(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4902908号
(P4902908)

(45)発行日　平成24年3月21日(2012.3.21)　(24)登録日　平成24年1月13日(2012.1.13)

(51)Int.Cl.			F I		
G01J	1/44	(2006.01)	G01J	1/44	D
G01J	1/42	(2006.01)	G01J	1/42	B
G01J	5/10	(2006.01)	G01J	5/10	B
H04N	5/33	(2006.01)	H04N	5/33	

請求項の数 4　(全 13 頁)

(21)出願番号　特願2001-58540(P2001-58540)
(22)出願日　平成13年3月2日(2001.3.2)
(65)公開番号　特開2001-289712(P2001-289712A)
(43)公開日　平成13年10月19日(2001.10.19)
審査請求日　平成17年11月1日(2005.11.1)
(31)優先権主張番号　09/518344
(32)優先日　平成12年3月3日(2000.3.3)
(33)優先権主張国　米国(US)

前置審査

(73)特許権者　510005317
ディーアールエス　アールエスティーエー　インコーポレイテッド
アメリカ合衆国　テキサス州　７５２４３　ダラス　ノース　セントラル　エクスプレスウェイ　１３５４４
(74)代理人　100064746
弁理士　深見　久郎
(74)代理人　100085132
弁理士　森田　俊雄
(74)代理人　100083703
弁理士　仲村　義平
(74)代理人　100096781
弁理士　堀井　豊

最終頁に続く

(54)【発明の名称】赤外線センサのビデオ信号を補正するための方法および撮像システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

赤外線センサの温度に従って変動する赤外線センサのビデオ信号を補正するための方法であって、

温度センサを介して、非冷却赤外線センサの動作温度を計測するステップを含み、前記非冷却赤外線センサは複数の検出器素子を含み、

前記非冷却赤外線センサから、前記非冷却赤外線センサの前記動作温度が計測された時に得られたビデオ入力信号の入力を受けるステップと、

前記非冷却赤外線センサの動作温度と予め定められた較正された補正項の温度に基づく線形補間法とを使用して、温度に基づく補正項を計算するステップとを含み、前記較正された補正項は、前記非冷却赤外線センサの予め定められた２つの動作温度（T_1およびT_2）の各々における予め定められた２つの赤外線の放射レベル（Φ１およびΦ２）に対する前記複数の検出器素子の各々の応答出力値を含み、

前記線形補間法を用いて計算された、前記温度に基づく補正項をビデオ入力信号に適用し、それにより前記非冷却赤外線センサの温度の変動によって起こるビデオ信号の変動を補正するステップとを含み、

前記温度に基づく補正項（$S_{TCOMP}(\Phi, T)_n$）は、前記複数の検出器素子のそれぞれ１つに対応しており、以下の式で算出され：

【数１】

$$S_{TCOMP}(\Phi,T)_n=$$

$$\frac{S(\Phi,T)_n - S(\Phi 1,T_1)_n - \left(\frac{T-T_1}{T_2-T_1}\right)\left(S(\Phi 1,T_2)_n - S(\Phi 1,T_1)_n\right)}{S(\Phi 2,T_1)_n - S(\Phi 1,T_1)_n - \left(\frac{T-T_1}{T_2-T_1}\right)\left(S(\Phi 2,T_2)_n - S(\Phi 1,T_2)_n - S(\Phi 2,T_1)_n + S(\Phi 1,T_1)_n\right)}$$

ここで、

ｎは、前記複数の検出器素子のうちの第ｎ番目の検出器素子を表わし、

Ｔは、前記非冷却赤外線センサの動作温度であり、

Φは、前記複数の検出器素子のうちの第ｎ番目の検出器素子に対する現在の赤外線放射入力であり、

Ｓ（Φ，Ｔ）$_n$は、前記非冷却赤外線センサの動作温度Ｔにおける当該現在の赤外線放射入力に対する第ｎ番目の検出器素子の応答出力値であり、

Φ１は、前記予め定められた２つの赤外線の放射レベルのうちの第１の放射レベルを表わし、

Φ２は、前記予め定められた２つの赤外線の放射レベルのうちの第２の放射レベルを表わし、

Ｔ$_1$は、前記非冷却赤外線センサの予め定められた２つの動作温度のうちの第１の動作温度であり、

Ｔ$_2$は、前記非冷却赤外線センサの予め定められた２つの動作温度のうちの第２の動作温度であり、

Ｓ（Φ１，Ｔ$_1$）$_n$は、前記非冷却赤外線センサの前記予め定められた第１の動作温度Ｔ$_1$における予め定められた第１の放射レベルΦ１に対する前記第ｎ番目の検出器素子の応答出力値に対応する較正された補正項のうちの第１の補正項であり、

Ｓ（Φ１，Ｔ$_2$）$_n$は、前記非冷却赤外線センサの前記予め定められた第２の動作温度Ｔ$_2$における予め定められた第１の放射レベルΦ１に対する前記第ｎ番目の検出器素子の応答出力値に対応する較正された補正項のうちの第２の補正項であり、

Ｓ（Φ２，Ｔ$_1$）$_n$は、前記非冷却赤外線センサの前記予め定められた第１の動作温度Ｔ$_1$における予め定められた第２の放射レベルΦ２に対する前記第ｎ番目の検出器素子の応答出力値に対応する較正された補正項のうちの第３の補正項であり、

Ｓ（Φ２，Ｔ$_2$）$_n$は、前記非冷却赤外線センサの前記予め定められた第２の動作温度Ｔ$_2$における予め定められた第２の放射レベルΦ２に対する前記第ｎ番目の検出器素子の応答出力値に対応する較正された補正項のうちの第４の補正項である、方法。

【請求項２】

前記非冷却赤外線センサは、前記複数の検出器素子および前記温度センサが統合されている焦点面アレイを含み、前記焦点面アレイは、前記較正された補正項と、前記予め定められた２つの動作温度（Ｔ$_1$，Ｔ$_2$）と、を格納するためのメモリを含み、前記焦点面アレイは、さらに、以下のステップ：

前記温度センサを介して動作温度（Ｔ）を計測するステップと、

前記複数の検出器素子から入力ビデオ信号を受信するステップと、

前記温度に基づく補正項を計算するステップと、

補正された入力ビデオ信号が出力される前に、前記温度に基づく補正項を入力ビデオ信号に適用するステップと、を行なうように適合された回路を含む、請求項１に記載の方法。

【請求項３】

非冷却焦点面アレイを備え、前記非冷却焦点面アレイは複数の検出器素子を含み、

前記非冷却焦点面アレイの温度を測定するための温度センサと、

予め定められた較正された温度に基づくビデオ信号補正項をストアするためのメモリ記

憶手段とを含み、前記較正された補正項は、前記非冷却焦点面アレイの予め定められた２つの動作温度（T_1，T_2）の各々における予め定められた２つの赤外線放射レベル（Φ１，Φ２）に対する前記複数の検出器素子の各々の出力値を含み、

前記非冷却焦点面アレイからのビデオ入力信号を受取り、かつ前記温度センサから受取った温度データと前記予め定められた較正された温度に基づくビデオ信号補正項とに基づき線形補間された補正項を計算し、前記線形補間を用いて計算された補正項を前記非冷却焦点面アレイから受取ったビデオ入力信号へ適用するための、信号処理手段とを含み、

前記温度に基づく補正項（$S_{TCOMP}(\Phi, T)_n$）は、前記複数の検出器素子のそれぞれ１つに対応しており、以下の式で算出され：

【数２】

$$S_{TCOMP}(\Phi,T)_n = \frac{S(\Phi,T)_n - S(\Phi1,T_1)_n - \left(\frac{T-T_1}{T_2-T_1}\right)\left(S(\Phi1,T_2)_n - S(\Phi1,T_1)_n\right)}{S(\Phi2,T_1)_n - S(\Phi1,T_1)_n - \left(\frac{T-T_1}{T_2-T_1}\right)\left(S(\Phi2,T_2)_n - S(\Phi1,T_2)_n - S(\Phi2,T_1)_n + S(\Phi1,T_1)_n\right)}$$

ここで、

ｎは、前記複数の検出器素子のうちの第ｎ番目の検出器素子を表わし、

Ｔは、前記非冷却焦点面アレイの動作温度であり、

Φは、前記複数の検出器素子のうちの第ｎ番目の検出器素子に対する現在の赤外線放射入力であり、

$S(\Phi, T)_n$は、前記非冷却焦点面アレイの動作温度Ｔにおける当該現在の赤外線放射入力に対する第ｎ番目の検出器素子の応答出力値であり、

Φ１は、前記予め定められた２つの赤外線の放射レベルのうちの第１の放射レベルを表わし、

Φ２は、前記予め定められた２つの赤外線の放射レベルのうちの第２の放射レベルを表わし、

T_1は、前記非冷却焦点面アレイの予め定められた２つの動作温度のうちの第１の動作温度であり、

T_2は、前記非冷却焦点面アレイの予め定められた２つの動作温度のうちの第２の動作温度であり、

$S(\Phi1, T_1)_n$は、前記非冷却焦点面アレイの前記予め定められた第１の動作温度T_1における予め定められた第１の放射レベルΦ１に対する前記第ｎ番目の検出器素子の応答出力値に対応する較正された補正項のうちの第１の補正項であり、

$S(\Phi1, T_2)_n$は、前記非冷却焦点面アレイの前記予め定められた第２の動作温度T_2における予め定められた第１の放射レベルΦ１に対する前記第ｎ番目の検出器素子の応答出力値に対応する較正された補正項のうちの第２の補正項であり、

$S(\Phi2, T_1)_n$は、前記非冷却焦点面アレイの前記予め定められた第１の動作温度T_1における予め定められた第２の放射レベルΦ２に対する前記第ｎ番目の検出器素子の応答出力値に対応する較正された補正項のうちの第３の補正項であり、

$S(\Phi2, T_2)_n$は、前記非冷却焦点面アレイの前記予め定められた第２の動作温度T_2における予め定められた第２の放射レベルΦ２に対する前記第ｎ番目の検出器素子の応答出力値に対応する較正された補正項のうちの第４の補正項である、撮像システム。

【請求項４】

前記非冷却焦点面アレイは、前記複数の検出器素子および前記温度センサが統合されている焦点面アレイを含み、前記焦点面アレイは、前記較正された補正項と、前記予め定められた２つの動作温度（T_1，T_2）と、を格納するためのメモリを含み、前記焦点面アレイは、さらに、以下のステップ：

前記温度センサを介して動作温度（Ｔ）を計測するステップと、

前記複数の検出器素子から入力ビデオ信号を受信するステップと、
前記温度に基づく補正項を計算するステップと、
補正された入力ビデオ信号が出力される前に、前記温度に基づく補正項を入力ビデオ信号に適用するステップと、を行なうように適合された回路を含む、請求項３に記載の撮像システム。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する分野】

この発明は、赤外線高感度焦点面センサに関し、より特定的には、検出器アレイのゲインおよびオフセット補正を行なうと同時に自動的に赤外線高感度焦点面センサの動作温度の変化に対して補償するシステムに関する。

【０００２】

【発明の背景】

ほとんどの赤外線センサは、現在動的手段を用いて焦点面の動作温度を設定し規制する。室温、またはそれに近い温度で動作するセンサでは、典型的には、温度感知装置と、熱電冷却器と、温度制御電子部品とからなる温度制御システム手段によってこれを達成する。所望の動作温度を確立するために必要な時間は、センサの起動から撮像までの間に顕著しい時間の遅れをもたらす。加えて、結果として生じる付加的な電力、費用、および温度制御システムの複雑さは、組合されて赤外線センサ技術の使用への潜在的な市場を顕著に制限する。

【０００３】

焦点面の応答およびオフセットの非均一性は、固定したパターンノイズとして撮像センサの出力ディスプレイに現れる。非均一性がノイズとして表わされるのは、それらが表示される画像に望ましくない情報をもたらすためである。非均一性が固定したパターンとして表わされるのは、それらの特徴が時間が経過しても変化しない（または比較的ゆっくりと変化する）ためである。現在の赤外線センサシステムは典型的には、応答およびオフセットエラー補正技術を使用して固定したパターンノイズのレベルを最小化する。これらのシステムにおいて、応答およびオフセットエラーは比較的一定に留まるが、これは赤外線高感度焦点面が厳密に制御された操作温度およびバイアスに維持されているためである。しかしながら現在の赤外線カメラシステムにおいては、システムが温度の安定化を待つことによりカメラの動作が遅れるおそれがある。

【０００４】

したがって、センサの動作温度の関数として応答およびオフセット補正を行なう能力を備えた非冷却赤外線センサを提供することが望まれる。

【０００５】

【発明の概要】

この発明の方法および装置は、動的な動作温度安定化を必要としない、赤外線高感度焦点面センサの安定した動作を得るためのアルゴリズムと、論理的な機能アーキテクチャとに関する。実用的な見地から、この発明はまた、動作温度変化に所望でない感度を示す、ほぼ線形の応答を有し、かつその性能が応答およびオフセット補正から利益を受けるあらゆるシステムに一般的に適用可能である。この発明は、ビデオ入力信号と赤外線センサの動作温度の電気的測定とを提供する焦点面を組込んだ赤外線センサに使用するための補正方法に向けられる。応答およびオフセット補正係数は、初期のセンサレベル較正の際に先行して測定されセンサメモリの中にストアされた１組の較正された応答およびオフセット補正係数の線形温度補間法を使用して、焦点面アレイの検出器素子ごとに計算される。補間された応答およびオフセット補正係数は次にビデオ入力信号に与えられる。

【０００６】

この発明のさまざまな利点は、当業者においては以下の明細書と添付の特許請求の範囲とを読み、以下の図面を参照することにより明らかとなるであろう。

【０００７】

【好ましい実施例の詳細な説明】
図１および図２を参照しながら、非冷却赤外線センサのための補正方法およびシステムを説明する。図１を参照して、この発明のシステム１０は非冷却焦点面アレイ１２を含み、これはビデオ入力信号と温度データとを従来の検出器アナログ信号プロセッサ／デジタル信号プロセッサ（ＡＳＰ／ＤＳＰ）１４に与える。この発明のために従来のＡＳＰ／ＤＳＰ１４で要求される２つの機能は、（１）焦点面のビデオ信号および温度データ信号のアナログからデジタルへの変換と、（２）焦点面アレイのデジタル化された信号の従来の応答およびオフセット補正とである。従来の応答およびオフセット補正アルゴリズムに対する定義方程式を数式１に示す。

【０００８】
【数１】

$$S_{P-S}(\Phi)_n = \frac{S(\Phi)_n - S(\Phi 1)_n}{S(\Phi 2)_n - S(\Phi 1)_n} \qquad [数式１]$$

【０００９】
式中、Ｓ（Φ）$_n$は赤外線放射度レベルΦに対する焦点面アレイのｎ番目の検出器素子の応答であり、S_{p-S}（Φ）$_n$はｎ番目の検出器素子に対する補正された応答を表わし、Ｓ（Φ１）$_n$およびＳ（Φ２）$_n$は初期のセンサ較正の間に先行して生成された２つの赤外線較正レベル（Φ１およびΦ２）に対するｎ番目の検出器素子の応答の、適切な時間平均を表わす。

【００１０】
システム１０はまた温度補償（ＴＣＯＭＰ）デジタル信号プロセッサ１６も含み、これは以下により詳細に説明するＴＣＯＭＰ係数メモリ１８から温度補償係数を受取る。非冷却焦点面アレイ１２の検出された温度に基づき、温度補償デジタル信号プロセッサ１６は温度補償された応答およびオフセット係数を計算し、これらの値はここに詳細に説明するようにゲイン／オフセットメモリ２０にストアされる。

【００１１】
この発明の温度補償された性能システムおよび方法は、検出器アレイ応答およびオフセット補正機能を行ない、また動作温度での変化に対しても自動的に補償する。これは焦点面とセンサとの温度規制に対しての必要性をなくす。温度補償された性能アルゴリズムの数式を、以下の数式２に示す。

【００１２】
【数２】

$$S_{TCOMP}(\Phi, T)_n = \frac{S(\Phi, T)_n - S(\Phi 1, T_1)_n - \left(\frac{T - T_1}{T_2 - T_1}\right)\left(S(\Phi 1, T_2)_n - S(\Phi 1, T_1)_n\right)}{S(\Phi 2, T_1)_n - S(\Phi 1, T_1)_n + \left(\frac{T - T_1}{T_2 - T_1}\right)\left(S(\Phi 2, T_2)_n - S(\Phi 1, T_2)_n - S(\Phi 2, T_1)_n + S(\Phi 1, T_1)_n\right)}$$

[数式２]

【００１３】
式中、Ｓ（Φ，Ｔ）$_n$は入力Φに対する、センサのｎ番目の検出器素子の応答であり、焦点面アレイとセンサとは温度Ｔで動作する。変数Φ１およびΦ２は初期の較正で使用されたセンサに対する２つの入力レベルである。初期の温度補償された性能較正は、２つの動

作温度T_1およびT_2それぞれにおいて入力レベルΦ１およびΦ２に対するセンサの応答を測定することにより行なわれる。測定された応答値は次いでメモリの中にストアされ、後に温度補償された性能アルゴリズム（数式２）で使用される。センサ１２の動作温度は実時間で直接測定され、アルゴリズム（数式２）に適用される。動作の間の計算の負荷を減じるために、初期のＴＣＯＭＰ較正からストアされる必要のある値はＳ（Φ１，T_1）$_n$，（Ｓ（Φ２，T_1）$_n$－Ｓ（Φ１，T_1）$_n$），（Ｓ（Φ１，T_2）$_n$－Ｓ（Φ１，T_1）$_n$），（Ｓ（Φ２，T_2）$_n$－Ｓ（Φ１，T_2）$_n$＋Ｓ（Φ２，T_1）$_n$－Ｓ（Φ１，T_1）$_n$），T_2およびT_1のみである。このように、ＴＣＯＭＰアルゴリズムは検出器素子の各々に対し２つの乗算と２つの加算のみで行なうことができる。最後の応答およびオフセット補正計算はフルビデオレートで従来のＡＳＰ／ＤＳＰ１４で行なわれるが、検出器素子ごとに１つの積算および１つの加算しか必要としない。

【００１４】

この発明のＴＣＯＭＰアルゴリズムの１つの利点は、温度T_1またはT_2のいずれかでは、この発明の出力と、従来の応答およびオフセット補正アルゴリズムの出力とは、等価であることである。さらに、T_1とT_2との間のいかなる温度（Ｔ）においても、焦点面アレイの検出器素子の各々に適用される補正は本質的に数式１と同じ数式の形を有する。よって、従来のアルゴリズム（図１にＡＳＰ／ＤＳＰ１４として示す）のために既に開発されたハードウェアおよびファームウェアは、この発明のＴＣＯＭＰアルゴリズムに対して引続き適用可能である。加えて、焦点面およびセンサの両方の熱時間定数は典型的には焦点面のフレームタイムよりはるかに長くなるであろうから、ＴＣＯＭＰ温度補間（数式２）を、検出器素子のビデオアドレスレートよりも顕著に低いレートで行なうことができる。

【００１５】

焦点面（１２）の応答の温度依存がほぼ線形である限り、基本のＴＣＯＭＰアルゴリズム（数式２）によって与えられる補正された応答の精度は十分である。もし顕著なレベルの非線形応答があれば、補正された応答の精度は劣化するおそれがある。これは効果的な温度補正範囲を制限するおそれがある。この発明のＴＣＯＭＰアルゴリズムによって、全体の動作温度範囲を応答の非線形性が比較的小さく留まるサブ範囲に分割することによりこの潜在的な制限を克服する。各サブ範囲ごとに別々の温度補償較正が次いで行なわれ、ＴＣＯＭＰ係数メモリ１８にストアされる。ＴＣＯＭＰ係数メモリは本のように構成される。各頁は選択された温度の１つのサブ範囲に対応し、各検出器素子ごとの４つの対応するＴＣＯＭＰ係数と、サブ範囲を規定する２つの温度とを含む。

【００１６】

動作の間、測定された実時間温度は使用されて最適なサブ範囲テーブル（T_1からT_N）を選択し、次いで選択したサブ範囲テーブルを使用してＴＣＯＭＰアルゴリズムを支持する。サブ範囲T_1からT_Nの間の遷移は、温度サブ範囲T_1からT_Nの間にオーバラップまたはスイッチポイントのデッドバンドを導入することにより、「平滑化される」。図１から図２を参照して、この発明の温度補償システムの動作を説明する。図１に示すように、非冷却焦点面アレイ１２から、温度データおよび入力ビデオ信号が従来のＡＳＰ／ＤＳＰ１４によって受取られる。温度データは次いでステップＳ１において温度補償デジタル信号プロセッサ（ＴＣＯＭＰ　ＤＳＰ）１６によって読出される。ＴＣＯＭＰ　ＤＳＰ１６は次いでステップＳ２において動作温度サブ範囲を選択し、ステップＳ３においてＴＣＯＭＰ係数メモリ１８内にストアされている選択されたサブ範囲から適切な応答／オフセット補正係数を検索する。ＴＣＯＭＰ　ＤＳＰ１６は次いでステップＳ４において線形温度補間された応答およびオフセット補正係数をＴＣＯＭＰアルゴリズム（数式２）を使用して計算する。補間された応答およびオフセット補正係数は次いでステップＳ５においてメモリ２０内にストアされる。

【００１７】

この発明では、ゲイン／オフセットメモリ２０は２つのサブユニット（メモリ１およびメモリ２）に分割される。スイッチ２４およびスイッチ２６は、メモリユニットの１つに先行してストアされた温度補間されたＴＣＯＭＰ係数がＡＳＰ／ＤＳＰ１４に読出されるこ

とを可能にする一方、このときＴＣＯＭＰ　ＤＳＰ１６において計算されている温度補間されたＴＣＯＭＰ係数は、他のメモリユニットに書込まれる。言い換えると、この発明においてはＡＳＰ／ＤＳＰ１４は数式１をデジタル化された焦点面アレイビデオ上に実行する一方、ＴＣＯＭＰ　ＤＳＰ１６は数式２の温度補間されたＴＣＯＭＰ係数を計算する。応答／オフセットメモリ２０は、ＴＣＯＭＰ　ＤＳＰ１６が、焦点面アレイおよびセンサの熱時間定数によって求められるＴＣＯＭＰ　ＤＳＰデータレートの下限値で、より低いデータレートで動作することを可能にする。

【００１８】

ＴＣＯＭＰ温度補間された応答およびオフセット係数がステップＳ５においてメモリ２０に書込まれた後に、この係数はステップＳ６においてＡＳＰ／ＤＳＰ１４に読出される。ＴＣＯＭＰ温度補間された応答およびオフセット係数は次いでステップＳ７においてＡＳＰ／ＤＳＰ１４によってビデオ信号に与えられるが、これは当該技術分野で公知である。よって、ＡＳＰ／ＤＳＰ１４からのデジタル出力ビデオ信号はこれで焦点面動作温度の関数として応答およびオフセット非均一性を補正される。

【００１９】

遅い時間的ドリフトがセンサの性能に影響するような場合、センサの電源投入時に、かつ何回でも繰返すことが可能である、従来のシングルポイント検出器素子オフセット較正を加えることにより、ＴＣＯＭＰ応答およびオフセット補償の性能をさらに向上させることができ、この発明に適用される。従来のシングルポイント検出器素子オフセット較正のための技術は、当該技術分野において公知である。

【００２０】

この発明で要求される、焦点面の動作温度の量的な電気的測定は、いくつかの方法によって得ることができる。たとえば、ダイオードまたは電気抵抗式温度計などの温度感知装置が、当該技術分野において実行され公知であるように、焦点面アレイを含む同じ真空パッケージ内に場所決めされてもよい。この発明においては、温度測定機能は図３に示すように焦点面アレイチップ上に直接集積化される。電気抵抗式温度計Ｒ１は焦点面アレイチップに場所決めされ焦点面アレイの基板にヒートシンクされた電気抵抗式ボロメータ素子である。トランジスタＱ１と差動増幅器とからなるネットワークは、併せてバッファード・ディレクト・インジェクション（Buffered Direct Injection, ＢＤＩ）回路として機能し、電気抵抗式温度計Ｒ１に定電圧バイアスを与え、Ｒ１からの信号電流をバッファする。ＢＤＩ回路は当該技術分野で公知である。トランジスタＱ１からの信号電流は次いで集積化キャパシタＣ１上に集積化され、これは電気周波数バンドパスを確立することによりアナログ温度信号の信号対ノイズ比を決定する。トランジスタＱ２はスイッチとして作用し、これは積分制御信号の作用によって積分時間および積分器リセットの両方を制御する。アナログ温度信号は次いでサンプリングされ、典型的には水平および／または垂直ブランキングの間に現われるであろう焦点面の出力ビデオ上に多重化される。サンプリングされたアナログ温度信号の値は、焦点面のビデオ出力のラインタイム毎に生成することができる。これにより、同じ積分時間に対しいくつかの独立した値を生成することが可能になり、よってサンプル値平均を使用して信号対ノイズ比を向上し得る。さらに、積分時間をラインタイムの間で変化させて、温度測定に対し一連の感度レベルを提供し得る。焦点面アレイの読出フレーム内での積分時間を変化させる能力はこの発明において重要であるが、これはＲ１の抵抗は－３０℃から＋６０℃の焦点面動作温度範囲において１０以上の因子によって変化し得るためである。

【００２１】

図１に示す機能の一部またはすべては、焦点面アレイチップ上に集積化することが可能であり、オンチップ集積化の実際の上限は集積回路設計規則およびシリコン集積回路ウェハ処理工場によってサポートされる最大のダイレチクルサイズによって決定される。しかしながらこの発明においては、チップ上に少なくとも６ビット解像度の検出器素子オフセット補正能力を組入れることが重要であり、これに対する方法は当該技術分野において公知である。これは典型的には、第１に初期のセンサ較正の間に適切な１組の検出器素子オフ

セット補正係数を求め、それらの値を不揮発性センサメモリにストアすることにより得られる。後に続くセンサ動作の間、これらの値は図１に示すようにデータバス２２上の焦点面アレイに読出される。値は次いで焦点面アレイチップ上で使用され、少なくとも部分的に検出器素子オフセットパターン化を補正する。ここでほとんどの検出器素子オフセットパターン化が焦点面の出力ビデオから取除かれているために、より高いオンチップ信号ゲインを使用することが可能であり、焦点面の赤外線応答ダイナミックレンジが向上する。この発明においては、上述のものと同じ方法で動作中にＴＣＯＭＰメモリ１８から選択された１つまたはそれ以上の検出器素子の「粗い」オフセットテーブルの使用を通して、この能力を使用し、拡張する。要求される検出器素子の「粗い」オフセットテーブルの数は、温度の関数として変化する焦点面の検出器素子オフセットパターン化の程度に依存する。

【００２２】

ＴＣＯＭＰ応答およびオフセット係数と検出器素子「粗」オフセット係数とはＴＣＯＭＰ係数メモリ１８の中に含まれているが、これらは初期の１組のセンサ較正測定によって生成される。この発明において行なわれる初期のセンサ較正測定を図４を参照して説明する。図４は初期のセンサ較正測定の間に要求される条件を示す、１組の対にされたセンサ温度と、赤外線黒体ソース温度とを示す。センサ温度は横軸によって示され、縦軸は赤外線黒体ソース温度を示す。菱形は、較正測定条件の各々に対応するであろう温度の対を示す。検出器素子の「粗い」オフセット係数の測定は最初に行なわれる。非冷却熱検出器は典型的には「ＩＲソース温度＝センサ温度」と印された線に沿って、本質的に正味ではない熱放射応答を表示するために、検出器素子の「粗い」オフセット係数を測定するための最良のＩＲソースおよびセンサ温度条件は通常はこの線上（またはこの線に近接して）起こる。焦点面アレイの検出器素子応答のいくつかのフレームタイムの測定は、温度T_1、T_2、T_3、T_4、T_5、T_6、などにおいて行なわれる。これらのセンサ温度ごとの検出器素子の「粗い」オフセット係数は次いで好適な検出器素子応答の時間平均を使用して計算されるが、これは当該分野で公知であるいくつものアルゴリズムおよび方法のいずれかを使用して行なうことが可能である。一旦検出器素子の「粗い」オフセット係数が求められ焦点面アレイに与えられると、図４に示すようにＴＣＯＭＰ応答およびオフセット係数が選択された応答条件ごとに求められる。選択された動作条件ごとに、焦点面アレイ測定および計算は、検出器素子の「粗い」オフセット係数を求めるために行なわれた測定および計算と本質的に同一である。平均化された応答値は組合されて係数項$S(\Phi 1, T_1)_n$，$(S(\Phi 2, T_1)_n - S(\Phi 1, T_1)_n)$，$(S(\Phi 1, T_2)_n, -S(\Phi 1, T_1)_n)$，$(S(\Phi 2, T_2)_n - S(\Phi 1, T_2)_n + S(\Phi 2, T_1)_n - S(\Phi 1, T_1)_n)$および定数$(T_2 - T_1)$を形成する。この発明においては、動作温度条件の所望の対を選択するための方法を使用して赤外線ソース照明および焦点面アレイ動作温度のサブ範囲の各々にわたって応答およびオフセット補正の性能を最適化する。

【００２３】

基本的な温度補償概念は好結果に実験的に実証され、モンテカルロ分析シミュレーションによってさらに確認された。初期の実験的な実証においては、先行して測定され記録された非冷却赤外線焦点面アレイビデオおよび温度測定データはＴＣＯＭＰセンサ（すなわち図１）とエミュレートするために使用されたＰＣによって処理される。後に、センサ電子部品が設計され、構築され、実時間で図１を直接実現化する実証を行なった。モンテカルロ分析シミュレーションに対しては、焦点面アレイ、赤外線黒体シーンおよび光学素子、ＴＣＯＭＰセンサの較正、およびＴＣＯＭＰ応答およびオフセット補償アルゴリズムの動作に対し、モデルが開発された。統計的変動の傾向が最も顕著な焦点面アレイおよびセンサパラメータは、モンテカルロシミュレーション方法によってモデル化される。初期の実験的な実証から得られた主要な結果を、図５および図６に要約する。実時間センサ実証からの顕著な結果の例を、図７に示す。モンテカルロ分析シミュレーションからの代表的な結果を、図８および図９に示す。

【００２４】

ＴＣＯＭＰ応答およびオフセット補償概念の初期の実証を、図５および図６を参照して説明する。この実証は、第１に焦点面アレイの動作温度および赤外線黒体ソースの温度の両方の関数として、ボーイングＵ３０００からの応答データを記録することにより達成される。図５および図６の上に並ぶ数字は実証のために用いられた焦点面アレイ動作温度を示す。動作温度の各々において５つの赤外線黒体ソース温度に対する焦点面応答が測定され、動作温度ごとの焦点面応答値平均は５つの菱形によって示される。この先行して記録された焦点面応答データを使用して、２８４．５ケルビンの焦点面動作温度において従来の２ポイント応答およびオフセット較正が行なわれる。数式１は次いで動作温度およびＩＲ照明レベルの各々ごとにストアされたビデオデータに適用され、残留パターンノイズのレベルは補正されたビデオの標準偏差によって求められる。図５では、焦点面動作温度が初期の較正温度からより逸脱するにつれ、パターンノイズのレベルがより増加するのを明確に示す。図６は、ＴＣＯＭＰ応答およびオフセットアルゴリズムの適用が効果的に１０の因子にまで残留パターンノイズのレベルを減じることを示す。図６に見られるように、２つのＴＣＯＭＰ較正温度は２８４．５Ｋおよび２８５．５Ｋである。

【００２５】

この発明のすべての機能的な実験的な実証も行なわれた。この場合では、センサが開発され図１を実時間で実現化する実証を行なった。図７は、１５℃から４２．５℃の焦点面動作温度にわたって得られる空間パターンノイズのレベルを示す。この場合では、空間パターン化のレベルは空間ノイズ等価温度差（ＮＥＴＤ）で表わされる。空間ＮＥＴＤは、数式２がデジタルビデオ信号に適用された後の応答での空間パターン化レベルと等しい焦点面応答を生成するために必要であろうシーンでの黒体温度差と、等価である。上方データプロットと下部データプロットとの間で見られた空間ＮＥＴＤの顕著な減少は較正技術の改良に寄与する。

【００２６】

この発明のモンテカルロ分析シミュレーションモデル化結果を、図８および図９に示す。シミュレーションモデルは抵抗式ボロメータ検出器およびオンチップ焦点面アレイ読出電子部品を分析的に表わし、かつそれらの電気的刺激および赤外線刺激の適切な方への応答を特徴付ける。焦点面アレイ分析の各々での第１のステップは、統計的変動の支配的なソースである、ボロメータ検出器素子の物理的および電気的性質の変動をモデル化することである。これはモンテカルロシミュレーションによって達成される。モデルは次いでモンテカルロシミュレーションによって生成された検出器素子の統計的な組に対する検出器素子「粗」オフセット係数較正をシミュレートし、これらの粗いオフセット係数は検出器素子の組に適用される。次いで、ＴＣＯＭＰ応答およびオフセット較正がシミュレートされ、結果として生じるＴＣＯＭＰ係数は図１に示すようにＴＣＯＭＰ　ＤＳＰ１８のシミュレーションに適用される。焦点面動作温度と赤外線黒体ソース温度との両方が次いで変化され、モンテカルロシミュレーションによって生成された検出器素子の統計的な組に対してＴＣＯＭＰ応答が計算される。最後に、ＴＣＯＭＰ応答の標準偏差がＩＲソースおよび焦点面温度の組の各々に対し計算され、空間ＮＥＴＤは標準偏差と特定のセンサ光学パラメータとを用いて計算される。図８に従来の応答およびオフセット補正（数式１）の場合に対し得られた空間ＮＥＴＤ（Ｆ／１光学素子）を示す。シミュレーション分析においては、これは数式２に単に（$T-T_1$）＝０を設定することにより行なわれた。結果は明確であるが、これは空間ＮＥＴＤは、焦点面アレイの動作温度が初期の較正温度から逸脱するにつれ、漸進的に約１Ｋにまで増加するのが見られるためである。初期の焦点面アレイ較正温度もまた図８の空間ＮＥＴＤの面プロットにおいて明確に見ることができる。図９は、ＴＣＯＭＰ応答およびオフセット補正が６Ｋの範囲の頂点面動作温度にわたって適用されたとき、１００：１以上の改良が空間ＮＥＴＤにおいてもたらされたことを示す。この場合では、ΔＴ＝６Ｋは単一の動作温度サブ範囲に対応する。焦点面アレイ動作温度範囲の全体はこれらの範囲の約１６を段階を進むことにより、効果的に包含される。ここでシミュレーションモデルはまた、ボロメータと焦点面アレイ読出電子部品との多くの組合せに対する適当なサブ範囲ΔＴの推定をも助ける。

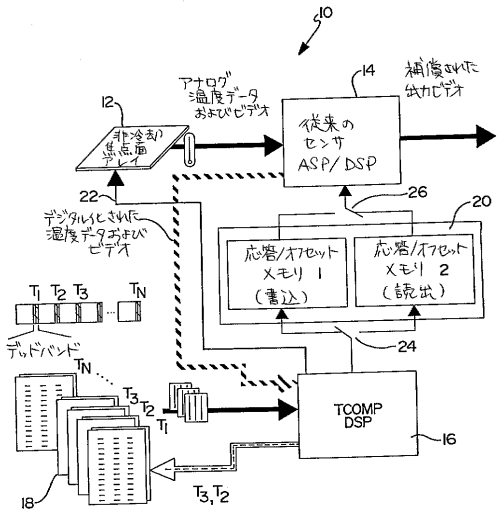
【００２７】
熱電冷却器およびその温度制御電子部品の電力消費は、センサ較正および設計によって１．５ワットから５ワットの間であることが推定される。この電力は、最適化された集積回路設計に対するセンサ電子部品電力とほぼ等しいことが推定される。言い換えると、熱電冷却器をなくすと全体のセンサ電力を約５０％減じるであろう。熱電冷却器とその関連の電子部品をなくすとセンサのコストを数百ドル減じ、熱電制御電子部品をなくすことと要求されるバッテリの数を減じることとの両方によってセンサのサイズを減じることが推定される。この発明に従った非冷却赤外線センサの減じられた電力、経費およびサイズは現在の技術を持っては効果的に提供されていない、一連の携帯可能であってアンアテンデッドオペレーションの用途を提供する。

【００２８】
当業者においては、前述の説明からこの発明の広範な教示がさまざまな形式において実現化できることが理解可能である。したがって、この発明はその特定の実施例に関して説明されてきたが、この発明の真の範囲は、当業者においては図面、明細書および前掲の特許請求の範囲の考察によって他の変形例が明らかとなるであろうから、それに限定されるべきではない。

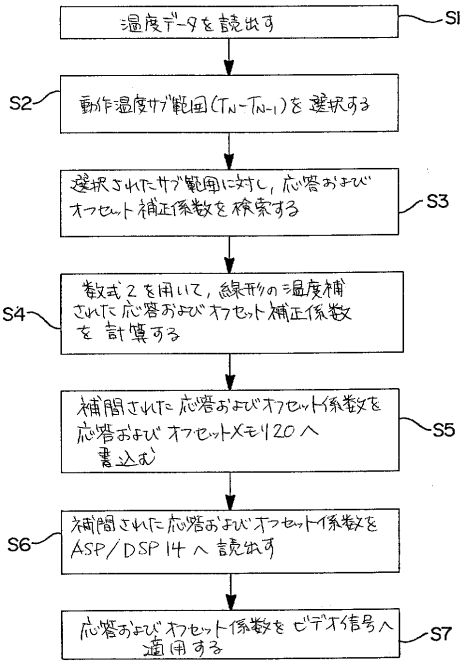
【図面の簡単な説明】
【図１】　この発明の原理に従った温度補償された性能信号処理アーキテクチャのデータフローの図である。
【図２】　この発明の原理に従った赤外線センサの動作の間に行なわれるステップのフローチャートの図である。
【図３】　この発明の要件と原理とに従ったオンチップ温度感知ネットワークのための回路図である。
【図４】　この発明の原理に従ったセンサの初期の較正で使用されるであろう赤外線黒体ソースと焦点面アレイ動作温度との代表的な組の図である。
【図５】　従来のゲインおよびオフセット補正アルゴリズムで得られる空間パターン化オフセットレベルの図である。
【図６】　非冷却焦点面に使用される温度補償された性能アルゴリズムによって得られる結果の図である。
【図７】　この発明で実施される概念を実時間ですべて実証するセンサから得られる結果の図である。
【図８】　従来のゲイン／オフセット補正アルゴリズムで得られる空間パターン化のレベルを示す図である。
【図９】　非冷却赤外線センサ温度補償された性能の同時モデル化結果を示す図である。

【符号の説明】
１２　非冷却焦点面アレイ、１４　検出器アナログ信号プロセッサ／デジタル信号プロセッサ、１６　温度補償デジタル信号プロセッサ。

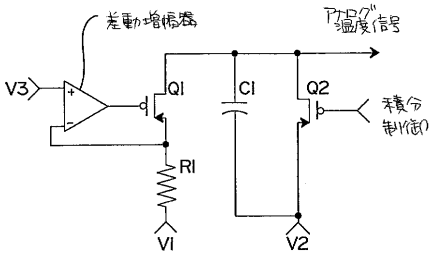
【図１】



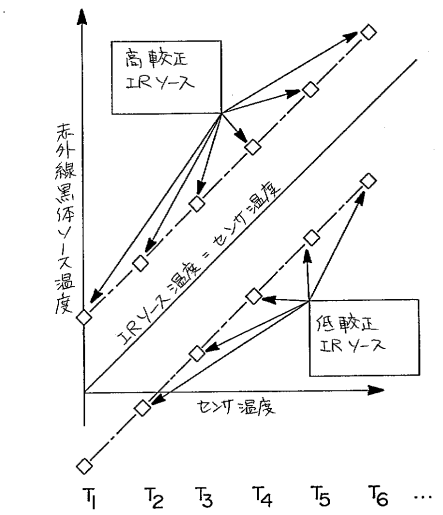
【図２】



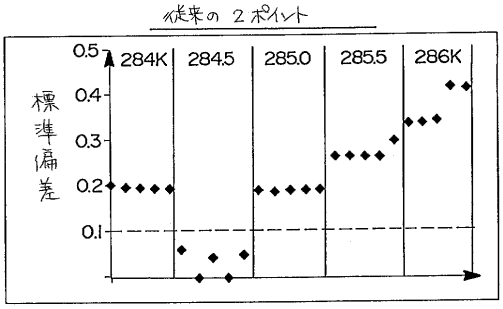
【図３】



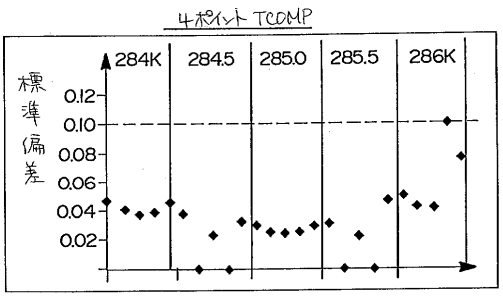
【図４】



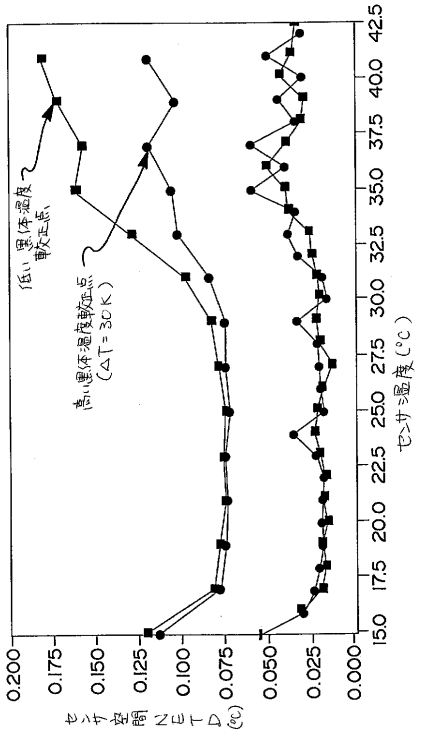
【図５】



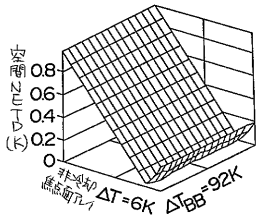
【図６】



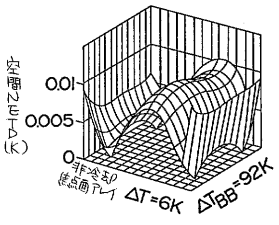
【図７】


低い黒体温度
軟正点
高い黒体温度軟正点
(ΔT=30K)
センサ空間ノモトロ(℃)
センサ温度(℃)
0.200
0.175
0.150
0.125
0.100
0.075
0.050
0.025
0.000
15.0
17.5
20.0
22.5
25.0
27.5
30.0
32.5
35.0
37.5
40.0
42.5

【図８】


(K)ワーゼン温度
0.8
0.6
0.4
0.2
0
非冷却
焦点面アレイ
ΔT=6K
ΔTBB=92K

【図９】


(K)ワーゼン温度
0.01
0.005
0
非冷却
焦点面アレイ
ΔT=6K
ΔTBB=92K

フロントページの続き

(72)発明者　フィリップ・イー・ハワード
アメリカ合衆国、９１７４５　カリフォルニア州、ハシエンダ・ハイツ、ドラムヒル・ドライブ、１５１０

審査官　平田　佳規

(56)参考文献　特開平１０－１２２９５６（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－１０７０７４（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－１６８１１６（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－０２３３５８（ＪＰ，Ａ）
国際公開第９８／００２７２１（WO，Ａ２）
英国特許出願公開第０２１４９６０５（ＧＢ，Ａ）
特開平０４－２８６４７７（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－１４７９７３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G01J 1/42- 1/46
G01J 1/02
G01J 5/48
H01L 27/14- 27/148
H04N 5/30- 5/335