

Fe 薄膜の Ga 置換による異常ネルンスト効果の増大機構

中山裕康¹, 増田啓介¹, 三浦飛鳥¹, 内田健一¹, 村田正行², 桜庭裕弥¹
(¹ 物材機構, ² 産総研)

Mechanism of strong enhancement of anomalous Nernst effect in Fe by Ga substitution
H. Nakayama¹, K. Masuda¹, A. Miura¹, K. Uchida¹, M. Murata², and Y. Sakuraba¹
(¹NIMS, ²AIST)

はじめに

熱電変換現象に基づいた熱電発電技術は基礎物理のみならず環境発電手法という応用の観点からも着目されている。特に近年、異常ネルンスト効果の応用が期待されており、応用上、異常ネルンスト効果の大きな材料の開拓が求められている。^{1,2)} これまでに FeGa 合金である Galfenol において比較的大きな異常ネルンスト効果が報告されているものの、そのメカニズムは明らかになっていない。³⁾ 異常ネルンスト効果の増大には異常ホール効果と横ペルチェ係数が重要な役割を果たすことから、⁴⁾ 本研究では、系統的な輸送測定と第一原理計算を併用することで、Fe 薄膜の Ga 置換による異常ネルンスト効果の増大機構について検討を行った。

実験方法

MgO(001)基板上にコスパッタ法により膜厚 50 nm の Fe_{1-x}Ga_x (x = 0 - 0.44) 薄膜を作製した。作製した薄膜試料について XRD, VSM, XRF により、構造および磁気特性を調べた。これらの薄膜試料について、フォトリソグラフィおよびアルゴンイオンエッチングを用いてホールバー形状に加工した。加工した試料を用いて異常ネルンスト効果、異常ホール効果および電気抵抗の測定を行った。

実験結果

図 1(b) に異常ネルンスト効果の Ga 濃度 x 依存性測定結果を示した。Fe を Ga に置換したことで、Fe から構造が変わっていないにもかかわらず異常ネルンスト効果の大きさが劇的に増大することが分かった。同一の薄膜において異常ホール効果およびゼーベック効果の測定を行うことで決定された横ペルチェ係数が図 1(c)に示した。横ペルチェ係数の x 依存性は振動的な振る舞いを示しているが、これは Fe の電子構造と Ga 置換による電子ドーピング効果を反映しているものと考えられる。⁵⁾ 横ペルチェ係数は $x=0.1$ および 0.3 近傍でピークを持つが、Ga 濃度を増大させると電気抵抗率が単調に増大するため、異常ネルンスト効果の大きさは $x=0.3$ 近傍において最大の値をとることが明らかとなった。

参考文献

- 1) M. Mizuguchi *et al.*, Appl. Phys. Express **5**, 093002 (2012).
- 2) Y. Sakuraba *et al.*, Scr. Mater. **111**, 29 (2016).
- 3) Y. Yang *et al.*, AIP Advances **7**, 095017 (2017).
- 4) Y. Sakuraba *et al.*, arXiv: 1807.02209.
- 5) J. Weischenberg *et al.*, Phys. Rev. B **87**, 060406(R) (2013).

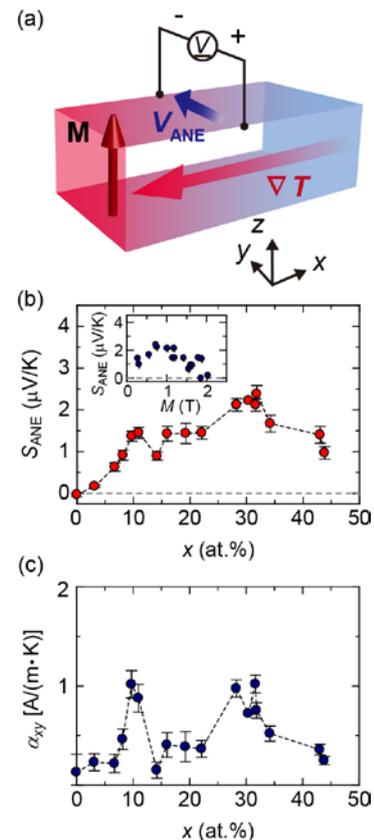


FIG. 1. (a) Schematic of experimental configuration for the anomalous Nernst effect (ANE). (b) The Ga composition x dependence of the magnitude of the ANE S_{ANE} in Fe_{1-x}Ga_x thin films. The inset shows M_s dependence of the S_{ANE} . (c) x dependence of the transverse Peltier coefficient α_{xy} in Fe_{1-x}Ga_x thin films.