

補助事業番号 28-131  
補助事業名 平成28年度 マイクロ・ナノ階層構造をもつ高性能沸騰伝熱面の開発  
補助事業  
補助事業者名 九州工業大学 矢吹 智英

## 1 研究の概要

日常でもよく見かける沸騰熱伝達は小さな温度差で大きな熱エネルギーを輸送できる性質を持っているため、CPUや電気自動車の電力制御などに使われるパワー半導体等の発熱量が増加している電子機器の冷却に用いられようとしている。本研究では、沸騰熱伝達の除熱量の上限である限界熱流束を、超親水性表面（水によく濡れる表面）を用いて向上させる研究を行った。

## 2 研究の目的と背景

電子機器の発熱密度の増大に伴い沸騰熱伝達の高性能化に対する要求は高まっており、そんな中、近年、微細構造を用いた表面濡れ性制御により沸騰熱伝達特性を促進することが可能となってきた。本研究では、溶射と化学酸化を用いて大面積加工が可能な超親水マイクロ・ナノ構造沸騰伝熱面を作製する手法を確立して、沸騰の限界熱流束を促進することを目的とする。

## 3 研究内容

### 溶射と化学酸化で加工した超親水性沸騰伝熱面を用いた限界熱流束促進

まずは、銅溶射皮膜表面にナノ構造を成長させてマイクロ・ナノ超親水構造（図1）を製作する手法を確立した。アーク溶射、プラズマ溶射、コールドスプレー法の三種類の方法でマイクロ構造を持つ溶射皮膜を作製し、溶射皮膜表面にナノ構造を付与することで超親水性マイクロ・ナノ階層構造を作製した（図1）。次に沸騰試験装置（図2）を作製した。超親水性表面に対する沸騰実験の結果、平板に溶射皮膜（マイクロ構造）を付与することで限界熱流束は1.3倍になり、酸化銅ナノ構造をマイクロ構造に付与することで限界熱流束はさらに1.5倍大きくなることがわかった（図3）。コールドスプレーにナノ構造を付与した場合に限界熱流束は最も大きく促進され、銅平板の1.8倍の限界熱流束が得られた。また、水を含ませたガラス細管を用いて評価した液体浸透性で超親水性表面の限界熱流束をよく整理できることが示された。

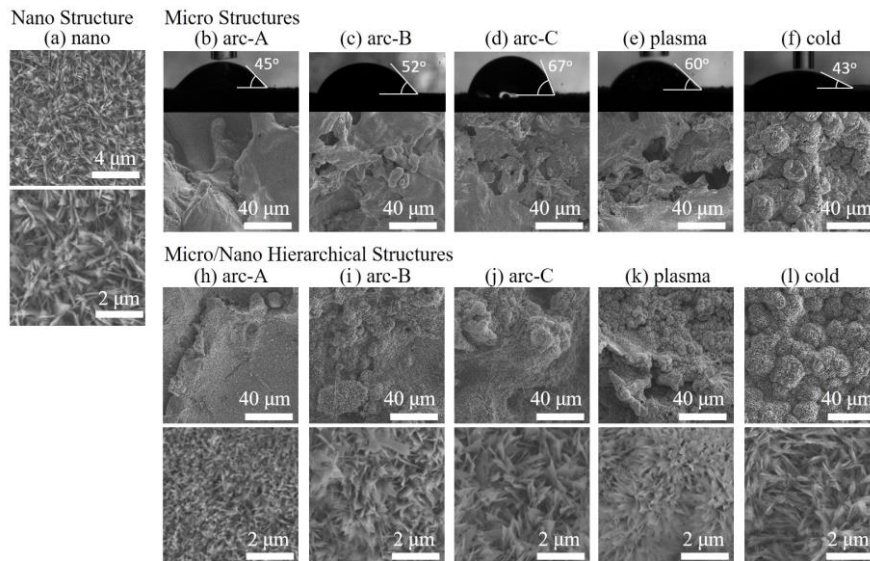


図1 溶射膜の化学酸化で作製した超親水マイクロナノ構造

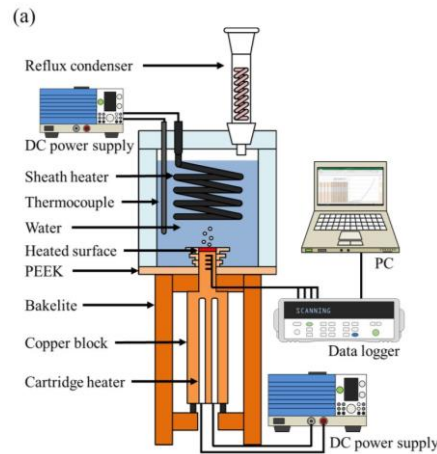


図2 製作した沸騰実験装置

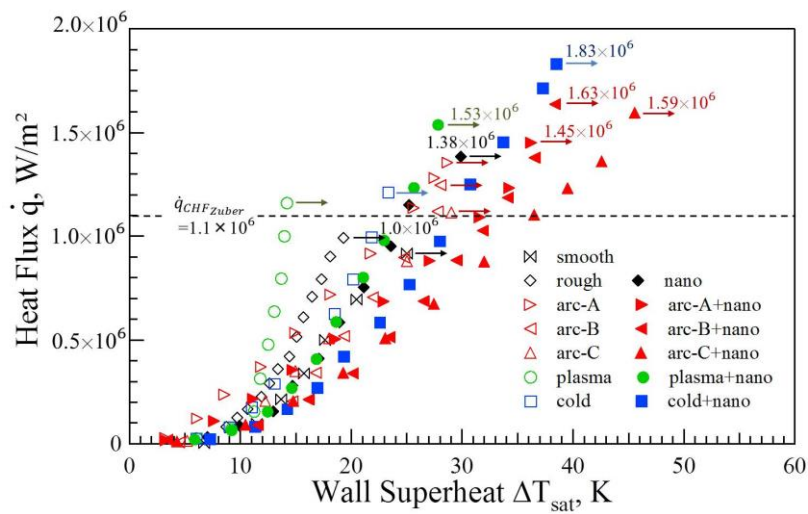


図3 沸騰曲線

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

沸騰の限界熱流束向上は冷却技術の高度化につながる。本技術は低コストで大面積加工が可能な利点も持つため、冷却技術への応用が比較的容易であるメリットを持ち、発熱密度の増大に伴って冷却が難しくなっている電子機器や高出力レーザー、高輝度LED等の冷却技術の発展に寄与する。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまでに、MEMS熱センサやレーザー干渉計を用いた実験で、沸騰熱伝達メカニズムの解明に重点を置いて研究を行ってきた。そんな中で、本事業の支援を受け、沸騰の応用に関係する本研究に取り組むことで新しい研究軸を作ることができた。今後はメカニズム研究と応用の両面から沸騰研究を推進していきたい。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

1. 田中孝典, 坂本寛幸, 矢吹智英, 宮崎康次, “マイクロ・ナノ構造表面の液体浸透性とプール沸騰限界熱流束”, 第37回日本熱物性シンポジウム, (Flash memory) 3 Pages, 2016年11月
2. Takanori Tanaka, Tomohide Yabuki, Koji Miyazaki, Pool Boiling CHF Enhanced with Superhydrophilic Micro/Nano Structures Fabricated by Thermal Spray and Chemical Oxidation, Proceedings of International Forum on Heat Transfer 2016, (Flash memory) 6 Pages, 2016年11月
3. 矢吹智英, “マイクロ・ナノテクを用いた沸騰熱伝達のメカニズム解明と促進”, 日本伝熱学会中国四国伝熱セミナー, 招待講演, 2016年9月
4. 矢吹智英, “マイクロ・ナノテクを用いた沸騰熱伝達の計測と制御”, 日本冷凍空調学会調査研究プロジェクト「環境変化に対応するための先進熱交換技術に関する調査研究」第7回委員会, 招待講演, 2017年9月

#### 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

研究報告書 (URL: [http://www.mech.kyutech.ac.jp/tdl/JKA\\_report.pdf](http://www.mech.kyutech.ac.jp/tdl/JKA_report.pdf))

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

該当無し

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 九州工業大学工学部熱デバイス研究室（キュウシュウコウギ ヨウダ ガクキツデバイス  
シユウシツ）

住 所： 〒804-8550  
福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1

申 請 者： 役職名 准教授（ジュンキョウジユ）

担 当 部 署： 工学部機械知能工学科（コウガクブキチノウコウガクカ）

E - m a i l： yabuki@mech.kyutech.ac.jp

U R L： <http://www.mech.kyutech.ac.jp/td/>