

強相関酸化物を用いたスピントランジスタ

Spin transistors based on correlated oxides

○大矢 忍^{1,2}, (D2)遠藤 達朗¹, (M1)中村 葵¹, 田中 雅明^{1,2}

¹東京大学大学院工学系研究科電気系工学専攻

²東京大学大学院工学系研究科スピントロニクス学術連携研究教育センター

○Shinobu Ohya^{1,2}, Tatsuro Endo¹, Aoi Nakamura¹, Masaaki Tanaka^{1,2}

¹Department of Electrical Engineering and Information Systems, The University of Tokyo

²Center for Spintronics Research Network (CSRN), The University of Tokyo

E-mail: ohya@cryst.t.u-tokyo.ac.jp

Spin MOSFET は、MOSFET のソースとドレインに強磁性体を用いたデバイスであり、不揮発記憶が可能であることから、ノーマリーオフコンピューティングや再構成可能な論理回路等の次世代の低消費エネルギーデバイスへの応用が期待されている[1]。今まで Si, Ge, GaAs など一般的な半導体材料と Fe などの強磁性金属材料を組み合わせた Spin MOSFET の研究が多数行われてきた。しかし、キャリアのスピントラッキングを維持するために重要な強磁性体と半導体の界面制御が極めて難しいことなどの理由により、磁気抵抗 (MR) 比は最大でも 1~10%にとどまっており、大きな課題となっている。実用上は 100%以上の MR 比が必要である。また、これまで数百 nm 程度以上のチャンネル長のデバイスで研究が行われてきており、スピントラッキングはほとんどのケースで拡散的に起こっているものと考えられる。理論的にはバリスティック伝導を利用できれば MR 比が上がるのが期待される。一方、ペロブスカイト酸化物 ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ (LSMO)) は強相関電子系であり、Sr 組成 x の変化に対して、ほぼ同じ結晶構造を保ったまま、強磁性金属、半導体、反強磁性絶縁体など様々な相に相転移する [3]。LSMO のこのような性質を利用して高品質の強磁性体/半導体界面を実現できれば、酸化物を用いて Spin MOSFET を実現できる可能性がある。

我々は、分子線エピタキシー法を用いて、 SrTiO_3 (001)基板上に膜厚 12 nm の $(\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33})\text{MnO}_3$ (LSMO)層を成長した。Fig. 1(a)に示すように本試料を幅 6 μm のバー形状に加工し、幅 36 nm の微小領域に Ar を照射して酸素欠損を導入し、この領域を半導体化することによりチャンネル領域を形成し数十 nm スケールのチャンネル長をもつ Spin-MOSFET 構造を作製した。このデバイスにおいて、3 K で低電圧で最大 140%の大きな MR 比が得られた[Fig. 1(b)] [4]。またわずかではあるもののゲート変調にも成功した。本講演では、この素子特性の詳細と、今後の展開について議論したい。

本研究は、科学研究費、JST CREST, JST ERATO、およびスピントロニクス学術研究基盤ネットワーク (Spin-RNJ) の支援を受けて実施した。本研究では、Le Duc Anh 准教授、小林正起准教授、田畑仁教授、関宗俊准教授から多大なるご支援を頂いた。

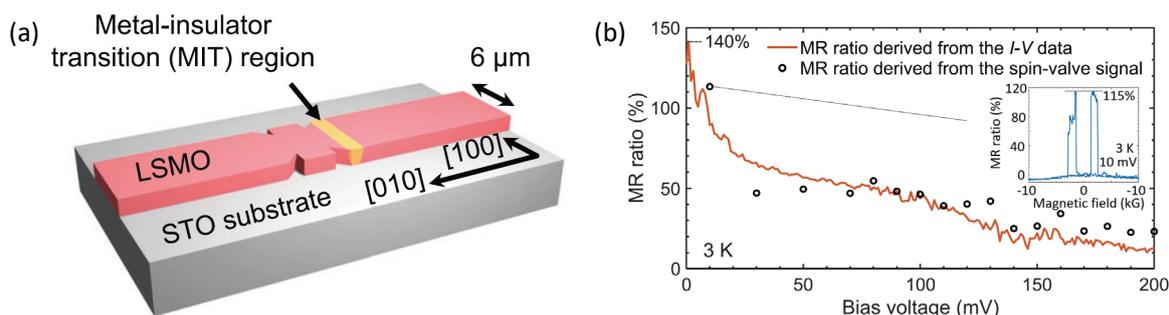


Fig. 1 (a) Schematic illustration of the LSMO-based planer spin-valve device. For the gate experiment, we applied the gate voltage from the backside of the substrate. (b) Bias dependence of the MR ratio for this device. The solid line expresses the MR ratio obtained using the I - V data in the parallel and antiparallel magnetization states. The dots represent the MR ratios obtained from the MR curves for each bias voltage. The inset shows the MR curve obtained with a bias voltage of 10 mV at 3 K [4].

References

- [1] S. Sugahara and M. Tanaka, *Appl. Phys. Lett.* **84**, 2307 (2004).
- [2] J. H. Park *et al.*, *Nature* **392**, 794 (1998).
- [3] A. Urushibara *et al.*, *Phys. Rev. B* **51**, 14103 (1995).
- [4] T. Endo, S. Tsuruoka, Y. Tadano, S. Kaneta-Takada, Y. Seki, M. Kobayashi, L. D. Anh, M. Seki, H. Tabata, M. Tanaka, and S. Ohya, *Adv. Mater.* **35**, 2300110 (2023).