

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5384522号
(P5384522)

(45) 発行日 平成26年1月8日(2014.1.8)

(24) 登録日 平成25年10月11日(2013.10.11)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 L 23/36 (2006.01)

HO 1 L 23/36 (2006.01)

HO 1 L 23/36 Z

HO 1 L 23/36 M

請求項の数 7 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2010-540692 (P2010-540692)	(73) 特許権者	503445320
(86) (22) 出願日	平成20年11月14日 (2008.11.14)		ジーイー・インテリジェント・プラットフォームズ・インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2011-508446 (P2011-508446A)		アメリカ合衆国 バージニア州 シャーロット ヴィル ルート 29 ノース アンド ハイウェイ 606
(43) 公表日	平成23年3月10日 (2011.3.10)	(74) 代理人	100137545
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/083645		弁理士 荒川 聡志
(87) 国際公開番号	W02009/085423	(74) 代理人	100105588
(87) 国際公開日	平成21年7月9日 (2009.7.9)		弁理士 小倉 博
審査請求日	平成23年11月10日 (2011.11.10)	(74) 代理人	100129779
(31) 優先権主張番号	11/966, 201		弁理士 黒川 俊久
(32) 優先日	平成19年12月28日 (2007.12.28)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ヒートシンク、および楔係止システムを用いたヒートシンク形成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の孔であって、ブッシングと相補的となるように構成された前記第 1 の孔を熱分解グラファイト (T P G) 要素に形成する工程と、
前記 T P G 要素上に、金属フィンアセンブリを備えた金属材料を積層する工程と、
前記第 1 の孔よりも大きい第 2 の孔を前記金属材料に形成する工程と、
前記ブッシングを、前記金属材料中の前記第 2 の孔と、前記 T P G 要素中の前記第 1 の孔に嵌入させる工程と、
締結具を前記ブッシングに嵌入させる工程と、
前記締結具を締め付け、前記ブッシングを拡張させて、前記第 1 の孔内で前記ブッシングを前記 T P G 要素に押し付ける工程と、
を含み、
前記締結具が、前記第 2 の孔内で前記金属材料から隔てられており、前記締結具が前記金属材料を前記 T P G 要素に固定する、
ことを特徴とするヒートシンク形成方法。

【請求項 2】

前記金属材料が、アルミニウム、銅、およびそれらの組合せからなる群から選択されることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記金属材料が、伝導冷却熱フレームを備えることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の

方法。

【請求項 4】

前記ブッシングに嵌入する前に、前記 T P G 要素の表面に、金属ベースのコーティング材料を付着させる工程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の方法。

【請求項 5】

前記金属材料と前記 T P G 要素との間に熱インターフェイス材料を付着させる工程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の方法。

【請求項 6】

前記 T P G 要素を、ストリップ保持プレートに取り付ける工程を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の方法。

10

【請求項 7】

前記締結具がテーパねじであり、
第 3 の孔を前記ストリップ保持プレートに形成する工程と、
前記テーパねじを前記第 3 の孔に通す工程と、
前記テーパねじをナットで受けて締め付ける工程と、
含むことを特徴とする請求項 6 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本開示は、一般に、様々な用途のヒートシンクとして働くように金属材料に熱分解グラファイト (T P G) を固定する方法に関し、より具体的には、楔係止システムを用いて T P G 要素を金属材料に取外し可能に固定して、ヒートシンクを形成する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

現代の組込み型コンピュータシステムは、熱出力が非常に高い電気部品を、限られた容積環境内に収容している。典型的には、こうした部品の熱出力放散が増大しても、その容積は変わらず、したがって部品温度の管理が重要な課題となっている。従来、アルミニウムおよび/または銅などの高熱伝導性材料から構成された能動または受動ヒートシンクなどの様々な直接冷却技術を用いて、温度上昇を管理してきた。しかし、これらの材料は、比較的広い表面積が空気流に露出する場合にしか十分でなく、したがって、利用可能な総容積の大部分を占める物理的に大型のヒートシンク構造が必要となる。ヒートシンクの物理的サイズが増大するにつれて、熱をヒートシンク先端部に迅速に伝達し、それによって熱を空気流に露出させるという材料の能力が低下する。

30

【0003】

熱分解グラファイト (T P G) は、従来の金属材料に比べて、単一 (X - Y) 平面でより優れた熱伝導を実現する能力を有することが判明している。さらに、T P G は、銅に比べて、全体的な伝導率が改善されることが判明している。近年では、拡散接合法を用いて、T P G をアルミニウム構造に埋め込む方法が開発されてきている。拡散接合法によって、T P G 材料とアルミニウム構造との間で非常に良好な熱接触が得られるものの、T P G 埋込み構造を形成するには、専用の設備が必要であり、工程に時間がかかるという点で限界を有し、その結果製品が高価になる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2 0 0 7 / 0 1 8 8 9 9 3 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

50

したがって、アルミニウム構造などの金属材料にTPGを固定して、金属熱伝導構造（すなわちヒートシンク）を形成して、X-Y平面において有効な熱伝導率を実現する、費用効果の高い製品を形成する方法が求められている。さらに、本方法は、容易に再現可能であり、数多くの様々な施設で数多くの様々な種類の設備を使用して実施できると有利である。

【課題を解決するための手段】

【0006】

一態様では、ヒートシンクを形成する方法が提供される。本方法は、楔形表面を有する第1の側、および平坦表面を有する第2の側を有する少なくとも1つのTPG要素を形成すること、少なくとも1つのTPG要素上に、少なくとも1つのTPG要素の第1の側と相補的となる（complementary）ように構成された金属材料を積層すること、および金属材料を少なくとも1つのTPG要素に固定するために圧力を印加することを含む。

10

【0007】

別の態様では、ヒートシンクを形成する方法が提供される。本方法は、少なくとも1つの拡張可能なブッシュと相補的となるように構成され、少なくとも1つのTPG要素を貫通する少なくとも1つの孔を形成すること、少なくとも1つの拡張可能なブッシュよりも大きく構成され、金属材料を貫通する少なくとも1つの孔を形成すること、および締結具を用いて、少なくとも1つの拡張可能なブッシュを金属材料中の少なくとも1つの孔に嵌入させることを含む。

20

【0008】

さらに別の態様では、ヒートシンクが提供される。このヒートシンクは、楔形表面を有する第1の側、および平坦表面を有する第2の側を備える少なくとも1つのTPG要素を含む。さらに、このヒートシンクは、少なくとも1つのTPG要素の第1の側に結合された金属材料を含む。

【0009】

さらに別の態様では、ヒートシンクが提供される。このヒートシンクは、少なくとも1つの貫通した孔を有する第1の側を有する少なくとも1つのTPG要素と、少なくとも1つのTPG要素中の少なくとも1つの孔の内側表面に結合された金属材料とを備える。この少なくとも1つのTPG要素は、少なくとも1つの拡張可能なブッシングと相補的となるように構成される。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本開示の例示的な方法に従って固定されるTPG要素および金属材料を示す図である。

【図2】図1のTPG要素の端部を示す図である。

【図3】本開示による例示的な方法を用いて形成された例示的なヒートシンクの分解図である。

【図4】図3の方法に従ってTPG要素上に配置された金属フィンアセンブリの斜視図である。

40

【図5】ヒートシンクの熱伝導性のX平面、Y平面、およびZ平面を表す図である。

【図6】本開示による例示的な方法を用いて形成された例示的なヒートシンクの分解図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本開示は、熱分解グラファイト（TPG）を金属材料に固定してヒートシンクを形成することに関する。本明細書では、「TPG」とは、黒鉛が熱伝導に最適な一方向に整列した任意の黒鉛ベース材料を指す。この材料は、典型的には「整列グラファイト（aligned graphite）」、「TPG」、および「高配向性熱分解グラファイト（Highly Oriented Pyrolytic Graphite）（HOPG）」

50

」と呼ばれる。TPG要素によって、ヒートシンクのX-Y平面における熱伝導率の改善が実現される。より具体的には、本開示で提供される、TPG要素を金属材料に固定する方法を使用することによって、コンピュータシステムなどの電気システムの使用時に生じる温度を、従来の熱対策に比べて約10%以上下げることができると判明している。こうした放熱の改善によって、同じ容積環境で電気システムの電力容量をほぼ倍増させることが可能となる。さらに、電力の増大によって、通常なら支持できなかったシステムを支持することができ、または、周囲温度がより高い環境で既存のシステムを使用することが可能となる。

【0012】

上記のように、TPGを金属材料に固定することによってヒートシンクを形成する。TPG要素は、当技術分野で既知であり、また、本明細書に記載の教示が手引きする任意の適切なTPG要素製造方法および/または設備を使用して得ることができる。さらに、TPG要素は、例えば、コネチカット州ウィルトン所在のMomentive Performance Material社などの製造業者から市販されているものを入手することができる。

【0013】

より具体的には、本方法は、一般に、少なくとも1つの楔形TPG要素を形成することを含む。楔形TPG要素上に金属材料を積層し、この金属材料は、TPG要素の楔形表面側と相補的となるように構成する。金属材料を楔形TPG要素に固定するために圧力を印加する。

【0014】

図1に示すように、TPG要素100は、楔形要素となるように構成される。より具体的には、楔形TPG要素100は、楔形表面を有する第1の側10と、平坦表面を有する第2の側12とを有するストリップを含む。図1に示すように、TPG要素100の第1の側10は、反対向きの第1の表面30と第2の表面32とが、中間表面34に対して約45度の角度でテーパが付いている。図1では反対向きの表面として示されているが、第1の表面30と、第2の表面32とは、本開示の範囲から逸脱することなく、互いに直接接触してもよいことを当業者には理解されたい。

【0015】

図2に示すように、特定の実施形態では、楔形TPG要素100は、第1の表面30のところ、またはその付近で、第2の表面32のところ、またはその付近の厚さとは異なる厚さを有する。限定するものではないが、図2に示すように、第1の表面30は、約0.060インチの厚さを有し、第2の表面32は、約0.050インチの厚さを有する。図2では異なる厚さを有するように示されているが、第1の表面30のところ、またはその付近の厚さは、本開示の範囲から逸脱することなく、第2の表面32のところ、またはその付近の厚さと同じでもよいことを当業者には理解されたい。楔形TPG要素100の厚さは、一方の表面30と、反対向きの表面32とで変える（または変えない）ことができるが、第1の表面30の幅と、第2の表面32の幅とは同じままとすることができることに留意されたい。さらに、第1の表面30は、第2の表面32よりも薄くてもよいことを理解されたい。また、2つ以上の表面（すなわち第1の表面30）を、本開示の範囲から逸脱することなく、楔形としてもよいことを理解されたい。

【0016】

要素100の1つまたは複数の寸法は変えることができるが、一実施形態の要素100は、約0.05インチ～約0.06インチの厚さを有する。

【0017】

本開示の方法で使用する少なくとも1つのTPG要素100を形成する。TPG要素100の寸法、TPG要素100の数、および/または隣接するTPG要素100間の間隔は、所望の最終製品に依存する。しかし、典型的には、2つ以上のTPG要素100を用いてヒートシンク（図3の500で示す）を形成することが適切である。

【0018】

上記のように、本方法は、1つまたは複数のTPG要素100に金属材料300を積層することをさらに含む。金属材料300は、典型的には高い熱伝導率を有する材料から作成される。例えば、金属材料300は、アルミニウムおよび/または銅を含む。一実施形態では、金属材料300は、アルミニウムである。アルミニウムおよび銅はどちらも、ヒートシンクに使用すると、高い伝導率を示すことが示されてきている。より具体的には、アルミニウムは、ヒートシンクに使用すると、「Z」平面(図5に示す)において良好な熱伝導率を示す。しかし、上記のように、アルミニウムおよび銅だけでは、X-Y平面において十分な熱伝達を得られず、したがって、本開示では、TPGをアルミニウムおよび/または銅と組み合わせている。

【0019】

一実施形態では、金属材料300は、TPG要素100の第1の側10と相補的となるように構成されている。より具体的には、図1に示すように、金属材料300をTPG要素100の第1の側10上に積層または配置する。この構成によって、係止固定システムが可能となり、その詳細を以下で説明する。

【0020】

一実施形態では、図3に示すように、金属材料300は、金属フィンアセンブリ302を含む。金属フィンアセンブリ302によって、熱伝導のためにより広い表面積が得られ、それによって、CPUなどの集積半導体回路などの熱源要素(図示せず)からの、より効率的かつ有効な放熱が促進される。特定の実施形態では、金属フィンアセンブリ302は、約6インチ×5インチ、厚さは約0.3インチである。一実施形態では、フィンアセンブリ302は、複数のフィン304を含み、これらのフィンそれぞれ、高さが約0.24インチ、厚さが約0.024インチである。フィンアセンブリ302の隣接するフィン304間の間隔は、約0.096インチである。金属フィンアセンブリ302のフィン304は、本開示の範囲から逸脱することなく、上記以外のサイズおよび間隔とすることができることを当業者には理解されたい。

【0021】

代替実施形態では、金属材料300は、空気ではなく、冷却壁に面した伝導冷却熱フレーム(図示せず)であり、この熱フレームは、その1つまたは複数の縁部に熱を伝達することを目的とする。伝導冷却熱フレームは、当技術分野で既知であり、ノースカロライナ州モーリスビル所在の製造業者Simon Industries社などから市販されているものなどでよい。

【0022】

TPG要素100および金属材料300に加えて、いくつかの実施形態(図3および4に示すものなど)では、TPG要素100が、熱スペーサ400と、金属材料300との間に位置するような構成で、熱スペーサ400がTPG要素100(または、使用場合にはストリップ保持プレート200)上に積層されている。熱スペーサ400を用いて、熱源要素(図示せず)をヒートシンク500に結合させる。さらに、熱スペーサ400は、熱を金属材料300の縁部に拡散させることが可能である。

【0023】

典型的には、熱スペーサ400は、以下で説明するように、熱源要素と相補的となるように構成される。熱スペーサ400は、上述の金属材料300と同じ材料でも、または異なる材料でも作成することもできる。熱スペーサ400の作成に適した材料には、例えば、アルミニウムおよび/または銅を含めた金属材料が含まれる。一実施形態では、熱スペーサ400は、銅である。

【0024】

上記のように、熱スペーサ400は、典型的には熱源要素と相補的となるように構成される。一般には、熱源要素は、集積半導体回路またはCPUなどの電気熱源要素である。上記のように、CPUなどの熱源要素の使用時、大量の熱が生じ、こうした熱は、熱源要素の過熱および/または誤動作を防止するために外部環境に放出しなければならない。例えば、集積回路では約30ワット以上の熱出力が放散されることがあり、ダイ温度は約1

10

20

30

40

50

00 を超えるまでに達する。こうした熱は、集積回路の過熱を防止するために放出しなければならない。

【0025】

図3および4に示すように、一実施形態では、積層後、TPG要素(複数可)100および金属材料300をストリップ保持プレート200に結合させる。より具体的には、図1に示す、TPG要素100の第2の側12の平坦表面を、平坦なストリップ保持プレート200に結合させる。例を挙げると、図3に示す一実施形態では、1つまたは複数のねじ120など、機械的結合手段を用いて、TPG要素100をストリップ保持プレート200に取り付ける。図3ではねじとして示されているが、TPG要素100は、当技術分野で既知の適切な任意の機械的結合手段を用いて、ストリップ保持プレート200に結合

10

【0026】

一般には、ストリップ保持プレート200は、TPG要素100を金属材料300に圧接するように力を加えるために設けられ、それによってTPG要素100と金属材料300との間の熱インターフェイスを最小限に抑え、さらに、ヒートシンク500に構造的な支持および強度を加えるものである。

【0027】

典型的には、ストリップ保持プレート200は、アルミニウムおよび/または銅から作成される。一実施形態では、ストリップ保持プレート200は、アルミニウムから作成される。

20

【0028】

一実施形態では、本開示の方法は、TPG要素100の第1の側10に、金属ベースのコーティング材料を付着させることを含む。より具体的には、使用する場合には、金属ベースのコーティング材料を、典型的にはTPG要素100の、金属材料300の方に面している第1の側10に付着させる。アルミニウム、銅、鉄、銀、金、ニッケル、亜鉛、錫、またはそれらの組合せなどの金属層を、TPG要素100の第1の側10に付着させる。特定の実施形態では、金属ベースのコーティング材料は、ニッケルで上塗りされる銅コーティング材料である。代替実施形態では、インジウムコーティングを、金属ベースのコーティング材料として使用している。

【0029】

金属ベースのコーティング材料によって、適切には機械的強度が得られる。金属ベースのコーティング材料は、典型的には厚さが少なくとも約0.001インチである。より適切には、金属ベースのコーティング材料は、約0.006インチ~約0.025インチの厚さを有する。

30

【0030】

金属ベースのコーティング材料は、当技術分野で既知の適切な任意のパターンでTPG要素100の第1の側10に付着させることができる。例えば、一実施形態では、金属ベースのコーティング材料を、網目状(cross-hatched)パターンに付着させる。代替実施形態では、金属ベースのコーティング材料を線状(striped)パターンに付着させる。

40

【0031】

金属ベースのコーティング材料に加えて、一実施形態では、本方法は、TPG要素100の第1の側10に熱インターフェイス材料20を付着させることを含む。より具体的には、図1に示すように、その全体を20で示す熱インターフェイス材料を、適切には、金属材料300とTPG要素100との間に配設する。熱インターフェイス材料20によって、ヒートシンク500の2つの構成要素間、例えば、TPG要素100の第1の側10と、金属材料300との間の熱抵抗を低減させることが望まれる。適切な熱インターフェイス材料20の一例に、ミネソタ州チャンハッセン所在のBergquist社から市販されているBergquist TIC4000がある。

【0032】

50

本開示の方法は、ＴＰＧ要素１００（および、使用する場合には保持プレート２００）を金属材料３００（および、使用する場合には熱スパーサ４００）に固定して、ヒートシンク５００を形成することを含む。適切には、ＴＰＧ要素１００および金属材料３００を固定して、熱源要素から熱スパーサ４００（使用する場合）へと、次いで、ＴＰＧ要素１００および金属材料３００を介して周囲環境へと熱伝導を促進するように構成されたヒートシンク５００を形成する。

【００３３】

適切には、固定ステップは、楔係止金属材料３００およびＴＰＧ要素ともに圧力を印加することを含む。圧力は、当技術分野で既知の適切な任意の手段を用いて印加することができる。圧力の量は、典型的には、使用する金属材料、およびともに係止させるＴＰＧ要素１００の寸法および／または数に依存することになる。

10

【００３４】

上記のように、本開示の方法を用いて、ＴＰＧ要素１００を金属材料３００に取外し可能に固定する。すなわち、本開示で使用する固定用楔係止システムによって、ヒートシンク５００を便宜的かつ容易に分解し、組み立て直すことが可能となる。

【００３５】

代替の一実施形態では、熱伝導性接着剤（図示せず）をさらに用いて、ＴＰＧ要素１００を金属材料３００に固定する。典型的には、ＴＰＧ要素１００および金属材料３００、ならびに熱スパーサ４００（使用する場合）の少なくとも一方に接着剤を付着させる。より具体的には、接着剤は、当技術分野で既知の任意の方法を用いて、ペーストまたはゲル状の形など、一般に半固体状態で付着させることができる。

20

【００３６】

一実施形態では、熱伝導性接着剤は、カリフォルニア州ピサリア所在の Arctic Silver, Inc. 社から市販されている Arctic Silver Epoxy である。使用する接着剤の量は、典型的には、特定のヒートシンク構成に依存することになる。一実施形態では、シリンジおよびスパチュラを用いて接着剤約 1.5 mL を付着させ、ＴＰＧ要素１００、金属材料３００、および熱スパーサ４００上を覆う薄層となるように接着剤を塗り広げる。

【００３７】

別の実施形態では、図 6 に示すように、少なくとも 1 つのＴＰＧ要素 700 が、拡張可能なブッシング 900 と相補的なサイズの少なくとも 1 つの孔 750 を含むように構成される。本明細書では、拡張可能なブッシング 900 は、当技術分野で既知の適切な任意の拡張可能なブッシングでよい。さらに、拡張可能なブッシング 900 を拡張させる特定の方法は、拡張可能なブッシング 900 を拡張させる、当技術分野で既知の任意の方法でよい。拡張可能なブッシング 900 のサイズおよび／または寸法は、典型的には、少なくとも 1 つの孔 750 のサイズ、ならびに特定のヒートシンクの構成および／または寸法に依存することになる。

30

【００３８】

さらに、金属材料 600 は、拡張可能なブッシング 900 が、その拡張時に、金属材料 600 ではなく、ＴＰＧ要素 700 の内側表面に接して押し付けられるように、ＴＰＧ要素 700 の孔 750 よりも十分大きくサイズ設定された少なくとも 1 つの孔 610 を含む。拡張可能なブッシング 900 の形状は、締結具 740 を中に嵌入させると、その外側表面が拡張するような形状である。一実施形態では、図 6 に示すように、テーパねじ 740 を、拡張可能なブッシング 900 を通して嵌入させる。さらに、テーパねじ 740 を、拡張可能なブッシング 900 を通し、テーパねじ 740 を受け入れられるほど十分大きい孔 820 を有する保持プレート 800 を通して、ナット 742 で受ける。テーパねじ 740 を締め付けると、拡張可能なブッシング 900 の外側表面（本明細書では壁とも呼ぶ）は拡張し、ＴＰＧ要素 700 の内側表面に接して押し付けられ、それによって熱インターフェイスが減少する。

40

【００３９】

50

一実施形態では、拡張可能なブッシング900の外側表面を、熱インターフェイス材料（図示せず）で被覆する。この熱インターフェイス材料は、拡張可能なブッシング900の外側表面の欠陥を塞いで、熱インピーダンスがより低い熱インターフェイスを形成する。一実施形態では、熱インターフェイス材料は、ミネソタ州チャンハッセン所在の Bergquist 社から市販されている T I C - 4000 であり、この熱インターフェイス材料を、拡張可能なブッシング900に線状パターンで付着させている。

【0040】

本発明を様々な特定の実施形態に関して説明してきたが、本発明は、特許請求の範囲の趣旨および範囲に含まれる改変形態でも実施できることが当業者には理解されよう。

【符号の説明】

10

【0041】

- 10 第1の側
- 12 第2の側
- 20 熱インターフェイス材料
- 30 第1の表面
- 32 第2の表面
- 34 中間表面
- 100、700 T P G 要素
- 200、800 ストリップ保持プレート
- 300、600 金属材料
- 302 金属フィンアセンブリ
- 304 フィン
- 400 熱スパーサ
- 500 ヒートシンク
- 610、750、820 孔
- 740 締結具（テーパねじ）
- 742 ナット
- 900 拡張可能なブッシング

20

【図 1】

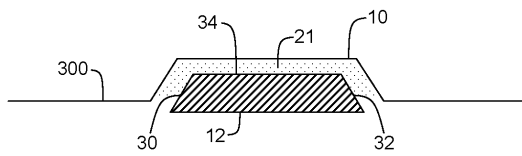


FIG. 1

【図 2】

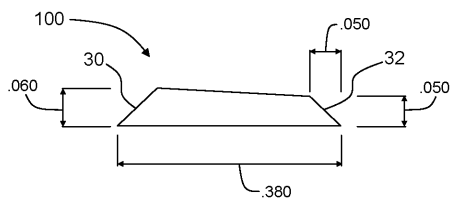


FIG. 2

【図 3】

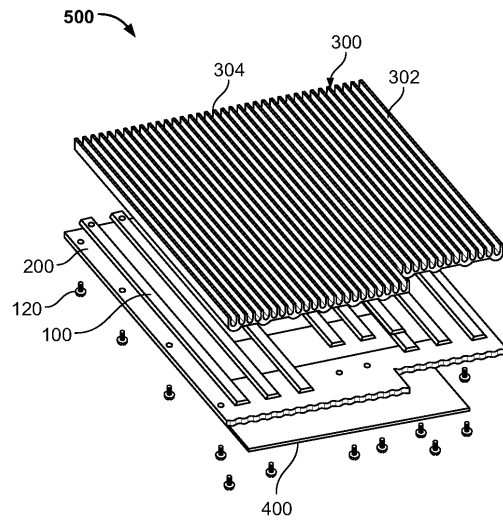


FIG. 3

【図 4】

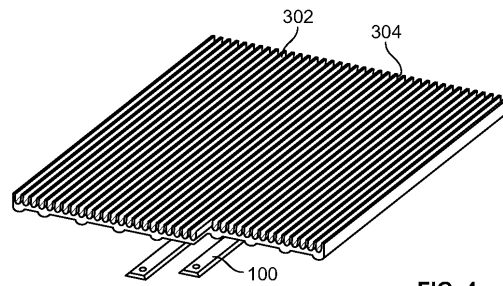


FIG. 4

【図 5】

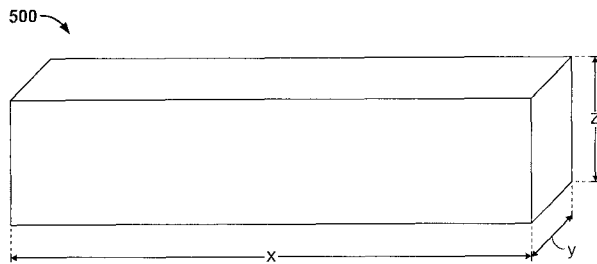


FIG. 5

【図 6】

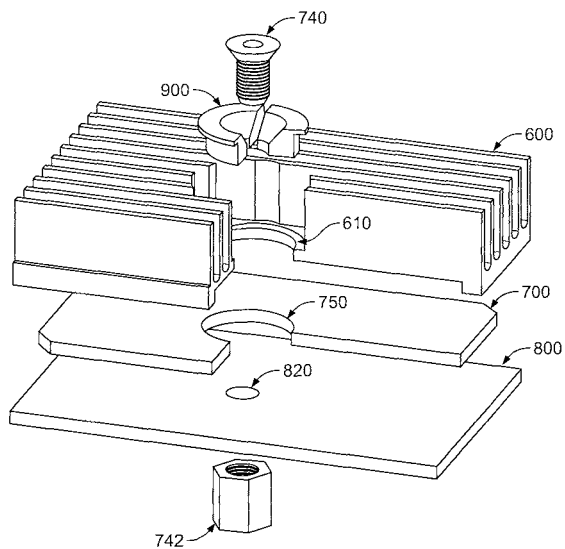


FIG. 6

フロントページの続き

- (72)発明者 スレイトン, デビッド・エス
アメリカ合衆国、35803、アラバマ州、ハンツヴィル、スナッグ・ハーバー・ドライブ、16
505番
- (72)発明者 マクドナルド, デビッド・エル
アメリカ合衆国、35754、アラバマ州、レーシーズ・スプリング、ドッグウッド・ドライブ、
120番

審査官 田代 吉成

- (56)参考文献 国際公開第2006/134858(WO, A1)
特開2005-311079(JP, A)
国際公開第2006/051782(WO, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 23/36
H01L 23/373