固相エピタキシー法により低温形成された全単結晶 Fe/GaO_x/Fe 磁気トンネル接合における磁気輸送特性

土公尚樹*,**、N. Sai Krishna*、松尾紀宏*,**、齋藤秀和*、湯浅新治* (*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)

Magneto-transport properties of fully epitaxial Fe/GaO_x/Fe magnetic tunnel junctions fabricated by solid-phase epitaxy at low temperatures N. Doko^{*,**}, N. Matsuo^{*,**}, N. Kurishna^{*}, H. Saito^{*}, and S. Yuasa^{*}

(*AIST Spintronics Research Center, **Chiba Institute of Technology)

<u>はじめに</u>

最近、半導体系材料を絶縁障壁層とした全単結晶磁気トンネル接合 (MTJ) において、電圧印加によるトンネル電流変調[1]や1Ωμm²以下の低抵抗接合[2]等の新機能・特性が報告され注目されている。我々はワイドギャップ半導体酸化ガリウム(GaO_x)を障壁層とした全単結晶 Fe/GaO_x/Fe MTJ を作製し、室温で 92%に達する磁気抵抗変化率 (MR 比)を報告した[3]。単結晶 GaO_x障壁層は、成膜後のアモルファス GaO_x膜をその場アニールすることにより得られるが、その際に約 500℃の高温が必要であることから実用素子への応用は困難な状況にある。本研究では、アニール条件等を系統的に変化させた上記 MTJ を作製し、結晶構造および磁気輸送特性を調べた。

<u>実験方法</u>

膜試料は分子線エピタキシー法により作製された。MTJ 構造は Au(20 nm) / Co(10 nm) / Fe(5 nm) / GaO_x(2 nm) / MgO(1 nm) / Fe(30 nm) / MgO(001) 基 板である。上部 Fe 電極成膜後に真空中にてその場アニールを 250℃ で行 った。比較のため、上部 Fe 成膜前に GaO_x層を酸素雰囲気中でその場アニ ール (250℃~500℃) した試料も作製した。

実験結果

Figure 1 に各層の反射高速電子線回折 (RHEED) 像を示す。成膜後の GaO_x 膜の RHEED 像はハロー状であり (Fig. 1a) 、同膜がアモルファス状態で あることを示した。同アモルファス GaO_x層上に成長した上部 Fe 電極膜は ブロードなリング状パターンを示し (Fig. 1b)、多結晶であることが暗示さ れた。注目すべきことに、多結晶 Fe の RHEED 像は 250°C でのアニール により単結晶を示すストリーク状(fig.1c)となった。断面電子顕微鏡観察に より、同膜の GaO_x層は単結晶であることが確認された。同膜を用いた MTJ の MR 比は室温で 102% であり、GaO_x層のその場アニールを含むプロ セスにより作製した MTJ と同程度の値が得られた。

<u>謝辞</u>

本研究は革新的研究開発プログラム (ImPACT) および科研費 (No. 26103003)の支援を受けた。

参考文献

- T. Kanaki, H. Asahara, S. Ohya, and M. Tanaka, Appl. Phys. Lett. 107, 242401 (2015).
- S. Kasai, Y. K. Takahashi, P. -H. Cheng, Ikhtiar, T. Ohkubo, K. Kondou, Y. Otani, S. Mitani, and K. Hono, Appl. Phys. Lett. 109, 032409 (2016).
- N. Matsuo, N. Doko, T. Takada, H. Saito, and S. Yuasa, Phys. Rev. Applied 6, 034011 (2016).



Figs. 1 RHEED images of the (a) GaO_x barrier layer, (b) Fe upper electrode, and (c) same layer after an *in situ* annealing at 250°C, respectively.