

ハーフメタルホイスラー合金薄膜における異方性磁気抵抗効果の定量解析

桜庭裕弥¹、古門聡士²、平山悠介¹、古林孝夫¹、介川裕章¹、李松田¹、高橋有紀子¹、宝野和博¹
(¹ 物材機構、² 静岡大院工)

Quantitative analysis of anisotropic magnetoresistance effect in half-metallic Heusler compounds films
Y. Sakuraba¹, S. Kokado², Y. Hirayama¹, T. Furubayashi¹, H. Sukegawa¹, S. Li¹, Y. K. Takahashi¹,
and K. Hono¹
(¹NIMS, ²Shizuoka Univ.)

はじめに

1990年代より理論的に提唱されたCo基フルホイスラー合金系材料のハーフメタル性は、高いスピン偏極率を反映した巨大な磁気抵抗効果やスピン蓄積効果などにより実験的に実証され、室温での高いスピン偏極率を利用した次世代HDD用磁気ヘッドなどへの応用が期待されている。しかしながら応用上の課題として、室温におけるスピン偏極率の更なる改善に加え、デバイス作製上の熱処理温度や膜厚の制限への対応など解決すべき問題はまだまだ残されている。従って、デバイス応用実現のためには、ホイスラー合金の材料組成・熱処理温度・膜厚等を系統的に変化させた上でそれらのスピン偏極率を評価し、更なる最適化を図る必要がある。しかしながら、室温でのスピン偏極率の評価には、巨大磁気抵抗素子など面倒な微細加工を必要とするデバイス作製が伴うため、材料探索やデバイス作製条件の最適化を効率的に行うことは非常に困難である。

近年、古門らにより強磁性体における異方性磁気抵抗効果(AMR)を包括的に取り扱う新たな理論モデルが提案され、ハーフメタル材料のAMR効果の符号は必ず負になることが示された¹⁾。これに基づきYangらは $\text{Co}_2\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Si}$ 薄膜試料におけるAMR効果を系統的に評価し、高いスピン偏極率が得られる $x \leq 0.6$ においては古門らの予測通りAMRが負になり、AMR効果の測定がハーフメタル材料探索の指針となることを示した²⁾。本研究ではこれらの知見を更に発展させるために、 Co_2MnZ , Co_2FeZ ($Z = \text{Al}, \text{Si}, \text{Ga}, \text{Ge}$)系の種々の薄膜試料におけるAMR効果を系統的に定量評価し、合金組成、規則度、並びにCPP-GMR素子における磁気抵抗効果の大きさと総合的に解析することにより、AMR効果の符号及び絶対値とスピン偏極率の相関に関する知見を得ることを目的とした。

実験方法

超高真空スパッタ装置によって Co_2MnZ , Co_2FeZ 薄膜(50 nm)をMgO単結晶基板上に室温成膜し、熱処理温度を300–650°Cまで変化させた。AMR効果は電流方向を固定し、外部磁場(5kOe)を薄膜面内方向で回転させることにより評価した。ホイスラーの価電子数 N_V を正確に評価するために、ICP分析によって組成分析を行い N_V とAMRの相関について評価した。

実験結果

作製した Co_2FeZ , Co_2MnZ 系薄膜試料のAMR比を価電子数 N_V に対してプロットした結果、ハーフメタルギャップを反映するAMRの正負の変化が明瞭に確認された(Fig.1)。また従来のCPP-GMRの実験結果との比較により、高い負のAMR効果が得られる組成と L_{21} 規則状態において、大きなMR比や ΔR_A が得られる定量的相関が明瞭に確認された。本研究により、簡便なAMR効果の測定により材料のスピン偏極率に関する知見が得られることが確認された。³⁾

参考文献 1) S. Kokado *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **81**, 024705 (2012). 2) F. Yang *et al.*, Phys. Rev. B, **86**, 020409R (2012) 3) Y. Sakuraba *et al.*, Appl. Phys. Lett. **104**, 172407 (2014).

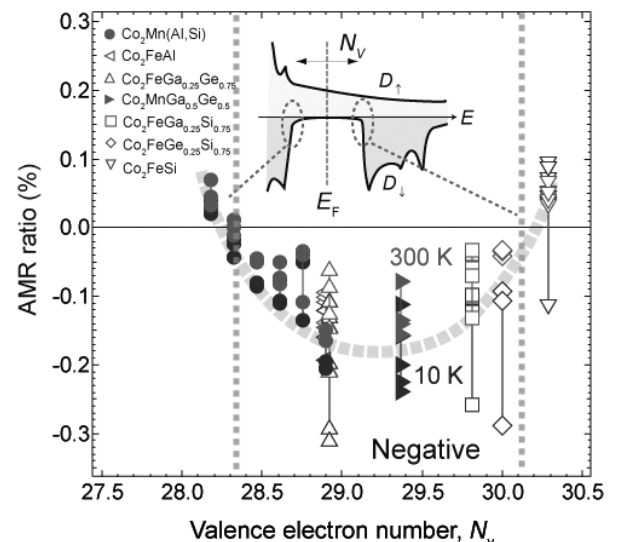


Fig. 1 Total valence electron number N_V dependence of AMR ratio in Co_2MnZ and Co_2FeZ ³⁾