

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2024-59580

(P2024-59580A)

(43)公開日 令和6年5月1日(2024.5.1)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 L 23/36 (2006.01)	H 0 1 L 23/36	C 5 E 3 2 2
H 0 1 L 23/373 (2006.01)	H 0 1 L 23/36	M 5 F 1 3 6
H 0 5 K 7/20 (2006.01)	H 0 5 K 7/20	F

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全15頁)

(21)出願番号	特願2023-172570(P2023-172570)	(71)出願人	507342261 トヨタ モーター エンジニアリング ア ンド マニファクチャリング ノース アメリカ, インコーポレイティド アメリカ合衆国、7 5 0 2 4 テキサス 州、プレイノ、ダブリュ 1 - 3 シー・ヘ ッドクォーターズ・ドライブ、6 5 6 5
(22)出願日	令和5年10月4日(2023.10.4)	(74)代理人	100099759 弁理士 青木 篤
(31)優先権主張番号	17/968,162	(74)代理人	100123582 弁理士 三橋 真二
(32)優先日	令和4年10月18日(2022.10.18)	(74)代理人	100092624 弁理士 鶴田 準一
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	100147555 弁理士 伊藤 公一

最終頁に続く

[最終頁に続く](#)

(54)【発明の名称】 2重のグラファイト層を含むパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ、及びパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリを組み込んだ冷却板

(57)【要約】 (修正有)

【課題】コンパクトなパッケージサイズを維持しつつ、
パワーエレクトロニクスデバイスの冷却を改善する。

【解決手段】パワーエレクトロニクスアセンブリは、パワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ１４６と、パワーエレクトロニクスデバイスアセンブリを組み込んだ冷却板１０２と、を含む。冷却板は、Ｓセル１２１及びパワーエレクトロニクスデバイス１４０を含むパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ１４６を含む。Ｓセルは、第１のグラファイト層と、第２のグラファイト層と、第１のグラファイト層及び第２のグラファイト層を覆う金属層と、を含み、凹部は、金属層の外表面内に形成され、パワーエレクトロニクスデバイスは、外面の凹部内に配置されている。

【選択図】図3

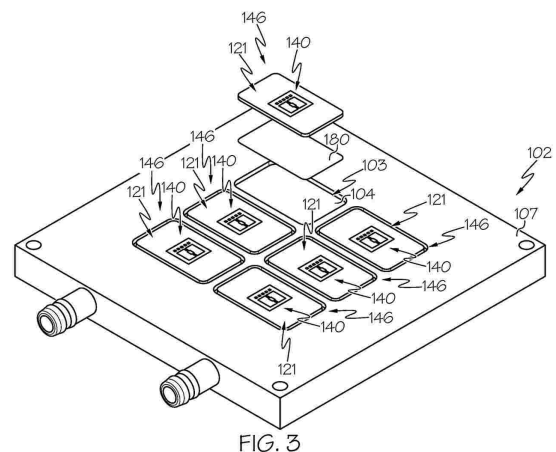


FIG. 3

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

冷却板を備えるパワーエレクトロニクスアセンブリであって、前記冷却板は、
Sセルを備えるパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリであって、前記Sセルは、
第1のグラファイト層と、
第2のグラファイト層と、
前記第1のグラファイト層及び前記第2のグラファイト層を覆う金属層と、を備え、
前記金属層の外表面内に凹部が形成されている、前記パワーエレクトロニクスデバイスアセンブリと、
前記Sセルの前記外面の前記凹部内に配置されたパワーエレクトロニクスデバイスと、
を備える、
パワーエレクトロニクスアセンブリ。

【請求項 2】

前記第1のグラファイト層は、第1の軸線に沿って低い熱伝導性を提供し且つ第2の軸線及び第3の軸線に沿って高い熱伝導性を提供するような向きであって、
前記第2のグラファイト層は、前記第2の軸線に沿って低い熱伝導性を提供し且つ前記第1の軸線及び前記第3の軸線に沿って高い熱伝導性を提供するような向きである、
請求項1に記載のパワーエレクトロニクスアセンブリ。

【請求項 3】

前記Sセルの熱分配は、前記第1の軸線及び前記第2の軸線に沿って実質的に等しい、
請求項2に記載のパワーエレクトロニクスアセンブリ。

【請求項 4】

前記Sセルは、正方形形状を有する、
請求項2に記載のパワーエレクトロニクスアセンブリ。

【請求項 5】

前記第1のグラファイト層及び前記第2のグラファイト層は各々、0.2mm以上0.3mm以下の厚さを有する、
請求項2に記載のパワーエレクトロニクスアセンブリ。

【請求項 6】

複数のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリは、前記冷却板の面内に形成されたそれぞれの凹部内に組み込まれている、
請求項1に記載のパワーエレクトロニクスアセンブリ。

【請求項 7】

電気絶縁層は、各Sセルと前記冷却板との間に介在している、
請求項6に記載のパワーエレクトロニクスアセンブリ。

【請求項 8】

Sセルであって、
第1のグラファイト層と、
第2のグラファイト層と、
前記第1のグラファイト層及び前記第2のグラファイト層を覆う金属層と、を備え、
前記金属層の外表面内に凹部が形成されている、前記Sセルと、
前記Sセルの前記外面の前記凹部内に配置されたパワーエレクトロニクスデバイスと、
を備える、
パワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ。

【請求項 9】

前記第1のグラファイト層は、第1の軸線に沿って低い熱伝導性を提供し且つ第2の軸線及び第3の軸線に沿って高い熱伝導性を提供するような向きであって、
前記第2のグラファイト層は、前記第2の軸線に沿って低い熱伝導性を提供し且つ前記第1の軸線及び前記第3の軸線に沿って高い熱伝導性を提供するような向きである、
請求項8に記載のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ。

【請求項 10】

前記 S セルの熱分配は、前記第 1 の軸線及び前記第 2 の軸線に沿って実質的に等しい、請求項 9 に記載のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ。

【請求項 11】

前記 S セルは、正方形形状を有する、請求項 9 に記載のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ。

【請求項 12】

前記第 1 のグラファイト層及び前記第 2 のグラファイト層は各々、0.2 mm 以上 0.3 mm 以下の厚さを有する、請求項 9 に記載のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ。

10

【請求項 13】

前記金属層と前記第 1 のグラファイト層との間に設けられた第 1 のろう付け層と、前記第 1 のろう付け層と反対側で前記金属層と前記第 2 のグラファイト層との間に設けられた第 2 のろう付け層と、を更に備える、請求項 8 に記載のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ。

【請求項 14】

前記第 1 のグラファイト層と前記第 2 のグラファイト層との間に設けられたグラファイト接合層を更に備える、請求項 13 に記載のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ。

20

【請求項 15】

冷却板を備えるパワーエレクトロニクスアセンブリであって、前記冷却板は、複数のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリを備え、前記パワーエレクトロニクスデバイスアセンブリは、

S セルであって、

第 1 の軸線に沿って低い熱伝導性を提供し且つ第 2 の軸線及び第 3 の軸線に沿って高い熱伝導性を提供するような向きである第 1 のグラファイト層と、

前記第 2 の軸線に沿って低い熱伝導性を提供し且つ前記第 1 の軸線及び前記第 3 の軸線に沿って高い熱伝導性を提供するような向きである第 2 のグラファイト層と、

前記第 1 のグラファイト層及び前記第 2 のグラファイト層を覆う金属層と、を備え、前記金属層の外表面内に凹部が形成されている、前記 S セルと、

30

前記 S セルの前記外面の前記凹部内に配置されたパワーエレクトロニクスデバイスと、を備え、前記複数のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリは、前記冷却板の面内に形成されたそれぞれの凹部内に組み込まれている、パワーエレクトロニクスアセンブリ。

【請求項 16】

前記 S セルの熱分配は、前記第 1 の軸線及び前記第 2 の軸線に沿って実質的に等しい、請求項 15 に記載のパワーエレクトロニクスアセンブリ。

【請求項 17】

前記 S セルは、正方形形状を有する、請求項 15 に記載のパワーエレクトロニクスアセンブリ。

40

【請求項 18】

前記第 1 のグラファイト層及び前記第 2 のグラファイト層は各々、0.2 mm 以上 0.3 mm 以下の厚さを有する、請求項 15 に記載のパワーエレクトロニクスアセンブリ。

【請求項 19】

電気絶縁層は、各 S セルと前記冷却板との間に介在している、請求項 15 に記載のパワーエレクトロニクスアセンブリ。

【請求項 20】

前記電気絶縁層は、絶縁金属基板誘電フィルムを含む、

50

請求項 19 に記載のパワーエレクトロニクスアセンブリ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書は概して、パワーエレクトロニクスアセンブリに関し、より具体的には、コンパクトなパッケージサイズを達成しつつ全体的な熱抵抗が低いパワーエレクトロニクスアセンブリについての装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

車両においてエレクトロニクスの使用が増加しているため、エレクトロニクスシステムをよりコンパクトにする必要がある。当該エレクトロニクスシステムの構成要素の 1 つは、インバータ内のスイッチとして使用されるパワーエレクトロニクスデバイスである。パワーエレクトロニクスデバイスは、熱が生成されるため多くの冷却を必要とする。

【0003】

更に、従来はシリコンで構成されていたパワーエレクトロニクスデバイスは現在、シリコンカーバイドで構成される傾向にある。シリコンカーバイドを使用することにより、定めるデバイス設置面積がより小さくなるため、より大きい熱流束が生じる。更に、パワーエレクトロニクスデバイスアセンブリは、熱拡散を促進するための 1 つ以上のグラファイト層を含む。しかしながら、このようなグラファイト層は、各軸線に沿って均一な熱拡散能力を提供しない。

【0004】

これらの理由などから、コンパクトなパッケージサイズを維持しつつ、パワーエレクトロニクスデバイスの冷却を改善する必要がある。

【発明の概要】

【0005】

一実施形態では、パワーエレクトロニクスアセンブリは、冷却板を含み、当該冷却板は、Sセル及びパワーエレクトロニクスデバイスを含むパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリを含む。Sセルは、第 1 のグラファイト層と、第 2 のグラファイト層と、第 1 のグラファイト層及び第 2 のグラファイト層を覆う金属層と、を含み、金属層の外表面内に凹部が形成されている。パワーエレクトロニクスデバイスは、Sセルの外表面の凹部内に配置されている。

【0006】

別の実施形態では、パワーエレクトロニクスデバイスアセンブリは、Sセルとパワーエレクトロニクスデバイスとを含む。Sセルは、第 1 のグラファイト層と、第 2 のグラファイト層と、第 1 のグラファイト層及び第 2 のグラファイト層を覆う金属層と、を含み、金属層の外表面内に凹部が形成されている。パワーエレクトロニクスデバイスは、Sセルの外表面の凹部内に配置されている。

【0007】

更に別の実施形態では、パワーエレクトロニクスアセンブリは、冷却板を含み、当該冷却板は、Sセル及びパワーエレクトロニクスデバイスを含む複数のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリを含む。Sセルは、第 1 の軸線に沿って低い熱伝導性を提供し且つ第 2 の軸線及び第 3 の軸線に沿って高い熱伝導性を提供するような向きである第 1 のグラファイト層と、第 2 の軸線に沿って低い熱伝導性を提供し且つ第 1 の軸線及び第 3 の軸線に沿って高い熱伝導性を提供するような向きである第 2 のグラファイト層と、第 1 のグラファイト層及び第 2 のグラファイト層を覆う金属層と、を含み、金属層の外表面内に凹部が形成されている。パワーエレクトロニクスデバイスは、Sセルの外表面の凹部内に配置されている。複数のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリは、冷却板の面内に形成されたそれぞれの凹部内に組み込まれている。

【0008】

本明細書で記載される実施形態によって提供されるこれらの特徴及び追加の特徴は、図

10

20

30

40

50

面と併せて以下の詳細な説明を考慮すると、より完全に理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0009】

図面に記載される実施形態は本質的に、実例的で例示的なものであって、特許請求の範囲によって定められる主題を限定することを意図したものではない。以下の図面と併せて読むと、実例的な実施形態の以下の詳細な説明を理解することができ、当該図面では、同様の構造は、同様の参照番号を用いて示される。

【図1】図1は、本明細書で記載及び説明される1つ以上の実施形態に係る、例示的なパワーエレクトロニクスアセンブリの斜視図を概略的に示す。

【図2】図2は、本明細書で記載及び説明される1つ以上の実施形態に係る、図1のパワーエレクトロニクスアセンブリの分解斜視図を概略的に示す。

【図3】図3は、本明細書で記載及び説明される1つ以上の実施形態に係る、複数のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリを含む図1のパワーエレクトロニクスアセンブリの冷却板の斜視図を概略的に示す。

【図4】図4は、本明細書で記載及び説明される1つ以上の実施形態に係る、Sセル及びパワーエレクトロニクスデバイスを含む図3のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリの分解斜視図を概略的に示す。

【図5】図5は、本明細書で記載及び説明される1つ以上の実施形態に係る、図4のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリの断面斜視図を概略的に示す。

【図6】図6は、本明細書で記載及び説明される1つ以上の実施形態に係る、図4のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリの断面端面図を概略的に示す。

【図7】図7は、本明細書で記載及び説明される1つ以上の実施形態に係る、図4のSセルの第1のグラファイト層の例示的な結晶構造及び第2のグラファイト層の例示的な結晶構造を概略的に示す。

【図8】図8は、本明細書で記載及び説明される1つ以上の実施形態に係る、図4のSセルの第1のグラファイト層の別の例示的な結晶構造及び第2のグラファイト層の別の例示的な結晶構造を概略的に示す。

【図9】図9は、本明細書で記載及び説明される1つ以上の実施形態に係る、複数のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリを含む別の冷却板の斜視図を概略的に示す。

【図10】図10は、本明細書で示され記載される1つ以上の実施形態に係る、図1のパワーエレクトロニクスアセンブリの断面図を概略的に示す。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本明細書で記載される実施形態は概して、パワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ、及び冷却板に接続された回路基板アセンブリを有するパワーエレクトロニクスアセンブリを対象とし、冷却板は、冷却板内に形成されたそれぞれの凹部に設けられたパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリを含む。パワーエレクトロニクスデバイスは、各パワーエレクトロニクスデバイスアセンブリのSセル内に形成された凹部に組み込まれ得る。

【0011】

本開示のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリは、本明細書でSセルと呼ばれる実装基板に取り付けられたパワーエレクトロニクスデバイスを含む。以下でより詳細に記載されるように、Sセルは、向上した熱拡散能力を提供するペアのグラファイト層を含む。更に、本開示の実施形態は、パワーエレクトロニクスデバイスを冷却板から電氣的に絶縁する1つ以上の電気絶縁層を含む。電気絶縁がSセル自体によって提供されるため、例えば、Sセルの電気絶縁層により、プリント回路基板と冷却板との間の電気絶縁層を除去することが可能になる。

【0012】

以下でより詳細に記載されるように、本開示のSセルは、冷却板に向かう熱流束フローを促すグラファイト層により、向上した熱特性を提供する。本明細書で記載されるSセル

10

20

30

40

50

は、コンパクトなパッケージ内に積層金属と、グラファイトと、１つ以上の電気絶縁層と、を含む。グラファイト層は各々、グラファイト層の３つの軸線にわたる熱拡散能力を均衡させるように９０度の結晶オフセットを有する。Ｓセルを接合する本明細書で記載される接合材料は特に、Ｓセルを電氣的に絶縁する能力も維持しつつ、他の接合技術に対して熱伝導性を増大させるように構成されている。本明細書で記載されるデバイス、システム、及び装置は、Ｓセルから冷却板への熱流束を改善し、それによって、回路基板アセンブリについての熱拡散性能及び冷却性能を増大させる。

【００１３】

本明細書で記載される冷却板、パワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ、回路基板アセンブリ、パワーエレクトロニクスアセンブリ、及び同種のもは、電化車両、例えば、電気自動車、ハイブリッド電気自動車、任意の電気モータ、発電機、産業用ツール、家庭電化製品、及び同種のものにおいて使用され得るが、これらに限定されない。本明細書で記載される様々なアセンブリは、電気モータ及び／又はバッテリーに電氣的に接続されてもよく、直流（ＤＣ）電力を交流（ＡＣ）電力に変換するように動作可能であるインバータ回路として構成されてもよい。

【００１４】

本明細書で使用される「パワーエレクトロニクスデバイス」は、ＤＣ電力をＡＣ電力に変換し、逆もまた同様に変換するために使用される任意の電気構成要素を意味する。実施形態は、ＡＣ　ＡＣコンバータ及びＤＣ　ＤＣコンバータ用途においても採用され得る。パワーエレクトロニクスデバイスの非限定的な例には、パワー金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ（ＭＯＳＦＥＴ）、絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（ＩＧＢＴ）、サイリスタ、及びパワートランジスタが含まれる。

【００１５】

本明細書で使用される「完全に組み込まれる」というフレーズは、構成要素の各面が基板によって囲まれていることを意味する。例えば、パワーエレクトロニクスデバイスアセンブリが回路基板によって完全に組み込まれる場合、それは、回路基板の材料が回路基板の各面を覆うことを意味する。構成要素の１つ以上の面が露出している場合、構成要素は、「部分的に組み込まれている」。

【００１６】

本明細書で使用される「Ｓセル」は、パワーエレクトロニクスデバイスに取り付けられるように動作可能な実装基板であって、金属層、グラファイト層、及び電気絶縁層のうちの１つ以上を含む。

【００１７】

パワーエレクトロニクスアセンブリ、パワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ、及び冷却板の様々な実施形態が以下で詳細に記載される。同じ部分又は同様の部分を指すために、可能な限り、図面全体を通じて同じ参照番号を使用する。

【００１８】

ここで、図１及び図２を参照すると、例示的なパワーエレクトロニクスアセンブリ１００が概して、組立図及び分解図でそれぞれ示されている。図１及び図２に示されるパワーエレクトロニクスアセンブリ１００は、冷却板１０２と回路基板アセンブリ１０６とを含む。冷却板１０２は、パワーエレクトロニクスデバイス１４０（図３参照）から熱流束を除去することができる任意のデバイスであってもよく、パワーエレクトロニクスデバイス１４０は、冷却板１０２の穴１０３に接続されるか若しくは組み込まれ、及び／又は回路基板アセンブリ１０６の基板材料に接続されるか若しくは組み込まれている。冷却板１０２についての非限定的な例には、ヒートシンク、単相液冷、２相液冷、及びペーパチャンバが含まれる。

【００１９】

図１及び図２は、単相液冷デバイスとして構成された冷却板１０２を示す。冷却板１０２は、冷却板１０２内で流体チャンバ１１５（図９）に流体接続された流体入口１３２及び流体出口１３４を含む。図１及び図２は、冷却板１０２の同じ側にある流体入口１３２

10

20

30

40

50

及び流体出口 134 を示しているが、本開示は、このような実施形態に限定されない。すなわち、他の実施形態では、流体入口 132 及び流体出口 134 は、例えば、隣接面などの冷却板 102 の他の面に位置し得る。

【0020】

依然、図 1 及び図 2 を参照して、回路基板アセンブリ 106 は、冷却板 102 の第 1 の面 107 に接続されている（例えば、ラミネーション又は任意の他の好適な手段などによって取り付けられている）。図 1 及び図 2 は、冷却板 102 の貫通孔 105 及び回路基板アセンブリ 106 の貫通孔 109 を通って延びる締結具 101（例えば、ボルト及びナット）によって冷却板 102 の第 1 の面 107 に取り付けられるものとして、回路基板アセンブリ 106 を示す。他の実施形態では、貫通孔 105、109 及び締結具 101 は、以下に記載されるように省略され得ることを理解されたい。

10

【0021】

実施形態では、回路基板アセンブリ 106 は、3D プリント層であり得る。このような実施形態では、回路基板アセンブリ 106 の 3D プリント層は、全体的な熱抵抗を低減することを理解されたい。実施形態では、回路基板アセンブリ 106 は、冷却板 102 にラミネートされ得る。しかしながら、回路基板アセンブリ 106 を冷却板 102 に取り付け他の付加製造プロセスも想定され、本開示の範囲内に含まれる。加えて、本明細書でより詳細に記載されるように、ビア接続又はビアは、回路基板アセンブリ 106 及びパワーエレクトロニクスデバイス 140（図 4）の様々な構成要素間にレーザ穿孔を使用して作られ得る。すなわち、ビアは、回路基板アセンブリ 106 を貫いて各導電層及びパワーエレクトロニクスデバイス 140 の上面まで穿孔される。本明細書でより詳細に記載されるように、ビアは次いで、例えば、図 10 に示されるようなパワーエレクトロニクスデバイス 140、電気導電層 110、及び同種のものなどの構成要素間の電気接続を確立するように電気めっき法により銅で充填される。

20

【0022】

ここで、図 3 を参照すると、冷却板 102 は、本明細書でより詳細に記載されるように、冷却板 102 の第 1 の面 107 内に形成されたそれぞれの穴 103 内に位置する複数のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ 146 を含むように示されている。非限定的な例として、冷却板 102 は、電気自動車のインバータ回路用の 6 つのパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ 146 を受け入れるために、冷却板 102 の第 1 の面 107 内に形成されて 3 つずつ 2 行に配置された 6 つの穴 103 を含み得る。しかしながら、用途に応じて任意の数のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ 146 が利用され得ることを理解されたい。同様に、パワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ 146 は、図 3 に示されたものよりも多い数又は少ない数の行などの任意の好適な配置で冷却板 102 の第 1 の面 107 に位置し得る。

30

【0023】

各パワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ 146 は、冷却板 102 の穴 103 内に受け入れられる S セル 121 と、S セル 121 に接続された（例えば、取り付けられた）パワーエレクトロニクスデバイス 140 と、を含む。上述のように、S セル 121 は、パワーエレクトロニクスデバイス 140 が接合される基板である。S セル 121 は、パワーエレクトロニクスデバイス 140 の底面における電極への接続を行うための電気導電面領域を提供する。本明細書でより詳細に記載されるように、S セル 121 は、熱拡散機能及び電気絶縁を更に提供する。しかしながら、いくつかの実施形態では、電気絶縁層 180 は、追加の電気絶縁を提供するように S セル 121 と冷却板 102 の穴 103 の底壁 104 との間に介在し得る。

40

【0024】

電気絶縁層 180 は、回路基板アセンブリ 106 と冷却板 102 との間の熱抵抗を低下させるように S セル 121 と冷却板 102 の底壁 104 との間で冷却板 102 の各穴 103 内に堆積されて図 3 に示されている。電気絶縁層 180 は概して、電気絶縁を提供する任意の層、例えば、セラミック又は同種のものであり得る。実施形態では、電気絶縁層 1

50

８０は、絶縁金属基板（ＩＭＳ）誘電フィルムを含む。ＩＭＳ誘電フィルムは、固体フィルム層であり得る。他の実施形態では、電気絶縁層１８０は、サーマルグリス層であり得る。電気絶縁層１８０は、専用の貫通孔を有していなくてもよいことに留意されたい。

【００２５】

ここで、図４及び図５を参照すると、それぞれ、例示的なＳセル１２１の分解上方斜視図及び組立断面図が示されている。Ｓセル１２１は、複数の積層された層を含む。特に、図４及び図５に示されるＳセル１２１は、金属層１２２と、金属層１２２内に組み込まれた第１のグラファイト層１２４Ａ及び第２のグラファイト層１２４Ｂと、を含む。しかしながら、本明細書で述べられるように、追加のグラファイト層が設けられ得ることを理解されたい。第１のグラファイト層１２４Ａは、第２のグラファイト層１２４Ｂの上に位置している。しかしながら、第１のグラファイト層１２４Ａ及び第２のグラファイト層１２４Ｂは交換可能であることを理解されたい。金属層１２２は、内面１２５と、内面１２５と反対側の外面１２８と、を含む。実施形態では、金属層１２２は、第１の金属層と第２の金属層とを含み、グラファイト層１２４Ａ、１２４Ｂは、第１の金属層と第２の金属層との間に位置している。実施形態では、金属層１２２は、ペアの金属層を含むのではなく、一体のモノリシックな構造であり得る。金属層１２２は、金属層１２２の外面１２８内に形成された凹部１２７を含む。凹部１２７は、パワーエレクトロニクスデバイス１４０を受け入れるような寸法である。以下でより詳細に記載されるように、金属層１２２は、パワーエレクトロニクスデバイス１４０の底面における電極が（例えば、直接接続及び／又は電気接続ビアを介して）接続される電気導電面を提供する。図４及び図５に示されるＳセル１２１の様々な層は単なる例示であることを理解されたい。

【００２６】

図４及び図５に示される実施形態におけるＳセル１２１は、図４及び図５に示される座標軸線のｚ軸線に沿って対称なＳセル１２１を提供するように金属層１２２内に組み込まれたグラファイト層１２４Ａ、１２４Ｂを含むことに留意されたい。Ｓセル１２１の対称性は、高温接合プロセス中のＳセル１２１に対する力を均衡させる。金属層１２２及びグラファイト層１２４Ａ、１２４Ｂは、異なる熱膨張係数を有するため、接合プロセス中の熱誘起応力を均衡させるために対称的な基板スタックを有することが望ましい場合がある。

【００２７】

金属層１２２は、任意の好適な金属又は合金で作られ得る。非限定的な例として、銅及びアルミニウムが金属層１２２として使用され得る。本明細書に記載されるように、Ｓセル１２１の金属層１２２は、金属層１２２の外面１２８内に形成された凹部１２７を有する。凹部１２７は、例えば、化学エッチング若しくは機械加工、又は任意の他の好適なプロセスによって形成され得る。凹部１２７は、パワーエレクトロニクスデバイス１４０を受け入れるようなサイズ及び形状を有する。外面１２８は概して、（金属層１２２の第１の主要な表面又は面として構成された）内面１２５と反対側の金属層１２２の第２の主要な表面又は面であり得る。すなわち、金属層１２２は、平面層であり得、それによって、内面１２５は、グラファイト層１２４Ａ、１２４Ｂに面し、反対側の外面１２８は、パワーエレクトロニクスデバイス１４０及び回路基板アセンブリ１０６（図１０）に面する。

【００２８】

図４及び図５に示されるように、Ｓセル１２１は、Ｓセル１２１の長さ寸法がＳセル１２１の幅寸法よりも大きくなるような矩形形状となるように設計されている。しかしながら、本明細書で述べられるように、Ｓセル１２１の形状は、矩形に限定されない。例えば、Ｓセル１２１は、本開示の範囲から逸脱することなく、例えば、正方形であり得る。

【００２９】

ここで、図６を参照すると、Ｓセル１２１の断面図が示されており、ここで、第１のグラファイト層１２４Ａ及び第２のグラファイト層１２４Ｂは、金属層１２２内で覆われて示されている。更に、Ｓセル１２１は、金属層１２２と第１のグラファイト層１２４Ａとの間に設けられた第１のろう付け層１９０と、第１のろう付け層１９０と反対側で金属層

1 2 2 と第 2 のグラファイト層 1 2 4 B との間に設けられた第 2 のろう付け層 1 9 2 と、を含む。第 1 のろう付け層 1 9 0 及び第 2 のろう付け層 1 9 2 は、組み立てられたときに第 1 のろう付け層 1 9 0 がパワーエレクトロニクスデバイス 1 4 0 (図 5) に面し、第 2 のろう付け層 1 9 2 が冷却板 1 0 2 (図 3) に面するように、金属層 1 2 2 の内面 1 2 5 に隣接して S セル 1 2 1 の対向する平面上に設けられることを理解されたい。S セル 1 2 1 は、第 1 のグラファイト層 1 2 4 A と第 2 のグラファイト層 1 2 4 B との間に設けられたグラファイト接合層 1 9 4 を更に含む。第 1 のろう付け層 1 9 0、第 2 のろう付け層 1 9 2、及びグラファイト接合層 1 9 4 は各々、横方向(すなわち、図面に示される座標軸線の y 軸線に平行な方向)及び横方向に対して垂直な長手方向(すなわち、図面に示される座標軸線の x 軸線に平行な方向)に S セル 1 2 1 の金属層 1 2 2 の対向する側の間で延びていることを理解されたい。

10

【0030】

実施形態では、金属層 1 2 2 は、0 . 1 mm 以上 0 . 5 mm 以下で内面 1 2 5 と外面 1 2 8 との間で延びる第 1 の厚さ T 1 を有する。実施形態では、金属層 1 2 2 は、0 . 2 mm 以上 0 . 3 mm 以下で内面 1 2 5 と外面 1 2 8 との間で延びる第 1 の厚さ T 1 を有する。実施形態では、金属層 1 2 2 の外面 1 2 8 内に形成された凹部 1 2 7 (図 4) 以外の金属層 1 2 2 の第 1 の厚さ T 1 は、S セル 1 2 1 の全周にわたって一定である。実施形態では、第 1 のグラファイト層 1 2 4 A は、0 . 25 mm 以上 0 . 75 mm 以下の第 2 の厚さ T 2 を有する。実施形態では、第 1 のグラファイト層 1 2 4 A は、0 . 4 mm 以上 0 . 6 mm 以下の第 2 の厚さ T 2 を有する。実施形態では、第 2 のグラファイト層 1 2 4 B は、0 . 25 mm 以上 0 . 75 mm 以下の第 3 の厚さ T 3 を有する。実施形態では、第 2 のグラファイト層 1 2 4 B は、0 . 4 mm 以上 0 . 6 mm 以下の第 3 の厚さ T 3 を有する。したがって、第 1 のグラファイト層 1 2 4 A 及び第 2 のグラファイト層 1 2 4 B を超えて延びる S セル 1 2 1 の合計の厚さは、0 . 7 mm 以上 3 mm 以下(すなわち、金属層 1 2 2 の第 1 の厚さ T 1 の 2 倍、第 1 のグラファイト層 1 2 4 A の第 2 の厚さ T 2、及び第 2 のグラファイト層 1 2 4 B の第 3 の厚さ T 3 の和)である。

20

【0031】

図 6 の実施形態に示されるグラファイト層 1 2 4 A、1 2 4 B は、S セル 1 2 1 にわたる熱拡散及び冷却板 1 0 2 (例えば、図 10 参照) に向かう熱拡散の両方を促進するために設けられている。グラファイトの結晶構造は、グラファイトに高い熱伝導性を提供し、冷却板 1 0 2 に向かう熱流束の伝導を有用にすることを理解されたい。しかしながら、グラファイトは、等温プロファイルの有していない。むしろ、グラファイトは、非等温プロファイルの有し、2 つの軸線に沿って高い伝導性を有し、第 3 の軸線において低い熱伝導性を有する。グラファイトの非等温プロファイルを考慮するために、各グラファイト層 1 2 4 A、1 2 4 B は、グラファイト層 1 2 4 A、1 2 4 B の 3 つの軸線の各々に沿って、均衡した熱伝導性を提供するように、他のグラファイト層 1 2 4 A、1 2 4 B の 2 つの軸線とは異なる 2 つの軸線にわたって高い熱伝導性を有する。

30

【0032】

非限定的な例として、図 7 に示されるように、第 1 のグラファイト層 1 2 4 A 及び第 2 のグラファイト層 1 2 4 B の結晶構造が示されている。具体的には、第 1 のグラファイト層 1 2 4 A は、x 軸線(面内方向)及び z 軸線(面内方向)に沿って高い熱伝導性を有し、y 軸線(面外方向)において低い熱伝導性を有する。本明細書に記載されるように、低い熱伝導性に対する言及は、高い熱伝導性と比較して低減された熱拡散能力を提供することを理解されたい。したがって、熱は、高い熱伝導性を有する別の軸線に沿って拡散する熱と比較して、低い熱伝導性を有する軸線に沿って、限定された距離で拡散する。第 1 のグラファイト層 1 2 4 A の y 軸線が第 2 のグラファイト層 1 2 4 B の x 軸線に対応するように、第 1 のグラファイト層 1 2 4 A に対して z 軸線周りに第 2 のグラファイト層 1 2 4 B を 90 度回転させている。したがって、第 1 のグラファイト層 1 2 4 A 及び第 2 のグラファイト層 1 2 4 B の組み合わせられた熱拡散能力は、単一のグラファイト層のみが S セル内で利用される場合の互いに不釣り合いなものではなく、x 軸線及び y 軸線に沿って実質的

40

50

に等しい（すなわち、５％、１０％、２０％、又は３０％の範囲内である）。これにより、単一のグラファイト層のみが利用され並びに／又は第１のグラファイト層１２４Ａ及び第２のグラファイト層１２４Ｂの結晶構造が同じ方向を向く（すなわち、グラファイト層１２４Ａ、１２４Ｂの低い熱伝導性が同じ軸線に沿って及んでいる）実施形態と比較して、パワーエレクトロニクスデバイス１４０について、高い熱流束及びはるかに低い温度プロファイルが達成される。

【００３３】

本明細書で述べられるように、第１のグラファイト層１２４Ａ及び第２のグラファイト層１２４Ｂは交換可能であることを理解されたい。したがって、第１のグラファイト層１２４Ａ又は第２のグラファイト層１２４Ｂのいずれかを他方に対して回転させ得る。別の非限定的な例として、図８に示されるように、第２のグラファイト層１２４Ｂの結晶構造は、 x 軸線（面内方向）及び z 軸線（面内方向）に沿って高い熱伝導性を有し、 y 軸線（面外方向）において低い熱伝導性を有する。同様に、第２のグラファイト層１２４Ｂの y 軸線が第１のグラファイト層１２４Ａの x 軸線に対応するように、第１のグラファイト層１２４Ａに対して z 軸線周りに第２のグラファイト層１２４Ｂを９０度回転させている。したがって、第１のグラファイト層１２４Ａ及び第２のグラファイト層１２４Ｂの組み合わせられた熱拡散能力は、 x 軸線及び y 軸線に沿って等しいままである。

10

【００３４】

このことは、Ｓセル１２１が、Ｓセル１２１にわたって不釣り合いな熱拡散を提供することなく、矩形とは対照的な正方形となることを可能にする追加の利点を、グラファイト層１２４Ａ、１２４Ｂを互いに対して回転させることによって提供する。第１のグラファイト層１２４Ａ及び第２のグラファイト層１２４Ｂの結晶構造が同じ方向を向く実施形態では、Ｓセル１２１は通常、Ｓセル１２１の幅ではなくＳセル１２１の長さに沿った熱拡散又は逆の場合の熱拡散を改善するように矩形形状である。

20

【００３５】

したがって、図９に示されるように、パワーエレクトロニクスアセンブリ１００'の実施形態は、冷却板１０２と複数のＳセル１２１とを含み、各々が、図３及び図４に示されるような矩形外形ではなく正方形外形を有するように示されている。図９に示されるように、Ｓセル１２１にわたる熱拡散は、Ｓセル１２１の幅及びＳセル１２１の長さの両方にわたって等しくなるように示されている。全く対照的に、グラファイト層１２４Ａ、１２４Ｂのうちの一方を他方に対して回転させず、又は単一のグラファイト層のみがＳセル１２１内で利用される実施形態では、熱拡散は、対応するＳセル１２１の長さ及び幅のうちの対応するものに沿って著しく大きくなる。

30

【００３６】

本明細書で示されていないが、パワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ１４６は、ペアのグラファイト層１２４Ａ、１２４Ｂよりも多くのグラファイト層を含み得ることを理解されたい。例えば、パワーデバイスアセンブリ１４６は、任意の好適な配置で位置する３つ、４つ、又は４つを超える数のグラファイト層、例えば、１つ以上の下方のグラファイト層と、下方のグラファイト層上に設けられ、下方のグラファイト層の結晶構造が上方のグラファイト層のものと異なるように１つ以上の下方のグラファイト層に対して９０度回転させた１つ以上の上方のグラファイト層と、を含み得る。別の非限定的な例として、第１の向きに配置された結晶構造を有するグラファイト層が、第１の向きとは異なる第２の向き、すなわち、９０度のオフセットで配置された結晶構造を有するグラファイト層間に介在するように、グラファイト層は交互になり得る。

40

【００３７】

図４を再び参照すると、Ｓセル１２１及びパワーエレクトロニクスデバイス１４０を含むパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ１４６の分解図が示されている。図４は、Ｓセル１２１の凹部１２７に対するパワーエレクトロニクスデバイス１４０及び接合層１４３を示す。例えば、接合層１４３は、はんだ層であり得る。別の例として、接合層１４３は、過渡液相接合層１４３であり得る。パワーエレクトロニクスデバイス１４０は、パ

50

ワーエレクトロニクスデバイス 140 の上面に、複数の大きい電極 141 と複数の小さい電極 142 とを含む。大きい電極 141 は、電源電極であり得る一方、小さい電極 142 は、信号電極であり得る。図 4 では見ることはできないが、パワーエレクトロニクスデバイス 140 は、パワーエレクトロニクスデバイス 140 の底面に 1 つ以上の電極を更に含むことに留意されたい。パワーエレクトロニクスデバイス 140 の底面における 1 つ以上の電極は、パワーエレクトロニクスデバイス 140 を凹部 127 内に配置することによって金属層 122 に電氣的に接続される。したがって、パワーエレクトロニクスデバイス 140 の底部電極への電気接続は、金属層 122 によって行われ得る。

【0038】

ここで、図 10 を参照すると、パワーエレクトロニクスアセンブリ 100 の断面図が示されている。回路基板アセンブリ 106 は、電気絶縁材料で作られた基板 111 を含む。電気絶縁材料は、プリント回路基板の製造において使用される材料、例えば、FR 4 であり得るが、これに限定されない。回路基板アセンブリ 106 は、組み込まれた電気導電層 110、複数のビア 112（電気伝導ビア及びサーマルビアの両方）を更に含む。本明細書で簡潔に述べられるように、ビア 112 は、例えば、パワーエレクトロニクスデバイス 140、電気導電層 110、及び同種のものなどの構成要素間の電気接続を確立する。いくつかの実施形態では、回路基板アセンブリ 106 は、回路基板アセンブリ 106 内に完全に又は部分的に組み込まれた複数のパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリ 146 を含み得る。しかしながら、図 10 に示される実施形態は、本明細書でより詳細に記載されるように、冷却板 102 の穴 103 内に配置された S セル 121 内に受け入れられる

10

20

【0039】

貯蔵部（図示せず）から（移動矢印 135 として示される）冷却流体は、流体入口 132 を通って流体チャンバ 115 内に流れて、流体出口 134 を通って流体チャンバ 115 から出ていき、当該冷却流体は、例えば、熱交換器（図示せず）を通して流れ、冷却流体から熱を除去した後、貯蔵部に返される。示されていないが、フィンのアレイは、冷却流体 135 への熱伝達用の追加の面領域を提供するために流体チャンバ 115 に設けられ得る。

【0040】

上記から、パワーエレクトロニクスアセンブリ及びパワーエレクトロニクスアセンブリを製造する方法が本明細書で定められることを理解されたい。具体的には、本明細書で開示されるパワーエレクトロニクスアセンブリは、冷却板を含むパワーエレクトロニクスアセンブリを含む。冷却板は、S セル及びパワーエレクトロニクスデバイスを含むパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリを含む。S セルは、第 1 のグラフィット層と、第 2 のグラフィット層と、第 1 のグラフィット層及び第 2 のグラフィット層を覆う金属層と、を含む。凹部は、金属層の外表面内に形成されている。パワーエレクトロニクスデバイスは、S セルの外面の凹部内に配置されている。実施形態では、第 1 のグラフィット層は、第 1 の軸線に沿って低い熱伝導性を提供し且つ第 2 の軸線及び第 3 の軸線に沿って高い熱伝導性を提供するような向きであって、第 2 のグラフィット層は、第 2 の軸線に沿って低い熱伝導性を提供し且つ第 1 の軸線及び第 3 の軸線に沿って高い熱伝導性を提供するような向きである。したがって、S セルの熱分配は、第 1 の軸線及び第 2 の軸線に沿って実質的に等しい。

30

40

【0041】

ここで、本開示の実施形態は、S セルを収容した冷却板を含むパワーエレクトロニクスデバイスアセンブリに接続された回路基板アセンブリを有するパワーエレクトロニクスアセンブリを対象とすることを理解されたい。パワーエレクトロニクスデバイスは、S セル内及び／又は回路基板アセンブリ内に組み込まれ得る。このようなパワーエレクトロニクスアセンブリは、コンパクトであって、S セルを電氣的に絶縁する能力を維持しつつ熱伝導性の増大を提供し、それによって、S セルから冷却板への熱流束を改善し、それによって、従来のパッケージに対する回路基板アセンブリの熱拡散性能及び冷却性能を増大させ

50

る。

【 0 0 4 2 】

「実質的」及び「約」という用語は、任意の定量的な比較、値、測定、又は他の表現に起因し得る、内在する不確実性の程度を表すために本明細書で利用され得ることに留意されたい。これらの用語はまた、定量的な表現が、問題となる主題の基本的な機能の変化をもたらすことなく、述べられた基準から変わり得る程度を表すために本明細書で利用される。

【 0 0 4 3 】

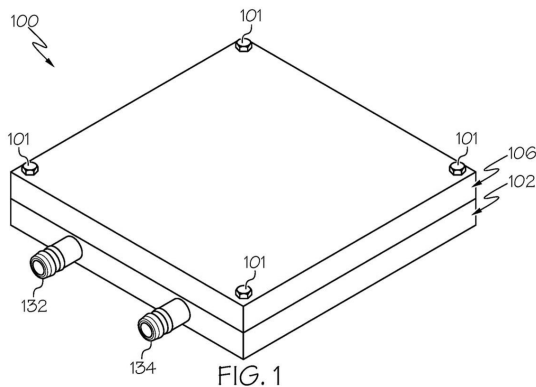
特定の実施形態が本明細書で説明及び記載されているが、様々な他の変更及び修正が、請求された主題の範囲から逸脱することなく行われ得ることを理解されたい。更に、請求された主題の様々な態様が本明細書で記載されているが、このような態様は、組み合わされて利用される必要はない。したがって、添付の特許請求の範囲は、請求された主題の範囲内にある全てのこのような変更及び修正を包含することが意図される。

【 0 0 4 4 】

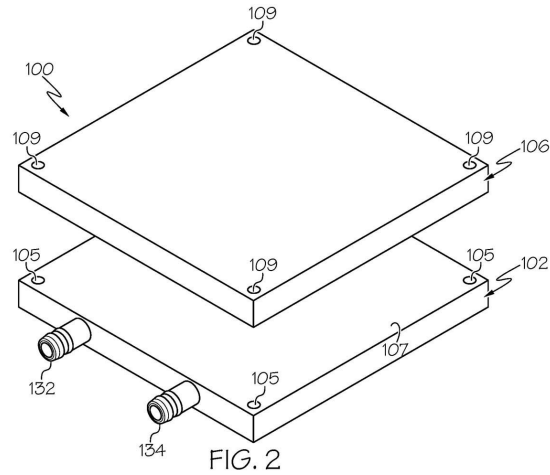
請求された主題の範囲から逸脱することなく、本明細書で記載される実施形態に対して様々な修正及び変形がなされ得ることが当業者に明らかであろう。したがって、本明細書は、このような修正及び変形が添付の特許請求の範囲及びその均等物の範囲内で生じるならば、本明細書で記載される様々な実施形態の修正及び変形を包含することが意図される。

【 図 面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



10

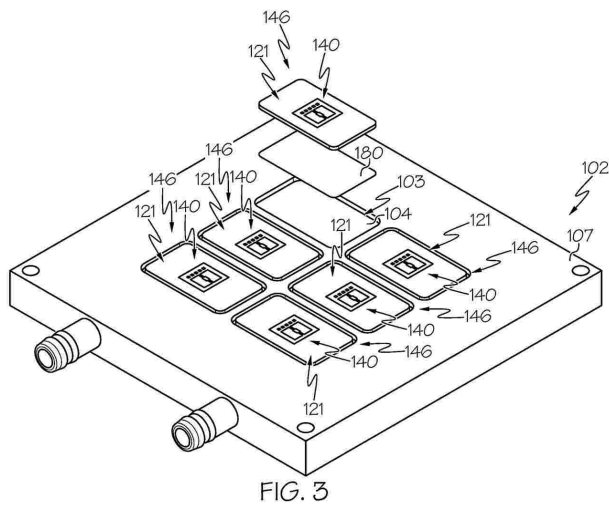
20

30

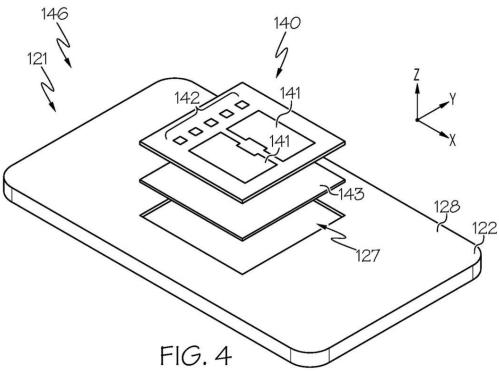
40

50

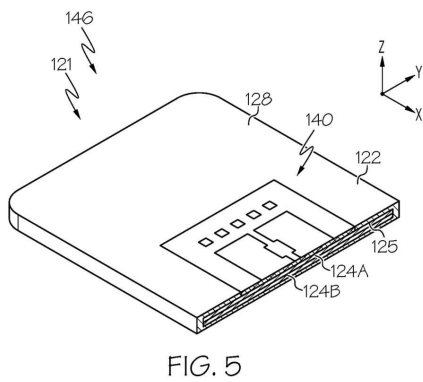
【 図 3 】



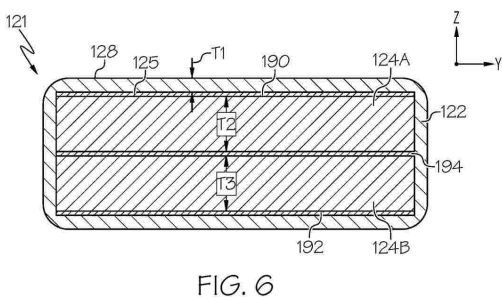
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



10

20

30

40

50

【 図 7 】

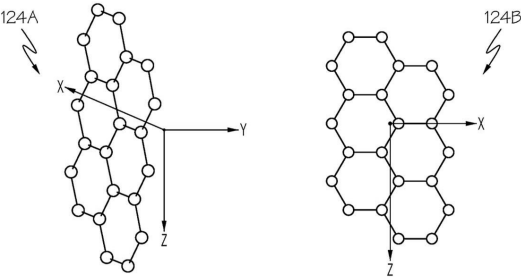


FIG. 7

【 図 8 】

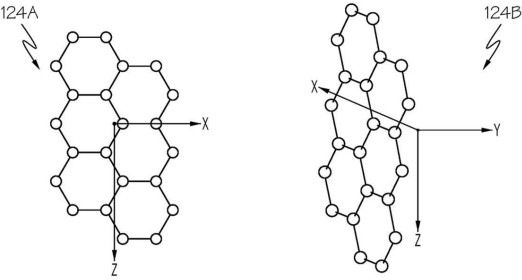


FIG. 8

10

【 図 9 】

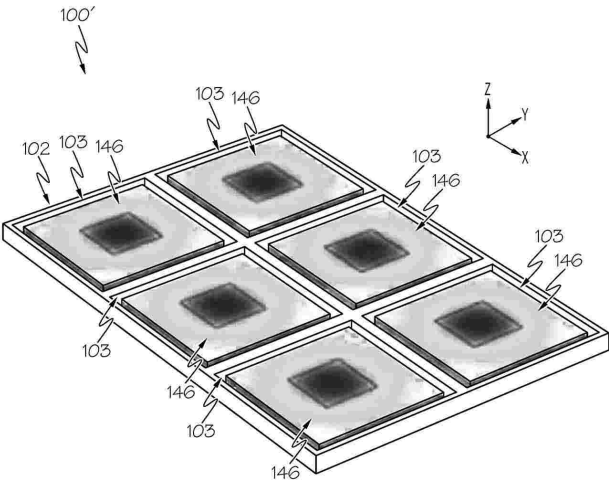


FIG. 9

【 図 10 】

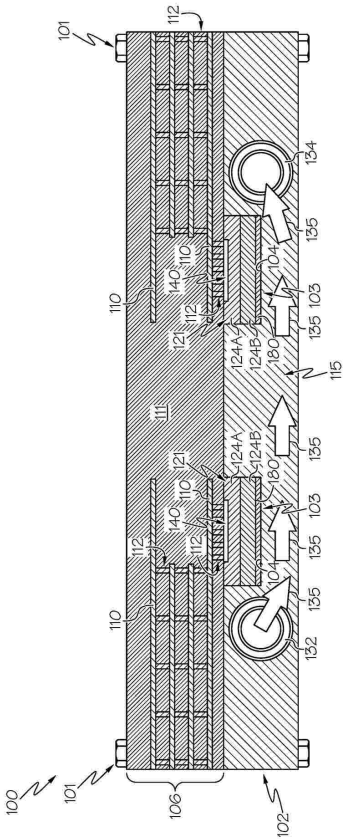


FIG. 10

20

30

【 外国語明細書 】

40

2024059580000012.pdf

フロントページの続き

(74)代理人 100123593
弁理士 関根 宣夫
(74)代理人 100133835
弁理士 河野 努
(74)代理人 100167461
弁理士 上木 亮平
(72)発明者 ファン ティエンチュー
アメリカ合衆国，テキサス 7 7 0 8 2 ，ヒューストン，メドーグレン クレスト 2 9 2 2
(72)発明者 フォン チョウ
アメリカ合衆国，ミシガン 4 8 1 0 5 ，アナーバー，ディロン ドライブ 2 8 3 7
F ターム（参考） 5E322 AA01 AA02 AA05 AA10 AA11 DA00 DB12 FA04
5F136 BB01 BB18 DA27 FA01 FA23 FA82 GA02