

ナノ材料の熱物性の計測に向けたマイクロスケール熱電対の開発

Preparation of micro-thermocouples for thermal transport measurements of nano-materials

阪大院基礎工, [○](M1)花村 友喜, 山田 亮, 多田 博一

Σ-Osaka Univ., [○]Yuki Hanamura, Ryo Yamada, Hirokazu Tada

E-mail: hanamura@molelectronics.jp

カーボンナノチューブや半導体ナノワイヤをはじめとする低次元ナノ材料は、その高いアスペクト比から特異な物性を示し [1]、次世代の熱電変換素子への応用が期待されている [2]。このようなナノ材料の熱伝導率やゼーベック係数などの熱物性値を計測するためには、測定に必要な温度計やヒーターをサブミクロンスケールで作製する必要がある。微小な温度計の作製には、金属細線の電気抵抗値の温度依存性を利用した抵抗温度計の原理がしばしば用いられる [1]。しかしながら、抵抗温度計は細線のパターンを抵抗器として利用するため、その構造上の微細化の限界があり、温度計自体の熱容量や温度計と外部との間に生じる熱流、抵抗測定時に印加する電流による自己発熱などさまざまな問題がある [3]。

本研究では、これらの問題が発生しにくい温度測定方法として、微小な熱電対を利用する方法を検討した。熱電対による計測では、微細加工によって二種類の金属細線を接続して回路を形成することで、それぞれの接点間に生じる熱起電力と温度の対応関係から接点間の温度差の計測が可能になる。温度計の先端部分は金属細線同士の接点となるため、究極的にはリソグラフィ技術の限界まで微細化することが可能であり、温度計自体が発熱することもない。このような微小な熱電対の開発例は見られるものの [4]、実際に微細構造の熱物性測定へと応用した例は少ない [5]。

実験では、電子線リソグラフィを用いて、マイクロスケールの熱電対を作製・校正した。Fig. 1 に熱電対を校正するために作製したデバイスの概要を示す。デバイスには、熱電対部分に加え、温度制御用のヒーターと温度測定用の抵抗温度計を配置した。熱電対の材料には、金、クロム、ニッケルの3種類の金属を用い、幅 1.5 μm の細線状に積層させた際の熱起電力の温度依存性を測定し、ゼーベック係数(S)を求めた。

Fig. 2 に Cr/Au の組み合わせの際の測定結果を示す。 S は本来、材料に固有の値であるが、観測された S は、バルクからの予想値 (19.9 $\mu\text{V/K}$ @ 300 K) よりも小さく、また、Au、Cr の厚みに応じて値が変化した。Ni を用いた場合も同様の傾向が確認された。この原因は、薄膜表面でのキャリアの散乱によるものと考えられ [6]、微小スケールの熱電対を利用する際には、その膜厚やスケールに応じて精密な校正作業が必要である。本発表では、定常熱流法などの熱伝導率測定の基本である温度勾配の計測、および、マイクロスケールの熱伝導率測定への応用について報告する。

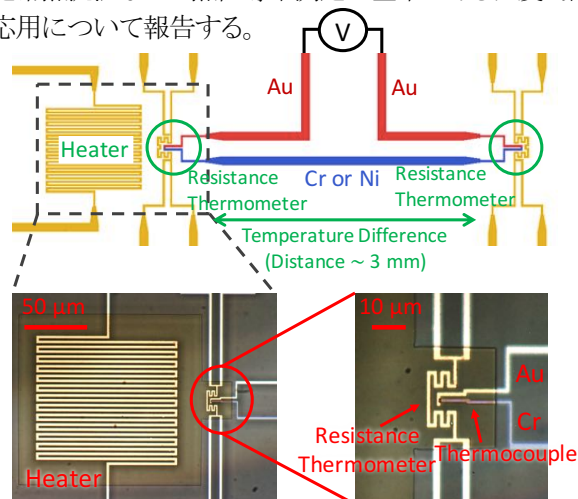


Fig. 1 Schematic of micro-thermocouples (top) and its photograph (bottom).

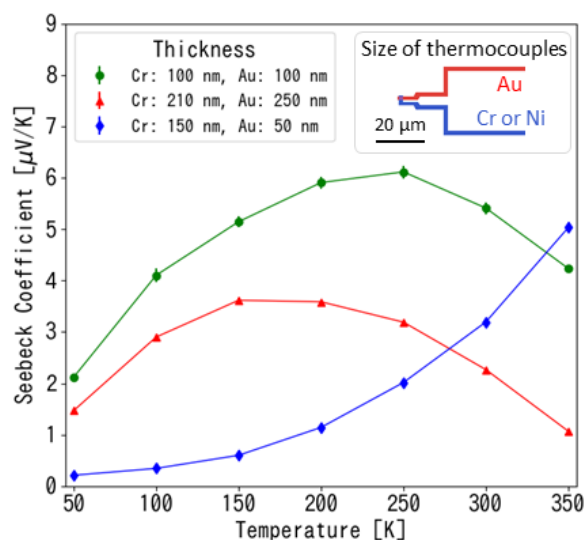


Fig. 2 Plot of Seebeck coefficients of Au/Cr junctions with various thicknesses as a function of temperature.

- [1] L. Shi, *et al.*, *Journal of Heat Transfer* **125**, 881-888 (2003).
- [2] H. H. Park *et al.*, *Journal of Nanomaterials* **2014**, 263080 (2014).
- [3] A. L. Moore and L. Shi, *Meas. Sci. Technol.* **22**, 015103 (2011).
- [4] M. M. Kim *et al.*, *Microelectron. Eng.* **148**, 129-142 (2015).
- [5] S. Ganguli, *et al.*, *17th International Conference on Composite Materials*, Edinburgh (2009).
- [6] V. D. Das and N. Soundararajan, *Phys. Rev. B* **35**, 5990 (1987).