

$\text{Fe}_3\text{O}_4(001)/\text{MgO}(001)/\text{Fe}(001)$ 強磁性トンネル接合における大きな負の TMR 効果

Large Inverse TMR in $\text{Fe}_3\text{O}_4(001)/\text{MgO}(001)/\text{Fe}(001)$ magnetic tunnel junctions

北大総化¹, 関西大システム理工² 東大理³ 北大工⁴ 安井彰馬¹ 本多周太² 岡林潤³

柳瀬隆⁴ 島田敏宏⁴ ○長浜太郎⁴

Hokkaido Univ.¹, Kansai Univ.², Univ. of Tokyo³, Hokkaido Univ.⁴, S. Yasui¹, S. Honda²,

J. Okabayashi³, T. Yanase⁴, T. Shimada⁴, ○T. Nagahama⁴

E-mail: nagahama@eng.hokudai.ac.jp

Fe_3O_4 は代表的な Fe の酸化物であり、室温においては電気伝導体である。特にバンド計算からスピン分極率が-100%であると予測されており、高性能 TMR 素子の電極材料として期待されている。その電子状態は光電子分光測定では高いスピン分極率が観測されているが、TMR に関しては大きくても 30%程度の TMR 比を示すにとどまっている。その理由については、逆位相境界や Fe_3O_4 表面のスピン分極率の低減などが提案されているが、現在まで明らかとはなっていない。

我々は以前より Fe_3O_4 -MTJ の研究を推進しており、 $\text{Fe}_3\text{O}_4(110)/\text{AlO}/\text{Fe}$ -MTJ において室温で-15%程度の TMR を得るなどの成果を得た。本研究では(001)方向にエピタキシャル成長した $\text{Fe}_3\text{O}_4(001)/\text{MgO}(001)/\text{Fe}(001)$ -MTJ を作製し、大きな TMR 比を得、さらにその特性が Fe_3O_4 製膜時の真空度に大きく依存することを見出したので報告する。

試料は反応性分子線エピタキシー法で作製し、基板は $\text{MgO}(001)$ 基板を用いた。Mg の拡散防止層として NiO を蒸着した後に 10^{-4}Pa 程度の酸素分圧中で Fe を電子線蒸着して Fe_3O_4 薄膜を得た。その後 60°C 程度で MgO バリア層を蒸着、 150°C で熱処理した後に室温で上部電極の Fe/Au を蒸着した。結晶構造は RHEED と X 線回折で確認し、フォトリソグラフィーで素子加工した MTJ について磁気伝導特性を計測した。

図 1 に $4 \times 10^{-4}\text{Pa}$ 、 $5 \times 10^{-5}\text{Pa}$ の酸素分圧で Fe_3O_4 を作成した MTJ の TMR 曲線を示す。それぞれ負の TMR 比を示しており、バンド計算で予測された負のスピン分極を示している。最大で-55.6%の TMR 効果を観測することに成功した。これはいわゆるインフレ定義に直すと 126%に相当する。また室温付近の TMR 曲線と、100K での TMR 曲線を比較すると、 Fe_3O_4 を $4 \times 10^{-4}\text{Pa}$ で作製したものについては大きな形状の変化はないが、 $5 \times 10^{-5}\text{Pa}$ で作製したものについては大きく高磁場まで広がった形状に変化した。これらの違いは Fe_3O_4 の Verwey 転移によるものであると考えられる。

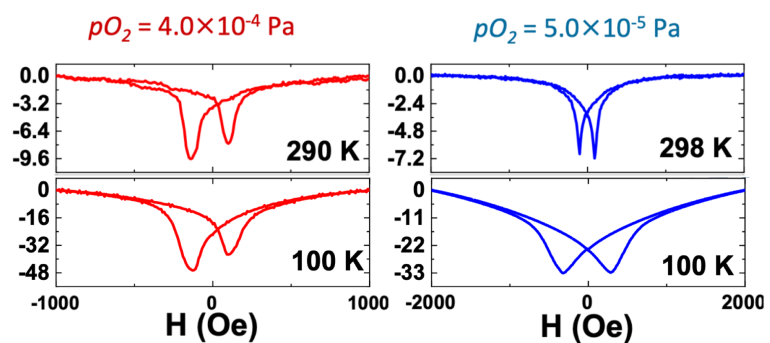


図 1 $\text{Fe}_3\text{O}_4(001)/\text{MgO}(001)/\text{Fe}(001)$ -MTJ の TMR 曲線。左は $4 \times 10^{-4}\text{Pa}$ 、右は $5 \times 10^{-5}\text{Pa}$ の酸素分圧で Fe_3O_4 を製膜した。 $5 \times 10^{-5}\text{Pa}$ については低温で TMR 曲線の形状が大きく変化している。