

## Experimental Studies on Heat Transport Performance of a Vapor Chamber — Comparison with Metal Heat Spreaders —

正 小糸 康志 (熊大)                      ○学 谷口 泰章 (熊大院)  
正 井村 英昭 (熊大)                      正 望月 正孝 ((株)フジクラ)  
正 齊藤 祐士 ((株)フジクラ)              正 鳥居 修一 (熊大)

Yasushi KOITO<sup>1</sup>, Yasuaki TANIGUCHI<sup>1</sup>, Hideaki IMURA<sup>1</sup>,  
Masataka MOCHIZUKI<sup>2</sup>, Yuji SAITO<sup>2</sup>, Shuichi TORII<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Mech. Eng. & Materials Sci., Kumamoto Univ., 2-39-1, Kurokami, Kumamoto 860-8555

<sup>2</sup>Fujikura Ltd., 1-5-1, Kiba, Koto-ku, Tokyo 135-8512

**Key Words:** Heat Transfer, Vapor Chamber, Heat Spreader, Heat Sink, Experiment

### 1. 緒言

最近、パソコンやワークステーション等に用いられている CPU(central processing unit)の発熱密度が著しく増加している。このため、CPUの冷却手法の高度化が要求されており、その一方策として開発されたのが標記ベーパーチャンバーである。ベーパーチャンバーは、前報<sup>(1)</sup>で詳述したように、本質的には平板状のヒートパイプであり、CPUの熱を冷却面積の大きなヒートシンクへと広く拡散させる熱拡散板として機能する。

本研究では、ベーパーチャンバーの熱輸送性能に関する実験を実施した。熱拡散板としてベーパーチャンバーおよびアルミ板、銅板を用い、サイズの異なる3種類の熱源を冷却して、各熱拡散板の熱輸送性能を比較検討した。

### 2. 実験装置および方法

本研究で用いたベーパーチャンバーを Fig.1 に、実験装置の概略図を Fig.2 に示した。実験装置は、ヒートシンクを風洞内に設置して送風機により空冷し、熱拡散板を介して、熱源を冷却するものである。なお、熱源にはヒーターを用い、熱拡散板の下面中央部に配置した。

実験では、熱拡散板として、Fig.1 に示したベーパーチャンバーおよび同形のアルミ板、銅板、また、ヒーターには、上面 (=ベーパーチャンバーとの接触面) の面積  $A$  が異なる3種類のヒーター ( $A = 1.5, 3.0, 6.0 \text{ cm}^2$ ) を用いた。冷却空気温度  $T_{air} = 25^\circ\text{C}$ 、冷却空気流速 =  $1.5 \text{ m/s}$  に設定し、ヒーター熱量  $Q = 8 \text{ W} \sim$  限界熱量の範囲に変化させ、定常状態に達した後、ヒーター上面温度  $T_h$ 、ヒートシンク下面の中心温度  $T_{hs,c}$  および両端の温度(冷却空気流入側  $T_{hs,in}$ 、流出側  $T_{hs,out}$ ) を測定した。なお、 $T_h = 100^\circ\text{C}$  となる時の  $Q$  を限界熱量と定義し、各位置における温度は K 型熱電対を用いて、冷却空気流速はオリフィスおよびマノメータを用いて測定した。また、比較のため、熱拡散板を設置せず、熱源をヒートシンクで直接冷却する実験も実施した。

### 3. 実験結果および考察

ベーパーチャンバーおよびアルミ板、銅板を設置した場合の  $T_h$ 、 $T_{hs,c}$ 、 $T_{hs,in}$ 、 $T_{hs,out}$  を、熱拡散板を設置しないで得た実験結果とともに Fig.3 に示した。熱拡散板を設置しない場合、ベーパーチャンバー、アルミ板、銅板を設置した場合のいずれにおいても、共通的な傾向として、 $T_h$  が最も高くなっており、また、ヒートシンク下面においては、熱源に近い  $T_{hs,c}$  が最も高く、一方、冷却空気が入ることから、 $T_{hs,in}$  が最も低くなっている。さらに、 $A$  の影響は  $T_h$  に大きく現れており、 $Q$  が同一の場合でも  $A$  が小さくなるのに伴って熱流束が増加するため、 $T_h$  は高くなるのがわかる。

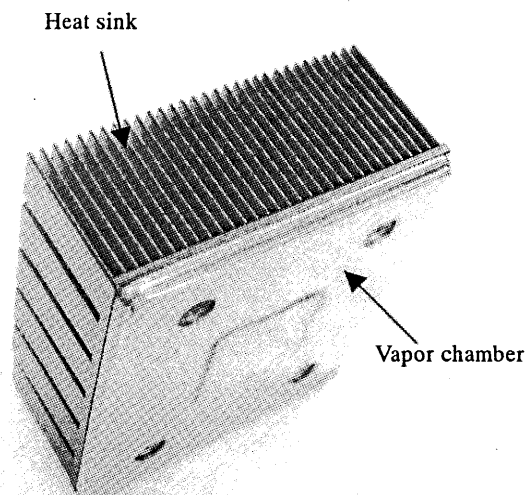


Fig.1 Photograph of the heat sink with the vapor chamber

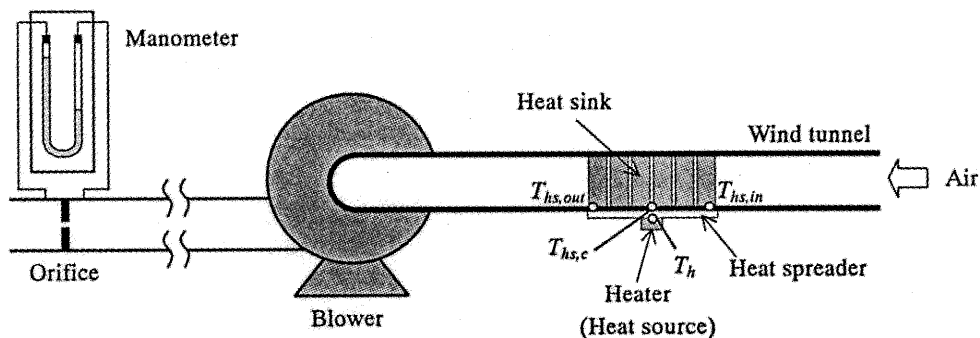


Fig.2 Schematic diagram of the experimental apparatus

ペーパーチャンバー、アルミ板、銅板を設置すると、熱拡散板を設置しない場合と比較して、 $T_{hs,c}$ ,  $T_{hs,in}$ ,  $T_{hs,out}$ 間の温度差が小さくなり、 $T_h$ が低くなる。また、ペーパーチャンバーを設置した場合の $T_{hs,c}$ ,  $T_{hs,in}$ ,  $T_{hs,out}$ 間の温度差が最も小さく、熱源の熱をより均一にヒートシンクへ伝えていることがわかる。

熱源冷却の性能を、次式の熱抵抗  $R$  により評価する。

$$R = (T_h - T_{air}) / Q \quad (1)$$

Fig.4 に、各  $A$  における  $R$  と  $Q$  の関係を示した。なお、図中において、限界熱量を供給した時の  $R$  に対し、矢印を付した。 $R$  の  $Q$  に対する依存性は低く、いずれの  $A$  においても、熱拡散板を設置しない場合、アルミ板、銅板、ペーパーチャンバーを設置した場合の順に  $R$  が小さくなり、その分、限界熱量が増加する。また、熱拡散板の有無および熱拡散板の種類(ペーパーチャンバー、アルミ板、銅板)が  $R$  に及ぼす影響は、 $A$  が小さくなるのに伴って大きくなることわかる。

本研究で用いたペーパーチャンバーは、平板状の銅製密

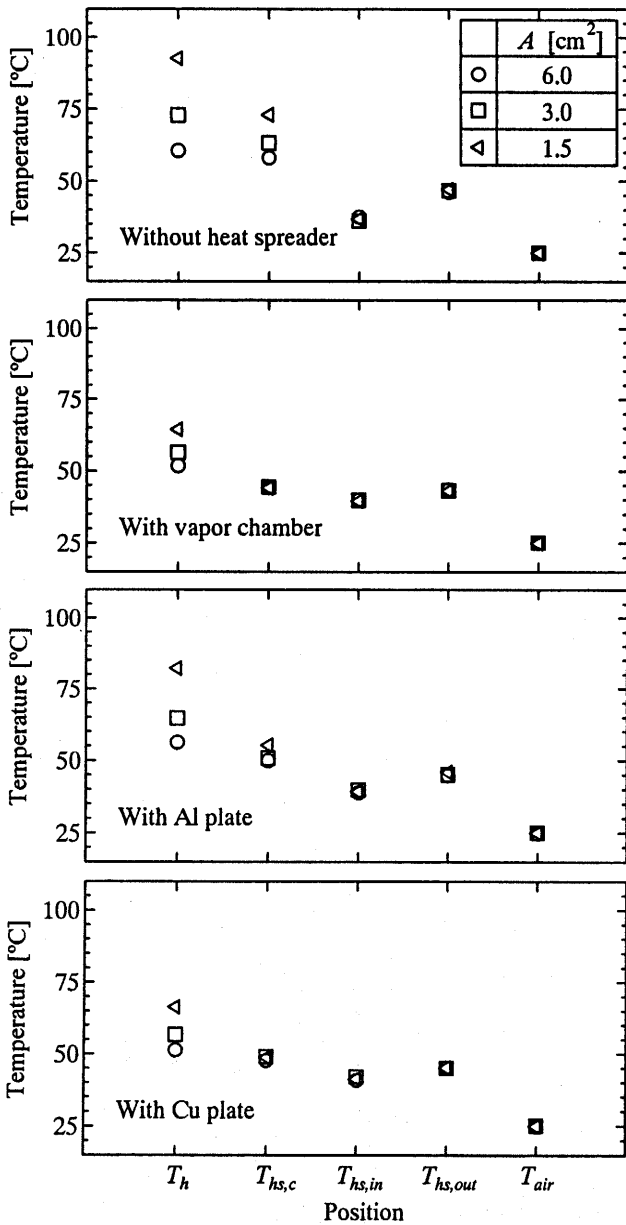


Fig.3 Temperature distributions of the heat spreaders for  $Q = 72W$

閉容器であり、容器内部には、ヒートパイプと同様にウィックが設置され、作動液が封入されている。したがって、内部に蒸気相を含むため、同形の銅板と比較すると3割ほど軽量である。

#### 4. 結言

ペーパーチャンバーの熱輸送性能について、金属製熱拡散板と比較検討した。熱源サイズが小さくなるのに伴って、ペーパーチャンバーおよび金属製熱拡散板設置の効果は大きくなる。また、ペーパーチャンバーの熱輸送性能は、同形の銅板を若干上まわり、銅板と重量を比較すると3割ほど軽量である。今後は、ペーパーチャンバー内の熱抵抗を究明して、熱輸送性能をさらに向上させるとともに、軽量化を図る予定である。

#### 参考文献

- (1) 小糸康志・他5名、ペーパーチャンバーの伝熱特性に関する基礎研究、日本機械学会九州支部講演論文集、No.048-1, (2004-3), 153-154.

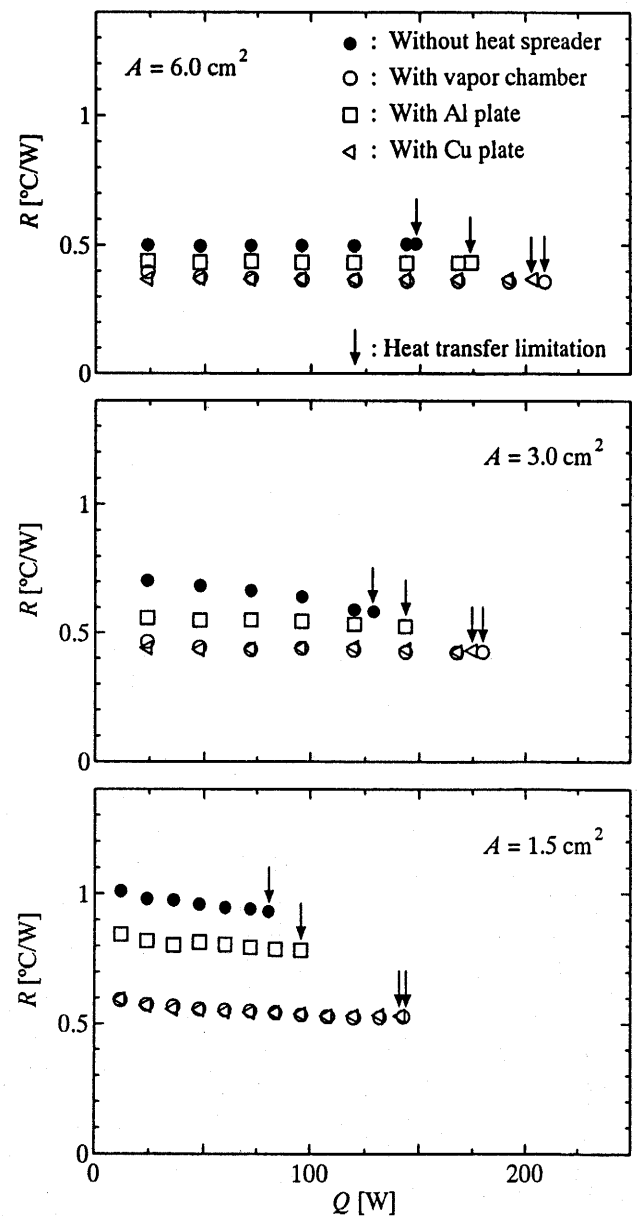


Fig.4 Cooling performance of the heat spreaders