

ボロンカーバイドナノワイヤの熱電特性

Thermoelectric Property of Boron Carbide Nanowires

産総研ナノシステム, °桐原 和大, 向田 雅一, 清水 禎樹

NRI, AIST, °Kazuhiro Kiriara, Masakazu Mukaida, Yoshiki Shimizu

E-mail: kz-kiriara@aist.go.jp

原子炉の中性子減速材や耐摩耗材料等に実用化されているボロンカーバイドは、高温領域で有望な熱電材料としても知られる[1]。高い熱電変換性能の主な起源はその高い Seebeck 係数にあり、それは結晶内への様々な欠陥導入により大きく影響されることが報告されている[2]。最近、従来の合成温度 (2000°C 付近) より大幅に低い温度で単結晶ナノワイヤが合成された[3][4]。コンポジット熱電材料としての性能評価のためにも必要な、ナノワイヤ 1 本の熱電物性は計測が容易でなく、ボロンカーバイドでは報告例がない。我々はこれまでに、微細電極加工技術を用いて 1 本の純ボロンナノベルトの Seebeck 係数を測定し、その熱電性能 (パワーファクタ) の評価を行ってきた[5]。今回、ボロンカーバイドナノワイヤを合成しそれらの計測を行った結果を報告する。

ボロンカーバイドナノワイヤは、セルロースとボロン粉末、及び微量の金属を混合しアニールして合成した。熱酸化 Si 基板 (酸化膜厚 500 nm) 上にのせたナノワイヤの両端に熱起電力の測定電極 (Pt) と、その近傍にマイクロヒータ (Pt) を、電子線リソグラフィーで加工した (図 1)。ヒータを周波数 ω で交流加熱し、ナノワイヤへ伝播する周波数 2ω の温度波により、ナノワイヤ両端に生じる熱起電力 ΔV をロックインアンプで測定した。さらに、両端の 4 端子電極細線の交流加熱に伴う電気抵抗の変化から、温度差 ΔT を求めた。交流加熱による ΔV の成分のみをロックインアンプで検出するため、 ΔV と ΔT の間には、切片の無い明瞭な比例関係が得られた (図 2)。これにより Seebeck 係数を求めると、図 1 のナノワイヤの場合、温度 300 K で +288 $\mu\text{V/K}$ であり、接触抵抗を無視して見積もった電気伝導率 (1.56 S/cm) を用いると、パワーファクタは 12.9 $\mu\text{W/mK}^2$ と見積もられた。他に最大で 157 $\mu\text{W/mK}^2$ (400K) のパワーファクタを持つナノワイヤも見出されている。講演では、Seebeck 係数及び電気伝導率の温度依存性についても報告する。本研究の一部は、文科省科研費 (25286028) 及び産総研 NPF の支援を頂いて実施した。

[参考文献]

- [1] C. Wood and D. Emin, Phys. Rev. B **29** (1984) 4582.
- [2] 後藤孝, 金属, **68** (1998) 32.
- [3] A. Velamakanni *et al.*, Adv. Funct. Mater., **19** (2009) 1.
- [4] X. Tao *et al.*, Adv. Mater., **22** (2010) 1.
- [5] K. Kiriara *et al.*, Appl. Phys. Express, **4**, 041201 (2011).

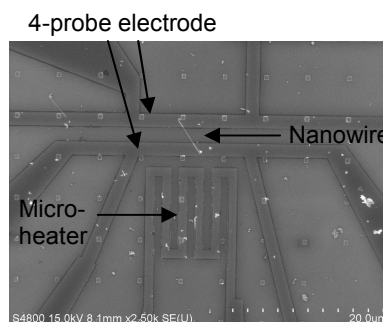


図 1 ボロンカーバイドナノワイヤ両端への Pt 微細電極及びその近傍のマイクロヒータの加工の結果 (SEM 写真)

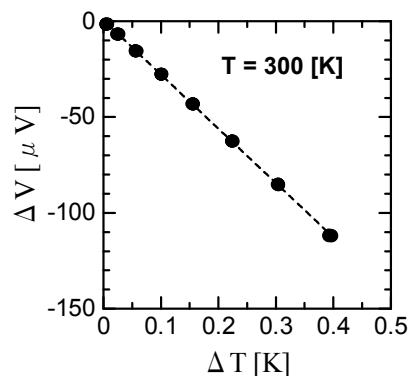


図 2 ナノワイヤの熱起電力測定結果