

Fundamental Investigations on Heat Transfer Characteristics of a Vapor Chamber

正 小糸 康志 (熊大)

○学 中原 大輔 (熊大院)

正 井村 英昭 (熊大)

正 望月 正孝 ((株)フジクラ)

正 斉藤 祐士 ((株)フジクラ)

正 鳥居 修一 (熊大)

Yasushi KOITO¹, Daisuke NAKAHARA¹, Hideaki IMURA¹Masataka MOCHIZUKI², Yuji SAITO², Shuichi TORII¹¹Dept. of Mech. Eng. & Materials Sci., Kumamoto Univ., 2-39-1, Kurokami, Kumamoto 860-8555²Fujikura 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、デスクトップ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)の発熱密度の増加に対し、新型熱拡散板として、平板型のヒートパイプである『ベーパーチャンバー』が開発され、これをヒートシンクに取り付けたCPU冷却システムが構築されている。ベーパーチャンバーに関しては、従来の熱拡散板に対する優位性がすでに実証されており⁽¹⁾、更なる性能向上を図る研究が行われているが、熱源サイズに立脚した詳細な研究結果は報告されていないようである。そこで本研究では、熱源サイズを系統的に変化させ、ベーパーチャンバーの伝熱特性に関する基礎実験を行った。

2. ベーパーチャンバー

本研究で用いたベーパーチャンバーは、Fig.1 に示したように、作動液である純水を封入した平板状の密閉銅製容器であり、容器内部にはヒートパイプと同様にウイックが設置されている。ウイックには銅粒焼結体(粒子寸法 100-200 メッシュ、空隙率 40%)を採用し、シート状焼結体(厚さ 0.5mm)を内部上面・下面に装着して、さらに、作動液の還流を確実にするため、11本のカラム状焼結体(直径 8.5mm)を設置した。

ベーパーチャンバーは、熱源とヒートシンクの間設置される(後掲 Fig.2 参照)。ベーパーチャンバー内では、作動液が熱源からの熱を受け取り蒸発し、蒸気は広がりながら上面に向かって流れる。上面では蒸気が凝縮し、凝縮液はウイックにより下部へと還流されるが、この一連のプロセスにおいて、熱源の熱を広く拡散させヒートシンクへと伝えることから、効率の良い放熱が達成される。

3. 実験装置および方法

実験装置の概略図を Fig.2 に示した。

ベーパーチャンバーをヒートシンクに取り付け、このヒートシンクを断面が矩形(縦 31.0mm, 横 78.0mm)の風洞内に設置し、送風機により空冷して、ベーパーチャンバー下面に接触させた熱源を冷却するものである。熱源にはヒーターを用いた。なお、ヒーター上面(=ベーパーチャンバーとの接触面)の形状は正方形である。

実験では、上面の面積 A が異なる 3 種類のヒーター($A=1.5, 3.0, 6.0 \text{ cm}^2$ 、それぞれヒートシンク下面の面積のヒーター上面の面積に対する比=45.2、

22.6, 11.3)を用い、風洞内空気流速 $v=1.5\text{m/s}$ 、ヒートシンク流入空気温度 $T_{a,in}=25^\circ\text{C}$ 、ヒーター熱流束 $q=4\text{W/cm}^2$ 限界熱流束の範囲に変化させ、ヒーター上面温度 T_h 、Fig.3 に示した各位置におけるヒートシンク下面温度 $T_{hs,1}\sim T_{hs,5}$ を測定した。なお、 $T_h=100^\circ\text{C}$ となる時の q を限界熱流束と定義し、各位置における温度は K 型熱電対を用いて、 v はオリフィスおよびマノメータを用いて測定した。

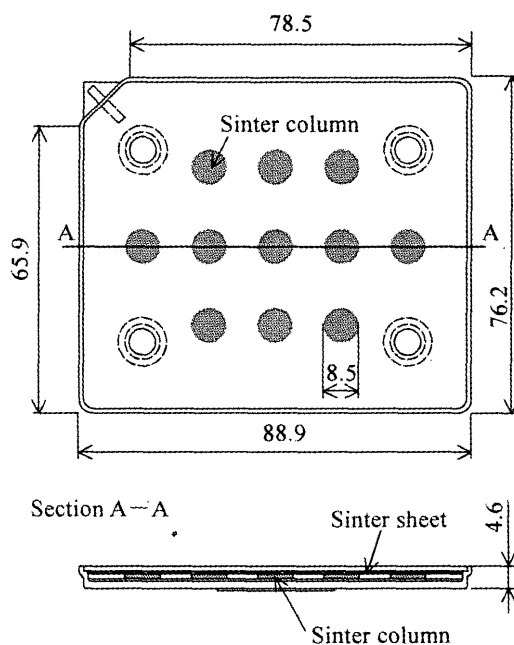


Fig.1 Details of the vapor chamber

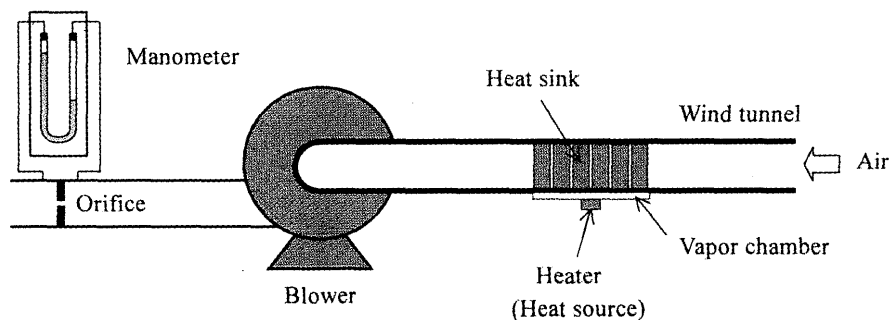


Fig.2 Schematic diagram of the experimental apparatus

4. 実験結果および考察

ヒーター上面の面積 A を変化させた場合の、ヒーター上面温度 T_h 、ヒートシンク下面平均温度 T_{hs} ($=T_{hs,1} \sim T_{hs,5}$ の算術平均値) および次式で定義した温度差 ΔT とヒーター熱流束 q の関係を Fig.4 に示した。

$$\Delta T = T_h - T_{hs} \quad (1)$$

なお、図中において、限界熱流束を供給した時の ΔT に対し、矢印を付した。 T_h および T_{hs} は、いずれも q の増加に比例して高くなる。また、 A が増加するに伴って、ヒーターからの供給熱量 Q ($=q \times A$) が増加するため、 T_h および T_{hs} はいずれも高くなり、限界熱流束が小さくなる ($A=1.5, 3.0, 6.0\text{cm}^2$ の時、それぞれ限界熱流束=96, 59, 35W/cm^2)。一方、 ΔT と q の関係に及ぼす A の影響は、 A に対して T_h および T_{hs} がともに変化することから、 T_h および T_{hs} と q の関係に及ぼす A の影響よりも小さくなる。

Fig.4 の横軸 q を Q に変更し、整理した結果を Fig.5 に示した。 T_h および T_{hs} は、いずれも Q の増加に比例して高くなる。また、 A が増加するに伴って、ヒーターからの供給熱流束 q が減少し、 T_h は低くなるものの、 T_{hs} はほとんど変化しないことが分かる。したがって、 ΔT と Q の関係に及ぼす A の影響は、 ΔT と q の関係に及ぼす A の影響よりも大きくなる。

5. 結言

熱源サイズを系統的に変化させてベーパーチャンバーの伝熱特性に関する基礎実験を行い、次のような結果を得た。

1. ヒーターの熱流束が等しい場合、ヒーター上面の面積が増加するに伴って、ヒーター上面温度およびヒートシンク下面温度はいずれも高くなる。

2. ヒーターの熱量が等しい場合、ヒーター上面の面積が増加するに伴って、ヒーター上面温度は低くなり、一方、ヒートシンク下面温度はほとんど変化しない。

参考文献

- (1) T. Nguyen, M. Mochizuki, Y. Saito, "Use of Heat Pipe/Heat Sink for Thermal Management of High Performance CPUs", Proc. 16th IEEE SEMI-THERM Symposium, 76-79 (2000)

謝辞

本研究の遂行にあたり、熊本大学大学院自然科学研究科の林田和也氏、熊本大学工学部の谷口泰章氏にご協力を頂いた。ここに記して謝意を表す。

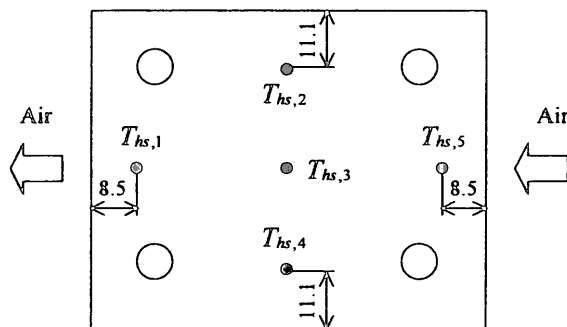


Fig.3 Measuring points of temperature at the bottom of the heat sink

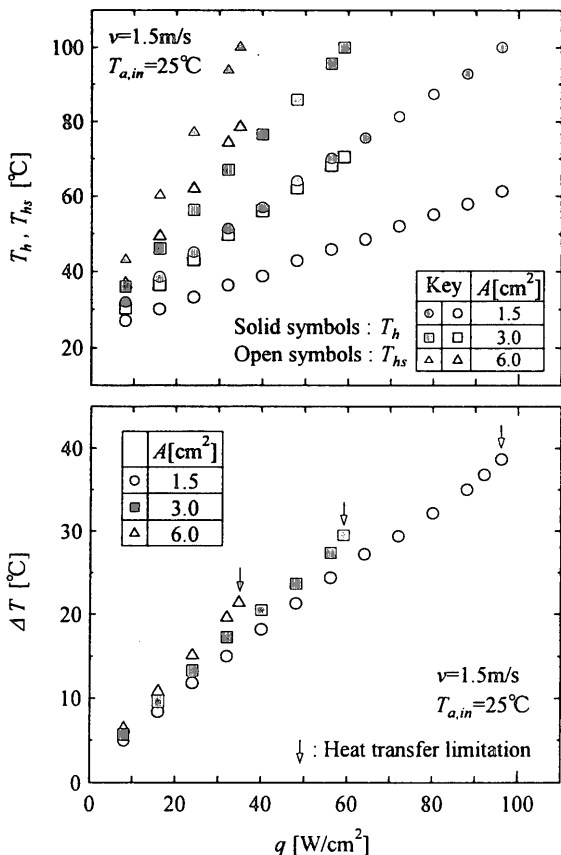


Fig.4 Effect of A on relation between T_h , T_{hs} , ΔT and q

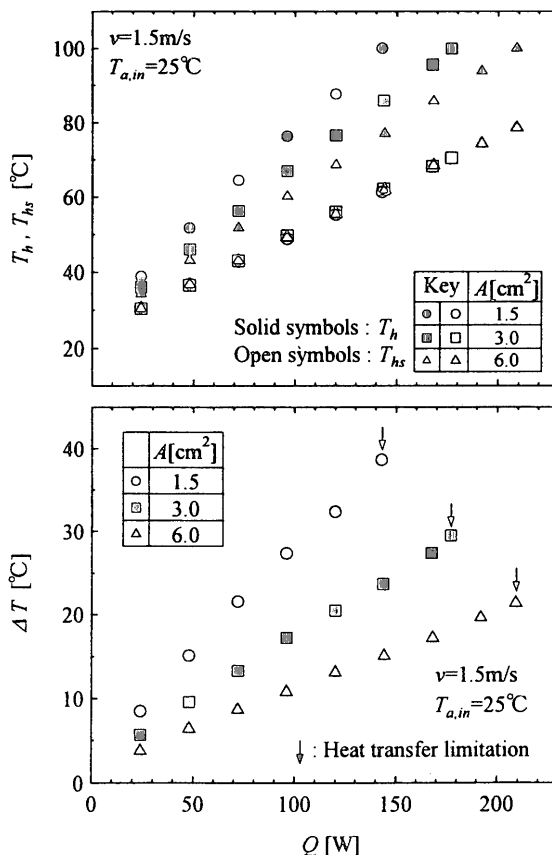


Fig.5 Effect of A on relation between T_h , T_{hs} , ΔT and Q