

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7675707号  
(P7675707)

(45)発行日 令和7年5月13日(2025.5.13)

(24)登録日 令和7年5月1日(2025.5.1)

(51)国際特許分類 F I  
G 0 1 J 1/02 (2006.01) G 0 1 J 1/02 B

請求項の数 23 (全19頁)

(21)出願番号	特願2022-516624(P2022-516624)	(73)特許権者	512068592
(86)(22)出願日	令和2年9月11日(2020.9.11)		テクノロギアン トウトキムスケクス
(65)公表番号	特表2022-548263(P2022-548263 A)		ヴェーデーデー オイ
(43)公表日	令和4年11月17日(2022.11.17)		TEKNOLOGIAN TUTKIM
(86)国際出願番号	PCT/FI2020/050582		USKESKUS VTT OY
(87)国際公開番号	WO2021/053267		フィンランド国 エフアイ 0 2 1 5 0
(87)国際公開日	令和3年3月25日(2021.3.25)	(74)代理人	100107364
審査請求日	令和5年4月20日(2023.4.20)		弁理士 斉藤 達也
(31)優先権主張番号	20195772	(72)発明者	ヴァーブラ, アーボ
(32)優先日	令和1年9月16日(2019.9.16)		フィンランド国 0 2 1 5 0 エスポー
(33)優先権主張国・地域又は機関	フィンランド(FI)		テクニイカンティエ 2 1 シーノオー
			テクノロギアン トウトキムスケクス
			ヴェーデーデー オイ
		(72)発明者	チイラ, ジョンナ

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 熱検出器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

検出器であって、

光吸収膜であって、前記光吸収膜は、前記光吸収膜と基板との間にあるキャビティの上方に懸架されており、前記基板は前記検出器に含まれており、前記光吸収膜は、熱電トランスデューサ層及び光吸収層を備えており、前記熱電トランスデューサ層は第1の部分及び第2の部分の備えており、前記光吸収層は穴が開けられている、前記光吸収膜と、

前記光吸収膜を前記キャビティの上方に取り付けている熱電トランスデューサであって、前記光吸収膜は前記熱電トランスデューサのn型熱電素子とp型熱電素子との間に接触要素を形成している、前記熱電トランスデューサと、を含み、

前記熱電トランスデューサによる前記キャビティの上方への前記光吸収膜の前記取り付けは、非熱電材料を含まない第1の脚及び第2の脚によって行われ、前記第1の脚及び前記第1の部分は第1の半導体層で形成され、前記第2の脚及び前記第2の部分は第2の半導体層で形成される、

前記検出器であり、

前記光吸収膜が、前記n型熱電素子及び前記p型熱電素子が前記光吸収層の全長にわたって前記光吸収層の両側に配置されている区画を含むことと、

前記n型熱電素子及び前記p型熱電素子は、互いに直接つながることによって前記光吸収層を密封していることと、

前記光吸収膜が、前記n型熱電素子と前記p型熱電素子とが互いに重なり合い、それに

前記光吸収層が被さっている区画を含むことと、  
のうちの1つだけが当てはまる、

検出器。

【請求項 2】

前記光吸収膜は厚さが、800ナノメートル未満、200ナノメートル未満、180ナノメートル未満、160ナノメートル未満、100ナノメートル未満、60ナノメートル未満、又は20ナノメートル未満である、請求項1に記載の検出器。

【請求項 3】

前記検出器は更に、前記キャビティの内側エッジに取り付けられた後方反射板を含み、前記後方反射板は、前記光吸収膜に吸収されなかった光信号を反射して前記光吸収膜のほうに戻すように配置されている、請求項1又は2に記載の検出器。

10

【請求項 4】

前記検出器は受動冷却によってのみ冷却される、請求項1～3のいずれか一項に記載の検出器。

【請求項 5】

前記熱電トランスデューサの上に、又は前記キャビティの高さが決まる、前記熱電トランスデューサとスタブとの間に、フレームを更に含む、請求項1～4のいずれか一項に記載の検出器。

【請求項 6】

前記フレームは酸化アルミニウムで構成されている、請求項5に記載の検出器。

20

【請求項 7】

前記熱電トランスデューサは一部がシリコンで構成されている、請求項1～6のいずれか一項に記載の検出器。

【請求項 8】

前記熱電トランスデューサは一部がテルル化ビスマスで構成されている、請求項1～7のいずれか一項に記載の検出器。

【請求項 9】

前記熱電トランスデューサは一部がテルル化アンチモンで構成されている、請求項1～8のいずれか一項に記載の検出器。

【請求項 10】

前記光吸収膜は窒化チタンで構成されている、請求項1～9のいずれか一項に記載の検出器。

30

【請求項 11】

前記光吸収膜はチタンタンゲステンで構成されている、請求項1～10のいずれか一項に記載の検出器。

【請求項 12】

前記光吸収膜はチタンで構成されている、請求項1～11のいずれか一項に記載の検出器。

【請求項 13】

前記光吸収膜はアルミニウムドープ酸化亜鉛で構成されている、請求項1～12のいずれか一項に記載の検出器。

40

【請求項 14】

前記光吸収膜はアルミニウムで構成されている、請求項1～13のいずれか一項に記載の検出器。

【請求項 15】

前記スタブは、前記熱電トランスデューサと、前記検出器からの信号を処理するように構成された読み出し電子回路との間の電氣的接続を含む、請求項5に記載の検出器。

【請求項 16】

前記スタブは酸化シリコンで構成されている、請求項15に記載の検出器。

【請求項 17】

50

前記光吸収膜は、抵抗性インピーダンスマッチングされた吸収体又はプラズモン吸収体である、請求項 1 ~ 16 のいずれか一項に記載の検出器。

【請求項 18】

前記光吸収膜は前記抵抗性インピーダンスマッチングされた吸収体であり、前記キャビティの高さは、前記検出器が検出するように構成されている波長の4分の1である、請求項 17 に記載の検出器。

【請求項 19】

前記基板はシリコン層を含む、請求項 1 ~ 18 のいずれか一項に記載の検出器。

【請求項 20】

前記光吸収膜は、前記光吸収膜に複数の穴を開けることを含むパターンでパターニングされている、請求項 1 ~ 19 のいずれか一項に記載の検出器。 10

【請求項 21】

前記光吸収膜は、2つの光吸収層と、熱電トランスデューサ層とを含み、前記光吸収層は前記熱電トランスデューサ層の両側に配置される、請求項 1 ~ 20 のいずれか一項に記載の検出器。

【請求項 22】

前記光吸収膜は、唯一の光吸収層と、熱電トランスデューサ層とを含み、前記光吸収層は前記熱電トランスデューサ層の唯一の側に配置される、請求項 1 ~ 21 のいずれか一項に記載の検出器。

【請求項 23】 20

基板ウェーハを取得し、前記基板ウェーハ上に酸化物層を堆積させるステップと、  
前記酸化物層上に熱電トランスデューサ層を堆積させるステップと、  
前記酸化物層上又は前記熱電トランスデューサ層上に光吸収層を堆積させるステップと、  
凹部を前記酸化物層までエッチングしてキャビティを形成して、前記熱電トランスデューサ層によって前記キャビティの上方に懸架された、前記光吸収層と前記熱電トランスデューサ層の一部とを含む光吸収膜を残すステップと、を含み、  
熱電トランスデューサによる前記キャビティの上方への前記光吸収膜の取り付けは、非熱電材料を含まない第1の脚及び第2の脚によって行われ、

前記熱電トランスデューサ層は第1の部分及び第2の部分を備えており、

前記光吸収層は穴が開けられており、 30

前記第1の脚及び前記第1の部分は第1の半導体層で形成され、前記第2の脚及び前記第2の部分は第2の半導体層で形成され、

前記光吸収膜は前記熱電トランスデューサのn型熱電素子とp型熱電素子との間に接触要素を形成している、

検出器の製造方法であって、

前記光吸収膜が、前記n型熱電素子及び前記p型熱電素子が前記光吸収層の全長にわたって前記光吸収層の両側に配置されている区画を含むことと、

前記n型熱電素子及び前記p型熱電素子は、互いに直接つながることによって前記光吸収層を密封していることと、

前記光吸収膜が、前記n型熱電素子と前記p型熱電素子とが互いに重なり合い、それに前記光吸収層が被さっている区画を含むことと、 40

のうちの1つだけが当てはまる、

検出器の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は熱電熱検出器に関する。

【背景技術】

【0002】

光検出器は感光性センサであり、これは、入射電磁放射の存在及び/又は強度を測定し 50

、測定値を適切な電気信号に換算して出力する。光検出器は、量子型検出器と熱型検出器に分けられる。量子検出器（即ち、光起電性検出器及び光導電性検出器）は典型的には高速であり、多くの場合、熱検出器より高感度であるが比較的複雑である。赤外領域で動作する量子検出器は、多くの場合、高価且つノイズ又は有毒な材料で作られており、又、高感度を実現する為には低温で動作させなければならない（これは、温度を下げることによってノイズが抑えられる為である）。熱型センサは、電磁放射のパワーを熱に変換し、生成された温度を適切な電気信号に換算することによって、そのパワーを測定するように構成されたデバイスである。

【0003】

熱センサは様々なテクノロジーを利用するが、最も適切な商用テクノロジーは抵抗性熱検出器及び熱電熱検出器である。熱検出器は、入射放射の吸収器とトランスデューサとで構成され、トランスデューサは吸収器の温度の変化を電気信号に変換する。抵抗性熱検出器（ボロメータと呼ばれることがある）は、温度に依存する抵抗をトランスデューサとして使用する。熱電熱検出器（多くの場合、サーモパイル又は熱電対）は、熱電効果に基づく熱電トランスダクションを用いる。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、上記従来技術における課題を解決するためになされたものである。

【課題を解決するための手段】

20

【0005】

幾つかの態様によれば、独立請求項の対象が提供される。従属請求項では幾つかの実施形態が定義されている。

【0006】

本開示の第1の態様によれば検出器が提供され、検出器は、光吸収膜であって、光吸収膜は、光吸収膜と基板との間にあるキャビティの上方に懸架されており、基板は検出器に含まれている、光吸収膜と、光吸収膜をキャビティの上方に取り付けている熱電トランスデューサであって、光吸収膜は熱電トランスデューサのn型熱電素子とp型熱電素子との間に接触要素を形成している、熱電トランスデューサと、を含む。

【0007】

30

本開示の第2の態様によれば検出器の製造方法が提供され、この方法は、基板ウェーハを取得し、基板ウェーハ上に酸化物層を堆積させるステップと、酸化物層上に熱電トランスデューサ層を堆積させるステップと、酸化物層上又は熱電トランスデューサ層上に光吸収層を堆積させるステップと、凹部を酸化物層までエッチングしてキャビティを形成して、熱電トランスデューサ層によってキャビティの上方に懸架された、光吸収層と熱電トランスデューサ層の一部とを含む光吸収膜を残すステップと、を含む。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1A】本発明の少なくとも幾つかの実施形態による熱検出器の一例を示す。

【図1B】本発明の少なくとも幾つかの実施形態による熱検出器の一例を示す。

40

【図2A】本発明の少なくとも幾つかの実施形態による熱検出器の一例を示す。

【図2B】本発明の少なくとも幾つかの実施形態による、パターンニングされた膜を有する熱検出器の一例を示す。

【図3A】デバイス構成の例を示す。

【図3B】デバイス構成の例を示す。

【図4A】乃至

【図4D】一製造方法の各フェーズを示す。

【図5A】乃至

【図5D】吸収膜の様々な構造を示す。

【図6】本発明の少なくとも幾つかの実施形態による一方法のフローグラフである。

50

## 【発明を実施するための形態】

## 【0009】

本明細書に開示のように構築された検出器は、熱電トランスデューサによって（例えば）キャビティの上方に懸架された光吸収膜を含む。キャビティはその底に反射板を有してよく、入射光のうちの膜が吸収しなかった分を反射板が反射して戻すことによって検出器の感度が増強される。キャビティは共振機能を有してよい。膜はナノ膜であってよく、その厚さはナノメートルスケールである。ナノスケール膜は軽量である為、入射放射に対する応答として素早く温まることが可能であり、これによって検出器の応答速度が高まる。本開示の検出器は更に、独立した支持構造を持たない。これは、膜が熱電トランスデューサ自体によってキャビティの上方に直接懸架されて取り付けられる為である。検出器が独立した支持構造を持たないという事実によっても応答時間は早くなる。これは、システムが支持構造を有すると、支持構造によって検出器の熱容量が大きくなって応答時間が遅くなる為である。有利なことに、本明細書に開示の検出器は、より安全な（例えば、毒性がより低い）材料で製造することが可能である。そのような材料はより安価でもありうる。更に、本明細書に開示の検出器は、微小電子機械システム（MEMS）方式で製造されてよい。

10

## 【0010】

量子検出器（即ち、光起電性検出器及び光導電性検出器）は、感度を高くする為に冷却溶液を必要とし、多くの場合、高コストであり、エキゾチック且つ/又は有毒な材料（例えば、遠赤外線検出に必要とされるHgCdTe）を必要とする。冷却システムは複雑であり、消費電力が大きく、高コストである。熱型及び量子型の両方の光検出器を冷却しない場合の主たる制限は、特定の検出能で記述される感度の観点での性能が低いことである。最先端の熱検出器であっても、典型的には、量子検出器より低速である。熱電トランスダクションがもたらす利点は、有効電力を必要とする抵抗性検出器に比べて高感度及び低消費電力であることである。熱電トランスダクションは、元来、電圧を発生させる為、外部電力が不要である。更に、熱電素子の場合の信号トランスダクションでは電流が不要な為、ノイズ源が少なくなり、結果として信号対ノイズ比が高くなる（即ち、感度が高くなる）。

20

## 【0011】

図1Aは、本発明の少なくとも幾つかの実施形態による検出器の一例を示す。この検出器は光吸収膜110を含み、以下ではこれを簡潔さの為に膜110と呼ぶことにする。膜110は、吸収する入射電磁放射に対する応答として温まる。n型半導体素子120が膜110をスタブ122につないでいる。p型半導体素子130が膜110をスタブ132につないでいる。スタブ122、132は、図1Aには示していない基板の上に配置されてよい。本明細書において後で開示するように、基板は膜110の下にキャビティを定義してよい。検出器は、半導体素子120、130の脚のペアを2つ以上有してよく、その場合、構造はより頑丈になりうる。膜110は、真空中に置かれることによって熱的に隔離されることが可能である。

30

## 【0012】

熱電トランスデューサは、接触要素によって互いに接合された、似ていない2つの熱電材料で構成される。この似ていない熱電材料は、負電荷キャリアを有するn型半導体と、正電荷キャリアを有するp型半導体とを含む。従って、図1Aでは、熱電トランスデューサは、半導体素子120及び130で構成される。膜110は、熱電トランスデューサのn型熱電素子120とp型熱電素子130との間の接触要素として働くように配置される。

40

## 【0013】

図1Bは、本発明の少なくとも幾つかの実施形態による検出器の一例を示す。この図は、検出器を異なる見方で示しており、図1Aと同じ要素を含んでおり、類似の番号付けは類似の構造を指している。スタブ122、132は、ここでは基板140上に配置されているように示されており、基板140は適切な材料を含んでよい。例えば、基板140はシリコンウェーハを含んでよい。スタブ122、132は、酸化物材料（例えば、酸化シ

50

リコン等)で構築されてよい。図1Bの検出器は更に、反射板150を含み、これは、膜110に吸収されずに膜110を通過した電磁放射を反射して戻すように配置されている。従って、反射板が存在することにより、検出器の感度が高まる。これは、入射放射のうちの膜110に吸収される分がそれだけ多くなる為である。実質的に、放射が吸収される機会は2回あり、1回は反射板150に反射する前、もう1回は反射した後である。実質的に、膜110と反射板150との間に光キャビティが形成されている。反射板150は、例えば、金属、半金属、高伝導性半導体、分布ブラッグ反射鏡の為の誘電体又は低伝導性半導体で構成されてよい。代替として、N<sup>+</sup>(高/縮退Nドープ)又はP<sup>+</sup>(高/縮退Nドープ)ドープ半導体反射鏡が、十分にドープされた基板140、(例えば、打ち込み又は拡散により)表面ドープされた基板140、又は堆積ドープ層とともに使用されてよい。幾つかの実施形態では、基板140自体が反射板として働く。これは、例えば、基板140が伝導性の場合であり、例えば、基板140が高度にドープされたシリコン又は他の半導体、又は金属基板の場合である。

10

#### 【0014】

スタブ122、132は、熱電トランスデューサ120、130と、検出器からの信号を処理するように構成された読み出し電子回路との間の電氣的接続を提供してよい。例えば、これらの電氣的接続は、金属ボンディングパッドを使用するワイヤボンディング、フリップチップボンディング、又はウェーハボンディングの技術を使用して構築されてよい。別の代替として、基板140はCMOS回路を含んでよい。更に、検出器は他の光デバイス(例えば、マイクロスペクトロメータフィルム(例えば、ファブリーペロット(Fabry-Perot)干渉計))とインタフェースしてよい。読み出し電子回路は簡潔さの為に図1Bには示していない。スタブは酸化物材料で作られてよく、この材料は、検出器の製造中にエッチングされた犠牲層の残りであってよい。例えば、オルトケイ酸テトラエチル(TEOS)酸化シリコン、プラズマ増強化学気相成長法(CVD)酸化シリコン、又は低圧CVD低温酸化物(LTO)酸化シリコンであってよい。

20

#### 【0015】

図2Aは、本発明の少なくとも幾つかの実施形態による検出器の一例を示す。類似の番号付けは図1A及び1Bと類似の構造を指している。応力調整を行う為のフレーム160が設けられており、これによって、より広範囲の応力特性を有する熱電材料が使用される。フレーム160がない場合には、半導体素子120及び130で使用される熱電材料は、膜110を適切に懸架する為に低い又は中程度の引張応力を有するように作られてよい。フレーム160は、図2Aに示したように半導体素子120、130の上に設置されてよく、或いは、追加又は代替として、半導体素子120とスタブ122との間、及び半導体素子130とスタブ132との間に設置されてよい。フレームは、例えば、以下の材料、例えば、窒化シリコン(SiN<sub>x</sub>)及び酸化アルミニウム(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)のうちの1つで構成されてよい。これらの材料は、例えば、プラズマ増強CVD、低圧CVD、スパッタリング、及び/又は原子層堆積(ALD)の技法により堆積されてよい。上述のように、幾つかの実施形態では、フレーム160はない。

30

#### 【0016】

光吸収膜110は、図2Aでは、熱電トランスデューサ層112a、112b及び光吸収層111で構成されるものとして示した。物理的には、熱電トランスデューサ層112a、112b及び半導体素子120、130は、製造された同一の層構造の一部であってよい。詳細には、半導体素子120と、熱電素子120と向き合う熱電トランスデューサ層112aは、同じ半導体層の一部であってよい。半導体素子130と、熱電素子130と向き合う熱電トランスデューサ層112bは、同じ半導体層の一部であってよい。製造の観点からは、光吸収層111は、熱電トランスデューサ層112a、112bの上に堆積されてよい。言い換えると、光吸収層111が堆積することによって、熱電トランスデューサ層112a、112bは、熱電素子120、130のうちの、光吸収層111が被せられた部分として画定される。他の実施形態では、光吸収層111は、熱電トランスデューサ層112a、112bの下、即ち、膜110と基板140との間のキャビティの側

40

50

にあってよい。膜 110 中のギャップは膜のパターニングを概略的に示しており、これは任意選択のフィーチャである。図 2 B ではパターニングをより詳細に示しており、以下、これについて説明する。熱電トランスデューサ層 112 a、112 b のサイズは等しくても等しくなくてもよい。サイズが等しくない場合、使用される特定の熱電材料及び吸収体材料に応じて、熱電トランスデューサの全体接触抵抗及び/又は全抵抗が最小化されるようにサイズが選択されてよい。熱電素子 120、130 のジオメトリは、例えば、A. ヴァーピュラ等 (A. Varpula et al.) 著、アプライド フィジックス レターズ (Appl. Phys. Lett.) 110、262101 (2017) の場合、又は「熱電ハンドブック：マクロからナノへ (Thermoelectrics handbook : macro to nano)」、D. M. ローウェ (D. M. Rowe) 著、テイラー アンド フランシス (Taylor & Francis) (2006)、並びに H. ジュリアン・ゴールドシュミット (H. Julian Goldsmid) 著、シュプリンガー材料科学叢書 (Springer series in materials science) 121: 「熱電気入門 (Introduction to Thermoelectricity)」、シュプリンガー (Springer) (2010) の場合と同様に選択されてよい。

10

#### 【0017】

更に別の実施形態では、光吸収層が 2 つあってよく、熱電トランスデューサ層 112 a、112 b の両側に 1 つずつあってよい。言い換えると、光吸収膜は、2 つの光吸収層と、熱電トランスデューサ層とを含んでよく、光吸収層は熱電トランスデューサ層の両側に配置される。一方、幾つかの実施形態では、光吸収膜 110 は、唯一の光吸収層 111 と同じく 1 つの熱電トランスデューサ層 112 とを含み、光吸収層 111 は熱電トランスデューサ層 112 の唯一の側に配置される。膜の様々な実施形態の具体例について、後で図 5 A ~ 5 D に関して詳述する。

20

#### 【0018】

光吸収膜 110 中に 2 つの光吸収層が存在する場合、それらは同じ材料から作られても別々の材料から作られてもよい。光吸収膜 110 は厚さが、例えば、800 ナノメートル未満、200 ナノメートル未満、180 ナノメートル未満、160 ナノメートル未満、100 ナノメートル未満、60 ナノメートル未満、又は 20 ナノメートル未満であってよい。既に開示したように、薄い膜は熱容量が低い。更に、厚さがナノスケールまで小さくなると、膜内材料の膜フォノン熱伝導率が低くなる。

30

#### 【0019】

光吸収層 (例えば、光吸収層 111) は、金属、半金属、又は高ドープ半導体で構成されてよい。例として、TiW (チタンタングステン)、Ti (チタン)、W (タングステン)、TiN (窒化チタン)、NbN (窒化ニオブウム)、MoN (窒化モリブデン)、Mo (モリブデン)、薄膜 Al、a-Si (アモルファスシリコン)、Al:ZnO (アルミニウムドープ酸化亜鉛)、高ドープ単結晶及び多結晶シリコン、及びドープ SrTiO<sub>3</sub> (チタン酸ストロンチウム) がある。吸収体材料の別の例として、窒化シリコン又は酸化アルミニウム等の赤外線吸収絶縁体がある。これらの材料は赤外帯をよく吸収する。吸収層では、材料の伝導性は、熱質量が低い真空インピーダンスとのインピーダンスマッチングを可能にするように、即ち、抵抗が最適には高すぎることなく良好な吸収に十分な高さであるように選択されてよい。プラズモン吸収体の場合、選択された材料の誘電率、及びパターンフィーチャサイズは、所望の波長と有利に一致しうる。電気的要件に関しては、選択された吸収層 111 の材料は、有利なことに、半導体素子 120 及び 130 の材料との (従って、熱電トランスデューサ層 112 a、112 b との) 接触抵抗が低い。この接触抵抗は、熱電脚 120、130 の全抵抗よりずっと低くなければならない。そうでないと、検出器の性能が接触抵抗によって低下するからである。

40

#### 【0020】

熱電素子 120、130 及び熱電トランスデューサ層 112 a、112 b に使用される熱電材料は、検出器に適用される際の厚さが 200 nm 未満であってよい。一方は N 型熱

50

電材料であり、他方はP型熱電材料である。適切な材料として、高ドーブN(P)型シリコン、ポリシリコン等の半導体がある。ドーブは、イオン打ち込み、拡散、又は他の適切な方法で行われてよい。有利なことに、熱電材料は熱電性能指数(ZT)が高い(ZTの定義については、例えば、A.ヴァーピュラ等(A. Varpula et al.)著、アプライド フィジックス レターズ( Appl. Phys. Lett. ) 110、262101(2017)を参照)。光検出器の感度を最大にする為には、デバイスの有効熱電性能指数(有効ZT)を最大にしなければならない。素子120、130及び熱電トランスデューサ層112a、112bの熱電材料の機械的要件については、これらの材料は、膜110を適切に懸架する為に低い又は中程度の引張応力を有しなければならない。応力条件の適切さが十分でない場合は、フレーム160を活用して熱電材料の応力を調整することで対処可能である。

10

## 【0021】

適切な熱電材料の例として、 $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ (テルル化ビスマス)、 $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ (セレン化ビスマス)、 $\text{HgCdTe}$ (水銀カドミウムテルル)、 $\text{ZnO}_2$ (過酸化亜鉛)、 $\text{SrTiO}_3$ (チタン酸ストロンチウム)、シリコンナノワイヤ、薄膜単結晶シリコン、薄膜ポリシリコン、 $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ (テルル化ビスマス)、及び $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ (テルル化アンチモン)がある。

## 【0022】

任意選択で、図2Aに示していないパッシベーション層が、膜110、素子120、130、及びフレーム160(フレーム160がある場合)の上に来る最上層として配置されてよく、これはそれ以外の層を密封する為である。パッシベーション層は、例えば、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 又は $\text{SiN}_x$ で構成されてよい。これらの材料は、例えば、プラズマ増強CVD、低圧CVD、スパッタリング、及び原子層堆積(ALD)の技法により堆積されてよい。パッシベーション層の役割は、必要に応じて吸収材料を保護することである。吸収材料面は、パッシベーション層を吸収体エッジから離してパターニングすることにより(スペーサパターニング技術により)保護されてよく、又は、パッシベーション層と熱電材料及び吸収体材料とを同時にパターニングすることにより、保護されないままであってよい。幾つかの実施形態では、熱電材料のうちの1つが、光吸収膜の吸収層に対するパッシベーション層として使用される。

20

## 【0023】

図2Bは、本発明の少なくとも幾つかの実施形態による、パターニングされた膜を有する検出器の一例を示す。図2Aの断面は、点線に沿って斜め方向に得られたものである。図2Bから分かるように、光吸収膜110はパターニングされており、詳細には、膜に開けられた複数の穴でパターニングされている。これらの穴は、例えば、エッチング(ウェットエッチング又はプラズマエッチング等)で作成されてよい。膜をパターニングすることには、それによって膜が軽くなるという利点があり、これによって膜の熱容量が小さくなり、結果として、入射電磁放射に対する応答として、より素早く温まる。又、パターニングにより、(抵抗性インピーダンスマッチングされた吸収体の場合には)吸収体の光インピーダンスマッチングの為に、パターニングされた吸収体膜の有効シート抵抗を調整することが可能になり、或いは(プラズモン吸収体の場合には)吸収体の光学特性を調整することが可能になる。それによって、検出器の応答時間を改善することが可能である。穴は、検出器が検出しようとする放射の波長より小さいように設計されてよく、その為、吸収への悪影響はない。

30

40

## 【0024】

検出器が検出しようとする波長が既知であれば、キャビティの寸法もそれに依りて決定されてよく、抵抗性吸収体の場合には、キャビティの高さが、熱検出器が検出するように構成された中心波長の4分の1であるように決定されてよい。プラズモン吸収体の場合には、キャビティは、中心波長の4分の1でなくてよい。

## 【0025】

一般に、光吸収膜110と基板140との間のキャビティの上方に懸架された光吸収膜

50

110と、キャビティの上方に光吸収膜110を取り付けている熱電トランスデューサ120、130と、を含む検出器が提供されてよく、光吸収膜110は、熱電トランスデューサ120、130のn型熱電材料120とp型熱電材料130との間に接触要素を形成する。膜110はパターンングされてよく、例えば、膜110に複数の穴を開けることによってパターンングされてよい。膜110がパターンングされると、熱電トランスデューサ層112と光吸収層111の両方が同じパターンを有してよく、これによって、パターンの各穴は、例えば、膜110を完全に貫通して延びる。

#### 【0026】

膜110を検出器の膜110以外の部分（例えば、スタブ122、132）に接続している脚120、130は、熱電トランスデューサによってキャビティの上方に取り付けられることによって、非熱電材料を含まないということであってよい。脚は、別の構造（例えば、スタブ122、132及びフレーム160）と、又は別の構造の間に接続されてよいが、脚自体は熱電材料のみで構成されてよい。

10

#### 【0027】

検出器は、キャビティの内側エッジに取り付けられた後方反射板を含んでよく、後方反射板は、膜110に吸収されなかった光信号を反射して膜110のほうに戻すように配置されている。従って、膜110は、光信号からエネルギーを吸収する機会が2回あることになる。

#### 【0028】

検出器の冷却は受動冷却だけでよく、従って、検出器は能動冷却機構を持たないことになる。言い換えると、検出器は冷却されなくてよい。検出器は、能動冷却される場合には、例えば、ペルチェチップを使用して冷却されてよい。一般に、検出器を冷却しないことには、感度が若干良くなるという利点がある。

20

#### 【0029】

検出器はフレーム160を、熱電トランスデューサ120、130の上に含んでよく、或いは、キャビティの高さが決まる、熱電トランスデューサ120、130とスタブ122、132との間に含んでよい。上述のように、フレーム160の圧力によって、より幅広い熱電材料を使用して熱電トランスデューサ120、130及び熱電トランスデューサ層112を構築することが可能になっている。

#### 【0030】

光吸収膜110は、抵抗性インピーダンスマッチングされた吸収体又はプラズモン吸収体であってよい。膜は、プラズモン吸収体である場合には、例えば、広帯域吸収体であってよい。プラズモン吸収体の場合、吸収材料の誘電率及びパターンのフィーチャサイズは、検出器で検出することが必要とされる波長と一致しうる。光吸収膜が抵抗性インピーダンスマッチングされた吸収体である場合には、キャビティの高さは、検出器が検出するように構成されている波長の4分の1であってよい。

30

#### 【0031】

図3Aは、デバイス構成の例を示す。類似の番号付けは、やはり、先行図面における類似の構造を指す。これらの例では、吸収体は、左が五角形、真ん中と右が正方形である。図から分かるように、熱電トランスデューサ120、130は、様々な方法で膜110を懸架するように配置されてよい。フレームは、図3Aには示していないが、上述のように、存在してよい。

40

#### 【0032】

図3Bは、デバイス構成の例を示す。これらの構成は、多検出器アレイに関する。そのようなアレイは、様々な形状の検出器で構築されてよい。例えば、左は正方形検出器のアレイであり、右は、本明細書に開示のように構築された三角形検出器のアレイである。検出器アレイは、検出器アレイが多画素画像センサを形成する画像化用途で使用されてよい。検出器アレイは分光用途で使用されてもよく、その場合、アレイを構成する各検出器は、様々な波長の入射電磁放射にตอบสนองするように調整される。吸収体110は、有利なことに、全検出器面積のうちの可能な限り多くをカバーする。フレームは、図3Bには示して

50

いないが、上述のように、存在してよい。

【 0 0 3 3 】

図 4 は、製造方法の各フェーズを示す。図 4 A では、シリコンウェーハ 1 4 0 からプロセスが始まっており、シリコンウェーハ 1 4 0 は反射板 1 5 0 を生成するようにドーブされてよい。一代替として、反射板 1 5 0 を構築する為に、基板 1 4 0 上に金属層が置かれてよい。その後、犠牲酸化シリコン層 1 3 0 が反射板 1 5 0 上（又は基板 1 4 0 自体が反射性であれば基板 1 4 0 上）に堆積される。次に、（図 1 B、2 B に見える）熱電脚 1 2 0、1 3 0 を生成する為のポリシリコンの堆積、ドーブ、及びパターニングが行われて、図 4 A に示した状態になり、熱電素子 1 2 0、1 3 0 が犠牲層 1 3 0 上に存在している。

【 0 0 3 4 】

次にプロセスは、図 4 B に示したフェーズに進む。図 4 B の状態になるように、フレーム 1 6 0 の材料が熱電材料の上に堆積されて、フレーム 1 6 0 が構築される。フレーム 1 6 0 の構築ではパターニングが用いられてよい。本明細書において既に開示したように、フレームは、例えば、 $Al_2O_3$  又は窒化シリコンで構築されてよい。

【 0 0 3 5 】

次にプロセスは、図 4 C に示したフェーズに進む。図 4 C の状態になるように、吸収材料が熱電材料の上に堆積されて、吸収膜が形成される。熱電素子 1 2 0、1 3 0 のうちの吸収材料が被せられた部分が熱電トランスデューサ層 1 1 2 a、1 1 2 b になり、吸収材料自体は光吸収層 1 1 1 を構成する。これら 2 つの層は一緒に光吸収膜 1 1 0 になる。膜は、この実施形態では、本明細書において既に開示したように、パターニングされる。パターニングは、例えば、穴を開けることを含んでよい。

【 0 0 3 6 】

そして最後に、図 4 D に示したフェーズに進み、犠牲層が除去されて、光吸収膜 1 1 0 と反射板 1 5 0（又は基板 1 4 0 自体が反射性であれば基板 1 4 0）との間にキャビティが構築される。これは、例えば、フッ化水素（HF）蒸気でシリコンを剥離することによって行われる。代替として、除去は、HF 溶液又は緩衝 HF 溶液を使用するウェットエッチングとして行われてよい。犠牲層の残りとしてスタブ 1 2 2 及び 1 3 2 が残り、これは、例えば、熱電トランスデューサと読み出し電子回路との間を電氣的に接続する。

【 0 0 3 7 】

図 5 A ~ 5 D は、光吸収膜 1 1 0 の様々な構造を示す。これらの図では、明確さの為に、熱電層及び吸収層のみを示しており、スタブ、キャビティ、基板、及び任意選択のフレームは示していない。

【 0 0 3 8 】

図 5 A は、図 2 A の膜 1 1 0 と異なる膜構造を示しており、異なるのは、熱電トランスデューサ層 1 1 2 a、1 1 2 b の熱電素子 1 2 0、1 3 0 の間にギャップ 5 0 1 があることである。ギャップは、吸収材料が堆積される前にその場所に製造されてよい。従って、この場合には、光吸収層 1 1 1 は、熱電素子 1 2 0 と熱電素子 1 3 0 との間の電氣的接続だけを与える。実際には、吸収層 1 1 1 はギャップ 5 0 1 内に延びてよい。

【 0 0 3 9 】

図 5 A の配置は、光吸収膜が熱電トランスデューサの n 型熱電素子と p 型熱電素子との間に接触要素を形成する配置として表現されてよく、光吸収膜は、熱電トランスデューサ層に被せられた光吸収層を含み、熱電トランスデューサ層中に、n 型熱電素子を p 型熱電素子から隔てるギャップが存在する。膜はパターニングされてよい。

【 0 0 4 0 】

図 5 B は、図 2 A の膜 1 1 0 と異なる膜構造を示しており、異なるのは、熱電材料の一方が他方と部分的に重なり合うことである。詳細には、膜の一部に、熱電素子同士が互いに重なり合い、更にその上に少なくとも 1 つの吸収層 1 1 1 が重なる 3 層の区画が存在する。実質的に、2 つの熱電トランスデューサ層が存在し、それぞれが熱電材料の各型に対応する。これらは、層 1 1 2 a 及び層 1 1 2 b として示されている。

【 0 0 4 1 】

10

20

30

40

50

図 5 B の配置は、光吸収膜が熱電トランスデューサの n 型熱電素子と p 型熱電素子との間に接触要素を形成する配置として表現されてよく、光吸収膜は、n 型熱電素子と p 型熱電素子とが互いに重なり合い、それに光吸収層が被さっている区画を含む。従って、この区画では、3 つの層が互いに重なり合っている。これらの層が互いに重なり合う特定の順序は、図示のものとは異なってよい。

【 0 0 4 2 】

図 5 C は、図 5 B の膜と異なる膜構造を示しており、異なるのは、熱電層間の重なりがより広範囲にわたることである。異なる違いとして、熱電トランスデューサ層 1 1 2 の熱電材料が吸収層 1 1 1 の両側に配置されている。実質的に、2 つの熱電トランスデューサ層が存在し、それぞれが熱電材料の各型に対応する。これらは、図 5 C では層 1 1 2 a 及び層 1 1 2 b として示されている。

10

【 0 0 4 3 】

図 5 C の配置は、光吸収膜が熱電トランスデューサの n 型熱電素子と p 型熱電素子との間に接触要素を形成する配置として表現されてよく、光吸収膜は、n 型熱電素子及び p 型熱電素子が光吸収層の全長にわたって光吸収層の両側に配置されている区画を含む。従って、3 つの層が互いに重なり合っている。

【 0 0 4 4 】

図 5 D は、図 5 C の膜と異なる膜構造を示しており、異なるのは、熱電素子 1 3 0 に対応する熱電トランスデューサ層 1 1 2 b が、光吸収層 1 1 1 を密封して、熱電素子 1 2 0 に対応する熱電トランスデューサ層 1 1 2 a と直接つながることである。実質的に、2 つの熱電トランスデューサ層 1 1 2 が存在し、それぞれが熱電材料の各型に対応する。これらは、層 1 1 2 a 及び層 1 1 2 b として示されている。

20

【 0 0 4 5 】

図 5 D の配置は、光吸収膜が熱電トランスデューサの n 型熱電素子と p 型熱電素子との間に接触要素を形成する配置として表現されてよく、光吸収膜は、n 型熱電素子及び p 型熱電素子が光吸収層の全長にわたって光吸収層の両側に配置されている区画を含み、n 型熱電素子及び p 型熱電素子は、互いに直接つながることによって光吸収部材を密封している。従って、3 つの層が互いに重なり合っている。この配置の利点は、別個のパッシベーション層を使用しなくても熱電材料で吸収層のパッシベーションを実現できることである。代替として、図 5 A ~ 5 D のうちの 1 つ以上において別個のパッシベーション層を光吸収膜にコーティングしてよい。

30

【 0 0 4 6 】

図 6 は、本発明の少なくとも幾つかの実施形態による一方法のフローグラフである。フェーズ 6 1 0 では、基板ウェーハを取得し、基板ウェーハ上に酸化物層を堆積させる。フェーズ 6 2 0 で、酸化物層上に熱電トランスデューサ層を堆積させる。フェーズ 6 3 0 で、酸化物層上又は熱電トランスデューサ層上に光吸収層を堆積させる。最後にフェーズ 6 4 0 で、凹部を酸化物層までエッチングしてキャビティを形成して、熱電トランスデューサ層によってキャビティの上方に懸架された、光吸収層と熱電トランスデューサ層の一部とを含む光吸収膜を残す。熱電トランスデューサ層は 2 つの層を含んでよく、1 つは n 型熱電素子に対応し、1 つは p 型熱電素子に対応する。酸化物は、例えば、酸化シリコンを含んでよい。

40

【 0 0 4 7 】

検出器の構築には、以下の材料の組み合わせが使用されてよい。材料の 1 つの組み合わせを 1 行に開示している。

【表 1】

酸化物	フレーム	吸収体	熱電材料 1	熱電材料 2
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiN	Si	
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiW	Si	
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ti	Si	
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al:Zno	Si	
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al	Si	
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiN	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiW	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ti	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al:Zno	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiN	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	Sb <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiW	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	Sb <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ti	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	Sb <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al:Zno	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	Sb <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	Sb <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiN	SrTiO <sub>3</sub>	Si
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiW	SrTiO <sub>3</sub>	Si
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ti	SrTiO <sub>3</sub>	Si
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al:Zno	SrTiO <sub>3</sub>	Si
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al	SrTiO <sub>3</sub>	Si
SiO <sub>2</sub>	(none)	TiN	Si	
SiO <sub>2</sub>	(none)	TiW	Si	
SiO <sub>2</sub>	(none)	Ti	Si	
SiO <sub>2</sub>	(none)	Al:Zno	Si	
SiO <sub>2</sub>	(none)	Al	Si	
SiO <sub>2</sub>	(none)	TiN	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	
SiO <sub>2</sub>	(none)	TiW	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	
SiO <sub>2</sub>	(none)	Ti	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	
SiO <sub>2</sub>	(none)	Al:Zno	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	
SiO <sub>2</sub>	(none)	Al	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	
SiO <sub>2</sub>	(none)	TiN	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	Sb <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>
SiO <sub>2</sub>	(none)	TiW	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	Sb <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>
SiO <sub>2</sub>	(none)	Ti	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	Sb <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>
SiO <sub>2</sub>	(none)	Al:Zno	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	Sb <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>
SiO <sub>2</sub>	(none)	Al	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>	Sb <sub>2</sub> Te <sub>3</sub>
SiO <sub>2</sub>	(none)	TiN	SrTiO <sub>3</sub>	Si
SiO <sub>2</sub>	(none)	TiW	SrTiO <sub>3</sub>	Si
SiO <sub>2</sub>	(none)	Ti	SrTiO <sub>3</sub>	Si
SiO <sub>2</sub>	(none)	Al:Zno	SrTiO <sub>3</sub>	Si
SiO <sub>2</sub>	(none)	Al	SrTiO <sub>3</sub>	Si

10

20

30

40

## 【0048】

当然のことながら、開示された本発明の実施形態は、本明細書で開示された特定の構造、処理手順、又は材料に限定されず、当業者であれば理解されるであろう、その等価物まで拡張される。更に、当然のことながら、本明細書で使用された術語は、特定の実施形態の説明の為にのみ使用されており、限定的であることを意図されていない。

## 【0049】

本明細書を通しての一実施形態 (one embodiment) 又は一実施形態 (an embodiment) への参照は、その実施形態に関連して説明された特定の特徴、構造、又は特性が、本発明の少なくとも1つの実施形態に含まれることを意味する。従って

50

、本明細書全体の様々な場所での「一実施形態では ( i n o n e e m b o d i m e n t ) 」又は「一実施形態では ( i n a n e m b o d i m e n t ) 」という語句の出現は、必ずしも全てが同じ実施形態を参照しているわけではない。例えば、約 ( a b o u t ) 又は大体 ( s u b s t a n t i a l l y ) 等の語句を使用して数値が参照された場合は、厳密な数値も開示されている。

【 0 0 5 0 】

本明細書で使用されている複数のアイテム、構造要素、組成要素、及び/又は材料は、便宜上、一般的ナリストに存在してよい。しかしながら、これらのリストは、リストの各要素が別個且つ固有の要素として個別に識別されるかのように解釈されるべきである。従って、そのようなリストの個々の要素は、反対の意味で示されているのでない限り、それらが一般的なグループに存在することにのみ基づいて、同じリストの他の任意の要素の事実上の等価物として解釈されるべきである。更に、本明細書では、本発明の様々な実施形態及び実施例は、それらの様々な構成要素に関しては代替形態と併せて参照されてよい。当然のことながら、そのような実施形態、実施例、及び代替形態は、互いの事実上の等価物として解釈されるべきではなく、本発明の別個且つ独立の表現と見なされるべきである。

10

【 0 0 5 1 】

更に、記載の特徴、構造、又は特性は、1つ以上の実施形態において任意の適切な様式で組み合わせられてよい。ここまでの説明では、本発明の実施形態が十分理解されるように、長さ、幅、形状等の例のような様々な具体的詳細を示されている。しかしながら、当業者であれば理解されるように、本発明は、これらの具体的詳細のうちの1つ以上がなくても、或いは、他の方法、構成要素、材料等によっても実施可能である。他の例では、よく知られている構造、材料、又は動作が詳しく図示又は説明されていないが、これは、本発明の態様が曖昧にならないようにする為である。

20

【 0 0 5 2 】

上述の各実施例は、本発明の原理を1つ以上の特定用途において例示したものであるが、当業者であれば明らかのように、発明的能力を行使することなく、且つ、本発明の原理及び概念から逸脱しない限り、実施態様の形式、用法、及び細部の様々な変更が行われてよい。従って、本発明は、後述の特許請求項によって限定される場合を除いて限定されないものとする。

【 0 0 5 3 】

本文書では「含む ( t o c o m p r i s e ) 」及び「含む ( t o i n c l u d e ) 」という動詞は、記載されていない特徴の存在を排除することも必要とすることもない開放的限定 ( o p e n l i m i t a t i o n s ) として使用されている。従属請求項に記載された特徴は、特に別段に明記されない限りは、相互に自由に組み合わせられてよい。更に、当然のことながら、「a」又は「an」、即ち、単数形の使用は、本文書全体を通して複数性を排除しない。

30

〔付記1〕

検出器であって、  
光吸収膜であって、前記光吸収膜は、前記光吸収膜と基板との間にあるキャビティの上方に懸架されており、前記基板は前記検出器に含まれている、前記光吸収膜と、  
前記光吸収膜を前記キャビティの上方に取り付けている熱電トランスデューサであって、  
前記光吸収膜は前記熱電トランスデューサのn型熱電素子とp型熱電素子との間に接触要素を形成している、前記熱電トランスデューサと、  
を含む検出器。

40

〔付記2〕

前記熱電トランスデューサによる前記キャビティの上方への前記光吸収膜の前記取り付けは、非熱電材料を含まない脚によって行われる、付記1に記載の検出器。

〔付記3〕

前記膜は厚さが、800ナノメートル未満、200ナノメートル未満、180ナノメートル未満、160ナノメートル未満、100ナノメートル未満、60ナノメートル未満、

50

又は20ナノメートル未満である、付記1又は2に記載の検出器。

〔付記4〕

前記検出器は更に、前記キャビティの内側エッジに取り付けられた後方反射板を含み、前記後方反射板は、前記膜に吸収されなかった光信号を反射して前記膜のほうに戻すように配置されている、付記1～3のいずれか一項に記載の検出器。

〔付記5〕

前記検出器は受動冷却によってのみ冷却される、付記1～4のいずれか一項に記載の検出器。

〔付記6〕

前記熱電トランスデューサの上に、又は前記キャビティの高さが決まる、前記熱電トランスデューサと前記スタブとの間に、フレームを更に含む、付記1～5のいずれか一項に記載の検出器。

10

〔付記7〕

前記フレームは酸化アルミニウムで構成されている、付記6に記載の検出器。

〔付記8〕

前記熱電トランスデューサは一部がシリコンで構成されている、付記1～7のいずれか一項に記載の検出器。

〔付記9〕

前記熱電トランスデューサは一部がテルル化ビスマスで構成されている、付記1～8のいずれか一項に記載の検出器。

20

〔付記10〕

前記熱電トランスデューサは一部がテルル化アンチモンで構成されている、付記1～9のいずれか一項に記載の検出器。

〔付記11〕

前記光吸収膜は窒化チタンで構成されている、付記1～10のいずれか一項に記載の検出器。

〔付記12〕

前記光吸収膜はチタンタングステンで構成されている、付記1～11のいずれか一項に記載の検出器。

〔付記13〕

前記光吸収膜はチタンで構成されている、付記1～12のいずれか一項に記載の検出器。

30

〔付記14〕

前記光吸収膜はアルミニウムドーブ酸化亜鉛で構成されている、付記1～13のいずれか一項に記載の検出器。

〔付記15〕

前記光吸収膜はアルミニウムで構成されている、付記1～14のいずれか一項に記載の検出器。

〔付記16〕

前記スタブは、前記熱電トランスデューサと、前記検出器からの信号を処理するように構成された読み出し電子回路との間の電氣的接続を含む、付記6に記載の検出器。

40

〔付記17〕

前記スタブは酸化シリコンで構成されている、付記16に記載の検出器。

〔付記18〕

前記光吸収膜は、抵抗性インピーダンスマッチングされた吸収体又はプラズモン吸収体である、付記1～17のいずれか一項に記載の検出器。

〔付記19〕

前記光吸収膜は前記抵抗性インピーダンスマッチングされた吸収体であり、前記キャビティの高さは、前記検出器が検出するように構成されている波長の4分の1である、付記18に記載の検出器。

〔付記20〕

50

前記基板はシリコン層を含む、付記 1 ~ 19 のいずれか一項に記載の検出器。

〔付記 2 1〕

前記光吸収膜は、前記膜に複数の穴を開けることを含むパターンでパターニングされている、付記 1 ~ 20 のいずれか一項に記載の検出器。

〔付記 2 2〕

前記光吸収膜は、2つの光吸収層と、熱電トランスデューサ層とを含み、前記光吸収層は前記熱電トランスデューサ層の両側に配置される、付記 1 ~ 21 のいずれか一項に記載の検出器。

〔付記 2 3〕

前記光吸収膜は、唯一の光吸収層と、熱電トランスデューサ層とを含み、前記光吸収層は前記熱電トランスデューサ層の唯一の側に配置される、付記 1 ~ 22 のいずれか一項に記載の検出器。

10

〔付記 2 4〕

前記光吸収膜が、熱電トランスデューサ層に被せられた光吸収層を含み、前記熱電トランスデューサ層中に、前記 n 型熱電素子を前記 p 型熱電素子から隔てるギャップが存在することと、

前記光吸収膜が、前記 n 型熱電素子と前記 p 型熱電素子とが互いに重なり合い、それに光吸収層が被さっている区画を含むことと、

前記光吸収膜が、前記 n 型熱電素子及び前記 p 型熱電素子が光吸収層の全長にわたって前記光吸収層の両側に配置されている区画を含むことと、

20

前記光吸収膜が、前記 n 型熱電素子及び前記 p 型熱電素子が光吸収層の全長にわたって前記光吸収層の両側に配置されている区画を含み、前記 n 型熱電素子及び前記 p 型熱電素子は、互いに直接つながることによって前記光吸収部材を密封していることと、

のうちの 1 つだけが当てはまる、付記 1 ~ 23 のいずれか一項に記載の検出器。

〔付記 2 5〕

基板ウェーハを取得し、前記基板ウェーハ上に酸化物層を堆積させるステップと、

前記酸化物層上に熱電トランスデューサ層を堆積させるステップと、

前記酸化物層上又は前記熱電トランスデューサ層上に光吸収層を堆積させるステップと、

凹部を前記酸化物層までエッチングしてキャビティを形成して、前記熱電トランスデューサ層によって前記キャビティの上方に懸架された、前記光吸収層と前記熱電トランスデューサ層の一部とを含む光吸収膜を残すステップと、

30

を含む、検出器の製造方法。

〔付記 2 6〕

前記熱電トランスデューサによる前記キャビティの上方への前記光吸収膜の取り付けは、非熱電材料を含まない脚によって行われる、付記 2 5 に記載の方法。

**【産業上の利用可能性】**

**【0054】**

本発明の少なくとも幾つかの実施形態は、検出器の使用及び製造において産業上の利用可能性がある。検出器の潜在的な用途の例として、赤外線画像化（例えば、吸光分光法に基づく赤外線化学分析）及び温度測定がある。これらのデバイスは熱量測定センサとしても使用可能である。

40

頭字語リスト

A L D 原子層堆積 ( a t o m i c l a y e r d e p o s i t i o n )

C V D 化学気相成長 ( c h e m i c a l v a p o u r d e p o s i t i o n )

L P C V D 低圧 C V D ( l o w - p r e s s u r e C V D )

L T O 低温酸化物 ( l o w t e m p e r a t u r e o x i d e )

P E C V D プラズマ増強 C V D ( p l a s m a - e n h a n c e d C V D )

参照符号リスト

1 1 0 光吸収膜 ( 「膜」 )

1 1 1 光吸収層

50

- 1 1 2 a、1 1 2 b 熱電トランスデューサ層
- 1 2 0、1 3 0 熱電素子
- 1 2 2、1 3 2 スタブ
- 1 4 0 基板
- 1 5 0 反射板
- 1 6 0 フレーム
- 5 0 1 ギャップ
- 6 1 0 ~ 6 4 0 図 6 のプロセスの各フェーズ

【図面】

【図 1 A】

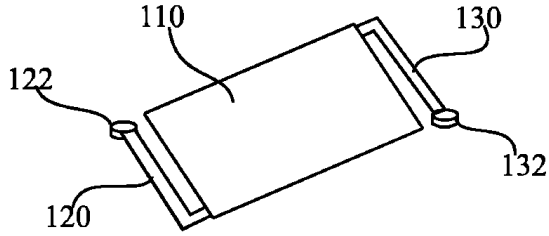


FIGURE 1A

【図 1 B】

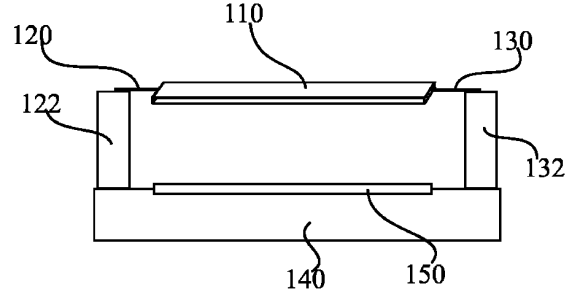


FIGURE 1B

【図 2 A】

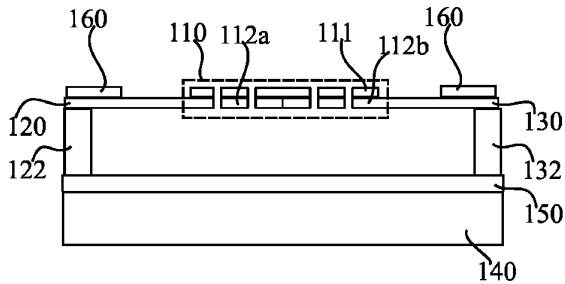


FIGURE 2A

【図 2 B】

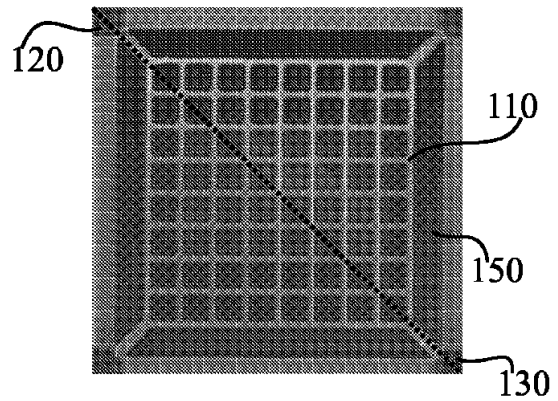


FIGURE 2B

10

20

30

40

50

【 図 3 A 】

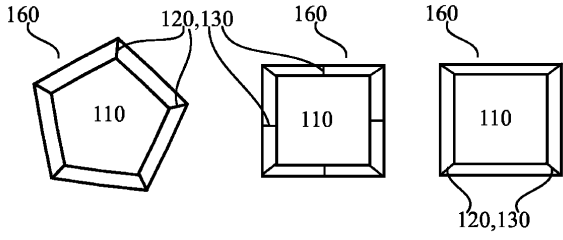


FIGURE 3A

【 図 3 B 】

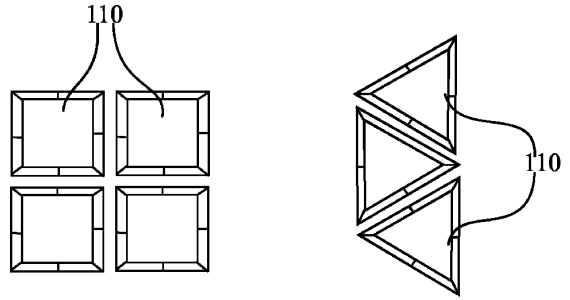


FIGURE 3B

10

【 図 4 A 】

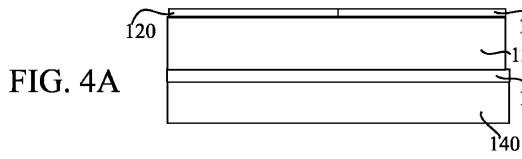


FIG. 4A

【 図 4 B 】

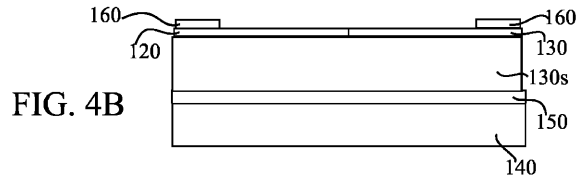


FIG. 4B

20

【 図 4 C 】

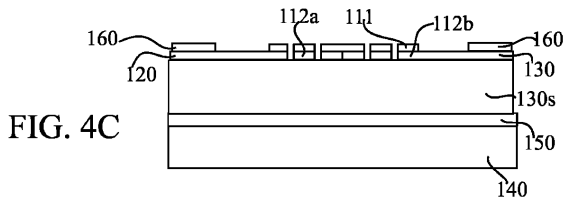


FIG. 4C

【 図 4 D 】

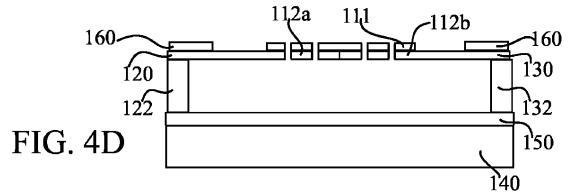


FIG. 4D

30

40

50

【図 5 A】

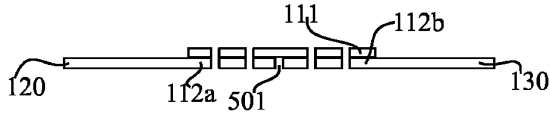


FIG. 5A

【図 5 B】

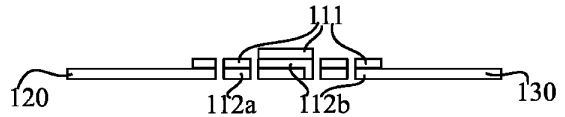


FIG. 5B

【図 5 C】

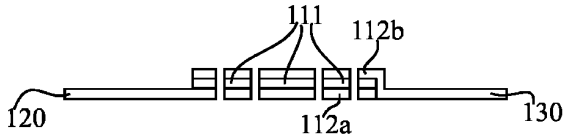


FIG. 5C

【図 5 D】

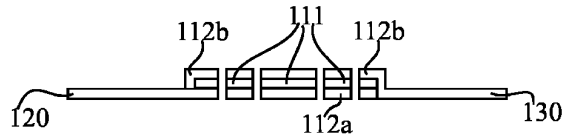
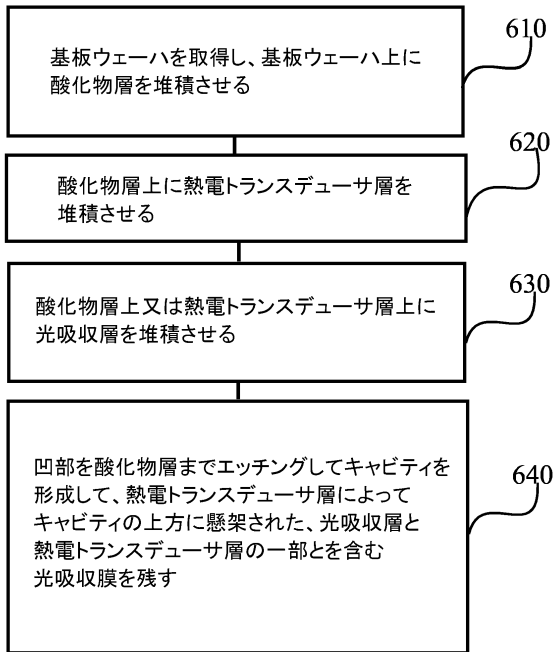


FIG. 5D

【図 6】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

- フィンランド国 02150 エスポー テクニカンティエ 21 シー/オー テクノロギアン ト  
 ウトキムスケスクス ヴェーテーテー オイ  
 (72)発明者 タップラ, キルシー  
 フィンランド国 02150 エスポー テクニカンティエ 21 シー/オー テクノロギアン ト  
 ウトキムスケスクス ヴェーテーテー オイ  
 (72)発明者 ケーストゥティス, グリゴラス  
 フィンランド国 02150 エスポー テクニカンティエ 21 シー/オー テクノロギアン ト  
 ウトキムスケスクス ヴェーテーテー オイ  
 (72)発明者 ブルツニラ, ミカ  
 フィンランド国 02150 エスポー テクニカンティエ 21 シー/オー テクノロギアン ト  
 ウトキムスケスクス ヴェーテーテー オイ

審査官 小澤 瞬

- (56)参考文献 特開2019-105624(JP, A)  
 特開2013-051232(JP, A)  
 特開2008-082790(JP, A)  
 米国特許出願公開第2010/0031992(US, A1)  
 特開2012-058212(JP, A)  
 米国特許出願公開第2019/0013455(US, A1)  
 特開2016-061777(JP, A)  
 特開2013-186038(JP, A)  
 特開2015-075385(JP, A)  
 特開2009-175124(JP, A)  
 特開2007-024842(JP, A)  
 特開昭61-077728(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G01J 1/00 - G01J 1/60  
 G01J 5/00 - G01J 5/90  
 G01J 11/00  
 H10N 10/00 - H10N 19/00