

# Mn<sub>3</sub>Sn エピタキシャル薄膜の作製と異常 Hall 効果の評価

## Fabrication of Mn<sub>3</sub>Sn Epitaxial Thin Films and Anomalous Hall Effect in Them

東北大工<sup>1</sup>, 株式会社ULVAC 超材料研究所<sup>2</sup>

○(M2) 池田 智紀<sup>1</sup>, 角田 匡清<sup>1</sup>, 大兼 幹彦<sup>1</sup>, 吳 承俊<sup>2</sup>, 森田 正<sup>2</sup>, 安藤 康夫<sup>1</sup>

Tohoku Univ.<sup>1</sup>, ULVAC Inc.<sup>2</sup>, ○T. Ikeda<sup>1</sup>, M. Tsunoda<sup>1</sup>, M. Oogane<sup>1</sup>, S. Oh<sup>2</sup>, T. Morita<sup>2</sup>, Y. Ando<sup>1</sup>

E-mail: tomoki.ikeda.t2@dc.tohoku.ac.jp

反強磁性体 Mn<sub>3</sub>Sn のバルク単結晶において強磁性体と同程度の大きさの異常 Hall 効果(AHE)が観測され、巨大 AHE と呼ばれている[1]. 反強磁性体は漏れ磁束による相互干渉がないため、同効果をメモリなどのデバイスに応用する場合、その高密度化が期待できる。我々はデバイス応用に向けた薄膜研究として、SiO<sub>2</sub> 基板の上に Mn<sub>3</sub>Sn 多結晶薄膜を作製し同効果の観測に成功した[2,3]. しかしながら、観測された異常 Hall 係数はバルクに比べると小さく、AHE が発現しない方位の結晶粒子が試料中に存在することが原因と考えられた。そのため結晶配向の揃った薄膜試料の作製と評価が、同効果の増大やデバイス応用に向けて重要である。したがって本研究では、薄膜における Mn<sub>3</sub>Sn の物性理解を目的として、エピタキシャル薄膜の作製とその評価を行った。

薄膜は室温で Mn と Sn の同時スパッタによって、MgO(111)単結晶基板上に作製し、成膜後の熱処理によって結晶化を促した。結晶構造を X 線回折(XRD)によって調べ、磁化測定と AHE 測定を行った。

Fig.1 の XRD の測定結果に示すように、400°C以上の熱処理を施した試料において Mn<sub>3</sub>Sn(002)のピークが観測され c 面配向成長が示唆された。面内 XRD 測定から、作製した薄膜は Mn<sub>3</sub>Sn [110](001) // MgO [110](111)のエピタキシャル関係を有していることが判明し、c 面配向エピタキシャル薄膜の作製に成功したといえる。磁化特性の測定からは、薄膜試料は面内方向に小さなヒステリシスを描き、c 軸方向にはヒステリシスのない直線的な磁化曲線が得られた。これらの方位依存性は c 面内に弱強磁性が誘起されるバルクの磁気特性と一致し、面内方向で観測された磁化成分もバルクのそれとほぼ一致した。

Fig.2 には、試料面直に磁場を印加し、面内に電流を流した場合( $H \parallel \text{Mn}_3\text{Sn}[001]$ ,  $I \parallel \text{Mn}_3\text{Sn}[010]$ ) の Hall 効果の測定結果を示す。本試料における AHE は、過去の多結晶薄膜の AHE (面直磁場、面内電流で測定) [2,3]に比較して非常に小さく、ほぼ零である。これは同一の測定方位下におけるバルクの AHE の挙動と一致する。すなわち、本研究で作製した c 面配向エピタキシャル薄膜の磁気特性と AHE の方位依存性はバルクと一致することが判った。これらの結果から、c 軸が膜面内に配向したエピタキシャル薄膜を作製すれば、バルク同様の巨大 AHE が薄膜においても観測できるということが示唆された。講演では他の結晶配向を有する薄膜試料の作製についても議論する。

本研究は、東北大学先端スピントロニクス研究開発センターおよび東北大学スピントロニクス学術連携研究教育センターの支援を受けて行われた。

【参考文献】 [1] S. Nakatsuji *et al.*, Nature **527**, 212–215 (2015), [2] T. Ikeda *et al.*, Appl. Phys. Lett. **113**, 222405 (2018), [3] T. Ikeda *et al.*, IEEE Trans. Magn. **10.1109**, 2899223 (2019).

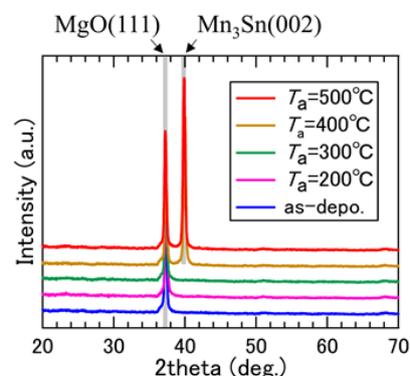


Fig.1 XRD patterns of the samples on MgO (111) sub., as-deposited and annealed at various temperatures.

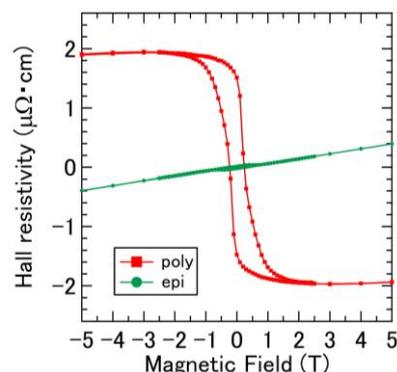


Fig.2 Hall curves measured for the present epitaxial thin film and polycrystalline thin film.