

# CoFeAl 薄膜の熱伝導特性と高効率熱スピンの注入

野村竜也<sup>A</sup>, 有木大晟<sup>A</sup>, 植松銀河<sup>A</sup>, 木村崇<sup>A, B</sup>

(九大物理<sup>A</sup>, スピン物性セ<sup>B</sup>)

## Thermal transport and efficient thermal spin injection in CoFeAl film

T. Nomura<sup>A</sup>, T. Arika<sup>A</sup>, G. Uematsu<sup>A</sup>, T. Kimura<sup>A, B</sup>

(<sup>A</sup>Dept. of Physics, Kyushu Univ., <sup>B</sup>Research Center for Quantum Nano-spin Sciences.)

### はじめに

電気の代わりに熱を利用する熱スピン注入現象(1)は、新奇な熱電素子やワイヤレス給電など、新しいスピンドバイスへの展開を期待させる興味深い現象である。我々は、CoFeAl 合金が熱スピン注入に適したバンド構造を有しているため、極めて効率的にスピン流を熱励起できることを実証した(2)。これらの実験においては、Fig.1 に示すように、熱スピン注入により発生したスピン蓄積を、スピンプルブ効果を用いて電氣的に検出することにより評価しており、検出端子の磁化と熱流の相互作用により生じるスピン流と無関係な疑似信号を完全に排除でき、信頼性の高い評価が可能になる。今回は、高い熱スピン注入効率を確実に有している CoFeAl 薄膜と Pt 薄膜で構成される二層膜に外部熱源を接続した熱電素子を試作し、その発電性能を評価した。

### 実験方法

試作した素子の模式図と検出された磁場依存性の信号を図 2(a)に示す。素子は、CoFeAl/Pt 二層膜の上部に SiO<sub>2</sub> を成膜し、電氣的に絶縁した後に、加熱用の Pt 電極を最上部に作製した。ここで、上部の Pt 電極に大電流を流すことで、ジュール熱を発生させ、CoFeAl/Pt 界面に熱流を引き起こす。これにより、CoFeAl から Pt への熱スピン注入が生じる。外部磁場を図のように印加することで、Pt 層に逆スピホール効果に起因した電圧が発生する。そのスピホール電圧のヒーター電流依存性、及び温度依存性などを調べ、熱電素子の性能を評価した。ここで、電圧端子間の抵抗は 80 Ω である。

### 実験結果

図 2(b)に、検出されたスピホール電圧のヒーター電流依存性を示す。図に示すように、電圧変化は、ヒーター電流の二乗に比例して変化しており、熱起因の信号であることが確認できる。ここで得られた信号は、単位長さあたりに換算すると、1 V/m であり、単位抵抗あたりに換算すると、7.5 μV/Ω である。この値は、これまでに報告されている同型の発電素子に比べて、非常に大きい値であり、素子性能の高さを示唆している。

### 参考文献

- 1) F. L. Bakker, J. Flipse, A. Siachter, D. Wagenaar, and b. J. van Wees. Phys. Rev. Lett. **108**, 167602 (2012)
- 2) S. Hu, H. Itoh and T. Kimura. NPG Asia Mater. **6**, e 127 (2014)

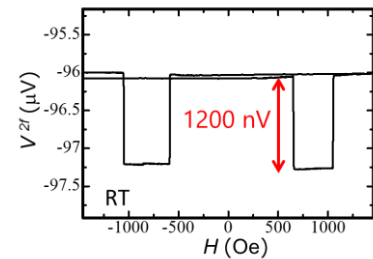


Fig.1 Thermal spin signal using a CoFeAl/Cu lateral spin valve.

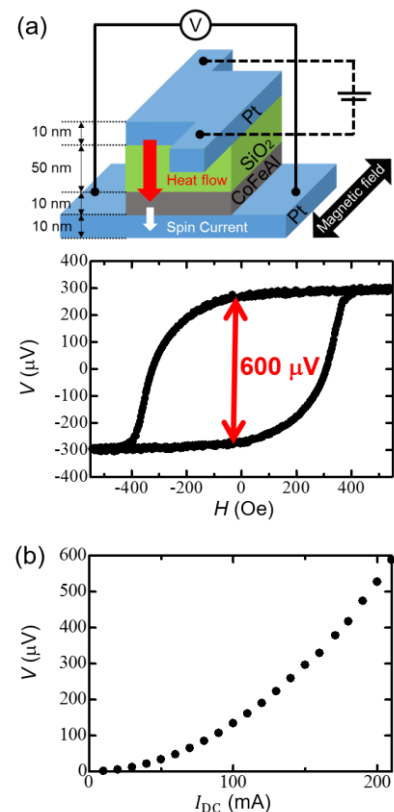


Fig.2 Schematic illustration of the fabricated sample, field dependence of the output voltage(a) and bias-dependence of the output voltages at 77 K.(b)