

課題番号 : F-20-BA-0009
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : パターン投影リソグラフィシステムを利用した強磁性材料の単一ドメイン評価
 Program Title (English) : Single domain evaluation of ferromagnetic materials using pattern projection lithography system
 利用者名(日本語) : 酒井貴弘、福本紳智、伊勢証希、上北悠暉、木下健太郎
 Username (English) : T. Sakai, S. Fukumoto, M. Ise, Y. Uekita, K. Kinoshita
 所属名(日本語) : 東京理科大学理学部応用物理学科
 Affiliation (English) : Department of Applied Physics, Faculty of Science, Tokyo University of Science
 キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、成膜・膜堆積、電子ビーム蒸着、ナノギャップ電極

1. 概要(Summary)

強磁性体を用いた電界効果トランジスタ (FET) は、ゲート電圧の印加による強磁性体への電荷注入で、その磁性を変化させることができると報告されている [1]。今回、ナノギャップ電極をソース・ドレイン電極として用いることで、電荷注入する領域を nm オーダーに制限した。これにより、チャンネル材料である強磁性体金属に高密度の電荷を注入し、磁気モーメントの制御に要するゲート電圧を小さくできると期待される。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

パターン投影リソグラフィシステム、電子線蒸着装置

【実験方法】

本研究では SiO₂ 基板上に数十~百 nm の間隔を有する Pt 電極対 (ナノギャップ電極) を形成し、ギャップ領域にチャンネル材料として、Pt(2 nm)/ Ni(0.4 nm) を堆積することで FET 構造を作製した。Fig. 1 に本研究で作製した FET 構造の図を示す。ギャップにイオン液体(IL)を滴下し、ゲート絶縁膜として用いる。ナノギャップ電極の作製には2019年度の採択課題(F-18-BA-0007)にて確立された手法を適用した。

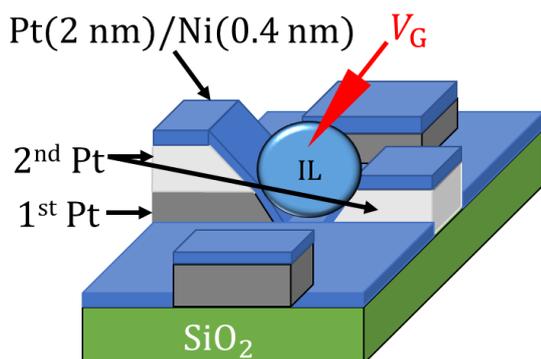


Fig. 1 Schematic diagram of FET structure.

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 2 に作製したナノギャップ電極の光学顕微鏡像を、Fig. 3 にギャップ領域の SEM 像を示す (Fig. 2 の赤い点線で囲った領域の拡大像)。SEM 像より、ナノギャップ電極の電極間隔を測定すると、101 nm と見積もられた。これは設計値である 100 nm とほぼ一致する。故に、金属の回り込みなどの影響を受けずにナノギャップ電極を作製することができた。

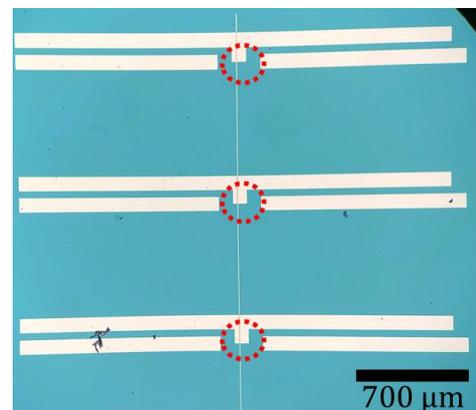


Fig. 2 Optical microscope image of nanogap electrode.

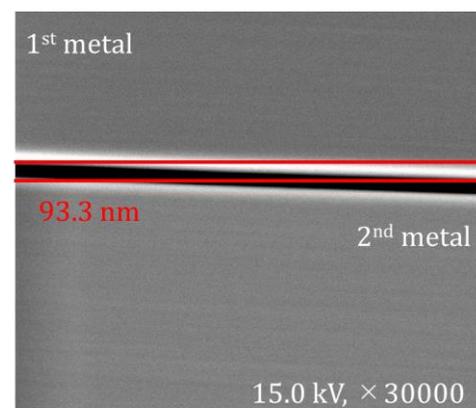


Fig. 3 SEM image of nanogap electrode.

Fig. 4 に Pt(2 nm)/Ni(0.4 nm)/Pt(10 nm)/SiO₂(500 nm)積層構造における磁気モーメントの磁場依存性を示す。残留磁気モーメント及び保磁力はそれぞれ、 2.5×10^{-5} emu, 20 Oe と見積もられ、厚さ 0.4 nm の極薄 Ni 膜 (面積 ~ 1 mm²) が強磁性を示すことが確認された。Figs. 2、3 に示したナノギャップ電極のギャップ間に Pt(2 nm)/Ni(0.4 nm)積層膜を堆積し、Fig. 1 の FET 構造 (IL 滴下なし) を作製した。上向き/下向き磁場をそれぞれ印可後、FET 構造のギャップに電流を流し、ソース-ドレイン電極間に生じる電圧を測定した。上/下磁場(± 130 mT)に対する電圧測定値の差を Fig. 5 に示す。ここで、電流はソース-ドレイン電極の向かい合う辺に対して平行な向きに流した。図より、電流と垂直な方向に異常ホール効果に起因する電圧が生じることが分かる。以上より、ナノギャップ領域に形成された Ni(0.4 nm)極薄膜が強磁性体として機能し、その磁気モーメントは外部磁場により反転可能であることが示された。

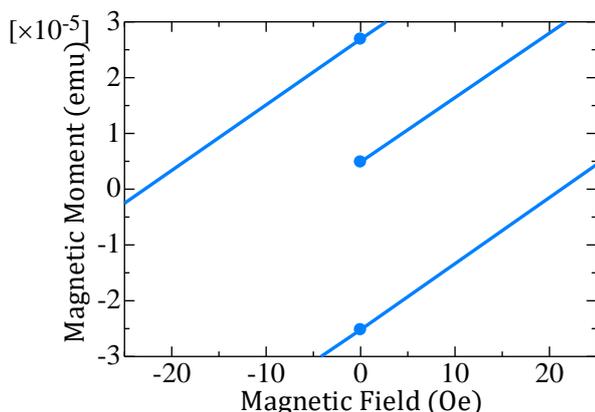


Fig. 4 Magnetic field dependence of magnetic moment.

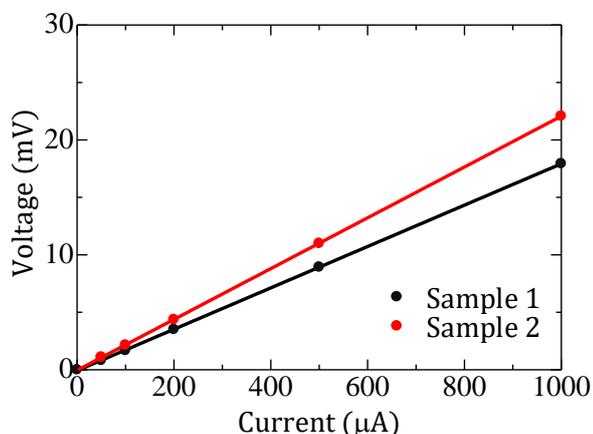


Fig. 5 Anomalous Hall voltage of Pt(2 nm)/Ni(0.4 nm) stack structure.

4. その他・特記事項(Others)

・参考文献: [1] D. Chiba *et al*, Nature Materials **10**, 853 (2011).

・謝辞: 筑波大学数理物質系技術室の谷川俊太郎様には装置の使用法のみならず、素子作製においても有益なご助言を頂きました。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許(Patent)

なし。