

## 強磁性共鳴による磁性体加熱効果と熱スピン注入

山野井一人<sup>A</sup>, 横谷有紀<sup>A</sup>, 植松銀河<sup>A</sup>, 家形諭<sup>B</sup>, 木村崇<sup>A,C</sup>  
(九大物理<sup>A</sup>, 福工大<sup>B</sup>, スピン物性セ<sup>C</sup>)

Heating effect and thermal spin injection by the ferromagnetic resonance

K. Yamanoi<sup>A</sup>, Y. Yokotani<sup>A</sup>, G. Uematsu<sup>A</sup>, S. Yakata<sup>B</sup>, T. Kimura<sup>A,C</sup>

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

### はじめに

強磁性体/非磁性体界面に熱勾配が存在すると、熱スピン注入を介して、スピン流が生成できる<sup>(1)</sup>。上記の現象は、電気の代わりに熱を利用したスピン流生成手法であり、新たなスピンドバイスの創生が期待される。一方で、強磁性薄膜においては、磁化のダイナミクス時のダンピングにより発熱が生じることが知られている<sup>(2)</sup>。特に、強磁性共鳴(FMR)時の同現象は、FMRヒーティング効果と呼ばれている。この手法を用いるとFMRを励起することで、強磁性体のみを局所的に加熱可能なため、強磁性体/非磁性体構造において高い熱勾配が生成され、高効率な熱スピン注入が期待される。FMRは、マイクロ波などを用いてワイヤレスで励起可能であり、更に、FMR周波数は、物質や形状などで制御できるため、マイクロ波・熱・スピンの融合による新奇デバイスの創出が期待できる。今回我々は、FMR時の強磁性体の温度上昇を簡便、且つ定量的に評価する手法を開発したので報告する。

### 実験方法

試料は、導波路的な役割を持つCu細線とその直下に埋め込まれた強磁性細線からなる。この試料に、高周波を重畳した電流を流し、直流抵抗の磁場依存性を測定し、更に、直流抵抗の温度依存性と比較することで、共鳴時の温度上昇を定量的に評価した。

### 実験結果

Fig. 1に、強磁性細線としてCoFeAlを採用した際のCu細線抵抗の磁場依存性を示す。ここで、重畳された高周波電流の周波数は16 GHzである。FMR時にCu細線の直流抵抗が上昇しているのが確認され、更に、この抵抗変化 $\Delta R_{Cu}$ は、照射するマイクロ波強度の増大と共に大きくなることを確認した。この抵抗変化と直流抵抗の温度依存性を比較することで、マイクロ波印加時の温度変化 $\Delta T$ を定量的に算出した。Fig. 2に示すように、高強度なマイクロ波照射時においては、系の温度が10度近く上昇することが確認できる。他の強磁性体に関しても同様の加熱効果が観測されたが、物質間では顕著な違いは観測されなかった。

更に、上記実験に加えて、本技術を熱スピン注入技術へと高度化し、逆スピンホール効果を用いて熱スピン注入効率を評価したところ、室温にて約0.1 (V/m)程度の電界を生成できることが分かった。

### 参考文献

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

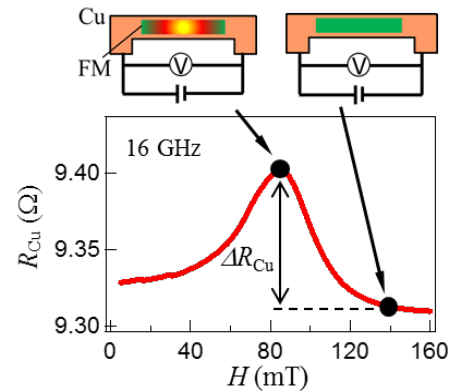


Fig.1 高周波磁界印加時のCu細線抵抗の磁場依存性。

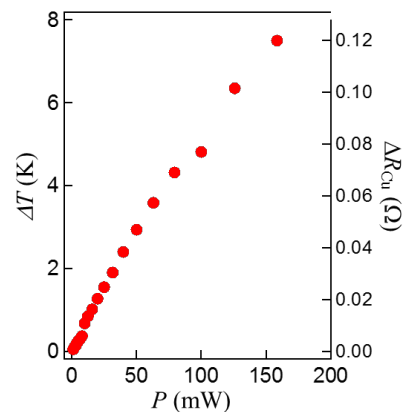


Fig.2 FMRによる温度変化の入力マイクロ波強度依存性。