

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6568942号
(P6568942)

(45) 発行日 令和1年8月28日(2019.8.28)

(24) 登録日 令和1年8月9日(2019.8.9)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 1/06 (2006.01)

A 6 1 B 1/06 6 1 2

G 0 2 B 23/24 (2006.01)

A 6 1 B 1/06 6 1 1

G 0 2 B 23/24 B

請求項の数 16 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2017-529245 (P2017-529245)	(73) 特許権者	000000376
(86) (22) 出願日	平成27年7月23日 (2015.7.23)		オリンパス株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/070920		東京都八王子市石川町2951番地
(87) 国際公開番号	W02017/013780	(74) 代理人	100108855
(87) 国際公開日	平成29年1月26日 (2017.1.26)		弁理士 蔵田 昌俊
審査請求日	平成30年1月16日 (2018.1.16)	(74) 代理人	100103034
			弁理士 野河 信久
		(74) 代理人	100153051
			弁理士 河野 直樹
		(74) 代理人	100179062
			弁理士 井上 正
		(74) 代理人	100189913
			弁理士 鵜飼 健
		(74) 代理人	100199565
			弁理士 飯野 茂

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像システム及び内視鏡システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被写体を照明する照明光を出射する照明部と、
受光した光を光電変換することによって電気信号を生成し、2次元状に配列された画素を有する撮像素子と、

1フレーム期間または1フィールド期間のうち前記画素のラインの一部を読み出す読出期間を有し、前記画素によって生成される前記電気信号を、前記画素のライン毎に順次読み出す読出部と、

前記読出期間以外の期間である非読出期間において前記照明光の強度を変調する変調照明を基に、前記照明光の強度を制御する照明制御部と、
を具備し、

前記変調照明は、可変する第1パルスの強度と、一定に保たれた第2パルスの強度とを、
前記非読出期間において有し、

前記照明制御部は、前記非読出期間において、前記第1パルスの強度と前記第1パルスの出力期間との積である第1積算光量と、前記第2パルスの強度と前記第2パルスの出力期間との積である第2積算光量との間で、前記第1積算光量の最大値以下であり、且つ前記第2積算光量の最小値以上の所定の光量を移行させる撮像システム。

【請求項 2】

前記照明制御部は、前記変調照明と、前記読出期間の一部において実施され前記照明光の強度を一定に保つ連続照明とを基に、前記照明光の強度を制御し、

前記照明制御部は、前記第 1 積算光量と前記第 2 積算光量との間で前記所定の光量を移行させた後に、さらに、前記第 1 積算光量と前記連続照明に含まれる第 3 パルスにおける第 3 積算光量との間で、前記第 1 積算光量の最大値以下であり、且つ前記第 3 積算光量の最小値以上の所定の光量を移行させる請求項 1 に記載の撮像システム。

【請求項 3】

前記第 1 パルスの強度と前記第 1 パルスの出力期間の最大値との積であり前記第 1 積算光量の最大値である最大積算光量と、前記第 1 パルスの強度と前記第 1 パルスの出力期間の最小値との積である最小積算光量とにおいて、

前記照明制御部は、前記第 1 パルスの出力期間を増減することで前記最大積算光量と前記最小積算光量との間で前記第 1 積算光量を増減し、前記照明光の光量を増減する請求項 2 に記載の撮像システム。

10

【請求項 4】

前記第 1 積算光量が前記最大積算光量である状態で、前記照明制御部が前記 1 フレーム期間または前記 1 フィールド期間において前記照明光の光量をさらに増加する場合、前記照明制御部は、前記第 1 積算光量から所定の移行量分だけ減らし、前記第 2 積算光量を前記移行量分だけ増やす第 1 増加移行動作を実施し、

前記照明制御部は、前記第 1 増加移行動作の後において、前記照明光の光量の増加量が前記第 1 積算光量に対応するように、前記第 1 パルスの出力期間を調整する請求項 3 に記載の撮像システム。

【請求項 5】

20

前記第 1 積算光量が前記最小積算光量である状態で、前記照明制御部が前記 1 フレーム期間または前記 1 フィールド期間において前記照明光の光量をさらに減少する場合、前記照明制御部は、前記第 2 積算光量から所定の移行量分だけ減らし、前記第 1 積算光量を前記移行量分だけ増やす第 1 減少移行動作を実施し、

前記照明制御部は、前記第 1 減少移行動作の後において、前記照明光の光量の減少量が前記第 1 積算光量に対応するように、前記第 1 パルスの出力期間を調整する請求項 3 に記載の撮像システム。

【請求項 6】

前記照明制御部は、前記移行量を、前記最大積算光量と前記最小積算光量との差として設定する請求項 4 または請求項 5 に記載の撮像システム。

30

【請求項 7】

前記照明制御部は、前記第 1 パルスの強度を、前記照明光の最大強度の $1/M$ ($M = 2$ 以上の整数) に制御する請求項 6 に記載の撮像システム。

【請求項 8】

前記第 1 パルスの強度と前記第 2 パルスの強度との和が前記照明光の最大強度に略等しく、前記照明制御部が前記照明光の光量をさらに増加する場合、前記照明制御部は、前記第 2 積算光量から前記移行量分だけ減らし、前記連続照明における積算光量を前記移行量分だけ増やす第 2 増加移行動作を実施し、

前記第 1 パルスの強度と前記第 2 パルスの強度との和が前記照明光の最大強度に略等しく、前記照明制御部が前記第 1 積算光量をさらに減少する場合、前記照明制御部は、前記連続照明における積算光量から前記移行量分だけ減らし、前記第 2 積算光量を前記移行量分だけ増やす第 2 減少移行動作を実施する請求項 6 に記載の撮像システム。

40

【請求項 9】

前記第 2 増加移行動作と前記第 2 減少移行動作との少なくとも一方は、移行開始から複数のフレーム期間または複数のフィールド期間にて実施される請求項 8 に記載の撮像システム。

【請求項 10】

前記照明光の光量が少ない場合、前記照明制御部は、前記第 1 パルスの強度を、前記照明光の最大強度の $1/M$ ($M = 2$ 以上の整数) よりも小さく制御し、

前記照明光の光量が多い場合、前記照明制御部は、前記第 1 パルスの強度を、前記照明

50

光の最大強度の $1/M$ ($M = 2$ 以上の整数) よりも多く制御する請求項 4 または請求項 5 に記載の撮像システム。

【請求項 1 1】

前記照明制御部は、前記第 2 積算光量と前記連続照明での積算光量との総和が一定となるように、前記第 2 パルスの強度と前記連続照明での強度とを制御する請求項 4 または請求項 5 に記載の撮像システム。

【請求項 1 2】

前記照明制御部は、前記 1 フレーム期間または前記 1 フィールド期間において、前記第 1 パルスを複数のパルスで構成する請求項 1 に記載の撮像システム。

【請求項 1 3】

前記照明制御部は、前記第 1 パルスの出力期間を、PWM 制御と PDM 制御と PNM 制御とのいずれかで増減する請求項 1 に記載の撮像システム。

【請求項 1 4】

前記画素から出力された前記電気信号に対する画像処理によって前記被写体の画像を生成する画像処理部をさらに具備し、

前記画像処理部は、前記画像に含まれる前記被写体の輝度値を検出する検出部を有し、

前記照明制御部は、前記検出部が検出した前記輝度値を基に、前記照明光の前記光量の増減を制御する請求項 1 乃至請求項 1 3 のいずれかに記載の撮像システム。

【請求項 1 5】

1 次光を出射する光源部と、

前記光源部から出射された前記 1 次光を導光する導光部材と、

前記導光部材によって導光された前記 1 次光を、前記 1 次光と異なる光学特性を有する 2 次光に変換する前記照明部の光変換部材と、

を有する照明ユニットを具備する請求項 1 乃至請求項 1 4 のいずれかに記載の撮像システム。

【請求項 1 6】

内視鏡と前記内視鏡が着脱自在な光源装置とを有する請求項 1 乃至請求項 1 5 のいずれかに記載の撮像システムを具備する内視鏡システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像システム及び内視鏡システムに関する。

【背景技術】

【0002】

例えば特許文献 1 は、パルスで点灯する光源を有する内視鏡を開示している。

また近年の撮像装置は、例えば、CMOS 型イメージセンサ(以下、CMOS と称する)を用いる。CMOS は、一般的に、画素信号を 1 水平ライン毎に順に読み出すローリングシャッタ方式を採用している。この場合、同一の時点で、露光中のラインと非露光中のラインとが存在する状態が発生する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007 - 111151 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 に開示されるパルスで点灯する光源と、ローリングシャッタ方式とが組み合わされた場合、1 つの画像において、照明光を照明された被写体が露光されるラインと、照明光を照明されず被写体が露光されるラインとが発生する。このため、画像に明暗縞が生じ、画像に露光ムラが生じ、画質が低下する。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

本発明は、これらの事情に鑑みてなされたものであり、撮像素子が水平ライン毎に順に露光する際に、画像に対する明暗縞の発生を抑制し、調光のダイナミックレンジを広げることができる撮像システム及び内視鏡システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本発明の撮像システムの一態様は、被写体を照明する照明光を出射する照明部と、受光した光を光電変換することによって電気信号を生成し、2次元状に配列された画素を有する撮像素子と、1フレーム期間または1フィールド期間のうち前記画素のラインの一部を読み出す読出期間を有し、前記画素によって生成される前記電気信号を、前記画素のライン毎に順次読み出す読出部と、前記読出期間以外の期間である非読出期間において前記照明光の強度を変調する変調照明を基に、前記照明光の強度を制御する照明制御部と、を具備し、前記変調照明は、可変する第1パルスの強度と、一定に保たれた第2パルスの強度とを、前記非読出期間において有し、前記照明制御部は、前記非読出期間において、前記第1パルスの強度と前記第1パルスの出力期間との積である第1積算光量と、前記第2パルスの強度と前記第2パルスの出力期間との積である前記第2積算光量との間で、前記第1積算光量の最大値以下であり、且つ前記第2積算光量の最小値以上の所定の光量を移行させる。

10

本発明の内視鏡システムの一態様は、内視鏡と前記内視鏡が着脱自在な光源装置とを有する上記の撮像システムを具備する。

20

【発明の効果】

【 0 0 0 7 】

本発明によれば、撮像素子が水平ライン毎に順に露光する際に、画像に対する明暗縞の発生を抑制し、調光のダイナミックレンジを広げることができる撮像システム及び内視鏡システムを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図1】図1は、照明光の強度と出力期間との積である積算光量（照明光の光量）を示す図である。

【図2A】図2Aは、外光が侵入しにくい内部空間部に挿入された挿入部を示す図である。

30

【図2B】図2Bは、本発明の第1の実施形態に係る内視鏡システムの概略図である。

【図2C】図2Cは、光源部の駆動部の構成を示す図である。

【図3】図3は、撮像素子の露光タイミングと、全ライン露光信号と、照明光の強度波形との関係を示す図である。

【図4A】図4Aは、第1の実施形態における、1フレーム期間当たりの積算光量と、パルスP1と、パルスP1における積算光量と、パルスP2における積算光量と、パルスP3における積算光量との関係を示す図である。

【図4B】図4Bは、図4Aに示すポイントA1, A2, A3における全ライン露光信号と照明光の強度波形と積算光量との関係を示し、照明光の光量の増加に伴いパルスP1における積算光量がパルスP2における積算光量に移行することを説明する図である。

40

【図4C】図4Cは、図4Aに示すポイントB1, B2, B3における全ライン露光信号と照明光の強度波形と積算光量との関係を示し、照明光の光量の増加に伴い、パルスP1における積算光量がパルスP2における積算光量に移行し、パルスP2における積算光量がパルスP3における積算光量に移行することを説明する図である。

【図4D】図4Dは、図4Aに示すポイントC1, C2, C3における全ライン露光信号と照明光の強度波形と積算光量との関係を示し、照明光の光量の増加に伴い、パルスP1における積算光量がパルスP2における積算光量に移行し、パルスP2における積算光量がパルスP3における積算光量に移行することを説明する図である。

【図4E】図4Eは、図4Aに示すポイントD3, D2, D1における全ライン露光信号

50

と照明光の強度波形と積算光量との関係を示し、照明光の光量の減少に伴い、パルス P 3 における積算光量がパルス P 2 における積算光量に移行し、パルス P 2 における積算光量がパルス P 1 における積算光量に移行することを説明する図である。

【図 4 F】図 4 F は、図 4 A に示すポイント E 3 , E 2 , E 1 における全ライン露光信号と照明光の強度波形と積算光量との関係を示し、照明光の光量の減少に伴いパルス P 2 における積算光量がパルス P 1 における積算光量に移行することを説明する図である。

【図 5 A】図 5 A は、本実施形態におけるパルス P 1 の出力期間の増減を示す図である。

【図 5 B】図 5 B は、パルス P 1 の出力期間の増減の一例を示し、P W M 制御を示す図である。

【図 5 C】図 5 C は、パルス P 1 の出力期間の増減の一例を示し、P N M 制御を示す図である。

10

【図 5 D】図 5 D は、パルス P 1 の出力期間の増減の一例を示し、P D M 制御を示す図である。

【図 6 A】図 6 A は、第 1 の実施形態の変形例 1 を示し、図 4 A に示すポイント C 1 において、照明光の光量が増加する場合、パルス P 1 における積算光量がパルス P 2 における積算光量に移行する前に、パルス P 2 における積算光量がパルス P 3 における積算光量に移行し、移行は複数の 1 フレーム期間にて実施されることを説明する図である。

【図 6 B】図 6 B は、第 1 の実施形態の変形例 1 を示し、照明光の光量が減少する場合、パルス P 2 における積算光量がパルス P 1 における積算光量に移行する前に、パルス P 3 における積算光量がパルス P 2 における積算光量に移行し、移行は複数の 1 フレーム期間 T f 1 にて実施されることを説明する図である。

20

【図 7】図 7 は、第 1 の実施形態の変形例 2 を示し、1 フレーム期間当たりの積算光量と、パルス P 1 と、パルス P 1 における積算光量と、パルス P 2 における積算光量と、パルス P 3 における積算光量との関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、一部の図面では図示の明瞭化のために部材の一部の図示を省略する。

【0010】

[第 1 の実施形態]

30

[構成]

図 1 と図 2 A と図 2 B と図 2 C と図 3 と図 4 A と図 4 B と図 4 C と図 4 D と図 4 E と図 4 F とを参照して第 1 の実施形態について説明する。なお以下において、図 1 に示すように、積算光量 S 1 , S 2 , S 3 は、パルス P 1 , P 2 , P 3 である照明光 I L の強度 (以下、光強度) と、照明時間である出力期間との積であると規定する。すなわち、積算光量 S 1 , S 2 , S 3 は、照明光の光量を示す。

【0011】

[内視鏡システム 10]

図 2 A に示すように、内視鏡システム 10 は、外光が届きにくく且つ入りにくい暗闇の箇所が存在する被写体 2 1 を観察する観察システムの一例である。暗闇の箇所は、例えば、観察対象物 2 3 の内部空間部 2 5 である。観察対象物 2 3 は、内部空間部 2 5 につながる狭い入口 2 7 を有する。内部空間部 2 5 は、狭い入口 2 7 の奥に存在し、入口 2 7 に比べて広い。内部空間部 2 5 に対して、室内光や太陽光といった外光は届きにくく且つ入りにくい。つまり外光が内部空間部 2 5 に侵入しにくいいため、内部空間部 2 5 は外光によって照明しにくい部位である。

40

【0012】

図 2 A と図 2 B とに示すように、内視鏡システム 10 は、撮像システム 1 5 を有する。撮像システム 1 5 は、内視鏡 3 0 と、内視鏡 3 0 が着脱自在な光源装置 4 0 とを有する。内視鏡 3 0 は、暗闇の箇所である内部空間部 2 5 に挿入される挿入部 3 1 を有する。挿入部 3 1 は、挿入部 3 1 の先端部に備えられる後述する照明部 5 5 及び撮像素子 6 1 を有す

50

る。撮像システム 15 は、照明部 55 から照明光 I L を被写体 21 に向かって照明し、被写体 21 によって反射された反射光 R L を撮像素子 61 によって撮像する。挿入部 31 は、観察対象物 23 の内部空間部 25 に挿入されやすい形状を有する。挿入部 31 が内部空間部 25 に挿入される際、入口 27 の大部分は挿入部 31 によって塞がれるため、外光は内部空間部 25 により一層侵入しにくくなる。すなわち、被写体 21 を含む内部空間部 25 を照明する照明光の大部分は、照明部 55 から出射された照明光 I L である。このため本実施形態では、内視鏡システム 10 が用いられる状況において、照明部 55 から出射された照明光 I L に比べて、外光を考慮する必要はほとんどない。

なお内視鏡 30 は、光源装置 40 とは別体で光源装置 40 に着脱自在であるが、これに限定される必要はない。内視鏡 30 は、光源装置 40 を内蔵してもよい。

10

【0013】

図 2 B に示すように、撮像システム 15 は、照明光 I L を被写体 21 に照明する照明ユニット 50 と、照明光 I L を照明された被写体 21 によって反射された反射光 R L を撮像する撮像ユニット 60 とを有する。

【0014】

撮像システム 15 は、照明ユニット 50 と撮像ユニット 60 と後述する表示部 80 とにそれぞれの動作開始の指示を入力する入力部 70 を有する。内視鏡システム 10 は、撮像ユニット 60 が撮像した反射光 R L を画像として表示する表示部 80 を有する。入力部 70 は、照明光 I L の輝度値の目標値または照明光の光量の目標値を入力してもよい。入力部 70 は例えば光源装置 40 に備えられ、表示部 80 は内視鏡 30 と光源装置 40 とは別体である。

20

【0015】

撮像システム 15 は、撮像ユニット 60 の後述する検出部 65 a から出力された輝度信号を基に、照明光の光量を制御する光量制御信号を出力する光量制御部 90 と、光量制御部 90 から出力された光量制御信号と撮像ユニット 60 の後述する撮像制御部 63 から出力された全ライン露光信号とを基に、光源部 51 の駆動タイミングと照明光 I L の強度とを制御する照明制御部 100 とを有する。光量制御部 90 と照明制御部 100 とは、光源装置 40 に備えられる。

【0016】

[照明ユニット 50]

30

図 2 B に示すように、照明ユニット 50 は、1 次光を出射する光源部 51 と、光源部 51 から出射された 1 次光を導光する導光部材 53 と、前記した照明部 55 とを有する。光源部 51 は光源装置 40 に備えられ、導光部材 53 は光源装置 40 と内視鏡 30 とに備えられ、照明部 55 は挿入部 31 の先端部に備えられる。

【0017】

光源部 51 は、例えば、1 次光であるレーザ光を出射するレーザダイオードを有する。図 2 C に示すように、光源部 51 は、回路を有する駆動部 51 a , 51 b によって駆動する。駆動部は、例えば、電流加算型となっている。この場合、例えば、駆動部 51 a , 51 b は、後述するパルス P 1 , P 2 に対応する電流値 I 1 , I 2 を発生する。駆動部 51 a , 51 b は、パルス P 1 , P 2 に対応する電流値の和であるパルス P 3 に対応する電流値が所望となるように、パルス P 1 , P 2 に対応する電流値 I 1 , I 2 を発生する。駆動部は、電流出力型でもよい。

40

【0018】

照明部 55 は、導光部材 53 によって導光された 1 次光の光学特性を 1 次光と異なる光学特性を有する 2 次光に変換する光変換部材を有する。光変換部材は、2 次光を被写体 21 を照明する照明光 I L として出射する。照明部 55 は、例えば、1 次光を励起光として蛍光を出射する蛍光体を有してもよい。つまり照明部 55 は、1 次光の波長を変換する。照明部 55 は、1 次光がレーザ光である場合、1 次光の広がり角度を広げるといった、1 次光の配光を調整する機能を有してもよい。照明部 55 は、1 次光を散乱または拡散してもよい。照明部 55 は、1 次光がレーザ光である場合、1 次光の位相を変換して可干渉性

50

を軽減しスペックルの発生を防止する機能を有してもよい。

【0019】

[撮像ユニット60]

図2Bに示すように、撮像ユニット60は、前記した撮像素子61と、撮像素子61を制御する撮像制御部63と、撮像素子61の画素から出力された電気信号に対する画像処理によって被写体21のカラー画像を生成する画像処理部65とを有する。撮像素子61は挿入部31の先端部且つ照明部55の隣に備えられ、撮像制御部63と画像処理部65とは光源装置40に備えられる。

【0020】

撮像素子61は、CMOS型であり、反射光RLを受光し、反射光RLに応じた画像情報10を電気信号として画像処理部65に出力する。具体的には、撮像素子61は、2次元状に配列された前記画素を有する。画素は、受光した反射光RLを光電変換することによって画像情報を有する電気信号を生成する。撮像素子61は、画素によって生成される電気信号を、画素の水平ライン毎に順次読み出す読出部61bを有する。読出部61bは、1フレーム期間Tf1(図3参照)のうち読出部61bが画素の水平ラインの少なくとも一部を読み出す読出期間を有する。なおTf1は、1フレーム期間としたが、1フィールド期間としてもよい。撮像素子61は、CMOS型に限定される必要はなく、同様の読出し手法を用いる他の構成を有してもよい。

【0021】

撮像素子61が、撮像素子61の1フレーム期間Tf1における露光を、1水平ライン20毎に、順に開始するように、撮像制御部63は撮像素子61を制御する。1フレーム期間Tf1及び1フィールド期間とは、例えば、1枚の画像を撮像する期間を示す。撮像素子61の読出部61bが、露光開始から所定の露光期間($T_r + T_a$ (図3参照))が経過した水平ラインを、水平ライン毎に読み出すように、撮像制御部63は撮像素子61を制御する。つまり、撮像制御部63は、ローリングシャッタによる露光制御を実施する。撮像制御部63は、露光期間($T_r + T_a$)が全ての水平ラインを読み出すために必要な読出期間(以下、読出期間 T_r と称する(図3参照))よりも長くなるように、露光期間($T_r + T_a$)を設定する。これにより、撮像素子61の読出部61bは、撮像素子61が最後の水平ラインに対する露光を開始した後に、最初の水平ラインを読み出す。全ての水平ラインが同時に露光される全ライン露光期間 T_a (図3参照)と、読出期間 T_r とが発生するように、撮像制御部63は撮像素子61の露光を制御する。30

【0022】

画像処理部65の画像処理は、撮像素子61から出力された電気信号(画像情報)に含まれる複数色の単板カラー画像に対するデモザイキング(同時化)と、デモザイキングによるカラー画像の生成と、カラー画像に対するカラーバランス調整とガンマ変換と色変換とを含む。カラー画像は、各画素についてRGB色の色信号が揃った三板カラー画像を示す。画像処理部65は画像処理したカラー画像を表示部80に出力し、表示部80は、カラー画像を表示する。なお表示部80は、モノクロ画像を表示してもよい。

【0023】

画像処理部65は、カラー画像に含まれる被写体21の輝度値を検出する検出部65a40を有する。検出部65aは、輝度値を有する輝度信号を光量制御部90に出力する。

【0024】

図3を参照して撮像素子61の露光タイミングと全ライン露光信号と照明光の強度波形との関係について説明する。

【0025】

撮像素子61は、各画素を水平ライン毎に順にリセットすることにより露光を開始する。このリセットするタイミングを、図3においてRSTと示す。撮像素子61の読出部61bは、露光開始から露光期間($T_r + T_a$)が経過した水平ラインから画像情報である電気信号を順に読み出し、撮像素子61は読み出しによって露光を終了する。読み出すタイミングを図3においてRDと示す。露光期間($T_r + T_a$)において、前記したように50

、 T_r は全ての水平ラインを読み出すために必要な読出期間を示し、 T_a は全ての水平ラインが同時に露光される全ライン露光期間を示す。全ライン露光期間 T_a は、読み出しが実施されず、露光が実施される。全ライン露光期間 T_a は、非読出期間である。

【0026】

図3に示すように、露光期間(T_r+T_a)は、撮像素子61の1フレーム期間 T_{f1} よりも短い。なお露光期間(T_r+T_a)は、1フレーム期間 T_{f1} と等しくてもよい。

【0027】

前記したように、露光期間(T_r+T_a)は読出期間 T_r よりも長いため、全ライン露光期間 T_a は正である($T_a > 0$)。これにより撮像素子61は、最初に露光が開始された水平ラインの読み出しを読出部61bが開始する前に、最後の水平ラインの露光を開始することとなる。少なくとも1つの水平ラインが露光されているが、全ライン露光期間 T_a ではない期間である、例えば読出期間 T_r は非全ライン露光期間である。

【0028】

図3に示すように撮像制御部63は、全ライン露光期間 T_a において例えばハイレベルとなる信号を全ライン露光信号として生成し、全ライン露光期間 T_a 以外の期間において例えばローレベルとなる信号を全ライン露光信号として生成する。撮像制御部63は、全ライン露光信号を照明制御部100に出力する。

【0029】

光量制御部90は、検出部65aから出力された輝度信号を基に光量制御信号を生成し、光量制御信号を照明制御部100に出力する。なお光量制御部90は、例えば入力部70から入力された輝度値の目標値に、輝度信号に含まれる輝度値が近似するように、光量制御信号を生成するとよい。光量制御信号は、例えば、照明光の光量が現状を維持する、または照明光の光量が現状に対してどれくらい増減するか、といった情報を有する。

【0030】

光量制御信号は、差分値を示す信号であってもよい。差分値は、検出部65aが検出した輝度値から輝度値の目標値を減算した値である。また光量制御信号は、光量比を示す信号であってもよい。光量比は、例えば検出される輝度値を輝度値の目標値で除算した値である。

【0031】

なお光量制御信号は、輝度値に基づくものに限定される必要はない。光源部51から射出される1次光の光量が入力部70から入力された光量の目標値に近似するように、光量制御部90が1次光の光量を制御できれば、光量制御信号の生成手法は問われない。

【0032】

光量制御部90は、例えば全ライン露光期間 T_a が開始されてから所定時間経過した時点で、光量制御信号を、照明制御部100に出力してもよい。

【0033】

照明制御部100は、光量制御部90から出力された光量制御信号と、撮像制御部63から出力された全ライン露光信号とを基に、パルス P_1 、 P_2 、 P_3 の照明光の強度(以下、強度)を設定する。そして照明制御部100は、パルス P_1 、 P_2 、 P_3 の強度に対応し光源部51に印加する電流値を設定する。そして照明制御部100は、この電流値を光源部51に印加する。電流値の大きさは、照明光 I_L の強度に影響する。このように照明制御部100は、例えば検出部65aが検出した輝度値を基に生成された光量制御信号を基に、照明光 I_L の光量の増減を制御する。

【0034】

図3において、照明制御部100は、1フレーム期間 T_{f1} または1フィールド期間において、読出期間 T_r の少なくとも一部において連続照明を実施し、読出期間以外の期間である全ライン露光期間 T_a において変調照明を実施する。変調照明は全ライン露光期間 T_a 内の第1期間 T_1 において実施され、よって連続照明は第1期間 T_1 以外の第2期間 T_2 において実施される。タイミング制御のずれ等に対して余裕を持たせるために、第1期間 T_1 は、全ライン露光期間 T_a の全期間に対して全ライン露光期間 T_a の開始側時点

10

20

30

40

50

側及び全ライン露光期間 T_a の終了側時点側において微小に短くなっている。なお、余裕を持たせる必要がない場合、第 1 期間 T_1 は、全ライン露光期間 T_a と一致させるとよい。

【0035】

連続照明は、照明光 I_L の強度を一定に保つ。変調照明は、照明光 I_L の強度を変調する。変調照明での照明光 I_L の強度は、非読出期間である全ライン露光期間 T_a において照明光 I_L を出力する期間である出力期間の増減に伴い可変する積算光量 S_1 のためのパルス P_1 と、非読出期間である全ライン露光期間 T_a において照明光 I_L の強度を一定に保つためのパルス P_2 とを組み合わせた波形を有する。出力期間は、第 1 期間 T_1 の 0% ~ 100% に相当する。変調照明では、パルス P_1 における積算光量 S_1 とパルス P_2 における積算光量 S_2 との和によって、照明光の光量が制御される。連続照明での照明光 I_L の強度は、パルス P_3 となる。連続照明では、パルス P_3 における積算光量 S_3 によって、照明光の光量が制御される。そして照明制御部 100 は、連続照明と変調照明とを基に、1 フレーム期間 T_{f1} または 1 フィールド期間において照明光 I_L の強度を制御する。照明制御部 100 は、連続照明と変調照明とを基にした照明光 I_L の強度の制御によって、1 フレーム期間 T_{f1} または 1 フィールド期間に出力される照明光の光量の増減を制御する。

10

パルス P_1 における積算光量 S_1 は、パルス P_1 の強度と出力期間との積の値となる。パルス P_2 における積算光量 S_2 は、パルス P_2 の強度と第 1 期間 T_1 との積の値となる。パルス P_3 における積算光量 S_3 は、パルス P_3 の強度と第 2 期間 T_2 との積の値となる。

20

【0036】

[作用]

光源部 51 は、1 次光であるレーザ光を出射する。1 次光は、導光部材 53 によって照明部 55 に導光される。1 次光の光学特性は照明部 55 によって変換され、1 次光は照明光 I_L として被写体 21 を照明する。

【0037】

撮像素子 61 は、被写体 21 によって反射された反射光 R_L を撮像する。このとき画素は、反射光 R_L を光電変換することによって電気信号を出力する。読出部 61b は電気信号を画素の水平ライン毎に順次読み出す。そして撮像制御部 63 は、全ライン露光信号を照明制御部 100 に出力する。表示部 80 は、電気信号を基に画像を表示する。

30

【0038】

検出部 65a は、画素から出力された電気信号を基に被写体 21a の輝度値を検出し、輝度信号を光量制御部 90 に出力する。光量制御部 90 は、輝度信号を基に光量制御信号を生成し、光量制御信号を照明制御部 100 に出力する。

【0039】

照明制御部 100 は、光量制御部 90 から出力された光量制御信号と撮像制御部 63 から出力された全ライン露光信号とを基に、パルス P_1 , P_2 , P_3 の形状、例えば強度及び出力期間を設定する。そして照明制御部 100 は、パルス P_1 , P_2 , P_3 の強度に対応し光源部 51 に印加する電流値を設定する。照明制御部 100 は、この電流値を光源部 51 に印加する。照明光の光量は、この電流値によって制御される光源部 51 から出射される 1 次光の総光量を介して制御される。例えば、照明制御部 100 は、光量制御信号によって示される光量の増減値に従って、照明光の光量を増加または低減する。

40

【0040】

この照明光の光量の制御について、図 3 と図 4A と図 4B と図 4C と図 4D と図 4E と図 4F とを用いて以下に説明する。

【0041】

図 4A と図 4B と図 4C と図 4D とを参照して、照明光の光量が制御される際、照明光の光量が現状に対して増加するという情報を光量制御信号が有する場合について以下に説明する。

50

パルス P 1 , P 2 , P 3 における積算光量 S 1 , S 2 , S 3 が 0 の状態において、パルス P 1 のみが設定されたとする。照明制御部 1 0 0 は、一定値の強度であるパルス P 1 の強度を、照明光の最大強度 P m a x の $1 / M$ ($M = 2$ 以上の整数) に制御する。本実施形態では、 $M = 2^2 = 4$ としている。なお、照明制御部 1 0 0 は、1 フレーム期間 T f l または 1 フィールド期間において、パルス P 1 を複数のパルスで構成してもよい。このようにパルス P 1 の強度は一定値であるため、パルス P 1 の出力期間の調整によって、パルス P 1 における積算光量 S 1 は制御される。調整及び制御は、照明制御部 1 0 0 によって実施される。出力期間は、第 1 期間 T 1 の 0 % ~ 1 0 0 % に相当する。照明光の光量が現状に対して増加するため、出力期間は増加することとなる。なお出力期間は、第 1 期間 T 1 の 0 % ~ 1 0 0 % としたが、出力期間の最小値は 0 % ではない値 (例えば第 1 期間 T 1 の 5 %) でも良く、出力期間の最大値は 1 0 0 % ではない値 (例えば第 1 期間 T 1 の 9 5 %) でも良い。

【 0 0 4 2 】

図 4 A と図 4 B とに示すポイント A 1 からポイント A 2 において、パルス P 1 が第 1 期間 T 1 の 0 % ~ 1 0 0 % において出力される。例えばポイント A 1 では、パルス P 1 の出力期間は、第 1 期間 T 1 の 0 % 以上 1 0 0 % 以下である。例えばポイント A 2 では、パルス P 1 の出力期間は、第 1 期間 T 1 の 1 0 0 % である。この出力期間の増減は、照明制御部 1 0 0 によって制御される。そして、積算光量 S 1 は前記したようにパルス P 1 の強度と出力期間との積であり、照明制御部 1 0 0 によって算出される。よってポイント A 1 ~ A 2 において、最小積算光量はパルス P 1 の強度と出力期間の最小値 (本実施形態では T 1 の 0 %) との積となり、最大積算光量はパルス P 1 の強度と出力期間の最大値 (本実施形態では T 1 の 1 0 0 %) との積となる。例えばポイント A 2 において、積算光量 S 1 は、 $P m a x / 4 \times T 1$ であり、最大積算光量となる。このように照明制御部 1 0 0 は、出力期間を増減することで最大積算光量と最小積算光量との間でパルス P 1 における積算光量 S 1 を増減し、積算光量 (照明光の光量) を増減する。

【 0 0 4 3 】

次に、図 4 A と図 4 B とに示すポイント A 2 においてパルス P 1 の出力期間が第 1 期間 T 1 の 1 0 0 % に達した (パルス P 1 における積算光量 S 1 が最大積算光量に達した) 後に、ポイント A 3 のように照明光の光量がさらに増加する場合を説明する。

【 0 0 4 4 】

この場合、図 4 B に示すように、ポイント A 2 でのパルス P 1 における積算光量 S 1 は、ポイント A 3 を含むポイント A 2 以後の第 1 期間 T 1 においてパルス P 2 における積算光量 S 2 に移行する。移行とは、移行元であるパルス P 1 における積算光量 S 1 から所定量が減らされ、さらに移行先であるパルス P 2 における積算光量 S 2 に所定量が加わることを示す。この所定量は、例えば、移行量であり、前記した最大積算光量と最小積算光量との差であり、ポイント A 2 でのパルス P 1 における最大積算光量である。所定量を、単位移行積算光量と称する。前記した所定量が減られることと加わることは同時に実施される。同時とは、1 つのフレーム期間 T f l の間に行われることを示す。このような移行は、照明制御部 1 0 0 によって実施される。

【 0 0 4 5 】

この場合、ポイント A 2 でのパルス P 1 における積算光量 S 1 は $P m a x / 4 \times T 1$ であり、ポイント A 2 でのパルス P 2 における積算光量 S 2 は 0 であり、所定量である最大積算光量と最小積算光量との差は $P m a x / 4 \times T 1$ である。

【 0 0 4 6 】

図示はしないが、ポイント A 3 を含むポイント A 2 以後において、移行元であるパルス P 1 における積算光量 S 1 は、一度、 $P m a x / 4 \times T 1$ から所定量 (移行量) である $P m a x / 4 \times T 1$ を減らされるため、0 になる。図 4 A , 4 B に示すポイント A 3 を含むポイント A 2 以後において、移行先であるパルス P 2 における積算光量 S 2 は、0 に所定量 (移行量) である $P m a x / 4 \times T 1$ が加わるため、 $P m a x / 4 \times T 1$ になる。照明制御部 1 0 0 は、パルス P 2 における積算光量 S 2 が $P m a x / 4 \times T 1$ となるように

10

20

30

40

50

、パルス P 2 の強度を $P_{max} / 4$ に設定する。また、照明制御部 100 は、パルス P 2 における積算光量 S 1 を $0 \sim P_{max} / 4 \times T_1$ の範囲で出力期間によって調整できるように、パルス P 1 の強度を $P_{max} / 4$ に設定する。

【0047】

次に、ポイント A 3 を含むポイント A 2 以後において、パルス P 1 の強度は、 $P_{max} / 4$ となる。その後、図 4 A と図 4 B とに示すように、ポイント A 3 を含むポイント A 2 以後において、照明光の光量がさらに増加する場合、パルス P 1 の出力期間が第 1 期間 T_1 の 0 % から 100 % に増加する。

【0048】

次に、ポイント A 3 以降も、パルス P 1 の出力期間が再び第 1 期間 T_1 の 100 % に達する度に、ポイント A 2 , A 3 における前記動作が繰り返し替えられる。

【0049】

このようにポイント A 2 , A 3 においてパルス P 1 における積算光量 S 1 が最大積算光量である状態で、照明制御部 100 が 1 フレーム期間 T_{f1} または 1 フィールド期間において照明光の光量をさらに増加する場合、照明制御部 100 は、パルス P 1 における積算光量 S 1 から移行量分だけ減らし、パルス P 2 における積算光量 S 2 を移行量分だけ増やす第 1 増加移行動作を実施する。また、照明制御部 100 は、移行後の積算光量 S 1 , S 2 を基に、パルス P 1 の強度及びパルス P 2 の強度を設定する。照明制御部 100 は、移行量を、最大積算光量と最小積算光量との差として設定する。第 1 増加移行動作後であるポイント A 3 において、照明制御部 100 は、照明光の光量の増加量がパルス P 1 における積算光量 S 1 に対応するように、パルス P 1 における出力期間を調整する。

【0050】

次に、この動作が繰り返されると、図 4 A と図 4 C とに示すポイント B 1 に示すように、パルス P 1 の強度 ($P_{max} / 4$) とパルス P 2 の強度 ($P_{max} \times 3 / 4$) との和が最大強度 (P_{max}) と等しくなる。そして、図 4 A と図 4 C とに示すポイント B 2 において、パルス P 1 の出力期間が第 1 期間 T_1 の 100 % に達する。このとき、パルス P 1 における積算光量 S 1 は $P_{max} / 4 \times T_1$ である。パルス P 2 における積算光量 S 2 は、 $P_{max} \times 3 / 4 \times T_1$ である。パルス P 1 における積算光量 S 1 とパルス P 2 における積算光量 S 2 との和は、 $P_{max} \times T_1$ である。

【0051】

次に、図 4 A と図 4 C とに示すポイント B 2 においてパルス P 1 の出力期間が第 1 期間 T_1 の 100 % に達し、パルス P 1 の強度 ($P_{max} / 4$) とパルス P 2 の強度 ($P_{max} \times 3 / 4$) との和が最大強度 (P_{max}) と等しくなった後に、ポイント B 3 のように照明光の光量がさらに増加する場合を説明する。

【0052】

この場合、図 4 C に示すように、ポイント B 2 でのパルス P 1 における積算光量 S 1 は、ポイント B 3 を含むポイント B 2 以後の第 1 期間 T_1 においてパルス P 2 における積算光量 S 2 に移行する。同時に、パルス P 2 における積算光量 S 2 はパルス P 3 における積算光量 S 3 に移行する。パルス P 3 は第 2 期間 T_2 における光強度であり、第 2 期間 T_2 は、第 1 期間 T_1 と連続し、第 1 期間 T_1 よりも長いまたは短い。また第 2 期間 T_2 は、第 1 期間 T_1 と等しい場合もある。移行とは、第 1 に移行元であるパルス P 1 における積算光量 S 1 から所定量が減らされ、第 2 に移行先であるパルス P 2 における積算光量 S 2 に所定量が加わり、第 3 に移行元であるパルス P 2 における積算光量 S 2 から所定量が減らされ、第 4 に移行先であるパルス P 3 における積算光量 S 3 に所定量が加わることを示す。この所定量は、例えば、移行量であり、前記した最大積算光量と最小積算光量との差であり、ポイント B 2 でのパルス P 1 における最大積算光量であり、 $P_{max} / 4 \times T_1$ となる。前記した所定量が減られることと加わることは同時に実施される。同時とは、1 つのフレーム期間 T_{f1} の間にて行われることを示す。このような移行は、照明制御部 100 によって実施される。

【0053】

この場合、ポイント B 2 でのパルス P 1 における積算光量 S 1 は $P_{max} / 4 \times T_1$ であり、ポイント B 2 でのパルス P 2 における積算光量 S 2 は $P_{max} \times 3 / 4 \times T_1$ であり、ポイント B 2 でのパルス P 3 における積算光量 S 3 は 0 であり、所定量である最大積算光量と最小積算光量との差は $P_{max} / 4 \times T_1$ である。

【 0 0 5 4 】

図示はしないが、ポイント B 3 を含むポイント B 2 以後において、第 1 に移行元であるパルス P 1 における積算光量 S 1 は、一度、 $P_{max} / 4 \times T_1$ から所定量（移行量）である $P_{max} / 4 \times T_1$ を減らされるため、0 になる。図示はしないが、第 2 に移行先であるパルス P 2 における積算光量 S 2 は、 $P_{max} \times 3 / 4 \times T_1$ に所定量（移行量）である $P_{max} / 4 \times T_1$ が加わるため、 $P_{max} \times T_1$ になる。図 4 C に示すように、第 3 に移行元であるパルス P 2 における積算光量 S 2 は、 $P_{max} \times T_1$ から所定量（移行量）である $P_{max} / 4 \times T_1$ を減らされるため、 $P_{max} \times 3 / 4 \times T_1$ になる。図 4 C に示すように、第 4 に移行先であるパルス P 3 における積算光量 S 3 は、0 に所定量（移行量）が加わる。なおパルス P 3 における出力期間は第 2 期間 T 2 であるため、所定量は、 $P_{max} / 4 \times T_1$ となる。つまりパルス P 3 における積算光量 S 3 は、 $P_{max} / 4 \times T_1 / T_2$ となる。ここで、第 1 の動作と第 2 の動作とにより、パルス P 2 からパルス P 3 への移行動作が実施されるため、パルス P 2 における積算光量 S 2 とパルス P 3 における積算光量 S 3 との総和が一定となるように、照明制御部 100 は、パルス P 2 の強度と、連続照明であるパルス P 3 の強度とを制御する。

照明制御部 100 は、パルス P 2 における積算光量 S 2 が $P_{max} \times 3 / 4 \times T_1$ となるように、パルス P 2 の強度を $P_{max} \times 3 / 4$ に設定する。また照明制御部 100 は、パルス P 3 における積算光量 S 3 が $P_{max} / 4 \times T_1$ となるように、パルス P 3 の強度を $P_{max} / 4 \times T_1 / T_2$ に設定する。パルス P 1 の強度は $P_{max} / 4$ のままである。

【 0 0 5 5 】

次に、ポイント B 3 を含むポイント B 2 以後において、パルス P 1 の強度は、 $P_{max} / 4$ となる。その後、図 4 A と図 4 C とに示すように、ポイント B 3 を含むポイント B 2 以後において、照明光の光量がさらに増加する場合、パルス P 1 の出力期間が第 1 期間 T 1 の 0 % から 100 % に増加する。

【 0 0 5 6 】

次に、ポイント C 2（図 4 A 及び図 4 D 参照）に示すように、パルス P 1 の出力期間が再び第 1 期間 T 1 の 100 % となったとする。ここからさらに照明光の光量が増加する場合、ポイント B 2，B 3 における動作が繰り返される。これにより、パルス P 3 における積算光量 S 3 は、元の積算光量である $P_{max} / 4 \times T_1$ に、所定量を加えた量となる。所定量は、ポイント C 2 におけるパルス P 1 における積算光量 S 1 であり、 $P_{max} / 4 \times T_1$ となる。このため、ポイント C 3 において、パルス P 3 における積算光量 S 3 は、 $P_{max} \times 2 / 4 \times T_1$ となる。パルス P 1 とパルス P 2 とは、ポイント B 2，B 3 と同様である。

照明制御部 100 は、パルス P 3 における積算光量 S 3 が $P_{max} \times 2 / 4 \times T_1$ となるように、パルス P 3 の強度を $P_{max} \times 2 / 4 \times T_1 / T_2$ に設定する。パルス P 1 の強度は $P_{max} / 4$ のままである。

【 0 0 5 7 】

ポイント C 3 以降も、パルス P 1 の出力期間が再び第 1 期間 T 1 の 100 % に達する度に、ポイント C 2，C 3 における動作が繰り返される。

【 0 0 5 8 】

このようにパルス P 1 の強度とパルス P 2 の強度との和が照明光の最大強度に略等しく、パルス P 1 の出力期間が最大（すなわちパルス P 1 における積算光量 S 1 が最大積算光量）の時に、照明制御部 100 が照明光の光量（パルス P 1 における積算光量 S 1）をさらに増加する場合、照明制御部 100 は、変調照明であるパルス P 2 における積算光量 S 2 から移行量分だけ減らし、連続照明であるパルス P 3 における積算光量 S 3 を移行量分

だけ増やす第2増加移行動作を実施する。

【0059】

パルスP2をパルスP3に移行させる場合、移行後のパルスP3における積算光量を実現するために必要なパルスP3の強度が最大強度 P_{max} を超えてしまうことが考えられる。この場合、パルスP3の強度が最大強度 P_{max} を超えないように、照明制御部100は移行量を調整すればよい。または、照明制御部100は、パルスP2における積算光量 S_2 をパルスP3における積算光量 S_3 に移行せず、移行前の積算光量の和を照明光の最大光量であると規定してもよい。

【0060】

パルスP3への移行時における第2期間T2において、実際には撮像素子61の露光終了から露光開始までの期間($T_{f1} - T_r - T_a$)が存在する。このため第2期間T2を、 $T_2 - (T_{f1} - T_r - T_a)$ と置き換えることで、実際に撮像素子61が露光する光量に相当する値で、光量移行等の動作を行うことが可能である。

【0061】

次に、図4Aと図4Eと図4Fとを参照して、照明光の光量が制御される際、照明光の光量が現状に対して減少するという情報を、光量制御信号が有する場合について以下に説明する。

パルスP2, P3における積算光量 S_2 , S_3 が最大となっている状態で、パルスP1の出力期間が設定されとする。照明制御部100は、一定値の強度であるパルスP1の強度を、照明光の最大強度 P_{max} の $1/M$ ($M=2$ 以上の整数)に制御する。照明制御部100は、一定値の強度であるパルスP2の強度を、照明光の最大強度 P_{max} の $(M-1)/M$ ($M=2$ 以上の整数)に制御する。本実施形態では、 $M=2^2=4$ としている。なお、照明制御部100は、1フレーム期間 T_{f1} または1フィールド期間において、パルスP1を複数のパルスで構成してもよい。このようにパルスP1が一定値であるため、パルスP1の出力期間の調整によって、パルスP1における積算光量 S_1 は制御される。調整及び制御は、照明制御部100によって実施される。出力期間は、第1期間T1の0%~100%に相当する。照明光の光量が現状に対して減少するため、出力期間は減少することとなる。

【0062】

図4Aと図4Eとに示すポイントD3からポイントD2においてパルスP1の出力期間が第1期間T1の0%に達した(パルスP1における積算光量 S_1 が最小積算光量に達した)後に、ポイントD1のように照明光の光量がさらに減少する場合を説明する。

【0063】

この場合、図4Eに示すように、ポイントD2でのパルスP3における積算光量 S_3 は、ポイントD3を含むポイントD2以後の第1期間T1においてパルスP2における積算光量 S_2 に移行する。同時に、パルスP2における積算光量 S_2 はパルスP1における積算光量 S_1 に移行する。ここでの移行とは、第1に移行元であるパルスP3における積算光量 S_3 から所定量が減らされ、第2に移行先であるパルスP2における積算光量 S_2 に所定量が加わり、第3に移行元であるパルスP2における積算光量 S_2 から所定量が減らされ、第4に移行先であるパルスP1における積算光量 S_1 に所定量が加わることを示す。この所定量は、例えば、移行量であり、前記した最大積算光量と最小積算光量との差であり、ポイントD2でのパルスP1における最大積算光量であり、 $P_{max}/4 \times T_1$ となる。前記した所定量が減られることと加わることは同時に実施される。このような移行は、照明制御部100によって実施される。

【0064】

この場合、図4Eに示すポイントD3において、パルスP3における積算光量 S_3 は $P_{max} \times T_1$ であり、パルスP2における積算光量 S_2 は $P_{max} \times 3/4 \times T_1$ である。パルスP1における積算光量 S_1 は0ではないが、少ない値である。所定量である最大積算光量と最小積算光量との差は、 $P_{max}/4 \times T_1$ である。

照明制御部100は、パルスP2における積算光量 S_2 が $P_{max} \times 3/4 \times T_1$ にと

10

20

30

40

50

なるように、パルス P 2 の強度を $P_{max} \times 3 / 4$ に設定する。また照明制御部 100 は、パルス P 3 における積算光量 S 3 が $P_{max} / 4 \times T_1$ となるように、パルス P 3 の強度を $P_{max} / 4 \times T_1 / T_2$ に設定する。パルス P 1 の強度は $P_{max} / 4$ のままである。

【0065】

ポイント D 1 を含むポイント D 2 以後において、第 1 に移行元であるパルス P 3 における積算光量 S 3 は、 $P_{max} \times T_1$ から所定量（移行量）を減らされる。所定量は、 $P_{max} / 4 \times T_1$ となる。なおパルス P 3 における出力期間は第 2 期間 T 2 であるため、移行の前後でパルス P 3 の強度は $P_{max} / 4 \times T_1 / T_2$ だけ減少する。つまりパルス P 3 の強度は、 $P_{max} \times 3 / 4 \times T_1 / T_2$ となる。図示はしないが、第 2 に移行先であるパルス P 2 における積算光量 S 2 は、 $P_{max} \times 3 / 4 \times T_1$ に所定量（移行量）である $P_{max} / 4 \times T_1$ が加わるため、 $P_{max} \times T_1$ になる。図 4 E に示すように、第 3 に移行元であるパルス P 2 における積算光量 S 2 は、 $P_{max} \times T_1$ から所定量（移行量）である $P_{max} / 4 \times T_1$ を減らされるため、 $P_{max} \times 3 / 4 \times T_1$ になる。図 4 E に示すように、第 4 に移行先であるパルス P 1 における積算光量 S 1 は、0 に所定量（移行量）である $P_{max} / 4 \times T_1$ が加わるため、 $P_{max} / 4 \times T_1$ になる。これによりパルス P 1 の出力期間は第 1 期間 T 1 の 100% に戻る。第 1 の動作から第 4 の動作は同時に実施されるため、パルス P 1 の強度とパルス P 2 の強度との和が最大強度 P_{max} を超えることは無い。ここで、第 1 の動作と第 2 の動作とにより、パルス P 2 からパルス P 3 への移行動作が実施されるため、パルス P 2 における積算光量 S 2 とパルス P 3 における積算光量 S 3 との総和が一定となるように、照明制御部 100 は、パルス P 2 の強度と、連続照明であるパルス P 3 の強度とを制御する。

なお、このとき、照明制御部 100 は、パルス P 2 における積算光量 S 2 が $P_{max} \times 3 / 4 \times T_1$ となるように、パルス P 2 の強度を $P_{max} \times 3 / 4$ に設定する。パルス P 1 の強度は $P_{max} / 4$ のままである。

【0066】

次に、図 4 A と図 4 E とに示すように、ポイント D 1 を含むポイント D 2 以後において、照明光の光量がさらに減少する場合、パルス P 1 の出力期間が第 1 期間 T 1 の 100% から 0% に減少する。

【0067】

次に、ポイント D 1 以降も、パルス P 1 の出力期間が再び第 1 期間 T 1 の 0% に達する度に、ポイント D 3 , D 2 における前記動作が繰り返される。

【0068】

このように、パルス P 1 の強度とパルス P 2 の強度との和が照明光の最大強度に略等しく、照明制御部 100 が照明光の光量（パルス P 1 における積算光量 S 1）をさらに減少する場合、照明制御部 100 は、連続照明であるパルス P 3 における積算光量 S 3 から移行量分だけ減らし、変調照明であるパルス P 2 における積算光量 S 2 を移行量分だけ増やす第 2 減少移行動作を実施する。

【0069】

次に、この動作が繰り返されると、図 4 A と図 4 F とに示すように、パルス P 3 における積算光量 S 3 が 0 となる。

【0070】

次にパルス P 1 の出力期間が第 1 期間 T 1 の 0% に達した状態で、照明光の光量がさらに減少する場合について説明する。

【0071】

この場合、図 4 F に示すように、ポイント E 3 でのパルス P 2 における積算光量 S 2 は、ポイント E 3 を含むポイント E 2 以後の第 1 期間 T 1 においてパルス P 1 における積算光量 S 1 に移行する。移行とは、移行元であるパルス P 2 における積算光量 S 2 から所定量が減らされ、さらに移行先であるパルス P 1 における積算光量 S 1 に所定量が加わることを示す。この所定量は、例えば、移行量であり、前記した最大積算光量と最小積算光量

との差であり、ポイント E 2 でのパルス P 1 における最大積算光量であり、 $P_{max} / 4 \times T_1$ となる。前記した所定量が減られることと加わることとは同時に実施される。このような移行は、照明制御部 100 によって実施される。

【0072】

この場合、図 4 F に示すポイント E 3 において、パルス P 2 における積算光量 S 2 は $P_{max} \times 3 / 4 \times T_1$ である。図示しないが、パルス P 1 における積算光量 S 1 は 0 である。所定量である最大積算光量と最小積算光量との差は、 $P_{max} / 4 \times T_1$ である。

【0073】

ポイント E 2 を含むポイント E 3 以後において、移行元であるパルス P 2 における積算光量 S 2 は、一度、 $P_{max} \times 3 / 4 \times T_1$ から所定量（移行量）である $P_{max} / 4 \times T_1$ を減らされるため、 $P_{max} \times 2 / 4 \times T_1$ になる。移行先であるパルス P 1 における積算光量 S 1 は、0 に所定量（移行量）である $P_{max} / 4 \times T_1$ が加わるため、 $P_{max} / 4 \times T_1$ になる。これによりパルス P 1 の出力期間は第 1 期間 T 1 の 100% に戻る。

10

【0074】

次に、図 4 A と図 4 F とに示すように、ポイント E 2 を含むポイント E 1 以後において、照明光の光量がさらに減少する場合、パルス P 1 の出力期間が第 1 期間 T 1 の 100% から 0% に減少する。

【0075】

次に、ポイント E 1 以降も、パルス P 1 の出力期間が再び第 1 期間 T 1 の 0% に達する度に、ポイント E 2 における前記動作が繰り返される。

20

【0076】

次に、この動作が繰り返されると、パルス P 2 における積算光量 S 2 が 0 となり、やがてパルス P 1 における積算光量 S 1 も 0 となる。

【0077】

このようにポイント E 3 , E 2 においてパルス P 1 における積算光量 S 1 が最小積算光量である状態で、照明制御部 100 が 1 フレーム期間 T_{f1} または 1 フィールド期間において照明光の光量をさらに減少する場合、照明制御部 100 は、パルス P 2 における積算光量 S 2 から移行量分だけ減らし、パルス P 1 における積算光量 S 1 を移行量分だけ増やす第 1 減少移行動作を実施する。照明制御部 100 は、移行量を、最大積算光量と最小積算光量との差として設定する。第 1 減少移行動作後であるポイント E 1 において、照明制御部 100 は、照明光の光量の減少量がパルス P 1 における積算光量 S 1 に対応するように、パルス P 1 における出力期間を調整する。

30

【0078】

本実施形態では、図 5 A に示すように、1 つの全ライン露光期間 T_a （非読出期間）に、パルス P 1 の出力期間（パルス幅）の増減で、積算光量は増減する。しかしながら、図 5 B に示すように、1 つの全ライン露光期間 T_a に、複数のパルス P 1 が配置され、各パルス P 1 の出力期間が調整されることによって、積算光量 S 1 が調整されてもよい（PWM 制御：パルス幅変調制御）。または、図 5 C に示すように、パルス P 1 の数が増減することによって、積算光量 S 1 が調整されてもよい（PNM 制御：パルス数変調制御）。または、図 5 D に示すように、複数のパルス P 1 の密度（パルス P 1 の間隔）が増減することによって、積算光量 S 1 が調整されてもよい（PDM 制御：パルス密度変調制御）。もちろんこれらが適宜組み合わせられて、積算光量が調整されてもよい。このように、照明制御部 100 は、パルス P 1 における出力期間を、PWM 制御と PDM 制御と PNM 制御とのいずれかで増減してもよい。この場合、パルス P 1 が出力される期間の総和が出力期間に相当するように、照明制御部 100 は出力期間を設定すると良い。また、回路の動作上、パルス P 1 のうち光源部 51 に実質的に印加される成分に限られる場合は、実質的に印加される成分の総和に相当する期間が出力期間として照明制御部 100 によって設定されると良い。

40

【0079】

50

〔効果〕

本実施形態では、全ライン露光期間 T_a と読出期間 T_r とが混在している状態で、連続照明でのパルス P_3 を一定に保ちつつ、パルス P_1 、 P_2 、 P_3 によって、照明光の光量が制御される。これにより本実施形態では、撮像素子61が水平ライン毎に順に露光する際に、画像に対する明暗縞の発生を抑制でき、調光のダイナミックレンジを広げることができる。また本実施形態では、パルス P_3 によって、光源部51の能力を最大限利用できる。

【0080】

またパルス P_3 における積算光量 S_3 が急激に変化すると、連続した前後のフレームの露光期間の重なりにより、ライン毎に露光される光量に大きな差異が発生し、差異によって画像に明暗縞が発生してしまう。しかしながら、本実施形態では、パルス P_3 における積算光量 S_3 の増減のステップ量を照明光の最大強度に対して数分の一に低減することで、連続した前後のフレームの重なりによる画像の明暗縞の発生を抑制できる。

10

【0081】

〔変形例1〕

以下に、図6Aと図6Bとを参照して、第1の実施形態の変形例1について説明する。第1の実施形態と同じ部位には、同じ符号を付して、詳細な説明を省略する。

【0082】

第1の実施形態では、照明光の光量が増加し、第2増加移行動作が実施される場合、パルス P_2 における積算光量 S_2 からパルス P_3 における積算光量 S_3 に移行するタイミングは、パルス P_1 における積算光量 S_1 からパルス P_2 における積算光量 S_2 に移行するタイミングと同時であり、移行は1フレーム期間 T_{f1} にて実施されている。

20

しかしながら、本変形例では、図6Aに示すように、パルス P_1 における積算光量 S_1 からパルス P_2 における積算光量 S_2 に移行する前に、パルス P_2 における積算光量 S_2 からパルス P_3 における積算光量 S_3 に移行し、移行は複数の1フレーム期間 T_{f1} にて実施される。

【0083】

第1の実施形態では、照明光の光量が減少し、第2減少移行動作が実施される場合、パルス P_3 における積算光量 S_3 からパルス P_2 における積算光量 S_2 に移行するタイミングは、パルス P_2 における積算光量 S_2 からパルス P_1 における積算光量 S_1 に移行するタイミングと同時であり、移行は1フレーム期間 T_{f1} にて実施されている。

30

しかしながら、本変形例では、図6Bに示すように、パルス P_2 における積算光量 S_2 からパルス P_1 における積算光量 S_1 に移行する前に、パルス P_3 における積算光量 S_3 からパルス P_2 における積算光量 S_2 に移行し、移行は複数の1フレーム期間 T_{f1} にて実施される。

【0084】

このように、第2増加移行動作と第2減少移行動作との少なくとも一方は、移行開始から複数のフレーム期間または複数のフィールド期間にて実施される。

【0085】

パルス P_3 における積算光量 S_3 からパルス P_2 における積算光量 S_2 への移行と、パルス P_2 における積算光量 S_2 からパルス P_3 における積算光量 S_3 への移行とは、パルス P_1 における積算光量 S_1 の増減と同時に、実施されてもよい。

40

【0086】

本変形例では、連続した前後のフレームの露光期間の重なりにより、ライン毎に露光される光量に大きな差異が発生する。本変形例では、パルス P_3 における積算光量 S_3 が小刻みに増減することで、この差異を低減でき、画像の明暗縞の発生を抑制できる。

【0087】

〔変形例2〕

以下に、図7を参照して、第1の実施形態の変形例2について説明する。第1の実施形態と同じ部位には、同じ符号を付して、詳細な説明を省略する。

50

【 0 0 8 8 】

第1の実施形態では、パルスP1の強度は、照明光の最大強度 P_{max} の $1/M$ ($M = 2$ 以上の整数)であり、一定値となっている。

【 0 0 8 9 】

しかしながら、本変形例では、パルスP1は、照明光の光量に応じて、変化する。

【 0 0 9 0 】

例えば、照明光の光量が少ない場合、照明制御部100は、パルスP1の強度を、照明光の最大強度 P_{max} の $1/M$ ($M = 2$ 以上の整数)よりも小さく制御する。例えば照明光の光量が最大光量の $1/4$ 以下の場合、照明制御部100は、パルスP1の強度を、照明光の最大強度 P_{max} の $1/M$ ($M = 2$ 以上の整数)の $1/2$ に制御する。

10

【 0 0 9 1 】

また本変形例では、照明光の光量が多い場合、照明制御部100は、パルスP1の強度を、照明光の最大強度 P_{max} の $1/M$ ($M = 2$ 以上の整数)よりも多く制御する。例えば照明光の光量が最大光量の $1/2$ 以上の場合、照明制御部100は、パルスP1の強度を、照明光の最大強度 P_{max} の $1/M$ ($M = 2$ 以上の整数)の2倍に制御する。

【 0 0 9 2 】

これにより本変形例では、照明光の光量が少ない場合、光量の増減に対する分解能を高めることができ、調光における分解能を高めることができる。

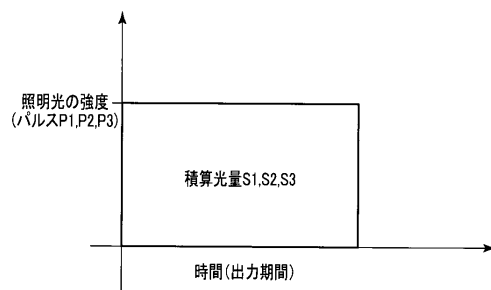
このとき、最大光量(最大積算光量)は、 $P_{max} \times T1 \times 2$ としてもよいし、 $P_{max} \times (T1 + T2)$ としても良い。

20

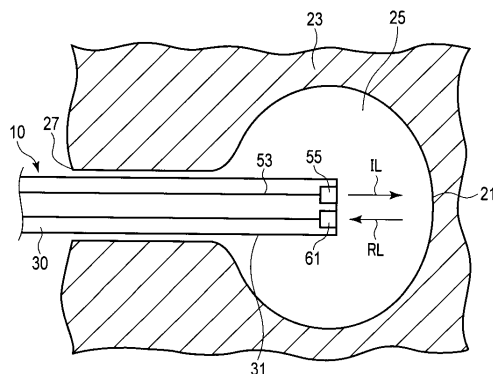
【 0 0 9 3 】

本発明は、上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示される複数の構成要素の適宜な組み合わせにより種々の発明を形成できる。

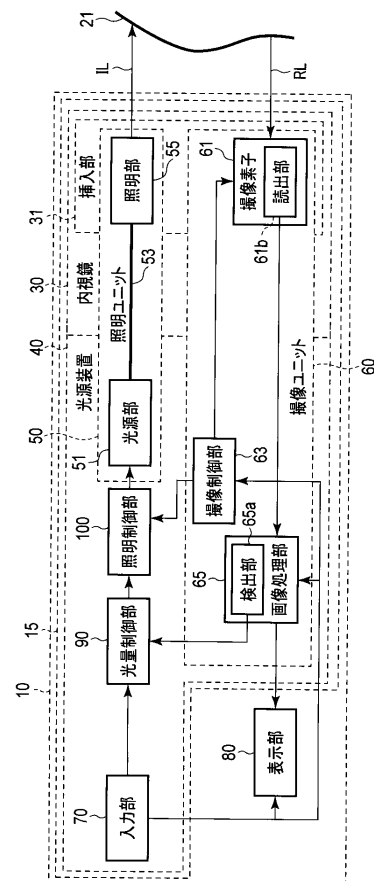
【 図 1 】



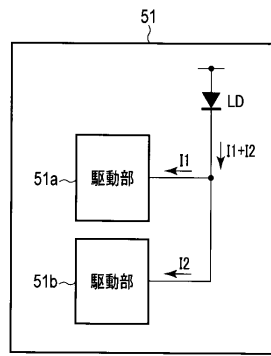
【 図 2 A 】



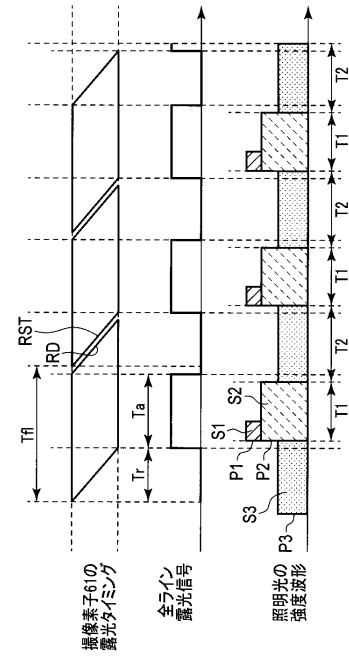
【 図 2 B 】



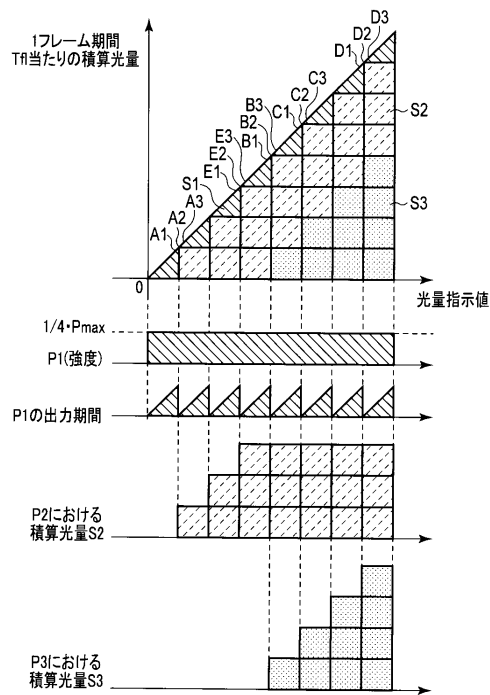
【図 2 C】



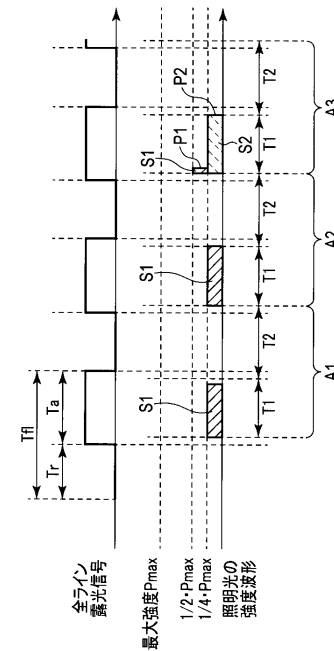
【図 3】



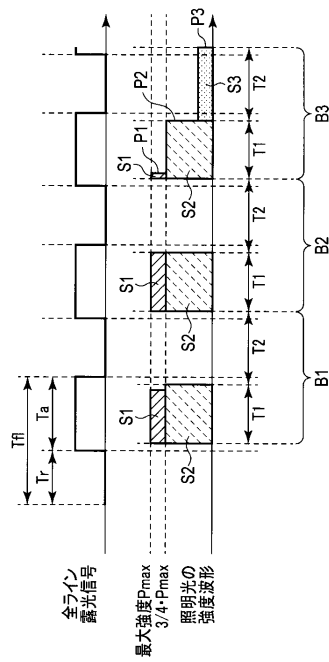
【図 4 A】



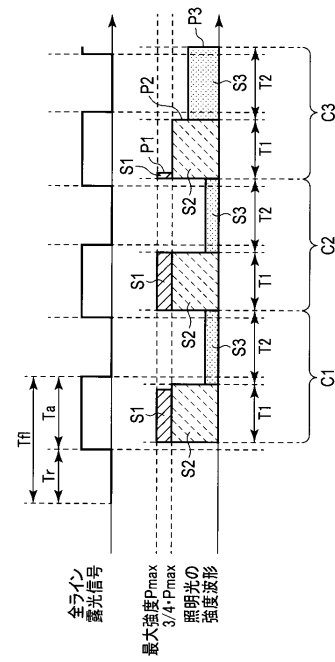
【図 4 B】



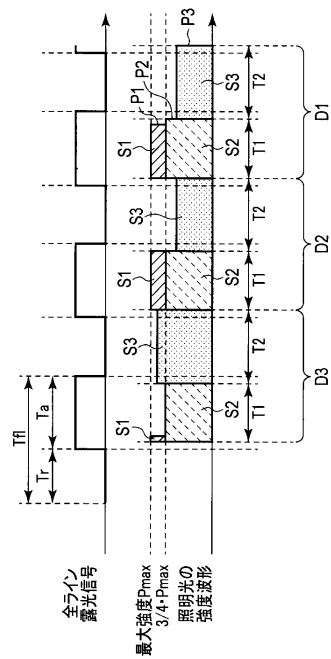
【図 4 C】



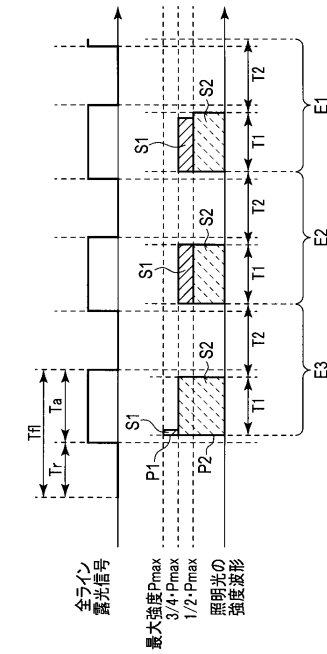
【図 4 D】



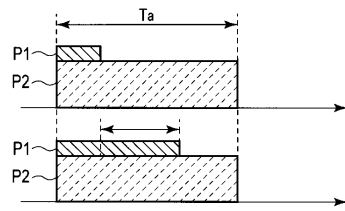
【図 4 E】



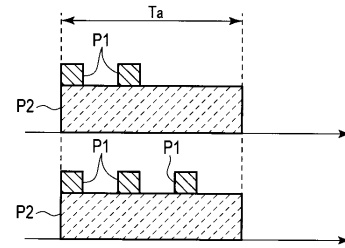
【図 4 F】



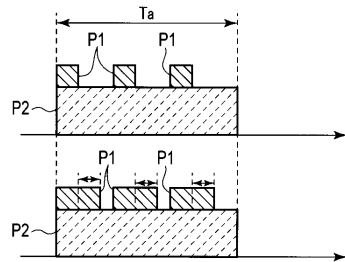
【図 5 A】



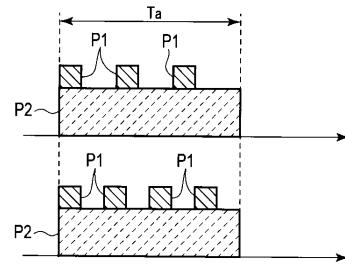
【図 5 C】



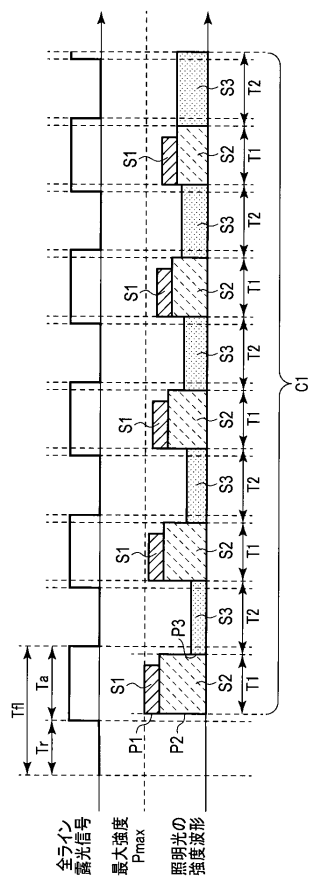
【図 5 B】



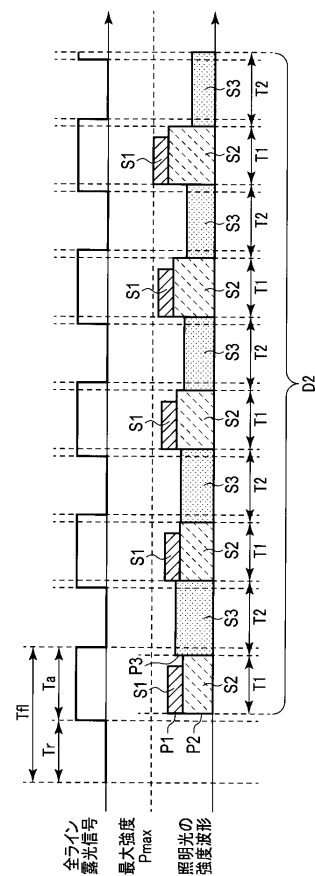
【図 5 D】



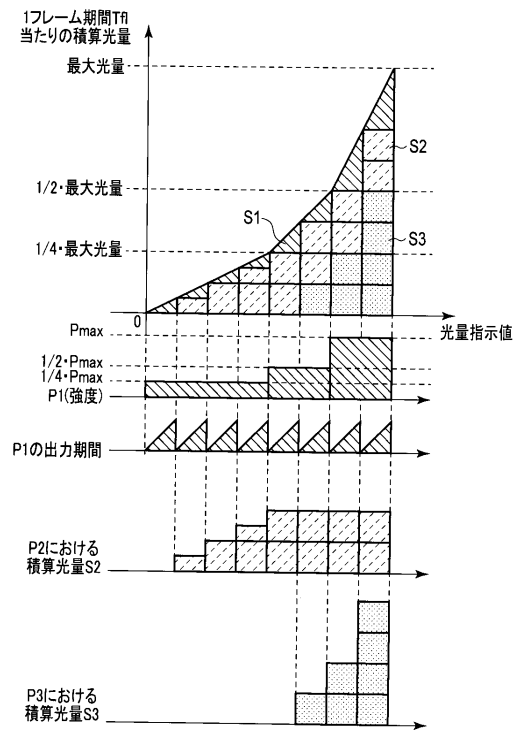
【図 6 A】



【図 6 B】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 西尾 真博

東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内

審査官 安田 明央

(56)参考文献 国際公開第2013/175908(WO, A1)

特開2004-212873(JP, A)

特開2011-072424(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 1/00 - 1/32

G02B 23/24 - 23/26

专利名称(译)	成像系统和内窥镜系统		
公开(公告)号	JP6568942B2	公开(公告)日	2019-08-28
申请号	JP2017529245	申请日	2015-07-23
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	西尾真博		
发明人	西尾 真博		
IPC分类号	A61B1/06 G02B23/24		
FI分类号	A61B1/06.612 A61B1/06.611 G02B23/24.B		
代理人(译)	河野直树 井上 正 肯·鹤饲 饭野滋		
其他公开文献	JPWO2017013780A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

一种成像系统，包括照明部分，成像器，读取器和照明控制器，所述照明控制器被配置为基于非读取时段中的调制照明来控制照明光的强度。调制照明具有作为第一脉冲的可变强度和照明光的输出周期的乘积的第一积分光量和作为第二脉冲的恒定强度和输出周期的乘积的第二积分光量。在非读取时段中，照明控制器使得预定光量不大于第一积分光量的最大值并且不小于第一积分光量之间的第二积分光量的最小值。量和第二积分光量。

(19) 日本国特許庁(JP)	(12) 特 許 公 報 (B2)	(11) 特許番号 特許第6568942号 (P6568942)
(45) 発行日 令和1年8月28日 (2019. 8. 28)	(24) 登録日 令和1年8月9日 (2019. 8. 9)	
(51) Int. Cl. A 6 1 B 1/06 (2006.01) G 0 2 B 23/24 (2006.01)	F I A 6 1 B 1/06 6 1 2 A 6 1 B 1/06 6 1 1 G 0 2 B 23/24 B	
請求項の数 16 (全 22 頁)		
(21) 出願番号 特願2017-529245 (P2017-529245)	(73) 特許権者 000000376 オリンパス株式会社 東京都八王子市石川町2 9 5 1 番地	
(86) (22) 出願日 平成27年7月23日 (2015. 7. 23)	(74) 代理人 100108855 弁理士 蔵田 昌俊	
(86) 国際出願番号 PCT/JP2015/070920	(74) 代理人 100103034 弁理士 野河 信久	
(87) 国際公開番号 W02017/013780	(74) 代理人 100153051 弁理士 河野 直樹	
(87) 国際公開日 平成29年1月26日 (2017. 1. 26)	(74) 代理人 100179062 弁理士 井上 正	
審査請求日 平成30年1月16日 (2018. 1. 16)	(74) 代理人 100189913 弁理士 鶴飼 健	
	(74) 代理人 100195655 弁理士 飯野 茂	
		最終頁に続く
(54) 【発明の名称】 撮像システム及び内視鏡システム		