

# スピンゼーベック効果を用いた Ni-Zn フェライト熱電変換素子の研究

佐知嵩之, 竹本洋祐, 若松孝志, 栗巢普揮, 赤井光治, 山本節夫  
(山口大)

Spin Seebeck effect in Ni-Zn ferrite thermoelectric conversion elements

T. Sachi, Y. Takemoto, T. Wakamatsu, H. Kurisu, K. Akai and S. Yamamoto

(Yamaguchi Univ.)

## はじめに

エネルギーハーベスティング技術としてスピンゼーベック効果を利用した熱電変換技術が注目されている。<sup>1)</sup> スピンゼーベック効果を利用すれば磁性絶縁体を用いて熱電発電が可能である。本研究では、フェライト薄膜を Si 基板上とポリイミド(PI)フィルム基板上に成膜してスピンゼーベック素子を作成し、比較検討した。

## 実験方法

RF マグネトロンスパッタ装置を用いて、Si 基板及び PI フィルム(Upilex-50S、宇部興産株、耐熱温度 290 °C)上に、YIG フェライト薄膜と Ni-Zn フェライト薄膜をとともに膜厚 100 nm で堆積し、その上に電極として Pt 薄膜を膜厚 6.7 nm ほど成膜して、熱電変換素子を作成した。

Si 基板上への Ni-Zn フェライト薄膜のスパッタ堆積は、室温と 200°C の基板温度で行った後に、結晶化を行うために大気中で 1000°C でのポストアニール処理を行った。PI フィルム基板の場合には、フェライト薄膜を室温でスパッタ堆積したのみで、ポストアニールは行わなかった。

## 実験結果と考察

Fig.1 に、Si 基板上に室温でスパッタ成膜した Ni-Zn 薄膜のポストアニール前後での M-H ループを示す。ポストアニールを行うと飽和磁化が大幅に増加し、角形比が大きくなった。Fig.2 に、Si 基板上に室温でスパッタ成膜した YIG フェライト薄膜と Ni-Zn フェライト薄膜の熱電変換起電力  $E_{ISHE}$  の磁場依存性を示す。YIG フェライト薄膜では起電力は全く出なかった。YIG フェライト薄膜を結晶化させるためには 1000°C 程度でのポストアニール処理が不可欠である。<sup>2)</sup> Ni-Zn フェライト薄膜ではポストアニール前の試料では 0.4[ $\mu\text{V}/\text{K}$ ]であった起電力が、ポストアニール後の試料では 0.5[ $\mu\text{V}/\text{K}$ ]に増加した。これはポストアニールによって結晶性が向上し、飽和磁化も増加したことによる。起電力はヒステリシスを描き、スピンゼーベック効果による起電力であると確認した。

基板に PI フィルムを用いた場合には、Ni-Zn フェライト薄膜を室温でスパッタ成膜すると、薄膜が基板から剥離する問題が生じた。そこで、下地層として ZnO 薄膜を導入することで解決した。Fig.3 に、PI フィルム上に成膜した Ni-Zn フェライト薄膜の起電力  $E_{ISHE}$  の磁場依存性を示す。0.2[ $\mu\text{V}/\text{K}$ ]の起電力を観測した。

## まとめ

Pt 電極/Ni-Zn フェライト薄膜/ZnO 下地膜構造をスパッタ法で PI フィルム基板上に作成し、スピンゼーベック効果による起電力 0.2[ $\mu\text{V}/\text{K}$ ]を得た。

## 参考文献

- 1) 内田健一, 齊藤英治, “熱・音波を用いたスピン流生成技術,” *Magnetics Society of Japan*, Vol.8, No.1, pp.18-20 (2013).
- 2) S. Yamamoto, et al., “Post-annealing effect of YIG ferrite thin-films epitaxially grown by reactive sputtering,” *Physica Status Solidi*, (a) 201, No.8, pp.1810-1814 (2004).

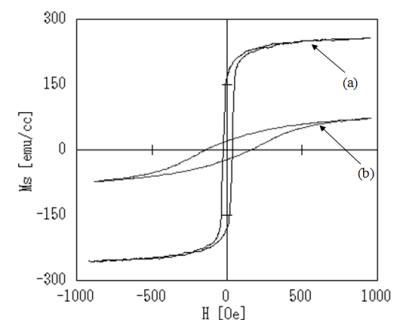


Fig.1 M-H loops for Ni-Zn ferrite/Si-sub. (sputtered at room temperature), (a) Post-annealed at 1000 °C, (b) As-deposited.

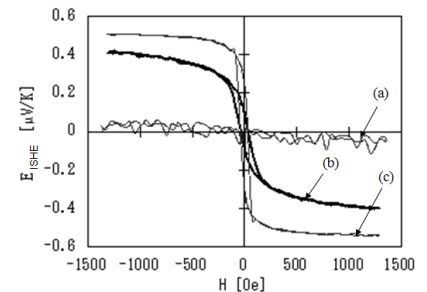


Fig.2 Magnetic field  $H$  dependence of the electromotive force  $E_{ISHE}$  in YIG/Si-sub. and Ni-Zn ferrite/Si-sub. sputtered at room temperature. (a) YIG ferrite: as-sputtered, (b) Ni-Zn ferrite: as-deposited, and (c) Ni-Zn ferrite: post-annealed at 1000°C.

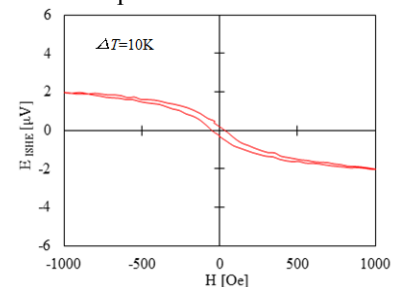


Fig.3 Magnetic field  $H$  dependence of the electromotive force  $E_{ISHE}$  in Ni-Zn ferrite thin films on the polyimide film substrate.