

Evaluation of Thermal Conductivity of Single Carbon Nanotube for Temperature Nano-Sensor

¹Kyohei Tomita, ¹Hisataka Maruyama, ²Fumihito Arai

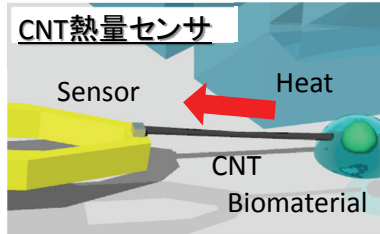
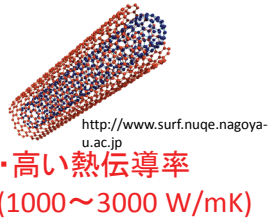
¹Department of Micro-Nano Systems Engineering, Nagoya university,

²Seoul National University



カーボンナノチューブによりナノ領域の熱をセンサに伝えるには？

1. Background

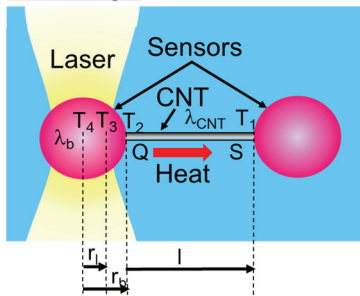


Motivation

- ・生体分子が活性を保つことのできる環境でのCNTの熱伝導を評価
- ・CNTとセンサを組み立てるナノマニピュレーションシステム

2. Evaluation of Thermal Conductivity of a single CNT

・Concept



・Analysis

Inside the sensor

$$Q = \frac{4\pi\lambda_b}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_b}} (T_3 - T_2) \quad (1)$$

Inside the CNT

$$Q = \lambda_{CNT} \frac{T_2 - T_1}{l} S \quad (2)$$

$$\lambda_{CNT} = \frac{l}{S} \cdot \frac{\alpha\lambda_b Q}{\alpha\lambda_b(T_4 - T_1) - Q} \quad (3)$$

T₁, T₄ : ±0.5K

Q : ±5%

計測誤差

$$\Delta\lambda_{CNT} \div 20\%$$

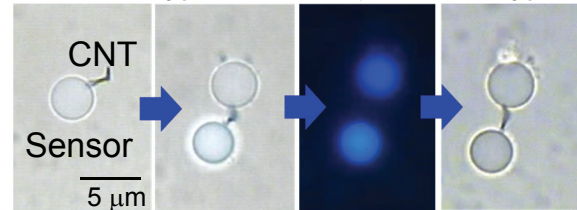
λ_{CNT} [W/mK]: Thermal conductivity of CNT
λ_b [W/mK]: Thermal conductivity of sensor
S [m²]: Cross-section area of CNT
Q [W]: Heat flow to CNT

Assumptions: T₄=T₃, T₀=T₁
Heat does not escape to water.

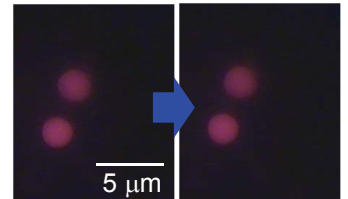
$$\alpha = \frac{4\pi}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_b}}$$

・Experiments

光ピンセット操作により温度センサを操作



1. 温度の蛍光画像を取得 (チャンバにて303 K に保温)
2. 片方の温度センサにレーザーで熱入力
3. 2分後に再び蛍光画像を取得, 解析をする.



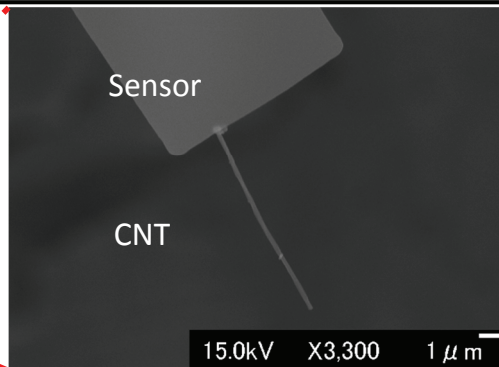
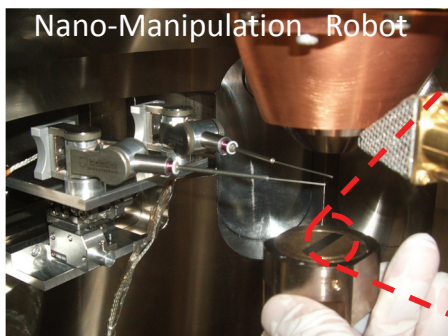
加熱前 2分加熱後

熱伝導率: 412 W/mK

低い熱伝導率
熱の散逸
界面コンダクタンス

熱入力後の温度差
: ΔT₂-ΔT₁ = 5.2 K
CNT直径: 140 nm,
CNT長さ: 2.48 μm
熱量: 0.67 μW

3. Fabrication of CNT Heat Quantity Sensor



Manipulation Robot	
Actuators	2 MM3A
MM3A	
Working Space	240
Positioning Resolution	5 nm, 3.5 nm, 0.25 nm
End-Effectors	Tungsten needle
XYZ stage	
Working Space	6 mm × 6 mm × 6 mm

センサに伝わる熱量

$$Q = \lambda_{CNT} \frac{T_2 - T_1}{l} S$$

4. Conclusions and future work

1. 水中でCNTの熱伝導を評価
2. CNT熱量センサをナノマニピュレーションにより作製

5. References

1. H. Maruyama et al, Microfluid and Nanofluid, vol. 6, no.3, pp. 383-390, 2009.