

# 磁場変調スピントルク FMR による高精度スピントルク評価

## Development of High-sensitive ST-FMR with Amplitude Modulated Magnetic Field

福岡大理 〇(B4)上領彩華, 洞口泰輔, 眞砂卓史

Fukuoka Univ. 〇A. Kamiryō, T. Horaguchi, and T. Manago

E-mail: sp211208@cis.fukuoka-u.ac.jp

### 【研究背景】

スピントルク強磁性共鳴(ST-FMR)法は、非磁性体(NM)/強磁性体(FM)二層膜においてスピントルク生成効率を電気的に検出する優れた測定手法である。二層膜に高周波電流を印加すると、非磁性体中のスピントルク効果を通じてスピントルクが生成される。このスピントルクは隣接する強磁性層に注入されることで強磁性体の磁化にスピントルクを与え、磁化の歳差運動を励起する。ST-FMR 法では磁化と電流の相対角に依存した抵抗変化(異方性磁気抵抗効果)と印加高周波電流の整流効果を利用して強磁性共鳴スペクトルを直流電圧信号として検出する。このとき得られる共鳴スペクトルの対称・反対称ローレンツ関数振幅や線幅の解析により、スピントルク生成効率評価が可能となる。しかし、直流電圧を測定する従来手法では、熱起電力やオフセット電圧の長時間ドリフトなどの外乱の影響を受けやすいという難点があった。そこで本研究では、磁場変調を利用した微分信号検出[1]を ST-FMR 法に適用し、スピントルク角の小さな材料の評価やスピントルクの微小変化検出にも利用可能な高精度スピントルク生成効率評価手法を開発した。

### 【実験方法】

<試料作製> まず幅  $5\ \mu\text{m}$ 、長さ  $100\ \mu\text{m}$  の NiFe(15)/Pt(10) (膜厚:nm)細線を電子線リソグラフィ、電子線蒸着を用いて作製した。その後、高周波印加用の電極パターンとして Cr(5)/Au(100)を蒸着し、ST-FMR 測定用デバイスとした(図 1)。Pt はスピントルク効果を示す代表的な重金属材料であり、NiFe は結晶磁気異方性が小さいことからスピントルク検出 FM 層として広く利用される強磁性体である。このデバイスを用いて新たに開発する磁場変調 ST-FMR 法の検証を行った。

<測定手法> 従来の ST-FMR 法ではシグナルジェネレーターから高周波電流を試料に印加し、外部静磁場  $B_{\text{ext}}$  を掃引しながら試料両端電圧を測定することで共鳴スペクトルを得ていた。本研究では静磁場  $B_{\text{ext}}$  に重畳させる形で磁化の歳差運動に比べて十分小さい周波数  $f_m$  の交流磁場を印加し、共鳴スペクトルの微分電圧信号をロックイン検出する手法を導入した。これにより信号検出感度やスピントルクの評価精度向上が期待される。

### 【実験結果】

図 2 は磁場変調 ST-FMR 測定で得られたスペクトルの一例である。青丸プロットは測定データ、赤点線は解析式によるフィッティング結果であり、良い一致を示している。また、オフセット電圧や背景ノイズも小さい。当日はスピントルク効率の評価値や S/N 比について従来手法と新手法を定量的に比較した結果、および磁場変調の振幅や周波数を系統的に変化させることで測定条件の最適化を図った結果の詳細を報告する。

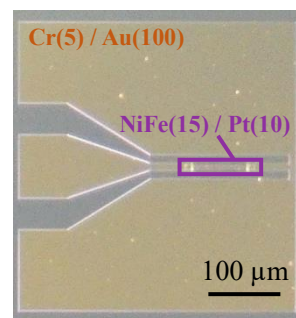


図 1 ST-FMR 測定デバイス

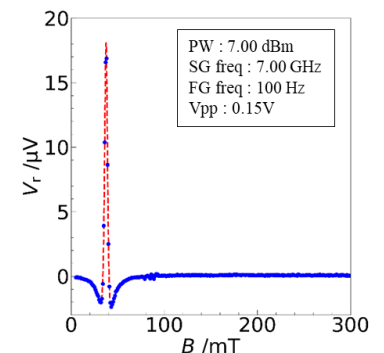


図 2 磁場変調 ST-FMR 測定における共鳴スペクトル

[1] S.Tamaru et al., Rev. Sci. Instrum. 89, 053901 (2018)