

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5975562号

(P5975562)

(45) 発行日 平成28年8月23日(2016. 8. 23)

(24) 登録日 平成28年7月29日(2016. 7. 29)

(51) Int. Cl.

F I

A 6 1 B 1/00 (2006. 01)

A 6 1 B 1/00 3 0 0 E

G 0 2 B 3/14 (2006. 01)

G 0 2 B 3/14

G 0 2 B 23/24 (2006. 01)

G 0 2 B 23/24 B

G 0 2 B 7/36 (2006. 01)

G 0 2 B 7/36

G 0 2 B 7/28 (2006. 01)

G 0 2 B 7/28 H

請求項の数 13 (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-47057 (P2012-47057)
 (22) 出願日 平成24年3月2日(2012. 3. 2)
 (65) 公開番号 特開2013-180120 (P2013-180120A)
 (43) 公開日 平成25年9月12日(2013. 9. 12)
 審査請求日 平成27年2月2日(2015. 2. 2)

(出願人による申告) 平成22年度、独立行政法人科学
 技術振興機構「研究成果展開事業 先端計測分析技術・
 機器開発プログラム」、産業技術力強化法第19条の適
 用を受けるもの

(73) 特許権者 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都八王子市石川町2951番地

(73) 特許権者 504137912
 国立大学法人 東京大学
 東京都文京区本郷七丁目3番1号

(74) 代理人 100147485
 弁理士 杉村 憲司

(74) 代理人 100147692
 弁理士 下地 健一

(72) 発明者 下山 勲
 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大
 学法人東京大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置及び撮像装置の作動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対物光学系を経て観察対象の画像を撮像する撮像手段と、

前記対物光学系を経て前記観察対象に測距用の測定光を照射して、前記観察対象の三次元形状を計測する三次元形状計測手段と、を具備する撮像装置であって、

前記三次元形状計測手段は、

前記対物光学系に入射する前記測定光を前記観察対象に対して走査する走査手段と、

前記対物光学系を経て入射する前記観察対象からの前記測定光の反射光を受光する受光手段と、

前記受光手段の受光出力情報に基づいて前記走査手段の制御情報を取得し、該制御情報に基づいて前記対物光学系から前記観察対象までの距離を算出する演算手段と、を備え、

前記走査手段は、

前記測定光の集光位置を光軸方向に走査する可変焦点光学素子を備え、

前記可変焦点光学素子は、透明基板と、該透明基板の表面に形成された第1の透明電極と、該第1の透明電極上から膨出した液体膨出部と、該液体膨出部の液表面に形成された保護膜と、該保護膜の表面に形成された第2の透明電極と、を備え、

前記第1の透明電極と前記第2の透明電極との間に印加される電圧による静電気力により焦点距離が変化する可変焦点液体レンズからなり、

前記演算手段は、前記受光手段の受光出力情報に基づいて前記可変焦点液体レンズの前記第1の透明電極と前記第2の透明電極との間の静電容量変化を算出し、該静電容量変化

10

20

に基づいて当該可変焦点液体レンズの焦点距離変化を前記制御情報として取得する、
ことを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】

前記走査手段は、
前記測定光を前記光軸と直交する平面内で走査する二次元駆動ミラーを備える、ことを
特徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 3】

前記受光手段は、前記反射光の光路中に、前記対物光学系による前記測定光の集光位置
に関し共焦点光学系を構成するピンホールを備える、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に
記載の撮像装置。

10

【請求項 4】

前記演算手段は、前記可変焦点液体レンズに直列接続した参照抵抗の両端の電位差、前
記可変焦点液体レンズを含む交流ブリッジ回路の出力電圧、又は、前記可変焦点液体レン
ズを含む直列共振回路の共振周波数に基づいて、前記静電容量変化を算出する、ことを特
徴とする請求項 1 に記載の撮像装置。

【請求項 5】

前記第 1 の透明電極又は前記第 2 の透明電極は、前記焦点距離を変化させる電圧を印加
する駆動用電極と、前記静電容量変化を検出するための電圧を印加する計測用電極と、を
備える、ことを特徴とする請求項 1 又は 4 に記載の撮像装置。

【請求項 6】

20

前記可変焦点光学素子は、焦点距離の変化に応じて前記第 1 の透明電極と前記第 2 の透
明電極とが平行に対向する面積が変化する、ことを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一
項に記載の撮像装置。

【請求項 7】

前記撮像手段は、前記観察対象の色画像を撮像する第 1 の撮像素子と、前記観察対象の
蛍光画像を撮像する第 2 の撮像素子と、前記対物光学系を経た前記観察対象からの光束を
前記第 1 の撮像素子及び前記第 2 の撮像素子に分岐する分岐光学系と、を備える、ことを
特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の撮像装置。

【請求項 8】

前記測定光は近赤外光である、ことを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の
撮像装置。

30

【請求項 9】

前記対物光学系は、内視鏡の挿入部に配置されている、
ことを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の撮像装置。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の撮像装置の作動方法であって、
前記撮像手段により、前記対物光学系を経て観察対象の画像を撮像しながら、前記三次
元形状計測手段により、前記対物光学系を経て前記観察対象に測距用の測定光を、光軸方
向及び光軸と直交する方向の三次元方向に集光位置を走査しながら照射して、前記観察対
象の三次元形状を計測する、
ことを特徴とする撮像装置の作動方法。

40

【請求項 11】

前記観察対象の画像として、色画像と蛍光画像とを同時に撮像する、ことを特徴とする
請求項 10 に記載の撮像装置の作動方法。

【請求項 12】

前記色画像及び / 又は前記蛍光画像と、前記三次元形状の画像とを重畳して表示部に表
示する、ことを特徴とする請求項 11 に記載の撮像装置の作動方法。

【請求項 13】

前記測定光の集光位置を前記可変焦点液体レンズにより前記光軸方向に走査し、前記可
変焦点液体レンズの静電容量変化を算出して前記三次元形状の距離情報を取得する、こと

50

を特徴とする請求項 10 ~ 12 のいずれか一項に記載の撮像装置の作動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像装置及び撮像装置の作動方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、内視鏡を用いて観察対象を直接観察し、治療用レーザーを用いて病変部を焼灼する内視鏡レーザー治療が行われている。この治療方法は、大規模な切開を必要としない低侵襲な治療法であり、脳内での癌治療や胎内での胎児治療等、重要器官での治療方法としても有効であると考えられている。このような重要器官の治療においては、周囲の健全な組織を傷つけることなく病変部のみを焼灼して治療することが望まれる。そのためには、内視鏡先端部から観察対象までの距離を測定して、観察対象の三次元形状を高精度に捉え、治療用レーザーを病変部に正確に集光させることが重要となる。

10

【0003】

しかし、従来の内視鏡レーザー治療においては、病変部までの距離を計測しておらず、治療用レーザーを施術者の経験に基づいて操作するようにしている。そのため、治療用レーザーが病変部に正しく集光されず、病変部と周辺の組織とが同時に焼灼される場合がある。

【0004】

一方、内視鏡における三次元形状計測方法として、例えば、レーザー発光素子からのレーザー光を内視鏡先端部から走査手段及び投影レンズを経て観察対象に照射し、各走査位置におけるレーザースポットからの反射光を撮影レンズを経て位置検出素子で受光して、三角測量法の原理により観察対象までの距離を測定する方法が知られている（例えば、特許文献1参照）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特許第4552011号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0006】

しかしながら、上述した特許文献1に開示の内視鏡においては、観察対象の三次元形状を計測するための測距光学系と可視光画像を取得するための観察光学系とが、光軸を異ならせて独立して配置されることになる。そのため、例えば、計測された三次元形状情報と可視光画像とを重畳して三次元形状画像を生成する場合に、可視光画像と三次元形状情報との位置合わせが困難になる。しかも、投影レンズの焦点位置が固定となっているため、観察対象を走査する際に、観察対象の位置によって照射されるレーザースポットのピントがずれる。その結果、三次元形状を高精度で計測することが困難となる。このような問題は、内視鏡に限らず、観察対象を撮像するとともに、観察対象の三次元形状を計測して、観察対象の三次元形状画像を生成する他の撮像装置においても同様に生じるものである。また、特に、内視鏡の場合は、測距光学系と撮影光学系とが光軸を異ならせて独立して配置されていると、内視鏡挿入部に配置される部品点数が多くなって、挿入部の大径化を招くことになる。

40

【0007】

したがって、かかる観点に鑑みてなされた本発明の目的は、観察対象を撮像するとともに、観察対象の三次元形状を高精度で計測できる撮像装置及び撮像装置の作動方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成する本発明に係る撮像装置は、対物光学系を経て観察対象の画像を撮像

50

する撮像手段と、

前記対物光学系を経て前記観察対象に測距用の測定光を照射して、前記観察対象の三次元形状を計測する三次元形状計測手段と、を具備する撮像装置であって、

前記三次元形状計測手段は、

前記対物光学系に入射する前記測定光を前記観察対象に対して走査する走査手段と、

前記対物光学系を経て入射する前記観察対象からの前記測定光の反射光を受光する受光手段と、

前記受光手段の受光出力情報に基づいて前記走査手段の制御情報を取得し、該制御情報に基づいて前記対物光学系から前記観察対象までの距離を算出する演算手段と、を備え、

前記走査手段は、

前記測定光の集光位置を光軸方向に走査する可変焦点光学素子を備え、

前記可変焦点光学素子は、透明基板と、該透明基板の表面に形成された第1の透明電極と、該第1の透明電極上から膨出した液体膨出部と、該液体膨出部の液表面に形成された保護膜と、該保護膜の表面に形成された第2の透明電極と、を備え、

前記第1の透明電極と前記第2の透明電極との間に印加される電圧による静電気力により焦点距離が変化する可変焦点液体レンズからなり、

前記演算手段は、前記受光手段の受光出力情報に基づいて前記可変焦点液体レンズの前記第1の透明電極と前記第2の透明電極との間の静電容量変化を算出し、該静電容量変化に基づいて当該可変焦点液体レンズの焦点距離変化を前記制御情報として取得する、ことを特徴とするものである。

【0010】

前記走査手段は、

前記測定光を前記光軸と直交する平面内で走査する二次元駆動ミラーを備える、ことを特徴とするものである。

【0011】

前記受光手段は、前記反射光の光路中に、前記対物光学系による前記測定光の集光位置に関し共焦点光学系を構成するピンホールを備える、ことを特徴とするものである。

【0014】

前記演算手段は、前記可変焦点液体レンズに直列接続した参照抵抗の両端の電位差、前記可変焦点液体レンズを含む交流ブリッジ回路の出力電圧、又は、前記可変焦点液体レンズを含む直列共振回路の共振周波数に基づいて、前記静電容量変化を算出する、ことを特徴とするものである。

【0015】

前記第1の透明電極又は前記第2の透明電極は、前記焦点距離を変化させる電圧を印加する駆動用電極と、前記静電容量変化を検出するための電圧を印加する計測用電極と、を備える、ことを特徴とするものである。

【0016】

前記可変焦点光学素子は、焦点距離の変化に応じて前記第1の透明電極と前記第2の透明電極とが平行に対向する面積が変化する、ことを特徴とするものである。

【0017】

前記撮像手段は、前記観察対象の色画像を撮像する第1の撮像素子と、前記観察対象の蛍光画像を撮像する第2の撮像素子と、前記対物光学系を経た前記観察対象からの光束を前記第1の撮像素子及び前記第2の撮像素子に分岐する分岐光学系と、を備える、ことを特徴とするものである。

【0018】

前記測定光は近赤外光である、ことを特徴とするものである。

【0019】

前記対物光学系は、内視鏡の挿入部に配置されている、
ことを特徴とするものである。

【0020】

10

20

30

40

50

更に、上記目的を達成する本発明に係る撮像装置の作動方法は、

上記のいずれかの撮像装置の作動方法であって、

前記撮像手段により、前記対物光学系を経て観察対象の画像を撮像しながら、前記三次元形状計測手段により、前記対物光学系を経て前記観察対象に測距用の測定光を、光軸方向及び光軸と直交する方向の三次元方向に集光位置を走査しながら照射して、前記観察対象の三次元形状を計測する、

ことを特徴とするものである。

【0021】

前記観察対象の画像として、色画像と蛍光画像とを同時に撮像する、ことを特徴とするものである。

10

【0022】

前記色画像及び／又は前記蛍光画像と、前記三次元形状の画像とを重畳して表示部に表示する、ことを特徴とするものである。

【0023】

前記測定光の集光位置を可変焦点液体レンズにより前記光軸方向に走査し、前記可変焦点液体レンズの静電容量変化を算出して前記三次元形状の距離情報を取得する、ことを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、観察対象を撮像するとともに、観察対象の三次元形状を高精度で計測することが可能となる。

20

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】第1実施の形態に係る内視鏡の要部の概略構成を示す図である。

【図2】図1の可変焦点液体レンズの概略構成を示す断面図である。

【図3】図2の可変焦点液体レンズの製造方法の一例を示す工程図である。

【図4】図2の可変焦点液体レンズの焦点距離を計測するのに使用した共焦点距離測定装置の概略構成を示す図である。

【図5】図2の可変焦点液体レンズの駆動電圧と焦点距離との関係を示す図である。

【図6】図2の可変焦点液体レンズの静電容量を測定するRC回路による静電容量測定回路の一例の概略構成図である。

30

【図7】図2の可変焦点液体レンズの初期状態からの静電容量変化と焦点距離との関係を示す図である。

【図8】図2の可変焦点液体レンズの静電容量変化と受光素子の出力変化との関係を示す図である。

【図9】図2の可変焦点液体レンズの計測焦点距離と物体距離との関係を示す図である。

【図10】図2の可変焦点液体レンズの静電容量を測定する交流ブリッジ回路による静電容量測定回路の一例の概略構成図である。

【図11】図2の可変焦点液体レンズの静電容量を測定するLCR直列共振回路による静電容量測定回路の一例の概略構成図である。

40

【図12】図1の内視鏡による撮像画像及び三次元形状情報の重畳方法の一例を示すフローチャートである。

【図13】第2実施の形態に係る内視鏡の要部の概略構成を示す図である。

【図14】図13の内視鏡を用いて得られる観察対象の画像の写真である。

【図15】図2の可変焦点液体レンズの変形例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明の実施の形態について、図を参照して説明する。なお、以下の実施の形態では、内視鏡に適用した場合を例にとって説明するが、本発明は内視鏡に限定されるものではない。

50

【 0 0 2 7 】

(第1実施の形態)

図1は、本発明の第1実施の形態に係る内視鏡の要部の概略構成を示す図である。この内視鏡10は硬性鏡で、撮像手段100及び三次元形状計測手段200を備える。撮像手段100は、内視鏡10の挿入部20に配置された対物光学系101及びリレー光学系102と、把持部30に配置されたCCD(Charge Coupled Device)等の撮像素子103とを有している。そして、撮像手段100は、照明装置50からの照明光に基づく観察対象Sの画像を対物光学系101により形成し、その画像をリレー光学系102を経て撮像素子103に結像させる。

【 0 0 2 8 】

10

なお、図1では、照明装置50が内視鏡10と別体に設けられている場合を例示しているが、照明装置50は内視鏡10に内蔵される場合もある。また、撮像素子103により撮像される観察対象Sの画像には、例えば可視光像や蛍光像がある。可視光像の場合、観察対象Sには、照明装置50から例えば白色光の照明光が照射される。また、蛍光像の場合、観察対象Sには、照明装置50から観察対象Sが染色されている蛍光色素に応じた所定波長の励起光が照射される。

【 0 0 2 9 】

三次元形状計測手段200は、撮像手段100の対物光学系101及びリレー光学系102を共用する。また、三次元形状計測手段200は、内視鏡10の把持部30に設けられた、所定波長の測距用の測定光を射出するレーザ発光素子201、ピンホール202、偏光ビームスプリッタ203、コリメータレンズ204、1/4波長板205、可変焦点液体レンズ206、二軸駆動ミラー207、バンドパスフィルタ208、ハーフミラー209、ピンホール210、及び受光素子211と、把持部30の外部に設けられた演算制御部212とを有する。なお、演算制御部212は、一部又は全部が把持部30に内蔵されてもよい。

20

【 0 0 3 0 】

そして、三次元形状計測手段200は、レーザ発光素子201から射出される所定波長の測距レーザ(測定光)を、ピンホール202により点光源として、偏光ビームスプリッタ203を透過させてコリメータレンズ204で平行光束に変換した後、1/4波長板205により円偏光に変換する。なお、測定光としては、生体での吸収率が小さい生体の窓と呼ばれる波長帯域から所定の波長の光、例えば波長780nmの近赤外光が使用される。その後、三次元形状計測手段200は、測定光を、可変焦点液体レンズ206、二次元駆動ミラーを構成する二軸駆動ミラー207及びバンドパスフィルタ208を経てハーフミラー209に入射させ、該ハーフミラー209で反射される測定光を、リレー光学系102及び対物光学系101を経て観察対象Sに照射する。

30

【 0 0 3 1 】

ここで、可変焦点液体レンズ206及び二軸駆動ミラー207は、観察対象Sに対して測定光を走査する走査手段を構成し、演算制御部212により駆動制御される。つまり、可変焦点液体レンズ206は、可変焦点光学素子を構成し、焦点距離を可変することにより、対物光学系101による測定光の集光位置を光軸方向に走査する。この可変焦点液体レンズ206における焦点距離変化情報及び二軸駆動ミラー207の角度情報は、演算制御部212において走査手段の制御情報として取得される。

40

【 0 0 3 2 】

また、二軸駆動ミラー207は、二次元駆動ミラーを構成し、例えば、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)により形成されて、対物光学系101による測定光の集光位置を光軸と直交する平面内で走査する。なお、二軸駆動ミラー207は、走査方向が直交する二つの駆動ミラーで構成されてもよい。ハーフミラー209は、撮像手段100の撮像光路中に配置されている。

【 0 0 3 3 】

さらに、三次元形状計測手段200は、観察対象Sからの測定光の反射光を、測定光の

50

往路とは逆の経路を辿って、対物光学系 101、リレー光学系 102、ハーフミラー 209、バンドパスフィルタ 208、二軸駆動ミラー 207、可変焦点液体レンズ 206 を経て 1/4 波長板 205 を透過させる。これにより、反射光の偏光方向を、往路の測定光とは直交する方向の直線偏光に変換する。なお、バンドパスフィルタ 208 は、測定光の波長の光を透過し、可視光を遮光する特性を有する。

【0034】

その後、三次元形状計測手段 200 は、1/4 波長板 205 を透過した反射光を、コリメータレンズ 204 を経て偏光ビームスプリッタ 203 で反射させて、ピンホール 210 を経て受光素子 211 で受光する。この受光素子 211 の出力（受光出力情報）は、演算制御部 212 に供給される。ここで、ピンホール 210 及び受光素子 211 は、受光手段

10

【0035】

演算制御部 212 は、演算手段を構成するもので、可変焦点液体レンズ 206 の焦点距離を変化させながら、各焦点位置において二軸駆動ミラー 207 により測定光を平面内で走査する。そして、各走査点において得られる受光素子 211 の出力に基づいて、対物光学系 101 から観察対象 S までの距離を算出する。すなわち、各走査点において、受光素子 211 の出力がピークとなる可変焦点液体レンズ 206 の焦点距離変化を計測する。そして、計測した可変焦点液体レンズ 206 の焦点距離変化及び二軸駆動ミラー 207 の角度情報に基づいて、つまり走査手段の制御情報に基づいて対物光学系 101 から観察対象 S までの距離を算出する。なお、可変焦点液体レンズ 206 の焦点距離の変化と、対物光学系 101 から観察対象 S までの距離との関係は、演算制御部 212 のメモリ 213 にあらかじめ格納される。演算制御部 212 で算出された各走査点における距離情報は、距離に対応する輝度情報とともに、三次元形状情報として出力される。

20

【0036】

なお、対物光学系 101 による画像は、ハーフミラー 209 を透過して撮像素子 103 により撮像される。また、ハーフミラー 209 と撮像素子 103 との間の光路中には、ハーフミラー 209 を透過する測定光の反射光を遮光し、対物光学系 101 による画像光を透過するフィルタ 104 が配置されている。フィルタ 104 は、ハーフミラー 209 に代えて、測定光の波長の光を反射させ、対物光学系 101 による画像光を透過する特性を有するミラーを用いることにより、省略することが可能である。

30

【0037】

図 2 は、図 1 の可変焦点液体レンズ 206 の概略構成を示す断面図である。この可変焦点液体レンズ 206 は、透明基板 300、第 1 の透明電極 301、絶縁部材 302、液体膨出部 303、保護膜 304、第 2 の透明電極 305 を備える。第 1 の透明電極 301 は、透明基板 300 の表面に形成されている。絶縁部材 302 は、第 1 の透明電極 301 上に形成されている。液体膨出部 303 は、絶縁部材 302 が円形に除去されたレンズ部 306 において第 1 の透明電極 301 上から膨出して形成されている。保護膜 304 は、絶縁膜からなり、液体膨出部 303 の液表面に形成されている。第 2 の透明電極 305 は、保護膜 304 の表面に形成されている。

40

【0038】

図 3 (a) ~ (d) は、図 2 の可変焦点液体レンズ 206 の製造方法の一例を示す工程図である。なお、各図には、斜視図と矩形の透明基板 300 の対角線に沿う断面図とを示している。まず、図 3 (a) に示すように、透明基板 300 として例えば厚さ 700 μm のガラス基板 (SiO_2) を用い、該透明基板 300 上に、例えば厚さ 170 nm の ITO からなる第 1 の透明電極 301、及び、例えば厚さ 600 nm の疎水性のアモルファスフッ素樹脂（例えば、CYTOP（登録商標））からなる絶縁部材 302 を順次積層する。第 1 の透明電極 301 及び絶縁部材 302 は、例えばスピコートを使用し、その後、オーブンで加熱して溶媒を飛ばすことにより成膜する。

【0039】

50

次に、アルミニウムマスクを使用し、 O_2 プラズマを利用して、図 3 (b) に示すように、絶縁部材 3 0 2 をパターニングする。これにより、例えば直径 1 0 m m の円形のレンズ部 3 0 6 と、第 1 の透明電極 3 0 1 の接続部 3 1 1 と、第 2 の透明電極 3 0 5 の接続部領域 3 1 2 とを形成する。

【 0 0 4 0 】

次に、図 3 (c) に示すように、第 1 の透明電極 3 0 1 を、例えばウェットエッチングによりパターニングして、接続部領域 3 1 2 の第 1 の透明電極 3 0 1 を除去する。その後、アルミニウムマスクを取り除いて、レンズ部 3 0 6 の第 1 の透明電極 3 0 1 上に、例えばシリコンオイル（例えば、信越化学工業（株）製の H I V A C - F - 5 （製品名））を例えば 6 μ l 塗布して液体膨出部 3 0 3 を形成する。

10

【 0 0 4 1 】

次に、図 3 (d) に示すように、接続部領域 3 1 2 の透明基板 3 0 0、絶縁部材 3 0 2 及び液体膨出部 3 0 3 の液表面に亘って、例えば厚さ 1 μ m のパリレン C からなる保護層 3 0 4、及び、例えば厚さ 8 n m の A u からなる第 2 の透明電極 3 0 5 を順次積層する。なお、可変焦点液体レンズ 2 0 6 は、図 2 に拡大して示すように、レンズ部 3 0 6 の周縁において、第 2 の透明電極 3 0 5 が第 1 の透明電極 3 0 1 と保護層 3 0 4 を介して平行に対向する。そして、液体膨出部 3 0 3 の変形すなわち焦点距離の変化に応じて、第 1 の透明電極 3 0 1 と平行に対向する第 2 の透明電極 3 0 5 の面積が変化する。

【 0 0 4 2 】

図 2 に示した可変焦点液体レンズ 2 0 6 は、第 2 の透明電極 3 0 5 を G N D とし、第 1 の透明電極 3 0 1 に駆動電圧 V_{in} が印加されると、両電極間に作用する静電気力によって液体膨出部 3 0 3 がより突出して、焦点距離が短くなる。本発明者らは、図 2 の可変焦点液体レンズ 2 0 6 について、第 1 の透明電極 3 0 1 と第 2 の透明電極 3 0 5 との間に印加する駆動電圧と、可変焦点液体レンズ 2 0 6 の焦点距離との関係について実験を行った。

20

【 0 0 4 3 】

図 4 は、この場合の実験に使用した共焦点距離測定装置の概略構成を示す図である。この共焦点距離測定装置は、図 1 に示した三次元形状計測手段 2 0 0 の構成において、二軸駆動ミラー 2 0 7 から対物光学系 1 0 1 までの光学系を省略して、可変焦点液体レンズ 2 0 6 により測定光をアルミニウムミラーからなる測距用物体 O b に直接照射するものである。したがって、図 4 において、図 1 に示した構成部材と同一構成部材には同一の参照符号を付して説明を省略する。ここで、ピンホール 2 1 0 は、可変焦点液体レンズ 2 0 6 による測定光の集光点に関し共焦点光学系を構成している。

30

【 0 0 4 4 】

実験では、駆動電圧を 0 V から 1 5 0 V まで上昇させ、その後、0 V まで戻す 1 サイクルにおいて、所定の駆動電圧毎に、測距用物体 O b を可変焦点液体レンズ 2 0 6 の光軸方向に移動させる。そして、受光素子 2 1 1 の出力がピークとなる測距用物体 O b と、可変焦点液体レンズ 2 0 6 との間の距離を、可変焦点液体レンズ 2 0 6 の焦点距離として計測する。

【 0 0 4 5 】

40

図 5 は、この場合の実験結果を示すものである。図 5 に示すように、図 2 の可変焦点液体レンズ 2 0 6 の場合、駆動電圧を、0 V から 1 5 0 V まで上昇させ、その後、0 V まで戻すと、可変焦点液体レンズ 2 0 6 の焦点距離は、1 5 4 m m ~ 8 2 m m まで変化することが確認できた。したがって、演算制御部 2 1 2 に予め駆動電圧に対する可変焦点液体レンズ 2 0 6 の焦点距離を記憶しておくことにより、受光素子 2 1 1 の出力がピークとなる駆動電圧から距離情報を得ることができる。

【 0 0 4 6 】

しかしながら、図 5 から明らかなように、駆動電圧の上昇時と下降時とでは、焦点距離の変化にヒステリシスがある。そのため、駆動電圧に対する可変焦点液体レンズ 2 0 6 の焦点距離を一義的に設定すると、設定値と実際の焦点距離との間に誤差が生じることにな

50

る。その結果、図 1 に示した内視鏡においては、対物光学系 1 0 1 と測定対象 S との間の距離の計測誤差が大きくなる。

【 0 0 4 7 】

そこで、本実施の形態に係る内視鏡においては、可変焦点液体レンズ 2 0 6 が、図 2 に部分拡大図で示したように、液体膨出部 3 0 3 が変形すると、第 1 の透明電極 3 0 1 と保護層 3 0 4 を介して平行に対向するレンズ部 3 0 6 の周囲の第 2 の透明電極 3 0 5 の面積が変化して静電容量が変化することに着目する。そして、その静電容量変化から可変焦点液体レンズ 2 0 6 の焦点距離変化（制御情報）を取得する。

【 0 0 4 8 】

ここで、図 2 において、真空の誘電率を ε_0 、保護層 3 0 4（パリレン C）の比誘電率を $\varepsilon_{\text{parylene}}$ 、保護層 3 0 4（パリレン C）の厚さを t_{parylene} 、レンズ部 3 0 6 の周囲において第 1 の透明電極 3 0 1 と保護層 3 0 4 を介して平行に対向する第 2 の透明電極 3 0 5 の面積変化を ΔS とすると、 ΔS による静電容量変化 ΔC_{lens} は、下記の（1）で表される。なお、面積変化 ΔS は、可変焦点液体レンズ 2 0 6 に駆動電圧が印加されていない初期状態からの変化を示す。

【 0 0 4 9 】

【数 1】

$$\Delta C_{\text{lens}} = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{\text{parylene}}}{t_{\text{parylene}}} \Delta S \quad \cdots (1)$$

【 0 0 5 0 】

本実施の形態においては、可変焦点液体レンズ 2 0 6 の静電容量 C_{lens} を、例えば、下記の 3 つの方法のいずれかによって測定する。

i) 可変焦点液体レンズ 2 0 6 と直列に抵抗（R）を接続して RC 回路を構成し、抵抗の両端の電位差から静電容量 C_{lens} を算出する。

ii) 可変焦点液体レンズ 2 0 6 を含む交流ブリッジ回路を構成して、静電容量 C_{lens} を算出する。

iii) 可変焦点液体レンズ 2 0 6 と直列に抵抗（R）及びコイル（L）を接続して LC R 直列共振回路を構成し、その共振周波数から静電容量 C_{lens} を算出する。

【 0 0 5 1 】

以下、静電容量 C_{lens} の各測定方法について説明する。

【 0 0 5 2 】

図 6 は、RC 回路による静電容量測定回路の一例の概略構成図である。この静電容量測定回路は、可変焦点液体レンズ 2 0 6 と直列に接続した参照抵抗 R_{ref} と、可変焦点液体レンズ 2 0 6 及び参照抵抗 R_{ref} の直列回路に駆動電圧 V_{act} 及び計測電圧 V_{meas} を重畳して印加する電源回路 4 0 0 と、参照抵抗 R_{ref} の両端の電位差（出力電圧）を検出する電圧検出部 4 0 1 とを有する。

【 0 0 5 3 】

参照抵抗 R_{ref} は、例えば 1 0 0 k Ω とする。駆動電圧 V_{act} は、例えば 0 V から 1 5 0 V まで上昇し、その後、0 V まで下降する電圧とする。計測電圧 V_{meas} は、例えば 3 V pp、5 0 0 H z の電圧とする。電圧検出部 4 0 1 は、例えばロックインアンプを持って構成され、参照抵抗 R_{ref} に生じる計測電圧 V_{meas} による出力電圧 $V_{R_{\text{ref}}}$ を検出する。

【 0 0 5 4 】

図 6 の場合、可変焦点液体レンズ 2 0 6 の静電容量 C_{lens} は、計測電圧 V_{meas} の角周波数を ω_{meas} とすると、下記の（2）式で表される。

【 0 0 5 5 】

10

20

30

40

【数 2】

$$C_{lens} = \sqrt{\frac{V_{Ref}^2}{(V_{meas}^2 - V_{Ref}^2) \cdot R_{ref}^2 \cdot \omega_{meas}}} \quad \dots (2)$$

【0056】

図7は、この場合の可変焦点液体レンズ206の初期状態からの静電容量変化 ΔC_{lens} [pF]と、焦点距離 F_{lens} [mm]との関係を示す図である。なお、図7の焦点距離 F_{lens} [mm]は、図4に示した共焦点距離測定装置を用いて計測したものである。図7から可変焦点液体レンズ206の静電容量変化 ΔC_{lens} と焦点距離 F_{lens} の間には、駆動電圧 V_{act} の上昇時及び下降時に関わらず、ヒステリシスのない線形な下記の(3)式の関係が存在することがわかる。これにより、可変焦点液体レンズ206の焦点距離 F_{lens} を、静電容量変化 ΔC_{lens} から計測することができる。この場合の R^2 値(決定係数)は、0.99である。

$$F_{lens} = -1.56 \Delta C_{lens} + 151.69 \quad \dots (3)$$

【0057】

図8は、可変焦点液体レンズ206を連続駆動した場合に計測される静電容量変化 ΔC_{lens} [pF]と、受光素子211の出力(反射光強度) [V]との関係を示す図で、図4の共焦点距離測定装置と図6の静電容量測定回路とを組み合わせ計測したものである。ここでは、測距用物体Obを可変焦点液体レンズ206から114mm離れて配置して、可変焦点液体レンズ206を、 ± 150 V、0.1 Hzの駆動電圧 V_{act} で連続駆動した。図8から、測距用物体Obまでの距離が一定の場合、反射光強度がピークとなる時点の静電容量変化もほぼ一定であることが分かる。

【0058】

図9は、可変焦点液体レンズ206の測距用物体Obまでの計測距離(計測焦点距離)と、物体位置(実測焦点距離)との関係を示す図で、同様に、図4の共焦点距離測定装置と図6の静電容量測定回路とを組み合わせ計測したものである。ここでは、測距用物体Obを可変焦点液体レンズ206から94~140mmの位置に配置し、各物体までの距離を8回ずつ計測した際の距離計測結果を示している。可変焦点液体レンズ206の計測距離は、受光素子211の出力がピークとなる時点の静電容量変化に基づいて上記(3)式により算出した。

【0059】

図9から明らかなように、図4に示した共焦点距離測定装置により、可変焦点液体レンズ206の静電容量変化から焦点距離を算出すれば、平均標準偏差0.7mm、平均誤差6.8%、にて焦点距離を計測することが可能であることがわかる。

【0060】

なお、図6において、電源回路400から可変焦点液体レンズ206に印加する駆動電圧 V_{act} 及び計測電圧 V_{meas} は、上記の例に限らず、必要な焦点距離変化量や変化速度に起因して設定される。例えば、駆動電圧 V_{act} は、ピーク値が200V以下、周波数が10Hz以下の電圧が使用される。また、計測電圧 V_{meas} は、例えば、ピーク値が3V以下、周波数が駆動電圧 V_{act} よりも高周波数で1kHz以上の電圧が使用される。

【0061】

図10は、交流ブリッジ回路による静電容量測定回路の一例の概略構成図である。この静電容量測定回路は、ブリッジ回路の第1辺に接続された可変焦点液体レンズ206及び可変抵抗 R_4 の直列回路と、第1辺と対向する第2辺に接続された既知抵抗 R_1 と、第1辺及び第2辺のそれぞれの一端を接続する第3辺に接続された既知容量 C_1 及び既知抵抗 R_3 の直列回路と、第1辺及び第2辺のそれぞれの他端を接続する第4辺に接続された可変抵抗 R_2 とを有する。

【0062】

第1辺及び第3辺の接続点 P_1 と、第2辺及び第4辺の接続点 P_2 の間には、電源回

10

20

30

40

50

路 4 1 0 が接続されて、高電圧・低周波数（ピーク値 2 0 0 V 程度、周波数 1 0 H z 程度）の駆動電圧 V_{act} 及び低電圧・高周波数（ピーク値 2 V 程度、周波数 1 0 k H z 程度）の計測電圧 V_{meas} が重畳して印加される。また、第 2 辺及び第 3 辺の接続点 P_3 と、第 1 辺及び第 4 辺の接続点 P_4 との間には、ハイパスフィルタ（H P F）4 1 1 を介して電圧計測部 4 1 2 が接続される。

【 0 0 6 3 】

図 1 0 のブリッジ回路では、下記の（ 4 ）式及び（ 5 ）式を満たすために、計測電圧 V_{meas} のみを印加した状態で、まず、可変抵抗 R_4 を調整して、位相差をゼロとする。次に、可変抵抗 R_2 を調整して、電圧計測部 4 1 2 で計測される電圧をゼロとする。

$$C_{lens} = R_1 C_1 / R_2 \quad \cdots (4)$$

$$R_4 = R_2 R_3 / R_1 \quad \cdots (5)$$

【 0 0 6 4 】

その後、ブリッジ回路に駆動電圧 V_{act} 及び計測電圧 V_{meas} を重畳して印加する。これにより、可変焦点液体レンズ 2 0 6 の静電容量 C_{lens} が変化して、ブリッジ回路の平衡状態が崩れ、接続点 P_3 と接続点 P_4 との間に電位差（電圧）が生じる。その電圧のうち、計測電圧成分のみを、H P F 4 1 1 を経て電圧計測部 4 1 2 で検出する。

【 0 0 6 5 】

図 1 0 の交流ブリッジ回路による静電容量測定方法によると、可変焦点液体レンズ 2 0 6 の静電容量変化によって生じる電圧の変化量を増幅することができるので、図 6 の R C 回路による静電容量測定方法と比較して、より微小な静電容量変化を計測することが可能となる。したがって、可変焦点液体レンズ 2 0 6 の静電容量変化 ΔC_{lens} と焦点距離 F_{lens} との関係式を、上記（ 3 ）式よりも高精度で求めることができるので、これにより静電容量変化から焦点距離をより高精度で算出することができる。

【 0 0 6 6 】

なお、可変焦点液体レンズ 2 0 6 は、初期状態の静電容量が、0 . 1 n F 程度であるので、図 1 0 の R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 C_1 は、それぞれ、 $R_1 = 5 \text{ k } \Omega$ 、 $R_2 = 0 \sim 10 \text{ k } \Omega$ 、 $R_3 = 0 \sim 10 \text{ k } \Omega$ 、 $R_4 = 5 \text{ k } \Omega$ 、 $C_1 = 0 . 1 \text{ n F}$ 、とすることができる。また、H P F 4 1 1 は、図 1 0 に部分拡大図を示すように、例えば、 $C_2 = 0 . 1 \mu \text{ F}$ 、 $R_5 = 13 \text{ k } \Omega$ の C R 回路で構成することができる。

【 0 0 6 7 】

図 1 1 は、L C R 直列共振回路による静電容量測定回路の一例の概略構成図である。この静電容量測定回路は、可変焦点液体レンズ 2 0 6 と直列に接続されたコイル L 及び参照抵抗 R を有する。この L C R 直列回路には、電源回路 4 2 0 が接続されて、駆動電圧 V_{act} 及び計測電圧 V_{meas} が重畳して印加される。駆動電圧 V_{act} は、高電圧・低周波数で、例えば、ピーク値 2 0 0 V 程度、周波数 1 0 H z 程度である。また、計測電圧 V_{meas} は、低電圧・高周波数で、例えば、ピーク値が 2 V 程度、周波数が 1 0 M H z 前後でスイープする電圧である。そして、参照抵抗 R の両端の計測電圧成分の電位差（出力電圧）が、H P F 4 2 1 を介して電圧検出部 4 2 2 により検出される。

【 0 0 6 8 】

図 1 1 の L C R 直列共振回路のインピーダンス Z_{LCR} 及び共振周波数 F は、下記の（ 6 ）式及び（ 7 ）式で与えられる。

【 0 0 6 9 】

【数 3】

$$Z_{LCR} = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} \quad \cdots (6)$$

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \cdots (7)$$

【 0 0 7 0 】

インピーダンス Z_{LCR} は、共振周波数 F のとき最小値となる。そのときの参照抵抗 R による電位差 V_R は、下記の (8) 式で与えられる。なお、(8) 式において、 I_{AC} は、計測電圧によって参照抵抗 R を流れる電流を示している。また、 V_{AC} は、計測電圧によって生じる参照抵抗 R の電圧降下を示している。

【0071】

【数4】

$$V_R = I_{AC} \cdot R = \frac{V_{AC} \cdot R}{Z_{LCR}} = \frac{V_{AC} \cdot R}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} \cong V_{AC} \cdot \frac{R}{R} = V_{AC} \quad \dots (8)$$

10

【0072】

したがって、計測電圧 V_{meas} の周波数を 10 MHz 前後でスイープしたときの参照抵抗 R の両端の電位差を電圧検出部 422 で計測し、電位差が最大となる周波数を求めることにより、上記 (7) 式の関係を用いて、可変焦点液体レンズ 206 の静電容量 C を計測することができる。これにより、例えば上記 (3) 式のような静電容量変化と焦点距離との関係式に従って、可変焦点液体レンズ 206 の焦点距離を算出することができる。なお、可変焦点液体レンズ 206 は、初期状態の静電容量が、0.1 nF 程度であるので、図 1 のコイル L 及び参照抵抗 R は、それぞれ $L = 2.5 \mu H$ 、 $R = 1 k \Omega$ とすることができる。

【0073】

20

なお、上述した静電容量測定回路は、可変焦点液体レンズ 206 を除いて、一部又は全部が、図 1 の演算制御部 212 に内蔵される。また、上記 (3) 式のような、可変焦点液体レンズ 206 の焦点距離 F_{lens} と、静電容量変化 ΔC_{lens} との関係は、演算制御部 212 のメモリ 213 にあらかじめ格納される。

【0074】

図 12 は、図 1 の内視鏡 10 による撮像画像及び三次元形状情報の重畳方法の一例を示すフローチャートである。まず、ステップ S1201 において、照明装置 50 により観察対象 S を照明して、観察対象 S の連続的撮像を開始するとともに、レーザ発光素子 201 を駆動して観察対象 S に対して測定光の照射を開始する。その後、ステップ S1202 において、観察対象 S に対して内視鏡 10 の位置を調整して対物光学系 101 の焦点合わせを行う。

30

【0075】

次に、ステップ S1203 において、演算制御部 212 により、可変焦点液体レンズ 206 を駆動して、受光素子 211 で受光される測定光の反射光を計測する。その際の測定点は、例えば、撮像素子 103 による撮像画像の中心位置とする。そして、ステップ S1204 において、演算制御部 212 により、受光素子 211 の出力にピークが有るか否か、つまり反射光のピークが有るか否かを判定する。その結果、出力のピークが無いと判定された場合 (No の場合) は、計測レンジ外としてステップ S1202 に戻って、内視鏡 10 の位置を再調整する。

【0076】

40

これに対し、ステップ S1204 において、受光素子 211 の出力にピークがあると判定された場合 (Yes の場合) は、ステップ S1205 において、演算制御部 212 により、観察画面内の各走査点、例えば 8×8 の各走査点について、対物光学系 101 から観察対象 S までの距離を計測する。つまり、ステップ S1205 において、走査点毎に可変焦点液体レンズ 206 を駆動して、受光素子 211 のピーク出力における可変焦点液体レンズ 206 の静電容量変化を算出し、その静電容量変化から可変焦点液体レンズ 206 の焦点距離を算出する。そして、算出した可変焦点液体レンズ 206 の焦点距離に基づいて、対物光学系 101 から観察対象 S までの距離を計測する。各走査点において計測される対物光学系 101 から観察対象 S までの距離情報は、距離に対応する輝度情報とともに演算制御部 212 のメモリ 213 に記憶される。

50

【 0 0 7 7 】

ステップ S 1 2 0 5 において、全ての走査点について観察対象 S までの距離を計測したら、次に、ステップ S 1 2 0 6 において、演算制御部 2 1 2 により、メモリ 2 1 3 に記憶されている各走査点の輝度情報と距離情報とに基づいて、観察対象 S の三次元モデルを作成する。

【 0 0 7 8 】

その後、ステップ S 1 2 0 7 において、演算制御部 2 1 2 により、作成された三次元モデルに局地的な異常な段差が無いかを判定する。その結果、異常な段差が無いと判定された場合（Y e s の場合）は、ステップ S 1 2 0 8 において、撮像素子 1 0 3 による撮像画像と、作成された三次元モデルの距離情報とを、一つの表示部（図示せず）に重畳して、又は並列的に表示する、あるいは別々の表示部（図示せず）に表示する。なお、ステップ S 1 2 0 8 における撮像画像と三次元モデルの距離情報との重畳処理は、演算制御部 2 1 2 において、撮像素子 1 0 3 による撮像画像情報を入力して実行してもよいし、演算制御部 2 1 2 とは分離した画像処理部において、演算制御部 2 1 2 で作成された三次元モデルの距離情報と撮像素子 1 0 3 による撮像画像とを重畳してもよい。

10

【 0 0 7 9 】

一方、ステップ S 1 2 0 7 において、異常な段差があると判定された場合（N o の場合）は、ステップ S 1 2 0 1 に戻って再計測を行う。なお、異常な段差は、例えばステップ S 1 2 0 2 での対物光学系 1 0 1 の焦点合わせの際の撮影時に異常な反射光を観測したり、あるいは、ステップ S 1 2 0 5 での距離情報取得時にエラーが発生したりした場合に発生することがある。

20

【 0 0 8 0 】

以上のように、図 1 の内視鏡 1 0 によると、撮像手段 1 0 0 による観察対象 S の撮像画像と、三次元形状計測手段 2 0 0 による観察対象 S の三次元形状情報とを、内視鏡 1 0 の対物光学系 1 0 1 を共用して同軸で取得している。したがって、内視鏡 1 0 の挿入部 2 0 の大径化を招くことなく、観察対象 S の撮像画像と三次元形状情報とを同時にリアルタイムで取得して、それらを重畳表示あるいは並列表示することができる。しかも、測距用の測定光は、可変焦点液体レンズ 2 0 6 の焦点距離を制御することにより、集光位置を光軸方向に走査している。したがって、内視鏡操作に影響を与えることなく、観察対象 S の三次元形状を高精度かつ高速に計測することができるとともに、三次元形状計測手段 2 0 0 の小型化が図れる。また、撮像素子 1 0 3 から得られる画像と、演算制御部 2 1 2 から得られる三次元形状情報とを重畳して三次元形状画像を生成する場合も、位置合わせが容易にでき、高精度の三次元形状画像を生成することができる。また、測定光として近赤外光を用いているので、撮像手段 1 0 0 に影響を与えることなく、同一光軸で観察対象 S の三次元形状情報を取得することができる。

30

【 0 0 8 1 】

なお、可変焦点光学素子は、可変焦点液体レンズ 2 0 6 に限らず、例えば、特開平 1 1 - 1 3 3 2 1 0 号公報に開示されているような可変焦点レンズも使用可能である。かかる従来の可変焦点レンズは、薄板の光学ガラスからなる透明弾性板と、中央部の貫通孔に透明板が接合された導電性弾性板と、該導電性弾性板の両側に配設された第 1 電極及び第 2 電極と、透明板及び導電性弾性板と透明弾性板との間の密閉空間に充填された透明液体とを有し、透明弾性板、透明液体及び透明板によりレンズを構成している。そして、第 1 電極と導電性弾性板との間に電位差を与えることにより透明弾性板が突出した凸レンズを形成し、第 2 電極と導電性弾性板との間に電位差を与えることにより透明弾性板が窪んだ凹レンズを形成するようにしている。

40

【 0 0 8 2 】

しかしながら、かかる従来の可変焦点レンズにおいては、透明液体を、透明弾性板、第 1 電極、導電性弾性板、透明板、透明弾性板と第 1 電極との間のスペーサ、及び、第 1 電極と導電性弾性板との間のスペーサにより液密に保持するようにしている。そのため、構造が複雑で大型になるという課題があり、内視鏡への適用は困難となる。また、導電性弾

50

性板、第1電極及び第2電極の3つの電極を有し、導電性弾性板と第1電極及び第2電極とのそれぞれの電極間の電位差を制御して焦点距離を制御するようにしている。そのため、制御が煩雑になるという課題もある。

【0083】

これに対し、図1の内視鏡1に用いた可変焦点液体レンズ206は、液体膨出部303が、第1の透明電極301と、該第1の透明電極301上から膨出した保護膜304及び第2の透明電極305とにより形成されている。また、可変焦点液体レンズ206の焦点距離は、第1の透明電極301と第2の透明電極305との2つの電極間に電圧を印加することにより制御される。したがって、構造が簡単で小型にでき、焦点距離の制御も簡単にできるので、上述した従来の可変焦点レンズにおける課題を解決することができる。特に、保護層304をパリレンCで形成した場合、パリレンCは、光学ガラスよりも弾性の高い特徴を有するので、液体レンズの変形量を大きくすることができ、焦点距離の変化量を大きくできる。

【0084】

(第2実施の形態)

図13は、本発明の第2実施の形態に係る内視鏡の要部の概略構成を示す図である。この内視鏡11は、図1に示した内視鏡10において、撮像手段100に、更に、対物光学系101に対して撮像素子103と共役な位置にCCD等からなる撮像素子105を設けたものである。そして、撮像素子103を可視光(色)画像用の第1の撮像素子とし、撮像素子105を蛍光画像用の第2の撮像素子として、撮像手段100による観察対象Sの色画像及び蛍光画像と、三次元形状計測手段200による三次元モデルとを同軸上で同時に取得可能に構成したものである。

【0085】

そのため、図13においては、ハーフミラー209と色画像用の撮像素子103との間に、フィルタ104に代えて、測定光を吸収し、可視光帯域の光を透過及び反射させる特性を有するミラー(分岐光学系)106が配置されている。また、ミラー106と蛍光画像用の撮像素子105との間には、所望の波長の蛍光を反射させるミラー107が配置されている。

【0086】

そして、ハーフミラー209を透過した対物光学系101による色画像は、ミラー106を透過して撮像素子103で撮像される。また、ハーフミラー209を透過した対物光学系101による蛍光画像は、ミラー106で反射され、さらにミラー107で反射されて撮像素子105で撮像される。なお、三次元形状計測手段200による測距動作については、第1実施の形態と同様であるので、説明を省略する。

【0087】

図14(a)~(d)は、本実施の形態に係る内視鏡2を用いて得られる観察対象Sの画像の写真を示すものである。ここで、観察対象Sは、ガラス基板上の2箇所、に、蛍光色素のローダミンBと、イオン液体の1-エチル-3-メチルイミダゾリウムエチルスルファート(1-ethyl-3-methylimidazolium ethyl sulfate)とを混合した試液を滴下し、更にパリレンC膜で封止して作製したものをを用いた。ローダミンBは、550~580nm程度の励起光で、590~650nmの蛍光を放出する。そのため、図13において、ミラー107は、蛍光波長帯域の590~650nmの光を反射させる特性を有するものを用いる。

【0088】

図14(a)は、撮像素子103から得られる観察対象Sの色画像の写真を示す。図14(b)は、撮像素子105から得られる観察対象Sの蛍光画像の写真を示す。図14(c)は、距離計測系を用いて測定する距離情報を示す。図14(d)は、図14(c)の距離情報を元にして作成した三次元モデルに、図14(a)、(b)の色画像及び蛍光画像をテクスチャとして重畳した三次元画像の写真を示す。なお、図14(a)~(d)に示した各画像は、別々の表示部に同時に表示してもよいし、表示部を適宜共用して、一

つの表示部に異種の画像を画面分割して同時に表示してもよい。

【 0 0 8 9 】

図 1 3 の内視鏡 1 1 によると、観察対象 S に対して、同軸上で、図 1 4 (a) ~ (c) に示すような色画像、蛍光画像及び三次元モデルの三種の画像を同時に取得することができる。したがって、第 1 実施の形態と同様の効果が得られる他、上記の三種の画像を容易に位置合わせてして重畳することができる。これにより、図 1 4 (d) に示すような観察対象 S の色画像及び蛍光画像を含む三次元的な高精度のリアルな画像を取得することができ、よりの確な施術や診断支援等が可能となる。

【 0 0 9 0 】

本発明は、上記実施の形態にのみ限定されるものではなく、幾多の変形または変更が可能である。例えば、可変焦点液体レンズ 2 0 6 は、図 1 5 (a) , (b) に示すように、透明基板 3 0 0 上の第 1 の透明電極 3 0 1 を駆動用電極 3 0 1 a と、計測用電極 3 0 1 b とに分離する。そして、第 2 の透明電極 3 0 5 を共通電極 (G N D) として、駆動用電極 3 0 1 a に接続部 3 2 1 を介して焦点距離を変化させる駆動電圧 V_{act} を独立して印加し、計測用電極 3 0 1 b に接続部 3 2 2 を介して静電容量変化を検出するための計測電圧 V_{meas} を独立して印加する。なお、図 1 5 (a) は、駆動用電極 3 0 1 a 及び計測用電極 3 0 1 b を模式的に示す透明基板 3 0 0 の平面に沿った断面図であり、図 1 5 (b) は、駆動用電極 3 0 1 a 及び計測用電極 3 0 1 b を示すようにレンズ光軸に沿った断面図である。

【 0 0 9 1 】

また、可変焦点液体レンズ 2 0 6 の焦点距離は、静電容量に限らず、印加電圧からヒステリシスを考慮して計測してもよい。つまり、印加電圧の上昇及び下降に対応する焦点距離の情報を予めメモリに格納して、印加電圧の上昇又は下降に応じて反射光がピークとなる焦点距離を計測してもよい。あるいは、印加電圧の上昇又は下降に対応する焦点距離の情報を予めメモリに格納して、印加電圧の上昇又は下降時のみ焦点距離を計測するようにしてもよい。

【 0 0 9 2 】

また、内視鏡は、硬性鏡に限らず、軟性鏡にも同様に適用でき、同様の効果を得ることが可能である。また、本発明は、内視鏡に限らず、物体表面の三次元形状計測機器や、三次元光造形機器などの撮像装置にも有効に適用することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 3 】

- 1 0 , 1 1 内視鏡
- 2 0 挿入部
- 3 0 把持部
- 5 0 照明装置
- 1 0 0 撮像手段
- 1 0 1 対物光学系
- 1 0 2 リレー光学系
- 1 0 3 撮像素子
- 2 0 0 三次元形状計測手段
- 2 0 1 レーザ発生素子
- 2 0 2 , 2 1 0 ピンホール
- 2 0 6 可変焦点液体レンズ
- 2 0 7 二軸駆動ミラー
- 2 1 1 受光素子
- 2 1 2 演算制御部
- 2 1 3 メモリ
- S 観察対象

10

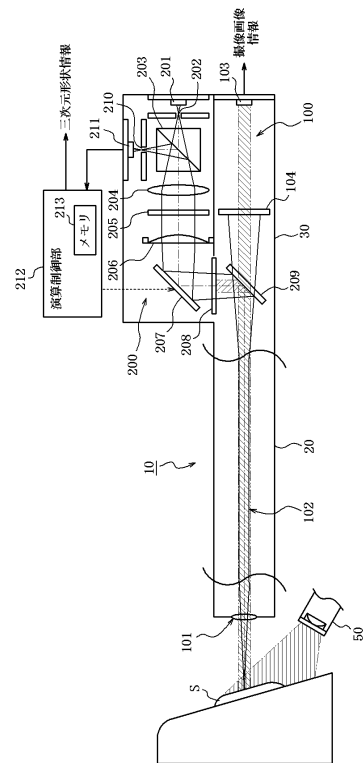
20

30

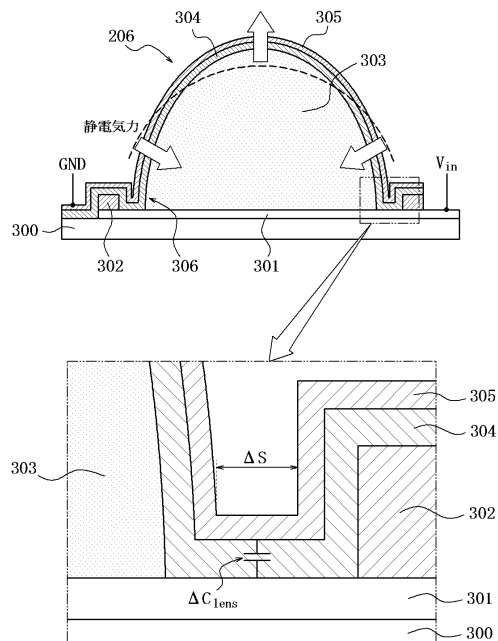
40

50

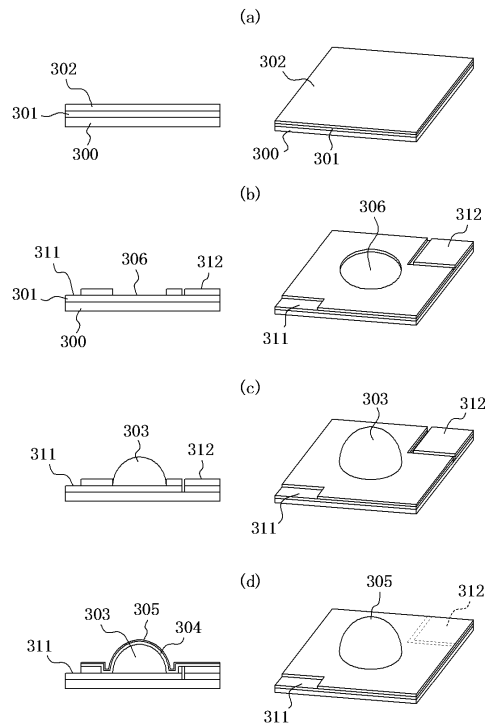
【図 1】



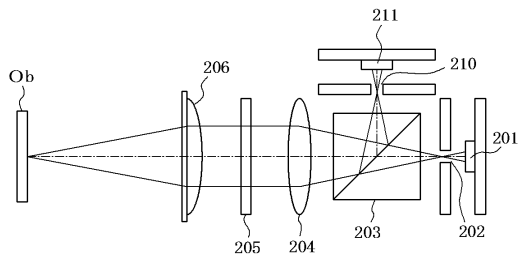
【図 2】



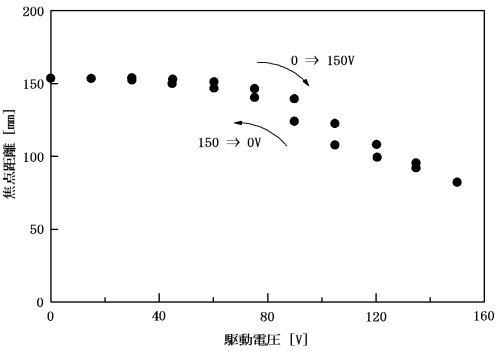
【図 3】



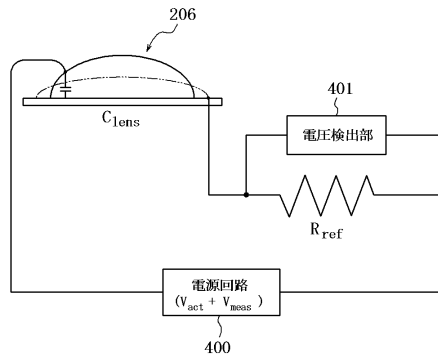
【図 4】



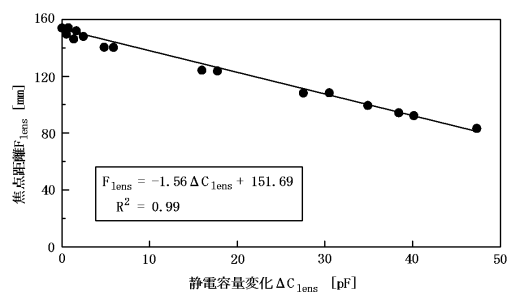
【図 5】



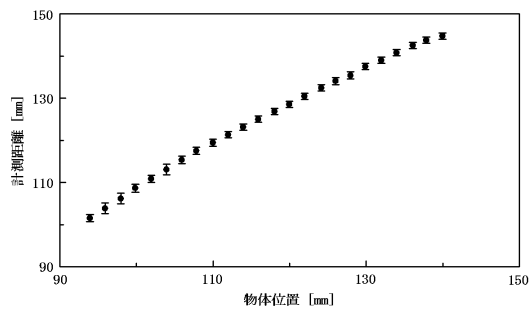
【図 6】



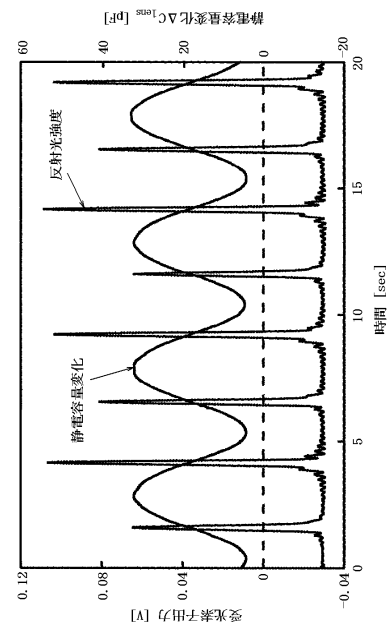
【図 7】



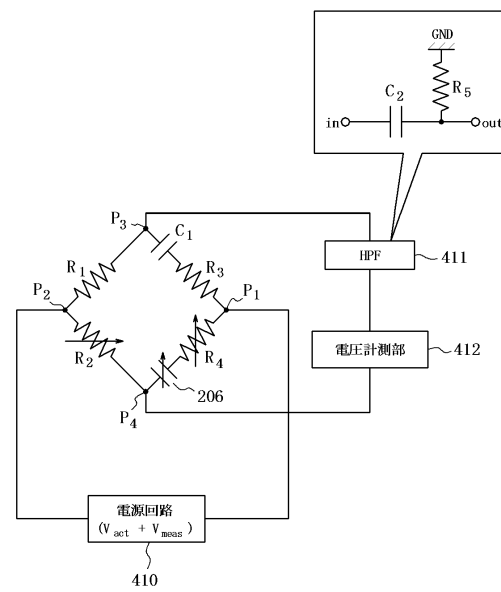
【図 9】



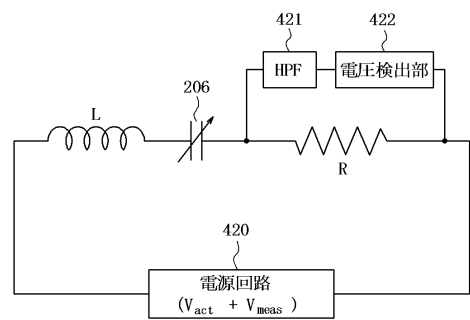
【図 8】



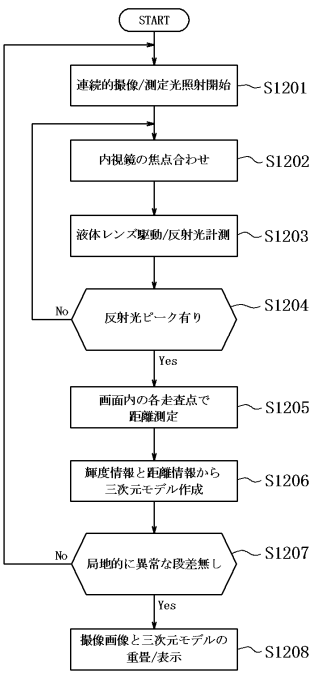
【図 10】



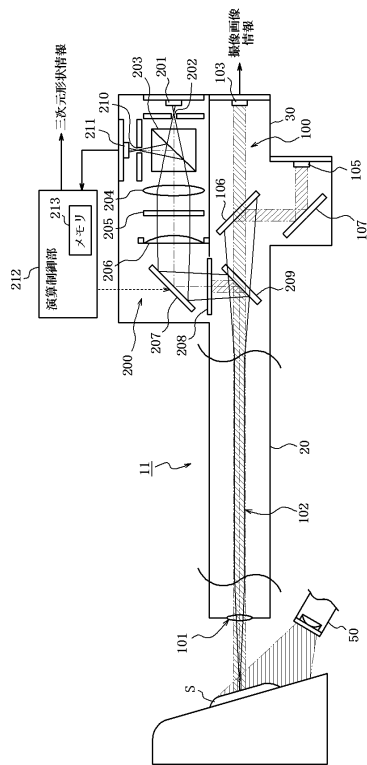
【図 1 1】



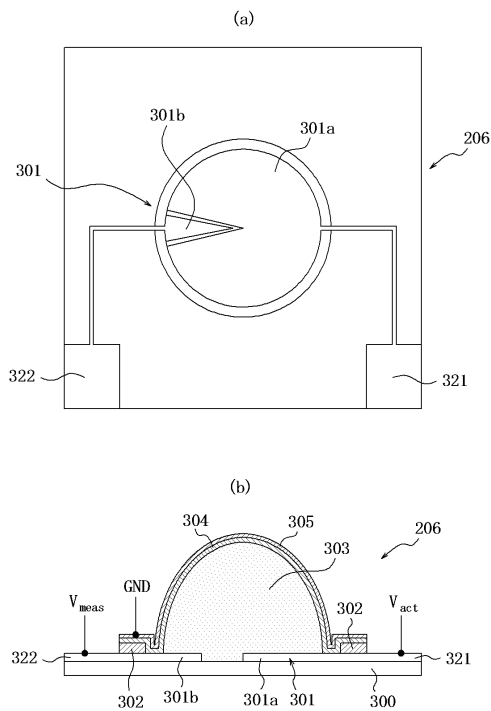
【図 1 2】



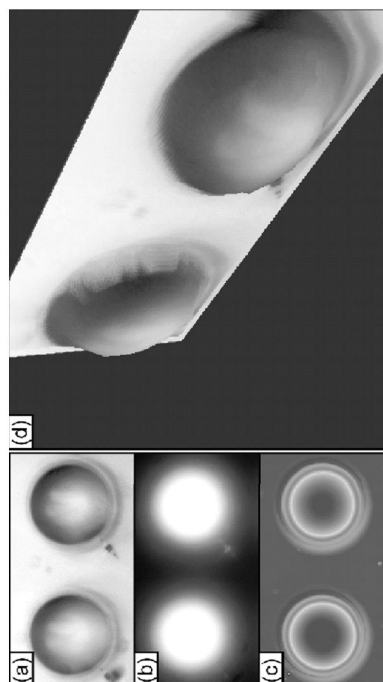
【図 1 3】



【図 1 5】



【図 14】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
G 0 2 B	26/10	(2006.01)	G 0 2 B 26/10 C
G 0 1 B	11/24	(2006.01)	G 0 1 B 11/24 A

- (72)発明者 松本 潔
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 高畑 智之
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 菅 哲朗
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 竹井 裕介
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 野田 堅太郎
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 阮 平謙
東京都文京区本郷7丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 安食 嘉晴
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリパス株式会社内
- (72)発明者 唐木 幸一
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリパス株式会社内

審査官 右▲高▼ 孝幸

- (56)参考文献 特開2004-102228(JP,A)
特開2005-107097(JP,A)
特開2008-197611(JP,A)
特開2009-186935(JP,A)
特開2007-090044(JP,A)
特開平09-294708(JP,A)
特開2004-154258(JP,A)
特開平05-041901(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 6 1 B	1 / 0 0
G 0 1 B	1 1 / 2 4
G 0 2 B	3 / 1 4
G 0 2 B	7 / 2 8
G 0 2 B	7 / 3 6
G 0 2 B	2 3 / 2 4
G 0 2 B	2 6 / 1 0

专利名称(译)	成像装置和操作成像装置的方法		
公开(公告)号	JP5975562B2	公开(公告)日	2016-08-23
申请号	JP2012047057	申请日	2012-03-02
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社 国立大学法人 东京大学		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司 东京大学		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司 东京大学		
[标]发明人	下山勲 松本潔 高畑智之 菅哲朗 竹井裕介 野田堅太郎 阮平謙 安食嘉晴 唐木幸一		
发明人	下山 勲 松本 潔 高畑 智之 菅 哲朗 竹井 裕介 野田 堅太郎 阮 平謙 安食 嘉晴 唐木 幸一		
IPC分类号	A61B1/00 G02B3/14 G02B23/24 G02B7/36 G02B7/28 G02B26/10 G01B11/24		
FI分类号	A61B1/00.300.E G02B3/14 G02B23/24.B G02B7/36 G02B7/28.H G02B26/10.C G01B11/24.A A61B1/00.511 A61B1/00.551 A61B1/00.553 A61B1/00.731 A61B1/00.735 A61B1/045.622 G02B7/11.D G02B7/11.H		
F-TERM分类号	2F065/AA04 2F065/AA06 2F065/AA20 2F065/AA53 2F065/BB30 2F065/CC16 2F065/DD02 2F065/EE11 2F065/FF01 2F065/FF04 2F065/FF10 2F065/FF67 2F065/GG04 2F065/GG21 2F065/HH03 2F065/HH10 2F065/JJ01 2F065/JJ03 2F065/JJ23 2F065/JJ26 2F065/LL00 2F065/LL10 2F065/LL13 2F065/LL22 2F065/LL30 2F065/LL36 2F065/LL37 2F065/MM16 2F065/MM26 2F065/MM28 2F065/PP26 2F065/QQ23 2F065/QQ25 2F065/QQ27 2F065/QQ29 2F065/SS02 2F065/SS13 2H040/BA15 2H040/CA04 2H040/CA22 2H040/CA25 2H040/CA26 2H040/DA11 2H040/GA02 2H045/AB13 2H151/AA00 2H151/BA75 2H151/CB02 2H151/CB06 2H151/CB11 2H151/CD30 2H151/DA08 2H151/GB01 4C161/BB08 4C161/FF47 4C161/HH52 4C161/MM02 4C161/MM10 4C161/QQ03 4C161/WW04 4C161/WW10 4C161/WW17		
代理人(译)	杉村健二 下地健一		
其他公开文献	JP2013180120A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

摘要：要解决的问题：提供一种成像设备，用于对观察对象进行成像，同时高精度地测量被观察对象的三维形状。解决方案：成像装置包括：成像单元100，用于经由物镜光学系统101对观察对象S的图像成像;三维形状测量单元200，用于通过物镜光学系统101用观察对象S照射用于距离测量的测量光来测量被观察对象S的三维形状。三维形状测量单元200具有扫描用于扫描入射到物体光学系统上的用于观察对象S的测量光的单元，用于接收来自被观察对象S的测量光的反射光的光接收单元，其通过物体光学系统101入射，并且计算单元，其中基于光接收单元的光接收输出信息获得扫描单元的控制信息，并且基于控制信息计算从物体光学系统101到观察对象S的距离。

【 0 0 4 9 】

【 数 1 】

$$\Delta C_{lens} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_{parylene}}{t_{parylene}} \Delta S$$