

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 12 月 31 日(31.12.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/208417 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 23/24 (2006.01) **A61B 1/06** (2006.01)
A61B 1/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/066155
- (22) 国際出願日: 2014 年 6 月 18 日(18.06.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-135489 2013 年 6 月 27 日(27.06.2013) JP
- (71) 出願人: オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 亀江 宏幸 (KAMEE, Hiroyuki); 〒1928512 東京都八王子市久保山町 2-3 オリンパス知的財産サービス株式会社 知的財産技術部内 Tokyo (JP). 西尾 真博 (NISHIO, Masahiro); 〒1928512 東京都八王子市久保山町 2-3 オリンパス知的財産サービス株式会社 知的財産技術部内 Tokyo (JP). 伊藤 毅 (ITO, Takeshi); 〒1928512 東京都八王子市久保山町 2-3 オリンパス知的財産サービス株式会社 知的財産技術部内 Tokyo (JP). 山本 英二 (YAMAMOTO, Eiji);

〒1928512 東京都八王子市久保山町 2-3 オリンパス知的財産サービス株式会社 知的財産技術部内 Tokyo (JP).

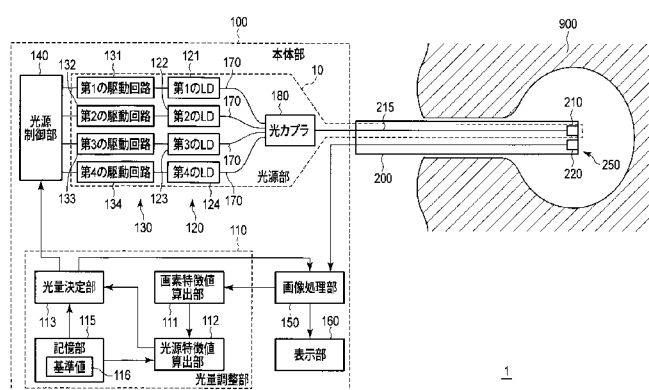
- (74) 代理人: 蔵田 昌俊, 外 (KURATA, Masatoshi et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目三番二号 勤銀不二屋ビル六階 鈴榮特許総合事務所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,

[続葉有]

(54) Title: OBSERVATION DEVICE

(54) 発明の名称: 観察装置

【図1】



10 Light source unit
100 Body
110 Light quantity adjustment unit
111 Pixel feature value calculation unit
112 Light source feature value calculation unit
113 Light quantity determination unit
115 Storage unit
116 Reference value
121 First LD
122 Second LD

123 Third LD
124 Fourth LD
131 First drive circuit
132 Second drive circuit
133 Third drive circuit
134 Fourth drive circuit
140 Light source control unit
150 Image processing unit
160 Display unit
180 Optical coupler

(57) Abstract: An observation device comprises: an imaging unit (220); a light source unit (10); a light quantity adjustment unit (110); and an image processing unit (150). The imaging unit (220) includes a plurality of types of elements for generating a first signal when receiving light within a sensitivity range. The imaging unit (220) generates image data based on a subject image. The light source unit (10) contains a plurality of light sources which emit narrow spectrum light with mutually different wavelengths. The wavelengths of the light source unit (10) are set so that the sensitivity range of each of the plurality of types of elements contained in imaging unit (220) will encompass the wavelength of at least one narrow spectrum light. The light quantity adjustment unit (110) individually adjusts the light amount of each of the plurality of light sources. The image processing unit (150) generates display data representing a color image on the basis of the image data.

(57) 要約: 観察装置は、撮像部(220)と、光源部(10)と、光量調整部(110)と、画像処理部(150)とを含む。撮像部(220)は、感度領域に含まれる光を受光したときに第1の信号を生成する複数種類の素子を含む。撮像部(220)

は、被写体像に基づく画像データを生成する。光源部(10)は、互いに波長が異なる狭スペクトル光を射出する複数の光源を含む。光源部(10)は、撮像部(220)に含まれる複数種類の素子の何れの感度領域にも、それぞれ少なくとも1つの狭スペクトル光の波長が含まれるように波長が設定されている。光量調整部(110)は、複数の光源の各々の光量を個別に調整する。画像処理部(150)は、画像データに基づいて、カラー画像を表す表示データを生成する。

WO 2014/208417 A1



NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI 添付公開書類:

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
MR, NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称： 観察装置

技術分野

[0001] 本発明は、観察装置に関する。

背景技術

[0002] レーザ光源として、従来から用いられている気体光源に対し、固体光源は、低消費電力、高接続効率、小型、高速切替可能などの長所を有する。このような固体光源に対する技術革新は目覚しい。このような小型の固体光源と光ファイバとが組み合わせられた、いわゆるファイバ光源が知られている。ファイバ光源は、細い構造物内を照明するのに好適である。したがって、内視鏡等への応用も進められている。

[0003] 例えば日本国特開平10-286235号公報には、赤（R）、緑（G）、青（B）の3色のレーザ光源と、光ファイバと、拡散板とが組み合わせられた光源装置が内視鏡に搭載されている例が開示されている。光ファイバはレーザ光源を高い効率で導光するため、このようなレーザ光源と光ファイバとの組み合わせによれば、高効率で明るい光源装置が実現され得る。日本国特開平10-286235号公報に係る光源装置では、波長441.6nmの青色レーザ光、波長537.8nmの緑色レーザ光、及び波長636.0nmの赤色レーザ光を同時に射出する3原色（白色）レーザ光源であるHe-Cdレーザ光源と、波長632.8nmの赤色レーザ光を射出するHe-Neレーザ光源とが用いられている。これらの光源から射出されたレーザ光は、光ファイバで内視鏡先端部まで導光され、拡散板及び照度分布調整フィルタを介して照明対象物である生体に照射される。

[0004] 一般に拡散させたレーザ光が照明光として用いられる場合、レーザ光に含まれない波長の光の情報は欠落する。すなわち、例えば赤色として波長636.0nmのレーザ光が用いられる場合、赤色のうち波長636.0nmの光についての観察対象物の反射率とそれ以外の波長の光についての観察対象

物の反射率とが大きく異なっていると、赤色の色再現性が悪くなることが知られている。例えば、波長が636.0nm近傍である光をほとんど反射せず、それ以外の赤色領域の光をよく反射する物体を観察する場合、実際には赤色に見えるにも関わらず、波長636.0nmの赤色レーザ光で照明すると、暗く見えることがある。上述の日本国特開平10-286235号公報では、赤色の色再現性を向上させるため、波長636.0nmの赤色レーザ光源に加えて波長632.8nmの赤色レーザ光源が用いられている。しかしながらこれら光源が射出するレーザ光の波長差はわずか3.2nmである。波長差が小さいと、色再現性の向上はそれほど期待できない。

[0005] 上述の日本国特開平10-286235号公報に係る技術では、混合されたレーザ光は白色としている。しかしながら、白色光を照明光として利用して、全体的に赤色や青色など色みのついた被写体を撮像する場合、その色みによって色再現性が低くなる場合がある。例えば、赤色に色みの付いた被写体を撮像する場合、撮像部に入射する赤色光の強度は高く、撮像部に入射する緑色光や青色光の強度は低くなる。このため、撮像部において、赤色については露出オーバーとなったり、緑色又は青色については露出アンダーとなったりし得る。

発明の概要

[0006] 本発明は、色再現性が高い観察装置を提供することを目的とする。

[0007] 前記目的を果たすため、本発明の一態様によれば、観察装置は、所定の波長領域である感度領域に含まれる光を受光したときに光電変換を行って第1の信号を生成する素子であって、前記感度領域が互いに異なる複数種類の前記素子を含み、被写体像に基づく前記第1の信号を含む画像データを生成する撮像部と、互いに波長が異なる狭スペクトル光を射出する複数の光源を含む光源部であって、前記撮像部に含まれる前記複数種類の素子の何れの前記感度領域にも、それぞれ少なくとも1つの前記狭スペクトル光の波長が含まれるように前記狭スペクトル光の波長が設定されている前記光源部と、前記複数種類の素子の何れもが高い機能を発揮するように、前記複数の光源の各

々の光量を個別に調整する光量調整部と、前記画像データに基づいて、カラー画像を表す表示データを生成する画像処理部とを具備する。

[0008] 本発明によれば、色再現性が高い観察装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、第1の実施形態に係る観察装置の構成例の概略を示すブロック図である。

[図2]図2は、撮像素子の構成例の概略を示す図である。

[図3]図3は、フィルタの光学特性の一例を示す図である。

[図4]図4は、光電変換素子における入射光の波長と光電変換の感度との関係の一例を示す図である。

[図5A]図5Aは、標準試験色の反射スペクトルを示す図である。

[図5B]図5Bは、標準試験色の反射スペクトルを示す図である。

[図6]図6は、マルチモード半導体レーザ光源の発振スペクトルの一例を示す図である。

[図7]図7は、観察装置の動作の一例を示すフローチャートである。

[図8]図8は、撮像素子における入射光の光量及び発生する第1の信号の強度とその頻度との関係を説明するための図である。

[図9]図9は、被写体の平均反射率と波長との関係の一例を示す図である。

[図10]図10は、撮像素子に設けられたカラーフィルタの光学特性と、レーザ光源の波長との関係を示す図である。

[図11]図11は、第1の特徴値とドミナント波長との関係の一例を示す図である。

[図12]図12は、赤色を呈している被写体を撮像したときのR画素、G画素及びB画素に入射する光の輝度値とその頻度を表すヒストグラムである。

[図13]図13は、第3の実施形態に係る観察装置の構成例の概略を示すブロック図である。

[図14]図14は、光量決定テーブルの一例の概略を示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] [第1の実施形態]

本発明の第1の実施形態について図面を参照して説明する。図1は、本実施形態に係る観察装置1の構成例の概略を示す。図1に示すように、観察装置1は、本体部100と、外光の入らない暗い場所に挿入されるように構成されている挿入部200とを備える。観察装置1は、挿入部200の先端から照明光を照射しながら被写体を撮像する、暗部観察のための装置である。

[0011] 挿入部200は、細長形状をしており、その一端は、本体部100に接続されている。この本体部100に接続されている側の一端を基端側と称し、他端を先端側と称することにする。挿入部200の先端部250には、光射出部210と、撮像部220とが設けられている。光射出部210には、光ファイバ215の一端が接続されている。光ファイバ215の他端は、本体部100に接続されている。光ファイバ215は、本体部100から光射出部210へ照明光を導く。光ファイバ215で導かれた照明光は、光射出部210から照射される。

[0012] 挿入部200は、観察対象物の内部空間に挿入され易い形状となっている。言い換えると、挿入部200は、一般の光源装置では照明しにくい狭い入り口を有する観察対象物の内部空間を照明しやすい形状となっている。例えば図1に示されるように、観察対象物900の内部空間としては、狭い入り口の奥側に存在するやや広がった空間などが考えられる。このような空間の内部には、室内照明や太陽光などの外光が侵入しにくい。特に挿入部200が挿入されると、狭い入り口がさらに挿入部でふさがれるため、外光はほとんど内部に侵入しない。すなわち、内部空間における照明光のほとんどは、光射出部210から射出された光となる。観察装置1が用いられる状況では、光射出部210から射出される光と比較して、外光はほとんど無視され得る。

[0013] 撮像部220は、撮像素子を含む。撮像素子は、受光量に応じて光電変換によって電荷を発生させる。撮像素子を用いて撮像部220は、光射出部210から射出された光によって照らされた被写体を撮像し、反射光を電気信

号に変換する。撮像部 220 は、この電気信号を画像データとして本体部 100 に出力する。

[0014] 図 2 に示すように、撮像部 220 に含まれる撮像素子 222 には、複数の画素 223 が設けられている。撮像素子 222 には、カラーフィルタ 224 がパターンニングされている。カラーフィルタ 224 は、画素 223 に対応させて、赤色のフィルタを有する領域と、緑色のフィルタを有する領域と、青色のフィルタを有する領域とを含む。これら画素及びフィルタの配置は、例えばベイヤ配列に従う。赤色のフィルタが形成されている画素を R 画素 226 と称し、緑色のフィルタが形成されている画素を G 画素 227 と称し、青色のフィルタが形成されている画素を B 画素 228 と称することにする。

[0015] 図 3 に、カラーフィルタ 224 の光透過特性、すなわち、波長に対する光透過率の関係を示す。図 3 に示すように、青色フィルタは、波長 400 nm 台の光を主に透過させ、緑色フィルタは、波長 500 nm 台の光を主に透過させ、赤色フィルタは、波長 600 nm 以上の光を主に透過させる。

[0016] 撮像素子 222 の各々の画素 223 は、光電変換によって電気信号を生成する。R 画素 226 は主に赤色の光の強度を電気信号に変換し、G 画素 227 は主に緑色の光の強度を電気信号に変換し、B 画素 228 は主に青色の光の強度を電気信号に変換する。これら各画素で発生する波長領域別の電気信号を第 1 の信号と称することにする。撮像素子 222 は、全体として多数の第 1 の信号に係る情報を含む画像データを出力する。

[0017] 図 4 に、撮像素子 222 に用いられている光電変換素子に係る入射光の波長と光電変換の感度との関係を示す。図 4 に示すように、撮像素子 222 の光電変換に関する感度は、波長によって異なる。また、撮像素子 222 には、光強度に応じた信号を出力できる適正光量範囲が存在する。光量が適正光量範囲よりも小さいとき、受光した光に基づく電気信号はノイズに埋もれてしまい、光量に応じた出力が得られない。一方で、光量が適正光量範囲よりも大きいとき、撮像素子 222 は、一定以上電荷を蓄積できない飽和状態となり、光量に応じた電気信号を出力できない。撮像素子 222 が光量に応じ

た電気信号を出力できる範囲を、その撮像素子 222 のダイナミックレンジと称する。

[0018] 観察装置 1 に用いられる光源は、異なる波長の光を発する複数のレーザ光源であることが好ましい。観察装置 1 は狭い入口を有する閉空間内の観察に用いられることが想定されているので、挿入部 200 の細径化が求められている。レーザ光源は発光点が小さく、射出されるレーザ光は直進性が高いため、レーザ光は、光ファイバなど細径光学部材に導入されやすい。このため、レーザ光源が用いられることは、挿入部 200 の細径化に有利である。

[0019] なお、レーザ光のような狭スペクトル光でも、可視光領域に含まれる複数の異なる波長を有する光を混合した光によれば、照明光として十分な性能（演色性）が得られることが知られている（例えば、A. Neumann et al., Opt. Exp., 19, S4, A982 (July 4, 2011) 参照）。さらに、一種類の狭スペクトル光により得られる画像情報には、その波長に特異的な反射特性を有する物質に関する情報が含まれることがある。したがって、狭スペクトル光であるレーザ光によれば、通常の白色光による観察では得られない情報が得られる利点もある。

[0020] 半導体レーザ光源は、半導体素子に電流が流されることでレーザ光を射出する固体光源装置である。一般に、半導体レーザ光源としては、紫外光から赤外光まで、様々な波長を射出するものが実用化されている。半導体レーザ光源は、小型、省電力などの特長を有している。高輝度化や波長多様化等、半導体レーザ光源の開発は盛んになされている。

[0021] 本実施形態では、撮像部 220 において、R 画素 226、G 画素 227 及び B 画素 228 といった複数種類の画素 223 が設けられている。R 画素 226、G 画素 227 及び B 画素 228 には、図 3 に示すような波長透過特性を有するカラーフィルタ 224 が設けられている。この波長感度領域が照明光の波長を 1 つも含んでいない場合、その画素 223 は存在意義をなくす。したがって、各画素 223 の波長感度領域には少なくとも 1 つの照明光の波長が含まれていることが望ましい。

[0022] なお、本実施形態では、各画素 2 2 3 の波長感度領域を、対応するカラーフィルタ 2 2 4 の透過率が少なくとも 2 0 % 以上である波長領域と定義する。カラーフィルタ 2 2 4 において透過率を 0 % にすることは技術的に困難であり、カラーフィルタ 2 2 4 は、主に透過する波長領域以外の波長領域においても若干の透過性を有するためである。この定義は、適宜に変更される得ることは勿論である。

[0023] 被写体の表面の光反射特性は、可視光領域に含まれる短波長から長波長までにおいて、様々であることが想定される。このため、光源には、少なくとも色の 3 原色又は光の 3 原色と言われている赤色領域、緑～黄色領域、青色領域のそれぞれについて 1 波長ずつが必ず含まれることが求められる。上記文献 (Neumann et al.) においても赤色 (6 3 5 n m)、黄色 (5 8 9 n m)、緑色 (5 3 2 n m)、青色 (4 5 7 n m) という離散的に設定された 4 つの波長が光源の波長として選択されている。

[0024] 演色性は、例えば国際照明委員会 (C I E) や日本工業規格 (J I S) で定められた平均演色評価数によって表される。C I E や J I S で定められている平均演色評価数は、自然界に多く存在していると想定されている複数の試験色に対し、太陽光や黒体放射光と比較してどの程度、色差が発生するかを指標化したものである。この平均演色評価数が低い照明光は、人間の目による視覚に限らず、撮像素子 2 2 2 を用いる本実施形態のような装置においても、色再現性が悪くなると考えられる。すなわち、平均演色評価数が低い場合、取得される画像が、被写体の本来の色を十分再現できないと考えられる。

[0025] カラーフィルタ 2 2 4 が 3 色であることに対応させて、3 種類の波長のレーザ光源が用いられるとき、演色性がそれほど高くないことが計算によって明らかになっている。光源の波長数が増加するとき、一般に平均演色評価数が増加する。観察装置 1 においても、少なくとも 4 種類の狭スペクトル光が混合された照明光が用いられることが望ましい。

[0026] 光源として用いられる狭スペクトル光の波長の組み合わせについて説明す

る。可視光領域において照明光の波長が欠落している範囲が広いと、その波長領域に特異的な被写体の画像情報が得られないため望ましくない。図5 A 及び5 B に示すC I E やJ I S で標準試験色として定められている8種の反射スペクトルを参照すると、400 nm乃至750 nmの全領域で緩やかに反射スペクトルが変化している。このため、波長領域の全領域に照明光が存在する必要は無いと考えられる。複数の狭スペクトル光を照明光とした場合、照明光の各々の波長が近接しすぎても、離れすぎても、特定の波長領域情報が欠落してしまい、特徴的な被写体の色情報を再現できなくなるおそれがある。C I E やJ I S において規格化している平均演色評価数の計算は全て5 nmごとの離散的なスペクトル情報に基づいて算出されている。このことから、互いに隣接する波長は、少なくとも5 nm以上離れているとき、演色性が有意に向上するものと考えられる。以上のことから、観察装置1の光源としては、少なくともピーク波長が5 nm以上離れている4種類以上のレーザ光源が用いられることが望まれる。以降の説明では、互いに5 nm以上離れた波長を有する照明光が用いられるとき、その波長間隔を高演色性維持波長間隔と称することにする。

[0027] また、観察装置1で取得されるカラー画像が高い色再現性を有している状態を高色再現状態と呼ぶ事とする。なお、カラー画像情報は、特定の規格に準じた情報群に限らず、画像表示装置が観察装置1に接続された場合に、人の目に適切に視認され得るよう変換された任意の情報を表す。

[0028] 本体部100には、図1に示すように、光射出部210から射出される照明光の光源である第1の半導体レーザ光源(LD)121と、第2の半導体レーザ光源122と、第3の半導体レーザ光源123と、第4の半導体レーザ光源124とが設けられている。これら4台の半導体レーザ光源が射出するレーザ光の波長は互いに異なる。なお、以降の説明において、第1の半導体レーザ光源121と、第2の半導体レーザ光源122と、第3の半導体レーザ光源123と、第4の半導体レーザ光源124とを合わせて、レーザ光源120と称することにする。なお、ここでは、光源として半導体レーザ光

源が用いられる例を示すが、光源には種々のレーザ光源等、狭スペクトルを射出する光源が用いられ得る。

[0029] レーザ光源 120 に含まれる半導体レーザ光源は、いずれもマルチモードレーザ光源である。例えば図 6 に示すように、マルチモード半導体レーザ光源は、複数の波長のレーザ発振をするが、その波長は、最短のものから最長のものまで数 nm 程度の波長域に含まれる。図 6 は、波長が約 440 nm で発光するマルチモード半導体レーザ光源の発光スペクトルの一例を示す。この発光スペクトルは、数十本の線スペクトル成分を有し、時間と共に比率や線スペクトルの数に変化する。発光スペクトルの波長領域の幅は、1 nm 程度の広がりを持っている。このようなスペクトルを有するマルチモードレーザ光が狭帯域光として用いられる場合、本実施形態では、狭帯域光としてのピーク波長 λ_{nb} を最も光強度が高い波長と定義する。本実施形態では、第 1 の半導体レーザ光源 121 のピーク波長 λ_{nb1} は 440 nm であり、青色である。同様に、第 2 の半導体レーザ光源 122 のピーク波長 λ_{nb2} は 530 nm であり、緑色である。第 3 の半導体レーザ光源 123 のピーク波長 λ_{nb3} は 590 nm であり、オレンジ色である。第 4 の半導体レーザ光源 124 のピーク波長 λ_{nb4} は 640 nm であり、赤色である。

[0030] 本実施形態では、第 1 の半導体レーザ光源 121 のレーザ光スペクトルと第 2 の半導体レーザ光源 122 のレーザ光スペクトルとの間、第 2 の半導体レーザ光源 122 のレーザ光スペクトルと第 3 の半導体レーザ光源 123 のレーザ光スペクトルとの間、及び第 3 の半導体レーザ光源 123 のレーザ光スペクトルと第 4 の半導体レーザ光源 124 のレーザ光スペクトルとの間の領域であって、レーザ光が含まれない領域を、波長欠落領域と定義する。本実施形態では、各レーザ光におけるスペクトル成分が有する 1 nm 以下の幅は、波長欠落領域の幅である数十 nm と比較して無視できる範囲である。したがって、各ピーク波長間の距離を波長欠落領域の幅とみなすことができる。

[0031] 本体部 100 には、図 1 に示すように、第 1 の半導体レーザ光源 121 を

駆動する第1の駆動回路131と、第2の半導体レーザ光源122を駆動する第2の駆動回路132と、第3の半導体レーザ光源123を駆動する第3の駆動回路133と、第4の半導体レーザ光源124を駆動する第4の駆動回路134とが設けられている。以降の説明では、第1の駆動回路131と、第2の駆動回路132と、第3の駆動回路133と、第4の駆動回路134とを合わせて駆動回路130と称することにする。駆動回路130は、レーザ光源120を駆動し、レーザ光源120を点灯させたり消灯させたり光量を変化させたりする。さらに、本体部100には、駆動回路130の動作を制御する光源制御部140が設けられている。光源制御部140は、後述の光量調整部110で決定された出力値に基づいて、駆動回路130にレーザ光源120を駆動させる。

[0032] 本体部100には、光カプラ180が設けられている。レーザ光源120の各々から射出されたレーザ光は、光ファイバ170によって、それぞれ光カプラ180に導かれる。光カプラ180は、導かれた各レーザ光を合波して、合波した光を上述の光ファイバ215に入射させる。光ファイバ215に入射した照明光は、光ファイバ215によって先端部250の光射出部210に導かれる。

[0033] 光射出部210には、光ファイバ215によって導光された光を所望の照明光とするために、例えば拡散材を含む先端光学部材が設けられている。光射出部210から被写体の方向には、4色のレーザ光が混合及び拡散された状態の照明光が射出する。このように、レーザ光源120と、駆動回路130と、光ファイバ170と、光カプラ180と、光ファイバ215と、光射出部210とは、光源部10を形成する。

[0034] 本体部100は、レーザ光源120から射出されるレーザ光の光量を決定する光量調整部110と、撮像部220が撮像して得た画像データを処理する画像処理部150と、例えば液晶表示素子といった表示デバイスを含む表示部160とをさらに備える。光量調整部110は、画素特徴値算出部111と、光源特徴値算出部112と、光量決定部113と、記憶部115とを

備える。

[0035] 画素特徴値算出部 111 は、画像処理部 150 から画像データを取得する。画素特徴値算出部 111 は、取得した画像データに基づいて、第 1 の特徴値を算出する。ここで第 1 の特徴値は、第 1 の信号に係る特徴値である。第 1 の信号とは、上述のとおり、撮像部 220 が有する R 画素 226 の赤色、G 画素 227 の緑色及び B 画素 228 の青色に対応した所定の波長領域に係る各画素で発生する電気信号である。画素特徴値算出部 111 は、第 1 の特徴値を光源特徴値算出部 112 に送信する。

[0036] 光源特徴値算出部 112 は、画素特徴値算出部 111 から取得した第 1 の特徴値に基づいて、第 2 の特徴値を算出する。ここで、第 2 の特徴値は、撮像部 220 が受光した光について、光源の波長毎に算出される特徴値である。光源特徴値算出部 112 は、第 2 の特徴値を光量決定部 113 に送信する。このように、光源特徴値算出部 112 は、第 2 の特徴値を算出する第 2 の特徴値算出部として機能する。ここで、第 2 の特徴値は、レーザ光源 120 に含まれる各々の光源の出力補正に関する特徴を示す。この出力補正は、光量に関する補正であって、上記の第 1 の信号の強度に影響を与える補正である。

[0037] 光量決定部 113 は、光源特徴値算出部 112 から取得した第 2 の特徴値に基づいて、レーザ光源 120 の各光源、すなわち、第 1 の半導体レーザ光源 121 と、第 2 の半導体レーザ光源 122 と、第 3 の半導体レーザ光源 123 と、第 4 の半導体レーザ光源 124 との各々から射出するレーザ光の光量、すなわち、出力値を算出する。光量決定部 113 は、算出した出力値を、光源制御部 140 に送信する。また、光量決定部 113 は、出力値を画像処理部 150 に送信する。

[0038] 記憶部 115 は、上述の演算に必要な基準値 116 を記憶している。記憶部 115 は、光源特徴値算出部 112 や光量決定部 113 からの要求に応じて、基準値 116 を出力する。

[0039] 光源制御部 140 は、光量決定部 113 から取得した出力値に基づいて、

駆動回路 130 にレーザ光源 120 を駆動させる。その結果、レーザ光源 120 は、光量調整部 110 が決定した出力値に応じたレーザ光を出力する。

[0040] 画像処理部 150 は、撮像部 220 で撮像した被写体像に係る画像データを取得する。また、画像処理部 150 は、光量決定部 113 からレーザ光源 120 の出力値を取得する。画像処理部 150 は、取得した画像データに画像処理を施す。この画像処理は、一般的な画像処理に加えてレーザ光源 120 の出力値に係る補正を含む。すなわち、画像処理部 150 は、青色、緑色、赤色の各々について、レーザ光源 120 からの射出光量が高い色については、撮像部 220 で取得された画像データについて値を低減させる補正を施し、レーザ光源 120 からの射出光量が低い色については、撮像部 220 で取得された画像データについて値を増加させる補正を施す。このような補正により、照明光として白色光が照射されたときの被写体の色が表現された画像が生成される。画像処理部 150 は、表示部 160 がカラー画像を表示できる形式を有する表示データを生成する。画像処理部 150 は、表示データを表示部 160 に出力し、表示部 160 に被写体の画像を表示させる。また、画像処理部 150 は、撮像部 220 から取得した画像データをそのまま画素特徴値算出部 111 に出力する。

[0041] 次に本実施形態に係る観察装置 1 の動作について図 7 に示すフローチャートを参照して説明する。ステップ S101 において、光源制御部 140 は、駆動回路 130 にレーザ光源 120 を駆動させ、照明を開始させる。このとき、レーザ光源 120 の出力は所定の初期値とする。ステップ S102 において、撮像部 220 は、撮像動作を行う。すなわち、撮像部 220 は、撮像素子 222 で光電変換されて得られた画像データを画像処理部 150 に送信する。

[0042] ステップ S103 において、画像処理部 150 は、撮像素子 222 から取得した画像データに対して画像処理を施し、表示部 160 に表示させるのに適したカラー画像の情報を有する表示データを作成する。この際、画像処理部 150 は、光量決定部 113 からレーザ光源 120 の各光源の光量に係る

出力値の情報を取得し、この出力値の情報をを用いて表示データを作成する。画像処理部 150 は、作成した表示データを表示部 160 に送信し、表示部 160 に表示データに基づいた画像を表示させる。また、画像処理部 150 は、撮像素子 220 から取得した画像データをそのまま画素特徴値算出部 111 に送信する。ここで画像データは、第 1 の信号に係る情報を含む。

[0043] ステップ S 104 において、画素特徴値算出部 111 は、画像処理部 150 から取得した画像データに基づいて、第 1 の特徴値を算出する。ここで第 1 の特徴値は、撮像素子 220 に含まれる各画素 223 が出力する第 1 の信号に係る特徴値である。このように、画素特徴値算出部 111 は、第 1 の特徴値を算出する第 1 の特徴値算出部として機能する。

[0044] 本実施形態では、第 1 の特徴値は以下のような値である。撮像素子 222 に含まれる例えば全ての R 画素 226 を R 画素群と称することにする。同様に、撮像素子 222 に含まれる例えば全ての G 画素 227 を G 画素群と称し、撮像素子 222 に含まれる例えば全ての B 画素 228 を B 画素群と称することにする。第 1 の特徴値は、R 画素群から出力された第 1 の信号の強度の平均値である R 画素平均強度と、G 画素群から出力された第 1 の信号の強度の平均値である G 画素平均強度と、B 画素群から出力された第 1 の信号の強度の平均値である B 画素平均強度とを含む。画素特徴値算出部 111 は、算出した R 画素平均強度と G 画素平均強度と B 画素平均強度とを含む第 1 の特徴値を、光源特徴値算出部 112 に出力する。

[0045] なお、撮像素子 222 は、ダイナミックレンジを有する。例えばダイナミックレンジを超える明るい被写体を撮像するとき、撮像素子 222 の各画素における入射光の光量及び発生する第 1 の信号の強度とその頻度との関係は、図 8 に示すヒストグラムのようなになる。図 8 において、破線は入射光の光量を示し、実線は第 1 の信号の信号強度の分布を示す。図 8 に示すような場合、第 1 の信号の強度の平均値を単純に求めると、その値は光量の平均値を正しく表さない。そこで、平均値ではなく、最頻値を第 1 の特徴値としてもよい。また、図 8 のような分布となったとき、ヒストグラムに基づいてカー

ブフィッティングを行い、その後、フィッティングカーブに基づいて平均値を算出してもよい。例えば第１の信号の信号強度の単純な平均値の０．５倍以上１．５倍以下に第１の特徴値が設定されることも好ましい。多くの場合、単純な平均値の０．５倍以上１．５倍以下の範囲に受光量の平均値に対応する値が存在するためである。

[0046] 全ての画素について入射する光の光量が平均値に近い場合、すなわち、被写体の輝度差が小さい場合、露出オーバーになる画素や露出アンダーになる画素がないこともあり得る。この場合、第１の信号の強度の単純な平均値は、光量の平均値を表すことになる。しかしながら、光量の平均値とダイナミックレンジの平均値とが大きく異なる場合、第１の信号の平均値は、光量の平均値を表さないこともあり得る。このような場合にも適切な第１の特徴値が算出されるためには、上述のような算出方法が用いられる必要がある。

[0047] ステップＳ１０５において、光源特徴値算出部１１２は、第１の特徴値に基づいて、第２の特徴値を算出する。ここで、第２の特徴値は、第１の特徴値に対応した光源毎の値である。第２の特徴値については、具体例を挙げて後述する。光源特徴値算出部１１２は、第２の特徴値を光量決定部１１３に出力する。

[0048] ステップＳ１０６において、光量決定部１１３は、第２の特徴値に基づいて、レーザ光源１２０の各光源の出力値を決定する。光量決定部１１３は、決定した光源の出力値を光源制御部１４０と画像処理部１５０とに送信する。ステップＳ１０７において、光源制御部１４０は、光量決定部１１３から取得した光源の出力値に基づいて、駆動回路１３０にレーザ光源１２０を駆動させる。

[0049] ステップＳ１０８において、光量決定部１１３は、照明を終了するか否かを判定する。例えばユーザが図示しない入力部から照明終了の指示を入力したとき、照明は終了する。照明が終了でないと判定されたとき、処理はステップＳ１０２に戻る。このとき、再びステップＳ１０２で撮像部２２０が被写体を撮像し、ステップＳ１０３で画像処理部１５０は画像処理を行い表示

データを作成する。ここで、画像処理部 150 は、ステップ S 106 で決定された光源の出力値に基づいて画像処理を行う。すなわち、例えば光源光量が低い色については画像信号の利得を上げ、光源光量が高い色については画像信号の利得を下げる。

[0050] 全体に赤色を呈している被写体を撮像する場合を例として、上述の動作をさらに説明する。例えば波長と撮像範囲全体の平均反射率との関係が図 9 に示すような特徴を有する被写体を観察する場合を考える。

[0051] 光量決定部 113 は、照明開始時に、例えばレーザ光源 120 から射出される 4 種類のレーザ光の光量を何れも 100 mW に設定する。すなわち、光量決定部 113 は、ステップ S 101 において、レーザ光源 120 の各光源の出力値を初期値の 100 mW に設定する。このとき、駆動回路 130 は、出力 100 mW でレーザ光源 120 を駆動する。

[0052] 各光源、すなわち、第 1 の半導体レーザ光源 121 と、第 2 の半導体レーザ光源 122 と、第 3 の半導体レーザ光源 123 と、第 4 の半導体レーザ光源 124 とは、100 mW のレーザ光を射出する。レーザ光源 120 から射出されたレーザ光は、光ファイバ 170 を介して光カップラ 180 に入射し、これらレーザ光は、光カップラ 180 で合波して光ファイバ 215 に入射する。レーザ光は、光ファイバ 215 によって光射出部 210 に導かれ、光射出部 210 から照明光として射出される。光ファイバ、光カップラ 180、先端光学部材等における光の伝送効率を波長によらず仮に 50% とすると、各色のレーザ光は、光射出部 210 から 50 mW ずつ被写体に向けて射出されることになる。

[0053] 光射出部 210 から射出された照明光によって、被写体の色に応じたスペクトルを有する光を反射する。例えば図 9 に示すような反射特性を有する被写体を考える。このとき、各色について光射出部 210 から 50 mW ずつの光が射出されると、被写体で反射される光強度は次のようになる。すなわち、

波長 440 nm の光強度は 636 μ W、

波長 530 nm の光強度は 789 μ W、
波長 590 nm の光強度は 1053 μ W、
波長 640 nm の光強度は 2368 μ W

となる。

[0054] この反射光は、撮像部 220 のカラーフィルタ 224 を透過して撮像素子 222 に入射する。図 3 に示したカラーフィルタ 224 の波長特性によれば、透過光の強度は次のようになる。すなわち、R 画素 226 の平均については、

波長 440 nm の光強度は 25 μ W、
波長 530 nm の光強度は 47 μ W、
波長 590 nm の光強度は 937 μ W、
波長 640 nm の光強度は 2226 μ W

であり、各波長の合計の光強度は 3236 μ W となる。

[0055] また、G 画素 227 の平均については、

波長 440 nm の光強度は 70 μ W、
波長 530 nm の光強度は 703 μ W、
波長 590 nm の光強度は 526 μ W、
波長 640 nm の光強度は 379 μ W

であり、各波長の合計の光強度は 1678 μ W となる。

[0056] また、B 画素 228 の平均については、

波長 440 nm の光強度は 572 μ W、
波長 530 nm の光強度は 134 μ W、
波長 590 nm の光強度は 42 μ W、
波長 640 nm の光強度は 166 μ W

であり、各波長の合計の光強度は 914 μ W となる。

[0057] 撮像素子 222 は、入射光を受光して光電変換し、画像データを生成する。本実施形態に係る撮像部 220 には、スピード可変シャッタは設けられておらず、露光時間は、常に 10 ミリ秒であるとする。上述のような光を受光

した撮像素子 2 2 2 において発生する第 1 の信号の強度は、図 4 に示した関係に基づくと、次のようになる。すなわち、R 画素 2 2 6 における第 1 の信号の強度の平均値、すなわち R 画素平均強度は、

$$\begin{aligned} & (25 [\mu W] \times 231 [mA/W] \\ & + 47 [\mu W] \times 300 [mA/W] \\ & + 937 [\mu W] \times 346 [mA/W] \\ & + 2226 [\mu W] \times 384 [mA/W]) \times 0.01 \\ & = 12.0 \mu A \end{aligned}$$

となる。

[0058] G 画素 2 2 7 における第 1 の信号の強度の平均値、すなわち G 画素平均強度は、

$$\begin{aligned} & (70 [\mu W] \times 231 [mA/W] \\ & + 703 [\mu W] \times 300 [mA/W] \\ & + 526 [\mu W] \times 346 [mA/W] \\ & + 379 [\mu W] \times 384 [mA/W]) \times 0.01 \\ & = 5.5 \mu A \end{aligned}$$

となる。

[0059] B 画素 2 2 8 における第 1 の信号の強度の平均値、すなわち B 画素平均強度は、

$$\begin{aligned} & (572 [\mu W] \times 231 [mA/W] \\ & + 134 [\mu W] \times 300 [mA/W] \\ & + 42 [\mu W] \times 346 [mA/W] \\ & + 166 [\mu W] \times 384 [mA/W]) \times 0.01 \\ & = 2.5 \mu A \end{aligned}$$

となる。

[0060] ステップ S 1 0 2 において、撮像部 2 2 0 は、第 1 の信号を含む画像データを画像処理部 1 5 0 に送信する。画像処理部 1 5 0 は、撮像部 2 2 0 から画像データを取得する。ステップ S 1 0 3 において、画像処理部 1 5 0 は、

取得した画像データに画像処理を施して、表示部 160 に表示させるために適したカラー画像である表示データを生成し、表示部 160 に出力する。また、画像処理部 150 は、光量調整部 110 の画素特徴値算出部 111 に、撮像素子 220 から取得した画像データをそのまま送信する。

[0061] 画素特徴値算出部 111 は、ステップ S104 において、画像データに基づいて、例えば、上述のように R 画素平均強度が $12.0 \mu A$ 、G 画素平均強度が $5.5 \mu A$ 、B 画素平均強度が $2.5 \mu A$ という第 1 の特徴値を算出する。なお、例えば撮像素子 222 のダイナミックレンジの平均値が $5 \mu A$ である場合、R 画素の平均では入射光の強度は高過ぎ、G 画素の平均では入射光の強度は適正であり、B 画素の平均では入射光の強度は低過ぎる。画素特徴値算出部 111 は、算出した第 1 の特徴値を光源特徴値算出部 112 に出力する。

[0062] 光源特徴値算出部 112 は、ステップ S105 において、第 1 の特徴値に含まれる R 画素平均強度、G 画素平均強度及び B 画素平均強度という 3 つの値から、レーザ光源 120 の 4 つの光源毎の光量に係る値である第 2 の特徴値を算出する。ここで、第 2 の特徴値は、光源毎の出力の変更に係る出力補正に関する特徴を示す値である。続いて、光量決定部 113 は、ステップ S106 においてレーザ光源 120 の各光源の出力を決定する。ここでは、第 2 の特徴値及び各光源の出力値を算出するための 2 通りの方法を示す。

[0063] (第 1 の算出方法)

第 1 の算出方法において、光源特徴値算出部 112 が算出する第 2 の特徴値は、レーザ光源 120 の各光源の出力を現在の何倍にするかを表す倍率を算出するための倍率算出値である。

[0064] 撮像素子 222 に設けられたカラーフィルタ 224 の光学特性と、レーザ光源の波長との関係を図 10 に示す。カラーフィルタ 224 の透過率が 20 % 以上である波長について撮像素子 222 において光電変換が行われると考える。このとき、第 1 の半導体レーザ光源 121 から射出された光は、B 画素 228 においてのみ検出される。同様に、第 2 の半導体レーザ光源 122

から射出された光はG画素227においてのみ検出され、第4の半導体レーザ光源124から射出された光は、R画素226においてのみ検出される。第3の半導体レーザ光源123から射出された光は、G画素227とR画素226とで検出される。

[0065] そこで、第2の特徴値である各半導体レーザ光源の出力の倍率を算出するための倍率算出値は、次に基づいて算出される。すなわち、第1の半導体レーザ光源121に係る第1の倍率算出値は、第1の特徴値のうちB画素平均強度に基づく。第2の半導体レーザ光源122に係る第2の倍率算出値は、第1の特徴値のうちG画素平均強度に基づく。第3の半導体レーザ光源123に係る第3の倍率算出値は、第1の特徴値のうちG画素平均強度とR画素平均強度との平均値に基づく。第4の半導体レーザ光源124に係る第4の倍率算出値は、第1の特徴値のうちR画素平均強度に基づく。

[0066] 光源特徴値算出部112は、ステップS105において、第1の倍率算出値と、第2の倍率算出値と、第3の倍率算出値と、第4の倍率算出値とを含む第2の特徴値を算出する。光源特徴値算出部112は、算出した第2の特徴値を光量決定部113に送信する。

[0067] 例えば上述の例では、光源特徴値算出部112は、第2の特徴値を次のように決定する。すなわち、第1の半導体レーザ光源121に係る第1の倍率算出値は2.5である。第2の半導体レーザ光源122に係る第2の倍率算出値は5.5である。第3の半導体レーザ光源123に係る第3の倍率算出値は $(5.5 + 12.0) / 2 = 8.75$ である。第4の半導体レーザ光源124に係る第4の倍率算出値は12.0である。

[0068] 光量決定部113は、ステップS106において、基準値116と第2の特徴値とを比較し、各レーザ光源の各光源の出力値の補正倍率を算出する。光量決定部113は、算出された補正倍率と、現在の各光源の出力値とに基づいて、次の出力値を決定する。決定された出力値に基づいて、駆動回路130は駆動される。

[0069] 例えば、基準値116が $5\mu\text{A}$ であるとする、上述の例では、第1の半

導体レーザ光源 1 2 1 に係る第 1 の補正倍率は、

$$5.0 / 2.5 = 2.0 \text{ [倍]}$$

と算出される。第 2 の半導体レーザ光源 1 2 2 に係る第 2 の補正倍率は、

$$5.0 / 5.5 = 0.90 \text{ [倍]}$$

と算出される。第 3 の半導体レーザ光源 1 2 3 に係る第 3 の補正倍率は、

$$5.0 / 8.75 = 0.57 \text{ [倍]}$$

と算出される。第 4 の半導体レーザ光源 1 2 4 に係る第 4 の補正倍率は、

$$5.0 / 12.0 = 0.42 \text{ [倍]}$$

と算出される。

[0070] これらの値に基づいて、第 1 の半導体レーザ光源 1 2 1 の出力値は、

$$100 \text{ [mW]} \times 2.0 = 200 \text{ [mW]}$$

と決定される。第 2 の半導体レーザ光源 1 2 2 の出力値は、

$$100 \text{ [mW]} \times 0.90 = 90 \text{ [mW]}$$

と決定される。第 3 の半導体レーザ光源 1 2 3 の出力値は、

$$100 \text{ [mW]} \times 0.57 = 57 \text{ [mW]}$$

と決定される。第 4 の半導体レーザ光源 1 2 4 の出力値は、

$$100 \text{ [mW]} \times 0.42 = 42 \text{ [mW]}$$

と決定される。このように、調整後の出力値を L_2 、調整前の出力値を L_1 、基準値を S 、第 2 の特徴値を C_2 としたときに、調整後の出力値 L_2 は、

$$L_2 = L_1 \times S / C_2$$

で表される。

[0071] ステップ S 1 0 7 において、レーザ光源 1 2 0 は、これらの値に基づいて動作が制御される。この光量によって同一の被写体が照明されて、撮像されると、

R 画素平均強度は $5.7 \mu A$ 、

G 画素平均強度は $3.9 \mu A$ 、

B 画素平均強度は $3.3 \mu A$

となり、適正量に近づく。

[0072] このプロセスを3回繰り返すと、

第1の半導体レーザ光源121の光量は309 mW、

第2の半導体レーザ光源122の光量は138 mW、

第3の半導体レーザ光源123の光量は57 mW、

第4の半導体レーザ光源124の光量は34 mW

となる。このとき、

R画素平均強度は5.1 μ A、

G画素平均強度は4.9 μ A、

B画素平均強度は4.9 μ A

となり、何れも基準値116である5 μ Aに近い適正量となる。

[0073] (第2の算出方法)

第2の算出方法について説明する。標準的な白色光を透過させたときのカラーフィルタを透過する光の色みを代表する波長をドミナント波長と称する。図3に示す光学特性を有するカラーフィルタ224では、青色フィルタのドミナント波長であるB画素ドミナント波長は470 nmである。同様に、緑色フィルタのドミナント波長であるG画素ドミナント波長は555 nmであり、赤色フィルタのドミナント波長であるR画素ドミナント波長は605 nmである。上述のとおり、第1の特徴値であるR画素平均強度は12.0 μ Aであり、G画素平均強度は5.5 μ Aであり、B画素平均強度は2.5 μ Aであるとき、これらの値をドミナント波長を用いて図示すると図11のように表される。

[0074] 第2の計算方法では、B画素の平均信号強度とG画素の平均信号強度とに基づいて得られた直線関係を表す関数と、G画素の平均信号強度とR画素の平均信号強度とに基づいて得られた直線関係を表す関数とを用いてレーザ光源の適正な光量を決定する。R画素の平均信号強度を C_{CFR} 、G画素の平均信号強度を C_{CFG} 、B画素の平均信号強度を C_{CFB} とする。R画素ドミナント波長を λ_{CFR} 、G画素ドミナント波長を λ_{CFG} 、B画素ドミナント波長を λ_{CFB} とする。このとき、レーザ光源の波長 λ_{LS} に対する平均信号強度 C_{LS} は、次

のように表される。すなわち、B画素の平均信号強度とG画素の平均信号強度とに基づいて得られた直線関係を表す関数においては、

$$C_{LS} = (C_{CFG} - C_{CFB}) / (\lambda_{CFG} - \lambda_{CFB}) \times \lambda_{LS} \\ + C_{CFG} - (C_{CFG} - C_{CFB}) / (\lambda_{CFG} - \lambda_{CFB}) \times \lambda_{CFG}$$

である。G画素の平均信号強度とR画素の平均信号強度とに基づいて得られた直線関係を表す関数においては、

$$C_{LS} = (C_{CFR} - C_{CFG}) / (\lambda_{CFR} - \lambda_{CFG}) \times \lambda_{LS} \\ + C_{CFR} - (C_{CFR} - C_{CFG}) / (\lambda_{CFR} - \lambda_{CFG}) \times \lambda_{CFR}$$

である。

[0075] 例えば上述のように、R画素の平均信号強度は12.0 μA であり、G画素の平均信号強度は5.5 μA であり、B画素の平均信号強度は2.5 μA であるとする。このとき、B画素の平均信号強度とG画素の平均信号強度とに基づいて得られた直線関係を表す関数は、

$$C_{LS} = 0.036 \times \lambda_{LS} - 14.3$$

と表される。G画素の平均信号強度とR画素の平均信号強度とに基づいて得られた直線関係を表す関数は、

$$C_{LS} = 0.129 \times \lambda_{LS} - 66.0$$

と表される。

[0076] 光源特徴値算出部112は、これら直線関係と、レーザ光源の波長 λ_{LS} とから、平均信号強度 C_{LS} を次のように算出する。すなわち、第1の半導体レーザ光源121については、

$$0.036 \times 440 - 14.3 = 1.54 \text{ } [\mu A]$$

となる。第2の半導体レーザ光源122については、

$$0.036 \times 530 - 14.3 = 4.78 \text{ } [\mu A]$$

となる。第3の半導体レーザ光源123については、

$$0.129 \times 590 - 66.0 = 10.1 \text{ } [\mu A]$$

となる。第4の半導体レーザ光源124については、

$$0.129 \times 640 - 66.0 = 16.6 \text{ } [\mu A]$$

となる。光源特徴値算出部 112 は、ステップ S105 において、このような平均信号強度 C_{LS} を第 2 の特徴値として算出する。この第 2 の特徴値は、各光源の出力の補正に関する特徴を示す値である。光源特徴値算出部 112 は、算出した第 2 の特徴値を光量決定部 113 に送信する。

[0077] 光源特徴値算出部 112 から第 2 の特徴値を取得した光量決定部 113 は、ステップ S106 において、取得した第 2 の特徴値と、基準値 116 である例えば $5\ \mu A$ とから、各レーザ光源の光量の補正倍率を算出する。

[0078] 例えば、上述の例では、第 1 の半導体レーザ光源 121 に係る補正倍率は、

$$5.0 / 1.54 = 3.5 \text{ [倍]}$$

と算出される。第 2 の半導体レーザ光源 122 に係る補正倍率は、

$$5.0 / 4.78 = 1.1 \text{ [倍]}$$

と算出される。第 3 の半導体レーザ光源 123 に係る補正倍率は、

$$5.0 / 10.1 = 0.5 \text{ [倍]}$$

と算出される。第 4 の半導体レーザ光源 124 に係る補正倍率は、

$$5.0 / 16.6 = 0.3 \text{ [倍]}$$

と算出される。

[0079] これらの値に基づいて、第 1 の半導体レーザ光源 121 の光量は、

$$100 \text{ [mW]} \times 3.5 = 350 \text{ [mW]}$$

と決定される。第 2 の半導体レーザ光源 122 の光量は、

$$100 \text{ [mW]} \times 1.1 = 110 \text{ [mW]}$$

と決定される。第 3 の半導体レーザ光源 123 の光量は、

$$100 \text{ [mW]} \times 0.5 = 50 \text{ [mW]}$$

と決定される。第 4 の半導体レーザ光源 124 の光量は、

$$100 \text{ [mW]} \times 0.3 = 30 \text{ [mW]}$$

と決定される。

[0080] これらの値に基づいて、レーザ光源 120 は動作する。この光量によって同一の被写体が照明されて、撮像されると、

R画素平均強度は4.6 μ A、

G画素平均強度は4.2 μ A、

B画素平均強度は5.3 μ A

となる。すなわち、何れの値も基準値116である5 μ Aに近い適正量となる。

[0081] 以上、光量決定部113がレーザ光源120の光量を決定する手法の例を2つ示しているが、何れの手法が用いられてもよい。また、同様の趣旨で、他の手法が用いられてもよい。

[0082] 光量決定部113は、さらに、レーザ光源120の出力に係る出力値を画像処理部150にも出力する。画像処理部150は、撮像部220から取得した画像データに対して、レーザ光源120の出力値を加味した画像処理を施す。すなわち、画像処理部150は、R画素226、G画素227及びB画素228から取得した信号に対して、それぞれ対応するレーザ光源120の強度に応じた重み付けを行う。画像処理部150は、重み付けを行った信号に基づいて、例えば表示部160に表示させる画像を表す表示データを作成する。

[0083] 例えば上述の例では、青色の第1の半導体レーザ光源121から射出された光強度は強く、赤色の第4の半導体レーザ光源124から射出された光強度は弱い。したがって、画像処理部150は、撮像部220のR画素226で取得された画像信号の強度は光源の光強度に応じてより増幅させ、B画素228で取得された画像信号の強度は光源の光強度に応じてより減少させて、これらに基づいて表示データを作成する。このように、画像処理部150は、表示部160に表示される画像を、被写体に白色光が照射されたときに得られる画像となるように調整する。

[0084] なお、本実施形態では、撮像部220が受光するR画素226、G画素227及びB画素228の各々の平均信号強度がダイナミックレンジの中心となるように、レーザ光源120の光量を決定している。しかしながら、これに限らず、平均信号強度が所定の値となるように調整されてもよい。

- [0085] また、本実施形態では、上述の演算により、光源毎の光量の比は、被写体の色みに応じて適切に決定されている。一般に、観察中には、被写体の色みの変化よりも、拡大及び縮小といった観察倍率の変更や、被写体に対する撮像部 220 の接近及び後退といった観察位置の変更によって生じる被写体反射率の変化の方が大きい。このため、一度色みに関わる光源毎の光量比を決定したら、それ以降は、決定した光量比を固定したまま、光量全体を変更するようにしてもよい。すなわち、光量調整部 110 は、レーザ光源 120 に含まれる各光源の光量比を固定したまま、レーザ光源 120 に含まれる光源の全体の光量を同様に変更するように構成されてもよい。被写体の色みがあまり変化せずに、全体の反射率のみが変化する状況においては、この方法によっても高い色再現性が維持される。このような方法によれば、演算量が減少する。
- [0086] また、光量調整部 110 は、反射率の変化に関わる光量の変更と、色みに関わる光源毎の光量比の変更との両方を行うが、光量の変更を光量比の変更よりも頻繁に行ってもよい。
- [0087] また、被写体の反射率が低かったり、被写体と光射出部 210 との距離が遠かったりするために、被写体からの反射光が弱い場合、各光源が最大出力で駆動されることが好ましい。したがって、光量調整部 110 は、レーザ光源 120 の最大出力の情報を保持し、計算により光源の最大出力値よりも大きな出力値が算出されたとき、レーザ光源 120 を最大出力で駆動できるように構成されていることが好ましい。
- [0088] また、被写体からの反射光が極端に弱いときの一例として、例えば挿入部 200 が観察対象物 900 に挿入される前の状態が想定される。挿入部 200 が観察対象物 900 に挿入される前は、ユーザは、光射出部 210 から射出される照明光を撮像部 220 を介さずに自らの視覚によって直接確認することができる。このようなとき、照明光は白色であった方がユーザにとって違和感がない。そこで、このような場合に照明光が白色光となるように設定されることが好ましい。

[0089] 本実施形態によれば、レーザ光源 120 の各光源が射出する光の強度が個別に調整されることによって、被写体の色みに応じて撮像素子 222 の何れの色画素にも最適な光量の被写体像が入射する。さらに画像処理においては、各光源の出力値による色の補正が行われる。このため、本実施形態に係る観察装置 1 によれば高い色再現性が実現される。

[0090] 一般に撮像装置では、撮像素子の被写体側に撮像素子への入射光量を制御するシャッタが設けられたり、撮像素子の受光量に応じて光源全体の光量が調整されたりすることによって、撮像素子のダイナミックレンジが最も広く利用されて色再現性が高くなるようにされている。この場合、照明光が太陽光や室内灯などの白色光であることが前提とされている。すなわち、例えば赤みを帯びているなど、被写体の色に偏りがある場合に波長領域毎にダイナミックレンジを考慮する調整については検討されていない。また、暗視野内を観察する内視鏡分野においても、光源としてキセノン光源やハロゲン光源など白色固体光源を想定しているため、波長領域ごとにダイナミックレンジを考慮する調整については検討されていない。

[0091] 例えば、赤色を呈している被写体を撮像したときの R 画素、G 画素及び B 画素に入射する光の輝度値とその頻度を表すヒストグラムを図 12 に示す。図 12 に示すような場合、ダイナミックレンジが十分に広い撮像素子が用いられている場合には高い色再現性が実現され得る。しかしながら、一般的には、シャッタスピードや照明光の光量をどのように調整しても、赤色の明るい場所が露出オーバーとなったり、青色や緑色の暗い場所が露出アンダーとなったり、その両方になったりするため、被写体の色が正確に再現されない。例えば図 8 に示したような場合、撮像素子は、ダイナミックレンジを超える光強度を正確に表現できない。また、図 4 に示すように、撮像素子の感度の波長依存性も色再現性に悪影響を与えるおそれがある。

[0092] 本実施形態では、観察装置 1 は、レーザ光源 120 から射出された光以外の照明光がない状態で用いられることが想定されている。このため、上述のように、各色の光源の光量が個別に制御されることで、高い色再現性が実現

される。すなわち、撮像素子 222 に設けられたカラーフィルタ 224 の分光透過特性に応じて各光源の光量が調整されることで、白色の照明光の強度を調整する場合に比べて、撮像素子 222 の各画素のダイナミックレンジがより有効に活用される。この際、光量決定部 113 から画像処理部 150 に光源光量に係る情報が提供されるため、画像処理部 150 は、白色光で照明された場合の色を再現することができる。以上によって、高い色再現性が実現される。

[0093] また、カラーフィルタ 224 の分光特性を考慮して、ほぼ等間隔となるようにレーザ光源の 4 つの波長が選択されていることも、高い色再現性の実現に効果を奏する。また、撮像素子 222 のダイナミックレンジが記憶部 115 に記憶されており、この値が用いられることや、波長領域別の特徴値が用いられることは、適切な光源光量の決定に効果を奏する。また、光源としてレーザ光源が用いられていることは、細い挿入部の先端から明るい照明光を射出することに効果を奏する。

[0094] [第 2 の実施形態]

第 2 の実施形態について説明する。ここでは、第 1 の実施形態との相違点について説明し、同一の部分については、同一の符号を付してその説明を省略する。第 1 の実施形態では、第 1 の特徴値である R 画素平均強度、G 画素平均強度及び B 画素平均強度が、撮像素子 222 のダイナミックレンジの平均値となるように調整されている。これに対して本実施形態では、カラーフィルタ 224 の各色のフィルタを透過した光量を、色すなわち波長領域に関わらず同値とするように調整する。このため、本実施形態では、光源特徴値算出部 112 における演算が第 1 の実施形態の場合と異なる。

[0095] 本実施形態でも、第 1 の実施形態と同様に、レーザ光源 120 に含まれる第 1 の半導体レーザ光源 121 の波長は 440 nm であり、第 2 の半導体レーザ光源 122 の波長は 530 nm であり、第 3 の半導体レーザ光源 123 の波長は 590 nm であり、第 4 の半導体レーザ光源 124 の波長は 640 nm であるものとする。これら各光源の出力の初期値を何れも 100 mW と

する。反射光の波長特性が図9に示すような特性を有する赤色を呈した被写体を撮像する場合を考える。このとき、第1の実施形態と同様に、第1の特徴値は以下になる。すなわち、

R画素平均強度は $12.0 \mu A$ 、

G画素平均強度は $5.5 \mu A$ 、

B画素平均強度は $2.5 \mu A$

となる。この第1の特徴値を取得した光源特徴値算出部112は、各光源の現在の出力に対する倍率に係る第2の特徴値を算出し、光量決定部113に送信する。光量決定部113は、第2の特徴値に基づいてレーザ光源120の出力値を算出する。本実施形態で光源特徴値算出部112及び光量決定部113において行われる演算について説明する。

[0096] 青色フィルタのドミナント波長は 470 nm であり、緑色フィルタのドミナント波長は 555 nm であり、赤色フィルタのドミナント波長は 605 nm である。図4に示す撮像素子222の波長と感度との関係より、

R画素のドミナント波長における感度は 357 mA/W 、

G画素のドミナント波長における感度は 319 mA/W 、

B画素のドミナント波長における感度は 254 mA/W

である。

[0097] 各ドミナント波長における感度に基づいて、各画素が受光している光量の平均値の推定値を算出すると次のようになる。すなわち、R画素の平均光量推定値は、

$$12.0 [\mu A] / 357 [\text{mA/W}] / 0.01 = 3356 [\mu W]$$

となる。G画素の平均光量推定値は、

$$5.5 [\mu A] / 319 [\text{mA/W}] / 0.01 = 1738 [\mu W]$$

となる。B画素の平均光量推定値は、

$$2.5 [\mu A] / 254 [\text{mA/W}] / 0.01 = 987 [\mu W]$$

となる。

[0098] このように、R画素、G画素又はB画素に入射する光量の平均の推定値で

ある平均光量推定値を L_{i1} とし、第1の特徴値を $C1$ とし、ドミナント波長における素子の感度を K_D とし、露光時間を t としたときに、 L_{i1} は、

$$L_{i1} = C1 / K_D / t$$

によって算出される。

[0099] 緑色波長領域は人間の眼にとって最も感度の高い領域であり、人間の眼は緑色波長領域に対する明暗を最も精度良く感じる。そこで、本実施形態では緑色波長領域における適正光量を基準として、各波長領域の光量を決定する。基準値116が $5.0 \mu A$ であるとき、G画素のドミナント波長における感度を基準に考えると、適正光量は、

$$5.0 [\mu A] / 319 [mA/W] / 0.01 = 1568 [\mu W]$$

となる。

[0100] このように、適正光量を $R1$ とし、基準値を R_{center} としたときに、 $R1$ は、

$$R1 = R_{center} / K_D / t$$

によって算出される。

[0101] R画素、G画素及びB画素のそれぞれに入射する平均光量推定値が $1568 \mu W$ となるように、各画素に入射する光量を次のように決定する。すなわち、R画素については

$$1568 [\mu W] / 3356 [\mu W] = 0.47 [\text{倍}]$$

となる。G画素については

$$1568 [\mu W] / 1738 [\mu W] = 0.90 [\text{倍}]$$

となる。B画素については

$$1568 [\mu W] / 987 [\mu W] = 1.6 [\text{倍}]$$

となる。

[0102] 第1の半導体レーザ光源121の波長は、B画素にのみ検出されるので、第1の半導体レーザ光源121の出力値は、1.6倍にされる。第2の半導体レーザ光源122の波長は、G画素にのみ検出されるので、第2の半導体レーザ光源122の出力値は、0.90倍にされる。第3の半導体レーザ光

源 1 2 3 の波長は、G画素とB画素とに検出されるので、第3の半導体レーザ光源 1 2 3 の出力値は、0.90倍と1.6倍との平均値である1.3倍にされる。第4の半導体レーザ光源 1 2 4 の波長は、R画素にのみ検出されるので、第4の半導体レーザ光源 1 2 4 の出力値は、0.47倍にされる。

[0103] 光源特徴値算出部 1 1 2 は、1.6倍、0.90倍、1.3倍、0.47倍という値を第2の特徴値とし、光量決定部 1 1 3 に送信する。このように、第2の特徴値は、各光源の出力の補正に関する特徴を示す値である。光量決定部 1 1 3 は、第2の特徴値に基づいて、レーザ光源 1 2 0 の出力値を決定する。すなわち、変更前のレーザ光源 1 2 0 の出力が100mWであるので、第1の半導体レーザ光源 1 2 1 の出力は、

$$100 \text{ [mW]} \times 1.6 = 160 \text{ [mW]}$$

とする。第2の半導体レーザ光源 1 2 2 の出力は、

$$100 \text{ [mW]} \times 0.90 = 90 \text{ [mW]}$$

とする。第3の半導体レーザ光源 1 2 3 の出力は、

$$100 \text{ [mW]} \times 1.3 = 130 \text{ [mW]}$$

とする。第4の半導体レーザ光源 1 2 4 の出力は、

$$100 \text{ [mW]} \times 0.47 = 47 \text{ [mW]}$$

とする。

[0104] このようにレーザ光源 1 2 0 の出力値が調整されることによって、第1の特徴値である

R画素平均強度は6.4 μ A、

G画素平均強度は4.1 μ A、

B画素平均強度は2.9 μ A

となる。このように、R画素平均強度、G画素平均強度及びB画素平均強度のそれぞれは、基準値 1 1 6 である5.0 μ Aに近づく。

[0105] このプロセスが3回繰り返されると、

R画素平均強度は5.8 μ A、

G画素平均強度は4.8 μ A、

B画素平均強度は3.9 μ A

となり、何れも基準値116の5.0 μ Aに近い適正量となる。

[0106] 本実施形態によれば、R画素平均強度、G画素平均強度及びB画素平均強度は、基準値116と一致はしていない。しかしながら、カラーフィルタを透過する光量の色毎の平均値を互いに等しい値とするように調整するため、被写体の色味に関わらず、色毎に画素223に入射する被写体からの反射光の平均が、互いに等しくなる。例えば赤みを帯びている被写体を撮像する際にも、青みを帯びた被写体を撮像する際にも、撮像素子222にとっての被写体からの反射光のスペクトルは、白色に近い状態となる。すなわち、反射光はダイナミックレンジが有効に活用されやすいように無彩色光に近い光となる。そのため、挿入部200を着脱する等して受光特性が異なる撮像素子に変更されたときにも、撮像素子の特性に関わらず、高い色再現性が得られる。本変形例によれば、撮像素子に依存しないので、観察装置1のシステムが簡便となり、観察装置1のシステムの低コスト化が実現される。

[0107] [第3の実施形態]

第3の実施形態について説明する。ここでは、第1の実施形態との相違点について説明し、同一の部分については、同一の符号を付してその説明を省略する。第1の実施形態では、第1の特徴値であるR画素平均強度、G画素平均強度及びB画素平均強度が、撮像素子222のダイナミックレンジの平均値となるように調整されている。これに対して本実施形態では、第1の特徴値に基づいてテーブル検索が行われ、各光源の光量比が調整される。ここで、人間の眼において感度が高い緑色を基準として各光源の光量が決定される。

[0108] 図13の概略図に示すように、本実施形態に係る記憶部115には、光量決定テーブル117とG画素基準値118とが記憶されている。光量決定テーブル117には、図14に示すように、R画素平均強度/G画素平均強度とB画素平均強度/G画素平均強度との関係毎に被写体の特性がパターン分けされている。ここでは、これらの被写体特性のパターンをそれぞれ第1の

想定被写体、第2の想定被写体等と称することにする。さらに光量決定テーブルは、各被写体の特性のパターン（想定被写体）に応じた各光源の出力の変更に係る基準倍率を含んでいる。また、G画素基準値118は、第1の実施形態に係る基準値116と同様の値であり、特にG画素に係る光量の基準値である。

[0109] 本実施形態でも、第1の実施形態と同様に、レーザ光源120に含まれる第1の半導体レーザ光源121の波長は440nmであり、第2の半導体レーザ光源122の波長は530nmであり、第3の半導体レーザ光源123の波長は590nmであり、第4の半導体レーザ光源124の波長は640nmであるものとする。これら各光源の出力の初期値を何れも100mWとする。反射光の波長特性が図9に示すような特性を有する赤色を呈した被写体を撮像する場合を考える。

[0110] このとき、第1の実施形態と同様に、第1の特徴値は以下のようになる。すなわち、

R画素平均強度は12.0 μ A、

G画素平均強度は5.5 μ A、

B画素平均強度は2.5 μ A

となる。

[0111] この第1の特徴値を取得した光源特徴値算出部112は、各光源の現在の出力に対する倍率に係る第2の特徴値を算出し、光量決定部113に送信する。光量決定部113は、第2の特徴値に基づいてレーザ光源120の出力値を決定する。本実施形態で光源特徴値算出部112及び光量決定部113において行われる演算について説明する。

[0112] 光源特徴値算出部112は、G画素平均強度に対するR画素平均強度及びB画素平均強度、すなわち、強度比率を算出する。例えば、

R画素平均強度／G画素平均強度＝2.2倍、

B画素平均強度／G画素平均強度＝0.45倍

のようになる。

[0113] 光源特徴値算出部 112 は、記憶部 115 から光量決定テーブル 117 を読み出す。光源特徴値算出部 112 は、強度比率と光量決定テーブル 117 とに基づいて、想定被写体を特定する。例えば、上述の例の場合、図 14 に示す第 2 の想定被写体に該当する。光源特徴値算出部 112 は、第 2 の想定被写体に対応する、第 1 の基準値 (L1) が E 倍、第 2 の基準値 (L2) が F 倍、第 3 の基準値 (L3) が G 倍、第 4 の基準値 (L4) が H 倍という情報を取得する。

[0114] 光源特徴値算出部 112 は、G 画素のダイナミックレンジに係る G 画素基準値 118 である $5\ \mu A$ と、G 画素平均強度の $5.5\ \mu A$ とを用いて、各光源の出力の変更に係る倍率を次のように決定する。すなわち、第 1 の半導体レーザ光源の出力値の倍率を

$$E \times 5.0 / 5.5 \text{ [倍]}$$

とし、第 2 の半導体レーザ光源の出力値の倍率を

$$F \times 5.0 / 5.5 \text{ [倍]}$$

とし、第 3 の半導体レーザ光源の出力値の倍率を

$$G \times 5.0 / 5.5 \text{ [倍]}$$

とし、第 4 の半導体レーザ光源の出力値の倍率を

$$H \times 5.0 / 5.5 \text{ [倍]}$$

とする。光源特徴値算出部 112 は、これらの出力値の倍率を第 2 の特徴値として、光量決定部 113 に出力する。光量決定部 113 は、これら出力値の倍率に基づいて、レーザ光源 120 に含まれる各光源の出力値を決定し、その出力値を光源制御部 140 に出力する。

[0115] 本実施形態によれば、光量調整部 110 における演算処理が簡素化される。その結果、観察装置 1 の低コスト化も実現される。また、本実施形態によれば、観察中に色みが大きく変化しない場合には、光量決定テーブル 117 を検索する必要がなく、G 画素平均強度を算出するのみで、各画素のダイナミックレンジを適切に利用するようにレーザ光源 120 を動作させることができる。

請求の範囲

- [請求項1] 所定の波長領域である感度領域に含まれる光を受光したときに光電変換を行って第1の信号を生成する素子であって、前記感度領域が互いに異なる複数種類の前記素子を含み、被写体像に基づく前記第1の信号を含む画像データを生成する撮像部と、
- 互いに波長が異なる狭スペクトル光を射出する複数の光源を含む光源部であって、前記撮像部に含まれる前記複数種類の前記素子の何れの前記感度領域にも、それぞれ少なくとも1つの前記狭スペクトル光の波長が含まれるように前記狭スペクトル光の波長が設定されている前記光源部と、
- 前記複数種類の前記素子の何れもが高い機能を発揮するように、前記複数の光源の各々の光量を個別に調整する光量調整部と、
- 前記画像データに基づいて、カラー画像を表す表示データを生成する画像処理部と
- を具備する観察装置。
- [請求項2] 前記光量調整部は、
- 前記第1の信号の特徴を示す第1の特徴値を算出する第1の特徴値算出部と、
- 前記複数種類の前記素子の何れもが高い機能を発揮するような前記第1の特徴値となるように、前記光量を決定する光量決定部と、
- を含む、請求項1に記載の観察装置。
- [請求項3] 前記画像処理部は、前記画像データと前記光量とに基づいて、前記表示データを生成する、請求項2に記載の観察装置。
- [請求項4] 前記光源部に含まれる前記複数の光源のうち少なくとも1つはレーザー光源である、請求項2又は3に記載の観察装置。
- [請求項5] 前記光量調整部は、時間的に連続して前記光量の調整を行う、請求項2又は3に記載の観察装置。
- [請求項6] 前記光量調整部は、

前記第 1 の特徴値に基づいて、前記複数の光源の各々の出力補正に関する特徴を示す第 2 の特徴値を算出する第 2 の特徴値算出部と、

前記素子の前記機能に関わる基準値を記憶する記憶部と、
をさらに含み、

前記光量決定部は、調整前の前記光量を L_1 、調整後の前記光量を L_2 、前記基準値を S 、前記第 2 の特徴値を C_2 としたときに、前記 L_2 を

$$L_2 = L_1 \times S / C_2$$

によって算出する、

請求項 2 又は 3 に記載の観察装置。

[請求項 7] 前記感度領域毎に前記感度領域が同一である前記素子を素子群としたときに、

前記第 1 の特徴値は、前記素子群に含まれる素子が生成した前記第 1 の信号の平均値の 0.5 倍以上 1.5 倍以下の値であり、

前記基準値は、前記素子が有する出力信号のダイナミックレンジの中心値の 0.5 倍以上 1.5 倍以下の値である、

請求項 6 に記載の観察装置。

[請求項 8] 前記複数の光源は、

前記狭スペクトル光の波長が 1 つの前記感度領域のみに含まれる第 1 の光源群と、

前記狭スペクトル光の波長が 2 つ以上の前記感度領域に含まれる第 2 の光源群と、

を含み、

前記第 1 の光源群に対応する前記第 2 の特徴値は、前記光源が射出する前記狭スペクトル光の波長を含む前記感度領域を有する前記素子群に係る前記第 1 の特徴値であり、

前記第 2 の光源群に対応する前記第 2 の特徴値は、前記光源が射出する前記狭スペクトル光の波長を含む前記感度領域を有する前記素子

群に係る 2 つ以上の前記第 1 の特徴値の平均値である、

請求項 7 に記載の観察装置。

[請求項 9] 前記複数種類の前記素子は、前記感度領域毎にドミナント波長を有しており、

注目する前記光源が射出する前記狭スペクトル光の波長に対して、最も近い前記ドミナント波長を λ_{CF1} とし、2 番目に近い前記ドミナント波長を λ_{CF2} とし、

前記最も近いドミナント波長に対応する前記第 1 の特徴値を C_{CF1} とし、

前記 2 番目に近いドミナント波長に対応する前記第 1 の特徴値を C_{CF2} とし、

前記注目する前記光源が射出する前記狭スペクトル光の波長を λ_L とし、

前記注目する前記光源に関する前記第 2 の特徴値を C_{LS} としたときに、

$$C_{LS} = (C_{CF1} - C_{CF2}) / (\lambda_{CF1} - \lambda_{CF2}) \times \lambda_{LS} + C_{CF1} - (C_{CF1} - C_{CF2}) / (\lambda_{CF1} - \lambda_{CF2}) \times \lambda_{CF1}$$

である、

請求項 6 に記載の観察装置。

[請求項 10] 前記光量調整部は、

前記第 1 の特徴値に基づいて、前記複数の光源の各々の出力補正に関する特徴を示す第 2 の特徴値を算出する第 2 の特徴値算出部と、

前記素子の前記機能に関わる基準値を記憶する記憶部と、

をさらに含み、

前記感度領域毎に前記感度領域が同一である前記素子を素子群としたときに、

前記第 1 の特徴値は、前記素子群に含まれる素子が生成した前記第 1 の信号の平均値の 0.5 倍以上 1.5 倍以下の値であり、

前記素子群に入射する光量の平均の推定値である平均光量推定値を L_{i1} とし、前記第 1 の特徴値を C_1 とし、前記素子群の前記感度領域に含まれるドミナント波長における前記素子の感度を K_D とし、露光時間を t としたときに、前記 L_{i1} は、

$$L_{i1} = C_1 / K_D / t$$

によって算出され、

前記基準値は、前記素子が有する出力信号のダイナミックレンジの中心値を R_{center} とし、前記素子群に含まれる前記素子が正確に光電変換できる受光量の範囲の中心値を R_1 としたときに、

$$R_1 = R_{center} / K_D / t$$

で算出される前記 R_1 の 0.5 倍以上 1.5 倍以下であり、

第 2 の特徴値算出部は、 R_1 / L_{i1} に基づいて、前記第 2 の特徴値を算出し、

前記光量決定部は、前記第 2 の特徴値に基づいて、前記光量を個別に調整する、

請求項 2 又は 3 に記載の観察装置。

[請求項 11]

前記複数の光源は、

前記狭スペクトル光の波長が 1 つの前記感度領域のみに含まれる第 1 の光源群と、

前記狭スペクトル光の波長が 2 つ以上の前記感度領域に含まれる第 2 の光源群と、

を含み、

前記第 1 の光源群に対応する前記第 2 の特徴値は、前記光源が射出する前記狭スペクトル光の波長を含む前記感度領域を有する前記素子に係る前記 R_1 / L_{i1} であり、

前記第 2 の光源群に対応する前記第 2 の特徴値は、前記光源が射出する前記狭スペクトル光の波長を含む前記感度領域を有する前記素子に係る 2 つ以上の前記 R_1 / L_{i1} の平均値である、

請求項 10 に記載の観察装置。

[請求項12] 前記光量調整部は、前記第 1 の特徴値に対応した前記光源の光量に関する値が記録された光量決定テーブルをさらに含み、

前記光量決定部は、前記第 1 の特徴値と前記光量決定テーブルとに基づいて、前記光量を決定する、

請求項 2 又は 3 に記載の観察装置。

[請求項13] 前記光量調整部は、

前記光源間の光量の比を変更する光量比変更動作と、

前記光源間の光量の比を変更せずに全ての光源の光量を一様に変更する全体光量変更動作と

を行い、

前記全体光量変更動作の頻度は、前記光量比変更動作の頻度よりも高い、

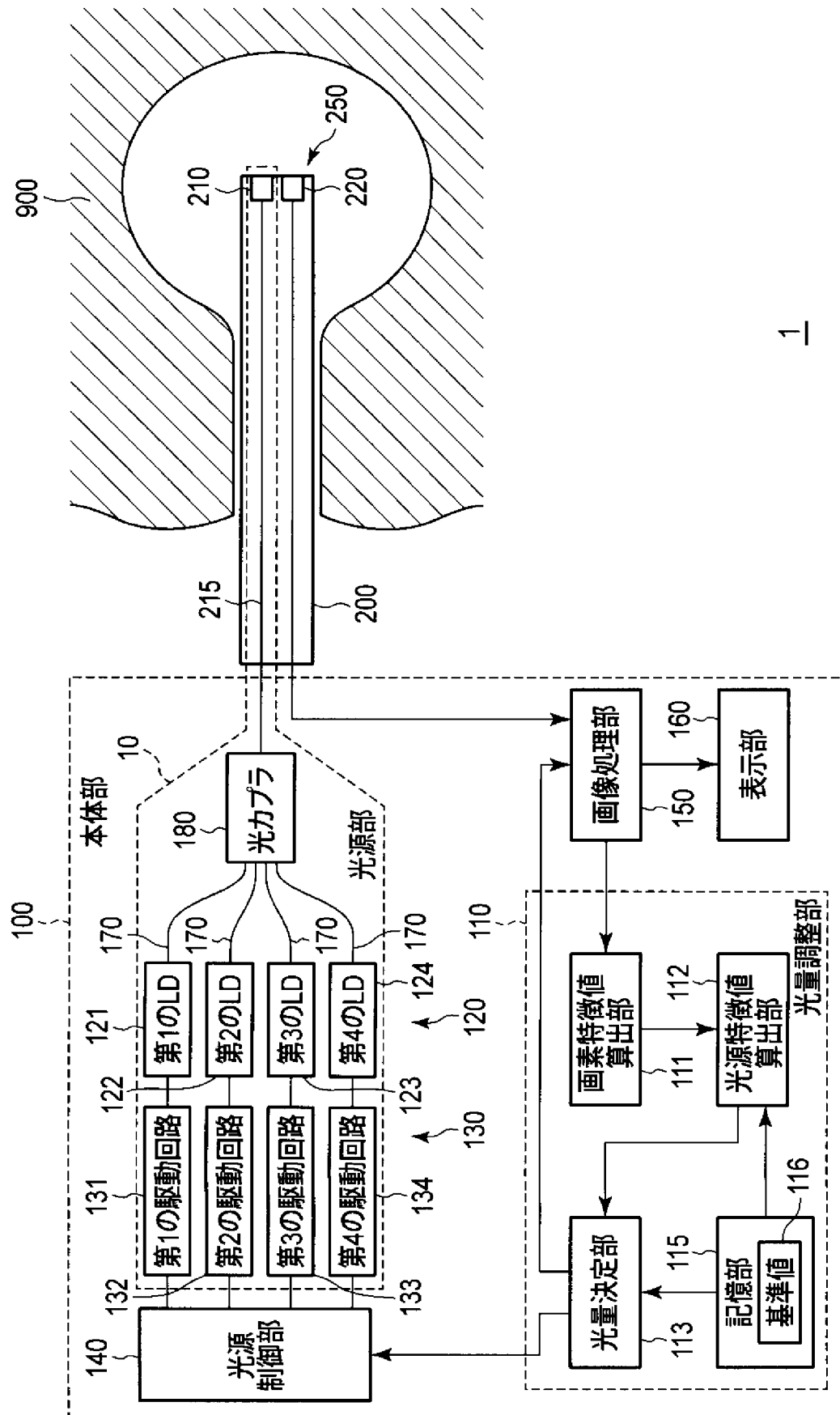
請求項 5 に記載の観察装置。

[請求項14] 前記第 1 の特徴値が所定値以下のとき、前記光量決定部は、前記光源の光量を上限に決定する、請求項 5 に記載の観察装置。

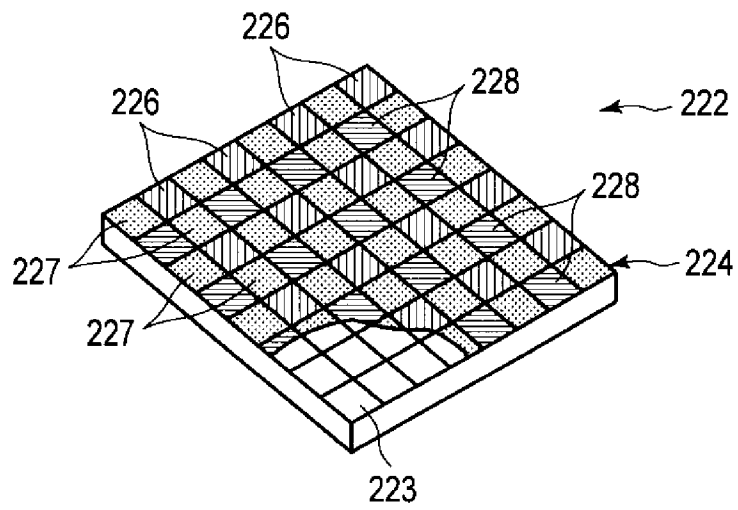
[請求項15] 全ての前記光源の光量が上限であるとき、前記射出される狭スペクトル光の混合光は、白色である、請求項 14 に記載の観察装置。

[請求項16] 前記光源部が射出する狭スペクトル光の波長数は 4 以上である、請求項 5 に記載の観察装置。

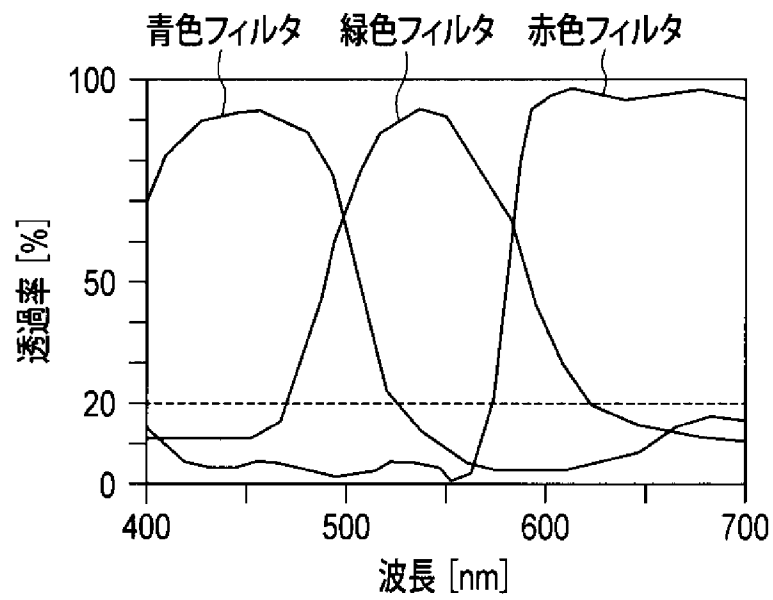
[図1]



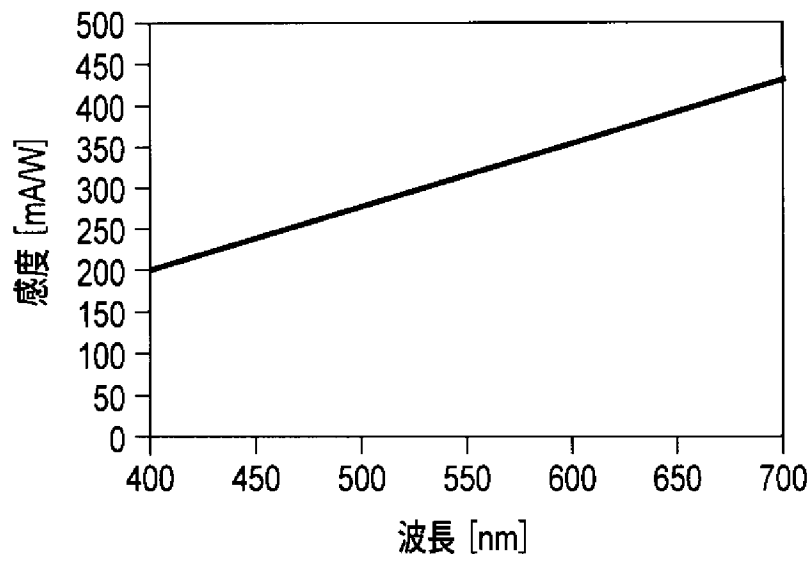
[図2]



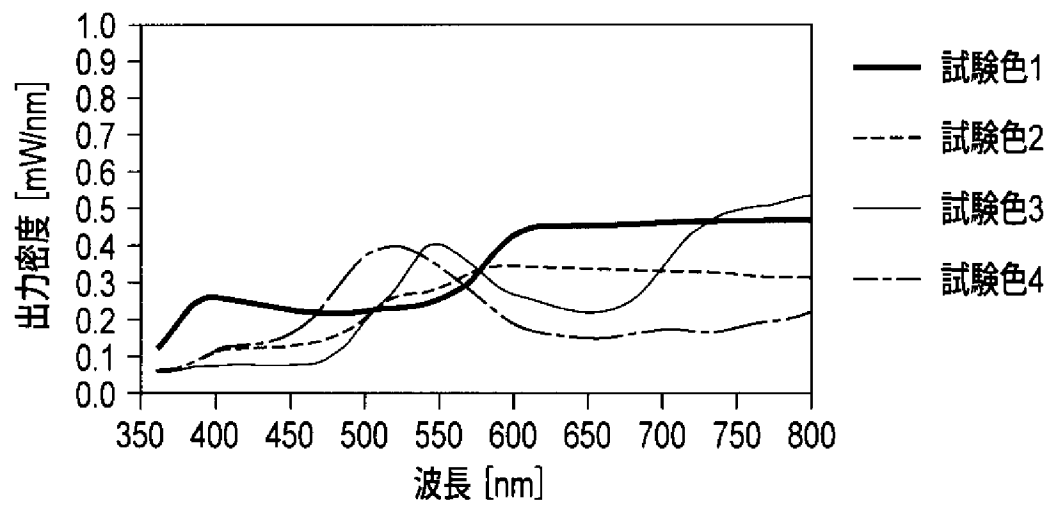
[図3]



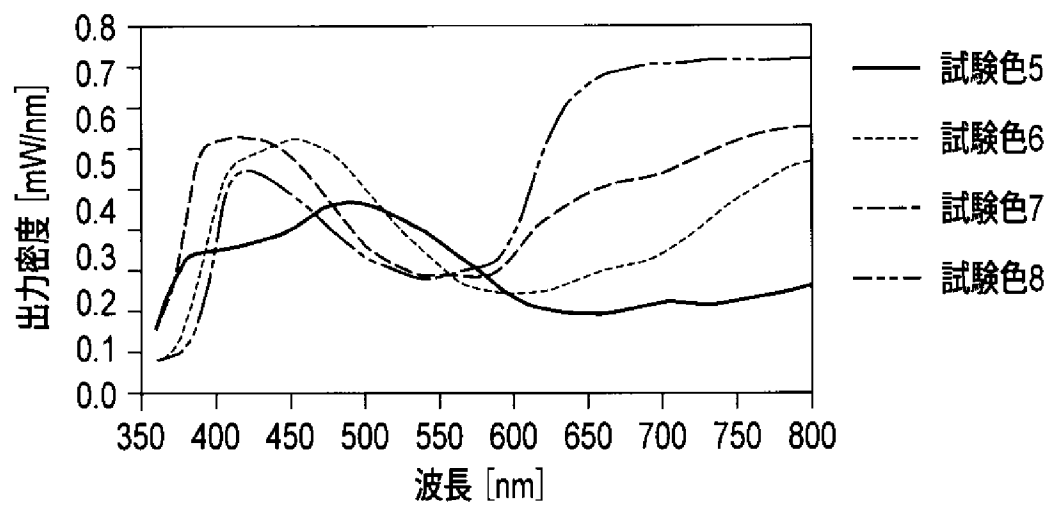
[図4]



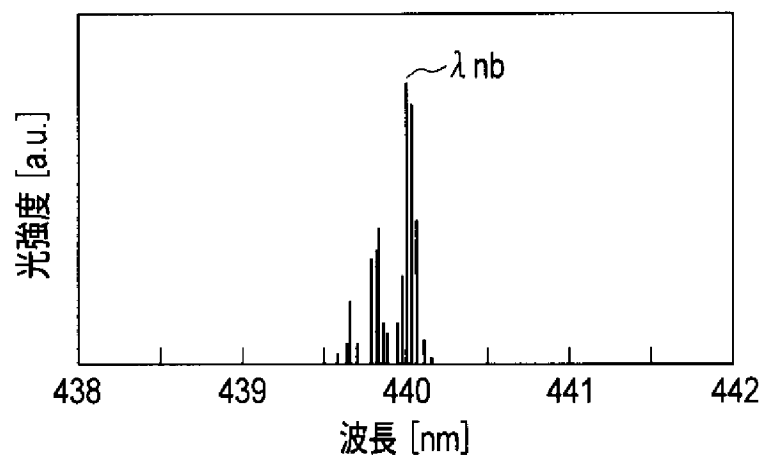
[図5A]



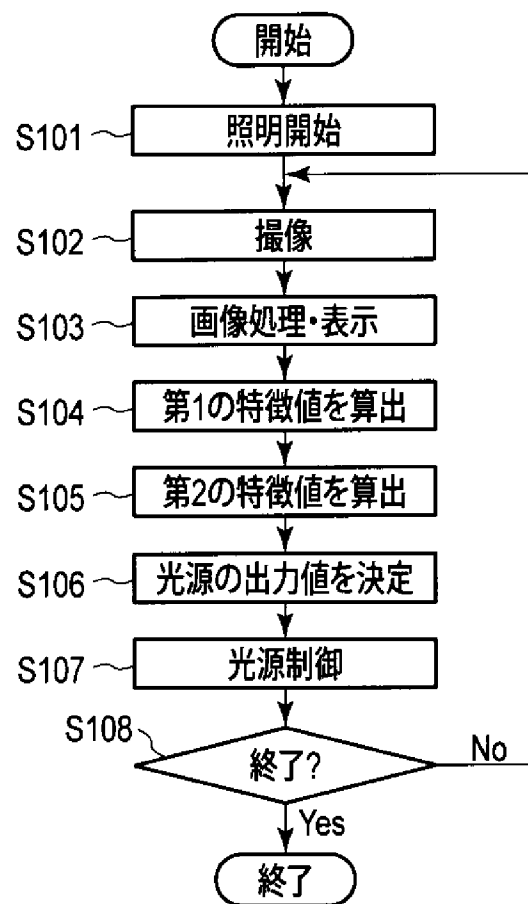
[図5B]



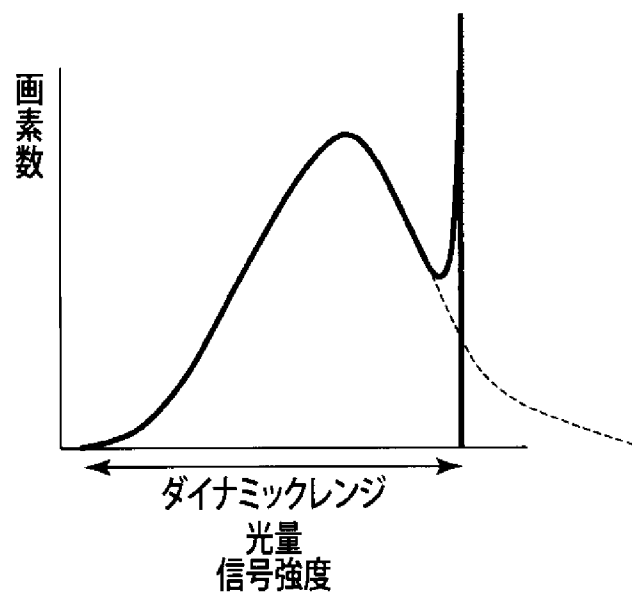
[図6]



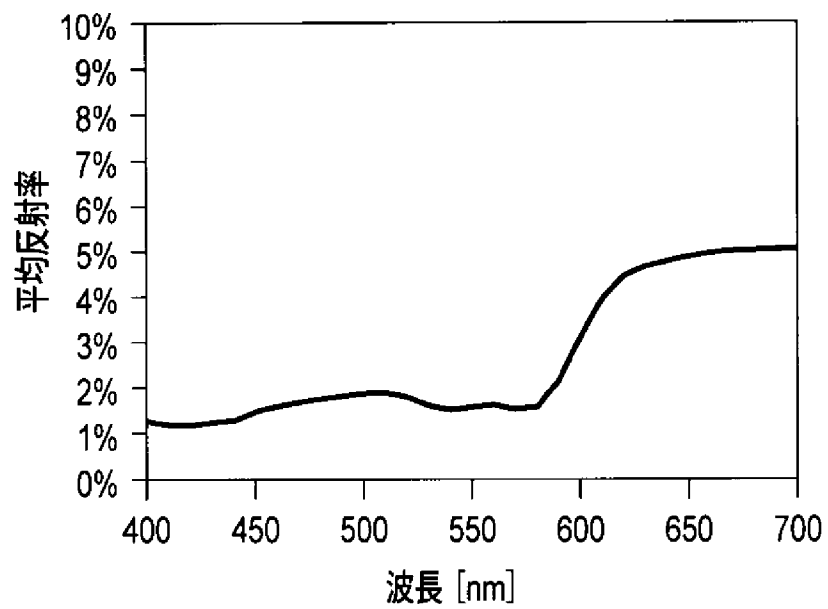
[図7]



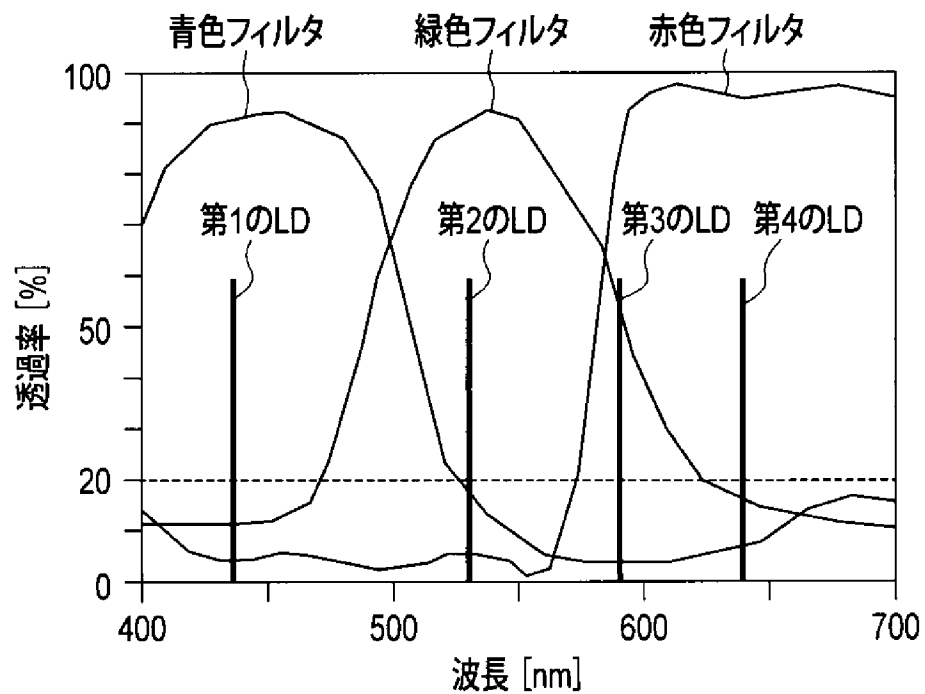
[図8]



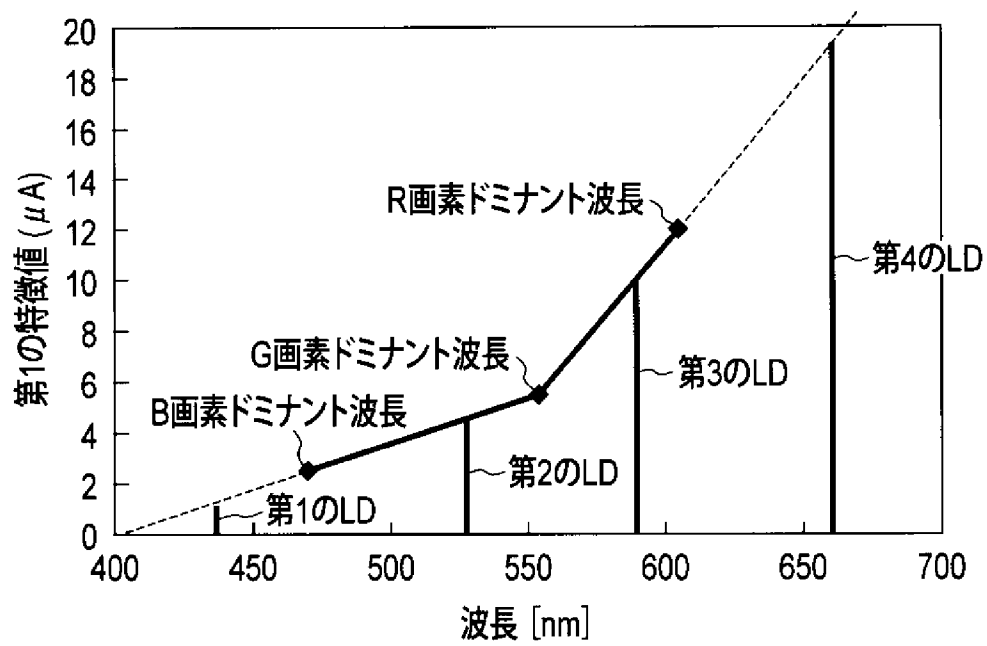
[図9]



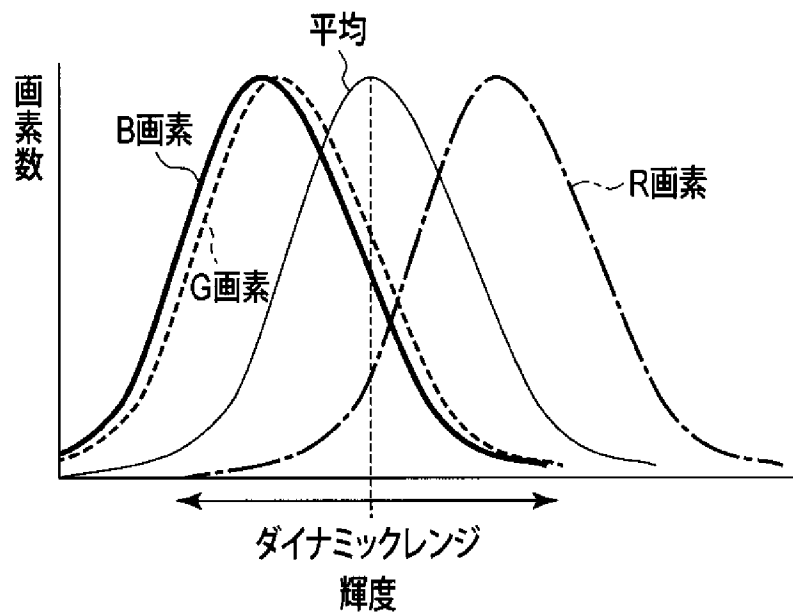
[図10]



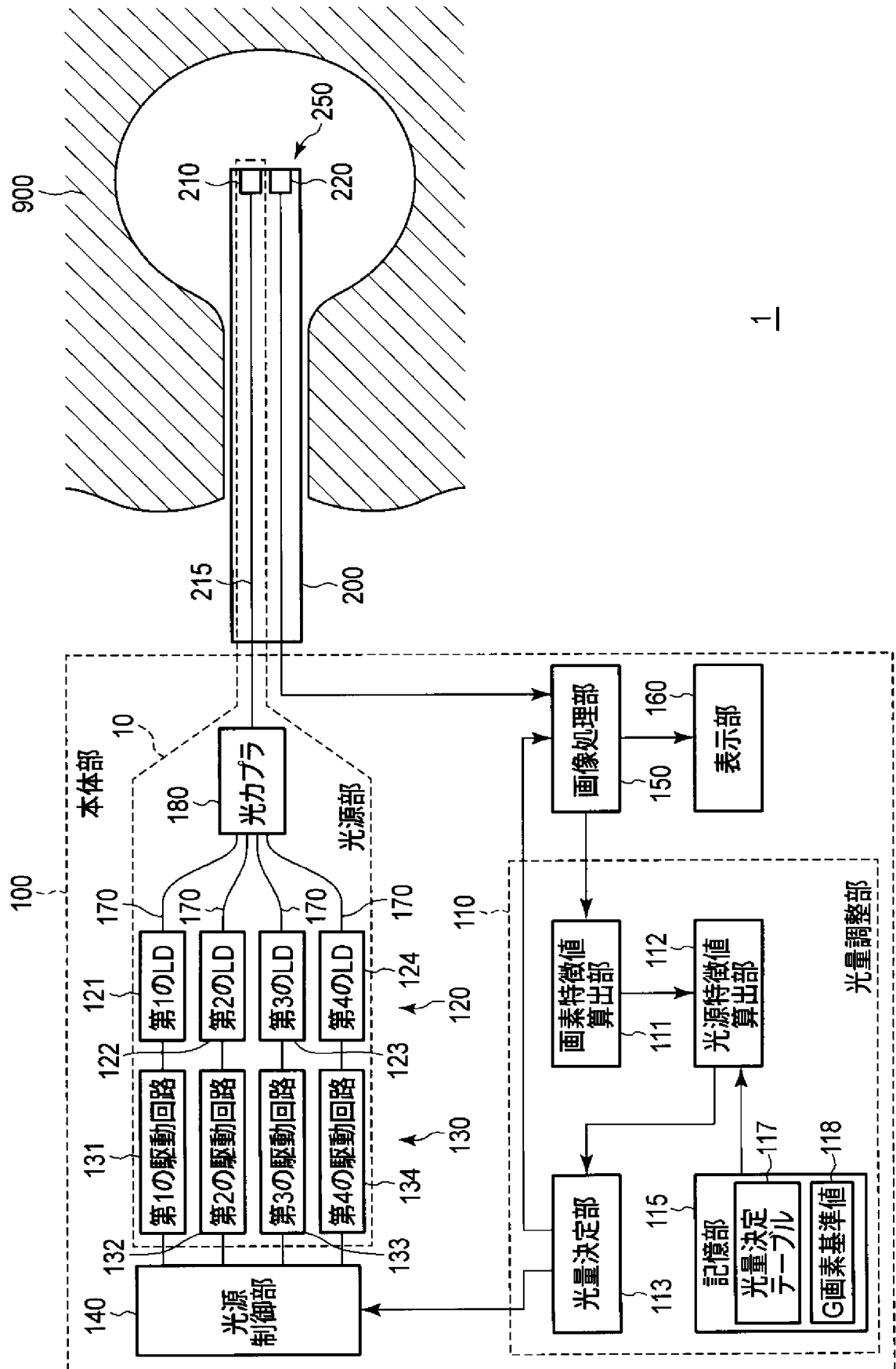
[図11]



[図12]



[図13]



[図14]

R/G B/G	---	1~2	2~3	---

1/3~1/2		第1の被写体 L1=A倍 L2=B倍 L3=C倍 L4=D倍	第2の被写体 L1=E倍 L2=F倍 L3=G倍 L4=H倍	
1/2~1		第3の被写体 L1=I倍 L2=J倍 L3=K倍 L4=L倍	第4の被写体 L1=M倍 L2=N倍 L3=O倍 L4=P倍	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/066155

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B23/24(2006.01)i, A61B1/04(2006.01)i, A61B1/06(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B23/24, A61B1/04, A61B1/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2013-34753 A (Fujifilm Corp.), 21 February 2013 (21.02.2013), paragraphs [0008] to [0046]; fig. 1 & US 2013/0041218 A1 & EP 2556790 A1	1-5, 12 16 6-11, 13-15
X A	JP 2013-42855 A (Fujifilm Corp.), 04 March 2013 (04.03.2013), paragraphs [0012] to [0055]; fig. 2 (Family: none)	1 2-16
Y	JP 2012-125501 A (Fujifilm Corp.), 05 July 2012 (05.07.2012), paragraphs [0045] to [0046] & US 2012/0154567 A1 & EP 2465432 A1	16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
24 July, 2014 (24.07.14)

Date of mailing of the international search report
05 August, 2014 (05.08.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B23/24(2006.01)i, A61B1/04(2006.01)i, A61B1/06(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B23/24, A61B1/04, A61B1/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2013-34753 A（富士フイルム株式会社）2013.02.21, [0008]-[0046], 図1 & US 2013/0041218 A1 & EP 2556790 A1	1-5, 12 16 6-11, 13-15
X A	JP 2013-42855 A（富士フイルム株式会社）2013.03.04, [0012]-[0055], 図2（ファミリーなし）	1 2-16
Y	JP 2012-125501 A（富士フイルム株式会社）2012.07.05, [0045]-[0046] & US 2012/0154567 A1 & EP 2465432 A1	16

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 4 . 0 7 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 5 . 0 8 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

森内 正明

2 V

5 3 6 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 1