

エピタキシャル $\text{Mg}_3\text{Sb}_2/\text{Mg}_3\text{Bi}_2$ 薄膜の電気特性と構造評価

Electrical properties and structural evaluation of epitaxial $\text{Mg}_3\text{Sb}_2/\text{Mg}_3\text{Bi}_2$ thin films

茨城大[○](B4)根城 虹希, 鮎川 瞭仁, 栗山 武琉, 切通 望, 鶴殿 治彦, 坂根 駿也

Ibaraki Univ.¹, °K. Nejo, A. Ayukawa, T. Kuriyama, N. Kiridoshi, H. Uono, S. Sakane

E-mail: shunya.sakane.sz12@vc.ibaraki.ac.jp

【背景】熱電材料は、温度差を利用して熱を電気に変換する材料であり、持続可能なエネルギー源として注目されている。熱電材料の性能は、ゼーベック係数 S 、電気伝導率 σ 、熱伝導率 κ から算出される無次元性能指数 ZT で評価される。これまでに我々は、分子線エピタキシー (MBE) 法を用いて $c\text{-Al}_2\text{O}_3$ 基板上に高品質なエピタキシャル Mg_3Sb_2 薄膜を作製することに成功しており、この薄膜は従来の報告に比べて約 3 倍高い $S^2\sigma$ 値を示した^[1]。この結果は、歪み層や多結晶界面が少ないため、キャリア移動度が向上したことによるものである。さらに、同様の方法で Mg_3Bi_2 薄膜の作製にも成功している。また、半導体の Mg_3Sb_2 薄膜と半金属の Mg_3Bi_2 薄膜を積層させた $\text{Mg}_3\text{Sb}_2/\text{Mg}_3\text{Bi}_2$ 超格子構造を作製できれば、量子効果等で $S^2\sigma$ の向上が期待できる。本研究では、 Mg_3Sb_2 、 Mg_3Bi_2 、および $\text{Mg}_3\text{Sb}_2/\text{Mg}_3\text{Bi}_2$ 超格子薄膜を作製し、これらの構造と電気特性を詳細に調べることを目的とした。

【実験手法】 $c\text{-Al}_2\text{O}_3$ 基板を洗浄後大気下 1000°C で熱処理した後に MBE 装置に導入し、Mg と Sb、Mg と Bi を同時に蒸着することでそれぞれ Mg_3Sb_2 、 Mg_3Bi_2 薄膜を作製した。また、 Mg_3Bi_2 薄膜と Mg_3Sb_2 薄膜を交互に成長させることで $\text{Mg}_3\text{Sb}_2/\text{Mg}_3\text{Bi}_2$ 超格子薄膜を作製した。作製した薄膜の構造は反射高速電子回折 (RHEED) や X 線回折装置 (X'Pert Pro) を用いて極点図と逆格子マッピングを取得し評価した。また、電気伝導率は van der Pauw 法で測定し、低温の温度依存性を取得した。

【実験結果】各試料の RHEED パターンから $c\text{-Al}_2\text{O}_3$ 基板上に平坦な Mg_3Sb_2 薄膜が c 軸方向にエピタキシャル成長していることがわかった。 Mg_3Sb_2 薄膜では、温度上昇に伴い電気伝導率が増加し、半導体的挙動を示した。一方、 Mg_3Bi_2 薄膜は温度が上昇すると電気伝導率が減少し、金属的な挙動を示した。この挙動は、 Mg_3Bi_2 が半金属であることを反映している。また、 $\text{Mg}_3\text{Sb}_2/\text{Mg}_3\text{Bi}_2$ 超格子薄膜では、 Mg_3Bi_2 薄膜と同様に、温度の上昇に伴って電気伝導率が減少する傾向が確認された。この結果から、超格子薄膜におけるキャリア伝導が主に Mg_3Bi_2 層により支配されていることがわかった。本講演では、極点図と逆格子マッピングを用いた構造評価の結果もあわせて詳しく議論する。

【謝辞】本研究の一部は、カシオ科学振興財団、プロテリアル材料科学財団、東電記念財団の助成金により行われた。

【参考文献】

[1] A. Ayukawa *et al.*, *Appl. Phys. Express*, **17**, 065501 (2024).