

極低磁場核磁気共鳴を想定した強磁性トンネル接合磁場センサによる微弱磁場検出

遠藤基¹、水上成美²、藤原耕輔¹、西川卓男³、大兼幹彦¹、永沼博¹、安藤康夫¹
(東北大¹、東北大 WPI²、コニカミノルタ³)

Weak field detection using MTJs magnetic sensor aimed at ultra-low-field nuclear magnetic resonance

M. Endo¹, S. Mizukami², K. Fujiwara¹, T. Nishikawa³, M. Oogane¹, H. Naganuma¹ and Y. Ando¹
(Tohoku Univ.¹, WPI-AIMR, Tohoku Univ.², Konica Minolta³)

はじめに

近年、極めて低い磁場下における核磁気共鳴(ULF-NMR)に注目が集まっている。その理由として、低磁場において低歪、高コントラストな磁気共鳴画像を得られることが挙げられる。現在、ULF-NMRには SQUID を応用した磁場センサがよく用いられているが、SQUID の動作は低温に限定されているため、これに代わる室温で動作する高感度磁場センサが求められる。100 μm 程度の静磁場中では、NMR のラーモア周波数は kHz 帯である。従って、我々は ULF-NMR を想定し、静磁場および周波数 kHz の微弱交流磁場をセンサに印加する測定系を構築し[1]、強磁性トンネル接合(MTJ)磁場センサの磁場検出能力を評価した。

実験方法

成膜は超高真空マグネトロンスパッタ法を用いて行った。膜構成は Si/SiO₂/Ta (5)/NiFe (70)/Ru (0.85)/CoFeB (3)/MgO (2.5)/CoFeB (3)/Ru (0.85)/CoFe (5)/IrMn (10)/Ta (5)/Ru (8) (膜厚:nm)とした。ゼロ磁場付近で直線的な応答を示す磁気抵抗曲線を得るため、自由層と固定層の磁化容易軸を直交化させた。さらに 1/f ノイズを低減するため、一万個の MTJ を直並列に接続した。また、直流二端子法により MTJ 磁場センサの磁気抵抗を測定した。MTJ 磁場センサの磁場検出能力評価にはスペクトラムアナライザを用い、ヘルムホルツコイルおよびワンターンコイルにより静磁場および微弱交流磁場を各々印加した。バイアス電流の印加には定電流源を用いた。

実験結果

Fig. 1 に MTJ 磁場センサへ 20 mA の電流を印加した際のゼロ磁場付近における磁気抵抗曲線を示す。ゼロ磁場付近の抵抗の変化から、MTJ 磁場センサの感度は 110%/mT であることが分かった。現在、最も高感度な MTJ 単素子の感度は 400 %/mT であり[2]、このセンサの感度はその 1/4 程度である。Fig. 2 に周波数 2.2 kHz の微弱磁場を印加した際の実出力電圧スペクトルを示す。ここでは MTJ の感度が最大となるように静磁場を印加している。交流磁場周波数における電圧のピーク値とノイズスペクトルの平均値から、この MTJ 磁場センサの磁場検出能力は 200 pT/Hz^{0.5} と見積もられた。この磁場の値は ULF-NMR において 1 cc の水の核磁気により距離数 cm の所に発生する微弱磁場の大きさである。

謝辞

本研究の一部は JST 研究成果展開事業「戦略的イノベーション創出推進プログラム(S-イノベ)」の支援により行われた。

参考文献

- 1) M. Endo *et al.*, The abstract of the 74th JSAP Autumn Meeting, 16p-P5-1 (2013).
- 2) D. Kato *et al.*, Appl. Phys. Express **6**, 103004 (2013).

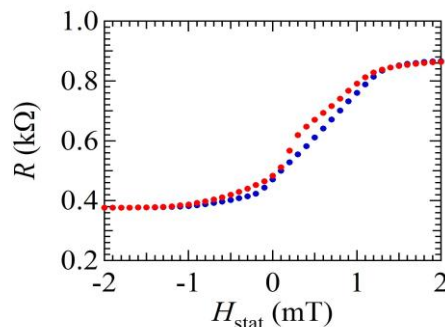


Fig. 1 Magnetoresistance curve of a MTJ sensor with bias current of 20 mA

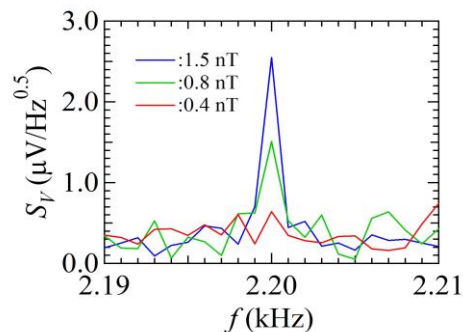


Fig. 2 Voltage spectrum of current-biased MTJ sensor when alternating magnetic field with frequency of 2.2 kHz was applied