

## 多結晶 Bi バルクの輸送係数測定による散乱過程変化の観測

Observation of scattering process variation of polycrystalline Bi bulk by transport coefficient measurements

埼玉大院<sup>1</sup> ○平林 伸哉<sup>1</sup>, 山下 大輔<sup>1</sup>, 長谷川 靖洋<sup>1</sup>

Saitama Univ.<sup>1</sup> ○Shinya Hirabayashi<sup>1</sup>, Daisuke Yamashita<sup>1</sup>, Yasuhiro Hasegawa<sup>1</sup>

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

### 【背景】

ビスマス(Bi)はキャリア平均自由行程が4.2Kで100 $\mu\text{m}$ と長いことから、ナノワイヤーや結晶粒が数 $\mu\text{m}$ の多結晶バルクにおいて古典的サイズ効果の物性値への影響を検証する必要がある。本研究グループではBiナノワイヤーの開発・評価と並行して、多結晶Biバルクの輸送係数評価を進めている。近年では、多結晶Biバルクの輸送係数(抵抗率 $\rho$ , 磁気抵抗 $\rho_B$ , ゼーベック係数 $S$ , ホール定数 $R_H$ , ネルンスト係数 $N$ )を300K~50Kにおいて測定し、解析から算出したキャリア平均自由行程の長さと結晶粒の大きさの比較することで、300K付近では音響フォノン散乱、50K付近では結晶粒界でのイオン化不純物散乱が支配的になりうることを報告した<sup>1</sup>。そこで本研究は輸送係数から直接的に散乱過程変化の観測を行うために、多結晶Biバルクの輸送係数( $\rho, \rho_B, S, R_H, N$ )の連続的な温度依存性測定を試みた。

### 【ホール定数測定と散乱過程の温度依存性】

ホール定数 $R_H$ の連続測定には、Fig.1に示すdual-reference法を用いた。この方法は多結晶Biバルクに交流電流を印加した状態で、電流方向に垂直な交流磁場を発生させ、電流と磁場の双方に垂直な方向に生じるホール電圧をLock-in ampで測定する。0.86mT<sub>rms</sub>(=8.6G<sub>rms</sub>)の交流磁場は解析モデルの低磁場近似条件を300K~10Kで満たしており、磁場周波数100mHzは電磁誘導によるノイズの影響を十分に無視できる。また、電極のズレ(Fig.1 Top View)に起因するオフセット電圧成分は交流磁場により直ちに取り除かれるため、ホール定数1点当たりの測定は30秒程度で完了する。

多結晶Biバルクの温度を300Kから10Kに0.1K/minで変化をさせて測定を行なったホール定数 $R_H$ をFig.2(a)に示す。Fig.2(b)に示すように温度係数 $dR_H/dT$ は65Kと30K付近で2つの極値が確認された。ホール定数 $R_H$ は2キャリアの密度 $p, n$ と移動度 $\mu_p, \mu_n$ 、ホール因子 $r_H$ で表される(Fig.2内)。散乱過程 $r$ に依存するホール因子 $r_H$ はホール定数 $R_H$ の関数全体に積で作用するため、 $dR_H/dT$ の変化に大きく影響する。実際、一定の散乱過程でモデル計算を行なった場合の $dR_H/dT$ は1つの極値しか持たないが、300K~150Kで音響フォノン散乱( $r = -1/2$ )、0Kでイオン化不純物散乱( $r = 3/2$ )となる散乱過程 $r(T)$ を仮定してモデル計算を行うと、 $dR_H/dT$ は2つの極値を持つことが確認される(Fig.2(c))。よってホール定数の温度係数変化から、散乱過程の温度依存性が明らかになった。

### 【参考文献】

1 T. Arisaka et al., Journal of Applied Physics, 126, 085101 (2019)

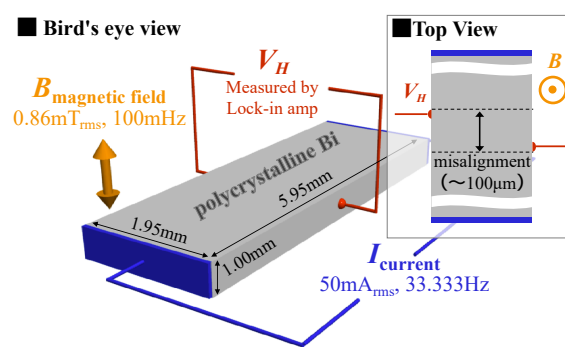


Fig.1 Schematic diagram of dual-reference method

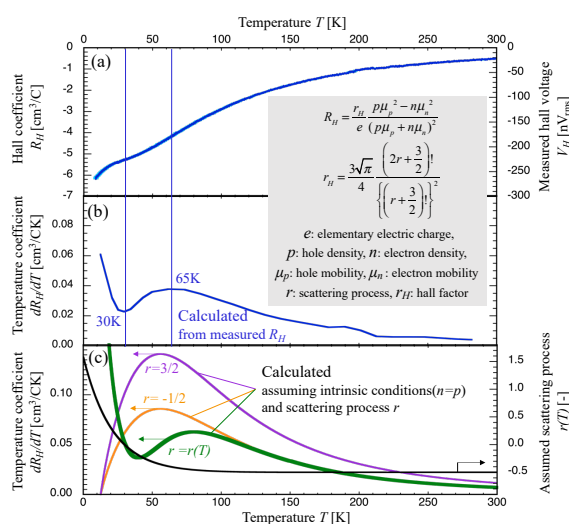


Fig.2 (a) Temperature dependence of measured Hall coefficient  $R_H$  and Hall voltage  $V_H$ , (b) calculated  $dR_H/dT$ . (c) Calculated  $dR_H/dT$  assuming scattering process ( $r = -1/2, r = 3/2, r = r(T)$ ) and intrinsic conditions ( $n=p$ ).