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

特許第4801583号
(P4801583)

(45)発行日　平成23年10月26日(2011.10.26)　(24)登録日　平成23年8月12日(2011.8.12)

(51)Int.Cl.		F I		
G01J 1/02	(2006.01)	G01J	1/02	C
G01J 5/48	(2006.01)	G01J	5/48	A
H01L 27/14	(2006.01)	H01L	27/14	K
		G01J	1/02	R

請求項の数 23　(全 17 頁)

(21)出願番号	特願2006-518338 (P2006-518338)
(86)(22)出願日	平成16年7月2日(2004.7.2)
(65)公表番号	特表2007-527508 (P2007-527508A)
(43)公表日	平成19年9月27日(2007.9.27)
(86)国際出願番号	PCT/GB2004/002880
(87)国際公開番号	WO2005/003704
(87)国際公開日	平成17年1月13日(2005.1.13)
審査請求日	平成19年6月7日(2007.6.7)
(31)優先権主張番号	0315526.4
(32)優先日	平成15年7月3日(2003.7.3)
(33)優先権主張国	英国(GB)

(73)特許権者　501297550
キネティック　リミテッド
イギリス　ロンドン　エスダブリュー１イー　６ピーディー　バッキンガム　ゲート　８５
(74)代理人　100082005
弁理士　熊倉　禎男
(74)代理人　100067013
弁理士　大塚　文昭
(74)代理人　100065189
弁理士　宍戸　嘉一
(74)代理人　100088694
弁理士　弟子丸　健
(74)代理人　100103609
弁理士　井野　砂里

最終頁に続く

(54)【発明の名称】感熱装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

支持フレームと、

前記支持フレームに固定された共振器要素と、を有し、

前記共振器要素は、機械的共振器を有し、

前記支持フレームは、装置が受ける赤外線を吸収し、それによって、前記共振器要素の共振特性を変化させるように構成され、

前記支持フレームは、取付け手段を介して基板に取り付けられ、前記取付け手段は、前記基板と前記支持フレームとの間に断熱を提供する

ことを特徴とする赤外線検出装置。

【請求項２】

前記支持フレームは、装置の基礎基板から離間して配置された懸架部分を有し、

前記共振器要素は、前記懸架部分に固定されていることを特徴とする請求項１記載の赤外線検出装置。

【請求項３】

前記懸架部分は、基礎基板から所定距離離間しており、

前記所定距離は、装置の赤外線検出帯域内に波長を有する放射を共鳴吸収する構造を形成するのに十分な距離であることを特徴とする請求項２記載の赤外線検出装置。

【請求項４】

前記懸架部分は、少なくとも１本のレグ上で、前記基礎基板から懸架していることを特

徴とする請求項２又は３記載の赤外線検出装置。
【請求項５】
前記少なくとも１本のレグは、前記懸架部分と基礎基板との間の電気的接続を提供するよう構成された導電材料を含むことを特徴とする請求項４記載の赤外線検出装置。
【請求項６】
前記支持フレームは、赤外線吸収材料層を含むことを特徴とする請求項１－５のいずれかに記載の赤外線検出装置。
【請求項７】
前記共振器要素と支持フレームは、異なる熱膨張係数を有することを特徴とする請求項１－６のいずれかに記載の赤外線検出装置。
【請求項８】
前記共振器要素の共振周波数は、赤外線放射を装置が吸収する時に、変動するよう構成されていることを特徴とする請求項１乃至７の何れか１項記載の赤外線検出装置。
【請求項９】
前記共振器要素を共振状態に駆動する振動手段を更に有することを特徴とする請求項１乃至８の何れか１項記載の赤外線検出装置。
【請求項１０】
前記振動手段は、共振器要素を静電気的に駆動するよう構成されることを特徴とする請求項９記載の赤外線検出装置。
【請求項１１】
前記共振器要素は、複数の点で、前記支持フレームに固定されていることを特徴とする請求項１乃至１０の何れか１項記載の赤外線検出装置。
【請求項１２】
前記共振器要素は、細長いフレキシブルなビームを有することを特徴とする請求項１乃至１１の何れか１項記載の赤外線検出装置。
【請求項１３】
前記支持フレームは、開口が形成された材料層を含むことを特徴とする請求項１乃至１２の何れか１項記載の赤外線検出装置。
【請求項１４】
前記支持フレームは、開口が形成された材料層を含み、
前記細長いフレキシブルなビームは、前記材料層内に形成された開口を跨いで配置されることを特徴とする請求項１２記載の赤外線検出装置。
【請求項１５】
前記支持フレームと共振器要素の少なくとも一方は、形状記憶合金製であることを特徴とする請求項１乃至１４の何れか１項記載の赤外線検出装置。
【請求項１６】
複数の検出要素を更に有し、
前記各検出要素は、支持フレームに固定された共振器要素を有することを特徴とする請求項１乃至１５の何れか１項記載の赤外線検出装置。
【請求項１７】
前記各検出要素は、対称軸を有することを特徴とする請求項１６記載の赤外線検出装置。
【請求項１８】
前記各検出要素は、関連する共振器要素の共振周波数を示す電気信号を出力するよう構成されることを特徴とする請求項１６又は１７記載の赤外線検出装置。
【請求項１９】
検出要素の列を具備することを特徴とする請求項１６乃至１８の何れか１項記載の赤外線検出装置。
【請求項２０】
前記装置は、微細加工プロセスを用いて形成されることを特徴とする請求項１乃至１９

の何れか１項記載の赤外線検出装置。
【請求項２１】
読み出し用電子装置を更に有することを特徴とする請求項１乃至２０の何れか１項記載の赤外線検出装置。
【請求項２２】
読み出し用電子装置を更に有し、
前記各検出要素は、前記読み出し用電子装置の上に形成されることを特徴とする請求項１６～１９の何れか一項に記載の赤外線検出装置。
【請求項２３】
請求項１～２２の何れか一項に記載の赤外線検出装置を組み込んだ熱表示カメラ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、感熱装置に関し、特に、micro-electromechanicai system（ＭＥＭＳ)の共振構造を組み込んだ放射された熱エネルギーを検出する検出器に関する。
【背景技術】
【０００２】
あらゆる物質は、その表面温度と特性により決まる強度と波長分散で放射する。室温にある対象物（人体）にとって放射されるエネルギーのピークは赤外線領域にある。赤外線放射は、物体の温度に関係しているために、時に熱赤外線放射とも称する。
【０００３】
多くの種類の感熱装置（時にボロメータあるいは赤外線検出器と称する）が公知である。通常の検出器は、複数の検出要素（即ちピクセル）を有し、各要素は、温度と共に変動する特性を有する材料の薄い層と放射吸収層とを含む。吸収層により吸収される赤外線放射により感熱層を加熱する。ある場合、例えばチタン製のボロメータの場合には、単一の層が両方の機能を果たす。一般的に監視手段により測定されるべき材料特性の変動は、ピクセルの抵抗あるいは容量を変化させる。
【０００４】
抵抗性ボロメータで使用される一般的な感熱製材料は、絶対温度当たり１－２％の抵抗の変化を生じさせる。市販されている酸化バナジューム製の抵抗性ボロメータの一般的性能は、約５０μｍのピクセルのピッチでＦ１の光学システムにおいては、約３０Ｈｚフレームレートの場合においては、６０ｍＫ ＮＥＴＤ (Noise Equivalent Temperature Difference)のオーダである。抵抗性感熱阻止の性能は、検出器のジョンソンノイズと、検出器と読み出し回路の信号ノイズ比により、通常制限される。温度変化でより大きな材料特性の変動を生じるような材料を開発する研究が近年進んでいる。
【０００５】
検出阻止の感度（即ちある温度変動に対し材料特性の変化）を増加させるある公知の技術は、巨大なマグネット－抵抗性材料、即ちＣＭＲ（colossal maguneto-resistive）材料を使用することである。例えば、ＬＣＭＯ（La0.7 Ca0.3 MnO3）では、この材料内の急激な相変化が材料特性の大きな変動となる。この様なアプローチには、幾つかの欠点がある。ＣＭＲ材料は、標準のＣＭＯＳ処理とは相容れない。これにより検出器とそれに関連する電子呼び出し回路とを集積することは、困難となり、急激な相変化に依存することは、製品としての検出器のフレキシビリティを制限してしまう。相変化とは無関係の動作温度においては、材料は温度変化には鈍感であり、相変化が起こる温度範囲は、材料の特性であり、その結果検出器の要件を最適に満たすよう製造することは容易ではない。
【０００６】
様々な別の感熱装置の構成が従来技術に記載されている。例えば、ピクセルの容量を変化させる熱－機械効果を活用することが知られている。特許文献１は、温度によりピクセルの位置が基板に対して変動し、その結果ピクセルの容量を変化させるようなバイモルフ（bimorph）の片持ち梁を含む感熱装置を記載している。その結果得られた容量の測定は

ベースバンド(ＤＣ)で行われ、それ故に性能は、ＣＭＯＳ回路のその後の１／ｆのノイズにより制限される。

【０００７】

特許文献２は、赤外線放射を吸収するよう構成された機械的振動ビームを有する別の種類の赤外線検出器を記載している。振動ビームは、その両端で、固定基板につなぎ止められ、放射を吸収することにより、ビームの応力を増加させ、その結果共振周波数を変化させる。周囲材料に対するビームの熱膨張量を最大にするために、ビームの各端部は、基板に断熱領域を介して取り付けられ、かつマスクを具備し、その結果入射した赤外線放射が振動ビームの上にのみ入るようにする。この種の装置には幾つかの欠点がある。例えば製造が複雑となることである。特に振動ビームを断熱することは困難であり、その結果装置の感度を大幅に低減するような大きな温度勾配が必要となる。

【０００８】

【特許文献１】米国特許第６３９２２３３号明細書

【特許文献２】特開平０７－０８３７５６号明細書

【非特許文献１】R R Davies et al,"Control of stress in a metal-nitride-metal sandwich for CMOS-compatible surface micromachining",MRS-782, Materials Research Society Fall Meeting, Boston(USA),Dec. 2003, pp.401-406

【非特許文献２】R A Nobli et al, "A Cost-effective and Mannfacturable Route to the Fabrication of High-Density 2D Micromachined Ultrasonic Transducer Arrays and (CMOS) Signal Conditioning Electronics on the same Silicon Substrete", Proc IEEE Ultrasonics Symposium,Atlanta(USA), Oct 2001, pp.941-944

【非特許文献３】Lee et al in "High fill-factor infrared bolometer using micro-machined multilevel structures", IEEE Trans. ED-46.7, 1999, pp.1489-1491

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

本発明の目的は、公知の赤外線検出装置の前述した欠点の少なくとも一部を無くすことである。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

本発明の第１の態様によれば、本発明の赤外線検出装置は、支持フレームに固定された共振器要素を有し、この支持フレームが装置が受信する赤外線放射を吸収するよう構成される。

【００１１】

かくして共振器要素（例、共振ビーム等）が支持フレームに取り付けられた感熱装置が得られる。以下詳述するように、支持フレームは、基板に取り付けられるか、あるいは基板から形成される。使用時は、赤外線放射は、支持フレームにより吸収され、かくしてそれを加熱する。支持フレーム内で生成された熱による熱膨張が、共振器要素に加えられる応力を変化させ、かくして共振器要素の共振特性（例、共振周波数又は共振モード）の検出可能な変化を引き起こす。使用時は、共振器要素の適宜の共振特性の測定により、装置に入射する赤外線放射の強度を決定できる。

【００１２】

支持フレームは共振器要素と良好に熱的接触しているのが好ましく、その結果共振器要素と支持フレームは、使用中ほぼ近似する熱平衡状態に維持される。更に、共振器要素と支持フレームは、異なる熱膨張係数を有するのが好ましい。加熱されると、支持フレームと共振器要素の膨張差により応力の大きな応力変動が発生し、これが共振器要素に加えられ、これにより装置の感度を向上させる。好ましくは、支持フレームは、基板から断熱されている。例えば懸架レグを具備して、フレームを基板から断熱し、温度差はレグに主に閉じこめられるようにする。

【００１３】

本発明の感熱装置は、上記した従来技術にかかる抵抗ボロメータ装置に対し幾つかの利点がある。例えば本発明の装置は、広いダイナミックレンジと／又は高い感度を有するように構成できる。更に本発明は、ベースバンドでの測定を行う際のノイズの問題を回避し、ＣＭＯＳ上に容易に後付で処理できる。本発明の装置のダイナミックレンジと感度は、共振器要素と支持フレームの適宜の設計と製造により、制御できる。これは従来の抵抗性ボロメータ装置とは対照をなす。従来の装置においては、堆積する材料の種類は、装置のダイナミックレンジと感度を大幅に変更するために、変える必要があった。

【００１４】

更に従来の抵抗性ボロメータ装置とは異なり、本発明の装置は、感熱材料層の相対抵抗と相対的キャパシタンス（容量）の測定が温度に依存しない。その代わり、出力は、温度変動が装置の赤外線放射吸収機能により発生したときに、共振器要素の共振モードに加わる変動を測定することに得られる。共振モードの変動の測定（例、共振周波数の変動の測定）は、通常相対的抵抗または相対的キャパシタンスの測定よりも、より正確である。

【００１５】

本発明の装置は、特許文献２に記載された感熱装置に対し利点がある。特に特許文献２に記載されたタイプの装置は、共振ビームのみが、感熱装置が受ける入射赤外線放射により加熱されるよう構成される。この様な従来装置は、熱が周囲材料に伝搬するのを阻止する断熱領域を有する、複雑な共振ビーム構造を採用している。共振ビームの断熱領域は、製造が難しく、かつ疲労に起因する故障のレベルが増加する。更に、提供された熱絶縁のレベルは、幾分制限されるが、大きな熱傾斜を共振ビームにかけ、その結果顕われた共振特性と共振ビームの温度との間の複雑な関係を引き起こし、測定精度が落ちる。

【００１６】

これに対し本発明は、特許文献２に記載した装置の欠点を有しない。特に本発明は、集積した断熱領域を有する共振器要素を必要としない。本発明の装置は、共振器要素と支持フレームとの間に良好な熱的接触を提供し、熱傾斜／熱勾配を最小にできる利点がある。かくして、支持フレームと共振器要素とは、受けた放射熱により同一温度に加熱されるが、これはそれらが異なる赤外線吸収特性を有している場合でもそうである。更に本発明の方法は、特許文献２の装置よりも遙かに高い実装密度(fill factor)を提供できる。

【００１７】

本発明の装置の支持フレームと基礎基板との間の熱伝導を低減する（例えば、適宜の材料からなる長く、細く、薄い懸架構造を用いることにより）ことは、検出効率を高めると同時にフレームと共振器要素内の温度勾配を最小にする。支持フレームの熱質量が十分小さいために、熱放射により引き起こされる加熱は、測定が必要とするタイムスケールで支持フレームの温度を変化させるために、好ましい。又、支持フレームは基礎基板から離間して配置された懸架部分を有するのが好ましく、かつ共振器要素は懸架部分に固定されるのが好ましい。言い換えると、本発明の感熱装置は、基板と発振部材とを有し、この発振部材が、基板から離間して配置された懸架部分により保持され、かつ懸架部分は赤外線放射を吸収するよう配列される。

【００１８】

共振器要素を支持フレームの懸架部分に配置することにより、感熱装置の基礎基板からの良好な断熱を提供する。あるフレームレートで装置が動作できるよう必要とされる正確な熱絶縁量は、動作温度と、懸架部分の熱容量と、必要とされるセンサーの性能に依存する。本明細書の教示により当業者は、様々なアプリケーションに適した本発明の様々な装置を製造できる。

【００１９】

本発明の装置の懸架部分の熱質量は、必要とされる特定のアプリケーションに応じて容易に選択できる。あるアプリケーションにおいては、装置の性能は、懸架部分の熱質量を最小にすることにより、最大化できる。懸架部分と共振器要素の温度は、通常の検出器のフレームタイム内で熱平衡に達し、この温度変化はある入射量に対し最大にできる。

【００２０】

好ましくは、懸架部分は、基礎基板から所定距離離間して配置される。この所定距離は、特定の赤外線帯域内に波長を有する放射に対し、共振吸収構造を形成するのに十分な距離である。例えば単一の周波数では、懸架部分は、入射光の波長の１／４の整数倍に等しい距離だけ、基板から離間している。反射素子は、駆動電極として同一層内に形成されるが、基礎基板上に具備してもよい。この様にして、共振器要素は、懸架部分から形成され、これにより装置の懸架部分内の赤外線放射の吸収を最大にする。この種の共振キャビティの形成により、装置の吸収効率を５０％から９０％以上に高めることができる。

【００２１】

好ましいことに、懸架部分は、基礎基板から少なくとも１本のレグ上で懸架される。好ましくは、複数本のレグを具備して懸架部分を支持する。理想的には、レグは、共振器要素を含む懸架フレームと基板との間の高レベルの断熱を提供するよう設計される。レグ（懸架要素とも称する）を用いて、共振器要素を基礎基板と／又はパッケージから機械的に切り離す。即ちレグは、基板により支持フレームにかかる応力を低減する。レグは、共振器要素と基礎基板を導電させるための導電材料を含む。

【００２２】

支持フレーム（その懸架部分を含む）は、吸収層（例、自由空間にマッチしたインピーダンスを有する金属吸収層、例えば377 Ohms/squareのシート抵抗を有するチタン層）を有し、熱として吸収される放射エネルギーが検出器内に入るのを最大にするよう設計される。吸収層は、吸収の役目と導電の役目の両方を実行する。

【００２３】

吸収層は、支持フレームの最外殻層である。別の構成として、支持フレームは、吸収層を含む複数の積層構造として形成してもよい。例えば支持フレームは、誘電体－金属－誘電体の積層構造（スタック）を含む。吸収層を、スタックの中心に配置することにより、バイモルフ効果（bi-morph effects）を減らす利点がある。即ち、これにより、吸収層の加熱により、様々な層の熱膨張係数の差に起因する支持フレームの曲げや折れが無くなる。

【００２４】

好ましくは、感熱装置により吸収される赤外線放射は、共振器要素の共振周波数を変化させる。共振器要素の共振周波数の測定により、支持フレームの温度を表示することができる。別の構成として、共振器要素は、モード形状が温度で変動するよう構成することもできる。これは共振器要素又は支持フレームの一部を選択的に加熱することにより、達成される。この様にしてバランスの良くとれた共振器のモード形状を変化させることは、監視すべき共振器モードの機械的品質係数Ｑの変化を引き起こし、これにより温度表示が可能になる。

【００２５】

本発明の装置は、共振器要素を共振状態に持っていく振動手段を有する。特に、本発明は、機械的な共振器要素が周波数を決定する主構成要素として機能する電気的な振動装置を具備する。振動駆動手段は、共振器要素を静電気的に駆動してもよい。例えば、前記基礎基板上に電極を有し、共振器要素を静電気的に駆動してもよい。振動駆動手段は、別の構成として、或はそれに加えて、共振器要素上にピエゾ電子駆動手段を有してもよい。かくして形成された電気的振動器の周波数を監視することにより、ピクセルの温度を表すことができる。当業者は別の駆動装置を採用することもできる。

【００２６】

静電気による振動手段の場合は、共振器要素は、導電性材料又は半導体材料の層、例えばアルミ層、ポリシリコン層を含んでもよい。別の構成として、共振器要素は、誘電体層と、導電層又は半導体材料層との組み合わせを含むこともできる。ピエゾ電子駆動手段の場合には、共振器要素は、導電層と、半導体層と、誘電体層と、ピエゾ電子材料層からなる混成層を含むこともできる。

【００２７】

好ましくは、共振器要素は、複数の点で支持フレームに固定される。支持フレームと／

又は共振器要素の熱膨張が、共振器要素にかかる応力を変化させる。

【００２８】

好ましくは共振器要素は、少なくとも１本のフレキシブルな細長いビーム（梁）を有する。この細長いビームは、必要によっては、装置の面内あるいは面外で共振するよう構成できる。支持フレームは、金属層、半導体層、誘電体層を含み、その中に開口を有する。好ましい実施形態においては、この細長いフレキシブルなビームは、前記材料の層に形成された開口に跨って配置される。この細長いフレキシブルなビームは、その両端で、開口を形成する層に固定され、導電材料（例、金属）あるいは半導体材料から形成される、あるいはそれらを含んでもよい。静電気による振動手段が具備されると、フレキシブルなビームは、懸架ビームの下の基板上に固定された電極により、共振するよう駆動される。

【００２９】

更に、フレキシブルなビームと／又は開口が形成される層は、相遷移材料例えば形状記憶合金を含んでもよい。この様な相遷移材料は、ある温度で状態が遷移を示し、その結果その機械的特性が大幅に変化する。この様な材料、特に相遷移が装置の動作温度内の温度で起こるような材料から、フレキシブルなビームと／又は開口が形成される層を形成することにより、ある温度変化に対し共振器要素内に引き起こされる応力変動を更に増加させる。

【００３０】

好ましくは複数の検出要素を具備することもでき、各検出要素は、支持フレームに固定された共振器要素を有する。かくして検出要素（即ちピクセル）間の断熱が達成できる。例えば１次元配列のあるいは２次元配列の検出要素が好ましい。２次元配列は、少なくとも、16×16，32 ×32，64 ×64，128 ×128，256 ×256，640 ×480の検出要素が必要である。１００μｍ以下のピクセルピッチは容易に可能で、３０－５０μｍの範囲内のピクセルのピッチも装置をより広い画像領域のアプリケーションに適したものにすることができる。５０ｍＫ以下のＮＥＴＤも得ることができ、１０ｍＫ以下のレベルも達成可能である。

【００３１】

感熱装置は、連続検出モード（「ステアリング」モード動作とも称する）で動作するよう構成できる。別の構成として、差分検出型の配列も可能である。この場合シャッターを具備して、装置の検出要素の一部はあるいは全部を、来入する放射線から周期的に覆う（マスクする）。更に、マスクを追加的にあるいは別の構成として具備し、１つあるいは複数の検出要素に達する赤外線放射を遮蔽する。マスクされた即ち「ダークな」のピクセルの出力を、制御用あるいは基準用の値として用いることもできる。１つの操作方法は、ピクセルの一つおきのコラム（縦方向列）をマスクして、一つおきのフレームで、各ピクセルがマスクされたものからマスクされてないものへ、あるいはその逆に変化させる。操作モードを行う詳細な方法は当業者には明らかである。

【００３２】

好ましくは各検出要素は、関連する共振器要素の共振周波数を表す電気信号を出力するよう配列される。例えば更なる電子装置をピクセル内に配置して、各検出要素から、共振器要素の共振周波数（温度でもある）を表すベースバンド出力を出してもよい。

【００３３】

製造を容易にするために、共振器要素は、マイクロ製造プロセスステップを用いて形成するのが好ましい。例えば、マイクロ電子機械システム（ＭＥＭＳ）プロセスフローにおける光リソグラフィー技術、堆積技術、ドライエッチング技術等である。本発明の感熱装置は、当業者に公知の様々なＭＥＭＳ製造技術を用いて製造できる。例えば窒化金属製の犠牲表面のマイクロマシニング（微細加工）は、非特許文献１と非特許文献２に記載されており、これらはこの様な検出器の製造に適した技術の一例である。この種の表面マイクロマシン技術は、特許文献２に記載されたバルクマシン方法と比較すると、感熱装置の製造が容易になる点で大きな利点がある。

【００３４】

好ましくは、本発明の装置は、更に読み出し用電子装置を含む。読み出し用回路は、読み出し回路（例、ＣＭＯＳ）が既に形成された同一の基板（シリコン製）上にモノリシカルに製造された装置に、混成して取り付けられる。好ましくは、検出器ピクセルは、読み出し用回路上に形成される（例、垂直方向に集積される）よう、配列される。これにより高密度で大領域のアレイが、相互接続の密度の限界なく、形成できる。読み出し回路とそれに関連するＭＥＭＳ構造の両方を１回のプロセスで形成できることは、コストと複雑さの両方の観点から好ましい、例えば、検出用装置のチップは、ＣＭＯＳに適合した技術のみを用いて製造できる。

【００３５】

かくして本発明は、赤外線放射を受信する１つあるいは複数の検出要素を有する感熱装置を提供でき、各検出要素は、感熱装置の基礎基板から離間して配置された懸架部分上に配列された温度検出領域を有する。この温度検出領域は、温度で変動する共振特性を有する共振器要素を含む。懸架部分は、感熱装置が受ける赤外線放射を吸収するよう配列される。

【００３６】

本発明の更なる態様によれば、熱表示カメラは、本発明の第１態様による感熱装置を組み込んだものである。この熱表示カメラは、ハウジングと赤外線光学システムとを含む。

【発明を実施するための最良の形態】

【００３７】

本発明の実施形態を添付図面を参照して以下説明する。

【００３８】

上記したように、複数のタイプの感熱装置が公知である。図１には、非特許文献３に記載された従来技術に係る検出器で用いられる薄いチタン層の電気抵抗と、温度との関係を示す応答グラフが示されている。この様なボロメータ型センサー（通常抵抗又はキャパシタンスの変化を測定する）においては、温度感度は、通常０．１％－１％／絶対温度に制限される。

【００３９】

図２を参照すると、ＣＭＲの材料を用いた従来技術に係る検出器の応答カーブが示されている。材料特性の変動は、狭い温度範囲で極めて顕著であり、その感度は３０％／絶対温度を超える。この狭い温度範囲から離れると、温度感度は著しく下がる。最も感度の高い温度領域は、一般的な周囲状態に合わないことが解る。

【００４０】

図３を参照すると、本発明の赤外線検出器ピクセル３０が示されている。この赤外線検出器ピクセル３０は、懸架部分３２を有する。この懸架部分３２は、吸収層と組み合わさった誘電体層を有する。この誘電層内に開口３４が形成される。細長い金属製の共振器ビーム（梁、帯）３６、が開口３４に跨って配置される。ビアと称する接触ホールが切られて、共振器ビーム３６と固定金属層３５とを、レグ４３を介して電気的に接続する。懸架部分３２と基板４０との間の断熱を最大にするために、レグ４３は長くかつ薄い。

【００４１】

図４，５，６を参照すると、本発明の検出器が形成されるプロセスの概要が示されている。このプロセスは以下のステップを含む。

【００４２】

（ａ）　全ての層が、ウエハーの供給業者から供給されるシリコン上に形成される。シリコンウエハー又は、シリコンオンインシュレータ（ＳＯＩ）ウエハーが、特に好ましいが、その理由はそれらはモノリシックな電子構成部品を含むからである、例えば集積回路技術、例えばＣＭＯＳ、Ｂｉ－ＣＭＯＳ、バイポーラ技術等である。しかし当業者は、他の半導体材料（例GaAs，InSb，等）も用いることができる。同様に半導体材料は、水晶、ガラス、サファイア等の層上に形成することもできる。

【００４３】

（ｂ）　二酸化シリコンフィルム５０からなる絶縁層が、ウエハー（即ち基板４０）上

に、成長あるいは堆積される。二酸化シリコンフィルム５０の層は、ウエハーの供給業者により、ウエハーと共に提供される。接触用ホールが、この層に（例えば反応性イオンエッチングＲＩＥにより）、エッチングで形成されて、後続のステップで、バルクの基板の接点が形成される。

【００４４】

（ｃ） 金属フィルム５１（ＭＥＴＡＬ０）が次に（例えばスパッタ堆積により）堆積される。その後光リソグラフ技術を用いてパターン化される。金属フィルム５１は、前のＩＣプロセスからのトップの金属層でもあり、例えば、そこにＭＥＭＳセンサー要素が、ＣＭＯＳ集積回路を含む基板のトップ上に、後で処理される。このプロセスにおいてウエハーは、フォトレシストでコーティングされる。このフォトレシストは、適宜のマスクで露出され、この露出したフォトレシストが現像され、所望のエッチングマスクを形成し、下の層にパターンを転写する。フォトレシストのパターニングの後、下部層がエッチングされる（例、ＲＩＥにより）。リソグラフィと、堆積と、エッチングからなるシーケンスを繰り返して、ウエハーの基板上に２．５次元の構造体を構築する。金属フィルム５１は、電極、相互接続部分、ボンドパッド等を形成し、入ってくる放射に対する反射層を提供する。

【００４５】

（ｄ） 下部窒化物層（図４に示さず）を、この段階で金属フィルム５１の上に堆積してもよい。この窒化物層は、光学波長で高い屈折率と高い誘電率とを有するよう選択される。以下に説明するように、この層は、必須のものではないが、有効光学パス長を伸ばし、懸架した共振器要素と基板との間の有効電気ギャップを減らすことにより、性能を向上させる。

【００４６】

（ｅ） 犠牲層５２（例えば、ポリアミド製、アモロファスシリコン製）が、その後（例えば、レシストスピニングで）堆積される。この層は平面化を行うためで、製造プロセスの終わりの時点で、懸架構造層をなくすための除去プロセス（例えばＲＩＥ除去プロセス又はウエットエッチング除去プロセス）で取り除かれる。

【００４７】

（ｆ） 接触ホール５３が、犠牲層の上にエッチングで形成され、動く機械層と固定された金属層との間の電気的接触と機械的接触を可能とする。

【００４８】

（ｇ） 誘電体層５４（ＤＩＥＬ１）が、好ましくは低い熱膨張係数を有する、堆積され（例ＰＥＣＶＤ窒化シリコン）、パターン化される（例、ＲＩＥで）。ビアである貫通導電孔６２が、この層の上に切られ、後続の層がＭＥＴＡＬ０，金属フィルム５１に接触できるようにする。この層により、バランスのとれたストレスの底部と、懸架したピクセルの３つの層の機械的混成物が提供できる。この層は、熱伝導率が低くかつ熱質量も小さい。

【００４９】

（ｈ） 薄金属層５５（ＭＥＴＡＬ１）が、堆積されパターン化（例、スパッタされたＡｌ，ＲＩＥ）される。この層は、ＭＥＴＡＬ３とＭＥＴＡＬ０の間の良好な接触を確保する。層がＤＩＥＬ２をエッチングするのに用いられるプロセスの影響を受けないのが好ましい。

【００５０】

（ｉ） 薄吸収層５６（ＡＢＳ）が堆積されパターン化（例えば、スパッタされたＴｉ，ＲＩＥ）される。この層は熱伝導性が低くなければならない。又この層は、入ってくる放射を吸収し、ＭＥＴＡＬ３(金属層６０)と、ＭＥＴＡＬ０（金属フィルム５１）との間の電気的接続（ＭＥＴＡＬ０， 薄金属層５５を介して）を介して行う。この層は、三層合成構造体５７の中央の層を構成する。

【００５１】

（ｊ） ＤＩＥＬ１（誘電体層５４）と類似の材料仕様の誘電体層５８（ＤＩＥＬ２）

が堆積されパターン化される。誘電体層であるＤＩＥＬ１とＤＩＥＬ２は同一材料から形成することもできるが、各層の特性は、構造体の好ましくないバックリングあるいは曲げが発生しないように、層の構造体内の応力をストレスを「調整」するために、調節できる。ＶＩＡ２（６３）がこの層に切られて、後続の層がＡＢＳ（薄吸収層５６）と接触できるようにする。これは三層合成構造体の最終層であり、ＤＩＥＬ１（誘電体層５４）からのストレスのバランスを取るために必要なものである。

【００５２】

（ｋ） 金属５９（ＭＥＴＡＬ２）が堆積されパターン化される（例、スパッタされたＡｉ，ＲＩＥ）。この層は、アンカー接触ホールをＭＥＴＡＬ０に良好に接触するためのものである。

【００５３】

（ｉ） 金属６０（ＭＥＴＡＬ３）が堆積されパターン化される（例、スパッタされたＡｉ，ＲＩＥ）。この層は熱膨張係数が大きいのが好ましい。この層は、図３に示すよう除去されたときには、機械的共振器要素３６を構成する。

【００５４】

（ｍ） 犠牲層５２が除去プロセスで（例えば、ＲＩＥ除去）取り除かれ、懸架した機械層を自由にする。

【００５５】

上記の実施形態は、低熱膨張係数の材料からなるメインのピクセル構造と、高熱膨張係数の材料からなる共振器を具備した本発明の装置を示したものである。本発明の装置は、他の方法でも同様に機能する、即ち高熱膨張係数の材料からなるメインのピクセル構造体と、低熱膨張係数の材料からなる共振器を具備した装置でもよい。

【００５６】

上記の実施形態においては、誘電体層ＤＩＥＬ１，ＤＩＥＬ２（誘電体層５４，５８）は、窒化シリコンを含む。ＭＥＴＡＬ３（金属６０）はアルミを含んでもよい。窒化シリコンとアルミの熱膨張係数は、それぞれ２．５ｐｐｍ／Ｋと２４ｐｐｍ／Ｋである。共振器を含む懸架部分へ吸収される熱は、整合しない拡張を引き起こし、これが次にビームの引っ張り力の変化になる。引っ張り力の変化は、ビームの共振周波数の変化となる。

【００５７】

ピクセルにおける温度上昇を最大にするために、伝熱性を最小にする必要がある。これは、装置の懸架部分から基板への熱エネルギーの伝搬を最小にするために、窒化シリコン製のレグ４３を用いて達成でき、かつ大気への熱損失を最小にするために、装置を真空内で動作させることにより達成できる。更にピクセルの懸架部分の熱時定数は、アレイの読み出し時間に、平衡状態に達するのに十分な程度小さくするのが好ましい。

【００５８】

図４から明らかなように、上記のプロセスにより、固定金属層ＭＥＴＡＬ０（金属フィルム５１）を介して、共振器に、かつ共振器の下の基板に離間して配置された駆動電極６１（金属フィルム５１から形成される）への電気的接続が、可能となる。

【００５９】

ビーム（梁、帯）を共振状態に駆動するために、変動する電界が、共振器ビーム３６（即ち複数のレグ４３の内の少なくとも１つのレグで、ＭＥＴＡＬ１（６０）とＡＢＳ薄吸収層５６により提供された電気的接続を介して）と、駆動電極６１（共振器ビーム３６の直下の基板４０上に配置された）の間にかけられる。共振器ビーム３６と駆動電極６１が、周波数を決定する成分としての機械的共振器を具備した電気的発振器（図示せず）の一部を形成する。好ましくは、電気的発振器を含む更なる電気的構成要素をピクセルの領域内に配置することもできる。更なる電子部品をピクセル内に配置して、電気的振動器の周波数に依存した、ピクセルからのベースバンド出力を提供する。

【００６０】

図５を参照すると、上記実施形態の、層と、バイア（貫通導電孔）と、接触ホールを形成するのに用いられたアウトラインのパターンが示されている。

【００６１】
図６を参照すると、発振時の間の共振器ビーム（梁、帯）３６の瞬間の図が示されている。図６ａでは共振器要素が完全に上方向に変形し、図６ｂでは共振器ビームが中央位置にあり、図６ｃでは共振器ビームが完全に下方向に変形している。
【００６２】
図７において、図３を参照して説明した装置の、共振器ビームの計算した共振周波数を示す。装置の解析モデルと有限要素法によるシュミレーションの両方の結果が示されている。図８を参照すると、同一装置の温度の関数として計算された周波数感度が示されている。図７，８から明らかなように、本発明の装置の周波数感度は非常に高い。
【００６３】
図９を参照すると、本発明の2×2のピクセルアレイの赤外線検出器のマスクデザインが示されている。このマスクは、４個のピクセル７０ａ－７０ｂ（ピクセル７０と総称する）を含み、それぞれアルミ層の上に形成された窒化物製共振器ビーム７２を有する。各ピクセルは約５０μｍの幅である。この図から解るように、本発明により複数のピクセルの熱表示アレイが形成可能となる。
【００６４】
図１０を参照すると、本発明の更なる装置が示されている。この装置は、基板８０と、二酸化シリコン層８２と、ベース電極８４と電気相互接続部８６とを形成する金属層とを有する。第１誘電体層８８と第２誘電体層９０が、薄金属層９２を挟んでいる。金属層９４が堆積されて、電気相互接続部８６と薄金属層９２との間の電気的接触を提供する。上部の金属層を用いて共振器要素９６を形成する。
【００６５】
図１０の装置は、更に窒化物層９８を有する。この窒化物層９８は、共振器要素９６とベース電極８４の間の領域に配置される。小さなエアーギャップ９９が具備され、共振器要素が自由に振動できるようにしている。窒化物層９８の屈折率と誘電率は高い。窒化物層９８を具備することにより、共振器要素９６とベース電極８４との間の有効光学パス長さが増加し、共振器要素９６とベース電極８４間の有効電気ギャップが減少する。かくして光学パス長さは、光学吸収に合わせて調節でき、かつ最大の感度を得るために、有効電気ギャップを最小にできる。
【００６６】
図１０の装置の平面図を図１１に示す。この装置は、共振器要素９６と支持フレーム１３０とを有する。この支持フレーム１３０は、基板にレグ１３２を介して取り付けられている。この装置は、２個のレグ１３２からなる構造体を含むが、対称でありこれにより装置の不要な歪みを阻止できる。この種の装置の干渉イメージを図１２に示す。
【００６７】
本発明の装置は様々な方法で製造できる。例えば図４，５，１０，１１に記載した装置は、懸架構造体を有する。この構造体においては、共振器要素を形成する金属層が、プロセスの最後の堆積ステップで、堆積される。図１３を参照すると、懸架構造を形成する際、共振器要素を形成する金属層１２０が最初の層として堆積される装置が示されており、この装置は、電気相互接続部８６への電気的接触を提供する。第１誘電体層１２２と、薄金属層１２４と、第２誘電体層１２６が、その後、金属相互接続部分１２８と同時に、金属層１２０の上に堆積される。様々な他の製造プロセスを用いて本発明の装置を形成することができる。
【００６８】
図１４は、熱表示装置１０２内に組み込まれ、環境内の対象物１０４からの放射を受ける本発明の感熱装置１００を示す。この装置は、赤外線光学装置１０６を有し、背景からの熱放射を収拾し、この熱放射を感熱装置１００に向ける。電子処理装置１０８とモニター１１０も具備されている。光学装置、制御機器等を用いてこの様なカメラを製造する様々な方法は当業者に公知である。
【００６９】

以上の説明は、本発明の一実施形態に関するもので、この技術分野の当業者であれば、本発明の種々の変形例を考え得るが、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。特許請求の範囲の構成要素の後に記載した括弧内の番号は、図面の部品番号に対応し、発明の容易なる理解の為に付したものであり、発明を限定的に解釈するために用いてはならない。また、同一番号でも明細書と特許請求の範囲の部品名は必ずしも同一ではない。これは上記した理由による。

【図面の簡単な説明】

【００７０】

【図１】チタン材料を含む従来技術の赤外線検出器の典型的な応答カーブを示す図。

【図２】ＣＭＲ材料を含む従来技術の赤外線検出器の典型的な応答カーブを示す図。

【図３】本発明のＭＥＭＳ共振器赤外線ピクセルを表す図。

【図４】本発明によるピクセルの断面図。

【図５】本発明によるピクセルの平面図。

【図６ａ】共振時の間、本発明のＭＥＭＳ共振器の一状態を表す図。

【図６ｂ】共振時の間、本発明のＭＥＭＳ共振器の一状態を表す図。

【図６ｃ】共振時の間、本発明のＭＥＭＳ共振器の一状態を表す図。

【図７】本発明のＭＥＭＳ共振器の共振周波数応答と計算された温度との関係を表す図。

【図８】本発明のＭＥＭＳ共振器の温度と計算された周波数感度との関係を表す図。

【図９】本発明の2×2の検出器アレイに対するマスクの設計の一例を表す図。

【図１０】本発明の他の感熱装置の断面を表す図。

【図１１】図１０の感熱装置の平面図。

【図１２】図１０，１１の設計で製造された装置の干渉画像を表す図。

【図１３】本発明の更なる感熱装置を表す図。

【図１４】本発明の検出器を組み込んだ熱表示カメラを表す図。

【符号の説明】

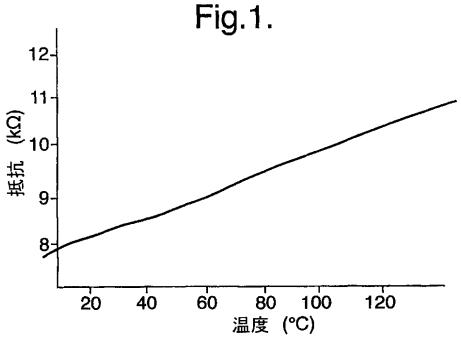
【００７１】

３０　赤外線検出器ピクセル
３２　懸架部分
３４　ホール
３５　固定金属層
３６　共振器ビーム
４０　基板
４３　レグ
５０　二酸化シリコンフィルム
５１　金属フィルム
５２　犠牲層
５３　接触ホール
５４　誘電体層
５５　薄金属層
５６　薄吸収層
５７　三層合成構造体
５８　誘電体層
５９　金属
６０　金属
６１　駆動電極
７０　ピクセル
７２　窒化物製共振器ビーム
８０　基板
８２　二酸化シリコン層
８４　ベース電極

８６　電気相互接続部
８８　第１誘電体層
９０　第２誘電体層
９２　薄金属層
９４　金属層
９６　共振器要素
９８　窒化物層
９９　エアーギャップ
１００　感熱装置
１０２　熱表示生成装置
１０４　対象物
１０６　赤外線光学装置
１０８　電子処理装置
１１０　モニター
１２０　金属層
１２２　第１誘電体層
１２４　薄金属層
１２６　第２誘電体層
１２８　金属相互接続部分
１３０　支持フレーム
１３２　レグ

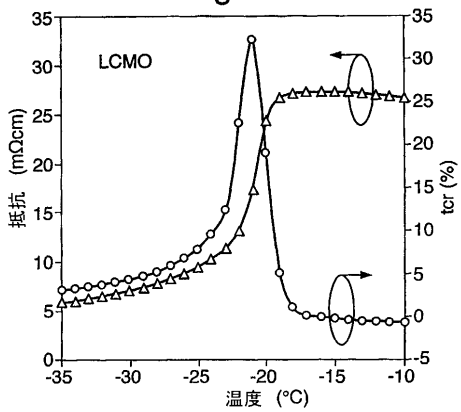
【図１】

Fig.1.



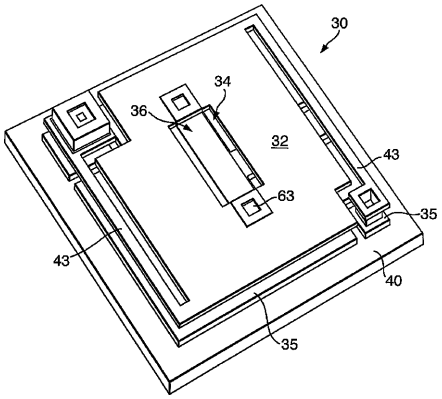
【図２】

Fig.2.



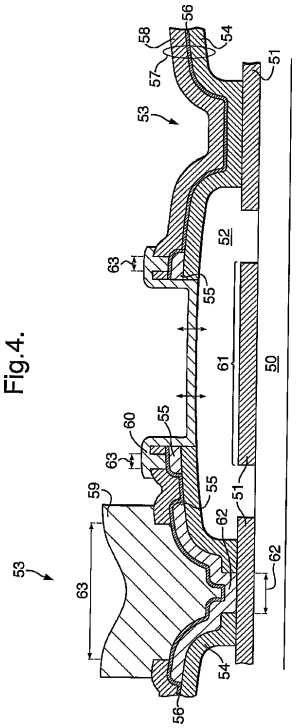
【図３】

Fig.3.



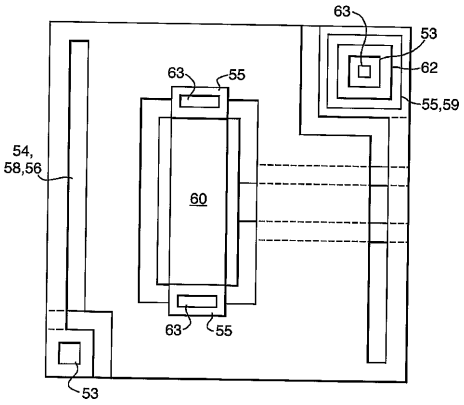
【図４】

Fig.4.



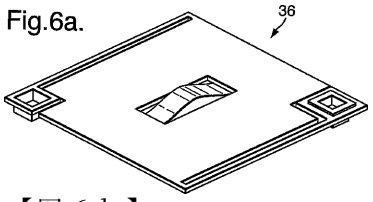
【図５】

Fig.5.



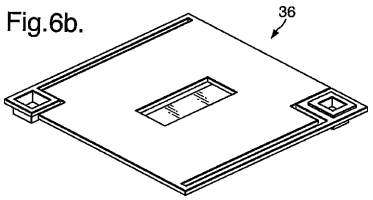
【図６ａ】

Fig.6a.



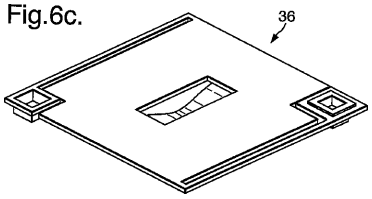
【図６ｂ】

Fig.6b.



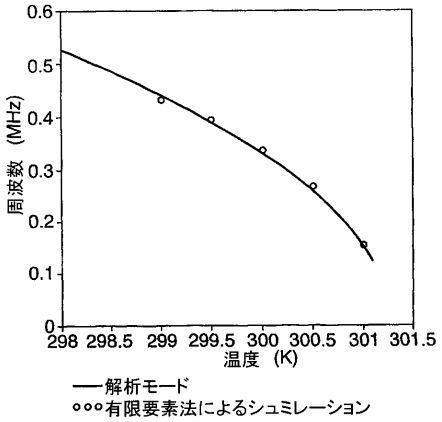
【図６ｃ】

Fig.6c.



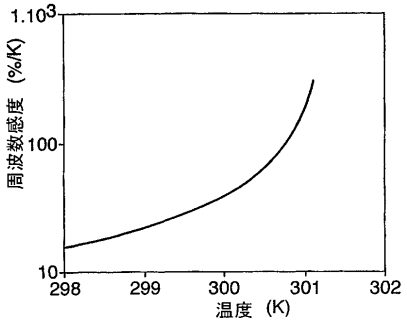
【図７】

Fig.7.



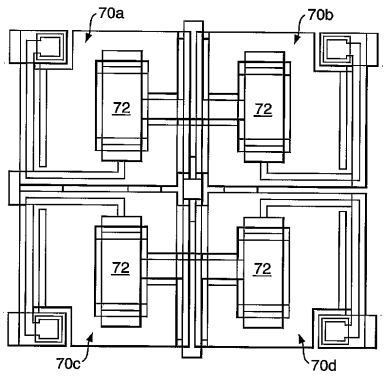
【図８】

Fig.8.



【図９】

Fig.9.



【図１０】

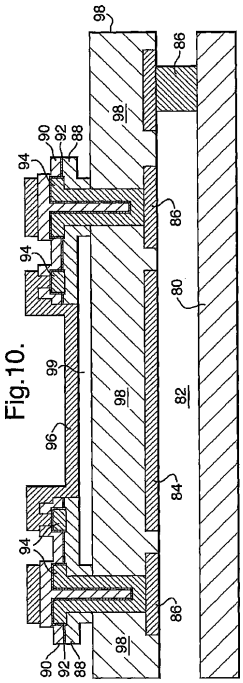
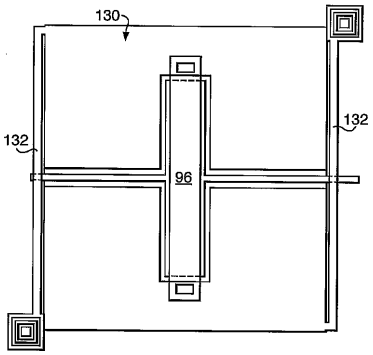


Fig.10.

【図１１】

Fig.11.



【図１２】

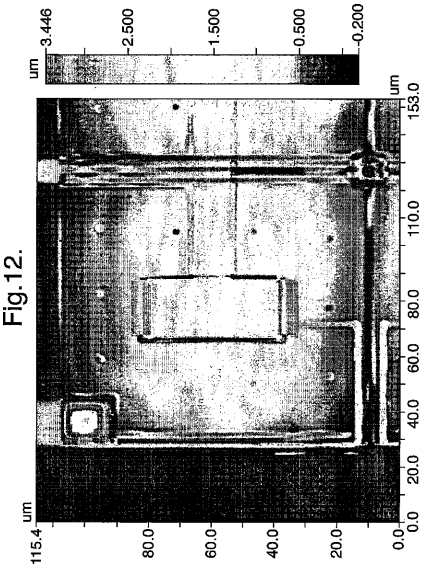


Fig.12.

【図１３】

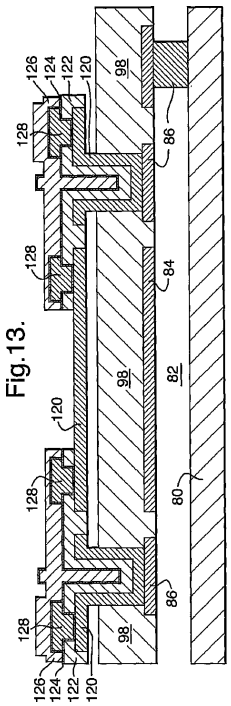
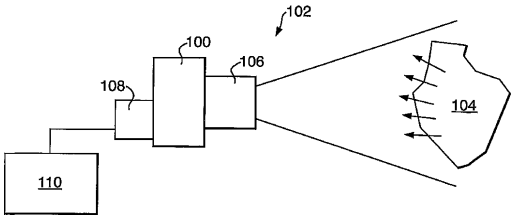


Fig.13.

【図１４】

Fig.14.



フロントページの続き

(72)発明者 クームズ ディヴィッド ジェイ
イギリス ダブリューアール１４ ３ピーエス ウスターシャー モルヴァーン セント アンドリューズ ロード キネティック リミテッド モルヴァーン テクノロジー センター ルーム イー９エイ１
(72)発明者 ブランソン ケヴィン エム
イギリス ダブリューアール１４ ３ピーエス ウスターシャー モルヴァーン セント アンドリューズ ロード キネティック リミテッド モルヴァーン テクノロジー センター ルーム イー９エイ８
(72)発明者 マックニー マーク イー
イギリス ダブリューアール１４ ３ピーエス ウスターシャー モルヴァーン セント アンドリューズ ロード キネティック リミテッド モルヴァーン テクノロジー センター ルーム イー９エイ８
(72)発明者 デイヴィーズ ロドリー アール
イギリス ダブリューアール１４ ３ピーエス ウスターシャー モルヴァーン セント アンドリューズ ロード キネティック リミテッド モルヴァーン テクノロジー センター ルーム イー９エイ８
(72)発明者 トッド マイケル エイ
イギリス ダブリューアール１４ ３ピーエス ウスターシャー モルヴァーン セント アンドリューズ ロード キネティック リミテッド モルヴァーン テクノロジー センター ルーム イー６１０
(72)発明者 ドノヒュー ポール ピー
イギリス ダブリューアール１４ ３ピーエス ウスターシャー モルヴァーン セント アンドリューズ ロード キネティック リミテッド モルヴァーン テクノロジー センター ルーム エイ６１２
(72)発明者 アンソニー カール ジェイ
イギリス ダブリューアール１４ ３ピーエス ウスターシャー モルヴァーン セント アンドリューズ ロード キネティック リミテッド モルヴァーン テクノロジー センター ルーム エイ６１２
(72)発明者 ルイス キース エル
イギリス ダブリューアール１４ ３ピーエス ウスターシャー モルヴァーン セント アンドリューズ ロード キネティック リミテッド モルヴァーン テクノロジー センター ルーム エム３４０－１

審査官 豊田 直樹

(56)参考文献 特開平０７－０８３７５６（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－２７８１９３（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－０３２３９６（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－１４６７０２（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－２６２０２２（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０４８０６７６０（ＵＳ，Ａ）
CABUZ C 他, Fabrication and packaging of a resonant infrared sensor integrated in silicon., Sens Actuators A, スイス, １９９４年, Vol.43 No.1/3, 92-99

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
G01J 1/00 - 1/60
JST7580(JDreamII)
JSTPlus(JDreamII)