

(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
2020年1月30日(30.01.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/021658 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 26/10 (2006.01) *G02B 23/26* (2006.01)
A61B 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/027921
- (22) 国際出願日: 2018年7月25日(25.07.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (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 2 9 5 1 番地 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 中島 啓一郎 (NAKAJIMA, Keiichiro); 〒1928507 東京都八王子市石川町 2 9 5 1 番地 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 雙

木 満(NAMIKI, Mitsuru); 〒1928507 東京都八王子市石川町 2 9 5 1 番地 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 福島 郁俊(FUKUSHIMA, Ikutoshi); 〒1928507 東京都八王子市石川町 2 9 5 1 番地 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 三木 健寛(MIKI, Takehiro); 〒1928507 東京都八王子市石川町 2 9 5 1 番地 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).

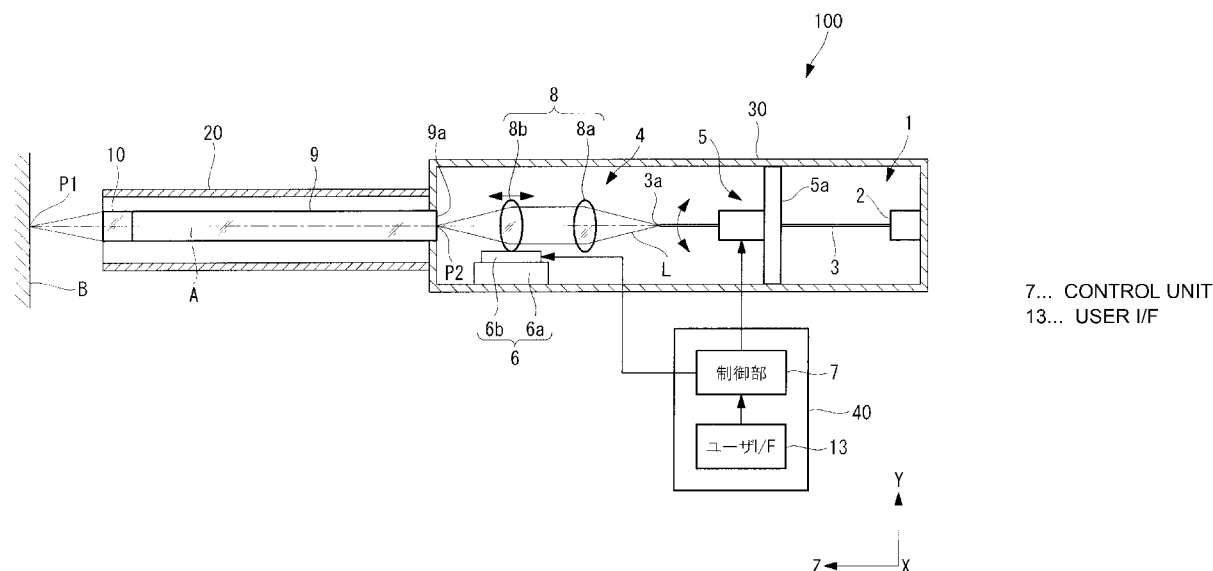
(74) 代理人: 上田 邦生, 外 (UEDA, Kunio et al.); 〒2208139 神奈川県横浜市西区みなとみらい 2-2-1 横浜ランドマークタワー 3 9 階 オリーブ国際特許事務所 Kanagawa (JP).

(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,

(54) Title: LIGHT PROJECTION DEVICE AND LIGHT PROJECTION METHOD

(54) 発明の名称: 光投影装置および光投影方法

[図1]



(57) Abstract: A light projection device (1) is equipped with: a light source (2); an optical fiber (3) for projecting a laser beam (L) from the light source (2) through the tip (3a) of the optical fiber (3); a first scanning unit (5) for spirally scanning the spot (P1) of the laser beam (L) over an imaging subject (B) by spirally oscillating the tip (3a); an image-forming optical system (4) for projecting the spot (P1) of the laser beam (L) from the tip (3a) onto the imaging subject (B); a second scanning unit (6) for linearly scanning the spot (P1) in a direction along the optical axis (A) by moving at least part of the image-forming optical system (4) and the tip of the optical fiber (3) in a direction along the optical axis (A); and a control unit (7) for causing the spot (P1) to scan linearly during one spiral scanning period by controlling the first and

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, 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:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

second scanning units (5, 6) in a synchronized manner.

(57) 要約: 光投影装置 (1) は、光源部 (2) と、光源部 (2) からのレーザー光 (L) を先端 (3 a) から射出する光ファイバ (3) と、先端 (3 a) をスパイラル振動させることによって、レーザー光 (L) のスポット (P 1) を被写体 (B) 上でスパイラル走査する第 1 の走査部 (5) と、先端 (3 a) からのレーザー光 (L) のスポット (P 1) を被写体 (B) に投影する結像光学系 (4) と、光ファイバ (3) の先端部および結像光学系 (4) のうち少なくとも一部を光軸 (A) に沿う方向に移動させることによってスポット (P 1) を光軸 (A) に沿う方向に直線走査する第 2 の走査部 (6) と、第 1 および第 2 の走査部 (5, 6) を同期させて制御することによってスポット (P 1) をスパイラル走査の 1 周期の間に直線走査させる制御部 (7) とを備える。

明 細 書

発明の名称： 光投影装置および光投影方法

技術分野

[0001] 本発明は、光投影装置および光投影方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、光ファイバの先端を振動させることによって、光ファイバから被写体に照射される光を走査する内視鏡用の光ファイバスキャナが知られている（例えば、特許文献 1 参照。）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：特許第 5 0 6 9 1 0 5 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献 1 において、光ファイバの先端から射出された光は、レンズを経由して被写体に照射される。したがって、被写体に照射される光には、レンズに起因する像面湾曲等の収差が発生する。診断または治療には鮮鋭な被写体の内視鏡画像が必要であり、そのためには、被写体面の形状に応じて収差を補正する必要がある。しかしながら、特許文献 1 は、収差、特に像面湾曲を適切に補正することができないという問題がある。

[0005] 本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであって、被写体を照明する照明光の収差を被写体面の形状に応じて補正することができる光投影装置および光投影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] 本発明の一態様は、レーザ光を発する光源部と、該光源部から発せられた前記レーザ光を導光し、先端から射出する光ファイバと、前記光ファイバの先端部を片持ち梁状に支持する支持部を有し、該支持部における前記光ファイバの光軸を軸にして前記光ファイバの先端をスパイラル振動させることに

よって、前記レーザ光のスポットを被写体上でスパイラル走査する第1の走査部と、前記支持部における前記光ファイバの光軸と同一の光軸を有し、前記光ファイバの先端から射出された前記レーザ光を集光させ、前記レーザ光のスポットを前記被写体に投影する結像光学系と、前記光ファイバの先端部および前記結像光学系のうち少なくとも一部を前記支持部における前記光ファイバの光軸に沿う方向に移動させることによって前記スポットを前記支持部における前記光ファイバの光軸に沿う方向に直線走査する第2の走査部と、前記第1の走査部および前記第2の走査部を同期させて制御することによって前記スポットを前記スパイラル走査の1周期の間に直線走査させる制御部とを備える光投影装置である。

[0007] 本発明の他の態様は、光ファイバの先端から射出されたレーザ光を集光させ、該レーザ光のスポットを被写体に投影する光投影方法であって、前記光ファイバの先端部を片持ち梁状に支持する支持部における前記光ファイバの光軸を軸にして前記光ファイバの先端をスパイラル振動させることによって、前記スポットをスパイラル走査するステップと、前記スポットを前記光軸に沿う方向に直線走査するステップとを含み、前記スパイラル走査するステップと前記直線走査するステップとを同期させて実行することによって前記スポットをスパイラル走査の1周期の間に直線走査させる光投影方法である。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、被写体を照明する照明光の収差を被写体面の形状に応じて補正することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の一実施形態に係る光投影装置の全体構成図である。

[図2]図1の光投影装置における第1の走査部の構成例を示す図である。

[図3A]可動レンズが静止しているときの中間スポットの走査軌跡を示す図である。

[図3B]可動レンズが移動しているときの中間スポットの走査軌跡を示す図で

ある。

[図4A]可動レンズと中間スポットとの位置関係を説明する図であり、可動レンズが基準位置に配置されている状態を示す図である。

[図4B]可動レンズが図4Aの基準位置から $-Z$ 側に変位した状態を示す図である。

[図4C]可動レンズが図4Aの基準位置から $+Z$ 側に変位した状態を示す図である。

[図5A]可動レンズが静止しているときのリレーレンズおよび対物レンズにおける像面の変化を示す図である。

[図5B]可動レンズが移動しているときのリレーレンズおよび対物レンズにおける像面の変化を示す図である。

[図6]図1の光投影装置の動作を示すタイミングチャートである。

[図7]被写体の表面における非補正像面および目標像面を説明する図である。

[図8]第2の駆動信号の具体例を示す図である。

[図9A]図8の第2の駆動信号 $S21$ に基づいて形成される中間像面を示す図である。

[図9B]図8の第2の駆動信号 $S22$ に基づいて形成される中間像面を示す図である。

[図9C]図8の第2の駆動信号 $S23$ に基づいて形成される中間像面を示す図である。

[図10]ユーザ I/F による第2の駆動信号の変化例を示す図である。

[図11]ユーザ I/F による中間像面の変化例を示す図である。

[図12A]目標像面の他の例を示す図である。

[図12B]目標像面の他の例を示す図である。

[図13A]図1の光投影装置の変形例における可動素子と中間スポットとの位置関係を説明する図であり、可動素子が基準位置に配置されている状態を示す図である。

[図13B]図13Aの基準位置からの可動素子の変位によって中間スポットがー

Z側に変位した状態を示す図である。

[図13C]図13Aの基準位置からの可動素子の変位によって中間スポット+Z側に変位した状態を示す図である。

[図14A]図1の光投影装置の他の変形例における可動レンズと中間スポットとの位置関係を説明する図であり、可動素子が基準位置に配置されている状態を示す図である。

[図14B]図14Aの基準位置からの可動素子の変位によって中間スポットが-Z側に変位した状態を示す図である。

[図14C]図14Aの基準位置からの可動素子の変位によって中間スポットが+Z側に変位した状態を示す図である。

[図15A]図1の光投影装置の他の変形例における可動レンズと中間スポットとの位置関係を説明する図であり、可動素子が基準位置に配置されている状態を示す図である。

[図15B]図15Aの基準位置からの可動素子の変位によって中間スポットが-Z側に変位した状態を示す図である。

[図15C]図15Aの基準位置からの可動素子の変位によって中間スポットが+Z側に変位した状態を示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下に、本発明の一実施形態に係る光投影装置1および光投影方法について図面を参照して説明する。

本実施形態に係る光投影装置1は、図1に示されるように、内視鏡100に内蔵される。内視鏡100は、硬質で長尺のスコープ20と、スコープ20の基端に接続されるハンドル30と、コントローラ40とを備えている。

光投影装置1は、光源部2と、長尺の光ファイバ3と、結像光学系4と、第1の走査部5と、第2の走査部6と、制御部7とを備えている。

[0011] 光源部2、光ファイバ3および結像光学系4は、内視鏡100の基端側から先端側に向かって順に配置されている。

光源部2は、ハンドル30内に設けられており、レーザダイオードのよう

なレーザ光源を備えている。レーザ光源が発したレーザ光 L は、光ファイバ3の基端に入射する。

[0012] 光ファイバ3はハンドル30内に配置され、光ファイバ3の基端は光源部2に接続されている。光ファイバ3は、光源部2からのレーザ光 L を基端から先端3aまで導光し、先端3aからレーザ光 L を射出する。光ファイバ3の先端部は、後述する第1の走査部5の支持部5aによって片持ち梁状に支持されている。以下の説明において、支持部5aにおける光ファイバ3の光軸を「光軸A」と定義し、光軸AをZ軸とするXYZ直交座標系を用いる。+Z方向は、レーザ光 L の進行方向（光軸Aの前方）であり、-Z方向は、レーザ光 L の進行方向とは逆方向（光軸Aの後方）である。X軸およびY軸は、光軸Aに直交し、かつ、相互に直交している。なお、図1および図2以外の図面において、支持部5aの図示は省略されている。

[0013] 結像光学系4は、光軸Aと同一の光軸を有している。結像光学系4は、光ファイバ3の先端3aから射出されたレーザ光 L を集光させ、レーザ光 L のスポットP1を被写体Bに投影する。具体的には、結像光学系4は、ハンドル30内に設けられた集光光学系8と、スコープ20内に設けられたリレーレンズ9および対物レンズ10と、を備えている。

[0014] 集光光学系8は、光ファイバ3の先端3aとリレーレンズ9との間に配置され、先端3aからのレーザ光 L を、リレーレンズ9の基端9aまたは基端9a近傍に集光させる。具体的には、集光光学系8は、一对のレンズ8a、8bを備える。光ファイバ3側のレンズ8aは、光ファイバ3の先端3aから射出されたレーザ光 L を平行光に形成する。リレーレンズ9側のレンズ8bは、リレーレンズ9の基端9aまたは基端9aの近傍に焦点F2を有している。レンズ8bは、焦点F2にレーザ光 L を集光させ、焦点F2に中間スポットP2を形成する。

[0015] リレーレンズ9は、スコープ20の長手方向に沿って配置された長尺の屈折率分布型（GRIN）レンズである。リレーレンズ9は、集光光学系8から基端9aに入射したレーザ光 L をリレーする。

対物レンズ10は、スコープ20の長手方向に沿って配置された短尺のGRINレンズであり、スコープ20の先端に配置されている。対物レンズ10は、リレーレンズ9の先端に接合されており、リレーレンズ9の先端から射出されたレーザ光Lを集光させ、レーザ光LのスポットP1を被写体Bに投影する。

[0016] レンズ8bは、スコープ20およびハンドル30に対して光軸Aに沿って移動可能である可動レンズである。レンズ8bの移動によって、焦点F2および中間スポットP2が光軸Aに沿う方向に直線移動する。

可動レンズ8b以外のレンズ8a, 9, 10は、スコープ20およびハンドル30に対して固定されている。光ファイバ3も、第1の走査部5によって振動させられる先端部を除いて、スコープ20およびハンドル30に対して固定されている。

[0017] 第1の走査部5は、制御部7からの第1の駆動信号S1__X, S1__Y（図6参照。）に従って、光軸Aを軸にして光ファイバ3の先端3aをXY平面内でスパイラル状の振動軌跡に沿ってスパイラル振動させる。これにより、先端3aから射出されるレーザ光Lは、光軸A回りのスパイラル状の走査軌跡に沿ってスパイラル走査され、図3Aに示されるように、中間スポットP2およびスポットP1も光軸A回りにスパイラル走査される。図3Aは、中間スポットP2の走査軌跡を示している。第1の走査部5は、可動レンズ8bが所定の基準位置に静止した状態でスポットP1をスパイラル走査することによって非補正像面I1（図5A参照。）を形成する。

[0018] 図2は、-Z方向に見た光ファイバ3および第1の走査部5の正面図であり、第1の走査部5の構成例を示している。第1の走査部5は、フェルール11と圧電素子12X, 12Yとを備える圧電式のアクチュエータである。フェルール11は、弾性を有する四角筒状の部材である。フェルール11は、先端3aから基端側に間隔を空けた位置において光ファイバ3の外周面に固定されている。フェルール11の基端部には支持部5aが固定され、支持部5aはハンドル30に対して固定されている。支持部5aによって光ファ

イバ3の先端部が片持ち梁状に支持されている。フェルール11の4個の外周面の各々に平板状の圧電素子12X, 12Yが固定されている。

[0019] X方向に相互に対向する2枚の圧電素子12Xは、X方向用の第1の駆動信号S1__Xに従ってZ方向に伸縮振動することによって、光ファイバ3の先端部を屈曲振動させ、先端3aをX方向に振動させる。Y方向に相互に対向する2枚の圧電素子12Yは、Y方向用の第1の駆動信号S1__Yに従ってZ方向に伸縮振動することによって、光ファイバ3の先端部を屈曲振動させ、先端3aをY方向に振動させる。駆動信号S1__Xの位相と駆動信号S1__Yの位相は、相互に $\pi/2$ だけずれており、これにより、先端3aがスパイラル振動させられる。

[0020] 第1の走査部5は、他の方式のアクチュエータであってもよい。例えば、第1の走査部5は、長手方向に磁着され両端に磁極を有する筒状の永久磁石と、永久磁石の各磁極に対向する位置に設けられた電磁コイルとを備える電磁式のアクチュエータであってもよい。永久磁石内には、光ファイバ3が永久磁石から突出するように挿入され、光ファイバ3の外周面に永久磁石が固定される。制御部7から電磁コイルに電流が供給されることによって、電磁コイルが永久磁石の磁極の近傍に磁場を発生させて永久磁石が振動し、光ファイバ3が振動するようになっている。

[0021] 第2の走査部6は、制御部7からの第2の駆動信号S2（図6参照。）に従ってレンズ8bを光軸Aに沿って直線移動させる。これにより、図4Aから図4Cに示されるように、中間スポットP2が光軸Aに沿う方向に直線走査され、中間スポットP2に追従してスポットP1も光軸Aに沿う方向に直線走査される。図4Aは、中間スポットP2がリレーレンズ9の基端9aに一致する基準位置にレンズ8bが配置されている状態を示している。図4Bは、レンズ8bが、基準位置から-Z方向に変位した状態を示している。図4Cは、レンズ8bが、基準位置から+Z方向に変位した状態を示している。

[0022] 第2の走査部6は、ハンドル30に固定される固定部6aと、レンズ8b

に固定される可動部 6 b とを有し、可動部 6 b が固定部 6 a に対して光軸 A に沿う方向に移動可能である。このような第 2 の走査部 6 は、レンズ 8 b を 1 軸方向に移動させることができる任意の素子である。例えば、第 2 の走査部 6 は、ピエゾアクチュエータまたはボイスコイルモータを備える。

[0023] 図 5 A は、走査される中間スポット P 2 によって形成される像面 I 2 と、リレーレンズ 9 および対物レンズ 10 において発生する像面湾曲との関係を示している。

リレーレンズ 9 の基端 9 a または基端 9 a の近傍には、中間像面 I 2 が形成される。中間像面 I 2 は、第 1 および第 2 の走査部 5, 6 によって中間スポット P 2 が走査される面である。レンズ 8 b が静止している場合、中間像面 I 2 は、図 3 A および図 5 A に示されるように、光軸 A に垂直な平坦面になる。GRIN レンズであるリレーレンズ 9 および対物レンズ 10 内を伝送される像には、像面湾曲が徐々に加算される。したがって、中間像面 I 2 が平坦面である場合、対物レンズ 10 の先端における像面 I 3 は +Z 側（被写体 B 側）に凸の曲面になり、走査されるスポット P 1 によって形成される像面（非補正像面）I 1 も、+Z 側に凸の曲面になる。非補正像面 I 1 は、レンズ 8 b が基準位置に静止した状態で第 1 の走査部 5 によってスポット P 1 が走査される面である。

[0024] 制御部 7 は、図 6 に示されるように、第 1 の駆動信号 S 1 __X, S 1 __Y および第 2 の駆動信号 S 2 を生成する。制御部 7 は、第 1 の駆動信号 S 1 __X, S 1 __Y を第 1 の走査部 5 に供給し、第 2 の駆動信号 S 2 を第 2 の走査部 6 に供給する。

[0025] 第 1 の駆動信号 S 1 __X, S 1 __Y は、振幅包絡線が一定の周期 T で正弦波状に時間変化する振動波である。第 1 の駆動信号 S 1 __X, S 1 __Y の振幅が、光ファイバ 3 の先端 3 a の X 方向および Y 方向の振動振幅に相当する。第 1 の走査部 5 は、このような第 1 の駆動信号 S 1 __X, S 1 __Y に従って、第 1 の期間 Δt_1 中にスポット P 1, P 2 を径方向外方に向かってスパイラル走査し、第 1 の期間 Δt_1 に続く第 2 の期間 Δt_2 中にスポット P 1

， P 2 を径方向内方に向かってスパイラル走査する。

[0026] 第2の駆動信号 S 2 は、三角波または正弦波である。第2の駆動信号 S 2 の大きさが、レンズ 8 b の初期位置からの + Z 方向の移動量に相当する。初期位置は、中間スポット P 2 が、基端 9 a から - Z 方向に離間した位置である。第2の駆動信号 S 2 は、第1の駆動信号 S 1 __ X， S 1 __ Y の周期 T と同一の周期 T を有する。

[0027] 制御部 7 は、第1の駆動信号 S 1 __ X， S 1 __ Y と第2の駆動信号 S 2 とを同期させることによって第1の走査部 5 と第2の走査部 6 とを同期させて制御する。このときに、制御部 7 は、非補正像面 I 1 と目標像面 I 1 ' との差に基づき、第1の走査部 5 によってスパイラル走査されるスポット P 1 を非補正像面 I 1 上の位置から目標像面 I 1 ' 上の位置に変位させるように、第2の駆動信号 S 2 によって可動レンズ 8 b の移動方向および移動量を制御し、それにより、非補正像面 I 1 を目標像面 I 1 ' に補正する。目標像面 I 1 ' は、例えば、ユーザによって制御部 7 に設定された面である。これにより、スポット P 1 が走査される像面を任意の形状の面に制御し、照明光の収差、特に像面湾曲を被写体 B の表面の形状に応じて補正することができる。レンズ 8 b の移動方向および移動量は、既知の非補正像面 I 1 の形状と目標像面 I 1 ' の形状との差分から算出される。あるいは、レンズ 8 b の移動方向および移動量が、図示しない記憶装置に予め記憶されていてもよい。

[0028] 例えば、目標像面 I 1 ' が平坦面である場合、制御部 7 は、図 6 に示されるように、第1の駆動信号 S 1 __ X， S 1 __ Y の振幅および第2の駆動信号 S 2 の振幅が同一時刻に最大となり、同一時刻に最小となるように、第1の駆動信号 S 1 __ X， S 1 __ Y と第2の駆動信号 S 2 とを同期させる。これにより、スポット P 1， P 2 が径方向外方に向かってスパイラル走査される第1の期間 Δt_1 中に、第2の走査部 6 は可動レンズ 8 b を基端 9 a に近接する方向に移動させる。また、スポット P 1， P 2 が径方向内方に向かってスパイラル走査される第2の期間 Δt_2 中に、第2の走査部 6 は可動レンズ 8 b を基端 9 a から離間する方向に移動させる。その結果、図 3 B および図 5

Bに示されるように、中間像面12が-Z側に凸の曲面または円錐面になり、レンズ9、10による像面湾曲が中間像面12の湾曲によって相殺され、非補正像面1は平坦な目標像面1'に補正される。このように、被写体B側に凸の非補正像面1が、負の屈折力を有するレンズを使用することなく、平坦面に補正される。

[0029] このような制御部7は、例えば、コントローラ40に内蔵されたプロセッサ、記憶装置、信号発生器、およびデジタルアナログ(DA)変換器(いずれも図示略。)を備える。プロセッサは、例えば中央演算処理装置であり、記憶装置に記憶された制御プログラムに従って制御信号を生成する。制御信号は、駆動信号S1__X, S1__Y, S2の各々の周波数、振幅および位相等のパラメータを規定する信号である。信号発生器は、制御信号に従ってデジタル波形を発生させる。DA変換器は、デジタル波形をDA変換することによって、アナログ信号である駆動信号S1__X, S1__Y, S2を生成する。

[0030] 次に、光投影装置1による光投影方法について説明する。

本実施形態に係る光投影装置1によれば、光源部2から発せられたレーザ光Lは、光ファイバ3内を導光し、光ファイバ3の先端3aから射出され、集光光学系8を経由してリレーレンズ9に入射し、リレーレンズ9によってリレーされ、対物レンズ10によって被写体B上に集光させられる。

[0031] 被写体B上に形成されたレーザ光LのスポットP1は、光ファイバ3の先端3aが第1の走査部5によってスパイラル振動させられることで、光軸A回りにスパイラル走査される。また、スポットP1は、レンズ8bが第2の走査部6によって直線移動させられることで、光軸Aに沿う方向に直線走査される。スポットP1がスパイラル走査の1周期の間に直線走査されるように、第1の走査部5によるスパイラル走査と第2の走査部6による直線走査は、制御部7によって相互に同期して実行される。これにより、被写体Bを照明するレーザ光Lの非補正像面1は平坦な目標像面1'に補正される。したがって、平坦な、または凹凸の少ない被写体Bの表面をレーザ光Lの

小さなスポットP1で走査することができる。

[0032] 被写体B上のスポットP1の位置では、蛍光またはレーザ光Lの反射光のような信号光が発生する。信号光は、スコープ20に設けられた検出光学系（図示略）によって検出され、検出光学系からコントローラ40に信号光の強度の情報が送信される。コントローラ40において、信号光の強度が走査軌跡上のスポットP1の位置と対応付けられることによって、被写体Bの画像が生成される。図6には、スパイラル走査の往路において被写体Bの画像を取得する例が示されている。制御部7は、駆動信号S1__X, S1__Y, S2が最大となるタイミングで、撮影トリガであるパルス信号を発生させる。検出光学系は、撮影トリガに応答して、所定の長さの撮影期間にわたって信号光を検出する。

[0033] 図7は、被写体Bの表面の形状と像面I1, I1'の形状との関係を示している。図7に示されるように、非補正像面I1の形状と被写体Bの表面の形状との間にずれが存在している場合、被写体Bの表面におけるレーザ光Lのスポット径が広がり、その結果、画像にぼけが生じる。画像のぼけは、非補正像面I1と被写体Bの表面との間のずれ δ が大きい程、顕著になる。

本実施形態によれば、平坦なまたは凹凸の少ない被写体Bの表面形状に応じて、非補正像面I1が平坦な目標像面I1'に補正される。したがって、全体にわたって被写体Bの表面に焦点が合った画像を取得することができるという利点がある。

[0034] また、本実施形態によれば、GRINレンズ9, 10が発生させる大きな像面湾曲を、GRINレンズ9, 10以外のレンズ8bを直線移動させるだけの簡易な手段によって容易に補正することができるという利点がある。例えば、図5Aに示されるように、GRINレンズ9, 10の一設計例において、非補正像面I1は、像面湾曲によって、光軸Aに沿う方向に0.26mmの広がりを持つ。このような、レンズの屈折力を利用した補正が困難な大きな像面湾曲であっても、可動レンズ8bの移動によって容易に補正することができる。

例えば、スパイラル状の走査軌跡の周回数が180周である場合、観察範囲の1枚の画像を16.7msで取得するために、光ファイバ3の先端3aには、0.1ms程度の振動周期が要求される。一方、レンズ8bは、16.7msの間に一往復すればよい。このようなレンズ8bの機械的な移動の実現は容易である。

[0035] GRINレンズ9, 10による像面湾曲は、負の屈折力を有する凹レンズをスコープ20の先端に配置することによっても、補正することができる。ただし、極細のスコープ20の場合、凹レンズをスコープ20の先端に配置することが困難である。本実施形態によれば、ハンドル30内の光学素子8aの移動によって像面湾曲を補正するので、極細のスコープ20にも好適に適用することができるという利点がある。

[0036] 図8は、第2の駆動信号S2の具体例を示し、図9Aから図9Cは、中間スポットP2の走査軌跡、すなわち中間像面12の具体例を示している。

図8において、レンズ8bを一定の速度で移動させる第2の駆動信号S21と、レンズ8bの移動速度を次第に増大させる第2の駆動信号S22と、レンズ8bの移動速度を次第に低下させる第2の駆動信号S23が示されている。

[0037] 第2の駆動信号S21に従って形成される中間像面12は、図9Aに示されるように、円錐形である。第2の駆動信号S22に従って形成される中間像面12は、図9Bに示されるように、側面が凹状の略円錐形である。第2の駆動信号S23に従って形成される中間像面12は、図9Cに示されるように、側面が凸状の略円錐形である。このように、第2の駆動信号S2の具体的な波形形状は、レンズ9, 10によって発生する像面湾曲に応じて様々に設定することができる。

[0038] 被写体Bの観察中に、目標像面11'を変化させたいことがある。例えば、体腔内の観察において、観察範囲の被写体Bの表面の形状が体腔内の位置によって異なることがある。このような場合のために、ユーザが中間像面12の形状を変化させるためのユーザインタフェース(I/F)13が設けら

れていてもよい。ユーザ I / F 1 3 は、コントローラ 4 0 に設けられていてもよい。あるいは、ユーザ I / F 1 3 は、ハンドル 3 0 に設けられたダイヤルである。

[0039] 例えば、ユーザによるユーザ I / F 1 3 の操作によって、図 1 0 に示されるように、第 2 の駆動信号 S 2 が、振幅が異なる 2 つのパターン 1, 2 の間で連続的に変更可能であり、図 1 1 に示されるように、第 2 の駆動信号 S 2 の振幅の変更に従って光軸 A に沿う方向の中間像面 I 2 の寸法が変更される。図 8 に示されるように、ユーザ I / F 1 3 は、可動レンズ 8 b の移動速度を変更することができるように構成されていてもよい。

[0040] 本実施形態において、目標像面 I 1' は、平坦面に限定されるものではなく、被写体 B の表面の形状に応じて任意の形状に設定することができる。

図 1 2 A および図 1 2 B は、目標像面 I 1' の他の例を示している。

図 1 2 A に示される目標像面 I 1' は、非補正像面 I 1 よりも大きな曲率を有する + Z 側に凸の曲面である。このような目標像面 I 1' は、例えば、細い空洞内の観察において、焦点が正面のみならず空洞の内面にも合った画像を得ることができる点で、有利である。この場合、+ Z 側に凸の中間像面 I 2 を形成するために、制御部 7 は、第 1 の期間 Δt_1 中に第 2 の走査部 6 によって可動レンズ 8 b を基端 9 a から離間する方向に移動させ、第 2 の期間 Δt_2 中に可動レンズ 8 b を第 2 の走査部 6 によって基端 9 a に近接する方向に移動させる。

[0041] 図 1 2 B に示される目標像面 I 1' は、- Z 側に凸の曲面である。このような目標像面 I 1' は、例えば、盛り上がった被写体 B の表面の観察において、被写体 B 全体をボケなく観察することができる点において、有利である。さらに、レーザ光 L による患部の焼灼または結石の破壊等の治療において、患部である被写体 B にレーザ光 L を均一の強度で照射することができる、あるいは、一定以上のエネルギー密度を担保することができる点で有利である。

この場合、中間像面 I 2 が、図 5 B に示される中間像面 I 2 よりも - Z 側

にさらに凸となるように、制御部 7 は、第 2 の走査部 6 によってレンズ 8 b を移動させる。

[0042] 本実施形態においては、第 2 の走査部 6 によって移動させられる可動素子が、一方のレンズ 8 b のみであることとしたが、可動素子は、中間スポット P 2 を光軸 A に沿って移動させることができる任意の素子であってよい。具体的には、リレーレンズ 9 と第 1 の走査部 5 との間に配置された素子、すなわち光ファイバ 3 の先端部および集光光学系 8 のレンズ 8 a, 8 b の中から 1 つ以上を可動素子として選択することができる。

図 1 3 A から図 1 5 C は、可動素子の他の例を示している。

[0043] 図 1 3 A から図 1 3 C において、集光光学系 8 の全てのレンズ 8 a, 8 b および光ファイバ 3 の先端部が可動素子である。第 2 の走査部 6 は、集光光学系 8 および第 1 の走査部 5 を支持している。第 2 の走査部 6 は、集光光学系 8 および光ファイバ 3 の先端部の相対位置を維持しながら、集光光学系 8 および光ファイバ 3 の先端部を一体的に光軸 A に沿って移動させる。

[0044] 図 1 4 A から図 1 4 C において、光ファイバ 3 の先端部が可動素子である。第 2 の走査部 6 は、第 1 の走査部 5 を支持し、第 1 の走査部 5 および光ファイバ 3 の先端部を一体的に光軸 A に沿って移動させる。光ファイバ 3 の先端 3 a が基端 9 a に近接するにつれて中間スポット P 2 は +Z 側に移動する。したがって、-Z 側に凸の中間像面 I 2 を形成する場合、制御部 7 は、第 1 の期間 Δt_1 中に第 2 の走査部 6 によって光ファイバ 3 の先端部を基端 9 a に近接する方向に移動させ、第 2 の期間 Δt_2 中に第 2 の走査部 6 によって光ファイバ 3 の先端部を基端 9 a から離間する方向に移動させる。

[0045] 図 1 5 A から図 1 5 C において、集光光学系 8 の光ファイバ 3 側のレンズ 8 a および光ファイバ 3 の先端部が可動素子である。第 2 の走査部 6 は、レンズ 8 a および第 1 の走査部 5 を支持している。第 2 の走査部 6 は、レンズ 8 a および光ファイバ 3 の先端部を相互に近接する方向および離間する方向に光軸 A に沿って移動させ、光ファイバ 3 の先端 3 a とレンズ 8 a との間の距離を変化させる。このような第 2 の走査部 6 は、ピエゾアクチュエータの

ような、光軸Aに沿う方向に伸縮可能な素子である。第2の走査部6は、第1の走査部5およびレンズ8aをそれぞれ移動させる2つの素子を備えていてもよい。

[0046] 光ファイバ3の先端3aおよびレンズ8aが相互に離間する方向に移動したときに、中間スポットP2は-Z側に移動する。したがって、-Z側に凸の中間像面12を形成する場合、制御部7は、第1の期間 Δt_1 中に第2の走査部6によって、光ファイバ3の先端部を+Z側に移動させるとともにレンズ8aを-Z側に移動させ、第2の期間 Δt_2 中に第2の走査部6によって、光ファイバ3の先端部を-Z側に移動させるとともにレンズ8aを+Z側に移動させる。

[0047] ここまで、本発明を実施するための形態を説明してきたが、本発明は上述した実施の形態のみに限定されるべきものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

例えば、上述した実施形態において、集光光学系8は一对のレンズからなる光学系であったが、集光光学系8の具体的な構成はこれに限定されず、3枚以上のレンズの組み合わせから集光光学系8を構成することが可能である。可動素子としてのレンズは、必ずしも集光光学系8の端に位置するレンズである必要はなく、いずれの位置のレンズを可動素子とするかは本発明の実施者が自由に選択することができる。

符号の説明

- [0048] 1 光投影装置
2 光源部
3 光ファイバ
3a 光ファイバの先端
4 結像光学系
5 第1の走査部
5a 支持部
6 第2の走査部

- 6 a 固定部（第2の走査部）
- 6 b 可動部（第2の走査部）
- 7 制御部
- 8 集光光学系
- 8 a, 8 b レンズ（結像光学系、可動レンズ）
- 9 リレーレンズ（結像光学系、屈折率分布型レンズ）
- 10 対物レンズ（結像光学系、屈折率分布型レンズ）
- 11 フェルール
- 12 X, 12 Y 圧電素子
- 13 ユーザインタフェース
- 20 スコープ
- 30 ハンドル
- 40 コントローラ
- 100 内視鏡
- A 光軸
- B 被写体
- I 1 非補正像面
- I 1' 目標像面
- I 2 中間像面
- P 1 スポット
- P 2 中間スポット

請求の範囲

[請求項1]

レーザ光を発する光源部と、

該光源部から発せられた前記レーザ光を導光し、先端から射出する光ファイバと、

前記光ファイバの先端部を片持ち梁状に支持する支持部を有し、該支持部における前記光ファイバの光軸を軸にして前記光ファイバの先端をスパイラル振動させることによって、前記レーザ光のスポットを被写体上でスパイラル走査する第1の走査部と、

前記支持部における前記光ファイバの光軸と同一の光軸を有し、前記光ファイバの先端から射出された前記レーザ光を集光させ、前記レーザ光のスポットを前記被写体に投影する結像光学系と、

前記光ファイバの先端部および前記結像光学系のうち少なくとも一部を前記支持部における前記光ファイバの光軸に沿う方向に移動させることによって前記スポットを前記支持部における前記光ファイバの光軸に沿う方向に直線走査する第2の走査部と、

前記第1の走査部および前記第2の走査部を同期させて制御することによって前記スポットを前記スパイラル走査の1周期の間に直線走査させる制御部とを備える光投影装置。

[請求項2]

前記第1の走査部による前記スポットのスパイラル走査の周期の長さ、前記第2の走査部による前記スポットの直線走査の周期の長さ、相互に同一である請求項1に記載の光投影装置。

[請求項3]

前記第1の走査部は、前記光ファイバの先端部および前記結像光学系が所定の基準位置に静止した状態で前記スポットをスパイラル走査することによって非補正像面を形成し、

前記制御部は、前記第2の走査部を制御することによって、前記スポットを、前記非補正像面上の位置から目標像面上の位置に前記支持部における前記光ファイバの光軸に沿う方向に変位させる請求項1または請求項2に記載の光投影装置。

- [請求項4] 前記非補正像面が、前記被写体側に凸の曲面であり、
前記目標像面が、平坦面である請求項3に記載の光投影装置。
- [請求項5] 前記結像光学系が、屈折率分布型レンズを含み、
前記第2の走査部は、前記光ファイバの先端部および前記結像光学系のうち、前記屈折率分布型レンズを除く少なくとも一部を移動させる請求項4に記載の光投影装置。
- [請求項6] 前記制御部は、前記第1の走査部によって前記スポットが径方向外方に向かってスパイラル走査されている第1の期間中に前記第2の走査部によって前記光ファイバの先端部および前記結像光学系のうち少なくとも一部を一方向に移動させ、前記第1の走査部によって前記スポットが径方向内方に向かってスパイラル走査されている第2の期間中に前記第2の走査部によって前記光ファイバの先端部および前記結像光学系のうち少なくとも一部を反対方向に移動させる請求項5に記載の光投影装置。
- [請求項7] 前記結像光学系が、前記光ファイバの先端と前記屈折率分布型レンズとの間に配置され、前記光ファイバの先端から射出された前記レーザー光を集光させて前記レーザー光の中間スポットを形成する集光光学系を備え、
前記第2の走査部は、前記集光光学系が備える可動レンズを移動させ、
前記制御部は、前記第1の期間中に前記第2の走査部によって前記可動レンズを前記中間スポットが前記屈折率分布型レンズに近接する方向に移動させ、前記第2の期間中に前記第2の走査部によって前記可動レンズを前記中間スポットが前記屈折率分布型レンズから離間する方向に移動させる請求項6に記載の光投影装置。
- [請求項8] 前記第2の走査部は、前記光ファイバの先端部を移動させ、
前記制御部は、前記第1の期間中に前記第2の走査部によって前記光ファイバの先端部を前記屈折率分布型レンズに近接する方向に移動

させ、前記第2の期間中に前記第2の走査部によって前記光ファイバの先端部を前記屈折率分布型レンズから離間する方向に移動させる請求項6に記載の光投影装置。

[請求項9]

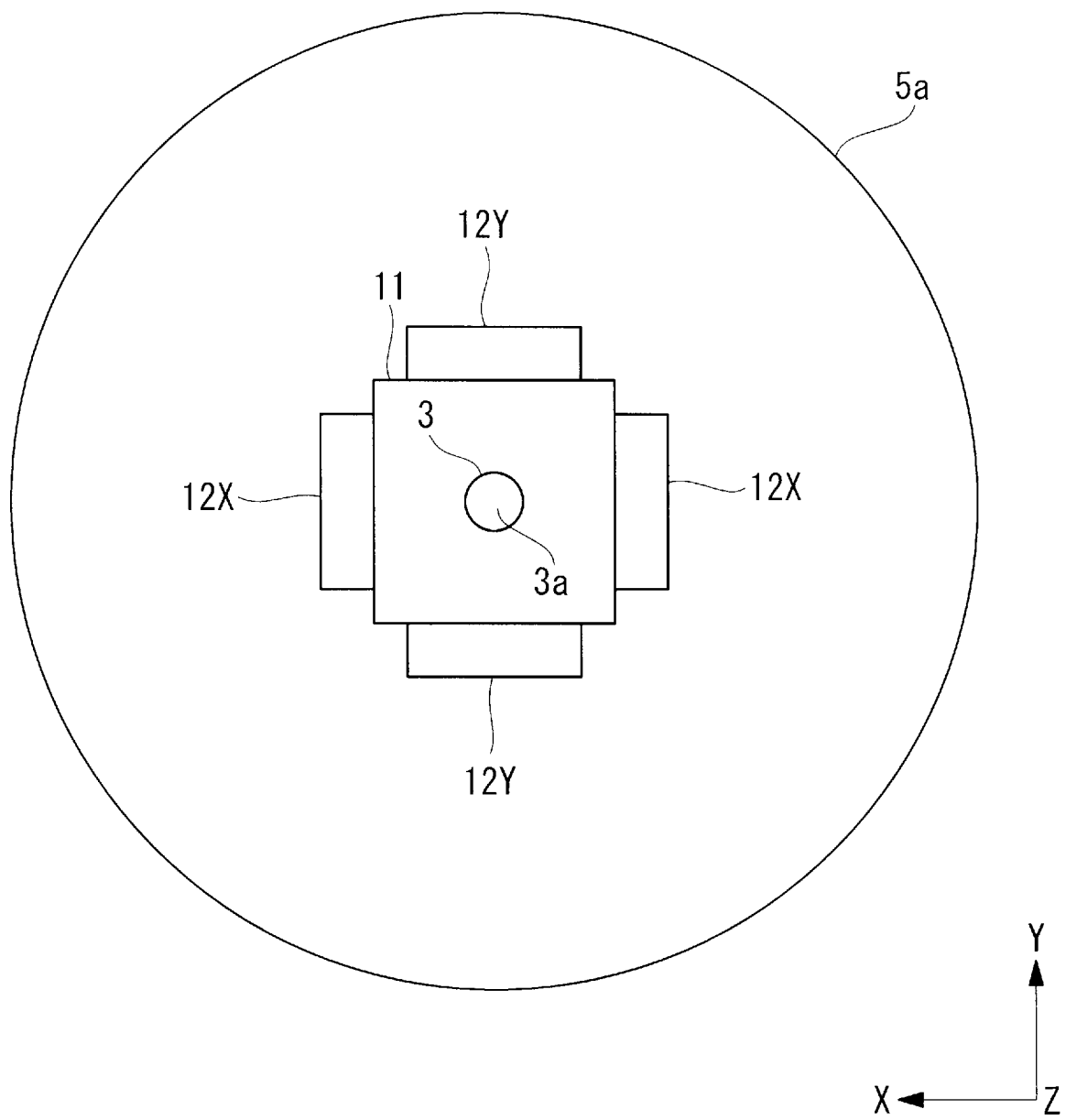
光ファイバの先端から射出されたレーザ光を集光させ、該レーザ光のスポットを被写体に投影する光投影方法であって、

前記光ファイバの先端部を片持ち梁状に支持する支持部における前記光ファイバの光軸を軸にして前記光ファイバの先端をスパイラル振動させることによって、前記スポットをスパイラル走査するステップと、

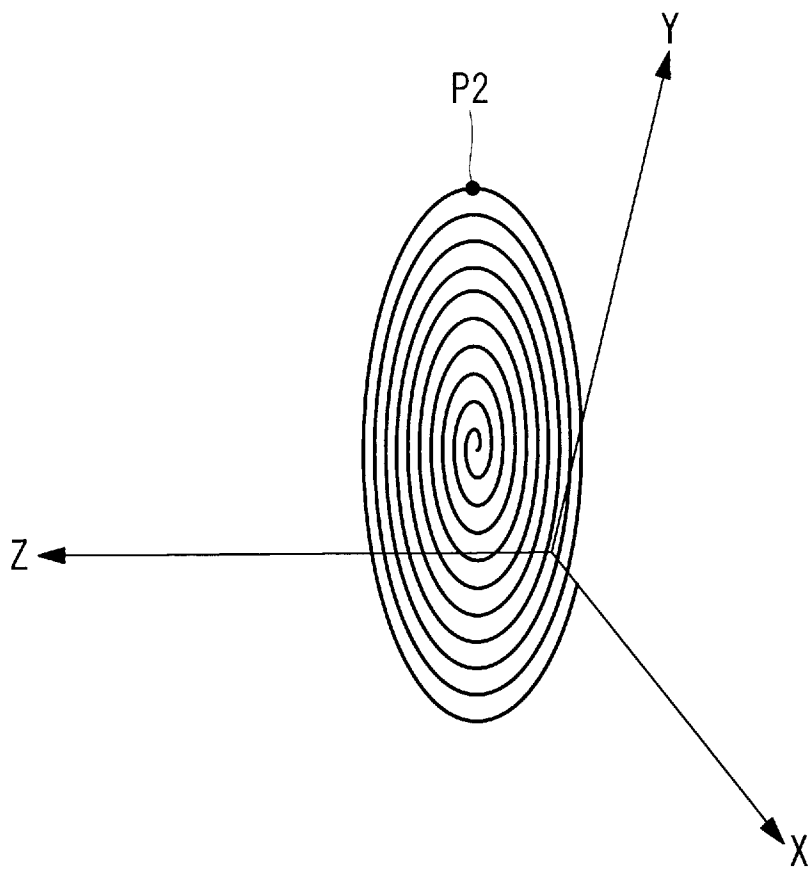
前記スポットを前記光軸に沿う方向に直線走査するステップとを含み、

前記スパイラル走査するステップと前記直線走査するステップとを同期させて実行することによって前記スポットをスパイラル走査の1周期の間に直線走査させる光投影方法。

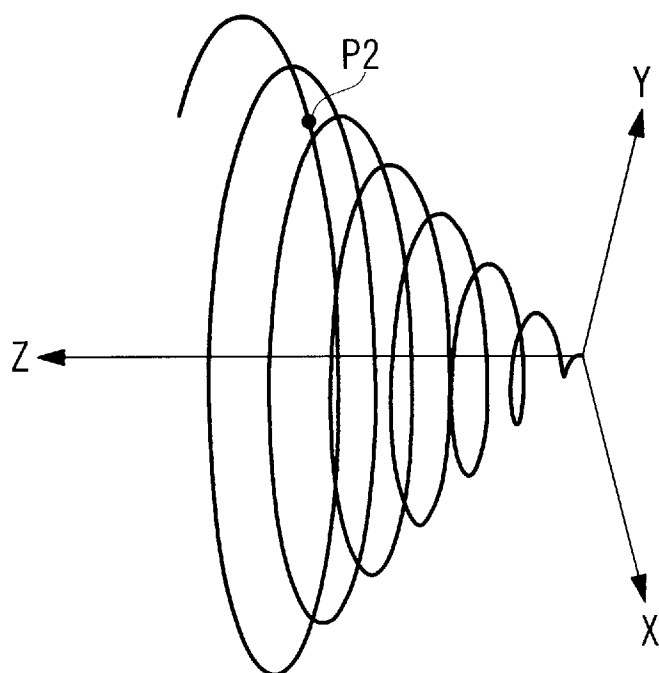
[図2]



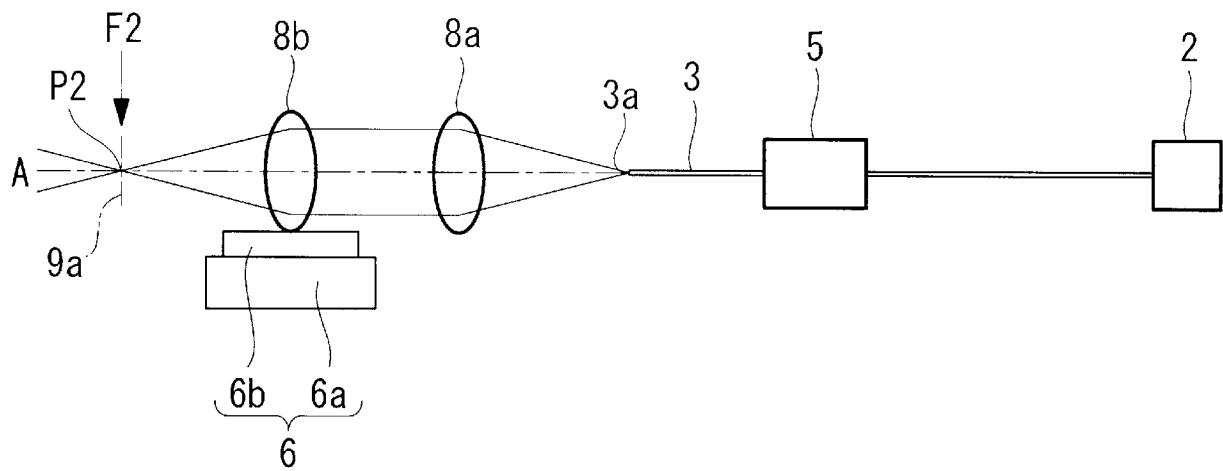
[図3A]



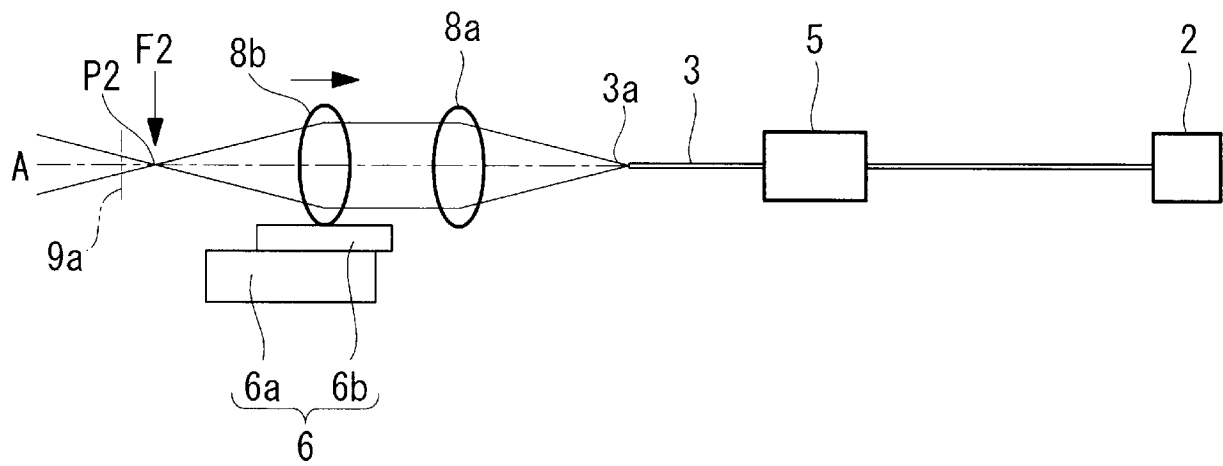
[図3B]



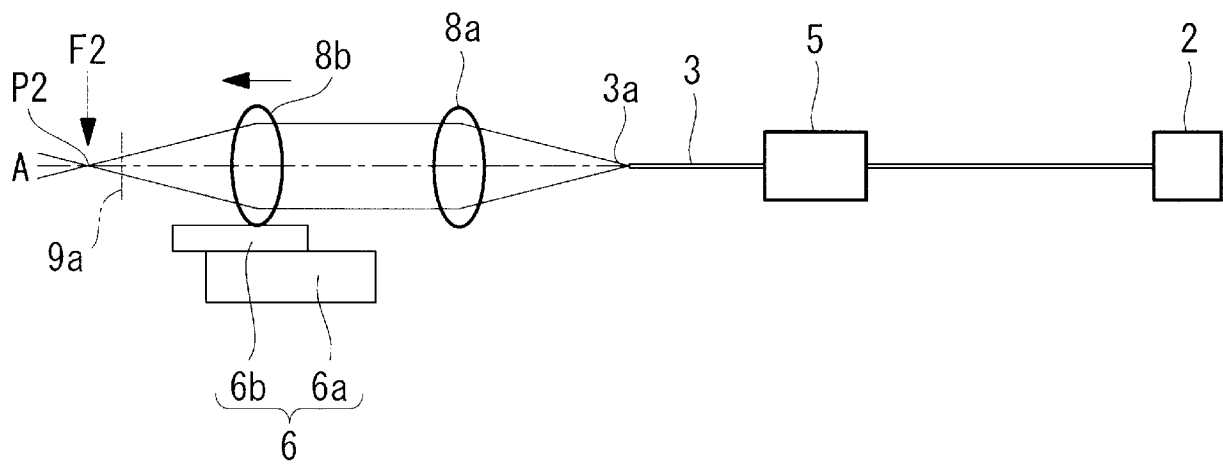
[図4A]



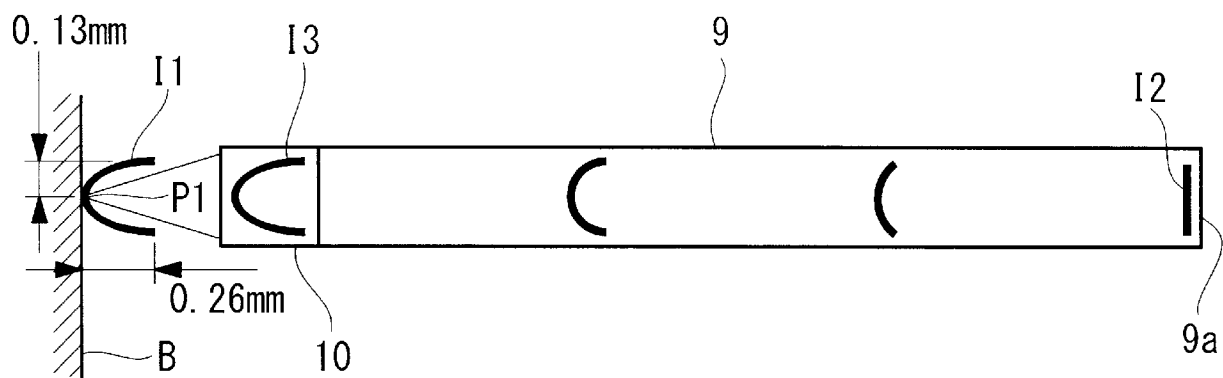
[図4B]



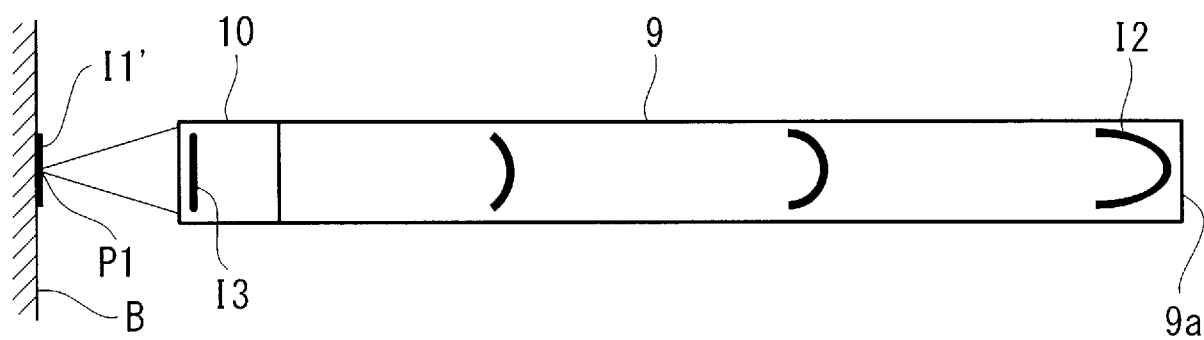
[図4C]



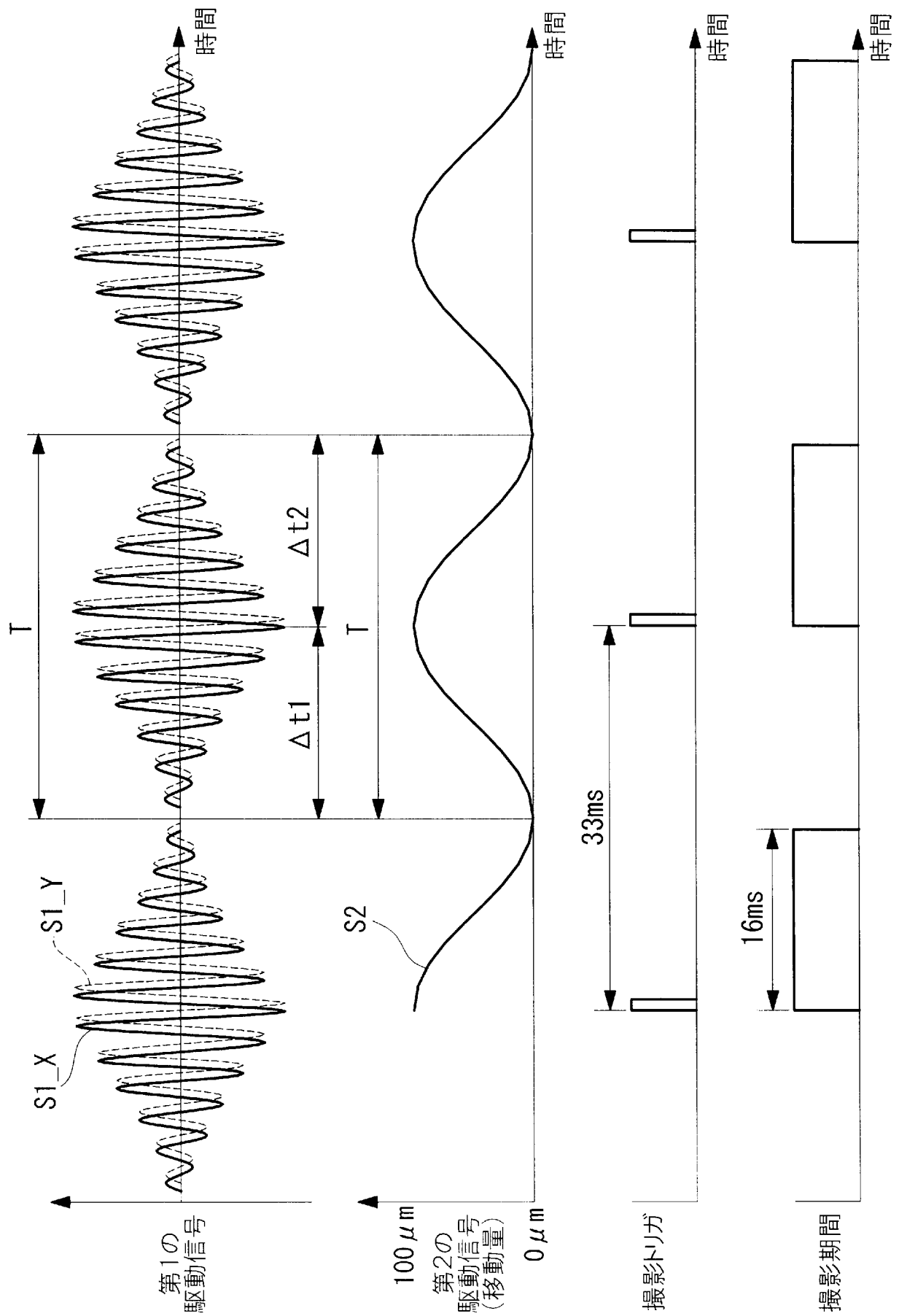
[図5A]



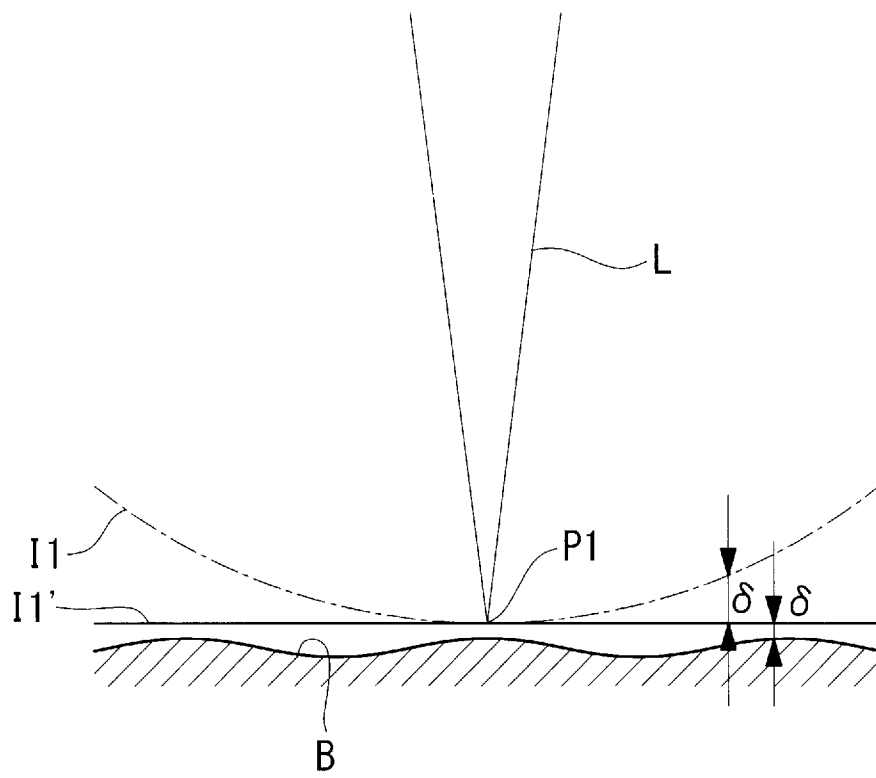
[図5B]



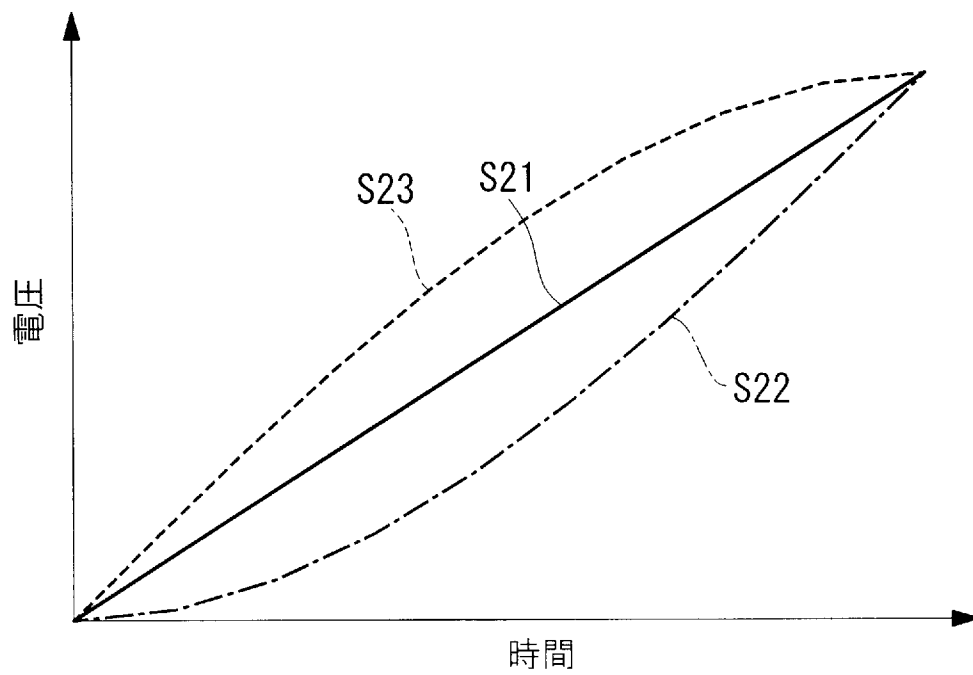
[図6]



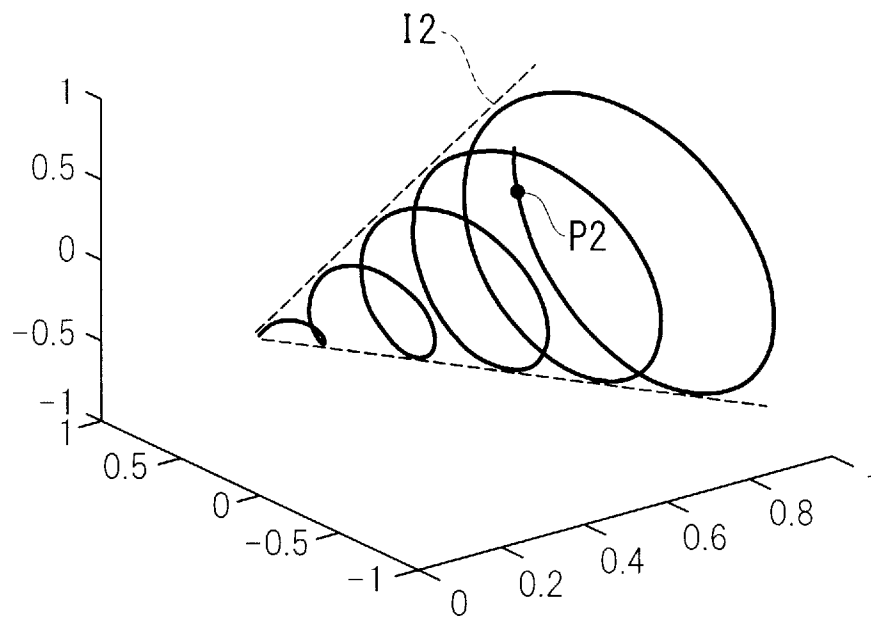
[図7]



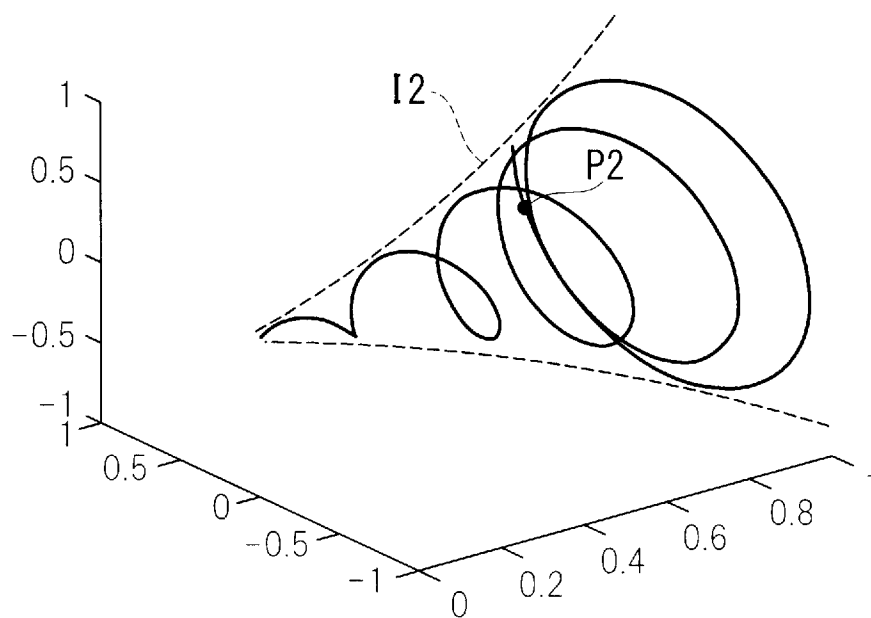
[図8]



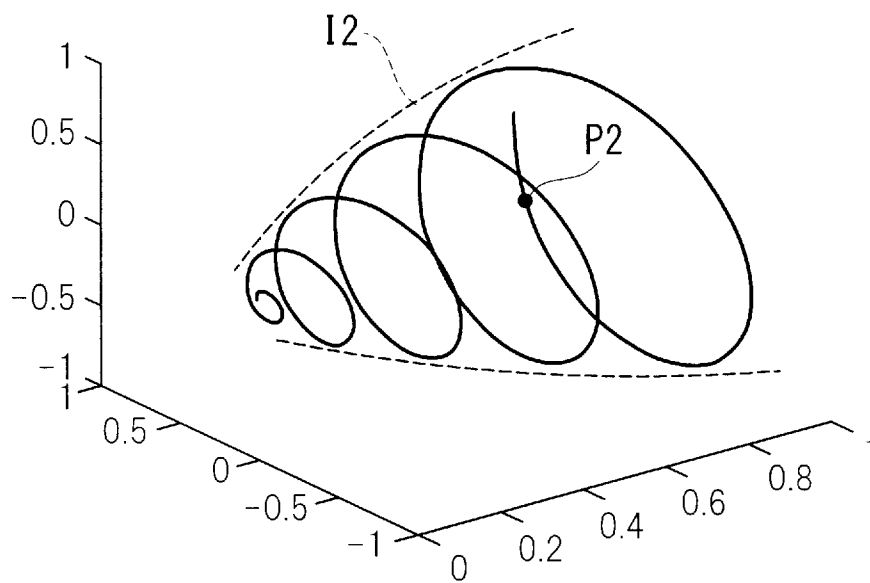
[図9A]



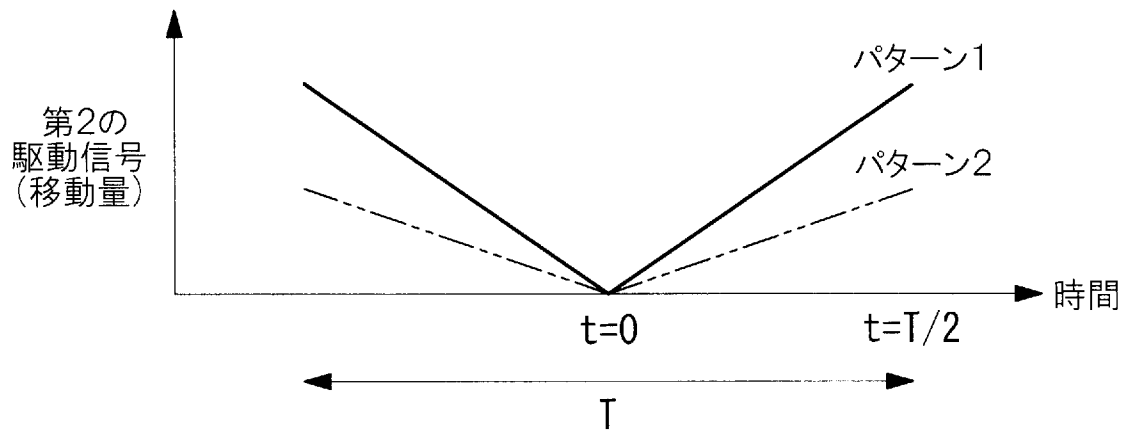
[図9B]



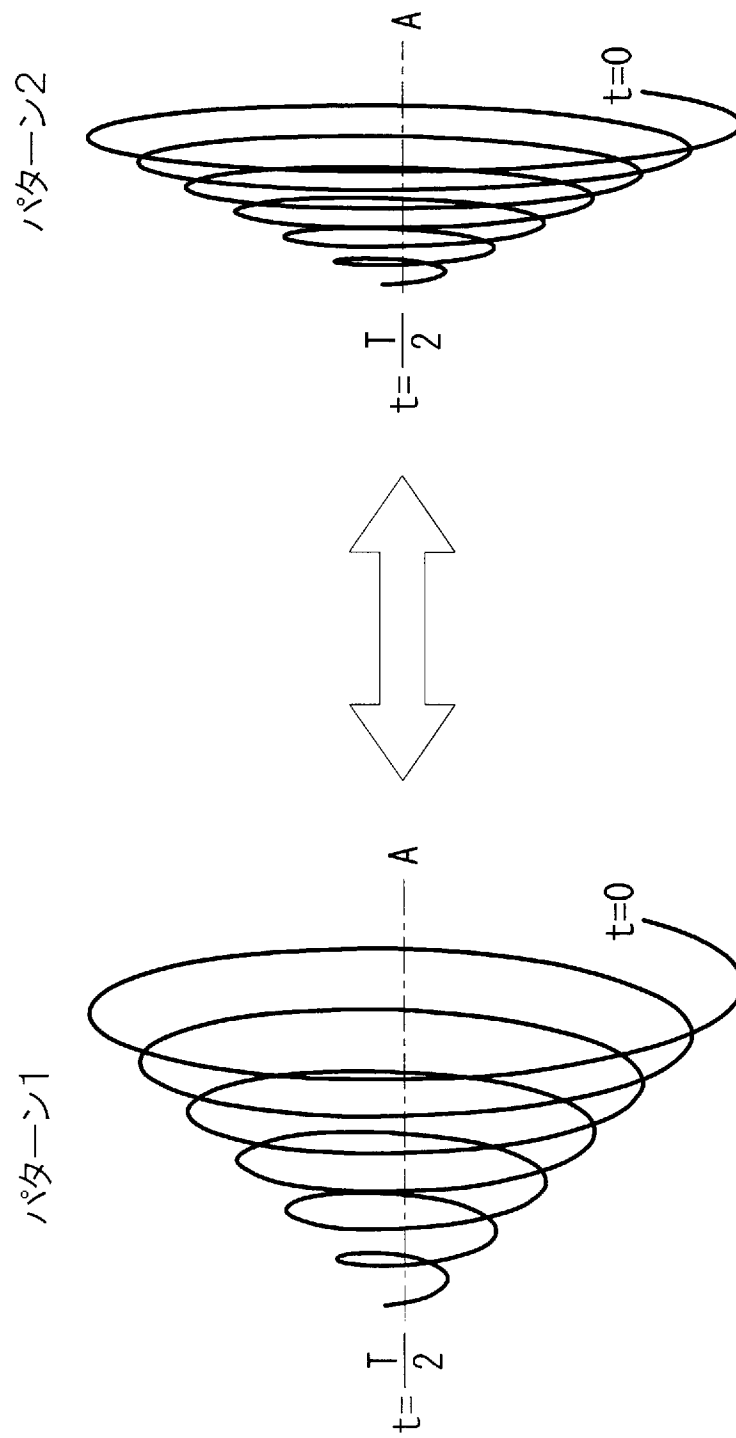
[図9C]



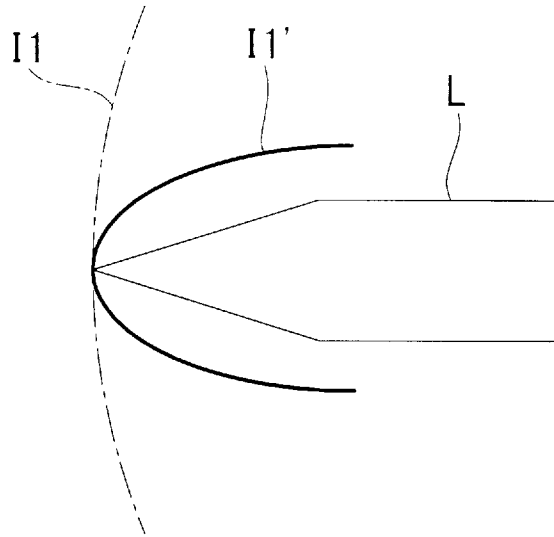
[図10]



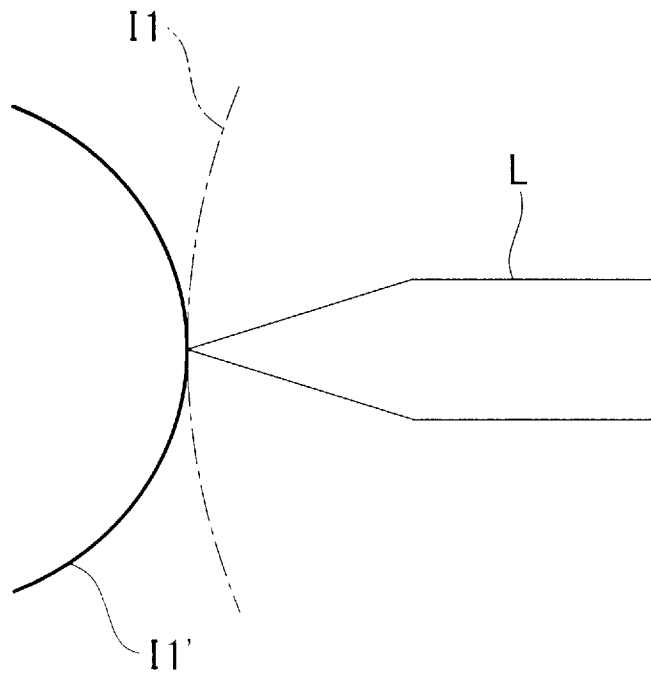
[図11]



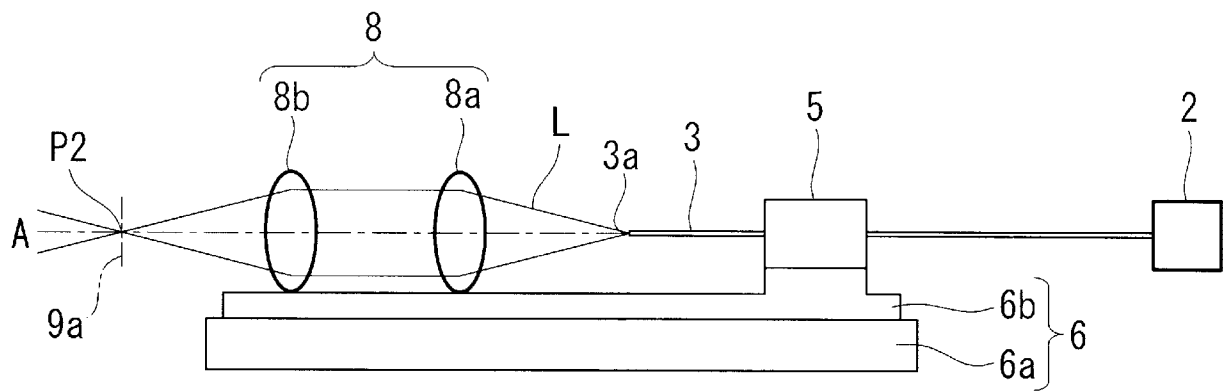
[図12A]



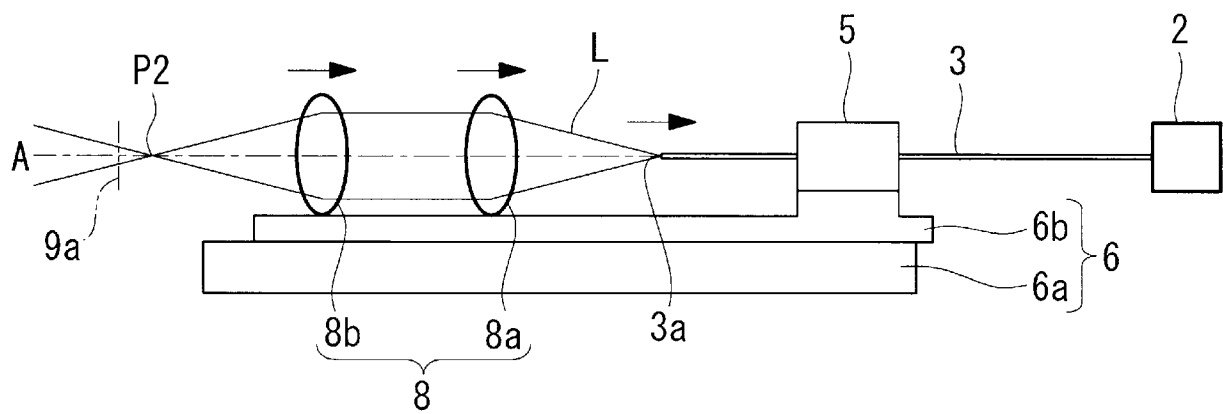
[図12B]



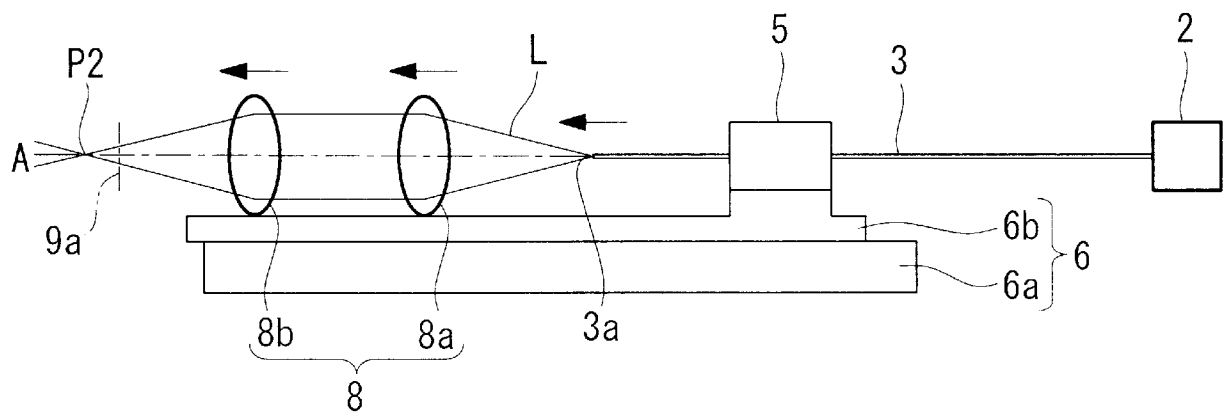
[図13A]



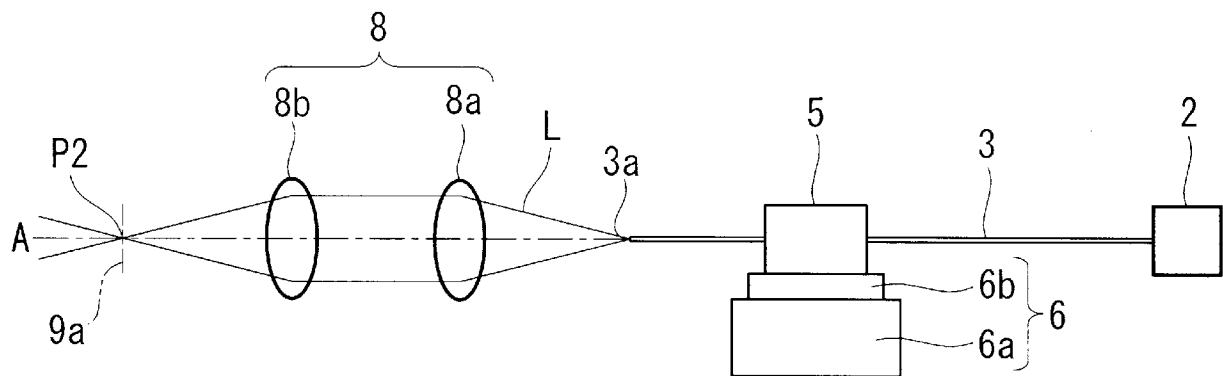
[図13B]



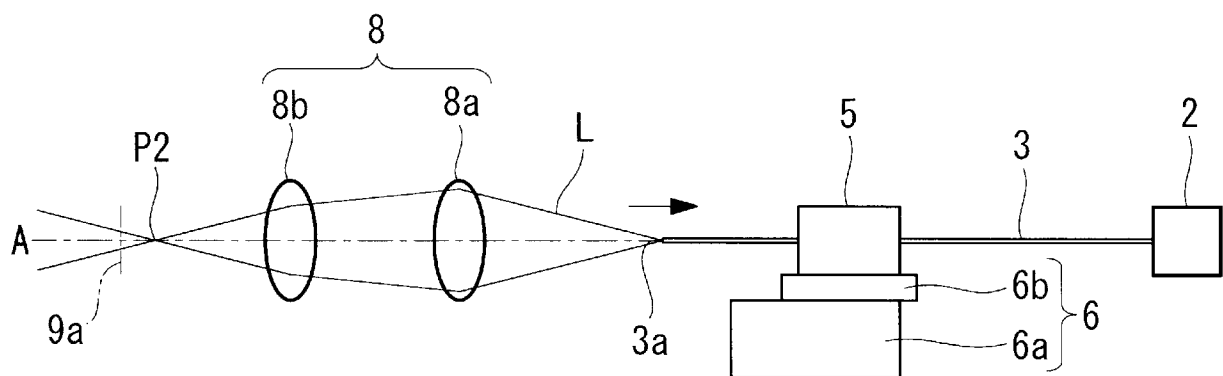
[図13C]



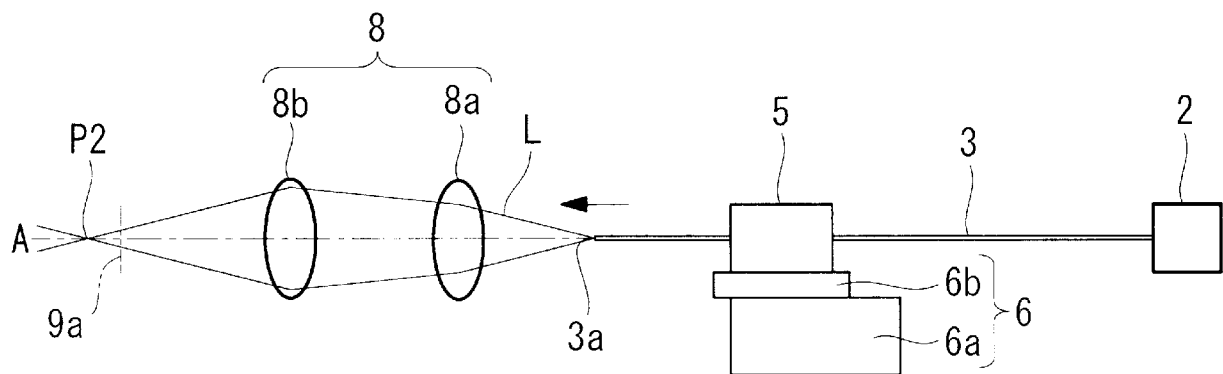
[図14A]



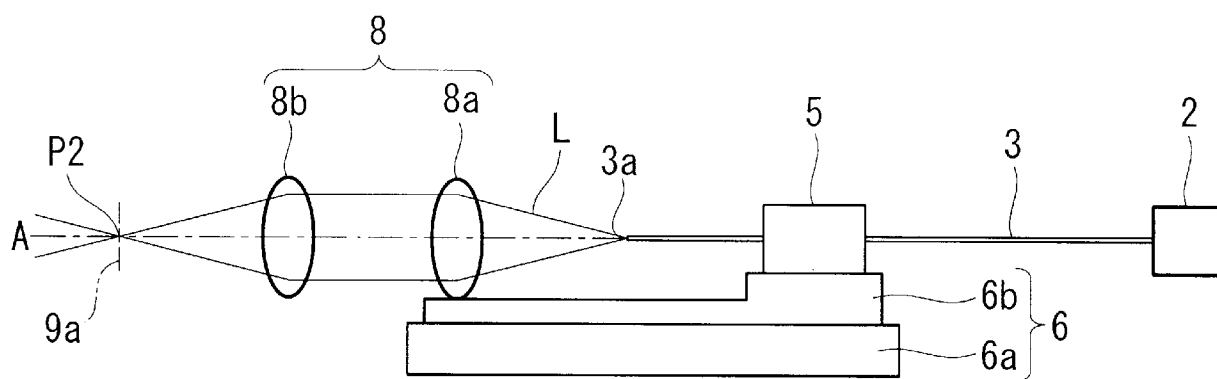
[図14B]



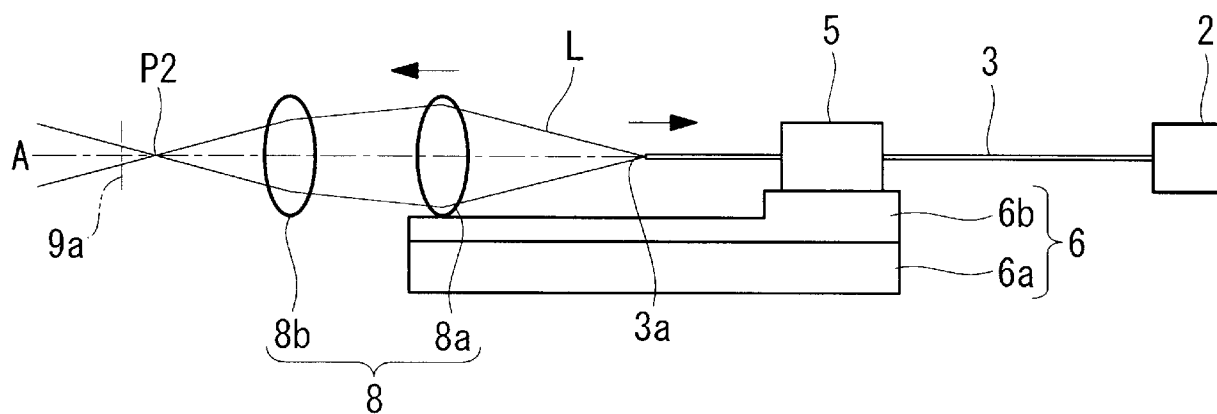
[図14C]



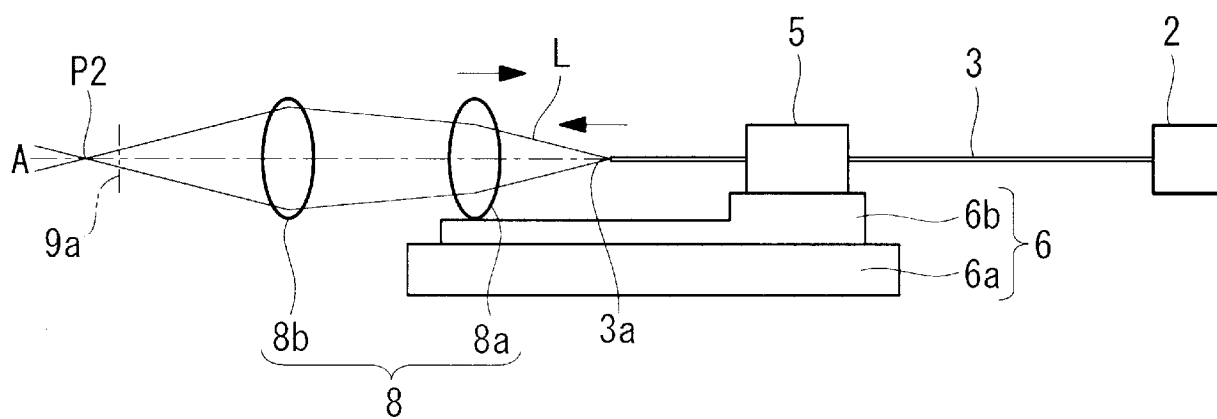
[図15A]



[図15B]



[図15C]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/027921

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G02B26/10 (2006.01) i, A61B1/00 (2006.01) i, G02B23/26 (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)

Int. Cl. G02B26/10, A61B1/00, G02B23/26

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 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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 2010-213764 A (HOYA CORP.) 30 September 2010, entire text, all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2017-176471 A (OLYMPUS CORP.) 05 October 2017, entire text, all drawings & WO 2017/169121 A1	1-9
A	WO 2016/103793 A1 (OLYMPUS CORP.) 30 June 2016, entire text, all drawings & US 2017/0131541 A1	1-9
A	US 2016/0014383 A1 (UNIVERSITY OF WASHINGTON) 14 January 2016, entire text, all drawings (Family: none)	1-9

☐ 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
04.10.2018

Date of mailing of the international search report
16.10.2018

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B26/10(2006.01)i, A61B1/00(2006.01)i, G02B23/26(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. G02B26/10, A61B1/00, G02B23/26

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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 2010-213764 A（H O Y A株式会社）2010.09.30, 全文、全図（ファミリーなし）	1-9
A	JP 2017-176471 A（オリンパス株式会社）2017.10.05, 全文、全図 & WO 2017/169121 A1	1-9
A	WO 2016/103793 A1（オリンパス株式会社）2016.06.30, 全文、全図 & US 2017/0131541 A1	1-9

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

04.10.2018

国際調査報告の発送日

16.10.2018

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）

佐藤 洋允

2 L

3 4 1 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

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
A	US 2016/0014383 A1 (UNIVERSITY OF WASHINGTON) 2016.01.14, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-9