

# 単層グラフェンを用いたスピン流-電流変換の観測とその評価

大島諒<sup>1</sup>、酒井敦<sup>1</sup>、安藤裕一郎<sup>1,2</sup>、新庄輝也<sup>1,2</sup>、浜屋宏平<sup>1</sup>、  
河原憲治<sup>3</sup>、吾郷浩樹<sup>3</sup>、白石誠司<sup>1,2</sup>  
(<sup>1</sup>阪大院基礎工、<sup>2</sup>京大院工、<sup>3</sup>九大先導研)

Observation and evaluation of spin-charge conversion in single-layer graphene

R. Ohshima<sup>1</sup>, A. Sakai<sup>1</sup>, Y. Ando<sup>1,2</sup>, T. Shinjo<sup>1,2</sup>, K. Hamaya<sup>1</sup>, K. Kawahara<sup>3</sup>, H. Ago<sup>3</sup>, and M. Shiraishi<sup>1,2</sup>  
(<sup>1</sup>Osaka Univ., <sup>2</sup>Kyoto Univ., <sup>3</sup>Kyushu Univ.)

## はじめに

その高い移動度と長いスピン拡散長から、単層グラフェン (SLG) を用いたスピンドバイスへの期待が高まっている[1]。そこで、最近軽元素で構成された高分子材料でのスピン流-電流変換現象の観測が報告された[2]ことを踏まえて、同様にスピン軌道相互作用の小さい物質でありスピン物性の明らかな単層グラフェンにおける逆スピンホール効果を利用したスピン流-電流変換現象の観測とその評価を行ったので報告する。

## 実験方法

強磁性絶縁体である Y<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub>(YIG) 基板に CVD 法を用いて合成した大面積単層グラフェンを転写プロセスにより形成した。その後、検出用電極として金電極を真空蒸着法により形成した。試料サイズは YIG 基板が 1.5×3 mm<sup>2</sup>、電極幅が 1 mm となっている。測定には電子スピン共鳴 (ESR) 装置を用いて強磁性共鳴を誘起し、ナノボルトメータを用いてそのときの電圧の変化を観察した。

## 実験結果

Fig. 1 に強磁性共鳴下の電圧の変化を示す。共鳴磁場周りでの明瞭な電圧の変化が観測された。これは逆スピンホール効果による起電圧を示唆する信号である。また、Fig. 2(a), (b)に電圧値のマイクロ波のパワー依存性および磁場の印加角度依存性をそれぞれ示す。磁場の印加角度依存性は逆スピンホール効果によって得られる起電圧  $E_{ISHE}$  は

$$E_{ISHE} \propto \mathbf{J}_S \times \boldsymbol{\sigma} \quad (1)$$

の関係と一致する。ここで、 $\mathbf{J}_S$  は注入されるスピン流、 $\boldsymbol{\sigma}$  はスピン偏極ベクトルである。さらにスピン流の大きさはマイクロ波のパワーに比例することから Fig. 2 の結果は理論とよい一致を示しており、得られた信号が単層グラフェンの逆スピンホール効果による信号であることを支持するものとなっている。また、以上の結果から単層グラフェンにおけるスピン流-電流変換効率を示すスピンホール角の値が  $6.1 \times 10^{-7}$  と見積もることができた[3]。

## 参考文献

- 1) M. Shiraishi and T. Ikoma, *Physica E* **43**, 1295 (2011).
- 2) K. Ando *et al.*, *Nature Mater.* **12**, 622 (2013).
- 3) R. Ohshima, M. Shiraishi *et al.*, *Phys. Rev. B*(R), submitted

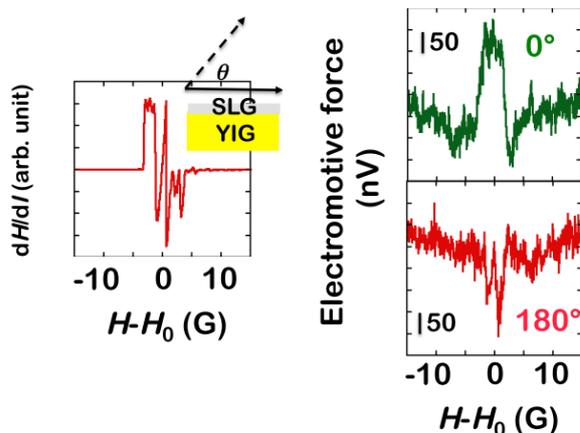


Figure 1: The FMR spectrum of the YIG at  $\theta=0^\circ$  (the left panel) and the electromotive force in SLG/YIG at  $\theta=0^\circ$  and  $\theta=180^\circ$  (the right panel).

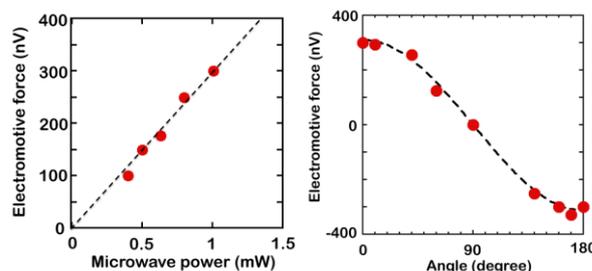


Figure 2: (a) The microwave power dependence of the electromotive force. (b) Angular dependence of the electromotive forces under 1 mW. The filled circles are experimental data.