

強磁性共鳴による熱励起スピン注入の高効率化

山野井一人^A, 横谷有紀^A, 木村崇^{A, B}
(九大物理^A, スピン物性セ^B)

Development of efficient dynamical thermal spin injection based on FMR heating

K. Yamanoi^A, Y. Yokotani^A, T. Kimura^{A, B}

(^ADept. of Physics, Kyushu Univ., ^BResearch Center for Quantum Nano-spin Sciences.)

はじめに

強磁性体/非磁性体構造の接合界面に熱勾配が存在すると、ゼーベック係数のスピン依存性から非磁性体中へ熱スピン注入(スピン依存ゼーベック効果)を介したスピン流が生成される⁽¹⁾。一方で、これまでに我々は、マイクロ波照射により強磁性共鳴(FMR)が励起された強磁性体が発熱することを確認し、さらにその温度上昇を定量的に評価することに成功している⁽²⁾。さらに、この加熱機構を熱スピン注入技術へと拡張し、逆スピンホール効果と組み合わせることで、マイクロ波エネルギーを直流電力に変換可能になることも示している。この技術は、ワイヤレス給電技術へと高度化が可能であり、共鳴周波数制御により周波数選択性を持たせた発電が可能であるため、様々な応用が期待できる。今回我々は、同技術の更なる高性能化を実現するべく、高周波化による発熱効果の増大とそれに付随した熱励起スピン流の増大、また、熱伝導率の向上による熱スピン注入効率の増大を目指して実験を行ったので報告する。

実験結果

FMRにより生じる強磁性体へのエネルギーの吸収は、照射するマイクロ波周波数に比例して増大することが知られており、高周波化に伴いFMRヒーティング効果の増大、更には動的熱スピン注入の高効率化に有効であると予測される。そこで我々は、すでに確立しているFMR発熱効果の定量的評価法を用いて、発熱量と周波数の関係を調べた。Fig 1に、FMR発熱効果による温度上昇の周波数依存性を示す。予想通り、FMR時の温度変化はマイクロ波周波数の高周波化に伴い、線形に増大した。

次に、動的熱スピン注入の高効率化を実現するため、CoFeB/Ta素子におけるスピンホール電圧のマイクロ波周波数依存性を評価した。Fig 2(a)に各周波数でのスピンホール電圧の磁場依存性を示す。FMR時に得られる電圧の変化は、マイクロ波周波数の増加と共に増大し、Fig 2(b)に示すように、その依存性は線形であった。このことは、得られたスピンホール電圧が熱スピン注入駆動のスピン流に起因していることを示しており、同様の二層膜構造において現れるスピンプンピングによるスピン流注入に比べて支配的であることを示唆している。

発表では、上述の実験結果に加えて、熱伝導率の大きな物質、素子構造を最適化した実験結果についても紹介し、動的熱スピン注入の更なる高効率化に関して議論する予定である。

参考文献

- 1) S. Hu, H. Itoh and T. Kimura. NPG Asia Mater. **6**, e 127 (2014).
- 2) K. Yamanoi, Y. Yokotani and T. Kimura. Applied Physics Letters. **107**, 182410 (2015).

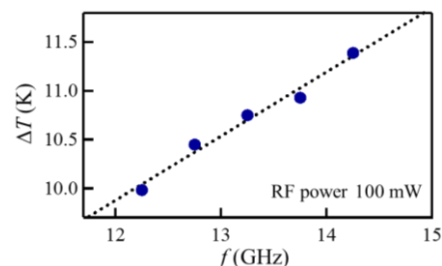


Fig. 1) Frequency dependence of FMR heating effect.

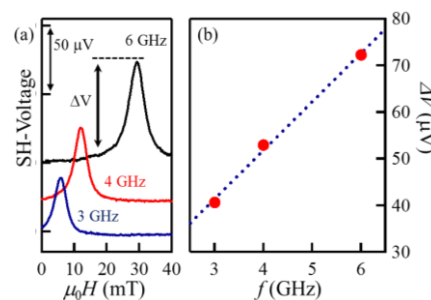


Fig. 2(a) Dynamical thermal spin injection induced by FMR heating effect in CoFeB/Ta. (b) Frequency dependence of dynamical thermal spin injection.