

# 結晶 MgO トンネル障壁の巨大トンネル磁気抵抗効果

湯浅 新治、片山 利一

産業技術総合研究所 エレクトロニクス研究部門

極薄の絶縁体層(トンネル障壁)を2枚の強磁性金属層で挟んだ磁気トンネル接合(MTJ)素子はスピン依存トンネル伝導に起因した磁気抵抗(トンネル磁気抵抗(TMR)効果)を示す。つまり、2枚の強磁性電極の磁化の向きが平行、反平行な場合で、素子のトンネル抵抗が変化する。このトンネル抵抗の変化率を百分率で表したものが磁気抵抗比(MR比)であり、これが応用上の性能指数となる。1995年に室温・低磁界でTMR効果が実現されて以来、トンネル障壁にアモルファス酸化アルミニウム(AI-O)を用いたMTJ素子の研究が精力的に行われてきたが、室温で約70%のMR比しか得られないことが応用上深刻な問題となっていた。例えば、大容量の不揮発メモリMRAMを実現するに室温で200%を超えるような巨大なMR比が切望されていた。AI-O障壁MTJ素子の性能限界は、アモルファスAI-O障壁のインコヒーレントなトンネル伝導過程に起因したものである。これに対して、(001)面配向した結晶性の酸化マグネシウム(MgO)をトンネル障壁に用いたエピタキシャルMTJ素子に関して2001年に第一原理計算が成され、1,000%を超える巨大なMR比が理論的に予測された。これは、結晶MgO(001)障壁のコヒーレントなトンネル伝導に起因するものである。実験的にも2004年に、エピタキシャルMgO(001)障壁MTJ素子において室温で巨大なTMR効果が実現され、現在までに室温で1000%のMR比が実現されている。また、放射光を用いたXASとXMCD測定から、このような巨大なTMR効果を得るためにはトンネル障壁/電極界面の原子レベルでの構造制御が重要であることが分かった。現在、MgO-MTJ素子を用いた磁気センサー素子や不揮発メモリの開発が進められており、さらにマイクロ波・ミリ波発振素子やスピン・トランジスタなどの新規デバイス応用に向けた基礎研究も始まっている。本講演では、MgO-MTJ素子の巨大TMR効果の物理機構、界面構造がトンネル過程に及ぼす影響、デバイス応用などについて説明する。

本研究は、NEDOスピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクトの一環で行われた。