

一般化されたオームの法則に関する電気物性の同時測定

Simultaneous Measurements of Electrical Properties in Generalized Ohm's Law

○有坂 太一¹, 大塚 美緒子¹, 長谷川 靖洋¹ (1.埼玉大工)

Taichi Arisaka¹, Mioko Otsuka¹, Yasuhiro Hasegawa¹ (1. Saitama Univ.)

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

【はじめに】

ビスマスナノワイヤーの特性を明らかにする上で、物性測定を行うことが求められている。電気物性については、一般化されたオームの法則によって幾つかの物性値が記述される。電流密度 J 、磁場 B 、温度勾配 ∇T を全て考慮した場合、一般化されたオームの法則は次式で表される。

$$E = \rho J + S \nabla T + R_H B \times J + N B \times \nabla T \quad (1)$$

(E : 電場, ρ : 抵抗率, S : ゼーベック係数, R_H : ホール係数, N : ネルンスト係数)

ビスマスナノワイヤーの抵抗率 ρ 、ゼーベック係数 S については、測定の報告が多数されており、これに加えてナノ加工を用いたホール係数 R_H 、磁気抵抗率 ρ_B が測定されている¹。半金属であるビスマスは2キャリアモデルで表されるため、散乱因子 r を仮定することによって、 ρ 、 S 、 R_H 、 ρ_B の値から、電子密度 n 、ホール密度 p 、電子移動度 μ_n 、及びホール移動度 μ_p の値が算出可能である^{2,3}。これまで我々はキャリアの散乱を音響フォノンによるものと仮定して解析を行ってきたが、キャリアの平均自由行程が大きい材料をナノワイヤー化した場合、ワイヤー境界での散乱が不純物散乱のように寄与する可能性がある。そのため、ビスマスナノワイヤーの物性を議論する上では散乱因子 r を正しく評価する必要があるが、これには同一のサンプルを用いた ρ 、 S 、 R_H 、 ρ_B の測定に加え、ネルンスト係数 N の測定が必要となるが、これは磁場と温度勾配の制御によって測定が可能である。

ビスマスナノワイヤーを用いた測定が将来的な目標となるが、本研究においては、まず同一のバルク状ビスマスを用いて ρ 、 S 、 R_H 、 ρ_B 、 N の5つの物性値を測定し、 n 、 p 、 μ_n 、 μ_p 、及び r の値を実験的に明らかにできる測定基盤を整える。

【実験方法】

Fig.1 に測定サンプルの概略図を示す。多結晶ビスマス（純度 99.9999%, $2.0 \times 2.0 \times 8.0 \text{ mm}^3$ ）に銅電極、リード線、ヒーター、差動熱電対 (T 型) を取り付け、アルミナ基板に接着する。

■ ゼーベック係数 S

サンプル上端部のヒーターに直流電流 I_H を印加し、サンプル両端に温度差 ΔT をつけ、サンプルの起電力 V_1 を測定する。 ΔT と V_1 より、ゼーベック係数 S を算出する。

■ 抵抗率 ρ

4端子法により、サンプルに電流 I_1 を印加した時の電圧 V_3 を測定し、抵抗率 ρ を決定する。

■ ホール係数 R_H 、ネルンスト係数 N 、磁気抵抗率 ρ_B

磁場と垂直方向に、ホール測定の場合はサンプルに電流 I_1 を印加、ネルンスト測定の場合はヒーターに直流電流 I_H を印加してサンプル両端に温度勾配 ΔT を与える。電流と磁場に対して垂直方向の起電力 V_4 を測定し、ホール係数 R_H 、ネルンスト係数 N を決定する。ホール測定時に電圧 V_3 を同時に測定することで、磁気抵抗率 ρ_B の値を決定できる。

【参考文献】

1. M. Murata, A. Yamamoto, Y. Hasegawa, and T. Komine, Nano Lett, 17(1), 110-119, (2017).
2. Y. Hasegawa, Y. Ishikawa, T. Saso, H. Shirai, H. Morita, T. Komine, and H. Nakamura, Physica B 382, 140-146, (2006).
3. M. Otsuka, R. Homma, and Y. Hasegawa, J. Electron. Mater., DOI 10.1007/s11664-016-4955-x.

【謝辞】

本研究は、JSPS 科学研究費補助金基盤研究(B)の支援により行われた。

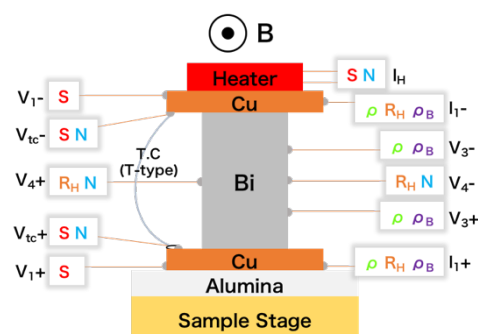


Fig. 1 Schematic diagram of measurement sample