

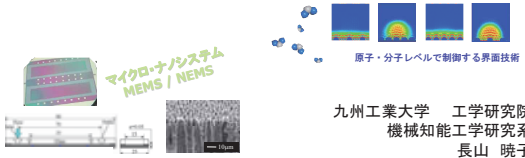
## マイクロ・ナノ構造による固液界面の機能制御

九州工業大学 工学研究院 機械知能工学研究系

長山 暁子

近年、CPU や半導体チップなど電子機器の小型化および高性能化が進んでいる。これに伴い発熱密度が増大する傾向にあり、微小空間から熱を効率的に取り除くことがあらゆる電子機器の性能向上の鍵となっている。熱対策の一つとして、微細加工 (MEMS) 技術を用いたマイクロチャンネル冷却技術が期待されている。マイクロチャンネルにおいては、流路のスケール効果によって固液界面濡れ性の影響を受けやすい特徴があるため、界面の濡れ制御が重要な課題となる。これまでに固液表面の濡れ性を変化させる方法は多く研究開発されてきたが、経験的に行われることが多く、そのメカニズムは十分解明されていない。本研究では、シリコン表面が有するナノ・マイクロ構造と濡れ特性の関係を調べ、従来の理論式及び新たに構築したモデルとの比較を行い、その妥当性を検証する。また、これらの知見に基づいて、マイクロチャンネル冷却デバイスにおける固液界面の最適条件を検討する。

## マイクロ・ナノ構造による固液界面の機能制御

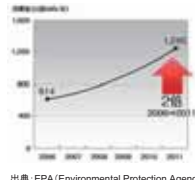
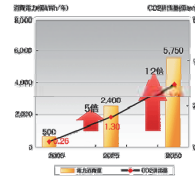


九州工業大学 工学研究院  
機械知能工学研究系  
長山 暁子

IT・エネルギー技術開発における熱制御

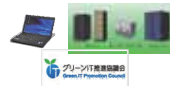


## IT・エネルギー技術開発における熱制御技術の重要性



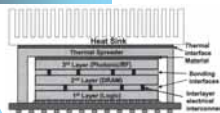
出典: 経済産業省, 情報通信機器の革新的省エネ技術への期待, 2007

出典: EPA (Environmental Protection Agency, 米国環境保護庁)  
Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency Public Law 109-431, Aug. 2007

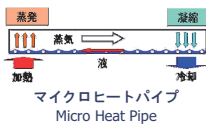
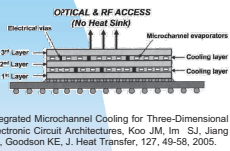


- ① パワー半導体の低損失化
- ② 半導体の高効率冷却技術  
冷却能力  $\Rightarrow 100\text{W/cm}^2$   
大電流密度化  $500\text{A/cm}^2 \Rightarrow 300\text{W/cm}^2$

## マイクロ・ナノデバイスの冷却技術



マイクロナノシステム  
MEMS / NEMS



Integrated Microchannel Cooling for Three-Dimensional Electronic Circuit Architectures, Koo JM, Im SJ, Jiang LN, Goodson KE, J. Heat Transfer, 127, 49-58, 2005.

マイクロチャンネル冷却  
Microchannel Cooling



## 界面濡れ制御によるマイクロ・ナノデバイスの伝熱促進

界面濡れ制御による機能性伝熱面の創製

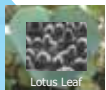


1. マイクロ・ナノ構造による濡れ制御のメカニズム
2. 界面濡れ性がマイクロチャンネル熱伝達特性に及ぼす影響

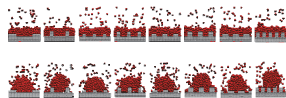
界面濡れ制御を活用した凝縮伝熱



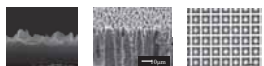
## マイクロ・ナノ構造による界面濡れ制御



自然界におけるナノ界面構造



ナノ微細構造面の濡れ挙動に関する分子動力学的研究, 長山暁子2名, 日本機械学会論文集 (B), 73 (728), pp.1084-1091, 2007



## マイクロ・ナノ構造による界面濡れ制御



測定条件:  
湿度 Humidity 40%RH  
温度 Temperature  $25^\circ\text{C}$   
液滴量 Droplet volume  $4\mu\text{l}$

清浄なSi表面  
接触角  $80^\circ$

清浄なポーラスシリコン (Porous Si) 表面



$\Phi=0$  or 1    $\Phi=0.26$     $\Phi=0.41$     $\Phi=0.56$     $\Phi=0.70$     $\Phi=0.900$

