

(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2019-512202

(P2019-512202A)

(43) 公表日 令和1年5月9日 (2019.5.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H02S 10/30 (2014.01)</b>	H02S 10/30	5 F 1 5 1
<b>H02S 40/42 (2014.01)</b>	H02S 40/42	
<b>H02S 50/00 (2014.01)</b>	H02S 50/00	
<b>H01L 37/00 (2006.01)</b>	H01L 37/00	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 39 頁)

(21) 出願番号	特願2018-560738 (P2018-560738)	(71) 出願人	518277734 エムティービーヴィー パワー コーポレイ ション
(86) (22) 出願日	平成29年2月8日 (2017.2.8)		
(85) 翻訳文提出日	平成30年10月3日 (2018.10.3)		
(86) 国際出願番号	PCT/US2017/017037		
(87) 国際公開番号	W02017/139391		
(87) 国際公開日	平成29年8月17日 (2017.8.17)		
(31) 優先権主張番号	62/300,883	(74) 代理人	110000855 特許業務法人浅村特許事務所
(32) 優先日	平成28年2月28日 (2016.2.28)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	ヒューバート、ブライアン、エヌ、 アメリカ合衆国、マサチューセッツ、メド フォード、ステーション ランディング 100、ユニット 609
(31) 優先権主張番号	62/292,622		
(32) 優先日	平成28年2月8日 (2016.2.8)	(72) 発明者	チャン、ビン アメリカ合衆国、マサチューセッツ、モー ルデン、フォレスト ストリート 9 最終頁に続く
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

(54) 【発明の名称】 放射性ミクロンギャップ熱光起電性システム透明エミッタ

## (57) 【要約】

熱光起電性パネル組立体は、ヒートシンクと、ヒートシンクに取り付けられた複数の熱光起電性モジュールとを含む。各熱光起電性モジュールは、エミッタ組立体からギャップによって分離された光起電性要素を含む。エミッタ組立体はエミッタを含み、ギャップを維持するために光起電性要素に向かって力を加える。熱光起電性パネル組立体はまた、エミッタ上の力印加層を利用し、所定の位置にボルト止めすることができる。ハウジングは保護のために使用され、エミッタにエネルギーを伝達することができる。ヒートシンクは、熱光起電性モジュールとハウジングの内面との間に空間を画定するために、ハウジング内に片持ち支持されている。好ましくは、ハウジングは真空を維持し、ギャップは排気される。ヒートシンクは、一体式であってもよく、ヒートシンクを通して圧送される流体により冷却してもよい。エミッタは、透明であってもよく、少なくとも部分的に透過性であってもよい。

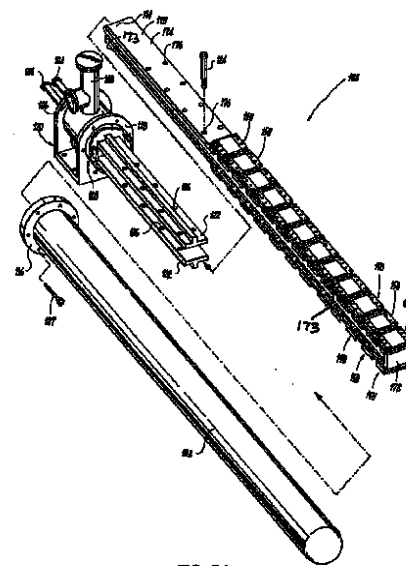


FIG. 2A

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ヒートシンクと、  
前記ヒートシンクに取り付けられた少なくとも 1 つのモジュールであって、  
エミッタ組立体と、  
ギャップによって前記エミッタ組立体から分離されたエネルギー変換組立体と、  
前記ギャップを維持するための力を加えるファスナと  
を含む、モジュールと  
を備えるパネル組立体。

**【請求項 2】**

10

前記パネル組立体が熱光起電性であり、前記エネルギー変換モジュールが光起電性要素を有する光起電性モジュールであり、前記エミッタ組立体がエミッタを含み、光起電性組立体が含む、請求項 1 に記載のパネル組立体。

**【請求項 3】**

前記エミッタが前記ヒートシンクにボルト止めされている、請求項 2 に記載のパネル組立体。

**【請求項 4】**

前記エミッタに隣接して配置された力印加層をさらに備え、前記ファスナは、前記ヒートシンクに結合するために前記力印加層を通して延在する少なくとも 1 つのボルトである、請求項 1 に記載のパネル組立体。

20

**【請求項 5】**

前記光起電性組立体と前記ヒートシンクとの間にベース基板をさらに備える、請求項 2 に記載のパネル組立体。

**【請求項 6】**

前記ベース基板が高い熱伝導特性を有する材料から作製される、請求項 5 に記載のパネル組立体。

**【請求項 7】**

前記エミッタに隣接して配置された力印加層をさらに備え、前記ファスナは、前記ベース基板に結合するために前記力印加層を通して延在する少なくとも 1 つのボルトである、請求項 5 に記載のパネル組立体。

30

**【請求項 8】**

内部を画定する内面を有するハウジングと、  
取付ブラケットと、

前記ヒートシンクが前記内部に片持ち支持されて前記少なくとも 1 つの熱光起電性モジュールと前記内面との間に空間を画定するように、前記取付ブラケットから延在し、前記ヒートシンクに結合された少なくとも 1 つの支持バーと  
をさらに備える、請求項 2 に記載のパネル組立体。

**【請求項 9】**

前記ハウジングは、閉鎖された遠位端部および開放された近位端部を有する管状である、請求項 8 に記載のパネル組立体。

40

**【請求項 10】**

前記ハウジングを取り付けるために前記開放された近位端部を取り囲むフランジをさらに備え、前記ハウジングが前記取付ブラケットに取り付けられている、請求項 9 に記載のパネル組立体。

**【請求項 11】**

前記ハウジングが真空を維持し、前記ギャップが排気され、

前記ヒートシンクは、そこを通してポンプ輸送される冷却流体を受け入れるための通路を画定し、

ファスナは、少なくとも 1 つのボルト、少なくとも 1 つのリベット、少なくとも 1 つのステーブル、少なくとも 1 つのクランプ、少なくとも 1 つの結合およびそれらの組み合わせ

50

せで構成されるグループから選択され、

前記ハウジングと真空源との間に圧力逃がし弁をさらに備える、  
請求項 8 に記載のパネル組立体。

【請求項 1 2】

内部を画定する内面を有するハウジングと、

前記少なくとも 1 つの熱光起電性モジュールと前記内面との間で前記ヒートシンクの周囲に空間が形成されるように、前記ヒートシンクと前記内面との間の少なくとも 1 つの支持要素と

をさらに備える、請求項 2 に記載のパネル組立体。

【請求項 1 3】

前記少なくとも 1 つの熱光起電性モジュールに電気的接続を提供するために、前記ヒートシンクに結合された電線組立体をさらに備える、請求項 2 に記載のパネル組立体。

【請求項 1 4】

第 1 の内部と前記ヒートシンクとを画定する第 1 の内面を有し、それによって少なくとも 1 つの熱光起電性モジュールが前記第 1 の内部に延在する第 1 のハウジングと、

第 2 の内部を画定する第 2 の内面を有し、前記第 1 のハウジングを保護するために前記第 1 のハウジングが前記第 2 の内部に延在する第 2 のハウジングと

をさらに備える、請求項 2 に記載のパネル組立体。

【請求項 1 5】

前記第 2 のハウジングは高温環境に取り付けられ、さらに、前記第 1 のハウジングを選択的に前記第 2 のハウジング内に動かすことによって前記少なくとも 1 つの熱光起電性モジュールを所望の場所に移動させるリニアアクチュエータを備える、請求項 1 4 に記載のパネル組立体。

【請求項 1 6】

内部を画定する内面を有し、前記少なくとも 1 つの熱光起電性モジュールが前記内部にあるハウジングであって、高温環境において前記ハウジングが所定位置に固定されている、ハウジングと、

前記少なくとも 1 つの熱光起電性モジュールを前記ハウジング内の所望の位置に移動させるためのリニアアクチュエータと

をさらに備える、請求項 2 に記載のパネル組立体。

【請求項 1 7】

内部を画定する内面を有するハウジングと、

前記内部にあるヒートシンクと、

エミッタ組立体からギャップによって分離された要素組立体を含む前記ヒートシンクに結合された少なくとも 1 つのモジュールと

を備えるパネル組立体であって、

前記ハウジングがエネルギーを吸収することによって前記エミッタ組立体にエネルギーを放射し、前記エミッタ組立体がエネルギーを吸収し、前記ギャップを越えてエネルギーを放出して前記要素組立体によって電気に変換するように、前記少なくとも 1 つのモジュールと前記内面とがその間に空間を画定する、パネル組立体。

【請求項 1 8】

前記ヒートシンクが前記ハウジング内に片持ち支持され、前記要素組立体が熱光起電性要素組立体である、請求項 1 7 に記載のパネル組立体。

【請求項 1 9】

前記ヒートシンクは、前記ハウジングとの熱伝導を低減するために、少なくとも 1 つの断熱要素によって取り囲まれている、請求項 1 7 に記載のパネル組立体。

【請求項 2 0】

前記エミッタ組立体は、前記ギャップを維持するための力を加える、請求項 1 7 に記載のパネル組立体。

【請求項 2 1】

前記モジュールは、光起電性要素と、エミッタと、前記光起電性要素と前記ヒートシンクとの間のベース基板とを含み、

前記エミッタ組立体に隣接して配置され、前記ベース基板に結合された力印加層をさらに備える、請求項 17 に記載のパネル組立体。

【請求項 22】

内部を画定する内面を有するハウジングと、

前記内部にあるヒートシンクと、

前記ヒートシンクに結合された少なくとも 1 つのモジュールと

を備えるパネル組立体であって、

前記内部は、前記ハウジングに入るエネルギーが前記少なくとも 1 つのモジュールに放射され、前記少なくとも 1 つのモジュールがエネルギーを吸収して発電するように、前記少なくとも 1 つのモジュールと前記内面との間に空間を含む、パネル組立体。

【請求項 23】

前記ハウジングは、不透明であり、周囲の熱を完全に吸収し、加熱すると、前記ハウジングは、前記少なくとも 1 つのモジュールに赤外線エネルギーを放射する、請求項 22 に記載のパネル組立体。

【請求項 24】

前記ハウジングは、一部のエネルギーが吸収されて前記ハウジングを加熱し、一部のエネルギーがそこを通過して伝達されるように半透明である、請求項 22 に記載のパネル組立体。

【請求項 25】

前記ハウジングは、周囲のエネルギーがそこを通過して前記少なくとも 1 つの熱光起電性モジュールに伝達されるように透明である、請求項 22 に記載のパネル組立体。

【請求項 26】

前記ハウジングが、その異なる領域における透明度を変化させる 1 つ以上の窓を含む、請求項 22 に記載のパネル組立体。

【請求項 27】

前記少なくとも 1 つのモジュールは、エミッタ組立体と、ギャップによって前記エミッタ組立体から分離された光起電性組立体と、前記ギャップを維持するために力を加えるファスナとを含み、

前記光起電性組立体と前記ヒートシンクとの間にベース基板をさらに備え、

前記ヒートシンクは、前記少なくとも 1 つのモジュールと前記内面との間に空間を画定するように前記内部に片持ち支持されており、

前記ハウジングは真空を維持する、

請求項 22 に記載のパネル組立体。

【請求項 28】

前記ヒートシンクは、前記少なくとも 1 つのモジュールに隣接する少なくとも 1 つの冷却ベイを画定し、前記少なくとも 1 つの冷却ベイは、冷却流体源に結合される、請求項 22 に記載のパネル組立体。

【請求項 29】

前記少なくとも 1 つの冷却ベイは、熱交換を促進するフィンを含む、請求項 28 に記載のパネル組立体。

【請求項 30】

前記少なくとも 1 つの冷却ベイは複数の冷却ベイであり、各冷却ベイは入口を有し、前記入口は前記ヒートシンク上の位置に応じて変化して、冷却要件の局所的変動に対処する、請求項 28 に記載のパネル組立体。

【請求項 31】

有効スペクトルの第 1 の光子を電気に変換するために前記有効スペクトルを有する光起電性要素と、

ギャップによって光起電性組立体から分離されたエミッタ組立体であって、前記有効ス

10

20

30

40

50

ペクトル内の前記第 1 の光子がそこを通過することを可能にする、エミッタ組立体とを備える熱光起電性組立体。

【請求項 3 2】

前記エミッタ組立体は、前記ギャップの視覚的観察のために少なくとも部分的に透明であり、前記エミッタ組立体は、フッ化マグネシウム、石英、シリカ、サファイア、第 1 のコーティングを有する石英、第 2 のコーティングを有するシリカ、および第 3 のコーティングを有するサファイアで構成される群から選択される材料から作製される、請求項 3 1 に記載の熱光起電性パネル組立体。

【請求項 3 3】

前記エミッタ組立体は断熱材料から作製される、請求項 3 1 に記載の熱光起電性パネル組立体。

10

【請求項 3 4】

前記エミッタ組立体は、加熱されたときに前記有効スペクトル内の光子を放射する、請求項 3 1 に記載の熱光起電性パネル組立体。

【請求項 3 5】

前記エミッタ組立体は、前記ギャップを維持するために前記エミッタ上に形成される複数のスペーサを含む、請求項 3 1 に記載の熱光起電性パネル組立体。

【請求項 3 6】

前記エミッタ組立体は、各スペーサの周囲に熱分離トレンチを画定する、請求項 3 1 に記載の熱光起電性パネル組立体。

20

【請求項 3 7】

吸収のために前記有効スペクトルの外側の第 2 の光子を前記エミッタに戻すように反射させるために、前記光起電性要素上に裏面反射体コーティングをさらに備える、請求項 3 1 に記載の熱光起電性パネル組立体。

【請求項 3 8】

前記エミッタの側面に少なくとも 1 つの層をさらに備える、請求項 3 1 に記載の熱光起電性パネル組立体。

【請求項 3 9】

前記少なくとも 1 つの層が、屈折率整合のためのものである、請求項 3 8 に記載の熱光起電性パネル組立体。

30

【請求項 4 0】

ヒートシンクと、

前記ヒートシンク上に取り付けられた少なくとも 1 つの熱光起電性モジュールであって

、  
有効スペクトルの第 1 の光子を電気に変換するために前記有効スペクトルを備えた光起電性要素を有する光起電性組立体と、

ギャップによって前記光起電性組立体から分離されたエミッタ組立体であって、前記有効スペクトル内の前記第 1 の光子がそこを通過することを可能にする、エミッタ組立体と

を含む、熱光起電性モジュールと

40

を備える熱光起電性パネル組立体。

【請求項 4 1】

前記ヒートシンクは、前記少なくとも 1 つの熱光起電性モジュールに隣接する少なくとも 1 つの冷却ベイを画定し、前記少なくとも 1 つの冷却ベイは、入口マニホルドによって冷却流体源に結合され、各冷却ベイは入口を画定し、

スリーブであって、前記入口マニホルド内に挿入され、前記各冷却ベイを通る流れを前記ヒートシンク上の位置に従って変化させて冷却要件の局所的変動に対処するスリーブをさらに備える、

請求項 4 0 に記載の熱光起電性パネル組立体。

【請求項 4 2】

50

前記熱光起電性モジュールの気密封止をさらに備える、請求項４０に記載の熱光起電性パネル組立体。

【請求項４３】

前記気密封止は、前記熱光起電性モジュールの内部のみが真空下になるように真空を維持する、請求項４２に記載の熱光起電性パネル組立体。

【請求項４４】

前記気密封止は、前記エミッタ組立体と前記光起電性要素との間のギャップを維持する力を持続させる壁を含む、請求項４２に記載の熱光起電性パネル組立体。

【請求項４５】

有効スペクトルの第１の光子を電気に変換するために前記有効スペクトルを有する光起電性要素と、

ギャップによって光起電性組立体から分離されたエミッタ組立体であって、

第１の平坦な表面と、前記第１の表面に対向する第２の表面とを有し、前記第２の表面がギャップによって前記光起電性要素から分離されている基板と、

前記エミッタ組立体が前記第１の光子を前記光起電性要素に放射してそれによって吸収されるように、前記エミッタ組立体を加熱するために熱放射熱源から放出された第２の光子を吸収するために前記第２の表面上に堆積した光学的に不透明または高屈折率材料の薄層であって、前記第２の光子が前記有効スペクトルの外側にある、薄層と

を含む、エミッタ組立体と

を備える熱光起電性パネル組立体。

【請求項４６】

前記薄層が炭素である、請求項４５に記載の熱光起電性パネル組立体。

【請求項４７】

前記基板が、前記ギャップを設定するための複数のスペーサを形成する、請求項４５に記載の熱光起電性パネル組立体。

【請求項４８】

前記第２の光子は前記第１の光子とは異なり、前記エミッタ組立体は、前記有効スペクトルの前記第１の光子を通過させる、請求項４５に記載の熱光起電性パネル組立体。

【請求項４９】

前記基板は、シリカ、熔融シリカ、石英、および熔融石英から構成されるグループである、請求項４５に記載の熱光起電性パネル組立体。

【請求項５０】

前記光起電性要素に裏面反射層をさらに備える、請求項４５に記載の熱光起電性パネル組立体。

【請求項５１】

前記裏面反射層が金である、請求項５０に記載の熱光起電性パネル組立体。

【請求項５２】

光起電性要素を有する熱光起電性パネル組立体用のエミッタを製造する方法であって、

第１の表面と前記第１の表面に対向する第２の表面とを有する光学的に透明な基板を提供するステップと、

前記エミッタをギャップによって前記光起電性要素から分離するために、前記第２の表面上に複数のスペーサを形成するステップと、

前記エミッタが第２の光子を前記光起電性要素に放射してそれによって吸収されるように、前記エミッタを加熱するために、熱放射熱源から放出された第１の光子を吸収するために前記第２の表面上に光学的に不透明な材料の薄層を堆積させるステップと

を含む方法。

【請求項５３】

光起電組立体と前記ヒートシンクとの間のベース基板であって、複数の凹部を画定し、各凹部はその中に取付組立体を有し、各取付組立体はナットおよびばねを含むベース基板と、

10

20

30

40

50

前記エミッタに隣接して配置された力印加層であって、前記ファスナは複数のボルトであり、各ボルトは前記凹部内のナットに結合する、力印加層と

をさらに備える、請求項 4 に記載の熱光起電性パネル組立体。

【請求項 5 4】

前記凹部は、前記ナットを設定された向きに保持するように寸法決めされ構成された外側部分と、組み立てられると前記ばねが前記ナットによって内側部分に保持され、前記複数のボルトが前記ばねを貫通し、前記ナットに螺合して前記ばねが圧縮力を提供するように、比較的半径方向により狭い内側部分とを含む、請求項 5 3 に記載の熱光起電性パネル組立体。

【請求項 5 5】

前記力印加層の形状はやや正方形であり、

前記複数のボルトは、前記形状の角部に対向する対に配置された 8 つのボルトである、請求項 5 3 に記載の熱光起電性パネル組立体。

【請求項 5 6】

エネルギー変換組立体と、

熱光起電性パネル組立体を廃熱環境に選択的に挿入するために前記エネルギー変換組立体に結合された取付システムと、

前記熱光起電性パネル組立体の動作を制御するために前記取付システムと前記熱光起電性パネル組立体とに結合された制御ユニットと

を備える、廃熱環境からの電力生成を評価するための可搬型診断ツール。

【請求項 5 7】

前記取付システムは、ベース構造と、前記可搬型診断ツールを移動させるための前記ベース構造上の係止駆動キャスターと、警報ユニットと、冷却システムと、真空システムと、前記熱光起電性パネル組立体を軸に沿って選択的に移動させるためのレールシステムとを含む、請求項 5 6 に記載の可搬型診断ツール。

【請求項 5 8】

前記冷却ユニットおよび前記真空ユニットのうちの少なくとも 1 つは、前記熱光起電性パネル組立体の展開中に平衡錘として作用するように配置される、請求項 5 7 に記載の可搬型診断ツール。

【請求項 5 9】

前記制御ユニットは、ビデオ録画および監視機器、ユーティリティに結合するためのコネクタ、UPS バックアップユニット、データ取得モジュール、およびリモートアクセス制御ユニットを含む、請求項 5 6 に記載の可搬型診断ツール。

【請求項 6 0】

前記制御ユニットは、所定の条件が満たされたときに前記熱光起電性パネル組立体を廃熱環境から自動的に後退させるように動作可能である、請求項 5 9 に記載の可搬型診断ツール。

【請求項 6 1】

前記制御ユニットが挿入速度および引抜き速度を制御する、請求項 6 0 に記載の可搬型診断ツール。

【請求項 6 2】

前記エネルギー変換組立体は、

ヒートシンクと、

前記ヒートシンクに取り付けられた少なくとも 1 つの熱光起電性モジュールであって、エミッタ組立体と、

ギャップによって前記エミッタ組立体から分離された光起電性組立体と、

前記ギャップを維持するための力を加えるファスナと

を含む、熱光起電性モジュールと、

内部を画定する内面を有するハウジングと、

取付ブラケットと、

10

20

30

40

50

前記ヒートシンクが前記内部に片持ち支持されて前記少なくとも1つの熱光起電性モジュールと前記内面との間に空間を画定するように、前記取付ブラケットから延在し、前記ヒートシンクに結合された少なくとも1つの支持バーと

を有する前記熱光起電性パネル組立体を含む、請求項56に記載の可搬型診断ツール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、エネルギー変換に関し、特に、圧力の印加を統合してミクロンギャップを維持する放射性ミクロンギャップ熱光起電性モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

技術はあらゆる面でエネルギーの使用と発電を改善するように推進されている。発電用の超効率技術と設計から誰もが恩恵を受けるであろう。そのために、熱を電力に変換する画期的な技術が開発された。例えば、ミクロンギャップ熱光起電性大型サブミクロンギャップの方法および装置が、2014年7月29日に発行されたBrownらの特許文献1に示されている。特許文献1の技術は、熱界面材料によるエミッタとハウジングとの間の直接的な物理的接触を介して、高温ハウジングからエミッタへのエネルギーの伝導伝達を伴う近接場熱光起電性(PV)電池を利用するエネルギー変換システムである。近接場熱PV電池の追加の例は、2001年5月15日に発行されたDiMatteoらの特許文献2、および2009年11月12日に公開されたGreiffらの特許文献3(現在は特許文献4が発行されている)に示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】米国特許第8791357号明細書

【特許文献2】米国特許第6232546号明細書

【特許文献3】米国特許出願公開第2009/0277488号明細書

【特許文献4】米国特許第8076569号明細書

【特許文献5】米国特許第8829335号明細書

【特許文献6】米国特許第8633373号明細書

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0004】

本技術は、熱電または量子ドットエネルギー収穫システム、熱電子放出、遠方場ギャップエネルギー変換、光起電性および現在知られている、また後に開発される他のタイプのエネルギー変換など、様々なエネルギー変換システムに広く適用可能である。例示のために熱光起電性エネルギー変換に関して以下で説明するが、当業者は本技術の幅広い応用を理解するであろう。固体システムを使用してエネルギーを収穫および生成できることが、本技術の利点である。固体システムは、光起電性要素から離間したエミッタを含む。ハウジングからエミッタに伝達された放射エネルギーは電気エネルギーに変換される。

【0005】

一実施形態では、本技術は、ヒートシンクを含む熱光起電性パネル組立体を対象とする。少なくとも1つの熱光起電性モジュールがヒートシンクに取り付けられている。各熱光起電性モジュールは、エミッタ組立体と、エミッタ組立体からギャップによって分離された光起電性組立体と、ギャップを維持するために力を加えるファスナとを含む。好ましくは、ギャップはサブミクロンギャップである。エミッタをヒートシンクに固定することができるか、またはエミッタに取り付けられた力印加層をヒートシンクに結合することができる。光起電性組立体とヒートシンクとの間のベース基板は、力を加えるためにファスナに結合することもできる。ベース基板は、優れた熱伝導特性を有するように選択することができる。さらに、ベース基板は、熱界面特性を改善するために処理されてもよく、また

10

20

30

40

50



は層が追加されてもよい。熱光起電性パネル組立体はまた、内部を画定する内面を有するハウジングを有してもよく、ヒートシンクは、内部に片持ち支持されて、少なくとも1つの熱光起電性モジュールと内面との間に空間を画定する。ハウジングは、典型的には真空を維持し、ギャップは排気される。典型的な真空レベルは、約0.1~10ミリトールである。ヒートシンクは、一体式であってもよく、あるいは、ヒートシンクを通して圧送される冷却流体を受け入れるための通路を画定するいくつかの部分から構成されてもよい。光起電性要素および/またはエミッタ上の少なくとも1つ、通常は複数のスペーサは、ギャップを維持することができる。

#### 【0006】

本技術の別の実施形態は、内にヒートシンクを有する内部を画定する内面を有するハウジングを含む熱光起電性パネル組立体を対象とする。少なくとも1つの熱光起電性モジュールがヒートシンクに結合し、ギャップによってエミッタ組立体から分離された光起電性要素組立体を有する。少なくとも1つの熱光起電性モジュールおよび内面は、その間に空間を画定するため、ハウジングがエネルギーを吸収することによってエミッタ組立体にエネルギーを放射し、エミッタ組立体がエネルギーを吸収し、ギャップを越えてエネルギーを放出して光起電性要素組立体による電力への変換が達成される。一実施形態では、ヒートシンクはハウジング内に片持ち支持されている。あるいは、熱光起電性モジュールとヒートシンクとの間の接触を防止するために、1つ以上の断熱要素がヒートシンクを取り囲むかまたはヒートシンクから突出することができる。

#### 【0007】

本技術のさらに別の実施形態は、内にヒートシンクを有する内部を画定する内面を有するハウジングを含む熱光起電性パネル組立体を含む。1つ以上の熱光起電性モジュールがヒートシンクに結合する。内部は、熱光起電性モジュールと内面との間に空間を含むため、ハウジングによって放射されおよび/またはハウジングに入るエネルギーが熱光起電性モジュールに放射され、熱光起電性モジュールがエネルギーを吸収して発電する。熱光起電性モジュールは、エミッタ組立体と、ギャップによってエミッタ組立体から分離された光起電性組立体と、ギャップを維持するために力を加えるファスナとを含むことができる。熱伝導能力および/または構造的サポートを向上させるために、ベース基板を光起電性組立体とヒートシンクとの間に配置することができる。

#### 【0008】

本技術のさらに別の実施形態は、ヒートシンクと、ヒートシンク上に取り付けられた少なくとも1つの熱光起電性モジュールとを含むマイクロギャップ熱光起電性パネル組立体に関する。熱光起電性モジュールは、エミッタ組立体からマイクロギャップによって分離された光起電性要素を含む。エミッタ組立体はエミッタを含み、光起電性要素に向かって力を加えてマイクロギャップを維持する。好ましくは、エミッタはヒートシンクにボルト止め、ねじ止め、および/またはクランプ止めされる。マイクロギャップ熱光起電性パネル組立体はまた、エミッタ上に取り付けられ、ヒートシンクにボルト止めされた力印加層を利用してよい。力印加層は、エミッタと一体化されているかまたはエミッタ自体であってもよい。

#### 【0009】

ハウジングは保護のために使用され、エミッタにエネルギーを伝達することができる。ヒートシンクは、少なくとも1つの熱光起電性モジュールと内面との間に空間を画定するために、ハウジング内に片持ち支持されてもよい。好ましくは、ハウジングは真空を維持し、マイクロギャップは排気される。ヒートシンクは、一体式であってもよく、ヒートシンクを通して圧送される流体により冷却してもよい。少なくとも1つのスペーサは、光起電性要素とエミッタ要素との間にあり、マイクロギャップを維持することができる。熱光起電性モジュールは、光起電性要素とヒートシンクとの間に熱界面層を含むことができる。

#### 【0010】

本技術の別の実施形態は、内部を画定する内面を有するハウジングを含むマイクロギャ

10

20

30

40

50

ップ熱光起電性パネル組立体を対象とする。ヒートシンクは、内部に片持ち支持されている。少なくとも1つの熱光起電性モジュールがヒートシンクに取り付けられている。少なくとも1つの熱光起電性モジュールは、エミッタからミクロンギャップにより分離された光起電性要素を含む。ハウジングがエネルギーを吸収することによってエミッタにエネルギーを放射するように、少なくとも1つの熱光起電性モジュールおよび内面は、その間に空間を画定する。エミッタはエネルギーを吸収し、ミクロンギャップを越えてエネルギーを放出して光起電性要素によって電気に変換する。エミッタはまた、ミクロンギャップを維持するために光起電性要素に向かって力を加えることができる。例えば、エミッタはヒートシンクにボルト止めされている。あるいは、エミッタ上に力印加層が取り付けられ、ヒートシンクにボルト止めされている。

10

#### 【0011】

本技術のさらに別の実施形態は、内部を画定する内面を有するハウジングを含むミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体に関する。ヒートシンクは、内部に片持ち支持されている。少なくとも1つの熱光起電性モジュールがヒートシンクに取り付けられている。少なくとも1つの熱光起電性モジュールは、エミッタからミクロンギャップにより分離された光起電性要素を含む。ハウジングに入るエネルギーがエミッタに放射されるように、内部は、少なくとも1つの熱光起電性モジュールと内面との間に空間を含む。その結果、エミッタはエネルギーを吸収し、それによりミクロンギャップを越えてエネルギーを放出し、光起電性要素による電気への変換が行われる。

20

#### 【0012】

別のエネルギー変換組立体は、本技術の全部または一部から利益を得ることができることを理解されたい。例えば、限定はしないが、熱電または量子ドットエネルギー収穫システムは、本技術を利用することができる。本技術は、限定はしないが、現在知られている、また後に開発される用途のためのプロセス、装置、システム、デバイスおよび方法を含む多数の方法で実装および利用できることも理解されたい。本明細書に開示されたシステムのこれらおよび他の独特な特徴は、以下の説明および添付図面からより容易に明らかになるであろう。

#### 【0013】

開示されたシステムが属する当業者であれば、以下の図面を参照して、それらの作製方法および使用方法をより容易に理解するであろう。

30

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0014】

【図1】本開示によるミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体の斜視図である。

【図2A】本開示によるミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体の分解図である。

【図2B】本開示による別のミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体の分解図である。

【図3】本開示によるミクロンギャップ熱光起電性モジュールの分解図である。

【図4】本開示によるミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体の動作を示すための部分的切欠き図である。

【図5】本開示による構成要素を示すために、部分的に組み立てられた状態の別の熱光起電性パネル組立体の斜視図である。

40

【図6】従来のヒートシンクの分解図である。

【図7】本開示によるヒートシンクの冷却ベイを示す縦断面図である。

【図8】本開示によるヒートシンクの入口マニホールドを示す代替的な縦断面図である。

【図9】本開示によるヒートシンクの冷却ベイを示す断面図である。

【図10】本開示による別のヒートシンクを示す断面図である。

【図11】本開示によるエミッタの断面図である。

【図12A】本技術による不均一なギャップの外観を例示する画像である。

【図12B】本技術による均一なギャップの外観を例示する画像である。

【図13A】本技術に従って薄膜エミッタを作製するための様々な可能な製造工程を示すやや概略的な断面図である。

50

【図 1 3 B】本技術に従って薄膜エミッタを作製するための様々な可能な製造工程を示すやや概略的な断面図である。

【図 1 3 C】本技術に従って薄膜エミッタを作製するための様々な可能な製造工程を示すやや概略的な断面図である。

【図 1 3 D】本技術に従って薄膜エミッタを作製するための様々な可能な製造工程を示すやや概略的な断面図である。

【図 1 3 E】本技術に従って薄膜エミッタを作製するための様々な可能な製造工程を示すやや概略的な断面図である。

【図 1 3 F】本技術による薄膜エミッタの別の実施形態のやや概略的な断面図である。

【図 1 4】本技術に従って光起電性要素のバンドギャップに配置された高透過率と高吸収率との間の遷移を有する最適化されたエミッタのグラフ図である。

【図 1 5】本技術によるミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体を有する産業用ガラス炉の用途を示す図である。

【図 1 6 A】本開示による別のミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体の斜視図である。

【図 1 6 B】図 1 6 A のミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体の遠位端部の部分分解図である。

【図 1 6 C】図 1 6 A のミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体の角電気ジャンパの断面図である。

【図 1 6 D】図 1 6 A のミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体の電気母線の断面図である。

【図 1 6 E】図 1 6 A のミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体のヒートシンクの斜視図である。

【図 1 6 F】図 1 6 E のヒートシンクの部分分解図である。

【図 1 6 G】図 1 6 E のヒートシンクのフィンプレートの平面図である。

【図 1 6 H】図 1 6 E のヒートシンクのフィンプレートの端部の詳細図である。

【図 1 6 I】図 1 6 E のヒートシンクの断面図である。

【図 1 7 A】本開示による別の熱光起電性 (TPV) モジュールの上面斜視図である。

【図 1 7 B】図 1 7 A の TPV モジュールの底面斜視図である。

【図 1 7 C】図 1 7 A および図 1 7 B の TPV モジュールにおける取付組立体の断面図である。

【図 1 8】本技術に従って透明または他の基板上にナノギャップスペーサを作製するための様々な可能な製造工程の一連の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本技術は、エネルギー変換組立体に関連する先行技術の多くの問題を克服する。以下の説明は、例示のためにミクロンギャップ熱光起電性組立体に関するものであるが、本技術は、量子ドットエネルギー収穫システム、熱電子放出組立体、遠方場光起電力などの遠方場組立体、太陽電池など、他のアプローチにも同様に適用可能である。

【0016】

本明細書で開示された技術の利点および他の特徴は、本技術の代表的な実施形態を示す図面と併せて以下の特定の好ましい実施形態の詳細な説明から、当業者にはより容易に明らかになるであろう。以下の説明は図面のみに関連するものであり、対象技術の方向が可変であるため、上向き、下向き、左向きおよび右向きのような用語は限定的に解釈されるべきではない。

【0017】

ここで図 1 を参照すると、ミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体が示され、全体的には参照番号 100 で示されている。ミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体 100 は、熱エネルギーを電力に変換するための複数の熱光起電性モジュール 150 (図 2 A、簡略化のためにその一部のみを示す) を含む。ミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体 1

10

20

30

40

50

00は、産業プロセスからの熱の経路などの高温環境に部分的に配置される。ミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体100は、壁10に形成された開口部を単に通過して熱にアクセスすることができる。ミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体100は、取付ブラケット組立体120上に支持された細長いハウジング102を含む。取付ブラケット組立体120は、ハウジング102の一部が壁10を通過して熱に曝されるように支持面12に結合する。ミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体100には、入口冷却管104および出口冷却管104を通して冷却液が供給される。冷却管104は、冷却液を圧送する冷却システム（図示せず）に接続する。冷却ラインは、起こり得る過圧に対処するための圧力逃がし弁（図示せず）を含むことができる。さらに、ハウジング102は、ハウジング102内の真空を維持するための真空接続部106を有する。真空接続部106は、圧力逃がし弁108も含む。圧力逃がし弁108は、真空によって適所に保持された拘束された蓋110および/またはヒンジ付きプレートまたはクリップ（図示せず）のような追加の装置を有する。冷却液漏れまたはハウジング102内の蒸気の迅速な生成の場合、逃げる蒸気が蓋110をずらして蒸気が放出する。

10

20

30

40

50

#### 【0018】

さらに図2Aを参照すると、ミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体100の分解図が示されている。熱光起電性モジュール150はヒートシンク170に取り付けられている。熱光起電性モジュール150は、対向する上面174および底面174上のヒートシンク170の遠位端部172に向かって取り付けられている。側壁173は、上面174と底面174との間に延在している。ヒートシンク170は、一体式であってもよいし、複数の構成要素から作製されて、冷却管104と流体連通する複数の冷却通路を形成してもよい。冷却システムがチューブ104およびヒートシンク170の通路を通して冷却液を圧送すると、熱光起電性モジュール150は冷却される。

#### 【0019】

好ましくは、ヒートシンク170は、熱光起電性モジュール150を冷却する目的で熱伝導性が高い金属（例えば、アルミニウム、銅またはスチール）または熱伝導性セラミックなどの材料で構成される。一実施形態では、ミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体100は、約6cm×6cmでほぼ正方形の24個の熱光起電性モジュール150を有する。ヒートシンク170は、長さ約55インチ、幅4インチ、厚さ1インチである。

#### 【0020】

高温ハウジング102は、ヒートシンク170を囲む。ハウジング102は、金属、石英、炭化ケイ素などのセラミック、または他の材料であってもよい。ハウジング102は、炭化ケイ素などの材料の押し出しまたは静水圧プレスおよびその後の焼結によって形成することができる。ハウジング102は、不透明で周囲の熱を完全に吸収することができる。加熱されると、ハウジング102は次いで赤外線エネルギーを熱光起電性モジュール150に放射する。代替として、ハウジング102は、トランスルーセントまたは半透明であってもよく、一部のエネルギーは吸収されてハウジングを加熱し、一部のエネルギーはそこを通過して伝達される。このように、熱光起電性モジュール150は、ハウジング照射および周辺環境からエネルギーを受け取る。ハウジング102は透明であってもよく、周囲のエネルギーはそこを通して熱光起電性モジュール150に伝達される。別の実施形態では、ハウジング102は、ハウジング102の異なる領域における透明度、半透明性または不透明度を変化させる1つ以上の窓または機構を有する。

#### 【0021】

ヒートシンク170は、熱光起電性モジュール150とハウジング102との間の熱伝導を最小限にするために、ハウジング内部112（図4）に片持ち支持されている。ハウジング102および/またはヒートシンク170は、組み立て中など、ハウジングとの不慮の接触による損傷を防ぐために、1つ以上複数のバンパー、リングまたは突起部を含むことができる。あるいは、ヒートシンク170は片持ち支持されず、1つ以上の要素がハウジング102内のヒートシンク170を支持し、および/またはハウジング102内のヒートシンク170の位置を設定する。好ましくは、支持要素は非導電性であり、熱光起

電性モジュール 150 および / または ヒートシンク 170 およびハウジング 102 の間の熱伝導を最小にする。

【0022】

例えば、別のヒートシンク 270 が図 5 に部分的に組み立てられた状態で示されている。当業者には理解されるように、ヒートシンク 270 および熱光起電性モジュール 250 は、上述の熱光起電性パネル組立体 100 と同様の原理を利用する。したがって、数字「1」の代わりに数字「2」から始まる同様の参照番号は、同様の要素を示すために使用される。主な相違点は、1 つ以上の位置でヒートシンク 270 の周りに嵌合する非伝導要素 273 である。一実施形態では、非伝導要素 273 は石英ディスクである。バンパー、突起部、足部、スタンドオフ、剛性フレーム、リングなどのような多くの代替物を様々な組み合わせで使用することができる。熱光起電性パネル組立体 100 はまた、照射されるべき領域に放射光を閉じ込める隔壁 275 を含むことができる。隔壁 275 は、ヒートシンク 270 を反射および / または追加的に支持することができる。

10

【0023】

さらに図 2 A を参照すると、ヒートシンク 170 は、支持バー 122 によって取付ブラケット組立体 120 に結合された近位端部 114 を有する。支持バー 122 は、取付ブラケット組立体 120 から延在する。ヒートシンク 170 は、支持バー 122 の間を摺動し、バー 122 の穴 126 を通ってヒートシンク 170 のねじ穴 176 に通されるボルト 124 (簡略化のために 1 つのみ示されている) によって定位置に保持される。好ましくは、各支持バー 122 は、取付ブラケット組立体 120 に溶接され、2 つの支持バー 122 が一緒になって、ヒートシンク 170 の片持ち重量を支持する。

20

【0024】

ハウジング 102 は、フランジブラケット 118 のクリアランスホールを通るボルト 127 によってブラケット 118 に結合する近位のカラーまたはフランジ 116 を有する。好ましくは、高温封止 (図示せず) がハウジング 102 の近位端部 114 とブラケット 118 との間で使用される。ハウジング 102 は真空接続部 106 に接続され、ハウジング内部 112 が排気され、熱光起電性モジュール 150 は真空状態になる。取付ブラケット組立体 120 はまた、電気導管または接続部 128 を含む。電気接続部 128 は、熱光起電性モジュール 150 からの電力を、必要に応じて遠隔に配置することができるインバータなどの電力調整機構にもたす。

30

【0025】

ここで図 2 B を参照すると、本開示による別のミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体 200 の分解図が示されている。上述の実施形態に関連して説明した要素と同様の要素は、同様の参照番号で示されている。多くの要素は、前述の実施形態の要素と本質的に同じであり、したがって、ここではこれ以上説明しない。主な相違点は、ハウジング 202 内のヒートシンク 270 を片持ち支持する方法である。

【0026】

ヒートシンク 270 は、下部フレーム 223 によって支持されている。下部フレーム 223 とヒートシンク 270 は好ましくは一緒にボルト止めされる。ヒートシンク 270 の上面 274 は、ヒートシンク 270 の適切な位置決めをさらに安定させて維持するために、取付ブラケット組立体 220 にボルト止めする直立した L 字形ブラケット 225 を有する。ヒートシンク 270 は、ヒートシンク 270 の近位端部とブラケット 218 との間に隙間が形成されて設備の接続を容易にするように、下部フレーム 223 および L 字形ブラケット 225 にのみ接触することができることが想定される。

40

【0027】

ここで図 3 を参照すると、熱光起電性モジュール 150 の分解図が示されている。各熱光起電性モジュール 150 は同一であることが好ましいが、各々はまた、ヒートシンク 170 の長さに沿った熱光起電性モジュール 150 の用途および配置場所に応じて変化してもよい。なお、本明細書のレンダリングは例示の目的のためのものであり、様々な構成要素の縮尺および厚さは、製造されるときに全く異なることがある。

50

## 【0028】

熱光起電性モジュール150は、光起電性要素152を有する光起電性要素組立体151と、エミッタ158を有するエミッタ組立体156とを含む。なお、明瞭にするために、エミッタ組立体156は力印加層190の下にあり、力印加層190は半透明で描かれている。光起電性要素152とエミッタ158とは、組み立てられるとミクロンギャップにより分離される。ミクロンギャップは、サブミクロンサイズのスペーサ（明示されていない）によって維持される。例えば、2014年9月9日に発行されたGriffの特許文献5および2014年1月21日に発行されたGriffらの特許文献6には、光電池のミクロンギャップを維持するためのスペーサが例示されている。このような現在既知の、および後に開発されるスペーサが本技術に利用されてもよい。ハウジング102が真空下に維持されると、ミクロンギャップが排気される。

10

## 【0029】

ベース基板160は、熱光起電性モジュール150とヒートシンク170との間に挟まれており、ヒートシンク170による熱光起電性モジュール150の冷却を促進する。ベース基板160は、ボルト166がベース基板160を定位置に固定することができるように、ヒートシンク170に形成されたねじ穴164と位置合わせされた4つの角部取付穴162を画定する。ベース基板160には、熱界面特性を有する層を塗布してもよい。好ましくは、ベース基板は、表面における界面の熱抵抗を低減するために、熱拡散の改善ならびに促進（表面の粗面化またはテクスチャリングまたはベース基板の上下に位置する熱界面材料の収容など）のために、厚さ方向の熱伝導率および高い側方熱伝導率を有することが好ましい。

20

## 【0030】

ボルトはファスナ的一种であると認識される。任意のタイプのファスナが、本明細書に記載のファスナと交換可能であることが想定される。例えば、限定はしないが、ファスナは、ボルト、リベット、ステーブル、クランプ、ボンド材など、ならびにこれらの組み合わせから選択することができる。ファスナは、適用時に機械的に堅くてもよいし、機械的に適合する特性を有してもよい。機械的に適合する特性は、構成要素に損傷を与える力の集中を有利に防止する。ベース基板160はまた、ヒートシンク170に適所に接着されてもよい。

## 【0031】

30

好ましくは、ベース基板160は、高い熱伝導率を有する間質性材料を含み、光起電性要素組立体151との間、ならびにヒートシンク170との間に低い熱接触抵抗を有する界面を形成する。代替的に、熱光起電性モジュール150、さらに光起電性要素152は、接着の有無にかかわらずヒートシンク170に直接接触してもよい。光起電性要素組立体151および光起電性要素152は、正方形、三角形、円形または任意の所望の形状であってもよい。同様に、エミッタ組立体156、エミッタ158、およびベース基板160は、様々な形状にすることができる。

## 【0032】

ベース基板160はまた、ピンボード140のための凹部168を画定することによって光起電性要素組立体151への電氣的結合を容易にする。ピンボード140は、光起電性要素組立体151に接触するために一連の開口部146を通過する一連のピン142を有し、対応する電気パッド（図示せず）で形成されている。ピン142は、ばね付勢など機械的に適合していてもよい。ピンボード140はまた、ピン142と電氣的に連通する導電性パッド144を含む。このように、導電性パッド144は、光起電性要素組立体151と電氣的に連通している。

40

## 【0033】

ヒートシンク170の側壁176は、ワイヤ184が走行する細長い凹部177を形成する。凹部177は、好ましくはカバー（図示せず）によって囲まれている。ワイヤ184は、電気コネクタ128（図2Aに示す）からヒートシンク170の側壁176を通して延在している。単一のワイヤ184が各熱光起電性モジュール150に向かって曲がる

50

。一実施形態では、24本のワイヤが電気コネクタ128から出て、最外側のワイヤがそれぞれ各熱光起電性モジュール150で上下に曲がる。

【0034】

したがって、例えば、遠位端部172からの第3および第4の熱光起電性モジュール150には、4本のワイヤ184が存在する。2本のワイヤ184は、遠位端部172の第1および第2の熱光起電性モジュール150に通じ、1本は第3の熱光起電性モジュール150に接続するために上方に曲がり、1本は第4の熱光起電性モジュール150に接続するために下方に曲がる。ワイヤ184は別個であるか、またはワイヤ184が柔軟なフラットケーブルにリソグラフィ的に画定されているフレックスプリント組立体などの組立体として作製され得る。

【0035】

ヒートシンク170はまた、複数のスロット186を形成し、スロット186を通して電気ランド188がそれぞれ通過する。各ランド188は、金、銅、または任意の導電性材料であってもよい。ワイヤ184が熱光起電性モジュール150に向かって曲がると、ワイヤ184はランド188に接続する。次に、ランド188は、導電性パッド144に電氣的に接続される。したがって、電気コネクタ128から光起電性要素152まで電氣的連続性が確立される

【0036】

エミッタ組立体156は、実質的に光起電性要素組立体151を覆う。エミッタ組立体156は、好ましくは、光起電性要素152とエミッタ158との間にミクロンギャップを維持するために力を加える。エミッタ組立体156は、エミッタ158の上部に力を加えるための力印加層190を含む。力印加層190は、ベース基板160内のねじ穴196に結合するねじ194用の4つの穴192を画定する。このように、ボルト166と比較して比較的軽いトルクがねじ194に加えられてもよい。

【0037】

別の実施形態では、ベース基板160にねじ穴196がない。代わりに、ベース基板160はクリアランスホールを形成し、ねじ194はナットに結合する。ナットは、ばねをベース基板160の底部に押し込むようにばねによって付勢される。ばねは、ねじ内の力が熱光起電性モジュール150の1つ以上の層を破壊する過度に大きな力を生成しないように、コンプライアンスを提供する。力印加層190は、エミッタ158の動作を妨害しないような材料から選択される。典型的には、力印加層190はエミッタ158を覆う。

【0038】

あるいは、力印加層がない。代わりに、エミッタ158は、ねじ穴を通過するねじが構成要素を適切な位置に維持するように、ねじ穴を形成するのに十分な頑強性を有する。別の実施形態では、熱光起電性モジュールは、熱光起電性モジュールの内部のみが真空になるように気密封止される。例えば、熱光起電性モジュールは気密封止されてもよく、気密封止の壁はミクロンギャップを維持する力を持続させる。気密封止装置はまた、熱光起電性モジュール150を維持するための力を加えることによって別個のファスナの必要性を低減することができる。例えば、気密封止装置の壁は、保持力を加えてミクロンギャップを維持することができる。

【0039】

ここで図4を参照すると、動作において、ミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体100は、電気エネルギーへの望ましい変換を行うためのエネルギーを含む高温および/または高放射環境に固定または挿入される。ハウジング102は、環境からエネルギーを吸収および/または伝達するように作製することができ、それによって、ハウジング102（矢印「a」で表す）および/または環境（矢印「b」で表す）から熱光起電性モジュール150上にエネルギーが放射される。ハウジング102が真空下にあり、熱光起電性モジュール150に接触していないため、あるとすれば最小限のエネルギーが伝導または対流によって環境から熱光起電性モジュール150に流れる。

【0040】

10

20

30

40

50

ハウジング 102 と熱光起電性モジュール 150 との間に空間 132 を有することにより、精密で平坦な内部ハウジング表面の存在も、内部ハウジング表面に保持されたチップスタック上の均一で強い力を維持するために必要な物理的堅牢性も要求されない。ハウジング 102 と力印加層 190 またはエミッタ 158 との間の空間 132 は、場合によっては、その間の熱界面材料の必要性を軽減する。空間 132 は、ハウジング 102 と熱光起電性モジュール 150 との間の接触による応力を緩和する。

#### 【0041】

力印加層 190 は、エミッタ 158 にハウジング 102 および / または環境からの入射エネルギーが照射されたときに光起電性要素 152 が適切に機能できるようにミクロンギャップを維持する、信頼性のある力印加機構である。入射エネルギーに曝されると、エミッタ 158 は入射エネルギーを吸収し、それによって加熱する（すなわち、エミッタ組立体 156 は高温側である）。加熱されたエミッタ 158 は、ミクロンギャップを越えて光起電性要素 152 にエネルギーを再放出する。

10

#### 【0042】

真空になったミクロンギャップは、エミッタ 158 から光起電性要素 152 への対流のおよび分子的熱伝達を最小限に抑え、一方、エミッタ 158 と光起電性要素 152 との間の非常に有効なエネルギー伝達のためにエネルギーのエバネッセント結合が生じる。各熱光起電性モジュール 150 は、液体冷却ヒートシンク 170 によって冷却される（すなわち、光起電性要素組立体 151 は低温側である）。光起電性要素 152 は、伝達されたエネルギーを電気エネルギーに変換する。

20

#### 【0043】

熱光起電性モジュール 150 によって生成された電力は、電気ピン 142、パッド 144、ランド 188、ワイヤ 184、電気コネクタ 128、および必要に応じて様々な接続によって電力調整機構に運ばれる。コンピュータコントローラ（図示せず）は、エネルギー変換システムを監視し、動作を変更し、修正することができる。コンピュータコントローラはまた、オペレータに警告を提供する能力、および / またはミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体 100、オペレータ、および / または環境に損傷を与える条件に自動解決を提供する能力を含む。例えば、コンピュータコントローラは、挿入深度を変化させてもよく、または高温環境からハウジングを完全に除去してもよい。

#### 【0044】

30

一実施形態では、ミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体 100 は、高温および / または高放射環境への挿入深さを正確に制御するために、リニアアクチュエータ（図示せず）上に配置されたハウジングを有する。例えば、支持面 12 は単に車輪付きカートの一部であってもよい。あるいは、支持面は、レールおよび / または固定具、ひいてはミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体 100 の位置決めのためのラックアンドピニオン機構によって案内される固定具（図示せず）に取り付けられてもよい。移動は電動であっても手動であってもよい。

#### 【0045】

別の実施形態では、ハウジングは高温環境で定位置に固定される。ヒートシンク 170、ひいては熱光起電性モジュール 150 は、ハウジング 102 内への挿入深さを正確に制御するために、同様のまたは異なるリニアアクチュエータ上にあってもよい。さらに、外部ハウジング（図示せず）を高温環境または取付ブラケット 120 に取り付けて、それと一緒に移動させることができる。外部ハウジングは、高温環境にあるハウジング 102 を取り囲み、それによって保護するためにわずかに大きいことを除いて、ハウジング 102 と形状が非常に似ている。

40

#### 【0046】

別の実施形態では、ヒートシンク 170 が 2 つ以上の側面を有し、各側面が熱光起電性モジュール 150 を有するように、ヒートシンク 170 を異なる形状にすることができる。例えば、ヒートシンクは、三角形、正方形、五角形、六角形、八角形などであってもよい。一例として、以下に説明する図 16A ~ 図 16D を参照されたい。

50



## 【 0 0 4 7 】

ここで図 6 を参照すると、従来技術のヒートシンク 3 7 0 の分解図が示されている。ヒートシンク 3 7 0 は、入口 3 7 3 および出口 3 7 5 を備えた流体回路の一部としての複数の冷却ベイ 3 7 1 を含む。各冷却ベイ 3 7 1 は、冷却流体との熱交換を促進するピンプレート 3 7 7 を含む。例えば、ピンプレート 3 7 7 は、表面積接触を増加させるために流路を形成するフィンおよび / またはピンを有することができる。

## 【 0 0 4 8 】

ここで図 7 および図 9 を参照すると、ヒートシンク 1 7 0 の様々な断面図が示されている。ヒートシンク 1 7 0 は、その中に冷却フィンまたはピン 1 7 5 を有する複数の冷却ベイ 1 7 1 を含む。冷却ベイ 1 7 1 は、各モジュール 1 5 0 の下に配置される。入口および出口冷却管 1 0 4 は、冷却流体を冷却ベイ 1 7 1 に供給する。

## 【 0 0 4 9 】

冷却流体は入口マニホールド 1 7 9 から入口スロット 1 8 0 を介して冷却ベイ 1 7 1 に入る。冷却流体は、冷却ベイ 1 7 1 から出口スロット 1 8 3 を通って出口マニホールド 1 8 1 に流れる。図 7 に最もよく見られるように、入口スロット 1 8 0 の面積は、遠位端部 1 7 2 に向かう遠位方向に沿ってベイ 1 7 1 からベイ 1 7 1 に増加する。増加した面積 / 流れを提供するために、スロット 1 8 0 の長さおよび / または高さを増加させることができる。冷却ベイ 1 7 1 が近位位置から遠位位置まで進むにつれて、入口スロット 1 8 0 のこの増大した断面積は、提供される冷却を全ての冷却ベイ 1 7 1 に、したがって全てのモジュール 1 5 0 に最適にバランスさせる。その結果、モジュール 1 5 0 は効率的に冷却され、効率的な電気生産を最適化する。あるいは、入口スロット 1 8 0 の長さは、ヒートシンク 1 7 0 の長さに沿って冷却を調整するために、幅に代えて、または幅に加えて変化してもよい。熱および / または放射が熱光起電性パネル組立体 1 0 0 に不均一に印加される可能性があるため、入口スロット 1 8 0 の形状およびサイズは、冷却要件の局所的変動に対処するように調整することもできる。図 8 は、代替的に変更されたスロット 1 8 0 ' の構成を示す。

## 【 0 0 5 0 】

ここで図 1 0 を参照すると、本開示による別のヒートシンク 4 7 0 を例示する断面図が示されている。ヒートシンク 4 7 0 は、入口マニホールド 4 7 7 に挿入されたチューブまたはスリーブ 4 8 5 を含む。スリーブ 4 8 5 は、遠位方向に沿ってベイ 4 7 1 からベイ 4 7 1 まで入口スロット 4 8 0 のサイズを変えるために、サイズが変化するスロット 4 8 7 を形成する。スリーブ 4 8 5 の遠位端部により近いより大きな入口スロット 4 8 7 は、より遠位に位置する冷却ベイ 4 7 1 の流れを増加させる。ここでも、熱が熱光起電性パネル組立体 1 0 0 に不均一に印加されることがあるため、冷却要件の局所的変動に対処するように、入口スロット 4 8 7 の形状およびサイズを所望により調整することができる。

## 【 0 0 5 1 】

図 1 1 を参照すると、本開示によるエミッタ 5 5 8 の断面図が示されている。エミッタ 5 5 8 は、本明細書および他の出願に記載されているミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体に組み込むための例示的な薄膜エミッタである。エミッタ 5 5 8 は、熔融シリカ、石英またはサファイアなどの光学的に透明な媒体から作製された基板 5 6 0 を有する。低温の実施形態では、ガラスなどの追加の媒体を使用することができる。

## 【 0 0 5 2 】

基板 5 6 0 は、第 1 の表面 5 6 2 と、第 1 の表面 5 6 2 に対向する第 2 の表面 5 6 4 とを有する。第 2 の表面 5 6 4 は、光起電性組立体 ( 図示せず ) に面する。光起電性組立体に対するギャップを維持するために、第 2 の表面 5 6 4 は、複数のスペーサ 5 6 6 を形成することができる。見て分かるように、基板 5 6 0 は、相対的に厚くすることができ、これにより、より大きな構造強度、改善された平坦度、およびギャップ上の力の均一性を提供する。一実施形態では、基板 5 6 0 は、厚さ「 $t$ 」が約 4 mm であり、スペーサ 5 6 6 の間に約 1 mm の間隔「 $s$ 」を有し、直径「 $d$ 」が約 1 0 0  $\mu$ m であり、高さ「 $h$ 」が 0 . 1 5  $\mu$ m である。

10

20

30

40

50

## 【0053】

一実施形態では、第2の表面564は、その上に堆積した光学的に不透明な材料の薄層568を有する。一実施形態では、薄層568は炭素である。別の実施形態では、薄層568はシリコンなどの高屈折率材料である。薄層568は、高温放射熱源から放射された赤外光を吸収して、光起電性要素が吸収するようにエネルギーを放射するように設計されている。要するに、薄層568を有する光学的に透明な基板560は、熱源（図示せず）と、赤外光を電流に変換することができる光起電性組立体との間に配置される。好ましくは、ギャップの少なくとも1つの寸法は、赤外光の波長よりも短い。

## 【0054】

薄層568の厚さは、熱源から放出される赤外光の大部分または全部を吸収するのに十分な厚さになるように選択すべきであるが、薄層568の厚さは、ギャップ形成手段566に対する、およびギャップ形成手段566を通る側方熱伝導を制限するのに十分な薄さにすべきである。薄層568の薄さが熱抵抗のように作用することによって、薄層568を横切る横方向の熱の流れを制限する。好ましい実施形態では、光学的に透明な基板560は、一般に、赤外光に対して透明であり、高い熱抵抗を有し、石英、シリカ、サファイアなど高温動作に適した材料で構成されている。薄層568の幾何学的に制約された高い側方熱抵抗と組み合わされた光学的に透明な媒体基板560の厚さ方向の高い熱抵抗が共に作用して、ギャップ形成手段566を通る熱伝導エネルギーの伝達を制限する。一実施形態では、薄層568は、赤外光の十分な吸収を可能にするために、少なくとも100ナノメートルの厚さであり、好ましくは数ミクロンの厚さである。

## 【0055】

別の実施形態では、ミクロンギャップ熱光起電性用途の場合、薄層568は第2の層570を含む。第2の層570は、非晶質シリコンおよび多結晶シリコンなどの高い赤外吸収率および高屈折率を有する材料で構成すべきである。さらに別の実施形態では、第2の層570が十分に高い吸収率を有するため、薄層568を省略することができ、第2の層570のみが使用される。本技術を概観することによって理解されるように、第1の表面562には様々なコーティングを施すことができる。例えば、反射防止コーティング、フィルタ層、代替吸収層または反射層などを利用して性能を高めることができる。さらに、第2および第3の層またはエミッタは、表面562、564、568、570のいずれかに付加的に付着することができる。基板560自体が多層構造であってもよい。実際には、2つ以上の溶融シリカ層を所望に応じてコーティングし、所望に応じて追加の層と整合させ、限定はしないがスペーサのようなナノ構造で形成し、任意の組み合わせで一緒に挟むことができる。

## 【0056】

スペーサまたはギャップ形成手段566は、小さな横寸法の物理的スペーサであってもよい。各スペーサ566は、最も近いスペーサから、薄層568から光起電性要素への熱伝導を最小にするのに十分な距離だけ離れている。しかしながら、スペーサ566間の距離は、薄層568がスペーサ566間の領域で光起電性要素と直接物理的に接触する可能性を最小にするために、依然として十分に小さくすべきである。

## 【0057】

ギャップ形成手段566は、マイクロメートルサイズのディスク、ピラー、カラム、チューブ、ピラミッドなどであってもよい。スペーサ566は、好ましくは、シリコン酸化物などの機械的に頑丈な熱抵抗材料から構成される。スペーサ566は、薄層568を付着する前に、透明な基板560の第2の表面564上に置かれるか、埋め込まれ、場合によっては意図的にパターン化されてもよい。薄層が平坦でパターン化されていない場合、スペーサ566はまた、薄層568の外表面および/または光起電性要素の表面に付着されてもよい。スペーサ566は、薄層568と一体的に形成することもできる。スペーサ566は、スペーサが基板表面564の上に延在するように、基板に形成されたウェル内に断熱材料を堆積させることによって形成することもできる。

## 【0058】

ここで図 1 2 A および図 1 2 B を参照すると、ギャップの目視検査の 2 つの画像が示されている。図 1 2 A は、不均一なギャップの外観を例示する画像 6 0 0 であり、図 1 2 B は、均一なギャップの外観を例示する画像 6 0 2 である。透明なエミッタを有することにより、ギャップの目視検査方法が有効である。エミッタが光起電性要素の表面などの第 2 の表面に近接して配置されるように組み立てられると、縞模様 6 0 1 が裸眼で見える。複数の縞は、ギャップの不均一性を最小限にするかまたは全く有しない組立体（例えば、画像 6 0 2 ）と比較して、比較的大きいおよび / または不均一なギャップ（例えば、画像 6 0 0 ）を示す。

#### 【 0 0 5 9 】

有利なことに、縞は、高品質の近接場ギャップを迅速かつ容易に検査することができるだけでなく、リアルタイムの調節を可能にする。技術者は、縞模様を調整のためのフィードバックとして使用しながら、ファスナ張力および他の手段を調節することができる。ギャップのサイズおよび均一性は、UV 薄膜厚さ測定ツールのような光学ツールによっても測定することができる。どちらの場合でも、縞を見ながら、ギャップの寸法および均一性を改善するために調節を行うことができる。

#### 【 0 0 6 0 】

図 1 3 A ~ 図 1 3 E は、本技術に従って薄膜エミッタを作製するための様々な可能な製造工程の一連の断面図である。図 1 3 A において、この方法は、石英または溶融シリカなどの断熱材料で作られた比較的厚い基板 7 0 0 から始まる。好ましくは、片面または両面を研磨する。基板 7 0 0 は、特定の光起電性要素（例えば、InGaAs）についてバンドギャップ（例えば、 $1 \sim 2.2 \mu\text{m}$ ）を超える放射に対して透明であり、バンドギャップ（例えば、 $2.2 \sim 10 \mu\text{m}$ ）以下の放射に対して吸収性であり得る。このように、顕著なバンドギャップ以下の放射曝露により、エミッタは著しく加熱される。

#### 【 0 0 6 1 】

図 1 3 B では、フォトリソグラフィとエッチングによって複数のスペーサ 7 0 2 が形成されている。典型的なスペーサの形状は、直径が  $10 \sim 100$  ミクロン、高さが  $0.10 \sim 0.20$  ミクロンである。図 1 3 C では、炭素の層 7 0 4 が基板 7 0 0 上に堆積している。動作中、炭素層 7 0 4 は、基板 7 0 0 によって吸収されない入射放射を吸収する。その結果、 $1000$  の温度に達することがある。一実施形態では、炭素層 7 0 4 は、 $0.1 \sim 5$  ミクロンの厚さであってもよい。

#### 【 0 0 6 2 】

ここで図 1 3 D を参照すると、シリコン層 7 0 6 が炭素層上に堆積している。シリコン層 7 0 6 は随意であるが、光起電性要素（例えば、InGaAs）への屈折率整合を可能にして、近接場性能を高めることができる。屈折率整合は、ある材料の屈折率が別の材料の屈折率に非常に近似しているため同じ屈折率を有する 2 つのアイテム（例えば、層 7 0 6 と光起電性要素）が互いに隣り合っている場合、放射エネルギーは最小限の反射または屈折を伴って一方から他方へ流れる場合である。シリコン層 7 0 6 の厚さは、炭素層 7 0 4 の厚さと同様であってもよい。

#### 【 0 0 6 3 】

随意選択的に、炭素層 7 0 4 および / またはシリコン層 7 0 6 は、図 1 3 E に示されるように、ちょうどスペーサ 7 0 2 の領域には存在しなくてもよい。その結果、スペーサ 7 0 2 は、1 つ以上の上部層 7 0 4 , 7 0 6 を効果的に貫通する。別の実施形態では、スペーサ 7 0 2 の周囲の追加領域 7 0 8 は、図 1 3 F の実施形態に示すように、シリコン層 7 0 6 および / または炭素層 7 0 4 を有さない。スペーサ 7 0 2 はまた、所望の酸化物または異なるドーブ領域など、基板とは異なる構造および / または材料であってもよい。別の変形例では、スペーサ 7 0 2 は、追加の層の厚さよりも単純に高く、製造処理中に層で覆われていない。別の実施形態では、基板 7 0 0 には、割り込み技術を使用する標準的な半導体製造装置によるハンドリングを容易にするための不透明層を最初に堆積させる。別の方法では、裏面の不透明層が塗布され、その後不要になったときに除去される。図 1 3 B ~ 図 1 3 E の各々の構造は、図 1 3 F のものと同様に完成した組立体を表し得ることが想

10

20

30

40

50

定される。

【 0 0 6 4 】

図 1 3 F に示すような基板 7 0 0 を製造する別の方法では、基板 7 0 0 は、1 つの表面に塗布されたレジスト（図示せず）を有する。レジストは、フォトリソグラフィプロセスによって現像され、穴のパターンが形成される。穴は、スペーサ 7 0 2 の所望の横方向寸法にほぼ一致する寸法を有する。レジスト層に穴を形成することにより、穴の底部で基板 7 0 0 の一部が露出する。

【 0 0 6 5 】

レジストが塗布された基板の全面に亘って酸化ケイ素などのスペーサ材料が堆積され、スペーサ材料がレジスト層の穴の一部または全部を満たして、レジスト層の穴の底部に露出する基板 7 0 0 と物理的に接触する。断面において、レジスト層の穴は、円形であるかまたは楕円形、三角形、正方形などの他の任意の二次元形状であってもよいが、スペーサは狭い平坦な頂点に向かって先細りであるか、尖っているか、そうでなければ形状が変化してもよい。熱処理は、穴の底部でスペーサ材料と基板 7 0 0 との間の良好な機械的結合を保証するために使用されてもよい。リフトオフプロセスを通して、レジスト層および大部分のスペーサ材料層が除去され、スペーサ 7 0 2 が基板 7 0 0 に接着されたままになる。次いで、付加的な層 7 0 4 , 7 0 6 のうちの 1 つ以上を好ましいように付着することができる。

【 0 0 6 6 】

一実施形態では、基板 7 0 0 は、酸化すると体積が増加することが知られている堆積したスペーサ材料でコーティングされるか、またはその後、材料体積を増加させるさらなる処理工程を受ける。熱酸化の結果としてこの体積増加の特性を有するこのような材料は、酸化物が酸化ケイ素になるシリコンであってもよい。あるいは、基板 7 0 0 は、シリコンなどの酸化可能材料の薄層を接合するか、または基板上に成長させることができる。次の工程では、酸化していないスペーサ材料上に窒化ケイ素などのマスキング層を堆積させる。フォトリソグラフィ処理工程を介して、スペーサ 7 0 2 の所望の横方向寸法にほぼ一致する寸法のマスキング層に穴のパターンが形成される。その結果、穴の底部に酸化していないスペーサ材料の一部が露出する。

【 0 0 6 7 】

次いで、基板を熱酸化工程に付し、穴の底部の酸化していないスペーサ材料を酸化させ、それによって酸化状態のスペーサ材料の体積を増加させる。体積が増加すると、穴の近傍にある酸化したスペーサ材料は、穴の縁でマスキング材料を押し上げる。マスキング材料およびスペーサ材料は、帯域内 I R 放射に対して十分に薄くおよび / または透明であれば、適所に残すことができ、押し上げられたマスキング材料はスペーサの支持面となる。別の実施形態では、酸化したスペーサ材料がスペーサの支持面となるように、マスキング材料を剥がすことができる。さらに別の代替的な構成では、マスキング材料および未酸化スペーサ材料の両方が剥がされ、酸化したスペーサ材料のみがスペーサの支持面として残る。

【 0 0 6 8 】

引き続き図 1 3 F を参照すると、スペーサが基板上に形成される前述の実施形態のいずれも、スペーサの周囲に分離トレンチ 7 0 8 を形成する処理工程によって強化することができる。一実施形態では、分離トレンチ 7 0 8 は、深さ 1 0 ~ 4 0 ミクロンおよび環状幅 5 ~ 1 0 0 ミクロンの環状の形状である。トレンチ 7 0 8 は、スペーサ 7 0 2 の周囲に形成され、スペーサ 7 0 2 の断熱を改善し、比較的少量の熱エネルギーが、スペーサ 7 0 2 の高さを通る伝導によってエミッタから光起電性組立体まで伝達される。上述のように、スペーサ 7 0 2 の形状はまた、ピラミッド形状など、熱エネルギー伝達をさらに低減するために近位端部から遠位端部まで変化し得る。トレンチ 7 0 8 はまた、基板 7 0 0 内に下降する下端部 7 1 0 を有してもよい。

【 0 0 6 9 】

ここで図 1 4 を参照すると、光起電性要素のバンドギャップに位置する高透過率と高吸

10

20

30

40

50

収率との間の遷移点 806 を有する最適化されたエミッタのグラフ 800 が示されている。このようなエミッタは、光起電性要素の効率を最大にするように調整されたエミッタを作製するために使用することができる。エミッタは、光起電性要素のバンドギャップを超えるエネルギー（「AB」）を有する光子を大部分通過させるように作製され、吸収および電気への変換は非常に効率的である（例えば、範囲 802）。PV 要素にバンドギャップ以下の光 / エネルギー（「BB」）が入射することは望ましくない。したがって、フィルタ付きエミッタは BB 光子を吸収し、加熱される（例えば、範囲 804）。エミッタは AB 光子を完全に透過しないため、吸収される AB 光子もエミッタの加熱に寄与する。一旦十分に熱くなると、エミッタは光起電性要素またはチップ（PV）によって効率的に電気に変換される AB 光子を放射する。要するに、バンドギャップよりも高いエネルギーを有する AB 光子は、光起電性要素による高効率の変換のためにエミッタを大部分通過し、一方でバンドギャップよりも低いエネルギーを有する BB 光子は、エミッタによって吸収され、エミッタが加熱されて、バンドギャップよりも高いエネルギーを有する追加の AB 光子を放射する。

10

20

30

40

50

#### 【0070】

黒体または他の放出源から放出される全ての波長を吸収する PV は、動作上最適ではない。典型的には、バンドギャップよりも高い（AB）波長のみが容易に電力に変換されるが、バンドギャップよりも低い（BB）波長は熱として PV に吸収され、電力に変換されない。別の実施形態では、変換を改善するために放出源と PV との間に選択層が挿入される。選択層は、エミッタまたは別の構造であってもよい。

#### 【0071】

一実施形態では、溶融シリカを使用してエミッタの所望の特性の近似値を提供する。吸収された BB エネルギーはエミッタを加熱し、エミッタからほぼ黒体の再放出が起こる。好ましくは、エミッタからの再放出されたエネルギーが低抵抗で PV へ伝達されるように、フィルタと PV は近接場（すなわち、サブ波長）ギャップによって分離される。結果として、PV の裏面反射体（例えば、金属）から反射された BB エネルギーも、近接場ギャップを越えて低抵抗でエミッタに伝達され、このこともまた、改善された再放出のためにエミッタに加熱エネルギーを加える。

#### 【0072】

さらなる最適化では、理想的なエミッタは、光起電性要素によって変換可能なエネルギーよりも高いエネルギーを有する光子について、完全に透過し、完全に吸収するかまたは完全に反射する追加の第 2 の遷移を容易にする膜および / または構造を組み込む。エネルギースペクトルにおけるこの第 2 のバンドギャップよりも高い遷移の最適な配置は、限定はしないが、光起電性要素の反射率、光起電性要素のスペクトル応答、エミッタと光起電性要素との間のエネルギーバランス、PV の本体内での光吸収を含むいくつかの要因に依存する。

#### 【0073】

この第 2 のバンドギャップよりも高い遷移の存在は、非常に高いエネルギーの光子が有するバンドギャップのエネルギーを超える余剰エネルギーを、エミッタを加熱する熱エネルギーに変換するのに役立つ。エミッタの加熱は、PV によるエネルギー変換のための AB 光子として放出される熱エネルギーをもたらす。

#### 【0074】

本技術は、特定の分野または技術分野に限定されない。例えば、本明細書の教示は、現在知られている、および後に開発される熱電子、量子ドットエネルギー収穫システム、太陽電池、遠方場技術などにも同様に適用可能である。本技術は、廃熱変換、一次エネルギー生成、太陽エネルギーおよび可搬型電力、ならびに光起電性用途などの他の分野および用途にも等しく適用可能であることが想定される。本技術は、トッピングサイクルまたはボトムリングサイクルを提供するため、または熱・電力複合利用（CHP）エネルギー変換システムを効果的に提供するために、既知のエネルギー変換メカニズムと組み合わせるか、または統合することもできる。

## 【 0 0 7 5 】

特に有用な領域の一例として、廃熱は、低コストのエネルギーの巨大かつ大部分が未利用の供給源である。世界で生成されるエネルギーの半分以上が廃熱の形で大気に流出している。世界のエネルギー使用量は2040年までに50%近く増加すると予測され、電力需要は同じ時間枠内で約70%増加すると見込まれており、廃熱問題の規模は増大している。本技術はこの課題に対処する。典型的な産業規模の廃熱環境は、600 ~ 1400の範囲の温度を有することがある。

## 【 0 0 7 6 】

本技術は、上流の処理を損なうことなく、既存の産業インフラストラクチャの廃熱ストリームを容易に改装するコンパクトでモジュール式のシステム設計を提供する。本開示によるフットプリントが小さいマイクロギャップ熱光起電性パネル組立体によって、石油およびガス探査、石油化学および化学処理、ならびにガラス、スチール、セメント製造など世界最大の産業の一部の生産設備に設置するための理想的な形態が提供される。マイクロギャップ熱光起電性パネル組立体は、グリッドの電力消費とコストを削減しつつ、産業用プラントに現場の電力を供給することができる。

## 【 0 0 7 7 】

ここで図15を参照すると、本技術によるマイクロギャップ熱光起電性パネル組立体100を有する産業用ガラス炉の用途300が示されている。用途300は、高温の排気ガスを運ぶための煙道組立体302を有する。煙道302は、その中のマイクロギャップ熱光起電性パネル組立体100を示すために部分的な断面で示されている。上述のように、マイクロギャップ熱光起電性パネル組立体100は、煙道組立体302の壁304のポートを介して取り付けられる。隆起した歩道306は、導管支持システムの二重の目的に役立つ。歩道306は、組立体100用の導管308を介して冷却流体を供給する冷却流体システムなどのユーティリティラインをサポートすることができる。歩道306はまた、真空ライン、監視ライン、診断ライン、通信ライン、電気ラインなどをサポートしてもよい。ユーザは、1つ以上のステーション310において、マイクロギャップ熱光起電性パネル組立体100を監視および/または操作することができる。ステーション310は、マイクロギャップ熱光起電性パネル組立体100との容易な操作上の確認および相互作用を可能にするスクリーン312を有する。あるいは、マイクロギャップ熱光起電性パネル組立体100は、遠隔で監視および/または操作されてもよい。

## 【 0 0 7 8 】

このような廃熱環境は、排気ガスの温度、組成および質量流量のプラント特有の組み合わせに基づいて、熱から電力への生成を可能にする。ガラスの製造に使用される炉は、典型的には、1時間当たり17MBTUの熱流量で800 ~ 1400の排気ガスを生成する。1つの煙道あたり20組以上のマイクロギャップ熱光起電性パネル組立体100を配置することができ、炉ごとに2つの煙道を用いて、各ガラス炉からの出力は200kW ~ 1MW以上になり得る。この電力は、1kWh当たり0.07ドルの米国の平均産業費における年間電力費用を60万ドルまで相殺し得る。カリフォルニア(13.6c/kWh)、ドイツ(15.5c/kWh)、イタリア(26c/kWh)など、高コスト地域ではより大幅に節約できる。

## 【 0 0 7 9 】

ここで図19を参照すると、本技術による可搬型診断ツール1300の後方斜視図が示されている。可搬型診断ツール1300は、廃熱環境からの電力生成を容易に評価することができる。可搬型診断ツール1300は、取付システム1302上に熱光起電性パネル組立体100を含む。取付システム1302は、好ましくは分解や組み立てなしで、従来の方法で容易に出荷することができる。別の実施形態では、可搬型診断システムは、出荷のために部分的に分解される。さらに別の実施形態では、出荷のために、取り付けられたヒンジによって、突出している構成要素を直立位置に回転させてもよい。取付システム1302は、熱光起電性パネル組立体を廃熱環境に選択的に挿入するために、所望の場所に容易に移動される。制御ユニット1304はまた、熱光起電性パネル組立体100の動作

を制御するために取付システム上にある。

【0080】

取付システム1302は、構成要素をそこに取り付けるためのベース構造1306を含む。ベース構造1306の係止駆動キャスター1308は、可搬型診断ツール1300を所定の位置に容易に転動させロックする。ベース構造1306は、熱光起電性パネル組立体100を軸に沿って選択的に移動させるためのレールシステム1310を有する。好ましくは、熱光起電性パネル組立体100の高さも調節することができる。ベース構造1306はまた、熱光起電性パネル組立体100に真空を提供するための真空システムを含む。真空システムは大きな重量を有するため、真空システムは、熱光起電性パネル組立体の延長時に平衡錘として作用するように配置または移動可能である。ベース構造1306は、保守用品、サービスツール、保護ガウンおよびシールド、熱傷キットなどを収容するための格納ユニット1320を含む。

10

【0081】

ベース構造1306はまた、冷却流体を熱光起電性パネル組立体100に供給するための冷却ユニットを有する。代替的に、冷却には、インフラストラクチャ（例えば、水、配管、HVAC、冷却塔など）によって提供されるものなどの外部供給源、または天然源（例えば、地熱冷却、河川、流れ、海洋、空気など）を用いることができる。可搬型診断ツール1300は、必要に応じて電気および他のユーティリティ接続部、ケーブル、ホースおよびコネクタを有し、迅速かつ容易な接続のために現場のユーティリティとインターフェースする。一実施形態では、オンボード冷却システムは、大型の冷却液リザーバと、ポンプと、熱交換器とを含む。このように、冷却システムは、熱光起電性パネル組立体の延長時に平衡錘として作用するように配置または移動可能である大きな重量を有する。可搬型診断ユニット1300の他の構成要素も、平衡錘として作用するのに役立つ可能性がある。

20

【0082】

可搬型診断ユニット1300はまた、インバータ1312を有する。インバータ1312は取り外し可能であり、専用ケーブル接続によって可搬型診断ユニット1300に結合してもよい。同様に、制御ユニット1304および他の構成要素は取り外し可能であってもよい。構成要素を減らすことができることにより、可搬型診断ユニット1300は、より多様な環境に配置することができる。全体の大きさ、高さおよび/または重量も減少させることができる。

30

【0083】

制御ユニット1304は、熱光起電性パネル組立体100と、可搬型診断ツール1300の他の構成要素、例えば、電動システムであればレールシステム1310などの動作を管理する。制御ユニット1304は、視覚的警告「ライトスタック」または「スタックインジケータ」または「インジケータライト」1314、およびビデオ記録/監視機器1316を有する。必要に応じて、制御ユニット1304は、UPSバックアップユニット、データ取得モジュール、およびスマートフォンアプリケーションなどを介して動作するためのリモートアクセスモジュールを有することもできる。

【0084】

一実施形態では、制御ユニット1304は特化されたアプリケーション特有のハードウェア設計である。制御ユニット1304は、典型的には、1つ以上のマイクロプロセッサを含む中央処理装置、ランダムアクセスメモリ(RAM)、I/O動作を実行するための機構および構造(図示せず)、磁気ハードディスクドライブなどの格納媒体、取り外し可能なコンピュータ可読媒体からの読み取りおよび/または書き込みのためのデバイス、および中央処理装置上で実行するためのオペレーティングシステムを含む。一実施形態によれば、制御ユニット1304のハードディスクドライブは、オペレーティングシステム、実行される他のアプリケーションまたはシステムのブートおよび格納、ハードディスクおよびRAMなどの間のページングおよびスワッピングなどを実行する。一実施形態では、アプリケーションプログラムは、本技術に従って機能を実行するためにハードディスク

40

50

ライブに常駐する。別の実施形態では、制御ユニット 1304 は、ローカルエリアネットワークまたはインターネットなどの分散コンピューティングネットワーク内でホストされるアプリケーションにアクセスするためのブラウザを有する。制御ユニット 1304 はまた、取り外し可能なコンピュータ可読媒体に読み書きするためにそこに挿入された CD または DVD タイプの媒体など、取り外し可能なコンピュータ可読媒体を利用することもできる。他の実施形態では、制御は、SCADA（監視制御およびデータ収集）のための通信機能を有するかまたは有しない単純なプログラマブル論理コントローラ（PLC）によって達成される。

#### 【0085】

制御ユニット 1304 は、アプリケーションプログラムおよび制御ユニット 1304 上で実行されるオペレーティングシステムなどの他のプログラムを制御するための入力信号を提供するために使用され得る、当業者に知られている入力デバイスを有する。例示的な実施形態では、入力デバイスは、好ましくは、スイッチ、スライド、マウス、トラックボール、グライドポイントまたはジョイスティック、マイクロフォン、または消費者などのユーザが制御信号および他のコマンドを入力することができる他のそのようなデバイス（例えば、一体的に取り付けられたグライドポイントまたはマウスを有するキーボード）を含む。入力デバイスとしてのキーボードおよび/またはタッチスクリーンの使用はここではさらに説明しないが、入力デバイスが当業者に知られている多くのキーボードおよびタッチスクリーンのいずれかを備えることは、本開示の範囲内であり、ユーザおよびこのような方法論を具現化するアプリケーションプログラムと相互作用し実装するための制御信号またはコマンドは、キーボードまたはタッチスクリーンを介して個別のコマンドの形態で実装することができる。

10

20

#### 【0086】

制御ユニット 1304 は、当業者には理解されるように、ディスプレイを有する。ディスプレイは、コンピュータ 14, 16 からの出力信号に応答して画像を表示するための、当業者に知られている多くのデバイスのいずれであってもよい。そのようなデバイスには、限定するものではないが、陰極線管（CRT）、液晶ディスプレイ（LCD）、プラズマスクリーンなどが含まれる。簡略化された図が図 19 に示されているが、このような図示は、本開示を図示の実施形態に限定するものとして解釈されるべきではない。制御ユニット 1304 から出力される信号は、制御ユニット 1304 のマイクロプロセッサおよびディスプレイに動作可能に結合された制御ユニット 1304 のハウジング内に取り付けられた PCI または AGP ビデオボードまたはカードを含む、多くのデバイスのいずれかから発することができることを認識すべきである。

30

40

50

#### 【0087】

動作において、可搬型診断ユニット 1300 は熱光起電性パネル組立体を有するため、熱から発電する熱光起電性パネル組立体のより永続的な設置の適性について様々な場所を試験することができる。一実施形態では、4つの接続が必要である（例えば、208 30 アンペアの電源回路、インバータをグリッドに接続するための 208 30 アンペアの電源回路、監視システムの 110 電源回路、および水の供給）。全ての接続および機器は、ネマ格付けおよび UL 準拠である。例えば、廃熱環境内のいくつかの場所が発電に適している可能性がある。様々な場所で（例えば、熱光起電性パネル組立体を挿入するための複数の穴を作成することによって）アクセスを作成することができる。1つ以上の可搬型診断ユニット 1300 は、現場に出荷され、一定の期間各々可能な場所にセットアップすることができる。可搬型診断ユニット 1300 は、永続的に設置される熱光起電性パネル組立体の数および配置に関して情報に基づいた決定がなされるように、場所の適性および収益性を分析するための全ての関連データを収集する。制御ユニットもまた、その一部または全部を永続的な設置に使用することができる。例えば、動作を監視している間、制御ユニット 1304 は、電動レールシステムを使用して、冷却システムの不具合を示す可能性がある過熱状態などの所定の条件が満たされたときに、廃熱環境から熱光起電性パネル組立体を自動的に後退させることができる。制御ユニットは、組立体の熱衝撃プロファイ



ルに応じて熱衝撃を管理するために、挿入速度および引抜き速度を制御する。

【0088】

電動レールシステムを用いて、永久熱光起電性パネル組立体の加熱ゾーンへの挿入を制御することも可能であることが想定される。電動アクチュエータは、任意のタイプのレール（例えば、円形、磁気、ラック&ピニオンなど）を使用することができるが、主ねじまたはボールねじまたはアクメねじによって駆動されるリニアアクチュエータであってもよい。駆動機構はまた、油圧シリンダ、空気圧シリンダ、空気圧モータ、ハンドクランクギヤなど、任意のタイプであり得る。

【0089】

制御ユニットはまた、インターネット、電話、携帯電話、ブルートゥース（登録商標）または類似の通信プロトコルを用いて、カスタマイズ可能なアラームパラメータに基づいて、指定された受信者にアラートを提供することができる。動的システム制御において典型的であるように、制御ユニットは、様々な温度（例えば、環境、制御、炉、冷却水、真空モータ、システム内部、インバータなど）、圧力（例えば、システムの真空、環境圧力、冷却水圧力など）、流量（例えば、空気排出、冷却水）を監視する無数のセンサ、およびシステム制御技術の当業者に知られている任意の他のデジタルまたはアナログセンサからの入力を受信することができる。一実施形態では、制御ユニットは、熱電対を使用するプログラマブル論理コントローラ（PLC）、抵抗温度検出器（RTD）、電流信号（0 - 20 mA、4 - 20 mA など）、電圧信号（単なる一例として 0 - 10 VDC）、任意のプロトコル（RS - 232、RS - 485、USB、MODBUS など）のシリアル通信、およびトリガシステムの動作のための入出力リレーを含む。典型的なシステムは、グリッド上に直接電力を供給するインバータを有してもよく、その発電は、第三者のハードウェアおよびソフトウェア（一般的にはインバータに内蔵されているもの）によって、または直流電流を監視するためのホール効果センサなどの機器を介する前述の信号によって監視することができる。

10

20

【0090】

他の実施形態では、オフグリッド電力が生成され、充電コントローラ（最大電力点追跡ありまたはなし）およびバッテリーバンクなどのシステムの典型的なバランスを使用してバッテリーに格納される。これらのシステムは、無停電電源装置（UPS）またはグリッド電源接続に頼るのではなく、独自の発電電力を使用して動作し得る。格納手段は、可搬型診断ユニットの一部であってもよいし、別個の組立体であってもよい。

30

【0091】

可搬型診断ユニットは、現実の状況における様々な特徴を評価するのに役立つこともできる。例えば、様々な環境において様々な構成が異なる動作を行うことができる。可搬型診断ユニットは、異なる熱光起電性パネル組立体を有することができるため、現実の状況で特徴の比較を実行することができる。別の実施形態では、冷却システムを、別の用途のための流体のヒータまたは予熱器として使用する。可搬型診断ユニットが複数の熱光起電性パネル組立体を有することも想定される。例えば、2つの可搬型診断ユニットが単一の制御ユニットを有することができるなど、いくつかの構成要素をモジュール式にすることができる。

40

【0092】

ここで図16Aを参照すると、本開示による別のミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体900の斜視図が示されている。当業者には理解されるように、ミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体900は、上述したミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体100と同様の原理を利用する。したがって、数字「1」の代わりに数字「9」から始まる同様の参照番号は、可能な場合に同様の要素を示すために使用される。以下の説明は、相違点を対象としている。

【0093】

ミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体900の1つの相違点は、ヒートシンク970が四面体であることである。一実施形態では、ヒートシンク970は、48個のTPV

50

モジュール 950 (各面に 12 個) を有する。ヒートシンク 970 は、各面に冷却フィンプレート 971 (図 16B、16F および 16G) を有し、各々が 12 個の TPV モジュール 950 を備える。ヒートシンク 970 は約 45 度回転されていることにも留意されたい。45 度の向きは、複数の組立体 900 の密な充填にもかかわらず、ヒートシンクの 4 つ全ての側面のモジュールが環境からの放射を確実に受けるようにする。ハウジング 902 は、説明のために半透明で描かれているが、透明、不透明、半不透明または半透明であってもよい。

#### 【0094】

ここで図 16B を参照すると、ミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体 900 のヒートシンク 970 の遠位端部 972 の部分分解図が示されている。特に、1 つの TPV モジュール 950 がヒートシンク 970 から切り離されて示されている。TPV モジュール 950 は、剛性を高めるために比較的厚いベース基板 960 を有し、ねじ 966 のための取付穴 962 が再配置される。なお、取付穴 962 の数は、追加のねじ 966 に対応するために倍増される。取付ねじ 994 が概して正方形の四隅により近接して配置されるように、力印加層 990 も異なる形状を有する。当業者であれば、TPV モジュール設計がヒートシンク設計とは無関係であるため、TPV モジュール 950 に見られる相違点は、二面または任意の面のヒートシンク上に配置される TPV モジュールに適用できることを理解されたい。

#### 【0095】

四面体のミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体 900 のもう 1 つの相違点は、図 16B ~ 図 16D に示すように、電気接続部がヒートシンク 970 に埋め込まれることである。ヒートシンク 970 は、その角縁部 909 に沿って細長いスロット 907 を形成する。図 16D の断面に示すように、母線 911 はスロット 907 に嵌合して TPV モジュール 950 からの電圧を運ぶ。

#### 【0096】

ここで、図 16C を参照すると、ミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体 900 の角部電気ジャンパ 913 の断面図が示されている。角部電気ジャンパ 913 は、TPV モジュール 950 を電氣的に接続する。一実施形態では、角部電気ジャンパ 913 は、ヒートシンク 970 の長さに沿って同じポイントで 4 つの TPV モジュール 950 を 1 つのグループに接続する。角部電気ジャンパ 913 は、12 のグループを形成するなどの様々な方法で TPV モジュール 950 の他の組み合わせをグループ化することができる。母線 911 および角部電気ジャンパ 913 は、好ましくは金属製であり、低電圧 (例えば 10 V) および高電圧 (例えば 50 V) の両方の用途をサポートする。

#### 【0097】

ここで図 16E を参照すると、ミクロンギャップ熱光起電性パネル組立体 900 のヒートシンク 970 の斜視図が示されている。ヒートシンク 970 は、流体の進入および流出のための 2 つの比較的大きなボア 985 を備えた一体の背板 983 を有する。より大きなボア 985 は、冷却流体のより多い流れおよびより低い圧力低下を可能にする。好ましくは、ヒートシンク 970 は、高導電率のアルミニウム合金、銅、鋼などから作製される。

#### 【0098】

さらに図 16F を参照すると、ヒートシンク 970 の部分分解図が示されている。ヒートシンク 970 は、各面にフィンプレート 987 を有する 4 面体 981 を含む。各フィンプレート 987 の下で、本体 981 は、ボア 985 と流体連通する大きな流れ領域 989 を形成する。フィンプレート 991 はフィンプレート 987 から流れ領域 989 内に延在し、図 16G および図 16I に最もよく示されているようにヒートシンク 970 の冷却を容易にする。フィン 991 は、一般に、それらの間に平行なチャネルを形成する複数の細長いリッジである。フィン 991 の端部 993 は、図 16H に最もよく示されるように、レーストラック構成を形成する。

#### 【0099】

ここで図 17A を参照すると、本開示による別の熱光起電性 (TPV) モジュール 10

10

20

30

40

50

50の上面透視図が示されている。当業者には理解されるように、TPVモジュール1050は、上述したTPVモジュール150, 950と同様の原理を利用する。したがって、「1」または「9」の代わりに「10」から始まる同様の参照番号は、可能な場合に同様の要素を示すために使用される。

#### 【0100】

TPVモジュール1050の相違点は、力印加層1090の形状と取付ねじ1094の配置が変化したことである。力印加層1090は、実質的に正方形であるが、4つの拡大された角部1091を含む。取付ねじ1094は、実質的に対称的な放射状に配置されており、角部ギャップの引き離しを低減し、冷却を改善するために熱界面に圧力を均等に分配する。図示された実施形態では、取付ねじ1094は、各角部1091に対向する対になって配置されている。

10

#### 【0101】

ここで図17Bを参照すると、TPVモジュール1050の底面斜視図が示されている。TPVモジュール1050は、取付ねじ1094に結合する取付組立体1021を有する。ベース基板1060には、取付組立体1021がヒートシンクとの良好な接触を妨げないように、凹部1061が形成されている。ベース基板1060にはまた、ヒートシンク上に位置決めするための取付ピン1067と、電氣的接続などのための凹部領域1068とを含むことができる。

#### 【0102】

取付組立体1021の1つが分解図で示されている。各取付組立体1021は、取付ねじ1094と、ナット1023と、ばね1025とを含む。ナット1023および凹部1061は、取付ねじ1094が回転するとナットが凹部によって捕捉されるような形状をしている。図17Cを参照すると、組み立てられた取付組立体1021の断面図が示されている。凹部1061は、ナット1023を設定された向きに保持するように寸法決めされ構成された外側部分1063を有する。凹部1061はまた、比較的半径方向により狭い内側部分1065を有する。組み立てられると、ばね1025は、外側部分1063に位置するナット1023によって内側部分1065に保持される。ねじ1094は、ばね1025を通り、ナット1023に螺合している。外側部分1063は、ねじ1094が突出しないように十分な深さを有する。さらに、十分な深さは、TPVがヒートシンクに取り付けられた後にねじ1094の調節、ひいてはTPVモジュール1050のギャップの調節を可能にする。印加層1090によって加えられる力は、ねじ1094およびナット1023によって与えられる張力に抗して作用するばね1025の圧縮によって提供される。

20

30

#### 【0103】

ここで図18を参照すると、本技術に従って透明または他の基板上にナノギャップスペーサを作製するための様々な可能な製造工程「a~l」の一連の断面図が示されている。一実施形態では、基板は、熱光起電性モジュールの透明エミッタである。工程「a~l」は、半導体産業において典型的な既知のマイクロリソグラフィプロセスを使用することによって実行されてもよい。工程aでは、裸の基板1100が提供される。裸の基板1100は、工程bにおいてフォトレジスト層1102で被覆される。工程cにおいて、複数の穴1104が形成されるようにフォトレジスト層1102をパターニングする。穴1104は、任意のサイズおよび形状であってもよい。

40

#### 【0104】

工程dにおいて、酸化物層1106を堆積させる。穴1104の結果として、酸化物層1106の部分またはスペーサ1108は、基板1100上に直接存在する。フォトレジスト層1102を、その上にある酸化物層1106と共に取り去ることによって、工程eに示すように、酸化物スペーサ1108のみが基板1100上に残る。

#### 【0105】

工程fにおいて、スペーサ1108および基板1100上に金属マスク層1110を堆積させる。金属マスク層1110をパターニングするために、工程gに示すようにフォト

50

レジスト 1 1 1 2 を塗布する。フォトレジスト 1 1 1 2 が所望のパターンで形成され、穴 1 1 1 4 を有するパターン付きフォトレジスト 1 1 1 2 ' を形成した後 ( 工程 h ) 、工程 i に示すように、金属マスク層 1 1 1 0 を同じパターンにエッチングしてパターン付き金属マスク層 1 1 1 0 ' を形成する。その結果、フォトレジスト 1 1 1 2 ' および金属マスク層 1 1 1 0 ' を貫通して基板 1 1 0 0 まで穴 1 1 1 4 が形成される。金属マスク層は、厚いフォトレジストのような十分に頑強なマスキング材料でも作ることができる。金属マスク層は、基板 1 1 0 0 をパターニングするために使用されるエッチングおよび他の必要な処理工程に対して頑強でなければならず、この処理工程はかなり攻撃的であり得る。一実施形態では、基板 1 1 0 0 は、反応性イオンエッチング ( R I E ) を使用してエッチングされる溶融シリカである。

10

**【 0 1 0 6 】**

フォトレジスト 1 1 1 2 ' を除去した後 ( 工程 j ) 、基板 1 1 0 0 を穴 1 1 1 4 の位置でエッチングして、工程 k に示すように、基板 1 1 0 0 にトレンチ 1 1 1 6 を形成することができる。工程 l に示すように、金属マスク層 1 1 1 0 ' が除去されると、結果として、スペーサの熱抵抗を改善するためにトレンチ 1 1 1 6 によって取り囲まれたスペーサ 1 1 0 8 を有する基板 1 1 0 0 が得られる。

**【 0 1 0 7 】**

当業者であれば、いくつかの要素の機能が、代替の実施形態では、より少ない要素または単一の要素によって実行されてもよいことが理解されよう。同様に、いくつかの実施形態では、任意の機能要素は、例示の実施形態に関して記載されたものより少ない、または異なる動作を実行することができる。また、説明のために区別されるように示した機能要素 ( 例えば、ヒートシンク、冷却管、フランジ、電気コネクタ、インターフェース層、ボルトなど ) は、特定の実施例において他の機能要素内に組み込まれてもよい。

20

**【 0 1 0 8 】**

本明細書中に開示される全ての特許、特許出願および他の参考文献は、参照によりその全体が明示的に組み込まれる。本技術を好ましい実施形態に関して説明したが、当業者であれば、添付の特許請求の範囲によって規定される本発明の精神または範囲から逸脱することなく、本技術に様々な変更および / または修正を加えることができることを容易に理解するであろう。例えば、エミッタに通されるエネルギーは、ハウジングから放射されてもよいし、またはハウジングが周囲環境からの光子を単に通過してもよいことに留意されたい。さらに、請求項の一部が別の請求項に列挙され、各請求項は、元は請求されていなくても、複数の従属態様で任意の、一部のまたは全ての請求項に依存することができるように、特許請求の範囲は再び書いてもよい。

30

【図 1】

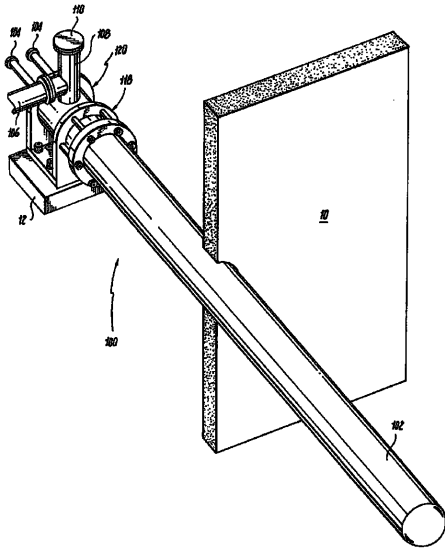


FIG. 1

【図 2 A】

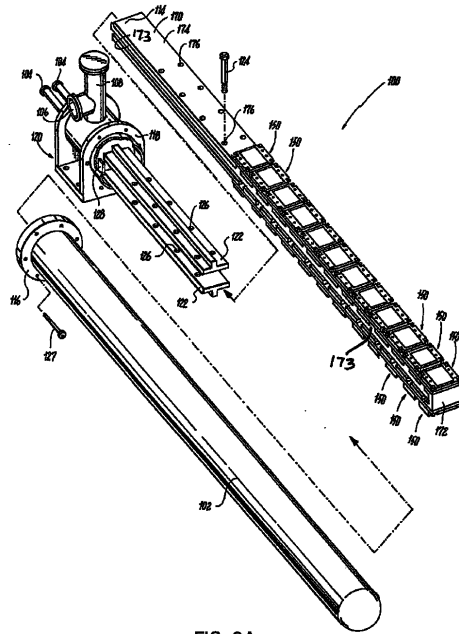


FIG. 2A

【図 2 B】

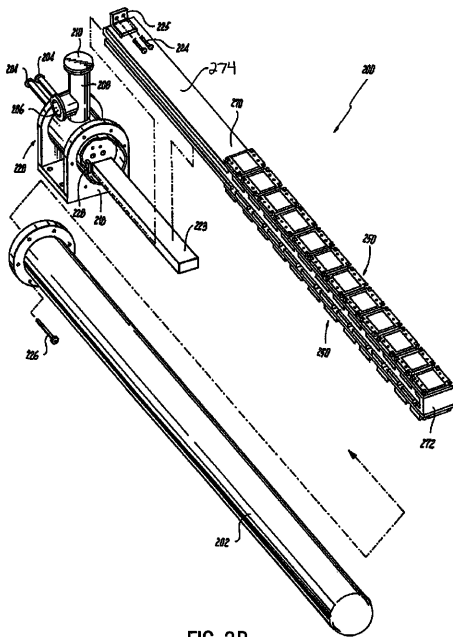
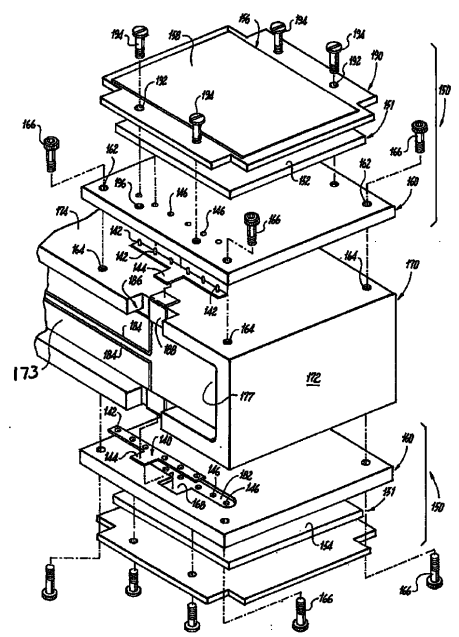
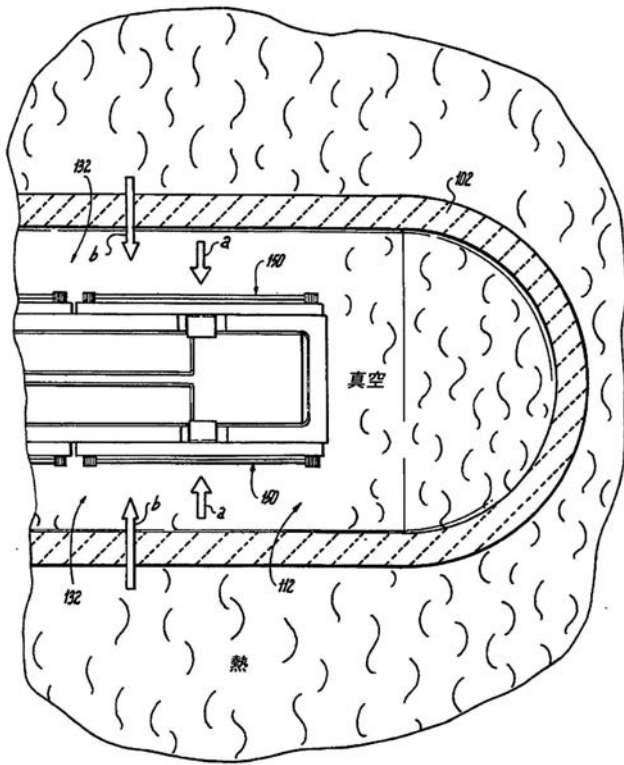


FIG. 2B

【図 3】



【図 4】



【図 5】

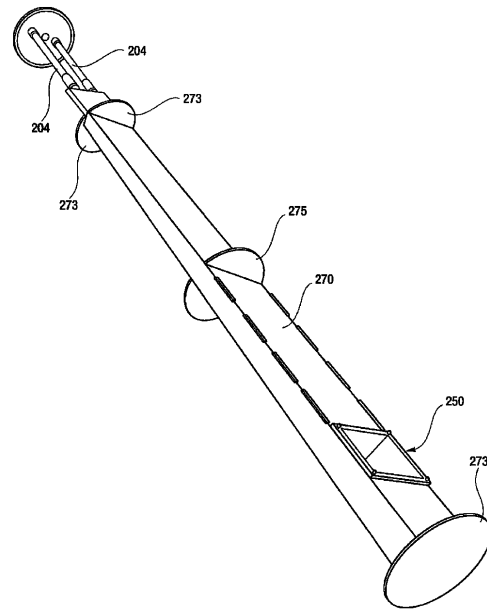
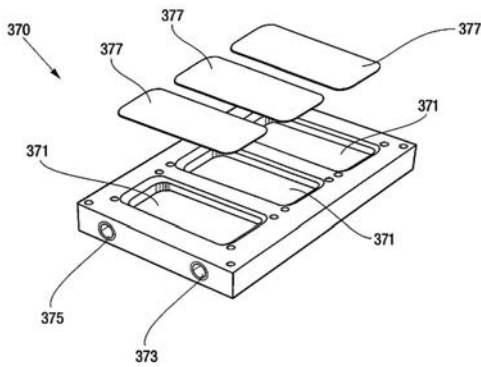


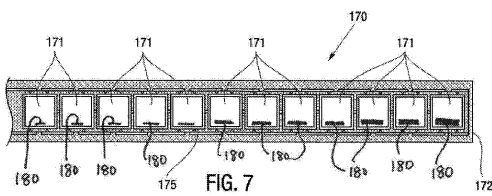
Fig. 5

【図 6】

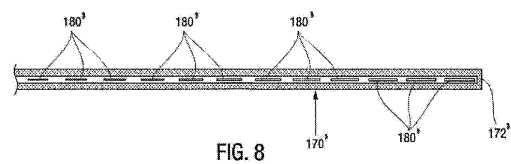


先行技術

【図 7】



【図 8】



【図 9】

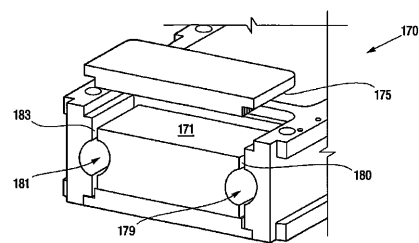


FIG. 9

【図 10】

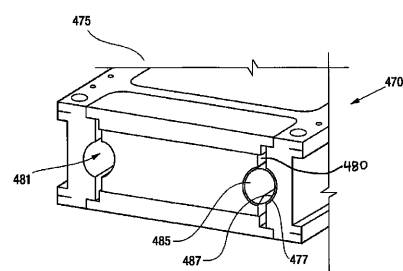
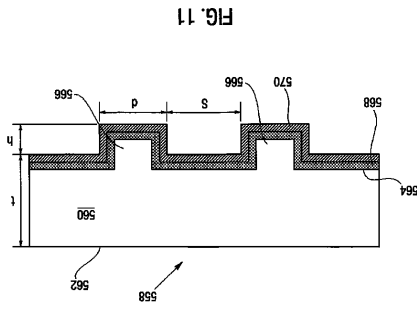


FIG. 10

【図 1 1】



【図 1 2 A】

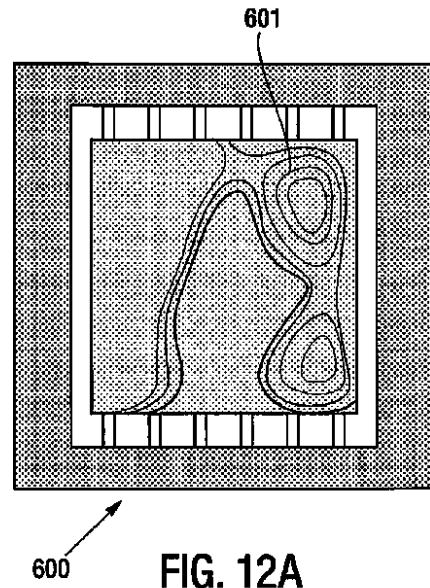


FIG. 12A

【図 1 2 B】

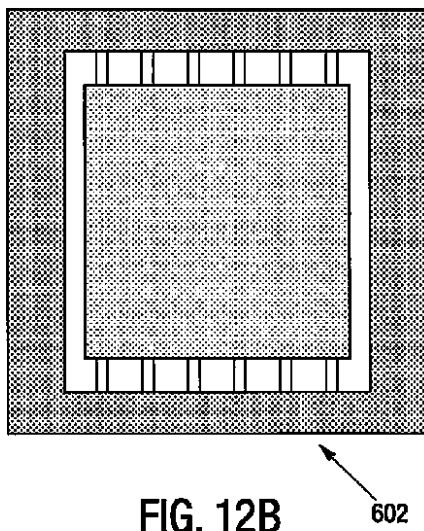


FIG. 12B

【図 1 3 C】

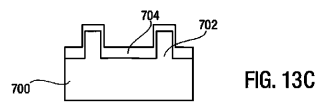


FIG. 13C

【図 1 3 D】

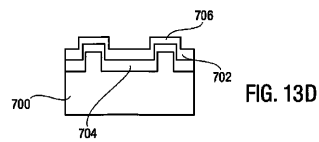


FIG. 13D

【図 1 3 E】

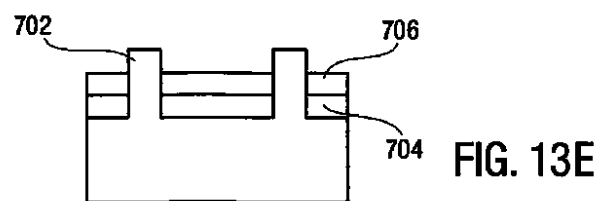


FIG. 13E

【図 1 3 A】

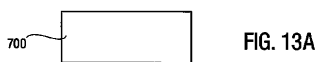


FIG. 13A

【図 1 3 B】

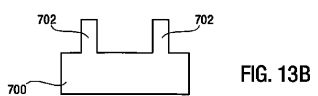


FIG. 13B

【図 1 3 F】

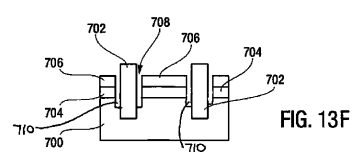
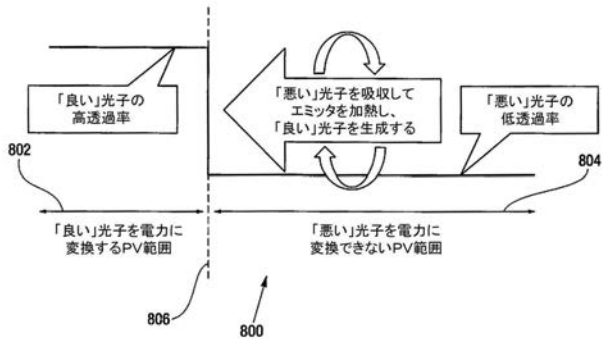


FIG. 13F

【図 14】



【図 15】

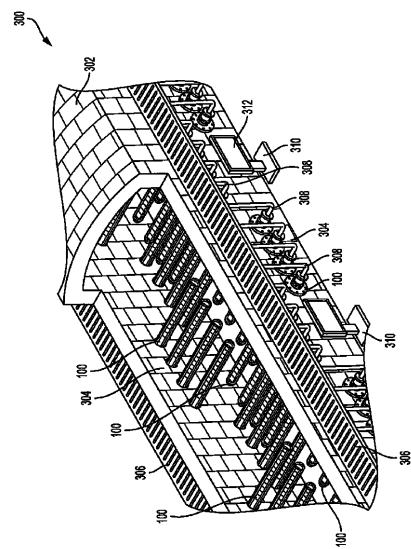


FIGURE 15

【図 16 A】

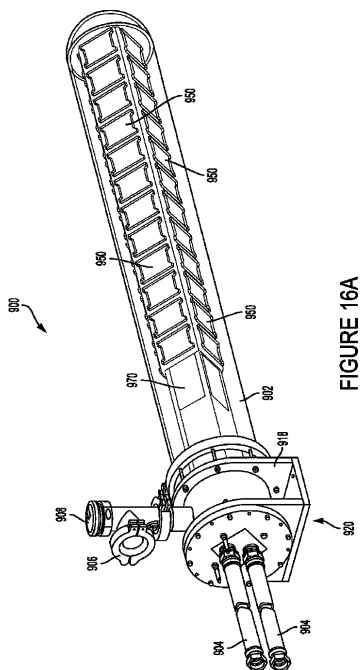


FIGURE 16A

【図 16 B】

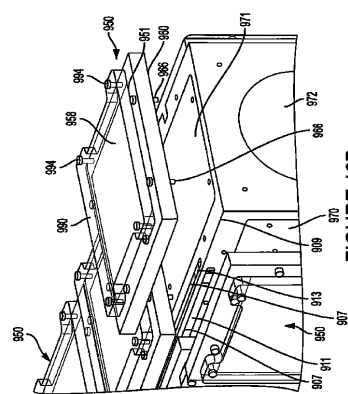


FIGURE 16B



【図 16 C】

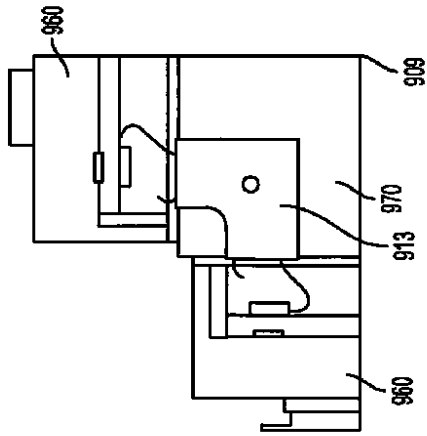


FIGURE 16C

【図 16 D】

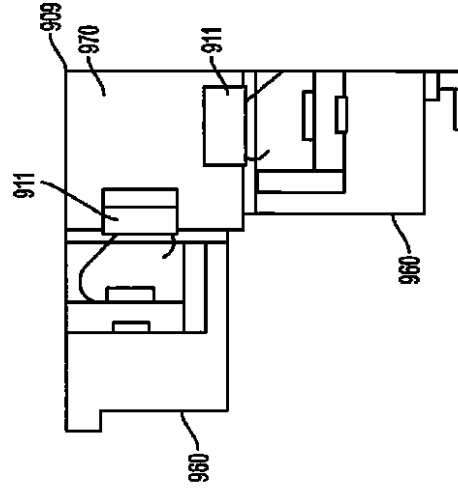


FIGURE 16D

【図 16 E】

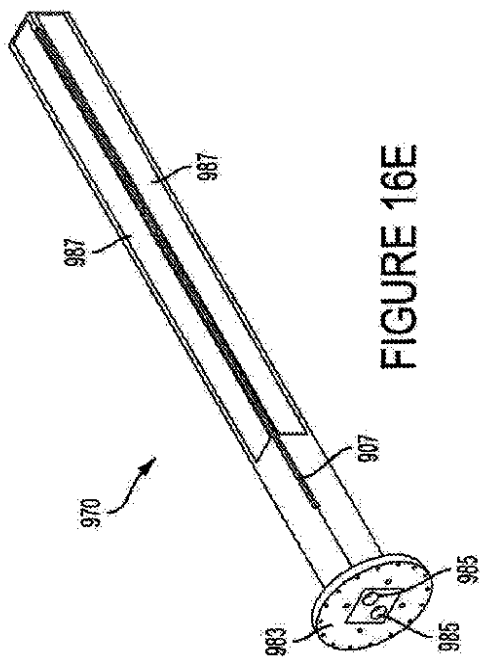


FIGURE 16E

【図 16 F】

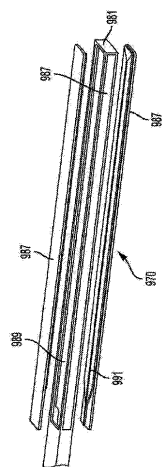


FIGURE 16F

【図 16 G】

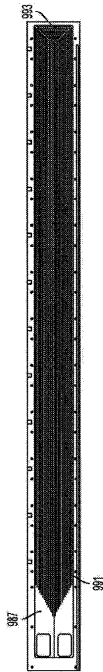


FIGURE 16G

【図 16 H】

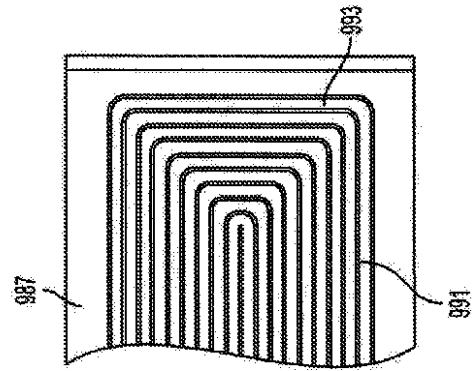


FIGURE 16H

【図 16 I】

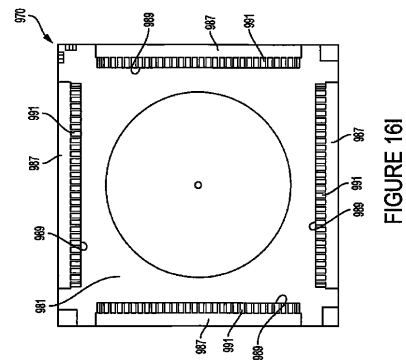


FIGURE 16I

【図 17 A】

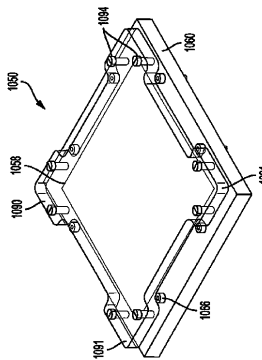


FIGURE 17A

【図 17 B】

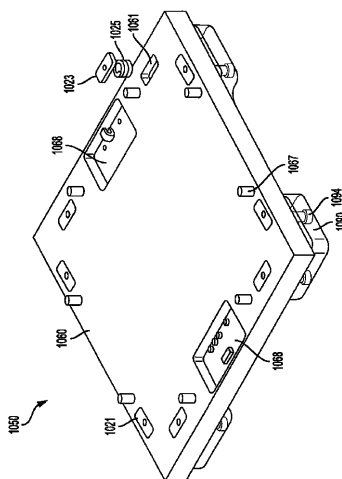


FIGURE 17B

【図 17 C】

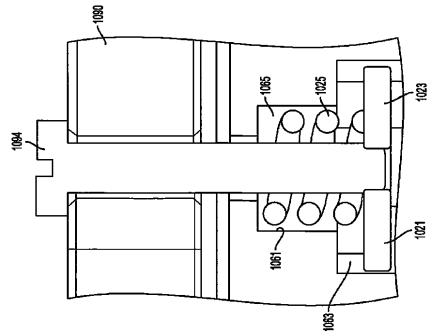
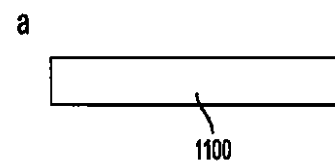
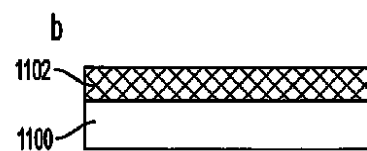


FIGURE 17C

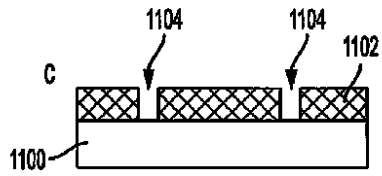
【図 18 a】



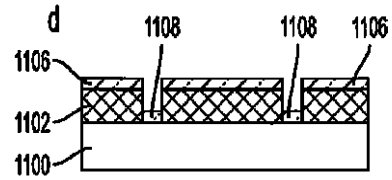
【図 18 b】



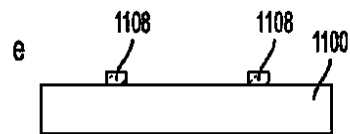
【図 18 c】



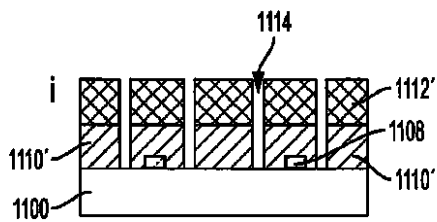
【図 18 d】



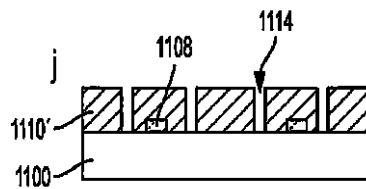
【図 18 e】



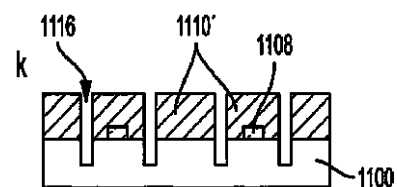
【図 18 i】



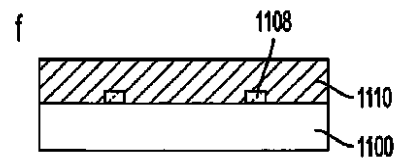
【図 18 j】



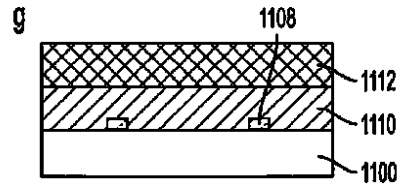
【図 18 k】



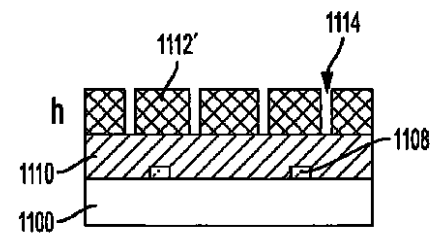
【図 18 f】



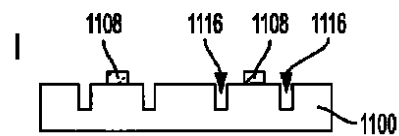
【図 18 g】



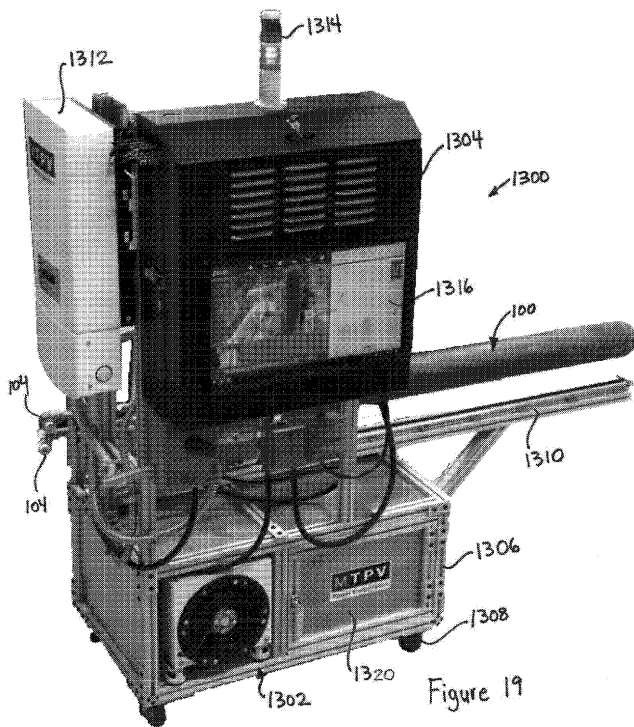
【図 18 h】



【図 18 l】



【 図 1 9 】



## 【 国 際 調 査 報 告 】

<b>INTERNATIONAL SEARCH REPORT</b>		International application No.  PCT/US 2017/017037
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>H02S 40/42 (2006.01)</i> <i>H02S 50/00 (2006.01)</i> 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)  H01L 31/00, 31/04, 31/042, 31/048, H02S 40/00, 40/40, 40/42, 50/00  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 practicable, search terms used) PatSearch (RUPTO internal), USPTO, PAJ, Esp@cenet, DWPI, EAPATIS, PATENTSCOPE, Information Retrieval System of FIPS		
<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	US 2011/0315195 A1 (MTPV CORPORATION) 29.12.2011, [0023], [0024], [0047], [0048], [0051]-[0054], [0056], fig.5, 10	1-2, 5, 8, 17-18, 20, 21, 27-29, 31, 35, 38, 40
Y		3, 24-25
A		4, 6-7, 9-16, 19, 22-23, 26, 30, 32-34, 36-37, 39, 41-55
Y	WO 2008/063052 A1 (INNOVY) 29.05.2008, fig.5, pos.3, 5, 8	3
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family 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 (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document 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 "&" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search  23 May 2017 (23.05.2017)		Date of mailing of the international search report  08 June 2017 (08.06.2017)
Name and mailing address of the ISA/RU: Federal Institute of Industrial Property, Berezhevskaya nab., 30-1, Moscow, G-59, GSP-3, Russia, 125993 Facsimile No: (8-495) 531-63-18, (8-499) 243-33-37		Authorized officer  M. Adireeva  Telephone No. (499) 240-25-91

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US 2017/017037

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 7513659 B2 (STAR HEADLIGHT & LANTERN CO., INC.) 07.04.2009, pages 13-14	24-25
A	US 2009/0127448 A1 (TAKASHI FUYUKI) 21.05.2009	56-62
A	US 2004/0231717 A1 (PAUL GREIFF) 25.11.2004	1-62

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ

(72)発明者 ブラウン、エリック、エル .  
アメリカ合衆国、マサチューセッツ、ケンブリッジ、ジーナフ アヴェニュー 3、アパートメント 3

(72)発明者 シュイラー、ティモシー、アール .  
アメリカ合衆国、マサチューセッツ、マスーアン、エマーソン アヴェニュー 6

(72)発明者 メイザー、デイヴィッド  
アメリカ合衆国、テキサス、オースティン、レッジ マウンテン ドライブ 6 4 1 2

(72)発明者 グリーフ、ポール  
アメリカ合衆国、マサチューセッツ、ウェイランド、キャメロン ロード 2

(72)発明者 メランソン、クリストファー、ダブリュー .  
アメリカ合衆国、マサチューセッツ、ロウリー、スクール ストリート 1 3

(72)発明者 ナルデッリ、ブルーノ、エイ .  
アメリカ合衆国、マサチューセッツ、ウォータータウン、ダフ ストリート 1 0 7

(72)発明者 コヴァー、シャノン、ジェイ .  
アメリカ合衆国、テキサス、オースティン、インショア ドライブ 1 0 0 1 6

(72)発明者 コーディー、トレイス、ダブリュー .  
アメリカ合衆国、テキサス、オースティン、ポンド スプリングス ロード 1 3 0 9 1 ナンバー 1 6 0

Fターム(参考) 5F151 HA17 JA01 JA28 JA29 JA30