

トポロジカルデバイス応用に向けた LaBi 薄膜の作製と磁気伝導特性

鈴木 健太、植田 研二、羽立 康浩、浅野 秀文
(名大院・工)

Fabrication of LaBi thin films and their magneto-transport properties toward topological device application
Kenta Suzuki, Kenji Ueda, Yasuhiro Hadate, Hidefumi Asano
(Nagoya Univ.)

【緒言】 近年注目を浴びているトポロジカル物質はヘリカルスピン偏極と超高移動度を併せ持つ為、スピントロニクスデバイス材料として有望である。我々はその中でも Te や As 等の毒性元素を含まない LaBi に注目し研究を行った。LaBi はトポロジカル伝導性に加え、非常に大きな磁気抵抗効果(〜10⁵ %)を示す[1]ことや高圧化で超伝導状態になる[2]ことから、特に関心を集めている。しかし、研究は LaBi バルクに限られており、デバイス化に必須となる薄膜は作製されていない。そこで本研究ではトポロジカル材料のスピントロニクスデバイス応用に向け LaBi 薄膜の作製と磁気伝導物性の評価を行った。

【実験方法】 LaBi 薄膜はミスマッチの小さな(〜2.5%)サファイア m 面基板に、イオンビームスパッタリング(IBS)法を用いて成膜温度 T_s = 350〜500°C で作製した。LaBi の組成比は La-Bi 複合ターゲット中の La と Bi の面積比を変えることで制御した。

【結果及び考察】 面直 X 線回折測定で、T_s = 350、500°C では LaBi の(00l)ピークに加えて LaBi とは異なる相に由来するピークが現れ、T_s = 400、450°C の薄膜では LaBi の(00l)ピークのみが観測された(Fig. 1)。LaBi 薄膜の格子定数は 0.6556 nm と見積もられバルク値(0.6579 nm)とほぼ一致した。これらの結果から、T_s = 400〜450°C で c 軸配向 LaBi 単相膜が得られることが分かった。次に、LaBi 薄膜を用いたホールバー型素子(Fig. 2 挿入図)を作製し電気特性評価を行った。電気抵抗率は温度に殆ど依存せず、活性化エネルギーは数 meV と非常に小さな値となった。これは、LaBi が半金属である事と対応していると考えられる。

また、ホール効果測定から、1.8 K での移動度が 294 cm²/Vs、キャリア密度が 3.7×10¹⁸ cm⁻³ と見積もられた。キャリア密度と移動度はバルク値と比べて二桁程小さくなったが、結晶性が不十分なためと考えている。更に、磁気抵抗効果測定を行ったところ、低温で特異なカusp型の磁気伝導特性が現れた(Fig. 2)。トポロジカル材料等の2次元伝導系において弱反局在効果が生じている場合にこのようなカusp型の伝導特性が現れ、電気伝導率(σ_{xx})の磁場(B)依存性は、次の Hikami-Larkin-Nagaoka (HLN)の式[3]によって記述される事が知られている。

$$\Delta\sigma_{xx}(B) = \alpha \frac{e^2}{\pi h} \left[\psi \left(\frac{\hbar c}{4eL\phi B} + \frac{1}{2} \right) - \ln \left(\frac{\hbar c}{4eL\phi B} \right) \right]$$

LaBi の σ_{xx}-B 特性は HLN 式でよくフィットでき、また係数 α は 1.8 K で -0.42 となり、HLN 理論で予測される -0.5 とほぼ一致した。これらの結果から、LaBi のカusp型の磁気伝導特性はトポロジカル伝導に特有の弱反局在効果に起因するものと考えられ、IBS 法によりトポロジカル伝導を示す LaBi 薄膜が作製できる事が分かった。今後、更なる製膜条件の最適化等により結晶性を改善し、LaBi 薄膜の特性改善を図っていく。

参考文献 1) K.Nitesh, et al., Phys. Rev. B 93 (2016) 241106.

2) F. F. Tafti, et al., Phys. Rev. B 95 (2017) 014507.

3) S. Hikami, et al., Prog. Theor. Phys. 63,707 (1980).

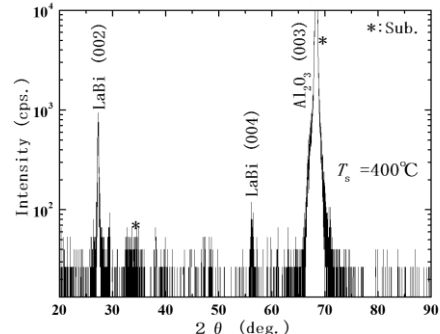


Fig. 1 Out-of-plane XRD pattern for LaBi films

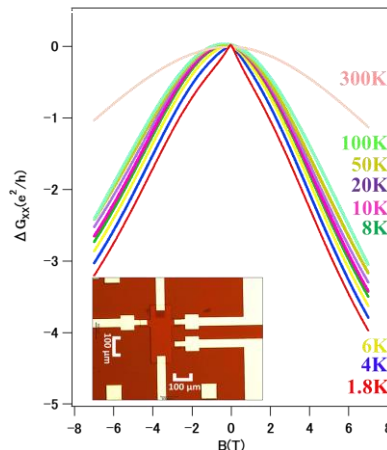


Fig. 2 Magnetic field dependence of conductivity for LaBi films measured at 1.8~300 K. The inset shows the optical microscope image of the Hall bar pattern of the LaBi films.