

スピバルブ構造を利用したスピントランスファートルクの検出

高橋真央、能崎幸雄
(慶大理工)

Detection of spin-transfer torque using spin-valve structures

M. Takahashi, Y. Nozaki
(Keio Univ.)

はじめに

スピン角運動量の流れであるスピン流は、電荷の流れを伴わずジュール熱が発生しないので、省エネルギーなデバイス実現が期待される。スピン流の生成方法には、ノンローカル手法やスピンホール効果、スピンポンピングなどが報告されている。特にスピンポンピングは効率よくスピン流を生成できるため、注目を集めている。今回、われわれはスピバルブ細線の巨大磁気抵抗効果を測定することにより、磁化反転磁場の変化を介してスピンポンピング由来のスピン流検出を試みた。

実験方法

試料はSi基板上に、超高真空蒸着法、スパッタ、レーザー描画装置を用いて作製した。スピバルブ細線の形状は幅1 μm 、長さ100 μm 、厚さ120 nm (NiFe10 nm/Cu10 nm/NiFe100 nm) とした。このスピバルブ細線の抵抗を直流4端子法により測定し、得られた巨大磁気抵抗効果より各磁性層の反転磁場を見積もった。スピンポンピング由来のスピン流によるスピントランスファートルクを検出するため、細線の下に作製したコプレーナストリップ線路を用いて交流磁場を印加した場合と印加しない場合において、反転磁場の周波数依存性を調べた。また、細線の強磁性共鳴スペクトルは、ベクトルネットワークアナライザを用いて測定した。

実験結果

Fig.1に10 GHzの交流磁場を印加した場合(上)と印加しない場合(下)の巨大磁気抵抗効果の測定結果を示す。Fig.1より、交流磁場なしの場合、-30 ~ -60 Oeの磁場領域で反平行磁化配置を実現している。形状磁気異方性を考慮すると、NiFe100 nmとNiFe10 nmの保磁力は、それぞれ60 Oeと30 Oeであると考えられる。また、NiFe10 nmの反転磁場-30 Oeにおける細線のFMRスペクトルを測定したところ、NiFe100 nmのFMR周波数が9.6 GHzであることがわかった。

次に、交流磁場を印加しながら巨大磁気抵抗効果を測定し、NiFe10 nmの反転磁場の周波数依存性を調べた。Fig.2は、NiFe10 nmの反転磁場の周波数依存性である。周波数が4 GHzよりも高周波化するにつれて保磁力が単調減少し、10 GHzで保磁力が最小となった後、保磁力が増加に転じた。このような共鳴的な保磁力減少は、マイクロ波アシスト磁化反転でよく見られる。しかし、NiFe10 nmのFMR周波数は4 GHz以下であり、マイクロ波アシスト効果では説明できない。一方、保磁力が最小となる周波数は、NiFe10 nmの反転磁場におけるNiFe100 nmの共鳴周波数とほぼ一致している。NiFe100 nmが共鳴すると、スピンポンピング効果によりCu層にスピン蓄積が生じ、磁化と逆向きのスピン流がNiFe10 nmに注入される。したがって、Fig.2の保磁力低下は、スピンポンピング由来のスピン流によるスピントランスファートルクが原因と考えられる。

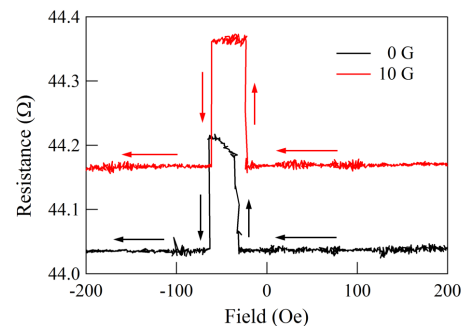


Fig.1 Giant magneto-resistive effect in spin-valve strip. Arrows show the direction of field sweep.

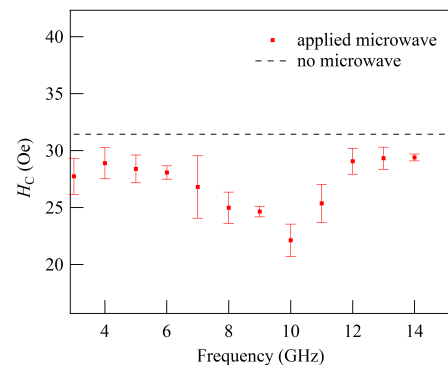


Fig.2 Frequency dependence of coercive fields.