

MBE 法で作製した Co_2MnSi 薄膜のハーフメタル特性

大兼幹彦¹, A. P. McFadden², 福田健二¹, 角田匡清¹, 安藤康夫¹, C. J. Palmström²
(¹ 東北大学大学院工学研究科, ² University of California)

Half-metallic properties in Co_2MnSi thin film grown by molecular beam epitaxy
M. Oogane¹, A. P. McFadden², K. Fukuda¹, M. Tsunoda¹, Y. Ando¹, and C. J. Palmström²
(¹ Graduate School of Engineering, Tohoku University, ² University of California)

背景

室温でハーフメタル特性を示すと考えられるホイスラー合金に対する期待は大きい。特に Co 基のホイスラー合金を用いた強磁性トンネル接合や面直通電型巨大磁気抵抗(CPP-GMR)素子では、大きな磁気抵抗効果が観測されている。しかし、原理的にはさらに大きな磁気抵抗効果が得られるはずであり、さらなるハーフメタル特性の改善が求められている。本研究では、分子線エピタキシー(MBE)法を用いて高品質の Co_2MnSi ホイスラー合金薄膜を作製し、ハーフメタル特性の改善を目的として実験を行った。先行研究を参考にして、負の異方性磁気抵抗(AMR)効果¹⁾、および、小さい磁気緩和定数²⁾をハーフメタル特性の指標として用いた。

実験方法

MgO(001)単結晶基板上に、20 nm の MgO 下地層薄膜を電子ビーム蒸着により作製し、10 nm の $\text{Co}_{2-x}\text{Mn}_{1+x}\text{Si}$ ホイスラー合金薄膜を MBE 法で形成した。成膜時の温度は室温で、薄膜形成後に成膜チャンバ内で 600°C にて熱処理を行った。また、共蒸着により組成を制御し、 $x = -0.1 \sim 0.3$ の間で変化させた。作製した薄膜の結晶構造を X 線構造解析、磁気特性を SQUID で測定した。異方性磁気抵抗効果は微細加工によりホールバーを形成し、直流 4 端子法で測定した。また、磁気緩和定数は強磁性共鳴(FMR)を用いて測定した。

実験結果

薄膜の組成分析の結果から、作製した試料は若干設計値よりも Co リッチの組成であったが、MBE 法で組成制御ができていたことが分かった。X 線回折の結果から、 $x = 0.0-0.2$ の組成では、高い B2 規則度を有していることを確認した。また、飽和磁化がバルクと同程度の値が得られたことも、薄膜の規則度が高いことを示している。AMR 効果を測定した結果、すべての組成において負の AMR 効果が観測された。特に $x = 0.0-0.2$ の化学両論組成に近い試料では、従来のスパッタ法によって作製された Co 基ホイスラー合金の AMR 比に比べて、大きな AMR 効果が観測された。さらに磁気緩和定数を測定した結果、 $x = 0.0-0.2$ において小さな磁気緩和定数が観測された。特に $x = 0.1$ 組成では、0.0007 と金属磁性体の中では極めて小さい磁気緩和定数が得られた。本研究で得られた、大きな負の AMR 効果と非常に小さい磁気緩和定数を有する Co_2MnSi ホイスラー合金薄膜は、非常に良好なハーフメタル特性を有しているものと考えられる。

謝辞

本研究は、東北大学スピントロニクス学術連携研究教育センター(CSRN)、JST S-イノベーションプロジェクト、および U.S. Department of Energy (DE-SC0014388)の支援を受けて行われた。

参考文献

- 1) Y. Sakuraba, S. Kokado, Y. Hirayama, T. Furubayashi, H. Sukegawa, S. Li, Y. K. Takahashi, and K. Hono, *Appl. Phys. Lett.* **104** 172407 (2014).
- 2) M. Oogane, T. Kubota, Y. Kota, S. Mizukami, H. Naganuma, A. Sakuma, and Y. Ando, *Appl. Phys. Lett.* **96** 252501 (2010).