

補助事業番号 2021M-209

補助事業名 2021年度 高発熱密度の次世代スマートフォン冷却に適用できる超薄型ペーパーチャンバー用ウィックの開発 補助事業

補助事業者名 電気通信大学大学院情報理工学研究科 教授 大川 富雄

1 研究の概要

第5世代移動通信システム(5G)の実用化も手伝って、スマートフォンの発熱密度はますます増大している。このため、従来のグラファイトシートでは十分な放熱が困難となっており、解決策として、作動流体の蒸発と凝縮を利用して大量の熱移動を可能とするペーパーチャンバーが注目されている。ただし、スマートフォンではスペースの制約がきわめて厳しいため、極薄かつ毛管力に優れたウィックの開発がきわめて重要なステップとなる。そこで、本研究では、ナノ流体中の核沸騰で伝熱面上に形成されるナノ粒子層が、極薄のウィックとして機能するかについて、実験的に調査した。この結果、厚さ10ミクロン程度のナノ粒子層により、通常の金属メッシュと同等程度以上の熱輸送性能を達成可能であることを示した。

2 研究の目的と背景

近年の電子機器の小型化と発熱量の増大により、冷却デバイスにもダウンサイジングが強く求められている。そこで、スマートフォン等の小型電子機器にも搭載可能なペーパーチャンバー用ウィックの開発に向けて、極薄であると同時に十分な強度と毛管力を有するナノ粒子層を製作する。また、ナノ粒子層をウィックに用いて伝熱実験を行い、熱輸送性能と耐久性を明らかにする。

3 研究内容 <http://www.eel.mi.uec.ac.jp/research.html>

(1)高性能ウィックの開発

ナノ流体中で核沸騰を生じさせることで、伝熱面上に、極薄かつ毛管力に優れたナノ粒子層を形成できることを示した。これより、ナノ粒子層は、薄型ペーパーチャンバーのウィックとしてきわめて有望であることを示した。

(2)伝熱実験

ナノ粒子層ウィックは、通常のウィックと比較して極薄であるばかりでなく、高熱入力条件でより低い熱抵抗を実現するとともに、十分な量のナノ粒子を付着させることで、通常ウィックと比較して最大熱輸送量も遜色がなく、さらに耐久性も大きく向上することを示した。加えて、低熱入力条件で熱抵抗が通常ウィックと同等程度まで上昇する傾向があるものの、作動液の封入率を最適化することで、低熱入力条件においても低い熱抵抗を実現できることを示した。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本事業では、ナノ流体中における核沸騰で伝熱面となる金属面上に形成されるナノ粒子層が、厚さ、毛管性能、耐久性等、スマートフォンの冷却に使用可能なペーパーチャンバー用のウィックとして具備すべき性質を有していることを実験的に示された。加えて、高い毛管性能を発現する上

で、ナノ粒子層が金属面の全面を覆うことが重要であり、また、ナノ粒子層が極薄であるため、必要な作動液の封入率が通常ウィックよりも少なくなるなど、設計上の重要事項も明らかとなった。したがって、小型電子機器用冷却デバイスで、ナノ粒子層ウィックが活用されることが大きく期待できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

スマートフォンの冷却に使用するベーパーチャンバー用ウィックとして具備すべき性能を強く意識しつつ、ナノ粒子層の基本性能と冷却デバイスに適用した場合の熱輸送性能を調査し、産業界の研究・開発者とも様々な意見交換を行うきっかけとなった。このため、基礎的な研究成果の実用化をより具体的に考える上で、本研究課題を遂行したことは、きわめて有意義であった。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- (1) Menglei Wang, Yifan Liu, Tomio Okawa, Experiments on thermal performance of heat pipes using nanoparticle layer as the wick, Applied Thermal Engineering, Vol.228, No.120518 (2023).
- (2) 王萌蕾, 大川富雄, ナノ流体によるヒートパイプの伝熱性能の改善, 熱工学コンファレンス, F132 (2022).
- (3) 王萌蕾, 大川富雄, ナノ流体によるナノ粒子層をウィックとするヒートパイプの伝熱性能の改善, 第59回日本伝熱シンポジウム, H344 (2022).
- (4) 王萌蕾, 大川富雄, ナノ粒子層をウィックとするヒートパイプの伝熱性能に関する研究, 熱工学コンファレンス, D131 (2021).
- (5) Tomio Okawa, Menglei Wang, Nanoparticle coating in heat pipe design for miniaturised cooling, Research Outreach, Vol.123, pp.22-25 (2021).

7 補助事業に係る成果物

- (1) 補助事業により作成したもの
無し
- (2) (1)以外で当事業において作成したもの
無し

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 電気通信大学情報理工学研究科

住 所: 〒182-8585

東京都調布市調布ヶ丘1-5-1

担 当 者: 教授 大川富雄 (オオカワ トミオ)

担 当 部 署: 機械知能システム学専攻 (キカイチノウシステムガクセンコウ)

E - m a i l: okawa.tomio@uec.ac.jp

U R L: <http://www.eel.mi.uec.ac.jp/>