

生体磁場計測に向けた低磁気異方性電極強磁性トンネル接合

加藤 大樹¹, 大兼 幹彦¹, 藤原 耕輔¹, 城野 純一², 永沼 博¹, 桂田 弘之², 安藤 康夫¹
(東北大院工¹, コニカミノルタ²)

Magnetic Tunnel Junctions with Low Magnetic Anisotropy Electrodes for Bio-magnetic Field Measurement

D. Kato¹, M. Oogane¹, K. Fujiwara¹, J. Jono², H. Naganuma¹, H. Katsurada and Y. Ando¹
(Tohoku Univ.¹, Konicaminolta²)

背景

微小な生体磁場(心磁場: 10^{-8} 、脳磁場: 10^{-10})の計測により、病気の早期診断や高次機能解明を行える。しかし、生体磁場を実用レベルで測定可能な磁場センサは SQUID のみであり、液体ヘリウムによる冷却が必要で、デュワー等によるサイズの大型化などの問題点を有している。そこで、トンネル磁気抵抗(TMR)効果を用いた強磁性トンネル接合(MTJ)素子を用いた生体磁場計測に期待が集まっている。MTJは室温動作可能であり、素子の微細化が可能であるため、センサユニットを小型化、低ランニングコスト化することが可能である。これまでの研究において、低異方性磁場を有する CoFeSiB (30 nm)/Ru/CoFeB フリー層を用いた MTJ において最大 40%/Oe の磁場感度(TMR 比/ $2H_k$, H_k : 異方性磁場)を達成している¹⁾。しかし、生体磁場計測を行うためには、さらなる高感度化(脳磁場計測には最低でも 100%/Oe 以上)が必要である。本研究では、異方性磁場をさらに低減させて磁場感度を向上させるため、CoFeSiB 膜厚の最適化を行った。

実験方法

超高真空マグネトロンスパッタ装置を用い、熱酸化膜付シリコン基板の上に MTJ 薄膜を作製した。MTJ の膜構成は Si, SiO₂ subs./Ta (5)/Ru (10)/ Ta (5)/Co_{70.5}Fe_{4.5}Si₁₅B₁₀ ($t_{\text{CoFeSiB}} = 30, 50, 70, 100$)/Ru (0.4)/Co₄₀Fe₄₀B₂₀ (3)/MgO (2.5) /Co₄₀Fe₄₀B₂₀ (3)/Ru (0.85)/Co₇₅Fe₂₅ (5)/Ir₂₂Mn₇₈ (10)/Ta (5)/Ru (8) (in nm)である。フォトリソグラフィ法により 4 端子 MTJ 素子を作製した。磁場センサ型の線形的な磁気抵抗曲線を得るために、2 度の磁場中アニールにより MTJ のフリー層とピン層の磁化容易軸を直交させた。磁気抵抗曲線の測定は室温で直流 4 端子法により行った。

実験結果

1st アニール後全ての CoFeSiB 膜厚において 200%程度の高い TMR 比が得られた。一方で CoFeSiB 膜厚増加に伴い、磁化容易軸方向の保磁力(H_k)が減少した。これは CoFeSiB 膜厚増加により、CoFeSiB/Ru/CoFeB 構造において、CoFeSiB の磁化反転が支配的になることを意味している。また、2nd アニールを行うことで全ての膜厚において、磁化困難軸的な磁気抵抗曲線を得ることに成功し、CoFeSiB 膜厚を 100 nm とした素子において、最大 115%/Oe という磁場感度を得ることに成功した。この値はフラックスコンセントレータ等を使用しない、単一の MTJ において最大の磁場感度であり、MTJ を用いた生体磁場計測に向け大きく前進した。

謝辞

本研究は JST 研究成果展開事業「戦略イノベーション創出推進プログラム(S-イノベ)」、東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター、JSPS 特別研究員奨励費(課題番号: 15J02067)の支援を受けて行われました。

参考文献

1) D. Kato *et al.*, Appl. Phys. Express 6, (2013) 103004

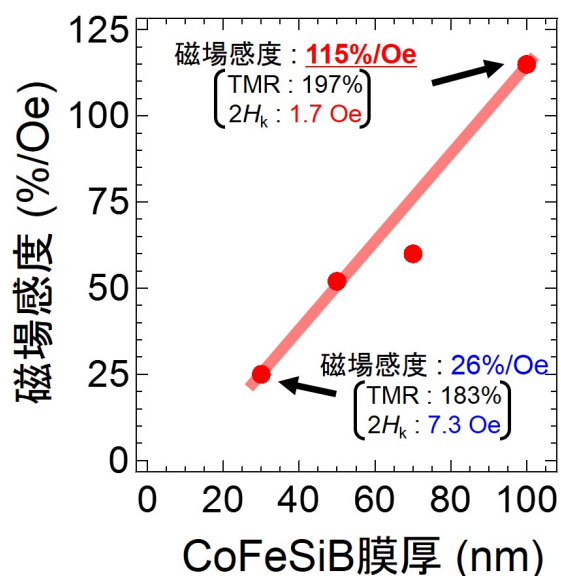


Fig.1 CoFeSiB thickness dependence of sensitivity