

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-503188

(P2004-503188A)

(43) 公表日 平成16年1月29日(2004.1.29)

(51) Int. Cl.⁷

H04N 5/238

G03B 15/02

G06T 1/00

H04N 9/04

F I

H04N 5/238

G03B 15/02

G06T 1/00

H04N 9/04

テーマコード (参考)

5B047

5C022

5C065

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 81 頁)

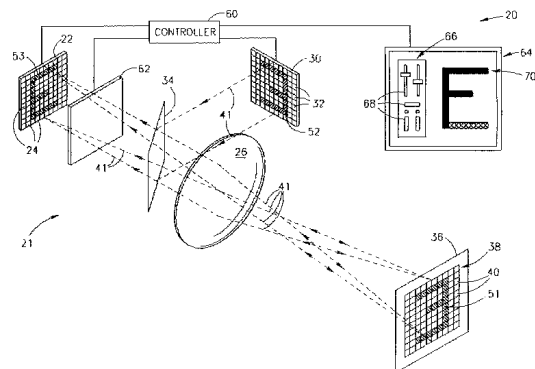
(21) 出願番号 特願2002-509283 (P2002-509283)
 (86) (22) 出願日 平成12年7月9日(2000.7.9)
 (85) 翻訳文提出日 平成15年1月9日(2003.1.9)
 (86) 国際出願番号 PCT/IL2000/000404
 (87) 国際公開番号 W02002/005549
 (87) 国際公開日 平成14年1月17日(2002.1.17)
 (81) 指定国 EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), BR, CA, JP, US

(71) 出願人 301010799
 スリーディーヴィー システムズ リミテッド
 イスラエル国 ヨクナム 20692, ピー.オー.ボックス 249
 (74) 代理人 100078880
 弁理士 松岡 修平
 (72) 発明者 ブラウン・オリ・ジェイ
 イスラエル国 テル アヴィブ 69127
 7 ボイェール ストリート 12/7
 (72) 発明者 ヤハブ・ギオラ
 イスラエル国 ハイファ 34814
 ベイリス ストリート 11
 Fターム(参考) 5B047 BB06 BC05 BC11 CA19
 5C022 AB15 AC42 AC54

(54) 【発明の名称】 スルー・ザ・レンズ・イルミネータを有するカメラ

(57) 【要約】

入射する光に応じた信号を生成する受光ピクセル及び当該撮像面上に撮影対象の像の焦点を合わせる光学系を有する撮像面；及び前記撮影対象を照明するための照明システムを備えるカメラにおいて、前記照明システムは：実質的に連続で独立に制御可能な光供給領域を複数有する照明部；実質的に前記カメラの視野の全てかつ実質的に前記カメラの視野のみを前記照明部からの光が照明するように前記撮影対象に前記照明部の像の焦点を合わせる光学系；及び各光供給領域により供給される光を制御するコントローラを含むことを特徴とするカメラ。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

撮像面であって、入射する光に応じた信号を生成する受光ピクセル及び前記撮像面上に撮影対象の像の焦点を合わせる光学系を有する撮像面；及び
前記撮影対象を照明するための照明システムを備えるカメラにおいて、前記照明システムは：

実質的に連続で独立に制御可能な光供給領域を複数有する照明部；
実質的に前記カメラの視野の全てかつ前記カメラの視野のみを前記照明部からの光が照明するように前記撮影対象に前記照明部の像の焦点を合わせる光学系；及び
各光供給領域により供給される光を制御するコントローラ
を含むことを特徴とするカメラ。

10

【請求項 2】

前記照明部の虚像が前記撮像面に位置するように前記照明部が前記撮像面に対しボアサイトされており、かつ、前記撮像面に前記撮影対象を結像する前記光学系が前記撮影対象上に前記照明部を結像させている
請求項 1 のカメラ。

【請求項 3】

前記照明部の虚像は、実質的に前記撮像面と一致している
請求項 2 のカメラ。

【請求項 4】

前記撮影対象から反射された前記光供給領域の各々からの光は、前記撮像面内の、異なる、連続したピクセルのグループに結像される
請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項のカメラ。

20

【請求項 5】

前記撮影対象で反射され、前記カメラで撮像された前記光供給領域の各々からの光は、前記撮像面内のピクセルのサイズに実質的に等しいサイズを有する前記撮像面の領域上に結像される
請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 6】

前記光が結像される前記領域は、実質的に、前記撮像面上のピクセルの領域内に位置している
請求項 5 のカメラ。

30

【請求項 7】

前記照明部の隣り合う少なくとも 2 つの光供給領域からの光が結像する前記撮像面上の領域は重なっている
請求項 4 から 6 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 8】

前記照明部の隣り合う光供給部からの光が結像される前記撮像面上の領域には非常に小さい重なりがある
請求項 4 から 6 までのいずれか 1 項のカメラ。

40

【請求項 9】

前記撮影対象で反射され、前記カメラにより撮像された、複数の光供給領域からの光は、前記撮像面内のピクセルのサイズと実質的に等しいサイズを有する前記撮像面の同じ領域に結像される
請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 10】

前記複数の光供給領域からの光は、実質的に、前記撮像面上のピクセルの領域内に結像されている
請求項 9 のカメラ。

【請求項 11】

50

全ての光供給領域は、同じスペクトル特性を有する光を供給する
請求項 1 から 9 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 1 2】

各光供給領域は白色光を供給する
請求項 1 1 のカメラ。

【請求項 1 3】

各光供給領域は、少なくとも 2 つの異なる波長帯域の光を供給するように制御可能である
請求項 1 から 9 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 1 4】

各光供給領域は、赤、緑及び青の光を供給するように制御可能である
請求項 1 3 のカメラ。

10

【請求項 1 5】

前記複数の光供給領域は 3 つの光供給領域を含む
請求項 9 又は 1 0 のカメラ。

【請求項 1 6】

各光供給領域は、赤、緑又は青の光の異なる一つを供給する
請求項 1 5 のカメラ。

【請求項 1 7】

前記コントローラは、各光供給領域により供給される赤、緑又は青色の光の強度を制御すること
で、前記光供給領域からの光により照明されている前記撮影対象の領域を照明して
いる光の色相、彩度又は強度を前記撮影対象の他の領域を照明する光の色相、彩度及び強
度から独立に調整する
請求項 1 4 又は 1 6 のカメラ。

20

【請求項 1 8】

前記コントローラは、少なくとも一つの光供給領域により供給される光を制御することによ
り、前記撮影対象により反射され、前記撮像面のピクセルに入射する光の赤、緑又は青
色の強度配分を制御する
請求項 1 4 又は請求項 1 6 のカメラ。

【請求項 1 9】

前記コントローラは、各光供給領域により供給される光の強度を制御することにより、前
記光供給領域からの光で照明される前記撮影対象の一領域を照明する光の強度を、前記撮
影対象の他の領域を照明する光から独立に制御する
請求項 1 から 1 8 までのいずれか 1 項のカメラ。

30

【請求項 2 0】

前記コントローラは、少なくとも一つの光供給領域によって供給される光を制御すること
により、前記撮影対象により反射され、前記撮像面のピクセルに入射する光の強度分布を
制御する
請求項 1 から 1 9 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 2 1】

前記コントローラは、前記ピクセルに入射する光に応じて各ピクセルが生成する信号を受
信し、前記撮影対象の照明を調整するために、数なくとも一つの光供給領域によって供給
される光を前記信号に応じて制御する
請求項 1 から 2 0 までのいずれか 1 項のカメラ。

40

【請求項 2 2】

前記コントローラは数なくとも一つの光供給領域によって供給される光を制御することによ
り、前記撮影対象の一領域から前記カメラに到達する光であって、前記領域を撮像する
ピクセルに入射する光の強度が予め定められている最大強度を超える光の強度を低下させ
る

請求項 2 1 のカメラ。

【請求項 2 3】

50

前記コントローラは数なくとも一つの光供給領域によって供給される光を制御することにより、前記撮影対象の一領域から前記カメラに到達する光であって、前記領域を撮像するピクセルに入射する光の強度が予め定められている最小強度より小さい光の強度を増大させる

請求項 2 1 又は 2 2 のカメラ。

【請求項 2 4】

前記カメラは、前記コントローラへ指示を送るための使用者操作入力端末を備え、前記コントローラは、前記指示に応じて少なくとも一つの前記光供給領域からの光を制御し、前記撮影対象の照明を調整する

請求項 2 1 から 2 3 までのいずれか 1 項のカメラ。

10

【請求項 2 5】

前記入力端末は、表示スクリーンを備えている

請求項 2 4 のカメラ。

【請求項 2 6】

前記コントローラは、前記ピクセルから受信した信号に応じて、前記カメラにより撮像されている前記撮影対象の画像のプレビューを前記スクリーン上に生成する

請求項 2 5 のカメラ。

【請求項 2 7】

前記スクリーンは接触検出型スクリーンであり、

対象物又は領域を選択するために、前記撮影対象の前記プレビュー内の対象物又は領域を囲む境界を前記スクリーンに接触することで描くことができる

20

請求項 2 6 のカメラ。

【請求項 2 8】

前記プレビュー内の対象物又は領域を選択するように制御できるポインタを備える

請求項 2 6 又は 2 7 のカメラ。

【請求項 2 9】

前記コントローラは、前記選択された領域又は対象物に応じて光供給領域によって供給される光を制御する

請求項 2 7 又は 2 8 のカメラ。

【請求項 3 0】

前記コントローラは、前記スクリーン上にコントロールアイコンを有するコントロールパネルを表示し、

前記コントロールアイコンを操作することにより指示が前記コントローラへ送られる

請求項 2 5 から 2 9 までのいずれか 1 項のカメラ。

30

【請求項 3 1】

前記撮像面のオン・オフをゲート制御するために前記コントローラが開閉するシャッターを備える

請求項 1 から 3 0 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 3 2】

前記撮像面のピクセルはオン・オフ制御可能であり、

前記コントローラは前記ピクセルをゲート制御することにより前記撮像面をオン・オフする

40

請求項 1 から 3 1 のいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 3 3】

前記コントローラは光供給領域を同時に明滅させることで、前記撮影対象を照明するパルス幅を有する少なくとも一つの光パルスを射出する

請求項 3 1 又は 3 2 のカメラ。

【請求項 3 4】

前記コントローラは、前記少なくとも一つの光パルスが射出された時間と対応する時間に前記撮像面のオンオフをゲート制御する

50

請求項 3 3 のカメラ。

【請求項 3 5】

前記コントローラは、前記照明システムが前記撮影対象を照明するために光を供給しているときには前記撮像面をオフにゲート制御する

請求項 3 4 のカメラ。

【請求項 3 6】

前記少なくとも一つの光パルスは、連続した複数光パルスを含む

請求項 3 4 又は 3 5 のカメラ。

【請求項 3 7】

前記コントローラは、連続光パルスのうち、射出された第 1 の複数の光パルスの各光パルスに続いて、第 1 の時間経過後に、第 1 のゲート時間の間、前記撮像面をオンにゲート制御し；

射出された第 2 の複数の光パルスの各光パルスに続いて、第 2 の時間経過後に、第 2 のゲート時間の間、前記撮像面をオンにゲート制御する

請求項 3 6 のカメラ。

【請求項 3 8】

第 1 及び第 2 のゲート時間の中間点は、それぞれが追っている射出された光パルスに対し同じ時間だけ遅れている

請求項 3 7 のカメラ。

【請求項 3 9】

第 1 のゲートの持続時間は、パルス幅の 3 倍以上である

請求項 3 8 のカメラ。

【請求項 4 0】

第 2 のゲート時間の持続時間は、射出された光パルスのパルス幅と実質的に等しい

請求項 3 9 のカメラ。

【請求項 4 1】

前記コントローラは、前記撮影対象の一領域からカメラに到達する光の強度を、前記領域を撮像するピクセルに入射する光の量から判断する

請求項 4 0 のカメラ。

【請求項 4 2】

前記コントローラは前記光供給領域により供給される光を制御することで予め定められた光強度と前記撮影対象から前記撮像面内の各ピクセルに到達する光の強度との差を小さくする

請求項 4 4 のカメラ。

【請求項 4 3】

前記コントローラは、前記撮像面のピクセル上に結像される前記撮影対象の領域までの距離を、前記第 1 及び第 2 のゲート中に前記ピクセルに入射する光の量に基づいて決定する

請求項 4 2 のカメラ。

【請求項 4 4】

前記光供給領域は、光を射出する光源である

請求項 1 から 4 3 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 4 5】

各光供給領域はレーザを備えている

請求項 4 4 のカメラ。

【請求項 4 6】

各光供給領域は L E D を備えている

請求項 4 4 のカメラ。

【請求項 4 7】

光源を備え、

前記光供給領域は、前記光供給領域に入射する前記光源からの光を反射し、変調すること

10

20

30

40

50

により光を供給する

請求項 1 から 4 3 のいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 4 8】

各光供給領域は、前記撮影対象上に前記照明部の像の焦点を合わせる光学系に向かう方向に光を反射するよう制御可能なマイクロミラーを備えている

請求項 4 7 のカメラ。

【請求項 4 9】

各光供給領域は、透過率が制御可能である液晶セル及びミラーを備えており、前記光源の光は前記液晶セルに入り、前記ミラーに反射されて、前記液晶セルから、前記撮影対象上に前記照明部の像の焦点を合わせる前記光学系に向かう方向へ出ていく

10

請求項 4 7 のカメラ。

【請求項 5 0】

ピクセルを有する撮像面及び前記撮像面上に撮影対象を結像するための光学系を備えているカメラにより前記撮影対象を照明する方法において、

複数のライトプロバイダーを備える照明部を用いて前記撮影対象を照明することにより、少なくとも一つのピクセルを含むが前記撮像面上の全てのピクセルは含まない前記撮像面の一領域上に結像されている前記撮影対象の各領域を、実質的に前記領域にのみ光を供給する少なくとも一つのライトプロバイダーによって供給された光によって照明すること；及び

前記撮影領域の一領域に、前記少なくとも一つのライトプロバイダーによって供給される光を制御することで前記撮影領域の照明を調整することを含む方法。

20

【請求項 5 1】

前記少なくとも一つのピクセルは単一のピクセルである

請求項 5 0 の方法。

【請求項 5 2】

前記照明部の虚像が実質的に前記撮像面に位置するように前記照明部をボアサイトすることを含む

請求項 5 0 の方法。

【請求項 5 3】

前記照明部の虚像は実質的に前記撮像面と一致している

請求項 5 2 の方法。

【請求項 5 4】

各ライトプロバイダーの虚像が、前記撮像面上の異なる、連続したピクセルの群内に配置されている

請求項 5 3 の方法。

【請求項 5 5】

各ライトプロバイダーの虚像は、実質的に、対応する単一のピクセル内に配置されている

請求項 5 3 の方法。

【請求項 5 6】

複数のライトプロバイダーの虚像が、実質的に、対応する単一のピクセル内に配置されている

請求項 5 3 の方法。

【請求項 5 7】

前記ライトプロバイダーは別個独立に制御可能であり、

各光供給領域を制御することには、前記光供給領域の各々を他の光供給領域から独立に制御することが含まれる

請求項 5 0 から 5 6 のいずれかの方法。

【請求項 5 8】

光を制御することには、カメラによって生成された前記撮影対象の画像内のコントラスト

50

を制御するように光を制御することが含まれる
請求項 50 から 57 のいずれかの方法。

【請求項 59】

コントラストを制御することには、前記画像の局所領域のみのコントラストを制御することが含まれる

請求項 58 の方法。

【請求項 60】

光を制御することには、前記光を制御することにより、前記撮像面内のピクセル上に入射する、前記撮影対象からの光の強度配分を調整することが含まれる

請求項 50 から 59 のいずれかの方法。

10

【請求項 61】

強度配分を調整することには、前記強度配分のパラメータを制御することが含まれる

請求項 60 の方法。

【請求項 62】

光を制御することには、予め定められた画像処理手順を実行するために光を制御することが含まれる

請求項 50 から 61 のいずれかの方法。

【請求項 63】

前記画像処理手順には、アンシャープ・マスキングが含まれる

請求項 62 の方法。

20

【請求項 64】

前記画像処理手順にはシャープニングが含まれる

請求項 62 の方法。

【請求項 65】

前記画像処理手順には、スムーシングが含まれる

請求項 62 の方法。

【請求項 66】

前記画像処理手順には、ヒストグラム均等化が含まれる

請求項 62 の方法。

【請求項 67】

30

撮像方法において、

実質的に一様なライティングで撮影対象の少なくとも一部を照明する；

前記撮影対象の前記少なくとも一部の輝度値のバラツキを低減する、空間的に変動する照明を求める；

前記少なくとも一部を前記変動する照明で照明する；

前記少なくとも一部の第 2 の画像を取得する、前記第 2 の画像は、前記少なくとも一部における複数領域の輝度値を有する；及び

前記輝度値および前記照明の変動する値とから、一様照明下の前記撮影領域の輝度値を求める

ことを特徴とする方法。

40

【請求項 68】

照明することには、請求項 50 から 57 のいずれかの方法を用いて照明することが含まれる

請求項 67 の方法。

【請求項 69】

前記第 2 の画像を取得することには、前記画像の輝度値の範囲に限定された輝度取得レンジを用いて前記画像を取得することが含まれる

請求項 67 又は 68 の方法。

【請求項 70】

請求項 50 から 69 のいずれかの方法を利用する請求項 1 から 49 のいずれかのカメラ。

50

【発明の詳細な説明】

【0001】

〔発明の分野〕

本発明は光を用いて撮影対象を撮像することに関し、特に、撮像される撮影対象を照明する方法および装置に関する。

【0002】

〔発明の背景〕

光を用いて撮影対象を満足かつ効果的に撮像するためにはその撮影対象を適切に照明する必要がある。しかし、多くの場合、適切な照明を達成することは、比較的複雑で困難な仕事である。撮影対象の異なる領域を異なる強度及び／又は色の光で照明することがたびたび望まれる及び／又は必要である。ときには、カメラのダイナミックレンジが撮影対象の画像のコントラストを制限し、撮影対象のもっとも明るい領域ともっとも暗い領域を同時に適切に撮像できないことがある。ときには、所望の画像の効果を得るために照明のあて方及び色を調整しなければならない。

【0003】

例えば、カタログ用の製品の撮像では、製品のある領域の照明を上げる一方で製品の他の領域の照明を下げるようにライティングを調整しなければならない。製品が適切に引き立つようにその製品の画像をよくするためには、その製品を照明するために用いる光の色を調整しなければならないであろうし、製品の間接照明の方向及び強度のアレンジに相当な努力を注がなければならないであろう。

【0004】

視覚による検査のために物を撮像する場合には、一般に、その物の検査する特徴が適切に可視化され、適切な検査ができることが保証されるようにライティングを調整しなければならない。しばしば、検査する物の特徴を識別するために、オプションとして、その物の第1の領域を照明する光の色が、その物の第2の領域を照明する光の色と異なるように調整される。

【0005】

いくつかのアプリケーションでは、撮影対象の全ての領域からカメラに到達する光が実質的に同じ強度を有するように、又は撮影対象の異なる領域の強度が比較的狭い強度範囲内で変動するように撮影対象の照明を調整することが望まれるであろう。例えば、PCT刊行物WO97/01111、WO97/01112及びWO97/01113（これらの開示内容は参照することによりここに導入される）には、撮影対象内の領域までの距離を測定するゲート型3Dカメラが記載されている。記載されている3Dカメラでは、撮影対象を照明するために光源により連続光パルスが射出される。各光パルスの後カメラがゲート制御により開かれ、光パルスのうち撮影対象内の領域で反射された光が受光され、カメラ内に備えられた撮像面に受光された光が結像される。領域までの距離は、光パルスの射出時に対するゲートのタイミング、及びゲート中に受光され結像された領域からの光の総量によって決定される。

【0006】

いくつかの例では、撮影対象の異なる領域の反射率の相違及び／又は撮影対象内の異なる領域までのカメラからの距離の相違に起因してカメラに届く反射光の強度が相当に異なる。例えば、撮影対象内の領域から受光した光の強度は、カメラでの領域に対する立体角の関数となる。立体角はカメラから距離の2乗に反比例するので、撮影対象内の領域のカメラからの距離の小さな差がその領域からカメラに届く光の強度の大きな差になりうる。これらの強度差のレンジは、時に、カメラのダイナミックレンジに迫る又は越えることがある。結果として、撮影対象内の領域までの距離の測定精度は、相当に変動することがある。いくつかの例では、強度差の結果として、撮影対象内の全ての領域までの距離を同時に測定することが不可能となりうる。

【0007】

〔発明の概要〕

10

20

30

40

50

本発明のいくつかの実施形態の態様は、カメラによって撮像される撮影対象を照明するための改善された照明システムを備えたカメラを提供することに関する。照明システムは、撮影対象の複数領域を照明する。その複数領域は、互いに独立に、撮像面の連続した複数領域に結像されている以下、本発明の一実施形態により独立に照明されている撮影対象の領域を“照明領域”という。

【0008】

本発明のいくつかの実施形態の態様によれば、照明領域は、撮像面の単一ピクセル上に結像されるようなサイズを有する。

本発明のいくつかの実施形態の態様によれば、照明領域は、撮像面上のピクセル群上に結像されるようなサイズを有する。

10

【0009】

本発明のいくつかの実施形態では、撮影対象の全ての照明領域が、同一のサイズ及び形状を有する、撮像面の複数領域に結像される。本発明のいくつかの実施形態では、異なる照明領域が、撮像面の、異なるサイズ及び／又は形状の領域に結像される。

【0010】

本発明のいくつかの実施形態の態様は、各照明領域を照明する光の強度を、撮影対象内の他の照明領域から独立に調整することに関する。

本発明のいくつかの実施形態の態様は、各照明領域を照明する光の色を、撮影対象内の他の照明領域から独立に調整することに関する。

【0011】

20

本発明の実施形態によるカメラは、カメラによって撮像される撮影対象からの光の焦点が結ばれる撮像面、及び、空間変調された光源を有し、撮像面に対しボアサイトされている（boresighted）照明システムを備える。以下、“画素化されたイルミネータ”と呼ぶ光源は、以下“ルクセル”と呼ぶ別個独立に制御可能な光供給領域を複数備える画素化されたイルミネータのサイズ、位置及び向き、並びに撮像面に対して画素化されたイルミネータをボアサイトするのに用いられる光学系は、画素化されたイルミネータの虚像が撮像面と実質的に一致するようになっている。それ故に、画素化されたイルミネータの各ルクセルの虚像は、撮像面の対応する異なる領域に位置し、任意の二つのルクセルの虚像からの光は、撮像面の同一領域から射出又は通過することはない。本発明の一実施形態では、参照することによりここに導入される米国特許出願第09／250,322号に記載の方法及び装置を用いて画素化されたイルミネータが撮像面に対しボアサイトされる。

30

【0012】

ルクセルの虚像が位置する撮像面上の領域は、そのルクセルに対応する撮影対象の照明領域である撮影対象の領域を撮像する。ルクセルからの光は、ルクセルの虚像が位置する撮像面の領域に結像される照明領域のみを照明する。

【0013】

本発明のいくつかの実施形態では、カメラがコントローラを備える。コントローラは、ルクセルにより供給される光の強度を制御することで、そのルクセルに対応する照明領域の照明強度を調整する。本発明のいくつかの実施形態では、コントローラがルクセルを制御することで、照明領域を照明している光の色相及び／又は彩度を調整する。

40

【0014】

本発明のいくつかの実施形態の態様によれば、コントローラは、撮影対象の照明領域が結像される撮像面のピクセル又は複数ピクセルが、そのピクセル又は複数ピクセルに入射する照明領域からの光に応じて生成する信号を受信する。コントローラは、受信した信号に応じて、照明領域を照明しているルクセルによって供給されている光を制御する。本発明のいくつかの実施形態の態様によれば、コントローラは、照明領域から、撮像面のピクセル又は複数ピクセルに到達する光の色相及び／又は彩度及び／又は強度を定める使用者からの指示を受ける。コントローラは、指示に対応してルクセルから供給される光を制御することで、ピクセル又はピクセル群に到達する光が、使用者によって定められた所望の特

50

性を有するようにする。

【0015】

例えば、本発明の一実施形態によるカメラを使用して、使用者が、高反射率を有する金属物体を撮像すると仮定する。人は、高反射率領域からカメラに到達する光を減らすことで、グレアを減らし、撮影対象の画像について知覚される質を改善することを好むであろう。本発明の一実施形態によれば、その人は、その人によって定められた最大光強度より大きな光強度を示す画像のピクセルに対応する照明領域の照明強度を所望量だけ減らすようにコントローラに指示することで、これを達成できる。本発明のいくつかの実施形態では、その人は、画像のプレビュー表示上で、その使用者が輝度の低減を望む領域又は複数領域をさし示すことでこれを達成できる。いくつかの実施形態では、領域又は複数領域を指し示した後に、使用者が、プレビューと共に表示される適当なコントロールパネル上で、その領域又は複数領域の照明を低減したいと望む量を指定できる。指し示された領域又は複数領域に対応する照明領域の照明をコントローラが低減した後、新しいプレビューが使用者に対して示されてもよい。使用者は、希望する場合は、その新しいプレビューを再度調整できる。 10

【0016】

本発明のいくつかの実施形態では、カメラを用いて撮像されている撮影対象を照明している光の色相及び彩度が同様に調整される。例えば、画素化されたイルミネータが照明領域をR、G又はBの光で照明すると仮定すると、使用者は、例えば前述した方法に類似の方法を利用して、撮影対象の照明領域を照明するR、G及び／又はBの光の強度を調整することで画像の色を調整できる。 20

【0017】

本発明のいくつかの実施形態では、撮像面上のピクセルの虚像は、撮像面上の単一のピクセルと実質的に一致する。それ故に、ルクセルは、撮像面上の単一ピクセル上に結像される、撮像面に結像される撮影対象の領域、つまり照明領域、を照明する。本発明のいくつかの実施形態では、ルクセルの虚像が実質的に想像面上のピクセル群と一致しており、ルクセルは、そのピクセル群に結像される撮影対象の照明領域を照明する。本発明のいくつかの実施形態では、ルクセルが全て同一のサイズ及び／又は形状ではなく、2つの異なるルクセルが撮影対象内の異なるサイズ及び／又は形状の照明領域を照明できる。本発明のいくつかの実施形態では、撮像面上のルクセルの虚像は、撮像面上のピクセルより小さく、複数のルクセルの虚像が撮像面の単一ピクセル内に配置される。 30

【0018】

本発明のいくつかの実施形態では、カメラが、カメラの撮像面に対してボアサイトされていない画素化されたイルミネータを有する照明システムを備える。その代わり、照明システムは自身の光学系を備え、その光学系はカメラによって撮像される撮影対象上に画素化されたイルミネータからの光の焦点を結ぶ。カメラは、照明システムの光学系を制御することで、画素化されたイルミネータからの光の焦点をカメラで撮像されている撮影対象に結像させるコントローラを備えていてもよい。

【0019】

本発明を実施する際に画素化されたイルミネータとして利用するのに適した光供給システム及びデバイスは、市場で入手可能である。特に、画像の投影表示に用いるある種のライトプロジェクターが本発明の実施に適している。これらのライトプロジェクターは、所望の強度及び色で光を供給するように別個独立に制御可能なルクセルを備えている。ルクセルは、典型的なCCD又はCMOSカメラのピクセル並に小さく作ることができる。 40

【0020】

参照することによりここに導入されるグランビルの米国特許第4,680,579号には、デジタルマイクロデバイス(DMD)を利用するライトプロジェクタが記載されている。DMDでは、マイクロミラーがルクセルとして機能し、適当な光源により供給された所望の強度及び色の光を反射する。参照することによりここに導入されるアンダーソンの米国特許第5,844,588号には、乾式プリンタ用の照明システムとして利用されたD 50

M D デバイスが記載されている。テキサス・インスツルメントは、D M D ライトプロジェクター及びD M D を利用した画像投影システムを市場に出している。J V C は、液晶（L C）ピクセルを制御することで所望の強度及び色の光を投影するD - I L A（ダイレクト、ダイレクトドライブ又はデジタル、イメージ・ライト・アンプリファイアー）画像投影システムを市場に出している。種々の投影光源が、“ディスプレイ・テクノロジー”というタイトルの技術紙に記載されている。同紙は、U R L サイト“www. ext ron. com”から2000年4月に入手可能であった。同紙は、参照することによりここに導入される。

【0021】

本発明のいくつかの実施形態の態様は、高解像度グレーレベル画像をより低いグレーレベル解像度のカメラを利用して取得することに関する。 10

【0022】

本発明の典型的な実施形態では、撮影対象の第1の画像が一様なライティングを利用して取得される。視野の種々の領域を制御可能かつ別個に照明するように制御できるライティングは、（コントラストに関して）比較的平坦な画像が得られるように調整される。取得が（ゼロからある最大値まで）Nグレーレベルの解像度を有する場合、照明は、N'個の照度まで有することができる。N'個の照度は、各グレーレベルに、 $N * N' = C$ となるようなN及びN'の組合せが存在するように間隔を開けられている。ただし、Cは、全てのピクセルについて等しい定数である。よって、照明が、最初の画像の取得時に測定された強度に合わせられ、第2の画像が取得されると、強度変動は、初期グレーレベル間の強度差の ± 0.5 より小さくなる。しかし、本発明の典型的な実施形態では、取得レンジは、このグレーレベルの範囲を実質的に取得レベル全体のスキャンでカバーするように設定される。 20

【0023】

M個の取得レベルとP個の照明レベルとが利用可能である場合、各ピクセル（i, j）は、二つの数値 m_{ij} 及び p_{ij} で表される。一様に照明された画像のグレーレベルは、これにより、 $M \times P$ 個のグレーレベルの解像度につながる。 30

【0024】

本発明のいくつかの実施型において、照明は、一つのピクセルよりも大きな領域に関してのみ制御される。この場合、第2の画像は、個々のピクセルの照明が個別に照明された場合のバラツキよりも大きなばらつきを有するであろう。典型的な一実施形態では、視野がQ個の領域に分割される。一様に照明された画像が取得される。取得された領域上の強度は平均化され、（次の画像について）（平均値に基づいて）取得された強度が全ての領域にわたって、照明及び取得の量子化精度内で一様であるように照明が調整される。再び、各ピクセルは、一つは照明に関し、一つは取得に関する二つの数字で特徴づけられる。 30

【0025】

照明及び取得のレベルの数は同じである必要はない。したがって、例えば、照明レベルが取得レベルの半数である場合には、照明レベルは2つ目の取得レベル毎に合わせられ、それにより2回目の取得における照明の全範囲が元のグレーレベルの ± 1 となるようにする。第2の取得は、取得値の全範囲でこの範囲をカバーするように設定される。 40

【0026】

これらの実施形態を利用し、各ピクセルの輝度が照明レベル及び取得輝度レベルから導かれている画像を生成することにより、極めて高解像度の（一様に照明された）グレーレベル画像を構築することができる。したがって、画像のグレーレベルの最初のPビットは照明値により与えられ、画像のグレーレベルの次のMビットは、2回目に取得された画像の取得レベルにより与えられる。一方が照明に関する情報を含み、他方が2回目の取得に関する情報を含む2つのマトリックスが用意されると都合がよい。

【0027】

取得用に固定のA/Dを用いてもよいが、本発明のいくつかの実施形態では、（取得がピクセルの最低照度のグレーレベルで始まるように）取得のゼロレベルが調整可能であり、 50

取得の最高グレーレベルが画像のもっとも明るい部分に合うようにA/Dゲインの調整が可能なA/Dを用いてもよい。少なくとも部分的にゲインを調整するために絞りが備えられてもよい。

【0028】

上記の議論は、照明要素がピクセル又はピクセル群をオーバーラップのないように照明するシステムを説明している。一般に、（個別ピクセル照明のための）ピクセルの照明、又は（領域内ピクセル照明用の）領域の照明は、一以上の隣り合うピクセルに少なくとも部分的にオーバーラップする。このような場合、使用すべき照明を決めるときおよび画像を再構築するときに、リコンストラクション（reconstruction）は、オプションとして、隣接するピクセルの照明の影響を考慮する。望ましくは、領域照明に対し、光源の様な輝度に対し各ピクセルが一様に照明されるようにオーバーラップが調整される。このことは、例えば、部分の端部における照度が半分である点が照明されるガウシアン・ロール・オフを行うことで達成できる。

【0029】

本発明の一実施形態によれば、撮像面であって、入射する光に応じた信号を生成する受光ピクセル及び前記撮像面上に撮影対象の像の焦点を合わせる光学系を有する撮像面；及び前記撮影対象を照明するための照明システムを備えるカメラにおいて、前記照明システムは：実質的に連続で独立に制御可能な光供給領域を複数有する照明部；実質的に前記カメラの視野の全てかつ前記カメラの視野のみを前記照明部からの光が照明するように前記撮影対象に前記照明部の像の焦点を合わせる光学系；及び各光供給領域により供給される光を制御するコントローラを含むことを特徴とするカメラが提供される。

【0030】

オプションとして、前記照明部の虚像が前記撮像面に位置するように前記照明部が前記撮像面に対しボアサイトされており、かつ、前記撮像面に前記撮影対象を結像する前記光学系が前記撮影対象上に前記照明部を結像させている。好ましくは、前記照明部の虚像は、実質的に前記撮像面と一致している。

【0031】

本発明のいくつかの実施形態では、前記撮影対象から反射された前記光供給領域の各々からの光は、前記撮像面内の、異なる、連続したピクセルのグループに結像される。

【0032】

本発明のいくつかの実施形態では、前記撮影対象で反射され、前記カメラで撮像された前記光供給領域の各々からの光は、前記撮像面内のピクセルのサイズに実質的に等しいサイズを有する前記撮像面の領域上に結像される。本発明の一実施形態では、前記光が結像される前記領域は、実質的に、前記撮像面上のピクセルの領域内に位置している。

【0033】

本発明のいくつかの実施形態では、前記照明部の隣り合う少なくとも2つの光供給領域からの光が結像する前記撮像面上の領域は重なっている。

本発明のいくつかの実施形態では、前記照明部の隣り合う光供給部からの光が結像される前記撮像面上の領域には非常に小さい重なりがある。

【0034】

本発明のいくつかの実施形態では、前記撮影対象で反射され、前記カメラにより撮像された、複数の光供給領域からの光は、前記撮像面内のピクセルのサイズと実質的に等しいサイズを有する前記撮像面の同じ領域に結像される。好ましくは、前記複数の光供給領域からの光は、実質的に、前記撮像面上のピクセルの領域内に結像されている。

【0035】

本発明のいくつかの実施形態では、全ての光供給領域は、同じスペクトル特性を有する光を供給する。好ましくは、各光供給領域は白色光を供給する。

本発明のいくつかの実施形態では、各光供給領域は、少なくとも2つの異なる波長帯域の光を供給するように制御可能である。典型的な実施形態では、各光供給領域は、赤、緑及び青の光を供給するように制御可能である。

10

20

30

40

50

【0036】

本発明のいくつかの実施形態では、前記複数の光供給領域は3つの光供給領域を含む。典型的な実施形態では、各光供給領域は、赤、緑又は青の光の異なる一つを供給する。

【0037】

本発明のいくつかの実施形態では、前記コントローラは、各光供給領域により供給される赤、緑又は青色の光の強度を制御することで、前記光供給領域からの光により照明されている前記撮影対象の領域を照明している光の色相、彩度又は強度を前記撮影対象の他の領域を照明する光の色相、彩度及び強度から独立に調整する。

【0038】

本発明のいくつかの実施形態では、前記コントローラは、少なくとも一つの光供給領域により供給される光を制御することにより、前記撮影対象により反射され、前記撮像面のピクセルに入射する光の赤、緑又は青色の強度配分を制御する。 10

【0039】

本発明のいくつかの実施形態では、前記コントローラは、各光供給領域により供給される光の強度を制御することにより、前記光供給領域からの光で照明される前記撮影対象の一領域を照明する光の強度を、前記撮影対象の他の領域を照明する光から独立に制御する

【0040】

発明のいくつかの実施形態では、前記コントローラは、少なくとも一つの光供給領域によって供給される光を制御することにより、前記撮影対象により反射され、前記撮像面のピクセルに入射する光の強度分布を制御する。 20

【0041】

発明のいくつかの実施形態では、前記コントローラは、前記ピクセルに入射する光に応じて各ピクセルが生成する信号を受信し、前記撮影対象の照明を調整するために、数なくとも一つの光供給領域によって供給される光を前記信号に応じて制御する。

【0042】

オプションとして、前記コントローラは数なくとも一つの光供給領域によって供給される光を制御することにより、前記撮影対象の一領域から前記カメラに到達する光であって、前記領域を撮像するピクセルに入射する光の強度が予め定められている最大強度を超える光の強度を低下させる。上記に代えて又は加えて、前記コントローラは数なくとも一つの光供給領域によって供給される光を制御することにより、前記撮影対象の一領域から前記カメラに到達する光であって、前記領域を撮像するピクセルに入射する光の強度が予め定められている最小強度より小さい光の強度を増大させる。 30

【0043】

本発明のいくつかの実施形態では、前記カメラは、前記コントローラへ指示を送るための使用者操作入力端末を備え、前記コントローラは、前記指示に応じて少なくとも一つの前記光供給領域からの光を制御し、前記撮影対象の照明を調整する。オプションとして、前記入力端末は、表示スクリーンを備えている。オプションとして、前記コントローラは、前記ピクセルから受信した信号に応じて、前記カメラにより撮像されている前記撮影対象の画像のプレビューを前記スクリーン上に生成する。オプションとして、前記スクリーンは接触検出型スクリーンであり、対象物又は領域を選択するために、前記撮影対象の前記プレビュー内の対象物又は領域を囲む境界を前記スクリーンに接触することで描くことができる。上記に代えて又は加えて、前記プレビュー内の対象物又は領域を選択するように制御できるポインタを備える。本発明のいくつかの実施形態では、前記コントローラは、前記選択された領域又は対象物に応じて光供給領域によって供給される光を制御する。 40

【0044】

本発明のいくつかの実施形態において、前記コントローラは、前記スクリーン上にコントロールアイコンを有するコントロールパネルを表示し、前記コントロールアイコンを操作することにより指示が前記コントローラへ送られる。

【0045】

本発明のいくつかの実施形態では、前記撮像面のオン・オフをゲート制御するために前記 50

コントローラが開閉するシャッターを備える。

本発明のいくつかの実施形態では、前記撮像面のピクセルはオン・オフ制御可能であり、前記コントローラは前記ピクセルをゲート制御することにより前記撮像面をオン・オフする。

【0046】

上記に代えて又は加えて、前記コントローラは光供給領域を同時に明滅させることで、前記撮影対象を照明するパルス幅を有する少なくとも一つの光パルスを射出する。オプションとして、前記コントローラは、前記少なくとも一つの光パルスが射出された時間と対応する時間に前記撮像面のオンオフをゲート制御する。オプションとして、前記コントローラは、前記照明システムが前記撮影対象を照明するために光を供給しているときには前記撮像面をオフにゲート制御する。 10

【0047】

上記に代えて又は加えた、前記少なくとも一つの光パルスは、連続した光パルスを含む。オプションとして、前記コントローラは、連続光パルスのうち、射出された第1の複数の光パルスの各光パルスに続いて、第1の時間経過後に、第1のゲート時間の間、前記撮像面をオンにゲート制御し；射出された第2の複数の光パルスの各光パルスに続いて、第2の時間経過後に、第2のゲート時間の間、前記撮像面をオンにゲート制御する。好ましくは、第1及び第2のゲート時間の中間点は、それぞれが追っている射出された光パルスに対し同じ時間だけ遅れている。オプションとして、第1のゲートの持続時間は、パルス幅の3倍以上である。オプションとして、第2のゲート時間の持続時間は、射出された光パルスのパルス幅と実質的に等しい。一般的に、前記コントローラは、前記撮影対象の一領域からカメラに到達する光の強度を、前記領域を撮像するピクセルに入射する光の量から判断する。好ましくは、前記コントローラは前記光供給領域により供給される光を制御することで予め定められた光強度と前記撮影対象から前記撮像面内の各ピクセルに到達する光の強度との差を小さくする。前記コントローラは、前記撮像面のピクセル上に結像される前記撮影対象の領域までの距離を、前記第1及び第2のゲートの間で前記ピクセルに入射する光の量に基づいて決定することができる。 20

【0048】

本発明のいくつかの実施形態において、前記光供給領域は、光を射出する光源である。各光供給領域はレーザを備えている。あるいは、各光供給領域はLEDを備えている。 30

【0049】

本発明のいくつかの実施形態において、カメラは、光源を備え、前記光供給領域は、前記光供給領域に入射する前記光源からの光を反射し、変調することにより光を供給する。本発明の一実施形態において、各光供給領域は、前記撮影対象上に前記照明部の像の焦点を合わせる光学系に向かう方向に光を反射するよう制御可能なマイクロミラーを備えている。あるいは、各光供給領域は、透過率が制御可能である液晶セル及びミラーを備えており、前記光源の光は前記液晶セルに入り、前記ミラーに反射されて、前記液晶セルから、前記撮影対象上に前記照明部の像の焦点を合わせる前記光学系に向かう方向へ出ていく。

【0050】

本発明の一実施形態によれば、ピクセルを有する撮像面及び前記撮像面上に前記撮影対象を結像するための光学系を備えているカメラにおいて、複数のライトプロバイダーを備える照明部を用いて前記撮影対象を照明することにより、少なくとも一つのピクセルを含むが前記撮像面上の全てのピクセルは含まない前記撮像面の一領域上に結像されている前記撮影対象の各領域が、実質的に前記領域にのみ光を供給する少なくとも一つのライトプロバイダーによって供給された光によって照明すること；及び、前記撮影領域の一領域に、前記少なくとも一つのライトプロバイダーによって供給される光を制御することで前記撮影領域の照明を調整することを含む方法がさらに提供される。前記少なくとも一つのピクセルは単一のピクセルであってもよい。 40

【0051】

本発明のいくつかの実施形態において、方法は、前記照明部の虚像が実質的に前記撮像面 50

に位置するように前記照明部に対してボアサイトすることを含む。

【0052】

好ましくは、前記照明部の虚像は実質的に前記撮像面と一致している。本発明のいくつかの実施形態では、各ライトプロバイダーの虚像が、前記撮像面上の異なる、連続したピクセル群内に配置されている。本発明のいくつかの実施形態において、各ライトプロバイダーの虚像は、実質的に、対応する単一のピクセル内に配置されている。本発明のいくつかの実施形態では、複数のライトプロバイダーの虚像が、実質的に、対応する単一のピクセル内に配置されている。

【0053】

本発明のいくつかの実施形態では、前記ライトプロバイダーは別個独立に制御可能であり、各光供給領域を制御することには、前記光供給領域の各々を他の光供給領域から独立に制御することが含まれる。 10

【0054】

本発明のいくつかの実施形態では、光を制御することには、カメラによって生成された前記撮影対象の画像内のコントラストを制御することが含まれる。本発明のいくつかの実施形態では、コントラストを制御することには、前記画像の局所領域のみのコントラストを制御することが含まれる。

【0055】

本発明のいくつかの実施形態では、光を制御することには、前記光を制御することにより、前記撮像面内のピクセル上に入射する、前記撮影対象からの光の強度配分を調整することが含まれる。オプションとして、強度配分を調整することには、前記強度配分のパラメータを制御することが含まれる。 20

【0056】

本発明のいくつかの実施形態において、光を制御することには、予め定められた画像処理手順を実行するために光を制御することが含まれる。

【0057】

本発明のいくつかの実施形態において、前記画像処理手順には、アンシャープ・マスキングが含まれる。本発明のいくつかの実施形態において、前記画像処理手順にはシャープニングが含まれる。本発明のいくつかの実施形態において、前記画像処理手順には、スムージングが含まれる。本発明のいくつかの実施形態において、前記画像処理手順には、ヒストグラム均等化が含まれる。 30

【0058】

本発明の一実施形態によれば、撮像方法において、実質的に一様なライティングで撮影対象の少なくとも一部を照明する；前記撮影対象の前記少なくとも一部の輝度値のバラツキを低減する、空間的に変動する照明を求める；前記少なくとも一部を前記変動する照明で照明する；前記少なくとも一部の第2の画像を取得する、前記第2の画像は、前記少なくとも一部における複数領域の輝度値を有する；及び前記輝度値および前記照明の変動する値とから、一様照明下の前記撮影領域の輝度値を求めることを特徴とする方法がさらに提供される。

オプションとして、照明することには、請求項50から57のいずれかの方法を用いて照明することが含まれる。 40

【0059】

本発明の一実施形態において、前記第2の画像を取得することには、前記画像の輝度値の範囲に限定された輝度取得レンジを用いて前記画像を取得することが含まれる。

【0060】

下記は、本発明の実施形態の例を記載したものであり、ここに添付した図面を参照しながら読まれるべきものである。図面において、1以上の図面に現れる同一の構造、要素又は部分は、通常、それらが現れる全ての図面において同じ符号を付されている。図面に示されている部品及び特徴の寸法は、説明の便利と明瞭のために選択されたもので必ずしも実寸ではない。図面は、以下に列挙されている。 50

【0061】

[好ましい実施形態の詳細]

図1は、本発明の一実施形態による照明システム21を備えたカメラ20を示す。

【0062】

カメラ20は、ピクセル24を有するCCD又はCMOS受光面のような撮像面22、及び撮像面22に撮影対象(scene)の画像をフォーカスするための、レンズ26によって表されている光学系を備えている。図1(及び後述する図2及び3)では、単一のレンズ26で光学系を表しているが、光学系は、任意の適切な光学系を含んでいてもよく、撮像面22に画像をフォーカスするための当該技術で知られている複数のレンズ及び光学要素を含んでいてもよい。

10

【0063】

照明システム21は、複数の光供給ルクセルを有する画素化された(pixelated)イルミネータ30を備える。画素化されたイルミネータ30は、もっとも望ましくは、画素化されたイルミネータ30の虚像が撮像面22と実質的に一致するように、適当なビームスプリッター34と必要な光学要素(不図示)を用いて撮像面にボアサイトされている(bore sighted)。なお、レンズ26が、カメラ20によって撮像される撮影対象の画像を画素化された面22にフォーカスさせることと、画素化されたイルミネータ30からの光をその撮影対象にフォーカスさせることの双方に利用されているので、画素化されたイルミネータ30の虚像は、カメラのズーミング操作中に、自動的に撮像面22上に一致した状態を維持する。

20

【0064】

一般的に、画素化されたイルミネータ30は、撮像面22と同じサイズである必要はない。しかし、画素化されたイルミネータ30の虚像が撮像面22と実質的に一致するためには、撮像面に対しボアサイトされている画素化されたイルミネータ30又は画素化されたイルミネータの実像又は虚像は、撮像面と同じサイズ及び形状を有さなければならない。図1及び後述の図面では、説明の便宜上、画素化されたイルミネータ30は、一例として、撮像面22と同じサイズを有するように示されている。それ故に、画素化されたイルミネータ30は、撮像面22と実質的に同じサイズを有する、画素化されたイルミネータ30の適切な実像又は虚像を与える光学系抜きで撮像面22に対してボアサイトされているように示されている。画素化されたイルミネータ30は、先に引用した米国特許出願09/250,322に記載されているのと類似の方法を用いて撮像面22に対してボアサイトさせることができる。

30

【0065】

一例として、画素化されたイルミネータ30のルクセル32は、各ルクセル32の虚像が撮像面22の単一のピクセル24と実質的に一致するようなサイズと形状を有すると仮定される。それ故に(画素化されたイルミネータ30の虚像が撮像面22と実質的に一致するので)、撮像面22の各ピクセル24について一つのルクセル32がある。

【0066】

カメラにより撮像されている撮影対象内に置かれたカメラの物体面36におけるカメラ20の視野が、メッシュ角40を含む直線的なメッシュ38により表されている。任意の特定のメッシュ角40からの光がレンズ26によってその特定のメッシュ角に対応する撮像面22の単一のピクセル上に焦点を結ぶようレンズ26によって集められるように、メッシュ角40はピクセル24と相応している(homologous)。本発明の典型的な実施形態では、各ルクセル32からの光は、ビームスプリッター34によって反射され、実質的に一つのメッシュ角40の全体のみを照明する。ルクセル32によって照明されるメッシュ角は、ルクセルの虚像が一致するピクセル24に対応する。各ルクセル32の虚像が実質的に単一のピクセル24と一致するという仮定の結果、例えば、ルクセル32からの光が実質的に単一のメッシュ角40の全体のみを照明する。本発明のいくつかの実施形態では、ルクセル32のサイズ及び形状並びに画素化されたイルミネータ30の位置は、隣り合うルクセル32からの光が隣り合うメッシュ角40と重なるようになっている。

40

50

撮像される撮影対象の照明領域とは、単一のルクセル 32 からの光により照明することのできる撮影対象の領域をいう。撮影対象の照明領域の境界は、通常、撮影対象上に投影されたメッシュ角 40 の境界と一致しているか近くなる。

【0067】

図 1 の点線 41 は、撮像面 22、画素化されたイルミネータ 30 及び視野 38 の外縁における対応する点の間の選択された光線を表す。点線上の矢印は、光の進む方向を表している。線に沿った両方の方向を指す矢印を有する線 41 において、視野 38 の方を指す矢印は、視野を照明する画素化されたイルミネータ 30 の光の方向を示す。視野と反対の方向を指す矢印は、視野 38 で反射され撮像面 22 に焦点を結ぶ光を示す。

【0068】

ルクセル 32、撮像面 22 のピクセル 24、メッシュ角 40、及びカメラによって撮像されている撮影対象の照明領域の関係を説明するために、文字 “E” 51 が撮影対象を表すものと仮定する。文字 51 は物体面 36 と同一平面上にあり、視野 38 内に位置していると仮定する。（文字 51 はカメラ 20 から見たときに正しい向きを向いており、読者からは後ろから見ているので反対に見える。）

【0069】

図 1 において、文字 51 は物体面 36 と同一面上にあるため、また、ルクセル 32 の虚像がピクセル 24 と一致するため、文字 51 の照明領域はメッシュ角 40 と一致し、文字 51 の隣り合う照明領域は連続しており重なり合わない。文字 51 が平面でなく、また物体面 36 に対して平行でなければ、文字 51 の照明領域はもちろん方形とはならず、文字 51 の表面形状（及びルクセル 32 の形状）によって決まる一般に曲線の境界線によって形成されるであろう。文字 51 が物体面 36 から離れるように物体面 36 に垂直な方向に変位すれば、隣り合う照明領域はそれら相互の境界に沿って重なり合う。重なり合う量は、変位量と共に変わる。例えば、文字 51 の変位が直線的で回転を含まなければ、重なりは、変位量に対し線形に増大する。

【0070】

描写の便宜のため、図 1 では文字 51 の鉛直な “背” と水平な “腕” の幅がメッシュ角 40 のサイズと等しい幅を有するように示されている。文字 51 の背と腕は、もちろん複数のメッシュ角 40 の幅を有することができ、及び／又は幅はメッシュ角の分数に等しくてもよく、あるいは、メッシュ角の縁端からずれる（offset）こともできる。文字 51 の照明領域を照明する、画素化されたイルミネータ 30 のルクセル 32 に陰影を付けている。陰影を付けられたルクセル 32 は、視野 38 内の文字 51 に対応し、上下が逆さまで左右が反対である照明パターン “E” 52 を形成する。同様に、陰影を付けられた撮像面 22 のピクセル 24 は、カメラ 20 によって視野 38 の文字 51 が結像され、撮像面に結像文字 “E” 53 を形成するピクセル 24 を示している。撮像面 22 の文字 53 は、ビームスプリッター 34 で、画素化されたイルミネータ 30 の文字 52 が反射したものである。

【0071】

文字 52 における陰影を付けられたルクセル 32 の各々からの光は、視野 38 内の文字 51 の対応する照明領域 40 を照明する。（便宜上、文字 51 の照明領域はメッシュ角 40 と一致しているので、メッシュ角 40 を識別するための数字 40 を用いて照明領域に言及する。）例えば、画素化されたイルミネータ 30 の文字 52 の短い中央のアームの先端のルクセル 32 からの光は、文字 51 の短い中央のアームの先端に位置する照明領域 40 のみを照明する。

【0072】

本発明のいくつかの実施形態によれば、ルクセル 32 は、カメラ 20 によって撮像される撮影対象用に、所望の照明パターンを提供するように制御できる。本発明のいくつかの実施形態では、ルクセル 32 は “カラー” ルクセルであり、光強度と共に、異なる色の光を提供するようにピクセルからの光のスペクトルが制御できる。例えば、本発明のいくつかの実施形態では、ルクセル 32 は RGB ルクセルであり、異なる R、G 及び B 光の組合せ

10

20

30

40

50

を提供するように制御でき、それにより撮影対象の照明領域を照明する光の色相、彩度及び強度を調整できる。本発明のいくつかの実施形態では、ルクセル32は、一定の波長の光を提供する“グレーレベル”ルクセルであり、ルクセルにより供給される光強度のみが変えられる。本発明のいくつかの実施形態では、ルクセル32によって供給される光は可視スペクトルに限定されず、例えば赤外又は紫外光を含むことができる。

【0073】

ルクセル32は、放射、反射若しくは透過、又はこれらのプロセスの組合せによって光を供給及び制御することができる。例えば、ルクセル32は、光を放射するレーザ、光を反射するマイクロミラー、及び／又は光を透過する液晶セルのような光源の一つ又は組合せを含むことができる。本発明のいくつかの実施形態では、複数の段階に制御された照明を供給することができる。

10

【0074】

照明システム21は、ルクセル32と、撮像面22を遮光する(shuttering)ためのシャッター62とを制御するためのコントローラ60を備えていてもよい。コントローラ60は、カメラ20により撮像される撮影対象を照明するために少なくとも一つの光パルスを提供するように画素化されたイルミネータ30から供給された光を切る(shutters)。本発明のいくつかの実施形態では、コントローラ60は、ルクセル32をつけたり消したりすることで画素化されたイルミネータ30からの光を切る。本発明のいくつかの実施形態では、カメラ20がシャッターを備え、そのシャッターは、コントローラ60により制御されて、画素化されたイルミネータ30からの光を切るために光を透過させたり透過させなかったし、カメラによって撮像される撮影対象を照明する少なくとも一つの光パルスを生成する。シャッターは、例えば、画素化されたイルミネータ30とビームスプリッター34の間に配置することができる。画素化されたイルミネータ30が、図2に示すイルミネータのように、光源からの光を反射することにより撮影対象を照明するための光を供給するイルミネータであれば、シャッターは光源とイルミネータの間に配置することができる。

20

【0075】

オプションとして、コントローラ60は、光パルスを供給するためにルクセル32が“オン”である時間の間、シャッター62が光を透過させないようにシャッター62を制御する。これは、例えばカメラ20の内部構造にイルミネータからの光が反射する、すなわち光の“ハローイング”の結果として、カメラ20によって撮像されている撮影対象により反射されることなく撮像面22に到達した可能性のある、画素化されたイルミネータ30からの光による撮像面22の露光を縮小する。

30

【0076】

光の強度は、下記の方法の一以上により変えることができる：

(1) 各ルクセルから射出されるパルス数を変えることができる。したがって、例えば256の照明レベルが望まれている場合には、各フレーム(画像)について256の光パルスが利用可能でなければならない。各ルクセルの光レベルは、パルス数を変えることで調整される。

(2) 複数の制御可能な減衰レベルを有する空間減衰器が照明レベルを調整するのに用いられる。

40

(3) 光パルスの長さが調整される。

(4) 例えばルクセルレーザ源への電流を調整することで、光パルスの強度が調整される。

強度を変えるための他の方法を用いてもよい。

【0077】

本発明のいくつかの実施形態では、少なくとも一つの光の各光パルスが放射された時間から正確に測定された遅延時間に続いて、シャッター62が正確に測定された有限の“ゲート”時間の間、ゲート制御により開かれる。この間、シャッター62は、光を透過させる。以下、合わせて“照明レンジパラメータ”と呼ぶこととする光パルス幅、繰り返し率、ゲ

50

ート幅、及びゲートとライトパルスの相対的タイミングは、撮像面 22 に到達する光パルスの光が、カメラ 20 からの距離が所望の限られた範囲内にある撮影対象のみによって反射されているように決められる。距離のレンジは、所望の被写界深度及びカメラからの距離（つまり範囲）を有する撮影対象を規定する。

【0078】

本発明を実施するときは、カメラ 20 によって撮像される撮影対象に望まれる範囲及び被写界深度に対する適切な照明レンジパラメータを決めるのに、当該技術で知られている種々の方法を用いることができる。レンジパラメータと、被写界の範囲及び被写界深度との間の関係は、先に引用した PCT 刊行物 WO 97/01111、WO 97/01112、及び WO 97/01113 に記載されている。

10

【0079】

本発明のいくつかの実施形態では、レンジパラメータが決定され、そして決定されたレンジパラメータが撮影対象の範囲及び被写界深度を規定するが、本発明のいくつかの実施形態では、撮影対象までの距離が決められ、そしてその距離に応じてレンジパラメータが決められる。距離は、例えばフォーカスにより範囲を決めるための若しくは任意の時代の航空技術により範囲を決めるための装置及び方法、ゲート型 3D カメラで用いられている技術、又は幾何学的な技術を用いて決めることができる。撮影対象内の領域までの距離を決めるための技術は、PCT 出願 PCT/IL 98/00476 及び PCT/IL 98/00611 に開示されており、それらの開示内容は参照することによりここに導入される。ゲート型 3D カメラ及び関連技術は PCT 刊行物 WO 97/01111、WO 97/01112、WO 97/01113 及び米国出願 09/250,322 に記載されている。撮影対象内の領域までの距離を測定するための実質的に“幾何学的な”方法を利用するカメラについては、PCT 出願 PCT/IL 97/00370 に記載されており、その開示内容は参照することによりここに導入される。

20

【0080】

本発明にいくつかの実施形態では、カメラ 20 は 3D カメラであり、照明パラメータは、撮像された撮影対象の 3D マップを提供できるように決められる。パラメータは、PCT 刊行物 WO 97/01111、WO 97/01112、WO 97/01113 に記載の方法を用いて決めることができる。

【0081】

なお、カメラ 20 では、撮像面 22 がシャッター 62 によりシャッターを切られる（shuttering）が、本発明のいくつかの実施形態では、撮像面 22 が“自己シャッターリング型（self shuttering）”撮像面であり、撮像面内に備えられた制御回路により撮像面のシャッターが切られる。参照することによりその開示内容がここに導入される PCT 刊行物 WO 00/19705 には、自己シャッターリング型撮像面が記載されている。その撮像面では、撮像面内の各ピクセルが、ゲート制御でピクセルをオン又はオフするように制御できる回路を備えている。

30

【0082】

本発明の実施形態によれば、異なるピクセル 32 が異なるスペクトル分布で特徴付けられる光を提供できるように、撮像面 22 のピクセル 24 は異なるタイプのスペクトル感度を有することができる。例えば、本発明のいくつかの実施形態における撮像面 22 は、“色を識別できない（color blind）”グレーレベル撮像面である。撮像面内の全てのピクセルはグレーレベルピクセルである。グレーレベルピクセルは、実質的に、ピクセルに入射する同一の有限なスペクトルの光の強度の総和に対してのみ感度を有する。本発明のいくつかの実施形態では、撮像面 22 は、“カラー撮像面”22 である。カラー撮像面 22 はカメラ 20 が撮像した撮影対象のカラー画像を提供する。ピクセル 24 は、RGB ピクセルのような色感度を有するピクセルである。本発明のいくつかの実施形態では、ピクセル 24 は、赤外又は紫外光に対し感度を有する。

40

【0083】

本発明の実施形態による照明システムによって提供できるいくつかのライティング効果を

50

説明するために、例えば、画素化されたイルミネータ30がRGBカラーイルミネータであり、撮像面22がRGBカラー撮像面であると仮定する。さらに、カメラ20によって撮像される文字51の表面は白色であり、文字は黒色の背景におかれると仮定する。画素化されたイルミネータ30のルクセル32が供給する光の色を変えることにより、カメラ20が提供する文字51、すなわち撮像面22に形成される文字53の像の色を変更することができる。例えば、照明パターン52のルクセル32が文字51をR、G又はB光の一つで照明すれば、撮像面22上の画像53は、それぞれ赤、緑又は青になる。本発明の実施形態によれば、画素化されたイルミネータ30上の異なるルクセルを異なる色相の光を供給するように制御することにより、文字51の“虹”色画像を生成することもカメラ20にとってももちろん可能である。

10

【0084】

ルクセル32からの光は、文字51の異なる表面領域間の反射率の変動を補償するように制御することも可能である。例えば、文字51の中央のアームの表面領域が色あせており、文字51の他の表面領域に比べて相対的に低い反射率で特徴付けられると仮定する。もし、文字51の表面の照明強度が実質的に一様であれば、カメラ20によって提供される文字51の画像において中央の短いアームは薄く現れる。本発明の実施形態によれば、色あせを補償するために、照明パターン52（つまり“E”52）の中央のアームにおけるルクセル32からの光の強度は、照明パターン52の他のルクセル32からの光の強度に対し大きくされる。

【0085】

20

本発明の実施形態による照明システムは、“極端な”ライティング効果を提供することもできる。例えば、照明パターン52の中央及び下のアームにおけるルクセルを切り、光を供給しないようにすると、文字51の背及び底部のアームのみが照明され、文字51の画像は“L”となる。

【0086】

“E”のみを含む撮影対象の上記例は、もちろん、説明の明確を容易にするために用意された非常に簡単化された撮影対象である。もちろん、もっと相当に複雑で入り組んだ撮影対象をカメラ20で撮像でき、照影システム21は、上記ライティング効果よりももっと相当に微妙で複雑なライティング効果を与えるのに利用できる。

【0087】

30

例えば、大きな反射率の高い金の耳飾りを付けた若い婦人のポートレートをカメラ20で撮像しており、婦人の顔は明るく彩られた花のアレンジメントで囲まれていると仮定する。婦人の顔が比較的青白ければ、それがより生き生きと見えるように、コントローラ60が、彼女の顔に薄い色合いがつくように画素化されたイルミネータ30の光を制御できる。耳飾りが明るすぎるようであれば、コントローラ60は、画素化されたイルミネータ30のルクセル32を耳飾りの照明の強度が減るように制御できる。故に、本発明の実施形態による照明システムは、カメラによって撮像される撮影対象の照明を画像の色及びコントラストの双方を調整するように制御できる。

【0088】

オプションとして、カメラ20は、視覚的な表示スクリーン62を備える。スクリーン62は、カメラ20を利用する者がコントローラ60へ情報を送ったり、受け取ったりするのに使用される。カメラ20が撮影対象を撮像している場合、コントローラ60は、例えば、スクリーン64に撮影対象のプレビューを表示してもよい。本発明のいくつかの実施形態では、コントローラ60が、トグル及びスライドボタンのような適当な制御用ボタン68を有するコントロールパネル66、及び／又はコントローラ60に命令を送るためのキーボード（不図示）をも表示する。本発明のいくつかの実施形態では、使用者が、プレビュー内の領域を選択することで、使用者が照明の調整を希望する撮影対象の領域を指定できる。領域の選択には、当該技術で知られている種々の方法を利用することができる。例えば、使用者は、指でその領域を触る、又はスタイラスを用いてその領域の周りの輪郭を描くことができる。本発明のいくつかの実施形態では、カメラ20は、選択すべき領

50

域の周りに適当な境界を描くのに利用できる、又は当該技術でよく知られている画像処理方法を用いて領域の輪郭が自動的に描かれる対象物を指し示すのに利用できるマウスを備える。いったん領域が選択されると、使用者は、スクリーン 66 上に示されている適切な制御ボタンを押す又はスライドさせることによりその領域のための照明に望まれる変更を指示する。

【0089】

図 1 において、スクリーン 64 は、文字 51 のプレビュー文字 E70 を、プレビュー 70 が示されているときに得られている照明条件下でカメラ 20 により撮像されるであろう状態で示している。一例として、プレビュー 70 では、文字の底部のアームが薄くなっている。これは、“プレビュー E”70 の底部のアームの陰影をプレビュー E の他の領域の陰影と比べて薄くすることで示されている。カメラ 20 によって提供される文字 51 の画像を改善するために、使用者はプレビュー文字 70 の底部のアームを選択する。本発明のいくつかの実施形態では、使用者が、コントロールパネル 66 に表示された適当なスライダーを必要量動かすことにより、プレビュー 70 の選択された領域に対応する文字 51 の領域の照明を増大させる。コントローラ 60 は、使用者がスライダーを動かした量に応じて選択された領域に対応するルクセル 32 を制御し、出力スクリーンに文字 51 の調整済みプレビューを表示する。もし使用者が、調整済みのプレビューに対し、文字 51 の照明はさらなる調整を必要とすると判断した場合は、使用者は、プレビュー内の文字の調整すべき領域を再度選択し、表示されたコントロールパネル 66 を利用して照明の希望する調整を指示する。使用者がさらなる調整は必要ないと判断した場合には、使用者はカメラ 20 に文字 51 の撮像を指示する。

【0090】

本発明のいくつかの実施形態では、コントローラ 60 が撮像面 22 のピクセル 24 から、ピクセルに入射する光に応じた信号を受信する。本発明のいくつかの実施形態では、コントローラ 60 は、ピクセル 24 からの信号をそのピクセルに対応するルクセル 32 の光出力を較正するのに利用する。使用者は、カメラ 20 の視野いっぱいに広がる一様な反射率を有する適当な面を撮像するようにカメラ 20 を操作する。コントローラ 60 は、ルクセル 32 の制御設定とルクセルの光出力との対応関係を決定するのに信号を利用する。

【0091】

本発明のいくつかの実施形態では、このような測定はルクセル間の重なりを判断するのに利用できる。例えば、個々のピクセルが選択的に照明されるところでは、ピクセルが順次照明され、隣り合うピクセルでカメラが取得する照明の強度が求められる。同様に、視野の領域が同時に照明された場合には、エッジの欠落 (fall-off) 及び重なりが同じ方法で求めることができる。これらの測定は、本発明のいくつかの実施形態における結果の確実性を修正するのに利用できる。

【0092】

本発明のいくつかの実施形態では、コントローラ 60 は、信号に応じて、ピクセルに対応するルクセル 32 によって供給される光を制御する。例えば、使用者が、撮像される撮影対象の領域の輝度を所望量増大するようにコントローラに指示すると仮定する。コントローラ 60 は、ピクセル 24 からの信号から求められたその領域の輝度が、撮影対象のその領域の輝度が所望の大きさであることを示すまで、ルクセルの出力強度を増大させる。

【0093】

本発明のいくつかの実施形態では、撮像された撮影対象で所望のコントラストが得られるように、コントローラ 60 がカメラ 20 によって撮像された撮影対象の照明を特定のアルゴリズムに従って自動的に調整する。例えば、本発明の実施形態によれば、コントローラ 60 は、ピクセルに入射している光の強度が予め定められている強度より大きいことを示す信号を生成するピクセルに対応する撮影対象内の照明領域の照明を自動的に減らすことができる。同様に、コントローラ 60 を、入射光の強度が低いことを示すピクセル 24 に対応する照明領域の照明を増大させるようにプログラムすることもできる。

【0094】

本発明のいくつかの実施形態では、コントローラ60は、カメラ20によって撮像された撮影対象の画像のよりいっそう複雑な処理を行うことにピクセル24の信号を利用する。例えば、コントローラ60は、撮影対象の照明の制御することで、画像のスムージング又は画像のシャープニングを行ってもよい。本発明のいくつかの実施形態において、コントローラ60は、例えば、撮像された撮影対象の輝度ヒストグラムの平均輝度及び／又は輝度範囲などのパラメータを求めるのにピクセル24からの信号を利用する。次にコントローラ60は、撮影対象内の画像のパラメータが所望の値となるように撮影対象の照明を調整する。本発明のいくつかの実施形態では、画像又は画像の一領域についてのヒストグラム均等化のような“ヒストグラム調整”がコントローラ60によって、光強度の総積分値がピクセル24に達する単一のヒストグラムについて行われる。本発明のいくつかの実施形態では、画素化されたイルミネータ30により供給される光の各色について輝度ヒストグラムを調整する。例えば、画素化されたイルミネータがRGB光を供給する場合には、ヒストグラムは、R、G及びBの各光について調整される。

なお、本発明の実施形態によるカメラ20は、カメラによって撮像される撮影対象内の領域の反射率の正確な測定、及びその結果としてカメラによって撮像される撮影対象の高解像度処理を提供する。

【0095】

本発明のいくつかの実施形態の態様は、高解像度グレーレベル画像をそれよりも低いグレーレベル解像度を有するカメラを利用して取得することに関する。そのような画像を取得する典型的な方法が図4に示されている。

【0096】

図4に概要が示された実施形態によれば、一様なライティングによる第1の画像が最初に取得される(200)。画像中の輝度の値はピクセルの照明の値を決めることに利用され(202)、それにより視野の種々の領域を別々に照明するライティングが(コントラストに関して)比較的フラットな画像を与えるように調整される。これらの照明の値は保存される(204)。取得が(ゼロからある最大値まで)Nグレーレベルの解像度を有する場合、照明は、N'個の照度まで有することができる。N'個の照度は、各グレーレベルに、 $N * N' = C$ となるようなN及びN'の組合せが存在するように間隔を開けられている。ただし、Cは、全てのピクセルについて等しい定数である。

【0097】

この平坦化照明下で第2の画像が取得される(208)。理想的には、この画像内の強度変動は、初期グレーレベル間の強度差の±0.5より小さい。本発明の典型的な実施形態では、実質的に取得レベルの全範囲でこのグレーレベルの範囲をカバーするように取得レンジが設定される(206)。取得値は、好ましくは格納される(210)

【0098】

M個の取得レベルとP個の取得レベルとが利用可能である場合、各ピクセル(i, j)は、二つの数字 m_{ij} 及び p_{ij} によって特徴づけられる。一様に照明された画像の階調は、(理想的には)このようにM×Pのグレーレベルの解像度に導くことができる。

【0099】

本発明のいくつかの実施形態では、一ピクセルよりも大きな領域に関してのみ照明が制御される。この場合、第2の画像は、個々のピクセルの照明が個別に照明されたときのばらつきよりも大きなばらつきを有するであろう。典型的な一実施形態では、視野がQ個の領域に分割される。一様に照明された画像が取得される。取得された領域上の強度は平均化され、(次の画像について)(平均値に基づいて)取得された強度が全ての領域にわたって、照明及び取得の量子化精度内で一様であるように照明が調整される。再び、各ピクセルは二つの数字で特徴づけられる、一つは照明に関するものであり、一つは取得に関するものである。

【0100】

照明及び取得のレベルの数は同じである必要はない。したがって、例えば、照明レベルが取得レベルの半数である場合には、照明レベルは2つ目の取得レベル毎に合わせられ、そ

れにより2回目の取得における照明の全範囲が元のグレーレベルの±1となるようにする。第2の取得は、取得値の全範囲でこの範囲をカバーするように設定される。

【0101】

各ピクセルの輝度が照明レベル及び取得輝度レベルから導かれている画像を生成することにより、極めて高解像度の（一様に照明された）グレーレベル画像を構築することができる（212）。したがって、非常に簡単な実施形態では、画像のグレーレベルの最初のPビットは照明値により与えられ、画像のグレーレベルの次のMビットは、2回目に取得された画像の取得レベルにより与えられる。例えばコントローラ60のメモリ内に、一方が照明に関する情報を含み、他方が2回目の取得に関する情報を含む2つのマトリックスが備えられると都合がよい。

10

【0102】

取得用に固定のA/Dを用いてもよいが、本発明のいくつかの実施形態では、（取得がピクセルの最低照度のグレーレベルで始まるように）取得のゼロレベルが調整可能であり、取得の最高グレーレベルが画像のもっとも明るい部分に合うようにA/Dゲインの調整が可能なA/Dを用いてもよい。ゲインを少なくとも部分的に調整するために絞りが備えられてもよい。これらの方法は、それらがより高解像度のグレーレベルを提供する一方、

【0103】

上記の議論は、照明要素がピクセル又はピクセル群をオーバーラップのないように照明するシステムを説明している。一般に、（個別ピクセル照明のための）ピクセルの照明、又は（領域内ピクセル照明用の）領域の照明は、一以上の隣り合うピクセルに少なくとも部分的にオーバーラップする。このような場合、使用すべき照明を決めるときおよび画像を再構築するときに、リコンストラクション（reconstruction）は、オプションとして、隣接するピクセルの照明の影響を考慮する。望ましくは、領域照明に対し、光源の様な輝度に対し各ピクセルが一様に照明されるようにオーバーラップが調整される。このことは、例えば、部分の端部における照度が半分である点が照明されるガウシアン・ロール・オフを行うことで達成できる。

20

この方法が、撮影対象の一部のみを取得する又は撮影対象を区分けした部分を取得するのに利用することができることが理解されるべきである。

【0104】

図2は、本発明の実施形態による照明システム72を備えるカメラ20に類似のカメラ71を模式的に示す。照明システム72は、ルクセル76を有する画素化されたイルミネータ74、ビームスプリッター78、及びビームスプリッター78に入射する光を供給する光ゲイン80を備える。光源80は一例として白熱ランプとして模式的に示されているが、光源80は、例えばレーザ、レーザ・アレー、フラッシュランプ、アーク光源、及び積分球のようなあらゆる適切な光源を含むことができる。光源80は、光が適切にビームスプリッター78に入射するように、光源からの光を集光し及び／又は方向付けるために必要な光学要素を備えることもできる。ビームスプリッター78は、画素化されたイルミネータ74に入射するように、光の一部を反射する。図2では、図1のように、点線41と関連する矢印は選択された光線に沿った光の進む方向を示している。

30

【0105】

本発明のいくつかの実施形態において、画素化されたイルミネータの各ルクセル76は、（不図示の）液晶（LC）セルを備える。液晶セルは、ビームスプリッター78に面する前面と、セルの背面にあるセル自体の反射電極（不図示）を有する。ルクセル76に入射する光源80からの光は、そのルクセルのLCセルに入り、電極により反射されてルクセルから出る。ルクセルの電極に印加された電圧は、ルクセルのLCセルの透過率を、そしてそれ故にルクセルから出る光の強度を制御する。ルクセル76を出た光はビームスプリッター78に入射する。ビームスプリッター78は、その光の一部をビームスプリッター78に向けて透過させる。ビームスプリッター34は、次にその光の一部を反射し、カメラ71により撮像される撮影対象のルクセルに対応する照明領域を照明する。コントローラ60は、ルクセル76のピクセル電極に印加される電圧を制御し、それにより、カメラ71

40

50

により撮像されている撮影対象を照明しているルクセルからの光を制御する。

【0106】

本発明のいくつかの実施形態では、光源80は白色光を供給し、各ピクセル電極は実質的にR、G又はB光のみを反射する。画素化されたイルミネータ74のルクセル76は、それ故にR、G又はB光のいずれかを供給する。R、G及びBルクセル76は、3つのルクセルからなるグループに分けることができる。各グループは、R、G及びBルクセルを含み、各グループは撮像面22の単一の（カラー）ピクセル24に対応する。（各ピクセル24はR、G及びBフォトセンサを備え、好ましくは、ピクセル内のフォトセンサの構成は、そのピクセルに対応するルクセルのグループ内のR、G及びBルクセルの構成と一致している。本発明のいくつかの実施形態では、R、G及びBルクセルの虚像がわずかにデフォーカスされており、これにより、一つのルクセルグループ内の各ルクセル76が対応するピクセル24内の適切なフォトセンサを照明する。）3つの照明領域、R、G及びB照明領域は、それ故に、一つのピクセル24によって撮像される撮影対象の各領域に対応する。コントローラ60は、照明領域を照明しているR、G及びBルクセル76の各々からの光の強度を制御することにより、その領域の照明の強度、色相及び彩度を制御する。

【0107】

本発明のいくつかの実施形態では、光源80は、例えばカラーホイールを利用して、R、G及びB光を供給し、ルクセル76のピクセル電極は、R、G及びB光に対して実質的に同じ反射率特性を有する“白色”反射体である。オプションとして、各ルクセル76は単一のピクセル24に対応していてもよく、ピクセル24に結像される撮影対象の領域は、ルクセル76によって照明される撮影対象の照明領域に対応してもよい。

【0108】

コントローラ60は、画素化されたイルミネータをR、G及びB光で順次照明するように光源80を制御してもよい。コントローラ60は、光源80からのR、G及びB光に同期してルクセル76内のLCセルの透過率を制御することで、撮像される画像の照明領域の照明の色相、彩度及び強度を制御する。

【0109】

本発明のいくつかの実施形態では、画素化されたイルミネータがDMDデバイスであり、各ルクセル76が（不図示の）マイクロミラーを備えている。コントローラ60は、当該技術で知られている方法を用いてマイクロミラーを制御し、各ピクセル76によって供給される、光源80からの光の強度を制御する。

【0110】

図3は、本発明の一実施形態による、撮像面22を有し、画素化されたイルミネータ74を有する照明システム102、光源80及びビームスプリッター78を備えるカメラ100を示す。カメラ100により撮像されている撮影対象からの光は、レンズ26によって表されている光学系によって撮像面22上にフォーカスされている。カメラの物体面36内のカメラ100の視野38は、撮影対象内の適当な位置に配置されている。画素化されたイルミネータ74は、撮像面22に対してボアサイトされておらず、照明システム102は、レンズ104によって表されており、カメラ100によって撮像される撮影対象上にルクセル74からの光をフォーカスする光学系を備えている。図3において、点線41及び関連する矢印は、選択された光線に沿った光の進む方向を示している。

【0111】

図2に示した照明システム72のように、光源80からの光は、ビームスプリッター78によって、画素化されたイルミネータ74の方へ向けられている。各ルクセル76は、光源80からルクセルに入射する光を量を制御しながら光学系104へ向けて反射する。光学系104は、ルクセルからの光を視野38内の照明領域にフォーカスする。好ましくは、光学系104は、視野38と実質的に一致する、画素化されたイルミネータ74の画像を物体面36に結像する。

【0112】

本発明のいくつかの実施形態では、照明システム104が、照明システム光学系104を

制御するコントローラを備える。コントローラ 60 は、カメラ 100 がカメラからの距離が異なる撮影対象を撮像し、カメラから視野 38 までの距離が変化したときに、画素化されたイルミネータ 74 からの光が適切に視野にフォーカスされるように光学系 104 を調整する。

【0113】

画素化されたイルミネータ 74 が撮像面 22 に対してボアサイトされていないこと及びそのことから生じる照明システム 102 の特徴を除くと、照明システム 102 は、照明システム 21 及び 72 と同様であり、同様に機能する。本発明の実施形態による照明システム 102 の変形例は、カメラ 100 によって撮像される撮影対象のグレーレベル及び／又はカラー照明を提供することに利用でき、及び／又は照明システム 21 及び 72 並びにそれらの変形例に関し記載した照明調整法の何れをも行うことができる。同様に、示した照明システム 102 は、光源 80 と“反射型”の画素化されたイルミネータを備えているが、本発明の実施形態による他のタイプのボアサイトされていない照明システム (non-boresighted illumination system) も可能であり、有益である。例えば、本発明の実施形態によれば、ボアサイトされていない (non-boresighted) 照明システムは、光源 80 を有しておらず、光を反射するものに代えて光を射出する画素化されたイルミネータを備えることができる。本発明の実施形態によれば、上記したボアサイトされた照明システム及びその変形例の何れをも、ボアサイトされていない照明システムとして構成することができる。照明システム 21 及び 72 のように、照明システム 102 は、一例として、使用者とのコミュニケーションのためのビジュアル・ディスプレイ 64 を備える。

【0114】

本発明のいくつかの実施形態では、コントローラ 60 がピクセルイルミネータ 74 を制御し、光の空間的及び／又は時間的に“較正された”特定のパターンで撮像する撮影対象を照明する。撮像面 22 に対する画素化されたイルミネータ 74 の配置を特定するため、及び照明システムによって照明されている撮影対象の各照明領域を撮像面 22 のどのピクセル 24 が撮像しているかを特定するため、コントローラ 60 は、撮像面 22 のピクセル 24 のレスポンスを光の較正パターンと対応付ける。

【0115】

一例として、コントローラ 60 は、画素化されたイルミネータ 74 内のルクセル 76 のパターンをつけたり消したりことで、パターン内のピクセルを点滅させ、カメラ 100 により撮像されている撮影対象の照明領域を点滅する光で照明してもよい。コントローラ 60 は、ピクセルに入射している光がパターン内のルクセル 76 の明滅のリズムで点滅していることを示す信号を生成する撮像面 22 内のピクセル 24 がどれであるかを判断する。コントローラ 60 は、点滅している撮像面のピクセル 24 をそれらに対応するルクセル 76 及び撮影対象内の照明領域に関連づける。点滅しているどのルクセル 76 が“点滅している”どの撮像面のピクセル 24 に対応するかを判断することにより、コントローラ 60 は、画素化されたイルミネータ 76 の撮像面 22 に対する配置を特定し、照明システムにより照明されている撮影対象の照明領域の各々を撮像面のどのピクセルが撮像しているかに関する“マップ”を生成する。コントローラ 60 は、撮影対象の望まれるライティングを与えるために制御すべきルクセル 76 を判断するのにそのマップを利用する。

【0116】

なお、照明システムの較正及びルクセル及び撮像面ピクセルの“マッピング”がボアサイトされていない照明システム 102 について説明されているが、本発明の実施形態によれば、較正及びマッピングは、ボアサイトされている照明システムでも同様に行うことができる。

【0117】

本出願の明細書及びクレームにおいて、“備える”、“含む”及び“有する”の各動詞並びにそれらの活用形は、その動詞の目的語又は目的語らが、必ずしも、その動詞の主語又は主語らの部材、部品、要素又は部分の完全な列挙ではないことを示すために用いられて

いる。

【0118】

本発明は、その実施形態の詳細な明細書を用いて説明されているが、これは一例として提供されたものであり、発明の範囲を限定することを意図したものではない。記載された実施形態は異なる特徴を含む。それらの全てが本発明の全ての実施形態に必要とされるのではない。本発明のいくつかの実施形態は、それら特徴のいくつか又はそれら特徴の可能な組合せのみを利用する。記載されている本発明の実施形態の変形例及び記載された実施形態で言及している特徴の異なる組合せを備えた本発明を当業者は思いつくであろう。本発明の範囲は、後述するクレームによってのみ限定さえる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1は、本発明の一実施形態による、カメラの撮像面に対してボアサイトされた、画素化されたイルミネータを有する照明システムを備えたカメラを示す。

【図2】

図2は、本発明の一実施形態による、ライトプロジェクタとボアサイトされた、画素化されたイルミネータとを有する照明システムを備えたカメラを示す。

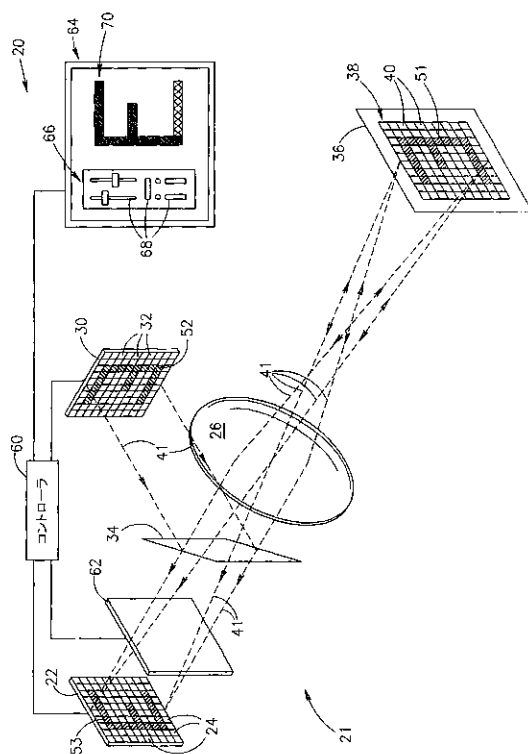
【図3】

図3は、本発明の一実施形態による、照明システムの画素化されたイルミネータがカメラの撮像面に対してボアサイトされていない照明システムを備えたカメラ。

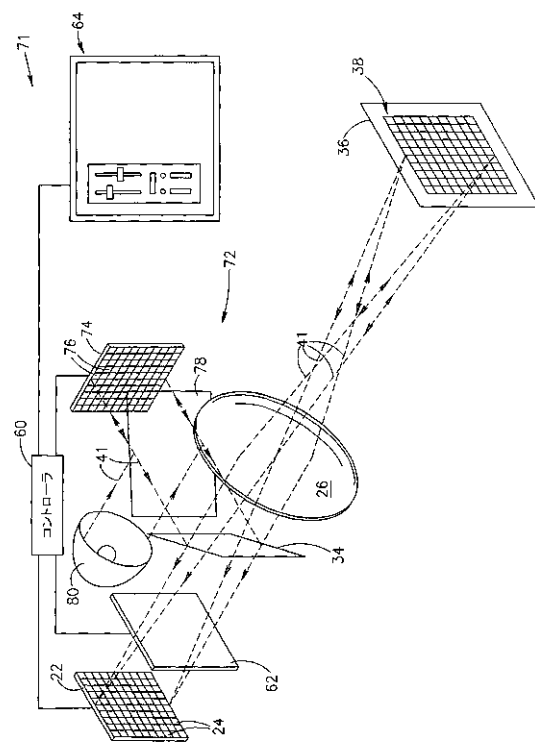
【図4】

図4は、本発明の典型的な実施形態による、高解像度グレーレベル画像を提供する方法のフローチャートである。

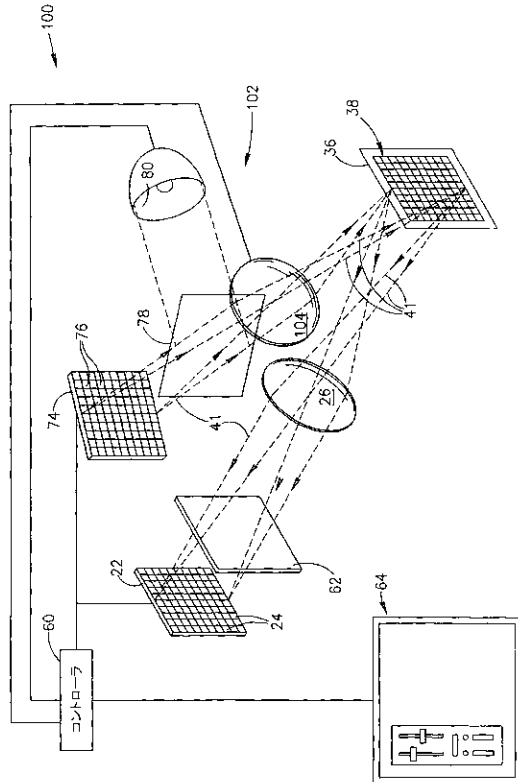
【図1】



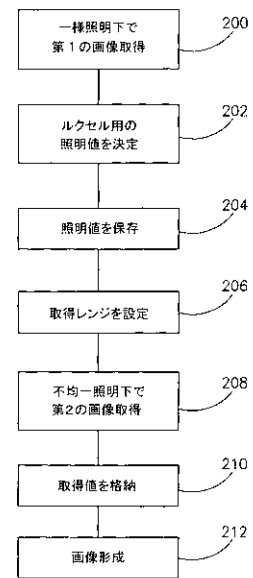
【図2】



【図 3】



【図 4】



【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
17 January 2002 (17.01.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/05549 A1(51) International Patent Classification: **H04N 5/235**

(21) International Application Number: PCT/IL00/00404

(22) International Filing Date: 9 July 2000 (09.07.2000)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(63) Related by continuation (CON) or continuation-in-part (CIP) to earlier application:
US 09/250,322 (A1P)
Filed on 16 February 1999 (16.02.1999)(71) Applicant (for all designated States except US): **3DV SYSTEMS, LTD.** (IL/IL); P.O. Box 249, 20692 Yokneam (IL).

(72) Inventors: and

(75) Inventors/Applicants (for US only): **BRAUN, Ori, J.**[IL/IL]: Boyer Street 12/7, 69127 Tel Aviv (IL); **YAHAV, Giora** (IL/IL); Beiliss Street 11, 34814 Hadera (IL).(74) Agents: **FENSTER**, Paul et al.; Fenster & Company Patent Attorneys, Ltd., P.O. Box 10256, 49002 Petach Tikva (IL).

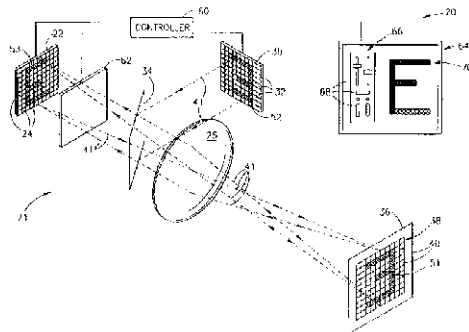
(81) Designated States (national): BR, CA, JP, US.

(84) Designated States (regional): European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Published:
with international search report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: CAMERA HAVING A THROUGH THE LENS PIXEL ILLUMINATOR



(57) Abstract: A camera comprising: a photosurface comprising light sensitive pixels that generate signals responsive to light incident thereon and optics that focus an image of a scene onto the photosurface; and an illumination system for illuminating the scene, the illumination system comprising: an illuminator having a plurality of substantially contiguous, independently controllable light providing regions; optics that focuses an image of the illuminator on the scene so that light from the illuminator illuminates substantially all of and substantially only the field of view of the camera; and a controller that controls light provided by each light providing region.

WO 02/05549 A1

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

CAMERA HAVING A THROUGH THE LENS PIXEL ILLUMINATOR

The present invention relates to imaging a scene with light and in particular to methods and apparatus for illuminating the imaged scene.

5

BACKGROUND OF THE INVENTION

Satisfactory and effective imaging of a scene with light requires proper illumination of the scene. In many instances however, achieving proper illumination is a relatively complicated and arduous task. Often it is desirable and/or necessary to illuminate different regions of a scene with different intensity and/or color light. Sometimes a dynamic range of a camera limits contrast in an image of a scene and brightest regions and dimmest regions of the scene cannot be properly imaged at the same time. Sometimes lighting and color of illumination must be adjusted to provide desired effects in an image.

For example, in imaging a product for a catalogue, lighting usually has to be adjusted to increase illumination of certain regions of the product while decreasing illumination of other regions of the product. To enhance images of the product so that they are appropriately flattering, color of light used to illuminate the product may have to be adjusted and substantial effort invested in arranging direction and intensity of indirect lighting of the product.

In imaging items for visual inspection, lighting generally has to be adjusted to assure that inspected features of the items are appropriately visible to enable proper inspection. Often, to distinguish features of an inspected item, color of light illuminating a first region of the item is optionally adjusted to be different from color of light illuminating a second region of the item.

In some applications it may be desirable to adjust illumination of a scene so that light reaching a camera from all regions of the scene has substantially a same intensity or that intensities from different regions in the scene vary within a relatively narrow intensity range. For example, PCT Publications WO97/01111, WO97/01112, and WO97/01113 the disclosures of which are incorporated herein by reference describe gated 3D cameras that measures distances to regions in a scene. In a described 3D camera, a train of light pulses is radiated by a light source to illuminate the scene. Following each light pulse the camera is gated open to receive light reflected by regions in the scene from the light pulse and image the received light on a photosurface comprised in the camera. Distance to a region is determined from timing of the gates with respect to emission times of the light pulses and a total amount of light from the region that is received and imaged during the gates.

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

In some instances, differences in reflectivity of different regions of the scene and/or differences in distances of different region in the scene from the camera result in substantial differences in intensity of reflected light reaching the camera. For example, intensity of light received from a region in a scene is a function of a solid angle subtended by the region at the camera. Since the solid angle is inversely proportional to the square of the distance from the camera, small differences in distances from the camera of regions in the scene can generate large differences in intensity of light reaching the camera from the regions. The range of these intensity differences can sometimes approach or exceed the dynamic range of the camera. As a result, accuracy of determination of distances to regions in the scene can vary substantially.

10 In some instances, as a result of intensity differences it may not be possible to determine distances to all regions of the scene at a same time.

SUMMARY OF THE INVENTION

An aspect of some embodiments of the present invention relates to providing a camera, comprising an improved illumination system for illuminating a scene imaged with the camera. The illumination system illuminates regions of the scene that are imaged on contiguous regions of the photosurface independently of each other. Hereinafter, regions of a scene that are independently illuminated in accordance with an embodiment of the present invention are referred to as "illumination zones".

According to an aspect of some embodiments of the present invention the size of an illumination zone is such that the illumination zone is imaged on a single pixel of the photosurface.

According to an aspect of some embodiments of the present invention the size of an illumination zone is such that the illumination zone is imaged on a group of pixels on the photosurface.

25 In some embodiments of the present invention all illumination zones of a scene are imaged regions of the photosurface having a same size and shape. In some embodiments of the present invention different illumination zones are imaged on different size and/or shape regions of the photosurface.

An aspect of some embodiments of the present invention relates to adjusting intensity of light that illuminates each illumination zone of a scene independently of other illumination zones in the scene.

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

An aspect of some embodiments of the present invention relates to adjusting color of light that illuminates each illumination zone of a scene independently of other illumination zones in the scene.

A camera in accordance with an embodiment of the present invention comprises a
5 photosurface on which light from a scene imaged with the camera is focused and an illumination system having a spatially modulated light source boresighted with the photosurface. The light source, hereinafter referred to as a "pixelated illuminator", comprises a plurality of independently controllable light providing regions, hereinafter referred to as "luxels". The size, location and orientation of the pixelated illuminator and optics used to
10 boresight the pixelated illuminator with the photosurface are such that a virtual image of the pixelated illuminator is substantially coincident with the photosurface. A virtual image of each luxel of the pixelated illuminator is therefore located in a different corresponding region of the photosurface and light from virtual images of any two luxels does not appear to pass through or emanate from a same region of the photosurface. In an embodiment of the
15 invention, the pixelated illuminator is boresighted with the photosurface using methods and devices described in US Patent Application, number 09/250,322, the disclosure of which is incorporated herein by reference.

The region of the photosurface on which a virtual image of a luxel is located images a region of the scene that is an illumination zone of the scene corresponding to the luxel. Light
20 from the luxel illuminates only the illumination zone that is imaged on the region of the photosurface in which the virtual image of the luxel is located.

In some embodiments of the present invention, the camera comprises a controller that controls intensity of light provided by a luxel so as to control intensity of illumination of the illumination zone corresponding to the luxel. In some embodiments of the present invention
25 the controller controls the luxel to adjust hue and/or saturation of light illuminating the illumination zone.

According to an aspect of some embodiments of the present invention, the controller receives signals generated by a pixel or pixels of the photosurface on which an illumination zone of a scene is imaged responsive to light incident on the pixel or pixels from the
30 illumination zone. The controller controls light provided by the luxel that illuminates the illumination zone, responsive to the received signals. According to an aspect of some embodiments of the present invention the controller receives instructions from a user that define a desired hue, and/or saturation and/or intensity for light reaching the pixel or pixels of

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

the photosurface from the illumination zone. The controller controls light provided by the luxel responsive to the instructions so that light that reaches the pixel or pixels has the desired characteristics defined by the user.

For example, assume a person uses a camera in accordance with an embodiment of the present invention to image a metal object that has highly reflecting areas. The person might prefer to reduce light reaching the camera from the highly reflecting areas to reduce glare and improve perceived quality of the image of the object. In accordance with an embodiment of the present invention, the person can accomplish this by instructing the controller to reduce, by a desired amount, intensity of illumination of illumination zones corresponding to pixels in the image that register light intensity greater than a maximum light intensity defined by the person. In some embodiments of the present invention the person can accomplish this by indicating on a display of a preview of the image, a region or regions for which the user wants to reduce brightness. After indicating the region or regions, in some embodiments, the user may indicate an amount by which the user wishes to reduce illumination of the region or regions on an appropriate control panel that is displayed with the preview. After the controller reduces illumination of illumination zones corresponding to the indicated region or regions, a new preview may be presented to the user, which if the user desires he or she can adjust again.

In some embodiments of the present invention hue and saturation of light illuminating a scene being imaged using the camera are adjusted similarly. For example, assuming the pixelated illuminator illuminates illumination zones with R, G or B light, the user can adjust color of the image by adjusting intensity, using for example methods similar to those described above, of R, G and/or B light illuminating illumination zones of the scene.

In some embodiments of the present invention, the virtual image of a luxel on the photosurface is substantially coincident with a single pixel on the photosurface. The luxel therefore illuminates a region, *i.e.* an illumination zone, of a scene imaged on the photosurface that is imaged on the single pixel on the photosurface. In some embodiments of the present invention, the virtual image of a luxel is substantially coincident with a group of pixels on the photosurface and the luxel illuminates an illumination zone of a scene that is imaged on the group of pixels. In some embodiments of the present invention luxels are not all the same size and/or shape and two different luxels may illuminate different size and/or shape illumination zones in a scene. In some embodiments of the present invention virtual images of luxels on the photosurface are smaller than a pixel on the photosurface and a plurality of virtual images of luxels are located within a single pixel of the photosurface.

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

In some embodiments of the present invention, a camera comprises an illumination system having a pixelated illuminator that is not boresighted with a photosurface of the camera. Instead, the illumination system comprises its own optics that focuses light from the pixelated illuminator on a scene being imaged by the camera. The camera may comprise a controller that controls the illumination system optics so that the light from the pixelated illuminator is focused to the scene being imaged by the camera.

Light providing systems and devices suitable for use as a pixelated illuminator for practice of the present invention are available in the market. In particular, certain types of light projectors used for projection display of images are suitable for use in practice of the present invention. These light projectors comprise luxels that are independently controllable to provide light at desired intensities and colors. The luxels can be made as small as pixels in a typical CCD or CMOS camera.

US Patent 4,680,579 to E. O. Granville, the disclosure of which is incorporated herein by reference, describes a light projector that uses a digital mirror device (DMD) in which micro mirrors function as luxels and reflect light of desired intensity and color provided by a suitable light source. US Patent 5,844,588 to Anderson, the disclosure of which is incorporated herein by reference, describes a DMD device used in an illumination system for a xerographic printer. Texas Instruments markets DMD light projectors and image projection systems based on DMDs. JVC markets a D-ILA (Direct, Direct Drive or Digital, Image Light Amplifier) light projector and image projection systems in which liquid crystal (LC) pixels are controlled to project light of desired intensity and color. Various projection light sources are described in a technical article entitled "Display Technologies" available during April 2000 from URL sight "www.extron.com", the disclosure of which is incorporated herein by reference.

An aspect of some embodiments of the invention is concerned with the acquisition of high gray level resolution images utilizing a camera having a lower gray level resolution.

In an exemplary embodiment of the invention, a first image of a scene is acquired utilizing uniform lighting. The lighting, which can be controlled to controllably and differently illuminate the various regions of the field of view is adjusted to give a relatively flat (contrast-wise) image. If the acquisition has a resolution of N gray levels (from zero to some maximum) the illumination may have up to N' illuminations spaced at intervals such that for each gray level there exists a combination of N and N' such that $N * N' = C$, where C is a constant that is the same for all of the pixels. Thus, if the illumination is matched to intensity

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

measured on the initial image acquisition, and a second image is acquired, the intensity variations are less than ± 0.5 of the intensity distance between the initial gray levels. However, in an exemplary embodiment of the invention, the acquisition range is set to cover this range of gray levels with substantially the entire scan of acquisition levels.

5 If M acquisition levels and P illumination levels are available, each pixel (i, j) is characterized by two numbers m_{ij} and p_{ij} . The gray levels of a uniformly illuminated image can thus be derived to a resolution given by $M \times P$ gray levels.

In some embodiments of the invention, the illumination is controlled only over regions of greater than one pixel. In this case, the second image will have a variability that is larger than the variability when the illumination of the individual pixels are separately illuminated. 10 In one exemplary embodiment, the field of view is divided into Q regions. A uniformly lit image is acquired. The acquired intensity over the regions is averaged and the illumination is adjusted such that the acquired intensity (for a subsequent image) over all of the regions (based on the averages) is uniform to within the quantization accuracies of the illumination and the acquisition. Again, each pixel is characterized by two numbers, one for the 15 illumination and one for the acquisition.

The number of levels for illumination and acquisition need not be the same. Thus, for example, if there are half as many illumination levels as there are acquisition levels, the illumination levels are matched to every second acquisition level, such that the total range of 20 illuminations for the second acquisition is ± 1 original gray level. The second acquisition is set to cover this range with the entire range of acquisition values.

A very high resolution gray level (uniformly illuminated) image can be constructed utilizing these embodiments by generating an image in which each pixel has a brightness derived from the illumination level and the acquired brightness level. Thus, the first P bits of 25 the image gray level would be given by the illumination values and the next M bits of the image gray level would be given by the acquisition levels of the second acquired image. Conveniently, two matrices are provided, one of which contains information on the illumination and the other information on the second acquisition.

While a fixed A/D for the acquisition may be used, in some embodiments of the 30 invention an A/D that allows for adjusting the zero level for the acquisition (so that the acquisition starts at the gray level of the pixel with the lowest illumination) and the A/D gain,

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

so that the highest acquisition gray level is matched with the brightest portion of the image. An iris may be provided to at least partially adjust the gain.

The above discussion describes a system in which the illumination elements illuminate pixels or groups of pixels without overlap. In general, illumination of a pixel (for individual pixel illumination) or illumination of a region (for regional pixel illumination) will overlap at least partly into one or more neighboring pixels. In such cases, the reconstruction optionally takes into account the effects of illumination of adjacent pixels when determining the illumination to be used and in reconstructing the image. Optimally, for regional illumination, the overlap is adjusted such that, for uniform brightness of the sources, each pixel is uniformly illuminated. This can be achieved, for example, by providing for Gaussian roll off of the illumination, with the half illumination point at the edge of the portion being illuminated.

There is therefore provided in accordance with an embodiment of the present invention a camera comprising: a photosurface comprising light sensitive pixels that generate signals responsive to light incident thereon and optics that focus an image of a scene onto the photosurface; and an illumination system for illuminating the scene, the illumination system comprising: an illuminator having a plurality of substantially contiguous, independently controllable light providing regions; optics that focuses an image of the illuminator on the scene so that light from the illuminator illuminates substantially all of and substantially only the field of view of the camera; and a controller that controls light provided by each light providing region.

Optionally, the illuminator is boresighted with the photosurface so that a virtual image of the illuminator is located at the photosurface and optics that image the scene on the photosurface image the illuminator on the scene. Optimally, a virtual image of the illuminator is substantially coincident with the photosurface.

In some embodiments of the present invention light from each of the light providing regions that is reflected from the scene is imaged on a different group of contiguous pixels in the photosurface.

In some embodiments of the present invention light from each of the light providing regions that is reflected from the scene and imaged by the camera is imaged on a region of the photosurface having a size substantially equal to the size of a pixel in the photosurface. In an embodiment of the invention, the region on which the light is imaged is located substantially within the area of a pixel on the photosurface.

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

In some embodiments of the present invention the regions of the photosurface on which light from at least two adjacent light providing regions of the illuminator is imaged overlap.

5 In some embodiments of the present invention there is substantially little overlap of regions of the photosurface on which light from adjacent light providing regions of the illuminator is imaged.

10 In some embodiments of the present invention light from a plurality of the light providing regions that is reflected from the scene and imaged by the camera is imaged on a same region of the photosurface having a size substantially equal to the size of a pixel in the photosurface. Optimally, the region on which the light from the plurality of light providing regions is imaged is located substantially within the area of a pixel on the photosurface.

In some embodiments of the present invention all light providing regions provide light characterized by a substantially same spectrum. Optionally, each light providing region provides white light.

15 In some embodiments of the present invention each light providing region is controllable to provide light in at least two different wavelength bands of light. In an exemplary embodiment, each light providing region is controllable to provide R, G and B light.

20 In some embodiments of the present invention the plurality of light providing regions comprises three light providing regions. In an exemplary embodiment, each light providing region provides a different one of R, G or B light.

25 In some embodiments of the present invention the controller controls intensity of R, G or B light provided by each light providing region so as to control hue, saturation or intensity of light illuminating a region of the scene which is illuminated by light from the light providing region independently of hue saturation and intensity of light illuminating other regions of the scene.

In some embodiments of the present invention the controller controls light provided by at least one light providing region to control an intensity distribution of R, G or B light reflected by the scene that is incident on pixels of the photosurface.

30 In some embodiments of the present invention the controller controls intensity of light provided by each light providing region so as to control intensity of light illuminating a region of the scene illuminated by light from the light providing region independently of intensity of light illuminating other regions of the scene.

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

In some embodiments of the present invention the controller controls light provided by at least one light providing region to control an intensity distribution of light reflected by the scene that is incident on pixels of the photosurface.

5 In some embodiments of the present invention the controller receives signals generated by each pixel responsive to light incident on the pixel and controls light provided by at least one of the light providing regions responsive to the signals to adjust illumination of the scene.

Optionally, the controller controls light provided by at least one light providing region to decrease intensity of light reaching the camera from a region of the scene for which intensity of light incident on a pixel that images the region is greater than a predetermined maximum intensity. Alternatively or additionally, the controller controls light provided by at least one light providing region to increase intensity of light reaching the camera from a region of the scene for which intensity of light incident on a pixel that images the region is less than a predetermined minimum intensity.

In some embodiments of the present invention the camera comprises a user operated input terminal to transmit instructions to the controller and wherein the controller controls light from at least one of the light providing regions responsive to the instructions to adjust illumination of the scene. Optionally, the input terminal comprises a display screen. Optionally, the controller generates a preview of an image of the scene being imaged by the camera on the screen, responsive to signals that it receives from the pixels. Optionally, the screen is a touch sensitive screen on which a border can be delineated surrounding an object or region in the preview of the scene to select the object or region by touching the screen. Alternatively or additionally the camera comprises a pointer controllable to select an object or region in the preview. In some embodiments of the present invention the controller controls light provided by light providing regions responsive to the selected region or object.

25 In some embodiments of the present invention the controller displays a control panel having control icons on the screen and wherein manipulation of the control icons transmits instructions to the controller.

In some embodiments of the present invention the camera comprises a shutter that the controller opens and closes to gate the photosurface on and off. In some embodiments of the present invention pixels in the photosurface are controllable to be gated on and off and wherein the controller gates the photosurface on and off by gating the pixels.

30 Alternatively or additionally the controller may simultaneously turn on and turn off light providing regions so as to radiate at least one pulse of light having a pulse width that

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

illuminates the scene. Optionally, the controller gates the photosurface on and off at times responsive to a time at which the at least one light pulse is radiated. Optionally, the controller gates the photosurface off when the illumination system is providing light to illuminate the scene.

- 5 Alternatively or additionally the at least one light pulse comprises a train of light pulses. Optionally, the controller gates the photosurface on for a first gate period after a first time lapse following each radiated light pulse of a first plurality of radiated light pulses in the train of light pulses; and gates the photosurface on for a second gate period after a second time lapse following each radiated light pulse of a second plurality of radiated light pulses.
- 10 Optimally, the mid points of first and second gate periods are delayed with respect to the radiated light pulses that they respectively follow by the same amount of time. Optionally, the duration of the first gate is greater than or equal to three times the pulse width. Optionally, the duration of the second gate period is substantially equal to the pulse width of the radiated light pulses. Generally, the controller determines intensity of light reaching the camera from a
- 15 region of the scene from an amount of light incident on a pixel that images the region. Optimally, the controller controls light provided by the light providing regions so as to minimize a difference between a predetermined light intensity and intensity of light reaching each pixel in the photosurface from the scene. The controller may determine a distance to region of the scene imaged on a pixel of the photosurface responsive to amounts of light
- 20 incident on the pixel during the first and second gates.

In some embodiments of the present invention the light providing regions are light sources that emit light. Each light providing region comprises a laser. Alternatively, each light providing region comprises a light emitting diode.

- In some embodiments of the present invention the camera comprises a light source and
- 25 wherein the light providing regions provide light by reflecting and modulating light from the light source that is incident on the light providing regions. In an embodiment of the invention, each light providing region comprises a micromirror controllable to reflect light in a direction towards the optics that focuses an image of the illuminator on the scene. Alternatively each light providing region may comprises a liquid crystal having a controllable transmittance and
- 30 a mirror and wherein light from the light source enters the liquid crystal and is reflected back out the liquid crystal cells by the mirror in a direction towards the optics that focuses an image of the illuminator on the scene.

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

There is further provided, in accordance with an embodiment of the present invention a method for illuminating a scene being imaged by a camera, the camera comprising a photosurface having pixels and optics for imaging the scene on the photosurface, the method comprising: illuminating the scene with an illuminator comprising a plurality of light
5 providers so that each region of the scene that is imaged on a region of the photosurface comprising at least one pixel but less than all the pixels of the photosurface is illuminated with light provided by at least one light provider that provides light substantially only for the region; and controlling light provided by the at least one light provider for a region of the scene to adjust illumination of the scene. The at least one pixel may be a single pixel.

10 In some embodiments of the present invention the method comprises boresighting the illuminator so that a virtual image of the illuminator is located substantially at the photosurface.

Optimally, the virtual image of the illuminator is substantially coincident with the photosurface. In some embodiments of the present invention a virtual image of each light
15 provider is located within a different group of contiguous pixels on the photosurface. In some embodiments of the present invention a virtual image of each light provider is located substantially within a corresponding single pixel. In some embodiments of the present invention a virtual image of a plurality of light providers is located substantially within a corresponding single pixel.

20 In some embodiments of the present invention the light providers are independently controllable and wherein controlling each of the light providing regions comprises controlling each of the light providing regions independently of the other light providing regions.

In some embodiments of the present invention controlling light comprises controlling the light to control contrast in an image of the scene provided by the camera. In some
25 embodiments of the present invention controlling contrast comprises controlling contrast in only a localized region of the image.

In some embodiments of the present invention controlling light comprises controlling the light to adjust an intensity distribution of light from the scene that is incident on pixels in the photosurface. Optionally, adjusting an intensity distribution comprises controlling a
30 parameter of the intensity distribution.

In some embodiments of the present invention controlling light comprises controlling the light to perform a predetermined image processing procedure.

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

In some embodiments of the present invention the image processing procedure comprises unsharp masking. In some embodiments of the present invention the image processing procedure comprises sharpening. In some embodiments of the present invention the image processing procedure comprises smoothing. In some embodiments of the present invention the image processing procedure comprises histogramic equalization.

There is further provided, in accordance with an embodiment of the invention, a method of imaging, comprising:

- illuminating at least a portion of a scene with substantially uniform lighting;
- determining a spatially varying illumination that reduces the variability of brightness values of the at least portion of the scene;
- illuminating the at least portion with said varying illumination;
- acquiring a second image of the at least portion, said second image having brightness values for areas thereof; and
- determining the brightness values of the scene under uniform illumination from the brightness values and the varying values of the illumination.

Optionally, illuminating comprises illuminating utilizing the method of any of claims 50-57.

In an embodiment of the invention, acquiring the second image comprises acquiring the images using a brightness acquisition range limited to the range of brightness values in the image.

BRIEF DESCRIPTION OF FIGURES

The following description describes examples of embodiments of the present invention and should be read with reference to figures attached hereto. In the figures, identical structures, elements or parts that appear in more than one figure are generally labeled with the same numeral in all the figures in which they appear. Dimensions of components and features shown in the figures are chosen for convenience and clarity of presentation and are not necessarily shown to scale. The figures are listed below.

Fig. 1 schematically shows a camera comprising an illumination system having a pixelated illuminator boresighted with a photosurface of the camera, in accordance with an embodiment of the present invention;

Fig. 2 schematically shows another camera comprising an illumination system having a light projector and a "boresighted" pixelated illuminator, in accordance with an embodiment of the present invention;

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

Fig. 3 schematically shows a camera comprising an illumination system in which a pixelated illuminator of the illumination system is not boresighted with a photosurface of the camera, in accordance with an embodiment of the present invention; and

Fig. 4 is a flow chart of a method for providing a high gray level resolution image, in accordance with an exemplary embodiment of the invention.

DETAILED DESCRIPTION OF EMBODIMENTS

Fig. 1 schematically shows a camera 20 comprising an illumination system 21, in accordance with an embodiment of the present invention.

Camera 20 comprises a photosurface 22, such as a CCD or CMOS light sensitive surface, having pixels 24 and optics represented by a lens 26 for focusing an image of a scene on photosurface 22. Whereas, in Fig. 1 (and in Figs. 2 and 3 discussed below) a single lens 26 represents the optics, the optics may comprise any suitable optical system, which may have a plurality of lenses and optical elements, as known in the art, for focusing images on photosurface 22.

Illumination system 21 comprises a pixelated illuminator 30 having a plurality of light providing luxels 32. Pixelated illuminator 30 is boresighted with photosurface 22 using an appropriate beam splitter 34 and optical elements (not shown) as might be required, so that optimally, a virtual image of pixelated illuminator 30 is substantially coincident with photosurface 22. It is to be noted that because lens 26 is used both to focus an image of a scene being imaged with camera 20 on pixelated surface 22 and to focus light from pixelated illuminator 30 on the scene, that the virtual image of pixelated illuminator 30 remains automatically registered to photosurface 22 during zooming operations of the camera.

In general the size of pixelated illuminator 30 does not have to be the same as the size of photosurface 22. However, in order for a virtual image of pixelated illuminator 30 to be substantially coincident with photosurface 22, pixelated illuminator 30 or a real or virtual image of the pixelated illuminator that is boresighted with the photosurface must have a same size and shape as the photosurface. In Fig. 1 and figures that follow, for convenience of exposition, pixelated illuminator 30 is shown, by way of example, as having a same size as photosurface 22. Pixelated illuminator 30 is therefore shown boresighted with photosurface 22 without an optical system that provides an appropriate real or virtual image of the pixelated illuminator that has substantially a same size as photosurface 22. Pixelated illuminator 30 may be boresighted with photosurface 22 using methods similar to those described in US Patent Application 09/250,322 referenced above.

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

By way of example, luxels 32, of pixelated illuminator 30, are assumed to have a size and shape so that a virtual image of each luxel 32 is substantially coincident with a single pixel 24 of photosurface 22. There is therefore (since a virtual image of pixelated illuminator 30 is substantially coincident with photosurface 22) a luxel 32 for each pixel 24 of
5 photosurface 22.

A field of view of camera 20, at an object plane 36 of the camera located in a scene being imaged by the camera, is represented by a rectilinear mesh 38 comprising mesh squares 40. Mesh squares 40 are homologous with pixels 24 such that light that is collected by lens 26 that appears to come from any particular mesh square 40 is focused by the lens onto a single
10 pixel 24 of photosurface 22 that corresponds to the particular mesh square. In exemplary embodiments of the invention, light provided by each luxel 32 is reflected by beam splitter 34 and illuminates substantially only, and all of, a single mesh square 40. The mesh square illuminated by the luxel 32 corresponds to the pixel 24 with which the virtual image of the luxel is coincident. Light from luxel 32 illuminates substantially only, and substantially all of,
15 a single mesh square 40 as a result of the assumption, by way of example, that a virtual image of each luxel 32 is substantially coincident with a single pixel 24. In some embodiments of the present invention, size and shape of luxels 32 and position of pixelated illuminator 30 are such that light from adjacent luxels 32 overlap adjacent mesh squares 40. Illumination zones of the scene being imaged are those regions of the scene that can be illuminated by light from a
20 single luxel 32. Boundaries of illumination zones of the scene are generally either coincident with or close to projections of boundaries of mesh squares 40 on the scene.

Dashed lines 41 in Fig. 1 represent selected light rays between corresponding points at peripheries of photosurface 22, pixelated illuminator 30 and field of view 38. Arrowheads on dashed lines represent direction of travel of light. For lines 41 that have arrows pointing in
25 both directions along the lines, arrowheads pointing towards field of view 38 indicate direction of light from pixelated illuminator 30 that illuminates the field of view. Arrowheads pointing away from field of view 38 indicate light reflected from field of view 38 that is focused on photosurface 20.

To illustrate the relationship between luxels 32, pixels 24 in photosurface 22, mesh squares 40 and illumination zones of a scene being imaged by camera 20, assume that a letter
30 "E" 51 represents the scene. Assume that letter 51 is coplanar with object plane 36 and located within field of view 38. (Letter 51 has a proper orientation as seen from camera 20 and appears reversed because, from the perspective of the reader, it is seen from the back.)

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

In Fig. 1, because letter 51 is coplanar with object plane 36, and virtual images of
 5 luxels 32 are coincident with pixels 24, illumination zones of letter 51 are coincident with
 mesh squares 40 and adjacent illumination zones of letter 51 are contiguous and do not
 overlap. If letter 51 were not planar and parallel to object plane 36, the illumination zones of
 10 letter 51 would not of course be squares but would be defined by generally curvilinear
 boundaries determined by the shape of the surface of letter 51 (and the shape of luxels 32). If
 letter 51 were displaced away from object plane 36 in a direction perpendicular to object plane
 36, adjacent illumination zones would overlap along their mutual borders, with the amount of
 overlap varying with the displacement. For example if the displacement of letter 51 were
 15 rectilinear and did not comprise a rotation, the overlap would increase linearly with magnitude
 of the displacement.

In Fig. 1, the widths of the vertical "back" and horizontal "arms" of letter 51 are
 shown as having a width equal to a side of a mesh square 40 for convenience of presentation.
 The back and arms of letter 51 can of course be many mesh squares 40 wide and/or the widths
 15 can be equal to a fractional number of mesh squares or it can be offset from edges of the mesh
 squares. Luxels 32 in pixelated illuminator 30 that illuminate illumination zones of letter 51
 are shaded. The shaded luxels 32 form an illumination pattern "E" 52, inverted top to bottom
 and reversed left to right, which corresponds to letter 51 in field of view 38. Similarly, shaded
 pixels 24 in photosurface 22 indicate pixels 24 on which letter 51 in field of view 38 is
 20 imaged by camera 20, and form an image letter "E", 53 on the photosurface. Letter 53 in
 photosurface 22 is a reflection, in beam splitter 34, of letter 52 in pixelated illuminator 30.

Light from each shaded luxel 32 in letter 52 illuminates a single corresponding
 illumination zone 40 of letter 51 in field of view of 38. (For convenience, since illumination
 zones of letter 51 are coincident with mesh squares 40 the illumination zones are referred to
 25 by the numeral 40 which identifies mesh squares 40.) For example, light provided by the luxel
 32 at the tip of the short middle arm of letter 52 on pixelated illuminator 30 illuminates only
 that illumination zone 40 located at the tip of the short middle arm in letter 51.

In accordance with some embodiments of the present invention, luxels 32 are
 controllable to provide desired patterns of illumination for a scene that is imaged with camera
 30 20. In some embodiments of the present invention, luxels 32 are "color" luxels, for which
 light intensity as well as a spectrum of light provided by the pixels can be controlled to
 provide different color light. For example, in some embodiments of the present invention,
 luxels 32 are RGB luxels controllable to provide different combinations of R, G and B light so

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

as to control hue, saturation and intensity of light illuminating illumination zones of the scene. In some embodiments of the present invention, luxels 32 are "gray level" luxels that provide light having a fixed spectrum and for which only intensity of light provided by the pixels is varied. In some embodiments of the present invention light provided by luxels 32 is not limited to the visible spectrum but may, for example, comprise infrared or ultraviolet light.

Luxels 32 may provide and control light by emission, reflection or transmission, or a combination of these processes. For example, luxels 32 may comprise one or a combination of light sources, such as for example semiconductor lasers, that provide light by emission, micro-mirrors that provide light by reflection and/or liquid crystal cells that provide light by transmission. In some embodiments of the invention, the luxels may provide a multi-level controlled illumination.

Illumination system 21 may comprise a controller 60 for controlling luxels 32 and a shutter 62 for shuttering photosurface 22. Controller 60 shutters light provided by pixelated illuminator 30 so as to provide at least one light pulse to illuminate a scene being imaged with camera 20. In some embodiments of the present invention controller 60 shutters light from pixelated illuminator 30 by turning on and turning off luxels of luxels 32. In some embodiments of the present invention, camera 20 comprises a shutter, which is controlled by controller 60, to transmit and not transmit light in order to shutter light from pixelated illuminator 30, and provide at least one light pulse that illuminates a scene imaged by the camera. The shutter may, for example, be located between pixelated illuminator 30 and beam splitter 34. If pixelated illuminator 30 is an illuminator that provides light to illuminate a scene by reflecting light from a light source, such as the illuminator shown in Fig. 2, the shutter may be located between the light source and the illuminator.

Optionally, controller 60 controls shutter 62 so that during a time that luxels of luxels 32 are "on" to provide a pulse of light, shutter 62 does not transmit light. This reduces exposure of photosurface 22 to light from pixelated illuminator 30 that may reach photosurface 22 without being reflected from a scene being imaged by camera 20, as a result for example of reflections or "haloing" of light from the illuminator by internal structures of camera 20.

The intensity of the light may be varied in one or more of the following ways:

(1) The number of pulses emitted from each of the luxels may be varied. Thus, for example, if 256 levels of illumination are desired, 256 pulsed of light should be available for

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

each frame (image) and the light level for each pixel adjusted by varying the number of pulses.

(2) A spatial attenuator, having a controllable number of attenuation levels is used to adjust the illumination level.

5 (3) The length of light pulses is adjusted.

(4) The intensity of the light pulses is adjusted, as for example, by adjusting the current to laser pixel sources.

Other methods of varying intensity may be used.

10 In some embodiments of the present invention, shutter 62 is gated open for a limited accurately determined "gate" period of time, during which shutter 62 transmits light, following an accurately determined delay from the time that each light pulse of the at least one light is radiated. Light pulse width, repetition rate, gate width and relative timing of gates and light pulses, hereinafter collectively referred to as "illumination range parameters", are determined so that light from the light pulse that reaches photosurface 22 is reflected only by
15 objects in a limited desired range of distances from camera 20. The range of distances defines a scene having a desired depth of field and distance (*i.e.* range) from the camera.

Various methods known in the art may be used in the practice of the present invention to determine illumination range parameters appropriate to desired range and depth of field for a scene to be imaged by camera 20. Relationships between range parameters and range and
20 depth of field of a scene are described in PCT Publications WO97/01111, WO97/01112, and WO97/01113 referenced above.

Whereas in some embodiments of the present invention, range parameters are determined and the determined range parameters define a range and depth of field for a scene, In some embodiments of the present invention, distance to a scene is determined and range
25 parameters are determined responsive to the distance. The distance may be determined, for example, using devices and methods for determining range by focus or determining range by any of various time of flight techniques, techniques used in gated 3D cameras or geometrical techniques. Techniques for determining distances to regions in a scene are described in PCT applications PCT/IL98/00476 and PCT/IL98/00611 the disclosures of which are incorporated
30 herein by reference. Gated 3D cameras and associated techniques are described in PCT Publications WO 97/01111, WO 97/01112, WO 97/01113 and US patent application 09/250,322. Cameras using substantially "geometrical" methods for measuring distances to

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

regions in a scene are described in PCT application PCT/IL97/00370, the disclosure of which is incorporated herein by reference.

In some embodiments of the present invention, camera 20 is a 3D camera and illumination parameters are determined to provide a 3D map of an imaged scene. The parameters may be determined using methods and described in PCT Publications WO 97/01111, WO 97/01112, WO 97/01113.

It should be noted that whereas in camera 20 photosurface 22 is shuttered by shutter 62, in some embodiments of the present invention, photosurface 22 is a "self shuttering" photosurface for which shuttering of the photosurface is accomplished by controlling circuits comprised in the photosurface. PCT publication WO 00/19705, the disclosure of which is incorporated herein by reference, describes self-shuttering photosurfaces in which each pixel in the photosurface comprises a circuit controllable to gate the pixel on or off.

Just as different luxels 32 may, in accordance with embodiments of the present invention, provide light characterized by different spectral distributions, pixels 24 in photosurface 22 may have different types of spectral sensitivities. For example, in some embodiments of the present invention photosurface 22 is a gray level "colorblind" photosurface. All pixels 24 in the photosurface are gray level pixels that are sensitive to substantially only total intensity of light, in a same limited spectrum, incident on the pixels. In some embodiments of the present invention photosurface 22 is a "color photosurface" 22, that provides a color image of a scene imaged by camera 20 and pixels 24 are color sensitive pixels, such as RGB pixels. In some embodiments of the present invention, pixels 24 are sensitive to infrared or ultraviolet light.

To illustrate some lighting effects that can be provided by an illumination system in accordance with an embodiment of the present invention, assume, by way of example, that pixelated illuminator 30 is an RGB color illuminator and that photosurface 22 is an RGB color photosurface. Assume further that the surface of letter 51 that is imaged by camera 20 is white and that the letter is set against a black background. By changing color of light provided by luxels 32 of pixelated illuminator 30, color of an image of letter 51, i.e. letter 53 formed on photosurface 22, provided by camera 20 can be changed. For example, if luxels 32 in illumination pattern 52 illuminate letter 51 with one of R, G or B light, image 53 on photosurface 22 will be respectively red green or blue. It is of course also possible, in accordance with an embodiment of the present invention, for camera 20 to provide a

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

"rainbow" colored image of letter 51 by controlling different luxels on pixelated illuminator 30 to provide light of different hues.

Light from luxels 32 can also be controlled to compensate for variations in reflectivity between different surface regions of letter 51. For example, assume that surface regions of the middle arm of letter 51 are faded and are characterized by relatively low reflectivity compared to other surface regions of letter 51. If intensity of illumination of the surface of letter 51 is substantially uniform, the middle short arm in an image of letter 51 provided by camera 20 will appear faded. To compensate, in accordance with an embodiment of the present invention, for the fading, intensity of light provided by luxels 32 in the middle arm of illumination pattern 52 (i.e. "E" 52) is increased relative to intensity of light provided by the other luxels 32 in illumination pattern 52.

"Extreme" lighting effects can also be provided by an illumination system in accordance with an embodiment of the present invention. For example, if luxels 32 in the middle and lower arms of illumination pattern 52 are turned off so that they do not provide any light, only the back and bottom arm of letter 51 will be illuminated and an image of letter 51 will appear to be an "L".

The above example of a scene comprising only an "E" is of course a very simplified scene, which is provided to facilitate clarity of exposition. Substantially more complicated and intricate scenes can of course be imaged with camera 20 and illumination system 21 can be used to provide substantially more subtle and complicated lighting effects than the lighting effects described above.

For example, assume that a portrait of a young woman wearing large highly reflective gold earrings is being imaged with camera 20 and that the woman's face is surrounded by an arrangement of brightly colored flowers. If the woman's face is relatively pale, controller 60 can control light provided by pixelated illuminator 30 to "tint" her face so that it appears more vital. If the earrings appear too bright, controller 60 can control luxels 32 in pixelated illuminator 30 to decrease intensity of illumination of the earrings.

It is therefore seen that an illumination system, in accordance with an embodiment of the present invention, can control illumination of a scene being imaged by a camera so as to control both color and contrast of the image.

Optionally, camera 20 comprises a visual display screen 64 that a person using the camera 20 employs to transmit information to and receive information from controller 60. When a scene is being imaged by camera 20, controller 60 may, for example, display a

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

preview of the scene on screen 64. In some embodiments of the present invention, controller 60 also displays a control panel 66 having appropriate control buttons 68, such as toggle and slide buttons, and or a keyboard (not shown) for communicating instructions to controller 60. In some embodiments of the invention, the user can indicate a region of the scene for which the user wishes to adjust illumination by selecting the region in the preview. Various methods known in the art may be used for selecting the region. For example, the user can touch the region with a finger or draw a contour around the region using a stylus. In some embodiments of the present invention camera 20 comprises a mouse that can be used to draw a suitable border around a region to be selected or to point to an object for which object a region is automatically delineated using image processing methods well known in the art. Once a region is selected, the user indicates desired changes of illumination for the region by pressing or sliding appropriate control buttons shown on screen 66.

In Fig. 1 screen 64 shows a preview letter E, 70 of letter 51 as it will be imaged by camera 20 under illumination conditions that obtain at the time that preview 70 is shown. By way of example, in preview 70, the bottom arm of the letter is faded, which is indicated by lighter shading of the bottom arm of "preview E" 70 in comparison to shading of other regions of the preview E. To improve an image of letter 51 provided by camera 20, the user selects the bottom arm of preview letter 70. In some embodiments of the present invention, the user then instructs controller 60 to increase illumination of the region of letter 51 corresponding to the selected region of preview 70 by moving an appropriate slider displayed in control panel 66 by a desired amount. Controller 60 controls luxels 32 corresponding to the selected region responsive to the amount by which the user moved the slider and displays an adjusted preview of letter 51 on the output screen. If the user determines, responsive to the adjusted preview, that illumination of letter 51 requires further adjustment, the user again selects a region of the letter in the preview to be adjusted and indicates a desired adjustment of the illumination using displayed control panel 66. If the user determines that further adjustment is not required, the user instructs camera 20 to image letter 51.

In some embodiments of the present invention, controller 60 receives signals from pixels 24 in photosurface 22 responsive to light that is incident on the pixels. In some embodiments of the present invention, controller 60 uses signals from pixels 24 to calibrate light output of luxels 32 that correspond to the pixels. The user controls camera 20 to image a suitable surface having uniform reflectivity that fills a field of view of camera 20. Controller

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

60 uses the signals to determine correspondence between control settings of luxels 32 and light output of the luxels.

In some embodiments of the invention, such measurement can also be used to determine overlap between luxels. For example, where individual pixels are selectively illuminated, the pixels are sequentially illuminated and the intensity on illumination acquired by the camera at adjacent pixels is determined. Similarly, when areas of the field of view are illuminated together, both edge fall-off and overlap can be determined in the same way. These measurements can be used to correct certain of the results in some embodiments of the invention.

In some embodiments of the present invention controller 60 controls light provided by luxels 32 that correspond to the pixels, responsive to the signals. For example, assume that the user instructs controller 60 to increase brightness of a region of a scene being imaged by a desired amount. Controller 60 increases output intensity of the luxels until brightness of the region, as determined from signals from pixels 24, indicate that brightness of the region of the scene is of the desired magnitude.

In some embodiments of the present invention, controller 60 automatically adjusts illumination of a scene imaged by camera 20 responsive to a particular algorithm so as to provide a desired contrast of an imaged scene. For example, in accordance with an embodiment of the present invention, controller 60 may automatically reduce illumination of illumination zones in the scene corresponding to pixels 24 that generate signals indicating that intensity of light incident on the pixels is greater than a predetermined intensity. Similarly controller 60 can be programmed to increase illumination of illumination zones for which corresponding pixels 24 indicate that intensity of incident light is low.

In some embodiments of the present invention, controller 60 uses signals from pixels 24 to perform relatively more complicated processing of an image of a scene being imaged by camera 20. For example controller 60 may control illumination of the scene to provide smoothing of the image or sharpening of the image. In some embodiments of the present invention controller 60 uses signals from pixels 24 to determine parameters, such as for example mean brightness and/or brightness range, of a brightness histogram of the imaged scene. Controller 60 then adjusts illumination of the scene so that the parameters in the image of the scene assume desired values. In some embodiments of the present invention a "histogram adjustment", such as a histogram equalization of the image or a region of the image, is performed by controller 60 for a single histogram of total integrated light intensity

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

reaching pixels 24. In some embodiments of the present invention, controller 60 performs brightness histogram adjustments for each color light provided by pixelated illuminator 30. For example if pixelated illuminator provides RGB light, histogram adjustments are made for each of R, G and B light.

5 It is to be noted that camera 20, in accordance with an embodiment of the present invention, provides accurate determination of reflectance of regions in a scene being imaged by the camera and as a result high resolution processing of a scene being imaged by the camera.

10 An aspect of some embodiments of the invention is concerned with the acquisition of high gray level resolution images utilizing a camera having a lower gray level resolution. An exemplary method for acquiring such an image is shown in Fig. 4.

In accordance with the embodiment outlined in Fig. 4, a first image with uniform lighting is first acquired (200). The brightness values in the image are used to determine illumination values for the pixels (202) such that the lighting differently illuminate the various regions of the field of view is adjusted to give a relatively flat (contrast-wise) image. These illumination values are stored (204). If the acquisition has a resolution of N gray levels (from zero to some maximum) the illumination may have up to N' illuminations spaced at intervals such that for each gray level there exists a combination of N and N' such that $N \cdot N' = C$, where C is a constant that is the same for all of the pixels.

20 Under this flattening illumination, a second image is acquired (208). Ideally, the intensity variations in this image are less than ± 0.5 of the intensity distance between the initial gray levels. In an exemplary embodiment of the invention, the acquisition range is set (206) to cover this range of gray levels with substantially the entire range of acquisition levels. The acquisition values are preferably stored (210).

25 If M acquisition levels and P illumination levels are available, each pixel (i, j) is characterized by two numbers m_{ij} and p_{ij} . The gray levels of a uniformly illuminated image can thus (ideally) be derived to a resolution given by $M \times P$ gray levels.

In some embodiments of the invention, the illumination is controlled only over regions of greater than one pixel. In this case, the second image will have a variability that is larger than the variability when the illumination of the individual pixels are separately illuminated. In one exemplary embodiment, the field of view is divided into Q regions. A uniformly lit image is acquired. The acquired intensity over the regions is averaged and the illumination is adjusted such that the acquired intensity (for a subsequent image) over all of the regions

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

(based on the averages) is uniform to within the quantization accuracies of the illumination and the acquisition. Again, each pixel is characterized by two numbers, one for the illumination and one for the acquisition.

5 The number of levels for illumination and acquisition need not be the same. Thus, for example, if there are half as many illumination levels as there are acquisition levels, the illumination levels are matched to every second acquisition level, such that the total range of illuminations for the second acquisition is ± 1 original gray level. The second acquisition is set to cover this range with the entire range of acquisition values.

10 A very high resolution gray level (uniformly illuminated) image can be constructed (212) by generating an image in which each pixel has a brightness derived from the illumination level and the acquired brightness level. Thus, in a simple embodiment, the first P bits of the image gray level would be given by the illumination values and the next M bits of the image gray level would be given by the acquisition levels of the second acquired image. Conveniently, two matrices are provided, for example in a memory in controller 60, one of which contains information on the illumination and the other information on the second acquisition.

20 While a fixed A/D for the acquisition may be used, in some embodiments of the invention an A/D that allows for adjusting the zero level for the acquisition (so that the acquisition starts at the gray level of the pixel with the lowest illumination) and the A/D gain, so that the highest acquisition gray level is matched with the brightest portion of the image. An iris may be provided to at least partially adjust the gain. These methodologies, while they give higher gray level resolution result in higher

25 The above discussion describes a system in which the illumination elements illuminate pixels or groups of pixels without overlap. In general, illumination of a pixel (for individual pixel illumination) or illumination of a region (for regional pixel illumination) will overlap at least partly into one or more neighboring pixels. In such cases, the reconstruction optionally takes into account the effects of illumination of adjacent pixels when determining the illumination to be used and in reconstructing the image. Optimally, for regional illumination, the overlap is adjusted such that, for uniform brightness of the sources, each pixel is uniformly illuminated. This can be achieved, for example, by providing for Gaussian roll off of the illumination, with the half illumination point at the edge of the portion being illuminated.

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

It should be understood that the method may be used for acquiring only a portion of a scene or for acquiring a scene in piecewise portions.

Fig. 2 schematically shows a camera 71 similar to camera 20 comprising an illumination system 72, in accordance with an embodiment of the present invention.

5 Illumination system 72 comprises a pixelated illuminator 74 having luxels 76, a beam splitter 78 and a light source 80 that provides light that is incident on beam splitter 78. Whereas light source 80 is schematically shown, by way of example, as an incandescent lamp, light source 80 may comprise any suitable light source, such as for example a laser, an array of lasers, flash lamp, arc source and an integrating sphere. Light source 80 may also comprise optical

10 elements required to collimate and/or direct light from the light source so that the light is appropriately incident on beam splitter 78. Beam splitter 78 reflects a portion of the light so that it is incident on pixelated illuminator 74. In Fig. 2 as in Fig. 1, dashed lines 41 and associated arrowheads indicate direction of travel of light along selected light rays.

In some embodiments of the present invention, each luxel 76 in pixelated illuminator

15 74 comprises a liquid crystal (LC) cell (not shown) having a front surface that faces beam splitter 78 and its own reflecting electrode (not shown) at a back surface of the cell. Light from light source 80 that enters a luxel 76 enters the LC cell of the luxel and is reflected back out the luxel by the electrode. Voltage applied to the luxel's electrode controls transmittance of the luxel's LC cell and therefore intensity of light that exits the luxel. Light that exits the

20 luxel 76 is incident on beam splitter 78, which transmits some of the light to beam splitter 34. Beam splitter 34 in turn reflects a portion of the light to illuminate an illumination zone of a scene being imaged with camera 71 that corresponds to the luxel. Controller 60 controls voltages applied to the pixel electrodes of luxels 76 and controls thereby light from the luxels that illuminates a scene being imaged with camera 71.

25 In some embodiments of the present invention, light source 80 provides white light and each pixel electrode reflects substantially only R, G or B light. A luxel 76 of pixelated illuminator 74 therefore provides either R, G or B light. R, G and B luxels 76 may be grouped into groups of three luxels, each group comprising an R, G and B luxel and each such group corresponding to a single (color) pixel 24 in photosurface 22. (Assuming that each pixel 24

30 comprises an R, G and B photosensor, preferably, a configuration of the photosensors in the pixel is homologous with a configuration of the R, G and B luxels in the group of luxels corresponding to the pixel. In some embodiments of the present invention virtual images of R, G and B luxels are slightly defocused so that each luxel 76 in a group of luxels illuminates the

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

appropriate photosensor in the corresponding pixel 24.) Three illumination zones, an R, G and B illumination zone, therefore correspond to each region of a scene imaged by a pixel 24. Controller 60 controls intensity, hue and saturation of illumination of the region by controlling intensity of light from each of the R, G and B luxels 76 that illuminate the illumination zones.

In some embodiments of the present invention, light source 80 provides R, G and B light, using for example a color wheel, and pixel electrodes of luxels 76 are "white" reflectors characterized by a substantially same reflectivity for R, G and B light. Each luxel 76 optionally corresponds to a single pixel 24 and a region of a scene imaged on the pixel 24 corresponds to the illumination zone of the scene illuminated by the luxel 76.

Controller 60 may control light source 80 to illuminate pixelated illuminator sequentially with R, G and B light. Controller 60 controls transmittance of the LC cells in luxels 76 in synchrony with R, G and B light from light source 80 to control hue, saturation and intensity of illumination of illumination zones in the imaged scene.

In some embodiments of the present invention pixelated illuminator is a DMD device and each luxel 76 comprises a micromirror (not shown). Controller 60 controls the micromirrors, using methods known in the art, to control intensity of light from light source 80 that is provided by each pixel 76.

Fig. 3 schematically shows a camera 100 having a photosurface 22 and comprising an illumination system 102 having a pixelated illuminator 74 comprising luxels 76, a light source 80 and a beam splitter 78, in accordance with an embodiment of the present invention. Light from a scene imaged by camera 100 is focused by optics represented by a lens 26 onto photosurface 22. A field of view 38 of camera 100 in an object plane 36 of the camera is located at an appropriate position in the scene. Pixelated illuminator 74 is not boresighted with photosurface 22 and illumination system 102 comprises optics, represented by a lens 104, that focuses light from luxels 74 onto a scene imaged by camera 102. In Fig. 3, as in Figs. 1 and 2, dashed lines 41 and associated arrowheads indicate direction of travel of light along selected light rays.

As in illumination system 72 shown in Fig. 2, light from light source 80 is directed to pixelated illuminator 74 by beam splitter 78. Each of luxels 76 reflects a controlled amount of light incident on the luxel from light source 80 towards optics 104. Optics 104 focuses the light from the luxel to an illumination zone in field of view 38. Optimally optics 104 forms an

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

image of pixelated illuminator 74 at object plane 36 which is substantially coincident with field of view 38.

In some embodiments of the present invention, illumination system 104 comprises a controller 60 that controls illumination system optics 104. Controller 60 adjusts optics 104 so that as camera 100 images scenes at different distances from the camera and distance of field of view 38 from the camera changes, light from pixelated illuminator 74 is appropriately focused to the field of view.

Except for pixelated illuminator 74 not being boresighted with photosurface 22 and features of illumination system 102 resulting therefrom, illumination system 102 is similar to and functions similarly to illumination systems 21 and 72. Variations of illumination system 102, in accordance with embodiments of the present invention, can be used to provide gray level and/or color illumination of a scene imaged by camera 100 and/or perform any of the illumination adjustments described with respect to illumination systems 21 and 72 and variations thereof. Similarly, whereas illumination system 102 is shown comprising light source 80 and a "reflecting type" pixelated illuminator, other types of non-boresighted illumination systems, in accordance with an embodiment of the present invention, are possible and can be advantageous. For example, a non-boresighted illumination system, in accordance with an embodiment of the present invention, may be without a light source 80 and comprise a pixelated illuminator that emits light instead of one that reflects light. Any of the boresighted illumination systems and variations thereof described above can, in accordance with an embodiment of the present invention, be configured as a non-boresighted illumination system. As in illumination systems 21 and 72, illumination system 102 is shown, by way of example comprising a visual display 64 for communicating with a user.

In some embodiments of the present invention, controller 60 controls pixel illuminator 74 to illuminate an imaged scene with a particular spatial and/or temporal "calibration" pattern of light. Controller 60 correlates response of pixels 24 in photosurface 22 with the calibration light pattern to determine alignment of pixelated illuminator 74 relative to photosurface 22 and determine which pixels 24 in photosurface 22 image each of the illumination zones of a scene illuminated by the illumination system.

By way of example, controller 60 may turn on and turn off a pattern of luxels 76 in pixelated illuminator 74 so that the pixels in the pattern "flicker" and illuminate illumination zones of a scene imaged by camera 100 with flickering light. Controller 60 determines which pixels 24 in photosurface 22 generate signals indicating that light incident on the pixels is

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

flickering in cadence with the turning on and turning off of luxels 76 in the pattern. Controller 60 associates "flickering" photosurface pixels 24 with their corresponding luxels 76 and illumination zones in the scene. By determining which flickering luxels 76 correspond to which "flickering" photosurface pixels 24, controller 60 determines alignment of pixelated illuminator 76 relative to photosurface 22 and generates a "map" of which pixels in photosurface 22 image each of the illumination zones of a scene illuminated by the illumination system. Controller 60 uses the map to determine which luxels 76 to control to provide desired lighting of the scene.

It is to be noted that whereas calibration of an illumination system and "mapping" of luxels and photosurface pixels is described for non-boresighted illumination system 102 calibration and mapping, in accordance with an embodiment of the present invention, may be similarly performed by boresighted illumination systems.

In the description and claims of the present application, each of the verbs, "comprise" "include" and "have", and conjugates thereof, are used to indicate that the object or objects of the verb are not necessarily a complete listing of members, components, elements or parts of the subject or subjects of the verb.

The present invention has been described using detailed descriptions of embodiments thereof that are provided by way of example and are not intended to limit the scope of the invention. The described embodiments comprise different features, not all of which are required in all embodiments of the invention. Some embodiments of the present invention utilize only some of the features or possible combinations of the features. Variations of embodiments of the present invention that are described and embodiments of the present invention comprising different combinations of features noted in the described embodiments will occur to persons of the art. The scope of the invention is limited only by the following claims.

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

CLAIMS

1. A camera comprising:
a photosurface comprising light sensitive pixels that generate signals responsive to
5 light incident thereon and optics that focus an image of a scene onto the photosurface; and
an illumination system for illuminating the scene, the illumination system comprising:
an illuminator having a plurality of substantially contiguous, independently
controllable light providing regions;
optics that focuses an image of the illuminator on the scene so that light from the
10 illuminator illuminates substantially all of and substantially only the field of view of the
camera; and
a controller that controls light provided by each light providing region.
2. A camera according to claim 1 wherein the illuminator is boresighted with the
15 photosurface so that a virtual image of the illuminator is located at the photosurface and optics
that image the scene on the photosurface image the illuminator on the scene.
3. A camera according to claim 2 wherein a virtual image of the illuminator is
substantially coincident with the photosurface.
- 20 4. A camera according to any of claims 1-3 wherein light from each of the light
providing regions that is reflected from the scene is imaged on a different group of contiguous
pixels in the photosurface.
- 25 5. A camera according to any of claims 1-3 wherein light from each of the light
providing regions that is reflected from the scene and imaged by the camera is imaged on a
region of the photosurface having a size substantially equal to the size of a pixel in the
photosurface.
- 30 6. A camera according to claim 5 wherein the region on which the light is imaged is
located substantially within the area of a pixel on the photosurface.

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

7. A camera according to any of claims 4-6 wherein the regions of the photosurface on which light from at least two adjacent light providing regions of the illuminator is imaged overlap.
- 5 8. A camera according to any of claims 4-6 wherein there is substantially little overlap of regions of the photosurface on which light from adjacent light providing regions of the illuminator is imaged.
9. A camera according to any of claims 1-3 wherein light from a plurality of the light
10 providing regions that is reflected from the scene and imaged by the camera is imaged on a same region of the photosurface having a size substantially equal to the size of a pixel in the photosurface.
10. A camera according to claim 9 wherein the region on which the light from the plurality
15 of light providing regions is imaged is located substantially within the area of a pixel on the photosurface.
11. A camera according to any of claims 1-9 wherein all light providing regions provide light characterized by a substantially same spectrum.
- 20 12. A camera according to any of claims 11 wherein each light providing region provides white light.
13. A camera according to any of claims 1-9 wherein each light providing region is
25 controllable to provide light in at least two different wavelength bands of light.
14. A camera according to claim 13 wherein each light providing region is controllable to provide R, G and B light.
- 30 15. A camera according to claim 9 or claim 10 wherein the plurality of light providing regions comprises three light providing regions.

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

16. A camera according to claim 15 wherein each light providing region provides a different one of R, G or B light.
17. A camera according to claim 14 or claim 16 wherein the controller controls intensity of R, G or B light provided by each light providing region so as to control hue, saturation or intensity of light illuminating a region of the scene which is illuminated by light from the light providing region independently of hue saturation and intensity of light illuminating other regions of the scene.
18. A camera according to claims 14 or claim 16 wherein the controller controls light provided by at least one light providing region to control an intensity distribution of R, G or B light reflected by the scene that is incident on pixels of the photosurface.
19. A camera according to any of the preceding claims wherein the controller controls intensity of light provided by each light providing region so as to control intensity of light illuminating a region of the scene illuminated by light from the light providing region independently of intensity of light illuminating other regions of the scene.
20. A camera according to any of the preceding claims wherein the controller controls light provided by at least one light providing region to control an intensity distribution of light reflected by the scene that is incident on pixels of the photosurface.
21. A camera according to any of the preceding claims wherein the controller receives signals generated by each pixel responsive to light incident on the pixel and controls light provided by at least one of the light providing regions responsive to the signals to adjust illumination of the scene.
22. A camera according to claim 21 wherein the controller controls light provided by at least one light providing region to decrease intensity of light reaching the camera from a region of the scene for which intensity of light incident on a pixel that images the region is greater than a predetermined maximum intensity.

WO 02/05549

PCT/JP00/00404

23. A camera according to claim 21 or claim 22 wherein the controller controls light provided by at least one light providing region to increase intensity of light reaching the camera from a region of the scene for which intensity of light incident on a pixel that images the region is less than a predetermined minimum intensity.
- 5
24. A camera according to any of claims 21-23 wherein the camera comprises a user operated input terminal to transmit instructions to the controller and wherein the controller controls light from at least one of the light providing regions responsive to the instructions to adjust illumination of the scene.
- 10
25. A camera according to claim 24 wherein the input terminal comprises a display screen.
26. A camera according to claim 25 wherein the controller generates a preview of an image of the scene being imaged by the camera on the screen, responsive to signals that it receives from the pixels.
- 15
27. A camera according to claim 26 wherein the screen is a touch sensitive screen on which a border can be delineated surrounding an object or region in the preview of the scene to select the object or region by touching the screen.
- 20
28. A camera according to claim 26 or claim 27 and comprising a pointer controllable to select an object or region in the preview.
29. A camera according to claim 27 or claim 28 wherein the controller controls light provided by light providing regions responsive to the selected region or object.
- 25
30. A camera according to any of claims 25 - 29 wherein the controller displays a control panel having control icons on the screen and wherein manipulation of the control icons transmits instructions to the controller.
- 30
31. A camera according to any of the preceding claims and comprising a shutter that the controller opens and closes to gate the photosurface on and off.

WO 02/05549

PCT/JP00/00404

- 32 A camera according to any of the preceding claims wherein pixels in the photosurface are controllable to be gated on and off and wherein the controller gates the photosurface on and off by gating the pixels.
- 5 33. A camera according to claim 31 or claim 32 wherein the controller simultaneously turns on and turns off light providing regions so as to radiate at least one pulse of light having a pulse width that illuminates the scene.
34. A camera according to claim 33 wherein the controller gates the photosurface on and off at times responsive to a time at which the at least one light pulse is radiated.
- 10 35. A camera according to claim 34 wherein the controller gates the photosurface off when the illumination system is providing light to illuminate the scene.
- 15 36. A camera according to claim 34 or claim 35 wherein the at least one light pulse comprises a train of light pulses.
37. A camera according to claim 36 wherein the controller gates the photosurface on for a first gate period after a first time lapse following each radiated light pulse of a first plurality of radiated light pulses in the train of light pulses; and gates the photosurface on for a second gate period after a second time lapse following each radiated light pulse of a second plurality of radiated light pulses.
- 20 38. A camera according to claim 37 wherein the mid points of first and second gate periods are delayed with respect to the radiated light pulses that they respectively follow by the same amount of time.
- 25 39. A camera according to claim 38 wherein the duration of the first gate is greater than or equal to three times the pulse width.
- 30 40. A camera according to claim 39 wherein the duration of the second gate period is substantially equal to the pulse width of the radiated light pulses.

WO 02/05549

PCT/JP00/00404

41. A camera according to claim 40 wherein the controller determines intensity of light reaching the camera from a region of the scene from an amount of light incident on a pixel that images the region.
- 5 42. A camera according to claim 41 wherein the controller controls light provided by the light providing regions so as to minimize a difference between a predetermined light intensity and intensity of light reaching each pixel in the photosurface from the scene.
43. A camera according to claim 42 wherein the controller determines a distance to region
10 of the scene imaged on a pixel of the photosurface responsive to amounts of light incident on the pixel during the first and second gates.
44. A camera according to any of the preceding claims wherein the light providing regions are light sources that emit light.
- 15 45. A camera according to claim 44 wherein each light providing region comprises a laser.
46. A camera according to claim 44 wherein each light providing region comprises a light emitting diode.
- 20 47. A camera according to any of claims 1-43 and comprising a light source and wherein the light providing regions provide light by reflecting and modulating light from the light source that is incident on the light providing regions.
- 25 48. A camera according to claim 47 wherein each light providing region comprises a micromirror controllable to reflect light in a direction towards the optics that focuses an image of the illuminator on the scene.
- 30 49. A camera according to claim 47 wherein each light providing region comprises a liquid crystal having a controllable transmittance and a mirror and wherein light from the light source enters the liquid crystal and is reflected back out the liquid crystal cells by the mirror in a direction towards the optics that focuses an image of the illuminator on the scene.

WO 02/05549

PCT/JP00/00404

50. A method for illuminating a scene being imaged by a camera, the camera comprising a photosurface having pixels and optics for imaging the scene on the photosurface, the method comprising:
- 5 illuminating the scene with an illuminator comprising a plurality of light providers so that each region of the scene that is imaged on a region of the photosurface comprising at least one pixel but less than all the pixels of the photosurface is illuminated with light provided by at least one light provider that provides light substantially only for the region; and
- controlling light provided the at least one light provider for a region of the scene to adjust illumination of the scene.
- 10
51. A method according to claim 50 wherein the at least one pixel is a single pixel.
52. A method according to claim 50 and comprising boresighting the illuminator so that a virtual image of the illuminator is located substantially at the photosurface.
- 15
53. A method according to claim 52 wherein the virtual image of the illuminator is substantially coincident with the photosurface.
54. A method according to claim 53 wherein a virtual image of each light provider is
- 20 located within a different group of contiguous pixels on the photosurface.
55. A method according to claim 53 wherein a virtual image of each light provider is located substantially within a corresponding single pixel.
- 25
56. A method according to claim 53 wherein a virtual image of a plurality of light providers is located substantially within a corresponding single pixel.
57. A method according to any of claims 50-56 wherein the light providers are independently controllable and wherein controlling each of the light providing regions
- 30 comprises controlling each of the light providing regions independently of the other light providing regions.

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

58. A method according to any of claims 50-57 wherein controlling light comprises controlling the light to control contrast in an image of the scene provided by the camera.
59. A method according to claim 58 wherein controlling contrast comprises controlling contrast in only a localized region of the image.
60. A method according to any of claims 50-59 wherein controlling light comprises controlling the light to adjust an intensity distribution of light from the scene that is incident on pixels in the photosurface.
61. A method according to claim 60 wherein adjusting an intensity distribution comprises controlling a parameter of the intensity distribution.
62. A method according to any of claims 50-61 wherein controlling light comprises controlling the light to perform a predetermined image processing procedure.
63. A method according to claim 62 wherein the image processing procedure comprises unsharp masking.
64. A method according to claim 62 wherein the image processing procedure comprises sharpening.
65. A method according to claim 62 wherein the image processing procedure comprises smoothing.
66. A method according to claim 62 wherein the image processing procedure comprises histogrammic equalization.
67. A method of imaging, comprising:
illuminating at least a portion of a scene with substantially uniform lighting;
determining a spatially varying illumination that reduces the variability of brightness values of the at least portion of the scene;
illuminating the at least portion with said varying illumination;

WO 02/05549

PCT/JP00/00404

acquiring a second image of the at least portion, said second image having brightness values for areas thereof; and

determining the brightness values of the scene under uniform illumination from the brightness values and the varying values of the illumination.

5

68. A method according to claim 67 wherein illuminating comprises illuminating utilizing the method of any of claims 50-57.

69. A method according to claim 67 or claim 68 wherein acquiring the second image
10 comprises acquiring the images using a brightness acquisition range limited to the range of brightness values in the image.

70. A camera according to any of claims 1-49 utilizing the method of any of claims 50-69.

WO 02/05549

PCT/IL00/00404

1/4

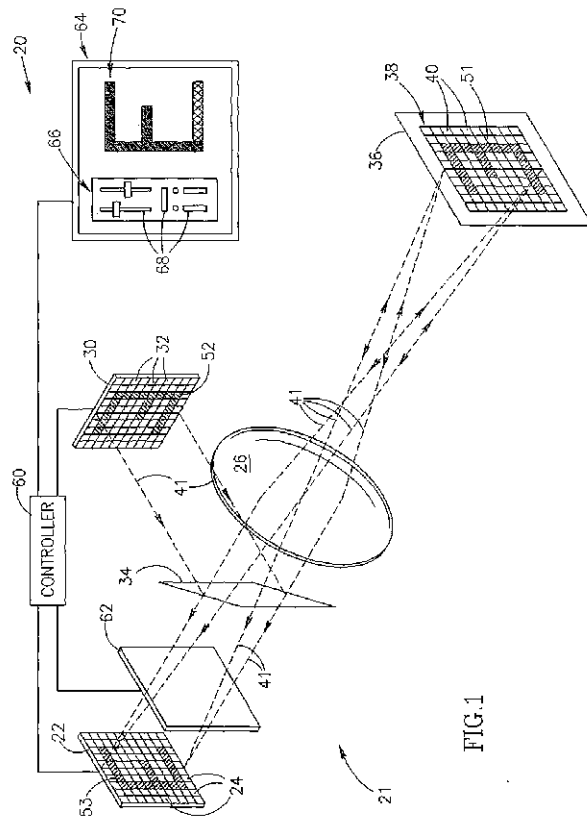
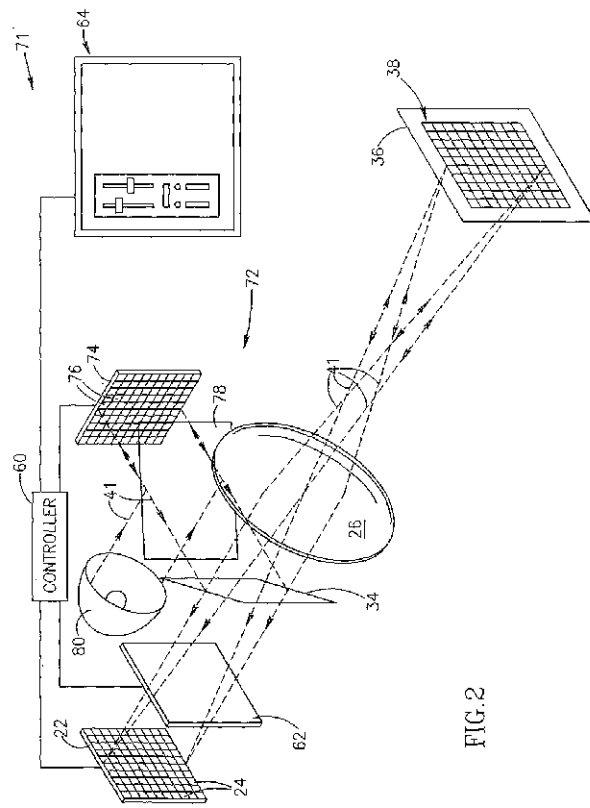


FIG.1

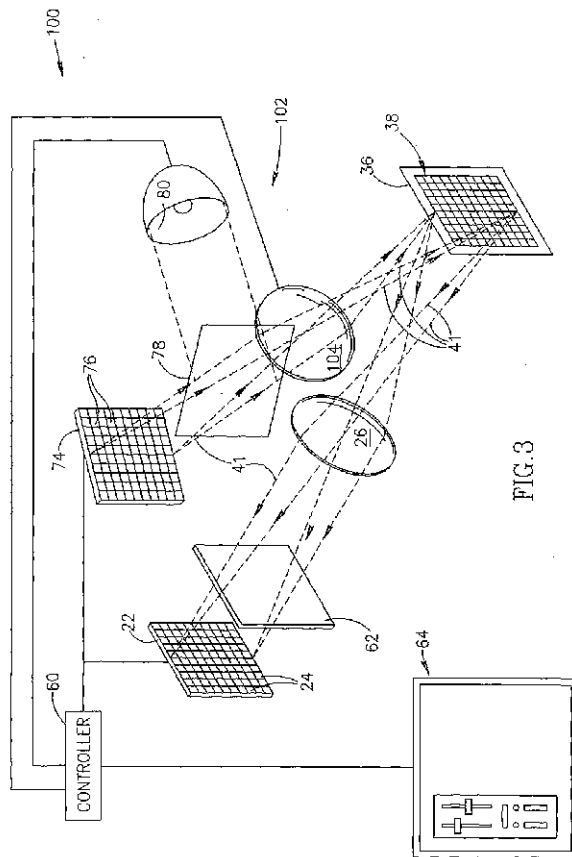
FIG. 2



WO 02/05549

PCT/IL00/00404

3/4



WO 02/05549

PCT/IL00/00404

4/4

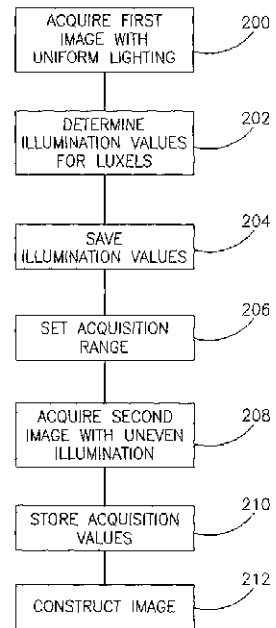


FIG.4

【手続補正書】

【提出日】平成14年9月25日(2002.9.25)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

撮像面であって、入射する光に応じた信号を生成する受光ピクセル及び前記撮像面上に被写体の像の焦点を合わせる光学系を有する撮像面；及び

前記被写体で反射され前記光学系で前記撮像面上に結像される光で、前記被写体を照明するための照明システムを備えるカメラにおいて、前記照明システムは：

実質的に連続で独立に制御可能な光供給領域を複数有する照明部；

実質的に前記カメラの視野の全てかつ前記カメラの視野のみを前記照明部からの光が照明するように前記被写体に前記照明部の像の焦点を合わせる光学系；及び

複数の選択可能なライティング調整手順の各々に応じて前記被写体に対するライティングを調整するために前記光供給領域を制御できるコントローラ

を含むことを特徴とするカメラ。

【請求項2】

各光供給領域は、赤、緑又は青の光を供給するように制御可能である

請求項1のカメラ。

【請求項3】

各光供給領域は、赤、緑又は青の光の異なる一つを供給する

請求項1のカメラ。

【請求項4】

前記コントローラは、ライティング調整手順に従って、各光供給領域により供給される赤、緑又は青色の光の強度を制御することで、前記被写体の領域を照明している光の色相、彩度又は強度を前記被写体の他の領域を照明する光の色相、彩度及び強度から独立に調整する

請求項2又は3のカメラ。

【請求項5】

前記コントローラは、ライティング調整手順に従って、少なくとも一つの光供給領域により供給される光を制御することにより、前記被写体により反射され、前記撮像面のピクセルに入射する光の赤、緑又は青色の強度配分を制御する

請求項2から4までのいずれか1項のカメラ。

【請求項6】

各光供給領域は白色光を供給するように制御可能である

請求項1から5までのいずれか1項のカメラ。

【請求項7】

前記照明部の虚像が前記撮像面に位置するように前記照明部が前記撮像面に対しボアサイトされており、かつ、前記撮像面に前記被写体を結像する前記光学系が前記被写体上に前記照明部を結像させている

請求項1から6までのいずれか1項のカメラ。

【請求項8】

前記照明部の虚像は、実質的に前記撮像面と一致している

請求項7のカメラ。

【請求項9】

前記被写体から反射された前記光供給領域の各々からの光は、前記撮像面内の、異なる、連続したピクセルのグループに結像される

請求項 1 から 8 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 10】

前記被写体で反射され、前記カメラで撮像された前記光供給領域の各々からの光は、前記撮像面内のピクセルのサイズに実質的に等しいサイズを有する前記撮像面の領域上に結像される

請求項 1 から 8 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 11】

前記光が結像される前記領域は、実質的に、前記撮像面上のピクセルの領域内に位置している

請求項 10 のカメラ。

【請求項 12】

前記照明部の隣り合う少なくとも 2 つの光供給領域からの光が結像する前記撮像面上の領域は重なっている

請求項 1 から 12 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 13】

前記照明部の隣り合う光供給部からの光が結像される前記撮像面上の領域には非常に小さい重なりがある

請求項 1 から 11 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 14】

前記被写体で反射され、前記カメラにより撮像された、複数の光供給領域からの光は、前記撮像面内のピクセルのサイズと実質的に等しいサイズを有する前記撮像面の同じ領域に結像される

請求項 1 から 8 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 15】

前記複数の光供給領域からの光は、実質的に、前記撮像面上のピクセルの領域内に結像されている

請求項 14 のカメラ。

【請求項 16】

前記コントローラは、ライティング調整手順に従って、各光供給領域により供給される光の強度を制御することにより、前記光供給領域からの光で照明される前記被写体の一領域を照明する光の強度を、前記被写体の他の領域を照明する光から独立に制御する

請求項 1 から 15 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 17】

前記コントローラは、ライティング調整手順に従って、少なくとも一つの光供給領域によって供給される光を制御することにより、前記被写体により反射され、前記撮像面のピクセルに入射する光の強度分布を制御する

請求項 1 から 16 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 18】

前記コントローラは、前記ピクセルに入射する光に応じて各ピクセルが生成する信号を受信し、前記被写体の照明を調整するために、数なくとも一つの光供給領域によって供給される光を前記信号に応じて制御する

請求項 1 から 17 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 19】

前記コントローラは、ライティング調整手順に従って、数なくとも一つの光供給領域によって供給される光を制御することにより、前記被写体の一領域から前記カメラに到達する光であって、前記領域を撮像するピクセルに入射する光の強度が予め定められている最大強度を超える光の強度を低下させる

請求項 18 のカメラ。

【請求項 20】

前記コントローラは、ライティング調整手順に従って、数なくとも一つの光供給領域によ

って供給される光を制御することにより、前記被写体の一領域から前記カメラに到達する光であって、前記領域を撮像するピクセルに入射する光の強度が予め定められている最小強度より小さい光の強度を増大させる

請求項 18 又は 19 のカメラ。

【請求項 21】

前記カメラは、前記コントローラへ指示を送るための使用者操作入力端末を備え、前記コントローラは、前記指示に応じて少なくとも一つの前記光供給領域からの光を制御し、前記被写体の照明を調整する

請求項 18 から 20 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 22】

前記入力端末は、表示スクリーンを備えている

請求項 21 のカメラ。

【請求項 23】

前記コントローラは、前記ピクセルから受信した信号に応じて、前記カメラにより撮像されている前記被写体の画像のプレビューを前記スクリーン上に生成する

請求項 22 のカメラ。

【請求項 24】

前記スクリーンは接触検出型スクリーンであり、対象物又は領域を選択するために、前記被写体の前記プレビュー内の対象物又は領域を囲む境界を前記スクリーンに接触することで描くことができる

請求項 23 のカメラ。

【請求項 25】

前記プレビュー内の対象物又は領域を選択するように制御できるポインタを備える

請求項 23 又は 24 のカメラ。

【請求項 26】

前記コントローラは、前記選択された領域又は対象物に応じて光供給領域によって供給される光を制御する

請求項 24 又は 25 のカメラ。

【請求項 27】

前記コントローラは、前記スクリーン上にコントロールアイコンを有するコントロールパネルを表示し、

前記コントロールアイコンを操作することにより指示が前記コントローラへ送られる

請求項 22 から 26 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 28】

前記撮像面のオン・オフをゲート制御するために前記コントローラが開閉するシャッターを備える

請求項 1 から 27 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 29】

前記撮像面のピクセルはオン・オフ制御可能であり、

前記コントローラは前記ピクセルをゲート制御することにより前記撮像面をオン・オフする

請求項 1 から 28 のいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 30】

前記コントローラは、光供給領域からの光を遮断することで、前記被写体を照明するパルス幅を有する少なくとも一つの光パルスを射出する

請求項 28 又は 29 のカメラ。

【請求項 31】

撮像面であって、入射する光に応じた信号を生成する受光ピクセル及び前記撮像面上に被写体の像の焦点を合わせる光学系を有する撮像面；及び

前記被写体を照明するための照明システムを備えるカメラにおいて、

前記照明システムは：

実質的に連続で独立に制御可能な光供給領域を複数有する照明部；

実質的に前記カメラの視野の全てかつ前記カメラの視野のみを前記照明部からの光が照明するように前記被写体に前記照明部の像の焦点を合わせる光学系；

前記撮像面をゲイト制御でオンオフするように制御可能なシャッター：及び

光供給領域からの光を切ることで、前記被写体を照明するパルス幅を有する光パルスを射出し、かつ、各光供給領域を制御することで、前記少なくとも一つの光パルスから前記撮像面内の異なるピクセルに到達する光量間の差を小さくするコントローラを含むことを特徴とするカメラ。

【請求項 3 2】

前記コントローラは、前記光供給領域をつけたり消したりすることで前記光供給領域からの光を切る

請求項 3 1 のカメラ。

【請求項 3 3】

前記撮像面のピクセルはオン・オフ制御可能であり、

前記コントローラは前記ピクセルをゲイト制御することにより前記撮像面をオン・オフする

請求項 3 1 又は 3 2 のカメラ。

【請求項 3 4】

前記コントローラは、前記少なくとも一つの光パルスが射出された時間と対応する時間に前記撮像面のオンオフをゲイト制御する

請求項 3 1 から 3 3 のいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 3 5】

前記コントローラは、前記照明システムが前記被写体を照明するために光を供給しているときには前記撮像面をオフにゲイト制御する

請求項 3 4 のカメラ。

【請求項 3 6】

前記少なくとも一つの光パルスは、連続した複数光パルスを含む

請求項 3 1 から 3 5 のいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 3 7】

コントローラは、前記被写体の一領域までの距離を、前記撮像面がオンにゲイト制御されている時間の間に前記領域を撮像しているピクセルに到達する光に応じて決定する

請求項 3 4 から 3 6 のいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 3 8】

前記コントローラは、連続光パルスのうち、射出された第 1 の複数の光パルスの各光パルスに続いて、第 1 の時間経過後に、第 1 のゲイト時間の間、前記撮像面をオンにゲイト制御し；

射出された第 2 の複数の光パルスの各光パルスに続いて、第 2 の時間経過後に、第 2 のゲイト時間の間、前記撮像面をオンにゲイト制御する

請求項 3 6 のカメラ。

【請求項 3 9】

第 1 及び第 2 のゲイト時間の中間点は、それぞれが追っている射出された光パルスに対し同じ時間だけ遅れている

請求項 3 8 のカメラ。

【請求項 4 0】

第 1 のゲイトの持続時間は、パルス幅の 3 倍以上である

請求項 3 9 のカメラ。

【請求項 4 1】

第 2 のゲイト時間の持続時間は、射出された光パルスのパルス幅と実質的に等しい

請求項 4 0 のカメラ。

【請求項 4 2】

前記コントローラは、前記被写体の一領域からカメラに到達する光の強度を、前記領域を撮像しているピクセルに入射する少なくとも一つの光パルスからの光量に応じて判断する請求項 4 1 のカメラ。

【請求項 4 3】

前記コントローラは、前記撮像面のピクセル上に結像される前記被写体の領域までの距離を、前記第 1 及び第 2 のゲート中に前記ピクセルに入射する光の量に基づいて決定する請求項 3 6 から 4 2 のいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 4 4】

前記コントローラは前記光供給領域により供給される光を制御することで予め定められた光強度と前記被写体から前記撮像面内の各ピクセルに到達する光の強度との差を小さくする

請求項 3 1 から 4 3 のいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 4 5】

前記コントローラが：

前記光供給領域を制御することで、実質的に一様な照明で前記被写体を照明する；

一様照明下で前記被写体の第 1 の画像を取得する；

異なるピクセルに到達する光の間の差を最小にする一様照明用の光供給領域から供給される光の強度を求める；

前記光供給領域を制御して、求められた強度に基づいた第 2 の照明を前記被写体に照明する；

前記第 2 の照明下で前記被写体の第 2 の画像を取得する；

前記第 2 の画像において各ピクセルに到達した光量を求める；及び

前記第 2 の照明の強度値及び前記第 2 の画像においてピクセルに到達した光量に基づいて前記被写体の一領域の輝度値を求める

請求項 3 1 から 4 3 のいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 4 6】

前記コントローラは、前記カメラを制御して、前記画像の輝度値の範囲に限定された輝度取得レンジを用いて前記第 2 の画像を取得することが含まれる

請求項 4 5 のカメラ。

【請求項 4 7】

前記光供給領域は、光を射出する光源である

請求項 1 から 4 6 までのいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 4 8】

各光供給領域はレーザを備えている

請求項 4 7 のカメラ。

【請求項 4 9】

各光供給領域は L E D を備えている

請求項 4 7 のカメラ。

【請求項 5 0】

光源を備え、

前記光供給領域は、前記光供給領域に入射する前記光源からの光を反射、変調することにより光を供給する

請求項 1 から 4 5 のいずれか 1 項のカメラ。

【請求項 5 1】

各光供給領域は、前記被写体上に前記照明部の像の焦点を合わせる光学系に向かう方向に光を反射するよう制御可能なマイクロミラーを備えている

請求項 5 0 のカメラ。

【請求項 5 2】

各光供給領域は、透過率が制御可能である液晶セル及びミラーを備えており、

前記光源の光は前記液晶セルに入り、前記ミラーに反射されて、前記液晶セルから、前記被写体上に前記照明部の像の焦点を合わせる前記光学系に向かう方向へ出ていく
請求項 50 のカメラ。

【請求項 53】

ピクセルを有する撮像面及び前記撮像面上に被写体を結像するための光学系を備えているカメラにより前記被写体を照明する方法において、
複数のライトプロバイダーを備える照明部を用いて前記被写体を照明することにより、少なくとも一つのピクセルを含むが前記撮像面上の全てのピクセルは含まない前記撮像面の一領域上に結像されている前記被写体の各領域を、実質的に前記領域にのみ光を供給する少なくとも一つのライトプロバイダーによって供給された光によって照明すること；
選択可能な複数のライティング調整手順の各々に基づいて前記被写体に対するライティングを調整するために前記ライトプロバイダーを制御できるコントローラを用意すること；
前記コントローラが、前記被写体の照明を調整するために、前記被写体の領域用の前記少なくとも一つのライトプロバイダーを制御する手順を前記複数のライティング調整手順から選択すること；
を含む方法。

【請求項 54】

各光供給領域は、赤、緑及び青の光を供給するように制御可能である
請求項 53 のカメラ。

【請求項 55】

各光供給領域は、赤、緑又は青の光の異なる一つを供給する
請求項 53 のカメラ。

【請求項 56】

ライティング調整手順に従ってライティングを調整するようにライトプロバイダーを制御することには、予め定められた画像処理手順を実行するためにライトプロバイダーを制御することが含まれる
請求項 53 から 55 のいずれかの方法。

【請求項 57】

前記画像処理手順には、アンシャープ・マスキングが含まれる
請求項 56 の方法。

【請求項 58】

前記画像処理手順にはシャープニングが含まれる
請求項 55 または 56 の方法。

【請求項 59】

前記画像処理手順には、スムーシングが含まれる
請求項 56 から 58 のいずれか 1 項の方法。

【請求項 60】

前記画像処理手順には、ヒストグラム均等化が含まれる
請求項 56 から 59 のいずれか 1 項の方法。

【請求項 61】

前記ライトプロバイダーは別個独立に制御可能であり、
各光供給領域を制御することには、前記光供給領域の各々を他の光供給領域から独立に制御することが含まれる
請求項 53 から 60 のいずれかの方法。

【請求項 62】

ライトプロバイダーを制御することには、カメラによって生成された前記被写体の画像内のコントラストを制御するようにライトプロバイダーを制御することが含まれる
請求項 53 から 61 のいずれかの方法。

【請求項 63】

コントラストを制御することには、前記画像の局所領域のみのコントラストを制御するこ

とが含まれる

請求項 6 2 の方法。

【請求項 6 4】

ライトプロバイダーを制御することには、ライトプロバイダーを制御することにより、前記撮像面内のピクセル上に入射する、前記被写体からの光の強度配分を調整することが含まれる

請求項 5 3 から 6 3 のいずれかの方法。

【請求項 6 5】

強度配分を調整することには、前記強度配分のパラメータを制御することが含まれる

請求項 6 4 の方法。

【請求項 6 6】

前記少なくとも一つのピクセルは単一のピクセルである

請求項 5 3 から 6 5 のいずれかの方法。

【請求項 6 7】

前記照明部の虚像が実質的に前記撮像面に位置するように前記照明部をボアサイトすることを含む

請求項 5 3 から 6 6 のいずれかの方法。

【請求項 6 8】

前記照明部の虚像は実質的に前記撮像面と一致している

請求項 6 7 の方法。

【請求項 6 9】

各ライトプロバイダーの虚像が、前記撮像面上の異なる、連続したピクセルの群内に配置されている

請求項 6 8 の方法。

【請求項 7 0】

各ライトプロバイダーの虚像は、実質的に、対応する単一のピクセル内に配置されている

請求項 6 8 の方法。

【請求項 7 1】

複数のライトプロバイダーの虚像が、実質的に、対応する単一のピクセル内に配置されている

請求項 6 8 の方法。

【請求項 7 2】

撮像方法において、

実質的に一様なライティングで被写体の少なくとも一部を照明する；

前記被写体の前記少なくとも一部の輝度値のバラツキを低減する、空間的に変動する照明を求める；

前記少なくとも一部を前記変動する照明で照明する；

前記少なくとも一部の第 2 の画像を取得する、前記第 2 の画像は、前記少なくとも一部における複数領域の輝度値を有する；及び

前記輝度値および前記照明の変動する値とから、一様照明下の前記撮影領域の輝度値を求める

ことを特徴とする方法。

【請求項 7 3】

照明することには、請求項 5 3 から 5 8 のいずれかの方法を用いて照明することが含まれる

請求項 7 1 の方法。

【請求項 7 4】

前記第 2 の画像を取得することには、前記画像の輝度値の範囲に限定された輝度取得レンジを用いて前記画像を取得することが含まれる

請求項 7 2 又は 7 3 の方法。

【請求項 75】

請求項 53 から 70 のいずれかの方法を利用する請求項 1 から 50 のいずれかのカメラ。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Intern	Application No
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		PCT/IL 00/00404	
IPC 7 H04N5/235			
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC			
B. FIELDS SEARCHED			
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)			
IPC 7 H04N			
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched			
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)			
EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC			
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	
X	US 4 591 918 A (HISANO ATUSHI) 27 May 1986 (1986-05-27) column 1, line 60 -column 2, line 41 figure	1,4,11, 19-21, 50,57, 58,60,70	
X	DE 40 26 956 A (DAIMLER BENZ AG) 5 March 1992 (1992-03-05)	1-3,5,6, 19,20, 44-46, 4,52-55, 57	
A	column 2, line 30 -column 3, line 39 column 4, line 12 -column 5, line 20 -/-		
☒ Further documents are listed in the continuation of box C. ☒ Patent family members are listed in annex.			
Special categories of cited documents: *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claims or which is cited to establish the publication date of another claim or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document or particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art *S* document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report	
25 April 2001		11.05.2001	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. Box 5918 Patentplan 2 Tel. +359 87 Rijewijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 851 openl. Fax: (+31-70) 340-2015		Authorized officer Wentzel, J	

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Intern'l Application No. PCT/IL 00/00404
E.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passage	Relevant to claim No.
X	US 4 501 961 A (STAUFFER NORMAN L) 26 February 1985 (1985-02-26) column 2, line 56 -column 3, line 56 figure 1	1
A	WO 98 26583 A (ZEMAN HERBERT D) 18 June 1998 (1998-06-18)	1,23,24, 47,48,70
X	page 2, line 7 - line 26 page 3, line 5 -page 4, line 25 page 7, line 3 - line 18 page 9, line 9 -page 11, line 26 page 12, line 8 - line 13	50,57, 58,63
A	EP 0 436 267 A (DIGIVISION INC) 10 July 1991 (1991-07-10)	
A	US 5 828 485 A (HEWLETT WILLIAM E) 27 October 1998 (1998-10-27)	
A	KAWAKITA M ET AL: "AXI-VISION CAMERA: A THREE-DIMENSION CAMERA" PROCEEDINGS OF THE SPIE, 2000, XP000987367 page 61, line 23 -page 65, line 22	1,31
A	WO 00 19705 A (BRAUN ORI J ;YAHAV GIORA (IL); IDAN GAVRIEL J (IL); 3DV SYSTEMS L) 6 April 2000 (2000-04-06) cited in the application page 3, line 5 - line 22 page 6, line 4 - line 10 page 6, line 25 -page 7, line 11 page 8, line 1 - line 19 page 13, line 32 -page 14, line 15 page 20, line 21 -page 22, line 21	1,32,39
A	DE 44 20 637 A (RAPP BERTRAM DR) 21 December 1995 (1995-12-21) column 2, line 41 -column 3, line 47	67
A	US 5 218 485 A (MALM ROBERT E) 8 June 1993 (1993-06-08) column 2, line 18 - line 43	67

From PCT/IL92/010 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT	International application No. PCT/IL 00/00404
Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)	
This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:	
1. ☐ Claims Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:	
2. ☐ Claims Nos.: because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:	
3. ☐ Claims Nos.: because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).	
Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)	
This International Searching Authority found multiple inventions in this International application, as follows:	
see additional sheet	
1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.	
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.	
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:	
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:	
Remark on Protest	
☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.	
☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.	

International Application No. PCT/IL 00 00404

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. Claims: 1-30, 44-49, 50-66,
70 (as far as depending on cls. 50-66)

Optical and physical arrangement and control of illumination means having a plurality of substantially contiguous, independently controllable light providing regions being comprised in a camera and related methods for influencing the illumination of a scene

2. Claims: 31-43

A camera having illumination means having a plurality of substantially contiguous, independently controllable light providing regions and providing range parameters or distance information for a scene

3. Claims: 67- 69, 70 (as far as depending on claims 67- 69)

Method of acquisition of high gray level resolution images utilizing a camera having a lower gray level resolution

INTERNATIONAL SEARCH REPORT				Intern. Application No.	
Information on patent family members				PCT/IL 00/00404	
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date	
US 4591918	A	27-05-1986	JP 1724832 C	24-12-1992	
			JP 4008996 B	18-02-1992	
			JP 59193682 A	02-11-1984	
DE 4026956	A	05-03-1992	NONE		
US 4501961	A	26-02-1985	DE 3330939 A	01-03-1984	
			JP 1603178 C	29-03-1991	
			JP 2026165 B	07-06-1990	
			JP 59072008 A	23-04-1984	
WO 9826583	A	18-06-1998	US 5969754 A	19-10-1999	
			AU 5241298 A	03-07-1998	
			GB 2334401 A	18-08-1999	
EP 0436267	A	10-07-1991	US 4908876 A	13-03-1990	
US 5828485	A	27-10-1998	AU 1845497 A	28-08-1997	
			CA 2245842 A	14-08-1997	
			EP 0879437 A	25-11-1998	
			JP 2000504847 T	18-04-2000	
			WO 9729396 A	14-08-1997	
			US 5953152 A	14-09-1999	
			US 5940204 A	17-08-1999	
			US 6126288 A	03-10-2000	
			US 5953151 A	14-09-1999	
WO 0019705	A	06-04-2000	AU 9456198 A	17-04-2000	
DE 4420637	A	21-12-1995	NONE		
US 5218485	A	08-06-1993	NONE		