

鋳型圧入法による Bi ナノワイヤーの開発と熱電物性の評価

Development of Bi nanowire using injection method and evaluation of thermoelectric properties

産業技術総合研究所¹, 埼玉大², 茨城大³, ○村田正行¹, 山本淳¹, 寺門宏樹², 本間亮英²,
長谷川靖洋², 小峰啓史³

AIST¹, Saitama Univ.², Ibaraki Univ.², Masayuki Murata¹, Atsushi Yamamoto¹, Hiroki Terakado²,
Ryoei Honma², Yasuhiro Hasegawa², Takashi Komine³

E-mail: m.murata@aist.go.jp

【背景】

本研究グループは、熱エネルギーを電気エネルギーに直接変換できる「熱電変換材料」の研究を行っている。未利用廃熱から発電できることから、エネルギー有効利用の観点から注目が集まっており、実用化に向けたエネルギー変換効率の向上の研究が盛んに行われている。熱電変換材料にナノワイヤー構造を導入することにより、エネルギー変換効率が大幅に向上する事が理論的に示唆されて以来¹、盛んにナノワイヤー熱電変換材料の研究が行われてきた。さらに、近年のナノテクノロジーの発達に伴い、ナノワイヤーを利用したエネルギーの変換効率の向上が実験的に報告され始めている²。

【単結晶 Bi ナノワイヤーの開発】

本研究グループでは、Fig. 1 に示した様にナノスケールの孔の空けられた円柱形状の石英ガラス製の鋳型を利用して、高温で溶解させた Bi を孔の中に高压で圧入し、その後冷却して Bi を再結晶化させることで、直径数百ナノメートル級の単結晶 Bi ナノワイヤーを開発した³。Fig. 1 に一例として直径が 539 nm で長さが 1.87 mm の Bi ナノワイヤーを、側面から観察した光学顕微鏡写真を示した。石英ガラスの中心部分に横に伸びている線状のものが Bi ナノワイヤーである。挿入図には鋳型端部の中心部分で観察した電子顕微鏡像を示した。これまでに直径 50 nm から 1 μm までのナノワイヤーの作製に成功している。

【熱電物性の評価】

長さが 1 mm 以上ある為に、正確な温度差の評価を行うことができ、これまでに世界で初めて、ゼーベック係数と電気抵抗率の同一サンプルにおける報告し、バルクの値とは大きく異なることを報告した³。さらに、集束イオンビーム(FIB)によるナノ加工を用いてナノワイヤー側面へ局所電極を作製し、Bi ナノワイヤーの 4 端子抵抗測定を行い⁴、世界で初めてホール係数の測定にも成功している。Fig. 2 にホール係数測定の概略図と作製した電極の電子顕微鏡像を示した。この様に、本研究グループでは高品質な単結晶 Bi ナノワイヤーの開発を行い、これまでに他者に行われてこなかった正確な熱電物性の評価を行ってきた。本発表では、詳細な Bi ナノワイヤーの作製方法や熱電物性測定の手法、測定された熱電物性値について説明する。

【参考文献】

- 1 L. D. Hicks *et al.*, *Physical Review B* **47**, 12727 (1993)
- 2 A. I. Hochbaum *et al.*, *Nature* **451**, 163 (2008)
- 3 M. Murata *et al.*, *Applied Physics Letters* **94**, 192104 (2009)
- 4 M. Murata *et al.*, *Nanoscale research letters* **8**, 400 (2013)

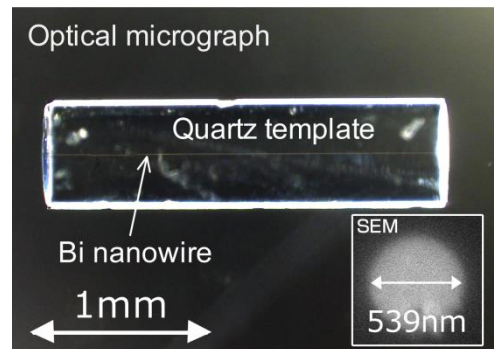
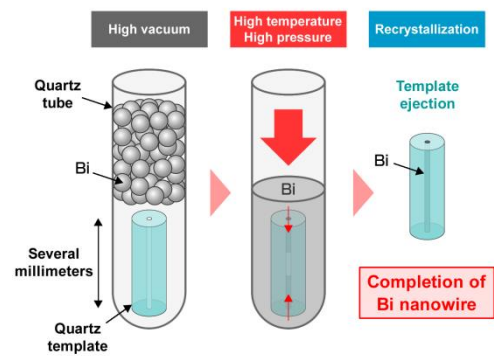


Fig. 1: (a) Schematic diagram of fabrication procedure of Bi nanowire, (b) optical and SEM images of Bi nanowire

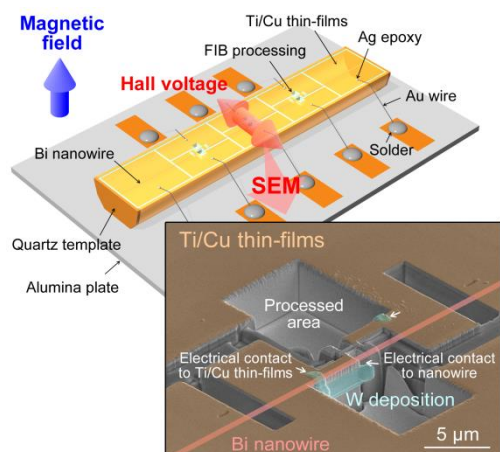


Fig. 2: Schematic diagram of Hall measurement on the nanowire. Inset shows SEM image of electrodes on the Bi nanowire.