

従来の3倍を超える性能（磁気抵抗）を実現

高性能トンネル磁気抵抗素子を開発

厚さ1~2ナノメートル(nm)の非常に薄い絶縁体(トンネル障壁という)を2枚の強磁性金属の電極で挟んだ素子を、「トンネル磁気抵抗素子(TMR素子)」という。2つの強磁性電極の磁石の向きが反平行なときの素子の電気抵抗(R_A)は、磁石の向きが平行なときの電気抵抗(R_P)より高い値を示す。この現象はトンネル磁気抵抗効果(TMR効果)と呼ばれる。この素子抵抗が変化する割合を百分率で表したものを磁気抵抗比($= (R_A - R_P) \div R_P$)という。TMR素子は情報を不揮発(電源を切っても記憶が消えない性質)に記憶できるため、これを用いた新しい不揮発性メモリ(MRAM)の研究開発が世界規模で精力的に行われている。このように固体中の電子スピンを利用した新しいエレクトロニクス分野は「スピントロニクス」と呼ばれており、急速な発展を見せている。

MRAMは将来的には不揮発・高速・大容量といった理想的な性質を兼ね備えた究極のメモリになるものと期待されているが、大容量化が最大の課題となっている。アモルファス酸化アルミ(AI-O)をトンネル障壁に用いた従来型のTMR素子では磁気抵抗比が70%程度(室温)しかないことが、MRAMの大容量化の障害となっていた。ギガビット級の大容量MRAMを実現するためには、室温で少なくとも150%を超える磁気抵抗比の実現が必要となる。

我々は、Al-Oに代わる画期的なトンネル障

壁の材料として酸化マグネシウム(MgO)に着目した。アモルファスAl-Oと異なり、MgOは低い材料合成温度でも結晶になる物質(原子が規則的に配列した物質)であり、電流を運ぶトンネル電子が散乱されにくいため巨大な磁気抵抗が得られることが理論的に予測されてきた。我々は超高真空蒸着法やスパッタ法を駆使して高品質の結晶MgOトンネル障壁を持つ新型TMR素子を作製し、室温で200%を超える巨大な磁気抵抗比を実現した。これは従来型TMR素子の3倍を超える世界最高の性能である(図1)。さらに(株)アネルバと共同で、この新型TMR素子を大面積基板上に量産するための製造プロセスの開発にも成功した。MgOトンネル障壁を用いた高性能TMR素子は、次世代の大容量MRAMや超高密度ハードディスク磁気ヘッドを実現するための切り札になるものと期待される。

さらに我々は、MgOのトンネル障壁では厚さに対して磁気抵抗比が周期的に変動するという新しい現象の観測に成功した(図2)。これは、電流を運ぶトンネル電子がブロッホ波のコヒーレンシーを保ったまま素子内を伝導していることを示す証拠であり、巨大なTMR効果の発現機構と密接に関係した現象である。今後、このような新現象を利用した新機能の開発も期待される。

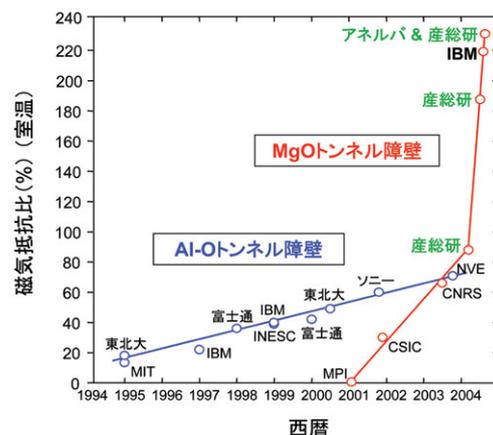


図1 TMR素子の磁気抵抗比(室温)の向上の歴史

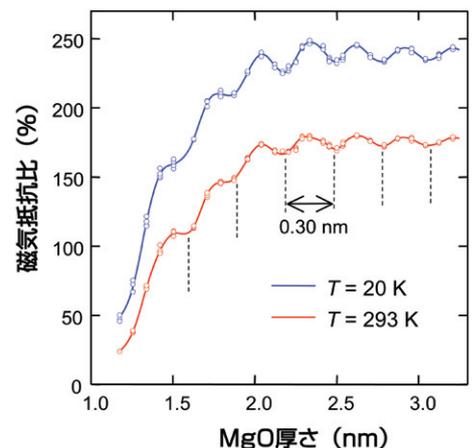
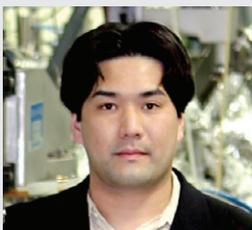


図2 磁気抵抗比のMgOトンネル障壁厚さ依存性



ゆあさしんじ
湯浅新治

yuasa-s@aist.go.jp
エレクトロニクス研究部門

関連情報

- S. Yuasa, T. Nagahama, A. Fukushima, Y. Suzuki, K. Ando : Nature Materials, Vol. 3, 868 - 871 (2004) .
- プレス発表, 平成16年11月1日 : http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2004/pr20041101/pr20041101.html