面内スピンバルブ型 CoFeB/MgO/CoFeB 強磁性トンネル接合における高効率データ取得と多層構造最適化

Highly efficient data acquisition and multilayer structure optimization of in-plane spin-valve-type CoFeB/MgO/CoFeB magnetic tunnel junctions

物材機構　°介川 裕章，Thomas Scheike、Zhenchao Wen、葛西 伸哉、三谷 誠司
NIMS, °Hiroaki Sukegawa, Thomas Scheike, Zhenchao Wen, Shinya Kasai, Seiji Mitani
E-mail: SUKEGAWA.Hiroaki@nims.go.jp

強磁性トンネル接合（MTJ）は磁気メモリ（MRAM）セルや高感度磁気センサーなどのスピントロニクス応用を担う中核的な素子である。トンネル磁気抵抗（TMR）比の大きさが MTJ における応用上の重要な性能の一つであるがその向上は長らく停滞していた。最近我々は単結晶 MTJ を用いてバリア界面の最適化により大幅な TMR 比向上を報告した [1]。本研究ではこの単結晶 MTJ 技術を応用素子で主流の CoFeB/MgO/CoFeB 型多結晶 MTJ への展開を検討した。複雑な多層膜構造の高速プロセス最適化のため、自動基板搬送、自動傾斜膜成膜形成、反射高速電子回折（RHEED）取得などの機能を持つ高スループット成膜装置を活用し、ピン層を持つスピンバルブ CoFeB/MgO/CoFeB 型 MTJ の TMR 最適化を行った結果を報告する。

MTJ は熱酸化膜付 Si 基板上に、金属バッファ層/CoFeB（フリー層）/MgO/[CoFeB/CoFe]（ピン層）/Ru/CoFe/IrMn/キャップ層からなる構造をスパッタにより作製した。各層はウェハ内で膜厚変調（傾斜膜）により最適化を行った。MgO 層の結晶性改善のため *In-situ* ポスト加熱を導入し、RHEED によるスクリーニングも行った。作製したウェハは面内電流プローブ法（CIPT）による TMR 特性のウェハ内マッピングを行った。一部のウェハは微細加工によってμm^2スケールの素子を作製し自動 TMR 計測を行った。Fig. 1 に微細加工ウェハから取得した上部ピン磁性膜厚（X 方向 CoFeB、Y 方向 CoFe）に対して TMR 比をマッピングした結果を一例として示した。ピン層膜厚により結晶配向が変化し、TMR 比に大きな影響を与える様子が可視化されている。最適ピン層膜厚を用い MgO 層の最適化を進めたところスピンバルブ型多結晶 MTJ の報告値（365% [2]）を超える最大 405%の室温 TMR 比が得られた。

本研究は文科省データ創出・活用型磁性材料研究拠点 JPMXP1122715503、JSPS 科研費（21H01750、22H04966）の支援により行われた。新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP16007）の結果得られたものを含む。

[1] T. Scheike *et al*., Appl. Phys. Lett. **118**, 042411 (2021); *ibid*. **120**, 032404 (2022). [2] Y.M. Lee *et al*., Appl. Phys. Lett. **89**, 042506 (2006).

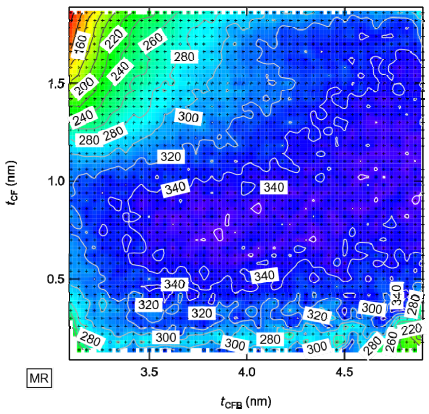

FIG. 1. TMR ratio (%) map at 300 K of CoFeB (4 nm)/MgO (1.1 nm)/CoFeB (t_{CFB})/CoFe (t_{CF})/Ru (1.3 nm)/CoFe (3 nm)/IrMn MTJs. + marks indicate measured MTJ devices.