

# 酸化鉄ナノ粒子分散膜を用いたスピン熱電変換の観測

黒川雄一郎、濱田勇樹、湯浅裕美  
(九大)

Observation of spin-thermoelectric conversion using Fe-oxide nanoparticle assembled film

Y. Kurokawa, Y. Hamada, H. Yuasa  
(Kyushu Univ.)

## 序論

電子スピンを用いた熱電変換技術は、熱流と直交する方向へ電圧を発生させることから発電素子の小型化が可能であり、環境発電やセンサーなどへの応用が期待されている。電子スピンを用いた熱電変換は、主に磁性金属薄膜を用いた異常ネルンスト効果や、<sup>1)</sup> 磁性絶縁体とスピン軌道相互作用の大きな重金属の二層膜を用いたスピnzeerバック効果などに基づいている。<sup>2)</sup> これらの効果を用いた発電では大面積の薄膜を用いることで発電量を増大させていくことが可能となるが、従来法では薄膜の作製に真空装置を用いた成膜が用いられており、また、材料によっては高温での熱処理が必要となり、素子作製は簡単ではない。そこで、この研究では酸化鉄ナノ粒子を用い、スピコート法による簡便な成膜法で熱電発電が可能な磁性薄膜を得ることが可能かどうかを検討した。

## 実験方法

トルエン中に分散させた酸化鉄( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )ナノ粒子(IO-O20-50, Cytodiagnosics Inc.)を熱酸化 Si 基板上に滴下し、その後スピコートによりナノ粒子分散膜にした。作製したナノ粒子分散膜は真空中で熱処理を行い、溶媒を揮発させた。最後に、重金属層として Pt を 5nm 酸化鉄ナノ粒子分散膜上に堆積し、試料とした。

スピン熱電変換の観測は以下のように行った。まず、2つのペルチェ素子で試料を挟み、Si基板の上部と下部に高温部と低温部を設けることで試料に対して垂直に熱勾配を印可した。その後、試料に対して水平方向に磁場を掃引しながら、磁場に対して直交する方向の電位差を測定し、熱勾配から得られる起電力を測定した。

## 実験結果

真空中で熱処理を行った試料に対し、Ptを積層する前に電気抵抗を測定したところ、有限の電気抵抗が観察されず、絶縁体であることが分かった。試料である  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  は金属的な導電性を有することから、ナノ粒子分散膜中では十分にナノ粒子同士が近づいておらず、粒子が個々に存在することが予想された。その後、Ptを積層した試料の電気抵抗を測定したところ金属的な導電性が得られ、ナノ粒子同士がPt膜を通して金属的につながったことが予想された。図1に熱勾配を印可した元で磁場を掃引し、電圧を測定した結果を示す。結果から、外部磁場に対し明瞭なヒステリシスが得られ、ナノ粒子を分散させた膜でスピン熱電変換が観察可能であることが分かった。

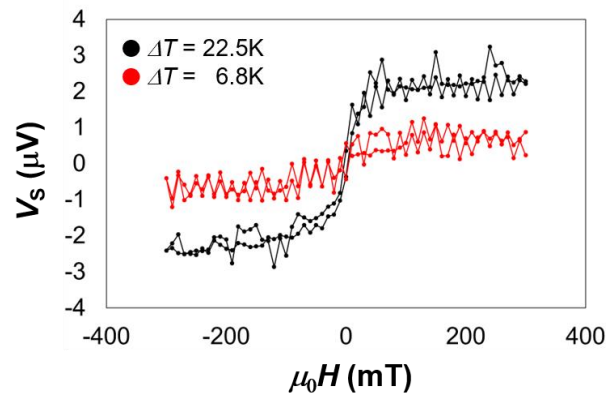


Fig. 1 Spin thermoelectromotive force ( $V_s$ ) in Fe-oxide nanoparticle assembled film as a function of magnetic field ( $H$ ) for two temperature difference ( $\Delta T$ )

## 参考文献

- 1) M. Mizuguchi, et al., Appl. Phys. Express **5**, 093002 (2012).
- 2) K. Uchida, et al., Appl. Phys. Lett. **97**, 172505 (2010).

## 謝辞

本研究は、パロマ財団の助成を受けて行われた。