

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3958603号
(P3958603)

(45) 発行日 平成19年8月15日(2007.8.15)

(24) 登録日 平成19年5月18日(2007.5.18)

(51) Int.Cl.	F I
A 6 1 B 1/04 (2006.01)	A 6 1 B 1/04 3 7 2
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 0 0 Y
G 0 2 B 13/00 (2006.01)	G 0 2 B 13/00
G 0 2 B 23/24 (2006.01)	G 0 2 B 23/24 B
G 0 2 B 23/26 (2006.01)	G 0 2 B 23/26 C
請求項の数 4 (全 23 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2002-45354 (P2002-45354)	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成14年2月21日(2002.2.21)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開2003-235794 (P2003-235794A)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(43) 公開日	平成15年8月26日(2003.8.26)	(74) 代理人	100076233
審査請求日	平成16年12月9日(2004.12.9)		弁理士 伊藤 進
		(72) 発明者	桑井 一裕
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス光学工業株式会社内
		(72) 発明者	菅 武志
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス光学工業株式会社内
		(72) 発明者	石井 広
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス光学工業株式会社内
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 電子内視鏡システム及び電子内視鏡システム用の信号処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対物光学系の光学像を固体撮像素子にて撮像する複数種の内視鏡と、前記固体撮像素子からの信号をモニタに表示可能な映像信号に変換する信号処理装置とを、組み合わせて接続使用される電子内視鏡システムにおいて、

少なくとも1つの前記内視鏡の対物光学系は、光位相変調マスクを有し、

前記光位相変調マスクは、物体距離に応じた光学的伝達関数の変化が、前記光位相変調マスクを持たない対物光学系よりも小さくなるように作用するよう配置され、

前記信号処理装置は、前記光位相変調マスクにより変更された光学的伝達関数に対し、光学的伝達関数復元処理を施す復元処理手段と、前記信号に対して前記光学的伝達関数復元処理を施すか否かを切り換える切換手段とを有することを特徴とした電子内視鏡システム。

10

【請求項2】

前記切換手段の切り換えは、ユーザインターフェースを介して行われる切換操作によって行われることを特徴とする請求項1に記載の電子内視鏡システム。

【請求項3】

さらに、前記物体距離を判断する物体距離判断手段を有し、

前記切換手段は、前記復元処理手段が、前記物体距離判断手段により判断された前記物体距離に応じた前記光学的伝達関数復元処理を施すように切り換えられることを特徴とする請求項1に記載の電子内視鏡システム。

20

【請求項 4】

対物光学系の光学像を固体撮像素子にて撮像する複数種の内視鏡が接続可能であって、前記固体撮像素子からの信号をモニタに表示可能な映像信号に変換する電子内視鏡システム用の信号処理装置であって、

前記対物光学系に設けられた光位相変調マスクが、物体距離に応じた光学的伝達関数の変化が前記光位相変調マスクを持たない対物光学系よりも小さくなるように作用するように、配置された前記内視鏡が接続された場合に、前記光位相変調マスクにより変更された光学的伝達関数に対し、光学的伝達関数復元処理を施す復元処理手段と、

前記信号に対して前記光学的伝達関数復元処理を施すか否かを切り換える切換手段と、を有する電子内視鏡システム用の信号処理装置。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子内視鏡システムに関し、特に、仕様や用途の異なる複数種の内視鏡を接続し、被写体の画像をモニタで観察するための電子内視鏡システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

内視鏡は、周知の通り、直接目視できない生体内等を観察することができ、医療分野を中心に診断、治療に広く使用されている。そして、近年、被写体像をCCD等の固体撮像素子によって電気信号に変換し、モニタにて観察可能とした電子内視鏡が普及している。

20

【0003】

このような内視鏡は、観察する部位に応じて種々の内視鏡が用いられる。内視鏡は、光源装置や信号処理回路を含むカメラコントローラ（信号処理装置）等に接続されて使用される。また、信号処理回路には、画質向上や被写体の強調を目的とした画像処理回路が搭載されており、コントラスト改善のために、例えば、次に示すような、対称な2次元デジタルフィルタが用いられている。この次に示すマトリックスは、中心画素とその周囲の画素の値に対する係数を決定するものである。

【0004】

```
- 1   - 5   - 1
- 5   25   - 5
- 1   - 5   - 1
```

30

一方、内視鏡光学系には、光学系の簡易さ、操作性の良さから、固定焦点光学系が一般的に用いられ、その観察部位に応じて必要な被写界深度が得られるように設計されている。しかし、固定焦点光学系で被写界深度を広くすると光学系のFナンバーを大きくする必要があり、明るさが低下するといった問題が生じる。さらに、光の回折限界の理由から被写界深度の拡大には限界がある。

これに対し、光学系の被写界深度を拡大する手法は、例えば、米国特許5,748,371号や「Edward R. Dowski, Jr., W. Thomas Cathey, "Extended depth of field through wave-front coding", Appl. Opt. Vol. 34, 1859-1866 (1995)」等が開示されている。図17は、従来例による拡大被写界深度光学系の構成を概略的に示す図である。

40

【0005】

この手法による装置は、図17に示されるように、CCD等の撮像手段104と、物体101の像を撮像手段104の受光面に結像させるレンズ系103である光学系の瞳位置に配置されたキュービック位相変調マスク102と、撮像手段104からの画像データに基づいて画像を構築する画像処理装置105とを有している。

【0006】

キュービック位相変調マスク102は、一方の面は平面で、他方の面は図18に示されるように $Z = A(X^3 + Y^3)$ で表される形状をなしている。図18は、このキュービック位

50

相変調マスクの外観形状を説明するための図である。Aは、任意の係数である。すなわち、一方の面は、XY平面上の平面であり、他方の面は、XY平面に直交するZ軸方向に上記の式を満たす三次元曲面である。図18は、X及びYが-1から+1の範囲における三次元曲面の状態を説明するための図である。従って、三次元曲面形状は、係数Aに応じて変化する。

【0007】

キュービック位相変調マスク102は、これを通過する光の位相に $P(X, Y) = e \times p(j(X^3 + Y^3))$ のずれを与える。ここで、係数は、20よりも十分に大きな値が好ましく、これにより光学的伝達関数(以下、OTFともいう。)のレスポンスは0.2以下となり、回転非対称な収差(ボケ)による点像の大きさは、撮像手段104の画素に

10

【0008】

このようなキュービック位相変調マスク102を持たない通常の光学系の場合、物体101が合焦位置からずれるに従って光学的伝達関数のレスポンスの様子は、図19から図20へ変化し、物体101がさらにずれると図20から図21へと変化する。

【0009】

図19は通常の光学系において物体が焦点位置にあるときの光学的伝達関数(OTF)のレスポンスを示すグラフである。図20は通常の光学系において物体が焦点位置から外れたときの光学的伝達関数(OTF)のレスポンスを示すグラフである。図21は通常の光学系において物体が焦点位置から図20のときよりも更に外れたときの光学的伝達関数(OTF)のレスポンスを示すグラフである。

20

【0010】

これに対してキュービック位相変調マスク102を持つ拡大被写界深度光学系の場合、同じずれに対するOTFのレスポンスはそれぞれ図22～図24に示されるようになり、合焦位置においてもOTFのレスポンスに低下が見られるが、合焦位置からのずれに対する変化は少ない。

【0011】

図22は拡大被写界深度光学系において物体が焦点位置にあるときの光学的伝達関数(OTF)のレスポンスを示すグラフである。図23は拡大被写界深度光学系において物体が焦点位置から外れたときの光学的伝達関数(OTF)の強度分布を示すグラフである。図24は拡大被写界深度光学系において物体が焦点位置から図23のときよりも更に外れたときの光学的伝達関数(OTF)のレスポンスを示すグラフである。

30

【0012】

この光学系によって結像された画像は、画像処理装置105によって、図25に示されるキュービック位相変調マスク102のOTF特性の逆フィルタによる処理が行われることによって、図22～図24に示されるOTFに対してそれぞれ図26～図28に示されるOTFのレスポンスが得られる。

【0013】

図25は拡大被写界深度光学系において光学的伝達関数(OTF)のレスポンスに対して行なわれる処理の逆フィルタの特性を示すグラフである。図26は図22の光学的伝達関数(OTF)のレスポンスに対して図25の特性を持つ逆フィルタによる処理を行なって得られる光学的伝達関数(OTF)のレスポンスを示すグラフである。図27は図23の光学的伝達関数(OTF)のレスポンスに対して図25の特性を持つ逆フィルタによる処理を行なって得られる光学的伝達関数(OTF)のレスポンスを示すグラフである。図28は図24の光学的伝達関数(OTF)のレスポンスに対して図25の特性を持つ逆フィルタによる処理を行なって得られる光学的伝達関数(OTF)のレスポンスを示すグラフである。

40

【0014】

図25～図28に示されるOTFのレスポンスは、いずれも、通常の光学系の合焦時のOTFのレスポンスに近い形を有している。その逆フィルタとして、例えば次に示すような

50

非対称な２次元デジタルフィルタが用いられる。次に示すマトリックスは、中心画素とその周囲の画素の値に対する係数を決定するものである。

【 0 0 1 5 】

4 0 0	− 3 0 0	− 4 0	− 2 0	− 2 0
− 3 0 0	2 2 5	3 0	1 5	1 5
− 4 0	3 0	4	2	2
− 2 0	1 5	2	1	1
− 2 0	1 5	2	1	1

10

次に、実際の画像で説明する。通常の光学系では、物体の焦点位置からずれるにつれて、焦点ずれによるボケが生じてくる。

【 0 0 1 6 】

これに対して、拡大被写界深度光学系を用いた場合、焦点位置をずらしたときの画像処理前の画像はボケてはいるが、焦点位置をずらしたそれぞれの画像においてボケ方が変化しない。そして、これらの画像に対し、前述の逆フィルタ（図 2 5）による画像処理を行うと、通常の光学系の焦点ずれがしていない画像と同等の画像が得られ、被写界深度が拡大できる。

【 0 0 1 7 】

20

さらに、これを内視鏡に応用したものが、特開 2 0 0 0 - 5 1 2 7 号公報の明細書に開示されている。開示された内視鏡システムは、図 2 9 に示すように、複数種の内視鏡を接続し、被写体の画像をモニタ 1 1 6 で観察するための内視鏡システムである。

【 0 0 1 8 】

この内視鏡システムは、図 2 9 に示すように、固体撮像素子 1 1 4 と、その固体撮像素子 1 1 4 の受光面上に被写体の像を結像する対物光学系 1 1 2 とを有する内視鏡 1 1 1 と、内視鏡 1 1 1 で得られた画像信号を処理して映像信号を出力するカメラコントローラ（信号処理装置） 1 1 7 と、観察用の照明光を発生する光源装置 1 1 8 と、カメラコントローラ 1 1 7 からの映像信号を表示するモニタ 1 1 6 とを備えている。

【 0 0 1 9 】

30

複数種の内視鏡の内、少なくとも 1 つの内視鏡 1 1 1 は、光学系 1 1 2 の中にキュービック位相変調マスク等のような光位相変調マスク 1 1 3 を有する。さらに、内視鏡 1 1 1 は、撮像装置 1 1 4 の出力側に内視鏡の光位相変調マスク 1 1 3 に対応した光学的伝達関数復元手段 1 1 5 を備えている。

【 0 0 2 0 】

また、カメラコントローラ 1 1 7 は、図 3 0 に示すように、接続された内視鏡 1 1 1 からの画像信号をデジタル信号に変換する A / D 変換部 1 2 1 と、前記デジタル信号を映像信号に変換する信号変換部 1 2 2 と、信号変換部 1 2 2 からの映像信号を信号処理する画像処理回路 1 2 3 と、前記画像処理回路 1 2 3 で信号処理された映像信号をモニタ 4 で表示可能なアナログ信号に変換する D / A 変換部 1 2 4 とで構成されている。

40

【 0 0 2 1 】

光学的伝達関数復元手段 1 1 5 は、光学系 1 1 2 内の光位相変調マスク 1 1 3 の逆フィルタに相当する復元手段を含んでいる必要がある。光学的伝達関数復元手段 1 1 5 は、図 2 9 に示されるように内視鏡 1 1 1 内部に設けられても良いし、内視鏡 1 1 1 が接続されかつモニタ 1 1 6 に映像を表示するカメラコントローラ（信号処理装置） 1 1 7 内に設けられても良い。これによれば、光位相変調マスク 1 1 3 の種類や有無に関わらず、様々な内視鏡を接続しても、被写界深度の拡大や、高解像の画像を生成することができる。

【 0 0 2 2 】

【発明が解決しようとする課題】

米国特許 5 , 7 4 8 , 3 7 1 号や、特開 2 0 0 0 - 5 1 2 7 等 に示されるように、光学

50

系に光位相変調マスク 1 1 3 を用いて、被写界深度を拡大する技術を内視鏡に適用する場合、光位相変調マスク 1 1 3 による光学的伝達関数の悪化を復元し、高解像の画像を得るための光学的伝達関数復元手段 1 1 5 が必要になるため、光位相変調マスク 1 1 3 に一対一に応じた復元手段が、カメラコントローラ（信号処理装置） 1 1 7 内の画像処理回路、もしくは内視鏡 1 1 1 内部に搭載されている必要がある。

【 0 0 2 3 】

しかしながら、現状の一般的な内視鏡システムにおけるカメラコントローラ内の画像処理回路においては、撮像光学系を介して得られた画像の光学的伝達関数のレスポンスに対し、特定の周波数帯域を強調することによって画像の見えを調整する画像処理回路は搭載されているものの、例えば被写界深度拡大を目的とした、内視鏡光学系内に搭載した光位相変調マスクに応じた復元手段は有していないため、前記内視鏡光学系内に光位相変調マスクを有する内視鏡を接続すると、解像した画像を得ることができず、互換性を確保できない。

10

【 0 0 2 4 】

また、互換性を確保するために、内視鏡内部に光学的伝達関数復元手段を設ける場合、画像信号をデジタル信号に変換する A / D 変換部と、デジタル信号化された画像信号を映像信号に変換する信号変換部と、光学的伝達関数復元のための画像処理部と、再び映像信号から画像信号に信号変換するための信号変換部、D / A 変換部が内視鏡内部に必要となるが、前記回路は複雑であり回路規模も大きくなるため、内視鏡本体の肥大化を招き、操作性が悪くなるという欠点が生じる。

20

【 0 0 2 5 】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、内視鏡光学系に配置した光位相変調マスクに応じた復元処理手段が搭載されていない信号処理装置に、光位相変調マスクを有した内視鏡を接続しても、被写界深度の拡大、ならびに高解像の画像を生成でき、かつ、光位相変調マスクに応じた復元処理手段が搭載されている信号処理装置に、前記光位相変調マスクを有した内視鏡を接続した場合は被写界深度の更なる拡大、ならびに更なる高解像の画像を生成できる内視鏡システムを提供することを目的としている。

【 0 0 2 6 】

【課題を解決するための手段】

本発明の電子内視鏡システムは、対物光学系の光学像を固体撮像素子にて撮像する複数種の内視鏡と、前記固体撮像素子からの信号をモニタに表示可能な映像信号に変換する信号処理装置とを、組み合わせて接続使用される電子内視鏡システムにおいて、少なくとも 1 つの前記内視鏡の対物光学系は、光位相変調マスクを有し、前記光位相変調マスクは、物体距離に応じた光学的伝達関数の変化が、前記光位相変調マスクを持たない対物光学系よりも小さくなるように作用するように配置され、前記信号処理装置は、前記光位相変調マスクにより変更された光学的伝達関数に対し、光学的伝達関数復元処理を施す復元処理手段と、前記信号に対して前記光学的伝達関数復元処理を施すか否かを切り換える切換手段とを有する。

30

【 0 0 2 7 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態について述べる。

40

【 0 0 2 8 】

第 1 の実施の形態：

図 1 ないし図 1 5 は本発明の第 1 の実施の形態に係わり、図 1 は内視鏡システムの概略の構成を示す構成図、図 2 は図 1 の光位相変調マスクを含む撮像ユニットの構成を説明するための図、図 3 は図 2 の明るさ絞りを配置した瞳変調素子の構造を説明するための概略説明図、図 4 は図 1 のカメラコントローラ（信号処理装置）の構成を示すブロック図、図 5 は図 2 の瞳変調素子を含む撮像ユニットの物体距離 7 1 m m のときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図、図 6 は図 2 の瞳変調素子を含む撮像ユニットの物体距離 1 3 . 5 m m のときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図、

50

図 7 は図 2 の瞳変調素子を含む撮像ユニットの物体距離 7 . 2 mm のときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図、図 8 は図 2 の瞳変調素子を含む撮像ユニットの物体距離 4 mm のときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図、図 9 は図 2 の瞳変調素子を含む撮像ユニットの物体距離 3 mm のときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図、図 10 は図 2 の瞳変調素子を含む撮像ユニットの各物体距離の光学的伝達関数のレスポンスのシミュレーション結果を説明するための図、図 11 は通常の光学系における図 2 の撮像ユニットの物体距離 7 . 1 mm のときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図、図 12 は通常の光学系における図 2 の撮像ユニットの物体距離 13 . 5 mm のときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図、図 13 は通常の光学系における図 2 の撮像ユニットの物体距離 7 . 2 mm のときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図、図 14 は通常の光学系における図 2 の撮像ユニットの物体距離 4 mm のときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図、図 15 は通常の光学系における図 2 の撮像ユニットの各物体距離についての光学的伝達関数のレスポンスのシミュレーション結果を説明するための図である。

10

【 0 0 2 9 】

(構成)

図 1 に示すように、固体撮像素子 5 と、その固体撮像素子 5 上の被写体の像を結像する対物光学系 6 とを有する内視鏡 1 と、内視鏡 1 で得られた画像信号を処理して映像信号を出力するカメラコントローラ (信号処理装置) 2 と、観察用の照明光を発生する光源装置 3 と、カメラコントローラ 2 からの映像信号を表示するモニタ 4 とを備えている。そして、本実施の形態の内視鏡システムでは、複数の種類の内視鏡 1 を接続することができるようになっており、複数の種類の内視鏡 1 のうち、少なくとも 1 つの内視鏡 1 は、その対物光学系 6 内に、回転非対称な表面形状を有する光学素子である光位相変調マスク 7 が設けられている。

20

【 0 0 3 0 】

図 2 に示すように、内視鏡 1 の撮像ユニット 20 は、固体撮像素子 5 と固体撮像素子 5 に被写体像を結像する対物光学系 6 により構成される。

【 0 0 3 1 】

図 3 (a) は、光が入射する方向から見たときの瞳変調素子 7 a と明るさ絞り 8 の外観を示す図である。入射光に垂直な X Y 平面に平行に明るさ絞り 8 が設けられ、明るさ絞り 8 の開口部を通して入射した光が瞳変調素子 7 a に入射する。また、図 3 (b) に示すように、光が入射する方向から見て明るさ絞り 8 の背面の位置に、光位相変調マスク 7 として、瞳変調素子 7 a が配置されている。

30

本実施の形態で用いられる固体撮像素子 5 は、例えば、画素ピッチが 7 μ m のものが用いられる。

また、光位相変調マスク 7 として用いた瞳変調素子 7 a は、例えば屈折率 1 . 523 の光学的に透明なガラスで形成されており、広い被写界深度にわたって光学的伝達関数がほぼ一定となる変換手段である。さらに該瞳変調素子 7 a は、図 3 (b) に示すように、対物光学系 6 の光軸を Z 軸とし、Z 軸と直交する面内に X、Y 軸としたときに、 $Z = A (X^3 + Y^3)$ の形状をした自由曲面を有していて、本実施の形態では $A = 0 . 051$ とする。

40

【 0 0 3 2 】

図 2 に示される前記撮像ユニット 20 のレンズデータを表 1 に示す。この光学系の焦点距離は 1 . 61 mm、F ナンバーは 8 . 722 であり、明るさ絞り 8 は第 6 面に、瞳変調素子 7 a の自由曲面部は第 7 面に相当する。

【 0 0 3 3 】

【 表 1 】

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
1	∞	0.460000	1.833	40.78
2	1.00900	0.570000		
3	∞	0.180000		
4	5.90800	2.120000	1.773	49.60
5	-2.00000	0.100000		
6	∞ (絞り)	0.020000		
7	∞	0.400000	1.523	59.89
8	∞	0.610000		
9	∞	0.620000	1.514	75.00
10	∞	0.160000		
11	5.77200	1.300000	1.697	55.53
12	-1.44400	0.280000	1.847	23.78
13	-5.02000	0.100000		
14	∞	0.400000	1.523	59.89
15	∞	0.820000		
16	∞	0.000000		
17	∞	1.000000	1.516	64.15
18	∞	1.250000	1.523	59.89
19	∞	0.001549		
20	∞	0.000000		

図3(a)に示すように、明るさ絞り8は、正方形の開孔形状を有し、その形状は一辺0.408mmである。また、瞳変調素子7aのX軸と、明るさ絞り8の正方形開孔の一辺は平行となるよう配置されている。

【0034】

さらに、前記瞳変調素子7aのX軸は、固体撮像素子5の画素配列の水平（走査）方向（モニタ上の水平方向）と平行で、かつ、Y軸は固体撮像素子5の画素配列の垂直（走査方向に直交）方向（モニタ上の垂直方向）と平行になるよう、光軸（Z軸）を中心とした回転方向に位置決めされている。

【0035】

カメラコントローラ2は、図4に示すように、接続された内視鏡1からの画像信号をデジタル信号に変換するA/D変換部9と、前記デジタル信号を映像信号に変換する信号変換部10と、前記映像信号をモニタ4で表示可能なアナログ信号に変換するD/A変換部11と、被写界深度外処理回路12とで構成されている。

【0036】

上記被写界深度外処理回路12は、図示しないユーザインターフェースからの操作信号に応じ、前記映像信号に画像処理を施すかどうかを判断する制御回路25と、制御回路25の判断に応じ、映像信号の切り換えを行う切換器26と、前記切換器26からの映像信号に対し、前記瞳変調素子7aに対応した処理を行う画像処理回路27とで構成される。

【0037】

画像処理回路27は映像信号に対しフィルタ処理を行う回路であり、例えば物体距離3mmから4mm間での瞳変調素子7aを含む対物光学系6による光学的伝達関数のレスポンス、ならびに瞳変調素子7aによって発生する非対称な収差（ボケ）を復元する画像処理を行うものである。

【0038】

ここで、光学的伝達関数のレスポンスならびに非対称な収差を復元するフィルタ処理は、使用する対物光学系6と瞳変調素子7aによる光学的伝達関数をシミュレーションにより算出し、その結果に基づいて作成すればよい。光学的伝達関数のレスポンスを復元する手段としては、例えばデジタル回路を用いる場合、瞳変調素子7aに対応した非対称なデジ

10

20

30

40

50

タルフィルタが用いられる。

【 0 0 3 9 】

(作用)

上述した形状の瞳変調素子 7 a は、波長 5 8 7 . 5 6 n m の平行光に対し、 $\exp\{i \times 2 \cdot 4 1 4 (X^3 + Y^3) / 0 \cdot 2 0 4^3\}$ の位相変調を行う。

【 0 0 4 0 】

まず、被写界深度外処理回路を持たない図 3 0 に示した従来のカメラコントローラ 1 1 7 や、カメラコントローラ 2 内に搭載された被写界深度外処理回路 1 2 にて画像処理回路 2 7 による画像処理を施さない場合について説明する。

【 0 0 4 1 】

観察する被写体は、前記瞳変調素子 7 a を含む対物光学系を通して、前記画素ピッチ 7 μ m の固体撮像素子 5 上の受光面に結像し、固体撮像素子 5 によって電気信号 (画像信号) に変換される。前記電気信号はカメラコントローラ 2 (あるいは 1 1 7) 内の A / D 変換器 9 にてデジタル信号に変換され、信号変換部 1 0 にて映像信号に変換される。前記映像信号は D / A 変換器 1 1 によってモニタ 4 に表示可能なアナログ信号に変換され、モニタ 4 に被写体が映し出される。

【 0 0 4 2 】

前記撮像ユニット 2 0 に対し、物体距離 1 3 . 5 m m の位置での固体撮像素子 5 の受光面上での点像強度分布関数 (PSF) の面積がもっとも小さくなるようにピント調整を行った。このときの、物体距離を 7 1 m m 、 1 3 . 5 m m 、 7 . 2 m m 、 4 m m 、 3 m m としたときの固体撮像素子 5 の受光面上での点像、および各物体距離での光軸上の光学的伝達関数のレスポンスについて、光学シミュレーションソフト Code-V (商品名) を用いて計算をおこなった。

【 0 0 4 3 】

この結果、各物体距離における固体撮像素子受光面上での点像の面積は、それぞれ 1 辺を 2 2 μ m 、 1 4 μ m 、 2 0 μ m 、 3 1 μ m 、 5 0 μ m とした正方形の領域内の大きさの点像として得られた。前記点像について固体撮像素子受光面を X Y 平面とし、各画素における光の強度 (パーセント) を Z 軸とした結果を図 5 ないし図 9 に示す。また、各物体距離での光軸上の光学的伝達関数のレスポンスの計算結果を図 1 0 に示す。

【 0 0 4 4 】

図 5 は、第 1 の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの物体距離 7 1 m m の時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図 6 は、第 1 の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの物体距離 1 3 . 5 m m の時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図 7 は、第 1 の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの物体距離 7 . 2 m m の時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図 8 は、第 1 の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの物体距離 4 m m の時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図 9 は、第 1 の実施の形態を示す瞳変調素子を含む撮像ユニットでの物体距離 3 m m の時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図 1 0 は、これらの各物体距離での光軸上の光学的伝達関数のレスポンスの計算結果を説明するための図である。

【 0 0 4 5 】

図 5 ~ 図 9 において、X Y 平面は固体撮像素子受光面に相当し、Z 軸は光の強度 (パーセント) である。ここで、X 軸は、1、2、3、... の画素番号を示し、Y 軸は、1、2、3、... で画素番号を示す。なお、X Y Z 軸は、図 1 1 ~ 図 1 4 においても同様の意味である。

【 0 0 4 6 】

図 1 0 においては、A は物体距離 7 1 m m 、B は物体距離 1 3 . 5 m m 、C は物体距離 7 . 2 m m 、D は物体距離 4 m m 、E は物体距離 3 m m の時の、それぞれの光学的伝達関数のレスポンスである。なお、図 1 5 においても同様である。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 7 】

物体距離が 1 3 . 5 mm の場合の点像は、1 辺が 1 4 μ m の正方領域、つまり画素ピッチ 7 μ m の固体撮像素子 5 の一辺が 2 画素分、面積にして 4 画素分に相当する、図 6 に示される光の強度分布を持つ点像として得られる。また、物体距離が 7 1 mm、7 . 2 mm、4 mm、3 mm の場合の点像は、それぞれ 1 辺が 2 2 μ m、2 0 μ m、3 1 μ m、5 0 μ m、つまり、一辺が 3 . 1 画素分、2 . 9 画素分、4 . 4 画素分、7 . 1 画素分に相当する正方領域に、図 5、7 ~ 9 に示される光の強度分布を持つ点像として得られる。

【 0 0 4 8 】

さらに、画素ピッチ 7 μ m の固体撮像素子 5 では、ナイキスト周波数は 7 1 ラインペア / mm となるが、図 1 0 に示したように、物体距離が 4 mm の位置におけるナイキスト周波数での光学的伝達関数のレスポンスが 0 . 2 以上であり、解像していることがわかる。また、物体距離が 3 mm の位置では、ナイキスト周波数での光学的伝達関数のレスポンスが 0 . 2 以下であるため解像しないことがわかる。

10

【 0 0 4 9 】

比較例として、図 2 の撮像ユニット 2 0 で瞳変調素子 7 a の代わりに同材質の平行平板を用いた通常の光学系の場合について説明する。前記通常の光学系のレンズデータは表 1 の第 7 面の形状を自由曲面から平面に変更したものである。前記の瞳変調素子 7 a が配置された撮像ユニット 2 0 の場合と同様に、物体距離 1 3 . 5 mm の位置での固体撮像素子 5 の受光面上での点像強度分布関数 (PSF) の面積がもっとも小さくなるようにピント調整を行った。このときの物体距離を 7 1 mm、1 3 . 5 mm、7 . 2 mm、4 mm としたときの固体撮像素子 5 の受光面上での点像、および各物体距離での光軸上の光学的伝達関数のレスポンスについて、光学シミュレーションソフト Code-V (商品名) を用いて計算をおこなった。

20

【 0 0 5 0 】

この結果、各物体距離における固体撮像素子受光面上での点像の面積は、それぞれ 1 辺を 1 6 μ m、1 μ m、1 4 μ m、3 6 μ m とした正方形の領域内の大きさの点像として得られた。前記点像について固体撮像素子受光面を X Y 平面とし、各画素における光の強度 (パーセント) を Z 軸とした結果を図 1 1 ないし図 1 4 に示す。また、各物体距離での光軸上の光学的伝達関数のレスポンスを図 1 5 に示す。

【 0 0 5 1 】

図 1 1 は、通常対物光学系における撮像ユニットでの物体距離 7 1 mm の時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図 1 2 は、通常対物光学系における撮像ユニットでの物体距離 1 3 . 5 mm の時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図 1 3 は、通常対物光学系における撮像ユニットでの物体距離 7 . 2 mm の時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図 1 4 は、通常対物光学系における撮像ユニットでの物体距離 4 mm の時に得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図である。図 1 5 において、A は物体距離 7 1 mm、B は物体距離 1 3 . 5 mm、C は物体距離 7 . 2 mm、D は物体距離 4 mm の時の光学的伝達関数のレスポンスである。

30

【 0 0 5 2 】

物体距離が 1 3 . 5 mm の場合の点像は、1 辺が 1 μ m の正方領域、つまり画素ピッチ 7 μ m の固体撮像素子の 1 辺が 1 画素分、面積にして 1 画素分に相当する、図 1 2 に示される光の強度分布を持つ点像として得られる。また、物体距離が 7 1 mm、7 . 2 mm、4 mm の場合の点像は、それぞれ 1 辺が 1 6 μ m、1 4 μ m、3 6 μ m、つまり、一辺が 2 . 3 画素分、2 画素分、5 . 1 画素分に相当する正方領域に、図 1 1、1 3、1 4 に示される光の強度分布を持つ点像として得られる。

40

【 0 0 5 3 】

さらに、図 1 5 に示したように、ナイキスト周波数での光学的伝達関数のレスポンスが 0 . 2 以上となるのは物体距離が 7 . 2 mm 以上 7 1 mm 未満のときであることがわかる。

【 0 0 5 4 】

50

次に、瞳変調素子 7 a を含む内視鏡 1 を、被写界深度外処理回路 1 2 を有するカメラコントローラ 2 に接続し、さらに被写界深度を拡大する場合について説明する。

【 0 0 5 5 】

被写体までの物体距離が 4 mm 未満となって解像しなくなった際に内視鏡操作者により、例えばプッシュスイッチやフットスイッチ等の図示しないユーザインターフェースを介し切換操作が行われた場合、被写界深度外処理回路 1 2 内の制御回路 2 5 からの制御信号に伴い切換器 2 6 は映像信号を画像処理回路 2 7 に接続するよう働く。物体距離 3 mm から 4 mm 開での瞳変調素子 7 a を含む対物光学系 6 による光学的伝達関数のレスポンス、ならびに瞳変調素子 7 a によって発生する非対称な収差（ボケ）を復元するよう構成された画像処理回路 2 7 は、前記解像しなくなった映像信号に対して光学的伝達関数のレスポンスを 0 . 2 以上で、かつ非対称な収差を低減するよう働く。前記復元された映像信号は、D / A 変換器 1 1 を通じてモニタ 4 にて解像した画像として表示される。

10

【 0 0 5 6 】

（効果）

前述したように、瞳変調素子 7 a を含まない通常の内視鏡 1 1 1（図 3 0 参照）を従来のカメラコントローラ 1 1 7（図 3 0 参照）に接続した場合、物体距離 7 . 2 mm より近接すると、ナイキスト周波数における光学的伝達関数のレスポンスが 0 . 2 より下回るため解像しない。

【 0 0 5 7 】

これに対し、本実施の形態における瞳変調素子 7 a を含む内視鏡 1 を従来のカメラコントローラ 1 1 7（図 3 0 参照）に接続した場合、物体距離 4 mm でもナイキスト周波数における光学的伝達関数のレスポンスが 0 . 2 を上回っているため、解像することがわかる。

20

【 0 0 5 8 】

さらに、前記瞳変調素子 7 a による位相変調量は 2 . 4 1 4 と十分小さな値に設定されているため、前記光学的伝達関数のレスポンスが 0 . 2 以上となる被写界深度内において瞳変調素子 7 a によって発生する非対称な収差（ボケ）は最大でも数画素程度となり非対称な収差はモニタ 4 上で認識できないレベルとなる。このことから、特別な画像処理回路を必要としなくとも、被写界深度が拡大されていることがわかる。

【 0 0 5 9 】

さらに、本実施の形態における瞳変調素子 7 a を含む内視鏡 1 を、被写界深度外処理回路 1 2 を有するカメラコントローラ 2 に接続した場合、画像処理回路 2 7 によって物体距離 4 mm 未満での光学的伝達関数のレスポンスを復元することが可能となるので、物体距離 4 mm 未満でも解像し、かつ非対称な収差（ボケ）の小さい画像を得ることが可能となる。これにより、さらなる被写界深度の拡大、画質の向上を実現することが可能となる。

30

【 0 0 6 0 】

ここで、本実施の形態では固体撮像素子の画素ピッチを 7 μ m のものとしたが、これに限ったものではなく、固体撮像素子受光面上での点像の面積がもっとも小さくなるピント位置における点像の大きさが、一边を画素ピッチの 2 画素分、面積にして 4 画素分となるように明るさ絞り 8 の開口寸法、および瞳変調素子 7 a の形状を調整することで、同様の被写界深度の拡大が可能となる。

40

【 0 0 6 1 】

また、本実施の形態では固体撮像素子受光面上の点像の面積がもっとも小さくなるピント位置における点像の大きさを、一边が固体撮像素子の画素ピッチの 2 画素分、面積にして 4 画素分となるように調整したか、点像の大きさを、一边が画素ピッチの 6 画素分、面積にして 3 6 画素分となるようにした場合、瞳変調素子の変調係数は 7 . 2 4 3 で、物体距離 4 mm における光学的伝達関数のレスポンスが 0 . 2 以上となり、かつ物体距離 4 mm における点像の大きさも一边が 8 画素程度であるために、同様の被写界深度の拡大が可能となる。

【 0 0 6 2 】

本実施の形態では瞳変調素子 7 a にガラス材料を用いているが、樹脂材料を用いても良い

50

。また、本実施の形態では瞳変調素子 7 a は光学的に透明なガラスが用いられているが、特定の波長のみ透過する光学フィルタ材料を用いても良い。

【 0 0 6 3 】

また、本実施の形態での瞳変調素子 7 a の形状は X 軸方向、Y 軸方向の光学的伝達関数の変換量を同一としているが、X 軸方向、Y 軸方向で変換量が異なる構成にしても良い。例えば、明るさ絞り 8 の開口形状を長方形に設定しても良いし、瞳変調素子 7 a の自由曲面の形状を X 軸方向、Y 軸方向で異なる係数を使用しても良い。

【 0 0 6 4 】

また、前記明るさ絞り 8 は円形としても同様の効果が得られる。この場合は、明るさ絞り 8 と瞳変調素子 7 a との光軸に対する回転方向調整が必要なくなるという効果がある。また、明るさ絞り 8 は瞳変調素子 7 a と別体でなくとも良く、瞳変調素子 7 a に蒸着等により直接形成されていても良い。

10

【 0 0 6 5 】

第 2 の実施の形態：

図 1 6 は本発明の第 2 の実施の形態に係るカメラコントローラ（信号処理装置）の構成を示すブロック図である。

【 0 0 6 6 】

（構成）

第 2 の実施の形態は、第 1 の実施の形態とほとんど同じであるので、異なる点のみ説明し、同一の構成には同じ符号をつけ説明は省略する。

20

【 0 0 6 7 】

本実施の形態は、基本的な構成は第 1 の実施の形態と同じであり、カメラコントローラ内の信号処理回路が異なる。以下、相違点に重点をおいて説明する。

【 0 0 6 8 】

図 1 6 は第 2 の実施の形態におけるカメラコントローラの概略図を示している。

【 0 0 6 9 】

本実施の形態のカメラコントローラ 2 a は、図 1 6 に示すような構成であり、接続された内視鏡 1 からの画像信号をデジタル信号に変換する A / D 変換器 9 と、前記デジタル信号を映像信号に変換する信号変換部 1 0 と、前記映像信号をモニタ 4 で表示可能なアナログ信号に変換する D / A 変換器 1 1 と、被写体の明るさに応じて光源装置 3 の出射光量を制御する自動調光回路 3 1 と、被写界深度外処理回路 1 2 a とで構成されている。

30

【 0 0 7 0 】

被写界深度外処理回路 1 2 a は、自動調光回路 3 1 からの調光信号から物体までの距離を判断し、前記映像信号に画像処理を施すかどうかを判断する制御回路 2 5 と、制御回路 4 1 の判断に応じ、映像信号の切り換えを行う切換器 2 6 と、前記切換器 2 6 からの映像信号に対し、前記瞳変調素子 7 a に対応した処理を行う複数の画像処理回路を有する画像処理回路部 3 2 とで構成される。

【 0 0 7 1 】

画像処理回路部 3 2 は、映像信号に対しフィルタ処理を行う回路部であり、物体距離に応じた瞳変調素子 7 a を含む対物光学系 6 による光学的伝達関数のレスポンス、ならびに瞳変調素子 7 a によって発生する非対称な収差（ボケ）を復元する画像処理を行うものである。

40

【 0 0 7 2 】

例えば、本実施の形態においては、画像処理回路部 3 2 には、物体距離 3 mm から 4 mm 間を復元する画像処理回路 3 2 a、物体距離 2 mm から 3 mm 間を復元する画像処理回路 3 2 b、物体距離 7 1 mm 以上を復元する画像処理回路 3 2 c が用意されている。

【 0 0 7 3 】

ここで、光学的伝達関数のレスポンスならびに非対称な収差を復元するフィルタ処理は、使用する対物光学系 6 と瞳変調素子 7 a による各物体距離における光学的伝達関数をシミュレーションにより算出し、その結果に基づいて作成すればよい。

50

【 0 0 7 4 】

(作用)

瞳変調素子 7 a を含む内視鏡 1 を、被写界深度外処理回路 1 2 a を有するカメラコントローラ 2 a に接続し、被写界深度を拡大する場合について説明する。

【 0 0 7 5 】

信号変換部 1 0 は映像信号として輝度信号 Y と 2 つの色差信号 R - Y、B - Y を生成する。自動調光回路 3 1 は、前記輝度信号 Y と基準信号レベルとを比較し、輝度信号 Y の大小に応じて光源装置 3 の出射光量を制御する調光信号を発生する。

【 0 0 7 6 】

制御回路 2 5 は、前記調光信号をもとに物体距離を判断し、切換器 2 6 を制御して映像信号を物体距離に応じた画像処理回路部 3 2 の画像処理回路に接続するよう働く。 10

【 0 0 7 7 】

そして、映像信号は画像処理回路部 3 2 にて所望の復元処理が施され、解像した画像としてモニタ 4 に映し出される。

【 0 0 7 8 】

最初に、被写界深度よりも物体距離が遠い場合について詳しく説明する。物体距離が遠く照明光不足により輝度信号 Y のレベルが低下した場合、自動調光回路 3 1 は出射光量の増加を光源装置 3 へ指示する調光信号を発生する。この調光信号は、光源装置 3 に接続されるとともに制御回路 2 5 にも接続されており、制御回路 2 5 は物体距離が遠くなったことを判断して、切換器 2 6 により映像信号を物体距離 7 1 m m 以上を復元する画像処理回路部 3 2 の画像処理回路 3 2 c に接続する。 20

【 0 0 7 9 】

そして、物体距離が遠く、光学的伝達関数のレスポンスが低下した映像信号は、画像処理回路 3 2 c によって物体距離 7 1 m m 以上に対応した復元処理が施され、解像した映像に復元される。

【 0 0 8 0 】

次に、被写界深度よりも物体距離が近い場合について詳しく説明する。物体距離が近く、照明光が強すぎ輝度信号 Y が飽和するレベル付近まで上昇した場合、自動調光回路 3 1 は出射光量の減少を光源装置 3 へ指示する調光信号を発生する。この調光信号を受け、制御回路 2 5 は物体距離が近くなったことを判断し、切換器 2 6 によって映像信号を物体距離 3 m m から 4 m m を復元する画像処理回路 3 2 a に接続する。 30

【 0 0 8 1 】

そして、物体距離が近くなることで光学的伝達関数のレスポンスが低下し、モニタ 4 にて認識できる程度の非対称な収差 (ボケ) が拡大した映像信号は、画像処理回路 3 2 a によって物体距離 3 m m から 4 m m に対応した復元処理が施され、解像した映像に復元される。

【 0 0 8 2 】

さらに、物体距離が近づいた場合について詳しく説明する。物体距離がさらに近くなり、輝度信号 Y のレベルがさらに上昇した場合、自動調光回路 3 4 は出射光量の更なる減少を指示する明光信号を発生する。この調光信号を受け、制御回路 2 5 は物体距離がさらに近くなったと判断し、切換器 2 6 によって映像信号を物体距離 2 m m から 3 m m を復元する画像処理回路 3 2 b に接続する。 40

【 0 0 8 3 】

そして、物体距離 3 m m から 4 m m を復元する画像処理回路 3 2 a では復元できない光学的伝達関数のレスポンス低下、非対称な収差 (ボケ) の発生した映像信号に対し、画像処理回路 3 2 b は物体距離 2 m m から 3 m m に対応した復元処理を施し、解像した映像に復元する。

【 0 0 8 4 】

(効果)

前述したように、内視鏡システムに一般的に用意されている自動調光回路を利用した距離 50

検出手段と、距離に応じた復元処理を施すことによって、内視鏡操作者による操作を必要とせずに被写界深度を拡大することが可能となる。さらに、距離に応じた複数の復元処理を施すことができるため、さらなる画質の向上が可能となる。

【 0 0 8 5 】

なお、本実施の形態では物体距離の検知を自動調光信号を用いて行ったが、例えば赤外線や超音波等を照射する測距センサや三角測量方式を用いた測距センサを用いても良い。この場合、精度の良い測距が可能となり、最適な画像処理回路を確実に選択できるという効果がある。

【 0 0 8 6 】

また、映像信号の高周波域の出力が最大となるように前記画像処理回路を切り換えて、最適な画像処理回路を選択する手法を用いても良い。この場合、観察する画像が最適となるように画像処理回路が選択されるため、画質向上の効果が期待できる。

【 0 0 8 7 】

さらに、前記複数の測距手段を組み合わせることで、最適な画像処理回路を選択することが可能となる。

【 0 0 8 8 】

また、本実施の形態では画像処理回路を遠点側 1 種類、近点側 2 種類設けたが、これに限ったものではなく、物体距離に応じて複数の画像処理回路を設けても良い。この場合の画像処理回路も同様に、物体距離に応じた光学的伝達関数をシミュレーションにより算出し、その結果に基づいて作成すればよい。

【 0 0 8 9 】

さらに、本実施の形態では瞳変調素子を含む対物光学系 1 種類の画像処理回路について記載したが、複数種の瞳変調素子を含む対物光学系に対応した画像処理回路をカメラコントローラに設けておけば、複数種の内視鏡に対し、被写界深度の拡大、並びに画質の向上を実現することができる。この際、内視鏡に搭載されている瞳変調素子を含む対物光学系に応じた画像処理回路の選定のために、各内視鏡の種類を判別する判別手段が設けられていて、各内視鏡とカメラコントローラを接続する際に、最適な画像処理が選択できるようにしておくこともできる。

【 0 0 9 0 】

〔 付 記 〕

（付記項 1）対物光学系の光学像を固体撮像素子にて撮像する複数種の内視鏡と、前記固体撮像素子からの信号をモニタに表示可能な映像信号に変換する複数の信号処理装置とを、組み合わせて接続使用される電子内視鏡システムにおいて、

少なくとも 1 つの前記内視鏡の対物光学系は、光位相変調マスクを有し、

前記光位相変調マスクは、物体距離に応じた光学的伝達関数の変化が、前記光位相変調マスクを持たない対物光学系よりも小さくなるように作用するように配置され、

前記信号処理装置は、前記光位相変調マスクにより変更された光学的伝達関数に対し、物体距離に応じた複数の光学的伝達関数復元処理を施す復元処理手段を有する

ことを特徴とした電子内視鏡システム。

【 0 0 9 1 】

付記項 1 の電子内視鏡システムでは、光位相変調マスクを有する対物光学系は、光位相変調マスクを持たない場合の対物光学系の被写界深度よりも、物体距離に応じた光学的伝達関数の変化が小さくなるように作用する。前記光位相変調マスクを有する対物光学系を用いた内視鏡の固体撮像素子からの画像信号は、物体距離に応じて、光前記復元処理手段により復元され、モニタに映し出される。これにより、物体距離に応じた最適な画質が得られる。

【 0 0 9 2 】

（付記項 2） 前記光位相変調マスクを有する対物光学系の前記光学的伝達関数のレスポンスは、前記光位相変調マスクを持たない場合の対物光学系の被写界深度よりも広い物体距離にわたって、前記固体撮像素子のエイキスト周波数までレスポンスが 0.2 以上ある

10

20

30

40

50

ことを特徴とする付記項 1 に記載の電子内視鏡システム。

【0093】

付記項 2 の電子内視鏡システムでは、光位相変調マスクの位相変調量によって、通常の対物光学系と比較して、光位相変調マスクによって変更された光学的伝達関数のレスポンスが、固体撮像素子のナイキスト周波数まで 0.2 以上となるため、通常の対物光学系と比較し広い被写界深度にわたって解像する。これにより、光位相変調マスクを有する対物光学系を用いた内視鏡においても、光位相変調マスクの逆変換を行う画像処理を持たない一般的な内視鏡システムの信号処理装置に接続可能となる。

【0094】

(付記項 3) 点像の前記固体撮像素子受光面上の面積が最も小さくなる物体距離において、前記光位相変調マスクを有する内視鏡の対物光学系の前記点像の固体撮像素子受光面上の面積 W は、前記固体撮像素子の画素ピッチを P としたときに、

$$W \leq 3.6 \times P^2$$

を満たす

ことを特徴とする付記項 1 または 2 に記載の電子内視鏡システム。

【0095】

付記項 3 の電子内視鏡システムでは、光位相変調マスクの位相変調量によって、光位相変調マスクを有する対物光学系の光学的伝達関数の固体撮像素子受光面上の点像の面積 W は、 $W \leq 3.6 \times P^2$ となる。これにより、光位相変調マスクを有する対物光学系の光学的伝達関数のレスポンスが、広い物体距離にわたって、固体撮像素子のナイキスト周波数まで 0.2 以上となる。また、光位相変調マスクによって発生する非対称なボケの大きさは固体撮像素子の数画素程度と十分に小さいため、非対称デジタルフィルタのような光学的伝達関数復元手段を必要としない。

【0096】

(付記項 4) 前記光位相変調マスクは、前記対物光学系の光軸を Z 軸としたときに互いに直交する 2 軸を X 、 Y としたとき、波長 587.56 nm の光に対して

$$\exp\{i \times (X^3 + Y^3)\} \quad (\text{但し、}|X| \leq 1、|Y| \leq 1)$$

の位相の変換を行うものであり、前記係数は 8 以下である

ことを特徴とする付記項 1、2 または 3 のいずれかに記載の電子内視鏡システム。

【0097】

付記項 4 の電子内視鏡システムでは、光位相変調マスクによって変換される位相は、前記対物光学系の光軸を Z 軸としたときに互いに直交する 2 軸を X 、 Y としたとき、波長 587.56 nm の光に対して $\exp\{i \times (X^3 + Y^3)\}$ において、係数が 8 以下となる。これにより、光位相変調マスクによって変更された光学的伝達関数のレスポンスが固体撮像素子のナイキスト周波数まで 0.2 以上となる。

【0098】

(付記項 5) 前記固体撮像素子のナイキスト周波数まで前記光学的伝達関数のレスポンスが 0.2 以上ある物体距離では、前記位相変調マスクに応じた光学的伝達関数復元処理を施さず、前記光学的伝達関数のレスポンスが 0.2 未満となる物体距離において、前記物体距離に応じた複数の光学的伝達関数復元処理を施す

ことを特徴とする付記項 2 に記載の電子内視鏡システム。

【0099】

付記項 5 の電子内視鏡システムでは、前記固体撮像素子のナイキスト周波数まで前記光学的伝達関数のレスポンスが 0.2 以上ある物体距離では、光位相変調マスクに応じた光学的伝達関数復元手段を施さず、前記光学的伝達関数のレスポンスが 0.2 未満となる物体距離では、前記物体距離に応じた光学的伝達関数復元処理を施す。前記光位相変調マスクを有する内視鏡を光学的伝達関数復元手段をもたない信号処理回路に接続した場合、被写界深度が拡大される。さらに、前記光位相変調マスクに対応する光学的伝達関数復元手段を有する信号処理回路に接続した場合、さらなる被写界深度の拡大が図れ、高解像な画質が得られる。

10

20

30

40

50

【0100】

(付記項6) 対物光学系の光学像を固体撮像素子にて撮像する複数種の内視鏡と、前記固体撮像素子からの信号をモニタに表示可能な映像信号に変換する複数の信号処理装置を、組み合わせて接続使用される電子内視鏡システムにおいて、

少なくとも1つの内視鏡の対物光学系は、光位相変調マスクを有し、

前記光位相変調マスクは、物体距離に応じた光学的伝達関数の変化が、前記光位相変調マスクを持たない対物光学系よりも小さくなるように作用し、かつ、前記光位相変調マスクを有する対物光学系の前記光学的伝達関数のレスポンスが、前記光位相変調マスクを持たない場合の対物光学系の被写界深度よりも広い物体距離にわたって、前記固体撮像素子のナイキスト周波数までレスポンスが0.2以上あるよう配置され、

10

前記信号処理装置は、前記光位相変調マスクにより変更された光学的伝達関数に対し、物体距離に応じた複数の光学的伝達関数復元処理を施す復元処理手段を有し、前記復元処理手段は前記固体撮像素子のナイキスト周波数まで前記光学的伝達関数のレスポンスが0.2以上ある物体距離では、前記位相変調マスクに応じた光学的伝達関数復元処理を施さず、前記光学的伝達関数のレスポンスが0.2未満となる物体距離において、前記物体距離に応じた複数の光学的伝達関数復元処理を施すことを特徴とする電子内視鏡システム。

【0101】

付記項6の電子内視鏡システムでは、光位相変調マスクを有する対物光学系は、光位相変調マスクを持たない通常の対物光学系の被写界深度よりも、物体距離に応じた光学的伝達関数の変化が小さくなるように作用する。前記固体撮像素子のナイキスト周波数まで前記光学的伝達関数のレスポンスが0.2以上ある物体距離では、光位相変調マスクに応じた光学的伝達関数復元手段を施さず、前記光学的伝達関数のレスポンスが0.2未満となる物体距離では、前記物体距離に応じた光学的伝達関数復元処理を施す。前記光位相変調マスクを有する内視鏡を光学的伝達関数復元手段をもたない信号処理回路に接続した場合、被写界深度が拡大される。さらに、前記光位相変調マスクに対応する光学的伝達関数復元手段を有する信号処理回路に接続した場合、さらなる被写界深度の拡大が図れ、高解像な画像が得られる。

20

【0102】

(付記項7) 前記光位相変調マスクを含む対物光学系に用いられる明るさ絞りの開口形状は、円形である

30

ことを特徴とする付記項1または付記項6に記載の電子内視鏡システム。

【0103】

(付記項8) 物体距離を検出する物体距離検出手段を有し、前記復元処理手段は前記物体距離検出手段によって検出された物体距離に応じて切り換えられる複数の光学的伝達関数復元処理回路を有する

ことを特徴とする付記項1または付記項6に記載の電子内視鏡システム。

【0104】

付記項8の電子内視鏡システムでは、物体距離検出手段によって、自動的に物体距離に応じた光学的伝達関数復元処理回路が選択されるため、特別な操作を必要とせずに被写界深度拡大、画質の向上が可能となる。

40

【0105】

(付記項9) 前記物体距離検出手段は、固体撮像素子からの撮像信号を用いて自動調光するための調光信号により距離を検出する手段である

ことを特徴とする付記項8に記載の電子内視鏡システム。

【0106】

付記項9の電子内視鏡システムでは、物体距離と明るさの関係を利用して、一般的な内視鏡システムに搭載されている自動調光を用い、物体距離を検出する。

【0107】

(付記項10) 撮像信号の高周波域の出力が最大となるように、前記複数の光学的伝達

50

関数復元処理回路を切り換える

ことを特徴とする付記項 8 に記載の電子内視鏡システム。

【 0 1 0 8 】

付記項 1 0 の電子内視鏡システムでは、撮像信号の高周波域の出力を最大とするよう光学的伝達関数復元処理回路を切り換えるため、高画質な映像が得られる。

【 0 1 0 9 】

本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を変えない範囲において、種々の変更、改変等が可能である。

【 0 1 1 0 】

【発明の効果】

10

以上説明したように本発明によれば、内視鏡光学系に配置した光位相変調マスクに応じた復元処理手段が搭載されていない信号処理装置に、光位相変調マスクを有した内視鏡を接続しても、被写界深度の拡大、ならびに高解像の画像を生成でき、かつ、光位相変調マスクに応じた復元処理手段が搭載されている信号処理装置に、前記光位相変調マスクを有した内視鏡を接続した場合は被写界深度の更なる拡大、ならびに更なる高解像の画像を生成できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係る内視鏡システムの概略の構成を示す構成図

【図 2】図 1 の光位相変調マスクを含む撮像ユニットの構成を説明するための図

【図 3】図 2 の明るさ絞りを配置した瞳変調素子の構造を説明するための概略説明図

20

【図 4】図 1 のカメラコントローラ（信号処理装置）の構成を示すブロック図

【図 5】図 2 の瞳変調素子を含む撮像ユニットの物体距離 7 1 m m のときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図

【図 6】図 2 の瞳変調素子を含む撮像ユニットの物体距離 1 3 . 5 m m のときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図

【図 7】図 2 の瞳変調素子を含む撮像ユニットの物体距離 7 . 2 m m のときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図

【図 8】図 2 の瞳変調素子を含む撮像ユニットの物体距離 4 m m のときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図

【図 9】図 2 の瞳変調素子を含む撮像ユニットの物体距離 3 m m のときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図

30

【図 1 0】図 2 の瞳変調素子を含む撮像ユニットの各物体距離の光学的伝達関数のレスポンスのシミュレーション結果を説明するための図

【図 1 1】通常の光学系における図 2 の撮像ユニットの物体距離 7 1 m m のときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図

【図 1 2】通常の光学系における図 2 の撮像ユニットの物体距離 1 3 . 5 m m のときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図

【図 1 3】通常の光学系における図 2 の撮像ユニットの物体距離 7 . 2 m m のときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図

【図 1 4】通常の光学系における図 2 の撮像ユニットの物体距離 4 m m のときに得られる点像のシミュレーション結果を説明するための図

40

【図 1 5】通常の光学系における図 2 の撮像ユニットの各物体距離についての光学的伝達関数のレスポンスのシミュレーション結果を説明するための図

【図 1 6】本発明の第 2 の実施の形態に係るカメラコントローラ（信号処理装置）の構成を示すブロック図

【図 1 7】従来例による拡大被写界深度光学系の構成を概略的に示す図

【図 1 8】従来例によるキュービック位相変調マスクの外観形状を説明するための図

【図 1 9】通常の光学系において物体が焦点位置にあるときの光学的伝達関数（O T F）のレスポンスを示すグラフ

【図 2 0】通常の光学系において物体が焦点位置から外れたときの光学的伝達関数（O T

50

F) のレスポンスを示すグラフ

【図 2 1】通常の光学系において物体が焦点位置から図 2 0 のときよりも更に外れたときの光学的伝達関数 (OTF) のレスポンスを示すグラフ

【図 2 2】拡大被写界深度光学系において物体が焦点位置にあるときの光学的伝達関数 (OTF) のレスポンスを示すグラフ

【図 2 3】拡大被写界深度光学系において物体が焦点位置から外れたときの光学的伝達関数 (OTF) の強度分布を示すグラフ

【図 2 4】拡大被写界深度光学系において物体が焦点位置から図 2 3 のときよりも更に外れたときの光学的伝達関数 (OTF) のレスポンスを示すグラフ

【図 2 5】拡大被写界深度光学系において光学的伝達関数 (OTF) のレスポンスに対して行なわれる処理の逆フィルタの特性を示すグラフ 10

【図 2 6】図 2 2 の光学的伝達関数 (OTF) のレスポンスに対して図 2 5 の特性を持つ逆フィルタによる処理を行なって得られる光学的伝達関数 (OTF) のレスポンスを示すグラフ

【図 2 7】図 2 3 の光学的伝達関数 (OTF) のレスポンスに対して図 2 5 の特性を持つ逆フィルタによる処理を行なって得られる光学的伝達関数 (OTF) のレスポンスを示すグラフ

【図 2 8】図 2 4 の光学的伝達関数 (OTF) のレスポンスに対して図 2 5 の特性を持つ逆フィルタによる処理を行なって得られる光学的伝達関数 (OTF) のレスポンスを示すグラフ 20

【図 2 9】複数種の内視鏡を接続し、被写体の画像をモニタで観察するための従来の内視鏡システムの概略の構成を示す構成図

【図 3 0】図 2 9 の従来のカメラコントローラの構成を示すブロック図

【符号の説明】

1 ... 内視鏡

2 ... カメラコントローラ (信号処理装置)

3 ... 光源装置

4 ... モニタ

5 ... 固体撮像素子

6 ... 対物光学系 30

7 ... 位相変調マスク

7 a ... 瞳変調素子

8 ... 明るさ絞り

9 ... A / D 変換部

1 0 ... 信号変換部

1 1 ... D / A 変換部

1 2 ... 被写界深度外処理回路

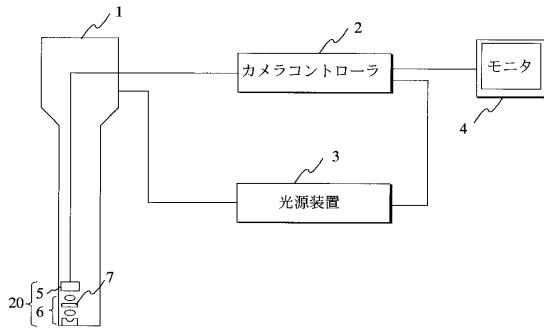
2 0 ... 撮像ユニット

2 5 ... 制御回路

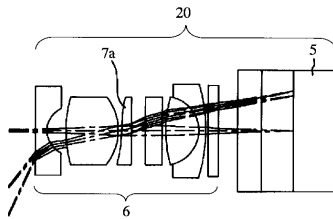
2 6 ... 切換器 40

2 7 ... 画像処理回路

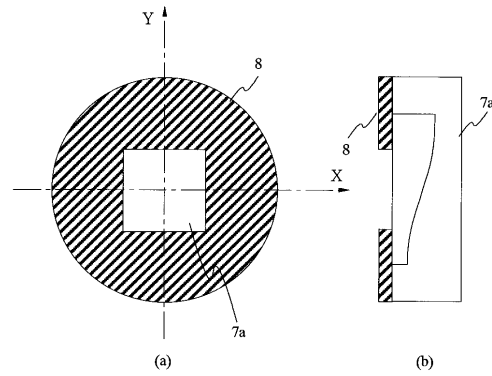
【図 1】



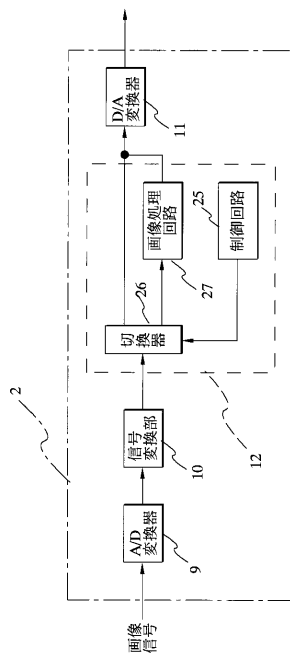
【図 2】



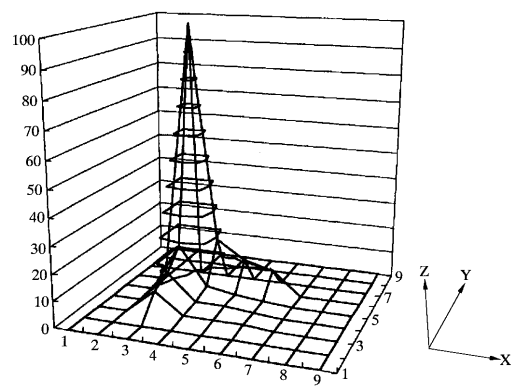
【図 3】



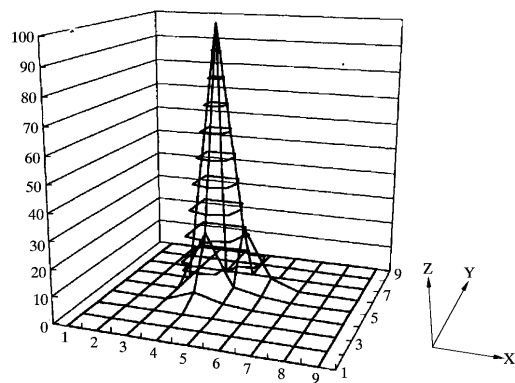
【図 4】



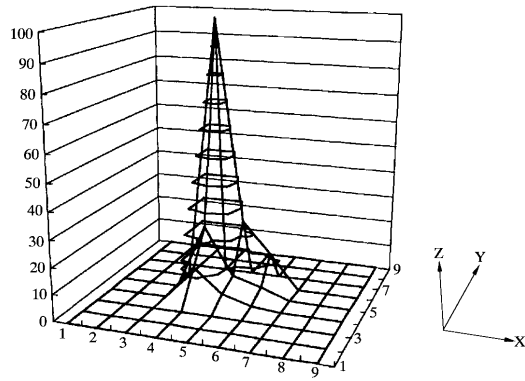
【図 5】



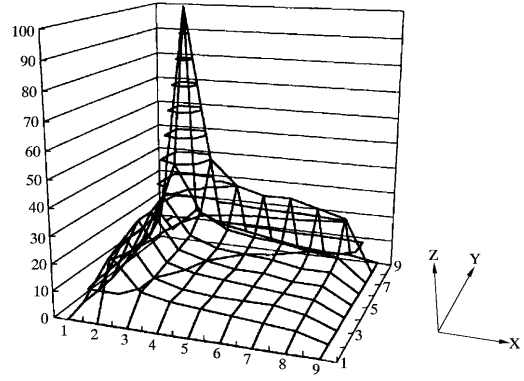
【図 6】



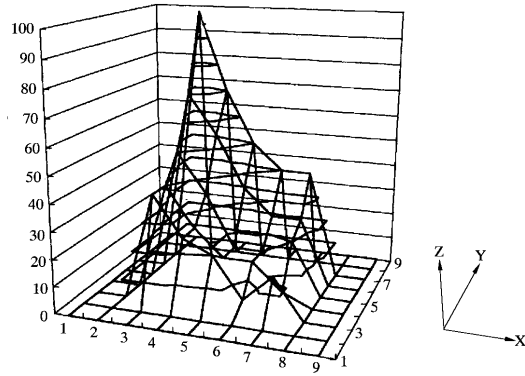
【図 7】



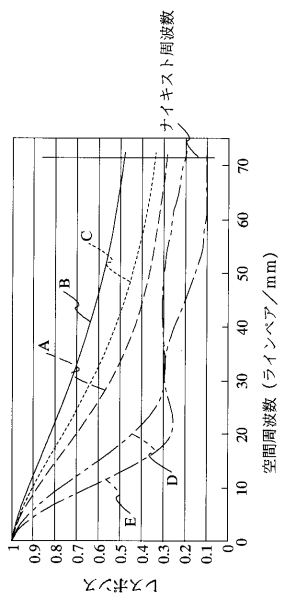
【図 9】



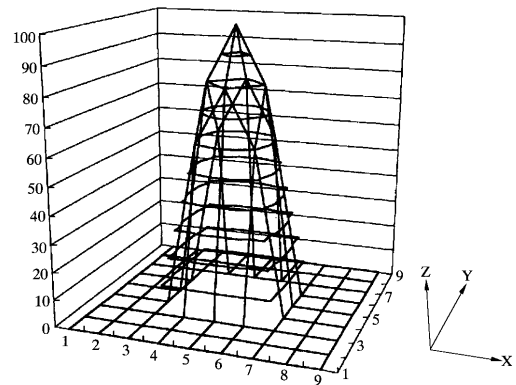
【図 8】



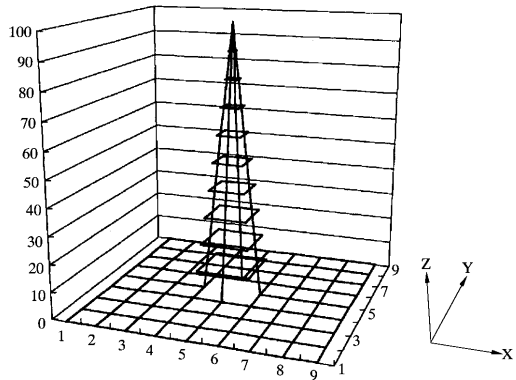
【図 10】



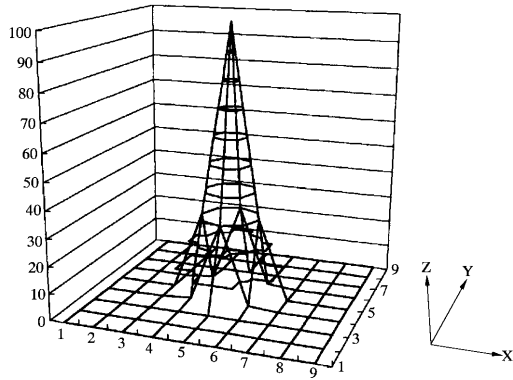
【図 11】



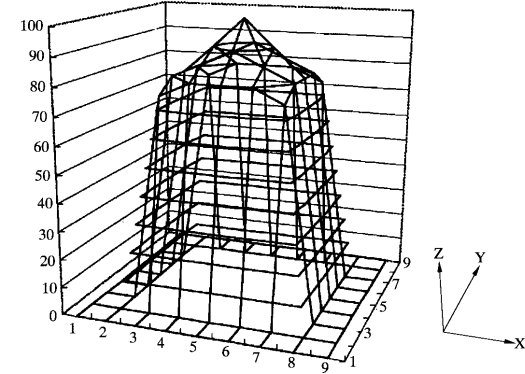
【図 12】



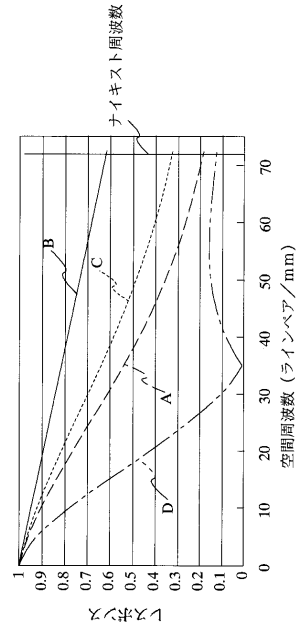
【図 13】



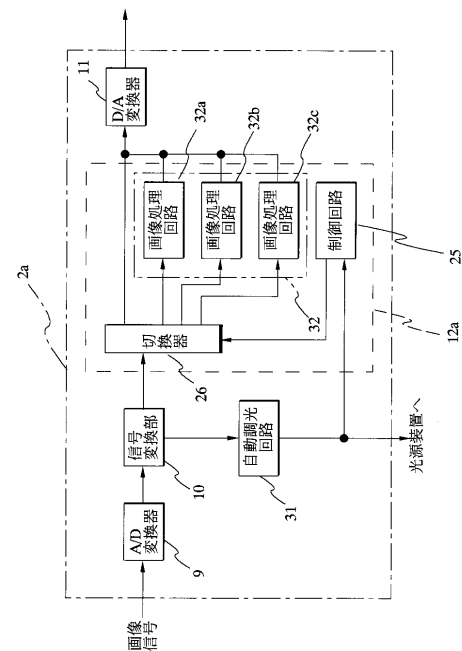
【図 14】



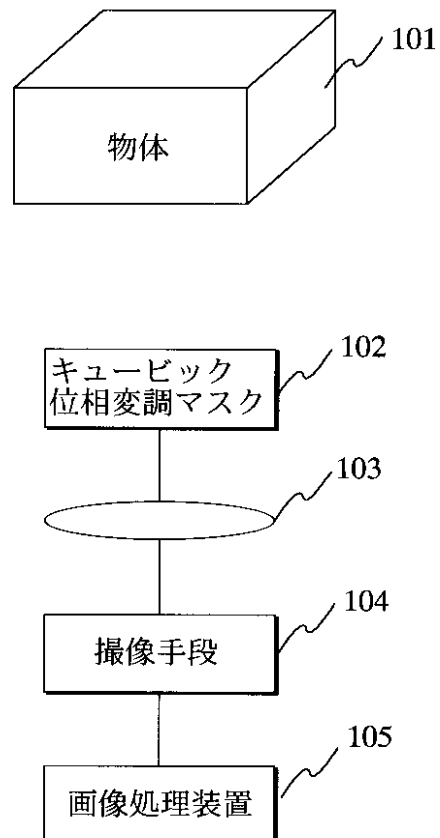
【図 15】



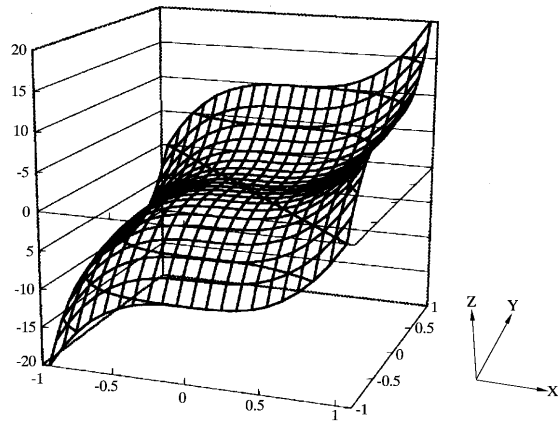
【図 16】



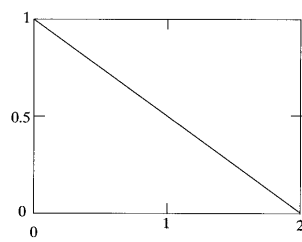
【図 17】



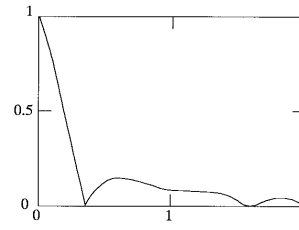
【図 18】



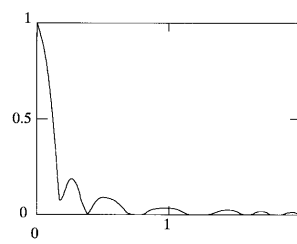
【図 19】



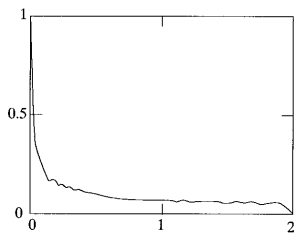
【図 20】



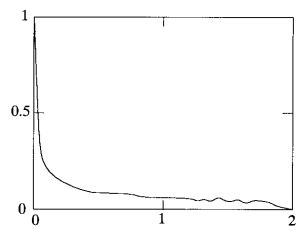
【図 21】



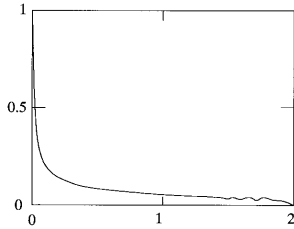
【図 22】



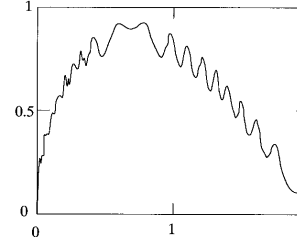
【図 24】



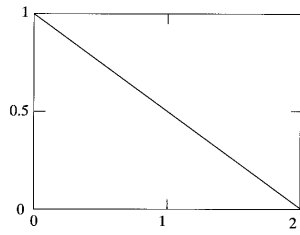
【図 23】



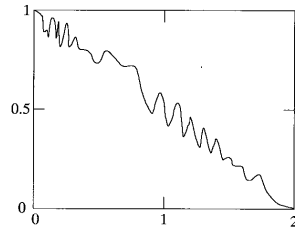
【図 25】



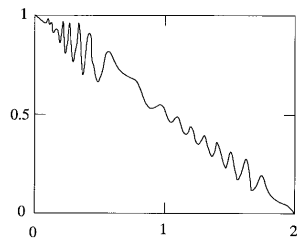
【図 26】



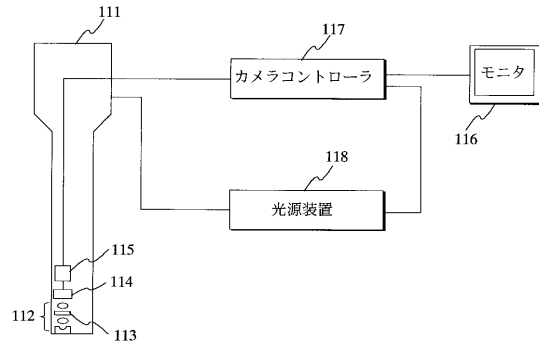
【図 28】



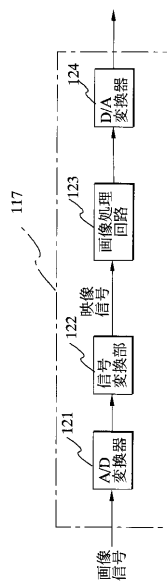
【図 27】



【図 29】



【図 30】



 フロントページの続き

(51) Int.Cl.		F I			
H 0 4 N	5/225	(2006.01)	H 0 4 N	5/225	C
H 0 4 N	7/18	(2006.01)	H 0 4 N	7/18	M

(72)発明者 平井 力
 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 広谷 純
 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 矢部 久雄
 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス光学工業株式会社内

審査官 安田 明央

(56)参考文献 特開 2 0 0 0 - 0 9 8 3 0 1 (J P , A)
 特開 2 0 0 0 - 0 0 5 1 2 7 (J P , A)
 特開 2 0 0 0 - 2 7 5 5 8 2 (J P , A)
 米国特許第 0 5 7 4 8 3 7 1 (U S , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A61B 1/00-1/32
 G02B 23/24-23/26
 G02B 13/00
 H04N 5/225
 H04N 7/18

专利名称(译)	电子内窥镜系统和电子内窥镜系统的信号处理装置		
公开(公告)号	JP3958603B2	公开(公告)日	2007-08-15
申请号	JP2002045354	申请日	2002-02-21
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	オリンパス光学工業株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	条井一裕 菅武志 石井広 平井力 広谷純 矢部久雄		
发明人	条井 一裕 菅 武志 石井 広 平井 力 広谷 純 矢部 久雄		
IPC分类号	A61B1/04 A61B1/00 G02B13/00 G02B23/24 G02B23/26 H04N5/225 H04N7/18		
CPC分类号	G02B27/0075		
FI分类号	A61B1/04.372 A61B1/00.300.Y G02B13/00 G02B23/24.B G02B23/26.C H04N5/225.C H04N7/18.M A61B1/00.731 A61B1/045.610 A61B1/05 H04N5/225		
F-TERM分类号	2H040/BA01 2H040/CA22 2H040/CA23 2H040/GA02 2H087/KA10 2H087/LA01 2H087/PA03 2H087/PA18 2H087/PB04 2H087/QA01 2H087/QA07 2H087/QA18 2H087/QA21 2H087/QA25 2H087/QA37 2H087/QA41 2H087/QA45 2H087/RA42 2H087/RA43 4C061/BB01 4C061/CC06 4C061/FF40 4C061/HH28 4C061/LL02 4C061/NN05 4C061/PP11 4C061/SS21 4C061/TT12 4C161/BB01 4C161/CC06 4C161/FF40 4C161/HH28 4C161/LL02 4C161/NN05 4C161/PP11 4C161/SS21 4C161/TT12 5C022/AA09 5C022/AC51 5C054/CC07 5C054/EH00 5C054/HA12 5C122/DA26 5C122/EA31 5C122/EA37 5C122/FB01 5C122/FC01 5C122/FF04 5C122/FH06 5C122/FK23 5C122/GG01 5C122/GG21 5C122/HA38 5C122/HA75 5C122/HB07 5C122/HB09 5C122/HB10		
代理人(译)	伊藤 进		
其他公开文献	JP2003235794A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种信号处理装置，即使在连接具有光学相位调制掩模的内窥镜时，也不具有与配置在内窥镜光学系统中的光学相位调制掩模相对应的恢复处理装置，具有光学相位调制掩模的内窥镜可以连接到安装在能够产生高分辨率图像和高分辨率图像的恢复处理装置上的信号处理装置，并且对应于光学相位调制掩模，进一步放大景深，生成分辨率更高的图像。景深处理电路12的图像处理电路27对视频信号执行滤波处理，并且包括光学传递函数的响应和由光瞳调制元件产生的非对称像差（模糊），如图1所示。

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
1	∞	0.460000	1.833	40.78
2	1.00900	0.570000		
3	∞	0.180000		
4	5.90800	2.120000	1.773	49.60
5	-2.00000	0.100000		
6	∞ (絞り)	0.020000		
7	∞	0.400000	1.523	59.89
8	∞	0.610000		
9	∞	0.620000	1.514	75.00
1 0	∞	0.160000		
1 1	5.77200	1.300000	1.697	55.53
1 2	-1.44400	0.280000	1.847	23.78
1 3	-5.02000	0.100000		
1 4	∞	0.400000	1.523	59.89
1 5	∞	0.820000		
1 6	∞	0.000000		
1 7	∞	1.000000	1.516	64.15
1 8	∞	1.250000	1.523	59.89
1 9	∞	0.001549		
2 0	∞	0.000000		