

高強度マイクロ波パルス照射下における逆スピンホール効果

Inverse spin Hall effect under high intensity microwave pulse excitation

阪市大院理¹, 南部研², (株)JEOL RESONANCE³ ○(M2) 中橋 健太¹, 鐘本 勝一^{1,2}, 鈴木 貴之³

Osaka City Univ.¹, NITEP², JEOL RESONANCE inc.³, °Kenta Nakahashi¹, Katsuichi

Kanemoto^{1,2}, Takayuki Suzuki³

E-mail:nakaken@sci.osaka-cu.ac.jp

(はじめに) 強磁性体から非磁性体へのスピン流伝搬に伴い、逆スピンホール効果 (ISHE) による起電力が発生することが知られているが、その発生を必要な際に限定して操作するにはパルスマイクロ波による駆動が有効である。特に最近、強磁性体/非磁性体の二層構造において高強度マイクロ波パルスの照射により、mV に及ぶ ISHE の起電力 V_{ISHE} が得られることが報告された[1]。一方で、そのような高強度マイクロ波を照射した場合、FMR 過程の非線形性の可能性も含め、従来の ISHE には見られない現象が現れることも考えられる。本研究では、金属二層構造に対して高強度マイクロ波パルスを照射した際に観測される信号の特性について報告する。

(実験) 本実験ではスパッタ成膜パーマロイ (Py) /Pd からなる素子を用いた。X-バンド用マイクロ波キャビティにセットした素子に高強度マイクロ波パルスを照射し、Py の FMR 遷移に伴って Pd 電極に発生する起電力を、ロックインアンプ、又はオシロスコープで計測した。

(結果) Fig.1 に照射マイクロ波強度が 200mW の連続マイクロ波照射による $V_{\text{cw-ISHE}}$ 及び 1kW のパルスマイクロ波照射による $V_{\text{p-ISHE}}$ スペクトルを示す。これらのスペクトルは次式でフィッティングすることができる。

$$V(H) = V_{\text{ISHE}} \cdot \frac{\Gamma^2}{(H - H_{\text{FMR}})^2 + \Gamma^2} - V_{\text{AHE}} \cdot \frac{2\Gamma(H - H_{\text{FMR}})}{(H - H_{\text{FMR}})^2 + \Gamma^2}$$

ここで、 V_{AHE} : 異常ホール効果 (AHE) 電圧、 H_{FMR} : 共鳴中心磁場、 Γ : 線幅である。フィッティングにより得られた線幅は $V_{\text{cw-ISHE}}$ で 3.6mT、 $V_{\text{p-ISHE}}$ で 8.8mT となり高強度マイクロ波パルスの照射による線幅の増大が確認された。また、Py 単層の素子で得られたスペクトルを同様にフィッティングすると、AHE 成分が大きかったものの、線幅は $V_{\text{cw-ISHE}}$ で 2.8mT、 $V_{\text{p-ISHE}}$ で 7.8mT であった。このことから、Py の FMR 線幅の増大が Py/Pd の V_{ISHE} 線幅の増大に寄与していると考えられる。Fig.2 は AHE が無視できる共鳴中心における、1kW マイクロ波パルス照射時の波形及び $V_{\text{p-ISHE}}$ の過渡応答を示す。 $V_{\text{p-ISHE}}$ はマイクロ波パルスの照射に対して瞬時に立ち上がり、ほとんど遅れはなく、 $V_{\text{p-ISHE}}$ は約 3.3mV に達した。当日は、異なる強度のマイクロ波照射下における結果も含めて発表する。

(参考文献) [1] D.Sun et al. Nat. Mater, 15, 863-869 (2016)

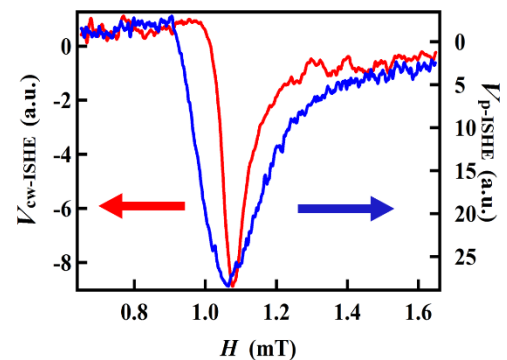


Fig.1 Comparison of $V_{\text{cw-ISHE}}$ (at 200mW) and $V_{\text{p-ISHE}}$ (at 1kW) response.

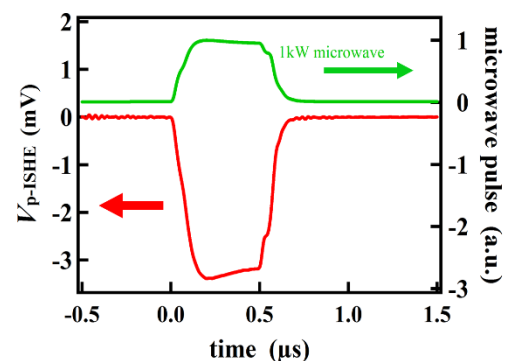


Fig.2 Time response of the $V_{\text{p-ISHE}}$ measured under 1kW microwave excitation.