

## 直径 700nm Bi ナノワイヤーのホール係数測定とキャリア移動度評価

Measurement of Hall coefficient and evaluation of carrier mobility on 700 nm Bi nanowire  
 産業技術総合研究所<sup>1</sup>, 埼玉大<sup>2</sup>, 茨城大<sup>3</sup>, ○村田正行<sup>1</sup>, 山本淳<sup>1</sup>, 長谷川靖洋<sup>2</sup>, 小峰啓史<sup>3</sup>  
 AIST<sup>1</sup>, Saitama Univ.<sup>2</sup>, Ibaraki Univ.<sup>2</sup> ○Masayuki Murata<sup>1</sup>, Atsushi Yamamoto<sup>1</sup>,  
 Yasuhiro Hasegawa<sup>2</sup>, Takashi Komine<sup>3</sup>  
 E-mail: m.murata@aist.go.jp

### 【背景】

熱電変換材料にナノワイヤー構造を導入することで、性能指数  $ZT$  が大幅に向上すると理論的に予想されている<sup>1</sup>。そこで、本研究グループでは石英ガラスを利用した直径数百ナノメートル級の Bi ナノワイヤーの開発を行い、ゼーベック係数と電気抵抗率の測定結果を報告してきた<sup>2</sup>。これまでの測定結果から、ワイヤー直径を小さくするにつれて抵抗率が上昇し、ゼーベック係数が低下するという直径依存性が得られている。この測定結果をモデル計算により解析したところ、ナノワイヤー界面でのキャリア散乱により、平均自由行程長が制限されている可能性があることを示した<sup>3</sup>。しかし、この結果は理論モデル計算の基づいたものであり、より直接的にキャリア移動度を評価するためには、ホール係数を測定する必要がある。しかし、Bi ナノワイヤーのホール測定は、局所的な電極の作製や微小電圧の測定が求められることから多くの困難があり、これまで一度も行われていない。

### 【局所電極の作製】

本研究グループではこれまでに、集束イオンビーム (FIB) によるナノ加工を用いて、石英ガラス中に埋め込まれた Bi ナノワイヤー側面へ局所電極を作製する手法を確立した<sup>4</sup>。そこで本研究では、直径 700 nm の Bi ナノワイヤーの側面に、FIB を利用して Fig. 1(a) の概略図に示したようなナノワイヤー上の 6 カ所の電極を作製した。Fig. 1(a) の挿入図に FIB 加工前に観察した Bi ナノワイヤー断面の電子顕微鏡像を示した。Fig. 1(b) には、ナノワイヤー上に作製した電極の電子顕微鏡像を示しており、Bi ナノワイヤーと石英ガラス表面の Ti/Cu 薄膜が、タングステンデポジションにより繋がられている様子が確認できる。

### 【測定結果】

Fig. 2 に直径 700 nm Bi ナノワイヤーの長手方向で測定した抵抗と、垂直方向に測定した抵抗の磁場依存性を示した。このように、Bi ナノワイヤーのホール起電力を測定する事に成功した。この結果からナノワイヤー中のキャリア移動度を算出したところ、バルクの値とは大きく異なることがわかった。本発表では、ナノワイヤー中のキャリア移動度の変化について議論する。

### 【参考文献】

- 1 L. D. Hicks *et al.*, *Physical Review B* **47**, 12727 (1993)
- 2 M. Murata *et al.*, *Applied Physics Letters* **94**, 192104 (2009)
- 3 M. Murata *et al.*, *Journal of Electronic materials* **41**, 1442 (2012)
- 4 M. Murata *et al.*, *Nanoscale research letters* **8**, 400 (2013)

### 【謝辞】

本研究は、文部科学省の支援を受けた東京大学先端ナノ計測ハブ拠点、NIMS ナノテクノロジー融合センターの支援により行われた。

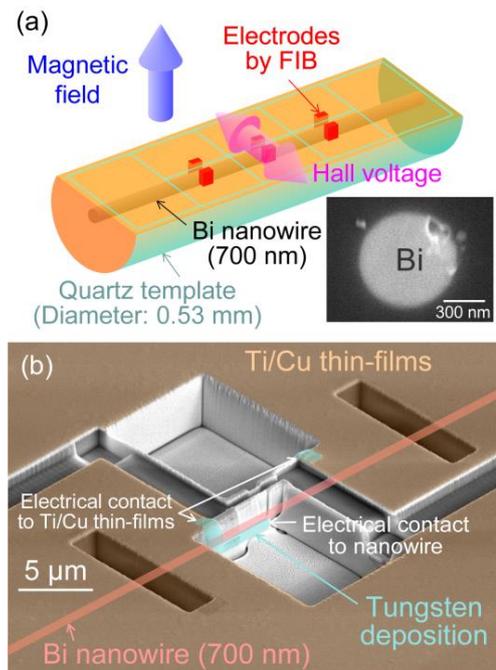


Fig. 1: (a) Schematic diagram of Hall measurement, (b) SEM image of electrodes on the Bi nanowire.

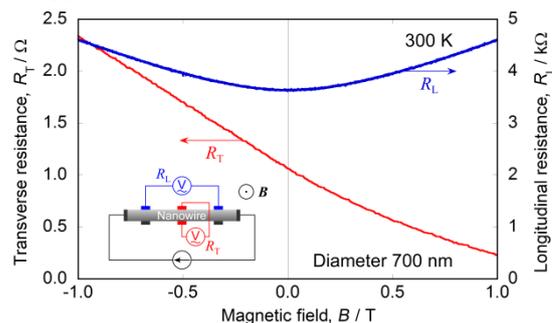


Fig. 2: Magnetic field dependences of the transverse and longitudinal resistance of the 700 nm Bi nanowire