

## 最新のヒートシンクの動向とその特許技術

## Trends in State-of-the-Art Heatsinks and Their Patent Technology

平澤 壮史\*  
Takeshi Hirasawa稲垣 義勝\*  
Yoshikatsu Inagaki

概要 近年、電子機器の小型化が進む一方で、その機能は年々向上している。その結果、機器の内部にある電子部品の発生する熱をより効率良く放出することが求められている。その機能を担うのがヒートシンクであり、今やそれぞれの機器に合った高性能なヒートシンクを搭載することが、消費者に希求するデザインや性能を実現するうえで不可欠になってきている。そのため、ヒートシンクベンダ各社は様々な技術を開発し、これらを応用することでヒートシンクを進化させている。

本稿では、当社の有する特許をもとに、ヒートシンクに用いられる性能向上のための技術を広く紹介し、最新のヒートシンクの設計トレンドを解説する。

## 1. はじめに

近年、パソコンの高性能化が急速に進んでいる。この高性能化は、パソコンに搭載されるCPU（中央演算装置）やGPU（ビデオチップ）の進展に大きく依存するが、高性能化に伴い発熱密度が急増している。既にCPUやGPUの発熱密度は、ホットプレートを超え核融合炉近くにまでなっている（図1）。発熱密度の増大とそれに伴う温度上昇が、MPUやGPUだけでなく機器自体の機能までを制限するようになってきているので、機器の小型化、高速化等を損なわない新しい冷却技術の開発が急務となっている。

最近10年間、冷却部品、冷却システムの開発は、ファン、各種フィン、グラファイトシート、マイクロヒートパイプ（以後μHP）、ベーパーチャンバ、水冷システムを中心に急ピッチで進んでいる<sup>1)~3)</sup>。冷却方式としては、大きく分類するとファンを用いないスタティックなヒートシンクと、ファンを用いるアクティブなヒートシンクに二分できる。

スタティックなヒートシンクとしては、グラファイトシート、μHPヒートシンク、水冷、進化したベーパーチャンバであるペラフレックス<sup>®</sup>があり、ファンレスヒートシンクなので機器の“静音性”を維持できる利点がある。これらのヒートシンクは、主に30 W以下の発熱量である携帯パソコンに使用される。携帯パソコンに搭載する時、これらのヒートシンクには、熱を効率よく機器全体に拡散するという機能だけでなく“薄い”“軽い”という機能も要求される。

“軽い”という機能ではグラファイトシートが優れているが、銅の2倍程度の熱伝導率程度しか有さない<sup>4)</sup>ので、発熱量が5 W

を超えてくると等価熱伝導率が銅の数十～数百倍を有する厚さ1 mmのμHPと金属板を組み合わせたヒートシンクが優勢になる。将来、熱量が増大する一方で厚さが更に限定されると、進化したベーパーチャンバであるペラフレックス（厚さ約0.6 mm）<sup>4)</sup>が使用されていくと推察する。

水冷式は、ノートPCの場合、ポンプを使用して液体を装置全体に引き回し装置全体から放熱させることをコンセプトとしているので、放熱量はキーボードだけを放熱面としている前記冷却システムに比べると多い（30 W程度）。しかしながら、ポンプという可動部を有すること、配管が長いこと、配管からの透過により液体が減少していくこと等で長期信頼性、コストの面で不利であり、このシステムの使用範囲は当面限定されるものと思われる。

上記の様々なヒートシンクにファンを加えたのがアクティブヒートシンクというシステムである。強制風冷システムなので、ファンの後に設置されるフィンをどのようにするかも重要である。ほとんどのヒートシンクは、この範ちゅうに入る。今後、パソコンの発熱量は更に増大していくであろうが、同時に機器の薄型化、軽量化、小型化、低騒音化が進むと予想されるので、現在主流になっているアクティブヒートシンクも新しい技術を取り入れて低騒音化を達成した上で薄型化、軽量化、小型化を進めていく必要がある。アクティブヒートシンクの最適設計は、パソコンの差別化技術の一つになってきている。

当然、最適設計されたヒートシンクには、各種技術（特許）が盛り込まれている。

そこで、本報では、各種（薄型化、軽量化、小型化）技術に分けて次世代ヒートシンクを予測していく。

\* 電装・エレクトロニクスカンパニー  
エレクトロニクス・コンポーネント事業部 サーマル・電子部品部

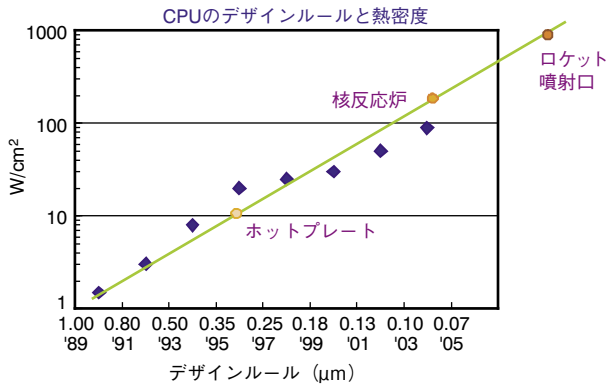


図1 CPUのデザインルールと熱密度  
Change in CPU heat density depending on the design rule.

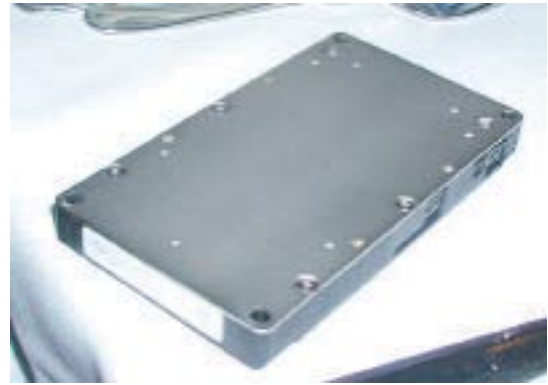


図2 ベーパチャンバ外観図  
Photo of vapor chamber.

## 2. 薄型化技術

ノートパソコンは、高機能化と薄型化が並行して進んでいる。使用されるファンは、当初箱型で独立して熱拡散板等に取り付けられていたが、高さ制限から小型ファンケースの下側部分は熱拡散板と一体になった。更に、ファンケースの材料は、熱性能を向上させるために樹脂から金属に、またファン空気吸い込み口は、風量アップのために片面吸い込みから両面吸い込みに、形状は箱型から流路抵抗の少ない半円筒形に、空気の排出孔は1側面から2側面へと変遷している。

熱拡散板は、当初コスト、重量で有利なダイカストなどで作られたアルミニウムが使用されていたが、最近では性能向上のため銅も使用され始めている。

フィン、ダイカスト一体で成形されていたが、フィンを連結させて連続的に成形するキャタピラフィンやスタックフィンなどの技術が開発されたことにより、従来に比べ狭ピッチが可能となり、主流になり始めている。

μHPは、当初φ3 mmのパイプを曲げて使用していたが、熱量、熱密度の増大に伴いφ6 mmを3 mm程度にへん平しこれを曲げて使用されるようになってきた。最近では1 mm厚さのHPを採用するヒートシンクや、熱拡散板とμHPとが合体したベーパチャンバ(図2)も実用化され始めている。厚さ1 mmのμHPを使用したヒートシンクは、フィンなどを含めても厚さが10 mmで1 K/W以下の熱抵抗を達成できている。

μHPとフィンや熱拡散板との接続は、当初接着剤や別部材で覆いかぶせたりしていたが、最近では熱抵抗を低減させるために直接はんだ付されたり、カシメなどにより機械的に接続されたヒートシンクが多くなっている。

次に、薄型化技術に貢献する自社保有特許を説明する。

### 2.1 μHP

#### (1) 特許 第3408033号

本特許は、μHP内面の酸化膜厚さを規定した点に特徴があり、長期信頼性を確保するためには必要不可欠である。最近の同業各社の技術動向を見ると広く使用されうる技術と推察する。

#### (2) 特許 第1942645号, 第3045491号, 第3035772号,

上記は、厚さ2 mm未満の薄型HPを実用化する時に必要になる技術で、ワイヤ等を一部に集中させ、液と蒸気の通路を別々

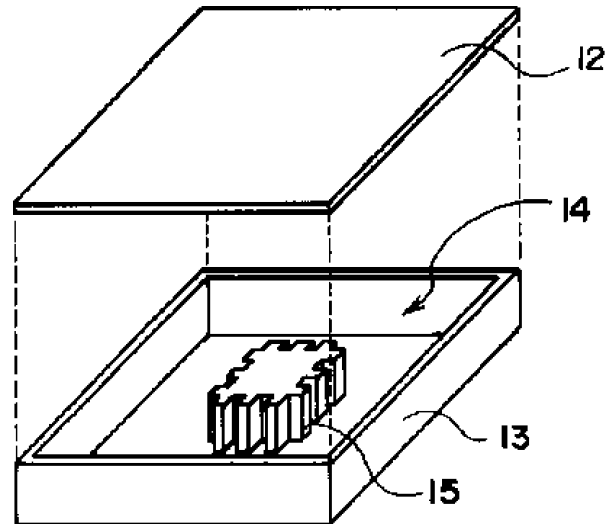


図3 ベーパチャンバ内の説明図(部品15が支柱)  
Schematic of the inner configuration of a vapor chamber.

に確保するというものである。

#### (3) 特許 第3403307号

ベーパチャンバは、MPU等に直接接続させてMPU等を冷却するので、接続部の平面度を保つこと、熱密度が大きくてもドライアウトしないようにすることが重要である。それを解決したのが図3に示す下面と上面とを連結する支柱である。当社の開発した世界で初めて実用化されたベーパチャンバには、この技術が盛り込まれている。

## 2.2 各材間の接続方法、位置関係

#### (1) 特許 第3454761号

理想的な薄型ヒートシンクを実用化するためには、ファンの空気取り入れ孔の上部に隙間があること、ファンから排気される空気の通り道にはフィンが、そのフィンの上にはんだ付等(低熱抵抗)でμHPが前記ファン空気取り入れ孔より上部に取り付けられていることが必要である。本特許は、ヒートシンクを理想的な構造にするためのμHPと各部材の接続部分の位置関係を公開している図4。また本特許では、μHPと熱拡散板との接続部の理想的な位置関係を公開しているが、放熱部の一部がファン空気取り入れ孔面より上部にあることを特徴とした別件の特許出願も行っている。

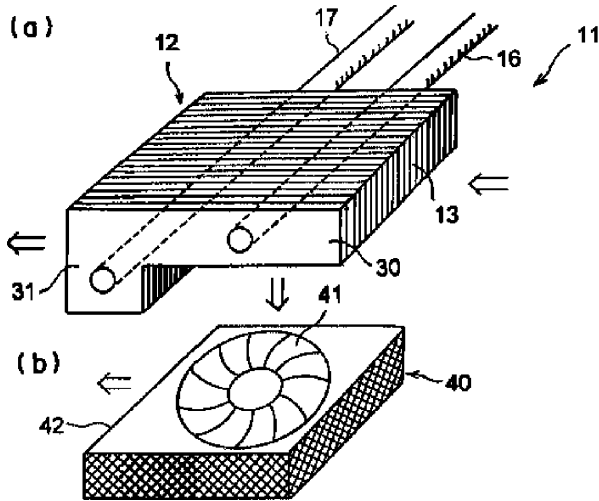


図4 フィンとファンの理想的な位置関係  
Ideal relative position between fan and fin.

(2) 特許 第3413151号, 第3413152号

MPUの位置によっては(1)のような $\mu$ HPとの位置関係を確保できないことがある。この場合は、本特許で公開されているように、 $\mu$ HPをフィンに嵌合させることで、許容スペース内でフィンの面積を大きくとることができ、薄型高性能ヒートシンクを実現できる図5。

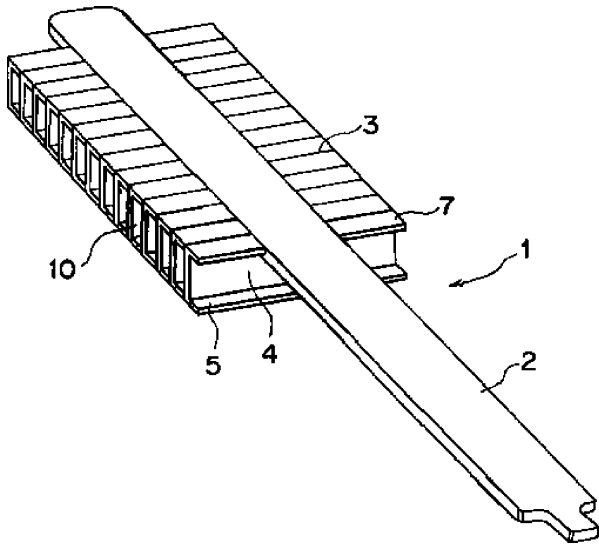


図5  $\mu$ HPのかん合例  
Example of mechanical fitting over  $\mu$ HP.

(3) 特許 第3273505号

熱拡散板にフィンと $\mu$ HPが取り付けられている点が本特許の特徴である(図6)。

上述したように薄型化されたヒートシンクには、各種技術が盛り込まれており、これらを特許として広く公開している。

### 3. 軽量化技術

図4～6は、薄型ヒートシンクとして熱性能が優れたヒートシンクであるが、銅を主材料として使用するので、コスト、重量面で問題が残る。この問題を解決するために、熱性能を低下させることなく、 $\mu$ HPを除いてその他材料をすべてアルミニウムに替えたヒートシンクの開発も進んでいる。各種検討を加

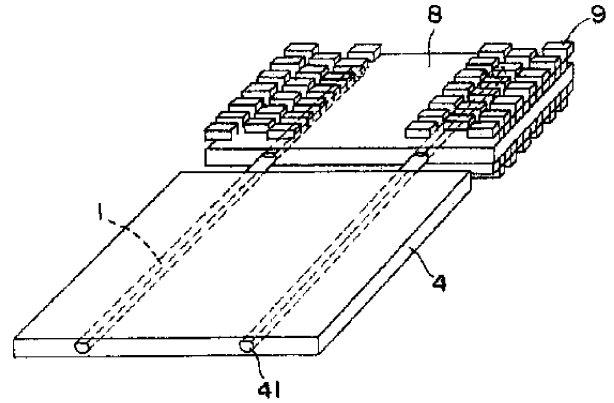


図6 フィンと $\mu$ HPが付いた熱拡散板(4:熱拡散板, 41:ヒートパイプ, 9:フィン)  
Schematic of a heat diffusing plate with fin and  $\mu$ HP.

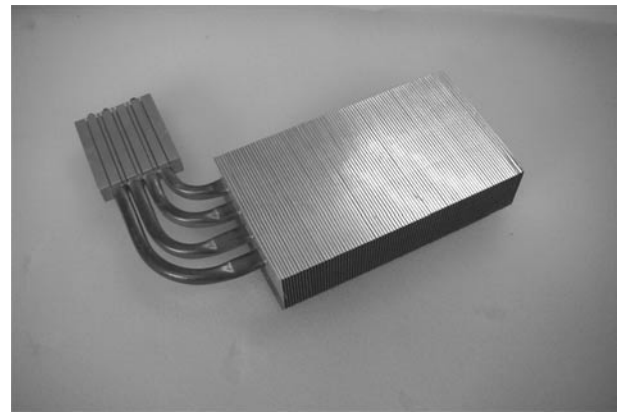


図7 アルミニウム製ヒートシンク  
Heatsink with aluminum fin and block.

えた結果、図7のような構造にすると、性能を犠牲にすることなく、軽量化を達成できることが確認できた。

受熱ブロックと $\mu$ HPは、カシメにより強固に固定でき、カシメ条件、構造によっては、はんだ付方法より熱抵抗を低く抑えられる。逆にカシメ加工それ自体は容易にできるが、カシメ寸法及び構造を間違えると、 $\mu$ HPが座屈したりしてブロックと $\mu$ HPの間に隙間が生じる可能性があるため、注意が必要である。良好なカシメで接続したヒートシンクは、2項のヒートシンクに較べて20～40%程度安価なヒートシンクになり、重量も20～40%程度低下する。

一方、 $\mu$ HPとフィンとの接合は、各フィンに $\mu$ HPを圧入することにより、はんだ付と同程度の熱抵抗にできる。フィン効率率は、フィン自体が小さいので、材料が銅でもアルミニウムでもほとんど変わらず、熱性能の差が認められない。

このヒートシンクの実用化をサポートしたのが特許第3268734号, 第3010181号, 第3438944号である。これらは、性能向上に有効な各種カシメ方法、構造を公開している。

### 4. 小型化技術

2, 3項ではノートパソコンの薄型化、軽量化技術について述べた。4項では、デスクトップパソコンの軽量化を加味した小型化技術について述べる。

一般にデスクトップパソコンはスペースに余裕があるため、MPUの直上に図8に示すような銅をインサートした押し出しフィン、銅を用いたはんだ付フィン、クリンプフィン®、な

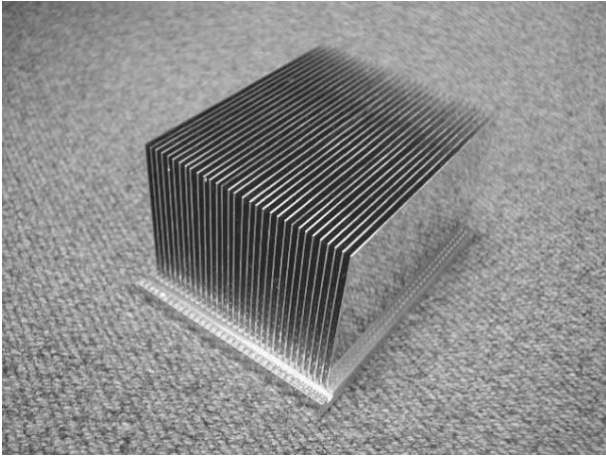


図8 デスクトップパソコン用ヒートシンク  
Heatsink for desktop PC.

- (2) 熱抵抗を低減できるカシメ加工
  - (3) ヒートシンクの軽量化に貢献するアルミニウム材によるヒートシンク
  - (4) 省スペースのヒートシンクを実現するタワー形状
- 今後、今までの成果を更に進化させ、より薄く、より軽く、より小さな高性能のヒートシンクを実用化していく。

(参考文献)

- 1) はいたつく, 2003-1, 13.
- 2) 大海勝, ほか: 古河電工時報, No.108 (2001), 11.
- 3) 賛川潤, ほか: マイクロヒートパイプと放熱技術入門, 日刊工業新聞, (1999)
- 4) 古河電工時報, No.113, (2004), 67.

どにファンを取り付けたものが一般的となっている。

最近では、MPUだけでなくGPUの発熱量が急増しGPUにもファン付きヒートシンクが必要となったので、ファンの騒音問題がクローズアップされ始めた。それに伴い、ヒートシンクを更に大きくする必要が出てきたが、単純に大型化しても重量が増加する割に熱性能を向上させられないことから、μHPを組み込んだタワー型ヒートシンクが実用化されるようになってきた。

このタワー型ヒートシンクには、特許第2685918号、第3106428号で公開されている技術が使用されており、軽量で小型化されたヒートシンクが実用化できる(図9)。

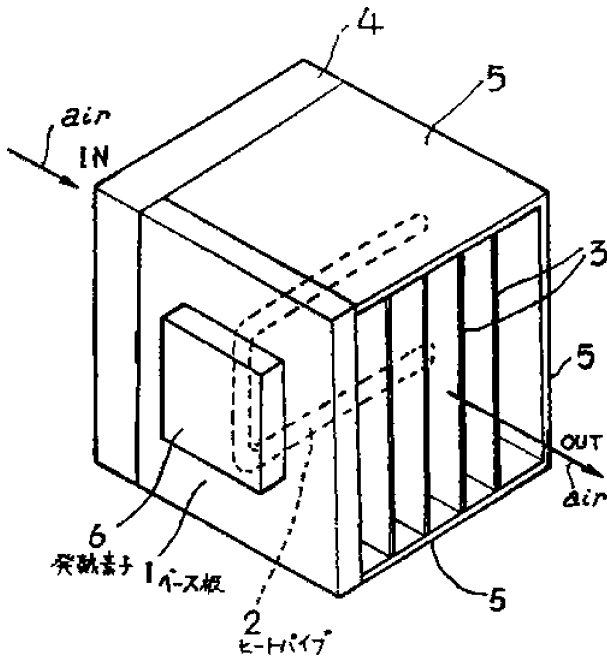


図9 タワー型ヒートシンク  
Schematic of tower-type heatsink.

5. まとめ

本報では、最新ヒートシンクとその技術について記載した。その技術を列挙すると以下の通りである。

- (1) 薄型ヒートシンクを実現するための薄型ヒートパイプ