

単結晶 Bi ワイヤの移動度温度依存性

Temperature dependence of mobility for single crystal of bismuth wire

埼玉大学大学院¹, 日本学術振興会特別研究員 DC1², 埼玉県産業技術総合センター³,

°大塚 美緒^{1,2}, 有坂 太一¹, 篠崎 諒¹, 森田 寛之^{1,3}, 長谷川 靖洋¹

Saitama Univ.¹, JSPS DC1², Saitama Industrial Technology Center³,

°Mioko Otsuka^{1,2}, Taichi Arisaka¹, Hiroyuki Morita^{1,3}, Yasuhiro Hasegawa¹

E-mail: piyopiyo.mioko@env.saitama-u.ac.jp

【背景】

マイクロスケールの直径を有する Bi ワイヤ (BiMW) は低温領域において正の温度係数が急激に上昇することが報告されており¹⁾、一定の正の温度係数を有するバルク Bi とは、大きく異なる性質を有する。過去の報告では、接触抵抗を含む 2 端子法によってのみ測定が行われていたため、2 キャリヤの移動度温度依存性を実測することが不可能であり、正の温度係数の上昇の原因は特定できないうでいた。そこで、本研究では、Bi を直径 1.9 μm 、長さ 1,544 μm のワイヤ状に加工した Bi マイクロワイヤ (BiMW) を対象に、4 端子法で^{2,3)} 20-300 K の温度領域で電気抵抗率 ρ 、ゼーベック係数 S 、およびホール係数 R_H を測定し、多結晶における 2 キャリヤモデルを用いてホールおよび電子の移動度 (μ_p, μ_n) 温度依存性を明らかにした。

【実験結果と考察】

図 1 に BiMW の電気抵抗率 ρ の温度依存性および温度係数の温度依存性の測定結果について示した。図 1 の通り、BiMW の温度係数が低温において上昇することを確認した。図 2 には音響変形ポテンシャル散乱 (AS) を仮定したときのホールおよび電子の移動度 μ_p, μ_n の温度依存性の計算結果について示した。ここで、ホールの移動度 μ_p は 50 K 以下の低温領域において、ワイヤ直径による平均自由行程の制限が生じ、移動度の大きさが頭打ちになっているのに対し、電子の移動度 μ_n は温度減少に伴って上昇し続けていることが明らかになった。この結果は、従来の平均自由行程を考慮したモデルでは説明が難しく³⁾、別の物理現象の導入を加味した解析が必要であることを示唆している。

【まとめと今後の展望】

本研究により、BiMW の電気抵抗率 ρ の低温における温度係数の増大は、電子の移動度 μ_n が低温領域で上昇することと関連づけられた。今後は、電子の高速輸送が生じたことを仮定して、高速キャリア移動度 μ_{fast} の値を Matthiessen's law を用いた計算により求める。さらに、より詳細な解析を進めるため、本測定で用いた BiMW の結晶方向特定のための追実験を行っていく。

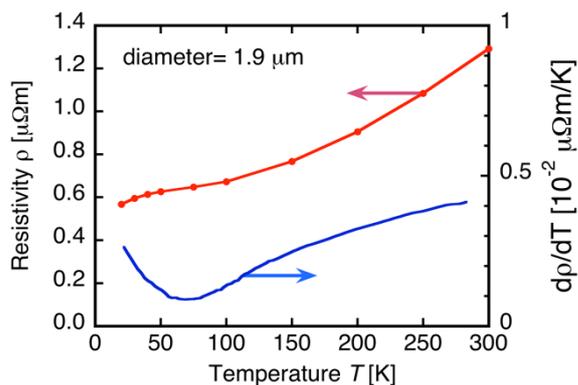


図 1 BiMW の電気抵抗率と温度係数の温度依存性

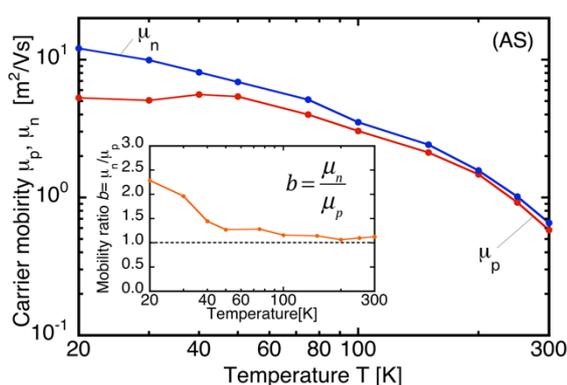


図 2 BiMW のホールおよび電子の移動度の温度依存性

【参考文献】

- 1) M. Otsuka, R. Homma, Y. Hasegawa, J. of Electric Materials, Vol.46, No.5, 2976, (2017).
- 2) H. Morita, T. Arisaka, M. Otsuka, Y. Hasegawa, Applied Physics Express, **12** 011008, (2019).
- 3) K. Vandaele, M. Otsuka, Y. Hasegawa, J. P. Heremans, J. of Phys.: Condensed Matter **30** 403001, (2018).

【謝辞】

本研究は、JSPS 科学研究費助成事業 (18J20748) , 大学女性協会の支援により行われた。