

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-60135

(P2012-60135A)

(43) 公開日 平成24年3月22日(2012.3.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 23/473 (2006.01)	HO 1 L 23/46	5 E 3 2 2
HO 5 K 7/20 (2006.01)	HO 5 K 7/20	5 F 1 3 6

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2011-199149 (P2011-199149)
 (22) 出願日 平成23年9月13日 (2011. 9. 13)
 (31) 優先権主張番号 12/880, 386
 (32) 優先日 平成22年9月13日 (2010. 9. 13)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 507342261
 トヨタ モーター エンジニアリング ア
 ンド マニュファクチャリング ノース
 アメリカ, インコーポレイティド
 アメリカ合衆国, ケンタッキー 4101
 8, アーランガー, アトランティック ア
 ベニュー 25
 (74) 代理人 100099759
 弁理士 青木 篤
 (74) 代理人 100102819
 弁理士 島田 哲郎
 (74) 代理人 100123582
 弁理士 三橋 真二
 (74) 代理人 100147555
 弁理士 伊藤 公一

最終頁に続く

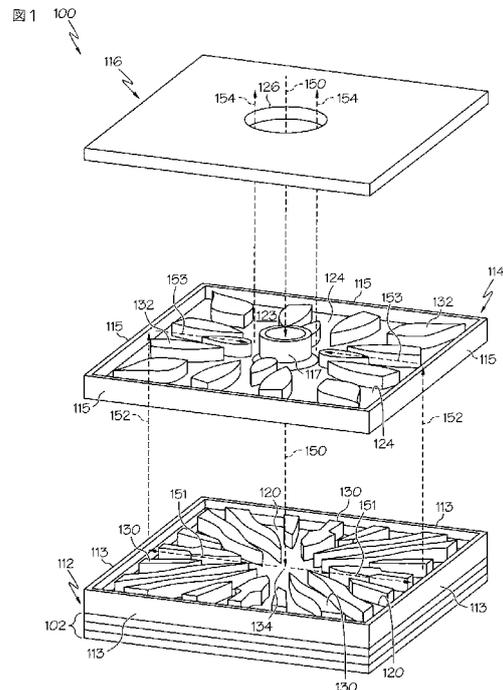
(54) 【発明の名称】 ジェット衝突熱交換装置及びパワーエレクトロニクス・モジュール

(57) 【要約】

【課題】熱発生デバイスを冷却するためのジェット衝突熱交換器を提供すること。

【解決手段】ジェット衝突熱交換器が、入口噴射口と、ターゲット層と、第2層と、移行チャンネルと、流体出口とを含んでいる。ターゲット層は、衝突領域と、衝突領域から半径方向に延びる複数のターゲット層マイクロチャンネルとを含んでいる。冷却剤流体ジェットは、衝突領域でターゲット層に衝突し、そしてターゲット層の周囲に向かって、半径方向に延びるターゲット層マイクロチャンネルを貫流する。第2層は、半径方向に延びる複数の第2層マイクロチャンネルを含んでいる。移行チャンネルは、第2層をターゲット層に流体カップリングするように、ターゲット層と第2層との間に位置する。冷却剤流体は、移行チャンネルと半径方向に延びる複数の第2層マイクロチャンネルとを貫流する。流体出口は、第2層に流体カップリングされている。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ジェット衝突熱交換器であって、入口噴射口と、ターゲット層と、第 2 層と、移行チャンネルと、流体出口とを含んでおり、

前記入口噴射口は、冷却剤流体ジェットを生成するように作業可能であり、

前記ターゲット層は、衝突領域と複数のターゲット層マイクロチャンネルとを含んでおり、前記複数のターゲット層マイクロチャンネルは前記衝突領域から半径方向に延びており、前記冷却剤流体ジェットが前記衝突領域で前記ターゲット層に衝突し、前記冷却剤流体は、前記ターゲット層の周囲に向かって前記複数のターゲット層マイクロチャンネルを貫流し、

前記第 2 層は複数の第 2 層マイクロチャンネルを含んでおり、

前記移行チャンネルは、前記ターゲット層と前記第 2 層との間に位置してあり、前記第 2 層を前記ターゲット層に流体カップリングしてあり、前記冷却剤流体は、前記移行チャンネルと前記複数の第 2 層マイクロチャンネルとを貫流し、

前記流体出口は、前記第 2 層に流体カップリングされてあり、前記冷却剤流体は前記複数の第 2 層マイクロチャンネルから前記流体出口を貫流する、ジェット衝突熱交換器。

【請求項 2】

前記流体出口は前記入口噴射口と同心的である、請求項 1 に記載のジェット衝突熱交換器。

【請求項 3】

前記入口噴射口は実質的に円筒形であり、前記第 2 層と一体である、請求項 1 に記載のジェット衝突熱交換器。

【請求項 4】

さらに、前記第 2 層にカップリングされた流体出口板を含んであり、前記流体出口は前記流体出口板内に配置されている、請求項 1 に記載のジェット衝突熱交換器。

【請求項 5】

前記移行チャンネルは、前記ジェット衝突熱交換器の周囲で、前記ターゲット層と前記第 2 層との間に配置されてあり、前記複数のターゲット層マイクロチャンネル、及び前記複数の第 2 層マイクロチャンネルに対して垂直である、請求項 1 に記載のジェット衝突熱交換器。

【請求項 6】

ジェット衝突熱交換器であって、入口噴射口と、ターゲット層と、第 2 層と、移行チャンネルと、流体出口板とを含んでおり、

前記入口噴射口は、冷却剤流体ジェットを生成するように作業可能であり、

前記ターゲット層は、衝突領域と複数のターゲット層マイクロチャンネルとを含んであり、前記複数のターゲット層マイクロチャンネルは前記衝突領域から半径方向に延びてあり、前記冷却剤流体ジェットが前記衝突領域で前記ターゲット層に衝突し、前記冷却剤流体は、前記ターゲット層の周囲に向かって前記複数のターゲット層マイクロチャンネルを貫流し、

前記第 2 層は複数の第 2 層マイクロチャンネルを含んであり、前記入口噴射口が前記第 2 層と一体であり、

前記移行チャンネルは、前記ジェット衝突熱交換器の周囲で、前記ターゲット層と前記第 2 層との間に配置されてあり、前記移行チャンネルは、前記複数のターゲット層マイクロチャンネル、及び前記複数の第 2 層マイクロチャンネルに対して垂直であり、

前記移行チャンネルは、前記第 2 層を前記ターゲット層に流体カップリングしてあり、前記冷却剤流体は、前記移行チャンネルと前記複数の第 2 層マイクロチャンネルとを貫流し、

前記流体出口板は前記第 2 層にカップリングされていて、前記流体出口板は、前記第 2 層に流体カップリングされた、前記入口ジェットと同心的な流体出口を含んであり、前記冷却剤流体は前記複数の第 2 層マイクロチャンネルから前記流体出口を貫流する、ジェット衝突熱交換器。

10

20

30

40

50

【請求項 7】

前記ターゲット層は、1つ又は2つ以上の湾曲壁を有する複数のターゲット層構成物を含んでおり、前記複数のターゲット層マイクロチャンネルは、前記複数のターゲット層構成物の間に配置されており、

前記第2層は、1つ又は2つ以上の湾曲壁を有する複数の第2層構成物を含んでおり、前記複数の第2層マイクロチャンネルは、前記複数の第2層構成物の間に配置されている、請求項1または請求項6に記載のジェット衝突熱交換器。

【請求項 8】

前記複数のターゲット層マイクロチャンネルによって画定されたターゲット層マイクロチャンネル・パターンが、前記複数の第2層マイクロチャンネルによって画定された第2層マイクロチャンネル・パターンとは異なる、請求項1または請求項6に記載のジェット衝突熱交換器。

10

【請求項 9】

ジェット衝突熱交換器と、基層と、パワーエレクトロニクス・デバイスとを含むパワーエレクトロニクス・モジュールであって、

前記ジェット衝突熱交換器は入口噴射口と、ターゲット層と、第2層と、移行チャンネルと、流体出口とを含んでおり、

前記入口噴射口は、冷却剤流体ジェットを生成するように作業可能であり、

前記ターゲット層は、衝突領域と複数のターゲット層マイクロチャンネルとを含んでおり、前記複数のターゲット層マイクロチャンネルは前記衝突領域から半径方向に延びており、前記冷却剤流体ジェットが前記衝突領域で前記ターゲット層に衝突し、前記冷却剤流体は、前記ターゲット層の周囲に向かって前記複数のターゲット層マイクロチャンネルを貫流し、

20

前記第2層は複数の第2層マイクロチャンネルを含んでおり、

前記移行チャンネルは、前記ターゲット層と前記第2層との間に位置していて、前記第2層を前記ターゲット層に流体カップリングしており、前記冷却剤流体は、前記移行チャンネルと前記複数の第2層マイクロチャンネルとを貫流し、

前記流体出口は、前記第2層に流体カップリングされていて、前記入口噴射口と同心的であり、前記冷却剤流体は前記複数の第2層マイクロチャンネルから前記流体出口を貫流し、

30

前記基層は、前記ターゲット層の裏側にカップリングされており、

前記パワーエレクトロニクス・デバイスは前記基層にカップリングされており、前記パワーエレクトロニクス・デバイスによって生じた熱は、少なくとも前記基層及び前記ターゲット層を通る前記ジェット衝突熱交換器内部の冷却剤流体に伝達される、パワーエレクトロニクス・モジュール。

【請求項 10】

さらに、付加的なジェット衝突熱交換器を含み、前記ジェット衝突熱交換器は、前記パワーエレクトロニクス・デバイスの第1の側にカップリングされており、前記付加的なジェット衝突熱交換器は、前記パワーエレクトロニクス・デバイスの第2の側にカップリングされている、請求項9に記載のパワーエレクトロニクス・モジュール。

40

【請求項 11】

前記入口噴射口は実質的に円筒形であり、前記第2層と一体である、請求項9に記載のパワーエレクトロニクス・モジュール。

【請求項 12】

さらに、前記第2層にカップリングされた流体出口板を含んでおり、前記流体出口は前記流体出口板内に配置されている、請求項9に記載のパワーエレクトロニクス・モジュール。

【請求項 13】

前記移行チャンネルは、前記ジェット衝突熱交換器の周囲で、前記ターゲット層と前記第2層との間に配置されており、前記複数のターゲット層マイクロチャンネル、及び前記複数

50

の第2層マイクロチャンネルに対して垂直である、請求項9に記載のパワーエレクトロニクス・モジュール。

【請求項14】

前記ターゲット層は、1つ又は2つ以上の湾曲壁を有する複数のターゲット層構成物を含んでおり、前記複数のターゲット層マイクロチャンネルは、前記複数のターゲット層構成物の間に配置されており、

前記第2層は、1つ又は2つ以上の湾曲壁を有する複数の第2層構成物を含んでおり、前記複数の第2層マイクロチャンネルは、前記複数の第2層構成物の間に配置されている、請求項9に記載のパワーエレクトロニクス・モジュール。

【請求項15】

前記複数のターゲット層マイクロチャンネルによって画定されたターゲット層マイクロチャンネル・パターンが、前記複数の第2層マイクロチャンネルによって画定された第2層マイクロチャンネル・パターンとは異なる、請求項9に記載のパワーエレクトロニクス・モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は概して、熱発生デバイス、例えばパワーエレクトロニクス・デバイスを冷却するための装置、より具体的には、半径方向に延びる複数のマイクロチャンネル（微小流路）を通るマルチパス流体流を利用した、ジェット衝突熱交換器(jet impingement heat exchangers)及びパワーエレクトロニクス・モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

ヒートシンクデバイスを熱発生デバイス、例えばパワーエレクトロニクス・デバイスにカップリング（連結）することにより、熱を除去し、熱発生デバイスの最大動作温度を低くすることができる。対流熱伝達によって熱発生デバイスにより生じた熱を受容し、そしてこのような熱を熱発生デバイスから除去するために、冷却流体を使用することができる。例えば冷却流体ジェット（噴流）を、これが熱発生デバイスの表面に衝突するように導くことができる。熱発生デバイスから熱を除去する別の方法は、熱伝導性材料、例えばアルミニウムから形成されたフィン付きヒートシンクにデバイスをカップリングすることである。

【0003】

しかしながら、新たに開発される電気システムの要求に基づき、パワーエレクトロニクスが、高められた電力レベルで動作し、高められた相応の熱流束を発生させるように設計されるのに伴って、コンベンショナルなヒートシンクは、パワーエレクトロニクスの動作温度を許容し得る温度レベルに効果的に低下させるように十分に熱流束を除去することはできない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従って、熱発生デバイスを冷却するための、これに代わるジェット衝突熱交換器及び方法が必要である。

【課題を解決するための手段】

【0005】

一実施形態の場合、ジェット衝突熱交換器が入口噴射口と、ターゲット層と、第2層と、移行チャンネル（流路）と、流体出口とを含んでいる。入口噴射口は、冷却剤流体ジェットを生成するように作業可能である。ターゲット層は、衝突領域と複数のターゲット層マイクロチャンネルとを含んでいる。ターゲット層マイクロチャンネルは衝突領域から半径方向に延びている。冷却剤流体ジェットは衝突領域でターゲット層に衝突し、ターゲット層の周囲に向かって、半径方向に延びるターゲット層マイクロチャンネルを貫流する。第2層は

10

20

30

40

50

、半径方向に延びる複数の第2層マイクロチャンネルを含んでいる。移行チャンネルは、第2層をターゲット層に流体カップリングするように、ターゲット層と第2層との間に位置しており、冷却剤流体は、移行チャンネルと半径方向に延びる複数の第2層マイクロチャンネルとを貫流する。流体出口は、冷却剤流体が半径方向に延びる複数の第2層マイクロチャンネルから流体出口を貫流するように、第2層に流体カップリングされている。

【0006】

別の実施形態の場合、パワーエレクトロニクス・モジュールがジェット衝突熱交換器と、基層と、パワーエレクトロニクス・デバイスとを含んでいる。ジェット衝突熱交換器が入口噴射口と、ターゲット層と、第2層と、移行チャンネルと、流体出口とを含んでいる。入口噴射口は、冷却剤流体ジェットを生成するように作業可能である。ターゲット層は、衝突領域と複数のターゲット層マイクロチャンネルとを含んでいる。ターゲット層マイクロチャンネルは衝突領域から半径方向に延びている。冷却剤流体ジェットは衝突領域でターゲット層に衝突し、ターゲット層の周囲に向かって、半径方向に延びるターゲット層マイクロチャンネルを貫流する。第2層は、半径方向に延びる複数の第2層マイクロチャンネルを含んでいる。移行チャンネルは、第2層をターゲット層に流体カップリングするように、ターゲット層と第2層との間に位置しており、冷却剤流体は、移行チャンネルと半径方向に延びる複数の第2層マイクロチャンネルとを貫流する。流体出口は、冷却剤流体が半径方向に延びる複数の第2層マイクロチャンネルから流体出口を貫流するように、第2層に流体カップリングされている。基層は、ターゲット層の裏側にカップリングされており、パワーエレクトロニクス・デバイスは基層にカップリングされている。パワーエレクトロニクス・デバイスによって生じた熱は、少なくとも基層及びターゲット層を通るジェット衝突熱交換器内部の冷却剤流体に伝達される。

10

20

【0007】

さらに別の実施形態の場合、ジェット衝突熱交換器が入口噴射口と、ターゲット層と、第2層と、移行チャンネルと、流体出口を有する流体出口板とを含んでいる。入口噴射口は、冷却剤流体ジェットを生成するように作業可能である。ターゲット層は、衝突領域と複数のターゲット層マイクロチャンネルとを含んでおり、ターゲット層マイクロチャンネルは衝突領域から半径方向に延びている。冷却剤流体ジェットは衝突領域でターゲット層に衝突し、冷却剤流体はターゲット層の周囲に向かって、半径方向に延びるターゲット層マイクロチャンネルを貫流する。第2層は、半径方向に延びる複数の第2層マイクロチャンネルを含んでおり、入口噴射口が第2層と一体である。移行チャンネルは、ジェット衝突熱交換器の周囲で、ターゲット層と第2層との間に配置されており、そしてターゲット層マイクロチャンネル及び第2層マイクロチャンネルに対して垂直である。移行チャンネルは、冷却剤流体が移行チャンネルと半径方向に延びる複数の第2層マイクロチャンネルとを貫流するように、第2層をターゲット層に流体カップリングしている。流体出口板は第2層にカップリングされていて、流体出口は該入口噴射口と同心的である。流体出口は、冷却剤流体が半径方向に延びる複数の第2層マイクロチャンネルから流体出口を貫流するように、第2層に流体カップリングされている。

30

【0008】

本明細書中に記載された実施形態によって提供されたこれらの特徴及びさらなる特徴は、図面とともに下記詳細な説明に照らしてより十分に理解することができる。

40

【0009】

図面に示した実施形態は本質的に一例に過ぎず、特許請求の範囲によって定義されるものを限定しようとするものではない。例示した実施形態の下記詳細な説明は、図面とともに読むと理解することができる。同様の構造は同じ符号で示されている。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本明細書中で説明される図示の1つ又は2つ以上の実施形態に基づく、ジェット衝突熱交換器を示す斜視分解図である。

【図2】本明細書中で説明される図示の1つ又は2つ以上の実施形態に基づく、パワーエ

50

レクトロニクス・デバイス、基層、ジェット衝突熱交換器を示す断面図である。

【図3A】図1に示されたジェット衝突熱交換器のターゲット層内の冷却剤流体流を示す概略図である。

【図3B】図1に示されたジェット衝突熱交換器の第2層内の冷却剤流体流を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

図1はジェット衝突熱交換器の一実施形態を全体的に示している。ジェット衝突熱交換器は概ね、入口噴射口と、ターゲット層と、第2層と、移行チャンネルと、流体出口とを含んでいる。ターゲット層は衝突領域を有しており、この衝突領域は、入口噴射口並びに複数のターゲット層マイクロチャンネルを介して、冷却剤流体ジェットを受容するように形成されている。ターゲット層マイクロチャンネルは、衝突領域からターゲット層の周囲へ冷却剤流体を最適に辿らせる。移行チャンネルはターゲット層を第2層に流体カップリングしている。冷却剤流体は移行チャンネルを通して、そして複数の第2層マイクロチャンネル内に流入する。第2層マイクロチャンネルは、冷却剤流体を流体出口に向かって最適に導く。次いで、流体出口で、冷却剤流体はジェット衝突熱交換器から出る。ジェット衝突熱交換器の2つの層は、冷却剤流体が、熱発生デバイスによって加熱された表面全体にわたって2つの方向で移動するマルチパス熱交換器を可能にする。冷却剤流体がより大きい表面積と接触し、移行チャンネルで流体混合させられるので、マルチパス構成物は冷却の増強を可能にする。実施形態は、衝突ジェット構造の構成物とチャンネルに基づく構造の構成物とを組み合わせることにより、片面又は両面冷却のための多層熱交換器構造を形成する。ジェット衝突熱交換器、パワーエレクトロニクス・モジュール及びこれらの動作の種々の実施形態を、より詳細にここに説明する。

【0012】

図1及び2をここで参照すると、模範的なジェット衝突熱交換器100、及びジェット衝突熱交換器100を利用したパワーエレクトロニクス・モジュール170がそれぞれ示されている。図1は、ジェット衝突熱交換器100の一実施形態の分解図であり、図2は、ジェット衝突熱交換器100を含むパワーエレクトロニクス・モジュール170の断面図である。本明細書中に使用される「パワーエレクトロニクス・モジュール」という用語は大まかに言えば、1つ又は2つ以上の熱発生デバイス140（例えばパワーエレクトロニクス・デバイス）がカップリングされたジェット衝突熱交換器を意味する。図1に示されたジェット衝突熱交換器100は概ね、入口噴射口117と、ターゲット層112と、第2層114と、流体出口126とを含んでいる。下でより詳細に説明するように、冷却剤流体をジェット衝突熱交換器100内に導入することにより、パワーエレクトロニクス・デバイスの動作温度を低下させることができる。

【0013】

一実施形態の場合、入口噴射口117は、第2層114内に円筒体として一体的に形成されていてよい。入口噴射口117は種々様々な形態を成していてもよく、図1に示された形態に限定されるのではないことは言うまでもない。別の実施形態では、入口噴射口117は第2層114とは別個の構成部分であってもよい。例えば、入口噴射口117は、第2層114の開口内に嵌め込まれたノズルとして形成されてよい。入口噴射口117は、熱発生デバイス140（図2参照）によって発生する熱エネルギーの伝達を助けるために、熱伝導性材料から形成されてよい。

【0014】

入口噴射口117内に、矢印150によって示すように冷却剤流体を導入することができる。冷却剤流体ライン（図示せず）を（例えば流体継ぎ手を介して）入口噴射口117に流体カップリングすることができる。冷却剤流体ラインは、冷却剤流体源（図示せず）、例えば自動車のラジエータ又はその他の類似の冷却剤流体リザーバに接続されていてよい。冷却剤流体は、熱交換用途に使用される任意のタイプの流体、例えばラジエータ流体及び水であってよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 5 】

ターゲット層 1 1 2 は、衝突領域 1 3 4 と、ターゲット層壁 1 1 3 と、半径方向に延びる複数のターゲット層マイクロチャンネル 1 2 0 とを含んでいる。衝突領域 1 3 4 は、冷却剤流体が衝突するターゲット層部分である。衝突領域 1 3 4 に衝突後、冷却剤流体は矢印 1 5 1 によって示されているように、ターゲット層マイクロチャンネル 1 2 0 を通って外向きに、ターゲット層壁 1 1 3 に向かって流れる。ターゲット層壁 1 1 3 は、ターゲット層 1 1 2 内部に冷却剤流体を維持する。図 3 A を参照すると、ターゲット層冷却剤流体流のパターン 1 6 0 が示されている。ターゲット層冷却剤は、ターゲット層 1 1 2 の中心から周囲に流れる。

【 0 0 1 6 】

図 1 に示されているように、半径方向に延びるターゲット層マイクロチャンネル 1 2 0 は、種々異なる形状及びサイズの複数のターゲット層構成物 1 3 0 によって画定されている。ターゲット層構成物 1 3 0 は湾曲壁を有しており、圧力降下を低減し、熱伝達を増強し、そしてターゲット層 1 1 2 の周囲に向かって冷却剤流体を導くように幾何学的に最適化されている。本明細書中に使用される「最適化」という用語は、構成物の幾何学的形態及び結果として形成されるマイクロチャンネルが、流体流を増強し、圧力降下を低減し、そして冷却剤流体への熱伝達を増大させるように構成されていることを意味する。換言すれば、マイクロチャンネルは単純に直線的なチャンネルではなく、マイクロチャンネルを画定する構成物は湾曲壁を有しており、サイズ及び形状は種々様々である。ターゲット層構成物 1 3 0 の幾何学的形態を選択することにより、冷却剤流体は、ターゲット層マイクロチャンネル 1 2 0 内でより効率的に流れることができる。湾曲壁はまた、冷却剤流体がターゲット層 1 1 2 と接触する表面積を多くし、これにより、ターゲット層 1 1 2 から冷却剤流体への熱伝達を増大させる。ターゲット層構成物 1 3 0、及び結果としてこれらの構成物 1 3 0 間に位置するターゲット層マイクロチャンネル 1 2 0 の幾何学的形態は、例えばコンピュータ・シミュレーションによって割り出すことができる。ターゲット層マイクロチャンネル 1 2 0 のために利用される幾何学的形態は、例えば流れ抵抗、冷却剤流体のタイプ、及びパワーエレクトロニクス・デバイスの所望の最大動作温度のようなパラメータに依存することができる。

【 0 0 1 7 】

ターゲット層 1 1 2 は、ターゲット層 1 1 2 から冷却剤流体への熱エネルギーの伝達を可能にする熱伝導性材料から形成されていてよい。模範的な材料の一例としては、銅、アルミニウム、熱的に強化された複合材料、及びポリマー複合材料が挙げられる。ターゲット層 1 1 2 及び相応の構成部分は、モールディング法、機械加工法、又は所望の形状及び形態を達成するための同様の方法によって形成されてよい。

【 0 0 1 8 】

ターゲット層 1 1 2 には第 2 層 1 1 4 がカップリングされている。この第 2 層 1 1 4 は、ジェット衝突熱交換器 1 0 0 内部の冷却剤流体の第 2 パスを可能にする。第 2 層 1 1 4 は、ターゲット層壁 1 1 3 と第 2 層壁 1 1 5 との界面で、適宜のカップリング方法によってターゲット層 1 1 2 にカップリングされていてよい。例えば、第 2 層 1 1 4 は、薄い金属合金を使用して 2 つの構造間をろう付けすることにより、ターゲット層 1 1 2 に熱カップリングされていてよい。はんだ付けを利用してもよい。拡散接合を用いて第 2 層 1 1 4 とターゲット層 1 1 2 とをカップリングしてもよい。第 2 層 1 1 4 とターゲット層 1 1 2 とをカップリングするために選ばれる方法は、2 つの層がシーリングされ、冷却剤流体がジェット衝突熱交換器 1 0 0 内部に残ることを保証するべきである。シーラント及び/又はオーバーモールディングを利用することもできる。

【 0 0 1 9 】

図 2 を参照すると、第 2 層 1 1 4 とターゲット層 1 1 2 との間に移行チャンネル 1 2 2 が配置されている。移行チャンネル 1 2 2 はジェット衝突熱交換器 1 0 0 の周囲に配置されており、第 2 層 1 1 4 の底面 1 2 3 と第 2 層壁 1 1 5 との間の 1 つ又は 2 つ以上のギャップによって形成されていてよい。このギャップは、矢印 1 5 2 によって示されているように

10

20

30

40

50

、冷却剤流体がターゲット層 1 1 2 から第 2 層 1 1 4 に流れるのを可能にする。移行チャンネル 1 2 2 内部の冷却剤流体の流れは、ターゲット層 1 1 2 内の冷却剤流体の流れに対して垂直である。

【 0 0 2 0 】

冷却剤流体は移行チャンネル 1 2 2 を貫流し、そして第 2 層 1 1 4 内を流れるのに伴って、ターゲット層マイクロチャンネル 1 2 0 内部の流動方向から 1 8 0 度旋回する。図 1 に示すように、第 2 層 1 1 4 は、半径方向に延びる複数の第 2 層マイクロチャンネル 1 2 4 を含む。第 2 層マイクロチャンネルは、複数の第 2 層構成物 1 3 2 によって画定されている。冷却剤流体は、第 2 層 1 1 4 の周囲（第 2 層壁 1 1 5）から、第 2 層マイクロチャンネル 1 2 4 を通って、第 2 層 1 1 4 の中心に向かって流れる。ターゲット層マイクロチャンネル 1 2 0 及びターゲット層構成物 1 3 0 に関して上述したように、第 2 層マイクロチャンネル 1 2 4 及び第 2 層構成物 1 3 2 は、種々異なる幾何学的な形状及びサイズを有している。

【 0 0 2 1 】

第 2 層構成物 1 3 2 は湾曲壁を有しており、圧力降下を低減し、熱伝達を増強し、矢印 1 5 3 によって示されているように、第 2 層 1 1 4 の中心に向かって冷却剤流体を効率的に導くように、幾何学的に最適化される。第 2 層構成物 1 3 2 の幾何学的形態を操作することにより、冷却剤流体は第 2 層マイクロチャンネル 1 2 4 内部でより効率的に流れることができる。ターゲット層構成物に関して上述したように、第 2 層構成物 1 3 2 の湾曲壁はまた、冷却剤流体が第 2 層 1 1 4 と接触する表面積を多くし、これにより、第 2 層 1 1 4 から冷却剤流体への熱伝達を増大させる。第 2 層構成物 1 3 2、及び結果としてこれらの構成物 1 3 2 間に位置する第 2 層マイクロチャンネル 1 2 4 の幾何学的形態は、例えばコンピュータ・シミュレーションによって割り出すこともできる。第 2 層マイクロチャンネル 1 2 4 のために利用される幾何学的形態は、例えば流れ抵抗、冷却剤流体のタイプ、及びパワーエレクトロニクス・デバイスの所望の最大動作温度のようなパラメータに依存することができる。

【 0 0 2 2 】

図 3 B は、第 2 層の冷却剤流体の流れパターン 1 6 2 を示している。なお、ターゲット層マイクロチャンネル 1 2 0 によって画定されたパターンは、第 2 層マイクロチャンネル 1 2 2 によって画定されたパターンとは異なる。異なるパターンは、2 つの層内部の流体流の方向が異なることから生じる。ターゲット層 1 1 2 内では、冷却剤流体は、中心からターゲット層 1 1 2 の周囲へ流れる。第 2 層 1 1 4 内では、冷却剤流体は、周囲から第 2 層 1 1 4 の中心に流れる。また、第 2 層構成物 1 3 2 はターゲット層構成物 1 3 0 とはサイズ及び幾何学的形態が異なる。言うまでもなく、図 1 に示されたものとは異なるターゲット層マイクロチャンネル及び第 2 層マイクロチャンネルを利用してもよい。

【 0 0 2 3 】

第 2 層 1 4 4 も、ターゲット層 1 1 2 からの冷却剤流体への熱エネルギー伝達を可能にする熱伝導性材料から形成されていてよい。ターゲット層 1 1 2 に関して記載したように、模範的な材料の一例としては、銅、アルミニウム、熱的に強化された複合材料、及びポリマー複合材料が挙げられる。第 2 層 1 1 4 及び相応の構成部分は、モールディング法、機械加工法、又は所望の形状及び形態を達成するための同様の方法によって形成されてよい。

【 0 0 2 4 】

今一度図 1 を参照すると、ジェット衝突熱交換器 1 0 0 から、加熱された冷却剤流体が流出するのを可能にするために流体出口 1 2 6 が設けられている。冷却剤流体は、ターゲット層 1 1 2 及び第 2 層 1 1 4 の熱伝達表面に対して垂直に流出してよい。図示した実施形態の場合、流体出口 1 2 6 は、第 2 層 1 1 4 にカップリングされた流体出口板 1 1 6 内部の開口として形成されている。流体出口板 1 1 6 は、第 2 層 1 1 4 をターゲット層 1 1 2 にカップリングすることに関して上述したろう付け、はんだ付け、及び拡散接合カップリング方法（又は他の方法）を介して、第 2 層 1 1 4 に熱カップリングされていてよい。流体出口板 1 1 6 は、熱伝導性材料から形成されていてよい。

【 0 0 2 5 】

流体出口 1 2 6 は、流体出口板 1 1 6 内部の円形開口として図示されてはいるが、他の形態も可能である。例えば、流体出口に流体継ぎ手装置（図示）が設けられていてよい。流体継ぎ手装置は、加熱された冷却剤流体を冷却剤流体リザーバ（図示せず）に戻す流体ライン（図示せず）と係合するように形成されている。冷却剤流体リザーバでは、冷却剤流体は冷却され、ジェット衝突熱交換器 1 0 0 及び / 又は他のシステムに戻るように再循環されてよい。

【 0 0 2 6 】

図 1 及び 2 に示されているように、流体出口 1 2 6 は、所要スペースを最小限に抑え、そしてよりコンパクトなデバイスにするために、入口噴射口 1 1 7 と同心的であってよい。入口噴射口 1 1 7 と同心的な流体出口 1 2 6 を使用すると、ターゲット層 1 1 2 及び第 2 層 1 1 4 内部の冷却剤流体の対称的な流れも可能になる。

【 0 0 2 7 】

ここで図 2 を具体的に参照すると、パワーエレクトロニクス・デバイス 1 4 0 とジェット衝突熱交換器 1 0 0 とを含むパワーエレクトロニクス・モジュール 1 7 0 が示されている。ジェット衝突熱交換器 1 0 0 は、パワーエレクトロニクス・デバイス 1 4 0 によってその動作中に発生する熱流束を除去するために使用されてよい。パワーエレクトロニクス・デバイス 1 4 0 は、1 つ又は 2 つ以上の半導体デバイスであってよい。このような半導体デバイスの一例としては、I G B T、R C - I G B T、M O S F E T、パワー M O S F E T、ダイオード、トランジスタ、及び / 又はこれらの組み合わせ（例えばパワーカード）が挙げられる。一例としては、パワーエレクトロニクス・デバイス 1 4 0 は例えばハイブリッド電気車両、又は電気車両における車両電気系統（例えばインバータ・システム）に使用されてよい。このようなパワーエレクトロニクス・デバイスは、車両を推進するときに顕著な熱流束を発生させることがある。言うまでもないが、本明細書中に記載されたジェット衝突熱交換器は、他の用途に利用されてもよく、車両用途に限定されるものではない。

【 0 0 2 8 】

ジェット衝突熱交換器 1 0 0 はさらに、基層 1 0 2 を含んでいてよい。この基板 1 0 2 には、パワーエレクトロニクス・デバイス 1 4 0 がカップリングされてよい。基層 1 0 2 は熱伝導性層であってよい。熱伝導性層は、パワーエレクトロニクス・デバイス 1 4 0 によって生じた熱エネルギーを、ジェット衝突熱交換器 1 0 0 のターゲット層 1 1 2 及び第 2 層 1 1 4 に伝達するのを助ける。基層 1 0 2 は、直接接合されたアルミニウム基板、直接接合された銅基板、又は同様の基層を含んでよい。

【 0 0 2 9 】

パワーエレクトロニクス・デバイス 1 4 0 は、任意の適宜のカップリング方法を用いて、基層 1 0 2 にカップリングされてよい。一実施形態の場合、パワーエレクトロニクス・デバイス 1 4 0 を基層 1 0 2 / ジェット衝突熱交換器 1 0 0 にカップリングするために、接合層 1 0 3 を使用する。非限定的な一例として、接合層は、はんだ層、ナノ銀焼結層、又は過渡液相層を含んでよい。

【 0 0 3 0 】

一実施形態の場合、パワーエレクトロニクス・モジュールが両面冷却構造を含むように、上記カップリング方法によって、パワーエレクトロニクス・デバイスに付加的なジェット衝突熱交換器がカップリングされてもよい。パワーエレクトロニクス・デバイスの第 1 の側（例えば頂面）に第 1 のジェット衝突熱交換器がカップリングされてよく、そして、パワーエレクトロニクス・デバイスの第 2 の側（例えば底面）に、付加的なジェット衝突熱交換器がカップリングされてよい。

【 0 0 3 1 】

図 2 を全体的に参照しながら、ジェット衝突熱交換器 1 0 0 の作業についてここで説明する。パワーエレクトロニクス・デバイス 1 4 0 によって生じる熱流束が、基層 1 0 2、ターゲット層 1 1 2、及び第 2 層 1 1 4 を通ってジェット衝突熱交換器 1 0 0 に伝達され

10

20

30

40

50

る。入口噴射口を介してジェット衝突熱交換器 100 内に、冷却剤流体ジェット（矢印 150 によって示す）が導入される。冷却剤流体ジェットは、衝突領域 134 でターゲット層 112 に衝突する。パワーエレクトロニクス・デバイス 140 から熱流束が冷却剤流体に、衝突領域 134 で伝達される。衝撃領域 134 はパワーエレクトロニクス・デバイス 140 の局所的なホットスポット上にセンタリングされて、パワーエレクトロニクス・デバイス 140 のこの領域が冷却剤流体の衝突を受けようになっていることが好ましい。

【0032】

冷却剤流体は次いで、冷却剤流体 150 のジェットに対して垂直である流れ方向に方向を変える。冷却剤流体は、矢印 151 によって示されているように、半径方向に延びるターゲット層マイクロチャンネル 120 を通って、ターゲット層 112 の周囲に向かって半径方向に流れる。従って、冷却剤流体はターゲット層 112 の表面全体にわたって流れ、そしてターゲット層 112 からの熱流束を冷却剤流体に伝導的に伝達するように、種々様々なターゲット層構成物 130 と接触状態にある。

10

【0033】

冷却剤流体は次いでターゲット層壁 113 に達する。次いでターゲット層壁 113 で、冷却剤流体は、移行チャンネル 122 内に強制的に送り込まれる。冷却剤流体は、ターゲット層 112 内の流れに対して垂直に流れるように、方向を変えて移行チャンネル 122 内を流れる。移行チャンネル 122 内部の冷却剤流体流は、矢印 152 によって示されている。移行チャンネル内部では熱混合の増強が生じる。このことはさらに、対流熱伝達を増大させる。

20

【0034】

移行チャンネル 122 に対する流入及び流出後、冷却剤流体は次いで第 2 層 114 内に強制的に送られ、この場所で冷却剤流体は、ターゲット層 112 内の流れ方向に対して 180 度を成す方向で流れる。冷却剤流体は矢印 153 によって示されているように、ジェット衝突熱交換器 100 の中心に向かって流れる。従って冷却剤流体は、第 2 層マイクロチャンネル 124 を通って熱伝達表面全体にわたる第 2 パスを形成し、そしてパワーエレクトロニクス・デバイス 140 からの熱流速を受容し続ける。第 2 層マイクロチャンネル 124 を出た後、冷却剤流体は矢印 154 によって示されているように、同心的流体出口を通過してジェット衝突熱交換器 100 から出る。ジェット衝突熱交換器 100 から出た、加熱された冷却剤流体は、二次再循環ループ、例えば自動車ラジエータ内で冷却されてよい。

30

【0035】

言うまでもなく、本明細書中に記載されたマルチパス・ジェット衝突熱交換器及びパワーエレクトロニクス・モジュールの実施形態を利用して、熱発生デバイス、例えば半導体デバイスによって生じた熱を伝導・対流熱伝達により除去することができる。ジェット衝突熱交換器は、複数のターゲット層マイクロチャンネルと第 2 層マイクロチャンネルとを有していてよく、これらのマイクロチャンネルを通過して、冷却剤流体はマルチパス流パターンを成して循環することができる。熱発生デバイスによって生成された熱は、ターゲット層上の垂直なジェット衝突、幾何学的に最適化された構成物（ターゲット層及び第 2 層の構成物）、移行チャンネルにおける流体混合、及びより大きい表面積及び拡大された熱伝達経路のための最適化されたマイクロチャンネルにより、伝導・対流伝達によって除去することができる。

40

【0036】

具体的な実施形態をここに例示して説明してきたが、特許請求の範囲で主張された主題の思想及び範囲を逸脱することなしに種々様々な他の変更及び改変を加え得ることは明らかである。さらに、特許請求の範囲で主張された主題の種々の態様をここに説明してきたが、これらの態様を組み合わせる必要はない。従って、添付の特許請求の範囲は、特許請求の範囲で主張された主題の範囲に含まれる全てのこのような変更及び改変をも対象にするものとする。

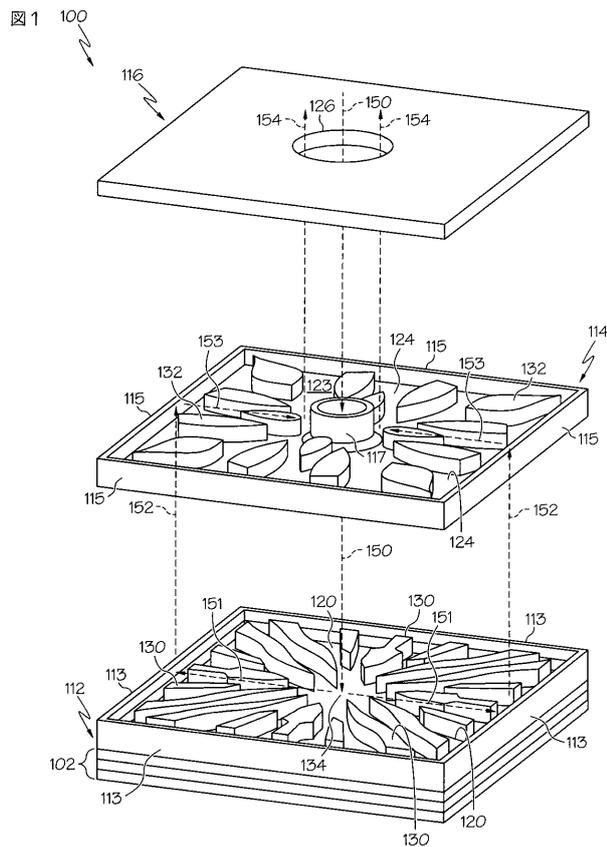
【符号の説明】

【0037】

50

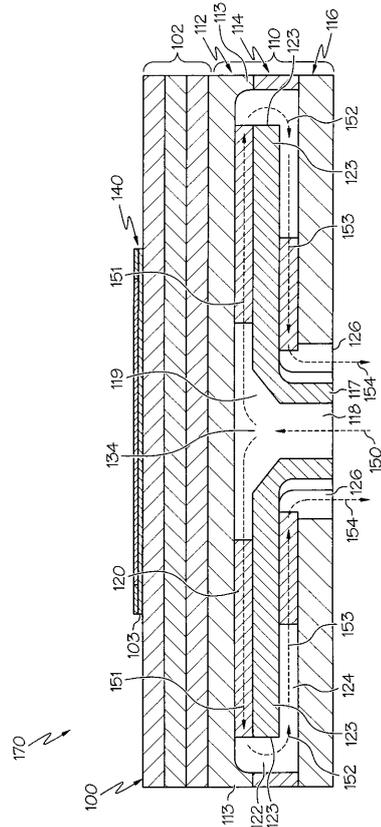
- 1 0 0 ジェット衝突熱交換器
- 1 1 2 ターゲット層
- 1 1 4 第2層
- 1 1 7 入口噴射口
- 1 2 0 ターゲット層マイクロチャネル
- 1 2 4 第2層マイクロチャネル
- 1 2 6 流体出口

【 図 1 】



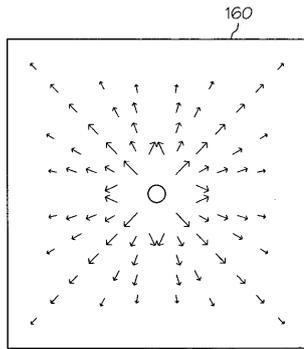
【 図 2 】

図 2



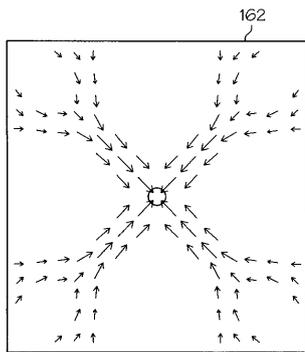
【 図 3 A 】

図3A



【 図 3 B 】

図3B



フロントページの続き

(74)代理人 100160705

弁理士 伊藤 健太郎

(74)代理人 100130133

弁理士 曾根 太樹

(72)発明者 エルカン メーメット デデ

アメリカ合衆国, ミシガン 4 8 1 0 5 , アナーバー , バラトン ドライブ 7 0 8

Fターム(参考) 5E322 AA05 FA04

5F136 CB07 CB08