

金属粒子焼結ウィックを有するベーパーチャンバの 熱輸送性能評価

Study of Heat Transfer Performance of Vapor Chamber with Metal Powder Sintered Wick

伝正 *小塩 剛史 (株)フジクラ ファン タンロン (株)フジクラ
伝正 萩野 春俊 (株)フジクラ 伝正 齋藤 祐士 (株)フジクラ
川原 洋司 (株)フジクラ

Takeshi KOSHIO¹, Thang-Long PHAN¹, Harutoshi HAGINO¹, Yuji SAITO¹ and Yoji KAWAHARA¹
¹Fujikura Ltd., 1440, Mutsuzaki, Sakura-shi, Chiba 285-0812, Japan

High-end servers for Artificial Intelligence (AI) are keep growing fast, which brings new challenges for cooling system of high heat densities processors, a better cooling solution is required. In this study, a vapor chamber heat spreader for high heat flux processor have been experimentally studying with different heat source size which imitates for different processor die size. In this work, Vapor Chamber heat spreader solution is always performed better than that in solid copper heat spreader at any heat source size. The smaller heater size is the better performance for the vapor chamber over that solid heat spreader. At 15x15mm heat source size and identical operating conditions, vapor chamber can reduce heat source temperature up to -17°C compared to solid copper heat spreader. In this work, developed vapor chamber heat spreader also can perform well at 200W/cm² heat flux.

Key Words: Heat transfer, Vapor chamber, High heat flux

1. 緒言

データセンターの高速通信化や生成 AI の普及により、サーバ用 CPU/GPU の高性能化が進んでいる。CPU/GPU は高性能化に伴い発熱量が増大するため、能力を発揮するには放熱対策が重要な課題となっている。そのため高性能な冷却モジュールが求められており、気液相変化により熱輸送を行うヒートパイプもしくはベーパーチャンバが利用されている。今回我々は、高い発熱密度に対応したウィック構造のベーパーチャンバを試作し、熱源サイズを変化させた場合の熱性能の評価を行ったのでこれを報告する。

2. 実験方法

図 1 に本実験で用いた試験装置の模式図を示す。ヒーターブロッカーコールドプレート間にサンプルを挟み込み、ヒーターブロックをエアシリンダにより押し当てることでヒーターブロック、ベーパーチャンバ、コールドプレートを密着させており、各接触面には熱伝導グリスを塗布している。温度測定箇所は図 1 に示した通りで、コールドプレート温度 T_{cp} についてはベーパーチャンバとの接触面の対角線上に等間隔で 5 箇所配置し、いずれも K 型熱電対により測定した。その他の諸元は表 1 に示した通りである。なお、ベーパーチャンバのウィックには焼結金属粒子を採用し、ウィック厚さ等については Phan らの報告に基づき決定した⁽¹⁾。ベーパーチャンバの熱性能の評価には式(1)の蒸発熱伝達率 h_e を用いた。

$$h_e = \frac{1}{A_e \cdot Re} = \frac{Q_{in}}{A_e \cdot (T_h - T_{adi})} \quad (1)$$

ここで、 A_e :蒸発部面積[m²], Q_{in} :入力熱量[W], T_h :熱源上面温度[°C], T_{adi} :ベーパーチャンバ端部平均温度[°C]であり、各温度は図 1 の模式図に対応する。

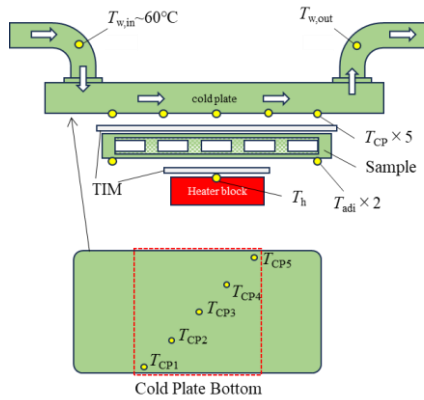


Fig.1 Schematic image of test setup and thermocouple positions.

3. 実験結果

図 2 にベーパーチャンバと銅ソリッドの熱性能試験結果を、図 3 にベーパーチャンバの蒸発熱伝達率と受熱部熱流束の関係を示す。いずれの条件においてもベーパーチャンバは銅ソリッドに比べ低い熱抵抗を示しており、特に熱源 $1.5 \times 1.5 \text{ cm}^2$, $Q_{in} = 400 \text{ W}$ の場合には熱源温度を 17°C 低減する結果となった。また蒸発部熱伝達率としてはいずれの条件においても $30000 \text{ W/m}^2\text{K}$ 以上を得られており、熱源 $1.5 \times 1.5 \text{ cm}^2$ の試験では最高の熱伝達率 $55000 \text{ W/m}^2\text{K}$ を確認でき、熱流束 200 W/cm^2 ($Q_{in} = 450 \text{ W}$) までドライアウトせず動作することを確認できた。図 4 には 200 W におけるコールドプレート面内対角線上の温度分布を示した。銅ソリッドでは熱源直上の T_{CP3} のみが著しく昇温したのに対し、ベーパーチャンバを用いた場合にはコールドプレートとの接触面が均熱化されており、接触面全体へ効率的に熱を伝えたために銅ソリッドとの熱性能差が生じたと考えられる。

4. 結言

本実験では高発熱密度での動作を目標としたベーパーチャンバを試作し、異なる熱源サイズで銅ソリッドと熱性能比較を行った。ベーパーチャンバを用いた場合には、熱源のサイズに依らずコールドプレートを均熱化でき、銅ソリッドと比較して熱源温度を最大 17°C 低減する結果が得られた。また最大 200 W/cm^2 までの熱流束下でドライアウトせず正常に動作することが確認された。

参考文献

- (1) T. Phan, Y. Kawahara, H. Hagino, T. Koshio Y. Saito, T. Ogawa and V. Wuttijumngong, "Vapor Chamber Heat Spreader for High Heat Flux Chip of 100 W/cm^2 ", Joint 21st IHPC and 15th IHPS, Melbourne, Australia, Feb 5-8, 2023.

Table.1 Test conditions.

Dimension of VC [cm^3]	$5.5 \times 5.5 \times 0.4$
Area of heat source [cm^2]	$1.0 \times 1.0 / 1.5 \times 1.5 / 2.5 \times 2.5$
Cooling water temp. [$^\circ\text{C}$]	60 ± 2
Water flow rate [L/min]	0.5
Q_{in} [W]	50-600

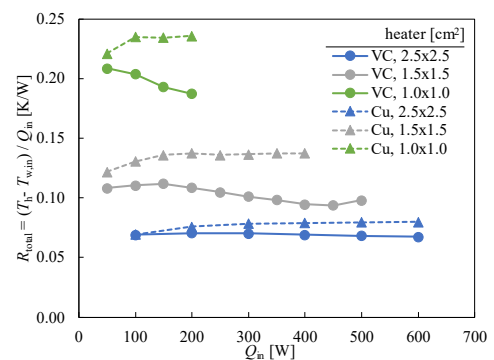


Fig.2 Thermal resistance of VC and Copper solid.

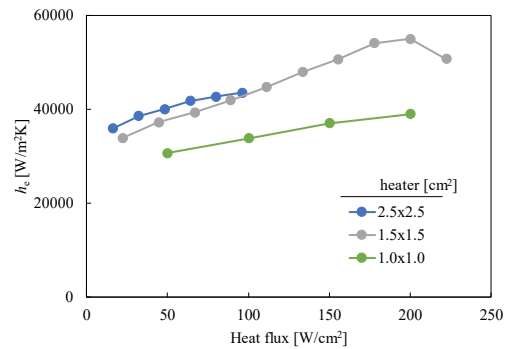


Fig.3 Relationship between h_c and heat flux.

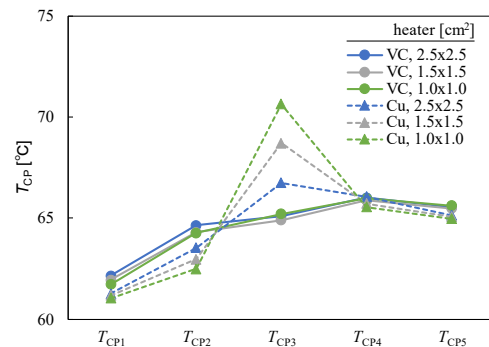


Fig.4 Temperature distribution of cold plate at 200 W .