

ホイスラー合金 CoFeVSi における正の線形磁気抵抗効果の起源

山田晋也¹, 小林慎也¹, 真砂啓¹, L. S. R. Kumara², 田尻寛男²,
福島鉄也^{3,1}, 阿保智¹, 桜庭裕弥⁴, 宝野和博⁴, 小口多美夫^{5,1,4}, 浜屋宏平¹
(¹阪大基礎工, ²JASRI, ³阪大 IDS, ⁴物材機構, ⁵阪大産研)

Origin of positive linear magnetoresistance effect in a Heusler alloy CoFeVSi

S. Yamada¹, S. Kobayashi¹, A. Masago¹, L. S. R. Kumara², H. Tajiri²,
T. Fukushima^{3,1}, S. Abo¹, Y. Sakuraba⁴, K. Hono⁴, T. Oguchi^{5,1,4}, and K. Hamaya¹
(¹Grad. Sch. Eng. Sci., Osaka Univ., ²JASRI, ³IDS, Osaka Univ., ⁴NIMS, ⁵ISIR, Osaka Univ.)

強磁性ホイスラー合金である Mn_2CoAl ¹⁾や Fe_2CoSi ²⁾において、外部磁場に対して正の値で線形的に増大していく特異な磁気抵抗(MR)効果が観測されている。この正の線形 MR 効果は、これらの材料のフェルミ準位付近のバンド構造にギャップレス構造が存在するために発現している量子 MR 効果³⁾であると予想されており、それぞれ、 Mn_2CoAl ではスピングャップレス半導体¹⁾, Fe_2CoSi ではゼロギャップハーフメタル²⁾が実現している証拠であると議論されている。最近我々は、スピングャップレス半導体としてのバンド構造が予想されている四元等組成ホイスラー合金 CoFeVSi 薄膜を作製し、低温で同様の正の線形 MR を観測した⁴⁾。詳細な電気・磁気伝導特性の評価とバンド計算の結果から、フェルミ準位付近の少数スピンド中のバナジウム(V)の d バンド由来のギャップレス構造が存在することを発見し⁴⁾, この V バンド由来の量子 MR 効果³⁾であると考察した。しかし、この考察には実験的な証拠が乏しいという課題があった。今回、低温 MBE 法⁴⁾を用いることで、CoFeVSi の V を Mn に置換した $\text{CoFe}(\text{V}_{1-x}\text{Mn}_x)\text{Si}$ 薄膜の磁気伝導特性を評価し、CoFeVSi における正の線形 MR の起源がより明確になったので報告する⁵⁾。

非化学量論組成 MBE 法⁴⁾を用いて $\text{MgAl}_2\text{O}_4(100)$ 基板上に基板温度 300 °C で $\text{CoFe}(\text{V}_{1-x}\text{Mn}_x)\text{Si}$ 薄膜($x=0, 0.2, 0.5, 0.75$)を形成し、磁場を膜面に印加することで磁気伝導特性を評価した。Fig.1 に $\text{CoFe}(\text{V}_{1-x}\text{Mn}_x)\text{Si}$ 薄膜の MR 比(%)の温度依存性を示す。先行研究⁴⁾と同様に、Mn 置換量 $x=0$ の薄膜において正の線形 MR が観測されているが、 x の増加に伴って MR 比の大きさは徐々に小さくなり、 $x=0.75$ で消失した。CoFeVSi の V を Mn に置換した系のバンド計算から、これまで注目していた少数スピンド中の V 由来のギャップレス構造⁴⁾が、徐々にバンドギャップへと変化していくことが判った。つまり、CoFeVSi における正の線形 MR 効果は、フェルミ準位付近の V 由来のギャップレス構造に起因する量子 MR 効果³⁾が起源であると実験的にも確かめられた。講演では、異常分散 XRD を利用した CoFeVSi 薄膜の構造評価および $\text{CoFe}(\text{V}_{1-x}\text{Mn}_x)\text{Si}$ 薄膜の磁気特性・伝導特性についても述べる。

本研究の一部は、JSPS 科研費(No. 16H02333, 17H06152, 18KK0111)とスピントロニクス学術連携基盤と連携ネットワークの支援を受けた。異常分散 XRD 測定は SPring-8 BL13XU(課題番号:2018A1016, 2018A2052, 2018A0927)で実施した。

- 1) S. Ouardi *et al.*, Phys. Rev. Lett. **110**, 100401 (2013).
- 2) Y. Du *et al.*, Europhys. Lett. **103**, 37011 (2013).
- 3) A. A. Abrikosov, Phys. Rev. B **58**, 2788 (1998).
- 4) S. Yamada *et al.*, Phys. Rev. Mater. **2**, 124403 (2018).
- 5) S. Yamada *et al.*, (submitted).

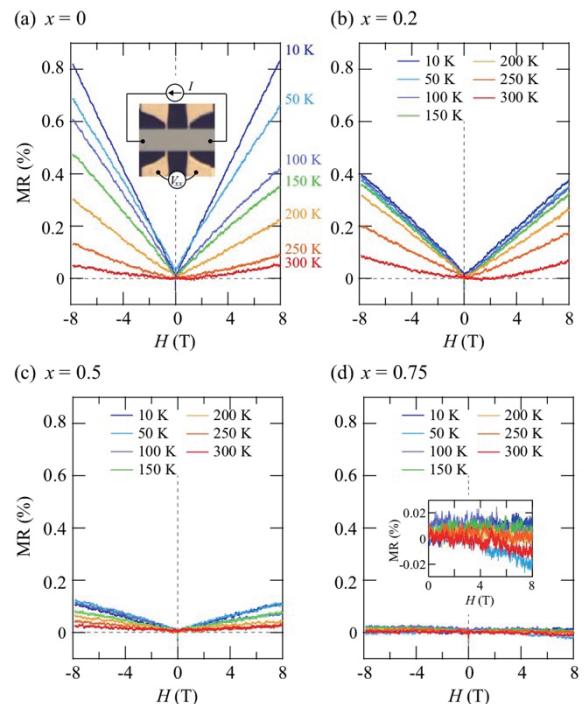


Fig. 1 Field-dependent MR ratio at various temperatures for the epitaxial $\text{CoFe}(\text{V}_{1-x}\text{Mn}_x)\text{Si}$ films.