

(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2018-72314
(P2018-72314A)

(43) 公開日 平成30年5月10日(2018.5.10)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G01J 3/36 (2006.01)	G01J 3/36	2 G02O
G02B 13/00 (2006.01)	G02B 13/00	2 H087
G01J 3/51 (2006.01)	G01J 3/51	5 B057
HO4N 9/07 (2006.01)	HO4N 9/07	A 5 C065
HO4N 5/225 (2006.01)	HO4N 5/225	5 C122

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全 50 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-114495 (P2017-114495)
 (22) 出願日 平成29年6月9日 (2017.6.9)
 (31) 優先権主張番号 16179722.0
 (32) 優先日 平成28年7月15日 (2016.7.15)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(71) 出願人 514156563
 アイメック・ヴェーゼットウェー
 1 MEC V ZW
 ベルギー、ペーー 3001ルーヴァン、カ
 ペルドリーフ 75番
 (74) 代理人 100101454
 弁理士 山田 阜二
 (74) 代理人 100081422
 弁理士 田中 光雄
 (74) 代理人 100125874
 弁理士 川端 純市
 (74) 代理人 100189544
 弁理士 柏原 啓伸

最終頁に続く

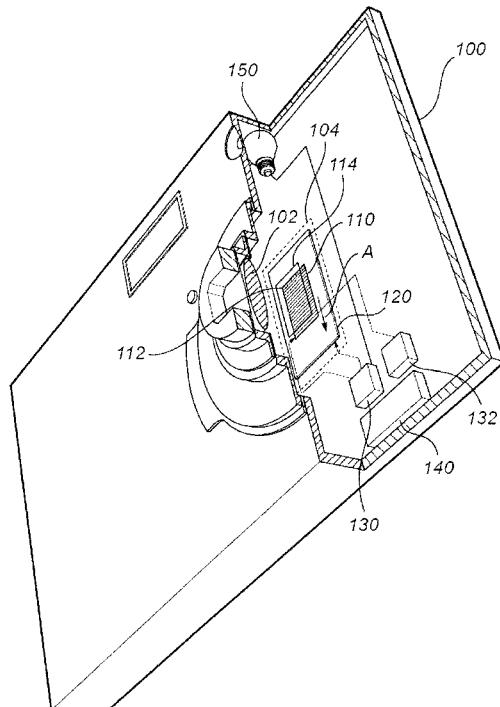
(54) 【発明の名称】 2次元空間分解能およびスペクトル分解能を有する画像を取得する方法および装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 2次元空間分解能およびスペクトル分解能を有する画像を取得する方法を提供する。

【解決手段】 光学系 102 によって像平面 104 上に結像される被写体からの入射光を検出する、センサ表面 110 上の感光領域 112 の行を用いてフレームを取得するステップであって、感光領域の行は異なる波長を受け取るように構成される、ステップと、前記行の長手方向に垂直な方向に、センサ表面を移動させるステップと、被写体上のそれぞれの一に対する異なるスペクトル情報を記録する複数のフレームを取得するために前記取得するステップおよび移動させるステップを繰り返すステップと、画像の複数のチャネルを形成するために、複数のフレームからの情報を結合するステップであって、各チャネルは、それぞれの行内で検出される光に基づいて形成され、固有の波長に対する被写体の2次元画像を表す、ステップと、を含む。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

2次元空間分解能およびスペクトル分解能を有する画像を取得する方法であって、前記方法は、

少なくとも一つのセンサ表面(110)上の感光領域(112)の行を用いて、フレームを取得するステップ(302)であって、前記少なくとも一つのセンサ表面(110)は、少なくとも一つの光学系(102)によって画定される像平面(104)内の少なくとも一つの光学系(102)に関連して構成され、このとき、前記感光領域(112)は、前記少なくとも一つの光学系(102)によって像平面(104)上に結像される被写体からの入射光を検出するように構成され、感光領域(112)の行は、光の異なる波長を受け取るように構成される、ステップ(302)と、

前記感光領域(112)の行の長手方向に垂直な方向に、前記像平面(104)内で、前記少なくとも一つのセンサ表面(110)を移動させるステップ(304)と、

被写体上のそれぞれの位置に対する異なるスペクトル情報を記録する前記少なくとも一つの光学系(102)に関連する、前記少なくとも一つのセンサ表面(110)の異なる位置を用いて、複数のフレームを取得する前記ステップ(302)を繰り返すステップと、

画像の複数のチャネルを形成するために、前記複数のフレームからの情報を結合するステップ(306)であって、各チャネルは、感光領域(112)のそれぞれの行内で検出される光に基づいて形成され、固有の波長に対する被写体の2次元画像を表す、ステップ(306)と、

を含む方法。

【請求項 2】

感光領域(112)の行は波長帯域部に構成され、各波長帯域部は同じ波長の光を受け取るように構成される複数の行を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記少なくとも一つのセンサ表面(110)を移動させるステップは、前記波長帯域部の高さに対応する距離だけ、前記少なくとも一つのセンサ表面(110)を平行移動させることを含む、請求項2に記載の方法。

【請求項 4】

前記少なくとも一つのセンサ表面(110)を移動させるステップは、感光領域(112)内の整数の高さに対応する距離だけ、前記少なくとも一つのセンサ表面(110)を平行移動させるステップを含み、このとき、前記整数は、前記波長帯域部内の行の数よりも小さい、請求項2に記載の方法。

【請求項 5】

2次元空間分解能およびスペクトル分解能を有する画像を取得する装置であって、前記装置(100)は、

少なくとも一つの光学系(102)であって、前記少なくとも一つの光学系(102)の各光学系(102)は、像平面(104)を画定して被写体からの光を前記像平面(104)の方に向けるように構成される、光学系(102)と、

入射光を検出する感光領域(112)を含む少なくとも一つのセンサ表面(110)であって、感光領域(112)の行は光の異なる波長を受け取るように構成される、センサ表面(110)と、

前記少なくとも一つのセンサ表面(110)を担持するように構成されるトランスレータ(120)であって、当該トランスレータ(120)は、前記感光領域(112)の行の長手方向に垂直な方向に、前記像平面(104)内で、前記少なくとも一つのセンサ表面(110)を移動させる、トランスレータ(120)と、を含み、

前記トランスレータ(120)は、前記少なくとも一つのセンサ表面(110)の移動を、複数のフレームの取得と同期させるために制御するように構成され、このとき、前記複数のフレーム内のフレームは、少なくとも一つの光学系(102)からの入射光を受け

10

20

30

40

50

取るために像平面（104）に構成される感光領域（112）の行のサブセットを用いて取得される、装置。

【請求項6】

取得したフレーム内の情報を外部ユニットに送信する通信ユニット（140）をさらに含む、請求項5に記載の装置。

【請求項7】

画像の複数のチャネルを形成するために、複数のフレームからの情報を結合する結合ユニット（132）をさらに含み、各チャネルは、感光領域（112）のそれぞれの行内で検出される光に基づいて形成され、固有の波長に対する被写体の2次元画像を表す、請求項5に記載の装置。

10

【請求項8】

波長帯域部を画定する前記少なくとも一つのセンサ表面（110）に関連して構成される少なくとも一つのフィルタ（114）をさらに含み、各波長帯域部は、同じ波長の光を受け取るように構成される複数の行の感光領域（112）を含む、請求項5～7のうちのいずれか一に記載の装置。

【請求項9】

前記複数の行の数は波長帯域部によって異なる、請求項8に記載の装置。

【請求項10】

一組の隣接する波長帯域部が画像のスペクトル範囲を画定し、前記少なくとも一つのセンサ表面（110）が前記少なくとも一つのセンサ表面（110）上で繰り返される複数組の波長帯域部を含む、請求項8または9に記載の装置。

20

【請求項11】

前記装置は複数のセンサ表面（110）を含み、前記複数のセンサ表面（110）は共通のセンサ平面内に構成され、前記トランスレータ（120）は複数のセンサ表面（110）を含む共通のセンサ平面を担持するように構成される、請求項5～10のうちのいずれか一に記載の装置。

【請求項12】

前記装置は複数の光学系（102）を含み、前記複数の光学系内の各光学系は、像平面上にイメージサークルを画定するように構成され、複数のイメージサークルは共通の像平面上に画定される、請求項5～11のうちのいずれか一に記載の装置。

30

【請求項13】

前記少なくとも一つのセンサ表面（102）は、前記少なくとも一つのセンサ表面（102）を担持する前記トランスレータ（120）によって、前記少なくとも一つのセンサ表面（102）の移動方向に関連して傾けられる、請求項5～12のうちのいずれか一に記載の装置。

【請求項14】

前記装置は、前記トランスレータ（120）を第1の方向に移動させながら、2次元空間分解能およびスペクトル分解能を有する第1の画像を形成する第1の組のフレームを取得するように構成され、

40

前記トランスレータ（120）を第1の方向と反対の第2の方向に移動させながら、2次元空間分解能およびスペクトル分解能を有する第2の画像を形成する第2の組のフレームを取得するように構成される、請求項5～13のうちのいずれか一に記載の装置。

【請求項15】

照明源をさらに含み、前記照明源は、照明光のスペクトルプロファイルを制御するように制御自在である、請求項5～14のうちのいずれか一に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像を取得する方法および装置に関連し、当該画像は2次元空間分解能およ

50

びスペクトル分解能を有する。

【背景技術】

【0002】

ライൻスキャン画像捕捉装置は、被写体の画像が、高いスペクトル分解能で取得されるときにしばしば使用される。ライൻスキャン画像捕捉装置は、一般的に、コンベアベルト上の被写体の遠隔の感知または撮像に使用され得、このとき、当該被写体は撮像センサと関連して移動し得る。

【0003】

ライൻスキャン画像捕捉装置は、撮像センサの画素の行上に被写体の特定の部分を撮像し得る。被写体が移動すると、被写体の特定の部分は、撮像センサの画素の別の行上に撮像される。画素の異なる行は、被写体がセンサ領域を横切って移動するにつれて、高いスペクトルおよび空間分解能を有する画像を得ることができるように、光の異なる波長に対して敏感であることもある。

【0004】

ライൻスキャン画像捕捉装置を用いることは、特定の用途において、例えば、下側の地面を監視する飛行機に設置されるカメラなどの、光が枯渇する状況における遠隔の感知において、およびコンベアベルト上の被写体の撮像において、特に役立つことがある。そのような用途において、画像の行における受け取った光の記録を、センサ表面における被写体の移動速度と同期させることがある。

【0005】

フルスペクトル分解された画像を取得するためには、センサ表面を横切って被写体を移動させる必要があるので、ライൻスキャン画像捕捉装置を用いた被写体の撮像は、それほど高速ではない。また、撮像は、画像捕捉装置と関連する被写体の移動に順応される。

【0006】

ライൻスキャン撮像の概念を他の用途にまで拡張することが望ましい。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の目的は、2次元空間分解能およびスペクトル分解能を有する画像の捕捉を容易にする方法および装置を提供することである。本発明の具体的な目的は、コンパクトかつ比較的簡素なカメラを用いて、高速な方法でハイパースペクトル画像を取得することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明のこれらのおよび他の目的は、独立請求項にて定義される本発明によって少なくとも部分的に満たされる。好ましい実施形態は、従属請求項に記載する。

【0009】

本発明の第1の態様によれば、2次元空間分解能およびスペクトル分解能を有する画像を取得する方法が提供され、

前記方法は、

少なくとも一つのセンサ表面上の感光領域の行を用いて、フレームを取得するステップであって、少なくとも一つのセンサ表面は、少なくとも一つの光学系によって画定される像平面内の少なくとも一つの光学系に関連して構成され、このとき、感光領域は、少なくとも一つの光学系によって像平面上に結像される被写体からの入射光を検出するように構成され、感光領域の行は、光の異なる波長を受け取るように構成される、ステップと、

感光領域の行の長手方向に垂直な方向に、像平面内で、少なくとも一つのセンサ表面を移動させるステップと、

被写体上のそれぞれの位置に対する異なるスペクトル情報を記録する少なくとも一つの光学系に関連する、少なくとも一つのセンサ表面の異なる位置を用いて、複数のフレームを取得するための前記ステップを繰り返すステップと、

10

20

30

40

50

画像の複数のチャネルを形成するために、複数のフレームからの情報を結合するステップであって、各チャネルは、感光領域のそれぞれの行内で検出される光に基づいて形成され、固有の波長に対する被写体の2次元画像を表す、ステップと、を含む。

【0010】

本発明の第2の態様によれば、2次元空間分解能およびスペクトル分解能を有する画像を取得する装置が提供され、前記装置は、

少なくとも一つの光学系であって、少なくとも一つの光学系のうちの各光学系は、像平面を画定して被写体からの光を像平面の方に向けるように構成される、光学系と、

入射光を検出する感光領域を含む少なくとも一つのセンサ表面であって、感光領域の行は光の異なる波長を受け取るように構成される、センサ表面と、

少なくとも一つのセンサ表面を担持するように構成されるトランスレータであって、当該トランスレータは、感光領域の行の長手方向に垂直な方向に、像平面内で、少なくとも一つのセンサ表面を移動させる、トランスレータと、を含み、

前記トランスレータは、センサ表面の移動を、複数のフレームの取得と同期させるために制御するように構成され、このとき、複数のフレーム内のフレームは、少なくとも一つの光学系からの入射光を受け取るために像平面に構成される感光領域の行のサブセットを用いて取得される。

【0011】

本発明によれば、少なくとも一つのセンサ表面を、少なくとも一つの光学系に関連して平行移動させてもよく、このとき、少なくとも一つの光学系の各光学系は像平面を画定する。簡潔かつ簡単のために、少なくとも一つのセンサ表面と少なくとも一つの光学系との間の関係は、主に、単一のセンサ表面および単一の光学系に関連して成されるが、以下にもさらに記載するように、複数のセンサ表面および複数の光学系が用いられてもよいことも理解すべきである。また、「センサ表面」および「少なくとも一つのセンサ表面」という用語、ならびに「光学系」および「少なくとも一つの光学系」という用語は、互換的に用いられ得る。

【0012】

センサ表面は、光学系によって画定される像平面が当該センサ表面によって走査されるように、光学系の後方で内部的に移動してもよい。このことは、光の異なる波長を取得するセンサ表面の感光領域の異なる行によってスペクトル分解能で画像が取得され得、かつ、スペクトル分解された情報が被写体の空間位置に割り当てられ得るようにセンサ表面が移動し得るので、静的シーンが高精度で撮像され得ることを意味する。高精度で画像を取得するための光学系に関連して被写体を移動させる必要はない。

【0013】

さらに、本発明は、コンパクトな撮像セットアップを用いて、画像の取得を可能にする。光学系に複雑な構成要素を必要とせず、画像の取得の間、光学系を変更する必要がない。例えば、特定の波長の光を感光領域の異なる行に向けるために、移動自在である必要があるかもしれない、受け取った光をスペクトル分解する回折格子を用いる必要がない。

【0014】

また、光学系に関連して移動するセンサ表面により、被写体と像平面との間の一定の関係で、異なる波長の光が取得されてもよい。このことは、光学系への変更によって撮像アーチファクトが取り込まれ得ないことを意味する。さらに、光学系の端部における撮像アーチファクトも回避され得る。

【0015】

フレームの取得と少なくとも一つのセンサ表面の移動は、交互に行われる必要があることを理解すべきである。逆に、少なくとも一つのセンサ表面の移動は、複数のフレームが取得される期間に連続的に行われてもよい。例えば、フレームの取得は、連続的に移動する少なくとも一つのセンサ表面が所望の位置にあるときにトリガされてもよい。フレームを取得するのに用いられる露光時間が少なくとも一つのセンサの移動速度と比べて相対的に短い場合、取得されるフレームは、モーションブラーによる影響を受けない。しかしな

がら、取得および移動は、繰り返す方法で交互に実行されてもよく、このとき、フレームの取得の間、少なくとも一つのセンサ表面の移動は、一時的に停止する。

【0016】

センサ表面の感光領域の各行は、光の波長の予め選択された範囲の光を検出するように構成されてもよい。したがって、1行内の全ての感光領域は、光の波長の予め選択された同じ範囲を受け取るように構成されてもよい。

【0017】

光の波長の予め選択された範囲は、感光領域の各行に対して固有であってもよい。したがって、画像のチャネルの数がセンサ表面の行の数に等しくなるように、感光領域の各行は、取得される画像内に特定のスペクトル情報を備えてよい。

10

【0018】

含まれるべき第1のフレームと最後のフレームとの間のセンサ表面の全移動は、センサ表面の感光領域の複数の行の結合されたサイズに少なくとも等しければよい。このことは、画像の各チャネルが被写体の同じ2次元の部分に関する情報を備え得るように、センサ表面が、光学系に関連して移動してもよいことを意味する。全移動の大きさは、波長帯域部毎の行の数および取得されるフレームのサイズに依存してもよい。

【0019】

一実施形態によれば、感光領域の行は波長帯域部に構成され、各波長帯域部は同じ波長の光を受け取るように構成される複数の行を含む。取得される画像のチャネルの数がセンサ表面の波長帯域部の数に等しくなるように、波長帯域部の行は、固有の予め選択された波長を受け取るようにさらに構成されてもよい。

20

【0020】

方法の一実施形態によれば、少なくとも一つのセンサ表面を移動させるステップは、波長帯域部の高さに対応する距離だけ、少なくとも一つのセンサ表面を平行移動させるステップを含む。このことは、波長帯域部が、二つの後続フレームにおいて被写体の隣接する位置を撮像することを意味する。したがって、可能な限り少ないフレームに基づいて各チャネルを形成することができる。

【0021】

別の実施形態によれば、少なくとも一つのセンサ表面を移動させるステップは、感光領域の整数の高さに対応する距離だけ、少なくとも一つのセンサ表面を平行移動させるステップを含み、このとき、当該整数は、波長帯域部内の行の数よりも小さい。したがって、被写体の同じ位置は、後続フレームにおいて同じ波長帯域部上で撮像され得る。このことは、被写体の空間位置に対するスペクトル情報を拡充するために、いくつかのフレームからの情報を選択的に使用する可能性を提供する。

30

【0022】

一実施形態によれば、チャネル内の空間位置は、一つ以上のフレームで取得される単一の波長帯域部に対する情報に基づく。例えば、複数のフレームにて検出される入射光の平均値を用いることができる。しかしながら、中央値、最小値、最大値、またはパーセンタイル値を用いることなど、他の組み合わせが可能である。

40

【0023】

一実施形態によれば、複数のフレームからの情報の結合では、波長帯域部のエッジの行にて得られる情報を考慮しない。波長帯域部のエッジにある画素は、隣接する波長帯域部とのクロストークを被ることがある。したがって、エッジの行を考慮しないことによって、波長帯域部間のクロストークのリスクを回避してもよい。

【0024】

一実施形態によれば、複数のフレームの取得の間、被写体は静止する。被写体が静止することにより、複数のフレームの取得の間、被写体は、像平面上の同じ場所で撮像され、当該フレームが同じ瞬間に取得されない場合でも、画像にはモーションブラーが存在しない。

50

【0025】

別の実施形態によれば、方法は、複数のフレームの取得の間、被写体と少なくとも一つの光学系との間の関係が静的であるように、被写体の移動に合わせて、少なくとも一つの光学系および少なくとも一つのセンサ表面を含むカメラを移動するステップをさらに含む。このことは、被写体が動いているにもかかわらず、当該被写体が、前記複数のフレームの取得の間、像平面上の同じ場所でさらに撮像され得ることを意味する。

【0026】

装置の一実施形態によれば、装置は、少なくとも一つのセンサ表面の移動を、複数のフレームの取得と同期させる制御ユニットを含んでもよい。制御ユニットは、少なくとも一つのセンサ表面の移動を、フレームの取得と、交互に行うように構成されてもよい。あるいは、制御ユニットは、少なくとも一つのセンサ表面を一定の速度で移動させて、画素の整数の高さに対応する距離だけ移動する少なくとも一つのセンサ表面と、フレームの取得とを同期させるように構成されてもよい。

10

【0027】

制御ユニットは、装置内に組み込まれてもよく、例えば、装置の処理ユニット内に実装されてもよい。しかしながら、代替案によれば、制御ユニットは、装置の外部にあってもよい。そのような場合、装置は、センサ表面の移動を、複数のフレームの取得と同期させる制御信号を受信して転送するように構成される受信機を含んでもよい。

【0028】

一実施形態によれば、装置は、取得されるフレーム内の情報を外部ユニットに送信する通信ユニットをさらに含む。したがって、取得されるフレームは、結合して2次元空間分解能およびスペクトル分解能を有する画像にし得る、外部ユニットに送信されてもよい。このことは、結合を可能にする処理ユニットを含む必要がないことを意味し、例えば、装置のサイズ条件が非常に厳しい場合に有利であるときがある。サイズ条件が非常に厳しい場合とは、例えば、装置が内視鏡撮像のために用いられる場合である。

20

【0029】

別の実施形態によれば、装置は、画像の複数のチャネルを形成するために、複数のフレームからの情報を結合する結合ユニットをさらに含み、各チャネルは、感光領域のそれぞれの行内で検出される光に基づいて形成され、固有の波長に対する被写体の2次元画像を表す。このことは、装置がコンパクトであってもよく、画像が装置内部に形成されてもよく、その結果、画像を形成する装置を他の構成要素に接続する必要がないことを意味する。

30

【0030】

一実施形態によれば、装置は、波長帯域部を画定する少なくとも一つのセンサ表面に関連して構成される少なくとも一つのフィルタをさらに含み、各波長帯域部は、同じ波長の光を受け取るように構成される複数の行の感光領域を含む。フィルタは、所望の波長が感光領域のそれぞれの行によって確実に受け取られるようにし得る。さらに、フィルタを使用することにより、感光領域の行が、各取得されるフレーム内の同じ波長を確実に受け取るようにし得る。

【0031】

一実施形態によれば、複数の行の数は波長帯域部によって異なる。このことは、異なる波長帯域部を表すチャネルが、異なるセットアップを用いて取得され得ることを意味する。例えば、このことは、センサの量子効率およびフィルタの応答に依存する、信号対雑音比を調整するために使用されてもよい。また、このことは、例えば、異なる波長の入射光の予想される異なる量に基づいて、異なる重みを、異なる波長帯域部に与えるために使用されてもよい。

40

【0032】

一実施形態によれば、一組の隣接する波長帯域部が画像のスペクトル範囲を画定し、このとき、少なくとも一つのセンサ表面は、当該少なくとも一つのセンサ表面上で繰り返される複数組の波長帯域部を含む。このことは、一組の波長帯域部内の各波長帯域部が、より少ない行を含むように構成されてもよいことを意味する。したがって、フルスペクトル

50

分解能の情報を得るために、センサ表面は、より短い距離、平行移動させる必要があり得る。さらに、現在の画像が取得されているとき、フレームは、後続の画像の波長帯域部の情報を含んでもよく、その結果、後続の画像に関する情報は、現在の画像と同時に取得され得る。

【0033】

一実施形態によれば、フレームを取得する感光領域の行のサブセットは、光学系によって画定されるイメージサークルと同心である像平面の位置に構成される。光学系は、イメージサークル上に被写体を結像させるのであり、イメージサークルの中心位置に最も近接して結像される位置は、光学系の任意のエッジアーチファクトから最も影響を受けない。イメージサークルと同心に定義された位置に構成されるフレームの取得に使用されるセンサ表面の行のサブセットによって、各フレーム内の取得された情報は、光学系からの撮像アーチファクトを有しないか、または制限されることが保証される。

10

【0034】

一実施形態によれば、装置は複数のセンサ表面を含み、このとき、複数のセンサ表面は共通のセンサ平面に構成され、トランスレータは複数のセンサ表面を含む共通のセンサ平面を担持するように構成される。このことは、装置が、波長の特定範囲の検出のために各々順応され得る、複数のセンサ表面を含んでもよいことを意味する。したがって、装置は、例えば、紫外光に順応する第1のセンサ表面、可視光および近赤外光に順応する第2のセンサ表面、および短波長赤外光に順応する第3のセンサ表面を含んでもよい。光学系によって画定されるイメージサークルにわたるすべてのこれらのセンサ表面を走査することにより、被写体は、波長の広範囲にわたって広がるスペクトル分解能で撮像され得る。複数のセンサ表面の使用により、各センサ表面は、波長の特定の範囲内における光の検出に特に順応し得る。

20

【0035】

一実施形態によれば、装置は複数の光学系を含み、複数の光学系内の各光学系は、像平面にイメージサークルを画定するように構成され、複数のイメージサークルは共通の像平面に画定される。異なるイメージサークルにわたって走査されたときにセンサ表面が異なる情報を得ることができるように、複数の光学系は、異なる光学構成（例えば、開口、焦点距離、光学フィルタ）を備えてもよい。イメージサークルが共通の像平面に画定されるように、複数の光学系は相互関係にて構成されてもよく、それにより、トランスレータは、複数のイメージサークルにわたって少なくとも一つのセンサ表面を走査する平面移動で、少なくとも一つのセンサ表面を移動させるように構成されてもよい。

30

【0036】

一実施形態によれば、少なくとも一つのセンサ表面は、少なくとも一つのセンサ表面を担持するトランスレータによって、少なくとも一つのセンサ表面の移動方向に関連して傾けられる。このことは、センサ表面の感光領域の異なる行が、光学系によって画定されたイメージサークルに構成されるときに、光学系から異なる距離にて構成されることを意味する。このことは、感光領域のそれぞれの行が、光学系により確定するイメージサークルに構成されるときに、それぞれの波長に対して真の焦点平面に構成されるように、光学系のレンズの色収差を処理するために使用することができる。

40

【0037】

一実施形態によれば、装置は、トランスレータを第1の方向に移動させながら、2次元空間分解能およびスペクトル分解能を有する第1の画像を形成する第1の組のフレームを取得し、およびトランスレータを第1の方向とは反対の第2の方向に移動させながら、2次元空間分解能およびスペクトル分解能を有する第2の画像を形成する第2の組のフレームを取得するように構成される。このことは、次の画像の取得を準備するために、トランスレータが、各走査後にセンサ表面を原点位置に移動する必要がないことを意味する。むしろ、センサ表面が光学系に関連して前後に移動しているときに、画像が取得され得る。当然のことながら、特定の波長に関する情報は、トランスレータが第1の方向に移動するときと比較して、トランスレータが第2の方向に移動するときには、逆の順序で取得され

50

る。

【0038】

一実施形態によれば、装置は照明源をさらに含み、このとき、照明源は照明光のスペクトルプロファイルを制御するように制御自在である。したがって、制御ユニットは、フレームおよび／または画像が所望の照明で得ることができるように照明源を制御してもよい。

【0039】

一実施形態によれば、照明源は、光学系から入射光を受け取るために、像平面に構成される波長帯域部を整合するように制御されてもよい。よって、像平面にわたる感光領域の行の走査の間に、照明源のスペクトルプロファイルは、変化し得る。したがって、照明源は、例えば、各感光領域の量子効率と各感光領域のスペクトル範囲とを整合させてもよい。

【0040】

別の実施形態によれば、特定の照明の下で特定の画像が得られるように、照明源はそれぞれの画像に対して制御されてもよい。このことは、複数の画像は、異なる照明の下で取得されて、撮像される被写体の異なる情報を備え得ることを意味する。

【0041】

一実施形態によれば、トランスレータは、センサ表面を正確に移動させる圧電変換ステージである。このことは、トランスレータが、センサ表面の移動を正確に制御し得る小さい構成要素として実装され得ることを意味する。

【0042】

本発明のこれらのおよび他の態様を、本発明の実施形態を示す添付の図面を参照して、さらに詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】図1は、本発明の実施形態に係る装置の概略図である。

【図2】図2は、センサ表面の移動を示す概略図である。

【図3】図3は、第1の実施例に係る、異なるフレームで取得される情報を示す概略図である。

【図4】図4は、第1の実施例のフレームで取得される情報に基づいて形成される、2次元空間分解能およびスペクトル分解能を有する画像を示す概略図である。

【図5】図5は、第2の実施例に係る、異なるフレームで取得される情報を示す概略図である。

【図6】図6は、第2の実施例のフレームで取得される情報に基づいて形成される、2次元空間分解能およびスペクトル分解能を有する画像を示す概略図である。

【図7】図7は、本発明の一実施形態に係る、方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0044】

本発明の好ましい実施形態を、以下、添付の図面を参照して十分に説明し、本発明の目下好ましい実施形態を示す。しかしながら、本発明は、多くの異なる形態で実施されてもよく、本明細書に記載する実施形態に限定されるものと解釈すべきではない。むしろ、これらの実施形態は、完全性および網羅性のために提供され、本発明の範囲を当業者に十分に伝えるものである。

【0045】

図1を参照して、2次元空間分解能およびスペクトル分解能を有する画像を取得する装置100について説明する。装置100は、像平面104の方向に被写体を結像して、当該像平面104にイメージサークルを形成するように構成される光学系102を含む。

【0046】

光学系102は、開口部、止め具、およびレンズなど、被写体を適切に結像する多数の光学部品を含み得る。光学系102は、例えば、光学系102の焦点、または倍率を変化

10

20

30

40

50

させるために順応自在であってもよい。

【0047】

装置100はセンサ表面110をさらに含み、当該センサ表面110は光学系の像平面104に構成され得る。したがって、光学系102は、被写体からの光を、像平面104のセンサ表面110の方に向けるように構成され得る。

【0048】

装置100は、複数の光学系102を含んでもよく、当該複数の光学系は、共通の像平面104にイメージサークルを各々形成するように並べて構成されてもよい。光学系102は、異なる光学セットアップによる被写体の結像を可能にする、異なる構成を各々有してもよい。

10

【0049】

以下にさらに示すように、センサ表面110は像平面104で移動自在であってもよい。装置100が複数の光学系102を含むときに、センサ表面110は、複数の光学系102の共通の像平面104で移動自在であってもよく、その結果、センサ表面110は、異なる光学系102および光学セットアップを通過した光を、異なるフレームで記録してもよい。

【0050】

装置100は、複数のセンサ表面110をさらに備えてもよく、当該複数のセンサ表面110は、共通のセンサ表面に構成されてもよい。各センサ表面110は、特定の範囲の波長、例えば、紫外線、可視光または赤外光の検出のために順応されてもよい。したがって、複数のセンサ表面110は、非常に広い範囲の波長にわたって光を取得することを可能にし、広い範囲の波長にわたるスペクトル分解能で被写体を撮像するのに有用である。

20

【0051】

複数のセンサ表面110は、非常に広範囲の波長にわたって光を取得しながら、被写体が異なる光学セットアップで撮像され得るよう、複数の光学系102と組み合わせて使用されてもよい。

【0052】

装置100は、複数の光学系102および複数のセンサ表面110を含んでもよいが、簡潔かつ簡単のために、主に、单一の光学系102および单一のセンサ表面110を参照して以下説明する。以下特に記載しない限り、説明する特徴は、複数の光学系102および/または複数のセンサ表面110を含む装置100にも適用される。

30

【0053】

装置100は、画像を取得するときに所望の照明条件を提供するために、被写体を照明する光源150を任意選択的に備えてもよい。光源150は、鏡面的にもしくは拡散的に反射されるように、または例えば蛍光発光を通して光の放出を誘発するように、光が被写体と相互作用するために、特定の波長の照明を提供するように構成されてもよい。したがって、センサ表面110は、被写体からの光を受け取って検出するように構成されてもよい。

【0054】

センサ表面110は、感光領域112を含んでもよく、当該感光領域112は、列および行に構成されてもよい。センサ表面110は、表面110に感光領域112を構成する相補型金属酸化物半導体(CMOS)回路と、感光領域112の光の検出の読み出しを制御する回路とを含んでもよい。感光領域112は、画素と称されることもある。

40

【0055】

センサ表面110上の感光領域112および回路は共に、画像情報のフレームを取得する撮像センサを形成してもよい。各フレームは、感光領域112の行の少なくとも一つのサブセットに、検出された入射光の情報を含んでもよい。撮像センサは、複数のフレームを取得するようにさらに構成されてもよく、このとき、複数のフレームは、後述するように、スペクトル分解能を有する、被写体の2次元画像を表すように結合されてもよい。

50

【0056】

フィルタ114は、センサ表面110上に集積されてもよい。フィルタ114は、感光領域112の行まで、特定の波長を通すように構成されてもよい。したがって、1行内の感光領域112はすべて、同じ波長の光を検出するように構成されても良い。さらに、感光領域の行は、複数の行が同じ波長の光を受け取り、異なる波長帯域部が異なる波長を受け取るように、波長帯域部に構成されてもよい。

【0057】

各波長帯域部は、波長帯域部の感光領域112によって検出される波長の狭い範囲を画定してもよい。波長帯域部は、波長の範囲内の複数の隣接波長帯域部であってもよい。しかしながら、代替案によると、波長帯域部は、波長の範囲から選択される複数の波長帯域部であってもよく、当該波長帯域部は、波長スペクトル内で互いに隣接している必要はない。

10

【0058】

各波長帯域部は、波長帯域部内の感光領域112によって検出される固有の予め選択された波長間隔を画定してもよい。波長帯域部は、例えば、化合物の存在に関する被写体の分析を容易にする特定の条件に順応されてもよい。波長帯域部は、スペクトル情報の一般的な使用を容易にするスペクトル分解能で、被写体の2次元画像を取得することを可能にする広範囲の波長内の多数の隣接する波長間隔を含んでもよい。

【0059】

センサ表面110は、トランスレータ120に取り付けられてもよい。トランスレータ120は、センサ表面110を担持してもよく、像平面104におけるセンサ表面110の配置を正確に制御してもよい。トランスレータ120は、圧電変換ステージとして構成されてもよく、当該圧電変換ステージは、像平面104においてセンサ表面110の正確な配置を提供するために正確に制御されてもよい。したがって、センサ表面110を像平面104で移動させてもよい。

20

【0060】

上述したように、フィルタ114は、当該フィルタ114がセンサ表面110を伴って移動し、かつ、感光領域112の同じ行が、像平面104において、センサ表面110の配置に関係なく同じ波長の光を検出するように、センサ表面110に組み込まれてもよい。あるいは、フィルタ114は、当該フィルタ114がセンサ表面110を伴って移動するように、トランスレータ120上に取り付けられてもよく、または、センサ表面110に接続されてもよい。

30

【0061】

装置100は制御ユニット130をさらに含んでもよく、このとき、当該制御ユニット130はトランスレータ120を制御するように構成されてもよく、フレームを取得するために撮像センサを制御するようにさらに構成されてもよい。したがって、制御ユニット130は、以下さらに説明するように、センサ表面110の移動とフレームの取得とを同期させるように構成されてもよい。

【0062】

制御ユニット130は、マイクロプロセッサとして組み込まれてもよく、当該マイクロプロセッサの動作を制御するためにプログラム可能であってもよい。例えば、処理ユニットは中央処理ユニット(CPU)であってもよい。あるいは、処理ユニットは、特定の論理演算のみを提供する専用回路であってもよい。したがって、処理ユニットは、特定用途向け集積回路(ASIC)、特定用途向け命令セットプロセッサ(ASIP)またはフィールドプログラマブルゲートアレイの形態で備えられてもよい。

40

【0063】

装置100は、画像の複数のチャネルを形成するために、複数のフレームからの情報を結合する結合ユニット132を含んでもよい。結合ユニット132は、制御ユニット130と同じ処理ユニットに、またはフレームの結合に特別に順応する別の処理ユニットに実装されてもよい。

50

【0064】

あるいは、制御ユニット130および結合ユニット132のうちの一つまたはそれ以上は、外部ユニットに構成され、装置100の部分である必要がないことを理解すべきである。したがって、装置100は、外部ユニットから制御信号を受信し、および／または、取得したフレームの情報を外部ユニットに送信するインターフェースを代わりに含んでもよい。

【0065】

インターフェースは、外部ユニットに情報を送信する、および／または、外部ユニットから情報を受信する通信ユニット140を含んでもよい。通信ユニット140は、有線または無線通信のために構成されてもよい。

10

【0066】

いくつかの実施形態において、当該装置100のサイズは、例えば、装置100が内視鏡撮像のために用いられるときに重要であるときがある。そのような場合には、制御ユニット130および／または結合ユニット132は、処理能力が装置100の外部に用意されるように、当該装置100に接続されるパーソナルコンピュータなどの外部ユニットに、代わりに構成されてもよい。

【0067】

装置100は、光学系102とトランスレータ120との間の関係が十分に制御されるように、単一のハウジング内に形成されてもよい。このことにより、装置100のコンパクトなアセンブリが確実に提供されてもよい。

20

【0068】

図2を参照して、センサ表面110の移動およびフレームの取得についてさらに説明する。図2は、光学系102によって像平面104上に投影されたイメージサークル200を示す。イメージサークルは、センサ表面110によって走査される。

【0069】

センサ表面110は、矢印Aにより示すように、感光領域112の行の長手方向に垂直な方向に移動する。センサ表面110が像平面104内で移動する間に、複数のフレームは取得される。このようにして、感光領域112の行は、複数のフレームにて入射光を検出して、各フレームにて被写体の異なる部分からの光を検出してもよい。

30

【0070】

複数のフレームは、画像の複数のチャネルを形成するために結合されてもよい。各チャネルは、一つの波長帯域部内で検出される光に基づいて形成されてもよく、当該波長帯域部内で検出される波長に対して被写体の2次元画像を表す。あわせて、複数のチャネルは、ハイパースペクトルキューブを形成、すなわち、二つの空間次元および第3のスペクトル次元で、被写体を撮像してもよい。

【0071】

センサ表面110は、当該センサ表面110の移動方向に関連して傾斜していくてもよい。したがって、非ゼロの角度が、センサ表面110の列の長手方向と移動方向Aとの間に形成されてもよい。このことは、センサ表面110の異なる行が、光学系102に対して異なる距離に構成されてもよいこと、および、当該センサ表面110の異なる行が、例えば、光学系の色収差による誤差を縮小することを許容してもよいことを意味し、このとき、前記誤差は、真の像平面104が、光の異なる波長に対して、光学系102から異なる位置にあるようにすることがある。

40

【0072】

その上でまたは代わりに、光学系102は、動的に制御されてもよく、その結果、当該光学系102は、例えば、色収差による誤差を縮小するために、当該光学系102が特定のフレームに記録される波長の光に順応されてもよい。

【0073】

図2に示すように、第1のフレーム、フレーム0は、センサ表面110がイメージサークルのほとんど外側にあるときに取得される。図2において、感光領域112の単一の列

50

だけ、すなわち、走査方向 A にてセンサ表面 110 の移動を先導する行 116 a だけが、光を受け取る。次に、センサ表面 110 を走査方向 A に移動させて、一連のフレーム内の行 116 a が被写体の異なる部分からの光を受け取る。その後、当該センサ表面 110 はイメージサークルから段階的に出て、センサ表面 110 が再びイメージサークルのほとんど外側にあるときに、最後のフレーム、フレーム N が取得される。最後のフレームでは、走査方向 A にて移動に後従する行 116 b だけが光を受け取る。

【0074】

光学系 102 およびセンサ寸法に依存して、走査領域のサイズは変化し得る。しかしながら、センサ自体の大きさのハイパースペクトルキューブを得るためにには、図 2 に示すように、波長帯域部の数を 2 倍して 1 を引いた数のフレームを取得する必要がある。

10

【0075】

上述したように、装置 100 は、複数のセンサ表面 110 を含んでもよい。複数のセンサ表面 110 はイメージサークルを順次走査してもよく、それにより、被写体は、異なる範囲の波長を記録するための、複数のセンサ表面 110 上の光学系 102 によって撮像されてもよい。複数のセンサ表面 110 からの記録されたフレームは、非常に広い範囲の波長にわたる大きいハイパースペクトルキューブ内へ結合されてもよい。

【0076】

また、装置 110 は、複数の光学系 102 を含んでもよい。光学系 102 は、例えば、異なる光学セットアップによって、被写体の僅かに異なる部分を撮像してもよい。ハイパースペクトルキューブの構造内の別個の画像は、各光学系 102 に基づいて形成されてもよい。

20

【0077】

被写体が光学系 102 に関連して移動する場合、被写体の同じ部分は、複数の光学系 102 によって順次の撮像シーケンスで撮像されてもよい。

【0078】

複数の光学系 102 は、例えば、開口、焦点距離、および / または光学フィルタを変化させる、異なる構成により被写体を撮像するために用いられてもよい。

30

【0079】

光学系間の開口の差異は、例えば、高ダイナミックレンジ画像再構成の実装を可能にする。光学系間の焦点距離の差異は、例えば、顕微鏡検査のセットアップのように、異なる倍率および視野での走査を可能にする。光学系間の異なる光学フィルタは、例えば、複数のピークを有する帯域部におけるスペクトル混合を回避することによってスペクトル品質を向上させることができる。異なるスペクトル範囲にて複数のセンサ表面で走査するときには、異なる光学フィルタも必要となる。異なる光軸を有する複数の光学系は、(マルチ)ステレオ 3D ハイパースペクトル撮像を可能にする。

【0080】

モーションブラーが画像内に取り込まれないように、被写体が静止している間に(単一の光学系 102 に関連して取得される) 複数のフレームが取得されるべきである。

【0081】

別の実施形態によれば、装置 100 は、例えば、コンベアベルトに沿って、被写体と協働して移動するように構成され、その結果、被写体は、光学系 102 に関連して静止して見える。したがって、被写体の同じ位置が像平面 104 の同じ位置上に結像されている間に複数のフレームが取得されるべきであり、その結果、複数のフレームの取得において、モーションブラーは取り込まれない。

40

【0082】

装置 100 は、センサ表面 110 の平行移動がフレーム間で停止する、開始 / 停止モードで用いられてもよい。したがって、単一のフレームの取得中には、センサ表面 110 の動きは発生せず、任意のモーションブラーを回避することができる。

【0083】

しかしながら、装置 100 は、代わりに連続モードで使用されてもよい。センサ表面 1

50

10の移動速度と同期するフレーム取得のトリガを備えることによって、センサ表面110が像平面104の特定の位置にあるときに、フレームを取得してもよい。トランスレータ120は、フレームのサブ画素の登録が可能となる精度でセンサ表面110を移動させてもよい。センサ表面110の移動速度は、センサ表面110が取得時間中の波長帯域部の高さよりも長い距離を移動しないように低くてもよい。画素ブラー（すなわち、画像取得中に発生するセンサ表面110の画素数のずれ）が制御されてもよく、得られた画像は、ノイズを除去するためにビニングすることができる。

【0084】

上記のモードのいずれにおいても、像平面104におけるセンサ表面110の感光領域112の行の位置が正確に分かるように、トランスレータ120の移動は、正確に制御される必要がある。開始／停止モードでは、トランスレータ120は、例えば波長帯域部のサイズに対応する、整数個の感光領域112の高さに対応する距離だけ、センサ表面110を移動するように構成されてもよい。

10

【0085】

光源150は、例えば制御ユニット130によってさらに制御されてもよく、その結果、放射された光のスペクトルプロファイル（例えば、光の特定の波長）は、イメージサークルに構成されるセンサ表面110の行116の感度と一致してもよい。

【0086】

制御ユニット130によって制御される光源150によって、放射された光の、センサ表面110の移動との同期が容易になり得る。しかしながら、光源150は、例えば、光源150に組み込まれる別個のコントローラによって制御されてもよいことを理解すべきである。

20

【0087】

一実施形態では、光源150は、取得される各フレームでスペクトルプロファイルを変更するように制御されてもよい。光源150は、イメージサークルを通過する各波長帯域部の量子効率およびスペクトル範囲に特に一致するように調整されてもよい。あるいは、光源150は、イメージサークル内の波長帯域部の感度の連続的な変化に順応するために、イメージサークルにわたるセンサ表面110の走査中に、スペクトルプロファイルを1回または数回変化させるように制御されてもよい。

30

【0088】

一実施形態では、光源150は、イメージサークル内に構成される異なるセンサ表面110に関連して変化するように制御されてもよい。例えば、第1のセンサ表面110が紫外光を検出するように構成され、第2のセンサ表面110が可視光を検出するように構成される場合、光源150は、第1のセンサ表面110がイメージサークル内にあるときには紫外光を放射するように、第2のセンサ表面110がイメージサークル内にあるときには可視光を放射するように、構成される。

【0089】

別の実施形態では、光源150は、イメージサークルにわたるセンサ表面110の異なるバスに対して、照明を変化させるように制御されてもよい。例えば、最初に、広帯域可視光照明は、イメージサークルにわたるセンサ表面110の第1の走査にて使用されてもよい。次に、蛍光を誘導する照明は、第2の走査にて使用されて、可視光での被写体の第1の画像および被写体の第2の蛍光画像を取得することを可能にする。このことは、蛍光局在化アルゴリズムが（励起波長における）固有の測定および蛍光測定を要求する、蛍光ガイド外科手術などのいくつかの用途において非常に有用であるときがある。

40

【0090】

図3～6を参照して、センサ表面110の移動およびスペクトル分解能を有する画像内へのフレームの結合の、二つの実施例が与えられる。後続のフレーム間の移動は、ステップサイズと称され、移動が対応する画素の数として定量化される。

【0091】

図3～4に示す第1の実施例では、センサ表面110は四つの波長帯域部を含み、各波

50

長帯域部は4行の画素を含む。センサ表面110は、フレーム間を4画素ステップを用いて移動する。この場合、七つのフレームは四つのチャネルを形成するためのデータセットを完成させるために取得され、各チャネルは特定の波長帯域部に対する被写体の2次元画像を表す。

【0092】

図3から明らかであるように、画素位置13-28だけがすべてのスペクトル帯域を含み、図4に示すように、結合された画像がこれらの画素位置に対して形成される。結合された画像は、画像内の空間位置毎に四つの異なる波長帯域部のスペクトル情報を含み、結合された画像は撮像センサのサイズと同じ大きさである。

【0093】

図5～6の実施例では、センサ表面110は三つの波長帯域部を含み、各波長帯域部は8行の画素を含む。センサ表面110は、フレーム間を3画素ステップで移動する。ここでは、図5に示すように、14個のフレームが取得される。

【0094】

各波長帯域部は8行の画素から構成され、3画素ステップが用いられるので、被写体の空間位置が複数のフレームで単一の波長帯域部にて撮像される。このことは、隣接する波長帯域部間のクロストークを回避するために、各帯域部の端にある画素を破棄することを可能にする。さらに、各空間位置に関する情報は、なお、各波長帯域部に対して2フレームで取得される。複数のフレームからの情報は、いくつかの異なる方法で結合されてもよい。例えば、複数のフレームにて検出された入射光の平均値が用いられてもよい。あるいは、中央値、最小値、最大値、またはパーセンタイル値が用いられてもよい。

【0095】

図3～6と関連して記載した上記実施例は、複数のフレームをどのように取得して相互に関連させるかについての説明を容易にするために与えられることを理解すべきである。実際の実施例では、センサ表面110のサイズはより大きく、より多くの波長帯域部が使用されてもよい。

【0096】

一実施形態では、センサ表面110は、8画素(1024画素行)×2048列の128個の波長帯域部を含む。装置100は、8画素ステップで255フレームを取得するように構成されてもよい。各画素は5.5μmの高さを有してもよく、このことは、センサ表面が合計11.22mm移動することを意味する。センサは、毎秒350フレームを取得するときに操作することができ、その結果、フルハイパースペクトルキューブ(1024×2048画素×128波長帯域部)が0.72秒で取得され得る。したがって、フルハイパースペクトルキューブは、迅速に取得され得るが、このことは、静止した被写体を光学系102に関連させる際の条件をさほど制限するものではない。

【0097】

センサ表面110上の波長帯域部は、異なる幅(波長帯域部毎に異なる数の行)で設計されてもよい。このことは、感光領域112の量子効率およびフィルタ応答によって信号対雑音比を調整するために用いられてもよい。

【0098】

一組の隣接する波長帯域部は、センサ表面110によって取得され得るスペクトル範囲を画定する。一実施形態によれば、センサ表面110は、センサ表面110上で繰り返される複数組の波長帯域部を含む。

【0099】

例えば、センサ表面110は、128個の固有の波長帯域部を有してもよく、このとき、各波長帯域部は8行のセンサ表面110をカバーする。センサ表面110は、同じサイズのセンサ表面110上で複数組の波長帯域部を繰り返すことによって、同じ128個の帯域部の2倍を代わりに有してもよく、このとき、各帯域部はセンサ表面110の4行をカバーする。128個の帯域部にわたってスペクトル分解される画像を取得するため、センサ表面110を距離の半分だけ動かすことが要求される。したがって、特に、センサ

10

20

30

40

50

表面 110 が連続モードで移動する場合、取得される画像の割合を増加させることができる。

【0100】

さらに、波長帯域部はセンサ表面 110 上で繰り返されるので、現在の画像が取得される間に後続の画像の取得が開始されてもよい。例えば、図 3 を参照すると、現在の画像に対してフレーム 5 ~ 7 が取得されているが、後続の画像に対してフレーム 1 ~ 3 が取得されてもよい。このことは、現在の画像の取得の後、後続の画像が、迅速に取得されてもよいことを意味する。

【0101】

一実施形態によれば、センサ表面 110 がイメージサークルを横切って第 1 の方向に移動するときに、画像は取得されてもよい。センサ表面 110 全体が走査されると、センサ表面 110 がイメージサークルを横切って第 1 の方向とは反対の第 2 の方向に戻る間に、別の画像が取得されてもよい。したがって、イメージサークルを横切って、トランスレータ 120 がセンサ表面 110 を前後に移動するときに、画像が取得されてもよい。センサ表面 110 の第 1 の方向への移動を先導する波長帯域部は、センサ表面 110 の第 2 の方向への移動に後従する。このことは、異なる波長帯域部に関する情報を取得する順序が、第 1 の方向と第 2 の方向との間で変更されることを意味する。しかしながら、このことは、スペクトル分解能を有する画像内に、フレームを結合するときに容易に処理され得る。

10

【0102】

センサ表面 110 上で繰り返される複数組の波長帯域部を使用すること、ならびに第 1 の方向および反対の第 2 の方向の両方にトランスレータ 120 を移動するときに画像を取得することは、フルスペクトル分解能を有する画像を、非常に高い速度で取得するために使用されてもよい。このことは、高いスペクトル分解能を有する被写体または風景のビデオ式の画像を取得するために使用されてもよい。例えば、センサ表面 110 上で 8 回繰り返される 64 個の波長帯域部であって、各帯域部が一つの行から成る帯域部を有するセンサ表面 110 を用いること、および前後に走査することは、毎秒約 10 枚の画像の速度をもたらし得る。

20

【0103】

図 7 を参照して、画像を取得する方法 300 を説明する。方法は、センサ表面 110 上の感光領域 112 の行を用いてフレームを取得するステップ 302 を含む。方法は、像平面 104 内のセンサ表面 110 を、感光領域 112 の行の長手方向に垂直な方向に移動させるステップ 304 をさらに含む。フレームを取得するステップ 302 は、複数のフレームを取得するために繰り返され、このとき、センサ表面 110 は、異なるフレームのために光学系 102 に対して異なって構成される。したがって、被写体上のそれぞれの位置に対する異なるスペクトル情報が、センサ表面 110 によって異なるフレームに記録される。

30

【0104】

次に、このように取得された複数のフレームからの情報は、画像の複数のチャネルを形成するために結合され(ステップ 306)、このとき、各チャネルは、感光領域 112 のそれぞれの行にて検出された光に基づいて形成され、固有の波長間隔で被写体の 2 次元画像を表す。

40

【0105】

任意選択で、複数のフレームを結合するステップを開始する前に、被写体の各空間位置がセンサ表面 110 上の各波長帯域部上に撮像されるように、センサ表面 110 が走査されるべき表面全体を横切って(例えば、全ての波長帯域部を横切って)走査されたかどうかのチェックが行われてもよい。そうでない場合、光学系 102 に関連してセンサ表面 110 の異なる位置を用いて複数のフレームを取得するステップ 302 の繰り返しが継続して、複数のフレームを結合するステップを開始する前に、さらなるフレームを取得する。

【0106】

前記チェックにより所望のフレームが取得されたことが見いだされると、このように取

50

得される複数のフレームからの情報を結合するステップ 306 を開始してもよい。

【0107】

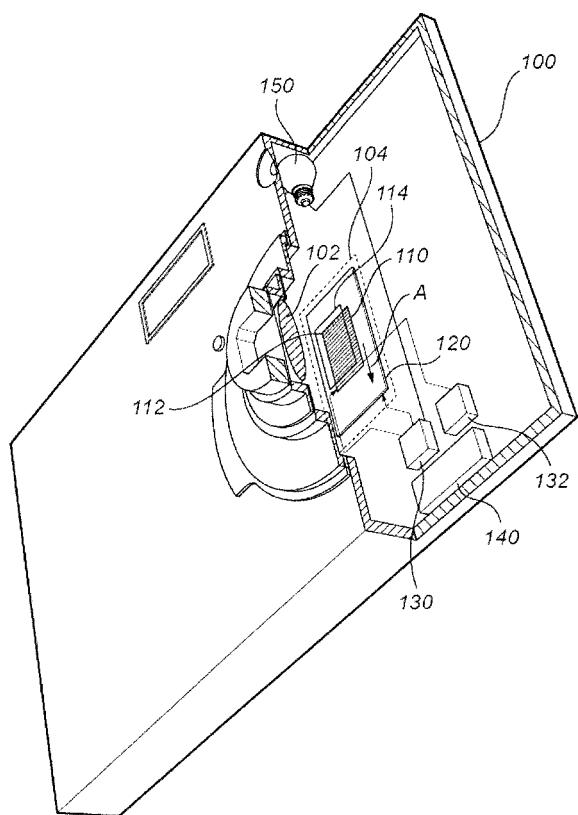
しかしながら、画像の複数のチャネルを形成するために複数のフレームを結合するステップ 306 を、すべてのフレームが取得される前に開始してもよいことは理解されるべきである。また、何らかの理由で全フレームが取得されなくても、画像が形成されてもよい。したがって、前記チェックが走査されるべき表面全体が実際に走査されたことをまったく見いださない場合、ステップ 306 は、取得されたフレームに基づいて実行されて、複数のチャネルのうちのいくつかの情報を欠いている可能性のある画像を形成する。

【0108】

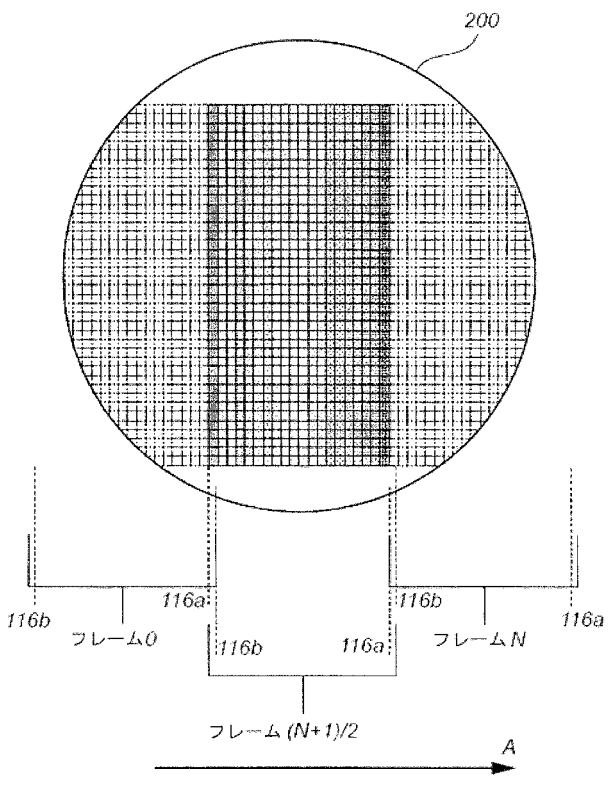
上記にて、本発明を、限られた数の実施形態を参照して主に説明した。しかしながら、当業者により容易に理解されるように、上述の実施形態以外の他の実施形態が、添付の特許請求の範囲によって規定されるような本発明の範囲内で同等に可能である。

10

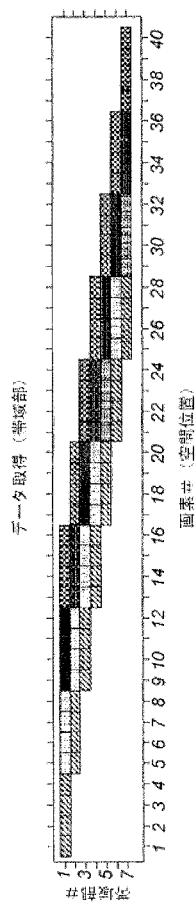
【図 1】



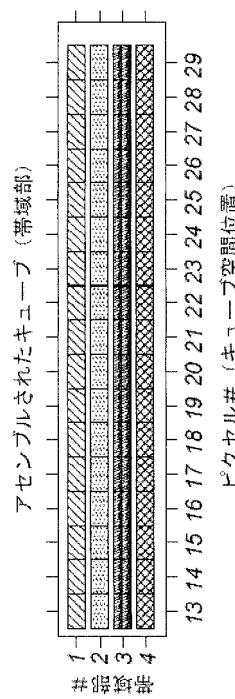
【図 2】



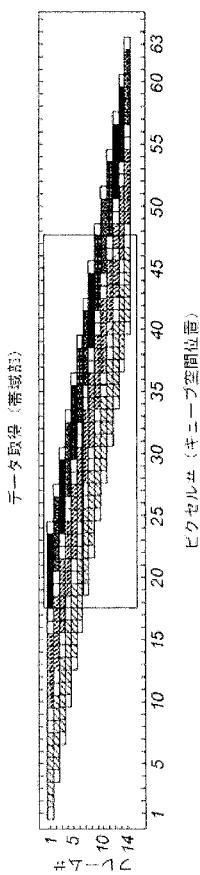
【図3】



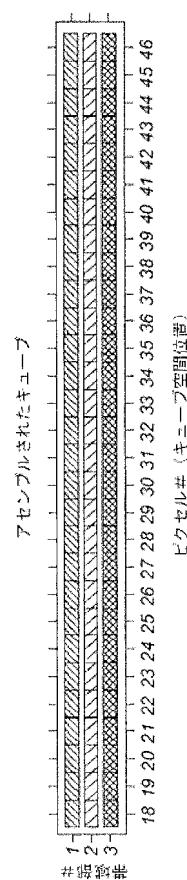
【図4】



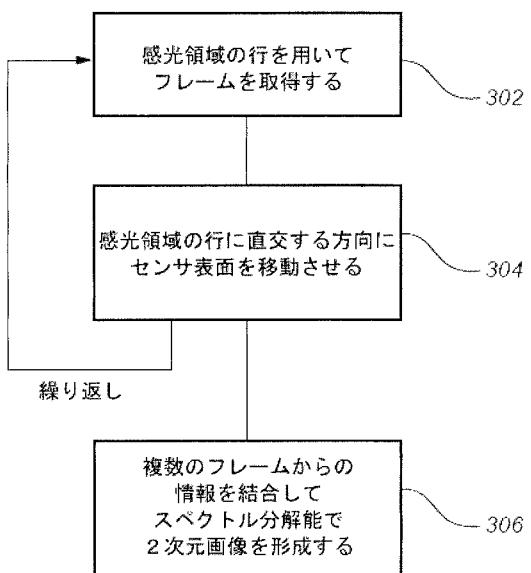
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	テーマコード(参考)	
<i>H 04 N</i>	5/232	(2006.01)	H 04 N	5/225 4 0 0
<i>G 06 T</i>	1/00	(2006.01)	H 04 N	5/225 1 0 0
			H 04 N	5/232 2 9 0
			G 06 T	1/00 5 1 0

(72)発明者 ジュリアン・ピシェット

ベルギー3001ルーヴァン、カペルドリーフ75番 アイメック・ヴェーゼットウェー内

(72)発明者 ワウテル・シャルレ

ベルギー3001ルーヴァン、カペルドリーフ75番 アイメック・ヴェーゼットウェー内

F ターム(参考) 2G020 CC28 CC55 CC63 CD06 CD24 CD41

2H087 KA02 RA43 RA44 RA45

5B057 BA02 BA12 CB01 CB08 CB12 CB16 CC02

5C065 AA06 BB31 CC01 DD15 EE04 EE10

5C122 DA30 EA59 FA08 FB02 FB16 FC02 FC06 FH09 FH18 GE06

HA82 HB01

【外国語明細書】

A METHOD AND A DEVICE FOR ACQUIRING AN IMAGE HAVING TWO-DIMENSIONAL SPATIAL RESOLUTION AND SPECTRAL RESOLUTIONTechnical Field

The present invention relates to a method and a device for acquiring an image, wherein the image has two-dimensional spatial resolution and 5 spectral resolution.

Background

Line-scan image capturing devices are often used when an image of an object is to be acquired with high spectral resolution. Line-scan image 10 capturing devices may typically be used in remote sensing or imaging of objects on a conveyor belt, wherein the object moves in relation to the image sensor.

A line-scan image capturing device may image a particular part of an object onto a row of pixels on an image sensor. As the object is moved, the 15 particular part of the object is imaged onto another row of pixels on the image sensor. Different rows of pixels may be sensitive to different wavelengths of light, such that, as the object is moved over the sensor area, an image with high spectral and spatial resolution may be obtained.

Using a line-scan image capturing device may be particularly useful in 20 specific applications, e.g. in remote sensing in light-starved situations, such as a camera installed in an aeroplane which monitors the ground below, and in imaging of objects on a conveyor belt. In such applications, the recording of received light in image rows may be synchronized with movement speed of the object on the sensor surface.

25 Imaging of objects using a line-scan image capturing device is not very fast, as the object needs to be moved across the sensor surface in order for a full spectrally resolved image to be acquired. Also, the imaging is adapted to movement of an object in relation to the image capturing device.

It would be desirable to extend usage of the concept of line-scan 30 imaging to other applications.

Summary of the Invention

It is an object of the invention to provide a method and device facilitating capture of an image having two-dimensional spatial resolution and 5 spectral resolution. It is a specific object of the invention to acquire hyperspectral images in a fast manner, using a compact and relatively simple camera.

These and other objects of the invention are at least partly met by the invention as defined in the independent claims. Preferred embodiments are 10 set out in the dependent claims.

According to a first aspect of the invention, there is provided a method for acquiring an image having two-dimensional spatial resolution and spectral resolution, said method comprising: acquiring a frame using rows of photo-sensitive areas on at least one sensor surface, which at least one sensor 15 surface is arranged in relation to at least one optical system in an image plane defined by the at least one optical system, wherein the photo-sensitive areas are arranged to detect incident light from an object imaged by the at least one optical system onto the image plane and rows of photo-sensitive areas are arranged to receive different wavelengths of light; moving the at 20 least one sensor surface in the image plane in a direction perpendicular to a longitudinal direction of the rows of photo-sensitive areas; repeating the acquiring for acquiring a plurality of frames using different positions of the at least one sensor surface in relation to the at least one optical system for recording different spectral information for respective positions on the object; 25 and combining information from the plurality of frames to form multiple channels of an image, wherein each channel is formed based on detected light in respective rows of photo-sensitive areas and represent a two-dimensional image of the object for a unique wavelength.

According to a second aspect of the invention, there is provided a 30 device for acquiring an image having two-dimensional spatial resolution and spectral resolution, said device comprising: at least one optical system, wherein each optical system of the at least one optical system is configured to define an image plane and direct light from an object towards the image

plane; at least one sensor surface comprising photo-sensitive areas for detecting incident light, wherein rows of photo-sensitive areas are arranged to receive different wavelengths of light; a translator, wherein the translator is arranged to carry the at least one sensor surface for moving the at least one 5 sensor surface in the image plane in a direction perpendicular to a longitudinal direction of the rows of photo-sensitive areas; and the translator being arranged to be controlled for synchronizing movement of the sensor surface with acquiring of a plurality of frames, wherein a frame in the plurality of frames is acquired by means of a sub-set of the rows of photo-sensitive 10 areas arranged in the image plane to receive incident light from the at least one optical system.

According to the invention, at least one sensor surface may be translated in relation to at least one optical system, wherein each optical system of the at least one optical system defines an image plane. For brevity 15 and simplicity, the relation between the at least one sensor surface and the at least one optical system will mainly be made in relation to a single sensor surface and a single optical system, although it should be realized that a plurality of sensor surfaces and a plurality of optical systems may be used, as also further described below. Also, the terms "a sensor surface" and "at least 20 one sensor surface" as well as the terms "an optical system" and "at least one optical system" may be used interchangeably.

The sensor surface may be internally moved behind the optical system, such that an image plane defined by the optical system may be scanned by the sensor surface. This implies that a static scene may be imaged with high 25 accuracy, as the image may be acquired with a spectral resolution by different rows of photo-sensitive areas of the sensor surface acquiring different wavelengths of light and the sensor surface is moved such that spectrally resolved information may be assigned to spatial positions on the object. There is no need for the object to be moved in relation to the optical system in 30 order to acquire the image with high accuracy.

Further, the invention enables acquiring of an image using a compact imaging set-up. There is no need for complex components in the optical system and the optical system does not need to be changed during acquiring

of an image. For instance, there is no need to use e.g. gratings for spectrally resolving received light and which may need to be movable for directing light of a specific wavelength to different rows of the photo-sensitive areas.

Also, thanks to the sensor surface being moved in relation to the optical system, light of different wavelengths may be acquired with a constant relationship between the object and an image plane. This implies that no imaging artefacts may be introduced by changes to the optical system. Further, imaging artefacts at edges of the optical system may also be avoided.

It should be realized that the acquiring of a frame and moving of the at least one sensor surface need to be alternately performed. On the contrary, moving of the at least one sensor surface may be continuously performed during a time period in which a plurality of frames are acquired. For instance, the acquiring of a frame may be triggered at a time when the continuously moved at least one sensor surface is in a desired position. If an exposure time used in acquiring a frame is relatively short compared to a speed of movement of the at least one sensor, the acquired frame will not be affected by a movement blur. However, the acquiring and moving may alternatively be alternately performed in a repetitive manner, wherein the moving of the at least one sensor surface is temporarily stopped during acquiring of a frame.

Each row of photo-sensitive areas on the sensor surface may be arranged to detect light of a pre-selected range of wavelengths of light. Thus, all photo-sensitive areas in a row may be arranged to receive the same pre-selected range of wavelengths of light.

The pre-selected range of wavelengths of light may be unique to each row of photo-sensitive areas. Thus, each row of photo-sensitive areas may provide specific spectral information in the acquired image such that the number of channels of the image equals the number of rows on the sensor surface.

A total movement of the sensor surface between a first frame and a last frame to be included may be at least equal to a combined size of the plurality of rows of photo-sensitive areas of the sensor surface. This implies that the sensor surface may be moved in relation to the optical system, such that each channel of the image may provide information relating to the same

two-dimensional part of the object. A magnitude of the total movement may be dependent on the number of rows per wavelength band and a size of the acquired frames.

According to an embodiment, rows of photo-sensitive areas are

- 5 arranged in wavelength bands, each wavelength band comprising a plurality of rows arranged to receive same wavelengths of light. The rows in a wavelength band may further be arranged to receive unique pre-selected wavelengths, such that the number of channels of an acquired image equals the number of wavelength bands on the sensor surface.
- 10 According to an embodiment of the method, moving the at least one sensor surface comprises translating the at least one sensor surface a distance corresponding to a height of the wavelength band. This implies that the wavelength band will image adjacent positions on the object in two subsequent frames. Hence, each channel may be formed based on as few
- 15 frames as possible.

According to another embodiment, moving the at least one sensor surface comprises translating the at least one sensor surface a distance corresponding to a height of an integer number of photo-sensitive areas, wherein the integer number is less than a number of rows in the wavelength

- 20 band. Thus, the same position on the object may be imaged onto the same wavelength band in subsequent frames. This provides a possibility to selectively use information from several frames in order to improve spectral information for a spatial position on the object.

According to an embodiment, a spatial position in a channel is based

- 25 on information for a single wavelength band acquired in more than one frame. For instance, an average of the detected incident light in the plurality of frames may be used. However, other combinations are possible, such as using a median value, minimum value, maximum value or a percentile value.

According to an embodiment, the combining of information from the

- 30 plurality of frames disregards information obtained at edge rows in the wavelength band. Pixels at an edge of a wavelength band may suffer from cross-talk with an adjacent wavelength band. Thus, by disregarding edge rows, the risk of cross-talk between wavelength bands may be avoided.

According to an embodiment, the object is static during acquiring of the plurality of frames. Thanks to the object being static, the object is imaged in the same way onto the image plane during acquiring of the plurality of frames and, even though the frames are not acquired in the same instant of time,

- 5 there is no motion blur in the image.

According to another embodiment, the method further comprises moving a camera comprising the at least one optical system and the at least one sensor surface in concert with a movement of the object such that a relation between the object and the at least one optical system is static during acquiring of the plurality of frames. This implies that the object, even though it is moving, may still be imaged in the same way onto the image plane during acquiring of the plurality of frames.

- 10
- 15
- 20

According to an embodiment of the device, the device may comprise a control unit for synchronizing movement of the at least one sensor surface with acquiring of the plurality of frames. The control unit may be arranged to alternate movement of the at least one sensor surface with acquiring of a frame. Alternatively, the control unit may be arranged to move the at least one sensor surface with a constant speed and synchronize acquiring of frames with the at least one sensor surface being moved a distance corresponding to a height of an integer number of pixels.

- 25

The control unit may be embedded into the device and may e.g. be implemented in a processing unit of the device. However, according to an alternative, the control unit may be external to the device. In such case, the device may comprise a receiver, which is arranged to receive and forward control signals for synchronizing movement of the sensor surface with acquiring of the plurality of frames.

- 30

According to an embodiment, the device further comprises a communication unit for transmitting information in acquired frames to an external unit. Thus, the acquired frames may be transmitted to an external unit, which may combine the acquired frames into an image having two-dimensional spatial resolution and spectral resolution. This implies that the device need not include a processing unit for enabling the combining, which may be beneficial if e.g. size requirements on the device are very harsh. This

could for instance be the case if the device is to be used for endoscopic imaging.

According to another embodiment, the device further comprises a combining unit for combining information from a plurality of frames to form

- 5 multiple channels of an image, wherein each channel is formed based on detected light in respective rows of photo-sensitive areas and represents a two-dimensional image of the object for a unique wavelength. This implies that the device may be compact and that the image may be formed within the device, so that there is no necessity to connect the device to other
- 10 components for forming the image.

According to an embodiment, the device further comprises at least one filter which is arranged in relation to the at least one sensor surface for defining wavelength bands, each wavelength band comprising a plurality of rows of photo-sensitive areas arranged to receive same wavelengths of light.

- 15 The filter may ensure that the desired wavelengths are received by the respective rows of photo-sensitive areas. Further, using a filter may ensure that a row of photo-sensitive areas receives the same wavelengths in each acquired frame.

- 20 According to an embodiment, a number of the plurality of rows is different for different wavelength bands. This implies that channels representing different wavelength bands may be acquired using different set-ups. For instance, this may be used to adjust a signal-to-noise ratio depending on a quantum efficiency of the sensor and a filter response. Also, this may be used to give different weight to different wavelength bands, e.g.
- 25 based on expected different amounts of incident light in different wavelengths.

- 25 According to an embodiment, a set of adjacent wavelength bands define a spectral range of an image, and wherein the at least one sensor surface comprises a plurality of sets of wavelength bands repeated on the at least one sensor surface. This implies that each wavelength band within a set
- 30 of wavelength bands may be arranged to include fewer rows. Thus, the sensor surface may need to be translated a shorter distance in order to obtain information of a full spectral resolution. Further, when a current image is being acquired, frames may include information of wavelength bands of a

subsequent image, such that information for a subsequent image may be acquired simultaneously with the current image.

According to an embodiment, the sub-set of the rows of photo-sensitive areas for acquiring a frame are arranged in a position in the image plane co-centric with an image circle defined by the optical system. The optical system may image an object onto an image circle and positions being imaged closest to a center position of the image circle may be least affected by any edge artefacts in the optical system. By the sub-set of rows on the sensor surface that are used in acquiring a frame being arranged in a position defined co-centric with the image circle, it is ensured that the acquired information in each frame has no or limited imaging artefacts from the optical system.

According to an embodiment, the device comprises a plurality of sensor surfaces, wherein the plurality of sensor surfaces are arranged in a common sensor plane and the translator is arranged to carry the common sensor plane including the plurality of sensor surfaces. This implies that the device may comprise a plurality of sensor surfaces which may each be adapted for detection of specific range of wavelengths. Thus, the device may for instance comprise a first sensor surface adapted for ultraviolet light, a second sensor surface adapted for visible and near-infrared light, and a third sensor surface adapted for short-wave infrared light. By scanning all these sensor surfaces over an image circle defined by an optical system, an object may be imaged with a spectral resolution spanning over a broad range of wavelengths. Thanks to the use of a plurality of sensor surfaces, each sensor surface may be specifically adapted for detection of light within a specific range of wavelengths.

According to an embodiment, the device comprises a plurality of optical systems, wherein each optical system in the plurality of optical systems is arranged to define an image circle on an image plane and wherein the plurality of image circles are defined on a common image plane. A plurality of optical systems may provide different optical configurations (e.g. aperture, focal length, optical filters) such that a sensor surface when scanned over different image circles may obtain different information. The plurality of optical systems may be arranged in a relationship to each other, such that the image

circles are defined on a common image plane, whereby the translator may be arranged to move the at least one sensor surface in a planar movement for scanning the at least one sensor surface over the plurality of image circles.

According to an embodiment, the at least one sensor surface is tilted in

5 relation to a direction of movement of the at least one sensor surface by means of the translator carrying the at least one sensor surface. This implies that different rows of photo-sensitive areas on a sensor surface will be arranged at different distances from the optical system when arranged in an image circle defined by the optical system. This could be used for handling

10 chromatic lens aberrations in the optical system, such that the respective rows of photo-sensitive areas will be arranged in a true focal plane for the respective wavelength, when arranged in the image circle defined by the optical system.

According to an embodiment, the device is arranged to acquire a first

15 set of frames for forming a first image having two-dimensional spatial resolution and spectral resolution while moving the translator in a first direction and acquire a second set of frames for forming a second image having two-dimensional spatial resolution and spectral resolution while moving the translator in a second direction opposite to the first direction. This

20 implies that the translator need not move the sensor surface to an origin position after each scan in order to prepare for acquiring of a next image. Rather, images may be acquired as the sensor surface is moved back and forth in relation to the optical system. Naturally, the information relating to specific wavelengths will be acquired in an opposite order when the translator

25 is moved in the second direction compared to when the translator is moved in the first direction.

According to an embodiment, the device further comprises an illumination source, wherein the illumination source is controllable for controlling a spectral profile of illuminated light. A control unit may thus control

30 the illumination source such that frames and/or images may be obtained with desired illumination.

According to an embodiment, the illumination source may be controlled to match wavelength bands being arranged in the image plane to receive

incident light from the optical system. Thus, the spectral profile of the illumination source may be varied during a scan of the rows of photo-sensitive areas over the image plane. The illumination source may thus e.g. match the quantum efficiency of each photo-sensitive area and the spectral range of

5 each photo-sensitive area.

According to another embodiment, the illumination source may be controlled for respective images such that a specific image may be obtained under specific illumination. This implies that a plurality of images may be obtained under different illuminations providing different information of an

10 object to be imaged.

According to an embodiment, the translator is a piezo-electric translation stage for accurately moving the sensor surface. This implies that the translator may be implemented as a small component which may accurately control movement of the sensor surface.

15

Brief Description of Drawings

These and other aspects of the present invention will now be described in further detail, with reference to the appended drawings showing embodiment(s) of the invention.

20 Fig. 1 is a schematic drawing of a device according to an embodiment of the invention.

Fig. 2 is a schematic drawing illustrating movement of a sensor surface.

Fig. 3 is a schematic drawing illustrating information acquired in different frames according to a first example.

25 Fig. 4 is a schematic drawing illustrating an image having two-dimensional spatial resolution and spectral resolution being formed based on the information acquired in the frames of the first example.

Fig. 5 is a schematic drawing illustrating information acquired in different frames according to a second example.

30 Fig. 6 is a schematic drawing illustrating an image having two-dimensional spatial resolution and spectral resolution being formed based on the information acquired in the frames of the second example.

Fig. 7 is a flow chart of a method according to an embodiment of the invention.

Detailed Description

5 The present invention will now be described more fully hereinafter with reference to the accompanying drawings, in which currently preferred embodiments of the invention are shown. This invention may, however, be embodied in many different forms and should not be construed as limited to the embodiments set forth herein; rather, these embodiments are provided for 10 thoroughness and completeness, and fully convey the scope of the invention to the skilled person.

Referring now to Fig. 1, a device 100 for acquiring an image having two-dimensional spatial resolution and spectral resolution will be described. The device 100 comprises an optical system 102, which is configured to 15 image an object towards an image plane 104 forming an image circle in the image plane 104.

The optical system 102 may comprise a number of optical components for properly imaging the object, such as apertures, stops, and lenses. The optical system 102 may be adaptable to vary e.g. focus or magnification of 20 the optical system 102.

The device 100 further comprises a sensor surface 110, which may be arranged in the image plane 104 of the optical system. Thus, the optical system 102 may be arranged to direct light from an object towards the sensor surface 110 in the image plane 104.

25 The device 100 may comprise a plurality of optical systems 102, which may be arranged side-by-side to each form an image circle in a common image plane 104. The optical systems 102 may each have different configurations enabling imaging of an object with different optical set-ups.

As will be further described below, the sensor surface 110 may be 30 movable in the image plane 104. When the device 100 comprises a plurality of optical systems 102, the sensor surface 110 may be movable in the common image plane 104 of the plurality of optical systems 102, such that the

sensor surface 110 may in different frames record light that has passed different optical systems 102 and optical set-ups.

The device 100 may further comprise a plurality of sensor surfaces 110, which may be arranged in a common sensor plane. Each sensor surface 110

5 may be adapted for detection of a specific range of wavelengths, e.g. ultraviolet, visible or infrared light. The plurality of sensor surfaces 110 may thus enable acquiring light over a very broad range of wavelengths, which may be useful for imaging an object with a spectral resolution spanning the broad range of wavelengths.

10 The plurality of sensor surfaces 110 may be used in combination with a plurality of optical systems 102, such that an object may be imaged with different optical set-ups, while acquiring light over a very broad range of wavelengths.

Although the device 100 may comprise a plurality of optical systems 102 and a plurality of sensor surfaces 110, for simplicity and brevity the device 100 will mainly be described below with reference to a single optical system 102 and a single sensor surface 110. Unless specifically stated below, the features described will also apply to a device 100 comprising a plurality of optical systems 102 and/or a plurality of sensor surfaces 110.

15 The device 100 may optionally comprise a light source 150 for illuminating the object, in order to provide desired lighting conditions when acquiring an image. The light source 150 may be arranged to provide illumination of specific wavelengths in order for the light to interact with the object, such as being specularly or diffusely reflected or inducing emission of 20 light, such as through fluorescence. The sensor surface 110 may thus be arranged to receive and detect light from the object.

25 The sensor surface 110 may comprise photo-sensitive areas 112, which may be arranged in columns and rows. The sensor surface 110 may comprise a complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS) circuitry for arranging photo-sensitive areas 112 on the surface 110 and circuitry for 30 controlling read-out of detection of light in the photo-sensitive area 112. The photo-sensitive areas 112 may also be referred to as pixels.

The photo-sensitive areas 112 and the circuitry on the sensor surface 110 may together form an image sensor for acquiring frames of image information. Each frame may comprise information of detected incident light in at least a sub-set of rows of photo-sensitive areas 112. The image sensor

5 may further be arranged to acquire a plurality of frames, wherein the plurality of frames may be combined to represent a two-dimensional image of the object having a spectral resolution, as will be described later.

A filter 114 may be integrated on the sensor surface 110. The filter 114 may be arranged to pass specific wavelengths to rows of photo-sensitive

10 areas 112. Thus, the photo-sensitive areas 112 in a row may all be arranged to detect the same wavelengths of light. Further, rows of photo-sensitive areas may be arranged in wavelength bands such that a plurality of rows receives the same wavelengths of light, whereas different wavelength bands receive different wavelengths.

15 Each wavelength band may define a narrow range of wavelengths which are detected by the photo-sensitive areas 112 in the wavelength band. The wavelength bands may be a plurality of adjacent wavelength bands in a range of wavelengths. However, according to an alternative, the wavelength bands may be a plurality of selected wavelength bands from a range of

20 wavelengths, wherein the wavelength bands are not necessarily adjacent to each other in the wavelength spectrum.

Each wavelength band may define a unique, pre-selected wavelength interval, which is detected by the photo-sensitive areas 112 in the wavelength band. The wavelength bands may be adapted to specific requirements, e.g.

25 for facilitating analysis of an object for presence of a compound. The wavelength bands may alternatively comprise a number of adjacent wavelength intervals in a broad range of wavelengths allowing acquiring a two-dimensional image of an object with a spectral resolution facilitating general use of the spectral information.

30 The sensor surface 110 may be mounted on a translator 120. The translator 120 may thus carry the sensor surface 110 and may accurately control placement of the sensor surface 110 in the image plane 104. The translator 120 may be arranged as a piezo-electric translation stage, which

may be accurately controlled in order to provide an accurate placement of the sensor surface 110 in the image plane 104. Thus, the sensor surface 110 may be moved in the image plane 104.

As mentioned above, the filter 114 may be integrated to the sensor

5 surface 110 such that the filter 114 will move with the sensor surface 110 and the same row of photo-sensitive areas 112 will detect the same wavelengths of light regardless of the placement of the sensor surface 110 in the image plane 104. Alternatively, the filter 114 may also be mounted on the translator 120 or connected to the sensor surface 110, such that the filter 114 will move

10 with the sensor surface 110.

The device 100 may further comprise a control unit 130, which may be arranged to control the translator 120 and may further be arranged to control the image sensor to acquire a frame. The control unit 130 may thus be arranged to synchronize movement of the sensor surface 110 and acquiring

15 of frames, as will be further described below.

The control unit 130 may be implemented as a microprocessor, which may be programmable for controlling operation of the microprocessor. For instance, the processing unit may be a central processing unit (CPU). The processing unit may alternatively be a special-purpose circuitry for providing

20 only specific logical operations. Thus, the processing unit may be provided in the form of an application-specific integrated circuit (ASIC), an application-specific instruction-set processor (ASIP) or a field-programmable gate array.

The device 100 may also comprise a combining unit 132 for combining information from a plurality of frames to form multiple channels of an image.

25 The combining unit 132 may be implemented in the same processing unit as the control unit 130 or in another processing unit specially adapted to combining of frames.

It should be realized that one or more of the control unit 130 and the combining unit 132 may alternatively be arranged in an external unit and need

30 not be part of the device 100. The device 100 may thus instead comprise an interface for receiving control signals from an external unit and/or transmitting information in acquired frames to an external unit.

The interface may comprise a communication unit 140 for transmitting and/or receiving information to and from an external unit. The communication unit 140 may be arranged for wired or wireless communication.

In some embodiments, a size of the device 100 may be critical, e.g. if

- 5 the device 100 is to be used for endoscopic imaging. In such case, the control unit 130 and/or the combining unit 132 may alternatively be arranged in an external unit, such as a personal computer connected to the device 100 such that processing power is arranged externally to the device 100.

The device 100 may be formed in a single housing, such that a relation

- 10 between the optical system 102 and the translator 120 is well-controlled. This may also ensure that a compact assembly of the device 100 is provided.

Referring now to Fig. 2, movement of the sensor surface 110 and acquiring of frames will be further explained. Fig. 2 illustrates an image circle 200 projected by the optical system 102 onto the image plane 104. The image

- 15 circle is scanned by the sensor surface 110.

The sensor surface 110 is moved in a direction perpendicular to a longitudinal direction of the rows of photo-sensitive areas 112, as indicated by arrow A. A plurality of frames is acquired while the sensor surface 110 is moved in the image plane 104. A row of photo-sensitive areas 112 may thus

- 20 detect incident light in a number of frames, detecting light from different parts of the object in each frame.

The plurality of frames may then be combined to form multiple channels of an image. Each channel may be formed based on detected light in a wavelength band and represent a two-dimensional image of the object for

- 25 the wavelengths detected in the wavelength band. Together the multiple channels may form a hyperspectral cube, i.e. imaging the object in two spatial dimensions and in a third spectral dimension.

The sensor surface 110 may be tilted in relation to a direction of movement of the sensor surface 110. Hence, a non-zero angle may be

- 30 formed between a longitudinal direction of columns of the sensor surface 110 and the movement direction A. This implies that different rows of the sensor surface 110 may be arranged at different distances to the optical system 102 and may allow for diminishing errors e.g. due to chromatic aberrations of the

optical system 102, which may cause the true image plane 104 to be at different distances from the optical system 102 for different wavelengths of light.

The optical system 102 may also or alternatively be dynamically controlled such that the optical system 102 may be adapted to the wavelengths of light to be recorded in a specific frame in order to diminish errors due to e.g. chromatic aberrations.

As indicated in Fig. 2, a first frame, frame 0, is acquired when the sensor surface 110 is mostly outside the image circle. In Fig. 2, only a single row of photo-sensitive areas 112, namely the row 116a leading the movement of the sensor surface 110 in the scanning direction A, receives light. Then, the sensor surface 110 is moved in the scanning direction A so that the row 116a in sequential frames receives light from different parts of the object. The sensor surface 110 is then gradually moved out of the image circle again until a last frame, frame N, is acquired when the sensor surface 110 is mostly outside the image circle again. In the last frame, only the row 116b trailing the movement in the scanning direction A receives light.

Depending on the optical system 102 and sensor dimensions, a size of the scanned area may vary. However, to obtain a hyperspectral cube of a size of the sensor itself, two times the number of wavelength bands minus one frames need to be acquired, as illustrated in Fig. 2.

As explained above, the device 100 may comprise a plurality of sensor surfaces 110. The plurality of sensor surfaces 110 may thus sequentially scan the image circle, whereby the object may be imaged by the optical system 102 onto a plurality of sensor surfaces 110 for recording different ranges of wavelengths. The recorded frames from the plurality of sensor surfaces 110 may be combined into a large hyperspectral cube spanning a very broad range of wavelengths.

Also, the device 110 may comprise a plurality of optical systems 102. The optical systems 102 may image slightly different parts of an object, e.g. with different optical set-ups. A separate image in the form of a hyperspectral cube may be formed based on each optical system 102.

If the object is moved in relation to the optical systems 102, the same part of the object may be imaged by the plurality of optical systems 102 in sequential imaging sequences.

The plurality of optical systems 102 may be used for imaging in an 5 object with different configurations, varying e.g. apertures, focal length and/or optical filters.

Differences in apertures between the optical systems enable for instance the implementation of a High Dynamic Range image reconstruction. Differences in focal length between the optical systems enable scanning with 10 different magnifications and field of views, as e.g., in a microscopy setup. Different optical filters between the optical systems enable enhancing the spectral quality by avoiding for instance spectral mixing in bands with multiple peaks. The different optical filters would also be needed when scanning with 15 multiple sensor surfaces in different spectral ranges. A plurality of optical systems with different optical axes enable (multi-) stereo 3D hyperspectral imaging.

The plurality of frames (acquired in relation to a single optical system 102) should be acquired while the object is static, such that motion blur is not introduced into the image.

20 According to an alternative embodiment, the device 100 is arranged to move in concert with the object, e.g. along a conveyor belt, such that the object appears static in relation to the optical system 102. Thus, the plurality of frames while a same position on the object is imaged onto a same position in the image plane 104, such that no motion blur will be introduced in the 25 acquiring of a plurality of frames.

The device 100 may be used in a start/stop mode, where translation of the sensor surface 110 is halted between frames. Thus, no motion of the sensor surface 110 occurs during acquiring of a single frame and any motion blur may thus be avoided.

30 However, the device 100 may alternatively be used in a continuous mode. The frames may thus be acquired when the sensor surface 110 is at specific positions in the image plane 104 by means of providing triggering of the acquiring of a frame in synchronization with a speed of movement of the

sensor surface 110. The translator 120 may move the sensor surface 110 with such precision that sub-pixel registration of the frames may be allowed.

The speed of movement of the sensor surface 110 may be so low that the sensor surface 110 is not moved a distance longer than a height of a

5 wavelength band during acquisition time. Pixel blur (i.e. a displacement in number of pixels of the sensor surface 110 occurring during image acquisition) may be controlled and the resulting image can be binned to reduce noise.

In either of the above modes movement of the translator 120 needs to
10 be accurately controlled, such that a position of a row of photo-sensitive areas 112 of the sensor surface 110 in the imaging plane 104 is accurately known. In the start/stop mode, the translator 120 may be arranged to move the sensor surface 110 a distance corresponding to a height of an integer number of photo-sensitive areas 112, e.g. corresponding to a size of a wavelength
15 band.

The light source 150 may further be controlled, e.g. by the control unit 130, such that a spectral profile (e.g. a specific wavelength of light) of the emitted light may match a sensitivity of the rows 116 of the sensor surface 110 which are arranged in the image circle.

20 By the light source 150 being controlled by the control unit 130, synchronization of the emitted light with the movement of the sensor surface 110 may be facilitated. However, it should be realized that the light source 150 may be controlled by a separate controller, e.g. embedded in the light source 150.

25 In one embodiment, the light source 150 may be controlled to change the spectral profile at each frame to be acquired. The light source 150 may thus be tuned to specifically match a quantum efficiency and spectral range of each wavelength band that passes the image circle. Alternatively, the light source 150 may be controlled to change the spectral profile one or a few
30 times during scanning of the sensor surface 110 over the image circle to adjust to a continuous change of sensitivity of the wavelength bands in the image circle.

In one embodiment, the light source 150 may be controlled to change in relation to different sensor surfaces 110 being arranged in the image circle. For instance, if a first sensor surface 110 is arranged to detect ultraviolet light and a second sensor surface 110 is arranged to detect visible light, the light

5 source 150 may be controlled to emit ultraviolet light when the first sensor surface 110 is in the image circle and to emit visible light when the second sensor surface 110 is in the image circle.

In another embodiment, the light source 150 may be controlled to change the illumination for different passes of the sensor surface 110 over the

10 image circle. For instance, a broadband visible light illumination may first be used in a first scan of the sensor surface 110 over the image circle. Then, an illumination for inducing fluorescence may be used in a second scan allowing acquiring a first image of an object in visible light and a second fluorescence image of the object. This may be very useful in some applications, such as
15 fluorescence guided surgery, where fluorescence localization algorithms require intrinsic measurements (at the excitation wavelength) and fluorescence measurements.

Referring now to Figs 3-6, two examples of movement of the sensor surface 110 and the combination of frames into an image having spectral resolution will be given. The movement between subsequent frames is called a step-size and is quantified as the number of pixels to which the movement corresponds.

In a first example, illustrated in Figs 3-4, the sensor surface 110 comprises 4 wavelength bands, each comprising 4 rows of pixels. The sensor
25 surface 110 is moved using a 4 pixel step between frames. In this case, 7 frames are acquired in order to complete a data set for forming four channels each representing a two-dimensional image of the object for a specific wavelength band.

It is clear from Fig. 3 that only pixel positions 13-28 contain all spectral
30 bands and a combined image may thus be formed, as illustrated in Fig. 4, for these pixel positions. The combined image comprises spectral information of four different wavelength bands for every spatial position in the image and the combined image is as large as the size of the image sensor.

In the example of Figs 5-6, the sensor surface 110 comprises 3 wavelength bands, each comprising 8 rows of pixels. The sensor surface 110 is moved using a 3 pixel step between frames. Here, 14 frames are acquired as illustrated in Fig. 5.

5 Since each wavelength band comprises 8 rows of pixels, and a 3 pixel step is used, a spatial position of the object is imaged in a single wavelength band in a plurality of frames. This allows pixels at the edge of each band to be discarded, in order to avoid cross-talk between adjacent wavelength bands. Further, information relating to each spatial position is still acquired in two

10 frames for each wavelength band. Information from a plurality of frames may be combined in several different ways. For instance, an average of the detected incident light in the plurality of frames may be used. Alternatively, a median value, a minimum value, a maximum value or a percentile value may be used.

15 It should be realized that the above examples described in relation to Figs. 3-6 are given in order to facilitate explanation of how a plurality of frames may be acquired and are related to each other. In practical examples, the size of the sensor surface 110 is larger and a larger number of wavelength bands may be used.

20 In one embodiment, a sensor surface 110 comprises 128 wavelength bands of 8 pixels each (1024 pixel rows) by 2048 columns. The device 100 may then be arranged to acquire 255 frames using an 8 pixel step. Each pixel may have a height of 5.5 μ m, which implies that the sensor surface will in total be moved 11.22 mm. The sensor can be operated at acquiring 350 frames

25 per second, such that a full hyperspectral cube (1024x2048 pixels x 128 wavelength bands) may be acquired in 0.72 seconds. Thus, the full hyperspectral cube may be quickly obtained, which does not set very limiting requirements on having a static object in relation to the optical system 102.

The wavelength bands on the sensor surface 110 may be designed

30 with different widths (different number of rows per wavelength band). This may be used for adjusting a signal-to-noise ratio depending on quantum efficiency of the photo-sensitive areas 112 and filter response.

A set of adjacent wavelength bands define a spectral range that may be acquired by the sensor surface 110. According to an embodiment, the sensor surface 110 comprises a plurality of sets of wavelength bands repeated on the sensor surface 110.

5 For instance, a sensor surface 110 may have 128 unique wavelength bands, each covering 8 rows of the sensor surface 110. By repeating the sets of wavelength bands on a same-size sensor surface 110, the sensor surface 110 may instead have two times the same 128 bands each covering 4 rows of the sensor surface 110. Then, in order to acquire an image spectrally
10 resolved over the 128 band, it is only required to move the sensor surface 110 half the distance. Thus, a rate of acquired images may be increased, in particular if the sensor surface 110 is moved in continuous mode.

Further, since the wavelength bands are repeated on the sensor surface 110, acquiring of a subsequent image may be initiated while a current 15 image is acquired. For instance, with reference to Fig. 3, while frames 5-7 are acquired for a current image, frames 1-3 for the subsequent image may be acquired. This implies that the subsequent image may be acquired quickly after the acquiring of the current image.

According to an embodiment, an image may be acquired when the
20 sensor surface 110 is moved in a first direction over the image circle. Once the entire sensor surface 110 has been scanned, another image may be acquired while the sensor surface 110 is moved back over the image circle in a second direction opposite the first direction. Thus, images may be acquired as the translator 120 moves the sensor surface 110 back and forth over the
25 image circle. The wavelength band leading the movement of the sensor surface 110 in the first direction will be trailing the movement of the sensor surface 110 in the second direction. This implies that an order of acquiring information relating to different wavelength bands will be changed between the first and second direction. However, this may be easily handled when
30 combining frames into an image having spectral resolution.

Using a plurality of sets of wavelength bands repeated on the sensor surface 110 and acquiring images when moving the translator 120 in both the first direction and the opposite second direction may be used for acquiring

images having a full spectral resolution at a very high rate. This may be used in order to acquire video-type imaging of an object or a scenery with a high spectral resolution. For instance, using a sensor sensor surface 110 having 64 wavelength bands, each of one row, repeated 8 times on the sensor

5 surface 110, and scanning back and forth may result in a rate of about 10 images per second.

Referring now to Fig. 7, a method 300 for acquiring an image will be described. The method comprises acquiring, step 302, a frame using rows of photo-sensitive areas 112 on a sensor surface 110. The method further

10 comprises moving, step 304, the sensor surface 110 in the image plane 104 in a direction perpendicular to a longitudinal direction of the rows of photo-sensitive areas 112. The acquiring 302 of a frame is repeated for acquiring a plurality of frames, wherein the sensor surface 110 is differently arranged to the optical system 102 for different frames. Thus, different spectral

15 information for respective positions on the object is recorded by means of the sensor surface 110 in different frames.

Then, information from the thus-acquired plurality of frames are combined, step 306, to form multiple channels of an image, wherein each channel is formed based on detected light in respective rows of photo-

20 sensitive areas 112 and represent a two-dimensional image of the object for a unique wavelength interval.

Optionally, before initiating combining of a plurality of frames, a check may be performed whether the sensor surface 110 has been scanned over the entire surface to be scanned (e.g. over all wavelength bands), so that

25 each spatial position of an object has been imaged onto each wavelength band on the sensor surface 110. If not, the repeating of the step 302 for acquiring a plurality of frames using different positions of the sensor surface 110 in relation to the optical system 102 may be continued in order to obtain further frames before combining of a plurality of frames is initiated.

30 If the check finds that the desired frames have been acquired, the combining 306 of information from the thus-acquired plurality of frames may be initiated.

It should be realized, however, that the step 306 of combining plurality of frames to form multiple channels of an image may be initiated before all frames have been acquired. Also, an image may be formed even if all frames are, for some reason, not acquired. Hence, if the check never finds that the 5 entire surface to be scanned has actually been scanned, the step 306 may still be performed based on the frames that have been acquired to form an image which may lack information of some of the multiple channels.

In the above, the invention has mainly been described with reference to a limited number of embodiments. However, as is readily appreciated by a 10 person skilled in the art, other embodiments than the ones disclosed above are equally possible within the scope of the invention, as defined by the appended claims.

CLAIMS

1. A method for acquiring an image having two-dimensional spatial resolution and spectral resolution, said method comprising:
 - 5 acquiring (302) a frame using rows of photo-sensitive areas (112) on at least one sensor surface (110), which at least one sensor surface (110) is arranged in relation to at least one optical system (102) in an image plane (104) defined by the at least one optical system (102), wherein the photo-sensitive areas (112) are arranged to detect incident light from an object imaged by the at least one optical system (102) onto the image plane (104) and rows of photo-sensitive areas (112) are arranged to receive different wavelengths of light;
 - 10 moving (304) the at least one sensor surface (110) in the image plane (104) in a direction perpendicular to a longitudinal direction of the rows of photo-sensitive areas (112);
 - 15 repeating the acquiring (302) for acquiring a plurality of frames using different positions of the at least one sensor surface (110) in relation to the at least one optical system (102) for recording different spectral information for respective positions on the object; and
 - 20 combining (306) information from the plurality of frames to form multiple channels of an image, wherein each channel is formed based on detected light in respective rows of photo-sensitive areas (112) and represent a two-dimensional image of the object for a unique wavelength.
- 25 2. The method according to claim 1, wherein rows of photo-sensitive areas (112) are arranged in wavelength bands, each wavelength band comprising a plurality of rows arranged to receive same wavelengths of light.
- 30 3. The method according to claim 2, wherein moving the at least one sensor surface (110) comprises translating the at least one sensor surface (110) a distance corresponding to a height of the wavelength band.

4. The method according to claim 2, wherein moving the at least one sensor surface (110) comprises translating the at least one sensor surface (110) a distance corresponding to a height of an integer number of photo-sensitive areas (112), wherein the integer number is less than a number of 5 rows in the wavelength band.
5. A device for acquiring an image having two-dimensional spatial resolution and spectral resolution, said device (100) comprising:
 - at least one optical system (102), wherein each optical system (102) of 10 the at least one optical system (102) is configured to define an image plane (104) and direct light from an object towards the image plane (104);
 - at least one sensor surface (110) comprising photo-sensitive areas (112) for detecting incident light, wherein rows of photo-sensitive areas (112) are arranged to receive different wavelengths of light;
 - 15 a translator (120), wherein the translator (120) is arranged to carry the at least one sensor surface (110) for moving the at least one sensor surface (110) in the image plane (104) in a direction perpendicular to a longitudinal direction of the rows of photo-sensitive areas (112); and
 - the translator (120) being arranged to be controlled for synchronizing 20 movement of the at least one sensor surface (110) with acquiring of a plurality of frames, wherein a frame in the plurality of frames is acquired by means of a sub-set of the rows of photo-sensitive areas (112) arranged in the image plane (104) to receive incident light from the at least one optical system (102).
 - 25 6. The device according to claim 5, further comprising a communication unit (140) for transmitting information in acquired frames to an external unit.
 7. The device according to claim 5, further comprising a combining unit (132) for combining information from a plurality of frames to form multiple 30 channels of an image, wherein each channel is formed based on detected light in respective rows of photo-sensitive areas (112) and represent a two-dimensional image of the object for a unique wavelength.

8. The device according to any one of claims 5-7, further comprising at least one filter (114) which is arranged in relation to the at least one sensor surface (110) for defining wavelength bands, each wavelength band comprising a plurality of rows of photo-sensitive areas (112) arranged to 5 receive same wavelengths of light.

9. The device according to claim 8, wherein a number of the plurality of rows is different for different wavelength bands.

10 10. The device according to claim 8 or 9, wherein a set of adjacent wavelength bands define a spectral range of an image, and wherein the at least one sensor surface (110) comprises a plurality of sets of wavelength bands repeated on the at least one sensor surface (110).

15 11. The device according to any one of claims 5-10, wherein the device comprises a plurality of sensor surfaces (110), wherein the plurality of sensor surfaces (110) are arranged in a common sensor plane and the translator (120) is arranged to carry the common sensor plane including the plurality of sensor surfaces (110).

20 12. The device according to any one of claims 5-11, wherein the device comprises a plurality of optical systems (102), wherein each optical system in the plurality of optical systems is arranged to define an image circle on an image plane and wherein the plurality of image circles are defined on a 25 common image plane.

13. The device according to any one of claims 5-12, wherein the at least one sensor surface (102) is tilted in relation to a direction of movement of the at least one sensor surface (102) by means of the translator (120) carrying 30 the at least one sensor surface (102).

14. The device according to any one of claims 5-13, wherein the device is arranged to acquire a first set of frames for forming a first image having two-

dimensional spatial resolution and spectral resolution while moving the translator (120) in a first direction and acquire a second set of frames for forming a second image having two-dimensional spatial resolution and spectral resolution while moving the translator (120) in a second direction

5 opposite to the first direction.

15. The device according to any one of claims 5-14, further comprising an illumination source, wherein the illumination source is controllable for controlling a spectral profile of illuminated light.

ABSTRACT

The present invention relates to a method for acquiring an image having two-dimensional spatial resolution and spectral resolution, said

5 method comprising: acquiring (302) a frame using rows of photo-sensitive areas (112) on a sensor surface (110) detecting incident light from an object imaged by an optical system (102) onto an image plane (104), wherein rows of photo-sensitive areas (112) are arranged to receive different wavelengths; moving (304) the sensor surface (110) in a direction perpendicular to a

10 longitudinal direction of the rows; repeating the acquiring (302) and moving (304) for acquiring a plurality of frames recording different spectral information for respective positions on the object; and combining (306) information from the plurality of frames to form multiple channels of an image, wherein each channel is formed based on detected light in respective rows and represent a

15 two-dimensional image of the object for a unique wavelength.

Elected for publication: Fig. 7

1/5

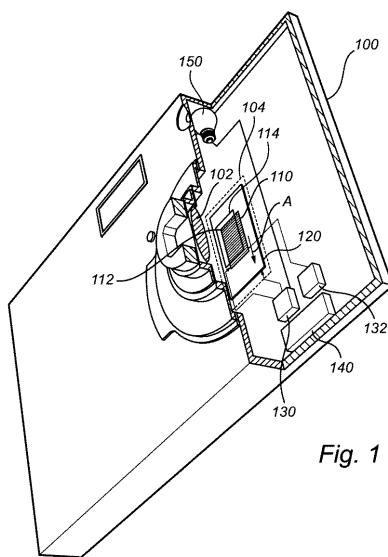


Fig. 1

2/5

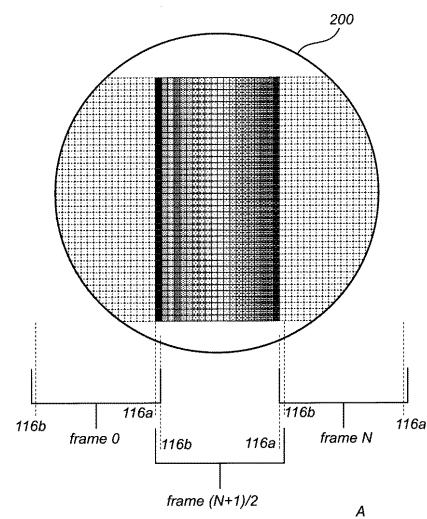


Fig. 2

3/5

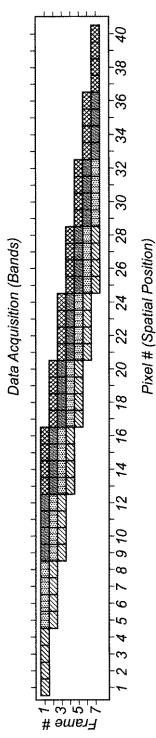


Fig. 3

4/5

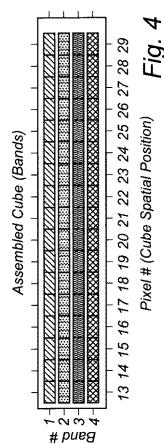


Fig. 4

4/5

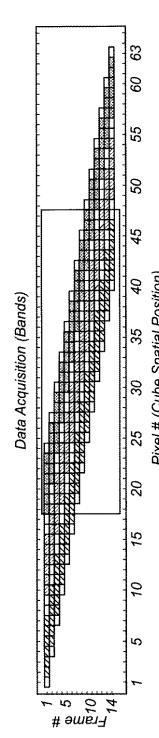


Fig. 5

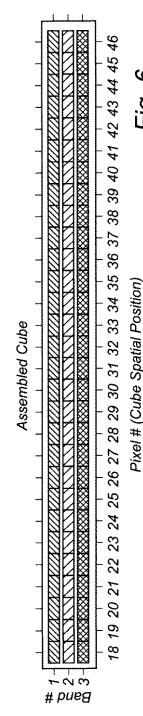


Fig. 6

5/5

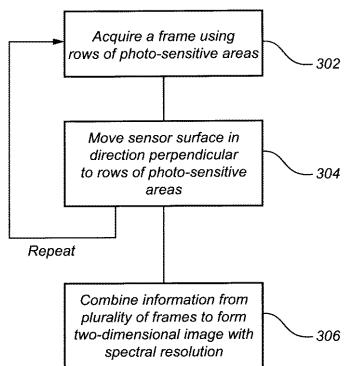


Fig. 7