

## 別紙1 (博士論文の審査結果の要旨)

専攻名 システム創成科学専攻

氏名 Huynh Phuoc Hien

電子機器の高集積化および高密度化が進み、半導体デバイスやその他の電子機器からの放熱量、特に単位体積もしくは単位面積当たりには換算した放熱量が急激に増加している。しかし、電子機器から放熱された熱を適切に冷却しなければ電子機器が高温になり、安定した動作が保てない。一般に、電子機器の表面温度は 85℃以下にする必要があると言われている。そのため種々の電子機器において、それぞれの形状や使用形態に応じた冷却技術により冷却が行われている。

本研究で対象としたループヒートパイプは、冷却媒体が液体から気体に相変化する際の蒸発潜熱を利用して高密度の熱を除去しようとするものであり、ループ内に設置した多孔質体の毛管作用により液を循環させることができる。蒸発潜熱を利用した同様な冷却装置としてサーモサイフォンが上げられるが、多孔質体が無く、重力だけを利用するため、加熱部を常に装置の最下部に設置する必要がある。一方、ループヒートパイプでは冷却部に対して加熱部を水平または上部に設置しても動作する可能性がある。

第1章では電子機器の冷却に関する背景や基本的な技術に関する情報が適切にまとめられている。また、ループヒートパイプに関する過去の研究成果に関して文献レビューがなされ、それに基づいて、本研究の目的が明示されている。

第2章では実験装置の詳細が示されている。加熱面と直接接触し熱を除去する蒸発器については、放熱面におけるフィン構造の詳細とその上部に設置する多孔質体設置全体構造などの詳細が示されている。

第3章では、重力で気液の流れをアシストした場合のループヒートパイプの基本特性に関して詳細な実験データが示されている。作動媒体には水を用い

ている。実験は 50~520 W の加熱条件で行われ、350 W の加熱条件で表面温度が 85℃に達すること、限界熱流束で見られる温度の急上昇が表れないこと、加熱量が大きいほど熱抵抗が小さくなることなどが報告されている。また、蒸発器における現象の物理モデルを構築し、多孔質体とフィンとの構造体における伝熱メカニズムに関する考察を行っている。

第4章では、作動媒体にエタノールを使った実験を行い、その特性を調べるとともに、水の実験結果との比較から性能評価を行っている。実験結果より、90 W までの低熱負荷領域ではエタノール性能が高いが、それ以上の高熱負荷では性能が逆転すること、表面温度が 85℃に達する加熱条件が 220 W で、水の場合より低くなることが報告されている。また、そのような結果となる原因について、先に構築した物理モデルと熱物性値の違いから検討している。

第5章では、重力による流れのアシストが無い、水平設置の条件での実験結果が示されている。水平設置の場合は、多孔質体の毛管力だけによる流れになるため、液供給能力が低下し、80~90 W 程度の低熱負荷で表面温度が 85℃に達することが報告され、毛管力の大きな多孔質体の探求が課題とされている。

第6章では、液供給の振動現象の測定結果が報告され、振動の要因に関する考察がなされている。

第7章では、本研究の実験結果の総括が行われると共に、今後の研究課題および方向性に関する提言を行っている。

本研究で得られた成果は、独創的な新しい結果を含んでおり、工業的に広く応用できるものである。

平成31年2月1日に実施した博士論文公聴会では、これらの内容が分かりやすく丁寧に説明され、質問に対しても適切な回答がなされた。なお、本研究の内容は2件の査読付き Journal 論文に掲載されるとともに、4件の国内外の会議で発表されている。

以上のことより、本論文は博士(工学)の学位を授与するに値すると判断され、審査員全員の一致で合格と判定された。