接続される第３光ファイバと、

前記第１光ファイバ、前記第２光ファイバ及び前記第３光ファイバが接続される光カプラと、を含む、

請求項１又は２に記載の変位センサ。

[請求項4] 前記第２光ファイバは、コア径が連続的に変化するテーパ部を含む、

請求項３に記載の変位センサ。

[請求項5] 前記第３光ファイバは、コア径が連続的に変化するテーパ部を含む、

請求項３に記載の変位センサ。

[請求項6] 前記第２光ファイバは、前記第３光ファイバよりも大きいコア径を有する、

請求項３に記載の変位センサ。

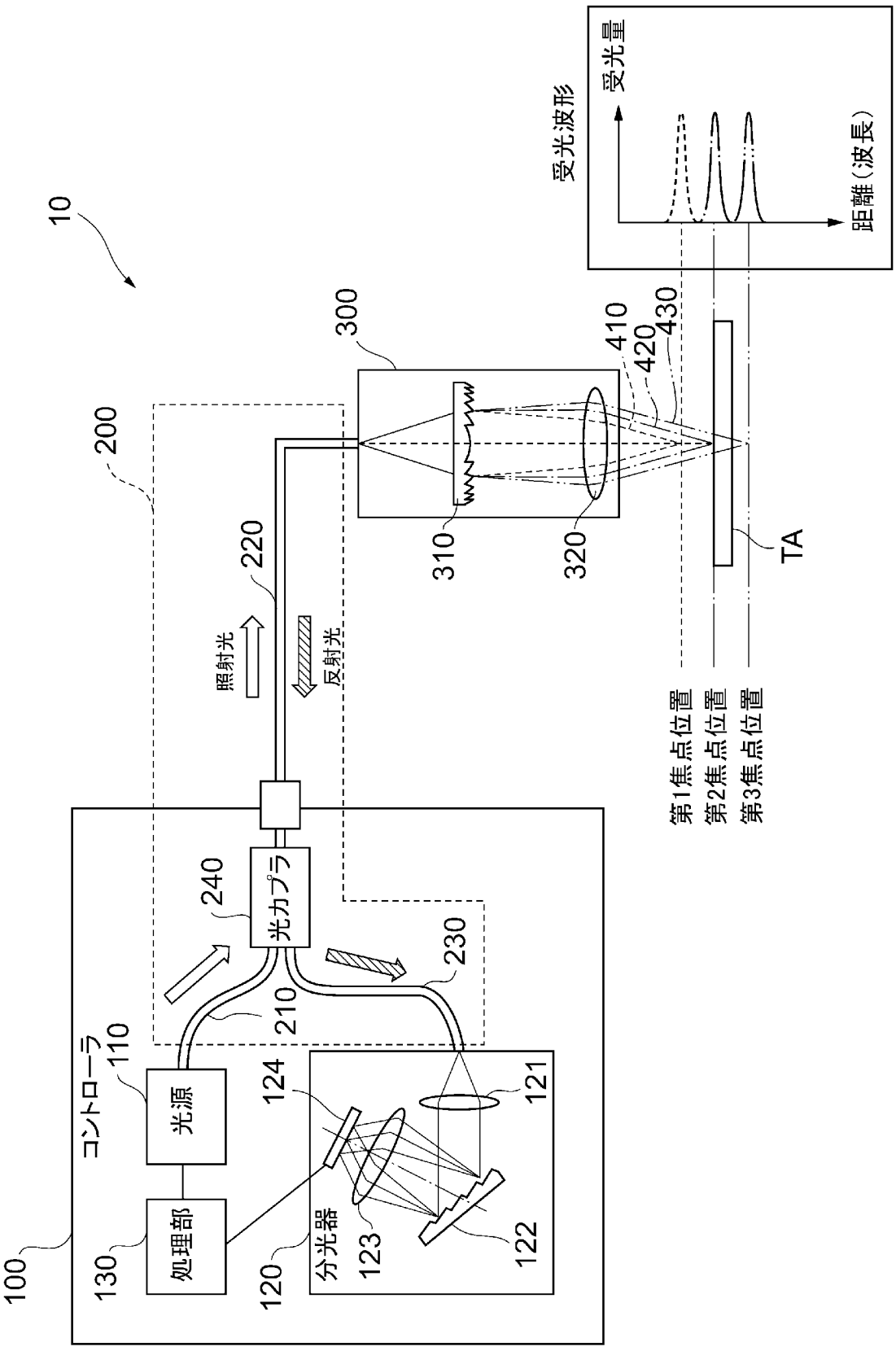
[請求項7] 前記センサヘッドに接続される光ファイバは、前記回折レンズと同一の開口数を有する、

請求項１から６のいずれか一項に記載の変位センサ。

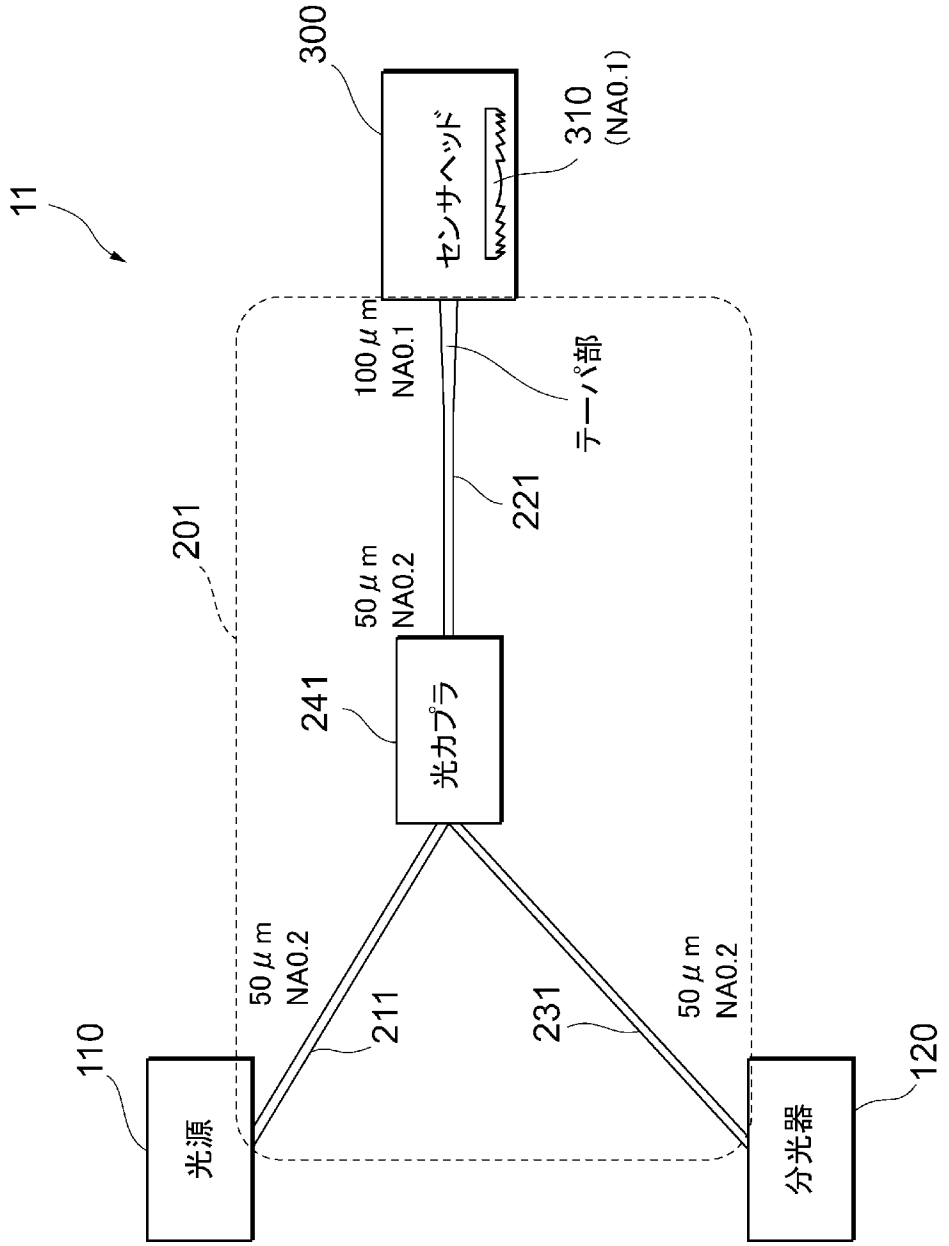
[請求項8] 前記センサヘッドに接続される光ファイバは、前記回折レンズよりも大きい開口数を有する、

請求項１から６のいずれか一項に記載の変位センサ。

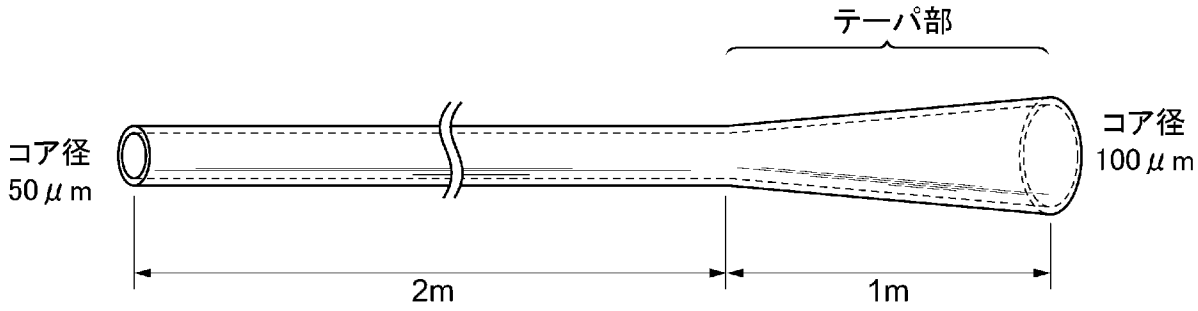
[図1]


10
受光波形
受光量
距離（波長）
300
410
420
430
200
220
照射光
反射光
310
320
TA
第1焦点位置
第2焦点位置
第3焦点位置
240
光カプラ
230
210
コントローラ
110
光源
124
121
処理部
130
分光器
123
122
120
100

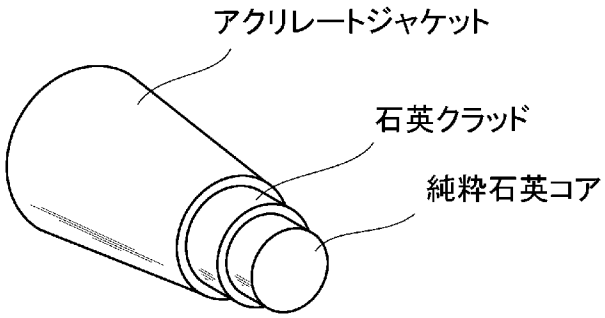
[図2]


11
300
センサヘッド
310
(NA0.1)
100μm
NA0.1
テーパ部
221
201
50μm
NA0.2
241
光カプラ
50μm
NA0.2
211
231
50μm
NA0.2
110
光源
120
分光器

[図3A]



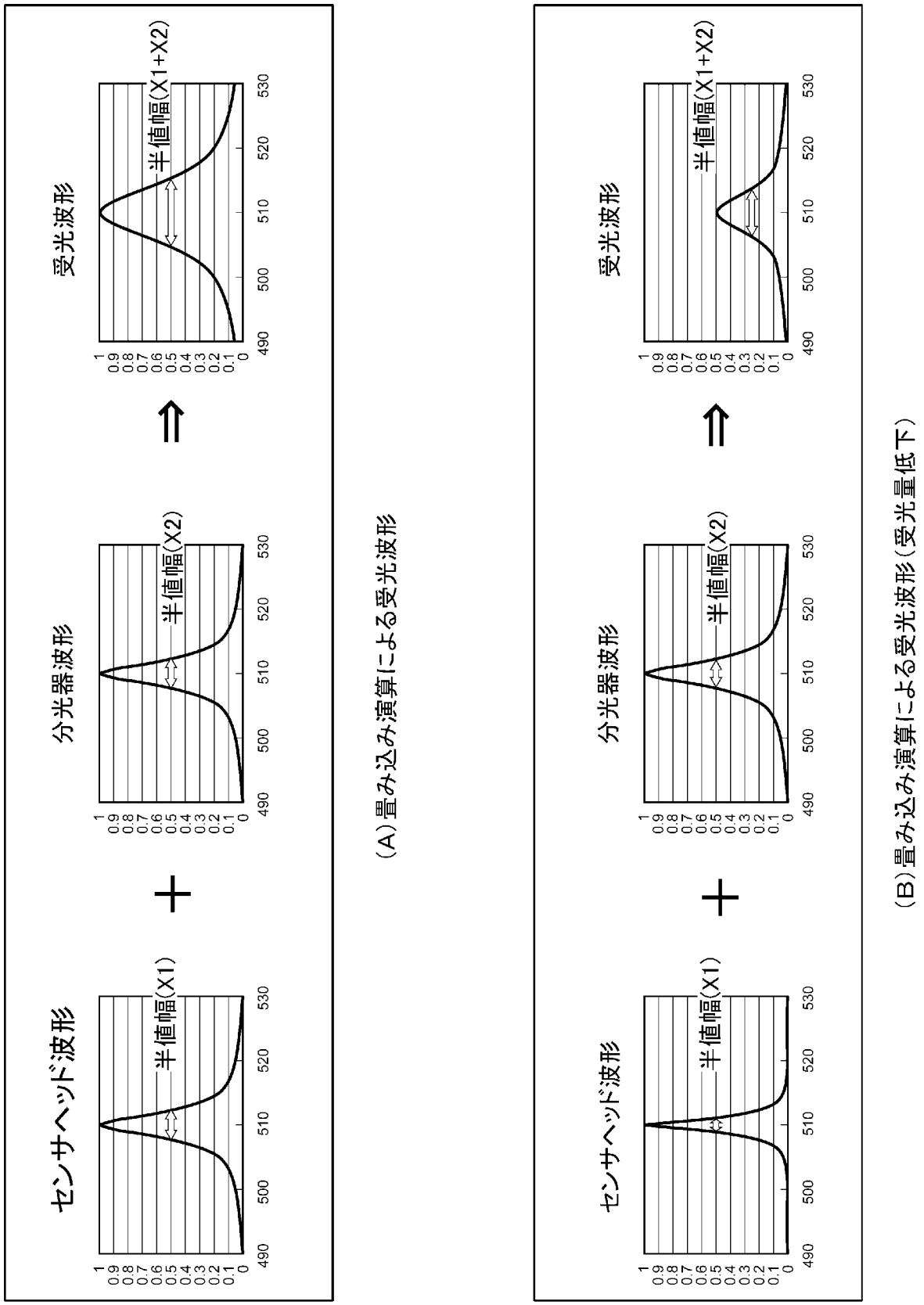
[図3B]



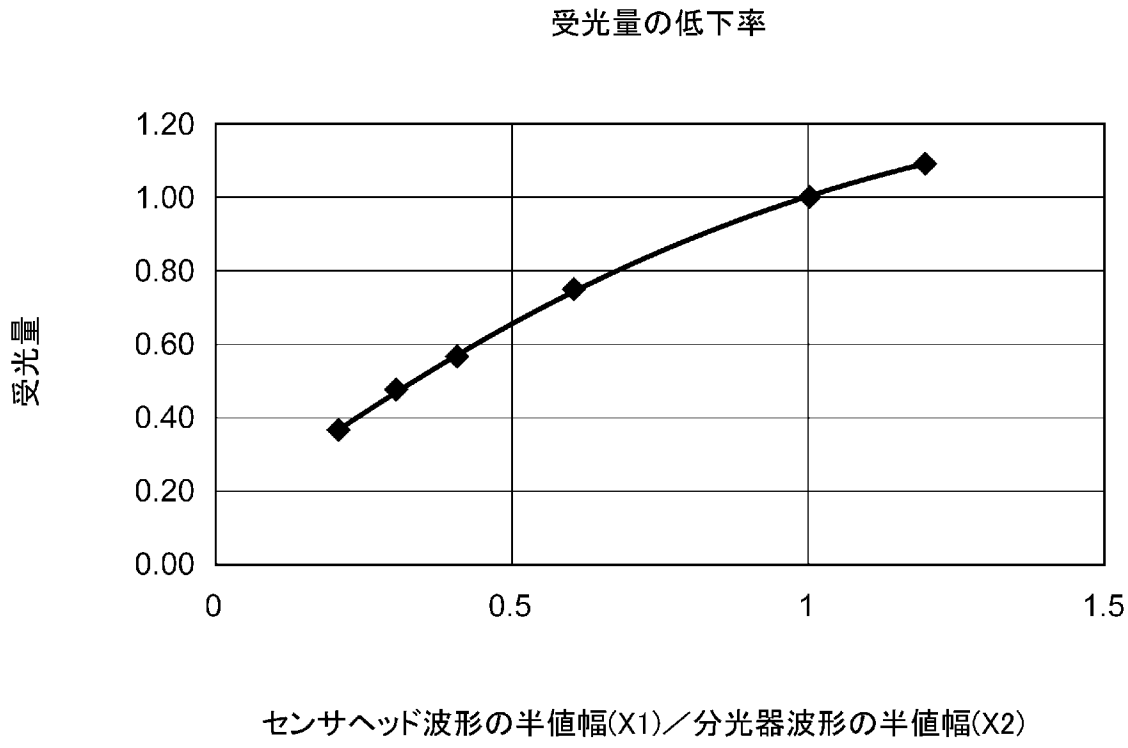
[図4]

項目		第1実施形態 変位センサ11	比較例
センサヘッド300側 光ファイバ	コア径	100μm	50μm
	NA	0.1	0.2
分光器120側 光ファイバ	コア径	50μm	50μm
	NA	0.2	0.2
回折レンズ	NA	0.1	0.1
受光波形半値幅		3.5nm	2.6nm
センサヘッド半値幅		1.8nm	0.9nm
分光器半値幅		1.7nm	1.7nm
移動分解能(比)		0.9	0.9
受光量(比)		1 (5.5倍)	0.18
センサヘッド結合効率(比)		1	0.25
畳み込みによる受光量低下(比)		1	0.7

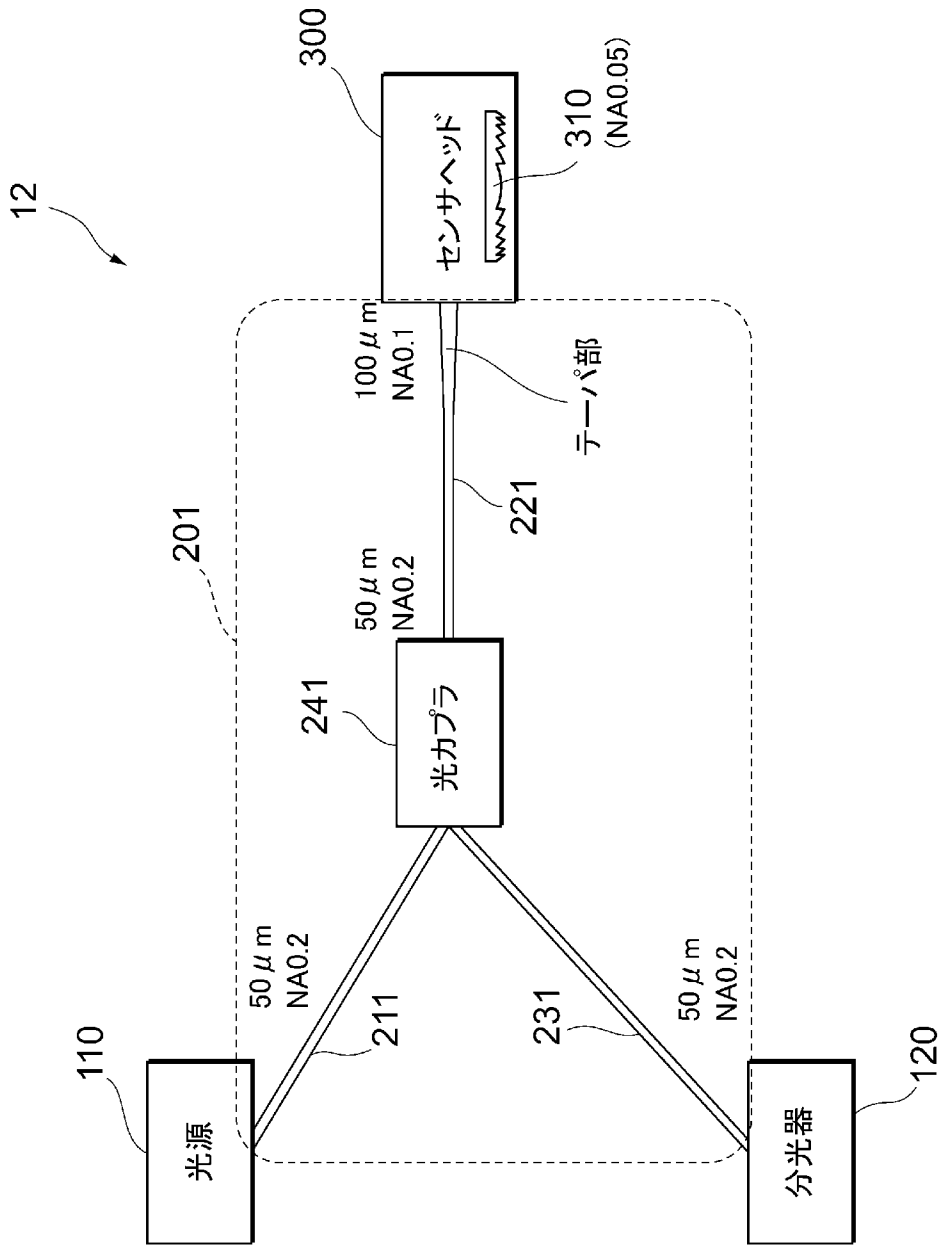
[図5]


センサヘッド波形
半値幅(X1)
分光器波形
半値幅(X2)
受光波形
半値幅(X1+X2)
(A)畳み込み演算による受光波形
(B)畳み込み演算による受光波形(受光量低下)

[図6]


受光量の低下率
受光量
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
0
0.5
1
1.5
センサヘッド波形の半値幅(X1)／分光器波形の半値幅(X2)

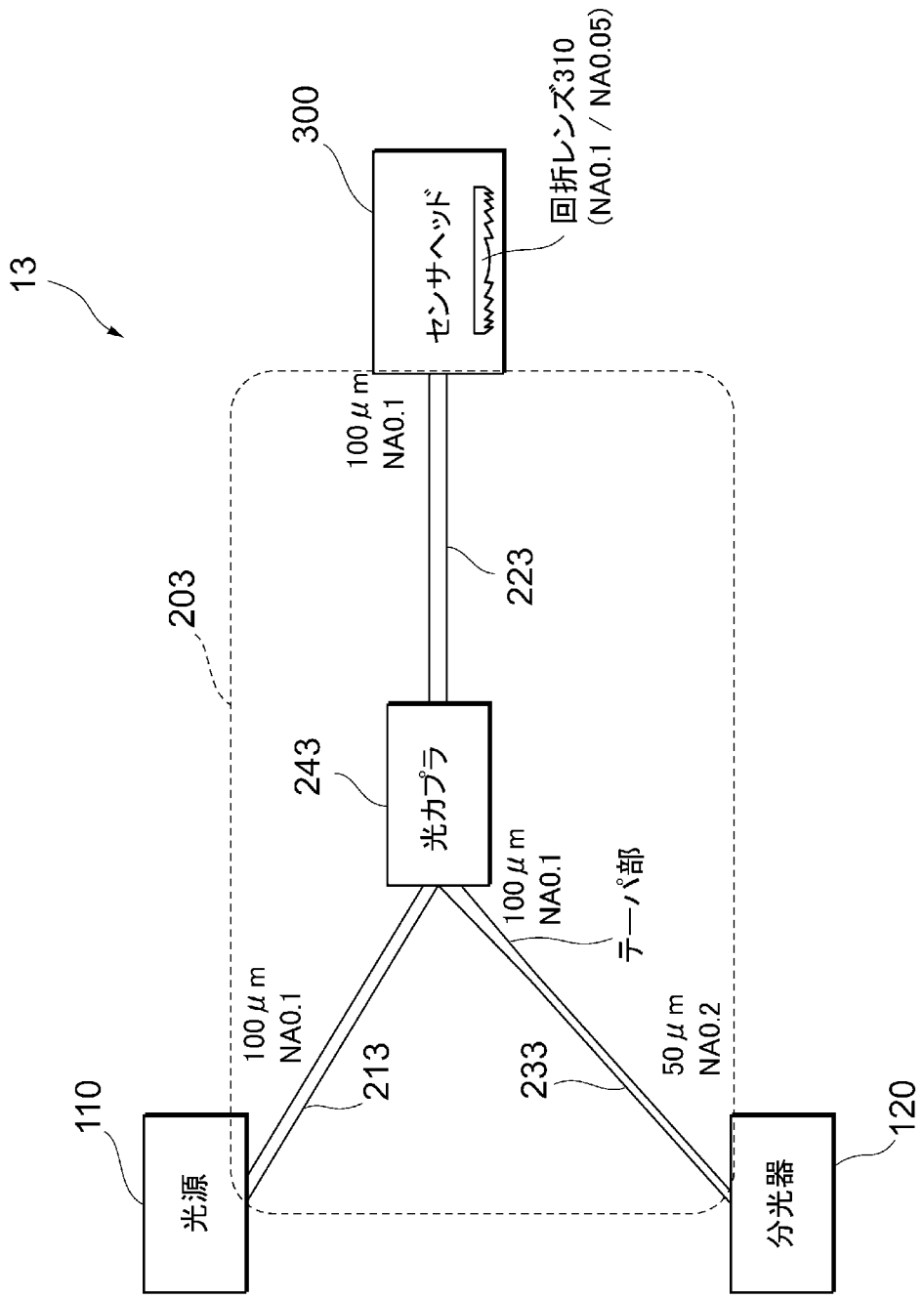
[図7]


12
300
センサヘッド
310
(NA0.05)
100μm
NA0.1
テーパ部
221
201
50μm
NA0.2
241
光カプラ
50μm
NA0.2
211
231
50μm
NA0.2
110
光源
120
分光器

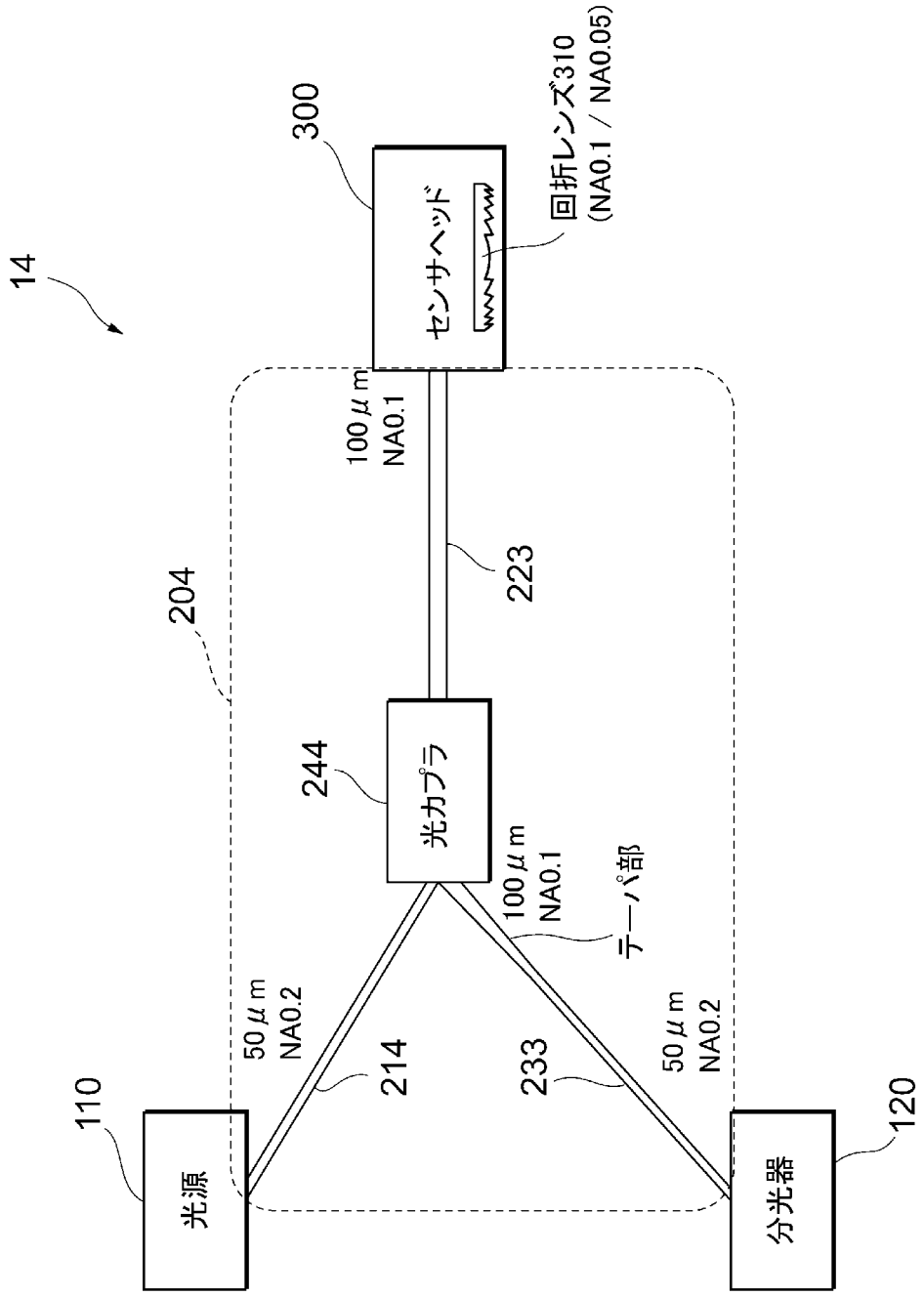
[図8]

項目		第2実施形態 変位センサ12	比較例
センサヘッド300側 光ファイバ	コア径	100μm	50μm
	NA	0.1	0.2
分光器120側 光ファイバ	コア径	50μm	50μm
	NA	0.2	0.2
回折レンズ	NA	0.05	0.1
受光波形半値幅		2.6nm	2.6nm
センサヘッド半値幅		0.9nm	0.9nm
分光器半値幅		1.7nm	1.7nm
移動分解能(比)		0.45 (2倍)	0.9
受光量(比)		0.18	0.18
センサヘッド結合効率(比)		0.25	0.25
畳み込みによる受光量低下(比)		0.7	0.7

[図9]


13
300
センサヘッド
回折レンズ310
(NA0.1 / NA0.05)
100μm
NA0.1
223
203
243
光カプラ
100μm
NA0.1
テーパ部
100μm
NA0.1
213
233
50μm
NA0.2
110
光源
分光器
120

[図10]


14
300
センサヘッド
回折レンズ310
(NA0.1 / NA0.05)
100μm
NA0.1
223
204
244
光カプラ
100μm
NA0.1
テープ部
50μm
NA0.2
214
233
50μm
NA0.2
110
光源
分光器
120

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/007847

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G01B11/00(2006.01)i, G01C3/06(2006.01)i
FI: G01B11/00B, G01C3/06120P

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)
Int.Cl. G01B11/00, G01C3/06

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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.
A	JP 2017-102067 A (OMRON CORPORATION) 08 June 2017 (2017-06-08), paragraphs [0019], [0025]-[0031], [0035]-[0047], fig. 2(B), 3	1-8
A	JP 2012-208102 A (OMRON CORPORATION) 25 October 2012 (2012-10-25), entire text, all drawings	1-8
A	JP 2018-146279 A (OMRON CORPORATION) 20 September 2018 (2018-09-20), fig. 1	1-8

☐ 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	Date of mailing of the international search report
07 May 2021	18 May 2021

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/007847

JP 2017-102067 A	08 June 2017	US 2017/0160130 A1 paragraphs [0019], [0047]-[0051], [0056]-[0069], fig. 2(B), 3 EP 3176538 A1 CN 107063127 A
JP 2012-208102 A	25 October 2012	EP 2500685 A1 entire text, all drawings CN 102679880 A KR 10-2012-0104929 A TW 201237356 A
JP 2018-146279 A	20 September 2018	US 2018/0252582 A1 fig. 1 CN 108534682 A KR 10-2018-0101157 A TW 201833511 A

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/007847

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01B 11/00(2006.01)i; G01C 3/06(2006.01)i
FI: G01B11/00 B; G01C3/06 120P

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））

G01B11/00; G01C3/06

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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
A	JP 2017-102067 A (オムロン株式会社) 08.06.2017 (2017-06-08) [0019]、[0025]-[0031]、[0035]-[0047]、図2(B)-3	1-8
A	JP 2012-208102 A (オムロン株式会社) 25.10.2012 (2012-10-25) 全文全図	1-8
A	JP 2018-146279 A (オムロン株式会社) 20.09.2018 (2018-09-20) 図1	1-8

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
07.05.2021	18.05.2021

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
山▲崎▼　和子 2S 6005
電話番号 03-3581-1101 内線 3216

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/007847

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2017-102067 A	08.06.2017	US 2017/0160130 A1 [0019]、[0047]-[0051]、 [0056]-[0069]、図2(B)-3 EP 3176538 A1 CN 107063127 A	
JP 2012-208102 A	25.10.2012	EP 2500685 A1 全文全図 CN 102679880 A KR 10-2012-0104929 A TW 201237356 A	
JP 2018-146279 A	20.09.2018	US 2018/0252582 A1 図1 CN 108534682 A KR 10-2018-0101157 A TW 201833511 A	