

課題番号 : F-19-HK-0030
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 磁性酸化物超薄膜をもちいたスピントロニクス素子の開発
Program Title (English) : Fabrication of spintronics devices with magnetic oxide thin films
利用者名(日本語) : 長浜太郎
Username (English) : T. Nagahama
所属名(日本語) : 北海道大学大学院工学研究院
Affiliation (English) : Graduate School of Engineering, Hokkaido University
キーワード/Keyword : スピントロニクス 酸化物 スピネル 磁気抵抗効果 成膜・膜堆積

1. 概要(Summary)

Fe_3O_4 のスピン分極率は理論的には-100%と予想されていることから、 Fe_3O_4 を電極に持つ強磁性トンネル接合(MTJ)はとても大きなトンネル磁気抵抗効果(TMR)を示すと期待されている。しかし、これまでに大きな TMR 効果の報告はなく、電極/バリア層界面の磁気状態・電子状態に関する詳細な理解が必要であると考えられている。本研究課題では、 Fe_3O_4 のエピタキシャル成長について調べるとともに、 Fe_3O_4 を電極とする MTJ を作製し、その磁気抵抗効果を調べた。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

コンパクトスパッタ

【実験方法】

多層膜は分子線エピタキシー法によって成膜した。エピタキシャル成長および界面状態の結晶方位依存性を調べるために、 $\text{NiO}(5\text{nm})/\text{Fe}_3\text{O}_4(60\text{nm})/\text{MgO}(2\text{nm})$ または $\text{AlO}_x(2\text{nm})$ をそれぞれ $\text{MgO}(001)$ 、(110)および(111)基板上に堆積した。バリア材料として MgO と AlO_x を用いた。表面形態を RHEED と AFM で観察し、界面電子状態を XMCD で調べた。TMR に関して、 $\text{MgO}(001)/\text{NiO}(30\text{nm})/\text{Fe}_3\text{O}_4(60\text{nm})/\text{MgO}(2\text{nm})/\text{Fe}(10\text{nm})/\text{Au}(30\text{nm})$ の MTJ を作製し、磁気抵抗をクライオスタットで測定した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

AFM 測定から、 $\text{Fe}_3\text{O}_4(001)$ 、(110)、(111)の表面粗さをそれぞれ 0.27 nm, 1.30 nm, 1.96 nm と推定した。 $\text{Fe}_3\text{O}_4(100)$ が最も平坦な表面を持つので、 $\text{Fe}_3\text{O}_4(001)$ 電極を持つ MTJ を作製した。MTJ の TMR 比は、図 1 に示すように、室温(290K)で-9.6%、80Kで-56.6%

であり、温度依存性については、TMR 比は温度の低下と共に 80K で-56.6%まで単調に増加した(図 2)。さらに Fe_3O_4 の磁気特性および TMR 効果は、成膜時の酸素分圧に強く依存し、 Fe_3O_4 におけるフェルベ転移と呼ばれる相転移が関係していることが示唆された。

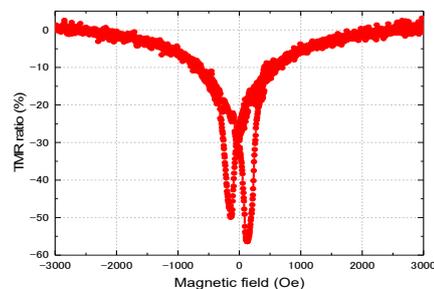


Fig.1 TMR curve of $\text{Fe}_3\text{O}_4(001)/\text{MgO}/\text{Fe}$ MTJ measured at 80K.

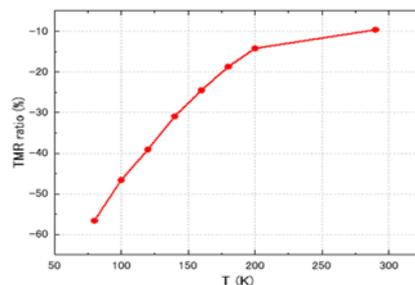


Fig.2 Temperature dependence for TMR ratio of $\text{Fe}_3\text{O}_4(001)/\text{MgO}/\text{Fe}$ MTJ.

4. その他・特記事項(Others)

なし。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

1. 安井彰馬, 岡林潤, 島田敏宏, 柳瀬隆, 長浜太郎, 応用物理学会第 80 回秋季学術講演会, 令和元年 9 月 18 日
2. 安井彰馬, 岡林潤, 島田敏宏, 柳瀬隆, 長浜太郎, 第 43 回日本磁気学会学術講演会 令和元年 9 月 26 日

6. 関連特許(Patent)

なし。