

## 半導体 $\text{GaO}_x$ 障壁層を有する全単結晶トンネル磁気抵抗素子における 高磁気抵抗変化率

松尾紀宏<sup>\*,\*\*</sup>、土公尚樹<sup>\*,\*\*</sup>、高田哲朗<sup>\*</sup>、N. Krishna<sup>\*</sup>、安川雪子<sup>\*\*</sup>、齋藤秀和<sup>\*</sup>、湯浅新治<sup>\*</sup>  
(\*産業技術総合研究所 スピントロニクス研究センター、\*\*千葉工業大学)

High magnetoresistance in fully epitaxial magnetic tunnel junctions with a semiconductor  $\text{GaO}_x$  barrier  
N. Matsuo<sup>\*,\*\*</sup>, N. Doko<sup>\*,\*\*</sup>, T. Takada<sup>\*</sup>, N. Kurishna<sup>\*</sup>, Y. Yasukawa<sup>\*\*</sup>, H. Saito<sup>\*</sup>, and S. Yuasa<sup>\*</sup>  
(\*AIST Spintronics Research Center, \*\*Chiba Institute of Technology)

### はじめに

スピン依存伝導に由来する磁気抵抗 (MR) 効果は、スピン電界効果トランジスタ (スピン FET) の重要な動作原理の一つである。しかしながら、通常の FET と同じ横型構造を用いた従来研究では、MR 比は室温で 0.1% 以下に留まっており、実用化に向けた大きな課題となっている。最近、金木らは高 MR 比の観点から (Ga,Mn)As/GaAs/(Ga,Mn)As 磁気トンネル接合 (MTJ) をベースとした縦型スピン FET を作製し、ゲート電圧と磁化配置に依存した出力電流の変調を極低温で観測した[1]。室温動作のためには、通常の 3d 磁性金属を電極として利用する必要があるため、新たに半導体障壁層材料を開発する必要がある。本研究では、近年 FET のチャンネル材料として注目されている酸化ガリウム ( $\text{GaO}_x$ ) を障壁層に用いた全単結晶 MTJ の開発を行った。

### 実験方法

膜試料は分子線エピタキシー法により  $\text{MgO}(001)$  基板上に作製された。MTJ 構造は  $\text{Au}(20 \text{ nm})/\text{Co}(10 \text{ nm})/\text{Fe}(5 \text{ nm})/\text{GaO}_x(1.2\text{-}2.6 \text{ nm})/\text{MgO}(0.4 \text{ nm})/\text{Fe}(30 \text{ nm})$  である。ここで、 $\text{MgO}$  層は拡散防止層である。単結晶  $\text{GaO}_x$  膜は、蒸着直後のアモルファス膜を酸素雰囲気中アニール ( $500^\circ\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^{-7}$  Torr) することにより得られた。

### 実験結果

走査型透過電子顕微鏡像 (図 1) および電子線ナノ回折像解析より、各層の結晶方位関係は、上部  $\text{Fe}(001)[110] \parallel \text{GaO}_x(001)[100] \parallel \text{MgO}(001)[100] \parallel$  下部  $\text{Fe}(001)[110]$  であり、また、 $\text{GaO}_x$  は立方晶スピネル型結晶構造を有することが明らかとなった。図 2 に典型的な MR 曲線を示す。MR 比は室温 (20 K) で 94% (125%) に達し、結晶化のためのアニール未実施の素子で観測された値 (室温 : 34%、20 K : 50%) から顕著に増大した。単結晶 MTJ で観測された MR 比はバルク Fe のスピン偏極率から予想される値を大きく上回ることから、観測された高 MR 比は、 $\text{MgO}[2]$  および  $\text{MgAlO}[3]$  障壁層を有する MTJ と同様にスピン偏極電子のコヒーレント・トンネリングに起因することが強く示唆される。本研究結果は、室温動作可能な縦型スピン FET 実現に繋がる成果である。

### 謝辞

本研究は革新的研究開発プログラム (ImPACT) の支援を受けた。

### 参考文献

- [1] T. Kanaki, *et al*, Appl. Phys. Lett. **107**, 242401 (2015).
- [2] S. Yuasa, *et al*, Nature Mater. **3**, 868 (2004).
- [3] H. Sukegawa, *et al*, Appl. Phys. Lett. **103**, 142409 (2010).

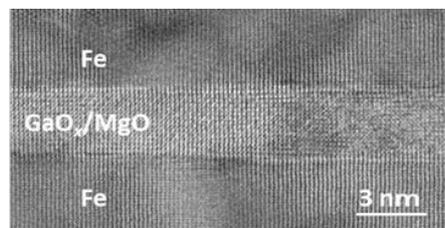


Fig.1 Cross-sectional bright-field scanning transmission electron microscopy image of the MTJ.

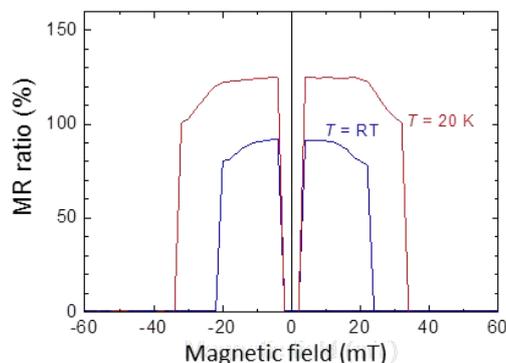


Fig.2 Magnetoresistance curves of the MTJ at 20 K and room temperature.