

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-63928

(P2016-63928A)

(43) 公開日 平成28年4月28日(2016.4.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 0 0 D	2 G 0 5 9
A 6 1 B 1/04 (2006.01)	A 6 1 B 1/04 3 7 0	2 H 0 4 0
A 6 1 B 1/06 (2006.01)	A 6 1 B 1/06 A	2 H 1 4 8
G 0 1 N 21/21 (2006.01)	G 0 1 N 21/21 Z	2 H 1 4 9
G 0 2 B 23/26 (2006.01)	G 0 2 B 23/26 B	4 C 1 6 1
審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 33 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2014-194092 (P2014-194092)
 (22) 出願日 平成26年9月24日 (2014.9.24)

(71) 出願人 314012076
 パナソニックIPマネジメント株式会社
 大阪府大阪市中央区域見2丁目1番61号
 (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 100180529
 弁理士 梶谷 美道
 (74) 代理人 100125922
 弁理士 三宅 章子
 (74) 代理人 100135703
 弁理士 岡部 英隆
 (74) 代理人 100188813
 弁理士 川喜田 徹

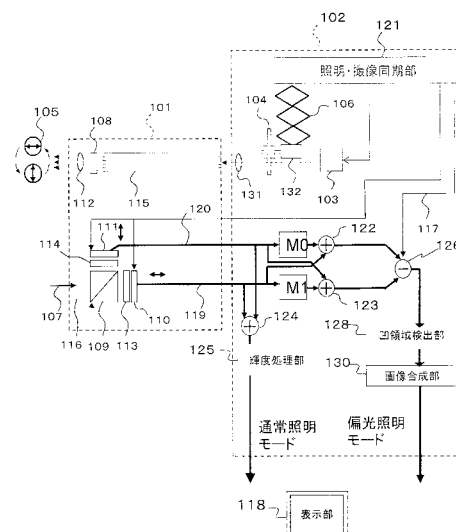
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 偏光撮像装置、偏光画像処理装置、およびカラー偏光複合モザイクフィルタ

(57) 【要約】

【課題】質の向上した偏光画像を生成する偏光画像取得装置および偏光画像処理装置を提供する。

【解決手段】本開示の偏光画像取得装置は、互いに重複しない異なる波長帯域を有するP種類（Pは2以上の整数）の照明光を順次発生する光源部（103、104、132）と、P種類の照明光に対応するP個の異なる偏光透過方向を有するP種類の偏光フィルタを含むP種類以上の複数の偏光フィルタが面上に配列されたカラー偏光複合モザイクフィルタであって、照明光が入射する位置に配置され、P種類の照明光が順次入射すると、照明光を相互に偏光方向が異なるP種類の偏光照明光に変換して出射するカラー偏光複合モザイクフィルタ108と、P種類の照明光で被写体が順次照射されるたびに被写体からの戻り光（107）の画像を取得する偏光撮像素子であってP個以上の異なる偏光透過方向に偏光したP種類以上の偏光画像を取得するように構成された偏光撮像素子（110、111、113、114）とを備える。



【選択図】図7

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

互いに重複しない異なる波長帯域を有する P 種類 (P は 2 以上の整数) の照明光を順次発生する光源部と、

前記 P 種類の照明光に対応する P 個の異なる偏光透過方向を有する P 種類の偏光フィルタを含む P 種類以上の複数の偏光フィルタが面上に配列されたカラー偏光複合モザイクフィルタであって、前記照明光が入射する位置に配置され、P 種類の前記照明光が順次入射すると、前記照明光を相互に偏光方向が異なる P 種類の偏光照明光に変換して出射する、カラー偏光複合モザイクフィルタと、

前記 P 種類の照明光で被写体が順次照射されるたびに、前記被写体からの戻り光の画像を取得する偏光撮像素子であって、P 個以上の異なる偏光透過方向に偏光した P 種類以上の偏光画像を取得するように構成された偏光撮像素子と、
を備え、

前記照明光の P 種類の偏光方向の各々に平行な偏光透過方向に偏光した光によって撮像された P 種の平行ニコル画像と、

前記照明光の P 種類の偏光方向の各々に垂直な偏光透過方向に偏光した光によって撮像された P 種の直交ニコル画像と
を取得する、偏光撮像装置。

【請求項 2】

前記光源部は、光の波長帯域が互いに重複しない、くし型の発光スペクトル分布を有する異なる 2 種類の波長帯域の白色照明光を交互に発生するように構成されており、

前記白色照明光を伝播するライトガイドを更に備え、

前記カラー偏光複合モザイクフィルタの偏光フィルタは、2 種類の白色照明光の波長帯域に対応する 2 個の異なる偏光透過方向を有する 2 種類の偏光フィルタであり、

前記偏光撮像素子は、カラー偏光撮像素子である、請求項 1 に記載の偏光撮像装置。

【請求項 3】

前記光源部は、可視光の B、G、R の 3 波長帯域をそれぞれに互いに重複しない 2 種類の発光スペクトル分布に分割した異なる色光の波長帯域の照明光を交互に発生するように構成されており、

前記照明光を伝播するライトガイドを更に備え、

前記カラー偏光複合モザイクフィルタの偏光フィルタは、前記 B、G、R のそれぞれの波長域を分割した 2 種類の波長帯域に対応する 2 種の偏光透過方向を有する偏光フィルタであり、

前記偏光撮像素子は、モノクロ偏光撮像素子である、請求項 1 に記載の偏光撮像装置。

【請求項 4】

前記光源部は、前記光源部は、光の波長帯域が互いに重複しない、くし型の発光スペクトル分布を有する異なる 2 種類の波長帯域の白色照明光を交互に発生するように構成されており、

前記照明光を伝播するライトガイドを更に備え、

前記カラー偏光複合モザイクフィルタの偏光フィルタは、2 種類の白色照明光の波長帯域に対応する 2 個の異なる偏光透過方向を有する 2 種類の偏光フィルタであり、

前記偏光撮像素子は、モノクロ偏光撮像素子である、請求項 1 に記載の偏光撮像装置。

【請求項 5】

前記モノクロ偏光撮像素子は、4 個の異なる偏光透過方向に偏光した 4 種類の偏光画像を取得するように構成されている、請求項 3 または 4 に記載の偏光撮像装置。

【請求項 6】

前記光源部は、可視光の B、G、R の 3 波長帯域それぞれに互いに重複しない 4 種類の発光スペクトル分布に分割した異なる色光の波長帯域の照明光を交互に発生するように構成されており、

前記照明光を伝播するライトガイドを更に備え、

10

20

30

40

50

前記カラー偏光複合モザイクフィルタの偏光フィルタは、前記B、G、Rのそれぞれの波長域を分割した4種類の波長帯域に対応する4種の偏光透過方向を有する偏光フィルタであり、

前記偏光撮像素子は、前記4種類の偏光照明光が被写体に交互に照射される毎にその戻り光を画像として撮像する4種の偏光透過方向を有するモノクロ偏光撮像素子である、請求項1に記載の偏光撮像装置。

【請求項7】

前記カラー偏光複合モザイクフィルタは、
波長 λ_1 の光を透過する領域にて第1の偏光軸の直線偏光を透過し、
波長 λ_2 の光を透過する領域にて第2の偏光軸の直線偏光を透過し、
波長 λ_3 の光を透過する領域にて偏光選択動作をしないように構成されている、請求項1に記載の偏光撮像装置。

10

【請求項8】

前記偏光撮像装置は内視鏡である、請求項1から7のいずれかに記載の偏光撮像装置。

【請求項9】

前記偏光撮像素子で取得された画像のデータを受け取り、処理する画像処理装置を更に備え、

前記画像処理装置は、

前記照明光のP種類の偏光方向の各々に平行な偏光透過方向に偏光した光によって撮像されたP種の平行ニコル画像の和または平均値と、

20

前記照明光のP種類の偏光方向の各々に垂直な偏光透過方向に偏光した光によって撮像されたP種の直交ニコル画像の和または平均値と
を生成し、出力するように構成されている、請求項1から8のいずれかに記載の偏光撮像装置。

【請求項10】

互いに重複しない異なる波長帯域を有するP種類（Pは2以上の整数）の照明光を順次発生する光源部と、

前記P種類の照明光に対応するP個の異なる偏光透過方向を有するP種類の偏光フィルタを含むP種類以上の複数の偏光フィルタが面上に配列されたカラー偏光複合モザイクフィルタであって、前記照明光が入射する位置に配置され、P種類の前記照明光が順次入射すると、前記照明光を相互に偏光方向が異なるP種類の偏光照明光に変換して出射する、カラー偏光複合モザイクフィルタと、

30

前記P種類の照明光で被写体が順次照射されるたびに、前記被写体からの戻り光の画像を取得する偏光撮像素子であって、P個以上の異なる偏光透過方向に偏光した画像を取得するように構成された偏光撮像素子と、

画像処理装置と、

を備え、

前記画像処理装置は、前記偏光撮像素子で取得された画像のデータを受け取り、

前記照明光のP種類の偏光方向の各々に平行な偏光透過方向に偏光した光によって撮像されたP種の平行ニコル画像の和または平均値と、

40

前記照明光のP種類の偏光方向の各々に垂直な偏光透過方向に偏光した光によって撮像されたP種の直交ニコル画像の和または平均値と
を生成し、出力するように構成されている、偏光画像処理装置。

【請求項11】

互いに重複しない異なる波長帯域を有するP種類（Pは2以上の整数）の照明光が順次入射する状態で使用されるカラー偏光複合モザイクフィルタであって、

前記P種類の照明光に対応するP個の異なる偏光透過方向を有するP種類の偏光フィルタを含むP種類以上の複数の偏光フィルタを備え、前記偏光フィルタは面上に配列されており、

P種類の前記照明光が順次入射すると、前記照明光を相互に偏光方向が異なるP種類の

50

偏光照明光に変換して出射するように構成されている、カラー偏光複合モザイクフィルタ。

【請求項 12】

前記カラー偏光複合モザイクフィルタは、
波長 λ_1 の光を透過する領域にて第1の偏光軸の直線偏光を透過し、
波長 λ_2 の光を透過する領域にて第2の偏光軸の直線偏光を透過し、
波長 λ_3 の光を透過する領域にて偏光選択動作をしないように構成されている、請求項11に記載のカラー偏光複合モザイクフィルタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本開示は、偏光撮像装置、偏光画像処理装置、およびカラー偏光複合モザイクフィルタに関する。

【背景技術】

【0002】

粘膜で覆われた、生体の臓器器官の壁表面に対して照明を照射して撮像する内視鏡の分野では、表面の色の変化と同時に、表面の微細な凹凸のテクスチャを確認する必要がある。この表面テクスチャは、例えば胃における胃小区のように平均サイズが0.5～1.0mm、深さが0.1～0.2mm程度の半透明の微細な凹凸である。これを内視鏡によって輝度の陰影でとらえることは非常に難しいため、現在はインジゴカルミン溶液など青色色素液体を粘膜上に撒布して、液体が溝にたまる状態を輝度で観察している。

20

【0003】

しかし、この処理では、粘膜上に液体を吹き付けるために出血したり、粘膜の色が変わってしまうなどの問題があった。このような表面の凹凸を観察したいという課題に対して偏光照明と偏光撮像が有効である。従来、偏光を用いた内視鏡（偏光内視鏡）が提案されており、その基本構成は直線偏光の照明の偏光軸を順次変えながら、偏光撮像を実施する。そのため、内視鏡先端より偏光軸を順次変化させつつ直線偏光を照射する必要がある。そのための偏光照明装置の構成については、特許文献1から3に記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0004】

【特許文献1】特開2012-45029号公報

【特許文献2】特開2012-40224号公報

【特許文献3】特許5341285号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に開示された従来技術では、特殊な偏光維持ファイバを用いたライトガイドを使うため、照明効率が悪い上、複数本のライトガイドが必要である。また特許文献2に開示された技術では、内視鏡先端部に直線偏光面を自在に制御するための複雑な機能光学素子を内蔵する必要がある。いずれにも、内視鏡挿入部、および先端部の口径が太くなるという課題があった。

40

【0006】

一方、特許文献3に開示された技術では、通常のライトガイドと先端部の光学フィルタだけの構成が採用されている。しかし、特定の波長帯域で特定の偏光操作が行われる「波長選択型偏光素子」が用いられる。このため、同一波長帯域での偏光画像を取得、比較、演算できず、偏光画像の品質が低下する、という課題があった。

【0007】

本開示の実施形態は、偏光照明を被写体に照射した状態で質の向上した偏光画像を生成することのできる偏光画像取得装置および偏光画像処理装置、ならびにこれらの装置に使

50

用され得るカラー偏光複合モザイクフィルタを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本開示の偏光撮像装置は、ある態様において、互いに重複しない異なる波長帯域を有するP種類（Pは2以上の整数）の照明光を順次発生する光源部と、前記P種類の照明光に対応するP個の異なる偏光透過方向を有するP種類の偏光フィルタを含むP種類以上の複数の偏光フィルタが面上に配列されたカラー偏光複合モザイクフィルタであって、前記照明光が入射する位置に配置され、P種類の前記照明光が順次入射すると、前記照明光を相互に偏光方向が異なるP種類の偏光照明光に変換して出射する、カラー偏光複合モザイクフィルタと、前記P種類の照明光で被写体が順次照射されるたびに、前記被写体からの戻り光の画像を取得する偏光撮像素子であって、P個以上の異なる偏光透過方向に偏光したP種類以上の偏光画像を取得するように構成された偏光撮像素子とを備え、前記照明光のP種類の偏光方向の各々に平行な偏光透過方向に偏光した光によって撮像されたP種の平行ニコル画像と、前記照明光のP種類の偏光方向の各々に垂直な偏光透過方向に偏光した光によって撮像されたP種の直交ニコル画像とを取得する。

10

【0009】

ある態様において、前記光源部は、光の波長帯域が互いに重複しない、くし型の発光スペクトル分布を有する異なる2種類の波長帯域の白色照明光を交互に発生するように構成されており、前記白色照明光を伝播するライトガイドを更に備え、前記カラー偏光複合モザイクフィルタの偏光フィルタは、2種類の白色照明光の波長帯域に対応する2個の異なる偏光透過方向を有する2種類の偏光フィルタであり、前記偏光撮像素子は、カラー偏光撮像素子である。

20

【0010】

ある態様において、前記光源部は、可視光のB、G、Rの3波長帯域をそれぞれに互いに重複しない2種類の発光スペクトル分布に分割した異なる色光の波長帯域の照明光を交互に発生するように構成されており、前記照明光を伝播するライトガイドを更に備え、前記カラー偏光複合モザイクフィルタの偏光フィルタは、前記B、G、Rのそれぞれの波長帯域を分割した2種類の波長帯域に対応する2種の偏光透過方向を有する偏光フィルタであり、前記偏光撮像素子は、モノクロ偏光撮像素子である。

30

【0011】

ある態様において、前記光源部は、光の波長帯域が互いに重複しない、くし型の発光スペクトル分布を有する異なる2種類の波長帯域の白色照明光を交互に発生するように構成されており、前記照明光を伝播するライトガイドを更に備え、前記カラー偏光複合モザイクフィルタの偏光フィルタは、2種類の白色照明光の波長帯域に対応する2個の異なる偏光透過方向を有する2種類の偏光フィルタであり、前記偏光撮像素子は、モノクロ偏光撮像素子である。このモノクロ偏光撮像素子は、4個の異なる偏光透過方向に偏光した4種類の偏光画像を取得するように構成されていてもよい。

40

【0012】

ある態様において、前記光源部は、可視光のB、G、Rの3波長帯域それぞれに互いに重複しない4種類の発光スペクトル分布に分割した異なる色光の波長帯域の照明光を交互に発生するように構成されており、前記照明光を伝播するライトガイドを更に備え、前記カラー偏光複合モザイクフィルタの偏光フィルタは、前記B、G、Rのそれぞれの波長帯域を分割した4種類の波長帯域に対応する4種の偏光透過方向を有する偏光フィルタであり、前記偏光撮像素子は、前記4種類の偏光照明光が被写体に交互に照射される毎にその戻り光を画像として撮像する4種の偏光透過方向を有するモノクロ偏光撮像素子である。

【0013】

ある態様において、前記カラー偏光複合モザイクフィルタは、波長 λ_1 の光を透過する領域にて第1の偏光軸の直線偏光を透過し、波長 λ_2 の光を透過する領域にて第2の偏光軸の直線偏光を透過し、波長 λ_3 の光を透過する領域にて偏光選択動作をしないように構成されている。

50

【 0 0 1 4 】

ある態様において、前記偏光撮像装置は内視鏡である。

【 0 0 1 5 】

ある態様において、前記偏光撮像素子で取得された画像のデータを受け取り、処理する画像処理装置を更に備え、前記画像処理装置は、前記照明光の P 種類の偏光方向の各々に平行な偏光透過方向に偏光した光によって撮像された P 種の平行ニコル画像の和または平均値と、前記照明光の P 種類の偏光方向の各々に垂直な偏光透過方向に偏光した光によって撮像された P 種の直交ニコル画像の和または平均値とを生成し、出力するように構成されている。

【 0 0 1 6 】

本開示の偏光画像処理装置は、ある態様において、互いに重複しない異なる波長帯域を有する P 種類 (P は 2 以上の整数) の照明光を順次発生する光源部と、前記 P 種類の照明光に対応する P 個の異なる偏光透過方向を有する P 種類の偏光フィルタを含む P 種類以上の複数の偏光フィルタが面上に配列されたカラー偏光複合モザイクフィルタであって、前記照明光が入射する位置に配置され、P 種類の前記照明光が順次入射すると、前記照明光を相互に偏光方向が異なる P 種類の偏光照明光に変換して出射する、カラー偏光複合モザイクフィルタと、前記 P 種類の照明光で被写体が順次照射されるたびに、前記被写体からの戻り光の画像を取得する偏光撮像素子であって、P 個以上の異なる偏光透過方向に偏光した画像を取得するように構成された偏光撮像素子と、画像処理装置とを備え、前記画像処理装置は、前記偏光撮像素子で取得された画像のデータを受け取り、前記照明光の P 種類の偏光方向の各々に平行な偏光透過方向に偏光した光によって撮像された P 種の平行ニコル画像の和または平均値と、前記照明光の P 種類の偏光方向の各々に垂直な偏光透過方向に偏光した光によって撮像された P 種の直交ニコル画像の和または平均値とを生成し、出力するように構成されている。

【 0 0 1 7 】

本開示のカラー偏光複合モザイクフィルタは、ある態様において、互いに重複しない異なる波長帯域を有する P 種類 (P は 2 以上の整数) の照明光が順次入射する状態で使用されるカラー偏光複合モザイクフィルタであって、前記 P 種類の照明光に対応する P 個の異なる偏光透過方向を有する P 種類の偏光フィルタを含む P 種類以上の複数の偏光フィルタを備え、前記偏光フィルタは面上に配列されており、P 種類の前記照明光が順次入射すると、前記照明光を相互に偏光方向が異なる P 種類の偏光照明光に変換して出射するように構成されている。

【 0 0 1 8 】

ある態様において、前記カラー偏光複合モザイクフィルタは、波長 λ_1 の光を透過する領域にて第 1 の偏光軸の直線偏光を透過し、波長 λ_2 の光を透過する領域にて第 2 の偏光軸の直線偏光を透過し、波長 λ_3 の光を透過する領域にて偏光選択動作をしないように構成されている。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 9 】

本開示の実施形態によると、偏波を保存する特殊なライトガイドを使ったり、内視鏡の先端部に複雑な機能を有する素子を設置することなく、簡易に直線偏光照明の偏光面を交互に変化させることができる。さらに、得られた P 種類の平行、直交ニコル画像どうしを平均することにより、異なる波長帯域における偏光画像を用いているにもかかわらず、質の向上した偏光画像を得ることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 0 】

【 図 1 】 (a) および (b) は、いずれも、胃粘膜の内視鏡画像の図

【 図 2 】 臓器の表面粘膜の凹凸部の断面モデルを示す図

【 図 3 】 フレネル理論による光が媒質から出射する際の出射角と偏光度 D O P の関係を示すグラフ

10

20

30

40

50

【図 4】偏光照明を表面の溝に入射する際の反射光のエネルギーの説明図であり、(A) および (B) は、それぞれ、照明光が溝に対して 0° 、 90° の場合の図

【図 5】偏光照明を表面の溝に入射する際の反射光のエネルギーの説明図 (照明光が溝に対して 45° の場合の図)

【図 6】本開示の第 1 の実施形態における動作の原理を示す図

【図 7】本開示の第 1 の実施形態の偏光撮像装置を示す図

【図 8】本開示の第 1 の実施形態の光学フィルタホイールの構造を示す図

【図 9】本開示の第 1 の実施形態の光学フィルタホイールの 2 種類のフィルタにおける波長透過特性を示す図

【図 10】(A) から (C) は、本開示の第 1 の実施形態のカラー偏光複合モザイクフィルタの構造を示す図

10

【図 11】(A) および (B) は、光学フィルタホイールを透過する白色光とカラー偏光複合モザイクフィルタを透過する照明光の関係を示す図

【図 12】(A) から (D) は、本開示の第 1 の実施形態における偏光照明と偏光撮像の組み合わせにおける平均化偏光処理の効果を示す図

【図 13】本開示の第 1 の実施形態において平均化が照明光のスペクトル分布に与える影響を説明する図

【図 14】実施形態 1 の偏光撮像モードにおける照明と撮像およびメモリ M0、M1 との読み出し、書き出しのタイミングチャートの図

【図 15】実施形態 1 の通常光照明モードにおける照明と撮像およびメモリ M0、M1 との読み出し、書き出しのタイミングチャートの図

20

【図 16】凹領域検出部と画像合成部での偏光画像強調処理の説明図

【図 17】(A) および (B) は、平滑化フィルタと微分処理フィルタの例を示す図

【図 18】青色強調処理の処理を示す図

【図 19】(A) から (D) は、ブタ胃粘膜を被写体として実施した画像処理結果を示す図

【図 20】(A) および (B) は、本開示の第 2 の実施形態の波長選択型偏光板の構造を示す図

【図 21】本開示の第 3 の実施形態の構造を示す図

【図 22】本開示の第 3 の実施形態のモノクロ偏光イメージセンサの断面構造を示す図

30

【図 23】(A) から (C) は、本開示の第 3 の実施形態のモノクロ偏光イメージセンサの平面構造を示す図

【図 24】本開示の第 3 の実施形態の光学フィルタホイールの構造を示す図

【図 25】本開示の第 3 の実施形態の光学フィルタホイールの 6 種の色光の波長透過特性を示す図

【図 26】本開示の第 3 の実施形態において平均化が照明光のスペクトル分布に与える影響を説明する図

【図 27】(A) から (F) は、本開示の第 3 の実施形態における偏光照明と偏光撮像の組み合わせと平均化偏光処理の効果を示す図

【図 28 A】本開示の第 3 の実施形態の変形例 1 における構造を示す図

40

【図 28 B】本開示の第 3 の実施形態の変形例 1 における光学フィルタホイールの構造を示す図

【図 29】(A) から (C) は、本開示の第 3 の実施形態の変形例 2 に関するモノクロ偏光イメージセンサの構成を示す図

【図 30】(A) から (F) は、本開示の第 3 の実施形態の変形例 2 における平均化偏光処理の効果を示す図

【図 31】本開示の第 3 の実施形態の変形例 3 において平均化が照明光のスペクトル分布に与える影響を説明する図

【図 32】(A) および (B) は、本開示の第 3 の実施形態の変形例 3 におけるカラー偏光複合モザイクフィルタの構造を示す図

50

【図 3 3】(A) から (H) は、本開示の第 3 の実施形態の変形例 3 における偏光照明と偏光撮像の組み合わせと平均化偏光処理の効果を示す図

【図 3 4】(A) から (D) は、本開示の第 4 の実施形態のカプセル内視鏡の構成を示す図

【発明を実施するための形態】

【0021】

図 1 は、ヒトの胃の表面粘膜を内視鏡で観察した画像を示す。図 1 (a) は、通常のカラ画像を示しており、表面にはなだらかな起伏しか感じられない。すなわち消化器などを検察する内視鏡が、臓器表面に形成された透明または半透明の凹凸を検出することは通常のカラ画像処理では困難である。ここで、通常のカラ画像処理とは、非偏光の白色光を照射して得られるカラの輝度画像を得るための処理である。こうして得られたカラ画像を「カラ輝度画像」または単に「輝度画像」と称し、また、カラ輝度画像を得るための撮影を「カラ輝度撮影」と称する場合がある。

【0022】

一方、図 1 (b) は、インジゴカルミン液を撒布した後のカラ画像を示しており、表面の微細な凹凸のテクスチャ（サイズが 0.5 ~ 1.0 mm、深さが 0.1 ~ 0.2 mm 程度）が明瞭に確認できる。

【0023】

図 2 は、胃や腸の臓器表面に形成された凹凸断面を簡略化して示している。胃や腸の表面に存在する凹凸溝は、一般的には上に凸の台形状の繰り返し配列によって形成されていると考えられる。隣接する 2 つの凸部の間に位置する凹領域は、典型的には、ある方向に延びる小さな「溝」である。複数の溝は、局所的には略同じ方向に揃っているが、大局的には複雑な曲線状または他のパターンを示し得る。現実の被写体表面の凹凸は、ドット状の凹部または凸部を含み得るが、本明細書では、このような凹凸の凹部を単に「溝」または「凹溝」と称する場合がある。図 2 は、被写体の表面部における狭い領域内に存在する幾つかの溝を横切る断面を模式的に示している。簡単のため、以下の説明では、図 2 に示されるような凹部および凸部が図の紙面に対して垂直な方向に延びていると仮定してよい。

【0024】

内視鏡による観察は、撮影光軸の近傍に光源が配置された同軸照明であるため、図 2 に示された被写体に対して、その略直上から照明光を照射し、同じく被写体の略直上から撮影が行われる。このような同軸照明を用いた通常のカラ輝度撮影にて観察できる反射光には大きく 3 種ある。第 1 は表面にて光が反射する鏡面反射光（いわゆるハレーション）SR であり、第 2 は媒質内部に浸透し、表層で反射して戻ってくる表面散乱光 SR1 であり、第 3 は媒質のより下層まで多重散乱して浸透して表面から再出射される内部拡散光 DR である。第 1 の反射光（鏡面反射光）は、照射される光と撮影光軸とが正反射の条件に近い場合に限って発生するため、内視鏡の撮影シーンではごく局所的にしか発生しない。鏡面反射光の色は、照明の色すなわち白色であり、輝度は非常に強い。鏡面反射光による被写体像は、前記の正反射条件から、一般に被写体表面における凹凸の凸部にて強く明るく、凹部では弱く暗い。一方、第 2 の反射光（表面散乱光）と第 3 の反射光（内部拡散光）は、撮影シーンの全域に渡って観測される。これら 2 種の光の色は、媒質の色自身であり、輝度はそれほど強くないが媒質全体が大域的に光る。

【0025】

通常撮影では第 1 の鏡面反射光は写りこみを回避されることが多く、上記のうち第 2 と第 3 の反射光が重ねあわされて 1 つの輝度画像（撮影シーン）が形成される。

【0026】

次に、同じ図 2 を用いて、偏光を用いた際の現象を説明する。図 2 の例では、表面凹凸の凸部および凹部が延びる方向に平行な方向の偏光照明および垂直な方向の偏光照明を順次照射し、それぞれに対して平行ニコル状態の偏光画像と直交ニコル状態の偏光画像を観測している。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

まず、鏡面反射成分 S R は同軸照明状態での正反射であるから、照射された偏光の偏光状態と同じ偏光状態を維持する。このため、鏡面反射成分 S R は照明と同一の偏光になる。

【 0 0 2 8 】

一方、表面散乱光 S R 1 は、同じく、照明の偏光の性質を維持したまま、表面から戻ってくる。そこで、S R と S R 1 はいずれも照明偏光とほぼ同一の偏光の性質を有する。一方、内部拡散光の偏光 D R の偏光方向はこれとは異なる。媒質の深部にまで多重反射して到達した偏光はその影響によって偏光を崩されて非偏光（ランダム偏光）の光 D に変化している。そして、この非偏光 D が再度表面から空気中に戻ってくる。通常の平坦部では、この光 D は非偏光のまま出射されると考えられるが、表面に溝があると、傾斜した境界面ができるため、再度偏光して出射する。この屈折率が 1 より大きい媒質から空気中へ出射する際の偏光については、フレネル理論で決定される。

10

【 0 0 2 9 】

図 3 は、フレネル理論に基づいて求められた屈折率が 1 より大きい媒質から空気中へ出射する際の偏光の状態を示すグラフである。偏光度としてはやや弱いながら、横軸の出射角に対して透過率は常に P 偏光 > S 偏光となる。生体（水）、アクリル板などの屈折率を、それぞれ 1.33、1.49 程度とすると、出射角（E m i t t a n c e A n g l e）= 70° の場合、偏光度 D O P = 0.1（10% 弱）の偏光が観測されることがわかる。

20

【 0 0 3 0 】

ここでは、偏光照明を表面の溝に入射し、それを偏光撮像する場合の輝度コントラストについて、粘膜媒質内での吸収を無視して検討する。2 次元カメラ座標平面において図 4 と図 5 のように溝の方位角を 0° に固定し、偏光方向を 3 通りに変えて入射する。これを（L 0、L 90、L 45）などと表記する。輝度観測はカメラ前に設置した検光子の角度を同様に变化させて（C 0、C 90、C 45）のように実施する。L と C が平行ニコル状態にある場合を、直交状態にある場合を と表記する。

【 0 0 3 1 】

（1） L 0 C 0（ ） / L 0 C 90（ ） の場合（図 4（A））

入射した直線偏光のエネルギーを 1 とし、この偏光が媒質内で拡散して非偏光になる割合を d_1 とすると（S R）（S R 1）のように偏光を維持して反射する割合は（1 - d_1 ）となる。次に媒質中の非偏光光が媒質から空気中に再出射する際、直線偏光となる割合を p、非偏光のままの割合を（1 - p）とする。これらの反射光を C 0、すなわち 0° の偏光板を用いて観測すると、平行な直線偏光のエネルギーは完全透過するが、直交する直線偏光はゼロになり、非偏光の場合は、直線偏光板による観測でエネルギーは 1 / 2 になるから、L 0 での平行ニコル（ ）画像輝度は、以下のように表される。

30

$$L 0 C 0 = (1 - d_1) + d_1 (1 - p) / 2 = 1 - d_1 (1 + p) / 2 \cdots (式 1)$$

【 0 0 3 2 】

L 0 での直交ニコル（ ）画像の輝度は、以下のように表される。

$$L 0 C 90 = d_1 p + d_1 (1 - p) / 2 = d_1 (1 + p) / 2 \cdots (式 2)$$

40

【 0 0 3 3 】

（2） L 90 C 90（ ） / L 90 C 0（ ） の場合（図 4（B））

この場合の偏光が媒質内で拡散して非偏光になる割合を d_2 とすると、同様に平行ニコル（ ）画像の輝度は、以下のように表される。

$$L 90 C 90 = (1 - d_2) + d_2 p + d_2 (1 - p) / 2 = 1 - d_2 (1 - p) / 2 \cdots (式 3)$$

【 0 0 3 4 】

直交ニコル（ ）画像の輝度は以下のとおりである。

$$L 90 C 0 = d_2 (1 - p) / 2 \cdots (式 4)$$

【 0 0 3 5 】

50

(3) $L45C45$ () / $L45C135$ () の場合 (図5)

この場合は、偏光を 0° と 45° に $1/2$ のエネルギーで分解した後に、(式1) から (式4) を用いればよい。マリユスの法則より $\cos^2 45^\circ$ を用いて、平行ニコル () 画像の輝度は、以下のように表される。

$$L45C45 = 1/2 \times [\cos^2 45^\circ \times \{d_1 p + (1 - d_1) + d_2 p + (1 - d_2)\} + d_1/2 \times (1 - p) + d_2/2 \times (1 - p)] = 1/2 \cdots \cdots \text{(式5)}$$

【0036】

直交ニコル () 画像の輝度も同様に以下のように表される。

$$L45C135 = 1/2 \cdots \cdots \text{(式6)}$$

【0037】

次に、偏光差分観測における輝度コントラストを導出するため、まず上記の偏光が平坦な媒質に入射された場合を考える。同様に直線偏光が媒質内で d の割合で非偏光になると考えると平行ニコルでは偏光を維持した反射成分から $(1 - d)$ 、非偏光成分から $d/2$ の寄与があるので、 $1 - d/2$ が、また直交ニコルでは非偏光成分から $d/2$ の寄与のみとなる。

【0038】

以下の表1では、偏光の角度を考慮した溝部 (Groove-region) と平坦部 (Plane-region) における輝度についてまとめて掲載している。同時に偏光差分値 () および、それを用いた輝度コントラストを計算している。ここで輝度コントラストの定義は (平坦部輝度 Plane) / (溝部輝度 Groove) とした。計算の簡単化のため、表1における輝度コントラストの欄では、 $d_1 = d_2 = d$ とした。

【0039】

【表1】

	Groove-region			Plane-region			Contrast (Plane / Groove)
		⊥	// - ⊥		⊥	// - ⊥	
L0	$1 - \frac{d_1(1+p)}{2}$	$\frac{d_1(1+p)}{2}$	$1 - d_1(1+p)$	$1 - \frac{d}{2}$	$\frac{d}{2}$	$1 - d$	$1 + \frac{dp}{1-d(1+p)}$
L90	$1 - \frac{d_2(1-p)}{2}$	$\frac{d_2(1-p)}{2}$	$1 - d_2(1-p)$				$1 - \frac{dp}{1-d(1-p)}$
L45 (L135)	$1/2$	$1/2$	0				∞

【0040】

この表1から、実際の p 、 d の値について言及せずとも、L0の場合、およびL45 (L135) の場合について、輝度コントラストが1よりも向上することがわかる。そして、偏光差分を用いる場合の輝度コントラストは、L45 (L135) のとき、すなわち溝と偏光照明の偏光面の角度が 45° をなすときに理想的には ∞ まで最大となる。L0のとき、すなわち溝と偏光照明の偏光面とが平行のときがそれに続く1を超える値となる。L

90°、すなわち溝と偏光照明の偏光面が直交するときに最低で1以下の値となる。そこで、被写体表面に存在する溝の向きがランダムだと仮定し、それに対して照明の偏光向きが45°ずつ離散的に変動すると考えると、3/4 (= 75%) の確率で輝度コントラストが1よりも向上することになる。ここで25%の確率にてコントラストが低下する可能性も否定できない。しかしながら、本発明者の実験によると、偏光照明が0°と90°という2種類の照明光を照射し、それぞれについて後述する溝検出のための画像処理を実施し、その結果を画像として平均化した場合、通常の輝度画像での検出結果よりも良好な結果を得ることができている。45°と135°の2種類の照明光を使った場合には、当然、良好な結果が得られる。そこで、2種類の直交した偏光照明を利用して偏光差分観測を実施すれば、平坦部と溝部とを非常に良好なコントラストにて識別できる。以上が、本開示における溝部の検出の原理である。

10

【0041】

次に、従来の偏光を使わない輝度観測における輝度コントラストについて検討する。ここでは、通常の実験照明NPを使った場合の溝部と平坦部の輝度コントラストを検討する。溝部の場合には入射の方位角を φ 、観測の方位角を θ としてPとSの観測角につき、照明の φ を平均化すると1/2になるので、Pの場合、以下のように表される。

$$L(NP)P(\theta) = \frac{1}{2} \times [(1-d_1)\cos^2\theta + d_1 p \sin^2\theta] + \frac{1}{2} \times [d_2 p \sin^2\theta + (1-d_2)\cos^2\theta] + (1-p)(d_1+d_2)/4 \cdots \cdots (式7)$$

20

【0042】

また、Sの場合は、以下のように表される。

$$L(NP)S(\theta+90^\circ) = \frac{1}{2} \times [(1-d_1)\sin^2\theta + d_1 p \cos^2\theta] + \frac{1}{2} \times [d_2 p \cos^2\theta + (1-d_2)\sin^2\theta] + (1-p)(d_1+d_2)/4 \cdots \cdots (式8)$$

となる。輝度観測では検光子を有しないので、P+Sが観測される。一方、平坦部では、もともと異方性を有しないので表1のままでよい。以上から輝度コントラストを求めると表2のように1となり、溝部と平坦部は輝度では識別できないことがわかる。

30

【0043】

【表2】

Groove -region			Plane -region			Contrast (Plane / Groove)
P (θ)	S ($\theta+90^\circ$)	P + S	P (θ)	S ($\theta+90^\circ$)	P + S	
$\frac{1}{2} \times [(1-d_1)\cos^2\theta + d_1 p \sin^2\theta]$ $+\frac{1}{2} \times [d_2 p \sin^2\theta + (1-d_2)\cos^2\theta]$ $+(1-p)(d_1+d_2)/4$	$\frac{1}{2} \times [(1-d_1)\sin^2\theta + d_1 p \cos^2\theta]$ $+\frac{1}{2} \times [d_2 p \cos^2\theta + (1-d_2)\sin^2\theta]$ $+(1-p)(d_1+d_2)/4$	1	$1-d/2$	d/2	1	1

40

【0044】

50

表 1 と表 2 の比較から、図 1 で述べた表面粘膜の微細構造モデルにおいて、溝部の強調処理の原理は以下のようにまとめられる。

(i) 溝部と平坦部を識別する場合、非偏光の照明と輝度の観測では輝度コントラストが低く困難。

(i i) 偏光照明と偏光撮像を用いて偏光差分値 (-) を計算すると溝部と平坦部との輝度コントラストを大きく向上できる。

(i i i) ただし輝度コントラストは入射照明と溝部とが平面内でなす角度に依存し角度差 = 45° ($L45$) の場合に最大、角度差 = 90° ($L90$) の場合に最低、角度差 = 0° ($L0$) ではその中間となる。

(i v) 90° 異なる直交した 2 種類の照明を使って偏光差分値を計算し、最後に平均化処理で溝部の検出については検出漏れのない良好な結果が得られる。

【 0 0 4 5 】

なお、本発明者はブタの胃粘膜を用いて上記偏光差分画像を生成する実験をしたところ、カラー輝度画像ではほぼ不可視であった微細な溝部 (幅数 mm 程度) が平坦部に比較して暗くなって明瞭化され、コントラスト強調の効果が明らかになった。また、照射する照明を 0° と 90° と変化させると、表面ヒダ (10 mm 程度) など巨視的な表面構造物では明らかに偏光差分画像が変化した、微細溝部の走行方向とは直接相関は無かった。これは、微細溝の内部の斜面の表面が人工的な平滑面とは全く異なり表面法線が様々に変化しており、溝の走行方向との相関が低いために想像される。このような溝部では、照射する光の偏光角度と溝の走行角度とがランダムの影響で平均して 45° を形成していると考えられることができるため、表 1 のように溝部がほぼゼロ輝度となってコントラストが非常に高くなる。

【 0 0 4 6 】

以下、本開示の実施形態を説明する。

【 0 0 4 7 】

(第 1 の実施形態)

図 6 は、本開示における画像処理装置における偏光照明と偏光撮像の組み合わせの基本処理を示す図である。被写体に対して照明 L が、光の進行方向に垂直面内で 0° (水平) および、 90° (垂直) の偏光角に振動面を有する直線偏光として時間的に交互に切り替えて照射される。受光側カメラ C では、戻り光を受光して光を 2 分割し、照明と同様、平面内で 0° (水平) および、 90° (垂直) の面内で透過面を有する直線偏光フィルタにて 2 種類の偏光撮像が並列に行われる。すなわち、照明 L が 0° の場合に、平行ニコル画像 $L0C0$ と直交ニコル画像 $L0C90$ が取得され、照明 L が 90° の場合に、直交ニコル画像 $L90C0$ と平行ニコル画像 $L90C90$ とが取得される。

【 0 0 4 8 】

偏光撮像のアプリケーションにおいては、このようにして撮像された平行ニコル、直交ニコルの画像どうしを差分したり比を計算したりする画像処理が行われることが多い。従来の技術では、このような場合、照明 L の直線偏光は 1 種類に固定したまま、戻り光を 2 分割した 0° 、あるいは 90° の 2 枚の偏光透過面画像を撮像しているか、あるいはその逆に、戻り光を 1 種類偏光透過面の撮像に固定した状態で、照明 L の直線偏光を 0° 、あるいは 90° の 2 枚の偏光透過面画像を撮像していた。しかし、撮像された平行ニコル、および直交ニコルの 2 枚の画像は、単に偏光透過面の違い以外にも戻り光を分割した後の異なる 2 系統の光学、撮像特性の差を含んでいたり、照明 L の偏光面の違い以外にも空間的な照度分布や光のスペクトルの微妙な差を含んでいる。そのため、撮像された 2 枚の画像を差分処理した偏光差分画像を生成すると、撮像特性の差を含んだ画像を得ることになる。したがって、偏光差分画像の品位低下と精度の低下は避けられなかった。

【 0 0 4 9 】

一方、本実施形態では、照明 L を切り替えて得られる合計 4 枚の取得画像を使って平均的な偏光差分画像を生成して上記課題を解決する。照明 L を切り替えるとカメラ側 C では、2 系統の撮像系で平行ニコルと直交ニコルの役割が交互に入れ替わるので、2 系統の異

10

20

30

40

50

なる撮像系で取得された画像どうしを互いに平均化し2種の異なる撮像系の間特性を有する仮想的撮像系で撮影された画像 I_{av} である平均化平行ニコル画像 $I_{av}(\quad)$ と平均化直交ニコル画像 $I_{av}(\quad)$ を生成する。

$$I_{av}(\quad) = [L_{0C0} + L_{90C90}] / 2$$

$$I_{av}(\quad) = [L_{0C90} + L_{90C0}] / 2$$

そして、この I_{av} に対して平均化偏光差分画像 $AVSPI$ を生成する。

$$AVSPI = I_{av}(\quad) - I_{av}(\quad)$$

このように生成された平均化偏光差分画像では異なる2系統の撮像系の特性の差がキャンセルされているため、後段の画像処理でゲインアップなどの処理をしても良好な画質を維持できる。また、 I_{av} どうしをさらに平均すると、非偏光照明の下で輝度撮像された従来の輝度画像を得ることができる。これは

$$I_{ad} = [I_{av}(\quad) + I_{av}(\quad)] / 2 = [L_{0C0} + L_{0C90} + L_{90C0} + L_{90C90}] / 4$$

のように、照明 L の偏光と撮像 C の偏光の影響を全てキャンセルした画像が得られたためである。

【0050】

このように平均化偏光差分の手法は簡素で非常に強力である。これを実装するためには白色の偏光照明を 0° 、 90° に交互に切り替える照明部分を簡素なハードウェア構成によって実現することが必要である。

【0051】

図7は、本開示の実施形態1における偏光画像処理装置の全体構成を模式的に示す図である。本画像処理装置は、検査用の軟性内視鏡を想定しており、生体に挿入されるフレキシブルに曲がる内視鏡101と、制御装置102と、表示部118とを備える。

【0052】

本実施形態では光の振動面が 0° と 90° の2種の直線偏光の照明光105を内視鏡先端部の照射光学系112から時間的に順次交互に照射する。この直線偏光照明は、白色光源103と回転する光学フィルタホイール104で生成された特定波長帯域の光がライトガイド入射光学系131を経由してライトガイド115を伝播し、先端部に設置されたカラー偏光複合モザイクフィルタ108を透過することによって生成される。

【0053】

ホイール移動装置106は、上記の偏光照明モードの際にのみ光学フィルタホイール104を光路に挿入する役割を有する。非偏光照明モードでは、光学フィルタホイール104が光路からはずれるため、光源103からの白色光は、そのままライトガイド115内を伝播し、非偏光の白色照明で被写体を照射する。

【0054】

偏光照明、または非偏光照明にて照射され内臓粘膜などの被写体から反射した戻り光107は、対物レンズ116を経由して内視鏡先端に入射する。そして、戻り光107は、ビームスプリッタ109で分割され、偏光板113、114に入射する。偏光板113、114を透過した光は、それぞれ、2枚の単板カラー撮像素子110、111に入射する。こうして、2つの単板カラー撮像素子110、111によって、それぞれ、同時に偏光カラー撮像が行われる。この図7の例では、カラー撮像素子110によって 0° の偏光透過角で偏光撮像が行われ、カラー撮像素子111によって 90° の偏光透過角で偏光撮像が行われる。ビームスプリッタ109を偏光ビームスプリッタに交換することにより、偏光板113、114は省略され得る。

【0055】

照明の偏光の切り替えと撮像のタイミングは照明・撮像同期部121で制御される。偏光照明モードの場合、撮像された画像は、画像メモリM0、M1に格納される。画像メモリM0、M1に格納された画像と、次の照明の切り替えタイミングで撮像される画像との間で、平均処理、輝度生成、偏光差分生成が行われる。この際、平均化平行ニコル $I_{av}(\quad)$ と平均化直交ニコル $I_{av}(\quad)$ は、画像信号119と画像信号120が時間的に

交互にその役割を担う。

【 0 0 5 6 】

照明の偏光が 0° の場合には、画像信号 1 1 9 が平均化平行ニコル画像 I_{av} ()、画像信号 1 2 0 が平均化直交ニコル画像 I_{av} () である。平均処理では、加算部 1 2 2、1 2 3 で画像信号 1 1 9 と画像信号 1 2 0 とを加算する。偏光差分処理では、偏光差分生成部 1 2 6 によって画像信号 1 1 9 から画像信号 1 2 0 を減算する。

【 0 0 5 7 】

照明の偏光が 90° の場合には、その逆に画像信号 1 2 0 が平均化平行ニコル I_{av} ()、画像信号 1 1 9 が平均化直交ニコル I_{av} () となる。偏光差分処理では、偏光差分生成部 1 2 6 によって画像信号 1 2 0 から画像信号 1 1 9 を減算する。この切り替え制御は、差分方向信号 1 1 7 によって指定される。

10

【 0 0 5 8 】

非偏光照明モードの場合、輝度生成部 1 2 4 で輝度画像が生成される。輝度生成部 1 2 4 にて生成された輝度画像は、表示部 1 1 8 にカラーの動画として表示される。また偏光照明モードでは、偏光差分生成部 1 2 6 にて生成された平均化偏光差分画像に基づいて、凹領域検出部 1 2 8 にて表面微細構造の溝を検出する。そして、画像合成部 1 3 0 にて溝の強調画像を生成して表示部 1 1 8 に表示する。

【 0 0 5 9 】

図 8 は、光学フィルタホイール 1 0 4 の構造を示す図である。2 種類のスペクトル分布を有するカラーフィルタ W_1 、 W_2 が半分ずつ設置され、回転機構 1 3 2 によって高速回転をする。このため、光源 1 0 3 からの非偏光の広帯域白色光が 2 種類のスペクトル分布を有する非偏光の光に時間的に交互に変換される。簡単のため、カラーフィルタ W_1 を透過した光を「白色光 W_1 」と称し、カラーフィルタ W_2 を透過した光を「白色光 W_2 」と称する。

20

【 0 0 6 0 】

図 9 は、この 2 種類のカラーフィルタ W_1 、 W_2 の波長透過特性の例を示している。この例では、可視光帯域である約 400nm ~ 約 800nm を短波長側から 2 種類のブルー波長帯域 B_1 および B_2 、2 種類のグリーン帯域 G_1 および G_2 、2 種類のレッド帯域 R_1 および R_2 のように、くし型に波長帯域を重ねり無く分割している。白色光 W_1 では、上記のうち、 B_1 、 G_1 、 R_1 の、くし型の透過波長域を呈する。白色光 W_2 では、上記のうち B_2 、 G_2 、 R_2 のくし型の透過波長域を呈する。

30

【 0 0 6 1 】

なお、図 9 では、 B_1 、 B_2 、 G_1 、 G_2 、 R_1 、 R_2 は完全に重ねりも隙間もなく、くし型に分割されているように描かれているが、実際には若干の重ねり、隙間があってもよい。その理由は後述するカラー偏光複合モザイクフィルタにおいて、対応する B_1 から R_2 までの透過帯域が同様に指定されるため、両者の組み合わせでクロストークが無いようにすればよいためである。

【 0 0 6 2 】

図 10 (A) は、カラー偏光複合モザイクフィルタ 1 0 8 の構造の一部(基本単位)を示す斜視図である。例示されるカラー偏光複合モザイクフィルタ 1 0 8 は、偏光モザイク板 1 0 0 3 とカラーモザイク板 1 0 0 4 とを貼りあわせた構成を有している。ライトガイドからの伝播光 1 0 0 1 は、最初にカラーモザイク板 1 0 0 4 を透過し、次に偏光モザイク板 1 0 0 3 を透過して照射光 1 0 0 2 が得られる。光路上における偏光モザイク板 1 0 0 3 およびカラーモザイク板 1 0 0 4 の配列は、図示される例に限定されない。カラー偏光複合モザイクフィルタ 1 0 8 は、伝播光 1 0 0 が最初に偏光モザイク板 1 0 0 3 を透過して、次にカラーモザイク板 1 0 0 4 を透過するように構成されていてもよい。

40

【 0 0 6 3 】

本開示におけるカラー偏光複合モザイクフィルタは、互いに重複しない異なる波長帯域を有する P 種類 (P は 2 以上の整数) の照明光が順次入射する状態で使用される。このカラー偏光複合モザイクフィルタは、 P 種類の照明光に対応する P 個の異なる偏光透過方向

50

を有する P 種類の偏光フィルタを含む P 種類以上の複数の偏光フィルタを備えている。図示される例では、各々が 2 個の異なる偏光透方向の一方を有する複数の偏光フィルタが平面上に配列されている。複数の偏光フィルタが配列される面は平面に限定されず、曲面または段差のある面であってもよい。モザイク状の偏光フィルタの各々には、特定の波長帯域(色)の光が入射するようにカラーモザイクが構成されている。このような構成を有するカラー偏光複合モザイクフィルタは、P 種類の照明光が順次入射するとき、照明光を相互に偏光方向が異なる P 種類の偏光照明光に変換して出射することができる。

【0064】

図 10 (B) および (C) は、それぞれ、偏光モザイク板 1003 およびカラーモザイク板 1004 の一部の 4×4 領域のみを表現している。実際には、多数の領域が二次元的に配列されている。例えば領域 1005 と領域 1006 で示す 2×3 領域が基本的な単位として周期的に繰り返して配列されている。ここで、偏光モザイク板 1003 の 0° の偏光透過面を有する領域群は、カラーモザイク板 1004 の R1、G1、B1 の各波長の透過領域に対応する。また、偏光モザイク板 1003 の 90° の偏光透過面を有する領域群は、カラーモザイク板 1004 の R2、G2、B2 の各波長の透過領域に対応している。したがって、図 11 (A) に示すように、R1、G1、B1 という波長帯にて構成される白色光 W1 がライトガイド 115 を伝播してきた場合には、カラー偏光複合モザイクフィルタ 108 からは、白色光 W1 が 0° の直線偏光として出射される。一方、図 11 (B) に示すように、R2、G2、B2 という波長帯にて構成される白色光 W2 がライトガイド 115 を伝播してきた場合には、カラー偏光複合モザイクフィルタ 108 から、白色光 W2 が 90° の直線偏光として出射されることになる。

【0065】

また、ライトガイドを伝播する光が、白色光 W1 と白色光 W2 の両方を加算した光、すなわち光学フィルタホイールを透過していない非偏光照明モードの場合には、カラー偏光複合モザイクフィルタ 108 からは、白色光 W1 と白色光 W2 のスペクトル分布を加算した非偏光の照明光が出射されることになる。

【0066】

このような偏光モザイク板 1003 は、たとえばワイヤグリッド偏光子やフォトニック結晶を使って制作可能である。また、カラーモザイク板 1004 は、有機物染料系のカラーフィルタまたはフォトニック結晶を使って製作可能である。これらのモザイク板 1003、1004 は、別々に製作してから貼り付けてもよいし、2 種類の機能を有するフィルタとして最初から一体化して製作してもよい。

【0067】

上記のようにして生成された 0° と 90° の偏光照明光は、人間の色彩視覚としては、両方とも白色光に見える。しかし、これらは、異なるスペクトル分布を有するため、単に 2 種類の偏光照明を照射したものとは異なる。この問題は、平均化平行ニコルおよび平均化直交ニコルの画像を生成し、さらにそれらの差分を取得する平均化偏光差分の処理を行うことで解決される。

【0068】

図 12 (A) から (D) は、この詳細を説明する図である。図 12 (A) および (B) は白色照明 W1 の 0° 偏光照明 (L0) を、図 12 (C) および (D) は白色照明 W2 の 90° 偏光照明 (L90) をそれぞれ照射した場合に、それぞれビームスプリッタ 109 で分割された光が偏光板 113、114 を透過して 2 枚の単板カラー撮像素子 110 および 111 にて偏光撮像される状況を示している。

【0069】

平均化平行ニコル画像 $I_{av}(\quad)$ は、図 12 (A) および (C) の場合に得られる 2 種の平行ニコル画像を加算平均した画像である。この平均化の過程で L0 と L90 という 2 種類の照明光がそれぞれ偏光軸の他に W1、W2 というスペクトル分布の差異があってもそれが平均化される。同時にビームスプリッタ 109 で分割された 2 種類の光路での光学的特性、撮像素子 110 と 111 の光電変換特性をも平均化される。

【0070】

平均化直交ニコル画像 I_{av} () は、図12(B)および(D)の場合に得られる2種の直交ニコル画像を加算平均した画像である。この平均化の過程で L_0 と L_{90} という2種類の照明光がそれぞれ偏光軸の他に W_1 、 W_2 というスペクトル分布の差異があってもそれが平均化される。同時にビームスプリッタ109で分割された2種類の光路での光学的特性、撮像素子110と撮像素子111の光電変換特性も平均化される。

【0071】

図13は、この平均化が照明光のスペクトル分布に与える影響を説明する図である。上記の説明のように白色光 W_1 の 0° 偏光照明 (L_0) と白色光 W_2 の 90° 偏光照明 (L_{90}) は画像処理にて加算平均化される。このため、偏光特性としては平行・直交ニコルという特性を残したまま ($W_1 + W_2$) のスペクトル分布を有する広帯域白色光を被写体に照射した場合と等価になる。

10

【0072】

この平均化平行ニコル画像 I_{av} () と平均化直交ニコル画像 I_{av} () との差分画像を作ると、平均化偏光差分画像 $AVSPI$ が得られる。この画像は、凹領域検出部にて表面微細構造の溝を検出し、画像合成部にて溝の強調画像を生成するために使われる。

【0073】

図14は、図7の実施形態1の偏光撮像モードにおける照明と撮像およびメモリ M_0 、 M_1 との読み出し、書き出しのタイミングチャートである。

【0074】

20

偏光照明105からの非偏光白色光は、回転する光学フィルタホイール104でスペクトルが交互に白色光 W_1 、 W_2 に変調される。白色光 W_1 、 W_2 は、交互に、屈曲可能なライトガイドを伝播する。内視鏡先端部のカラー偏光複合モザイクフィルタ108の作用により、偏光の透過軸の角度が 0° の白色光と 90° の白色光として交互に点灯する。そして、各々の点灯期間中に、撮像素子110と撮像素子111によって並列にそれぞれ 0° と 90° の偏光透過面にて並列に1フレームの画像が取得される。

【0075】

こうして取得された画像データは平均処理部へ送られる。同時に、画像メモリ M_0 と M_1 から読み出された1フレーム前の画像データも平均処理部へ送られて一緒に平均処理が実施される。平均化平行ニコル画像 I_{av} () および平均化直交ニコル画像 I_{av} () は、次に偏光差分生成部126、輝度生成部124などの演算処理部へと送られる。そして生成された偏光差分画像は、凹領域検出部128および画像合成部130へ送られる。そして、臓器表面の微細構造を明瞭化する偏光撮像モード時の画像として表示部118に提示される。また、生成された輝度画像は、通常撮像モード時の画像として表示部118に提示される。

30

【0076】

図15は、図7の実施形態1の通常光照明モードにおける照明と撮像およびメモリ M_0 、 M_1 との読み出し、書き出しのタイミングチャートである。この場合には、光学フィルタホイール104が光源の光路から遮断されスペクトル分布が変調されないため、カラー偏光複合モザイクフィルタ108の作用から偏光照明105は非偏光照明と等価になる。この点灯期間中に撮像素子110と111によって並列にそれぞれ 0° と 90° の偏光透過面にて並列に1フレームの画像が偏光撮像され、これらの画像データは輝度処理部へ送られて平均化されて偏光撮像が解消されて通常の輝度画像が得られる。このモードでは、画像メモリ M_0 、 M_1 や平均処理部は使用する必要はない。また偏光照明に比較して照明の光量が多いので撮像素子の露光時間を短縮でき、結果的に高速の動画撮像が可能になる。

40

【0077】

図16は、凹領域検出部、および画像合成部での偏光画像強調処理を説明するための図である。

【0078】

50

以下、図 17 および図 18 を参照しながら平均化平行ニコル画像 I_{av} ()、平均化直交ニコル画像 I_{av} () の 2 種の画像が取得されたとして説明する。R、G、B 成分からなる平行ニコル・直交ニコル画像には、図 17 に示すような差分処理と凹部強調処理が施される。ここで凹部強調処理は、平滑化処理、空間微分処理、および青色成分強調処理の順に処理される。

【0079】

(1) 平滑化処理

入力された画像は、次段の微分処理を実行する前に、画像から強調したいテクスチャの周波数より高域の雑音成分を除去する。具体的には、雑音成分を除去するため、平滑化フィルタ処理が実行される。本実施形態では、一般的なガウス型フィルタを用いる。フィルタのマスクサイズを、後述する微分マスクフィルタのマスクサイズと同一にすることにより、細かい粒状ノイズの強調を回避できる。図 17 (A) に 5×5 サイズの平滑化フィルタの一例を示す。この平滑化フィルタを用いて 1024×768 画素の画像を 512×384 画素に縮小するなどしてもよい。

【0080】

(2) 微分処理

平滑化フィルタ処理がなされた G 成分画像に対して、周囲よりも暗い画素領域を検出するため以下のような微分マスク処理を行う。周囲より暗い画素領域を検出する理由は、表 1 を参照しながら説明したとおり、偏光照明の偏光方向が被写体の表面溝と $0^\circ \sim 45^\circ$ 近傍の角度差をなす場合に、輝度コントラストが高くなり周囲よりも暗くなるためである。微分処理は、平滑化処理後の画像に、図 17 (B) に示すような中心画素と周辺画素を指定する微分フィルタ (ここでは 5×5 画素の例を示す) を設定する。微分フィルタは各種多様なものがあるが、ここでは表面を走行する網目状の溝を連続性よく強調するのに適したものを選択している。 5×5 画素領域にて、以下の処理を実施する。

(i) 水平 (■)、垂直 (□)、斜め右上 (▲)、斜め右下 (●) の 4 方向において、周囲 2 画素と中心画素値 R_{ij} を比較して差分をとる。

(ii) 4 方向のいずれか 1 方向において中心画素が周囲 2 画素両方より大きい場合は中心画素が凹と判断。

(iii) 4 方向で最大の差分値の絶対値を Δ とし、これに一定の定数を乗じたものを ΔC とする。これを空間微分処理結果とする。この ΔC 値は画像上で凹領域の位置と強度を示しているため、凹領域検出画像としてモノクロ画像として出力される。

【0081】

(3) 凹領域強調画像

ΔC 値を R、G 成分から減算することにより、青色を ΔC 強調する。ここで、R、G 成分が 0 以下になる場合、その不足分を他の色成分から減算して連続性を維持する。このため、 Δ の大きさで色相は変化するが、滑らかに接続されるようにすることができる。R、G 成分のうちで値が小さいものを C_1 、大きいものを C_2 とおいて、以下のように 3 種類に場合分けをする。

【0082】

図 18 は、以下の 3 通りの場合を示している。

【0083】

まず、1) ΔC が C_1 以下の場合には、R、G 信号から ΔC を減算する処理を実行する。次に 2) ΔC が C_1 を超える値になった場合には、最も小さい信号がゼロになり、残りが中間となる信号から減算される。次に、3) R、G 信号からの減算がゼロになった場合には、B 信号から残りの信号が減算される。

【0084】

以上の処理で、中心画素が周辺画素よりも明るい画素領域のカラー信号が、その程度に応じて青色強調され、インジゴカルミン撒布に類似したカラー画像が生成される。

1) $\Delta C \leq C_1$ の場合

$$C_1 = C_1 - \Delta C$$

10

20

30

40

50

$$C_2 = C_2 - \Delta C$$

2) $C_1 < \Delta C$ ($C_1 + C_2$) / 2 の場合

$$C_1 = 0 \quad C_2 = (C_1 + C_2) - (2 \Delta C)$$

3) $(C_1 + C_2) / 2 < (\Delta C)$ の場合

$$C_1 = 0 \quad C_2 = 0$$

$$B = B - ((2 \Delta C) - C_1 - C_2)$$

【0085】

(カラー凹領域合成画像)

本発明者らの切除ブタ胃を用いた実験によると、平均化偏光差分画像は、色情報が無くほぼモノクロ画像であった。これは偏光差分で得られるのが毛細血管の少ない粘膜の最表層の情報のためと考えられるが、この画像について凹領域強調した画像はモノクロ画像に青色強調したものとなり、実際の粘膜上に青色色素を撒布したカラー画像とはかなり異なる。そこで、カラー輝度画像と、凹領域検出画像のモノクロ画像とを合成する処理を行って擬似的に色素撒布をした画像と類似の画像を生成する。この画像をカラー凹領域合成画像と称する。

10

【0086】

(着色平均化偏光差分画像)

表面微細構造の強調については、別の手法として、あえて空間微分を使わない方法も考えられる。これは平均化偏光差分画像がほぼモノクロでありながら階調情報を多く含み半透明粘膜を立体的に表現しているためと考えられる。この豊富な階調情報は溝強調という人為的プロセスで劣化されない。そのため、モノクロ画像である平均化偏光差分画像に対して溝検出などの人為的処理を行わず単にカラー化しただけの画像を生成する処理をする。画像処理は元になるカラー輝度画像 Color Intensity Image (CII) と平均化偏光差分画像 AVSPI から以下のように輝度色度を分離し、色度のみを CII から得て、AVSPI の輝度と合成する。ここでは、AVSPI をゲインアップ ($\times 4$) して、CII の輝度成分に入れ替えている。なお、関数 RGB₂ YCbCr および、YCrCb₂ RGB はそれぞれ、RGB 色空間から YCbCr 輝度色差色空間への変換、および逆変換を示す。

20

$$YCC_CII = RGB_2_YCbCr(CII)$$

$$YCC_AVSPI = RGB_2_YCbCr(AVSPI)$$

30

$$YCC_CII(1) = Gain * YCC_AVSPI(1)$$

$$OutputImage = YCrCb_2_RGB(YCC_CII) \cdots (式9)$$

【0087】

図19は本開示の第1の実施形態の偏光撮像装置の試作機について、ブタ胃粘膜を被写体として実施した画像処理結果を示している。図19(A)はブタ胃のカラー輝度画像を示している。表面にはマクロな凹凸やハレーションは観察されるが、表面の微細構造は全く観察できない。図19(B)は、従来実施されていた輝度画像処理による凹部強調処理の結果を示している。具体的には図12の処理をカラー輝度画像に対して実施した結果を示している。大きな凹凸については検出され強調されているが不十分である。図19(C)が平均化平行ニコル画像と平均化直交ニコル画像を用いた偏光差分画像の結果を示している。表面の凹部が黒くなりコントラストが向上している。ここで式9に示したカラー成分を付加する処理も可能である。

40

【0088】

図19(D)は、図19(C)の偏光差分画像に対して凹部強調処理を実施した結果を示している。図19(B)の結果と比較すると、凹部強調処理により、表面微細構造の検出が詳細まで良好に実現できている。

【0089】

本開示に係る内視鏡の操作処理と、その際に得られる効果を簡単に説明する。本開示の内視鏡では、図示しない照明モード切替ボタンの操作によって照明モードを1)通常照明モード、および2)偏光照明モードの間で切り替えることができる。また、それぞれのモ

50

ードに以下の画像処理と表示モードの切り替え機能が存在する。

【 0 0 9 0 】

【 表 3 】

照明切替ボタン操作	1) 通常照明モード	2) 偏光照明モード
F 1	カラー輝度画像表示	平均化平行ニコル画像表示
F 2		平均化直交ニコル画像表示
F 3		平均化偏光差分画像表示
F 4	凹領域強調画像表示	凹領域強調画像表示
F 5	凹領域検出画像表示	凹領域検出画像表示
F 6	カラー凹領域合成画像表示	カラー凹領域合成画像表示
F 7		着色平均化偏光差分画像

10

【 0 0 9 1 】

最初に、照明モードを 1) の通常照明モードにしておく。ここで、F 1 機能を選択すると、図 1 5 を参照しながら説明したとおり、偏光照明 1 0 5 は従来の内視鏡照明と同じ白色の非偏光照明になる。このため、図 1 9 (A) と同様のフルカラー画像が表示部 1 1 8 上に表示される。これは従来の内視鏡画像と同じ画像である。この状態で次に F 4 の凹部

20

【 0 0 9 2 】

次に照明モード切り替えボタン操作により偏光照明モードを選択する。その結果、図 1 4 を参照しながら説明したとおり、内視鏡先端からの照明光は W 1 と W 2 という 2 種類のスペクトルを有し、それぞれ偏光面が 0 ° と 9 0 ° に変化する偏光照明光が交互に高速に被写体へ照射され、それに同期して撮像が実施される。

【 0 0 9 3 】

表示部 1 1 8 のディスプレイには、通常の内視鏡とは異なった画像が表示される。まず F 1、F 2 機能選択でそれぞれ平均化平行ニコル、平均化直交ニコル画像が表示され、特に F 2 では粘膜表面からハレーションや表層情報を除去した深部情報が表示されるため診断に有効な情報を得ることができる。また、F 3 機能において図 1 9 (C) に示す平均化偏光差分画像が表示される。粘膜の偏光差分画像は、表層の情報が主となるため色はモノクロ画像に近いが半透明粘膜上の表面の微細構造は明瞭に描出されがんの早期診断に有効である。

30

【 0 0 9 4 】

この平均化偏光差分画像に対して、F 4 機能では、凹領域強調画像が、F 5 機能では凹領域検出画像がそれぞれ表示される。F 6 機能では失ったカラー成分を輝度画像から合成処理することによりカラーで表面微細構造がより詳細に観察でき表示部 8 のディスプレイ

40

【 0 0 9 5 】

(第 2 の実施形態)

図 2 0 は、本開示の第 2 の実施形態を示す図であって、図 1 0 に示されるカラー複合モザイクフィルタを、波長選択型偏光板 2 0 0 0 として利用する場合の構成を示す。波長選択型偏光板とは、特許文献 3 に記載されている光学フィルタであり、特定波長では偏光成

50

分を分離し、それ以外の波長では偏光成分に変化を与えない機能を有する。

【0096】

波長選択型偏光板の構造は、図10のカラー複合モザイクフィルタ108とおなじく、偏光モザイク板2003とカラーモザイク板2004を貼り付けた構成を有している。ライトガイド115からの伝播光は、最初にカラーモザイク板2004を透過し、次に偏光モザイク板2003を透過して照射光が得られる。このような偏光モザイク板2003は、たとえばワイヤグリッド偏光子やフォトニック結晶を使って制作可能である。カラーモザイク板2004は、有機物染料系のカラーフィルタやフォトニック結晶を使って製作可能である。これらは、別々に製作してから貼り付けてもよいし、2種類の機能を有するフィルタとして最初から一体化して製作してもよい。

10

【0097】

図20(A)は偏光モザイク板2003を示している。この偏光モザイク板2003は、偏光透過軸が 0° と 90° の偏光フィルタが一松状に配置されている領域2001と偏光フィルタが配置されていない領域2002を有する。一方、カラーモザイク板2004は、 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の3種類のカラーフィルタ領域で構成されている。したがって、 λ_1 という波長帯にて構成される色光がライトガイド115を伝播してきた場合には、波長選択型偏光板2000からは、その色光が 0° の直線偏光として出射される。 λ_2 という波長帯にて構成される色光がライトガイド115を伝播してきた場合には、波長選択型偏光板2000からは、その色光が 90° の直線偏光として出射されることになる。そして、 λ_3 という波長帯にて構成される色光がライトガイド115を伝播してきた場合には、波長選択型偏光板2000からは、その色光がそのまま偏光フィルタを透過せずに出射される。このため、偏光成分に変化が生じない。このような光学素子は内視鏡などの微細な照明光学系に利用でき大きな効果を有する。

20

【0098】

(第3の実施形態)

図21は本開示の第3の実施形態の偏光装置を示す図であり、モノクロ撮像素子とカラー面順次照明の順次照射する形式の内視鏡を示している。図7の第1の実施形態と構造上で異なる部分は、撮像素子に使われるモノクロ偏光イメージセンサ2101、照明の光学フィルタホイール2102、および面順次照明で撮像された各カラー成分画像をフルカラー化するフルカラー合成部134を備えている点である。

30

【0099】

図22はモノクロ偏光イメージセンサ2101の断面構造を示す図である。光が到達する順番に構造を順次説明すると、まず最上面には金属製のワイヤグリッド層が、その下には平坦化層、配線層、PD(フォトダイオード)がある。

【0100】

図23はモノクロ偏光イメージセンサを上から見た状態で、ワイヤグリッドモザイクの平面構造と対応を示す図である。 0° と 90° のワイヤグリッドが 2×2 画素領域に一松模様に配置されている。ワイヤグリッドは、Alなどの金属を微細化して光の波長以下のピッチで平行に並べた構造をしており、グリッドに平行な方向の偏光を遮断反射し、グリッドに垂直な方向の偏光を透過する。この構造によって、解像度は $1/2$ に低下し、画素のサンプリング位置もややずれているものの、1フレームにて偏光画像2種類を同時に撮像することができる。

40

【0101】

図24は、光学フィルタホイール2102の構造を示す図であり、外周には、R、G、B3種類の波長フィルタが設置され、面順次照明を生成する。内周にはR1、R2、G1、G2、B1、B2の6種類の透過波長分布を有するカラーフィルタが設置される。光学フィルタホイール2102は回転機構132によって高速回転をする。ホイール移動装置106が、照明光切り替え時に光学フィルタホイール2102を照明の光路に挿入する距離を変化させる。こうすることにより、照明光がR、G、Bの通常的面順次光と6種類の面順次光R1、R2、G1、G2、B1、B2とに切り替えられる。

50

【 0 1 0 2 】

図 2 5 はこの 6 種類の色光におけるカラーフィルタの波長透過特性の例を示しており、基本的には図 7 を参照しながら説明した W 1 と W 2 とをさらに分離したものに相当する。これらの照明光は、非偏光のままライトガイド 1 1 5 内を伝播する。図 1 0 を参照しながら説明したように、カラー偏光複合モザイクフィルタ 1 0 8 の構造によって、R 1、G 1、B 1 という色光 1、3、5 がライトガイド 1 1 5 を伝播してきた場合には、カラー偏光複合モザイクフィルタ 1 0 8 からは、それぞれの色光が 0 ° の直線偏光として出射される。一方、R 2、G 2、B 2 という色光 2、4、6 がライトガイド 1 1 5 を伝播してきた場合には、カラー偏光複合モザイクフィルタ 1 0 8 からは、それぞれの色光が 9 0 ° の直線偏光として出射されることになる。また、ライトガイド 1 1 5 を伝播する光が、R、G、B、すなわち光学フィルタホイール 2 1 0 2 の外周を透過した場合には、カラー偏光複合モザイクフィルタ 1 0 8 からは、各 R、G、B の非偏光の照明光が出射されることになる。

10

【 0 1 0 3 】

上記のようにして生成された 0 ° と 9 0 ° の偏光照明光は異なるスペクトル分布を有するため、単に 2 種類の偏光照明を照射したものとは異なる、この問題については平均化平行ニコル、平均化直交ニコルの画像を生成することで解決される。

【 0 1 0 4 】

図 2 6 は、この平均化が照明光のスペクトル分布に与える影響を説明するための図である。上記の説明のように色光 B 1 の 0 ° 偏光照明 (L 0) と白色光 B 2 の 9 0 ° 偏光照明 (L 9 0) は画像処理にて加算平均化される。このために、偏光特性としては平行・直交ニコルという特性を残したまま (B 1 + B 2) = B のスペクトル分布を有する色光を被写体に照射したのと等価になる。色光 G、R の場合も全く同様であり、それぞれ (G 1 + G 2) = G、(R 1 + R 2) = R のスペクトル分布を有する光を照射することと等価な画像が平行ニコル、直交ニコルの偏光撮像画像として得られる。

20

【 0 1 0 5 】

平均化平行ニコル画像 1 a v () は、図 2 7 (A) および (B) の場合に得られる 2 種の平行ニコル画像を加算平均したものの画像である。この平均化の過程で偏光モザイクの 0 ° と 9 0 ° が位置する 2 種類の画素サンプリング位置が互いのズレが平均化される。同様に、平均化直交ニコル画像 1 a v () は、図 2 7 (C) および (D) の場合に得られる 2 種の直交ニコル画像を加算平均した画像である。平均化の過程で偏光モザイクの 0 ° と 9 0 ° が位置する 2 種類の画素サンプリング位置が互いのズレが平均化される。

30

【 0 1 0 6 】

以上の平均化の処理により、図 2 7 (E)、(F) に示すように平均化平行ニコルでの仮想的画素サンプリング位置 2 6 0 1 と平均化直交ニコルでの仮想的画素サンプリング位置 2 6 0 2 とが一致する。この平均化平行ニコル画像 1 a v () と平均化直交ニコル画像 1 a v () との差分画像を作ると、平均化偏光差分画像 A V S P I が得られる。この画像は凹領域検出部にて表面微細構造の溝を検出し、画像合成部にて溝の強調画像を生成するために使われる。

【 0 1 0 7 】

なお、平均化偏光差分の処理をせず、単純に平均ニコル画像と直交ニコルの画像を差分処理した場合、両者の画素サンプリング位置がズレを発生するため偏光差分画像にはノイズが発生してしまう。平均化偏光差分画像 A V S P I によって、この問題を解決できる。

40

【 0 1 0 8 】

(第 3 の実施形態の変形例 1)

図 2 8 A は、第 3 の実施形態の変形例の 1 つを示す図である。第 3 の実施形態との違いは、2 種類の光学フィルタホイール 2 7 0 1、2 7 0 2 を装備している点にある。このため、照明光が R、G、B の通常の面順次光と 2 種類の面順次光 W 1、W 2 に切り替えられる。図 2 8 B は、2 種類の光学フィルタホイールを示す図である。偏光差分画像を生成する場合、第 3 の実施形態では R、G、B の面順次光を、それぞれ、さらに 2 分割していた

50

。この結果、合計 6 種の面順次光を生成する必要がある、構造が複雑化し、撮像時間も増加していた。そこで本変形例 1 では、偏光照明モードにおいて色の観察はできなくとも表面構造を強調できればよいという考えに基づき、R、G、B 面順次光の代わりに、2 種類の白色光 W 1 と W 2 を使うことによって画像撮像の高速化を図っている。

【0109】

(第 3 の実施形態の変形例 2)

図 29 は、第 3 の形態の変形例の 1 つを示す図である。図 23 に示されるモノクロ偏光イメージセンサにおけるワイヤグリッドモザイクの平面構造が、 0° と 90° の 2 種類のワイヤグリッド偏光子の組み合わせではなく、 0° 、 45° 、 90° 、 135° という 4 種類の組み合わせが使われている点のみが異なる。このような 45° おきのモザイク構造を使うと、照明光を非偏光にて被写体に照射した場合、戻り光の偏光の主軸方向を検出したり、戻り光の偏光度を計測することができる利点がある。

10

【0110】

図 30 (A) から (D) は、このモザイク構造において平均化平行ニコル、平均化直交ニコルの画像処理を実施する場合の様子を示すものである。

【0111】

図 30 (A) および (B) は色光の 0° 偏光照明 (L_0) を、図 12 (C) および (D) は色光の 90° 偏光照明 (L_{90}) をそれぞれ照射した場合に、それぞれモノクロ偏光イメージセンサにて偏光撮像される状況を説明しており、平均化平行ニコル画像 $1av$ () は、図 30 (A) および (C) の場合に照明の偏光と平行の関係になるモザイク画素を選択して得られる 2 種の平行ニコル画像を加算平均したものである。この平均化の過程で L_0 と L_{90} という 2 種類の照明光がそれぞれ偏光軸の他にスペクトル分布の差異があってもそれが平均化され、同時に偏光モザイクの 0° と 90° が位置する 2 種類の画素サンプリング位置が互いのズレが平均化される。同じく平均化直交ニコル画像 $1av$ () は、図 30 (B) および (D) の場合に照明の偏光と直交の関係になるモザイク画素を選択して得られる 2 種の直交ニコル画像を加算平均したものである。この平均化の過程で L_0 と L_{90} という 2 種類の照明光がそれぞれ偏光軸の他にスペクトル分布の差異があってもそれが平均化され、同時に偏光モザイクの 0° と 90° が位置する 2 種類の画素サンプリング位置の互いのズレが平均化される。

20

【0112】

すなわち、以上の平均化の処理により図 30 (E)、(F) に示すように平均化平行ニコルでの仮想的画素サンプリング位置 2601 と平均化直交ニコルでの仮想的画素サンプリング位置 2602 とが一致する効果を有し、この平均化平行ニコル画像 $1av$ () と平均化直交ニコル画像 $1av$ () の差分画像である平均化偏光差分画像 AVSP I において、ノイズ発生の問題を解決できる。

30

【0113】

(第 3 の実施形態の変形例 3)

図 31 から図 33 は、第 3 の実施形態の変形例 3 を示す図である。変形例 2 との違いは、偏光照明光が 0° と 90° の 2 種類の偏光角度から、 0° 、 45° 、 90° 、 135° という 4 種類の組み合わせが使われている点のみである。このような 45° おきの偏光照明光を使うことによって、戻り光の偏光の主軸方向を検出したり、戻り光の偏光度を計測することができる利点がある。B、G、R の 3 種類の面順次照明の色光とそれぞれ 4 種類の偏光照明を有することから、図示しない光学フィルタホイールは 12 種類のカラーフィルタ透過特性を有する。

40

【0114】

図 31 は、このうち B 成分の 4 種類のみ、そのカラーフィルタ透過特性を示したものである。B 成分は、互いに重ならない波長帯域 B1、B2、B3、B4 から構成されている。そして他の実施形態と同様に平均化により、1 種の B 成分の光を照射することと等価になる。

【0115】

50

図 3 2 は、カラー偏光複合モザイクフィルタ 1 0 8 の構造を示す図である。図 3 2 には、繰り返しの 1 単位である 4×3 領域のみが記載されている。波長帯域 R 1、R 2、R 3、R 4 の各領域は、G 1、G 2、G 3、G 4 の各領域、および B 1、B 2、B 3、B 4 と同じく、それぞれ 0° 、 45° 、 90° 、 135° という 4 種類の偏光透過軸の領域に対応する。その結果、B、G、R の各カラー帯域において、さらにそれを詳細に分離した 4 種の波長帯域の色光がライトガイド 1 1 5 を順番に切り替えられて伝播するとき、その先端に 1 0 8 が設置されていると出射する光は、それぞれの色光が 0° 、 45° 、 90° 、 135° の軸に偏光されることになる。

【0116】

図 3 3 (A) から (H) は、色光 B が照射されている場合を例に詳細を説明する図である。図 3 3 (A) から (D) は、色光 B の 0° 偏光照明 (L 0) (L 45) (L 90) (L 135) をそれぞれ照射した場合に、それぞれモノクロ偏光イメージセンサにて偏光撮像される状況を示している。平均化平行ニコル画像 1 a v () は、図 3 3 (A) から (D) の場合に得られる 4 種の平行ニコル画像を加算平均した画像である。この平均化の過程で 4 種類の照明光がそれぞれ偏光軸の他にスペクトル分布の差異があってもそれが平均化され、同時に偏光モザイクの 0° と 45° と 90° と 135° が位置する 4 種類の画素サンプリング位置が互いのズレが平均化される。平均化直交ニコル画像 1 a v () は、図 3 3 (E) から (H) の場合に得られる 4 種の直交ニコル画像を加算平均した画像である。この平均化の過程で 4 種類の照明光がそれぞれ偏光軸の他にスペクトル分布の差異があってもそれが平均化され、同時に偏光モザイクの 0° と 45° と 90° と 135° が位置する 4 種類の画素サンプリング位置が互いのズレが平均化される。

【0117】

(第 4 の実施形態)

図 3 4 (A) は本開示の第 4 の実施形態に係るカプセル内視鏡を示す図である。このカプセル内視鏡は、複数の LED 光源 3 3 0 1、カラー偏光複合モザイクフィルタ 1 0 8、モノクロ偏光イメージセンサ 2 1 0 1、画像伝送部 3 3 0 2、電池 3 3 0 3 を備える。カプセル内視鏡において、照明は LED などの光源から出た光を直接用いて行う。このため、ライトガイドを必要ない。本開示は、このように、ライトガイドを備えていない内視鏡にも適用できる。図 3 4 (B)、(C)、(D) に示すように、カラー偏光複合モザイクフィルタ 1 0 8 の下層には B 1、B 2、G 1、G 2、R 1、R 2 という 6 種類の異なるスペクトル分布にて発光する LED 光源が設置されており、これらが 1 種類ずつ順次発光する。

【0118】

本実施形態の基本動作は第 3 の実施形態における基本動作と同様である。カラー偏光複合モザイクフィルタ 1 0 8 の機能により、 0° と 90° の偏偏光照明が B 1、B 2、G 1、G 2、R 1、R 2 というスペクトル分布の色光として面順次に照射される。それに同期して 0° と 90° の偏光モザイクを有するモノクロ偏光撮像が行われる。撮像された画像はメモリ M 0、M 1 に格納される代わりに図示されない外部の画像処理、制御部に伝送される。

【産業上の利用可能性】

【0119】

本開示の偏光撮像方法および装置は、なめらかな透明物体または半透明物体の表面の凹凸を正しく検出すること、および、人間に判別しやすい形での強調表示をすることができる。したがって、輝度の撮像では困難な凹凸の検査に最適である。本開示は、半透明粘膜を観察する必要がある医療用内視鏡、皮膚科、歯科、眼科、外科などの医療カメラ分野に適用可能である。さらに、本開示は、医療以外の生体、すなわち動物、魚、植物、果物、などのバイオ分野、アグリ分野のセンシングカメラにも適用できる。

【符号の説明】

【0120】

1 0 1 内視鏡

10

20

30

40

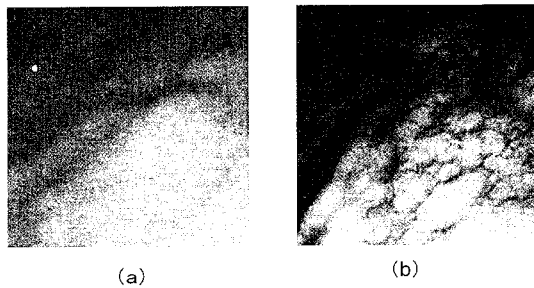
50

- 1 0 2 制御装置
- 1 0 3 白色光源
- 1 0 4 光学フィルタホイール
- 1 0 5 照明光
- 1 0 6 ホイール移動装置
- 1 0 7 戻り光
- 1 0 8 カラー偏光複合モザイクフィルタ
- 1 0 9 ビームスプリッタ
- 1 1 0、1 1 1 単板カラー撮像素子
- 1 1 2 照射光学系
- 1 1 3、1 1 4 偏光板
- 1 1 5 ライトガイド
- 1 1 6 対物レンズ
- 1 1 7 差分方向信号
- 1 1 8 表示部
- 1 1 9、1 2 0 画像信号
- 1 2 1 照明・撮像同期部
- 1 2 2、1 2 3 加算部
- 1 2 4 輝度生成部
- 1 2 5 輝度処理部
- 1 2 6 偏光差分生成部
- 1 2 8 凹領域検出部
- 1 3 0 画像合成部
- 1 3 1 ライトガイド入射光学系
- 1 3 2 回転機構

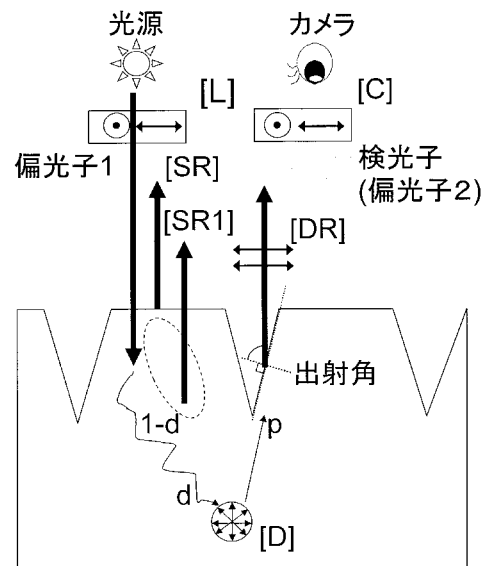
10

20

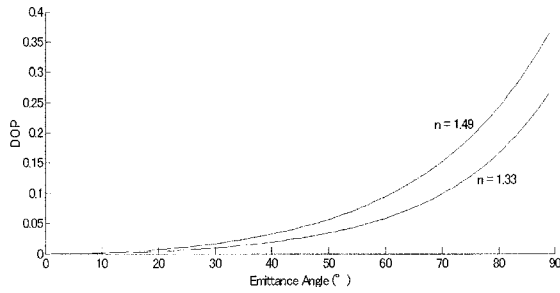
【図 1】



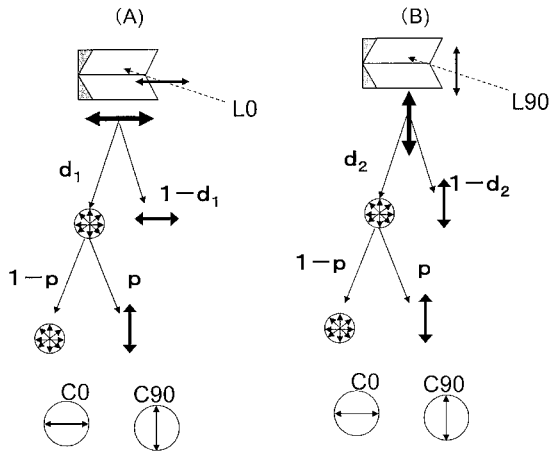
【図 2】



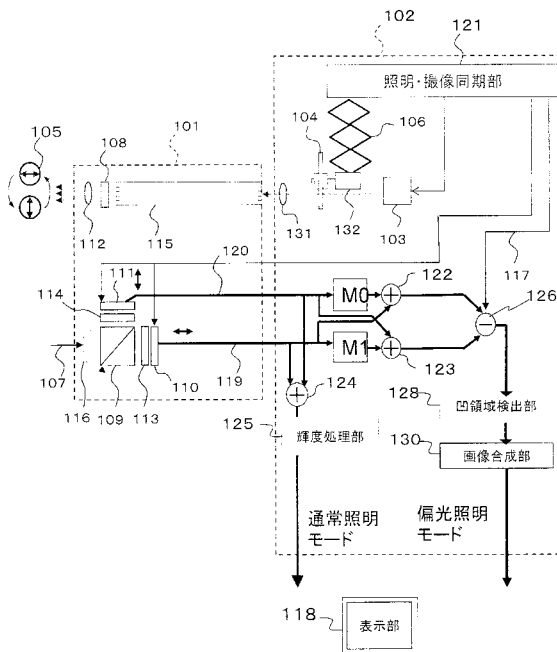
【図 3】



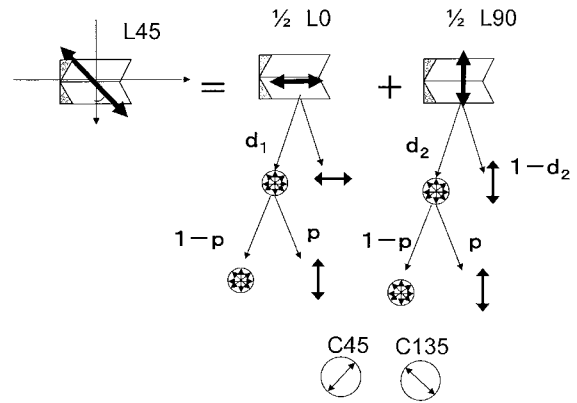
【図 4】



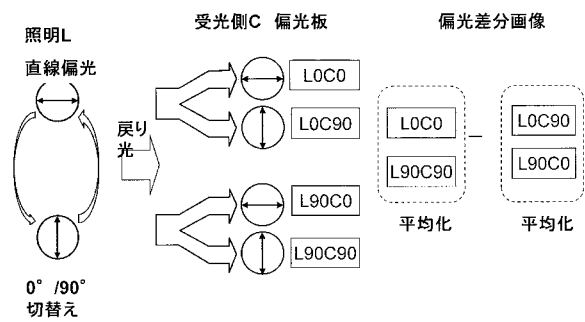
【図 7】



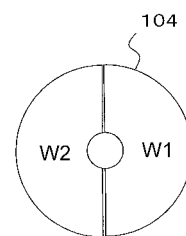
【図 5】



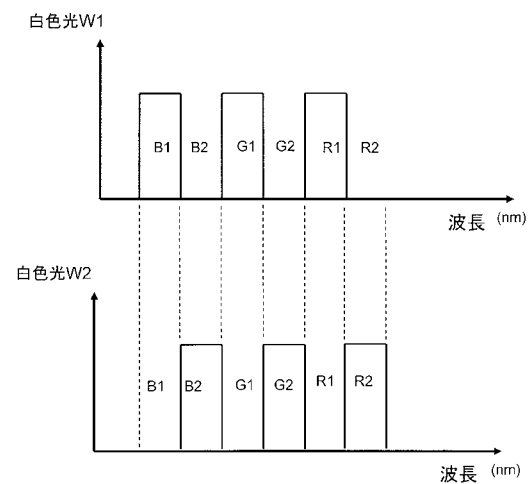
【図 6】



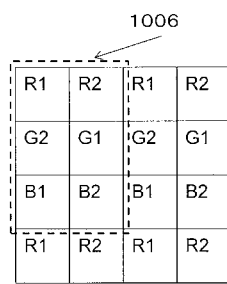
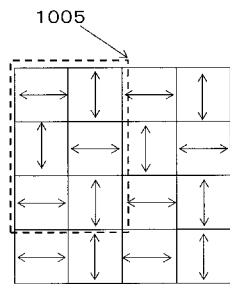
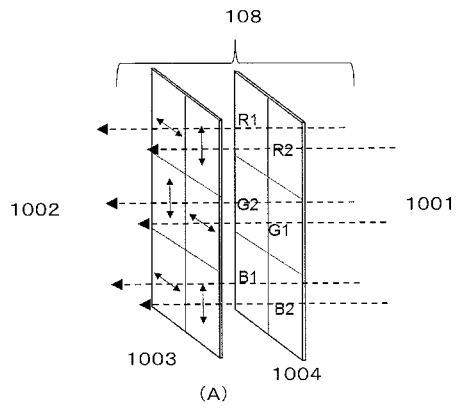
【図 8】



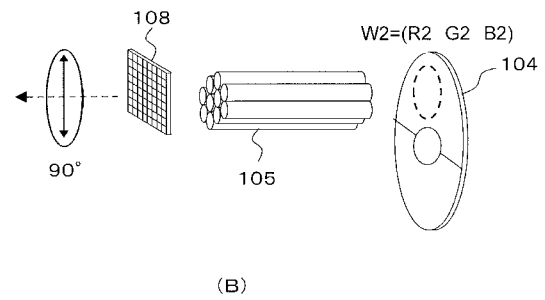
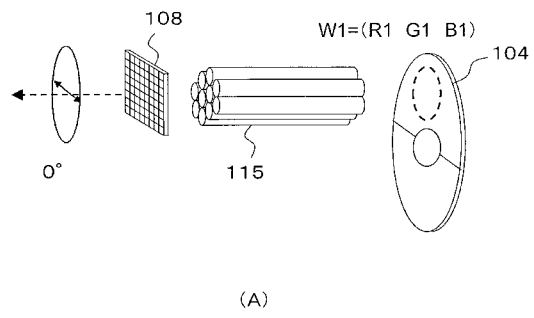
【図 9】



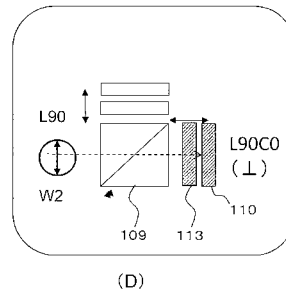
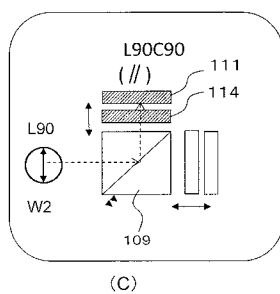
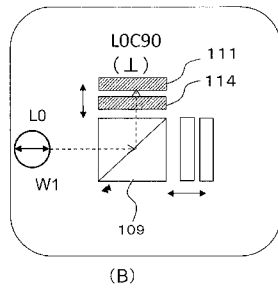
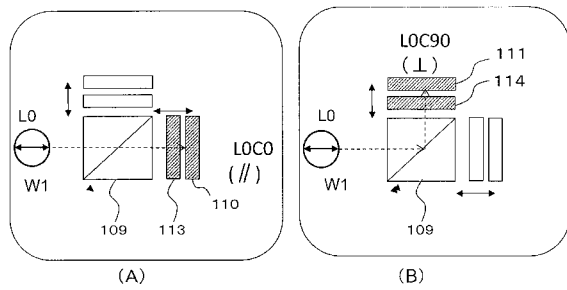
【図 10】



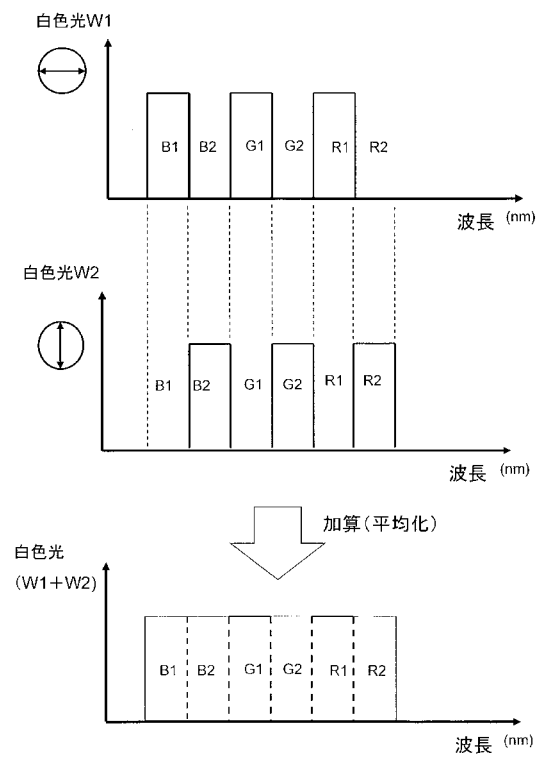
【図 11】



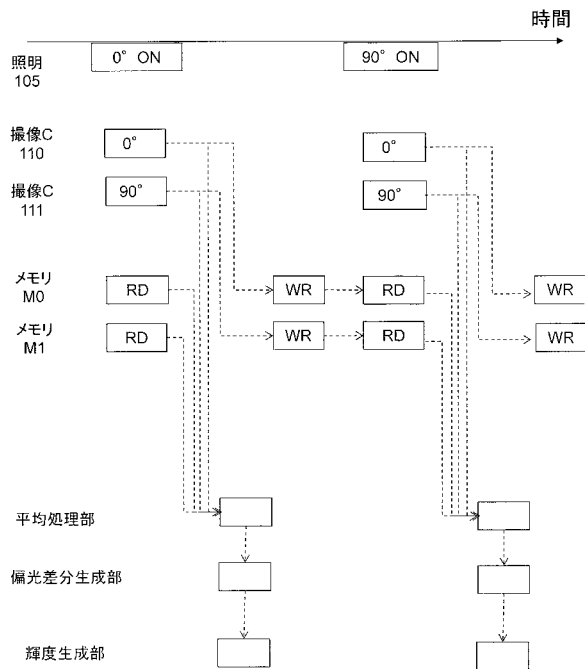
【図 12】



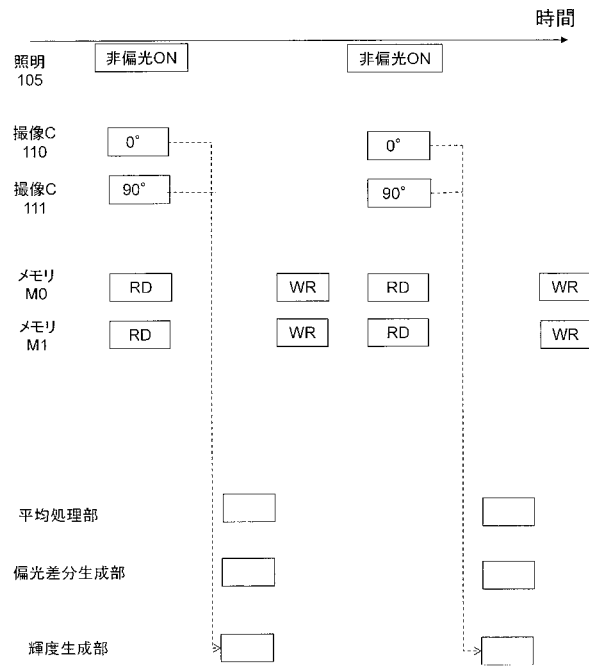
【図 13】



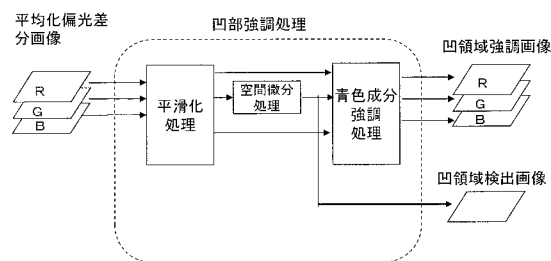
【図 1 4】



【図 1 5】



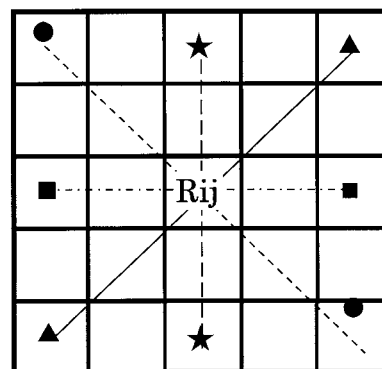
【図 1 6】



【図 1 7】

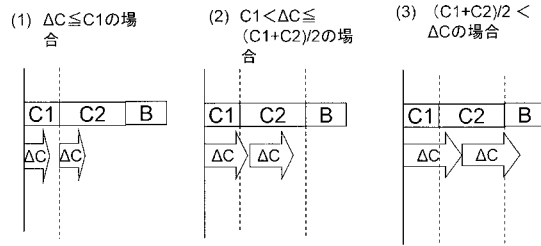
0.000229	0.003312	0.008064	0.003312	0.000229
0.003312	0.047809	0.116411	0.047809	0.003312
0.008064	0.116411	0.283456	0.116411	0.008064
0.003312	0.047809	0.116411	0.047809	0.003312
0.000229	0.003312	0.008064	0.003312	0.000229

(A)

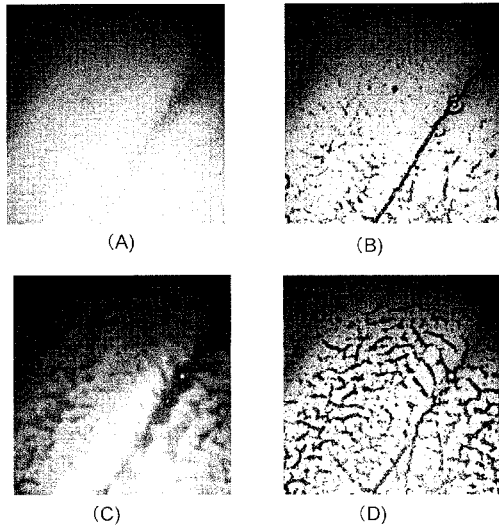


(B)

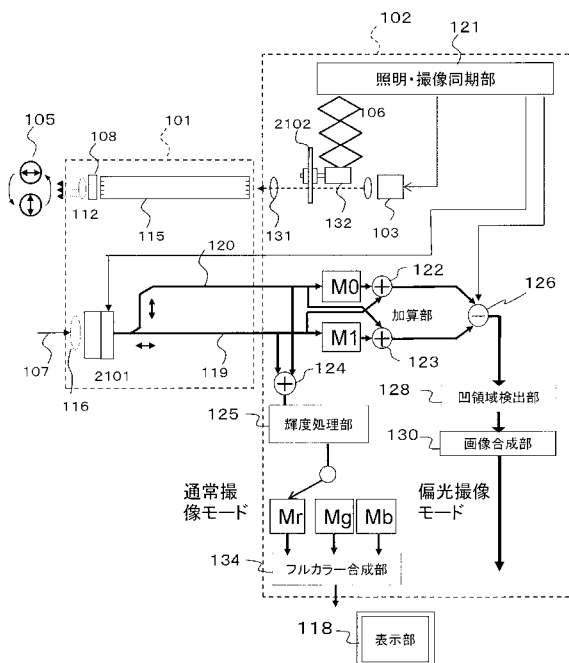
【図 18】



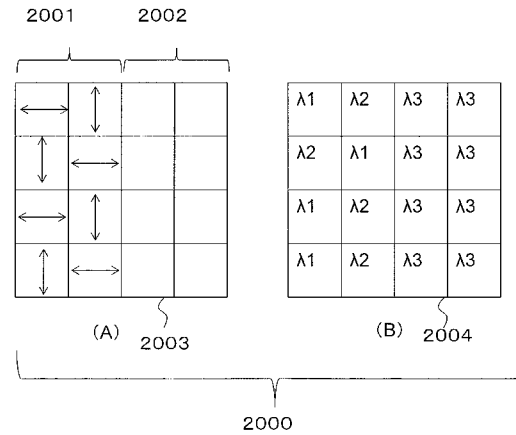
【図 19】



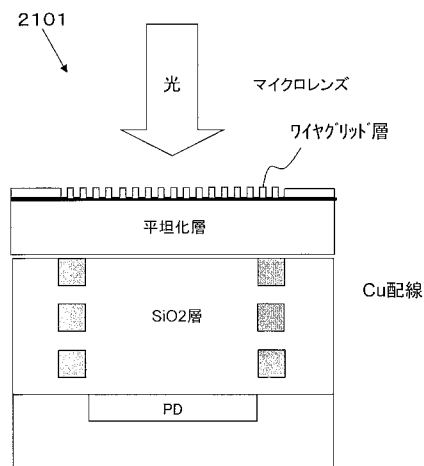
【図 21】



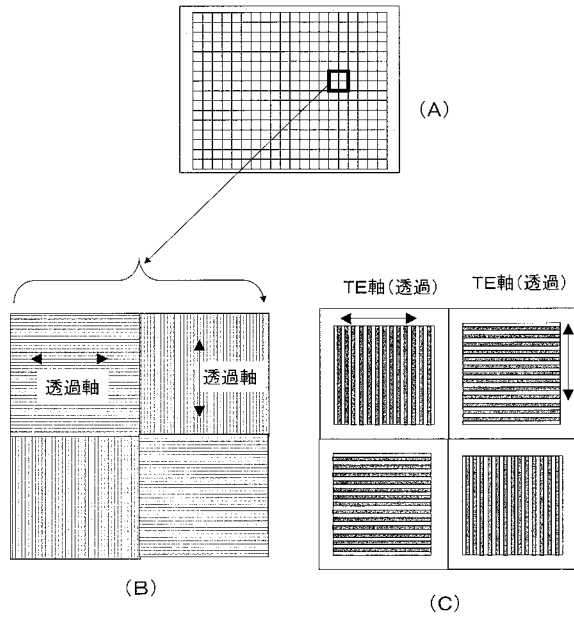
【図 20】



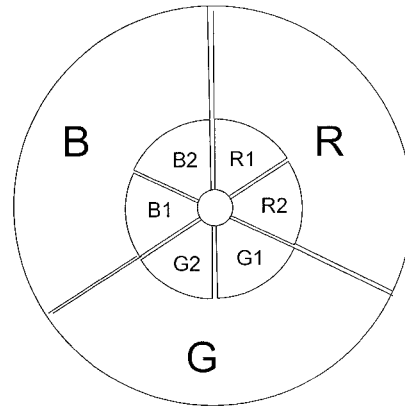
【図 22】



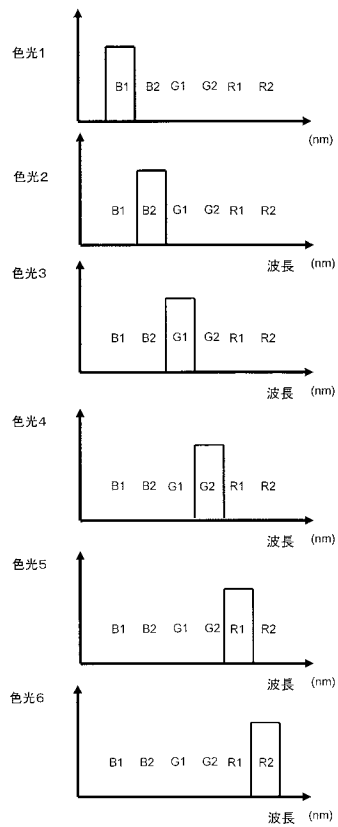
【図 2 3】



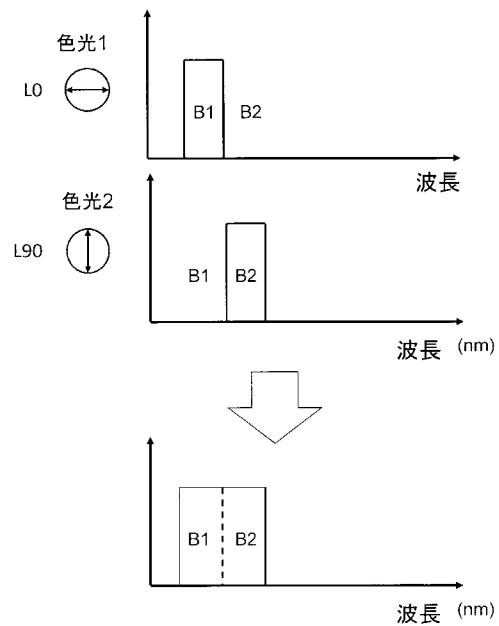
【図 2 4】



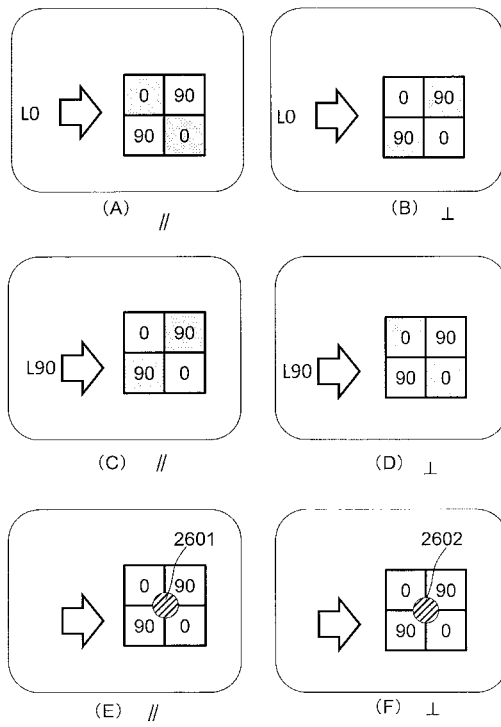
【図 2 5】



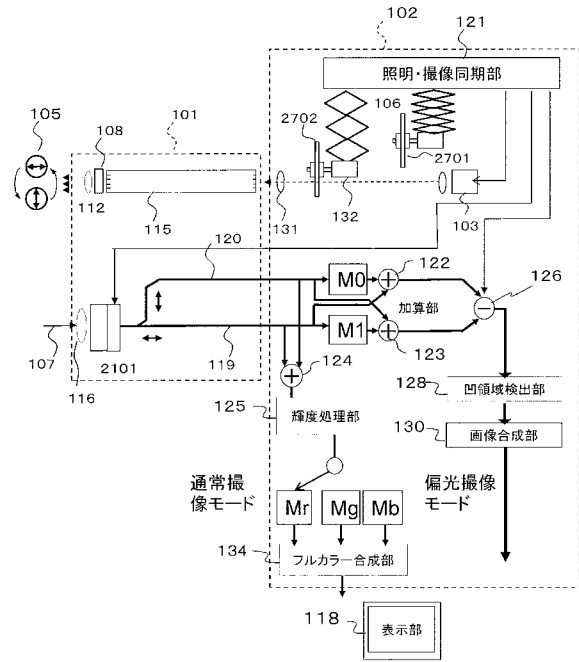
【図 2 6】



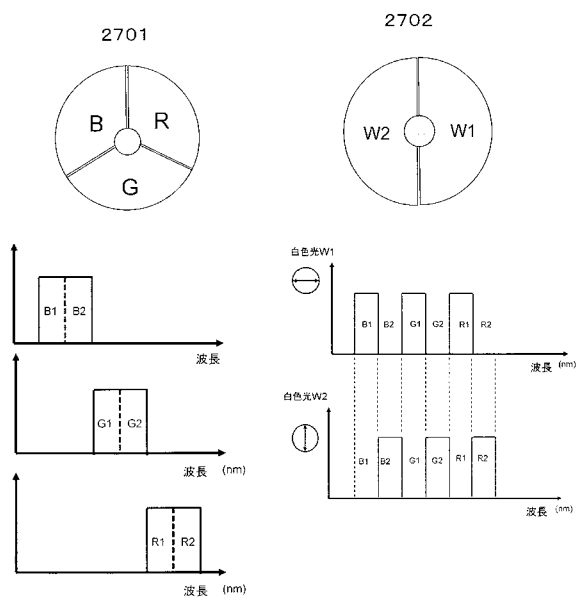
【図 27】



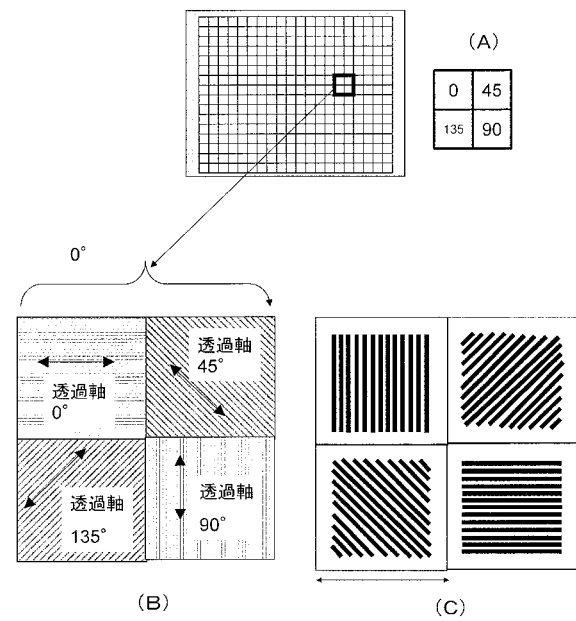
【図 28 A】



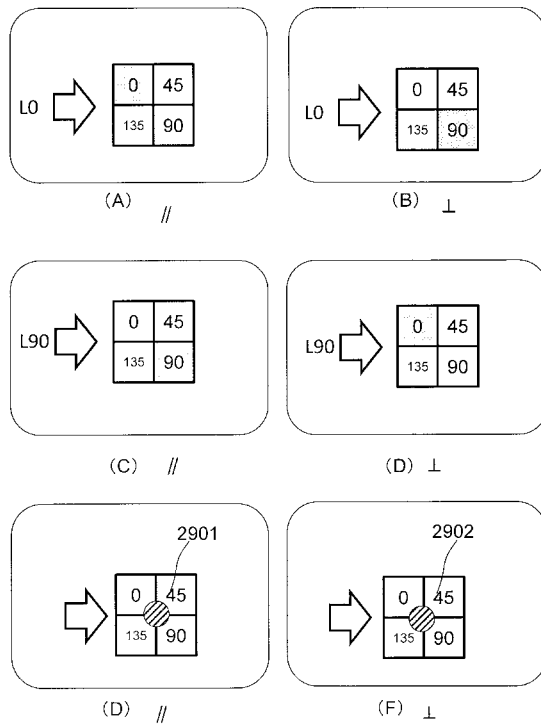
【図 28 B】



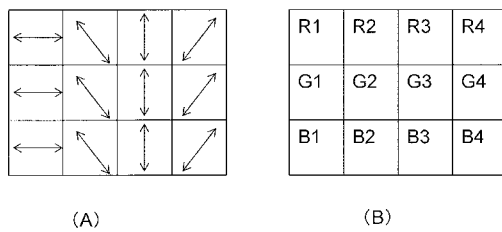
【図 29】



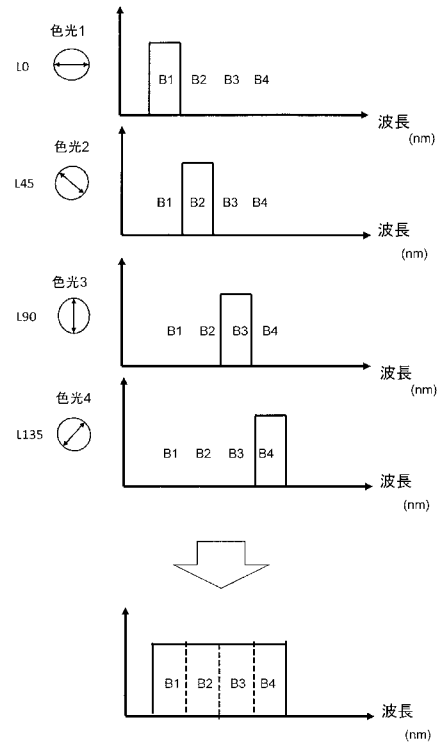
【図 3 0】



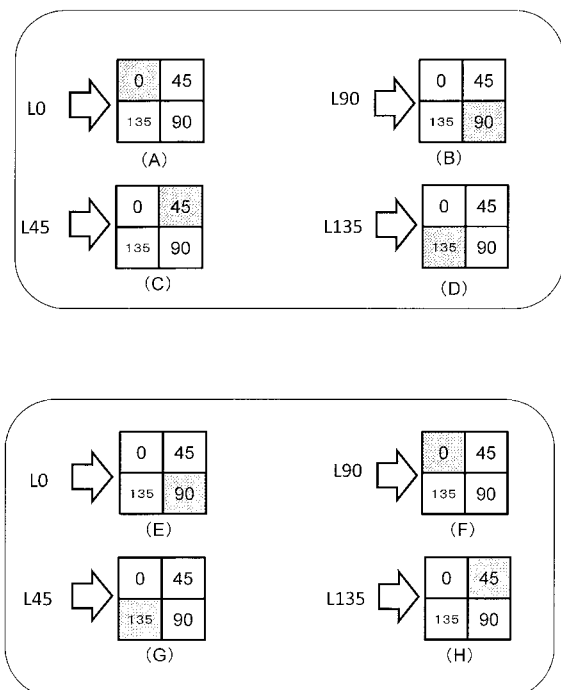
【図 3 2】



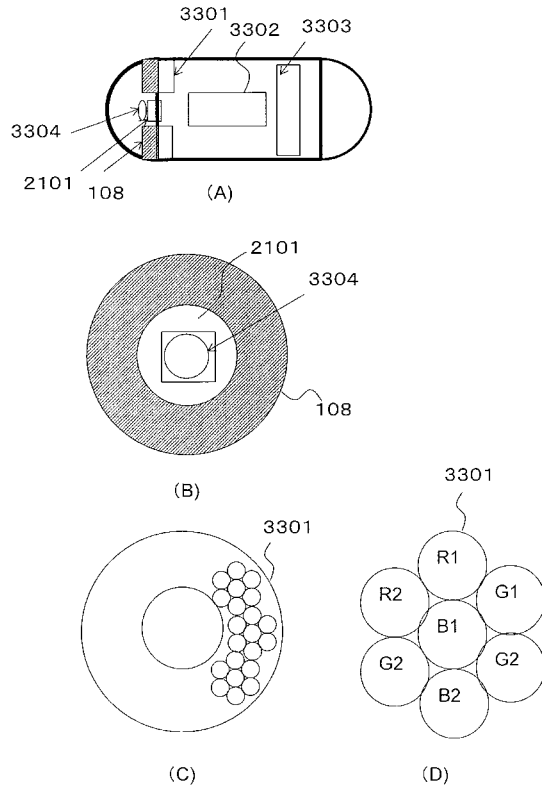
【図 3 1】



【図 3 3】



【図 34】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I				テーマコード (参考)	
G 0 2 B 23/24 (2006.01)	G 0 2 B	23/24		B	5 C 1 2 2	
G 0 2 B 5/30 (2006.01)	G 0 2 B	5/30				
G 0 2 B 5/20 (2006.01)	G 0 2 B	5/20	1 0 1			
H 0 4 N 5/225 (2006.01)	H 0 4 N	5/225		C		

(72)発明者 金森 克洋

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内

F ターム(参考) 2G059 AA05 AA06 BB11 BB12 EE05 EE13 FF01 HH02 JJ02 JJ17
 JJ19 JJ22 KK04 MM01 MM03 MM10
 2H040 CA10 CA11 CA12 CA23 DA03 GA02 GA10 GA11
 2H148 BD02 BD22 BG11 BH01
 2H149 AA22 AB01 BA02 FB03
 4C161 AA01 BB05 CC06 DD03 DD07 FF40 GG01 HH53 JJ17 LL02
 LL08 MM01 MM05 NN01 PP07 PP08 QQ02 QQ09 RR01 RR04
 RR13 RR18 RR26 WW04 WW08 WW15
 5C122 DA26 EA12 FB17

专利名称(译)	偏振成像设备，偏振图像处理设备和彩色偏振复合马赛克滤波器		
公开(公告)号	JP2016063928A	公开(公告)日	2016-04-28
申请号	JP2014194092	申请日	2014-09-24
申请(专利权)人(译)	松下IP管理有限公司		
[标]发明人	金森克洋		
发明人	金森 克洋		
IPC分类号	A61B1/00 A61B1/04 A61B1/06 G01N21/21 G02B23/26 G02B23/24 G02B5/30 G02B5/20 H04N5/225		
FI分类号	A61B1/00.300.D A61B1/04.370 A61B1/06.A G01N21/21.Z G02B23/26.B G02B23/24.B G02B5/30 G02B5/20.101 H04N5/225.C A61B1/00.521 A61B1/00.550 A61B1/04 A61B1/07.730 A61B1/07.735 H04N5/225 H04N5/225.300 H04N5/225.400 H04N5/225.600		
F-TERM分类号	2G059/AA05 2G059/AA06 2G059/BB11 2G059/BB12 2G059/EE05 2G059/EE13 2G059/FF01 2G059/HH02 2G059/JJ02 2G059/JJ17 2G059/JJ19 2G059/JJ22 2G059/KK04 2G059/MM01 2G059/MM03 2G059/MM10 2H040/CA10 2H040/CA11 2H040/CA12 2H040/CA23 2H040/DA03 2H040/GA02 2H040/GA10 2H040/GA11 2H148/BD02 2H148/BD22 2H148/BG11 2H148/BH01 2H149/AA22 2H149/AB01 2H149/BA02 2H149/FB03 4C161/AA01 4C161/BB05 4C161/CC06 4C161/DD03 4C161/DD07 4C161/FF40 4C161/GG01 4C161/HH53 4C161/JJ17 4C161/LL02 4C161/LL08 4C161/MM01 4C161/MM05 4C161/NN01 4C161/PP07 4C161/PP08 4C161/QQ02 4C161/QQ09 4C161/RR01 4C161/RR04 4C161/RR13 4C161/RR18 4C161/RR26 4C161/WW04 4C161/WW08 4C161/WW15 5C122/DA26 5C122/EA12 5C122/FB17		
代理人(译)	奥田诚治 Kajiya Bido 三宅明子		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

偏振图像获取装置和偏振图像处理装置，其产生具有改善质量的偏振图像。根据本公开的偏振光图像获取装置包括光源单元（103、104、132），光源单元（103、104、132）顺序地产生具有彼此不重叠的不同波长带的P型（P是2或更大的整数）的照明光。一种彩色偏振复合镶嵌滤光器，其中在表面上布置了多个P型偏振滤光器，其中包括P型偏振滤光器，P型偏振滤光器具有与照明光的类型相对应的P个不同的偏振透射方向，并且照明光为布置在入射位置处的彩色偏振复合马赛克滤光器108将照明光转换成具有彼此不同的偏振方向的P种偏振照明光，并且当P种照明光依次入射时发射，并且P种照明。偏振图像传感器在每次依次用光照射对象时捕获来自对象的返回光（107）的图像，从而它捕获在P个或更多个不同偏振透射方向上偏振的P个或更多个偏振图像。偏振图像传感器（110，111、113、114）。[选择图]图7

(21) 出願番号	特願2014-194092 (P2014-194092)	(71) 出願人	314012076
(22) 出願日	平成26年9月24日 (2014. 9. 24)		パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
		(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	100180529 弁理士 梶谷 英道
		(74) 代理人	100125822 弁理士 三宅 章子
		(74) 代理人	100135703 弁理士 岡部 英隆
		(74) 代理人	100188813 弁理士 川喜田 徹

最終頁に続く