

(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2004-526948  
(P2004-526948A)

(43) 公表日 平成16年9月2日(2004.9.2)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
GO 1 J 1/02	GO 1 J 1/02 Q	2 GO 6 5
GO 1 J 1/44	GO 1 J 1/02 H	2 GO 6 6
GO 1 J 5/10	GO 1 J 1/44 D	
GO 1 J 5/48	GO 1 J 1/44 E	
	GO 1 J 5/10 B	
審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 41 頁) 最終頁に続く		

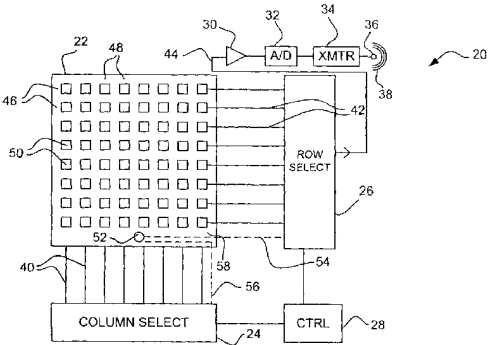
(21) 出願番号 特願2002-553082 (P2002-553082)	(71) 出願人 500575824
(86) (22) 出願日 平成13年12月20日 (2001.12.20)	ハネウェル・インターナショナル・インコーポレーテッド
(85) 翻訳文提出日 平成15年6月26日 (2003.6.26)	アメリカ合衆国ニュージャージー州07962, モーリスタウン, コロンビア・ロード 101
(86) 国際出願番号 PCT/US2001/050077	
(87) 国際公開番号 W02002/052233	(74) 代理人 100089705
(87) 国際公開日 平成14年7月4日 (2002.7.4)	弁理士 社本 一夫
(31) 優先権主張番号 09/748,795	(74) 代理人 100076691
(32) 優先日 平成12年12月26日 (2000.12.26)	弁理士 増井 忠式
(33) 優先権主張国 米国 (US)	(74) 代理人 100075270
	弁理士 小林 泰
	(74) 代理人 100080137
	弁理士 千葉 昭男
	最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 軽量赤外線カメラ

(57) 【要約】

シャッター、チョッパー又は熱電安定器を必要としない軽量カメラ（20）又は検出器である。軽量材料及び軽量パッケージング技術を用い、そして幾つかの実施形態においては、較正、補償及び処理ハードウェアの一部又は全部をカメラ（20）それ自体から遠隔の局（100）に移動する。周囲温度で動作し得るそのようなシャッター無しの軽量IRカメラは、超小型航空機（MAV）又は類似のものに取り付けられることができ、生のIRセンサ・データが、地上局（100）により受信され、処理される。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

焦点光学系と、各放射線検出器素子（５０）が当該放射線検出器素子（５０）に当たる放射レベルに関連した生の出力信号を与える複数の放射線検出器素子（２２）と、前記複数の放射線検出器素子（２２）に結合され、前記の生の検出器出力信号を送信する送信機（３４）とを有する軽量の赤外線カメラと、  
前記の送信された生の検出器出力信号を受信する遠隔の受信局（１００）と  
を備えることを特徴とする赤外線カメラシステム（２０）。

## 【請求項 2】

前記遠隔の受信局（１００）は、  
前記の受信された生の検出器出力信号を補償するための複数の較正值と、  
前記の受信された生の検出器出力信号を前記較正值の関数として補償するための補償器（１１８）とを含む補償手段により特徴付けられる、請求項 1 記載の赤外線カメラシステム（２０）。

## 【請求項 3】

前記複数の放射線検出器素子（２２）は周囲温度に対する感度を有し、  
前記補償手段は、周囲温度に対する感度を補償する、請求項 2 記載の赤外線カメラシステム（２０）。

## 【請求項 4】

前記補償手段は、前記の受信された生の検出器出力信号を少なくとも部分的に前記の受信された生の検出器出力信号の複数の値の関数として補償する、請求項 2 記載の赤外線カメラシステム（２０）。

## 【請求項 5】

前記補償手段は、送信された温度信号を受信し、且つ前記の受信された生の検出器出力信号を前記送信された温度信号の関数として補償する、請求項 2 記載の赤外線カメラシステム（２０）。

## 【請求項 6】

焦点光学系と、  
検出器素子（５０）に当たる放射量の関数として変わる出力を有する複数の検出器素子（５０）と、  
特定の検出器素子（３０４）を選択し且つ前記の選択された検出器素子（３０４）に対応する検出器素子出力を出力する選択器（３０６）と、  
前記選択器（３０６）に結合され、前記検出器素子出力に対応する信号（３８）を送信する送信機（３４）と  
を備えることを特徴とする軽量赤外線カメラ（２０）。

## 【請求項 7】

出力を有する温度センサ（５２）を更に備え、  
前記温度センサ（５２）の出力は、前記送信機（３４）に動作可能に結合され、  
前記送信機（３４）は、前記温度センサの出力に対応する少なくとも 1 つの信号を送信する、請求項 6 記載の軽量赤外線カメラ。

## 【請求項 8】

前記検出器素子（５０６）は、一体化された真空パッケージ（５００）内に配設されている、請求項 6 記載の軽量赤外線カメラ。

## 【請求項 9】

前記光学系は、フレーム（５２６）により支持されたレンズ（５２２）を含み、前記フレーム（５２６）は、前記レンズ（５２２）が前記検出器からある距離に配設されるように前記レンズ（５２２）に動作可能に結合される、請求項 6 記載の軽量赤外線カメラ。

## 【請求項 10】

セラミック・マザーボード（５２８）と、  
出力信号を与えるマイクロボロメータ・アレイ（２２）と、

10

20

30

40

50

前記セラミック・マザーボード(528)に取り付けられたマイクロボロメータ・アレイ(506)と、  
フレーム(526)により支持されたレンズ(522)と、を備え、  
前記フレーム(526)が、前記レンズ(522)を前記マイクロボロメータ・アレイ(22)から設定された距離に取り付けることを特徴とする軽量カメラ(520)。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

関連出願の相互参照

本発明は、発明の名称が「赤外線カメラ用レンズ(LENS FOR INFRARED CAMERA)」であり 10  
\_\_\_\_\_  
付けで出願された米国特許出願Serial No. \_\_\_\_\_、及び発明の名称が「マ  
イクロボロメータを動作させるシステム(MICROBOLOMETER OPERATING SYSTEM)」であり  
\_\_\_\_\_  
付けで出願された米国特許出願Serial No. \_\_\_\_\_に関連する。

【0002】

発明の分野

本発明は、一般に赤外線(IR)カメラ及び検出器に関する。より詳細には、本発明は、  
軽量赤外線(IR)カメラ及び検出器に関する。

【0003】

発明の背景

赤外線カメラ及び検出器は一般的に、そしてマイクロボロメータ・カメラは特に、当業者 20  
に周知である。例えば、米国特許No. 5,688,699、No. 5,999,211  
、No. 5,420,419、No. 6,026,337を参照されたい。これらの米国  
特許は本明細書に援用されている。赤外線マイクロボロメータ・カメラは通常赤外線を敏  
感に検知する検出器のアレイを含み、それぞれの検出器は温度と共に変化する抵抗を有し  
、各検出器は幾つかの方法で形成し得る赤外線吸収体を有する。例えば、米国特許No.  
5,939,971及びNo. 5,729,019を参照されたい。これら米国特許は本  
明細書に援用されている。

【0004】

動作中に、到来する赤外放射線は、各検知検出器を、受け取られた赤外放射線量に比例し 30  
て加熱する。次いで、検知検出器は、通常1個ごとに問い合わせられ、検知検出器の抵抗  
、従って受け取られた赤外放射線量を決定する。典型的には、サポートする電子機器をカ  
メラに設けて、検出器出力信号を処理し、校正及び補償を行い、その結果生じる画イメ  
ージを与える。

【0005】

熱を用いて、到来する赤外線エネルギー量を測定するので、マイクロボロメータ・アレイの  
周囲温度の変化は、検出器信号に著しく影響を与える。これを補償するため、多くの赤外  
線カメラ又は検出器は、熱電安定器を有して、アレイの温度を調整する。一例では、熱電  
安定器を用いて、アレイ温度を既知の値に維持する。熱電安定器を用いることの制約は、  
それらが著しいパワーを引き出し、そして著しい重量をシステムに加える場合があること  
である。 40

【0006】

製造公差のため、カメラ内の各検知検出器は、そのシステム内の他の検出器とは僅かに異  
なるゼロ点を有することがあり得る。これらの検出器毎の差違を補償するため、多くの赤  
外線カメラ又は検出器は、ゼロ放射基線値を与える手段を有し、そのゼロ放射基線値を利  
用可能にして、検出器出力信号を解釈又は校正する。ゼロ放射基線を与える1つの方法は  
、シャッター又はチョッパを用いて、到来する赤外線エネルギーを周期的に阻止する方法  
である。シャッター又はチョッパが作動されるとき、ゼロ放射基線が読み取られて格納  
される。このアプローチの制約は、シャッター又はチョッパがシステムに対して著しい  
複雑さ及び重量を加えることになり、そのことは、一部の応用にとって、特に問題となる  
場合がある。ゼロ放射基線を与える別の方法は、カメラを空のような一様な赤外線源に周 50

期的に向ける方法である。しかしながら、この方法は、カメラの方向を周期的に変えるためかなりの制御回路を必要とし、再び重量をシステムに加えることになる。

【 0 0 0 7 】

一部の応用にとっては、赤外線カメラの重量は重要である場合がある。例えば、軽量の超小型航空機（M A V）応用においては、赤外線カメラの重量は、航空機の大きさ、飛程及び他の臨界的性能パラメータに著しい影響を与えることになる。これら及び他の応用にとって、軽量の赤外線カメラは非常に望ましいものである。

【 0 0 0 8 】

発明の概要

本発明は、軽量の赤外線カメラを提供することにより従来技術の多くの不利益を克服する。これは、主に、シャッター又はチョッパーを排除し、熱電安定器を排除し、軽量の材料及び軽量のパッケージング技術を用い、及び／又は、較正、補償、処理及び表示のハードウェアの一部をカメラから遠隔の局に移動することにより達成される。

【 0 0 0 9 】

本発明の一つの例示的实施形態においては、赤外線カメラは、マイクロボロメータ・アレイを放射線検知装置として含む。マイクロボロメータ・アレイは複数のアドレス可能な放射線検知検出器を含み、各検出器がその検出器に当たる赤外放射線の強度に依存する出力を有する。

【 0 0 1 0 】

赤外線カメラの重量を低減するため、測定された赤外線信号を、遠隔の局にアナログ又はデジタルの形式で送信し得る。当該信号を、応用に最も良好に適するような無線又は光ファイバ、又は有線により送信し得る。遠隔の局は、その送信された信号を受信し、そしてその信号を、元のマイクロボロメータ検出器アレイに対応するアレイの中にフォーマットする。遠隔の局は、検出器間の差違、及び送信する検出器アレイの周囲温度の変化の両方を補償するための必要な処理ハードウェアを含み得る。また、温度センサをマイクロボロメータ・アレイの近くに設け得て、その温度センサは、希望される場合、信号の較正及び補償に使用のため遠隔の局に送信される温度信号を送ることができる。較正、補償及び／又は処理のハードウェアを赤外線カメラから遠隔の局に移動させることにより、赤外線カメラにおいて著しく重量の節約を実現することができる。

【 0 0 1 1 】

較正及び補償値は、典型的にはマイクロボロメータ・アレイの温度に依存し、典型的には各ボロメータ・アレイ温度に対して、且つアレイ上のそれぞれの個別の検知検出器に対して異なる。遠隔の局は、適用するため適正な較正及び補償値を選択し得る。必要とされる数値が、アレイ温度を変数として用いるアルゴリズムを用いて、それぞれの個別の検知検出器に対して、遠隔の局に格納され、又は発生され得る。

【 0 0 1 2 】

シーンが既知の統計的特性を有するカメラ応用において、例えば、各検知検出器が、通常M A V及び多くの他の移動乗り物応用における場合のように、平均して他の全ての検知検出器と同一である目標を見るとき、補償及び較正值はまた、各検知検出器信号の複数の測定された値を用いることにより地上局内で計算され得る。

【 0 0 1 3 】

赤外線カメラの重量を低減するための別の方法は、マイクロボロメータを、一体化された真空パッケージ（I V P）の中に設ける方法である。一体化された真空パッケージは、マイクロボロメータ検出器アレイを覆うよう適合するキャビティを含む赤外線送信カバーを含み得る。シリコンは典型的なカバー材料である。シリコン・カバーが、共同で軽量の真空パッケージを形成するようマイクロボロメータの基板にボンドされる。好適な実施形態においては、シリコン・カバーは、マイクロボロメータのボンディング・パッドを越えて延長しない。このように構成される場合、I V Pが、マイクロボロメータのボンディング・パッドをマザーボード上のボンド・パッドに直接接続するために用いられる、ワイヤ・ボンド、バンプ・ボンド又は他のボンディング機構を用いて、直接マザーボードにボンデ

イングされ得る。マザーボードは典型的にはセラミックである。これは、I V Pをマザーボードと「ハイブリッド化」することとして知られている。これは、従来のチップ・キャリアの必要性を排除し得て、それは更に、カメラの重量を低減し得る。

【0014】

また、A/D変換器及び/又は送信回路のような、カメラ内の任意のサポートする電子機器をセラミックのマザーボードとハイブリッド化し得ることを意図している。即ち、サポートする電子機器を従来のパッケージ内に含むよりむしろ、サポートする電子機器の集積回路ダイスを直接セラミックのマザーボードに、そのサポートする電子機器をマザーボードに接続するワイヤ・ボンド、 bumps・ボンド又は類似のものを用いて、直接ボンディングし得る。これがまた、カメラの重量を低減し得る。

10

【0015】

赤外線カメラはまたレンズ・システムを用いてよい。レンズ・システムを用いて、到来する赤外放射線を検出器のマイクロボロメータ・アレイ上に焦点合わせする。レンズは、典型的にはゲルマニウム・レンズであり、そしてシングレット、ダブルット、又はトリプレットであり得る。レンズは、チタンのような材料から作られた軽量の支持部材によりセラミックのマザーボードから離間して配置されているのが好ましい。ダブルット又はシングレットの使用は更に、赤外線カメラの重量を低減することができる。ダブルット又はシングレットを用いる場合、その結果生じる画イメージのぼやけが地上局により取り除かれ得る。

【0016】

20

発明の詳細な説明

図1は、本発明に従った第1の例示的赤外線カメラを図示する。この実施形態においては、赤外線カメラは、赤外線エネルギーを受け取り、アレイ温度を測定し、且つ生のデータを遠隔の局に送信する検出器のアレイのみを含む。例示的な遠隔の局が、例えば、図2に示されている。

【0017】

図1の赤外線カメラが、全体的に20で示され、そして放射線検出器のアレイ22、列選択器24、行選択器26、制御器28及び光学的温度センサ52を含む。放射線検出器アレイ22は、多数の放射線検知検出器50を含み、その多数の放射線検知検出器50は、好適な実施形態においては赤外線検知マイクロボロメータである。放射線検出器50は、図示の実施形態においては、一連の列48及び行46に配備されている。制御器28は、列選択器24及び行選択器26を制御するため設けられている。制御器28は、一連の入れ子状にされた行及び列アドレッシング・シーケンスを介して選択器24及び26をステップ状に進めるためのカウンタを含むことができる。一実施形態においては、単一の放射線検出器が、単一の列選択器ライン40及び単一の行選択器ライン42の選択により任意の瞬間における読み出しのためアドレスされ又は選択される。別の実施形態においては、列の全ての検出器が、単一の列の選択により同時に読み出し且つ全ての行信号を行選択器26の中に受け入れるためアドレスされ又は選択され、その後、個々の検出器信号が順次に増幅器30へ通される。一実施形態においては、放射線検出器のアレイ22、列マルチプレクサ又は選択器24、行マルチプレクサ又は選択器26、制御器28及び光学的温度センサ52は、全てマイクロボロメータ装置の部分であり、そして全て同じ基板上に形成される。好適な実施形態においては、35マイクロメートルの大きさのマイクロボロメータの160×120アレイを用いて、マイクロボロメータ・アレイを形成する。

30

40

【0018】

別の実施形態においては、個々の放射線検出器についてゼロ・オフセットを部分的に補償するように、検出器オフセット信号を放射線検出器のアレイに直接印加し得る。そのような非一様性の補正は、米国特許No. 4,752,694に開示されている。この発明に記載されている特定の読み出し回路と共に、米国特許No. 4,752,694におけるオフセット補正回路と類似のオフセット補正回路を用い得て、又は電子技術の当業者に周知である他のオフセット補正回路を、米国特許No. 5,811,808におけるように

50

用い得る。

【0019】

特定の検出器信号が読み出しライン44へ通されるとき、その信号は、選択された放射線検出器に当たる放射線強度に対応し、それは、増幅器30により増幅されることができる。次いで、増幅された信号は、アナログ/デジタル変換器32に与えられ、当該アナログ/デジタル変換器32は、次いで、出力信号を送信機34に与えることができる。一実施形態においては、送信機34は、無線信号38を放出するためのアンテナに結合される。一実施形態においては、信号38は、有線を使用しないで送信される無線周波数信号であり、一方別の実施形態は、赤外線信号を含むことができる光学的な無線伝送を用いる。信号38を電線又は光ファイバを介して送信することもできる。

10

【0020】

光学的温度センサ52は、第1の温度センサ選択器ライン56により選択又はアドレスされることができ、その温度センサ値は、放射線検出器読み出しライン44に結合され得る温度センサ読み出しライン54により読み出されることを意図している。温度センサ値は、追加の値として、一連の送信される放射線検出器値の初め又は終わりに追加され得る。別の実施形態においては、光学的温度センサ52は送信機34に独立に結合され、そして温度センサ値が遠隔の局に周期的に送信される。

【0021】

ここで図2を参照すると、図1の赤外線カメラ20から一連の送信された放射線検出器値及びアレイ温度信号を受信するための遠隔の局100が図示されている。遠隔の局100は、ライン110を介して受信機104に結合されたアンテナ102を含むことができ、当該受信機104は、制御器106にライン108を介して結合されている。制御器106は、ライン112を介して複数の生の放射線検出器データ値を生のデータ構造体、アレイ又は装置114に与えることができる。記憶装置アレイ114は、送信システムから得られた複数の放射線検出器値を格納することができる任意の装置であり得る。その生の値は、補償器118に接続ライン116を介して供給されることができる。図2に図示される実施形態においては、ゼロにする又は増幅定数のような一連の定数が、データ構造体、アレイ又は装置132に格納され、そして補償器118に接続ライン130を介して与えられ得る。

20

【0022】

幾つかの実施形態においては、温度値は、送信システムから受信され、そして温度記憶場所124に、温度又は生の検出器出力値のいずれかとして格納される。温度記憶場所124は、制御器106により供給されることができ、その制御器106は、温度値を、受信された放射線検出器値のストリームから検索し、温度記憶場所124にライン126を介して供給することができる。温度値は、補償器118によりライン128を介して検索されることができる。一実施形態においては、補償器118は、生の放射線検出器信号値114、装置124に格納された温度値、及び装置132に格納された定数を取り出し、そして検出器間の差違及びアレイ周囲温度の両方に対して生の放射線検出器信号値を校正又は補償する。その結果は、一連の補償された値であり得て、その一連の補償された値は、補償された格納データ構造体、装置又はアレイ122にライン120を介して格納されることができる。

30

40

【0023】

一実施形態においては、図1の検出器アレイ22は、検出器毎の差違を測定するため工場試験される。特に、一実施形態においては、ゼロ(0)受信された放射線の基線に各検出器の出力値が、図2の定数アレイ132のようなテーブルに、ある一定の数のアレイ温度を併せて格納される。アレイ132に格納された定数を用いて、図1の各検出器50から受け取られた値を調整して、受信機104により受け取られ且つ生の値アレイ114に格納された値を効果的にゼロにすることができる。

【0024】

単一の温度補償モデルが、補償器118により格納され且つ用いられて、生の値アレイ1

50

14内の全ての検出器の受け取られた値を検出器アレイ22のボード上の温度に従って調整し得る。代替として、別々のモデルを、ある範囲のアレイ温度にわたって各検出器に対して設けてもよい。この実施形態においては、図1の各検出器50の温度依存性を、工場で、又は赤外線カメラ20の配備の前の幾らかの時間に測定することができる。各検出器50の温度依存性は、例えば、異なる組の温度係数を定数記憶アレイ132に格納することにより独立に格納され得る。代替としては、任意の温度記憶場所124を設けなくて、補償器118により実行される補償が、検出器間の差違のみを排除する。

#### 【0025】

制御器106は、受け取られたデータ・ストリームの中の特定の位置を識別することにより温度データを検索し、こうしてボード上の温度センサ値を分離し得る。代替として、温度センサ値は、1ビット又は特定の一連のビットにより効果的にマークを付され、温度センサ値を、受信された放射線強度値では無く温度値として識別し得る。

10

#### 【0026】

ここで図3を参照すると、図1の赤外線カメラ20により送信されたように送信された放射線検出器信号値を受信するため用いられることができる別の遠隔の局200が図示されている。遠隔の局200は、先に説明され且つ図2に同一の参照番号を付されている多くの同じ構成要素の多くを含み、それらを更には説明しない。受信システム200は、入力ライン108を介して受信された信号を処理し、生の検出器データ値を生の検出器記憶装置114の中に出力する制御器206を含む。この実施形態においては、生の検出器値が、時間にわたり検出器毎のベースで格納され、入力ライン233を介して各検出器に対して複数の信号値を与えることができる。時間にわたり平均化された信号値は、目標が同様に同一である場合、全ての検出器50に対して実質的同一であるべきである。しかしながら、検出器間の差違のため、本質的に同一の累積的放射を受け取った検出器は、それにも拘わらず、検出器間の差違のため僅かに異なる放射信号値を出力するであろう。これらの差、又は累積的値が、時間平均データ構造体又はアレイ232に格納され得る。

20

#### 【0027】

一実施形態においては、時間にわたる平均信号値を用いて、検出器値を効果的に正規化する。別の実施形態においては、時間平均アレイ232は、検出器値を時間的平均値にするため必要とされる正又は負の数を格納する。この実施形態においては、補償器218は、入力ライン116を介して生のデータ値を、またライン234を介して時間平均値を獲得して、補償されたデータ・アレイ122に格納された補償されたアレイの値を生成することができる。補償を生の検出器値に適用して、図2に図示されているような、平均値及び受信されたボード上の温度測定値を用いて、検出器間の差違を低減し又は排除することができる。更に、温度補正モデルは、図2に関して説明されたように、補償器218により実行され得る。図2及び図3に示されるような一実施形態においては、既知のイメージのぼやけを生成するカメラ・レンズが採用される場合、補償器118及び218を用いて、イメージのぼやけを許容可能な程度まで除去し得る。

30

#### 【0028】

再び図2及び図3を参照すると、一実施形態においては、温度補償及び検出器間補償及びイメージのぼやけ修復(de-blurring)が、受け取られた検出器データについて働くソフトウェアを実行する汎用コンピュータにより与えられることができる。一実施形態においては、データは、入力ライン108を介して受け取られ、生のデータと、任意に温度データとに分離され、そしてコンピュータ・プログラムを動作させる汎用コンピュータ内のアレイ又は他のデータ構造体に格納される。この実施形態においては、プログラムを実行する汎用コンピュータは、必要とされる定数及び生のデータをアレイのようなデータ記憶装置から検索する。検索されたデータは、プログラムの補償を行う部分内で補償され、そして補償された検出器値を含むデータ記憶範囲に出力されることができる。同要領で、図3に関して、図3のアレイ232に格納された時間平均化されるべき値が、コンピュータ・プログラムを実行する汎用コンピュータ内で平均化されることができる。

40

#### 【0029】

50

図 1 から図 3 の点検から分かることができるように、処理の大きな塊を赤外線カメラで無く遠隔の局で実行することができる。特に、温度補償及び検出器間又はピクセル間の補償又は正規化、及びイメージのぼやけ修復を、受信端、例えば地上局で実行することができる。このようにして、軽量で、時に航空機搭載の赤外線カメラは、地上局が肩代わりした温度補償及び画イメージ処理を持つことができる。

#### 【 0 0 3 0 】

ここで図 4 を参照すると、読み出しを備えるマイクロボロメータ・アレイ内の単一行の検出器 3 0 0 が、図 1 に関して説明した放射線検出器として赤外線検出器を有する実施形態のために図示されている。検出器の行 3 0 2 は、赤外線感応可変抵抗素子 3 0 4 を含むことができ、当該赤外線感応可変抵抗素子 3 0 4 は、その赤外線感応可変抵抗素子 3 0 4 を通って 3 0 7 に流れる可変電流を与える 3 0 5 における基準電圧を供給される。各抵抗素子 3 0 4 は、行選択器回路 3 0 6 及び列選択器ライン 3 1 0 により選択又はアドレスされることができる。対応する行及び列が選択されるとき、選択された検出器素子 3 0 4 を読み出し得る。

10

#### 【 0 0 3 1 】

図 4 に図示されている実施形態においては、n 型トランジスタ 3 0 8 が、行ライン 3 0 6 及び列ライン 3 1 0 の適切な選択によりスイッチングされる。行選択器回路 3 0 6 は伝達ゲート 3 1 8 を含み、当該伝達ゲート 3 1 8 は、p 型トランジスタ 3 1 6 及び n 型トランジスタ 3 1 4 を含む。行の読み出しが希望されるとき、唯 1 つの列アドレッシング・ライン 3 1 0 及び唯 1 つの行読み出しライン 3 0 6 が、典型的には選択される。次いで、電流が、電源 3 0 5 から、選択された可変抵抗素子 3 0 4 及び選択されたトランジスタ 3 0 8 を介して、選択された行読み出しライン 3 1 2 へ流れ、そして共通読み出しライン 3 2 0 へ出ていく。一列の中の全ての検出器が単一の列の選択により同時に読み出すためアドレスされ又は選択される別の実施形態においては、任意の積分器 3 2 1 が、行選択器内の各行に設けられ、そして個々の検出器信号を順次増幅器 3 0 へ通すための手段 3 1 4 が設けられる。

20

#### 【 0 0 3 2 】

ここで図 5 を参照すると、本発明との使用に適した一体型の真空パッケージ ( I V P ) 5 0 0 が図示されている。I V P 5 0 0 は、赤外線透過のシリコン頂部キャップ 5 0 2 を含むのが好ましい。シリコン頂部キャップ 5 0 2 は、マイクロボロメータ検出器構成要素 5 0 8 と位置が合っているキャビティを含むようマイクロマシン加工 ( 微細機械加工 ) されているのが好ましい。シリコン頂部キャップ 5 0 2 は、マイクロボロメータ・アレイ 5 0 8 の基板に接着されて、マイクロボロメータ検出器構成要素 5 0 6 に対して真空環境を与える。そのボンディングは、典型的にはウエハー・スケールで実行される。

30

#### 【 0 0 3 3 】

好適な実施形態においては、シリコン頂部キャップ 5 0 2 にはバイア ( 通路 ) が設けられ、それにより、それはマイクロボロメータのボンディング・パッド 5 1 0 を越えて延長しない。このように構成される場合、I V P 5 0 0 は、マイクロボロメータのボンディング・パッド 5 1 0 をセラミックのマザーボード 5 2 8 上のボンド・パッドに直接接続するため用いられるワイヤ・ボンド、パンプ・ボンド又は他のボンディング機構を用いて、セラミックのマザーボード 5 2 8 に直接ボンディングされ得る。これは、図 6 に一層良く示されているように、I V P 5 0 0 をセラミックのマザーボード 5 2 0 と「ハイブリッド化する」こととして知られている。これは通常のチップ・キャリアの必要性を排除し得て、それはカメラの重量を低減し得る。

40

#### 【 0 0 3 4 】

また、A / D 変換器及び / 又は送信回路のような任意のサポーティング電子機器がセラミックのマザーボード 5 2 8 とハイブリッド化され得ることが意図されている。即ち、通常のパッケージの中にサポーティング電子機器を含むよりむしろ、サポーティング電子機器の集積回路ダイス 5 3 0 が、そのサポーティング電子機器をセラミックのマザーボード 5 2 8 に接続するワイヤ・ボンド、パンプ・ボンド又は類似のものを用いて、セラミックの

50



マザーボード 528 に直接ボンディングされ得る。このこともカメラの重量を低減し得る。

#### 【0035】

図 6 は、本発明の好適な実施形態に従った赤外線カメラ 520 の斜視図を示す。I V P 500 がセラミックのマザーボード 528 に直接ボンディングされて示されている。赤外線カメラ 520 はまた、ゲルマニウムのトリプレットレンズ 522 を含み、当該ゲルマニウムのトリプレットレンズ 522 は、3 つの個別のゲルマニウム・レンズ要素 524 を含み、それら 3 つの個別のゲルマニウム・レンズ要素 524 は、セラミックのマザーボード 528 に取り付けられた複数のチタン製スペーサ脚部 526 によりそれぞれ離間して配置されることができる。レンズ・システムを用いて、到来する赤外放射線を I V P 500 内のマイクロボロメータ・アレイ上に焦点合わせする。放射線遮蔽部材が漂遊放射線を低減するためアレイ（図示せず）の周りに追加され得る。セラミックのマザーボードは、多層構成が好ましく、そして各側で約 2.54 cm（1 インチ（1 ））である。セラミックを用いて、赤外線カメラ 520 の重量を更に低減するのが好ましい。一実施形態においては、赤外線カメラ 520 は、D C 供給電圧を受け入れ、そしてデータに対応する 12 ビット・デジタル・データを、I V P 500 内のマイクロボロメータ・アレイ 506 により与えられる送信機に供給する。

#### 【0036】

図 6 の点検から分かることができるように、赤外線カメラ 520 は、図示の一実施形態において、シャッターを必要とせず、温度安定を必要とせず、そしてぼやけたイメージを生成する軽量レンズを用い得る。上記に示したように、ボード上の温度調整は、著しい重量をカメラに加えることになり得る。シャッター又はチョッパー、温度安定器、高品質レンズ及び複雑なボード上の処理の好ましい欠如が組み合わさって、極端に軽量の赤外線カメラ又は検出器を提供することができる。一実施形態において、カメラシステム 520 は、25 グラムより少ない重さであり、又はより好ましくは 10 グラムより少ない重量である。

#### 【0037】

本発明により提供されることができるとような軽量の赤外線カメラは、幾つかの応用にとって理想的である。一つの応用において、ダウンローディング能力を有する軽量の超小型航空機（M A V）を用いて、選択された範囲の生の赤外線イメージを R F リンクを介して地上局に中継することができる。別の応用においては、使い捨ての唯 1 回の使用の軽量赤外線カメラは、小さいシュートにより遅くされた下方にドリフトする発射体の使用を通して配備されて、識別目標に関して最大時間を与えることができる。別の応用においては、本発明は、ヘルメットに取り付けられた検知装置の中に組み込まれ得る。多数の他の応用が企画される。

#### 【0038】

本願の書類によりカバーされる本発明の多数の利点が、上記の記載において説明された。しかしながら、この開示は多くの点で例示のみであることが理解されるであろう。変更が、本発明の範囲を越えることなしに、詳細に、特に、構成要素の形状、大きさ及び構成において行い得る。勿論、本発明の範囲は、特許請求の範囲を表す言葉で定義されるものである。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0039】

【図 1】図 1 は、複数の放射線検知検出器、マルチプレクサ及び送信機を有するシャッター無しの放射線検出器装置の概略図である。

【図 2】図 2 は、図 1 におけるようなシステムから受信された生の信号値を補償する温度補償器を含み、当該補償器がアレイ温度と共に変わり且つ典型的には各検知検出器に対して異なる値を用いる、送信された信号値を受信するための受信システムを示す。

【図 3】図 3 は、検出器間の差を補償するため複数の信号値を用いる補償器を含む、図 1 におけるようなシステムから送信された放射線信号値を受信する受信システムの概略図で

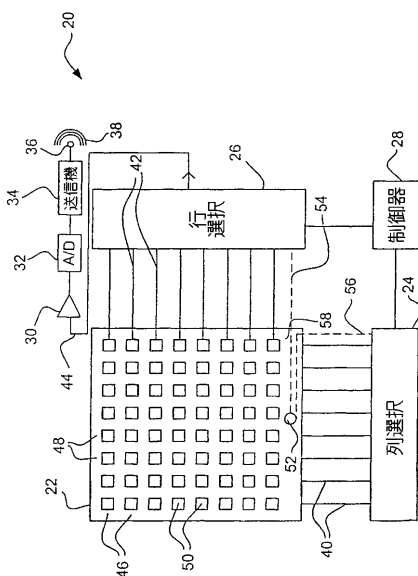
ある。

【図 4】図 4 は、図 1 の放射線検出器装置の一実施形態に用いられる 1 行の赤外線検出器及びサンプリング回路の概略図である。

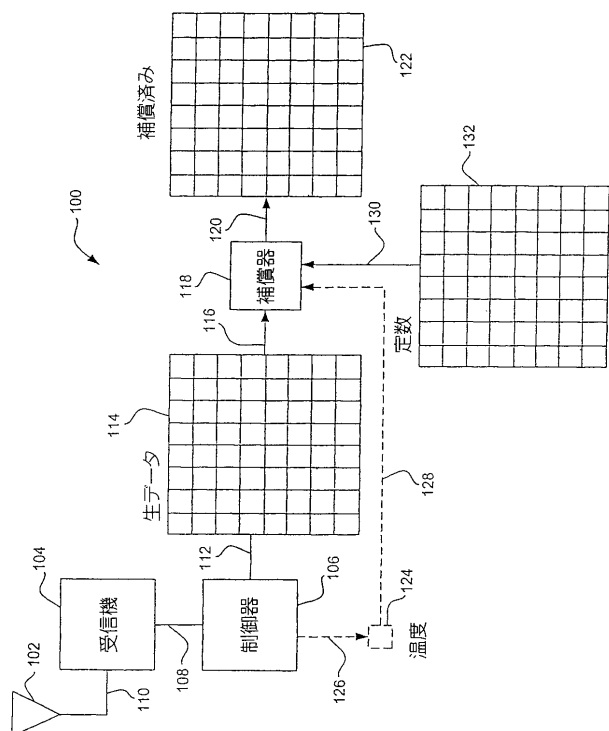
【図 5】図 5 は、ボロメータ・アレイに対して真空環境を与える赤外線透過のシリコン頂部キャップを含む一体型真空パッケージの切開斜視図である。

【図 6】図 6 は、ハイブリッド回路ボード上に複数の脚部により、図 5 におけるような一体型真空パッケージ・アレイから離間して配置されているトリプレットレンズを含むカメラシステムの斜視図である。

【図 1】



【図 2】





## 【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  
4 July 2002 (04.07.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 02/052233 A2

(51) International Patent Classification: G01J 5/00

(21) International Application Number: PCT/US01/50077

(22) International Filing Date:  
20 December 2001 (20.12.2001)

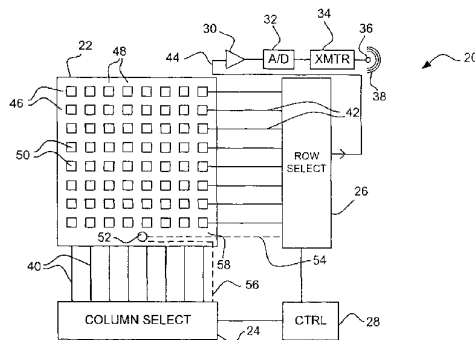
(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:  
09/748,795 26 December 2000 (26.12.2000) US(71) Applicant: HONEYWELL INTERNATIONAL INC.  
[US/US]; 101 Columbia Road, P.O. Box 2245, Morris-  
town, NJ 07960 (US).(72) Inventor: WOOD, Roland, Andrew; 150 East Mission  
Lane, Bloomington, MN 55420 (US).(74) Agents: CRISS, Roger, H. et al.; Honeywell International  
Inc., 101 Columbia Avenue, P.O. Box 2245, Morristown,  
NJ 07960 (US).(81) Designated States (national): AE, AL, AM, AT, AU, AZ,  
BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, DT, ES, FI, GB, GD, GE, GR, GM, GU, HK, HU, ID, IL,  
IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU,  
LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT,  
RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA,  
UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW.(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM,  
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),  
Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),  
European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR,  
GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SI, TR), OAPI patent  
(BF, BJ, CI, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,  
NE, SN, TD, TG).Published:  
— without international search report and to be republished  
upon receipt of that report

[Continued on next page]

(54) Title: LIGHTWEIGHT INFRARED CAMERA



(57) Abstract: A lightweight camera (20) or detector that does not require a shutter, chopper or thermoelectric stabilizer. Lightweight materials and lightweight packaging techniques are used, and in some embodiments, some or all of the calibration, compensation and processing hardware are moved from the camera (20) itself to a remote station (100). Such a shutterless, lightweight, IR camera, which may operate at ambient temperature, can be mounted on a micro air vehicle (MAV) or the like, with the raw IR sensor data received and processed by a ground station (100).

WO 02/052233 A2

---

**WO 02/052233 A2**

*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.*

WO 02/052233

PCT/US01/50077

**LIGHTWEIGHT INFRARED CAMERA**Cross Reference to Related Applications

The present application is related to U.S. Patent Application Serial No. \_\_\_\_\_, filed \_\_\_\_\_, entitled "LENS FOR INFRARED CAMERA", and  
5 U.S. Patent Application Serial No. \_\_\_\_\_, filed \_\_\_\_\_, entitled  
"MICROBOLOMETER OPERATING SYSTEM".

Field of the Invention

The present invention relates generally to infrared (IR) cameras and detectors.  
More particularly, the present invention relates to lightweight infrared (IR) cameras  
10 and detectors.

Background of the Invention

Infrared cameras and detectors in general, and microbolometer cameras in particular, are well known to those skilled in the art. See, for example, U.S. Patent Nos. 5,688,699; 5,999,211; 5,420,419; and 6,026,337, all of which are incorporated  
15 herein by reference. Infrared microbolometer cameras typically include an array of infrared sensitive sensing detectors, each having a resistance that changes with temperature, with each detector having an infrared absorber that may be formed in several ways. See, for example, U.S. Patent Nos. 5,939,971 and 5,729,019, herein incorporated by reference.

20 During operation, the incoming infrared radiation heats each sensing detector in proportion to the amount of infrared radiation received. The sensing detectors are then queried, typically one by one, to determine the resistance of the sensing detectors, and thus the amount of infrared radiation received. Typically, supporting electronics are provided with the camera to process the detector output signals,  
25 provide calibration and compensation, and provide a resulting image.

Because heat is used to measure the amount of incoming infrared energy, changes in the ambient temperature of the microbolometer array can significantly affect the detector signals. To compensate for this, many infrared cameras or detectors have a thermoelectric stabilizer to regulate the temperature of the array. In  
30 one example, thermoelectric stabilizers are used to maintain the array temperature at a

WO 02/052233

PCT/US01/50077

known value. A limitation of using thermoelectric stabilizers is that they can draw significant power and can add significant weight to the system.

Because of manufacturing tolerances, each sensing detector in the camera may have a slightly different zero point than other detectors within the system. To compensate for these detector-to-detector differences, many infrared cameras or detectors have a means for providing a zero radiation baseline value, which is made available to interpret or calibrate the detector output signals. One method for providing the zero radiation baseline is to use a shutter or chopper to periodically block the incoming infrared energy. When the shutter or chopper is activated, a zero radiation baseline is read and stored. A limitation of this approach is that the shutter or chopper can add significant complexity and weight to the system, which for some applications, can be particularly problematic. Another approach for providing a zero radiation baseline is to periodically point the camera at a uniform infrared source such as the sky. This, however, can require significant control circuitry to periodically change the direction of the camera, again adding weight to the system.

For some applications, the weight of the infrared camera can be important. For example, in lightweight micro air vehicle (MAV) applications, the weight of the infrared camera can significantly impact the size, range and other critical performance parameters of the vehicle. For these and other applications, a lightweight infrared camera would be highly desirable.

#### Summary of the Invention

The present invention overcomes many disadvantages of the prior art by providing a lightweight infrared camera. This is accomplished primarily by eliminating the shutter or chopper, eliminating the thermoelectric stabilizer, using lightweight materials and lightweight packaging techniques, and/or moving some of the calibration, compensation, processing and display hardware from the camera to a remote station.

In one illustrative embodiment of the present invention, the infrared camera includes a microbolometer array as the radiation sensing device. The microbolometer array includes a plurality of addressable radiation sensing detectors each having an output that depends on the intensity of the infrared radiation that strikes the detector.

WO 02/052233

PCT/US01/50077

To reduce the weight of the infrared camera, the measured infrared signals may be transmitted to a remote station in analog or digital form. The signals may be transmitted by wireless or optical fibers or wires as best suits the application. The remote station receives the transmitted signals, and format the signals into an array that corresponds to the original microbolometer detector array. The remote station may include the necessary processing hardware for compensating both inter-detector differences and variations in the ambient temperature of the transmitting detector array. A temperature sensor also may be provided near the microbolometer array, which can send a temperature signal that is transmitted to the remote station for use in signal calibration and compensation, if desired. By moving the calibration, compensation and/or processing hardware from the infrared camera to the remote station, significant weight savings can be realized in the infrared camera.

The calibrating and compensating values are typically dependent upon the temperature of the microbolometer array, typically being different for each bolometer array temperature and for each individual sensing detector on the array. The remote station may select the proper calibrating and compensating values to apply. The required numbers may be stored in the remote station, or generated for each individual sensing detector using algorithms which use the array temperature as a variable.

In camera applications in which the scene has known statistical properties, for example, when each sensing detector views a target which on average is identical to every other sensing detector, as is usually the case in MAV and many other moving-vehicle applications, the compensating and calibrating values may also be computed within the ground station by using multiple measured values of each sensing detector signal.

Another way to reduce the weight of the infrared camera is to provide the microbolometer in an integrated vacuum package (IVP). An integrated vacuum package may include an infrared transmitting cover that includes a cavity that fits over the microbolometer detector array. Silicon is a typical cover material. The silicon cover is bonded to the microbolometer substrate to collectively form a lightweight vacuum package. In a preferred embodiment, the silicon cover does not extend over the bonding pads of the microbolometer. Configured in this way, the IVP



WO 02/052233

PCT/US01/50077

may be directly bonded to a motherboard, with wire bonds, bump bonds or other bonding mechanisms used to directly connecting the bonding pads of the microbolometer to bond pads on the motherboard. Motherboards are typically ceramic. This is known as "hybridizing" the IVP with the motherboard. This may  
5 eliminate the need for a conventional chip carrier, which may further reduce the weight of the camera.

It is also contemplated that any supporting electronics in the camera, such as A/D converters and/or transmitting circuitry, may be hybridized with the ceramic motherboard. That is, rather than including the supporting electronics in conventional  
10 packages, the integrated circuit dice of the supporting electronics may be directly bonded to the ceramic motherboard, with wire bonds, bump bonds or the like connecting the supporting electronics to the motherboard. This may also reduce the weight of the camera.

The infrared camera may also use a lens system. The lens system is used to  
15 focus the incoming infrared radiation on the microbolometer array of detectors. The lens is typically a germanium lens, and may be a singlet, doublet, or triplet. The lens is preferably spaced from the ceramic motherboard by lightweight supports made from a material such as titanium. The use of doublets or singlets can further reduce the weight of the infrared camera. If doublets or singlets are used, the resulting image  
20 blur may be removed by the ground station.

#### Brief Description of the Drawings

Figure 1 is a schematic view of a shutterless radiation detector device having a plurality of radiation sensing detector, a multiplexer, and a transmitter;

Figure 2 is a receiving system for receiving transmitted signal values including  
25 a temperature compensator for compensating raw, received signal values from a system as in Figure 1, the compensator using values which vary with array temperature, and which are typically different for each sensing detector;

Figure 3 is a schematic view of a receiving system for receiving transmitted radiation signal values from a system as in Figure 1, including a compensator using  
30 multiple signal values to compensate for inter-detector differences;

WO 02/052233

PCT/US01/50077

Figure 4 is a schematic view of a row of infrared detectors and sampling circuitry which is used in one embodiment of the radiation detector device of Figure 1;

Figure 5 is a cutaway, perspective view of an integral vacuum package including an infrared transparent silicon top cap providing a vacuum environment for a bolometer array; and

Figure 6 is a perspective view of a camera system including a triplet lens spaced from an integral vacuum package array as in Figure 5 by multiple legs upon a hybrid circuit board.

10 Detailed Description of the Invention

Figure 1 illustrates a first illustrative infrared camera in accordance with the present invention. In this embodiment, the infrared camera only contains an array of detectors for receiving the infrared energy, measuring array temperature, and transmitting the raw data to a remote station. An illustrative remote station is shown in, for example, Figure 2.

The infrared camera of Figure 1 is generally shown at 20, and includes an array of radiation detectors 22, a column selector 24, a row selector 26, a controller 28, and an optional temperature sensor 52. Radiation detector array 22 includes numerous radiation sensing detectors 50 which, in a preferred embodiment, are infrared sensing microbolometers. Radiation detectors 50, in the embodiment illustrated, are deployed in a series of columns 48, and rows 46. A controller 28 is provided for controlling column selector 24 and row selector 26. Controller 28 can include a counter for stepping selectors 24 and 26 through a series of nested row and column addressing sequences. In one embodiment, a single radiation detector is addressed or selected for a reading at any instant in time by the selection of a single column selector line 40 and a single row selector line 42. In another embodiment, all detectors in a column are addressed or selected for reading simultaneously, by the selection of a single column and accepting all row signals into row selector 26, after which individual detector signals are passed out sequentially to the amplifier 30. In one embodiment, the array of radiation detectors 22, the column multiplexer or selector 24, the row multiplexer or selector 26, the controller 28, and the optional

WO 02/052233

PCT/US01/50077

temperature sensor 52 are all part of the microbolometer device and are all formed on the same substrate. In a preferred embodiment, a 160 by 120 (160x120) array of 35-micrometer sized microbolometers is used to form the microbolometer array.

In another embodiment, detector offset signals may be applied directly to the array of radiation detectors, so as to partially compensate the individual radiation detectors for zero offsets. Such non-uniformity correction is disclosed in U.S. Patent No. 4,752,694. With particular readout circuits described in this invention, offset correction circuits similar to those in U.S. Patent No. 4,752,694 may be used, or other offset correction circuits well known to persons skilled in the electronic arts may be employed, as in U.S. Patent No. 5,811,808.

When a particular detector signal is passed to readout line 44, that signal corresponds to the radiation intensity striking the selected radiation detector, which can be amplified by an amplifier 30. The amplified signal is then provided to an analog-to-digital converter 32, which can, in turn, provides an output signal to a transmitter 34. In the embodiment illustrated, transmitter 34 is coupled to an antenna 36 for emitting wireless signals 38. In one embodiment, signals 38 are radio frequency signals transmitted without wires, while another embodiment uses optical wireless transmissions, which can include infrared signals. Signals 38 can also be transmitted over electrical wires or optical fibers.

It is contemplated that temperature sensor 52 can be selected or addressed by a first temperature sensor selector line 56 with the temperature sensor value being read out by a temperature sensor readout line 54 which may be coupled to radiation detector readout line 44. The temperature sensor value may be added as an additional value at the beginning or the end of a series of transmitted radiation detector values.

In another embodiment, the temperature sensor 52 is coupled independently to transmitter 34, and the temperature sensor value is periodically transmitted to the remote station.

Referring now to Figure 2, a remote station 100 is illustrated for receiving a series of transmitted radiation detector values and array temperature signals from the camera 20 of Figure 1. Remote station 100 can include an antenna 102 coupled to a receiver 104 through line 110, with receiver 104 being coupled to a controller 106

WO 02/052233

PCT/US01/50077

though a line 108. Controller 106 can provide a raw data structure, array or device 114 with a plurality of raw radiation detector data values through a line 112. Storage device array 114 can be any device capable of storing the plurality of radiation detector values obtained from the transmitting system. The raw values can be fed to a compensator 118 through a connecting line 116. In the embodiment illustrated in Figure 2, a series of constants, such as zeroing or amplification constants, may be stored in a data structure, array or device 132 and provided to comparator 118 through a connecting line 130.

In some embodiments, a temperature value is received from the transmitting system and stored in a temperature storage location 124, either as a temperature or a raw detector output value. Temperature storage location 124 can be supplied by controller 106 which can retrieve the temperature value from the stream of received radiation detector values and supplied to temperature storage location 124 through line 126. The temperature value can be retrieved by compensator 118 through line 128. In one embodiment, compensator 118 takes the raw radiation detector signal values 114, the temperature values stored in device 124 and the constants stored in device 132, and calibrates or compensates the raw radiation detector signal values both for inter-detector differences and for the array ambient temperature. The result may be a series of compensated values that can be stored in a compensated storage data structure, device, or array 122 through line 120.

In one embodiment, detector array 22 of Figure 1 is tested at the factory to measure differences from detector to detector. In particular, in one embodiment, the output values of each detector at a baseline of zero (0) received radiation is stored in a table such as constant array 132 of Figure 2, plus a number of array temperatures. The constants stored in array 132 can be used to adjust the values received from each detector 50 of Figure 1 to effectively zero the values received by receiver 104 and stored in raw value array 114.

A single temperature compensation model may be stored and used by compensator 118 to adjust the received values of all detectors in raw array 114 according to the onboard temperature of detector array 22. Alternatively, a separate model may be provided for each detector across a range of array temperatures. In this

WO 02/052233

PCT/US01/50077

embodiment, the temperature dependence of each detector 50 of Figure 1 can be measured at the factory or at some time prior to deployment of the infrared camera 20. The temperature dependence of each detector 50 may be independently stored, for example, by storing a different set of temperature coefficients in constant storage array 132. Alternatively, optional temperature storage location 124 is not provided, and the compensation performed by compensator 118 eliminates only the inter-detector differences.

It is contemplated that the controller 106 may retrieve the temperature data by identifying a particular location in the received data stream, thus isolating the onboard temperature sensor value. Alternatively, the temperature sensor value may be effectively marked by a bit or a particular series of bits to identify the temperature sensor value as a temperature value, rather than a received radiation intensity value.

Referring now to Figure 3, another remote station 200 is illustrated which can be used to receive transmitted radiation detector signal values as transmitted by infrared camera 20 of Figure 1. Remote station 200 includes many of the same components previously described and identically numbered in Figure 2, which are not discussed further. Receiving system 200 includes a controller 206 for processing received signals through input line 108, outputting raw detector data values into raw detector storage device 114. In this embodiment, the raw detector values can be stored over time on a detector-by-detector basis, providing multiple signal values for each detector through input line 233. The signal values, averaged over time, should be substantially identical for all detectors 50 if the target is similarly identical. However, due to the inter-detector differences, detectors that received essentially identical cumulative radiation, will nonetheless output slightly different radiation signal values due to the inter-detector differences. These differences, or the cumulative values, may be stored in time average data structure or array 232.

In one embodiment, the average signal values over time are used to effectively normalize the detector values. In another embodiment, time average array 232 stores the positive or negative number required to bring the detector value to the average over time. In this embodiment, a compensator 218 can obtain the raw data values through input line 116 and the time average values through line 234, producing a

WO 02/052233

PCT/US01/50077

compensated array of values stored in compensated data array 122. Compensation can be applied to the raw detector values to reduce or eliminate inter-detector differences using time average values and a received onboard temperature measurement, such as illustrated in Figure 2. Further, a temperature correction model  
5 may be performed by compensator 218, as discussed with respect to Figure 2. In one embodiment, such as shown in Figures 2 and 3, if a camera lens is employed which produces a known image blurring, the compensators 118 and 218 may be used to remove the image blur to an acceptable degree.

Referring again to Figures 2 and 3, in one embodiment, the temperature  
10 compensation and inter-detector compensation and image de-blurring can be provided by a general purpose computer executing software operating upon the received detector data. In one embodiment, the data is received through input line 108, separated into raw data and, optionally, temperature data, and stored into arrays or other data structures within a general purpose computer operating a computer  
15 program. In this embodiment, the general purpose computer running the program can retrieve the needed constants and raw data, from data stores such as arrays. The retrieved data can be compensated within a compensating portion of the program, and output to a data storage area containing the compensated detector values. In a similar manner, with respect to Figure 3, the time averaged values stored in array 232 of  
20 Figure 3 can be averaged within a general purpose computer executing a computer program.

As can be seen from inspection of Figures 1-3, the bulk of the processing can be performed in the remote station, rather than in the infrared camera. In particular, the temperature compensation and inter-detector or inter-pixel compensation or  
25 normalization, and image de-blurring can be performed at the receiving end, for example, at a ground station. In this way, a lightweight, sometimes airborne, infrared camera can have the temperature compensation and image processing offloaded to the ground station.

Referring now to Figure 4, a single row of detectors 300 in a microbolometer  
30 array with readout is illustrated, for an embodiment having infrared detectors as the radiation detectors discussed with respect to Figure 1. Detector row 302 can include

WO 02/052233

PCT/US01/50077

infrared sensitive variable resistance elements 304 which are supplied with a reference voltage at 305 providing a variable current therethrough at 307. Each resistance element 304 can be selected or addressed by a row selector circuit 306 and a column selector line 310. When the corresponding row and column are selected, the  
5 selected detector element 304 may be read.

In the embodiment illustrated in Figure 4, an n-type transistor 308 is switched by the proper selection of a row line 306 and a column line 310. Row selector circuit 306 includes a transmission gate 318 which includes a p-type transistor 316 and an n-type transistor 314. When the reading of a row is desired, only one column  
10 addressing line 310 and one row readout line 306 are typically selected. Current then flows from the power supply 305, through the selected variable resistance element 304, through the selected transistor 308 to the selected row readout line 312, and out a common readout line 320. In another embodiment, in which all detectors in a column are addressed or selected for reading simultaneously by the selection of a single  
15 column, an optional integrator 321 is provided for each row within the row selector, and means 314 for passing individual detector signals out sequentially to the amplifier 30.

Referring now to Figure 5, an integral vacuum package (IVP) 500 suitable for use with the current invention is illustrated. IVP 500 preferably includes an infrared  
20 transparent silicon top cap 502. The silicon top cap 502 is preferably micromachined to include a cavity that is in registration with the microbolometer detector elements 508. The silicon top cap 502 is bonded to the substrate of the microbolometer array 508 to provide a vacuum environment for a microbolometer detector elements 506. The bonding is typically performed on a wafer scale.

In a preferred embodiment, the silicon top cap 502 is provided with vias so that it does not extend over the bonding pads 510 of the microbolometer. Configured in this way, the IVP 500 may be directly bonded to a ceramic motherboard 528, with wire bonds, bump bonds or other bonding mechanisms used to directly connecting the bonding pads 510 of the microbolometer to bond pads on the ceramic motherboard  
30 528. This is known as "hybridizing" the IVP 500 with the ceramic motherboard 520,

WO 02/052233

PCT/US01/50077

as better shown in Figure 6. This may eliminate the need for a conventional chip carrier, which may reduce the weight of the camera.

It is also contemplated that any supporting electronics in the camera, such as A/D converters and/or transmitting circuitry, may be hybridized with the ceramic motherboard 528. That is, rather than including the supporting electronics in conventional packages, the integrated circuit dice 530 of the supporting electronics may be directly bonded to the ceramic motherboard 528, with wire bonds, bump bonds or the like connecting the supporting electronics to the ceramic motherboard 528. This may also reduce the weight of the camera.

Figure 6 shows a perspective view of an infrared camera 520 in accordance with a preferred embodiment of the present invention. IVP 500 is shown directly bonded to a ceramic motherboard 528. The infrared camera 520 also includes a germanium triplet lens 522 including three individual germanium lens elements 524 which can be spaced apart by multiple titanium spacer legs 526 mounted on the ceramic motherboard 528. The lens system is used to focus the incoming infrared radiation on the microbolometer array in the IVP 500. Radiation shields may be added around the array (not shown) to reduce the stray radiation. The ceramic motherboard is preferably of multi-layer construction and is about one inch (1") on each side. Ceramic is preferably used to further reduce the weight of the camera 520. In one embodiment, infrared camera 520 accepts DC supply voltages and supplies 12-bit digital data corresponding to the data to the transmitter provided by microbolometer array 506 in IVP 500.

As can be seen from inspection of Figure 6, infrared camera 520, in the embodiment illustrated, requires no shutter and requires no temperature stabilization, and may use a light lens that produces a blurred image. As indicated above, onboard temperature regulation can add significant weight to the camera. The preferred lack of shutter or chopper, temperature stabilizer, high quality lens and complex onboard processing can combine to provide an extremely lightweight infrared camera or detector. In one embodiment, camera system 520 weighs less than 25 grams, or more preferably less than 10 grams.



WO 02/052233

PCT/US01/50077

A lightweight infrared camera, as can be provided by the present invention, is ideal for several applications. In one application, a lightweight micro air vehicle (MAV) can be used with downloading capabilities to relay the raw infrared image of a selected area over an RF link to a ground station. In another application, an expendable, single use, lightweight infrared camera can be deployed through use of a downwardly drifting projectile slowed by a small chute to provide maximum time over the recognizance target. In another application, the present invention may be incorporated into a helmet mounted sensing device. Numerous other applications are contemplated.

Numerous advantages of the invention covered by this document have been set forth in the foregoing description. It will be understood, however, that this disclosure is, in many respects, only illustrative. Changes may be made in details, particularly in matters of shape, size, and arrangement of parts without exceeding the scope of the invention. The invention's scope is, of course, defined in the language in which the appended claims are expressed.

WO 02/052233

PCT/US01/50077

What is claimed is:

1. An infrared camera system (20) characterized by:  
a lightweight infrared camera having a focusing optical system, a plurality of radiation detector elements (22), each detector element (50) providing a raw output signal that is related to the level of radiation striking the detector element (50), and a transmitter (34) coupled to said plurality of radiation detector elements (22) for transmitting the raw detector output signals; and  
a remote receiving station (100) for receiving the transmitted raw detector output signals.
2. An infrared camera system (20) as in claim 1, wherein the remote receiving station (100) is further characterized by compensating means including:  
a plurality of calibration values for compensating the received raw detector output signals; and  
a compensator (118) for compensating said received raw detector output signals as a function of said calibration values.
3. An infrared camera system (20) as in claim 2, wherein the plurality of radiation detector elements (22) have a sensitivity to an ambient temperature, and said compensating means compensates for the sensitivity to ambient temperature.
4. An infrared camera system (20) as in claim 2, wherein the compensation means compensates the received raw detector output signals at least in part as a function of multiple values of the received raw detector output signals.
5. An infrared camera system (20) as in claim 2, wherein the compensation means receives a transmitted temperature signal and compensates the received raw detector output signals as a function of the transmitted temperature signal.
6. A lightweight infrared camera (20), characterized by:

WO 02/052233

PCT/US01/50077

a focusing optical system;  
a plurality of detector elements (50) having outputs varying as a function of the amount of radiation striking said detector elements (50);  
a selector (306) for selecting a particular detector element (304) and outputting a detector element output corresponding to the selected detector element (304); and  
a transmitter (34) coupled to said selector (306) for transmitting a signal (38) corresponding to the detector element output.

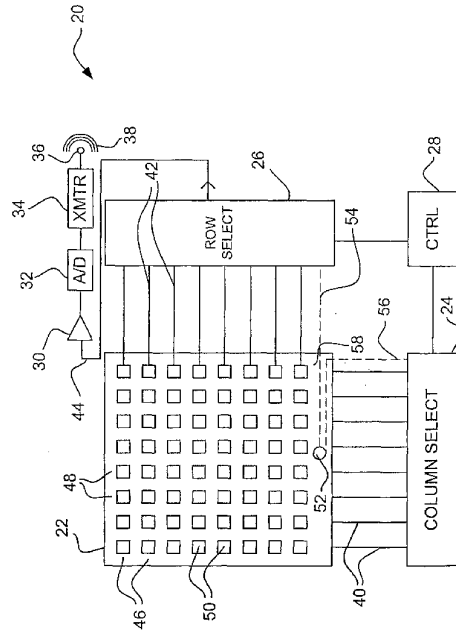
7. A lightweight camera as in claim 6 further comprising:  
a temperature sensor (52) having an output wherein said temperature sensor (52) output is operably coupled to said transmitter (34) and said transmitter (34) transmits at least one signal corresponding to said temperature sensor output.

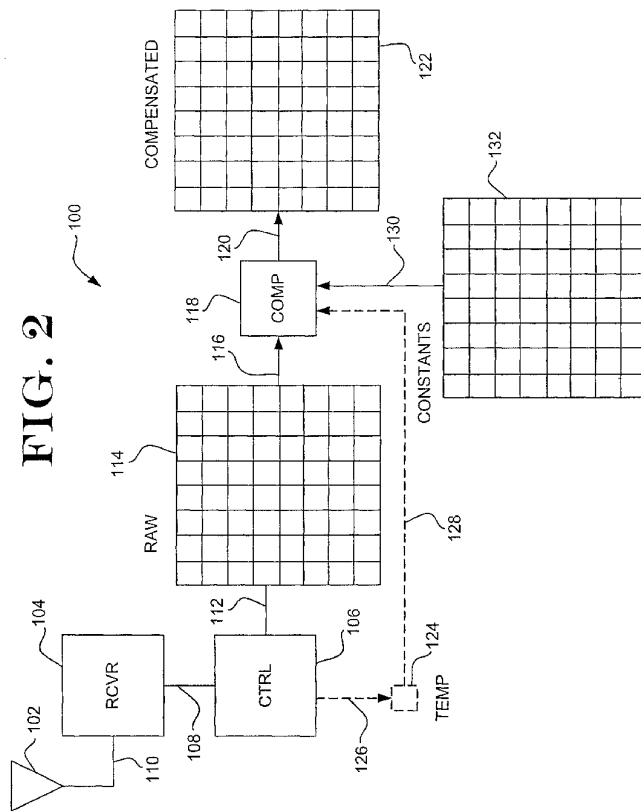
8. A lightweight camera as in claim 6, wherein said detectors elements (506) are disposed within an integrated vacuum package (500).

9. A lightweight camera as in claim 6, in which said optical system includes a lens (522) supported by a frame (526), wherein said frame (526) is operably coupled to said lens (522) such that said lens (522) is disposed at a distance from said detectors.

10. A lightweight camera (520), characterized by:  
a ceramic motherboard (528);  
a microbolometer array (22) for providing an output signal, the microbolometer array (506) mounted to the ceramic motherboard (528); and  
a lens (522) supported by a frame (526), the frame (526) mounting the lens (522) a set distance from said microbolometer array (22).

FIG. 1





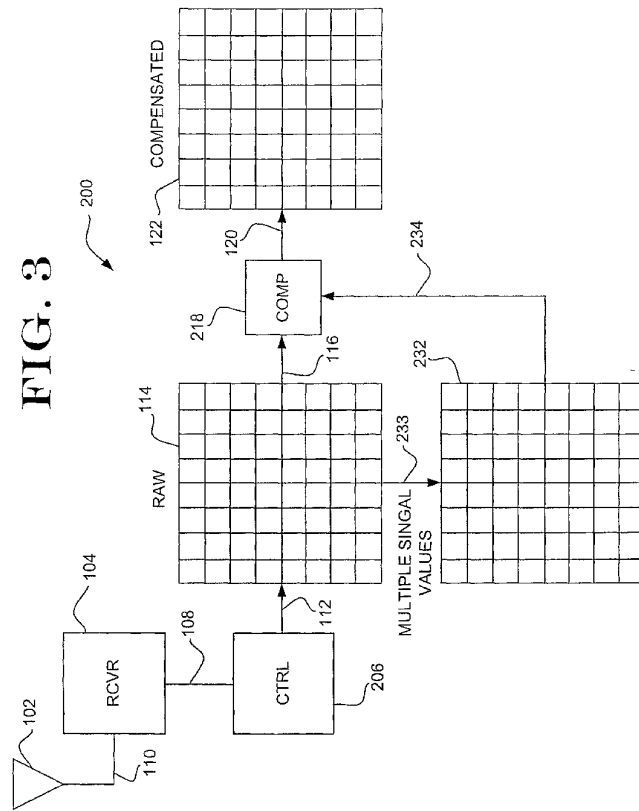
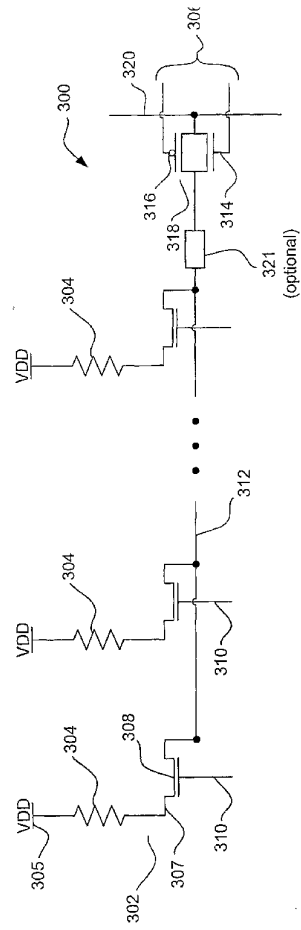
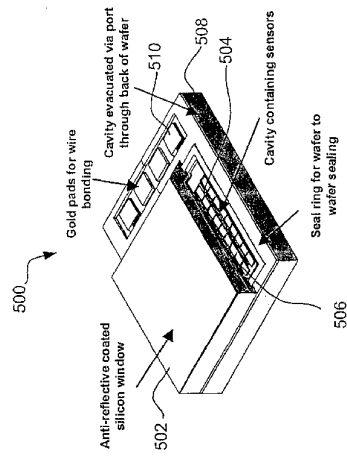
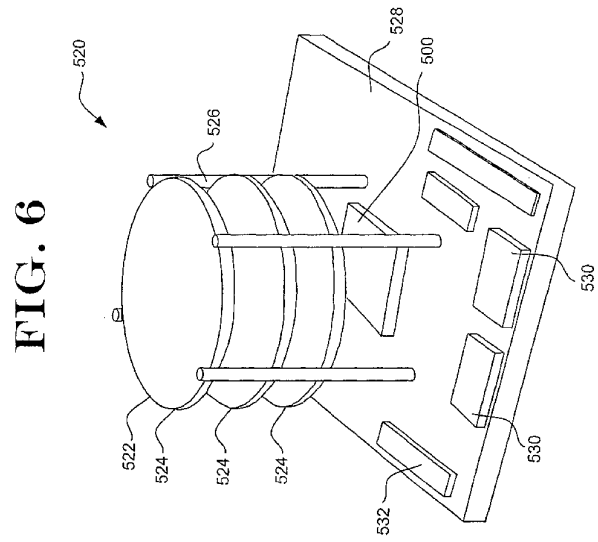


FIG. 4



*FIG. 5*





## 【国際公開パンフレット（コレクトバージョン）】

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

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau(43) International Publication Date  
4 July 2002 (04.07.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 02/052233 A3(51) International Patent Classification: G01J 5/02, 5/26,  
B64C 39/02, I104N 5/232(74) Agents: CRISS, Roger, H., et al.; Honeywell International  
Inc., 101 Columbia Avenue, P.O. Box 2245, Morrisstown,  
NJ 07960 (US).

(21) International Application Number: PCT/US01/50077

(22) International Filing Date:  
20 December 2001 (20.12.2001)

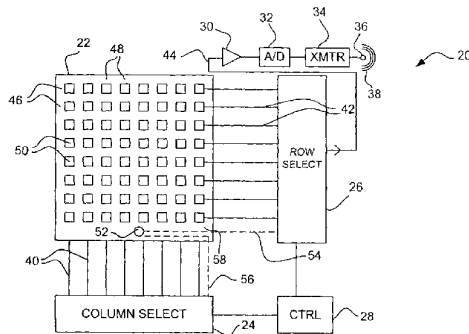
(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:  
09/748,795 26 December 2000 (26.12.2000) US(71) Applicant: HONEYWELL INTERNATIONAL INC.  
[US/US]; 101 Columbia Road, P.O. Box 2245, Morris-  
town, NJ 07960 (US).(81) Designated States (national): AE, AL, AM, AT, AU, AZ,  
BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL,  
IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU,  
LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT,  
RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA,  
UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW.(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM,  
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),  
Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),  
European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR,  
GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent  
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,  
NE, SN, TD, TG).(72) Inventor: WOOD, Roland, Andrew; 150 East Mission  
Lane, Bloomington, MN 55420 (US).Published:  
— with international search report

[Continued on next page]

(54) Title: LIGHTWEIGHT INFRARED CAMERA



(57) Abstract: A lightweight camera (20) or detector that does not require a shutter, chopper or thermoelectric stabilizer. Lightweight materials and lightweight packaging techniques are used, and in some embodiments, some or all of the calibration, compensation and processing hardware are moved from the camera (20) itself to a remote station (100). Such a shutterless, lightweight, IR camera, which may operate at ambient temperature, can be mounted on a micro air vehicle (MAV) or the like, with the raw IR sensor data received and processed by a ground station (100).

WO 02/052233 A3

---

**WO 02/052233 A3** 

(88) Date of publication of the international search report: 19 December 2002 *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.*

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Int at Application No PCT/US 01/50077
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 601J5/02 601J5/26 B64C39/02 H04N5/232		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 601J B64C 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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 550 068 A (NIPPON ELECTRIC CO) 7 July 1993 (1993-07-07) column 5, line 17 - column 6, line 10 figures 3A,3B	1-4,6 5,7-9
Y	WO 96 10883 A (HONEYWELL INC) 11 April 1996 (1996-04-11) page 4, line 15 - line 28 page 5, line 29 - line 31 figures 1,2	5,7-9
X	US 3 962 537 A (KEARNS THOMAS M ET AL) 8 June 1976 (1976-06-08) the whole document	1,6,9
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (see specification) *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 of 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 *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 13 August 2002		Date of mailing of the international search report 26/08/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5018 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Tx: 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3018		Authorized officer Jacquin, J

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Inventor's Application No. PCT/US 01/50077
C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	HEWISH M: "A BIRD IN THE HAND MINIATURE AND MICRO AIR VEHICLES CHALLENGE CONVENTIONAL THINKING" JANE'S INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, JANE'S INFORMATION GROUP, GB, vol. 32, November 1999 (1999-11), pages 22-28, XP000908166 ISSN: 0020-6512 page 24, column 2, paragraph 6 page 25, column 1, paragraph 2 page 28, column 1, paragraph 2 -column 2, paragraph 2 ---	1,6,9
X	US 5 303 050 A (NISHIMURA YOSHIKAZU ET AL) 12 April 1994 (1994-04-12) column 1, line 65 -column 5, line 33 ---	1
X	US 5 479 206 A (FUNAZAKI FUMIHIRO ET AL) 26 December 1995 (1995-12-26) column 11, line 26 -column 12, line 31 column 15, line 50 - line 67 column 17, line 27 - line 40 column 24, line 8 - line 17 ---	1
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 01, 31 January 2000 (2000-01-31) & JP 11 275407 A (SONY CORP), 8 October 1999 (1999-10-08) abstract ---	10
Y	US 5 420 419 A (WOOD R ANDREW) 30 May 1995 (1995-05-30) cited in the application column 4, line 49 -column 5, line 4 ---	10

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

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US 01/50077**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/US 01 50077

## FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

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

1. Claims: 1-9

An infrared camera with means for transmitting detector output signals to a remote receiving station

2. Claim : 10

A camera with a detector array mounted on a ceramic motherboard

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inten Application No  
PCT/US 01/50077

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0550068	A	07-07-1993	JP 2725508 B2
			JP 5183143 A
			DE 69231848 D1
			DE 69231848 T2
			EP 0550068 A2
			US 5317423 A
WO 9610883	A	11-04-1996	WO 9610883 A1
			US 5675149 A
US 3962537	A	08-06-1976	NONE
US 5303050	A	12-04-1994	JP 4345377 A
			JP 3230221 B2
			JP 4348674 A
			DE 69216473 D1
			DE 69216473 T2
			EP 0516378 A1
US 5479206	A	26-12-1995	JP 2948974 B2
			JP 5219428 A
			JP 3203263 B2
			JP 5219429 A
			JP 2974489 B2
			JP 5219430 A
			JP 3178548 B2
			JP 5219422 A
			JP 5260398 A
			JP 5260398 A
JP 11275407	A	08-10-1999	NONE
US 5420419	A	30-05-1995	AU 669548 B2
			AU 4537993 A
			CA 2117476 A1
			DE 69328440 D1
			DE 69328440 T2
			EP 0672325 A1
			JP 3261617 B2
			JP 7508384 T
			JP 2002185852 A
			KR 271083 B1
			RU 2121766 C1
			WO 9400950 A1
			WO 9400950 A1

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1999)



## フロントページの続き

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
	G 0 1 J 5/48	D
	G 0 1 J 5/48	E

(81) 指定国 AP (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW

(74) 代理人 100096013  
弁理士 富田 博行

(74) 代理人 100107696  
弁理士 西山 文俊

(72) 発明者 ウッド, ローランド・アンドリュウ  
アメリカ合衆国ミネソタ州 5 5 4 2 0, ブルーミントン, イースト・ミッション・レイン 1 5 0  
F ターム (参考) 2G065 AB02 BA12 BA34 BA36 BB06 BB43 BC33 CA21 DA01 DA18  
2G066 AC20 BA09 BA22 BB11 CA15 CB01