

石英テンプレート中の Bi ナノワイヤー熱伝導率測定法の開発

Development of thermal conductivity measurement for Bi nanowire covered with quartz

埼玉大学¹, 茨城大学², カリフォルニア大学バークレー校³ ○長谷川靖洋¹,

常見文昭¹, 村田正行¹, 齋藤佑介¹, 代田雄人¹, 小峰啓史², Chris Dames³

Saitama Univ.¹, Ibaraki Univ.², UC Berkeley³ ○Yasuhiro Hasegawa¹, Tsunemi Fumiaki¹,

Masayuki Murata¹, Yusuke Saito¹, Katsuhito Shirota¹, Takashi Komine², Chris Dames³

E-mail: hasegawa@mail.saitama-u.ac.jp

【背景】

代表的な熱電材料である Bi をナノワイヤー形状にすることによって、ナノワイヤー表面でのフォノン散乱が促進され大幅な熱伝導率の低下が計算モデルや実験から明らかになっている。^{1,2} 一方、本研究で扱っている Bi ナノワイヤーは、その表面が石英ガラステンプレートに覆われているために、ワイヤー自身に流れる熱流を完全に制御できないという問題が挙げられている。しかし熱伝導率測定を行うためにはワイヤーに流れる熱流を完全に制御することが必須となる。このためには Bi ワイヤーを露出させるためにダメージを与えることなく、石英ガラスを除去しなければならない。本研究では、以上のような要求のもと、ウェットエッチングプロセスを用いて、石英ガラス中の Bi ワイヤーを露出させて Suspended Wire 形状を実現し、一次元熱伝導率方程式に基づく 3ω 法を採用した熱伝導率測定法の開発を行う。

【方法】

Bi ワイヤーが圧入された直径 1mm 程度の石英ガラステンプレートを用意し、石英ガラス表面とワイヤーまでの距離を $1\mu\text{m}$ 程度まで研磨を施す。露出させる Bi ワイヤー以外はフォトリソグラフィ法を用いてマスクし、石英ガラス上に Cr/Au 膜を成膜する(図 1)。ウェットエッチングプロセスで、石英ガラスを溶かしつつ、Bi ワイヤーを完全に露出させる。次に、金薄膜上から集束イオンビームを用いて局所電極のナノ加工を行う。³ ワイヤー端部から角周波数 ω の電流を流し、その 3 倍高調波 (3ω) の周波数依存性から Bi ワイヤーの熱拡散率ならびに比熱を求め、最終的に熱伝導率を求める。

Bi は比較的化学的に不安定であるのに対して、石英ガラスは化学的に非常に安定している。 3ω 法による熱伝導率測定法を適用するためには、如何に Bi にダメージを与えることなく、石英ガラスを溶かすプロセスを開発するかが必須となる。本研究では、図 1 に示したような理想的な 3ω 法による熱伝導率測定を行うために、図 2 に示すように Bi ワイヤーにダメージを与えることなく、石英ガラスを溶かすプロセス技術の開発を行った。

【参考文献】

- 1 Y. Hasegawa *et al.*, *Journal of Applied Physics*, **106**, 063703 (2009)
- 2 Y. Hasegawa *et al.*, *Submitting Journal of Electronic Materials*
- 3 M. Murata *et al.*, *Nanoscale Research Letters* **7**, 505 (2012)

【謝辞】本研究は、NEDO 先導的産業技術創出事業, 科学研究費補助金基盤研究(B)(C), 東電記念財団および文部科学省ナノテクノロジー・ネットワークプロジェクトの支援により行われた。

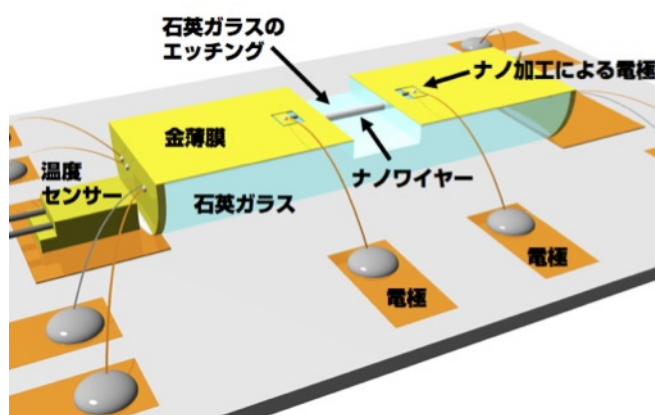


図 1: 3ω 法による Bi ナノワイヤー熱電変換素子の熱伝導率測定イメージ

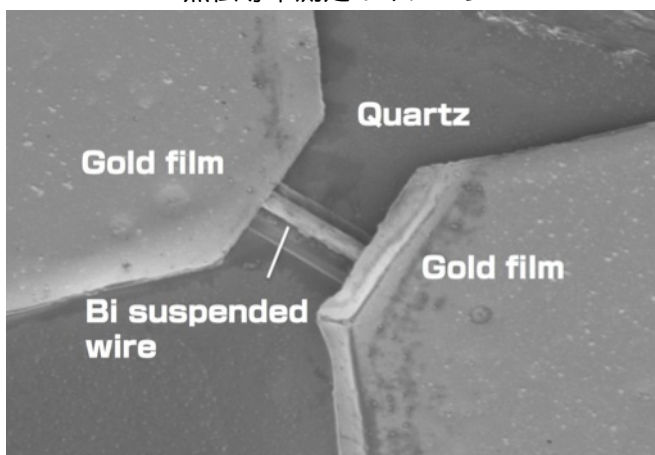


図 2: 露出させた石英ガラス中の Bi ワイヤーの表面電子顕微鏡写真