

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-5053

(P2020-5053A)

(43) 公開日 令和2年1月9日(2020.1.9)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)		
H04N	9/07	(2006.01)	H04N	9/07	C	2G020
G01J	3/52	(2006.01)	G01J	3/52		5C065

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2018-120713 (P2018-120713)	(71) 出願人	316005926
(22) 出願日	平成30年6月26日 (2018. 6. 26)		ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社
			神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号
		(74) 代理人	100112874
			弁理士 渡邊 薫
		(72) 発明者	山下 弘樹
			神奈川県厚木市旭町4丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内
		(72) 発明者	野村 宜邦
			神奈川県厚木市旭町4丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内

最終頁に続く

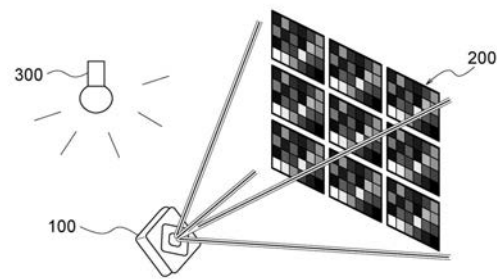
(54) 【発明の名称】 イメージセンサの分光感度測定方法、分光感度測定装置の検査方法及び分光感度測定装置

(57) 【要約】

【課題】長時間を要せずに分光感度を測定すること。

【解決手段】少なくとも2種以上の色から構成される局所領域を複数有するチャートを、当該局所領域ごとに撮像することと、撮像された前記局所領域に基づいて、前記局所領域に対応する局所画像の画素値を測定することと、測定された前記局所画像の画素値と、前記局所領域の分光特性とに基づいて、当該局所画像の分光感度を測定すること、とを含む、イメージセンサの分光感度測定方法を提供する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

少なくとも 2 種以上の色から構成される局所領域を複数有するチャートを、当該局所領域ごとに撮像することと、

撮像された前記局所領域に基づいて、前記局所領域に対応する局所画像の画素値を測定することと、

測定された前記局所画像の画素値と、前記局所領域の分光特性とに基づいて、当該局所画像の分光感度を測定することを含む、イメージセンサの分光感度測定方法。

【請求項 2】

前記局所領域を撮像した後、当該局所領域とは異なる局所領域を撮像して、それぞれ前記分光感度を測定し、複数の前記分光感度からイメージセンサの面全体における分光感度を算出することを含む、請求項 1 に記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

10

【請求項 3】

前記局所領域を複数回撮像して、複数の前記局所画像から平均画像を生成することと、生成された前記平均画像の画素値を測定することと、

測定された前記平均画像の画素値と、前記局所領域の分光特性とに基づいて、当該平均画像の平均分光感度を測定し、複数の前記平均分光感度からイメージセンサの面全体における平均分光感度を算出すること、

とを含む、請求項 1 に記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

【請求項 4】

20

前記局所領域が撮像された後、撮像された当該局所領域に隣接する 1 以上の色単位で撮像領域を変更し、繰り返し撮像することを含む、請求項 1 に記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

【請求項 5】

撮像される撮像面内で分光反射率が略一定の補正用チャートを撮像することと、

撮像された前記補正用チャートに基づいて、前記補正用チャートに対応する第 1 の補正画像を用いて、チャート画像の輝度ムラを補正する、第 1 の補正をすることを含む、請求項 1 に記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

【請求項 6】

前記局所領域を遮光した状態でノイズ除去用画像を撮像することと、

30

撮像された前記ノイズ除去用画像に基づいて、前記ノイズ除去用画像に対応する第 2 の補正画像を用いて、チャート画像の固定パターンノイズを除去する、第 2 の補正をすることを含む、請求項 1 に記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

【請求項 7】

前記チャートに 2 以上の照明光が照射され、その照射によって反射された反射光に基づき前記局所領域を撮像することを含む、請求項 1 に記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

【請求項 8】

前記チャートを構成する色が、少なくとも 1 種以上の光源により生成され、

40

前記光源によって生成された色の光を、分光感度を測定するイメージセンサに照射することを含む、請求項 1 に記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

【請求項 9】

前記チャートが、検知可能な被写体として形成され、

当該チャートの一部にマーカーが設けられ、

前記マーカーの位置が前記イメージセンサに検知された後、前記局所領域ごとの撮像が開始されることを含む、請求項 1 に記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

【請求項 10】

前記チャートが、波長を連続的に変化させ、所定の波長を出力することを含む、請求項 1 に記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

【請求項 11】

50

前記チャートが透過式のチャートにより形成され、
前記局所領域が撮像され、前記局所領域と対向する位置に前記局所画像が生成され、
前記局所画像が生成される前記チャートの逆側から、光を照射するバックライト光源が
分光感度を測定するイメージセンサに光を照射することを含む、請求項 10 に記載のイメ
ージセンサの分光感度測定方法。

【請求項 12】

前記チャートが透過式のチャートにより形成され、
前記局所領域が撮像され、前記局所領域と対向する位置に前記局所画像が生成され、
前記局所画像が生成される前記チャートの逆側から、光を照射するバックライト光源が
分光感度を測定するイメージセンサに光を照射することを含む、請求項 1 に記載のイメ
ージセンサの分光感度測定方法。

10

【請求項 13】

前記チャートには、前記 2 種以上の色が空間方向に所定の繰り返しによって配列される
ことを含む、請求項 1 に記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

【請求項 14】

少なくとも 2 種以上の色から構成される局所領域を複数有するチャートを、当該局所領
域ごとに撮像する撮像部によって撮像することと、

撮像された前記局所領域に基づいて、前記局所領域に対応する局所画像の画素値を測定
することと、

測定された前記局所画像の画素値と、前記撮像部の分光感度とに基づいて、前記局所領域
の分光特性を測定することと、

20

測定された前記分光特性に設けられる所定の閾値に基づいて、前記撮像部が良品か否か
を閾値判定することと、

前記撮像部を含む分光感度測定装置の選別を行うこと、

とを含む、分光感度測定装置の検査方法。

【請求項 15】

少なくとも 2 種以上の色から構成される局所領域を複数有するチャートを、当該局所領
域ごとに撮像する撮像部と、

前記撮像部によって撮像された前記局所領域に基づいて、前記局所領域に対応する局所
画像の画素値を測定する画素値測定部と、

30

前記画素値測定部で測定された前記局所画像の画素値と、前記局所領域の分光特性とに
基づいて、当該局所画像の分光感度を測定する分光感度測定部と、
を備える分光感度測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、イメージセンサの分光感度測定方法、分光感度測定装置の検査方法及び分光
感度測定装置に関し、特に、イメージセンサを分光器として使用する際の分光感度を測定
する分光感度測定方法、分光感度測定装置の検査方法及び分光感度測定装置の技術に関す
る。

40

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルカメラの中心部品である固体撮像装置（イメージセンサ）の需要が、益
々高まっている。例えば、C M O S（Complementary Metal Oxide Semiconductor）イメ
ージセンサは、分光器として利用されることが検討されている。

【0003】

イメージセンサを分光器として利用する場合は、イメージセンサの分光感度を測定する
必要がある。ここで、イメージセンサの分光感度を測定する方法として、単一波長の光源

50

の光をイメージセンサに照射する方法が一般的である。また、一般的な分光感度の測定方法として、例えば、ツェルニターナー型やエバート型の分光測定装置などを用いて測定することが知られている（特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 5 - 281040 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

10

しかしながら、上述した分光感度を測定する分光感度測定装置は、単一波長の光源の波長を変化させながらイメージセンサに照射するため、分光感度を測定するのに長時間を要するという問題があった。

【0006】

そこで、本技術は、このような状況に鑑みてなされたものであり、長時間を要せずに分光感度を測定することができる、イメージセンサの分光感度測定方法、分光感度測定装置の検査方法及び分光感度測定装置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】

【0007】

本発明者らは、上述の目的を解決するために鋭意研究を行った結果、長時間を要せずに分光感度を測定することに成功し、本技術を完成するに至った。

20

【0008】

すなわち、本技術では、まず、少なくとも 2 種以上の色から構成される局所領域を複数有するチャートを、当該局所領域ごとに撮像することと、

撮像された前記局所領域に基づいて、前記局所領域に対応する局所画像の画素値を測定することと、

測定された前記局所画像の画素値と、前記局所領域の分光特性とに基づいて、当該局所画像の分光感度を測定することを含む、イメージセンサの分光感度測定方法を提供する。この場合、前記局所領域を撮像した後、当該局所領域とは異なる局所領域を撮像して、それぞれ前記分光感度を測定し、複数の前記分光感度からイメージセンサの面全体における分光感度を算出するようにしてもよい。

30

【0009】

本技術に係るイメージセンサの分光感度測定方法において、前記局所領域を複数回撮像して、複数の前記局所画像から平均画像を生成することと、

生成された前記平均画像の画素値を測定することと、

測定された前記平均画像の画素値と、前記局所領域の分光特性とに基づいて、当該平均画像の平均分光感度を測定し、複数の前記平均分光感度からイメージセンサの面全体における平均分光感度を算出すること、を含むようにしてもよい。

本技術に係るイメージセンサの分光感度測定方法において、前記局所領域が撮像された後、撮像された当該局所領域に隣接する 1 以上の色単位で撮像領域を変更し、繰り返し撮像することを含むようにしてもよい。

40

【0010】

本技術に係るイメージセンサの分光感度測定方法において、撮像される撮像面内で分光反射率が略一定の補正用チャートを撮像することと、

撮像された前記補正用チャートに基づいて、前記補正用チャートに対応する第 1 の補正画像を用いて、チャート画像の輝度ムラを補正する、第 1 の補正をすることを含むようにしてもよい。

【0011】

本技術に係るイメージセンサの分光感度測定方法において、前記局所領域を遮光した状態でノイズ除去用画像を撮像することと、

50

撮像された前記ノイズ除去用画像に基づいて、前記ノイズ除去用画像に対応する第2の補正画像を用いて、チャート画像の固定パターンノイズを除去する、第2の補正をすることを含むようにしてもよい。

【0012】

本技術に係るイメージセンサの分光感度測定方法において、前記チャートに2以上の照明光が照射され、その照射によって反射された反射光に基づき前記局所領域を撮像することを含むようにしてもよい。

【0013】

本技術に係るイメージセンサの分光感度測定方法において、前記チャートを構成する色が、少なくとも1種以上の光源により生成され、前記光源によって生成された色の光を、分光感度を測定するイメージセンサに照射することを含むようにしてもよい。

10

【0014】

本技術に係るイメージセンサの分光感度測定方法において、前記チャートが、検知可能な被写体として形成され、

当該チャートの一部にマーカーが設けられ、

前記マーカーの位置が前記イメージセンサに検知された後、前記局所領域ごとの撮像が開始されることを含むようにしてもよい。

【0015】

本技術に係るイメージセンサの分光感度測定方法において、前記チャートが、波長を連続的に変化させ、所定の波長を出力することを含むようにしてもよい。この場合、前記チャートが透過式のチャートにより形成され、

20

前記局所領域が撮像され、前記局所領域と対向する位置に前記局所画像が生成され、

前記局所画像が生成される前記チャートの逆側から、光を照射するバックライト光源が分光感度を測定するイメージセンサに光を照射することを含むようにしてもよい。

【0016】

本技術に係るイメージセンサの分光感度測定方法において、前記チャートが透過式のチャートにより形成され、

前記局所領域が撮像され、前記局所領域と対向する位置に前記局所画像が生成され、

前記局所画像が生成される前記チャートの逆側から、光を照射するバックライト光源が分光感度を測定するイメージセンサに光を照射することを含むようにしてもよい。

30

【0017】

本技術に係るイメージセンサの分光感度測定方法において、前記チャートには、前記2種以上の色が空間方向に所定の繰り返しによって配列されることを含むようにしてもよい。

【0018】

また、本技術では、少なくとも2種以上の色から構成される局所領域を複数有するチャートを、当該局所領域ごとに撮像する撮像部によって撮像することと、

撮像された前記局所領域に基づいて、前記局所領域に対応する局所画像の画素値を測定することと、

測定された前記局所画像の画素値と、前記撮像部の分光感度とに基づいて、前記局所領域の分光特性を測定することと、

40

測定された前記分光特性に設けられる所定の閾値に基づいて、前記撮像部が良品か否かを閾値判定することと、

前記撮像部を含む分光感度測定装置の選別を行うこと、とを含む、分光感度測定装置の検査方法を提供する。

【0019】

また、本技術では、少なくとも2種以上の色から構成される局所領域を複数有するチャートを、当該局所領域ごとに撮像する撮像部と、

前記撮像部によって撮像された前記局所領域に基づいて、前記局所領域に対応する局所画像の画素値を測定する画素値測定部と、

50

前記画素値測定部で測定された前記局所画像の画素値と、前記局所領域の分光特性とに基づいて、当該局所画像の分光感度を測定する分光感度測定部と、を備える分光感度測定装置を提供する。

【発明の効果】

【0020】

本技術によれば、長時間を要せずに分光感度を測定することができる。なお、本技術の効果は、必ずしも上記の効果に限定されるものではなく、本技術に記載されたいずれかの効果であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本技術を適用した第1の実施形態のイメージセンサの分光測定方法の一例を示した説明図である。

【図2】本技術を適用した第1の実施形態の複数の局所領域を有するチャートの構成を示した説明図である。

【図3】本技術を適用した第1の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法を示すフローチャートである。

【図4】本技術を適用した第3の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法を示すフローチャートである。

【図5】シェーディング補正データを測定する場合の概念を示した説明図である。

【図6】本技術を適用した第4の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法を示すフローチャートである。

【図7】本技術に係る第5の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法として、チャートがイメージセンサに光を照射し、イメージセンサの分光感度の測定方法を示した説明図である。

【図8】本技術を適用した第6の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法として、チャートに形成された複数のマーカーを示した説明図である。

【図9】本技術を適用した第7の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法として、複数枚のチャートに、複数の照明が照明光を照射していることを示した説明図である。

【図10】本技術を適用した第8の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法として、リニアバリアブルフィルタを用いてイメージセンサに光を照射する分光感度測定方法の一例を示す説明図である。

【図11】本技術を適用した第9の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法として、バックライト光源を用いてイメージセンサに光を照射する分光感度測定方法の一例を示す説明図である。

【図12】本技術を適用した第10の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法において適用可能なチャートを示した説明図である。

【図13】本技術を適用した第11の実施形態の分光感度測定装置の検査方法として分光感度測定装置の機能ブロック図を示している。

【図14】本技術を適用した第12の実施形態に係る分光感度測定装置の構成の一例を示した機能ブロック図である。

【図15】本技術を適用した第13の実施形態に係る分光感度測定装置の構成の一例を示した機能ブロック図である。

【図16】マクベスチャートをイメージセンサで撮像する例を示した説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本技術を実施するための好適な形態について図面を参照しながら説明する。なお、以下に説明する実施形態は、本技術の代表的な実施形態の一例を示したものであり、これにより本技術の範囲が狭く解釈されることはない。

【0023】

説明は以下の順序で行う。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

- 1 . 本技術の概要
- 2 . 第 1 の実施形態の分光感度測定方法 (測定方法 1)
- 3 . 第 2 の実施形態の分光感度測定方法 (測定方法 2)
- 4 . 第 3 の実施形態の分光感度測定方法 (測定方法 3)
- 5 . 第 4 の実施形態の分光感度測定方法 (測定方法 4)
- 6 . 第 5 の実施形態の分光感度測定方法 (光源とチャートの例 1)
- 7 . 第 6 の実施形態の分光感度測定方法 (光源とチャートの例 2)
- 8 . 第 7 の実施形態の分光感度測定方法 (光源とチャートの例 3)
- 9 . 第 8 の実施形態の分光感度測定方法 (光源とチャートの例 4)
- 1 0 . 第 9 の実施形態の分光感度測定方法 (光源とチャートの例 5)
- 1 1 . 第 1 0 の実施形態の分光感度測定方法 (チャートの例)
- 1 2 . 第 1 1 の実施形態の分光感度測定装置の検査方法
- 1 3 . 第 1 2 の実施形態の分光感度測定装置 (第 1 の例)
- 1 4 . 第 1 3 の実施形態の分光感度測定装置 (第 2 の例)

10

【 0 0 2 5 】

< 1 . 本技術の概要 >

本技術は、イメージセンサを分光器として使用する場合に関し、長時間を要せずに分光感度を測定することができる。

20

【 0 0 2 6 】

例えば、マルチスペクトル画像やハイパースペクトル画像を取得する方法として、F a b r y - P e r o t フィルタを用いる方法や、P l a s m o n i c フィルタを用いる方法が知られている。

【 0 0 2 7 】

しかしながら、F a b r y - P e r o t フィルタやP l a s m o n i c フィルタを使用した場合、F a b r y - P e r o t フィルタやP l a s m o n i c フィルタは、分光感度がカラーフィルタの分光感度よりもばらつきが大きいことが知られている。また、F a b r y - P e r o t フィルタやP l a s m o n i c フィルタを使用して分光感度を測定した場合、デバイスごとのばらつきも大きかった。

30

【 0 0 2 8 】

そのため、F a b r y - P e r o t フィルタやP l a s m o n i c フィルタを使用する場合は、所定の仕様を示すプロファイルに校正する、キャリブレーションという処理が必要であった。

【 0 0 2 9 】

また、F a b r y - P e r o t フィルタやP l a s m o n i c フィルタを用いたセンサの分光感度は、入射角にも依存していた。そのため、F a b r y - P e r o t フィルタやP l a s m o n i c フィルタを使用する場合には、センサ内の像高別に分光感度を測定する必要があった。

【 0 0 3 0 】

ここで、イメージセンサの分光感度を測定する方法として、単一波長の光源をイメージセンサに照射する方法が一般的に知られている。しかしながら、この方法は、単一波長の波長を変化させながらイメージセンサに照射するため、分光感度測定装置が大型化してしまい、分光感度測定装置が高価となり、さらに測定に長時間を要していた。

40

【 0 0 3 1 】

これに対し、被写体を撮像することにより、イメージセンサの分光感度を測定する方法が知られている。例えば、被写体として自然物や人工物を撮像して分光感度を測定する方法や色を再現するためのチャートを撮像することにより、分光感度を測定する方法が知られている。

【 0 0 3 2 】

図 1 6 に、分光感度を測定する方法の一例として、色を再現するために色見本が配列さ

50

れたマクベスチャートを撮像する方法を示す。図 16 は、マクベスチャートをイメージセンサで撮像する例を示した説明図である。

【0033】

図 16 に示すように、チャート 200P は、照明 300P の照明光により照らされている。そして、イメージセンサ 100P は、照明 300P の照明光により照らされたチャート 200P を撮像する。このように、図 16 では、イメージセンサ 100P がチャート 200P を撮像することを示している。これにより、イメージセンサ 100P は、チャート 200P を撮像し、得られた撮像画像に基づいて、キャリブレーションを行っていた。

【0034】

しかしながら、イメージセンサ 100P は、撮像画像に基づいて、キャリブレーションを実行しても、イメージセンサ 100P の撮像面における分光感度の変化に対応することができなかった。また、照明 300P の照明光やレンズによるシェーディングの影響も撮像時には考慮されていなかった。

【0035】

本技術は、上記の事情に鑑みてなされたものである。本技術では、特に、イメージセンサの撮像面の像高を考慮した分光感度を測定することにより、イメージセンサの分光感度を高精度に測定することができる。

【0036】

< 2 . 第 1 の実施形態の分光感度測定方法 (測定方法 1) >

本技術に係る第 1 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法は、少なくとも 2 種以上の色から構成される局所領域を複数有するチャートを、局所領域ごとに撮像することと、撮像された局所領域に基づいて、局所領域に対応する局所画像の画素値を測定することと、測定された局所画像の画素値と、局所領域の分光特性とに基づいて、その局所画像の分光感度を測定することを含む、イメージセンサの分光感度測定方法である。

【0037】

本技術に係る第 1 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法によれば、イメージセンサを分光器として使用することにより、分光感度測定装置が高価とならず、また、長時間を要せずに分光感度を測定することができる。

【0038】

ここで、チャートは、撮像される対象である。本技術では、チャートを構成する態様として、3つの態様が想定されている。1つ目は、チャートに光源を当てることにより色見本が形成され、カラーチャートが構成される場合である。2つ目は、チャートの色が光源の光により生成されて、チャートが構成される場合である。3つ目は、チャートが透過式のチャートにより形成されて、バックライト光源を用いて構成される場合である。以下、これら3つの態様について、それぞれ説明する。

【0039】

図 1 に、本技術に係る第 1 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法の一例を示す。図 1 は、第 1 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法として、イメージセンサ 100 が、照明 300 の照明光が照らされているチャート 200 を撮像する例を示している。

【0040】

図 2 に、本技術に係る第 1 の実施形態のチャート 200 の構成の一例を示す。図 2 は、局所領域 201、局所領域 202、局所領域 203、局所領域 204、局所領域 205、局所領域 206、局所領域 207、局所領域 208 及び局所領域 209 を有するチャート 200 を正面から見た正面図である。なお、特に断りがない限り、「右」とは、図 2 中の右方向を意味し、「下」とは、図 2 中の下方向を意味する。

【0041】

図 2 では、例えば、チャート 200 は、9つの局所領域 (局所領域 201、局所領域 202、局所領域 203、局所領域 204、局所領域 205、局所領域 206、局所領域 207、局所領域 208 及び局所領域 209) を有している。各局所領域 201 ~ 209 は

10

20

30

40

50

、少なくとも２種以上の色から構成されている。一例として、例えば、各局所領域 2 0 1 ~ 2 0 9 は、同一の色の組み合わせにより構成されている。なお、２種以上とは、色を再現して校正するのに必要な十分な色数を意味するものとする。

【 0 0 4 2 】

ここで、９つの局所領域（局所領域 2 0 1、局所領域 2 0 2、局所領域 2 0 3、局所領域 2 0 4、局所領域 2 0 5、局所領域 2 0 6、局所領域 2 0 7、局所領域 2 0 8 及び局所領域 2 0 9）のうち、いずれか１つを特定する必要がない場合は、局所領域を総称して単に局所領域 2 1 0 ということにする。局所領域 2 1 0 は、一例として、４行×６列からなる 2 4 色を有している。また、色を構成する最小単位をパッチという。

【 0 0 4 3 】

図 3 に、本技術に係る第 1 の実施形態に係るイメージセンサ 1 0 0 の分光感度測定方法のフローチャートの一例を示す。図 3 は、第 1 の実施形態に係るイメージセンサ 1 0 0 の分光感度測定方法を示すフローチャートである。

【 0 0 4 4 】

まず、イメージセンサ 1 0 0 は、ユーザの操作に従って、少なくとも２種以上の色から構成される局所領域 2 1 0 を複数有するチャート 2 0 0 を、局所領域 2 1 0 ごとに撮像する（ステップ S 0 0 1）。イメージセンサ 1 0 0 は、局所領域 2 1 0 を撮像することにより、その局所領域 2 1 0 に対応する局所画像を生成する。

【 0 0 4 5 】

次に、イメージセンサ 1 0 0 は、撮像した局所領域 2 1 0 に基づいて、局所領域 2 1 0 に対応する局所画像の画素値を測定する（ステップ S 0 0 3）。イメージセンサ 1 0 0 は、撮像した局所画像に対して信号処理を実施することができるため、局所画像の画素値を測定することができる。

【 0 0 4 6 】

そして、イメージセンサ 1 0 0 は、測定された局所画像の画素値と、局所領域 2 1 0 の分光特性とに基づいて、その局所画像の分光感度を測定する（ステップ S 0 0 5）。

【 0 0 4 7 】

具体的には、イメージセンサ 1 0 0 は、次式を適用し、測定された局所画像の画素値 b と、局所領域 2 1 0 の分光特性 A とに基づいて、その局所画像の分光感度 x を測定する。

【 0 0 4 8 】

【数 1】

$$b = Ax$$

【 0 0 4 9 】

ここで、画素値 b は、測定された画素値であるため、観測画素値とも呼ばれる。分光特性 A は、照明 3 0 0 の分光強度とチャート 2 0 0 の分光反射率とから算出することができる既知の値である。

【 0 0 5 0 】

局所画像の分光感度 x は、方程式の数が十分な場合は、最小二乗法で求めることができる。しかしながら、方程式の数が未知数よりも少ない場合には、解が存在しない、又は解が複数存在する不良設定問題となる。この場合、最小二乗法で分光感度 x を解くことができないが、例えば、T i k h o n o v 正則化、W i e n e r 推定、又は２次計画法等により分光感度 x を求めることが可能である。

【 0 0 5 1 】

一般に、方程式の数が多い方が解が安定する。そのため、方程式の数を増やすことが望ましい。ここで、方程式の数を増やすためには、撮影する局所領域 2 1 0 の色数を増やすことにより実現することができる。

【 0 0 5 2 】

また、例えば、分光感度 x の代表値や分散が分かっている場合は、次式のように、分布によらないノンパラメトリックな推定方法により分光感度 x の近似解を得ることもできる

10

20

30

40

50

。

【 0 0 5 3 】

【 数 2 】

$$x = \operatorname{argmin}_x \left\{ \|Ax - b\|_2^2 + \lambda \|x_0 - x\|_{\Sigma^{-1}}^2 \right\}$$

【 0 0 5 4 】

なお、 x_0 は、分光感度の代表値であり、 Σ^{-1} は、分光感度の共分散行列である。

【 0 0 5 5 】

イメージセンサ 1 0 0 は、局所画像ごとの分光感度 x を測定することができるので、複数の分光感度 x からイメージセンサの面全体における分光感度 X を算出することができる（ステップ S 0 0 7）。即ち、イメージセンサ 1 0 0 は、局所領域 2 1 0 を撮像した後、その局所領域 2 1 0 とは異なる局所領域を撮像して、それぞれ分光感度 x を測定し、複数の分光感度 x からイメージセンサの面全体における分光感度 X を算出することができる。

10

【 0 0 5 6 】

なお、イメージセンサ 1 0 0 は、局所領域 2 1 0 を撮像した後、撮像した局所領域 2 1 0 に隣接する 1 以上の色単位（即ち、パッチ単位）で撮像領域 IR を変更し、繰り返し撮像することができる。なお、イメージセンサ 1 0 0 が撮像する領域を、撮像領域 IR （図 2 参照）という。

【 0 0 5 7 】

イメージセンサ 1 0 0 は、例えば、1 パッチずらして撮像する場合、局所領域 2 0 1 を撮像した後、撮像領域 IR を局所領域 2 0 1 の右側に 1 パッチ分、即ち、1 列分ずらして撮像を行う。なお、撮像領域 IR をずらす量は、1 パッチに限定されるものではない。例えば、撮像領域 IR をずらす量が 2 パッチ分であってもよく、この場合、右側に 2 列分ずらして撮像を行う。

20

【 0 0 5 8 】

また、イメージセンサ 1 0 0 は、局所領域 2 1 0 ごとに繰り返し撮像することができるので、例えば、局所領域 2 0 1 から撮像を開始した場合、局所領域 2 0 1 から局所領域 2 0 3 まで、1 パッチずつ撮像することができる。さらに、イメージセンサ 1 0 0 は、下方向にも 1 パッチずつずらして撮像することができるので、例えば、局所領域 2 0 1 から局所領域 2 0 3 まで撮像した後、撮像領域 IR を局所領域 2 0 1 から下方向に 1 パッチずらし、再び右方向に 1 パッチずつ撮像することができる。

30

【 0 0 5 9 】

このように、イメージセンサ 1 0 0 は、複数の局所領域 2 1 0 に対応する複数の局所画像の分光感度 x を測定する。これにより、イメージセンサ 1 0 0 は、測定した複数の局所画像の分光感度 x から補間処理を行い、イメージセンサ 1 0 0 の面全体における分光感度 X を算出する。なお、補間処理は、公知の補間処理を適用することができ、一例として、バイリニア補間やスプライン補間等が適用可能である。また、イメージセンサ 1 0 0 の面全体とは、イメージセンサ 1 0 0 が光を受光する面全体をいう。例えば、イメージセンサ 1 0 0 がフォトダイードを備えるときは、フォトダイオードの受光面の全体をいう。

40

【 0 0 6 0 】

以上説明したように、第 1 の実施形態のイメージセンサ 1 0 0 の分光感度測定方法では、少なくとも 2 種以上の色から構成される局所領域 2 1 0 を複数有するチャート 2 0 0 を、局所領域 2 1 0 ごとに撮像する。また、第 1 の実施形態のイメージセンサ 1 0 0 の分光感度測定方法は、撮像された局所領域 2 1 0 に基づいて、局所領域に対応する局所画像の画素値 b を測定する。そして、第 1 の実施形態のイメージセンサ 1 0 0 の分光感度測定方法は、測定された局所画像の画素値 b と、局所領域の分光特性 A とに基づいて、その局所画像の分光感度 x を測定し、複数の分光感度 x からイメージセンサの面全体における分光感度 X を算出する。

【 0 0 6 1 】

50

これにより、本技術に係る第１の実施形態のイメージセンサ１００の分光感度測定方法は、単一波長の光源の波長を変化させる必要が無いため、長時間を要せずに分光感度を測定することができる。特に、第１の実施形態のイメージセンサ１００の分光感度測定方法は、チャート２００の局所領域２１０をパッチ単位で細かく分割し、分光特性を測定することができるので、イメージセンサの面全体における分光感度を高精度に測定することができる。

【００６２】

< ３．第２の実施形態の分光感度測定方法（測定方法２）>

本技術に係る第２の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法は、局所領域を複数回撮像して、複数の局所画像から平均画像を生成することと、生成された平均画像の画素値を測定することと、測定された平均画像の画素値と、局所領域の分光特性とに基づいて、その平均画像の平均分光感度を測定し、複数の平均分光感度からイメージセンサの面全体における平均分光感度を算出すること、を含む、イメージセンサの分光感度測定方法である。

【００６３】

第２の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法では、第１の実施形態で説明したフローチャートのステップＳ００１において、イメージセンサ１００が、局所領域２１０を複数回撮像する。例えば、第２の実施形態のイメージセンサ１００の分光感度測定方法では、同一の局所領域２１０を複数回撮像することにより、複数の局所画像を生成することができる。そして、イメージセンサ１００は、複数の局所画像から平均画像を生成する。

【００６４】

これにより、第２の実施形態のイメージセンサ１００の分光感度測定方法では、ステップＳ００３において、その生成された平均画像の画素値を測定することができる。また、第２の実施形態のイメージセンサ１００の分光感度測定方法では、ステップＳ００５において、イメージセンサ１００が、測定された平均画像の画素値ｂと、局所領域の分光特性Ａとに基づいて、その平均画像の平均分光感度を測定する。そして、第２の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法では、ステップＳ００７において、複数の平均分光感度からイメージセンサの面全体における平均分光感度を算出することができる。

【００６５】

以上説明したように、第２の実施形態のイメージセンサ１００の分光感度測定方法では、局所領域２１０を複数回撮像して、複数の局所画像から平均画像を生成する。また、第２の実施形態のイメージセンサ１００の分光感度測定方法では、生成された平均画像の画素値ｂを測定し、測定された平均画像の画素値ｂと、局所領域の分光特性Ａとに基づいて、その平均画像の平均分光感度を測定する。これにより、第２の実施形態のイメージセンサ１００の分光感度測定方法では、複数の平均分光感度からイメージセンサの面全体における平均分光感度を算出することができる。

【００６６】

< ４．第３の実施形態の分光感度測定方法（測定方法３）>

本技術に係る第３の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法は、撮像される撮像面内で分光反射率が略一定の補正用チャートを撮像することと、撮像された補正用チャートに基づいて、補正用チャートに対応する第１の補正画像を用いて、チャート画像の輝度ムラを補正する、第１の補正をすることを含む、イメージセンサの分光感度測定方法である。

【００６７】

第３の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法では、第１の実施形態で説明したフローチャートの処理に加えて、さらに、イメージセンサ１００が、分光反射率が一定の補正用チャートを撮像し、シェーディングを測定する。これにより、第３の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法は、チャート２００（又は局所領域２１０）を撮像して得られた画像に対して、第１の補正としてのシェーディング補正を行うことができる。

【 0 0 6 8 】

図 4 に、本技術に係る第 3 の実施形態に係るイメージセンサ 1 0 0 の分光感度測定方法のシェーディング補正を実行する場合のフローチャートの一例を示す。図 4 は、第 1 の実施形態に係るイメージセンサ 1 0 0 の分光感度測定方法において、シェーディング補正を実行する場合のフローチャートである。なお、図 3 のイメージセンサ 1 0 0 の分光感度測定方法と同一の処理には同一の符号を付し、説明を適宜省略するものとする。

【 0 0 6 9 】

まず、イメージセンサ 1 0 0 は、撮像される撮像面内で分光反射率が略一定の補正用チャートを撮像し、シェーディングを測定する（ステップ S 1 0 1）。ここで、分光反射率が略一定とは、例えば、補正用チャートの分光反射率の 5 0 % を基準とした場合、分光反射率が 4 8 % から 5 2 % となる分光反射率を略一定とする。即ち、例えば、分光反射率を所定の基準値（例えば、5 0 %）に対し、± 2 % の幅を略一定と規定することができる。また、分光反射率が一定とは、略一定に含まれるものとする。また、基準値となる 5 0 % は、所望の値に設定することができる。

10

【 0 0 7 0 】

イメージセンサ 1 0 0 は、補正用チャートを撮像すると、シェーディング補正関数 s を示す次式を適用し、シェーディング補正データを求める。

【 数 3 】

$$s(b) = Ax$$

20

【 0 0 7 1 】

次に、イメージセンサ 1 0 0 は、局所領域 2 1 0 ごとに撮像し、その局所領域 2 1 0 に対応する局所画像を生成する（ステップ S 0 0 1）。イメージセンサ 1 0 0 は、局所領域 2 1 0 に基づいて、局所領域 2 1 0 に対応する局所画像の画素値 b を測定する（ステップ S 0 0 3）。

【 0 0 7 2 】

次に、イメージセンサ 1 0 0 は、画素値 b にシェーディング補正関数 s を適用することにより、輝度ムラを補正することができる（ステップ S 1 0 3）。

30

【 0 0 7 3 】

そして、イメージセンサ 1 0 0 は、第 1 の実施形態に係るイメージセンサ 1 0 0 の分光感度測定方法と同様に、T i k h o n o v 正則化を適用し、次式により、輝度ムラを補正したセンサの分光感度 x を求めることができる（ステップ S 0 0 5）。

【 数 4 】

$$x = \arg \min_x \left\{ \|Ax - s(b)\|_2^2 + \lambda \|Fx\|_2^2 \right\}$$

【 0 0 7 4 】

なお、 λ は、正則化パラメータを意味し、 F は、1 次微分方程式、2 次微分方程式からなる微分行列とする。

40

【 0 0 7 5 】

なお、ステップ S 1 0 1 では、補正用チャートを 1 回撮像するようになっていたが、補正用チャートを複数回撮像し、白平均画像を生成するようにしてもよい。この場合、イメージセンサ 1 0 0 は、補正用チャートを複数回撮像した白平均画像を、本技術の第 1 の実施形態に適用できるだけでなく、本技術の第 2 の実施形態にも適用することができる。

【 0 0 7 6 】

また、シェーディング補正データの算出方法は、式（3）に限定されるものではない。例えば、イメージセンサ 1 0 0 は、局所領域 2 1 0 を撮像し、局所画像の輝度値を足した

50

値を元に撮像面内での輝度を評価し、その逆関数をシェーディング補正関数とすることもできる。

【 0 0 7 7 】

また、イメージセンサ 1 0 0 は、チャート 2 0 0 を用いて局所領域 2 1 0 を撮像することにより、補正用チャートに相当するデータを生成することができる。

【 0 0 7 8 】

図 5 に、補正用チャートに相当するシェーディング補正データの測定方法を示す。図 5 は、シェーディング補正データを測定する場合の概念を示した説明図である。

【 0 0 7 9 】

図 5 A では、チャート 2 0 0 の各局所領域 2 1 0 の一部に分光反射率が略一定の領域があることを示している。イメージセンサ 1 0 0 は、例えば、分光反射率が略一定の領域として、局所領域 2 0 1 の白色領域 2 0 1 W、局所領域 2 0 2 の白色領域 2 0 2 W、局所領域 2 0 3 の白色領域 2 0 3 W、局所領域 2 0 4 の白色領域 2 0 4 W、局所領域 2 0 5 の白色領域 2 0 5 W、局所領域 2 0 6 の白色領域 2 0 6 W、局所領域 2 0 7 の白色領域 2 0 7 W、局所領域 2 0 8 の白色領域 2 0 8 W 及び局所領域 2 0 9 の白色領域 2 0 9 W を撮像する。

【 0 0 8 0 】

これにより、イメージセンサ 1 0 0 は、分光反射率が略一定の領域であるチャート 2 0 0 の 9 つの白色領域 2 0 1 W ~ 白色領域 2 0 9 W を撮像領域 I R に含めることができる。そして、イメージセンサ 1 0 0 は、9 つの白色領域 2 0 1 W ~ 白色領域 2 0 9 W の撮像データを補間することにより、図 5 B に示すシェーディング補正データ C C を生成することができる。

【 0 0 8 1 】

ここで、照明のムラは、低周波な変化であるため、離散的なデータでも十分な精度で補間することができる。さらに、イメージセンサ 1 0 0 は、撮像した画像データから輝度画像を生成することができるので、シェーディング補正を実行することができる。

【 0 0 8 2 】

< 5 . 第 4 の実施形態の分光感度測定方法 (測定方法 4) >

本技術に係る第 4 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法は、局所領域を遮光した状態でノイズ除去用画像を撮像することと、撮像されたノイズ除去用画像に基づいて、ノイズ除去用画像に対応する第 2 の補正画像を用いて、チャート画像の固定パターンノイズを除去する、第 2 の補正をすることを含む、イメージセンサの分光感度測定方法である。

【 0 0 8 3 】

第 4 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法では、第 1 の実施形態で説明したフローチャートの処理に加えて、さらに、イメージセンサ 1 0 0 が、局所領域 2 1 0 を遮光した状態でノイズ除去用画像を撮像する。これにより、第 4 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法では、撮像されたノイズ除去用画像に基づいて、ノイズ除去用画像に対応する第 2 の補正画像を用いて、第 2 の補正としての固定パターンノイズを除去する補正をすることができる。

【 0 0 8 4 】

図 6 に、本技術に係る第 4 の実施形態のイメージセンサ 1 0 0 の分光感度測定方法の固定パターンノイズを除去する補正を実行する場合のフローチャートの一例を示す。図 6 は、第 1 の実施形態に係るイメージセンサ 1 0 0 の分光感度測定方法において、固定パターンノイズを除去する補正を実行する場合のフローチャートである。なお、図 3 のイメージセンサ 1 0 0 の分光感度測定方法と同一の処理には、同一の符号を付し、説明を適宜省略するものとする。

【 0 0 8 5 】

まず、イメージセンサ 1 0 0 は、局所領域 2 1 0 を遮光した状態でノイズ除去用画像を撮像する (ステップ S 2 0 1) 。イメージセンサ 1 0 0 は、ノイズ除去用画像を撮像する

10

20

30

40

50

ことにより、固定パターンノイズを測定することができる。

【0086】

次に、イメージセンサ100は、局所領域210ごとに撮像し、その局所領域210に対応する局所画像を生成する（ステップS001）。

【0087】

そして、イメージセンサ100は、局所領域210に対応する局所画像の画素ごとに固定パターンノイズを除去する（ステップS203）。

【0088】

これにより、イメージセンサ100は、固定パターンノイズを除去した局所画像の画素値を測定する（ステップS003）。

10

【0089】

このように、本技術に係る第4の実施形態のイメージセンサ100の分光感度測定方法は、局所画像の固定パターンノイズを除去することができるので、分光感度の測定を高精度に行うことができる。なお、本技術に係る第4の実施形態のイメージセンサ100の分光感度測定方法は、第1の実施形態のイメージセンサ100の分光感度測定方法に適用できるだけでなく、第2の実施形態又は第3の実施形態のイメージセンサ100の分光感度測定方法にも重畳して適用することができる。

【0090】

例えば、ステップS201では、ノイズ除去用画像を1回撮像するようになっていたが、ノイズ除去用画像を複数回撮像し、平均画像を生成するようにしてもよい。この場合、イメージセンサ100は、ノイズ除去用画像を複数回撮像した平均画像を、本技術の第1の実施形態のイメージセンサ100の分光感度測定方法に適用できるだけでなく、本技術の第2の実施形態又は第3の実施形態のイメージセンサ100の分光感度測定方法にも重畳して適用することができる。

20

【0091】

< 6 . 第5の実施形態の分光感度測定方法（光源とチャートの例1） >

本技術に係る第5の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法は、前記チャートを構成する色が、少なくとも1種以上の光源により生成され、当該チャートが、分光感度を測定するイメージセンサにLED又はレーザ光等、様々な光源による光を照射することを含む、イメージセンサの分光感度測定方法である。

30

【0092】

本技術に係る第5の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法によれば、チャートが、分光感度を測定するイメージセンサに、例えば、LED又はレーザ光を照射することができるので、イメージセンサは、狭帯域の光源を使用して、その波長の分光感度を直接測定することができる。

【0093】

図7に、本技術に係る第5の実施形態のイメージセンサ100の分光感度測定方法を示す。図7は、本技術に係る第5の実施形態のイメージセンサ100の分光感度測定方法として、チャート224がイメージセンサ100に光を照射し、イメージセンサ100の分光感度の測定方法を示した説明図である。

40

【0094】

図7Aは、チャート224が光源220により構成され、イメージセンサ100に光を照射する構成を示した説明図である。また、図7Bは、チャート224が照射する光の構成例を示した説明図である。

【0095】

図7Aに示すように、チャート224は、光源220により構成されている。チャート224を構成する色は、少なくとも1種以上の光源により生成されている。例えば、光源220は、青色光源221、緑色光源222及び赤色光源223を有している。また、光源220は、第1のミラー231、第2のミラー232及び第3のミラー233を有している。なお、図7Aでは、光源が3つの場合を例示しているが、光源の数は3つに限定さ

50

れるものではない。例えば、第 5 の実施形態では、光源を 10 個程度、設けるようにしてもよい。この場合、紫外線や赤外線なども含めるようにしてもよい。

【0096】

第 1 のミラー 231 は、青色光源 221 から出射された光をイメージセンサ 100 に向けて反射する。第 2 のミラー 232 は、緑色光源 222 から出射された光をイメージセンサ 100 に向けて反射する。第 3 のミラー 233 は、赤色光源 223 から出射された光をイメージセンサ 100 に向けて反射する。

【0097】

図 7B に示すように、チャート 224 は、青色光源 221A、緑色光源 222A 及び赤色光源 223A の光をイメージセンサ 100 に照射することができる。

10

【0098】

これにより、本技術に係る第 5 の実施形態のイメージセンサ 100 の分光感度測定方法では、チャート 224 は、例えば、狭帯域光源を使用して、イメージセンサ 100 に LED 又はレーザ光を照射することができるので、波長を高精度に測定することができる。

【0099】

< 7. 第 6 の実施形態の分光感度測定方法（光源とチャートの例 2）>

本技術に係る第 6 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法は、チャートが、検知可能な被写体として形成され、そのチャートの一部にマーカーが設けられ、マーカーの位置がイメージセンサに検知された後、局所領域ごとの撮像が開始されることを含む、イメージセンサの分光感度測定方法である。

20

【0100】

本技術に係る第 6 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法によれば、イメージセンサ 100 がチャート 200 の一部であるマーカーを検知すると、イメージセンサ 100 の分光感度測定方法を開始することができる。

【0101】

図 8 に、本技術に係る第 6 の実施形態のイメージセンサ 100 の分光感度測定方法の一例として、複数のマーカー 320、マーカー 321、マーカー 322、マーカー 323 及びマーカー 324 がチャート 250 に形成された例を示す。図 8 は、第 6 の実施形態のイメージセンサ 100 の分光感度測定方法として、複数のマーカー 320、マーカー 321、マーカー 322、マーカー 323 及びマーカー 324 が形成されたチャート 250 を示した説明図である。

30

【0102】

第 6 の実施形態では、チャート 250 は、検知可能な被写体として形成される。そして、チャート 250 には、5 つのマーカー 320 ~ 324 が設けられている。例えば、マーカー 320 は、チャート位置検出用光源として、青色を点灯する。マーカー 321 は、チャート位置検出用光源として、赤色を点灯する。マーカー 322 は、チャート位置検出用光源として、緑色を点灯する。マーカー 323 は、チャート位置検出用光源として、黄色を点灯する。マーカー 324 は、チャート位置検出用光源として、シアン色を点灯する。

【0103】

例えば、5 つのマーカー 320 ~ 324 のうち、少なくともいずれかのマーカーが点灯し、点灯しているマーカーをイメージセンサ 100 が検知すると、その点灯するマーカーの位置が検出され、イメージセンサ 100 は、検知したマーカーを消灯させる。

40

【0104】

これにより、本技術に係る第 6 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法では、イメージセンサ 100 が、検知したマーカーのチャート位置検出用光源を消灯させ、局所領域 210 ごとに撮像を開始することができる。第 6 の実施形態のイメージセンサ 100 の分光感度測定方法では、イメージセンサ 100 が撮像開始位置を特定することができるので、チャート 250 のパッチの分光特性が変化することを防止することができる。

【0105】

なお、マーカー 320 ~ 324 は、5 つに限定されるものではなく、チャート位置検出

50

用光源として光源の数を増やしてもよい。この場合、光源の数が増えることにより、マーカを検知する精度を向上させることができる。

【 0 1 0 6 】

また、マーカー 3 2 0 ~ 3 2 4 は、光源の色数を増やし、検知される情報を増やすことも可能である。なお、マーカー 3 2 0 ~ 3 2 4 は、光源に限定されるものではなく、イメージセンサ 1 0 0 で検知することが可能な被写体であってもよい。例えば、マーカーの代わりに光学フィルタや塗料を適用することにより、本技術に係る第 6 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法が適用可能である。

【 0 1 0 7 】

< 8 . 第 7 の実施形態の分光感度測定方法 (光源とチャートの例 3) >

本技術に係る第 7 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法は、チャートに 2 以上の照明光が照射され、その照射によって反射された反射光に基づき局所領域を撮像することを含む、イメージセンサの分光感度測定方法である。

【 0 1 0 8 】

本技術に係る第 7 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法によれば、例えば、チャートに複数の光源を照射し、その反射した光を撮像することができる。さらに、複数のチャートを設け、複数の照明の照明光が複数のチャートに照射して、その照射によって反射された反射光に基づいて局所領域を撮像するようにしてもよい。また、照明光は、例えば、LED 又はレーザ光であって、反射された LED 又はレーザ光に基づき局所領域を撮像するようにしてもよい。また、照明光は、ハロゲンランプ、キセノンランプ又は蛍光灯等であって、反射されたハロゲンランプ、キセノンランプ又は蛍光灯等に基づき局所領域を撮像するようにしてもよい。

【 0 1 0 9 】

図 9 に、本技術に係る第 7 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法を示す。図 9 は、第 7 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法として、3 枚のチャート 2 0 0、チャート 2 4 1 及びチャート 2 4 2 に、3 つの照明 3 0 0、照明 3 0 1 及び照明 3 0 2 が照明光を照射していることを示した説明図である。

【 0 1 1 0 】

第 7 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法では、例えば、1 枚のチャート 2 0 0 に 3 つの照明 3 0 0、照明 3 0 1 及び照明 3 0 2 の照明光を照射することができるので様々な波長の分光測定を行うことができる。また、3 枚のチャート 2 0 0、チャート 2 4 1 及びチャート 2 4 2 に、3 つの照明 3 0 0、照明 3 0 1 及び照明 3 0 2 の照明光を照射することもできるので、より一層、様々な波長の分光感度を測定することができる。

【 0 1 1 1 】

< 9 . 第 8 の実施形態の分光感度測定方法 (光源とチャートの例 4) >

本技術に係る第 8 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法は、チャートが、波長を連続的に変化させ、所定の波長を出力することを含む、イメージセンサの分光感度測定方法である。

【 0 1 1 2 】

本技術に係る第 8 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法では、波長を連続的に変化させて所定の波長を出力するチャートであればよく、透過式であっても反射式であっても良い。以下、透過式のチャートを用いて、波長を連続的に変化させる場合について、説明する。なお、反射式のチャートの場合については、プリズムを用いることにより所定の波長を出力することができる。

【 0 1 1 3 】

本技術に係る第 8 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法は、チャートが透過式のチャートにより形成されている。透過式チャートは、局所領域が撮像され、局所領域と対向する位置に局所画像が生成され、局所画像が生成されるチャートの逆側から、光を照射するバックライト光源が分光感度を測定するイメージセンサに光を照射する。

【 0 1 1 4 】

本技術に係る第 8 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法によれば、例えば、バックライト光源を用いて、透過式のチャートを通った光をイメージセンサが撮影することができる。なお、透過式のチャートとして、ガラスフィルタやリニアバリアブルフィルタなどを用いることができる。

【 0 1 1 5 】

図 1 0 に、本技術に係る第 8 の実施形態のイメージセンサ 1 0 0 の分光感度測定方法において、チャート 2 0 0 がリニアバリアブルフィルタで構成され、イメージセンサ 1 0 0 に光を照射する一例を示す。図 1 0 は、第 8 の実施形態のイメージセンサ 1 0 0 の分光感度測定方法として、バックライト光源 3 3 0 を用いてイメージセンサ 1 0 0 に光を照射する分光感度測定方法の一例を示す説明図である。なお、図 1 0 において、「右」とは、図 1 0 中において右方向を意味し、「下」とは、図 1 0 中において下方向を意味するものとする。

10

【 0 1 1 6 】

図 1 0 に示すように、バックライト光源 3 3 0 は、バックライト 3 3 1 と、リニアバリアブルフィルタ 3 3 2 と、ガラス基板 3 3 3 とを備えている。

【 0 1 1 7 】

バックライト 3 3 1 は、リニアバリアブルフィルタ 3 3 2 の右側から、左方向に位置するイメージセンサ（図示せず）に向けて光を照射する。バックライト 3 3 1 は、例えば、ハロゲンランプやキセノンランプ等を光源として、リニアバリアブルフィルタ 3 3 2 を介して様々な波長の光をイメージセンサ（図示せず）に照射する。

20

【 0 1 1 8 】

リニアバリアブルフィルタ 3 3 2 は、多層膜フィルタの入射位置を長手方向に移動させることで、波長を連続的に変化させ、所定の波長を出力することができる楔形のフィルタである。リニアバリアブルフィルタ 3 3 2 は、分光特性が線形に変化するため、照射する色を増やすことができる。

【 0 1 1 9 】

ガラス基板 3 3 3 は、バックライト光源 3 3 0 の出射側に設けられる。ガラス基板 3 3 3 は、リニアバリアブルフィルタ 3 3 2 を保護するために設けられる。

【 0 1 2 0 】

本技術に係る第 8 の実施形態のイメージセンサ 1 0 0 の分光感度測定方法によれば、バックライト 3 3 1 とリニアバリアブルフィルタ 3 3 2 との組み合わせによって、イメージセンサ 1 0 0 に照射する色数を増やすことができるため、分光感度を測定する際の解を安定させることができる。

30

【 0 1 2 1 】

< 1 0 . 第 9 の実施形態の分光感度測定方法（光源とチャートの例 5 ） >

本技術に係る第 9 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法は、チャートが透過式のチャートにより形成され、局所領域が撮像され、局所領域と対向する位置に局所画像が生成され、局所画像が生成されるチャートの逆側から、光を照射するバックライト光源が分光感度を測定するイメージセンサに光を照射することを含む、イメージセンサの分光感度測定方法である。

40

【 0 1 2 2 】

本技術に係る第 9 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法によれば、例えば、バックライト光源を用いて、透過式のチャートを通った光をイメージセンサが撮影することができる。なお、透過式のチャートとして、ガラスフィルタを用いることができる。

【 0 1 2 3 】

図 1 1 に、本技術に係る第 8 の実施形態のイメージセンサ 1 0 0 の分光感度測定方法において、チャート 2 0 0 がガラスフィルタで構成され、イメージセンサ 1 0 0 に光を照射する一例を示す。図 1 1 は、第 9 の実施形態のイメージセンサ 1 0 0 の分光感度測定方法において、バックライト光源 3 4 0 を用いてイメージセンサ 1 0 0 に光を照射する分光感度測定方法の一例を示す説明図である。なお、図 1 0 と同一の構成には同一の符号を付し

50

て、説明を適宜省略する。また、図 1 1 において、「右」とは、図 1 1 中に対して右方向を意味し、「下」とは、図 1 1 中に対して下方向を意味するものとする。

【0 1 2 4】

図 1 1 に示すように、バックライト光源 3 4 0 は、バックライト 3 3 1 と、ガラスフィルタ 3 3 4 と、ガラス基板 3 3 3 とを備えている。

【0 1 2 5】

バックライト 3 3 1 は、透過式のチャート 2 0 0 であるガラスフィルタ 3 3 4 に、例えば、白色光を照射する。なお、バックライト 3 3 1 は、白色光に限定されるものではなく、例えば、ハロゲンランプやキセノンランプ等を光源として、ガラスフィルタ 3 3 4 を介して様々な波長の光をイメージセンサ（図示せず）に照射してもよい。

10

【0 1 2 6】

ガラスフィルタ 3 3 4 は、一例として、例えば、バックライト 3 3 1 から白色光が照射されることにより、チャート 2 0 0 が有する色をイメージセンサ 1 0 0 に向けて照射する。ガラスフィルタ 3 3 4 は、様々な光源が適用可能なバックライト 3 3 1 から照射されるため、照射された様々な光源に対応する波長の光を、イメージセンサに照射することができる。また、ガラスフィルタ 3 3 4 は、空間方向に複数のガラスフィルタを備えるようにしてよい。例えば、図 2 に示したチャート 2 0 0 において、ガラスフィルタ 3 3 4 は、色を構成する 1 パッチに 1 つのガラスフィルタを適用し、複数のガラスフィルタから構成されるようにしてもよい。この場合、ガラスフィルタ 3 3 4 は、ガラスフィルタの透過率を周期的に変化させるようにしてもよい。なお、空間方向とは、図 2 のチャート 2 0 0 において、左下を基準とした場合、右方向と上方向とを空間方向とすることができる。また、空間方向には、平面方向を含ませるようにしてもよい。

20

【0 1 2 7】

本技術に係る第 9 の実施形態のイメージセンサ 1 0 0 の分光感度測定方法によれば、バックライト 3 3 1 に対し、ガラスフィルタ 3 3 4 を用いて透過する光を制御することができるので、分光感度を測定する光を調整することができる。

【0 1 2 8】

< 1 1 . 第 1 0 の実施形態の分光感度測定方法（チャートの例）>

本技術に係る第 1 0 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法は、チャートには、2 種以上の色が空間方向に所定の繰り返しによって配列されることを含む、イメージセンサの分光感度測定方法である。

30

【0 1 2 9】

図 1 2 に、第 1 0 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法において、2 種以上の色が空間方向に配列されるチャートを示す。図 1 2 は、第 1 0 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法において適用可能なチャートを示した説明図である。なお、特に断りがない限り、「右」とは、図 1 2 中の右方向を意味し、「下」とは、図 1 2 中の下方向を意味する。

【0 1 3 0】

図 1 2 に示すように、図 1 2 A には、局所領域 2 1 0 に十分な色数が存在するチャート 2 0 0 A を示す。図 1 2 A のチャート 2 0 0 A は、2 種以上の色が、長手方向及び短手方向に、所定の繰り返しによって配列されている。即ち、十分な色数が存在する局所領域 2 1 0 が、チャート 2 0 0 A の長手方向及び短手方向に繰り返し配列されている。

40

【0 1 3 1】

図 1 2 B には、2 種以上の色が、同心円状の半径方向に、所定の繰り返しによって配列されているチャート 2 0 0 B を示す。図 1 2 B の場合も同様に、チャート 2 0 0 B の一部を形成する局所領域には十分な色数が存在する。

【0 1 3 2】

第 1 0 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法では、例えば、図 1 2 A に示すように、十分な色数が存在する局所領域 2 1 0 が、長手方向である右方向や短手方向である下方向に繰り返し設けられていればよい。また、第 1 0 の実施形態のイメージセンサの

50

分光感度測定方法は、これに限定されるものではなく、図 1 2 B に示すように、十分な色数が存在する局所領域が、同心円状の半径方向に繰り返し設けられていてもよい。この場合、同心円状の半径方向も空間方向に含まれる。

【 0 1 3 3 】

本技術に係る第 1 0 の実施形態のイメージセンサの分光感度測定方法では、チャートには、2 種以上の色が、空間方向に所定の繰り返しによって配列されているので、分光測定を高精度に行うことができる。

【 0 1 3 4 】

< 1 2 . 第 1 1 の実施形態の分光感度測定装置の検査方法 >

本技術に係る第 1 1 の実施形態の分光感度測定装置の検査方法は、少なくとも 2 種以上の色から構成される局所領域を複数有するチャートを、その局所領域ごとに撮像する撮像部によって撮像することと、撮像された局所領域に基づいて、局所領域に対応する局所画像の画素値を測定することと、測定された局所画像の画素値と、撮像部の分光感度とに基づいて、局所領域の分光特性を測定することと、測定された分光特性に設けられる所定の閾値に基づいて、撮像部が良品か否かを閾値判定することと、撮像部を含む分光感度測定装置の選別を行うこと、とを含む、分光感度測定装置の検査方法である。

10

【 0 1 3 5 】

本技術に係る第 1 1 の実施形態の分光感度測定装置の検査方法によれば、分光感度測定装置として使用するイメージセンサの不良品検査を行うことができ、使用するイメージセンサの選別をすることができる。

20

【 0 1 3 6 】

なお、第 1 1 の実施形態の分光感度測定装置の検査方法では、撮像部の分光感度を測定する方法として、第 1 の実施形態で示した分光感度測定方法を適用することができる。例えば、第 1 1 の実施形態の分光感度測定装置の検査方法では、第 1 の実施形態で示した分光感度測定方法によって撮像部の分光感度を測定し、この分光感度を使用して、イメージセンサの不良品検査を行うことができる。また、分光感度測定装置は、イメージセンサと別体であっても、又は一体であってもよい。第 1 1 の実施形態では、分光感度測定装置の検査方法が、イメージセンサと一体の場合について説明する。

【 0 1 3 7 】

図 1 3 に、本技術に係る第 1 1 の実施形態の分光感度測定装置の検査方法の一例を示す。図 1 3 は、第 1 1 の実施形態の分光感度測定装置の検査方法として使用する分光感度測定装置の機能ブロック図を示している。

30

【 0 1 3 8 】

図 1 3 に示すように、分光感度測定装置 1 0 1 は、撮像部 1 0 と、画素値測定部 2 0 と、照明情報取得部 3 0 と、分光感度測定部 4 0 と、分光特性測定部 4 1 と、閾値判定部 6 0 と、選別部 7 0 とを備えている。

【 0 1 3 9 】

撮像部 1 0 は、少なくとも 2 種以上の色から構成される局所領域 2 1 0 を複数有するチャート 2 0 0 を、局所領域 2 1 0 ごとに撮像する。

【 0 1 4 0 】

画素値測定部 2 0 は、撮像部 1 0 によって撮像された局所領域 2 1 0 に基づいて、局所領域に対応する局所画像の画素値 b を測定する。

40

【 0 1 4 1 】

照明情報取得部 3 0 は、例えば、照明 3 0 0 の分光強度を取得し、取得した照明 3 0 0 の分光強度とチャート 2 0 0 の分光反射率とにより、チャート 2 0 0 の分光特性 A を取得する。なお、チャート 2 0 0 の分光反射率は、既知として予め取得可能な値である。また、例えば、照明情報取得部 3 0 は、分光感度測定装置 1 0 1 を分光計として機能させ、チャート 2 0 0 の分光特性 A を測定して取得してもよい。なお、照明 3 0 0 とチャート 2 0 0 によって得られる光の特性をチャート分光ともいう。

【 0 1 4 2 】

50

分光感度測定部 40 は、画素値測定部 20 で測定された局所画像の画素値 b と、局所領域 210 の分光特性 A とに基づいて、その局所画像の分光感度 x を測定する。

【0143】

具体的には、分光感度測定部 40 は、次式を適用し、画素値測定部 20 で測定された局所画像の画素値 b と、局所領域 210 の分光特性 A とに基づいて、その局所画像の分光感度 x を測定する。

【0144】

【数 5】

$$b = Ax$$

10

【0145】

なお、局所画像の分光感度 x を求める際、方程式の数が十分な場合は、最小二乗法で分光感度 x を求めることができる。しかしながら、方程式の数が未知数よりも少ない場合には、いわゆる不良設定問題となる。この場合、最小二乗法で分光感度 x を解くことができないが、例えば、Tikhonov 正則化、Wiener 推定、2 次計画法等により分光感度 x を求めることが可能である。

【0146】

一般に、方程式の数が多い方が解が安定する。そのため、方程式の数を増やすためには、撮影するチャート 200 の局所領域 210 の色数を増やすことが望ましい。

【0147】

20

また、分光感度測定部 40 は、分光感度測定装置 101 の分光感度 x の代表値や分散が分かっている場合には、次式のように、分布によらないノンパラメトリックな推定方法により分光感度 x の近似解を得ることもできる。

【0148】

【数 6】

$$x = \operatorname{argmin}_x \left\{ \|Ax - b\|_2^2 + \lambda \|x_0 - x\|_{\Sigma^{-1}}^2 \right\}$$

【0149】

なお、 x_0 は、分光感度の代表値であり、 Σ^{-1} は、分光感度の共分散行列である。

30

【0150】

このように、第 11 の実施形態に係る分光感度測定装置 101 の検査方法では、分光特性測定部 40 が、画素値測定部 20 で測定された局所画像の画素値 b と、局所領域 210 の分光特性 A とに基づいて、その局所画像の分光感度 x を測定する。これにより、第 11 の実施形態に係る分光感度測定装置 101 の検査方法は、測定したこの局所画像の分光感度 x を、既知である撮像部 10 の分光感度 x として扱うことができる。また、分光感度測定装置 101 は、局所領域 210 を撮像した後、その局所領域 210 とは異なる局所領域を撮像して、それぞれ分光感度 x を測定することができる。これにより、分光感度測定部 40 は、例えば、複数の分光感度 x からイメージセンサの面全体における分光感度 X を算出し、撮像部 10 の分光感度 X としてもよい。

40

【0151】

次に、分光特性測定部 41 は、測定された局所画像の画素値 b と、撮像部 10 の分光感度 x とに基づいて、局所領域 210 の分光特性 A_1 を測定する。分光特性測定部 41 は、撮像部 10 で撮像された局所領域 210 の分光特性 A_1 を測定することができる。

【0152】

閾値判定部 60 は、測定された分光特性 A_1 に設けられる所定の閾値に基づいて、撮像部 10 が良品か否かを閾値判定する。この場合、チャート 200 の局所領域 210 の分光特性 A は、既知であるため、分光特性測定部 40 で測定した局所領域 210 の分光特性 A_1 が、所定の閾値以内にあるか否かを判定する。

【0153】

50

選別部 70 は、閾値判定部 60 の判定結果に基づいて、撮像部 10 を含む分光感度測定装置 101 の選別を行う。

【0154】

以上説明したように、第 11 の実施形態の分光感度測定装置 101 の検査方法では、少なくとも 2 種以上の色から構成される局所領域 210 を複数有するチャート 200 を、局所領域 210 ごとに撮像する撮像部 10 により撮像する。第 11 の実施形態の分光感度測定装置 101 の検査方法は、撮像部 10 によって撮像された局所領域 210 に基づいて、局所領域 210 に対応する局所画像の画素値 b を測定する。そして、第 11 の実施形態の分光感度測定装置 101 の検査方法は、測定された局所画像 210 の画素値 b と、既知である撮像部 10 の分光感度 x とに基づいて、局所領域 210 の分光特性 $A1$ を測定する。これにより、第 11 の実施形態の分光感度測定装置 100 の検査方法は、測定された分光特性 $A1$ に設けられる所定の閾値に基づいて、撮像した撮像部 10 が良品か否かを閾値判定し、撮像部 10 を含む分光感度測定装置 101 の選別を行うことができる。

10

【0155】

このように、本技術に係る第 11 の実施形態に係る分光感度測定装置 101 の検査方法は、局所領域 210 の分光特性 $A1$ ごとに撮像部 10 が良品か否か判定することができるので、撮像部 10 を含む分光感度測定装置 100 の選別を高精度に行うことができる。

【0156】

< 13 . 第 12 の実施形態の分光感度測定装置 (第 1 の例) >

本技術に係る第 12 の実施形態の分光感度測定装置は、少なくとも 2 種以上の色から構成される局所領域を複数有するチャートを、局所領域ごとに撮像する撮像部と、撮像部によって撮像された局所領域に基づいて、局所領域に対応する局所画像の画素値を測定する画素値測定部と、画素値測定部で測定された局所画像の画素値と、局所領域の分光特性とに基づいて、その局所画像の分光感度を測定する分光感度測定部と、を備えるイメージセンサの分光感度測定装置である。

20

【0157】

本技術に係る第 12 の実施形態の分光感度測定装置によれば、イメージセンサを分光器として使用することにより、分光感度測定装置の大型化を回避することができる。なお、分光感度測定装置には、第 11 の実施形態で良品と判定された分光感度測定装置を使用することができる。また、第 12 の実施形態の分光感度測定装置は、イメージセンサと別体であっても、又は一体であってもよい。第 12 の実施形態では、分光感度測定装置が、イメージセンサと一体の場合について説明する。

30

【0158】

図 14 に、本技術に係る第 11 の実施形態の分光感度測定装置の構成の一例を示す。図 14 は、第 12 の実施形態に係る分光感度測定装置 102 の構成の一例を示した機能ブロック図である。

【0159】

分光感度測定装置 102 は、撮像部 10 と、画素値測定部 20 と、照明情報取得部 30 と、分光感度測定部 40 とを備えている。

【0160】

撮像部 10 は、少なくとも 2 種以上の色から構成される局所領域 210 を複数有するチャート 200 を、局所領域 210 ごとに撮像する。

40

【0161】

画素値測定部 20 は、撮像部 10 によって撮像された局所領域 210 に基づいて、局所領域に対応する局所画像の画素値 b を測定する。

【0162】

照明情報取得部 30 は、例えば、照明 300 の分光強度を取得し、取得した照明 300 の分光強度とチャート 200 の分光反射率とにより、チャート 200 の分光特性 A を取得する。なお、チャート 200 の分光反射率は、既知として予め取得可能な値である。また、例えば、照明情報取得部 30 は、分光感度測定装置 102 を分光計として機能させ、チ

50

ャート 2 0 0 の分光特性 A を測定して取得してもよい。なお、照明 3 0 0 とチャート 2 0 0 によって得られる光をチャート分光という。

【 0 1 6 3 】

分光感度測定部 4 0 は、画素値測定部 2 0 で測定された局所画像の画素値 b と、局所領域 2 1 0 の分光特性 A とに基づいて、その局所画像の分光感度 x を測定する。

【 0 1 6 4 】

具体的には、分光感度測定部 4 1 は、次式を適用し、画素値測定部 2 0 で測定された局所画像の画素値 b と、局所領域 2 1 0 の分光特性 A とに基づいて、その局所画像の分光感度 x を測定する。

【 0 1 6 5 】

【数 7】

$$b = Ax$$

【 0 1 6 6 】

なお、局所画像の分光感度 x を求める際、方程式の数が十分な場合は、最小二乗法で分光感度 x を求めることができる。しかしながら、方程式の数が未知数よりも少ない場合には、いわゆる不良設定問題となる。この場合、最小二乗法で分光感度 x を解くことができないが、例えば、T i k h o n o v 正則化、W i e n e r 推定、2 次計画法等により分光感度 x を求めることが可能である。

【 0 1 6 7 】

一般に、方程式の数が多い方が解が安定する。そのため、方程式の数を増やすためには、撮影するチャート 2 0 0 の局所領域 2 1 0 の色数を増やすことが望ましい。

【 0 1 6 8 】

また、分光感度測定部 4 0 は、分光感度測定装置 1 0 0 の分光感度 x の代表値や分散が分かっている場合には、次式のように、分布によらないノンパラメトリックな推定方法により分光感度 x の近似解を得ることもできる。

【 0 1 6 9 】

【数 8】

$$x = \operatorname{argmin}_x \left\{ \|Ax - b\|_2^2 + \lambda \|x_0 - x\|_{\Sigma^{-1}}^2 \right\}$$

【 0 1 7 0 】

なお、 x_0 は、分光感度の代表値であり、 Σ^{-1} は、分光感度の共分散行列である。

【 0 1 7 1 】

このように、第 1 2 の実施形態に係る分光感度測定装置 1 0 2 は、画素値測定部 2 0 で測定された局所画像の画素値 b と、局所領域 2 1 0 の分光特性 A とに基づいて、その局所画像の分光感度 x を測定する。

【 0 1 7 2 】

また、分光感度測定部 4 0 は、複数の局所領域 2 1 0 に対応する複数の局所画像の分光感度 x から補間処理を行うことができるので、イメージセンサの面全体における分光感度 x を算出することもできる。なお、補間処理は、公知の補間処理を適用することができ、一例として、例えば、バイリニア補間やスプライン補間等が適用可能である。

【 0 1 7 3 】

このように、分光感度測定装置 1 0 2 は、チャート 2 0 0 よりも撮像領域を細かく分割して分光感度 x を測定することができるので、高精度に分光感度 x を測定することができる。

【 0 1 7 4 】

また、分光感度測定装置 1 0 2 は、撮像部 1 0 により、複数の局所領域 2 1 0 を撮像するようになっている。分光感度測定装置 1 0 2 は、例えば、局所領域 2 0 1 を撮像した後、その局所領域 2 1 0 に隣接する色単位（パッチ単位）で撮像領域 I R を変更し、繰り返

10

20

30

40

50

し撮像することができる。

【0175】

以上説明したように、第12の実施形態に係るイメージセンサの分光感度測定装置102は、局所領域210を複数有するチャート200を局所領域210ごとに撮像する撮像部10と、撮像部10によって撮像された局所領域210に基づいて、その局所領域210に対応する局所画像の画素値を測定する画素値測定部20と、画素値測定部20で測定された局所画像の画素値 b と、局所領域210の分光特性 A とに基づいて、その局所画像の分光感度 x を測定する分光感度測定部40と、を備えている。分光感度測定部40は、複数の分光感度 x からイメージセンサの面全体における分光感度 X を算出することもできる。

10

【0176】

これにより、本技術に係る第12の実施形態のイメージセンサの分光感度測定装置102は、イメージセンサ100を分光器として使用することができるので、分光感度測定装置の大型化を回避することができる。

【0177】

<14. 第13の実施形態の分光感度測定装置(第2の例)>

以下に、本技術に係る第13の実施形態の分光感度測定装置について、説明する。

【0178】

本技術に係る第13の実施形態の分光感度測定装置は、撮像画像に対して補正を行うことができるので、より高精度に分光感度を測定することができる。

20

【0179】

本技術に係る第13の実施形態の分光感度測定装置は、本技術に係る第12の実施形態の分光感度測定装置に、更に補正部を備えるようになっている。なお、第12の実施形態の分光感度測定装置と同一の構成には同一の符号を付し、説明を適宜省略するものとする。また、第13の実施形態の分光感度測定装置は、イメージセンサと別体であっても、又は一体であってもよい。第13の実施形態では、分光感度測定装置が、イメージセンサと一体の場合について説明する。

【0180】

図15に、本技術に係る第13の実施形態の分光感度測定装置103の構成の一例を示す。図15は、第13の実施形態の分光感度測定装置103の構成の一例を示した機能ブロック図である。

30

【0181】

図15に示すように、第13の実施形態の分光感度測定装置103は、第12の実施形態の分光感度測定装置100に、補正部50を更に備えるようになっている。

【0182】

補正部50は、第1の補正部51と、第2の補正部52とを備えている。なお、補正部50は、第1の補正部51と第2の補正部52の両方を備えている必要はなく、例えば、第1の補正部51又は第2の補正部52の少なくともいずれか一方を備えていればよい。

【0183】

第1の補正部51は、補正用チャートに基づいて、補正用チャートに対応する第1の補正画像を用いて、チャート画像の輝度ムラを補正するようになっている。なお、第1の補正画像を、図15において単に画像という。

40

【0184】

第2の補正部52は、ノイズ除去用画像に基づいて、ノイズ除去用画像に対応する第2の補正画像を用いて、チャート画像の固定パターンノイズを除去するようになっている。なお、第2の補正画像を、図15において単に画像という。

【0185】

まず、第1の補正部51による第1の補正処理について説明する。

【0186】

撮像部10Aは、撮像される撮像面内で分光反射率が略一定の補正用チャートを撮像し

50

、シェーディングを測定する。ここで、分光反射率が略一定とは、例えば、補正用チャートの分光反射率の50%を基準とした場合、分光反射率が48%から52%となるチャートを略一定とする。即ち、例えば、分光反射率を所定の基準値（例えば、50%）に対して、±2%の幅を略一定と規定することができる。また、分光反射率が一定とは、略一定に含まれるものとする。また、基準値となる50%は、所望の値に設定することができる。

【0187】

撮像部10Aは、補正用チャートを撮像すると、シェーディング補正関数 s を示す次式を適用し、シェーディング補正データを求める。

【数9】

$$s(b) = Ax$$

10

【0188】

次に、撮像部10Aは、局所領域210ごとに撮像し、その局所領域210に対応する局所画像を生成する。分光感度測定装置100Aは、画素値測定部20Aにおいて、局所領域210に基づいて、局所領域210に対応する局所画像の画素値 b を測定する。

【0189】

次に、分光感度測定装置100Aは、第1の補正部51において、画素値 b にシェーディング補正関数 s を適用することにより、輝度ムラを補正する。

20

【0190】

これにより、分光感度測定装置100Aは、分光感度測定部41において、Tikhonov正則化を適用し、次式により、輝度ムラを補正したセンサの分光感度 x を求めることができる。

【数10】

$$x = \arg \min_x \left\{ \|Ax - s(b)\|_2^2 + \lambda \|Fx\|_2^2 \right\}$$

30

【0191】

なお、 λ は、正則化パラメータを意味し、 F は、1次微分方程式、2次微分方程式からなる微分行列とする。

【0192】

次に、第2の補正部52による第2の補正処理について説明する。

【0193】

まず、撮像部10Aは、局所領域210を遮光した状態でノイズ除去用画像を撮像する。ノイズ除去用画像は、遮光されて撮像されるため、特に、限定されるものではない。撮像部10Aは、ノイズ除去用画像を撮像し、撮像されたノイズ除去用画像に基づいて、ノイズ除去用画像に対応する第2の補正画像を用いて、固定パターンノイズを測定する。

40

【0194】

次に、撮像部10Aは、局所領域210ごとに撮像し、その局所領域210に対応する局所画像を生成する。

【0195】

そして、分光感度測定装置100Aは、第2の補正部52において、局所領域210に対応する局所画像の画素ごとに固定パターンノイズを除去する。

【0196】

これにより、分光感度測定装置100Aは、画素値測定部20Aにおいて、固定パターンノイズを除去した局所画像の画素値 b を測定することができる。

【0197】

50

また、第 13 の実施形態の分光感度測定装置 100 A では、撮像部 10 A が、補正用チャート及びノイズ除去用画像を複数回撮像するようにしてもよい。この場合、撮像部 10 A は、同一の局所領域 210 を複数回撮像する。

【0198】

これにより、撮像部 10 A は、複数回の撮像に基づく平均画像を生成することができる。また、撮像部 10 A は、補正用チャート及びノイズ除去用画像もそれぞれ平均画像を生成することができる。

【0199】

これにより、本技術に係る第 13 の実施形態の分光感度測定装置 100 A は、局所領域 210 に対応する局所画像の平均画像に、補正用チャートの平均画像とノイズ除去用画像の平均画像とによる補正を適用し、複数の平均分光感度 x からイメージセンサの面全体における平均分光感度 X を算出することができる。

【0200】

本技術に係る第 13 の実施形態の分光感度測定装置によれば、撮像画像に対して補正を行うことができるので、より高精度に分光感度を測定することができる。

【0201】

なお、本技術に係る実施形態は、上述した実施形態に限定されるものではなく、本技術の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

【0202】

例えば、第 1 の実施形態から第 13 の実施形態において、イメージセンサ 100 は、撮像する局所領域 210 を 1 パッチずらして繰り返し撮像するようになっていた。イメージセンサ 100 は、局所領域 210 をずらす処理をイメージセンサ 100 の内部で撮像領域 IR をずらしてもよく、また、イメージセンサ 100 自体又はチャート 200 自体が移動する形態であってもよい。

【0203】

また、本明細書に記載された効果はあくまでも例示であって限定されるものではなく、また他の効果があってもよい。

【0204】

また、本技術は、以下のような構成を取ることができる。

[1] 少なくとも 2 種以上の色から構成される局所領域を複数有するチャートを、当該局所領域ごとに撮像することと、

撮像された前記局所領域に基づいて、前記局所領域に対応する局所画像の画素値を測定することと、

測定された前記局所画像の画素値と、前記局所領域の分光特性とに基づいて、当該局所画像の分光感度を測定すること、

とを含む、イメージセンサの分光感度測定方法。

[2] 前記局所領域を撮像した後、当該局所領域とは異なる局所領域を撮像して、それぞれ前記分光感度を測定し、複数の前記分光感度からイメージセンサの面全体における分光感度を算出することを含む、前記 [1] に記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

[3] 前記局所領域を複数回撮像して、複数の前記局所画像から平均画像を生成することと、

生成された前記平均画像の画素値を測定することと、

測定された前記平均画像の画素値と、前記局所領域の分光特性とに基づいて、当該平均画像の平均分光感度を測定し、複数の前記平均分光感度から前記イメージセンサの面全体における平均分光感度を算出すること、

とを含む、前記 [2] に記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

[4] 前記局所領域が撮像された後、撮像された当該局所領域に隣接する 1 以上の色単位で撮像領域を変更し、繰り返し撮像することを含む、前記 [1] 乃至 [3] のいずれか 1 つに記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

[5] 撮像される撮像面内で分光反射率が略一定の補正用チャートを撮像することと、

10

20

30

40

50

撮像された前記補正用チャートに基づいて、前記補正用チャートに対応する第 1 の補正画像を用いて、チャート画像の輝度ムラを補正する、第 1 の補正をすることを含む、前記 [1] 乃至 [4] のいずれか 1 つに記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

[6] 前記局所領域を遮光した状態でノイズ除去用画像を撮像することと、

撮像された前記ノイズ除去用画像に基づいて、前記ノイズ除去用画像に対応する第 2 の補正画像を用いて、チャート画像の固定パターンノイズを除去する、第 2 の補正をすることを含む、前記 [1] 乃至 [5] のいずれか 1 つに記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

[7] 前記チャートに 2 以上の照明光が照射され、その照射によって反射された反射光に基づき前記局所領域を撮像することを含む、前記 [1] 乃至 [6] のいずれか 1 つに記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

[8] 前記照明光は、LED 又はレーザー光であって、

反射された前記 LED 又は前記レーザー光に基づき前記局所領域を撮像する、前記 [7] に記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

[9] 前記チャートを構成する色が、少なくとも 1 種以上の光源により生成され、

前記光源によって生成された色の光を、分光感度を測定するイメージセンサに照射することを含む、前記 [1] 乃至 [8] のいずれか 1 つに記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

[10] 前記チャートが、検知可能な被写体として形成され、

当該チャートの一部にマーカーが設けられ、

前記マーカーの位置が前記イメージセンサに検知された後、前記局所領域ごとの撮像が開始されることを含む、前記 [1] 乃至 [9] のいずれか 1 つに記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

[11] 前記チャートが、波長を連続的に変化させ、所定の波長を出力することを含む、前記 [1] 乃至 [10] のいずれか 1 つに記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

[12] 前記チャートが、透過式のチャートに形成され、

前記局所領域が撮像され、前記局所領域と対向する位置に前記局所画像が生成され、

前記局所画像が生成される前記チャートの逆側から、光を照射するバックライト光源が分光感度を測定するイメージセンサに光を照射することを含む、前記 [11] に記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

[13] 前記チャートが、透過式のチャートに形成され、

前記局所領域が撮像され、前記局所領域と対向する位置に前記局所画像が生成され、

前記局所画像が生成される前記チャートの逆側から、光を照射するバックライト光源が分光感度を測定するイメージセンサに光を照射することを含む、前記 [1] 乃至 [11] のいずれか 1 つに記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

[14] 前記チャートには、前記 2 種以上の色が空間方向に所定の繰り返しによって配列されることを含む、前記 [1] 乃至 [13] のいずれか 1 つに記載のイメージセンサの分光感度測定方法。

[15] 少なくとも 2 種以上の色から構成される局所領域を複数有するチャートを、当該局所領域ごとに撮像する撮像部によって撮像することと、

撮像された前記局所領域に基づいて、前記局所領域に対応する局所画像の画素値を測定することと、

測定された前記局所画像の画素値と、前記撮像部の分光感度とに基づいて、前記局所領域の分光特性を測定することと、

測定された前記分光特性に設けられる所定の閾値に基づいて、前記撮像部が良品か否かを閾値判定することと、

前記撮像部を含む分光感度測定装置の選別を行うことと、

とを含む、分光感度測定装置の検査方法。

[16] 少なくとも 2 種以上の色から構成される局所領域を複数有するチャートを、当該局所領域ごとに撮像する撮像部と、

10

20

30

40

50

前記撮像部によって撮像された前記局所領域に基づいて、前記局所領域に対応する局所画像の画素値を測定する画素値測定部と、

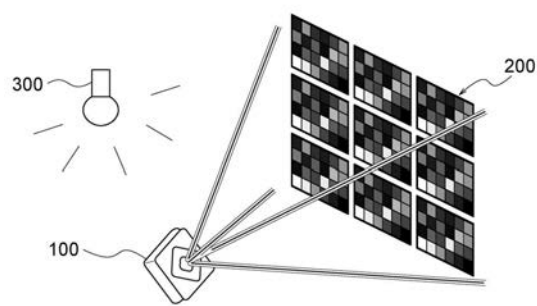
前記画素値測定部で測定された前記局所画像の画素値と、前記局所領域の分光特性とに基づいて、当該局所画像の分光感度を測定する分光感度測定部と、
を備えるイメージセンサの分光感度測定装置。

【符号の説明】

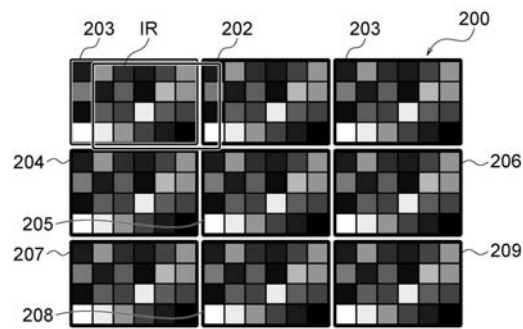
【0205】

10、10A	撮像部	
20、20A	画素値測定部	
30	照明情報取得部	10
40	分光感度測定部	
41	分光特性測定部	
50	補正部	
51	第1の補正部	
52	第2の補正部	
60	閾値判定部	
70	選別部	
100、101、102	分光感度測定装置（イメージセンサ）	
200、200A、200B、220、241、242、250	チャート	
201、202、203、204、205、206、207、208、209、210		20
局所領域		
300	照明	
330、340	バックライト光源	
331	バックライト	
332	リニアバリアブルフィルタ	
333	ガラス基板	
334	ガラスフィルタ	

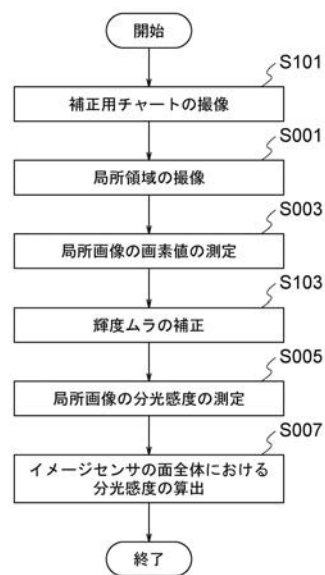
【 図 1 】



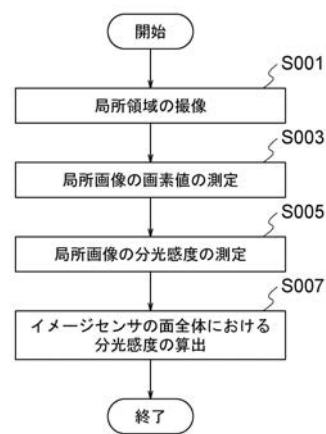
【 図 2 】



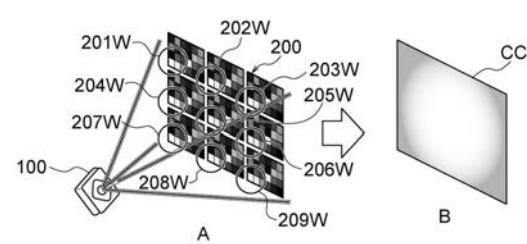
【 図 4 】



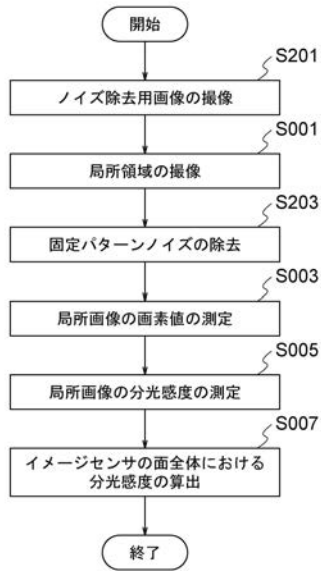
【 図 3 】



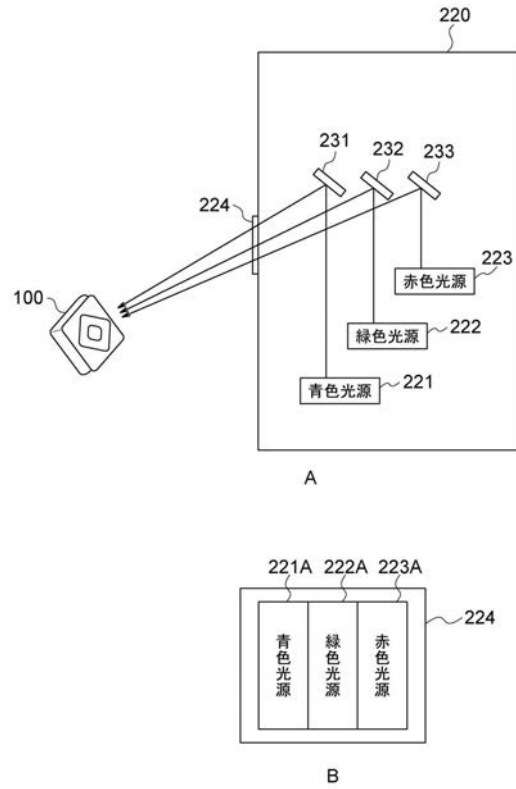
【 図 5 】



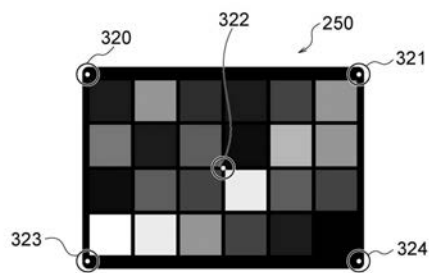
【図 6】



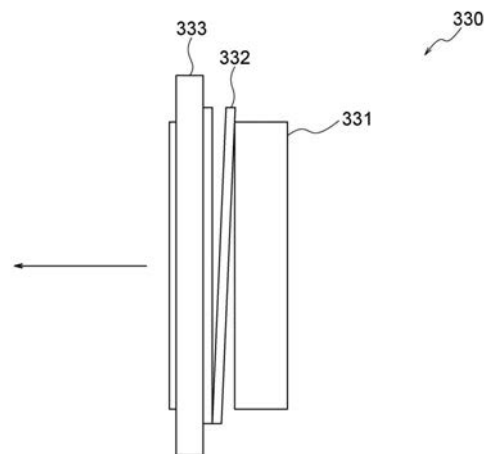
【図 7】



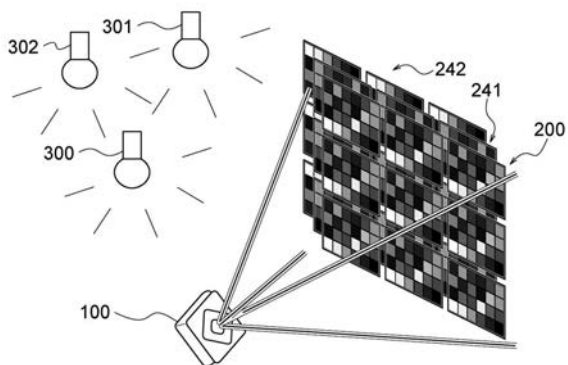
【図 8】



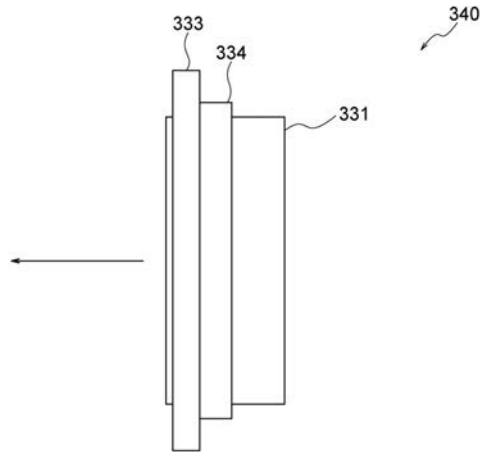
【図 10】



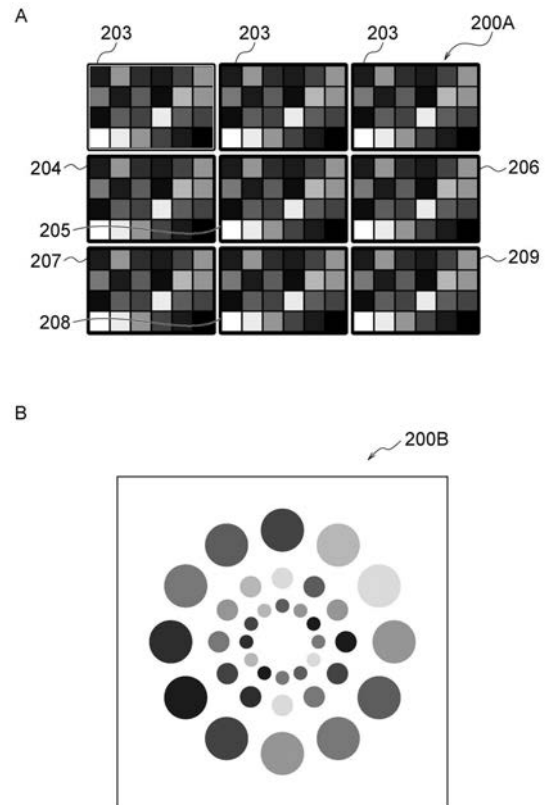
【図 9】



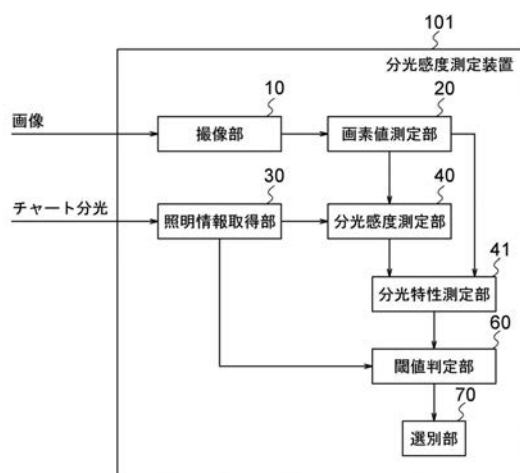
【図 1 1】



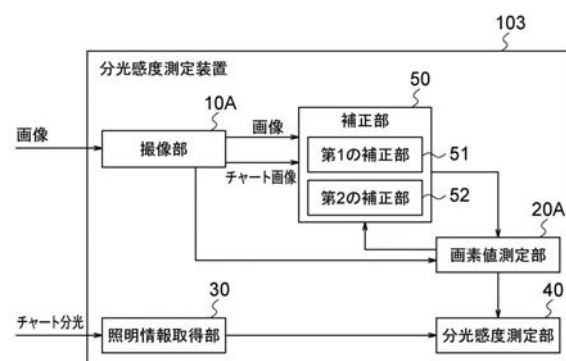
【図 1 2】



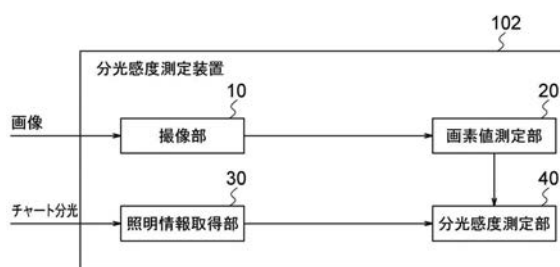
【図 1 3】



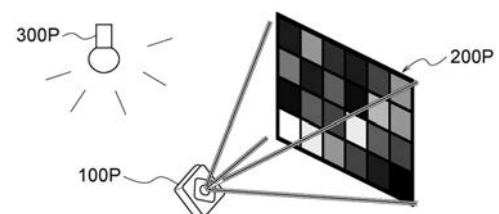
【図 1 5】



【図 1 4】



【図 1 6】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2G020 AA08 CB43 CC28 CC63 CD06 CD24 CD32 CD38 DA05 DA13
DA23 DA32 DA65
5C065 BB22 CC01 FF04 FF05 GG17