

熱電変換 Bi ワイヤの輸送係数測定に向けたナノ加工

Nano-fabrication for transport coefficient measurements of Bi wire

埼玉大¹, 埼玉県産業技術総合センター² °平林 伸哉¹, 森田 寛之², 長谷川 靖洋¹,

Saitama Univ.¹, Saitama Industrial Technology Center²,

°Shinya Hirabayashi¹, Hiroyuki Morita², Yasuhiro Hasegawa¹

E-mail: hirabayashi@env.saitama-u.ac.jp

【背景】

熱電変換材料にナノワイヤー構造を取り入れた熱電変換ナノワイヤーは、量子効果の導入によって状態密度の傾きが急峻となりゼーベック係数が上昇するため、熱電変換性能の大幅な向上が示唆されており¹、本研究グループではこの現象の実証を目標に熱電変換 Bi ワイヤ（以下 Bi ワイヤ）の開発と評価を進めている。ゼーベック係数の測定を行うために、測定対象に様な勾配の温度差をつけて正確な評価を行う必要があることから、Bi ワイヤはワイヤー直径がナノスケールであることに加えて、ミリスケールの長さであることが望まれる。この形状を実現するために、長さ方向に孔の開いた石英ガラスファイバーの鋳型に Bi を圧入する手法により、Fig.1 に示す Bi ワイヤを作製している。

【Bi ナノワイヤーに対する FIB を用いたナノ加工】

Fig.1 で示すように Bi ワイヤは石英ガラスファイバー内に埋められているため、4 端子法による抵抗率測定やホール測定に必要な側面への電極形成が困難である。そこで Fig.2(a) に示す工程により電極形成を行う。まず石英ガラスファイバーの側面を研磨し、研磨した面に電極パッドとしての役割を果たす銅の蒸着をする。次に集束イオンビーム(FIB)を用いたナノ加工により Bi ワイヤの位置を特定、ワイヤー側面への電極形成を行う。その後、Fig.2(b),(c),(d) に示すように電極パッドへ配線を行う。Fig.2(d) に示すように、電極は Bi ワイヤの側面に 6 箇所、端部に 4 箇所取り付けられており、例えば四端子法による抵抗率測定では A₁-B₁ に電流を印加して 1-3 間の電圧を測定する。

本研究グループでは、FIB 加工によって形成された電極を組み合わせることで、これまでにワイヤー直径 1.9 μm の Bi マイクロワイヤーについて四端子法による抵抗率、磁気抵抗、ホール係数、ゼーベック係数の同時測定を行なった²。さらに今回、ワイヤー直径 214nm の Bi ナノワイヤーについても Fig.2 で示した同様の FIB 加工を行い、導通が確認できた。このことから Bi マイクロワイヤーで行なった電極の形成方法は、量子効果の導入が期待されるワイヤー直径 200nm クラスの Bi ワイヤにも適用できることが明らかになった。

【参考文献】

1 Yu-Ming Lin et al., Physical Review B Vol.62 4610 (2000)

2 H. Morita et al., Applied Physics Express, Vol.12, 011008 (2019)

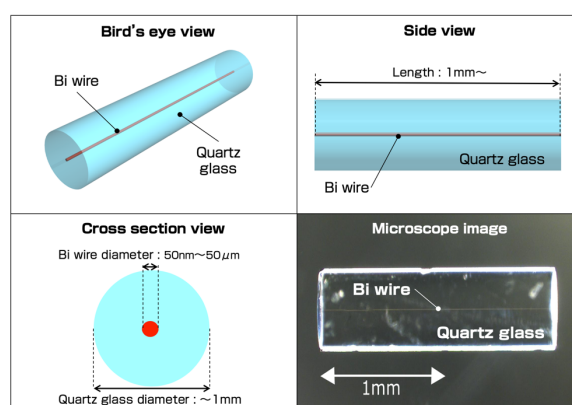


Fig.1 Schematic diagram and microscope image of Bi wire.

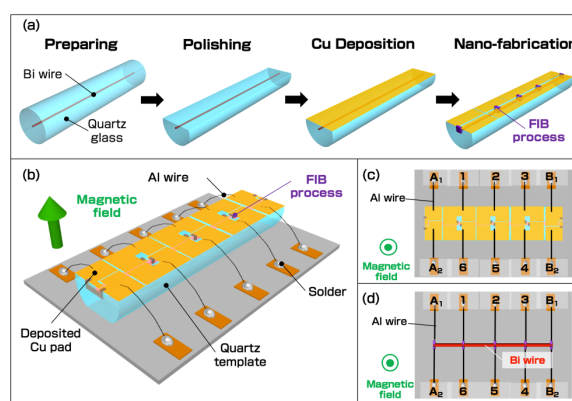


Fig.2 (a) Schematic diagram of sample preparation procedure. (b) Bird's eye view and (c) top view of prepared sample. (d) Schematic diagram of sample removed quartz glass virtually.