

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6573890号

(P6573890)

(45) 発行日 令和1年9月11日 (2019.9.11)

(24) 登録日 令和1年8月23日 (2019.8.23)

(51) Int. Cl. F I
 H O 1 L 25/07 (2006.01) H O 1 L 25/04 C
 H O 1 L 25/18 (2006.01)

請求項の数 17 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2016-543201 (P2016-543201)	(73) 特許権者	516189198
(86) (22) 出願日	平成27年1月30日 (2015.1.30)		クリー ファイエットヴィル インコーポ
(65) 公表番号	特表2017-504968 (P2017-504968A)		レイテッド
(43) 公表日	平成29年2月9日 (2017.2.9)		アメリカ合衆国 アーカンソー州 727
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/013755		01 ファイエットヴィル ウェスト リ
(87) 国際公開番号	W02015/116924		サーチ センター ブールヴァード 53
(87) 国際公開日	平成27年8月6日 (2015.8.6)		5 スイート 209
審査請求日	平成29年9月1日 (2017.9.1)	(74) 代理人	100094569
(31) 優先権主張番号	61/933,535		弁理士 田中 伸一郎
(32) 優先日	平成26年1月30日 (2014.1.30)	(74) 代理人	100103610
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		弁理士 ▲吉▼田 和彦
前置審査		(74) 代理人	100109070
			弁理士 須田 洋之
		(74) 代理人	100095898
			弁理士 松下 満

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄型で高度に構成可能な電流共有並列化広バンドギャップ電力デバイス電力モジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電力モジュール装置であって、
 底板と、
 前記底板の上方に位置決めされ、トポロジパターンを定める電力基板と、
 各々が前記電力基板に電氣的に接続された少なくとも3つの電力接点と、
 前記少なくとも3つの電力接点のうちの少なくとも2つに電氣的に接続された少なくとも2つの並列共有電流路電力デバイスと、

前記電力基板の上方に装着されたゲート及びソースケルビン基板であって、該ゲート及びソースケルビン基板が第1の相互接続チャンネル及び第2の相互接続チャンネルを含む基板を有し、この基板の上に前記第1の相互接続チャンネル及び前記第2の相互接続チャンネルが配置され、前記第1の相互接続チャンネル及び前記第2の相互接続チャンネルの上の複数のゲート結合パッドのそれぞれが前記並列共有電流路電力デバイスの1つに接続するように構成され、各相互接続チャンネルが位置群の相互接続位置に装着されるように該ゲート及びソースケルビン基板が構成され、該位置群が第1の相互接続位置、第2の相互接続位置、第3の相互接続位置及び第4の相互接続位置から構成される、前記ゲート及びソースケルビン基板と、

前記ゲート及びソースケルビン基板に電氣的に接続されたゲート駆動コネクタと、

前記底板に固定されたハウジングであって、前記ゲート駆動コネクタ及び前記少なくとも3つの電力接点のうちの少なくとも3つの電力接点が該ハウジングを通して延び、該ハウジングがファスナ開口を定める、

10

20

前記ハウジングと、

前記ファスナ開口に位置決めされたファスナと、
を含み、

前記少なくとも3つの電力接点は、前記電力基板に接続され、前記ハウジングを通して前記電力基板から延び、更に前記ファスナを前記ファスナ開口に保持するために該ファスナ開口上で曲げられ、

前記電力基板は、少なくとも3つの別々の金属層部分を有し、

前記少なくとも3つの電力接点のそれぞれは、前記電力基板に平行に延び、且つ前記電力基板の前記少なくとも3つの別々の金属層部分における異なる1つに接続する部分を含む、

10

ことを特徴とする装置。

【請求項2】

前記トポロジパターンがハーフブリッジ基板を形成するように、前記少なくとも2つの並列共有電流路電力デバイス及び前記電力基板が当該トポロジパターンを実行するよう構成される、

ことを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項3】

前記電力モジュールは、前記第1の相互接続位置、前記第2の相互接続位置、前記第3の相互接続位置及び前記第4の相互接続位置から構成される前記位置群から選択された前記相互接続位置を実行する前記ゲート及びソースケルビン基板を受け入れるよう構成され、

20

前記第1の相互接続チャンネルは、前記第1の相互接続位置に装着され、

前記第2の相互接続チャンネルは、前記第3の相互接続位置に装着される、

ことを特徴とする請求項2に記載の装置。

【請求項4】

前記トポロジパターンが共通ソース基板を形成するように、前記少なくとも2つの並列共有電流路電力デバイス及び前記電力基板が当該トポロジパターンを実行するよう構成される、

ことを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項5】

30

前記電力モジュールは、前記第1の相互接続位置、前記第2の相互接続位置、前記第3の相互接続位置及び前記第4の相互接続位置から構成される前記位置群から選択された前記相互接続位置を実行する前記ゲート及びソースケルビン基板を受け入れるよう構成され、

前記第1の相互接続チャンネルは、前記第1の相互接続位置に装着され、

前記第2の相互接続チャンネルは、前記第4の相互接続位置に装着される、

ことを特徴とする請求項4に記載の装置。

【請求項6】

前記トポロジパターンが共通ドレイン基板を形成するように、前記少なくとも2つの並列共有電流路電力デバイス及び前記電力基板が当該トポロジパターンを実行するよう構成される、

40

ことを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項7】

前記電力モジュールは、前記第1の相互接続位置、前記第2の相互接続位置、前記第3の相互接続位置及び前記第4の相互接続位置から構成される前記位置群から選択された前記相互接続位置を実行する前記ゲート及びソースケルビン基板を受け入れるよう構成され、

前記第1の相互接続チャンネルは、前記第2の相互接続位置に装着され、

前記第2の相互接続チャンネルは、前記第3の相互接続位置に装着される、

ことを特徴とする請求項2に記載の装置。

50

【請求項 8】

前記少なくとも 2 つの並列共有電流路電力デバイスは、第 1 の並列電力デバイス、第 2 の並列電力デバイス、及び第 3 の並列電力デバイスを含む、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

【請求項 9】

前記部分は、半田キャッチを含み、

前記少なくとも 2 つの並列共有電流路電力デバイスは、第 4 の並列電力デバイスを含む、
ことを特徴とする請求項 8 に記載の装置。

【請求項 10】

前記電力基板に平行に延び、且つ前記電力基板に接続する前記部分は、曲げ部分を含み、

前記少なくとも 2 つの並列共有電流路電力デバイスは、第 5 の並列電力デバイス及び第 6 の並列電力デバイスを含む、
ことを特徴とする請求項 9 に記載の装置。

【請求項 11】

前記少なくとも 2 つの並列共有電流路電力デバイスは、第 7 の並列電力デバイス及び第 8 の並列電力デバイスを含む、
ことを特徴とする請求項 10 に記載の装置。

【請求項 12】

前記少なくとも 2 つの並列共有電流路電力デバイスは、第 9 の並列電力デバイス及び第 10 の並列電力デバイスを含む、
ことを特徴とする請求項 11 に記載の装置。

【請求項 13】

前記少なくとも 2 つの並列共有電流路電力デバイスは、第 11 の並列電力デバイスを含む、
ことを特徴とする請求項 12 に記載の装置。

【請求項 14】

前記ハウジングは、被膜エントリ及びベントを定める、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

【請求項 15】

前記ハウジングは、前記少なくとも 3 つの電力接点のうちの 1 つを受け入れて曲げるための電力接点ピンチ及び半径構造を定める、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

【請求項 16】

並列に位置決めされた多重電力ダイと共に使用するためのゲート及びソースケルビン基板装置であって、

基板と、

前記基板上に配置された第 1 の相互接続チャネルと、

前記基板上に配置された第 2 の相互接続チャネルと、

を含み、

前記第 1 の相互接続チャネル及び前記第 2 の相互接続チャネルは、離間するよう構成及び配置され、また、各々の端部のみにより接続され、

更に、前記装置は、

前記多重電力ダイの第 1 のセットを並列化し、前記第 1 の相互接続チャネル上に配置された第 1 のトラックと、

前記多重電力ダイの第 2 のセットを並列化し、前記第 2 の相互接続チャネル上に配置された第 2 のトラックと、

前記第 1 の相互接続チャネルの長さに平行に位置決めされ且つ前記第 1 の相互接続チャネルの長さに沿って配置されると共に、前記第 1 のトラックと並列に位置決めされた少な

10

20

30

40

50

くとも2つの第1ゲート結合パッドであって、前記多重電力ダイの前記第1のセットの1つに接続されるように各々が構成されている前記少なくとも2つの第1ゲート結合パッドと、

前記第2の相互接続チャネルの長さに平行に位置決めされ且つ前記第2の相互接続チャネルの長さに沿って配置されると共に、前記第2のトラックと並列に位置決めされた少なくとも2つの第2ゲート結合パッドであって、前記多重電力ダイの前記第2のセットの1つに接続されるように各々が構成されている前記少なくとも2つの第2ゲート結合パッドと、

前記少なくとも2つの第1ゲート結合パッドの各々を前記第1のトラックに選択的に接続する個々の第1安定抵抗器と、

前記少なくとも2つの第2ゲート結合パッドの各々を前記第2のトラックに選択的に接続する個々の第2安定抵抗器と、

を含み、

前記ゲート及びソースケルビン基板装置は、電力モジュールの底板に固定されるように構成され、

前記第1の相互接続チャネル及び前記第2の相互接続チャネルは、前記多重電力ダイへのアクセスを提供するよう構成されたダイ開口を形成するように構成及び配置され、

前記第1のトラックは、ゲートトラックであり、

前記第2のトラックは、ゲートトラックである、

ことを特徴とする装置。

【請求項17】

前記第1の相互接続チャネル及び前記第2の相互接続チャネルは、前記多重電力ダイへのアクセスを提供するよう構成されたダイ開口を形成するように構成及び配置され、

前記第1の相互接続チャネルは、ソーストラックを更に有し、

前記第2の相互接続チャネルは、ソーストラックを更に有する、

ことを特徴とする請求項16に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、広バンドギャップ電力モジュールの改良に関する。より具体的には、本発明は、複数の用途のための構成可能で一貫した電力モジュール設計を提供するのに特に適する改良に関する。特に、本発明は、具体的に高スイッチング周波数での電流共有を可能にする並列経路電力モジュールに関連している。

【背景技術】

【0002】

当業者が認識するように、電力モジュールは、様々な形態で公知である。電力モジュールに関連する情報を有する特許は、「電力モジュール及びそれを製造する方法」という名称の2010年3月30日にSon他に付与された米国特許第7,687,903号明細書、「電力モジュールのための両面パッケージ」という名称の2010年8月31日にCasey他に付与された米国特許第7,786,486号明細書、「高電力密度デバイスのためのパッケージ」という名称の2011年9月13日にHauenssteinに付与された米国特許第8,018,056号明細書、「高電力デバイスのためのウェーハスケールパッケージ」という名称の2013年2月5日にHauenssteinに付与された米国特許第8,368,210号明細書、「表面実装半導体パッケージ、ダイ-リードフレーム組合せ、及びそのためのリードフレーム、及び半導体ダイの表面にリードフレームを装着する方法」という名称の2001年10月23日にWilliamsに付与された米国特許第6,307,755号明細書を含む。追加の論文は、R.K.Ulrich及びW.D.Brown著「最新式電子パッケージング」、New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2006, p.203、及びShengnan Li著「新しいスイッチングセルを使用するIGBT電力モジュールのパッケージング」

10

20

30

40

50

グ設計」、Ph. D. dissertation, University of Tennessee, 2011, http://trace.tennessee.edu/utk_graddiss/1205を含む。これらの特許及び文献の各々は、これによりその全体が引用によって明示的に組み込まれる。

【0003】

炭化珪素SiC及びガリウム窒化物GaNを含む広バンドギャップ電力半導体は、従来のシリコンSiベースの電力電子デバイスに勝る以下のものを含む多くの利点を提供する。

1. 高温作動を可能にする真性キャリアの低減
2. キャリア移動度の増大
3. より高い絶縁破壊強度
4. オン抵抗の低減
5. より速いスイッチング速度
6. 熱伝導性の増加。

10

【0004】

これらの利益は、設計者が現在の従来技術システムよりも実質的に小さく、効率的であり、信頼できるシステムを実施することを可能にする。より高温の作動は、廃熱を除去するのに必要な冷却システムの低減を可能にする。能動的、すなわち、強制空気又は液体冷却方式から受動的な自然対流冷却への切り換え、熱遮蔽材料の排除、及び従来の技術が役に立たないことになる極限環境における作動に対する可能性も存在する。高周波数スイッチングは、スイッチング損失を低減し、かつ電力変換器におけるフィルタリング要素のサイズの主要な低減を可能にする。

20

【0005】

しかし、広バンドギャップ電力技術の見込みは、デバイスを相互接続し、保護し、かつ電力変換システムに一体化するのに必要な電力パッケージングによって妨げられる。Siデバイスのための電力パッケージは、スイッチ位置あたり1つの大きいデバイスを多くの場合に単一逆並列ダイオードと共に収容するように一般的に設計される。しかし、市販の広バンドギャップデバイスは、ウェーハ品質及び収率の問題に起因して大きいモノリシック要素としては利用可能ではない。従って、SiCに対するダイ面積あたりの相対電力密度は、数百アンペアの高い電流に達するのにSiよりも実質的に高いが、多くのSiCデバイスは、並列に置かなければならない。

30

【0006】

電流共有のような問題に実質的に対処するように設計されていなかった従来のパッケージ内で多くのデバイスを並列接続することには基本的な問題が存在する。これは、多くの場合にSi均等物よりも数百倍速い広バンドギャップデバイスの極端に高いスイッチング速度に起因して特に重要である。デバイス間のインダクタンスの不整合は、スイッチング事象中に不均一な応力及び電流オーバーシュートを引き起こす場合がある。これに加えて、確立された電力モジュール技術の材料、アタッチ、及びインタフェースは、広バンドギャップデバイスが作動可能である温度で機能的でなく又は信頼性がない。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】米国特許第7,687,903号明細書

【特許文献2】米国特許第7,786,486号明細書

【特許文献3】米国特許第8,018,056号明細書

【特許文献4】米国特許第8,368,210号明細書

【特許文献5】米国特許第6,307,755号明細書

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】R. K. Ulrich及びW. D. Brown著「最新式電子パッケー

50

ジング」、New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2006, p. 203

【非特許文献2】Shengnan Li 著「新しいスイッチングセルを使用するIGBT電力モジュールのパッケージング設計」、Ph.D. dissertation, University of Tennessee, 2011, http://trace.tennessee.edu/utk_graddiss/1205

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

このことから、従来技術は、その教示及び利用において非常に限られていることを見ることができ、これらの限界を克服するために電力モジュールの改善が必要である。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、並列電力デバイスを使用する電力モジュールの改良に関する。本発明の1つの例示的实施形態により電力モジュールには、多くの並列化デバイスへの低インダクタンス等化電流路が設けられ、均等電流共有及び正確なスイッチング事象を可能にする。電力モジュールは、デバイス、作動条件などに応じて200～250に及ぶ接合温度で稼働することができ、かつ数百アンペア又はそれよりも大きい非常に高い電流を通電することができる。主として、これらの強化は、1性能、2機能、及び3有用性の3つの部類に入る。この技術は、広バンドギャップ電力デバイスの特性及び課題を受け入れるように徹底的に設計されたものである。電力モジュールの特徴は、以下の主要部分含む。

工業規格62mm底板との整合フットプリント

裸ダイ電力デバイスの有効な並列化のための等化電力路

スイッチ位置あたり7.5mm×71mmのデバイスに利用可能な大きいアクティブ面積

10mmの低モジュール高さ

広い薄型電力接点で達成される低インダクタンス

500Aよりも大量の通電のための短い電流路及び大きい導体断面積

個々の安定抵抗器を有する内部ゲート及びソースケルビン相互接続基板

内部ゲート及びソースケルビン相互接続基板の高信頼性ボルト式接続

標準及び構成可能な1mm、2mm、0.1インチ、及び0.05インチピッチのゲート駆動コネクタ

モジュールの左又は右側のいずれかのゲート駆動コネクタ

内部温度感知RTD及び関連の入力/出力コネクタのためのオプション

システム費用を低減するための固有部品点数の低減

モジュール性を増加するための固有部品点数の低減

ハーフブリッジ、フルブリッジ、共通ソース、及び共通ドレイントポロジとして構成可能

プラスチックハウジングの中に組み込まれた電圧沿面拡張器

低密度材料の使用による全体で140g以下の軽量

250まで作動させることができる材料、アタッチ、及び電圧遮断被膜

【0011】

本発明の上記及び他の目的、並びに利点は、それへの新規な付属物の特徴と共に、本発明の以下の詳細説明を精査することによって現れ、又は明らかになるであろう。

【0012】

本明細書の一部を形成し、かつそれに関連して解釈されることになる以下の図面において、同様の参照番号が、様々な図で同様の部分を示すことができる場合はいつも全体を通じて使用されている。

【図面の簡単な説明】

【0013】

10

20

30

40

50

【図 1】電力モジュールの斜視図である。
【図 2】電力モジュールの分解組立図である。
【図 3】電力モジュールの相対的サイズ対厚み比較を示す図である。
【図 4】複数の並列化デバイスの等化電流フローを示す図である。
【図 5】電力接点設計を示す図である。
【図 6】薄型電力接点曲げを示す図である。
【図 7】電力モジュール底板を示す図である。
【図 8】ゲート及びソースケルビン 2 次基板を示す図である。
【図 9】ゲート及びソースケルビン基板ハーフブリッジ配置を示す図である。
【図 10】ゲート及びソースケルビン基板共通ソース配置を示す図である。
【図 11】ゲート及びソースケルビン基板共通ドレイン配置を示す図である。
【図 12】単層モジュール式ゲート及びソースケルビン例示的レイアウトを示す図である

10

。
【図 13】電力基板ハーフブリッジ配置を示す図である。
【図 14】電力基板共通ソース配置を示す図である。
【図 15】電力基板共通ドレイン配置を示す図である。
【図 16】高温プラスチックハウジング上側特徴を示す図である。
【図 17】高温プラスチックハウジング裏側特徴を示す図である。
【図 18】電力モジュールアセンブリに対するハウジングアタッチを示す図である。
【図 19】電力接点ガイドを示す図である。
【図 20】ハーフブリッジ単一チャネル共通ソース又はドレインモジュールを示す図である。
【図 21】フルブリッジ二重チャネル共通ソース又はドレインモジュールを示す図である

20

。
【図 22】拡張単一ハウジング並置モジュール構成を示す図である。
【発明を実施するための形態】

【0014】

図面の図 1 に示すように、本発明の 1 つの例示的实施形態は、一般的に電力モジュール 100 として示されている。電力モジュール 100 は、ハーフブリッジ、フルブリッジ、共通ソース、及び共通ドレインのような複数の有用な電力電子トポロジー内で構成可能であり、2 つまでの別々のチャネル内で構成することができる。それは、提供する必要がある全ての広バンドギャップ技術を利用するのに比類なく適しており、同時にカスタム構成を通して多くの顧客システムの要求を満たすほど十分に柔軟である。

30

【0015】

電力モジュール 100 は、図 2 に概説した 1 次要素から構成される。それらは、底板 200、電力基板 300、電力接点 400、電力デバイス 500、ゲート及びソースケルビン相互接続基板 600、ゲート駆動コネクタ 700、射出成形ハウジング 800、及びファスナ 900 を含む。

【0016】

電力電子機器業界に共通のフットプリントを使用して、M6 装着孔 4.8 mm × 9.3 mm 離して 6.2 mm × 10.7 mm 底板 200 の上に特定のフォーカスを置いた。共通フットプリントを使用することで、既存のシステムの顧客が、全システムの再設計において投資せずにこれらの高性能モジュール 100 を評価することを可能にする。

40

【0017】

モジュール 100 の長さ及び幅は、工業規格に適合するが、モジュール高さは、現代のものよりも 2 × ~ 3 × 薄い。それは、全部で 10 mm 厚である。これは、モジュールインダクタンスを劇的に減少し、部分的に下側経路長を利用することによって通電機能を増大させる。それはまた、電力変換器におけるシステムレベル容積節約の主要ソースを提供することができる。

【0018】

50

電力モジュール 100 の厚み寸法に対する上部サイズの比較は、平面及び側面図比較で図 3 に示されている。モジュール 100 は、65 mm × 110 mm × 10 mm を測定する。プラスチックハウジング 800 は、電圧隔離のために底板 200 の上でシースのように延び、これは、底板 200 の寸法にわたって各側面に余分な 3 mm を考慮に入れる。それは、71.5 cm³ の容積と約 140 g の重量を有する。

【0019】

電力モジュール 100 は、伝導のために全フットプリント面積の 57.5 mm × 73 mm、42 cm² を利用する。これは、専ら通電のために 60 % 利用することで印象的である。残りの面積は、装着 5 %、ゲート駆動接続 5 %、及び最小壁厚、電圧沿面拡張器、及び強化リブを含むプラスチック特徴部 30 % に使用される。

【0020】

電力ループ

図 4 によって示すように、電力モジュール 100 の電力ループ 110 の駆動フォーカスは、多数のデバイス 500 と実質的に並列化されている。示されているのは、第 1 の電力デバイス 501、第 2 の電力デバイス 502、第 3 の電力デバイス 503、第 4 の電力デバイス 504、第 5 の電力デバイス 505、第 6 の電力デバイス 506、第 7 の電力デバイス 507、第 8 の電力デバイス 508、第 9 の電力デバイス 509、第 10 の電力デバイス 510、及び第 11 の電力デバイス 511 である。モジュール 100 は、後で詳述する構成に応じて 2 つ又は 4 つのいずれかのスイッチ位置を有することができる。図 4 は、上側位置 480 及び下側位置 490 を示している。各スイッチ位置の形成において、それらが高価なモジュール 100 修正なしに特定の用途に対して調節されるように、多くの柔軟性がある。例えば、位置は、ソーススイッチ 500 に対して同数のダイオードか、僅かに少しのダイオードを有するか、又は全くダイオードがない場合がある。図 4 は、「V+」端子 410 から「中間」端子 420 に移動する電流のために均等な共有電流路 120 を示す電力ループ 110 の表現であり、V- 端子 430 はまた、下側位置 490 においてデバイス 500 のために使用するように示されている。このレイアウトの追加の利益は、各デバイス 500 の等間隔が、数か所にそれらを集中させる代わりに、モジュール 100 にわたって熱源の広がり役に立つことである。

【0021】

図 4 に表示したように、電力モジュール 100 のほぼ全幅が、電流の伝導に利用される。多くの利益は、モジュール 100 が高かった場合に失われると考えられる。最悪の場合に、電流が電力接点 410、420、430 を通じて移動する長さは、電流が基板 300 に達するとその電流が移動する経路よりも長くなると考えられる。従って、電力接点 400 は、それらが無視することができる量をシステムの抵抗及びインダクタンスに与えるように高さを低くするように設計される。

【0022】

電力接点 400 の高さが低いのは、二重曲げ工程を使用することによって達成される。最初に、電力接点 400 は、金属スタンピング作動により又はエッチングに続いてプレスブレーキで形成することによって形成される。基部 450 における 90° 曲げは、垂直体 460 を有する「L」字形コネクタを生成する。基部 450 は、電力基板 300 に至るまで半田付けされる。基部 450 は、全体形状と比べて比較的薄い。これは、この結合が消費する面積を縮小し、モジュール 100 の内側によりアクティブなデバイス 500 の面積を可能にする。この薄い結合の接着を改良するために、半田キャッチ 454 と呼ばれる互い違いに配置された孔が、基部 450 の底部の接着面 452 に沿ってエッチング又は形成される。溶融半田は、毛管作用によりキャッチ 454 に移動する。半田付けされる時に、キャッチ 454 の内側の半田は、多くの方向の接着強度を実質的に改善する。半田キャッチ 454 を有する例示的接点 400 は、図 5 に示されている。

【0023】

図 5 に同じく示されているのは、製造工程の終わりの 2 回目に「L」字形接点 400 を曲げて接点上部 470 を形成する方法である。曲げる前に、接点 400 の垂直体 460 は

10

20

30

40

50

、刻み目が存在しないので、一体成形プラスチックハウジング 800 を所定位置に下ろすことを可能にする。第 2 の曲げ 472 の半径は、第 1 の曲げ 462 ほど急ではない。これは、工程で一部の許容誤差を与えるものであり、より滑らかな曲げ作動になる。第 2 の半径 472 は、プラスチックハウジング 800 において事前形成された半径 810 により容易になり、これは、このステージにおいて、接点 400 の前縁 464 に触れている。具体的に設計された回転曲げハードウェアは、反対面 466 を水平に圧迫し、キャプティブファスナ 900 の上で接点 400 を折り曲げる。「L」字形接点を曲げて「C」字形の形態にする例示は、図 6 に描かれている。

【0024】

折り畳まれた接点 400 の下には、ナット 900 として示した薄型のネジ付きファスナ 900 がある。これらのファスナ 900 は、電力接点 400 の下で捕捉される。そうであれば、それらは緩む。キャプティブファスナ 900 は、重要な目的に適するものである。モジュール 100 がバスバーにボルトで締められる時に、緩いファスナ 900 及び接点 400 は、引き上げられてブッシングの中に入り、質のよい電気接続をもたらす。ファスナ 900 がハウジング 800 に固定された場合に、それらは、ブッシングを引き落としてモジュール 100 の中に入れるように作用し、バスバーの剛性により接続不良をもたらす可能性がある。

【0025】

底板 200 は、モジュールの重要な要素であり、機械的支持体、熱拡散、及びヒートシンク又は冷却板に至るまで実質的にボルトで締める手段を提供する。底板 200 の材料特性は、作動温度が上昇する時に益々重要になる。有効な実施例は、アセンブリ中の材料が熱により異なる速度で膨張する熱膨張係数 CTE に見出され、これらのインタフェースにおいて大きい応力を生成することができる。

【0026】

電力モジュール 100 は、高導電性金属、銅、アルミニウムなどの複合材である金属マトリックス複合材 MMC 材料と、モリブデン、ベリリウム、タングステンのような低 CTE 金属、又は炭化珪素、酸化ベリリウム、グラファイトのような非金属のいずれかを利用する。これらの複合材料は、各寄与要素の最良の特徴を組合せ、それを取りつける電力基板 300 と一致する CTE を有する高熱伝導性を可能にする。

【0027】

図 7 は、電力モジュール 100 の底板 200 が工業規格 62mm の形状に一致するように設計された方法を示し、これは、コーナに装着孔 203 のために決まった直径及び位置を有する。プレート 200 の厚みは、CAD モデルのパラメータ有限要素解析の使用により微調節される。これは、定められた実用限界の間で厚みを掃引し、熱及び機械的応力を測定することによって達成される。最小の機械的偏向で最良の熱性能を達成した材料及び厚みの組合せが選択される。電力モジュール 100 のプレートの追加の特徴は、MMC 材料に応じて、機械加工又は成形されたネジ付き基板孔 212 を有するスタンドオフ 210、及びハウジング孔 290 各々を含む。スタンドオフ 210 は、内部ゲート及びソースケルビン基板 600 を湾曲することなくボルトで締めることができるように、平面に電力基板 300 を含む。

【0028】

ゲート駆動ループ

各スイッチ位置に対する独立した電気路は、ソーススイッチを制御するのに必要なゲート及びソースケルビン接続部を形成するのに必要である。これは、理想的には、ゲート及びソースケルビン経路指定が、広い等化電力路に干渉しないので、並列状態のデバイス 500 の数によって困難になる。図 8 は、電力モジュール 100 及びその変形が、電力基板 300 の上に置かれ、次に、底板 200 に至るまでボルトで締められた一体成形の 2 次基板 600 を含む方法を示している。

【0029】

図 8 ~ 11 に示すように、ゲート及びソースケルビン基板 600 は、上部又は第 1 の 6

10

20

30

40

50

1 1、上側中間又は第 2 の 6 1 2、下側中間又は第 3 の 6 1 3、及び底部又は第 4 の 6 1 4 の 4 つの位置のうちの 1 つに位置することができる 2 つの相互接続チャネル 6 0 2、6 0 4 を有し、外部ダイ開口又は中間ダイ開口 6 0 5 のようなダイ開口を定めて、多くのモジュール 1 0 0 構成を可能にする。本質的には、各相互接続チャネル 6 0 2、6 0 4 の相対的レイアウトは同じであるが、位置及び方向は、関連のダイ開口 6 0 3、6 0 5 及びダイ 5 0 0 配置及び回転に一致して各トポロジーに一致するようになっている。これは、それぞれハーフブリッジ、共通ソース、及び共通ドレイントポロジーのゲート方向を示す矢印で図 9、図 1 0、及び図 1 1 に示されている。これらの各々は、電力基板 3 0 0 のレイアウト及び電力接点 4 0 0 及びハウジング 8 0 0 のフォーマットに応じて単一又は二重チャネル配置から構成される場合がある。

10

【 0 0 3 0 】

図 1 2 に示すように、並列化を助けるために、個々の安定抵抗器 6 4 0 は、相互接続基板 6 0 0 上に含めることができる。これらの基板は、並列面、クロックツリー分布などを利用することができる、多くの異なるレイアウトが存在するが、より有効なものうちの 1 つは、多くの接着位置 6 4 2 を有する低費用単層モジュール式配置である。図示のように、ゲートトラック 6 5 0 及びソーストラック 6 5 2 は、相互接続チャネル 6 5 4 の長さまで達する。ソースワイヤ結合は、ソーストラック 6 5 2 上に直接に形成される。各ゲートは、レジスタ 6 4 0 を通じてゲートトラックに接続された個々のゲートパッド 6 5 1 に接着される。レジスタ 6 4 0 の値は、デバイス及びアプリケーション依存であり、モジュール 1 0 0 構成によって異なることになる。

20

【 0 0 3 1 】

電力基板

図 1 3 は、この場合も、基板 6 0 0 と一致するようにゲート方向を示す矢印で非常に高い電流及び電圧を処理するように設計された金属 - セラミック - 金属層状構造である電力基板 3 0 0 を示している。金属は、様々な厚みの銅又はアルミニウムとすることができるが、セラミック材料は、典型的には、アルミナ Al_2O_3 、アルミナ窒化物 AlN 、又はシリコン窒化物 Si_3N_4 である。ハーフブリッジ基板 3 3 0 に対して図 1 3、共通ソース基板 3 4 0 に対して図 1 4、及び各構成に対して上側及び下側ダイ 5 0 0 の位置を示す共通ドレイン基板 3 5 0 に対して図 1 5 に示すように、金属層 3 0 2 をエッチングしてトポロジー特定のパターン 3 3 0、3 4 0、3 5 0 にする。これらのレイアウトの各々は、基板 3 0 0 の中心の下のラインをエッチングすることによって二重チャネル配置に分けることができる点にも注意しなければならない。それらはまた、必要に応じてチャネルあたり個々の基板に分けることができる。これは、より小さい基板があまり応力を受けないので、より厳しい環境に対して有用である場合がある。

30

【 0 0 3 2 】

ハウジング

ハウジング 8 0 0 は、強化高温プラスチックによって射出成形工程で形成される。ハウジング 8 0 0 は、敏感な半導体 5 0 0 に対する防護壁であるのに加えて、多くの機能を果たす。これは、電圧遮断、キャプティブファスナ 9 0 0 のための機械的支持体、電力接点曲げ工程のためのガイド、ゲル被膜のためのエントリゾーン、ゲル被膜工程のためのベント、及び自己強化内部リブ 8 1 2 を含む。これらの特徴の多くは、図 1 6 及び図 1 7 に示されている。高アスペクト比のトレンチは、電力接点 4 0 0 の周囲に置かれ、電圧遮断機能を増大させる露出金属接点の間の表面距離を増大させる。

40

【 0 0 3 3 】

図 1 6 は、沿面拡張器 8 0 2、被膜エントリ (passivation entries) 及びベント (vents) 8 0 4、キャプティブファスナ開口 8 0 6、ラベル区域 8 0 8、及び電力接点ピンチ (power contact pinch) 及び半径 8 1 0 を含む高温プラスチックハウジング上側特徴を示している。図 1 7 は、強化リブ 8 1 2、厚いボルト孔コア部分 8 1 4、ボルトヘッド逃し凹部 8 1 6、ファスナインサート 8 1 8 の底部、電力接点通路 8 2 0、及びワイヤ結合クリアランス開口 8 2 2 を含む裏側特徴を示している。

50

【 0 0 3 4 】

図 1 8 は、ハウジング 8 0 0 が電子サブアセンブリの上を摺動して、電力接点 4 0 0 が狭い開口部 8 2 0 を通じて送られたモジュール 1 0 0 の上部を形成する方法を示している。ハウジング 8 0 0 は、底板 2 0 0 の上のネジ付き孔 2 9 0 に対して 2 つの点でボルト 8 3 0 により締められる。このステージにおいて、ゲル被膜材料は、モジュール 1 0 0 の中に注入されて完全に硬化される。複数の開口部及びベント 8 0 4 は、この組立ステップを助ける。電力接点 4 0 0 に対するハウジング 8 0 0 のスライス 8 2 0 は、この工程を助ける通気された「ガイド」と、曲げ手順で助ける上部の丸いフィレット 8 1 0 とを有する。それらは、図 1 9 に示されている。

【 0 0 3 5 】

構成可能性

本文献で前に考察したように、電力モジュール 1 0 0 は、様々な有用な電力電子トポロジに構成可能である。それらは、ハーフブリッジ、共通ソース、及び共通ドレインを含む。電力基板 3 0 0 及びゲート及びソースケルビン基板 6 0 0、並びに電力接点 4 0 0 及びハウジング 8 0 0 の変更によるチャンネルの分割は、フルブリッジ、共通ソース二重チャンネル、及び共通ドレイン二重チャンネルを含む 3 つ以上の構成を可能にする。

【 0 0 3 6 】

図 2 0 は、ハーフブリッジ、単一チャンネル共通ソース、及び単一チャンネル共通ドレイン構成に対する第 1 の外部構成 1 5 0 を表示する。各側面に 2 つのゲート駆動接続 7 0 0 に対して 4 つの位置 7 0 1、7 0 2、7 0 3、7 0 4 がある。いずれかの又は両側面は、この目的のために使用することができる。図 2 1 に示す二重チャンネル配置 1 5 2 に対して、電力接点 4 0 0 は、分かれて 2 つの完全に分離されたチャンネルを提供する。両側面上のゲート駆動接続 7 0 0 が、ここに必要である。この配置は、フルブリッジ、二重チャンネル共通ソース、及び二重チャンネル共通ドレイントポロジに使用される。

【 0 0 3 7 】

より高い電流に対して及び単一モジュールを望む顧客に対して、二重電力モジュール 2 0 0 のより大きい並置配置は、単一モジュール 8 0 0 の中に並置して構成された 2 つのモジュールから製造することができる。

【 0 0 3 8 】

詳細説明及び図面全体を通じて使用される参照番号は、以下の要素に対応する。

電力モジュール 1 0 0

電力ループ 1 1 0

共有電流路 1 2 0

第 1 の外部構成 1 5 0

二重チャンネル配置 1 5 2

底板 2 0 0

装着孔 2 0 3

スタンドオフ 2 1 0

ネジ付き孔 2 1 2

ネジ付き孔 2 9 0

電力基板 3 0 0

金属層 3 0 2

第 1 のトポロジパターンのハーフブリッジ基板 (half bridge substrate) 3 3 0

第 2 のトポロジパターンの共通ソース基板 (common source substrate) 3 4 0

第 3 のトポロジパターンの共通ドレイン基板 (common drain substrate) 3 5 0

電力接点 4 0 0

第 1 の電力接点 4 1 0

第 2 の電力接点 4 2 0

第 3 の電力接点 4 3 0

基部 4 5 0

10

20

30

40

50

接着面 4 5 2	
半田キャッチ 4 5 4	
垂直体 4 6 0	
第 1 の曲げ 4 6 2	
前縁 4 6 4	
反対面 4 6 6	
接点上部 4 7 0	
第 2 の曲げ 4 7 2	
上側位置 4 8 0	
下側位置 4 9 0	10
電力デバイス 5 0 0	
第 1 の並列電力デバイス 5 0 1	
第 2 の並列電力デバイス 5 0 2	
第 3 の並列電力デバイス 5 0 3	
第 4 の並列電力デバイス 5 0 4	
第 5 の並列電力デバイス 5 0 5	
第 6 の並列電力デバイス 5 0 6	
第 7 の並列電力デバイス 5 0 7	
第 8 の並列電力デバイス 5 0 8	
第 9 の並列電力デバイス 5 0 9	20
第 10 の並列電力デバイス 5 1 0	
第 11 の並列電力デバイス 5 1 1	
ゲート及びソースケルビン相互接続基板 6 0 0	
第 1 の相互接続チャネル 6 0 2	
外側ダイ開口 6 0 3	
第 2 の相互接続チャネル 6 0 4	
内側ダイ開口 6 0 5	
第 1 の相互接続位置 6 1 1	
第 2 の相互接続位置 6 1 2	
第 3 の相互接続位置 6 1 3	30
第 4 の相互接続位置 6 1 4	
個々の安定抵抗器 (individual ballast resistors) 6 4 0	
接着位置 6 4 2	
ゲートトラック 6 5 0	
ゲートパッド 6 5 1	
ソーストラック 6 5 2	
相互接続チャネル 6 5 4	
ゲート駆動接続 7 0 0	
第 1 のゲート駆動接続位置 7 0 1	
第 2 のゲート駆動接続位置 7 0 2	40
第 3 のゲート駆動接続位置 7 0 3	
第 4 のゲート駆動接続位置 7 0 4	
ハウジング 8 0 0	
沿面拡張器 8 0 2	
被膜エントリ及びベント 8 0 4	
キャプティブファスナ開口 (captive fasteners apertures) 8 0 6	
ラベル区域 8 0 8	
電力接点ピンチ及び半径 8 1 0	
強化リブ 8 1 2	
ボルト孔コア部分 8 1 4	50

ボルトヘッド逃し凹部 8 1 6
ファスナインサート 8 1 8
電力接点通路スライス 8 2 0
ワイヤ結合クリアランス開口 8 2 2
ボルト 8 3 0
ファスナ 9 0 0

【 0 0 3 9 】

上述の事項から、本発明は、構造に固有の他の利点と共に、本明細書に説明する全ての目的及び対象物を得るのに良好に適応していることは認められるであろう。特定の特徴及び部分的組合せは実用的であり、他の特徴及び部分的組合せを参照することなく使用することができるとも理解されるであろう。これは、特許請求の範囲によって考えられており、かつその範囲にある。多くの可能な実施形態は、本発明の範囲から逸脱することなく本発明について行うことができる。従って、本明細書に説明するか又は添付の図面に示されている全ての事柄は、例示であって限定する意味に解釈すべきではないことは理解しなければならない。

10

【 0 0 4 0 】

本出願の特許請求の範囲を解釈する時に、方法の特許請求の範囲は、特許請求の範囲の序文の用語「方法」の異なる使用、及び能動用語の「 i n g 」の意味の使用によって認識することができる。方法の特許請求の範囲は、クレーム要素が、具体的に以前の要素、以前の作動、又は以前の作動の結果を指さない限り、特定の順序で特定のステップを有すると解釈すべきではない。装置クレームは、特許請求の範囲の序文の用語「装置」の使用によって認識することができ、用語「手段」が具体的にクレーム要素において使用されない限り、「手段プラス機能言語」を有すると解釈すべきではない。用語「定める」、「有する」、又は「含む」は、追加の要素又は構造を可能にするオープンエンドのクレーム言語と解釈しなければならない。最後に、特許請求の範囲が、本発明の均等物の「 1 つの 」又は「 第 1 の 」要素を引用する場合、そのような特許請求の範囲は、 2 又はそれ以上のそのような要素を必要とすることなく又は除外することなく、 1 又は 2 以上のそのような要素の組み込みを含むことを理解しなければならない。

20

【 符号の説明 】

【 0 0 4 1 】

1 0 0 電力モジュール

30

【図 1】

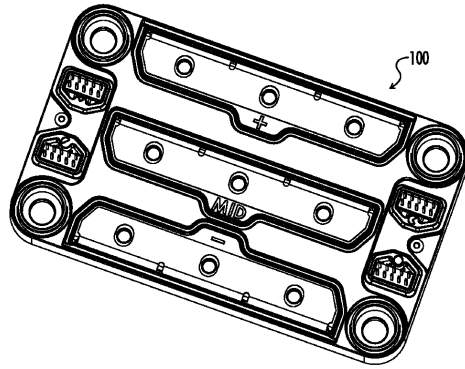


FIG. 1

【図 2】

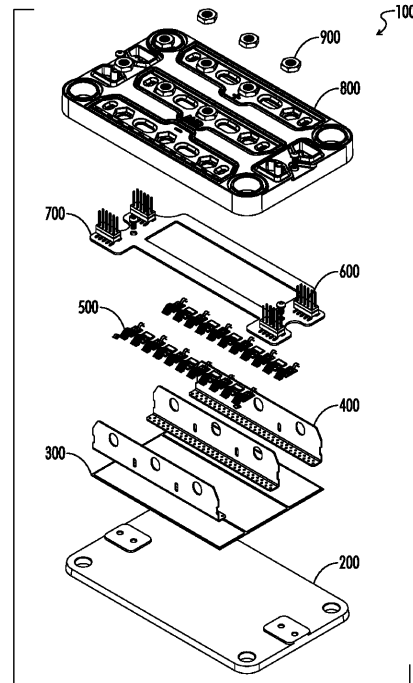


FIG. 2

【図 3】

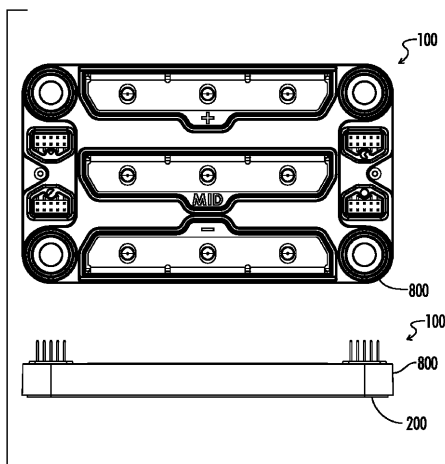


FIG. 3

【図 4】

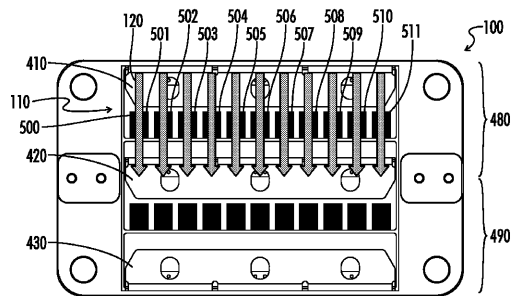


FIG. 4

【 図 5 】

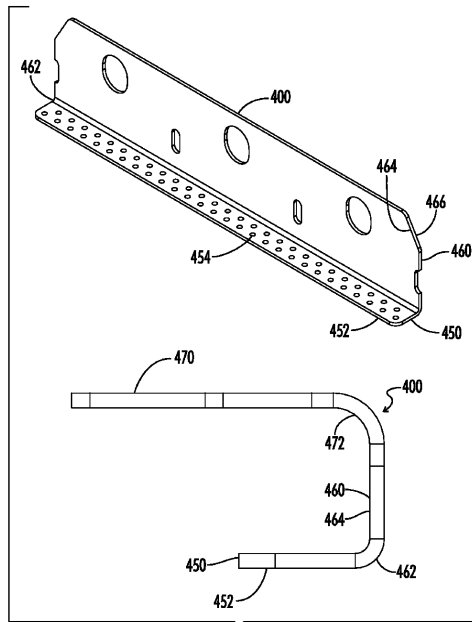


FIG. 5

【 図 6 】

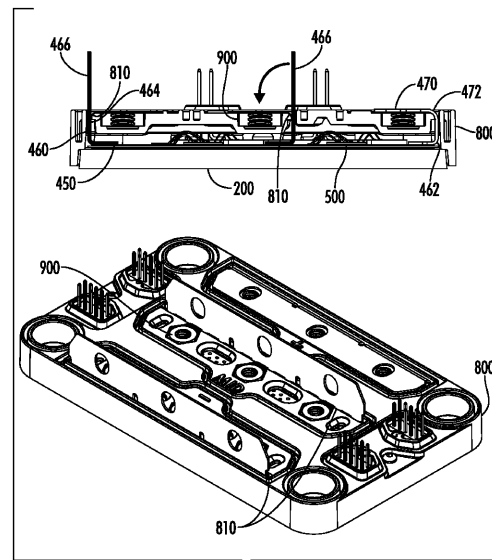


FIG. 6

【 図 7 】

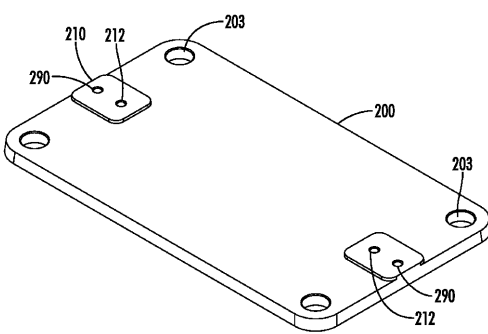


FIG. 7

【 図 8 】

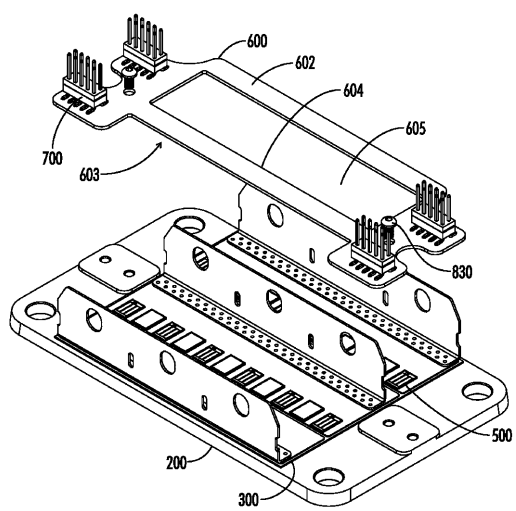


FIG. 8

【 図 9 】

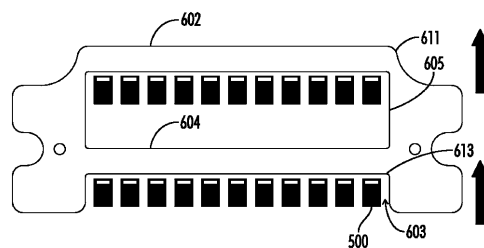


FIG. 9

【図 10】

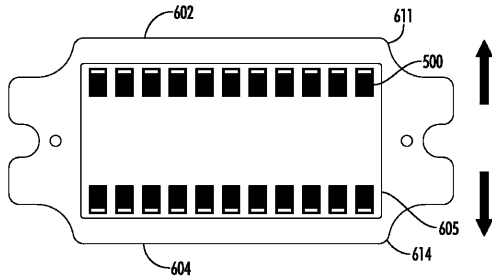


FIG. 10

【図 11】

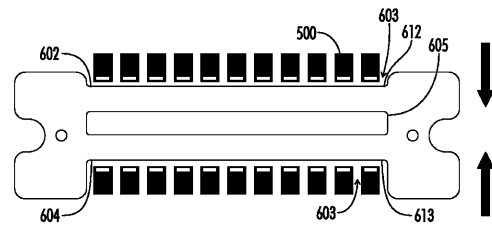


FIG. 11

【図 14】

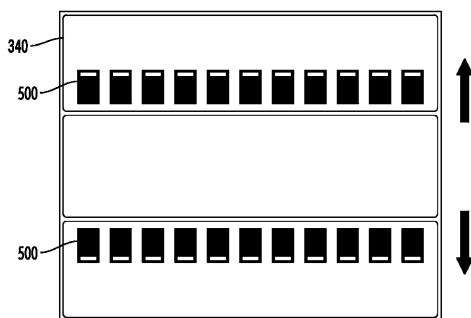


FIG. 14

【図 15】

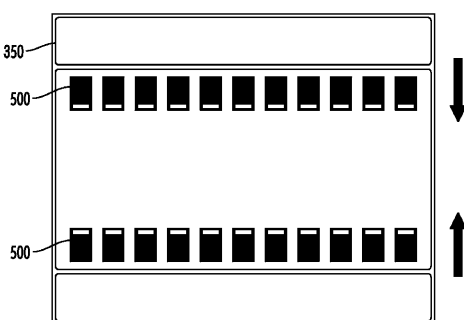


FIG. 15

【図 12】

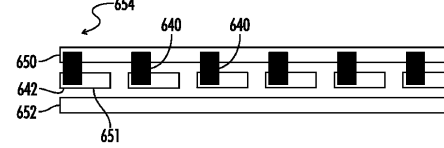


FIG. 12

【図 13】

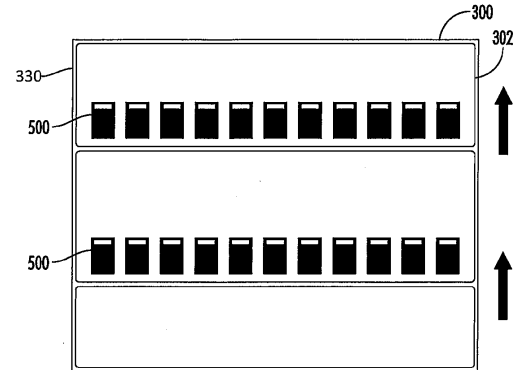


FIG. 13

【図 16】

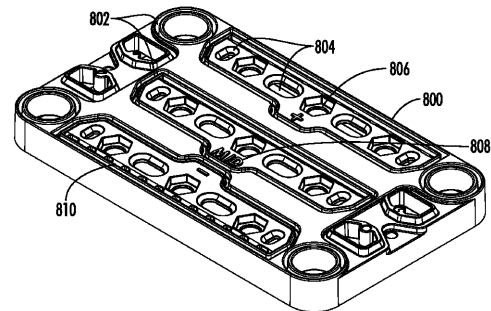


FIG. 16

【図 17】

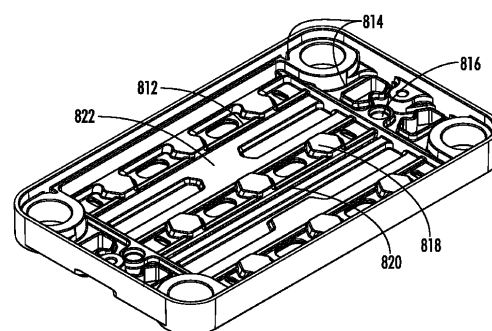


FIG. 17

【図 18】

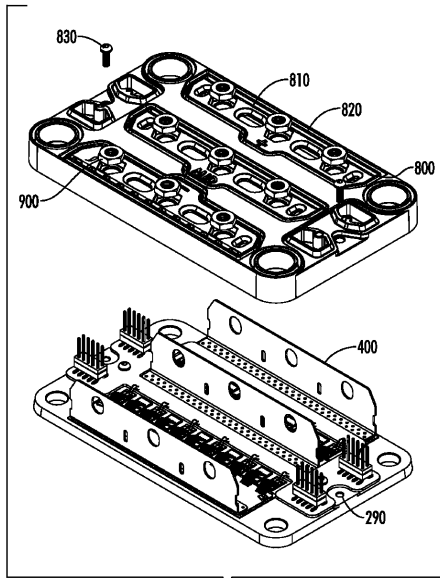


FIG. 18

【図 19】

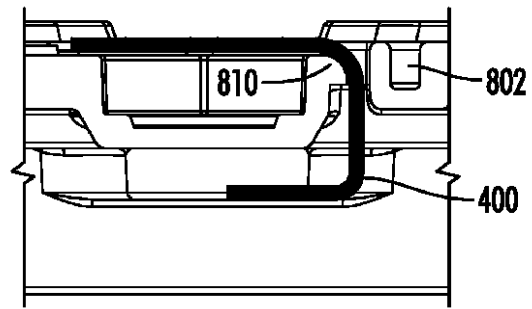


FIG. 19

【図 20】

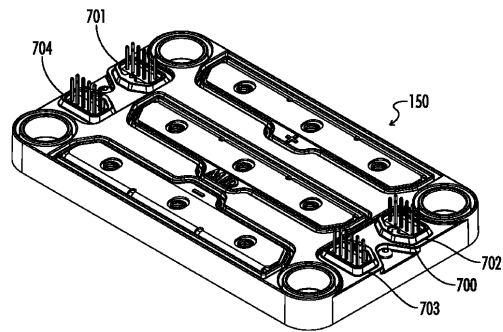


FIG. 20

【図 21】

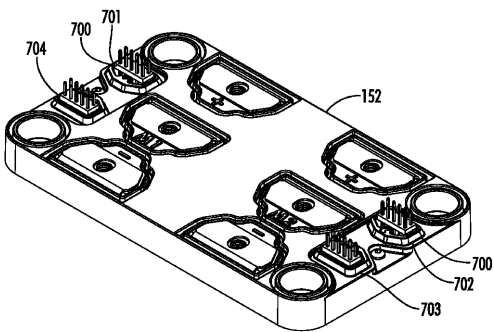


FIG. 21

【図 22】

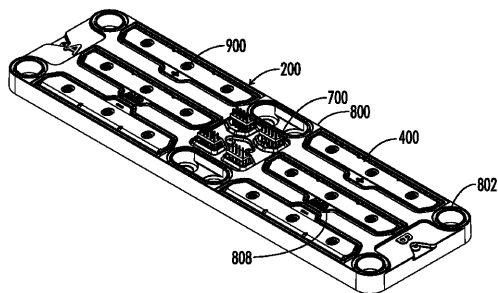


FIG. 22

フロントページの続き

- (74)代理人 100098475
弁理士 倉澤 伊知郎
- (74)代理人 100130937
弁理士 山本 泰史
- (74)代理人 100162824
弁理士 石崎 亮
- (72)発明者 マクファソン ブライス
アメリカ合衆国 アーカンソー州 7 2 7 0 4 ファイエットヴィル ウェスト ステップニー
コート 5 0 0 3
- (72)発明者 キリーン ピーター
アメリカ合衆国 アーカンソー州 7 2 7 0 3 ファイエットヴィル ノース フットローランド
ライブ 1 3 6 5 アpartment 9
- (72)発明者 ロステッター アレックス
アメリカ合衆国 アーカンソー州 7 2 7 0 4 ファイエットヴィル フリーダム プレイス 2
0 5 1
- (72)発明者 ショー ロバート
アメリカ合衆国 アーカンソー州 7 2 7 0 4 ファイエットヴィル ウェスト タンブルウィー
ド ストリート 4 9 8 7
- (72)発明者 パスモア ブランドン
アメリカ合衆国 アーカンソー州 7 2 7 0 3 ファイエットヴィル イースト ソンブレアード
ロード 5 6 2 4
- (72)発明者 ホーンバーガー ジャレド
アメリカ合衆国 アーカンソー州 7 2 7 6 4 スプリングデール パラセイズ アヴェニュー
8 8 4
- (72)発明者 ベリー トニー
アメリカ合衆国 アーカンソー州 7 2 7 6 4 スプリングデール フェアファックス アヴェニ
ュー 9 1 6

審査官 木下 直哉

- (56)参考文献 国際公開第 0 2 / 0 8 2 5 4 1 (WO, A 1)
特開 2 0 1 0 - 0 9 3 0 3 3 (JP, A)
特開 2 0 0 4 - 3 4 9 3 0 0 (JP, A)
特開平 1 0 - 2 5 6 4 1 1 (JP, A)
特開平 1 1 - 0 7 4 4 3 3 (JP, A)
特開昭 6 3 - 1 1 0 7 4 2 (JP, A)
特開昭 6 2 - 2 0 2 5 4 8 (JP, A)
特開 2 0 1 0 - 0 8 0 9 3 1 (JP, A)
特表 2 0 0 2 - 5 1 8 8 5 8 (JP, A)
国際公開第 2 0 1 3 / 1 4 6 2 1 2 (WO, A 1)
国際公開第 2 0 1 3 / 1 4 5 6 1 9 (WO, A 1)
特開 2 0 0 1 - 1 8 5 6 7 8 (JP, A)
特開 2 0 0 7 - 2 8 1 4 4 3 (JP, A)
米国特許出願公開第 2 0 0 7 / 0 2 1 5 9 0 3 (US, A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 0 0 1 4 8 2 (US, A 1)
米国特許第 0 5 4 5 9 6 5 5 (US, A)
米国特許出願公開第 2 0 0 3 / 0 1 0 2 5 0 6 (US, A 1)
米国特許第 0 5 0 3 8 1 9 7 (US, A)

特開2011-155088(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 25/00 - 25/18

H01L 23/48 - 23/50