

準安定 bcc Cu 中間層を用いた CIP-GMR 素子における巨大磁気抵抗効果

K. B. Fathoni^{1,2}, 桜庭裕弥¹, 佐々木泰祐¹, 三浦良雄¹, 中谷友也¹, 宝野和博^{1,2}
(物材機構¹, 筑波大学²)

Giant magnetoresistance effect in CIP-GMR device using meta-stable bcc Cu spacer

K. B. Fathoni, Y. Sakuraba, T. Sasaki, Y. Miura, T. Nakatani, K. Hono
(NIMS¹, Univ. of Tsukuba²)

[背景]

スピントロニクスの代表的現象である面内電流型巨大磁気抵抗(CIP-GMR)効果は、HDD のリードヘッドとしてその記録密度に飛躍的な向上をもたらし、現在でも位置や回転等検出用磁気センサーとして幅広く利用されている。昨今では、常温での脳磁気計測までも可能にする超高感度磁気センサーの研究開発が加速しているが、TMR 素子よりも低周波ノイズが小さく[1]、素子構造の簡便さから電気・磁気的設計がしやすい CIP-GMR 素子には大きな利点がある。しかし一方で、CIP-GMR 素子の MR 比は、リードヘッドとして役割を終えた頃よりほぼ更新が見られず、スピンバルブ構造では 18%程度に留まっており[2]、センサーとしての検出感度の向上のためには、MR 比向上が強く求められる。CIP-GMR 素子の MR 比には、(1)電子の平均自由行程・(2)界面格子整合・(3)界面電子バンド整合の三要素が重要であるため、(1)の要件から材料の選択肢は電気抵抗率の低い材料に律速される。そこで本研究では、Fe 上に成長が報告される準安定 bcc Cu を中間層とし[3]、CoFe と組み合わせた CIP-GMR 素子に注目した。

[実験方法]

MgO(001)単結晶基板上に、 $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x/\text{Cu}/\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x/\text{IrMn}$ 構造のスピンバルブ(SV)型 CIP-GMR 素子を Co:Fe の組成比を変えて作製し、その結晶構造や磁気抵抗効果の評価と TEM による微細組織観察を行った。Cu 膜厚は傾斜膜として 0–5nm まで変化させた。また TEM 観察による構造をベースとし、第一原理計算によって $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x/\text{Cu}/\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x$ 界面透過率の面内波数依存性の計算を行った。

[実験結果]

図 1 に示す MR 比の Co:Fe の組成比依存性から、 x が 25,50,66at.%では最大 25%前後となる SV 型素子として過去最高の MR 比を得た。TEM 観察の結果、bcc 構造の CoFe 上では、準安定相として bcc Cu が成長しており、界面転位が全くない理想的な格子整合状態が得られていることが分かった。Fe/Cu/Fe においても同様の bcc Cu の成長と界面格子整合が確認されたが、MR 比は 5%に留まった。第一原理計算によるスピン依存の電子の透過率計算の結果、Fe と bcc Cu では多数スピンバンドの整合性が悪いが、価電子数の多い $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ では整合性が大きく改善し、特にブリルアンゾーン境界近傍の波数を持つ面内方向に伝搬する電子の整合性が高いことが、Fe と $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ の MR 比の大きな差の起源であることが分かった。bcc Cu と $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$ との極めて高い格子整合性と多数スピンバンド整合により、IrMn を除き bcc Cu を介した層間反強磁性結合を利用したスペキュラー反射型素子では、3 層 CIP-GMR 構造で最高となる室温で 40.5%の MR 比が実現された。

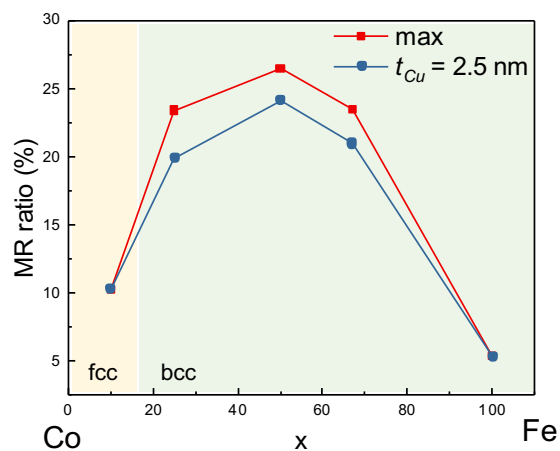


図 1 $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Cu}/\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x/\text{IrMn}$ CIP-GMR 素子の室温磁気抵抗比の Co:Fe 組成比依存性

参考文献

- [1]K. B. Klaassen, et al, IEEE Trans. Magn. 42, 108-113 (2006) [2]R. Sbiaa and H. Morita, Appl. Phys. Lett. 84, 5139-5141 (2004). [3]B. Heinrich et al., Phys. Rev. Lett. 64, 673-676 (1990)