

大阪技術研保有特許のご紹介 ～金属 3D プリント で作製した伝熱性能の高いヒートシンク～

キーワード：ヒートシンク、金属粉末積層造形法、熱流体シミュレーション、CAE、ものづくり計算センター

特許情報

発明の名称：ヒートシンク

特許権者：地方独立行政法人大阪産業技術研究所

出願日：2017 年 3 月 3 日

登録番号：特許第 6864346 号

発明者：四宮徳章、中本貴之、菅原貴広、片桐一彰、山口真平

適用製品

パワーデバイスは、電気自動車や風力発電設備、さらには家庭用電化製品に搭載されるインバータ回路に欠かせない重要な部品です。これらのデバイスは小型・高出力化が進む一方で、発熱量が増大しており、熱対策の成否が製品寿命や信頼性を大きく左右します。従来の放熱設計では、主にアルミニウム製のヒートシンクが用いられ、単純なフィン形状で外気との熱交換を行ってきました。しかし、発熱密度が年々増加する状況下では、従来型の構造では十分な冷却性能を確保できず、新しいアプローチが求められています。

本特許は、この課題に対し、格子状の周期的セル構造を活用し、ヒートシンクの表面積を飛躍的に増加させるとともに、圧力損失を抑制しながら効率的な放熱を実現する技術を提供しています。

発明の概要

従来の板状・棒状フィン型ヒートシンクは、シンプルかつ製造が容易である一方、流路の単調さゆえに熱流体の熱交換効率が十分ではありませんでした。特に高発熱デバイスに適用した場合、冷却効果の低下や局所的な温度上昇が生じるリスクがあります。

本発明では、周期的な格子構造を導入することで、熱交換に寄与する表面積を効果的に拡大しつつ、気流を複雑に迂回させることを可能にしました。その結果、伝熱性能の向上と圧力損失のバランスを両立させることができます。

図 1 に、本特許に記載されている6つのヒートシンクの形状を示します。

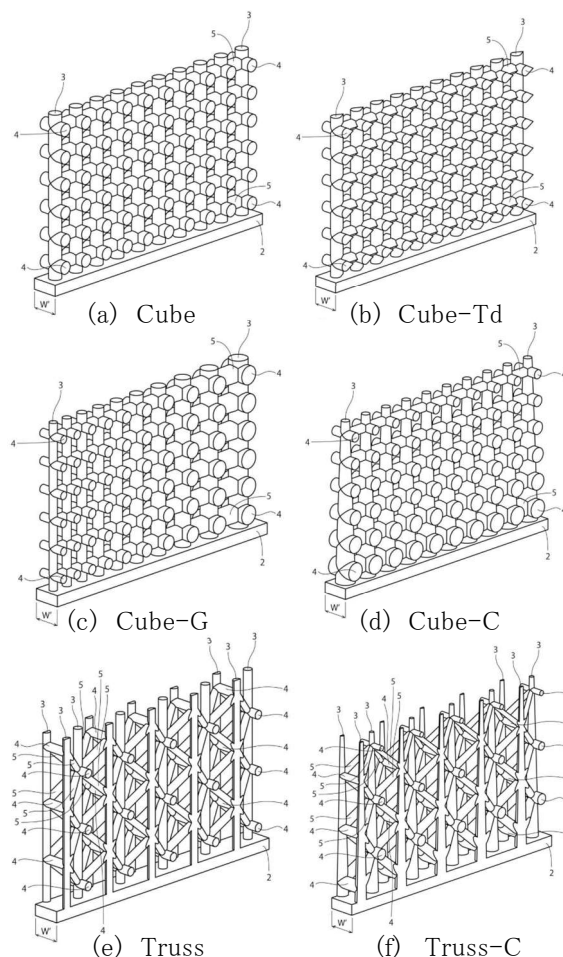


図 1 本特許に記載のヒートシンクの形状

例えば図 1(a)Cube 構造は、長手(流れ)方向および幅方向に梁を配置し、高さ方向には柱を設けた六面体格子です。さらに、水滴型断面を持つ(b)Cube-Td、流れ方向に太さを変化させた(c)Cube-G、コーン状の柱を採用した(d)Cube-C を六面体格子で検討しました。また、柱と幅方向の梁を千鳥配列とし、それぞれの交点を斜めの梁で繋ぐ(e)Truss 構造、さらにコーン状の柱を用いた(f)Truss-C など、熱伝達の最適化を狙った多様な派生形状を検討しています。

設計の妥当性を検証するため、熱流体シミュレーション(熱流体 CAE)を積極的に活用しています。熱流体 CAE を用いることで、気流の流速分布や熱

交換が活発な領域を定量的に可視化でき、実験だけでは得られない詳細な知見を得ることが可能です。熱流体 CAE による解析結果の一例を図 2 に示します。材質は Al-10Si-0.4Mg としました。赤色の暖色になるにしたがって熱交換が活発であることを示しています。(a)Cube 構造が上流側で主に熱交換を行うのに対し、(b)Truss 構造では下流まで熱交換が持続することが確認されました。また、気流の流線を可視化することで、Truss 構造では、気流を複雑に迂回できていることがわかります。これらにより、気流の流れ方と熱交換の空間的分布が性能を左右することが明らかになりました。

次に、各ヒートシンクの伝熱性能の解析結果を図 3 に示します。なお、表面積が同等の棒状フィン型ヒートシンク(Pin)も併せて示しました。同じ圧力損失に対して、Cube-C や Truss-C といった柱がコーン状のヒートシンクでは、他のヒートシンクと比較して、有効熱伝達率すなわち伝熱性能が高いことがわかります。また、風速を同等にした場合(例えば、図中、各ヒートシンクの最終プロット点では風速 2.2 m/s を設定)では、Pin 形状のヒートシンクと比較して、Cube や Cube-C の格子構造、Truss や Truss-C といった千鳥配列のヒートシンクの伝熱性能が高く、本特許記載のヒートシンクに優位性があることがわかります。

最後に、金属 3D プリント(金属粉末積層造形法)を用いて作製したヒートシンクの一例を図 4 に示します。実験においても伝熱性能の向上を確認でき、熱流体 CAE による形状設計の妥当性が確認できています。

これらの結果について、詳しい技術情報は参考文献¹⁾に記載していますので、ご参照願います。

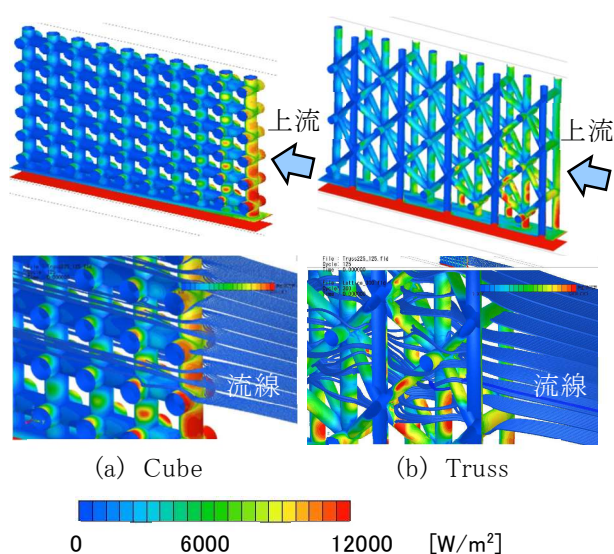


図 2 熱流体 CAE を用いた解析結果の一例

おわりに

本発明は、単なる冷却効率の向上にとどまらず、エネルギー効率の向上や装置の小型化に直結する点が大きな魅力です。自動車や発電設備に搭載されるパワーエレクトロニクス分野では、信頼性の高い冷却技術は製品競争力を左右する要素であり、今回の特許技術はその基盤を支えるものです。

当所では、特許の実用化に向けて「共同研究」「受託研究」「サポート研究」などの研究開発支援メニューによる協力体制を整えております。

今回ご紹介の特許に関心をお持ちいただけましたら、各ページ下部に記載されているお問い合わせ先までお気軽にご連絡ください。皆さまのご活用を心よりお待ち申し上げております。

参考文献

- 1) 四宮ほか：日本冷凍空調学会論文集，34-4(2017)，435-441. DOI: 10.11322/tjsrae.17-50HE_OA

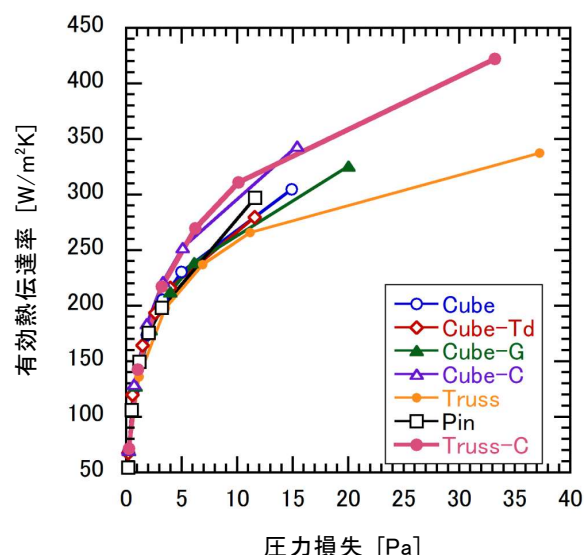


図 3 各ヒートシンクの伝熱性能

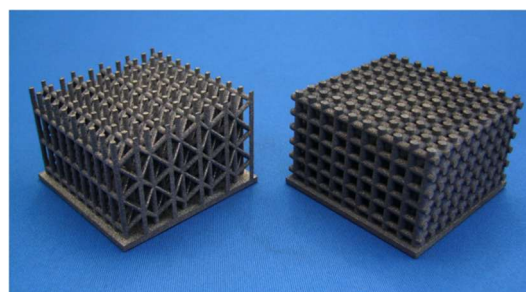


図 4 金属 3D プリントにより作製したヒートシンクの一例
(材質：Al-10Si-0.4Mg)