(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
2021年11月18日(18.11.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/229675 A1

(51) 国際特許分類:
G01B 11/25 (2006.01) *G02F 1/01* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/018940

(22) 国際出願日： 2020年5月12日(12.05.2020)

(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: 日本電信電話株式会社 (**NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目５番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 渡邉 啓(**WATANABE, Kei**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 倉田 優生(**KURATA, Yu**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

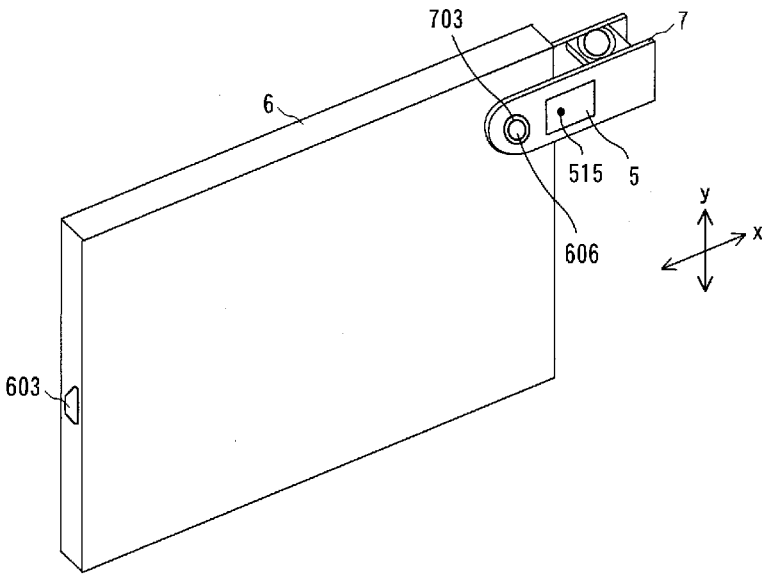
(74) 代理人: 山川 茂樹, 外(**YAMAKAWA, Shigeki** et al.); 〒1006104 東京都千代田区永田町２丁目１１番１号 山王パークタワー４階 山川国際特許事務所内 Tokyo (JP).

(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, 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,

(54) **Title:** THREE-DIMENSIONAL MEASURING SYSTEM

(54) 発明の名称： ３次元計測システム

[図18]



(57) **Abstract:** This three-dimensional measuring system comprises a projecting device (5) that causes a striped pattern to be generated by means of interference between two light fluxes and projects the striped pattern onto an object, and a portable terminal (6). The projecting device (5) is provided with: a bridge generating unit that comprises a planar lightwave circuit which includes a phase modulator, and that generates the striped pattern; and a phase control unit that controls the phase modulator and changes the phase of the striped pattern. The portable terminal (6) is provided with a camera (606)

WO 2021/229675 A1

[続葉有]

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))

that images the object on which the striped pattern is projected, and an image analyzing unit that analyzes a plurality of images imaged by the camera (606) and having different phases of the striped pattern, and calculates three-dimensional shape data of the object.

(57) 要約: ３次元計測システムは、２光束の干渉により縞模様を発生させて物体に投影する投影装置（５）と、携帯端末（６）とを備える。投影装置（５）は、位相変調器を含む平面光波回路からなり、縞模様を発生させるフリンジ生成部と、位相変調器を制御して縞模様の位相を変化させる位相制御部とを備える。携帯端末（６）は、縞模様が投影された物体を撮影するカメラ（６０６）と、カメラ（６０６）によって撮影された、縞模様の位相が異なる複数枚の画像を解析して、物体の３次元形状データを計算する画像解析部とを備える。

明　細　書

発明の名称 ： ３次元計測システム

技術分野

[0001] 本発明は、位相シフト法により物体の３次元形状を計測する３次元計測システムに係り、特に小型で可搬性に優れ、安定的に計測できる３次元計測システムに関するものである。

背景技術

[0002] 近年、３Ｄプリンタの発展により、物作りの手法は大きな変革を迎えている。３Ｄプリンタを使用するためには、物体の３次元情報を詳細に調べることが重要であり、３次元の計測技術が着目されている。また、車体などの凹凸の検査等、製造現場における３次元計測の必要性は非常に高い。

[0003] さらに、近年では画像認識によりスマートフォンのロックを解除したり、ＡＴＭ（Automatic Teller Machine）の操作を可能にしたりする個人認証技術が着目されている。このような個人認証の分野において、第三者による成り済ましに対する対策として、人の３次元計測データを同時に取得しようという動きがある。

[0004] 物体の３次元形状を非接触で測定する方法の一つとして、位相シフト法がある。位相シフト法は、光強度が空間的に正弦波状の縞模様を計測対象物体に投影し、光の位相を少なくとも３回シフトさせ、投影方向とは別の角度から物体を撮影することにより、投影されたパターンの位相値を算出し、位相値から物体の表面形状を求める方法である。位相シフト法は、撮像素子の各計測点で物体の形状（変位）の高さの変位量が計測でき、３次元形状を求めることができる方法である。

[0005] 位相シフト法では、２光束を干渉させて、縞模様を計測対象の物体に投影する。２光束を干渉させるために、２つの光路の一方には光の位相を変化させる位相シフト機構が設けられる。位相シフト法で使用される光学系としては、通常、図２８のような構成を用いている。

[0006] レーザ１０００から出力された光は、透過率５０％のハーフミラー１００１によって光路が２つに分割される。ハーフミラー１００１によって分割された一方の光は、ミラー１００２によって反射され、さらにハーフミラー１００１によって反射されて、レンズ１００３によって集光され物体１０１０に入射する。

[0007] ハーフミラー１００１によって分割された他方の光は、ピエゾ素子等の機械的な変位機構１００５を有するミラー１００４に入射し、ミラー１００４によって反射され、ハーフミラー１００１とレンズ１００３を通過して物体１０１０に入射する。物体１０１０からの反射光は、レンズ１００６を通過してＣＣＤ１００７に入射する。

[0008] 変位機構１００５によりミラー１００４を変位させることで他方の光の光路長が変化する。この光路長の変化により２つの光が干渉し、縞模様が物体１０１０上に投影されることになる。また、ミラー１００４の位置を変えることで、干渉により縞が移動することになる。

[0009] 位相が異なるそれぞれの縞模様をＣＣＤ１００７で撮影し、撮影した縞模様の位相をＣＣＤ１００７の画素毎に計算することにより、物体１０１０上の縞模様の変位量を求めることができ、最終的に物体１０１０の３次元形状を得ることができる。

[0010] 図２８に示したように、従来の位相シフト法で用いられる光学系は、単体の光学部品を組み合わせたものであり、構成が煩雑で部品点数が多く、装置全体が大きくなり可搬性が劣るという課題があった。

[0011] 一方、特許文献１には、光学系を小型化する方法が開示されている。しかしながら、特許文献１に開示された構成では、単体の光学部品を組み合わせる点で図２８の構成と変わりがなく、光学系の小型化には限界があった。また、特許文献１に開示された構成では、ピエゾ素子からなる可動部を有するため安定性に欠け、経年により状態が変化してしまうという課題があった。

[0012] 光学系の更なる小型化を目指す構成として、非特許文献１に光ファイバーを用いた構成が開示されている。非特許文献１に開示された構成では、レー

ザから出力された光をスプリッターで２分岐させ、分岐させた光をそれぞれファイバーを介して物体に照射する。一方のファイバーに設けた可変波長板によって光の位相シフトを実現している。

[0013] 非特許文献１に開示された構成では、ファイバーは標準的なものであればジャケット（被覆）を含めても直径が１ｍｍもないため、２本使用しても２ｍｍ程度の幅で済み、光学系の小型化が可能である。しかしながら、非特許文献１に開示された構成では、スプリッターの後のファイバーが動くことにより、２本の光路長が意図せずに変動してしまい、安定的に測定できないという課題があった。

[0014] 小型化と計測精度の低下抑制とを目的とする方法として、特許文献２に開示されているように平面光波回路を用いる方法がある。平面光波回路を用いることで、Ｙ分岐スプリッターと位相変調器を集積化することができ、安定的な縞の投影と位相制御とを僅か数ミリの大きさで実現することができる。また、特許文献２に開示された構成では、物体を撮影する小型のカメラを平面光波回路に固定し、平面光波回路の配線部と電気的に接続するようにしている。

[0015] しかしながら、特許文献２に開示された構成で想定される利用分野は内視鏡などである。非特許文献１、特許文献２に開示された構成では、ファイバーの長手方向のサイズが数ｍ程度になるので、可搬性と安定性が欠けていると言わざる得ない。

先行技術文献

特許文献

[0016] 特許文献1：特許第５７６１７８６号広報

特許文献2：特開２０１８－１１９８６５号広報

非特許文献

[0017] 非特許文献1：Silvio Pulwer, P.Steglich, C.Villringer, J.Bauer, T.Reusch, S.Schrader, “Fiber-optic interference fringe projection for 3D measurement”, DGaO-Proceedings, 2016, ＜https://www.dgao-proceedings.

de/download/117/117_p23.pdf＞

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0018] 本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、小型で可搬性に優れ、安定的に計測が可能な３次元計測システム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

[0019] 本発明の３次元計測システムは、２光束の干渉により縞模様を発生させて物体に投影するように構成された投影装置と、携帯端末とを備え、前記投影装置は、位相変調器を含む平面光波回路からなり、前記縞模様を発生させるように構成されたフリンジ生成部と、前記位相変調器を制御して前記縞模様の位相を変化させるように構成された位相制御部とを備え、前記携帯端末は、前記縞模様が投影された物体を撮影するように構成されたカメラと、前記カメラによって撮影された、前記縞模様の位相が異なる複数枚の画像を解析して、前記物体の３次元形状データを計算するように構成された画像解析部とを備えることを特徴とするものである。

[0020] また、本発明の３次元計測システムの１構成例において、前記フリンジ生成部は、光源と、前記光源の出力と結合する入力導波路と、前記入力導波路に接続され光を２分岐させるように構成されたＹ分岐導波路と、前記Ｙ分岐導波路の出力に接続された２本の出力導波路と、前記２本の出力導波路にそれぞれ設けられ、前記２本の出力導波路を伝搬する光の位相を変調するように構成された２つの前記位相変調器とを備えることを特徴とするものである。

また、本発明の３次元計測システムの１構成例において、前記入力導波路は、前記光源から前記入力導波路への光の入射方向に対する前記出力導波路からの光の出射方向の傾きの角度が３０度以上となるように中途で曲がることを特徴とするものである。

また、本発明の３次元計測システムの１構成例は、前記携帯端末を挟み込

むクリップ状の固定具をさらに備え、前記投影装置は、前記固定具に固定され、前記固定具は、前記投影装置の前記２光束の出射口と前記携帯端末のカメラとの相対位置を定めるための位置合わせ構造を備えることを特徴とするものである。

また、本発明の３次元計測システムの１構成例において、前記位置合わせ構造は、前記固定具が前記携帯端末に装着されたときに前記携帯端末のカメラの受光面を覆うように前記固定具に配設された透明板と、前記透明板に形成された目盛りとから構成されることを特徴とするものである。

[0021] また、本発明の３次元計測システムは、２光束の干渉により縞模様を発生させて物体に投影するように構成された投影装置と、携帯端末とを備え、前記投影装置は、位相変調器を含む平面光波回路からなり、前記縞模様を発生させるように構成されたフリンジ生成部と、前記位相変調器を制御して前記縞模様の位相を変化させるように構成された位相制御部と、前記縞模様が投影された物体を撮影するように構成されたカメラと、前記カメラによって撮影された画像を前記携帯端末に送信するように構成された第１の通信部と、前記携帯端末との通信用の第１のコネクタとを備え、前記携帯端末は、前記投影装置から画像を受信するように構成された第２の通信部と、前記投影装置のカメラによって撮影された、前記縞模様の位相が異なる複数枚の画像を解析して、前記物体の３次元形状データを計算するように構成された画像解析部と、前記投影装置との通信用の第２のコネクタとを備え、前記投影装置は、前記第１のコネクタと前記第２のコネクタとが嵌合することにより、前記携帯端末に装着されることを特徴とするものである。

[0022] また、本発明の３次元計測システムの１構成例において、前記フリンジ生成部は、光源と、前記光源の出力と結合する入力導波路と、前記入力導波路に接続され光を２分岐させるように構成されたＹ分岐導波路と、前記Ｙ分岐導波路の出力に接続された２本の出力導波路と、前記２本の出力導波路にそれぞれ設けられ、前記２本の出力導波路を伝搬する光の位相を変調するように構成された２つの前記位相変調器とを備えることを特徴とするものである

。

また、本発明の３次元計測システムの１構成例において、前記入力導波路は、前記光源から前記入力導波路への光の入射方向に対する前記出力導波路からの光の出射方向の傾きの角度が３０度以上となるように中途で曲がることを特徴とするものである。

発明の効果

[0023] 本発明によれば、投影装置に、位相変調器を含む平面光波回路からなるフリンジ生成部と、位相制御部とを設け、携帯端末にカメラと画像解析部とを設けることにより、小型で可搬性に優れ、安定的に計測が可能な３次元計測システムを実現することができる。

[0024] また、本発明では、位相変調器を含む平面光波回路からなるフリンジ生成部と、位相制御部と、カメラと、第１の通信部と、第１のコネクタとを設け、携帯端末に第２の通信部と画像解析部と第２のコネクタとを設けることにより、小型で可搬性に優れ、安定的に計測が可能な３次元計測システムを実現することができる。本発明では、記投影装置の２光束の出射口とカメラの受光面の中心との距離を一定にすることができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]図１は、本発明の第１の実施例に係る平面光波回路の斜視図である。

[図2]図２は、本発明の第１の実施例に係る平面光波回路の平面図である。

[図3]図３は、本発明の第１の実施例に係る半導体レーザの斜視図である。

[図4]図４は、本発明の第１の実施例において半導体レーザをサブキャリアに固定する方法を説明する斜視図である。

[図5]図５は、本発明の第１の実施例において半導体レーザをサブキャリアに固定した状態を示す平面図である。

[図6]図６は、本発明の第１の実施例において半導体レーザをサブキャリアに固定した別の例を示す平面図である。

[図7]図７は、本発明の第１の実施例において半導体レーザとフリンジ生成部との結合方法を説明する斜視図である。

[図8]図８は、本発明の第１の実施例において半導体レーザとフリンジ生成部とを結合した状態を示す平面図である。

[図9]図９は、本発明の第１の実施例において半導体レーザとフリンジ生成部との結合部を示す平面図である。

[図10]図１０は、本発明の第１の実施例においてサブキャリアとフリンジ生成部とをセラミック筐体に固定する方法を説明する斜視図である。

[図11]図１１は、本発明の第１の実施例においてサブキャリアとフリンジ生成部とをセラミック筐体内に収めた状態を示す断面図である。

[図12]図１２は、本発明の第１の実施例においてサブキャリアとフリンジ生成部とをセラミック筐体内に収めた状態を示す平面図である。

[図13]図１３は、本発明の第１の実施例に係るフリンジ生成光学モジュールを制御する構成を示すブロック図である。

[図14]図１４は、本発明の第１の実施例に係る投影装置の外観を示す斜視図である。

[図15]図１５は、本発明の第１の実施例に係る投影装置の内部構成を示す分解斜視図である。

[図16]図１６は、本発明の第１の実施例に係る携帯端末の構成を示すブロック図である。

[図17]図１７は、本発明の第１の実施例に係る投影装置の携帯端末への装着方法を説明する斜視図である。

[図18]図１８は、本発明の第１の実施例に係る投影装置の携帯端末への装着方法を説明する斜視図である。

[図19]図１９は、本発明の第１の実施例に係る投影装置を携帯端末に装着した状態を示す正面図である。

[図20]図２０は、本発明の第１の実施例に係る３次元計測方法を説明するフローチャートである。

[図21]図２１は、本発明の第２の実施例に係る投影装置の外観を示す斜視図である。

[図22]図２２は、本発明の第２の実施例に係る投影装置の構成を示すブロック図である。

[図23]図２３は、本発明の第２の実施例に係る投影装置の携帯端末への装着方法を説明する斜視図である。

[図24]図２４は、本発明の第２の実施例に係る３次元計測方法を説明するフローチャートである。

[図25]図２５は、本発明の第３の実施例に係るサーバー装置の構成を示すブロック図である。

[図26]図２６は、本発明の第３の実施例に係る３次元計測方法を説明するフローチャートである。

[図27]図２７は、本発明の第４の実施例において半導体レーザとフリンジ生成部とを結合した状態を示す平面図である。

[図28]図２８は、従来の位相シフト法で使用される光学系の構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0026] ［第１の実施例］

以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。本実施例では、２光束の干渉により縞模様を発生させて物体に投影する投影装置と、カメラを備えた携帯端末とを用いて、位相シフト法により物体の３次元計測を実現することができる可搬性の３次元計測システムを提供する。

[0027] 具体的には、投影装置は、位相変調器を含む平面光波回路（ＰＬＣ：Planar Lightwave Circuit）からなり、縞模様を発生させるフリンジ生成部と、位相変調器を制御して縞模様の位相を変化させる位相制御部とを備える。携帯端末は、縞模様が投影された物体を撮影するカメラと、カメラによって撮影された、縞模様の位相が異なる複数枚の画像を解析して物体の３次元形状データを計算する画像解析部とを備える。

[0028] まず、ＰＬＣからなるフリンジ生成部について説明する。図１はフリンジ生成部１の斜視図、図２はフリンジ生成部１の平面図である。なお、図１、

図２では、オーバークラッドの内部を透視して記載している。

[0029] フリンジ生成部１は、シリコン基板１００上に形成されたアンダークラッド１０１の上に、図示しない半導体レーザと結合される入力導波路１０２と、入力導波路１０２に接続され光を２分岐させるＹ分岐導波路１０３と、Ｙ分岐導波路１０３の出力に接続された２本の出力導波路１０４，１０５と、２本の出力導波路１０４，１０５を伝搬する光の位相を変調する位相変調器１０６，１０７とが形成されている。

[0030] 位相変調器１０６，１０７は、それぞれ出力導波路１０４，１０５の直上に形成された導体からなるヒータ１０８，１０９によって構成される。ヒータ１０８の一端に接続された導体からなるヒータパッド１１０と、ヒータ１０８の他端に接続された導体からなるグランドパッド１１１を介してヒータ１０８に電圧が供給されると、ヒータ１０８が発熱する。

[0031] 同様に、ヒータ１０９の一端に接続された導体からなるヒータパッド１１２と、ヒータ１０９の他端に接続されたグランドパッド１１１を介してヒータ１０９に電圧が供給されると、ヒータ１０９が発熱する。

[0032] このように、ヒータ１０８，１０９を発熱させて出力導波路１０４，１０５を加熱することにより、出力導波路１０４，１０５を伝搬する光の位相を熱光学効果により位相変調することができる。

[0033] フリンジ生成部１のチップのサイズは横幅０．８ｍｍ、長さ４ｍｍである。位相変調器１０６，１０７のヒータ１０８，１０９の長さを１．５ｍｍとした。なお、図１、図２では、フリンジ生成部１の構成を模式的に記載しており、寸法を誇張して記載している。

[0034] 次に、フリンジ生成部１の具体的な製造方法について説明する。シリコン基板１００上に形成された厚さ１０μｍの熱酸化膜からなるアンダークラッド１０１の上に、GeO_2を含有する厚さ３μｍの石英ガラスをＦＨＤ（Flame．Hydrolysis Deposition）法を用いて堆積した。このとき、コアの比屈折率が０．５％になるようにGeO_2のドーパント量を調整した。

[0035] その後、一般的なフォトリソグラフィー、リアクティブイオンエッチング

を用いて導波路１０２～１０５の形状を作製した。さらに、再度ＦＨＤ法によってオーバークラッド１１３を形成した。

[0036] そして、出力導波路１０４，１０５の直上の位置のオーバークラッド１１３上に、リフトオフ法によって厚さ３５０ｎｍのＣｒ（クロム）からなるヒータ１０８，１０９を蒸着した。熱光学効果が効率よく発現するようにするために、図２に示すようにオーバークラッド１１３およびアンダークラッド１０１には、断熱溝１１４を形成した。

[0037] また、半導体レーザと入力導波路１０２との結合時に結合しきれなかった光やカップラー損失により発生した迷光が出力導波路１０４，１０５の出射口にできるだけ出ないようにするために、オーバークラッド１１３およびアンダークラッド１０１には遮光溝１１５を形成してある。なお、図１では、煩雑性を避けるために、断熱溝１１４と遮光溝１１５の記載を省略している。以降の図面についても断熱溝１１４と遮光溝１１５の記載を省略する。

[0038] 本来、２光束干渉により強度が空間的に正弦的に変調された縞模様が得られる。しかし、迷光が出力導波路１０４，１０５の出射口から空間に放出されると、予期せぬ干渉が発生し、本来の縞模様にさらに周期の異なる縞模様が重ね合わせられた干渉縞が物体に投影されてしまう。その結果、画像解析をして物体の３次元データを演算する際の測定誤差が大きくなってしまう。

[0039] このような測定誤差はソフトウェアによってある程度は補正が可能であるため、必ずしも遮光溝１１５は必要ではない。しかし、物体の３次元形状をより精度良く測定するためには、迷光対策は重要である。

[0040] 本実施例では、コアドーパントにGeO_2を用いているが、他のドーパントであっても無論問題はない。また、コアを純粋な石英とし、ボロンやフッ素をドープしたガラスをクラッドに用いることで導波路を形成してもよい。

[0041] 石英系導波路は、光通信の分野において広く用いられている導波路であり、安定性、長期信頼性、量産性が容易に得られる。また、石英系導波路は、可視域に対して透明である。このため、安価なカメラを利用することができ、ＤＶＤ（Digital Versatile Disc）プレーヤなどで普及している安価な半

導体レーザを利用することができるという利点がある。

[0042] 導波路の材料も石英に限るものではないことは言うまでもない。結晶材料などで導波路を形成してもよい。また、ヒータ１０８，１０９はクロム以外の金属であってもよい。例えばシリコンからなる導波路を用いた場合、波長が１２００ｎｍより長い光に対して透明となるため、本実施例の石英系導波路と同じ効果が得られるので、本実施例の導波路の代わりにシリコンからなる導波路を利用することも原理上はできる。しかしながら、シリコンからなる導波路は可視域に対して不透明である。このため、安価なカメラを利用することができなくなり、装置が非常に高級なものとなってしまう。

[0043] 本実施例においては、ヒータ１０８，１０９からなる位相変調器１０６，１０７を用いた。一方、結晶材料を導波路に用いる場合には、熱光学効果以外に、電気光学効果を利用して光の位相を変調することも可能である。

[0044] 電気光学効果を利用する場合、結晶に電界をかける瞬間に電流が流れるが、常時電流が流れることがないため、消費電力を小さくできる。結晶材料を用いた導波路としては、例えば$LiNbO_3$導波路がある。ただし、結晶材料を用いた導波路は、石英よりも材料コストが高くなってしまう。

[0045] 次に、光源となる半導体レーザについて述べる。図３は半導体レーザ２の斜視図である。半導体レーザ２においては、ｎ型ＧａＡｓ基板２００上に、ｎ型ＡｌＧａＩｎＰクラッド層２０１と、ＭＱＷ（Multiple Quantum Well：多重量子井戸）からなる活性層２０２と、ｐ型ＡｌＧａＩｎＰクラッド層２０３と、ｎ型ＡｌＩｎＰブロック層２０４が順次積層されている。

[0046] ｐ型ＡｌＧａＩｎＰクラッド層２０３の上層部は、一方向に延びるリッジストライプ形状を有している。ｎ型ＧａＡｓ基板２００の裏面には、ｎ側電極２０５が形成されている。ｎ型ＡｌＩｎＰブロック層２０４の上には、ｐ側電極２０６が形成されている。

[0047] 半導体レーザ２は、６５０ｎｍ帯の波長で発振し、一般的に知られるＤＶＤ用の光源として広く用いられるものである。半導体レーザ２は、市販されており、容易に調達することが可能である。製造メーカにより組成、構造が

違うが、本発明において半導体レーザ２の構造の違いは問題でなく、他の構造であってもよいことは自明である。

[0048] 可視用の半導体レーザ２は、近赤外域まで発光するものが市販されており、波長は６５０ｎｍ帯でなくても構わない。また、半導体レーザ２の材料も上記の例に限定されない。撮像素子の多くがシリコンからなるため、撮像素子の感度が得られる波長であれば、半導体レーザ２を安価に製造することができる。

[0049] 化合物半導体からなる撮像素子を用いる場合には、半導体レーザ２の発振波長が１μｍを超えるものでも構わない。発振波長が１μｍを超える半導体レーザ２を用いる場合、アイセーフ（目に入れても安全な波長）などを選択すれば、人体の顔を測定する際に目を開けた状態でかつ安全に計測ができる等のメリットもある。

[0050] 図４は半導体レーザ２をサブキャリア３に固定する方法を説明する斜視図、図５は半導体レーザ２をサブキャリア３に固定した状態を示す平面図である。

サブキャリア３は、表面に厚さ１００ｎｍの熱酸化膜を有するシリコン基板３００からなる。熱酸化膜の上には、ｎ側電極パッド３０１と、ｐ側電極パッド３０２とが形成されている。

[0051] 図４、図５に示すようにサブキャリア３のｎ側電極パッド３０１上に、ｎ側電極パッド３０１とｎ側電極２０５とが接するように半導体レーザ２が搭載される。サブキャリア３のｐ側電極パッド３０２と半導体レーザ２のｐ側電極２０６との間は、ワイヤ３０３によって接続される。

[0052] 本実施例においては、半導体レーザ２とサブキャリア３とは半田シートを使って固定した。サブキャリア３のｎ側電極パッド３０１と半導体レーザ２のｎ側電極２０５との通電ができれば、導電ペースト等による固定でもよい。

[0053] 図５の例では、半導体レーザ２の出射端（図５の右端）とサブキャリア３の端の位置とが同じになるように固定している。実際の製造過程では、搭載

時にカメラで位置を確認して端の位置を揃えてから固定した。サブキャリア３の端から半導体レーザ２の出射端が１０μｍ以下の距離で離れていても構わない。ただし、サブキャリア３の端と半導体レーザ２の出射端とを揃えた方がフリンジ生成部１と半導体レーザ２との結合を得る際に、毎回同じ作業で同じ結合が得易いため好ましい。

[0054] また、本実施例では、サブキャリア３の端と半導体レーザ２の出射端とを揃えているが、図６に示すように半導体レーザ２の出射端をサブキャリア３の端に対して８度程度傾けて搭載するようにしてもよい。半導体レーザ２は、反射戻り光が入射すると不安定になる。半導体レーザ２の出射端をサブキャリア３の端に対して傾けて搭載することにより、フリンジ生成部１との結合端面からの反射光が半導体レーザ２に戻ることを防ぐことができる。

[0055] 図７は半導体レーザ２とフリンジ生成部１との結合方法を説明する斜視図、図８は半導体レーザ２とフリンジ生成部１とを結合した状態を示す平面図である。

サブキャリア３のｎ側電極パッド３０１とｐ側電極パッド３０２とを介して半導体レーザ２に電流を供給し、半導体レーザ２を発振させた状態で、ピックアップツール２０７を用いてサブキャリア３を保持し、ピックアップツール２０７を搭載したＸＹＺステージ（不図示）によって半導体レーザ２とフリンジ生成部１の入力導波路１０２との結合を行う。

[0056] この結合に際しては、フリンジ生成部１の出口側に大型のＰＤ（Photodiode）２０８を配置し、フリンジ生成部１の出射側の光強度が最大になるようにサブキャリア３とフリンジ生成部１との位置合わせを行う。

[0057] 光強度が最大になった位置で、サブキャリア３とフリンジ生成部１との隙間に両側からＵＶ（Ultra Violet）接着剤を流し込み、ＵＶを照射をしてＵＶ接着剤を硬化させ、サブキャリア３とフリンジ生成部１の固定を行った。図９の平面図で示すように、サブキャリア３の端面に流れ込み防止溝３０４を形成しておくことにより、半導体レーザ２の端面にＵＶ接着剤３０５が流れ込むことを防止することができる。

[0058] 図１０はサブキャリア３とフリンジ生成部１とをセラミック筐体４に固定する方法を説明する斜視図、図１１はサブキャリア３とフリンジ生成部１とをセラミック筐体４内に収めた状態を示す断面図、図１２はサブキャリア３とフリンジ生成部１とをセラミック筐体４内に収めた状態を示す平面図である。

[0059] 上記のようにサブキャリア３とフリンジ生成部１とを接続した部品を、セラミック筐体４内に収納する。セラミック筐体４内には、サブキャリア３とフリンジ生成部１と共に、フリンジ生成部１からの出射光の９０度の光路変換を実現するための４５度プリズム４００を収納する。

[0060] サブキャリア３とフリンジ生成部１の収納に際して、セラミック筐体４に固定された４５度プリズム４００の辺にフリンジ生成部１を突き当てることで機械的に４５度プリズム４００とフリンジ生成部１とを平行に配置する。サブキャリア３とフリンジ生成部１とは、ＵＶ接着剤によってセラミック筐体４に固定される。

[0061] その後、フリンジ生成部１のヒータパッド１１０とセラミック筐体４の電極パッド４０１とをワイヤ４０２によって接続し、フリンジ生成部１のヒータパッド１１２とセラミック筐体４の電極パッド４０３とをワイヤ４０４によって接続し、フリンジ生成部１のグランドパッド１１１とセラミック筐体４の電極パッド４０５とをワイヤ４０６によって接続する。

[0062] さらに、サブキャリア３のｎ側電極パッド３０１とセラミック筐体４の電極パッド４０７とをワイヤ４０８によって接続し、サブキャリア３のｐ側電極パッド３０２とセラミック筐体４の電極パッド４０９とをワイヤ４１０によって接続する。

[0063] ガラス４１２の周囲にメタライズ法によって金属の枠４１３を形成した蓋４１１をセラミック筐体４に半田付けし、セラミック筐体４の封止を行う。セラミック筐体４のシール面にはメタライズ処理が施されており、シール面の金属と蓋４１１の枠４１３とを半田付けする。

[0064] 封止後に、樹脂成型されたレンズ４１４を４５度プリズム４００の光軸上

に配置し、ＵＶ接着剤によって蓋４１１のガラス４１２に固定した。レンズ４１４としては、樹脂の射出成型により得られた凹型のレンズを用いたが、これに限るものではなく、ボールレンズ等であってもよい。セラミック筐体４は、長さが８ｍｍ、幅が２ｍｍ、厚さが１．５ｍｍとした。

[0065] 本実施例では、セラミック筐体４を用いたが、その他の材料によって筐体が形成されていてもよい。デバイスの長期的信頼性を得るためにセラミック筐体４を封止しているが、本発明において筐体の封止は必須の構成要件ではない。

[0066] また、本発明では、フリンジ生成部１からの出射光の９０度の光路変換を実現するために４５度プリズム４００を配置したが、４５度ミラーをフリンジ生成部１に直接形成する方法であっても構わない。この場合は、ウエハープロセスで４５度ミラー作製することができるため、４５度プリズムを１つ１つ配置する手間と部材点数とを削減することができる。

[0067] 以上の工程で組みあがった部品をフリンジ生成光学モジュールと以下呼称する。フリンジ生成光学モジュールの利点は、ＰＬＣを用いて作製しているために、微小光学部品を組み合わせて作製した場合に比べてサイズが小さいことにある。また、部材の調芯工程箇所が少なく、製造工程数が少なくすみ、低コストなデバイスを提供できるという効果がある。

[0068] ピエゾ素子等を使って光の位相を変調する装置では、可動部分が存在するため、装置の輸送時に光学軸がずれる可能性があった。これに対して、本実施例のフリンジ生成光学モジュールは、可動部が存在しないため、輸送時に光軸ずれを起こしたりせず、安定である。つまり、本実施例のフリンジ生成光学モジュールは、非常に小型で、可搬性に優れ、かつ移動に耐えうる安定性を有している。

[0069] 図１３は、フリンジ生成光学モジュール５００を制御する構成を示すブロック図である。フリンジ生成光学モジュール５００を含む投影装置５には、マイクロコンピュータ５０１と、通信モジュール５０２と、フリンジ生成光学モジュール５００のヒータ１０８，１０９の制御回路５０３と、フリンジ

生成光学モジュール５００の半導体レーザ２のｎ側電極と接続される抵抗５０７とが設けられている。

[0070] 制御回路５０３は、ＤＡコンバーター（ＤＡＣ：Digital to Analog converter）５０４と、トランジスタ５０５，５０６とから構成される。図１３のような構成により、マイクロコンピュータ５０１は、制御回路５０３を介してフリンジ生成光学モジュール５００のヒータ１０８，１０９を駆動することができる。

[0071] ＤＡＣ５０４からの出力電力が不足するため、トランジスタ５０５，５０６を介して十分な電力が得られるように制御回路５０３を構成しているが、ＤＡＣ５０４からの出力電力で十分にヒータ１０８，１０９を駆動できるのであれば、トランジスタ５０５，５０６は不要である。

[0072] スマートフォン等の携帯端末６と無線通信できるように、マイクロコンピュータ５０１は通信モジュール５０２と接続されている。無線通信の規格としては、例えばＢｌｕｅｔｏｏｔｈ（登録商標）がある。マイクロコンピュータ５０１は、通信モジュール５０２を介して携帯端末６からの命令セットを受信する。

[0073] また、マイクロコンピュータ５０１は、フリンジ生成光学モジュール５００の半導体レーザ２に供給する電流をＯＮ／ＯＦＦすることで半導体レーザ２の発光と消灯を制御することができる。

[0074] マイクロコンピュータ５０１は、内部のメモリ（不図示）に格納されたプログラムに従って本実施例で説明する処理を実行し、レーザ制御部５１７と、位相制御部５１８として機能する。

[0075] 図１４は投影装置５の外観を示す斜視図、図１５は投影装置５の内部構成を示す分解斜視図である。本実施例では、市販されているマイクロコンピュータ５０１のボード５０８の上にプリント基板５０９を搭載する。プリント基板５０９には、フリンジ生成光学モジュール５００と、通信モジュール５０２と、制御回路５０３とが実装されている。図１５に示すように、プリント基板５０９の下面に設けられたコネクタのピン５１０をボード５０８のス

ルーホール５１１に挿入して半田付けすることにより、プリント基板５０９が固定され、プリント基板５０９上の回路とボード５０８上の回路とが接続される。

[0076] 本実施例では、無線通信だけでなく、有線でも携帯端末６と通信ができるように、ボード５０１にＵＳＢ（Universal Serial Bus）コネクタ５１２を実装している。携帯端末６との信号のやり取りには、Ｂｌｕｅｔｏｏｔｈを用いるとしているが、携帯端末６との信号のやり取りができればよく、Ｗｉ－Ｆｉ等の他の通信技術を利用しても構わないし、ＵＳＢを利用した有線通信であっても構わない。

[0077] プリント基板５０９を搭載したボード５０８と、電源となる電池５１３とをプラスチックケース５１４に収納した。プラスチックケース５１４のサイズは４５ｍｍ×３０ｍｍ×５ｍｍとした。プラスチックケース５１４には、フリンジ生成光学モジュール５００からのレーザ光が取り出せるように出射口５１５が形成され、またＵＳＢコネクタ５１２を露出させる開口部５１６とが形成されている。

[0078] 出射口５１５は、フリンジ生成光学モジュール５００のレンズ４１４の真上の位置にある。したがって、フリンジ生成部１の出力導波路１０４，１０５から出射し、４５度プリズム４００によって反射され、レンズ４１４を通過した２光束は、出射口５１５から空間に放射される。

[0079] なお、有線接続の場合は、携帯端末６から供給される電力をＵＳＢコネクタ５１２を経由して取得できるため、投影装置５の小型化が可能となり、電池５１３の充電や電池５１３の入れ替えが不要となる。

[0080] 図１６は携帯端末６の構成を示すブロック図である。携帯端末６は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）６００と、メモリ６０１と、投影装置５との無線通信用の通信回路６０２と、有線通信用のＵＳＢコネクタ６０３と、有線通信用の通信回路６０４と、タッチパネル機能付きの表示器６０５と、カメラ６０６と、後述するサーバー装置との通信用の通信回路６０７とを備えている。

[0081] ＣＰＵ６００は、メモリ６０１に格納されたプログラムに従って本実施例で説明する処理を実行し、画像取得部６０８と、レーザ制御部６０９と、通信部６１０と、位相制御部６１１と、画像解析部６１２と、表示部６１３と、カメラ制御部６１４と、通信部６１５として機能する。

[0082] 図１７、図１８は投影装置５の携帯端末６への装着方法を説明する斜視図である。図１７に示すように、投影装置５を、金属ばね７００を有するクリップ状の固定具７の開口部７０１に嵌め込むようにして固定する。

[0083] そして、図１８に示すように、投影装置５を装着した固定具７によって携帯端末６を挟み込むようにする。図１９に示すように、固定具７の開口部７０２には窓ガラス７０３（透明板）が嵌め込まれている。この窓ガラス７０３が携帯端末６のカメラ６０６の受光面を覆うように固定具７の位置を調整する。図１９のＯはカメラ６０６の受光面の中心を示している。

[0084] なお、窓ガラス７０３の代わりに、有機物からなる透明板を設けるようにしてもよい。有機物の透明板の場合、ガラスよりも傷などがつきやすいが、コストを抑えることが可能である。

[0085] 図２０は本実施例の３次元計測方法を説明するフローチャートである。３次元計測システムのユーザは、上記のように固定具７によって投影装置５を携帯端末６に装着する。投影装置５は、出射口５１５が携帯端末６のカメラ６と同じ方向を向くように固定具７に嵌め込まれている。したがって、投影装置５から縞模様を計測対象の物体に投影し、物体をカメラ６０６によって撮影することが可能である。

[0086] ユーザは、投影装置５を携帯端末６に装着した後に、３次元計測用アプリケーションを起動して、携帯端末６のカメラ６０６を計測対象の物体に向ける。３次元計測用アプリケーションが起動すると、携帯端末６の画像取得部６０８は、カメラ６０６を起動して撮影可能な状態にする（図２０ステップＳ１００）。

[0087] 携帯端末６のレーザ制御部６０９は、投影装置５の半導体レーザ２をＯＮにする発光制御信号を通信部６１０に渡す。通信部６１０は、発光制御信号

を無線通信用の通信回路６０２または有線通信用の通信回路６０４に渡す。通信回路６０２または６０４は、発光制御信号を投影装置５に送信する。

[0088] 投影装置５のマイクロコンピュータ５０１は、携帯端末６からの発光制御信号を通信モジュール５０２を介して受信する。また、有線通信の場合、マイクロコンピュータ５０１は、発光制御信号をＵＳＢコネクタ５１２を介して受信する。投影装置５のレーザ制御部５１７は、携帯端末６からの発光制御信号を受信すると、半導体レーザ２を発光させる（図２０ステップＳ１０１）。

[0089] 携帯端末６の位相制御部６１１は、投影装置５から計測対象の物体に投影される縞模様の位相を初期位相に設定する位相制御信号を通信部６１０に渡す。通信部６１０は、位相制御信号を通信回路６０２または６０４に渡す。通信回路６０２または６０４は、位相制御信号を投影装置５に送信する。

[0090] 投影装置５の位相制御部５１８は、通信モジュール５０２またはＵＳＢコネクタ５１２を介して携帯端末６からの位相制御信号を受信すると、位相制御信号に対応する電圧値を示す位相制御データをＤＡＣ５０４に出力する。ＤＡＣ５０４は、位相制御データに応じた電圧をトランジスタ５０５，５０６に出力する。なお、初期位相の場合、実際には、位相変調器１０６，１０７のヒータ１０８，１０９に印加される電圧は０となる。こうして、投影装置５の出射口５１５から計測対象の物体に投影される縞模様の位相を初期位相に設定することができる（図２０ステップＳ１０２）。

[0091] 携帯端末６の画像取得部６０８は、カメラ６０６によって撮影された物体の画像を取得する。物体の画像は、メモリ６０１に格納される（図２０ステップＳ１０３）。

１回目の撮影完了後、携帯端末６の位相制御部６１１は、計測対象の物体に投影される縞模様の位相をπ／ｎ（ｎは２以上の整数）ずらす位相制御信号を通信部６１０に渡す。

[0092] 投影装置５の位相制御部５１８は、携帯端末６からの位相制御信号を受信すると、位相制御信号に対応する電圧値を示す位相制御データをＤＡＣ５０

４に出力する。ＤＡＣ５０４から位相制御データに応じた電圧がトランジスタ５０５，５０６に出力されることにより、位相変調器１０６，１０７のヒータ１０８，１０９が発熱して、出力導波路１０４，１０５を伝搬する光のうち少なくとも一方の光の位相が熱光学効果により位相変調される。こうして、投影装置５の出射口５１５から計測対象の物体に投影される縞模様の位相をπ／ｎずらすことができる（図２０ステップＳ１０４）。

[0093] 上記と同様に、携帯端末６の画像取得部６０８は、カメラ６０６によって撮影された物体の画像を取得する（図２０ステップＳ１０５）。

以上のステップＳ１０４，Ｓ１０５の処理を、縞模様の位相をπ／ｎずつずらしながらｎ回行う。本実施例では、ｎ＝８とした。ｎは４以上であればよい。ｎが大きければ、フィッティング精度が上がり、物体の３次元計測の精度を向上させることができる。一方、撮影に時間がかかるため、携帯端末６の保持が十分でない場合、位置ずれを起こすことになる。

[0094] ｎ回の撮影終了後に（図２０ステップＳ１０６においてＹＥＳ）、携帯端末６の画像解析部６１２は、カメラ６０６によって撮影された（ｎ＋１）枚の画像を解析して、計測対象の物体の３次元形状データを計算する（図２０ステップＳ１０７）。なお、位相シフト法による３次元形状データの計算方法は、周知の技術であるので、詳細な説明は省略する。

[0095] 携帯端末６の表示部６１３は、画像解析部６１２によって計算された３次元形状データによって得られる物体の３次元モデルを投影面（携帯端末６の画面）に投影した２次元画像を生成して、生成した画像を表示器６０５に表示させる（図２０ステップＳ１０８）。３次元モデルに対する視点の位置は、例えばユーザがタッチパネル機能付きの表示器６０５の画面上でなぞり操作などを行うことによって自由に変更することができる。

[0096] 本実施例において、物体の３次元計測の精度は、投影装置５の出射口５１５の中心（正確には、投影装置５のフリンジ生成光学モジュール５００から放射される２つの光束の中心）とカメラ６０６の受光面の中心Ｏとのｘ方向の距離ｄｘ、ｙ方向の距離ｄｙによって決まる。上記のようにクリップ状の

固定具７を用いて、投影装置５を携帯端末６に装着する場合、距離ｄｘ，ｄｙが一義に決まり難いという課題がある。

[0097] そこで、固定具７の窓ガラス７０３には、カメラ６０６の撮影方向と直交する２方向（図１８、図１９のｘ方向、ｙ方向）のそれぞれについて目盛り７０４，７０５が形成されている。窓ガラス７０３（透明板）と目盛り７０４，７０５とは、投影装置５の出射口５１５と携帯端末６のカメラ６０６との相対位置を定めるための位置合わせ構造７０６を構成している。

[0098] 本実施例では、目盛り７０４，７０５のそれぞれの間隔を５００μｍとしている。目盛り７０４，７０５は、スクリーン印刷技術を用いて窓ガラス７０３に印刷されているが、例えばレーザ加工法などの他の方法によって作製するようにしてもよい。

[0099] 本実施例の位置合わせ構造７０６の効果について説明する。ユーザは、固定具７の窓ガラス７０３の中心位置が携帯端末６のカメラ６０６の受光面の概ね中心の位置に来るように、固定具７の位置を調整する。これにより、投影装置５の出射口５１５の中心とカメラ６０６の受光面の中心との距離ｄｘ，ｄｙを概ね所望の値付近にすることが可能であり、より正確な３次元計測を行うことができる。

[0100] 物体を携帯端末６のカメラ６０６によって撮影する際に、ピントが不一致ながらもガラス上の目盛り７０４，７０５が画像に映り込む。上記のとおり、ユーザが固定具７の装着位置の調整を行うが、ユーザが手動で調整を行う以上、位置合わせの誤差は大きくなってしまう。

[0101] しかし、カメラ６０６によって撮影された画像に目盛り７０４，７０５が映っているので、ユーザは、画像に映っている目盛り７０４，７０５を基に、画像から距離ｄｘ，ｄｙがいくつかを知ることができる。その結果、距離ｄｘ，ｄｙを正確に知ることでき、３次元計測の精度を上げることが可能である。

[0102] なお、物体を撮影する際の映り込みを利用せず、事前に窓ガラス７０３に形成された目盛り７０４，７０５だけを一度撮影し、より正確な距離ｄｘ，

ｄｙを把握するようにしてもよい。

[0103] ［第２の実施例］

次に、本発明の第２の実施例について説明する。第１の実施例では、クリップ状の固定具７を用いて投影装置５を携帯端末６に装着する形態について述べた。ただし、この形態では、投影装置５の出射口５１５の中心とカメラ６０６の受光面の中心との距離ｄｘ，ｄｙが装着の度に変動するという課題がある。

[0104] そこで、投影装置にカメラを搭載するようにしてもよい。この場合の投影装置５ａの外観を図２１に示し、投影装置５ａの構成を図２２に示す。

投影装置５ａのマイクロコンピュータ５０１は、内部のメモリ（不図示）に格納されたプログラムに従って本実施例で説明する処理を実行し、レーザ制御部５１７と、位相制御部５１８と、カメラ５１９を制御するカメラ制御部５２０として機能する。

[0105] 図１４、図１５から明らかなように、第１の実施例の投影装置５では、携帯端末６と有線接続する場合はＵＳＢケーブルを使うことを想定している。このため、投影装置５のＵＳＢコネクタ５１２はメス型のコネクタである。

[0106] 一方、本実施例の投影装置５ａの場合は、図２３に示すようにオス型のＵＳＢコネクタ５１２ａ（第１のコネクタ）を携帯端末６のＵＳＢコネクタ６０３（第２のコネクタ）に差し込んで使用する。つまり、本実施例では、投影装置５ａと携帯端末６との間の信号のやり取りは有線通信で行われる。

携帯端末６の構成は第１の実施例と同じである。

[0107] 図２４は本実施例の３次元計測方法を説明するフローチャートである。ユーザは、投影装置５ａを携帯端末６に装着した後に、３次元計測用アプリケーションを起動して、投影装置５ａのカメラ５１９を計測対象の物体に向ける。３次元計測用アプリケーションが起動すると、携帯端末６のカメラ制御部６１４は、カメラ起動制御信号を通信部６１０に渡す。通信部６１０は、カメラ起動制御信号を有線通信用の通信回路６０４に渡す。通信回路６０４は、カメラ起動制御信号を投影装置５ａに送信する。

[0108] 投影装置５ａのカメラ制御部５２０は、ＵＳＢコネクタ５１２ａを介してカメラ起動制御信号を受信すると、カメラ５１９を起動して撮影可能な状態にする（図２４ステップＳ１００ａ）。

[0109] 図２４のステップＳ１０１，Ｓ１０２の処理は第１の実施例と同様である。携帯端末６の画像取得部６０８は、画像要求信号を通信部６１０に渡す。通信部６１０は、画像要求信号を通信回路６０４に渡す。通信回路６０４は、画像要求信号を投影装置５ａに送信する。

[0110] 投影装置５ａのカメラ制御部５２０は、ＵＳＢコネクタ５１２ａを介して画像要求信号を受信すると、カメラ５１９によって撮影された物体の画像をＵＳＢコネクタ５１２ａを介して携帯端末６に送信する。

携帯端末６の画像取得部６０８は、投影装置５ａから送信された画像を取得する（図２４ステップＳ１０３ａ）。

[0111] 図２４のステップＳ１０４，Ｓ１０６～Ｓ１０８の処理は第１の実施例と同様である。図２４のステップＳ１０５ａの処理はステップＳ１０３ａと同じである。

[0112] こうして、本実施例では、投影装置５ａの専用のカメラ５１９を用いて物体の３次元計測を行うことができる。本実施例では、出射口５１５の中心とカメラ５１９の受光面の中心との距離を一定にできる。したがって、高精度な３次元計測が可能である。

ただし、本実施例では、携帯端末６に標準的に搭載されているカメラ６０６とは別に、投影装置５ａにカメラ５１９を搭載することになるため、コスト増になるというデメリットがある。

[0113] なお、製造時の寸法誤差は、事前の検査によって把握することができる。そこで、把握した誤差に基づく補正値を携帯端末６の画像解析部６１２のプログラムに設定しておくことにより誤差を補正することが可能である。

[0114] ［第３の実施例］

第１、第２の実施例では、撮像した画像の解析を携帯端末６の画像解析部６１２によって行い、物体の３次元形状データを計算した。

これに対して、撮影した画像データや測定条件を専用のサーバー装置に送信し、サーバー装置によって物体の３次元形状データを計算し、計算結果を携帯端末６に送り返すようにしてもよい。

[0115] 本実施例のサーバー装置の構成を図２５に示す。サーバー装置８は、ＣＰＵ８００と、メモリ８０１と、無線通信用の通信回路８０２とを備えている。ＣＰＵ８００は、メモリ８０１に格納されたプログラムに従って本実施例で説明する処理を実行し、通信部８０３と、画像解析部８０４として機能する。

投影装置５，５ａと携帯端末６の構成は第１、第２の実施例と同じである。

[0116] 図２６は本実施例の３次元計測方法を説明するフローチャートである。図２６のステップＳ１００～Ｓ１０６の処理は第１の実施例と同様である。

携帯端末６の通信部６１５は、撮影された物体の画像データと測定条件情報（縞模様の位相情報など）とを通信回路６０７に渡す。通信回路６０７は、画像データと測定条件情報とをサーバー装置８に無線送信する（図２６ステップＳ１０９）。

[0117] サーバー装置８の通信部８０３は、通信回路８０２を介して携帯端末６から受信した画像データと測定条件情報とを画像解析部８０４に渡す（図２６ステップＳ１１０）。

画像解析部８０４は、受信した画像を解析して、計測対象の物体の３次元形状データを計算する（図２０ステップＳ１１１）。この画像解析部８０４の処理は、携帯端末６の画像解析部６１２の処理と同じである。

[0118] サーバー装置８の通信部８０３は、画像解析部８０４によって計算された３次元形状データを通信回路８０２に渡す。通信回路８０２は、３次元形状データを携帯端末６に送信する（図２６ステップＳ１１２）。

[0119] 携帯端末６の通信部６１５は、通信回路６０７を介してサーバー装置８から受信した３次元形状データを表示部６１３に渡す（図２６ステップＳ１１３）。表示部６１３は、上記と同様に物体の画像を表示器６０５に表示させ

る（図２６ステップＳ１１４）。

[0120] 図２６の説明では、第１の実施例に本実施例のサーバー装置８を適用する場合について説明しているが、第２の実施例にサーバー装置８を適用してもよいことは言うまでもない。

[0121] 本実施例のようにサーバー装置８を用いる場合、携帯端末６とサーバー装置８との間の通信速度が十分に得られていれば、携帯端末６の処理を軽減することができ、携帯端末６の消費電力を低減することができる。その結果、携帯端末６の電池の消耗を抑えることができる。

[0122] また、本実施例では、投影装置５，５ａと携帯端末６とによって取得した３次元形状データをサーバー装置８から別の端末に送ることが可能である。したがって、３次元形状データを別の端末と共有することが容易になるというメリットがある。

[0123] ［第４の実施例］

次に、本発明の第４の実施例について説明する。第１～第３の実施例で説明したフリンジ生成部１においては、半導体レーザ２からなる光源と入力導波路１０２とＹ分岐導波路１０３と位相変調器１０６，１０７と出力導波路１０４，１０５とがほぼ直線上に配置されている。

[0124] このため、半導体レーザ２から出射光が、石英系光導波路からなる入力導波路１０２に結合する際に、モードフィールドの不整合から結合損失が発生する。第１の実施例の場合、結合損失は例えば約２．５ｄＢであり、約半分弱の光が入力導波路１０２に結合せずに放射し、迷光となる。

[0125] 第１～第３の実施例では、出力導波路１０４，１０５から出射した２光束の干渉により強度が空間的に正弦的に変調された縞模様が得られる。しかしながら、迷光が投影装置５，５ａの出射口５１５に届き、出射口５１５から空間に放出されると、縞模様と迷光との予期せぬ干渉が発生し、物体の３次元形状データを計算する際の誤差が大きくなってしまう。

[0126] そこで、本実施例のフリンジ生成部１ａは、図２７に示すように、半導体レーザ２から入力導波路１０２への光の入射方向（図２７のｙ方向）と出力

導波路１０４，１０５からの光の出射方向（図２７のｘ方向）とが交差するように、シリコン基板の面内で入力導波路１０２が曲がる構造となっている。

[0127] 本実施例では、光導波路の比屈折率差を１％とし、入力導波路１０２の曲げ半径を１ｍｍとして設計、製造した。フリンジ生成部１ａの製造方法、半導体レーザ２との結合方法、フリンジ生成部１ａと半導体レーザ２とをモジュール化する方法は、第１の実施例と同じである。

[0128] 本実施例では、半導体レーザ２から入力導波路１０２への光の入射方向と出力導波路１０４，１０５からの光の出射方向とを交差させているため、半導体レーザ２からの出射光が石英系光導波路からなる入力導波路１０２に結合する際に、モードフィールドの不整合から結合損失として発生した迷光は、出力導波路１０４，１０５からはほとんど出射されない。そのため、投影装置から２光束が空間に放出された際に、正弦的に変調された縞模様を得ることができる。

[0129] 本実施例においては、半導体レーザ２から入力導波路１０２への光の入射方向と出力導波路１０４，１０５からの光の出射方向とが直交するようにフリンジ生成部１ａを作製した。石英系光導波路を含むチップの大きさによるが、半導体レーザ２から入力導波路１０２への光の入射方向に対する出力導波路１０４，１０５からの光の出射方向の傾きの角度θが概ね３０度以上であれば、迷光が出力導波路１０４，１０５から出射することはなく、理想的に正弦的に変調された縞模様を得ることができる。

[0130] 縞模様を発生させるために、光導波路を使う例は従来から提案されているが、いずれの例でも光ファイバーを使用している。

発明者は、２光束干渉により強度が空間的に正弦的に変調された縞模様を得る構成において、迷光が出力導波路の出射口から空間に放出されると、本来の縞模様に予期せぬ明暗が重なる結果が生じ、位相シフト法による３次元計測の精度が低下することをはじめて見出した。

[0131] そして、発明者は、上記のように半導体レーザから入力導波路への光の入

射方向と出力導波路からの光の出射方向とを交差させることにより、理想に近い正弦的に強度変化する縞模様が得られることをはじめて見出した。

産業上の利用可能性

[0132] 本発明は、位相シフト法により物体の３次元形状を計測する技術に適用することができる。

符号の説明

[0133] １，１ａ…フリンジ生成部、２…半導体レーザ、３…サブキャリア、４…セラミック筐体、５，５ａ…投影装置、６…携帯端末、７…固定具、８…サーバー装置、１００…シリコン基板、１０１…アンダークラッド、１０２…入力導波路、１０３…Ｙ分岐導波路、１０４，１０５…出力導波路、１０６，１０７…位相変調器、１０８，１０９…ヒータ、１１０，１１２…ヒータパッド、１１１…グランドパッド、１１３…オーバークラッド、１１４…断熱溝、１１５…遮光溝、２００…ｎ型ＧａＡｓ基板、２０１…ｎ型ＡｌＧａＩｎＰクラッド、２０２…活性層、２０３…ｐ型ＡｌＧａＩｎＰクラッド層、２０４…ｎ型ＡｌＩｎＰブロック層、２０５…ｎ側電極、２０６…ｐ側電極、３００…シリコン基板、３０１…ｎ側電極パッド、３０２…ｐ側電極パッド、３０３…ワイヤ、４００…４５度プリズム、４０１，４０３，４０５，４０７，４０９…電極パッド、４０２，４０４，４０６，４０８，４１０…ワイヤ、４１１…蓋、４１２…ガラス、４１３…枠、４１４…レンズ、５００…フリンジ生成光学モジュール、５０１…マイクロコンピュータ、５０２…通信モジュール、５０３…制御回路、５０４…ＤＡコンバーター、５０５，５０６…トランジスタ、５０８…ボード、５０９…プリント基板、５１０…ピン、５１１…スルーホール、５１２，５１２ａ…ＵＳＢコネクタ、５１３…電池、５１４…プラスチックケース、５１５…出射口、５１７…レーザ制御部、５１８…位相制御部、５１９，６０６…カメラ、５２０…カメラ制御部、６００，８００…ＣＰＵ、６０１，８０１…メモリ、６０２，６０４，６０７，８０２…通信回路、６０３…ＵＳＢコネクタ、６０５…表示器、６０６…カメラ、６０８…画像取得部、６０９…レーザ制御部、６１０，

６１５，８０３…通信部、６１１…位相制御部、６１２，８０４…画像解析部、６１３…表示部、６１４…カメラ制御部、７０３…窓ガラス、７０４，７０５…目盛り、７０６…位置合わせ構造。

請求の範囲

[請求項1] ２光束の干渉により縞模様を発生させて物体に投影するように構成された投影装置と、

携帯端末とを備え、

前記投影装置は、

位相変調器を含む平面光波回路からなり、前記縞模様を発生させるように構成されたフリンジ生成部と、

前記位相変調器を制御して前記縞模様の位相を変化させるように構成された位相制御部とを備え、

前記携帯端末は、

前記縞模様が投影された物体を撮影するように構成されたカメラと、

前記カメラによって撮影された、前記縞模様の位相が異なる複数枚の画像を解析して、前記物体の３次元形状データを計算するように構成された画像解析部とを備えることを特徴とする３次元計測システム。

[請求項2] 請求項１記載の３次元計測システムにおいて、

前記フリンジ生成部は、

光源と、

前記光源の出力と結合する入力導波路と、

前記入力導波路に接続され光を２分岐させるように構成されたＹ分岐導波路と、

前記Ｙ分岐導波路の出力に接続された２本の出力導波路と、

前記２本の出力導波路にそれぞれ設けられ、前記２本の出力導波路を伝搬する光の位相を変調するように構成された２つの前記位相変調器とを備えることを特徴とする３次元計測システム。

[請求項3] 請求項２記載の３次元計測システムにおいて、

前記入力導波路は、前記光源から前記入力導波路への光の入射方向

に対する前記出力導波路からの光の出射方向の傾きの角度が３０度以上となるように中途で曲がることを特徴とする３次元計測システム。

[請求項4] 請求項１乃至３のいずれか１項に記載の３次元計測システムにおいて、

前記携帯端末を挟み込むクリップ状の固定具をさらに備え、

前記投影装置は、前記固定具に固定され、

前記固定具は、前記投影装置の前記２光束の出射口と前記携帯端末のカメラとの相対位置を定めるための位置合わせ構造を備えることを特徴とする３次元計測システム。

[請求項5] 請求項４記載の３次元計測システムにおいて、

前記位置合わせ構造は、

前記固定具が前記携帯端末に装着されたときに前記携帯端末のカメラの受光面を覆うように前記固定具に配設された透明板と、

前記透明板に形成された目盛りとから構成されることを特徴とする３次元計測システム。

[請求項6] ２光束の干渉により縞模様を発生させて物体に投影するように構成された投影装置と、

携帯端末とを備え、

前記投影装置は、

位相変調器を含む平面光波回路からなり、前記縞模様を発生させるように構成されたフリンジ生成部と、

前記位相変調器を制御して前記縞模様の位相を変化させるように構成された位相制御部と、

前記縞模様が投影された物体を撮影するように構成されたカメラと、

前記カメラによって撮影された画像を前記携帯端末に送信するように構成された第１の通信部と、

前記携帯端末との通信用の第１のコネクタとを備え、

前記携帯端末は、

前記投影装置から画像を受信するように構成された第２の通信部と、

前記投影装置のカメラによって撮影された、前記縞模様の位相が異なる複数枚の画像を解析して、前記物体の３次元形状データを計算するように構成された画像解析部と、

前記投影装置との通信用の第２のコネクタとを備え、

前記投影装置は、前記第１のコネクタと前記第２のコネクタとが嵌合することにより、前記携帯端末に装着されることを特徴とする３次元計測システム。

[請求項7] 請求項６記載の３次元計測システムにおいて、

前記フリンジ生成部は、

光源と、

前記光源の出力と結合する入力導波路と、

前記入力導波路に接続され光を２分岐させるように構成されたＹ分岐導波路と、

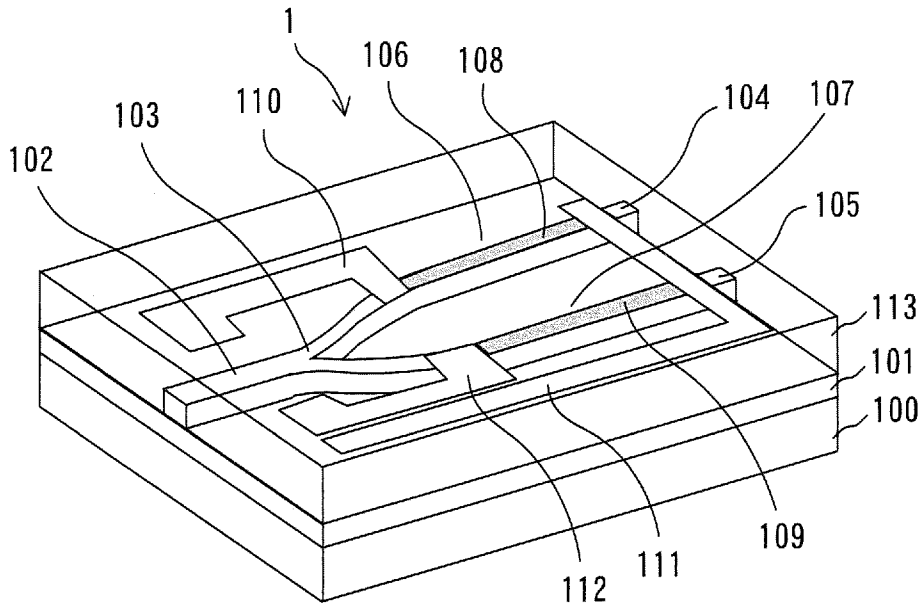
前記Ｙ分岐導波路の出力に接続された２本の出力導波路と、

前記２本の出力導波路にそれぞれ設けられ、前記２本の出力導波路を伝搬する光の位相を変調するように構成された２つの前記位相変調器とを備えることを特徴とする３次元計測システム。

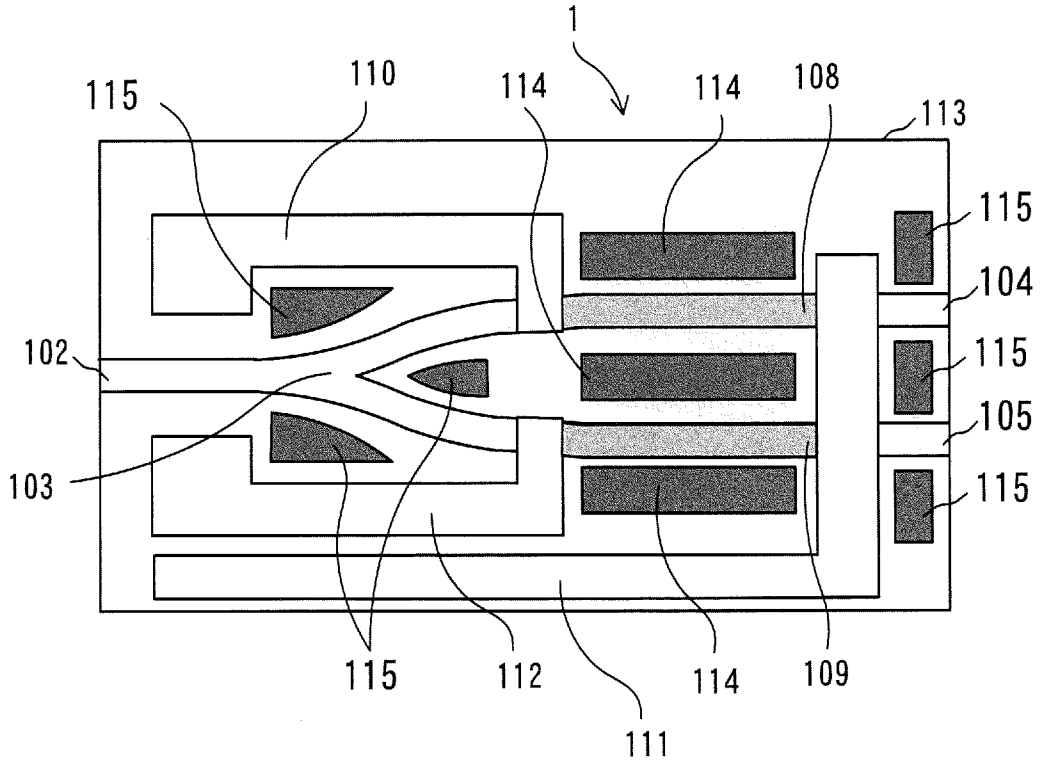
[請求項8] 請求項７記載の３次元計測システムにおいて、

前記入力導波路は、前記光源から前記入力導波路への光の入射方向に対する前記出力導波路からの光の出射方向の傾きの角度が３０度以上となるように中途で曲がることを特徴とする３次元計測システム。

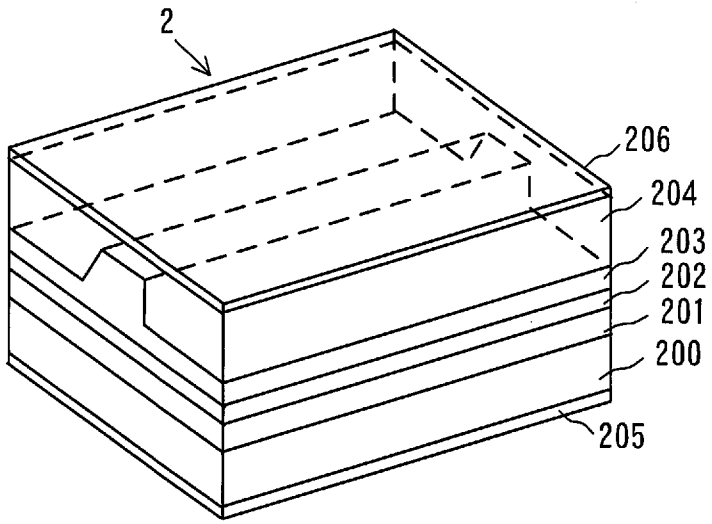
[図1]


1
106
108
110
103
102
104
107
105
113
101
100
109
111
112

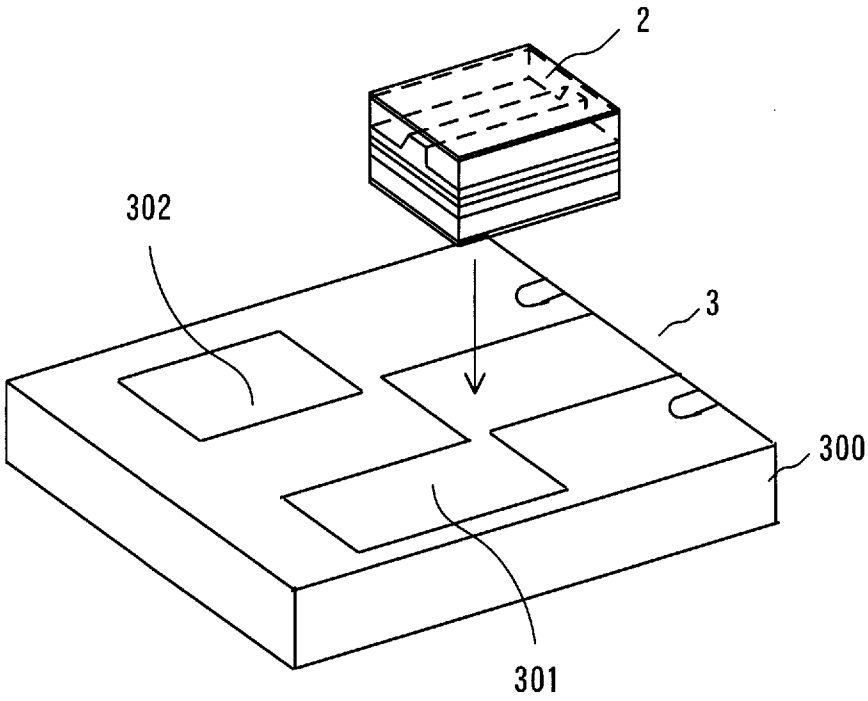
[図2]


1
115
110
114
114
108
113
115
104
102
115
105
103
115
115
112
114
109
111

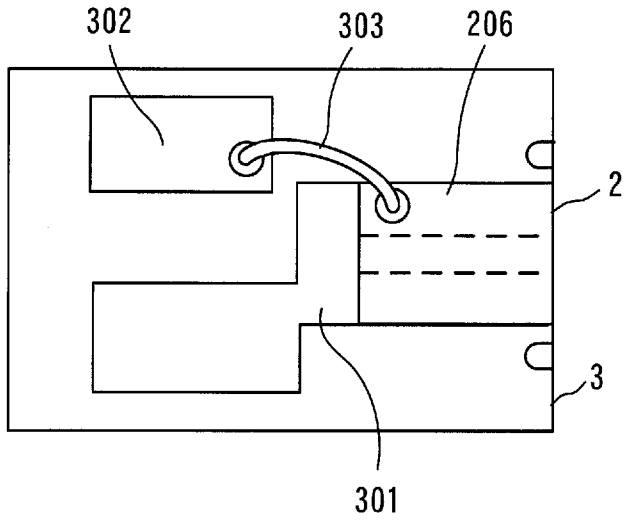
[図3]



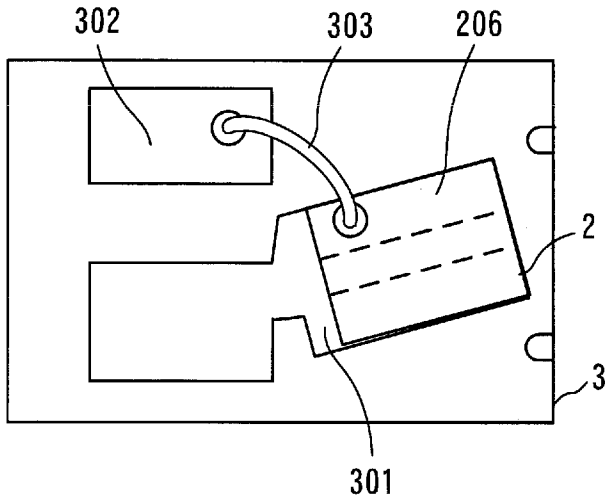
[図4]



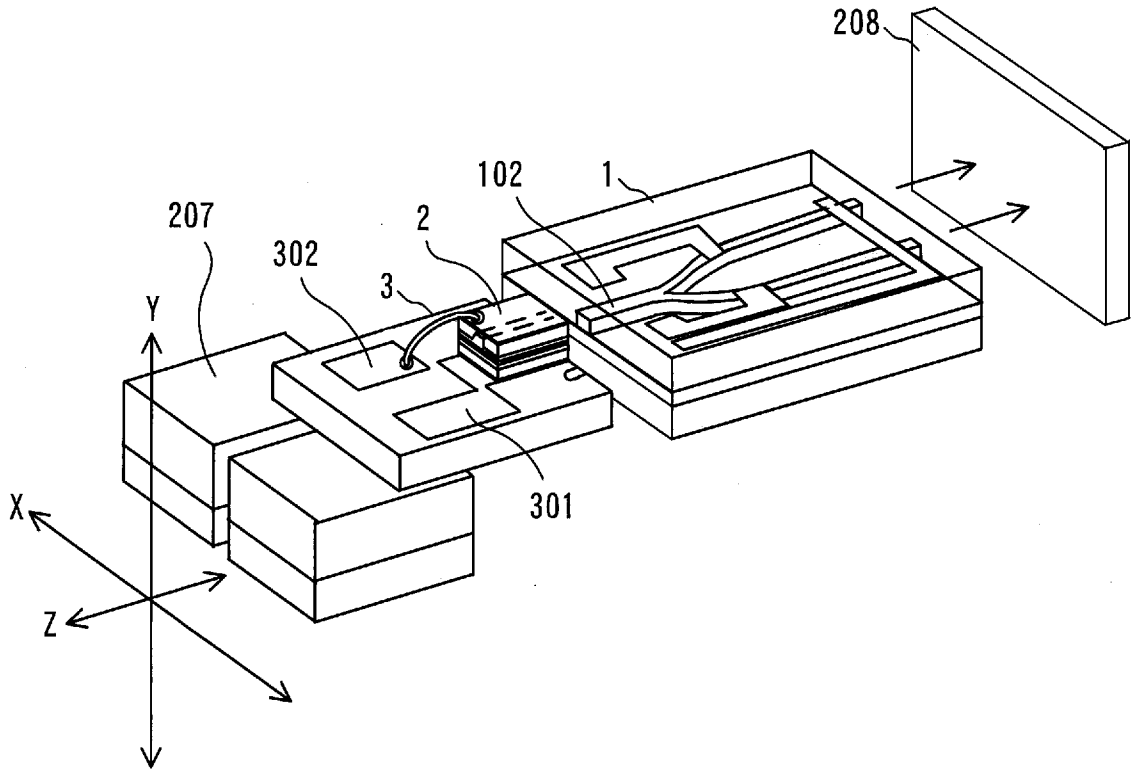
[図5]



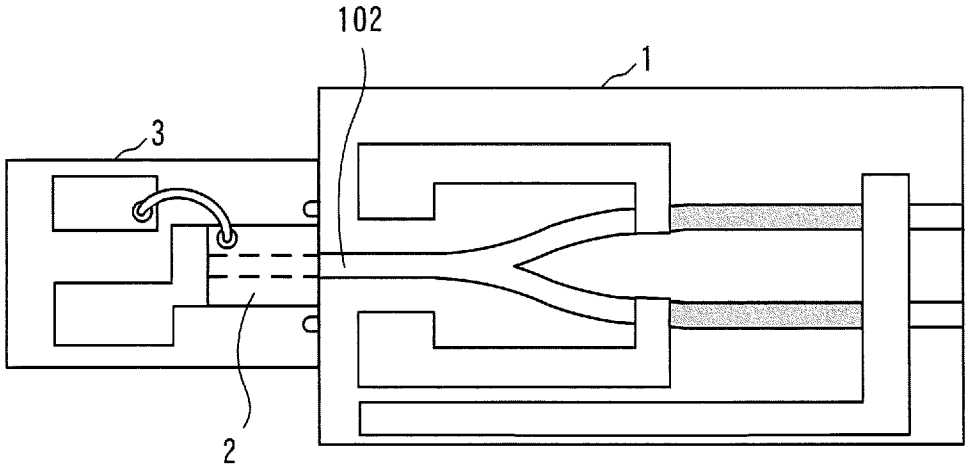
[図6]



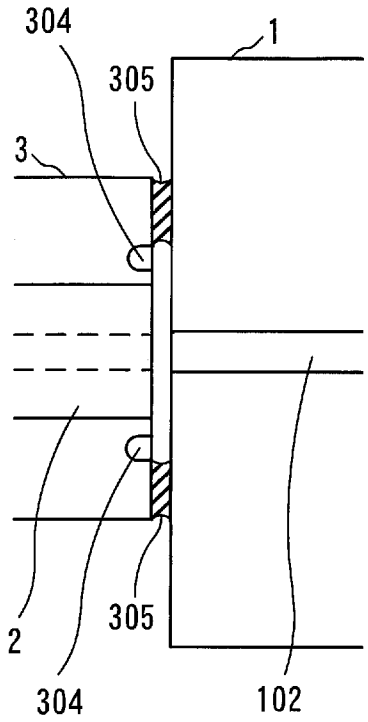
[図7]



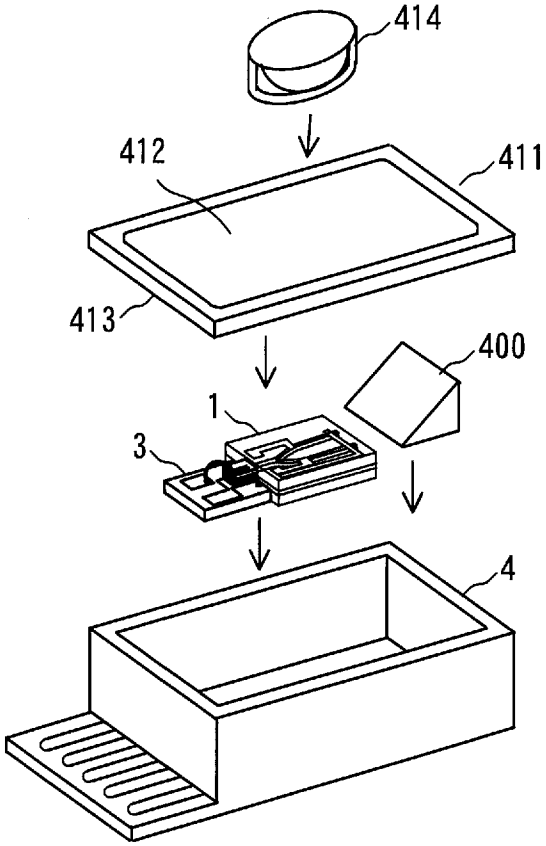
[図8]



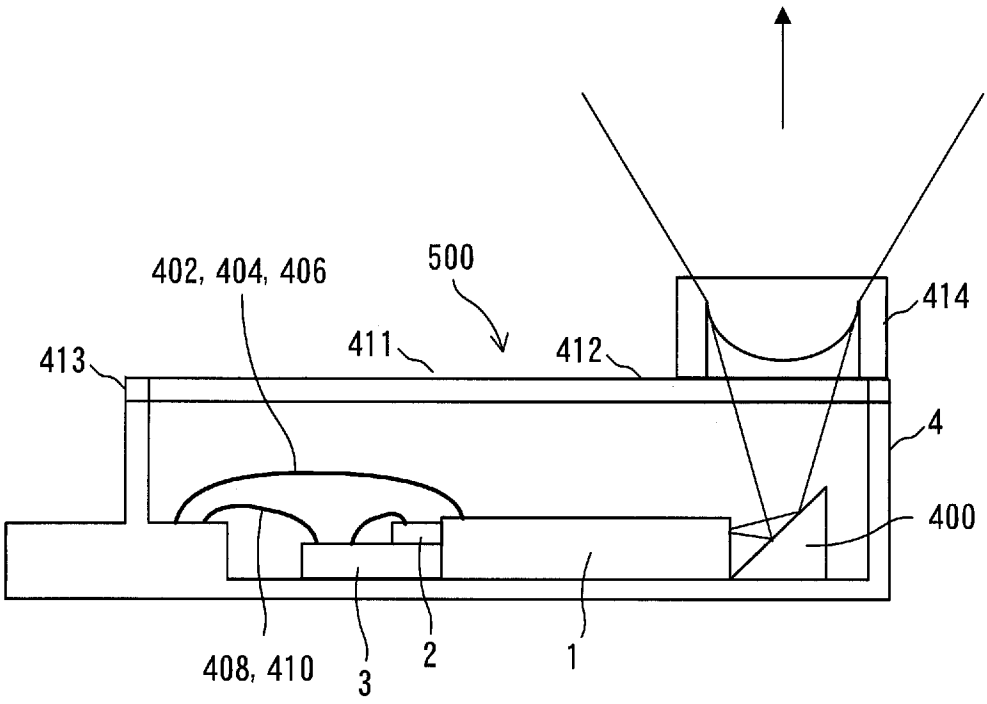
[図9]



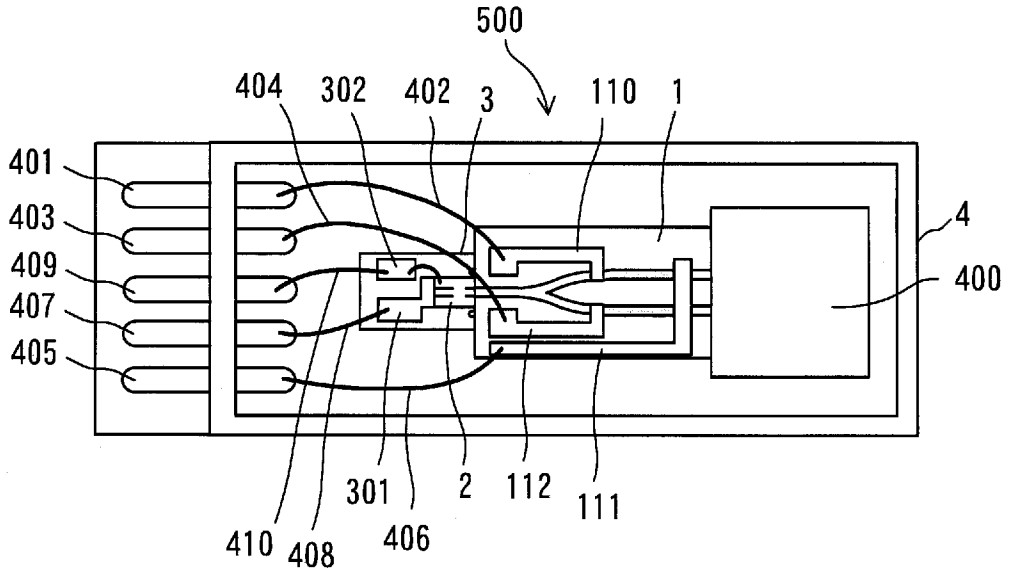
[図10]



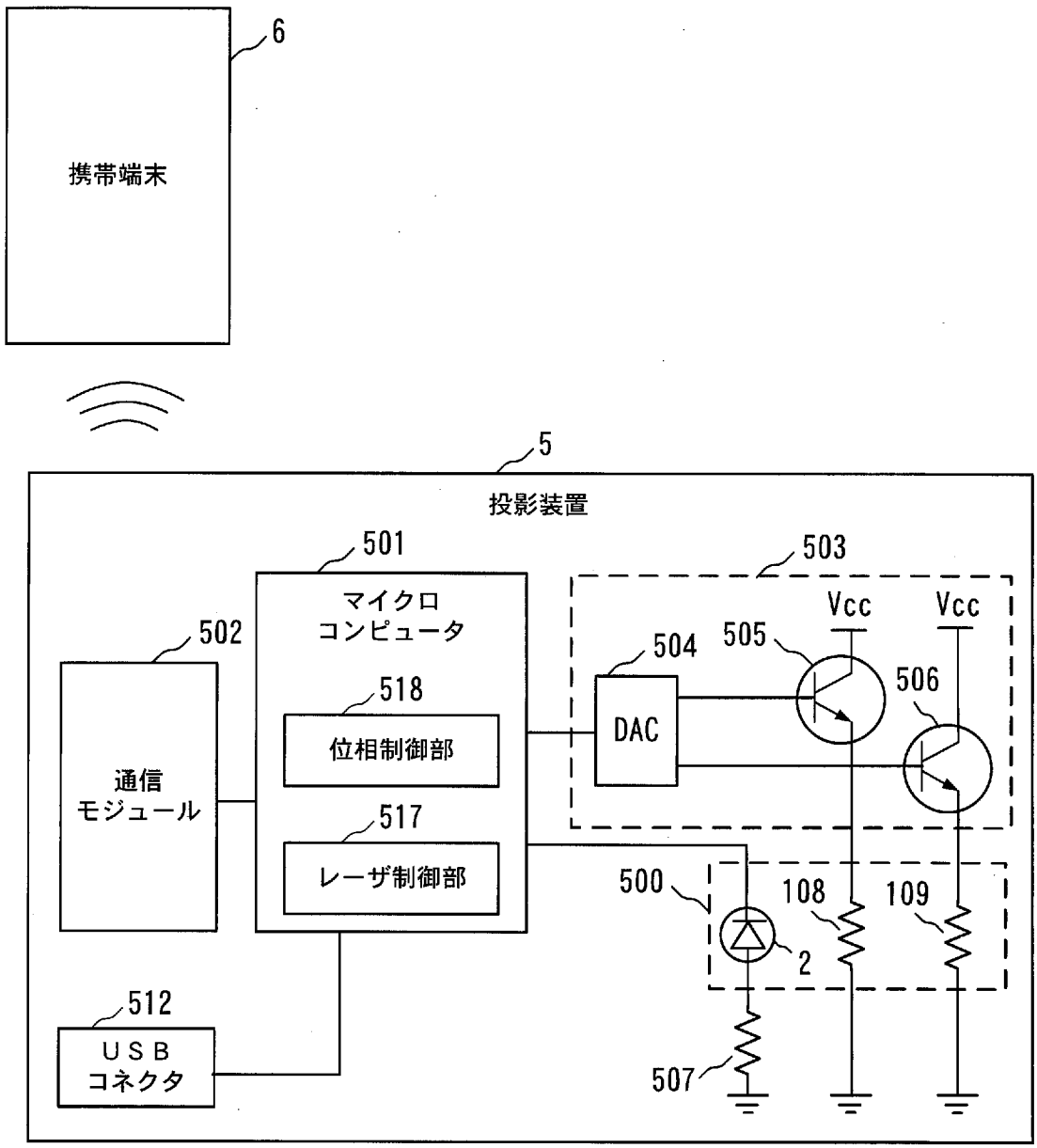
[図11]


402, 404, 406
500
414
411
412
413
4
400
408, 410
3
2
1

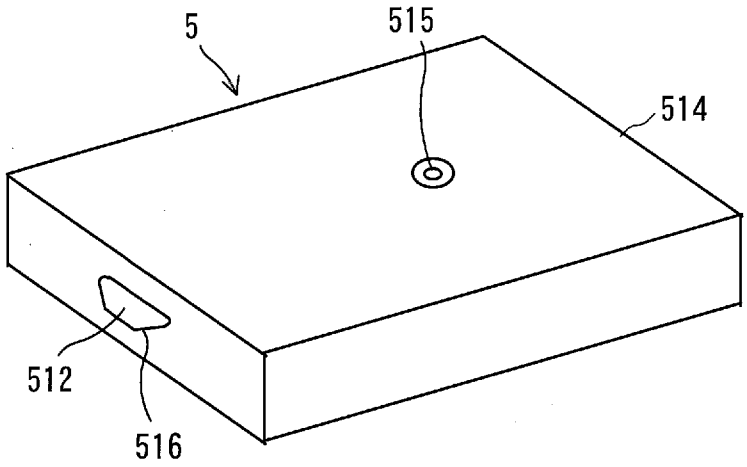
[図12]


500
404
302
402
3
110
1
401
403
409
407
405
4
400
301
2
112
111
410
408
406

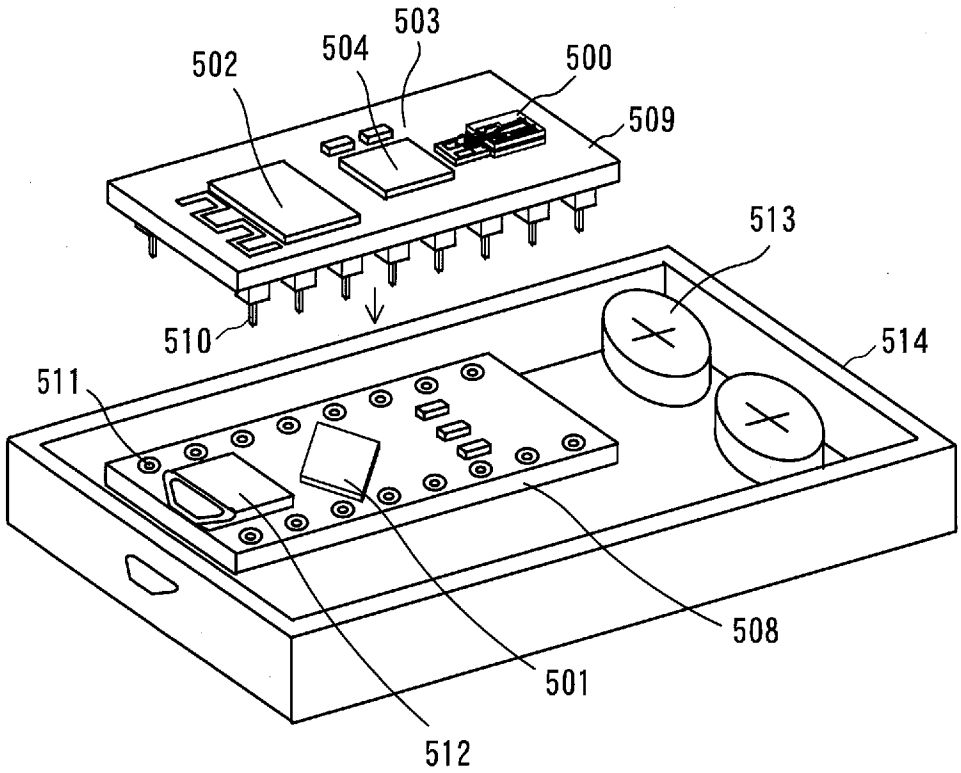
[図13]


6
携帯端末
5
投影装置
501
マイクロ
コンピュータ
502
通信
モジュール
518
位相制御部
517
レーザ制御部
512
USB
コネクタ
503
504
DAC
505
506
Vcc
Vcc
500
2
108
109
507

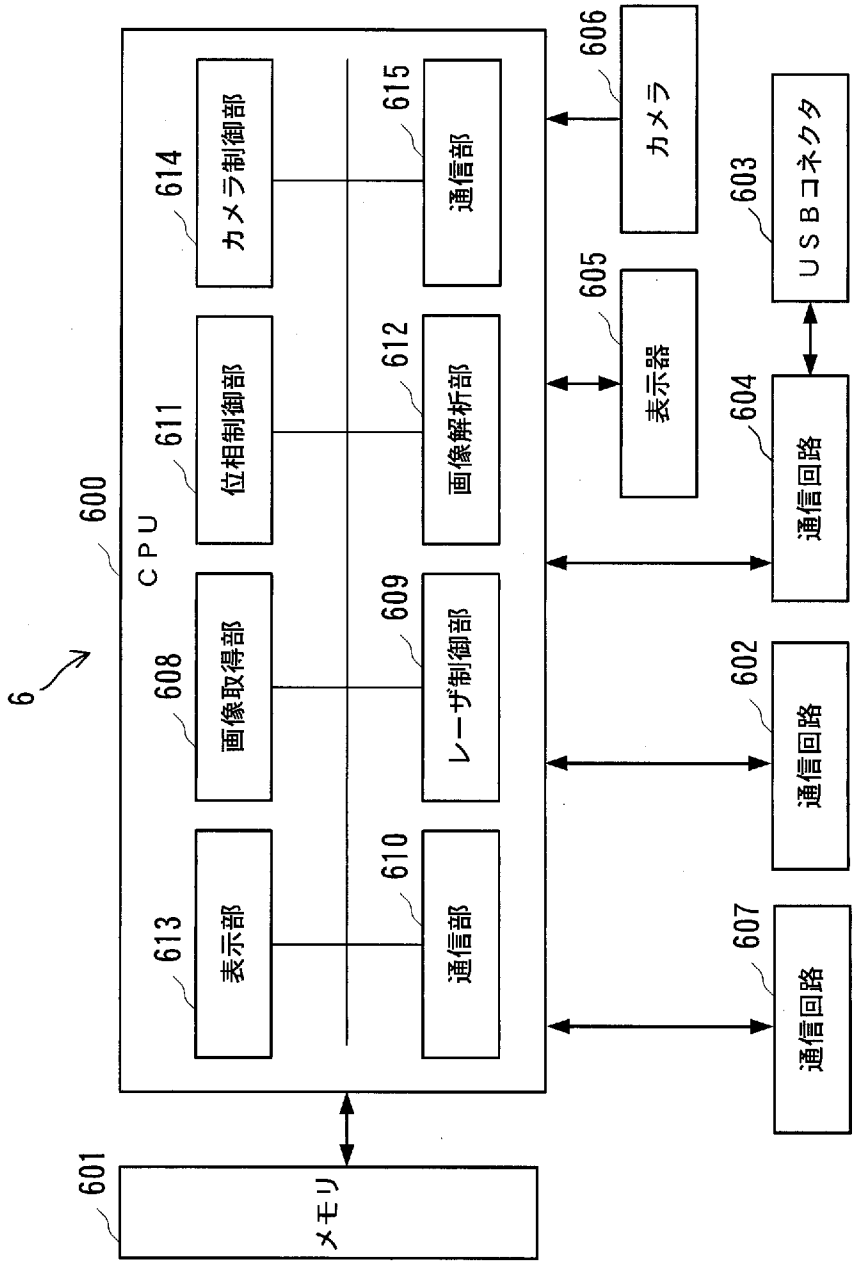
[図14]



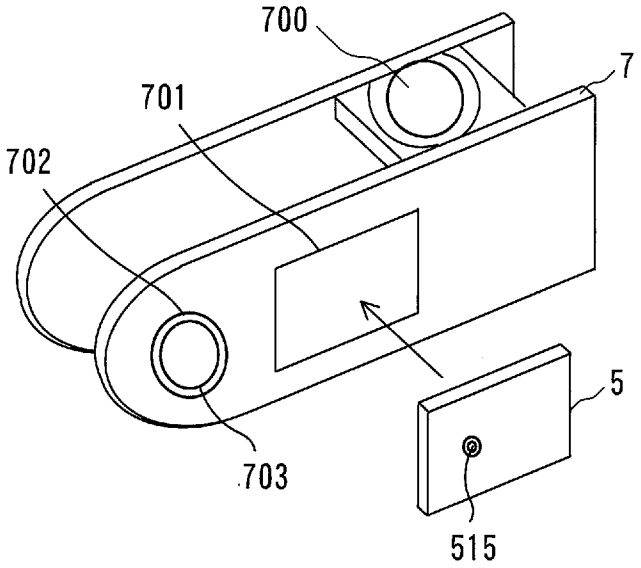
[図15]



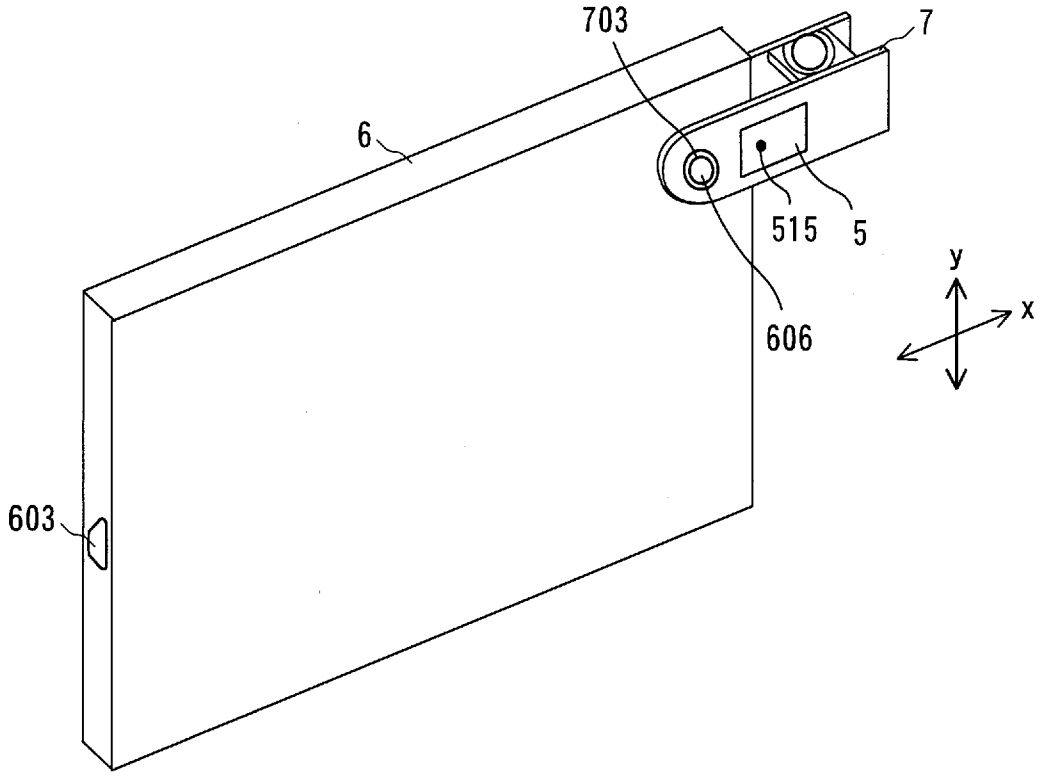
[図16]


6
600
CPU
601
メモリ
602
通信回路
603
USBコネクタ
604
通信回路
605
表示器
606
カメラ
607
通信回路
608
画像取得部
609
レーザ制御部
610
通信部
611
位相制御部
612
画像解析部
613
表示部
614
カメラ制御部
615
通信部

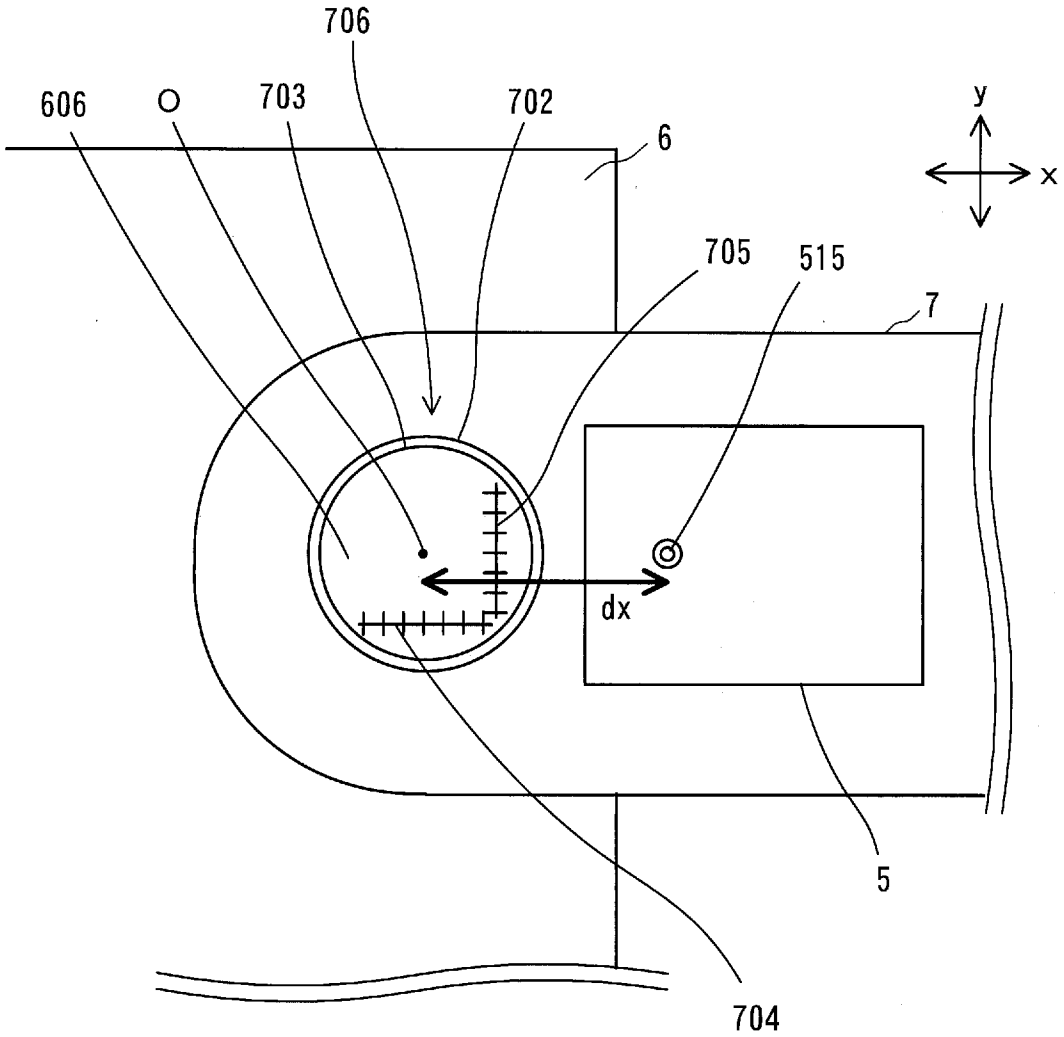
[図17]



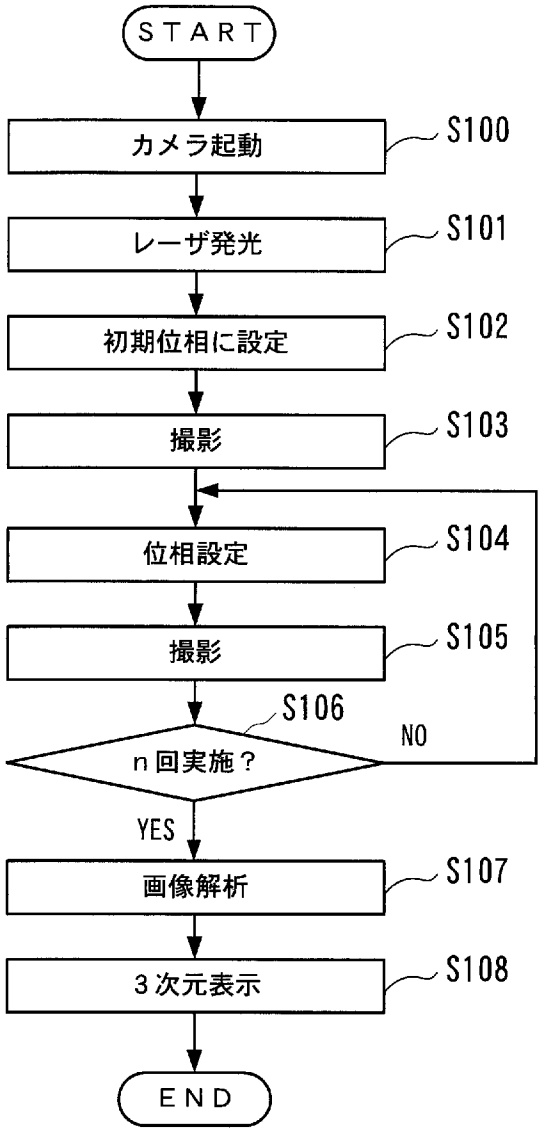
[図18]



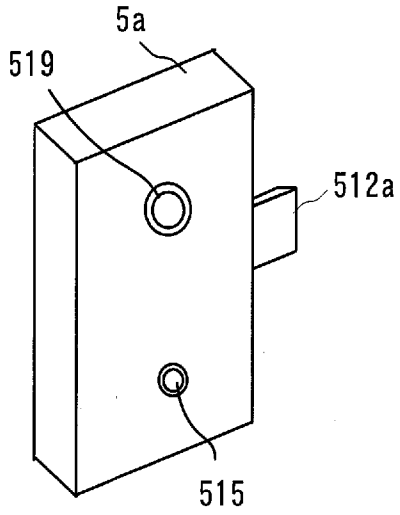
[図19]



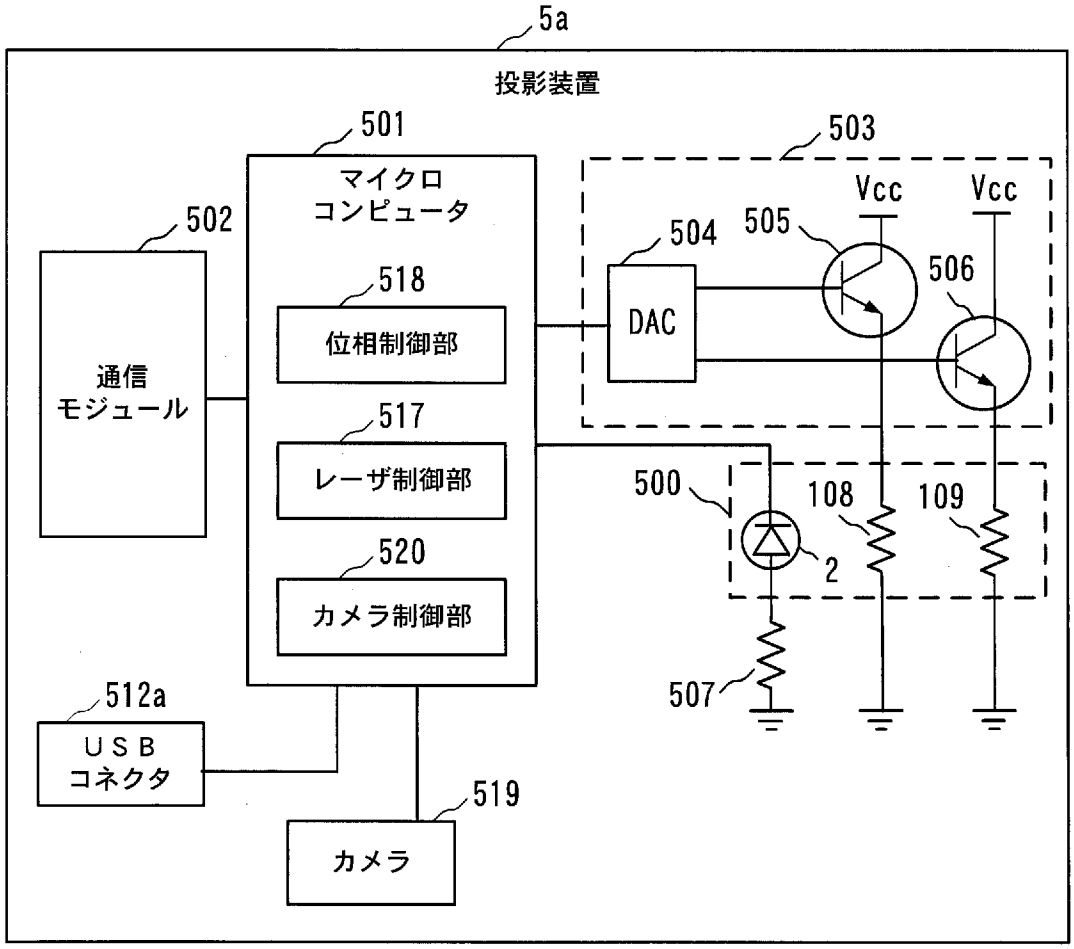
[図20]


START
カメラ起動
S100
レーザ発光
S101
初期位相に設定
S102
撮影
S103
位相設定
S104
撮影
S105
S106
n回実施？
NO
YES
画像解析
S107
3次元表示
S108
END

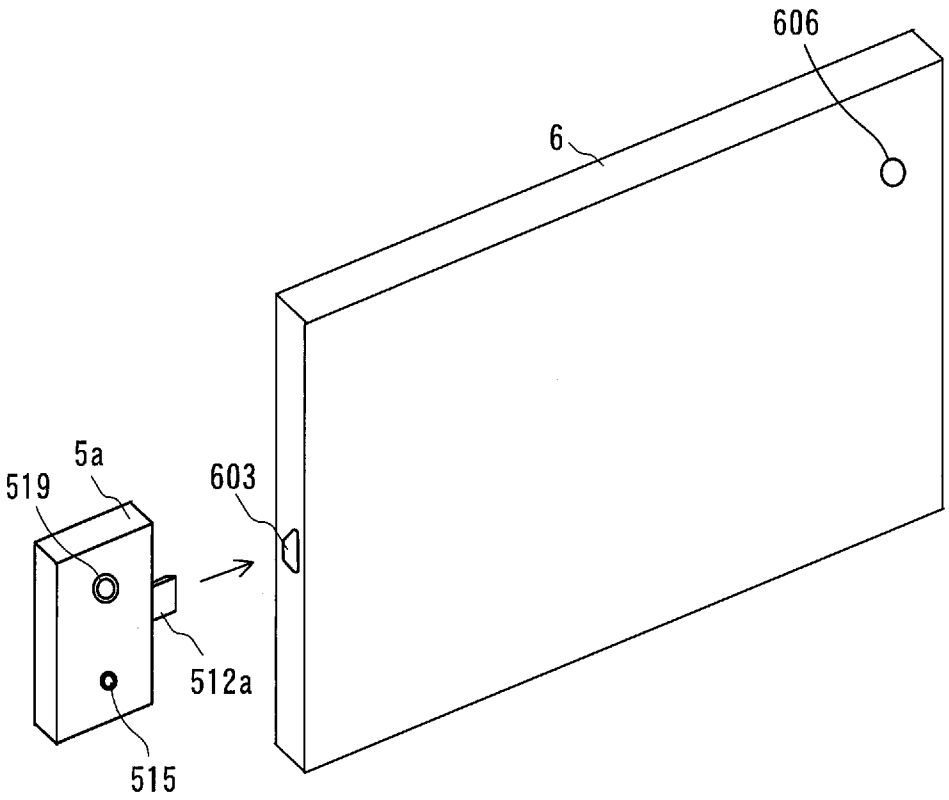
[図21]


5a
519
512a
515

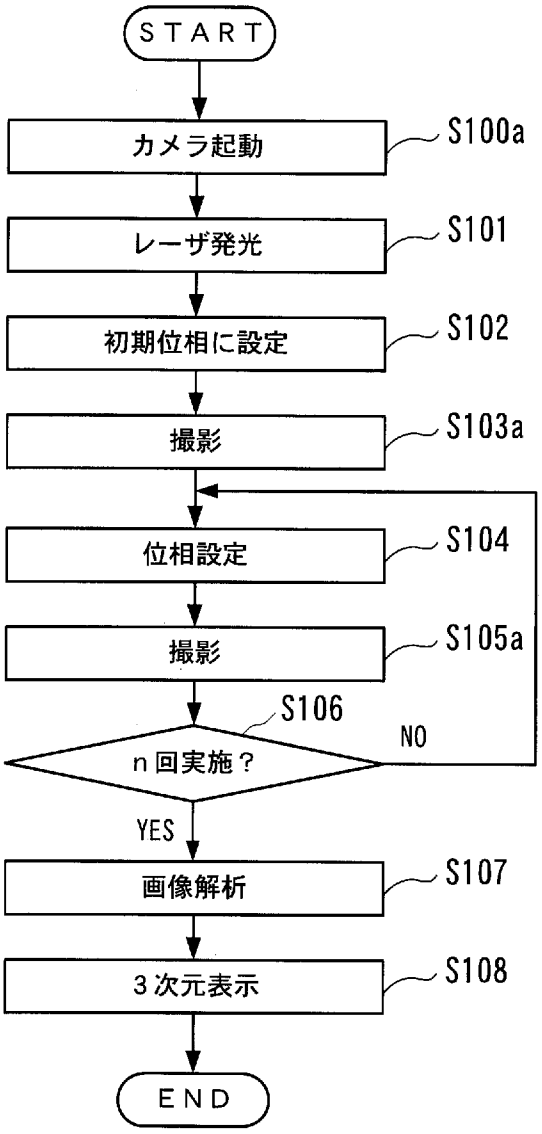
[図22]


5a
投影装置
501
マイクロ
コンピュータ
502
通信
モジュール
518
位相制御部
517
レーザ制御部
520
カメラ制御部
512a
USB
コネクタ
519
カメラ
503
Vcc
Vcc
504
505
506
DAC
500
108
109
2
507

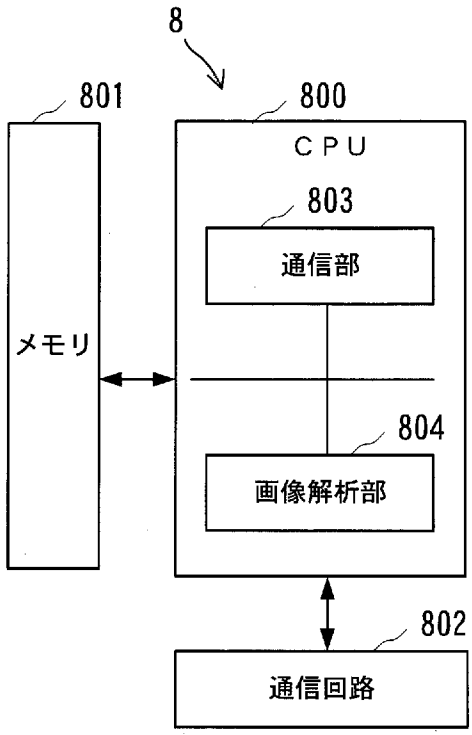
[図23]



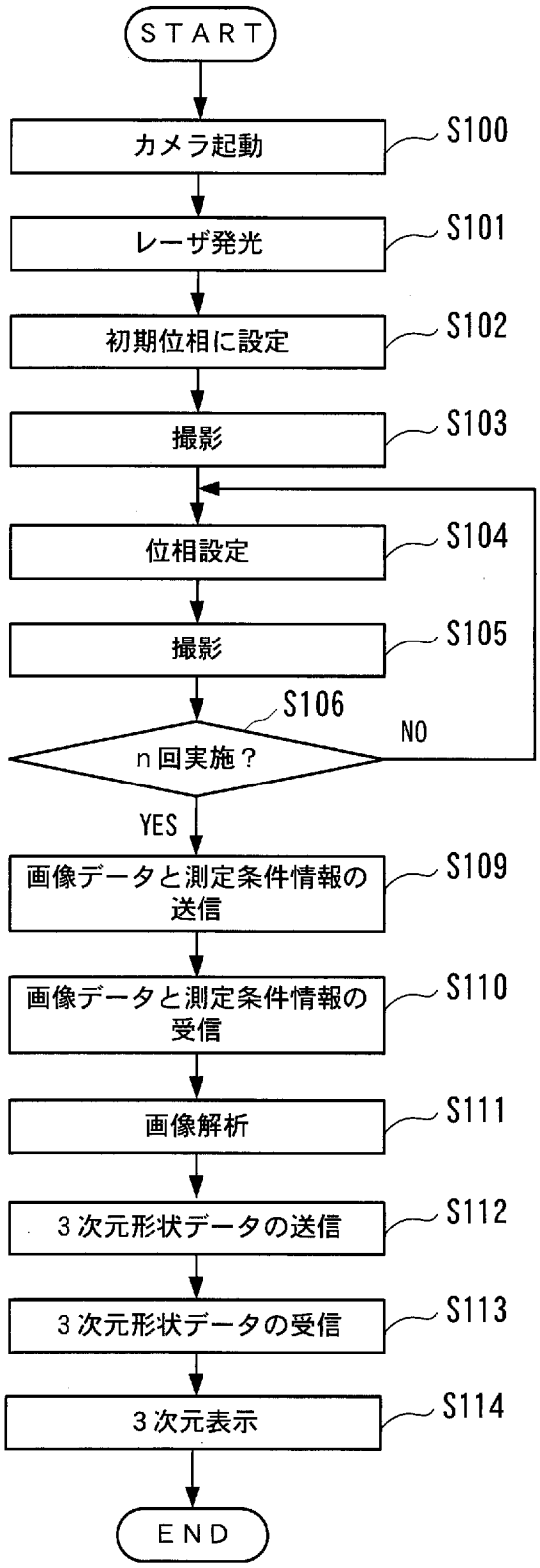
[図24]


START
カメラ起動
S100a
レーザ発光
S101
初期位相に設定
S102
撮影
S103a
位相設定
S104
撮影
S105a
S106
n回実施？
NO
YES
画像解析
S107
3次元表示
S108
END

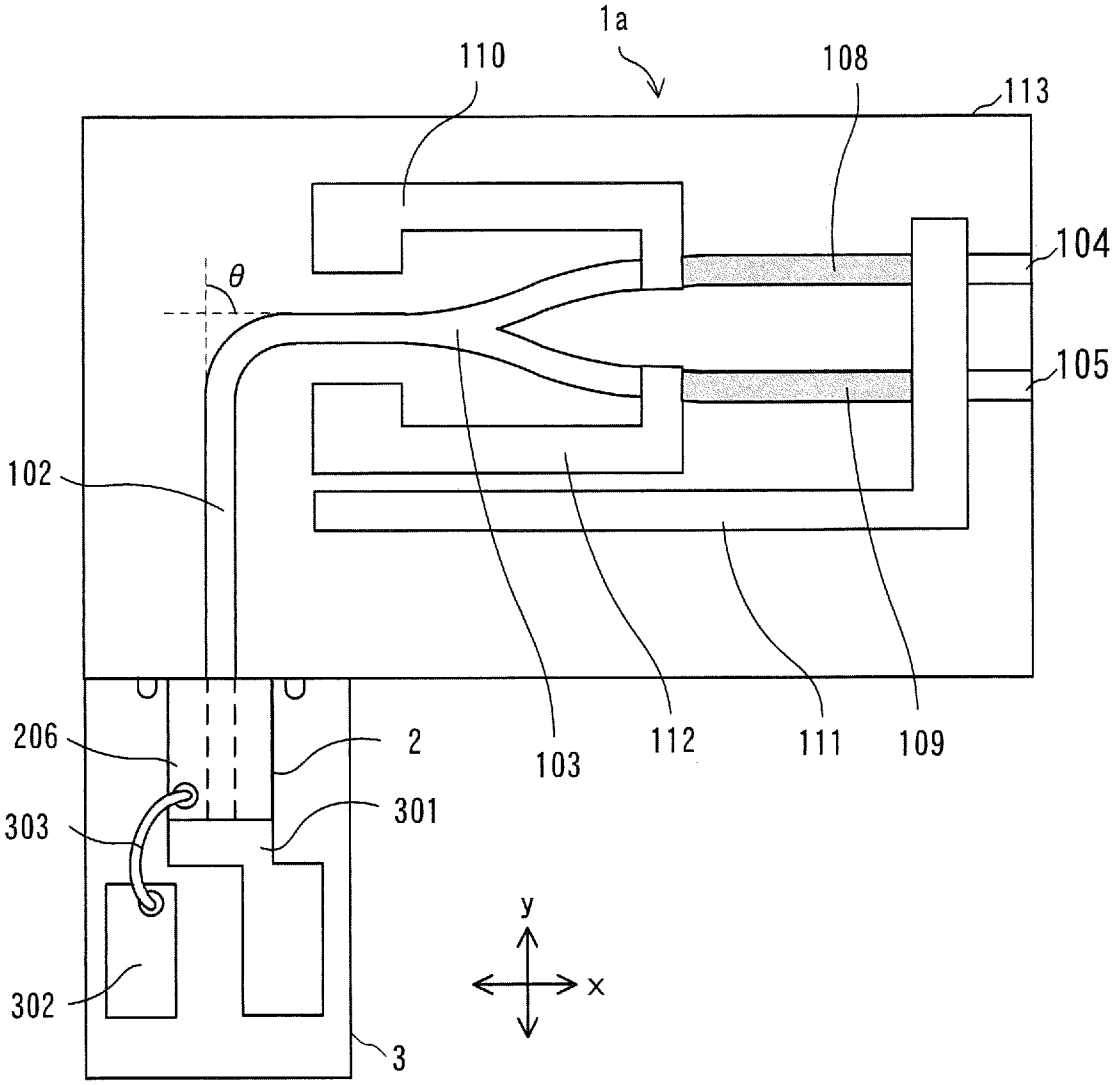
[図25]



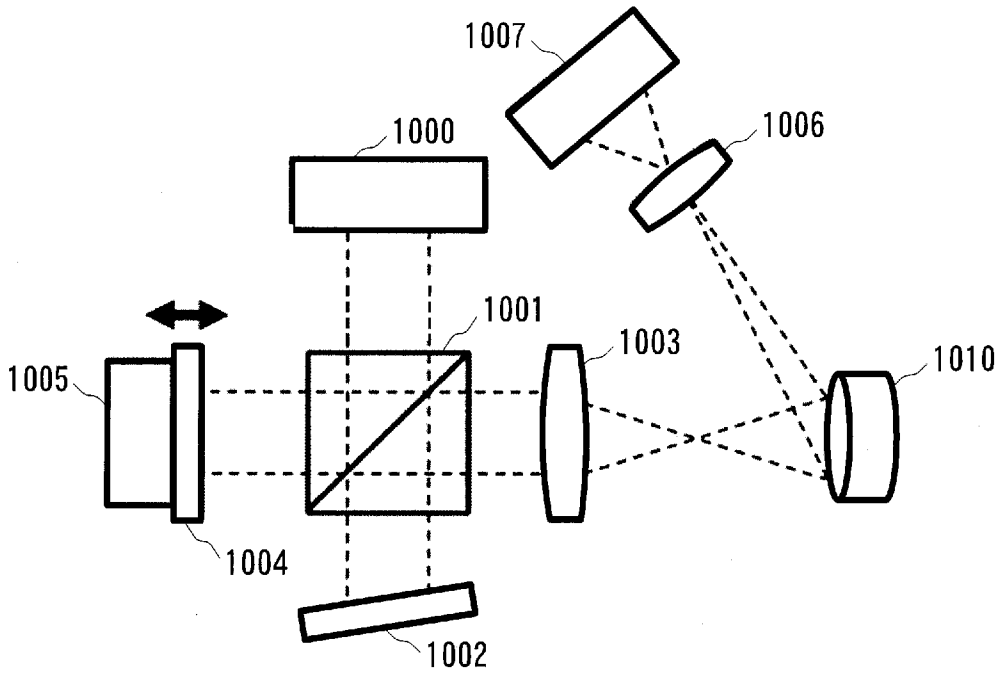
[図26]


START
カメラ起動
S100
レーザ発光
S101
初期位相に設定
S102
撮影
S103
位相設定
S104
撮影
S105
S106
n回実施？
NO
YES
画像データと測定条件情報の送信
S109
画像データと測定条件情報の受信
S110
画像解析
S111
3次元形状データの送信
S112
3次元形状データの受信
S113
3次元表示
S114
END

[図27]



[図28]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/018940

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. G01B11/25(2006.01)i, G02F1/01(2006.01)i
FI: G01B11/25 H, G02F1/01 C

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. G01B11/25, G02F1/01

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 1971-2020
Registered utility model specifications of Japan 1996-2020
Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
Y A	WO 2018/139510 A1 (OLYMPUS CORP.) 02 August 2018, paragraphs [0025]-[0031], [0047]-[0052], fig. 1, paragraphs [0025]-[0031], [0047]-[0052], fig. 1	1-3, 6-8 4-5
Y	JP 2011-106931 A (ROLAND DG CORP.) 02 June 2011, paragraphs [0008], [0038], [0039], [0044], [0050], [0051]	1-3, 6-8
Y	JP 2016-106238 A (PHOTONICS ELECTRONICS TECHNOLOGY RESEARCH ASSOCIATION) 16 June 2016, paragraphs [0038], [0039], fig. 8	3, 8
A	JP 2016-136237 A (CMSITE INC.) 28 July 2016, paragraphs [0035]-[0037], [0046], fig. 1	4-5

☐ 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
19.10.2020	02.11.2020
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
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/018940

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2018/139510 A1	02.08.2018	US 2019/0339549 A1 paragraphs [0034]-[0040], [0056]-[0061], fig. 1 DE 112018000526 T CN 110291449 A	
JP 2011-106931 A	02.06.2011	(Family: none)	
JP 2016-106238 A	16.06.2016	WO 2014/156957 A1	
JP 2016-136237 A	28.07.2016	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/018940

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01B 11/25(2006.01)i; G02F 1/01(2006.01)i
FI: G01B11/25 H; G02F1/01 C

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））

G01B11/25; G02F1/01

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	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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
Y	WO 2018/139510 A1（オリンパス株式会社）02.08.2018（2018-08-02） [0025]-[0031]、[0047]-[0052]、図1	1-3、6-8
A	[0025]-[0031]、[0047]-[0052]、図1	4-5
Y	JP 2011-106931 A（ローランドディー．ジー．株式会社）02.06.2011（2011-06-02） [0008]、[0038]-[0039]、[0044]、[0050]-[0051]	1-3、6-8
Y	JP 2016-106238 A（技術研究組合光電子融合基盤技術研究所）16.06.2016（2016-06-16） [0038]-[0039]、図8	3、8
A	JP 2016-136237 A（株式会社ＣＭサイト）28.07.2016（2016-07-28） [0035]-[0037]、[0046]、図1	4-5

☐ 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
19.10.2020	02.11.2020

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/JP2020/018940

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2018/139510 A1	02.08.2018	US 2019/0339549 A1 [0034]-[0040]、[0056]-[0061]、図1 DE 112018000526 T CN 110291449 A	
JP 2011-106931 A	02.06.2011	（ファミリーなし）	
JP 2016-106238 A	16.06.2016	WO 2014/156957 A1	
JP 2016-136237 A	28.07.2016	（ファミリーなし）	