

トポロジカル半金属 LaBi 薄膜の作製と特性評価

Fabrication and characterization of topological semimetal LaBi films

名大院工 °森 雅斗、植田 研二、鈴木 健太、浅野 秀文

Nagoya Univ. °Masato Mori, Kenji Ueda, Kenta Suzuki, Hidefumi Asano

E-mail: mori.masato@i.mbox.nagoya-u.ac.jp

【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(10^5 %)を示す[1]ことや高压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 薄膜の作製を行った。

【実験方法】 LaBi 薄膜はミスマッチの小さな($\sim 2.5\%$)サファイア m 面基板上に、イオンビームスパッタリング法を用いて成膜温度(T_s)= 350 $\sim$ 500 $^{\circ}\text{C}$ 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。Bi の揮発性を考慮して Bi 過多にし、成膜温度を調節することで組成制御を行った。

【結果及び考察】 基板温度を変えて製膜したところ、面直 X 線回折測定で、 $T_s=350\sim 400^{\circ}\text{C}$ 、500 $^{\circ}\text{C}$ 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た。 $T_s=350\sim 400^{\circ}\text{C}$ で Bi ピークが出現し、Bi 過多になっていた。 $T_s=500^{\circ}\text{C}$ では Bi が完全に揮発し基板表面に膜がつかず、基板以外のピークが現れなかった。 $T_s=450^{\circ}\text{C}$ の薄膜では LaBi 薄膜の(00l)ピークのみが観測され、異相のピークは現れなかった(Fig.1)。LaBi 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、c 軸配向 LaBi 単相膜が 450 $^{\circ}\text{C}$ で得られることが分かった。

$T_s=450^{\circ}\text{C}$ で作製した薄膜の、電気抵抗の温度依存性から比抵抗は 40 K で $4.76\times 10^{-3} \Omega\cdot\text{cm}$ とバルク値[1]より二桁ほど大きくなり、バルクの金属的な挙動とは異なる半導体的な温度依存性を示した(Fig. 2)。次に、得られた ρ - T 曲線を用いて活性化エネルギーを算出した結果、6 meV と非常に小さな値が得られた。また、ホール効果測定から 40 K でキャリア濃度、キャリア移動度はそれぞれ $1.1\times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 、 $120 \text{cm}^2/\text{Vs}$ となり、キャリア型は n 型となった。バルク値[1]と比較すると、移動度、キャリア密度共に二桁ほど小さくなった。

これらバルクと異なる電気特性の原因として揮発性の高い Bi の欠損と低結晶性が考えられる。しかし、エネルギー分散型 X 線による組成分析の結果、Bi 過多の状態になっていたため、低結晶性が主な原因と考えている。今後 LaBi 薄膜の作製条件最適化等により特性改善を図っていく。

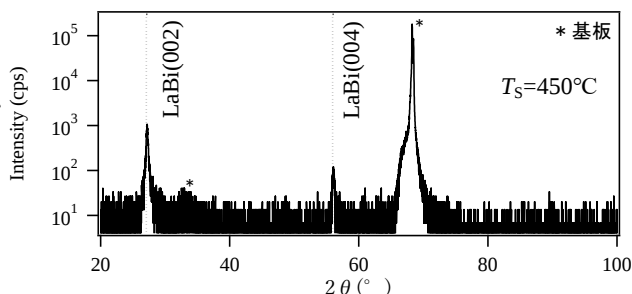


Fig. 1 Out-of-plane XRD patterns for LaBi films

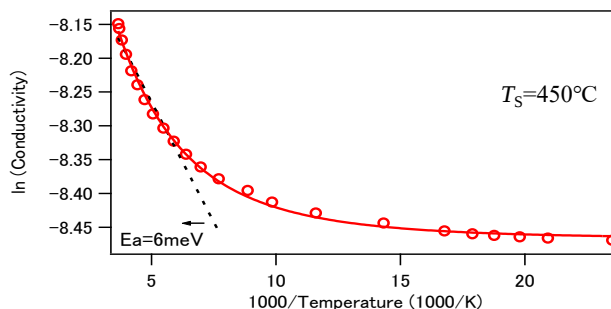


Fig. 2 Temperature dependence of conductivity for LaBi films

Ref.: [1]K.Nitesh, et al., Phys. Rev. B 93 (2016) 241106. [2]F. F. Tafti, et al., Phys. Rev. B 95 (2017) 014507.