

ナノ構造Siにおける熱輸送と電子輸送現象の解明

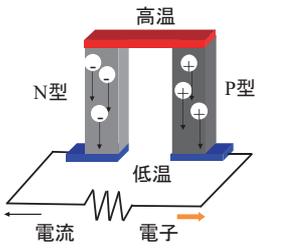
九州工業大学 機械知能工学研究系 宮崎 康次

研究概要

ナノテクを利用して、熱から直接発電する熱電発電の高効率化が多く報告されている。熱を輸送するフォノンと電気を輸送するエレクトロンに対して、ナノ構造により異なる制御をかけたことによる。本研究では、微細加工技術により微細構造をもつ電子・熱輸送特性を測定するデバイスを作製、それぞれの特性を同時測定し、ナノ構造設計に活かす。

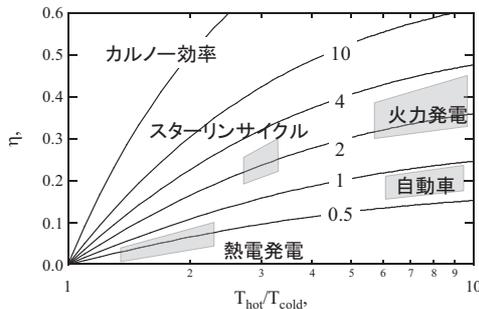
ナノ構造とZT

ナノ構造を利用して、電気的特性を保ち、熱伝導率を低減することでZTを改善



$$\eta_{\max} = \frac{T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}}}{T_{\text{hot}}} \frac{m_{\text{opt}} - 1}{m_{\text{opt}} + \frac{T_{\text{cold}}}{T_{\text{hot}}}}$$

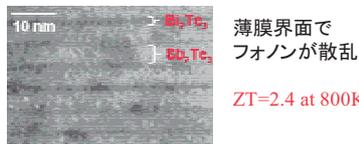
$$m_{\text{opt}} = \sqrt{1 + \frac{1}{2} Z (T_{\text{hot}} + T_{\text{cold}})}, \quad Z = \frac{\sigma \alpha^2}{\lambda}$$



Hochbaum, A. I. et al., Enhanced Thermoelectric Performance of Rough Silicon Nanowires, *Nature*, **451** (2008) 163.

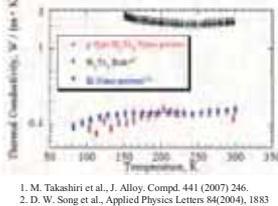
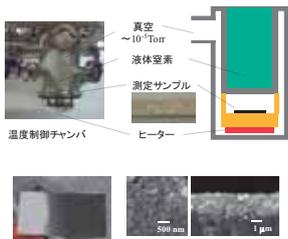


Hsu, K. F. et al., Cubic AgPb_mSbTe_{2+m}: Bulk Thermoelectric Materials with High Figure of Merit, *Science*, **303** (2004) 818.

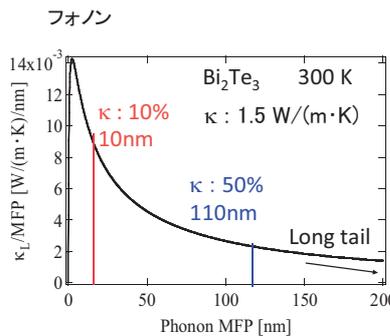


Venkatasubramanian, R. et al., Thin-film Thermoelectric Devices with High Room-temperature Figures of Merit, *Nature*, **413** (2001) 597.

フォノン・エレクトロンの平均自由行程



1. M. Takashiri et al., *J. Alloy. Compd.* **441** (2007) 246.
2. D. W. Song et al., *Applied Physics Letters* **94**(2004), 1883



フォノン

$$\kappa = \frac{1}{3} C v L$$

$$\kappa = \frac{1}{3} \int C v L d\omega$$

$$\kappa_L = -\frac{1}{3} C_L v_L L \frac{\partial \omega}{\partial L}$$

Electron

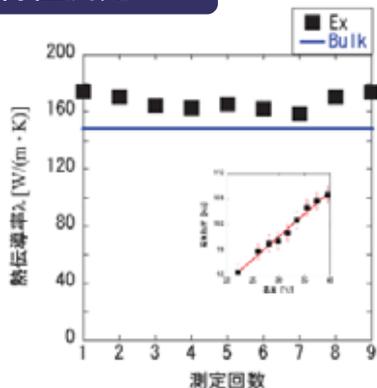
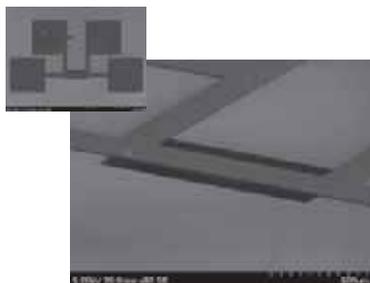
$$\sigma = \frac{ne^2 \tau}{m} \quad l = v_F \tau$$

$$v_F = \left(\frac{\hbar}{m} \right) \left(\frac{3\pi^2 N}{V} \right)^{1/3}$$

κ: 熱伝導率
C: 比熱
v: 音速
L: フォノン平均自由行程

田中三郎, 高尻雅之, 宮崎康次
"Bi_{0.4}Te_{3.0}Sb_{1.6} ナノ多孔体の熱伝導率."
熱物性, Vol.24, No.2, pp.94-100, (2010).

デバイスの作製と特性測定



鶴慶彦, 萩野春俊, 檜和田徹, 宮崎康次,
"薄膜Siの面方向の熱伝導率測定."
日本機械学会九州支部第63期総会・講演会, pp.283-284, (2010).
フェロー賞 受賞

