

# ホイスラー合金 $\text{Co}_2\text{FeAl}$ とスピネル $\text{Mg-Al-O}$ バリアを用いた格子整合強磁性トンネル接合

介川裕章<sup>1</sup>、T. Scheike<sup>1,2</sup>、古林孝夫<sup>1</sup>、Z. C. Wen<sup>1</sup>、猪俣浩一郎<sup>1</sup>、三谷誠司<sup>1,2</sup>  
(<sup>1</sup> 物材機構、<sup>2</sup> 筑波大)

Lattice-matched magnetic tunnel junctions using Heusler alloy  $\text{Co}_2\text{FeAl}$  and spinel  $\text{Mg-Al-O}$  barrier  
H. Sukegawa,<sup>1</sup> T. Scheike,<sup>1,2</sup> T. Furubayashi,<sup>1</sup> Z. C. Wen,<sup>1</sup> K. Inomata,<sup>1</sup> S. Mitani<sup>1,2</sup>  
(<sup>1</sup>NIMS, <sup>2</sup>Univ. Tsukuba)

## はじめに

Co 基ホイスラー合金 ( $\text{Co}_2\text{XY}$  型、 $X$  は遷移金属、 $Y$  は主に典型元素) は高いスピン偏極率、高いキュリー温度を有するため、これを用いた強磁性トンネル接合 (MTJ) では巨大なトンネル磁気抵抗 (TMR) 比が期待されるため盛んに研究がなされてきた。コヒーレントトンネル効果による TMR 増大効果を示す  $\text{MgO}$  がホイスラー-MTJ のバリアとして用いられるようになり、近年巨大な TMR 比が報告されるようになった。特に  $\text{Co}_2\text{MnSi}/\text{MgO}/\text{CoFe}$  構造を有する MTJ において 2000% もの極めて大きな TMR 比が低温で報告されている<sup>1)</sup>。その一方、ホイスラー-MTJ の室温における TMR 比は  $\text{CoFeB}/\text{MgO}/\text{CoFeB}$  系 MTJ の最大値に比べまだ小さく、その向上が求められている。一般的に  $\text{MgO}$  と Co 基ホイスラー合金との格子不整合は数% と無視できない程度に大きく、 $\text{MgO}$  界面近傍に多数の欠陥が導入<sup>2)</sup>されることによりハーフメタル特性を引き出すことが容易ではない。また、ホイスラー合金の表面は活性であるため、酸化物バリア形成時に容易に酸化されやすく、バリア層との界面を理想的に保つことが必要となる。これらの問題の解決を目指して、本研究では格子定数が  $\text{MgO}$  よりも小さいスピネル系トンネルバリア ( $\text{Mg-Al-O}$ )<sup>3)</sup>を用いて高品質な格子整合ホイスラー-MTJ の作製を行った。ホイスラー合金には、 $\text{Co}_2\text{FeAl}$  (CFA)<sup>4)</sup>を用い、 $\text{Mg-Al-O}$  層と CFA 層間に CoFe 層を挿入することでバリア界面の構造の調整も図った。

## 実験方法

MTJ 多層膜は、マグネトロンスパッタ装置を用いて  $\text{MgO}(001)$  単結晶基板上に  $\text{Cr}/\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$  層をバッファーとして、CFA (5 nm) /  $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$  挿入層 ( $d_{\text{CoFe}}$ ) /  $\text{Mg-Al-O}/\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$  (5 nm) /  $\text{IrMn}$  構造を作製した。CFA 層は Co-Fe-Al の合金ターゲットから成膜を行った。また、 $\text{Mg-Al-O}$  バリア層は  $\text{Mg}/\text{Mg-Al}$  合金の 2 層膜をプラズマ酸化することにより得た<sup>3)</sup>。作製した MTJ 多層膜は適宜磁場中熱処理を行い、TMR 比及び面積抵抗 RA の評価には面内電流トンネル (CIPT) 法および、素子微細加工後に直流 4 端子法を用いて行った。

## 実験結果

バリア層作製条件、ポストアニール条件を最適化することにより、(001) 方位にエピタキシャル成長した CFA/(CoFe) /  $\text{Mg-Al-O}/\text{CoFe}$  構造の MTJ 素子の作製に成功した。CFA は X 線回折から  $B2$  構造を有していることがわかった。CFA/ $\text{MgO}/\text{CoFe}$  ( $d_{\text{CoFe}} = 0$  nm) 構造において、室温で約 230% の比較的大きな TMR 比が得られた。これは CFA の持つ高いスピン分極率に加え、 $\text{Mg-Al-O}$  バリアのコヒーレントトンネル効果が有効に働いているためであると考えられる。CoFe 層を挿入することで TMR 比の向上がみられ、 $d_{\text{CoFe}} = 1$  nm において最大の室温 TMR 比 : 281% が得られた。その一方で RA は  $d_{\text{CoFe}}$  の増大とともに減少し、バリア層作製時の酸化による CFA 表面へのダメージが CoFe 層挿入により低減されている可能性が示唆される。MTJ 構造最適化により今後さらなる TMR 特性の向上が期待できる。

## 参考文献

- 1) H. Liu *et al.*, Appl. Phys. Lett. **101**, 132418 (2012).
- 2) H. Sukegawa *et al.*, Phys. Rev. B **79**, 184418 (2009).
- 3) H. Sukegawa *et al.*, Phys. Rev. B **86**, 184401 (2012); Appl. Phys. Lett. **103**, 142409 (2013).
- 4) W. H. Wang *et al.*, Appl. Phys. Lett. **95**, 182502 (2009); Phys. Rev. B **82**, 092402 (2010).