

Mn₃Ge 上部電極を有するフルエピタキシャル磁気トンネル接合の作製

Preparation of full-epitaxial magnetic tunneling junctions with a Mn₃Ge top electrode

東北大 WPI-AIMR [○]杉原 敦, 鈴木 和也, 宮崎 照宣, 水上 成美

WPI-AIMR Tohoku Univ. [○]A. Sugihara, K. Suzuki, T. Miyazaki, and S. Mizukami

E-mail: a.sugihara@wpi-aimr.tohoku.ac.jp

正方晶 $D0_{22}$ 型の $Mn_3Ge(D0_{22}-Mn_3Ge)$ は, c 軸方向に完全スピン分極した Δ_1 バンドを有し¹⁾, (001) 配向した $D0_{22}-Mn_3Ge$ を用いた磁気トンネル接合(MTJ)では $Fe/MgO/Fe$ -MTJ と同等の巨大なトンネル磁気抵抗比(TMR)を発現することが理論的に予測されている²⁾. しかしながら, MTJ の作製において, 下部電極作製の際には最適な材料をバッファ層として選択できるため, 比較的高い品位を実現しやすいものの, 上部電極作製の際には障壁層材料の選択幅が狭く, 高品位な上部電極作製は容易ではない. これまで我々は Cr や Rh バッファ層上に作製した高品位かつ単相 $D0_{22}-Mn_3Ge$ 単結晶薄膜を報告している³⁾⁻⁵⁾. 他方, 障壁層として代表的な材料である MgO 上では, $D0_{22}$ 相の形成に高温($> 400^\circ C$)を必要とすることに加え, 異相が析出しやすいことから高品位な $D0_{22}-Mn_3Ge$ を作製することは困難であることを示した¹⁾. したがって, 障壁層材料上での $D0_{22}-Mn_3Ge$ 上部電極の作製は, $D0_{22}-Mn_3Ge$ の応用に向けての重要なステップである.

本研究では, MgO 障壁層— Mn_3Ge 上部電極層間に Cr と格子定数の近い $Co-Fe$ を挿入することで, $D0_{22}-Mn_3Ge$ 単相の上部電極を有する MTJ の作製を試みた. 試料構造は $MgO(001)$ 基板/ $Cr(40\text{ nm})$ 下部 $Co_{100-x}Fe_x(2.0\text{ nm})/Mg(0.4\text{ nm})/MgO(2.1\text{ nm})$ /上部 $Co_{100-x}Fe_x(1.5\text{ nm})/Mn_3Ge(30\text{ nm})/Ta(3\text{ nm})/Ru(5\text{ nm})$ (膜厚)とし, 上下 $Co-Fe$ 層の組成ならびに Mn_3Ge の作製温度 T_s を変えて作製した.

$x=40$, $T_s=300^\circ C$ として作製した試料に対し X 線回折の $\theta-2\theta$ スキャンを行ったところ, Mn_3Ge に関しては $D0_{22}$ 構造由来のピークのみが明瞭に観察され, Mn_3Ge が規則化した $D0_{22}$ 単相を有することが示された. また, 同試料に対し φ スキャンを行ったところ, $D0_{22}-Mn_3Ge(112)$ ピークならびに $MgO(111)$ ピークが 4 回対称性を示し, $D0_{22}-Mn_3Ge$ がエピタキシャル成長していることが示された. 以上のことから, $Co-Fe$ 層の挿入によって高品位な単相 $D0_{22}-Mn_3Ge$ 上部電極を MgO 上で作製可能であることが示された. Fig. 1 に, 同試料を微細加工して作製した TMR 素子(素子サイズ $100 \times 100\ \mu m^2$)の, 5 K において測定した抵抗—磁場($R-H$)曲線を示す. 室温および 5 K における TMR 比は, それぞれ 11.3% および 23.1% と見積もられた. $R-H$ 曲線の形状より, 上部 $Co-Fe$ 層と Mn_3Ge 層は反強磁性的に結合しているといえる⁶⁾.

発表では, TMR ならびに上部 $Co-Fe$ 層— Mn_3Ge 層間の結合形態について詳しく考察する.

本研究の一部は, 科研費補助金, 旭硝子財団研究助成, ならびに NEDO ノーマリーオフコンピューティング基盤技術開発(再委託)の支援で行われた.

[1] S. Mizukami et al., Appl. Phys. Express **6**, 123002 (2013). [2] Y. Miura and M. Shirai, IEEE Trans. Mag. **6**, 123002 (2013). [3] A. Sugihara et al., Appl. Phys. Lett. **104**, 132404 (2014). [4] A. Sugihara et al., J. Phys. D **48**, 164009 (2015). [5] A. Sugihara et al., Metals (Basel). **5**, 910 (2015). [6] A. Sugihara et al., Jpn. J. Appl. Phys. **54**, 078002 (2015).

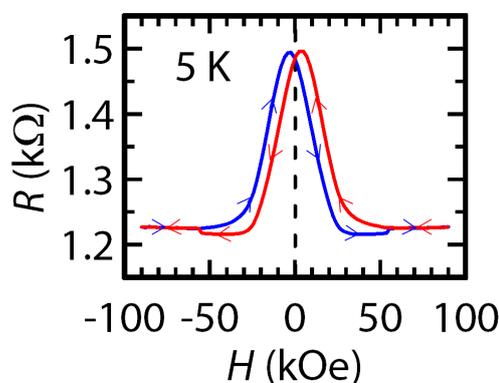


Fig.1 $T_s=300^\circ C$ として作製した試料から加工した素子の 5 K における $R-H$ カーブ.