

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第4971532号
(P4971532)

(45) 発行日 平成24年7月11日(2012.7.11)

(24) 登録日 平成24年4月13日(2012.4.13)

(51) Int.Cl.	F 1	
HO 4 N 5/232 (2006.01)	HO 4 N 5/232	Z
HO 4 N 5/225 (2006.01)	HO 4 N 5/225	Z
HO 4 N 5/238 (2006.01)	HO 4 N 5/238	Z
GO 1 B 11/24 (2006.01)	HO 4 N 5/225	C
GO 1 C 3/06 (2006.01)	GO 1 B 11/24	K

請求項の数 9 (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-504217 (P2012-504217)
 (86) (22) 出願日 平成23年9月20日 (2011.9.20)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2011/005292
 審査請求日 平成24年1月25日 (2012.1.25)
 (31) 優先権主張番号 特願2010-268281 (P2010-268281)
 (32) 優先日 平成22年12月1日 (2010.12.1)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000005821
 パナソニック株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100101683
 弁理士 奥田 誠司
 (74) 代理人 100155000
 弁理士 喜多 修市
 (74) 代理人 100135703
 弁理士 岡部 英隆
 (74) 代理人 100125922
 弁理士 三宅 章子
 (74) 代理人 100152663
 弁理士 山口 美里

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 立体画像撮影装置および内視鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

偏光面の角度が異なる2種類以上の直線偏光を、順次、被写体に照射する偏光照明部と、
 前記2種類以上の直線偏光の各々によって前記被写体が照射されているときに、順次、前記被写体を撮像する撮像部と、
 画像処理部と、
 を備え、
 前記撮像部は、
 前記偏光照明光源によって照明された前記被写体からの戻り光を結像するレンズと、
 前記レンズによって結像された像から光電変換によって画素信号を生成する撮像素子と、
 前記撮像素子から離間して配置され、前記被写体からの戻り光を透過する入射光透過部であって、透明領域と少なくとも1つの偏光フィルタ領域とを有する入射光透過部と、
 を有し、
 前記2種類以上の直線偏光の各々によって前記被写体が照射されているときに前記撮像素子が生成した前記画素信号に基づいて、前記画像処理部は、前記透明領域と前記少なくとも1つの偏光フィルタ領域の各々を透過した光によって形成される複数視点画像を生成する、立体画像撮影装置。

【請求項 2】

前記偏光照明部は、偏光面の角度が異なる3種類以上の直線偏光を、順次、被写体に照射し、

前記撮像部は、前記3種類以上の直線偏光の各々によって前記被写体が照射されているときに、順次、前記被写体を撮像し、

前記入射光透過部は、各々の偏光透過軸の方向が 0° より大きく 90° よりも小さな角度を形成するように配置された複数の偏光フィルタ領域を有している、請求項1に記載の立体画像撮影装置。

【請求項3】

前記偏光照明部は、非偏光の光を、偏光面変換素子を透過させることによって偏光面が3種類以上に順次変化する直線偏光を照射する請求項2に記載の立体画像撮影装置。

10

【請求項4】

前記入射光透過部における前記複数の偏光フィルタ領域は、前記レンズの光軸に対して左右に配置された左側フィルタ領域および右側フィルタ領域を含む請求項2または3に記載の立体画像撮影装置。

【請求項5】

前記画像処理部は、偏光面の角度が異なる3種類以上の直線偏光が被写体を照射しているときに得られる前記画素信号に基づいて、前記入射光透過部の前記左側フィルタ領域を透過した光によって形成される左側画像と、前記入射光透過部の前記右側フィルタ領域を透過した光によって形成される右側画像とを形成する、請求項4に記載の立体画像撮影装置。

20

【請求項6】

偏光面の角度が基準方向に対して 1° である第1の直線偏光を前記偏光照明部が前記被写体に照射しているときに前記撮像素子が生成した画素信号を I_1 、偏光面の角度が前記基準方向に対して 2° である第2の直線偏光を前記偏光照明部が前記被写体に照射しているときに前記撮像素子が生成した画素信号を I_2 、偏光面の角度が前記基準方向に対して 3° である第3の直線偏光を前記偏光照明部が前記被写体に照射しているときに前記撮像素子が生成した画素信号を I_3 とするとき、

前記画像処理部は、画素信号 I_1 、 I_2 、 I_3 を用いる演算を行うことにより、前記複数視点画像の各々を生成する、請求項1から5のいずれかに記載の立体画像撮影装置。

30

【請求項7】

前記入射光透過部における前記透明領域と前記偏光フィルタ領域は、それぞれ、前記レンズの光軸に対して左右に配置されている請求項1に記載の立体画像撮影装置。

【請求項8】

前記撮像部は、前記撮像素子として、モノクロ撮像素子またはカラー撮像素子を有している請求項1に記載の立体画像撮影装置。

【請求項9】

前記偏光照明部および前記撮像部は内視鏡を構成し、前記内視鏡は前記画像処理部に接続されている、請求項1から8のいずれかに記載された立体画像撮影装置。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像素子によって取得される2次元輝度画像で得られる情報を超えた表面凹凸情報や高精細画像を生成できる立体画像撮影装置および内視鏡に関する。

【背景技術】

【0002】

内視鏡は、粘膜で覆われた生体の臓器の壁表面に対して照明光を照射して撮像する。このような内視鏡の分野では、臓器の壁表面の微細な凹凸を観察するため、被写体の奥行きに関する情報を抽出することが重要である。また、手術用の内視鏡の分野では、手術情景を立体的に把握したいという課題がある。そこで、従来、立体内視鏡の技術が開発されて

50

きた。立体内視鏡は、通常、異なる位置から被写体を見た複数視点画像を取得するためにレンズと撮像素子がそれぞれ2組必要になる「2眼システム」を採用している。2眼システムによれば、同一の被写体から、視差のある複数視点画像（例えば左目画像と右目画像）を同時に取得できるため、複数視点画像から被写体の立体形状に関する情報を得ることが可能になる。しかし、2眼システムには、2個の撮像素子の特性を完全に合致させることが難しいという欠点がある。そこで、たとえば特許文献1に開示されているように、複数視点画像を取得するために、レンズと撮像素子をそれぞれ1個だけ使う「単眼システム」の技術が注目されている。

【0003】

図16(a)、(b)は、従来の立体内視鏡の構成を示す。図16(a)は、この立体内視鏡の全体構成を模式的に示す図であり、図16(b)は、その一部を上方から見た模式的断面図である。

【0004】

図16(a)に示されるように、この従来技術の内視鏡は、レンズ1307とCCD1308を用いる通常カラー画像撮像系のほかに複数視点画像を取得するための撮像系（視差撮像系）を有している。視差撮像系では、光学結像部1301と撮像部1303との間に光通過部1302を配置している。光通過部1302は、図16(b)に示すように、左右に配置された2つの開口1304a、1304bを有し、各々を透過した光が複数視点画像を生成する。通常は交互に開口1304a、1304bを開閉することによって左右の複数視点画像を得るのであるが、本技術では、2つの開口1304a、1304bからの光を画像処理によって分離することで2種の画像の時間ずれをなくしている。そのため開口1304aに垂直方向の偏光透過軸を有する偏光フィルタを付加し、開口1304bに水平方向の偏光透過軸を有する偏光フィルタを付加している。

【0005】

撮像部1303は、偏光モザイクフィルタ1305と撮像素子1306を組み合わせる。偏光モザイクフィルタ1305は、垂直方向に偏光透過軸を有する偏光フィルタ1305aと水平方向に偏光透過軸を有する偏光フィルタ1305bとが空間的に交互に分布した構成を有している。左右2箇所の開口1304a、1304bからの光は、偏光フィルムにより偏光方向が直交する光となる。このため、開口1304a、1304bを透過した光（偏光）は、それぞれ、偏光モザイクフィルタ1305のうちの対応する偏光透過軸を有する部分に入射する。こうして、偏光フィルタ1305aにカバーされる画素の信号と、偏光フィルタ1305bにカバーされる画素の信号とに基づいて、開口1304a、1304bを透過した光の輝度を検出することができ、2種の複数視点画像を得ることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2001-16611号公報

【特許文献2】特開平11-313242号公報

【特許文献3】米国特許出願公開第2009/0079982号明細書

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】Nicolas Lefaudeux, et.al.: "Compact and robust linear Stokes polarization camera", Proc. SPIE, Vol. 6972, 69720B, Polarization: Measurement, Analysis, and Remote Sensing VIII(2008);

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし従来の技術では、以下の課題があった。すなわち光通過部には左右の開口以外の部分には遮光部があるため光量を有効に使えず、得られる画像の感度が悪いという課題が

10

20

30

40

50

あった。照明光の無い暗黒の体腔内をカラーでしかも奥行き深くまで撮像する内視鏡の分野では光量が少ないことが致命的となる。このため、開口部以外を遮光してしまう従来の単眼立体内視鏡は実用的な技術になりにくかった。

【0009】

本発明の主な目的は、被写体の表面凹凸に関する3次元情報を取得できる実用的な立体画像撮影装置および内視鏡を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の立体画像撮影装置は、偏光面の角度が異なる2種類以上の直線偏光を、順次、被写体に照射する偏光照明部と、前記2種類以上の直線偏光の各々によって前記被写体が照射されているときに、順次、前記被写体を撮像する撮像部と、画像処理部とを備え、前記撮像部は、前記偏光照明光源によって照明された前記被写体からの戻り光を結像するレンズと、前記レンズによって結像された像から光電変換によって画素信号を生成する撮像素子と、前記撮像素子から離間して配置され、前記被写体からの戻り光を透過する入射光透過部とを有し、前記2種類以上の直線偏光の各々によって前記被写体が照射されているときに前記撮像素子が生成した前記画素信号に基づいて、前記画像処理部は、前記透明領域と前記少なくとも1つの偏光フィルタ領域の各々を透過した光によって形成される複数視点画像を生成する。

【0011】

ある実施形態において、前記偏光照明部は、偏光面の角度が異なる3種類以上の直線偏光を、順次、被写体に照射し、前記撮像部は、前記3種類以上の直線偏光の各々によって前記被写体が照射されているときに、順次、前記被写体を撮像し、前記入射光透過部は、各々の偏光透過軸の方向が 0° より大きく 90° より小さな角度を形成するように配置された複数の偏光フィルタ領域を有している。

【0012】

ある実施形態において、前記偏光照明部は、非偏光の光を、偏光面変換素子を透過させることによって偏光面が3種類以上に順次変化する直線偏光を照射する。

【0013】

ある実施形態において、前記入射光透過部における前記複数の偏光フィルタ領域は、前記レンズの光軸に対して左右に配置された左側フィルタ領域および右側フィルタ領域を含む。

【0014】

ある実施形態において、前記画像処理部は、偏光面の角度が異なる3種類以上の直線偏光が被写体を照射しているときに得られる前記画素信号に基づいて、前記入射光透過部の前記左側フィルタ領域を透過した光によって形成される左側画像と、前記入射光透過部の前記右側フィルタ領域を透過した光によって形成される右側画像とを形成する。

【0015】

ある実施形態において、偏光面の角度が基準方向に対して 1° である第1の直線偏光を前記偏光照明部が前記被写体に照射しているときに前記撮像素子が生成した画素信号を I_1 、偏光面の角度が前記基準方向に対して 2° である第2の直線偏光を前記偏光照明部が前記被写体に照射しているときに前記撮像素子が生成した画素信号を I_2 、偏光面の角度が前記基準方向に対して 3° である第3の直線偏光を前記偏光照明部が前記被写体に照射しているときに前記撮像素子が生成した画素信号を I_3 とするとき、前記画像処理部は、画素信号 I_1 、 I_2 、 I_3 を用いる演算を行うことにより、前記複数視点画像の各々を生成する。

【0016】

ある実施形態において、前記入射光透過部における前記透明領域と前記偏光フィルタ領域は、それぞれ、前記レンズの光軸に対して左右に配置されている。

【0017】

10

20

30

40

50

ある実施形態において、前記撮像部は、前記撮像素子として、モノクロ撮像素子またはカラー撮像素子を有している。

【0018】

本発明の内視鏡は、偏光面の角度が異なる2種類以上の直線偏光を、順次、被写体に照射する偏光照明部と、前記2種類以上の直線偏光の各々によって前記被写体が照射されているときに、順次、前記被写体を撮像する撮像部とを備え、前記撮像部は、前記偏光照明部によって照明された前記被写体からの戻り光を結像するレンズと、前記レンズによって結像された像から光電変換によって画素信号を生成する撮像素子と、前記撮像素子から離間して配置され、前記被写体からの戻り光を透過する入射光透過部であって、透明領域と少なくとも1つの偏光フィルタ領域とを有する入射光透過部とを有する。

10

【発明の効果】

【0019】

本発明の立体画像撮影装置によれば、偏光面を回転して撮影された複数画像からの演算処理により、複数視点画像を得ることができる。このため、遮光部は不要となり光量を無駄にすることが無い。本発明の好ましい実施形態によれば、画像間の演算だけで感度は低いが視差のある画像と、視差はないが感度上問題のないカラー画像がタイミングのずれ無しに得られることになる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の実施形態1に関する立体画像撮影装置の構成を示す図

20

【図2】偏光面制御素子の動作を示す図

【図3】(a)は、入射光透過部の構造を示す平面図、(b)は、その断面図

【図4】(a)および(b)は、撮像素子における光感知セル配置例を示す図

【図5】偏光面角度の定義図

【図6】(a)および(b)は、滑らかな平坦な表面にほぼ垂直に入射した偏光の反射の様子を示す図

【図7】フレネル理論による入射角と反射率の関係を示す図

【図8】入射光透過部から偏光フィルタが取り除かれた仮想的状態を示す図

【図9】偏光フィルタが無い状態における入射光透過部の各領域を透過する光を示す図

【図10】(a)は、透過軸の角度差について $\theta = 45^\circ$ の関係が成り立つ2つの偏光フィルタが実装された入射光透過部を示す平面図、(b)は、偏光照明の偏光面の角度 θ を示す図

30

【図11】入射光透過部の各領域を透過する光を示す図

【図12】画像処理プロセッサの処理の流れを示すフローチャート

【図13】表示部に表示された画像 LL, RR, CC と観察メガネの動作を示す図

【図14】(a)および(b)は、本発明の実施形態2に関する立体視と通常視の期間を示す図

【図15】(a)は、本発明の実施形態2における入射光透過部の構成を示す平面図、(b)は、偏光照明の偏光面の角度 θ を示す図

【図16】(a)は、従来技術に関する立体内視鏡の構成図、(b)は、その一部を示す断面図

40

【発明を実施するための形態】

【0021】

(実施形態1)

図1は、本発明の実施形態1における立体画像撮影装置の全体構成を模式的に示す図である。本立体画像撮影装置は、内視鏡101と制御装置102とを備える。内視鏡101は、撮像素子110を有する先端部113、ライトガイド105および映像信号線111を有する挿入部103を備えている。現実の挿入部103は、図面に示されているよりも左右に長く、フレキシブルに曲がり得る構造を有し得る。ライトガイド105は曲がった状態でも光を伝達することができる。

50

【 0 0 2 2 】

制御装置 1 0 2 には、光源 1 0 4、画像処理プロセッサ 1 0 8、および同期装置 1 1 2 が含まれる。制御装置 1 0 2 から出力される画像信号は、表示画像処理部 1 2 1 を経由して立体表示部 1 2 2 に出力される。立体表示部 1 2 2 に出力された画像は、観察メガネ 1 2 3 を利用して医師などが観察する。

【 0 0 2 3 】

光源 1 0 4 から発した白色非偏光の光は、ライトガイド 1 0 5 を経由して先端部 1 1 3 の偏光面制御素子 1 0 6 に導かれる。

【 0 0 2 4 】

図 2 は、偏光面制御素子 1 0 6 の構成を示す。

10

【 0 0 2 5 】

偏光面制御素子 1 0 6 は、液晶を用いた偏光面を回転させることが可能なデバイスである。その構成例は、特許文献 2、3 ならびに非特許文献 1 等に既に開示されている。偏光面制御素子 1 0 6 は、たとえば強誘電性液晶と、偏光フィルム、1 / 4 波長板などを組み合わせた電圧印加型液晶デバイスで構成され得る。偏光面制御素子 1 0 6 は、光源 1 0 4 で発生し、ライトガイド 1 0 5 を通過した非偏光の光を、任意の偏光角度に偏光面を有する直線偏光へと変換する。図 1 には、被写体に照射される光の偏光方向 1 1 5 と、被写体からの戻り光の偏光方向 1 1 6 とが模式的に示される。後述するように、被写体での反射に際して偏光方向が保持されるため、偏光方向 1 1 5、1 1 6 は一致する。

【 0 0 2 6 】

同期装置 1 1 2 は、偏光面制御素子 1 0 6 に偏光面回転の指示を送って照明の偏光面を回転させる。この偏光照明は、照明レンズ 1 0 7 を通って被写体に照射される。同期装置 1 1 2 は同時に撮像素子 1 1 0 に撮影開始信号を送って映像を取得し、以上の処理を複数回実施する。

20

【 0 0 2 7 】

本実施形態の撮像素子は、偏光面が 0 ° 状態 2 0 3 で第 1 の画像を撮像し、偏光面が 4 5 ° 状態 2 0 4 で第 2 の画像を撮像し、偏光面が 9 0 ° 状態 2 0 5 で第 3 の画像を撮像するように動作する。偏光面の角度は任意に設定でき、この 3 種類に限るものではない。撮像素子が高感度である場合、照明の照度が高い場合には露光時間が短縮できるので、回転角をより細かく設定できる。

30

【 0 0 2 8 】

偏光面の回転に要する時間は、上記文献によれば、動作速度は 2 0 (m s) 程度の遅いものから 4 0 ~ 1 0 0 (μ s e c) 程度的高速型まで存在する。高速型の液晶を用いてかつこの時間での撮像が可能な程度まで撮像素子の感度を上げれば、3 方向の偏光回転を実施して撮影しても、動画映像の撮影に十分な性能を持たせることが可能である。また画像処理は最低 3 フレーム単位の画像撮像について実施されるが、処理をパイプライン処理にすることで実際かかる処理時間を 1 フレーム時間内に収めることが可能である。

【 0 0 2 9 】

被写体からの戻り光は、撮影レンズ 1 0 9 を透過した後、撮像素子 1 1 0 から離れて配置された入射光透過部 1 2 0 を通過して撮像素子 1 1 0 上に結像する。入射光透過部 1 2 0 の構成および機能については、後述する。撮像素子 1 1 0 は、モノクロ撮像素子、あるいはカラーモザイクを有する単板カラー撮像素子であってよい。撮像映像の信号は、映像信号線 1 1 1 を経由して画像処理プロセッサ 1 0 8 に到達する。

40

【 0 0 3 0 】

画像プロセッサ 1 0 8 は、撮像された複数の画像から、画像処理により、画像 C C と左視点画像 L L と右視点画像 R R とを生成する。これらの画像は、表示画像処理部 1 2 1 によって処理されて、立体画像表示部 1 2 2 に表示される。立体画像表示部 1 2 2 に表示された画像は、観察メガネ 1 2 3 などを用いて立体画像として観察される。この立体画像表示部 1 2 2 には、左右の複数視点画像を表示する既存の立体表示ディスプレイを使うことができる。

50

【 0 0 3 1 】

図3は入射光透過部120を示す図である。図3(a)は、撮像素子110の側から入射光透過部120を見たときの入射光透過部120の平面図である。図3(b)は、入射光透過部120の断面を示す図である。図3(a)に示されるように、入射透過部120は、光学的に透明な透明領域Cと、偏光フィルタが付加された左右の偏光フィルタ領域LおよびRとから構成されている。撮像素子110から見て左側のフィルタ領域Lに付加された偏光フィルタの透過軸と、右側のフィルタ領域Rに付加された偏光フィルタの透過軸との間には、一定の角度差 θ が ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) 与えられている。

【 0 0 3 2 】

図1に示す例において、入射光透過部120は、撮影レンズ109と撮像素子110との間に配置されているが、入射光透過部120の位置は、この例に限定されない。入射光透過部120は、被写体と撮影レンズ109との間に配置されてもよい。また、入射光透過部120は、撮影レンズ120と一体化されていてもよい。

10

【 0 0 3 3 】

入射光透過部120は、撮像素子110から離れている。撮像素子110から入射光透過部120までの距離は、撮影レンズ109から入射光透過部120までの距離の方よりも長い。

【 0 0 3 4 】

入射光透過部120の典型例は、例えばガラス板などから形成された透明基板と、この透明基板の所定領域に張り付けられた一对の偏光フィルタとを備えている。この場合、透明基板のうち、偏光フィルタが張り付けられていない領域が、透明領域Cとして機能する。入射光透過部120の他の例は、一对の偏光フィルタと、偏光フィルタを保持する部材とから構成され得る。この場合、透明領域Cは、空気から構成されていてもよい。

20

【 0 0 3 5 】

本発明では、被写体を偏光照明で照らすため、被写体からの戻り光も偏光している。戻り光の一部は、入射光透過部120の透明領域Cを透過し、残りの一部は偏光フィルタ領域Lまたは偏光フィルタ領域Rを透過する。

【 0 0 3 6 】

図4(a)および(b)は、それぞれ、撮像素子110の撮像面の構成例を示す図である。図4(a)に示すように撮像面には、複数の光感知セル(フォトダイオード)が行および列状(X-Y方向)に規則的に配列されている。カラー撮像の場合には、図4(b)に示すようにRGB3種の波長の光を透過するカラーモザイクフィルタが設置される。個々の光感知セルは、光電変換により、入射した光の量に応じて電気信号を生成する。この部分は一般的な単板カラー撮像素子を用いることができる。このように撮像素子110としては、従来カラー輝度画像用のものを利用できる。本実施形態では、照明光を直線偏光として、その偏光面を回転させながら撮像することによって被写体の表面情報を取得することが可能になる。

30

【 0 0 3 7 】

図5は、偏光照明における偏光面の角度 θ の定義を示す図である。撮像側から被写体に向かって仮想的な焦点面であるX-Y座標系を設定している。偏光面の角度 θ は、X軸の方向を 0° として図5に示すように定義するものとする。角度 θ が反射において保存される場合には、反射光の偏光面の角度と入射光の偏光面の角度は同一となる。偏光面の角度 θ を増加または減少させていくと、 180° の周期で同一の偏光状態が繰り返される。すなわち、偏光面の角度 θ を変数とする関数は、 180° の周期を有する周期関数である。なお、本明細書において、偏光照明における偏光面の角度 θ を、「入射偏光面角度」と称する場合がある。

40

【 0 0 3 8 】

図1から明らかなように、照明レンズ107の光軸と撮影レンズ109の光軸は略等しい。これは内視鏡での観察時に被写体上になるべく影を発生させないためである。

【 0 0 3 9 】

50

なお、内視鏡の通常の使い方では、非偏光を被写体に照射したい場合が多い。本発明では、例えば上記第1の画像から第3の画像までの別々の偏光画像を加算することによって非偏光の平均輝度画像を生成することができる。本発明者らの実験によると、偏光面の角度 I が等間隔の複数の偏光を被写体に照射したときの戻り光の画像を加算すると、偏光の効果が打ち消されるため、結果的に非偏光照明を用いたのと同様の効果が得られることが判明している。

【0040】

次に偏光照明の偏光面を回転した時の入射光透過部120の偏光フィルタ領域および透明領域を透過した光の輝度について説明する。

【0041】

図6は、入射角がゼロに近い偏光Lが、滑らかな平坦な表面に入射したときの戻り光Vをカメラで観測する様子を示している。図6(a)、(b)では、入射する偏光の偏光面が90°異なっているが、戻り光の直線偏光状態はほぼ入射光の状態と同一となる。これは以下の理由による。

【0042】

図7は、フレネル理論による鏡面反射率の入射角依存性を示すグラフで横軸が入射角、縦軸がフレネル反射率を示す。屈折率は $n = 1.8$ を想定した。

【0043】

垂直入射とみなせる0°~15°付近の入射角度は、範囲701に相当する。グラフから読み取れるように、この範囲701では、P波もS波も反射率がほぼ同一である。したがって、偏光がほぼ垂直に表面に入射した場合には、表面に対するP波とS波という偏光の区別が無くなって同じ挙動で反射する。なお、この事実は、屈折率 $n = 1.4 \sim 2.0$ の自然物体において、広く成立する。

【0044】

以上のように滑らかな表面に対して偏光が、ほぼゼロ度の入射角度で入射し、それが1回反射して観測される場合、偏光照明の偏光面の角度 I はそのまま観測される戻り光の偏光の角度になる。したがって、観測される側では入射してくる偏光の I の値を既知とすることができる。

【0045】

図8は、図3の入射光透過部120から偏光フィルタを取り除いた状態を模式的に示す図である。被写体のある点からの戻り光を構成する光線のうち、領域L、領域R、および領域Cを透過した光線は、撮影レンズの働きにより、結像面上の一点に集まる。言い換えると、撮像面上の特定画素で観測される輝度 I は、領域L、領域R、および領域Cの各々を通過して撮像面上に生じた像の特定画素における輝度である。領域L、領域R、および領域Cの各々を通過した光線による輝度を、それぞれ、 I_L 、 I_R 、 I_C のとすると、撮像面上の特定画素で観測される輝度 I は、輝度 I_L 、 I_R 、 I_C の和になる。

【数1】

$$I = I_L + I_R + I_C \quad (\text{式1})$$

【0046】

図9は、ある画素について、被写体からの戻り光が、偏光フィルタの無い状態における入射光透過部120の領域L、領域C、および領域Rを透過する様子を模式的に示す図である。偏光フィルタが無い場合、領域L、領域C、および領域Rを透過した光の輝度は、式1で示されるように3つの領域を透過してきた光の輝度の単純な合計値になる。実際の入射光透過部120の領域Lおよび領域Rには、それぞれ、透過軸の方向が異なる偏光フィルタが付加されている。このため、偏光フィルタを透過する光の量は、入射光(被写体からの戻り光)の偏光方向と偏光フィルタの透過軸との角度に依存して変化することになる。なお、図6および図7を参照して説明したように、被写体の平坦面で反射した光の偏光方向は、被写体を照明する光の偏光方向に一致している。このため、偏光照明の偏光面

10

20

30

40

50

の角度を制御すれば、入射光透過部 120 に入射する光（被写体からの戻り光）の偏光面を調整することができる。

【0047】

図10(a)は、フィルタ領域Lにおける偏光フィルタの透過軸の角度を0°、フィルタ領域Rにおける偏光フィルタの透過軸の角度を45°に設定した入射光透過部を示している。透過軸の角度についても、図5に示す角度 ψ_I と同様に定義する。この例では、左右の偏光フィルタの透過軸の角度差は45°である。図10(b)は、被写体を照射する照明光の偏光面の角度を示しており、これは、被写体からの戻り光の偏光面の角度に相当している。図10(a)に示される偏光フィルタの配置は、一例に過ぎない。フィルタ領域Lにおける偏光フィルタの透過軸の角度は、0°以外の角度に設定しても、以下に説明することが成立する。

10

【0048】

ここで、偏光フィルタの透過軸と、その偏光フィルタに入射する直線偏光の軸とが一致した場合の透過率を T_p とする。 T_p は、 $0 < T_p < 1$ を満足する。また、透明領域Cの透過率を理想的に1とする。角度 ψ_I を有する直線偏光で被写体を照明しているときに、入射光透過部120の領域L、R、Cを透過して観測される光の仮想的な輝度を、それぞれ、 IFL_{ψ_I} 、 IFR_{ψ_I} 、 IC_{ψ_I} とする。 IFL_{ψ_I} 、 IFR_{ψ_I} 、 IC_{ψ_I} は、それぞれ、以下の式2で表される。

【数2】

$$\begin{cases} IFL_{\psi_I} = T_p [\cos^2 \psi_I] I_L \\ IFR_{\psi_I} = T_p [\cos^2 (\psi_I - \alpha)] I_R \\ IC_{\psi_I} = I_C \end{cases} \quad (\text{式 2})$$

20

【0049】

実際に観測される輝度 I_{ψ_I} は、入射光透過部120の領域L、R、Cの各々を透過してきた光が合成されたものの輝度であるため、以下の式3で表される。

30

【数3】

$$\begin{aligned} I_{\psi_I} &= IFL_{\psi_I} + IFR_{\psi_I} + IC_{\psi_I} \\ &= T_p [\cos^2 \psi_I] I_L + T_p [\cos^2 (\psi_I - \alpha)] I_R + I_C = \begin{bmatrix} T_p \cos^2 \psi_I & T_p \cos^2 (\psi_I - \alpha) & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L \\ I_R \\ I_C \end{bmatrix} \end{aligned}$$

(式3)

40

【0050】

図11は、ある画素について、被写体からの戻り光が入射光透過部120の領域L、領域C、および領域Rを透過する様子を模式的に示す図である。レンズの働きにより、被写体からの戻り光は、領域L、R、Cの各々を透過した後、撮像面上に収束し、合成される。

【0051】

たとえば0°、45°、90度の異なる3つの偏光角 ψ_I の直線偏光で、順次、被写体を照明しながら、3つの画像を撮像すると、各画素の輝度について、次の連立方程式を得る。

【数4】

$$\begin{cases} I_0 = T_p I_L + T_p I_R \cos^2 \alpha + I_C \\ I_{45} = T_p \frac{1}{2} I_L + T_p I_R \cos^2 \left(\frac{\pi}{4} - \alpha \right) + I_C \\ I_{90} = 0 + T_p I_R \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) + I_C \end{cases} \quad (\text{式4})$$

10

【0052】

ここで、 I_0 は $\theta = 0^\circ$ のときに観測される輝度、 I_{45} は $\theta = 45^\circ$ のときに観測される輝度、 I_{90} は $\theta = 90^\circ$ のときに観測される輝度である。これらの輝度は、撮像素子110の各画素から得られる画素信号に相当している。

【0053】

式4を行列で表現すると、以下の式5が得られる。

【数5】

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_{45} \\ I_{90} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_p & T_p \cos^2 \alpha & 1 \\ \frac{T_p}{2} & T_p \cos^2 \left(\frac{\pi}{4} - \alpha \right) & 1 \\ 0 & T_p \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L \\ I_R \\ I_C \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} I_L \\ I_R \\ I_C \end{bmatrix} \quad (\text{式5})$$

20

【0054】

ここで行列Mの行列式は、以下の式6で表される。

【数6】

$$|M| = (T_p)^2 \begin{vmatrix} 1 & \cos^2 \alpha & 1 \\ \frac{1}{2} & \cos^2 \left(\frac{\pi}{4} - \alpha \right) & 1 \\ 0 & \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) & 1 \end{vmatrix} = (T_p)^2 \cos \alpha \sin \alpha = (T_p)^2 \frac{\sin 2\alpha}{2} \quad (\text{式6})$$

30

【0055】

したがって、 α が以下の式7で表される範囲にあれば、 $|M|$ が非0になるので、逆行列 M^{-1} が存在することになる。

【数7】

$$0 < \alpha < \frac{\pi}{2} \quad (\text{式7})$$

$(0^\circ < \alpha < 90^\circ)$

40

【0056】

逆行列 M^{-1} が存在すれば、以下の式8により、 I_0 、 I_{45} 、 I_{90} から輝度 I_L 、 I_R 、 I_C が算出される。

【数 8】

$$\begin{bmatrix} I_L \\ I_R \\ I_C \end{bmatrix} = M^{-1} \begin{bmatrix} I_0 \\ I_{45} \\ I_{90} \end{bmatrix} \quad (\text{式 8})$$

【0057】

なお、 $\alpha = 90^\circ$ では、行列 M の行列式 = 0 となって解が得られない。たとえば、0、1、2 という任意の偏光照射角の組み合わせの場合、式 (6) は以下のようなになるからである。

10

【数 9】

$$|M| = (T_p)^2 \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ \cos^2 \psi_1 & \sin^2 \psi_1 & 1 \\ \cos^2 \psi_2 & \sin^2 \psi_2 & 1 \end{vmatrix} = 0 \quad (\text{式 9})$$

【0058】

このことから α が 90° 以外の角であることは本発明の必要条件である。この点、一對の偏光フィルタが有する偏光透過軸を直交させる多くの偏光利用のシステムとは構成上大きく異なる。

20

【0059】

なお、今回は未知数の数と同じ数の偏光照明角を用いたが、より多くの偏光照明角にて観測し、逆行列を用いずに最小 2 乗法的に連立方程式を解いてもかまわない。たとえば偏光回転角を 0° 、 45° 、 90° 、 135° の 4 種類を用いてもかまわない。

【数 10】

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_{45} \\ I_{90} \\ I_{135} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_p & T_p \cos^2 \alpha & 1 \\ \frac{T_p}{2} & T_p \cos^2(\frac{\pi}{4} - \alpha) & 1 \\ 0 & T_p \cos^2(\frac{\pi}{2} - \alpha) & 1 \\ \frac{T_p}{2} & T_p \cos^2(\frac{3\pi}{4} - \alpha) & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L \\ I_R \\ I_C \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} I_L \\ I_R \\ I_C \end{bmatrix} \quad (\text{式 10})$$

30

【0060】

以前の (式 6) では、行列 M の行列式が非ゼロであることから M の階数 = 3 である。そこで、M に 1 行を付け加えて新たに作られた 4×3 行列 H の階数も 3 であることが結論でき、H と H の転置行列を乗算するとその結果の 3×3 行列の階数 = 3 であり、逆行列が存在する。そこで、以下の式のように最小 2 乗解を求めることができる。

40

【数 11】

$$\begin{bmatrix} I_L \\ I_R \\ I_C \end{bmatrix} = (H^t H)^{-1} H^t \begin{bmatrix} I_0 \\ I_{45} \\ I_{90} \\ I_{135} \end{bmatrix} \quad (\text{式 11})$$

【0061】

次に、図 12 を参照して、画像処理プロセッサ 108 における画像処理の例を説明する

50

。図12は、画像処理プロセッサ108における画像処理の流れを示すフローチャートである。

【0062】

前述したように、ステップS1001において、照明光の偏光面を変えながら撮影する。次に、ステップS1002において、逆行列を算出する。ステップS1003において、複数画像から左右の複数視点画像LL、RR、および通常画像CCを生成する。このように、本発明では、簡単な画素値演算で複数視点画像LLとRRを作成することができる。言い換えると、画像処理により、偏光フィルタ領域を透過した光と透明領域を透過した光とを分離できる。

【0063】

表示画像処理部121では、画像LLと画像RRを立体視用の表示画像に変換する。たとえば、高速でLL画像とRR画像とを切り替えて表示させる。この際、通常画像CCは表示をオン・オフのいずれでもかまわない。

【0064】

図13は、複数視点画像LL、RRと通常画像CCとを、表示部に交互に表示することにより立体視と通常視とを適宜切り替えて観察している様子を示す。立体表示部122には、期間T1の間にはLL画像のみが提示され(状態1101)、次の期間T2の間にはRR画像のみが提示され(状態1102)、次の期間T3の間にはCC画像のみが提示される(状態1103)。この映像は偏光フィルタ板などを透過させることによって直線または円偏光の光1107として発光する。観察者は液晶シャッタなどから構成される観察メガネ123をかけてこれを観察する。観察メガネの液晶シャッタは、立体表示部122に同期して偏光1107に対してオープン(透過)とクローズ(遮断)を繰り返す。すなわち、期間T1の間はL液晶シャッタがオープンでR液晶シャッタがクローズ(状態1104)となる。期間T2の間はL液晶シャッタがクローズでR液晶シャッタがオープン(状態1105)となる。期間T3の間はL液晶シャッタ、R液晶シャッタともにオープン(状態1106)となる。短時間に期間T1と期間T2を繰り返すことによって人間の視覚系では立体視が成立する。

【0065】

図14は、時間軸上で期間T1、T2、T3の組み合わせを示す図である。図14(a)は、立体視期間と通常視期間が切り替えられる場合を示している。内視鏡への適用では、通常視期間を利用して従来のカラー画像の観察を実施し、たとえば胃内部の全体的なスクリーニング観察を行う。この場合はカメラと照明が胃壁から遠距離(約50mm以上)に位置するため、照明光を有効に使う必要があり、明るい感度のよいCC画像を用いて観察する。そして一旦病変部を発見した場合には、患部に接近(たとえば5mm以下)するため、照明光が十分明るくなりその結果、左右の小面積の偏光フィルタ領域LおよびRを透過した光による感度が低下した画像でも、十分観察が容易になる。そのため、立体視に切り替えて病変部の凹凸を詳細に観察するという両方の特性を生かした使い方ができる。動作としては立体視期間には、期間T1と期間T2が繰り返され、通常視は期間T3だけが継続するようにする。

【0066】

図14(b)は、立体視と通常視が混合している場合を示している。この例では、期間T1、T2、T3が交互に繰り返される。この場合は、立体視の期間には光量が低下し感度低下が発生していることから、期間T1と期間T2を期間T3に比べて若干長めにしてもよい。

【0067】

表示画像処理部121はさらに追加の処理を行ってもよい。たとえば画像CCは視差を示す画像ではないが、複数視点画像と類似している箇所も有り得る。このため、類似している場所は複数視点画像に画像CCを加えることにより、感度の高い複数視点画像LL及びRRを生成することもできる。

【0068】

10

20

30

40

50

以上の処理によって内視鏡で臓器の壁の表面の凹凸を立体視できる。このため、本実施形態によれば、内視鏡の欠点の1つである表面凹凸の観察が困難である、という課題を解決することができる。

【0069】

上記の実施形態では、偏光フィルタ領域の個数は2であるが、本発明における偏光フィルタ領域の個数は3個以上であってもよい。また、各偏光フィルタの位置は、水平方向にシフトしている必要はなく、垂直方向および/または斜め方向にシフトしていても、複数視点画像は得られる。そのような複数視点画像が得られれば、被写体表面の凹凸に関する3次元情報または視差画像を求めることが可能である。

【0070】

10

(第2の実施形態)

次に、図15を参照して本発明の第2の実施形態を説明する。図15(a)は、本発明の第2の実施形態における入射光透過部120を示す平面図である。本実施形態の立体画像撮影装置が図1で示す基本構成から異なる部分は、入射光透過部120の部分のみである。本実施形態の入射光透過部120では、透明領域CLが左側に設定され、1つの偏光フィルタ領域Rが右側に設置されることで複数視点画像の取得には、より簡単な構成を有している。入射する偏光照明は、図15(b)に示すように、偏光面の角度を0°と45°の2種として2枚の画像を撮像すればよい。透明領域を透過した光の輝度をICL、偏光フィルタ領域を透過した光の輝度をIRとして、照明偏光角度が0°と45°における観測輝度をそれぞれI0、I45とすると、実施形態の1と同様に、以下の式が成立する。

20

【数12】

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_{45} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_p \cos^2 0 & 1 \\ T_p \cos^2(\frac{\pi}{4}) & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L \\ I_{CL} \end{bmatrix} = T_p A \begin{bmatrix} I_R \\ I_{CL} \end{bmatrix} = T_p \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_R \\ I_{CL} \end{bmatrix} \quad (\text{式12})$$

【0071】

これを解くと、以下の式が得られる。

【数13】

30

$$\begin{bmatrix} I_R \\ I_{CL} \end{bmatrix} = T_p \begin{bmatrix} 2 & -2 \\ -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_0 \\ I_{45} \end{bmatrix} \quad (\text{式13})$$

【0072】

なお、この実施形態では、照明の偏光回転角を他の角度に設定してもよい。行列Aの行列式は、以下の式14で表される。

【数14】

$$|A| = 1 - \cos^2 \psi \neq 0 \quad (\text{式14})$$

40

したがって、 ψ は、たとえば0°と90°でもよい。

【0073】

この第2の実施形態では、レンズを通る光を、入射光透過部を用いて2分割するだけなので構成が簡素になる利点がある。左右の画像の光量が異なり、そのままでは立体視が困難な場合も考えられるが、図14を参照しながら説明したように、人間への提示期間の長さを変えて略等しい輝度にて観察することも可能であるし、画像処理によって輝度補正をかけることも可能である。

【0074】

以上述べたように本発明の好ましい実施形態では、入射光透過部120に遮光部が無い

50

ので、単眼で立体視が可能な明るい複数視点画像を得ることができる。また、偏光面が回転する偏光照明と少なくとも1つの偏光フィルタを使うことにより、従来技術で利用されていたような偏光撮像素子が不要となり、通常のカラー輝度撮像素子を使うことができる。このため、従来技術のような解像度低下が発生しない利点がある。

【0075】

演算により、偏光フィルタ領域を透過した光から透明領域を透過した光を分離できるため、従来の通常レンズを用いた撮像素子と同様の通常のカラー観察も同時に可能となる。このため、従来技術のように撮像光学系が2重に必要なこともない。すなわち本実施形態の内視鏡は、立体視のための視差画像の取得と従来の輝度画像撮像の両方を1つの動作モードにて同時に取得することができるという大きな利点がある。

10

【産業上の利用可能性】

【0076】

本発明は、医療用内視鏡、皮膚科、歯科、内科、外科などのメディカル用途のカメラ、工業用内視鏡、指紋撮像装置、表面検査装置など被写体の表面凹凸の観察、検査、認識を必要とする画像処理分野に広く適用可能である。

【符号の説明】

【0077】

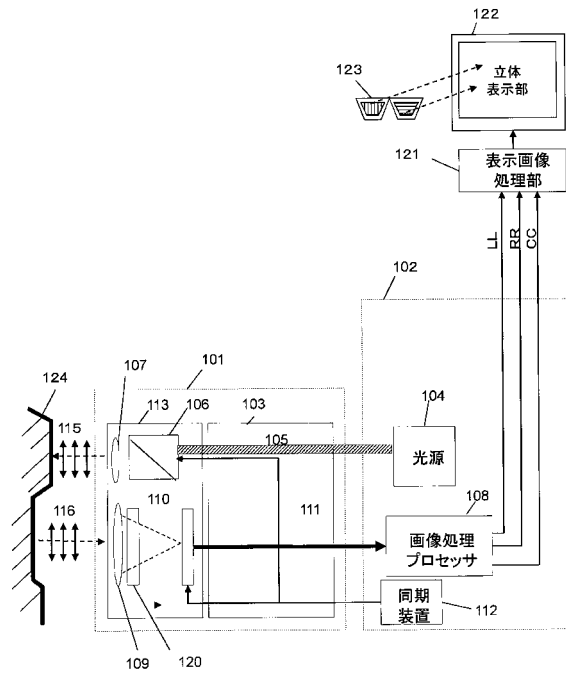
101	内視鏡	
102	制御装置	
103	挿入部	20
104	光源	
105	ライトガイド	
106	偏光面制御素子	
107	照明レンズ	
108	画像処理プロセッサ	
109	撮影レンズ	
110	撮像素子	
111	映像信号線	
112	同期装置	
113	先端部	30
115	照射される偏光	
116	戻り光の偏光	
120	入射光透過部	
121	表示画像処理部	
122	立体表示部	
123	観察メガネ	
124	被写体表面	
CC	通常画像	
LL	左視差画像	
RR	右視差画像	40

【要約】

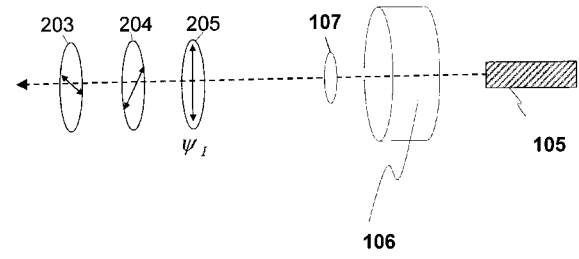
偏光面制御素子106は、偏光板と液晶素子から構成されており、電圧により非偏光を任意の偏光面の直線偏光と変換できる。同期装置112は、偏光面制御素子106に偏光面回転の指示を送り照明の偏光面を回転させ被写体に照射すると同時に撮像素子110に撮影開始信号を送って映像を取得し、これを複数回実施する。撮像映像の信号は映像信号線111を経由して画像処理プロセッサ108に送られる。そこで左右の偏光開口と中心に位置する非偏光部と通過する画像である各LL、RR、CC画像を分離生成し、左右視差画像を生成して立体表示部122に送る。

【選択図】図1

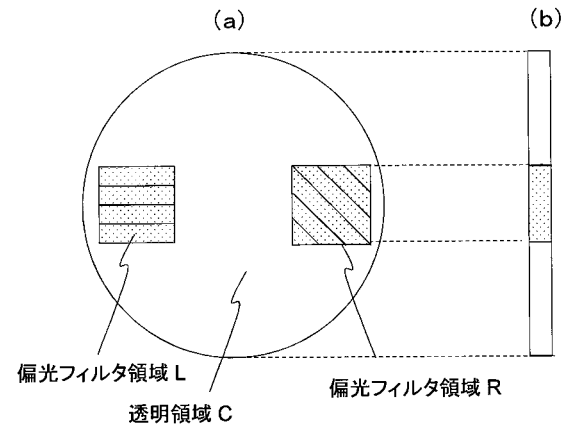
【図1】



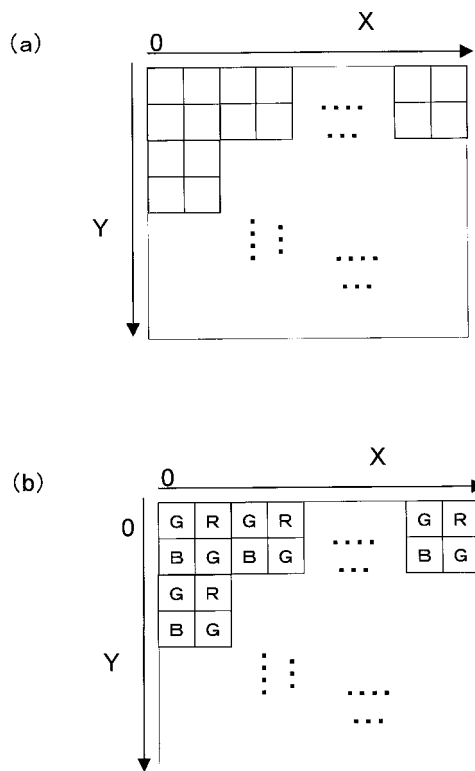
【図2】



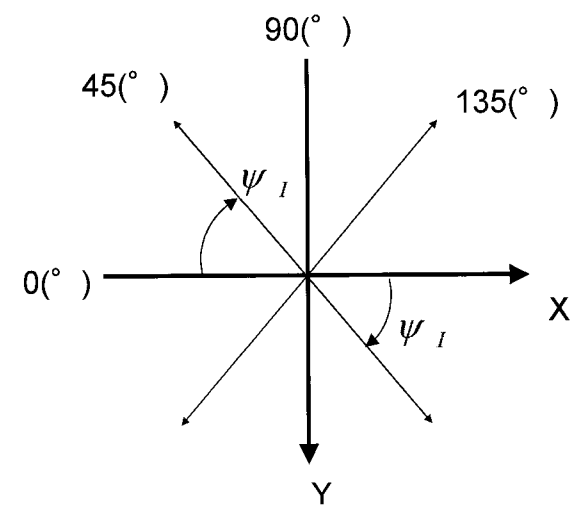
【図3】



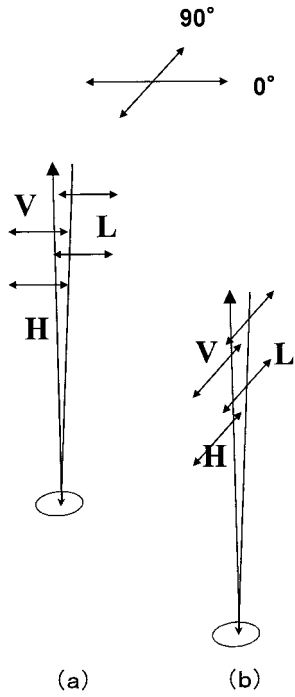
【図4】



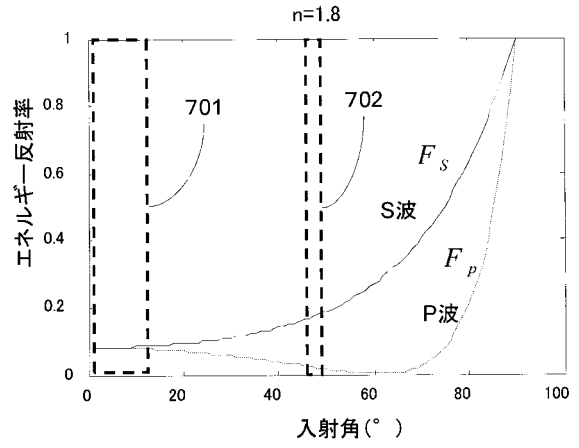
【図5】



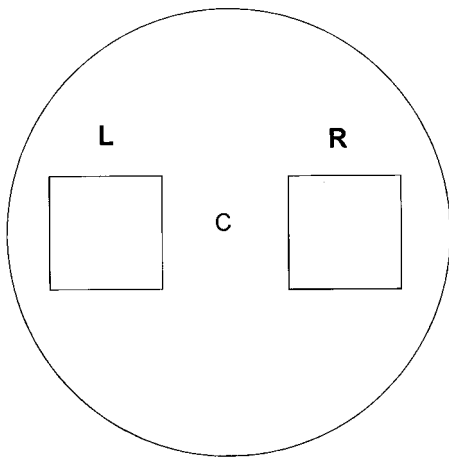
【図6】



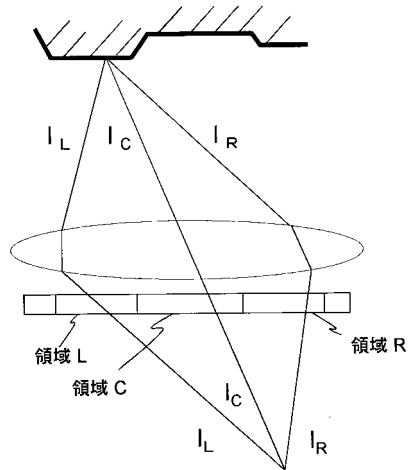
【図7】



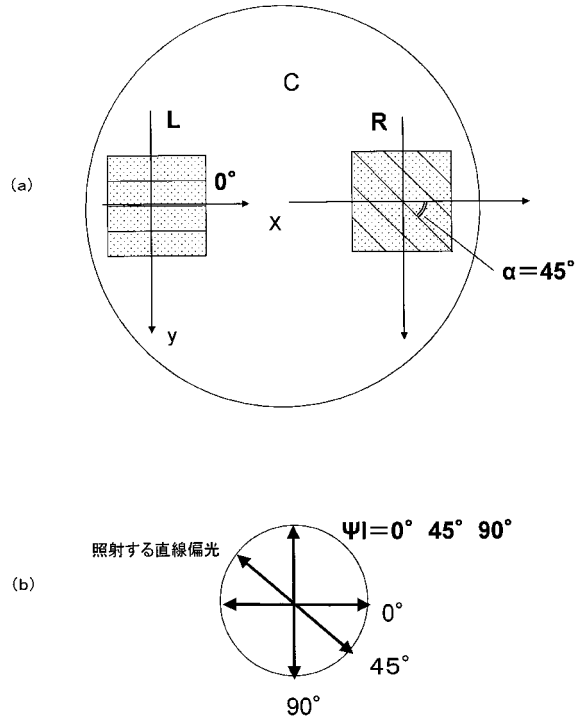
【図8】



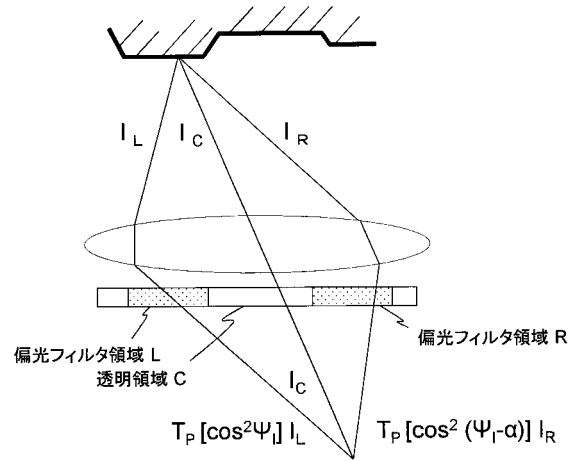
【図9】



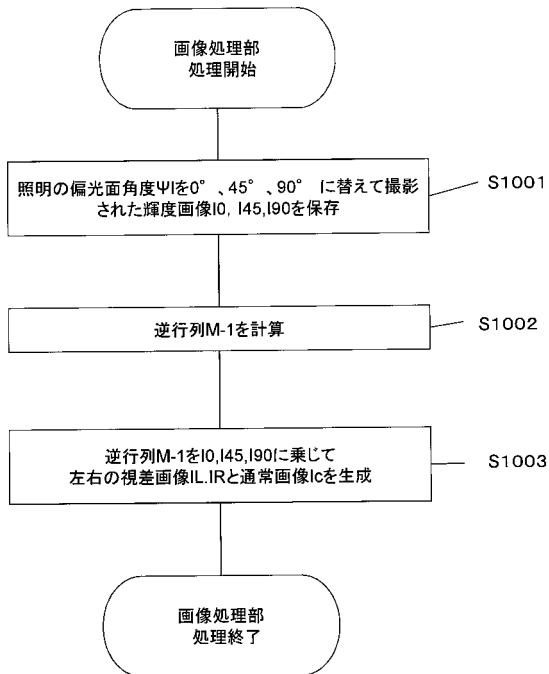
【図10】



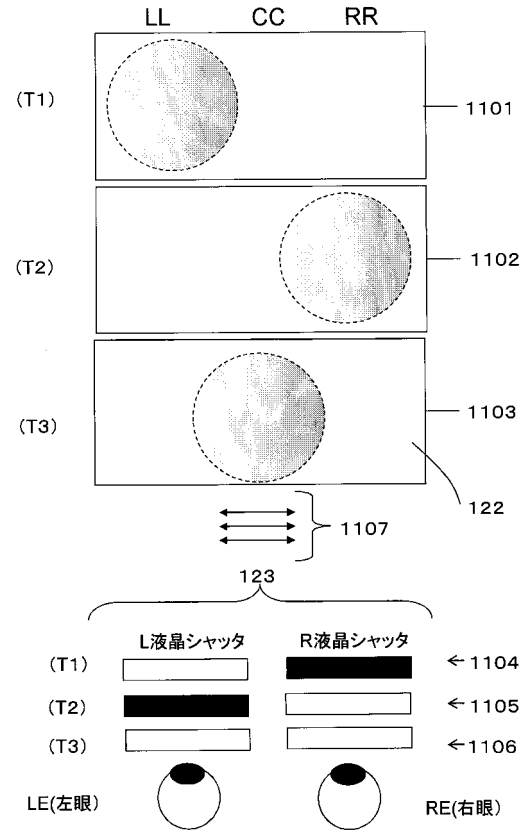
【図11】



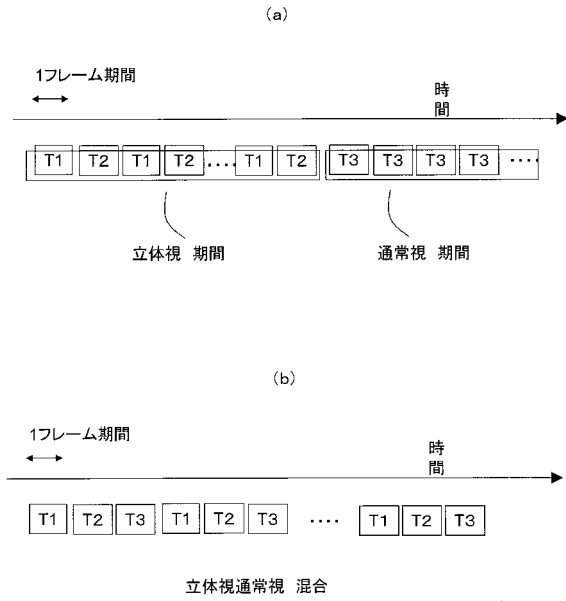
【図12】



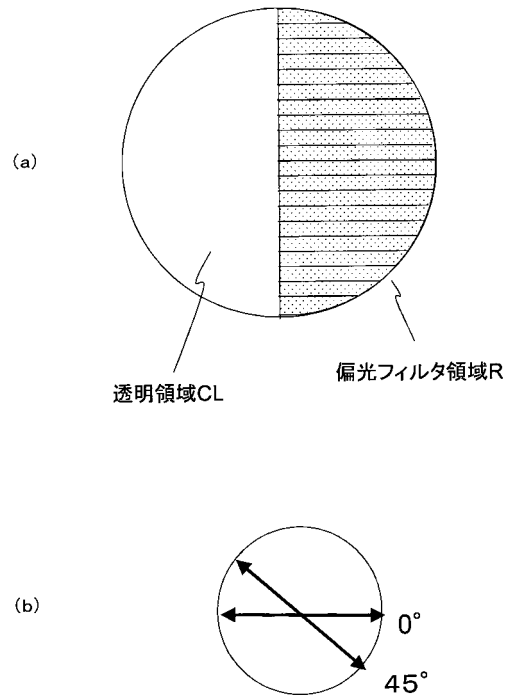
【図13】



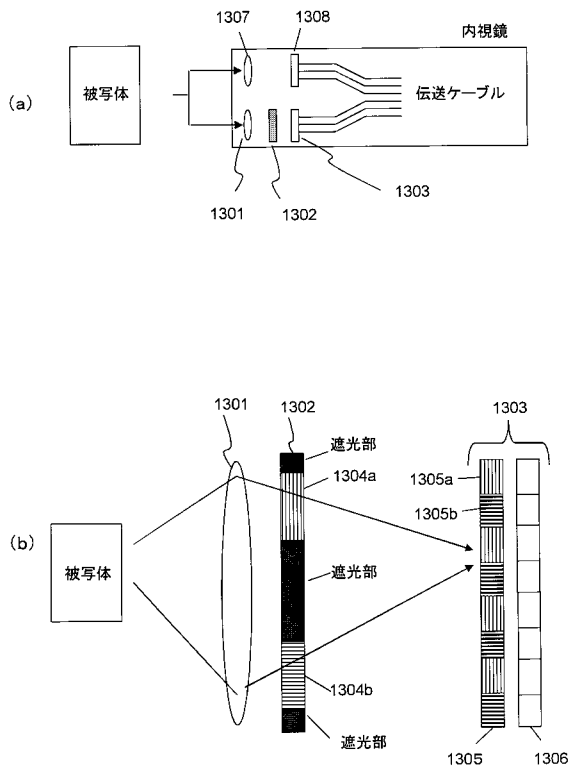
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.			F I		
A 6 1 B	1/00	(2006.01)	G 0 1 C	3/06	1 1 0 B
A 6 1 B	1/04	(2006.01)	G 0 1 C	3/06	1 4 0
H 0 4 N	13/02	(2006.01)	A 6 1 B	1/00	3 0 0 Y
G 0 3 B	35/18	(2006.01)	A 6 1 B	1/04	3 7 2
			A 6 1 B	1/00	3 0 0 D
			H 0 4 N	13/02	
			G 0 3 B	35/18	

- (72)発明者 金森 克洋
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
- (72)発明者 平本 政夫
大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

審査官 藤原 敬利

- (56)参考文献 特開2009-246840(JP,A)
特開2010-104424(JP,A)
特開2001-016611(JP,A)
特開平09-090241(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- H04N 5/222- 5/257
A61B 1/00 - 1/32
G01B 11/00 -11/30
G01C 3/00 - 3/32
G03B 35/00 -37/06
H04N 13/00 -17/06

专利名称(译)	立体图像捕获设备和内窥镜		
公开(公告)号	JP4971532B1	公开(公告)日	2012-07-11
申请号	JP2012504217	申请日	2011-09-20
申请(专利权)人(译)	松下电器产业株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	松下电器产业株式会社		
[标]发明人	金森克洋 平本政夫		
发明人	金森 克洋 平本 政夫		
IPC分类号	A61B1/04 H04N13/02 G01C3/06 G03B35/18 H04N5/238 H04N5/232 A61B1/00 G01B11/24 H04N5/225		
CPC分类号	A61B1/00193 A61B1/06 H04N13/0253 A61B1/00096 A61B1/0646 G03B35/08 H04N13/0207 G03B35/18 H04N13/207 H04N13/254		
FI分类号	A61B1/04.372 G01C3/06.110.B A61B1/00.300.Y G03B35/18 H04N5/238.Z H04N13/02 A61B1/00.300.D H04N5/225.C H04N5/225.Z G01C3/06.140 G01B11/24.K H04N5/232.Z		
代理人(译)	奥田诚治 三宅明子		
优先权	2010268281 2010-12-01 JP		
其他公开文献	JPWO2012073413A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

偏振面控制元件106由偏振片和液晶元件构成，并且可以通过电压将非偏振光转换为具有任意偏振面的线偏振光。同步装置112将偏振面旋转指令发送到偏振面控制元件106以旋转照明的偏振面以照亮被摄体，同时将拍摄开始信号发送到图像拾取元件110以获取图像，并且执行多次。要做。所拾取图像的信号经由图像信号线111被发送到图像处理器108。因此，分别产生左右偏振光孔，位于中心的非偏振部分以及作为通过图像的LL，RR和CC图像，并且产生左右视差图像并将其发送到立体显示单元122。

$$I = I_L + I_R + I_C$$