

in-situ STEM を用いた MTJ 膜の加熱分析

清水 夕美子
形態科学研究部

要 旨 近年、高感度ならびに低消費電力デバイスの需要が高まり、スピントロニクス分野では磁気メモリや磁気センサーなどが注目を集めている。これらのデバイスには、高い磁気抵抗効果が得られることから MTJ (magnetic tunnel junction) 構造が広く用いられている。この MTJ 構造は数 nm 程度の薄い積層膜から成り、原子レベルでの膜厚やラフネスおよび結晶性が特性を左右する。また、アニール温度によって磁気特性が変化することから、本稿では *in-situ* TEM を用いて、加熱に伴う結晶性や元素分布の変化過程を nm レベルで分析した事例を紹介する。

1. はじめに

高い磁気抵抗効果を示す MTJ 膜は、約 1 nm の絶縁体層を強磁性層で挟み、その上下に磁性層や金属層などが数 nm オーダーで積層された構造をしている (図 1)。近年は、高い磁気抵抗効果が得られる材料として、絶縁体層に MgO、強磁性層に CoFeB が用いられることが多い。結晶構造は、MgO は B1 構造 (岩塩型 $a=4.22 \text{ \AA}$)、CoFeB は B が結晶構造に寄与せず、CoFe の B2 構造 (塩化セシウム型 $a=2.85 \text{ \AA}$) をとる。両者は格子整合性が良いことも本材料が広く用いられている理由の一つと考えられる。

MTJ 膜は、2 層の強磁性層のスピンの向きが平行な場合には抵抗値が低く、逆向きの場合には高抵抗となる。この抵抗値の比は TMR 比と呼ばれ、MTJ 膜の特性を示す値の一つとして用いられる。今回準備した試料は、通常デバイスで使用する膜厚 (約 1 nm) で堆積し、かつ上下の金属層を堆積した場合にアニール温度 275℃で TMR 比 110%、330℃から 350℃付近で 200%と高い特性を示した (図 2)。

図 1 に示すように CoFeB 膜はアニールにより結晶構造が変化することが知られていることから、本稿では加熱による結晶性や元素分布の変化過程を捉え

ることを目的として、*in-situ* TEM による分析を実施した結果を紹介する。また、CoFeB 層中の B の分布については、本材料の特性を左右する要因の一つであり、結晶化の課程にも起因すると考えられるため、*in-situ* 測定時に STEM 観察と同時に EELS 分析を実施し、B の挙動過程を捉えることとした。

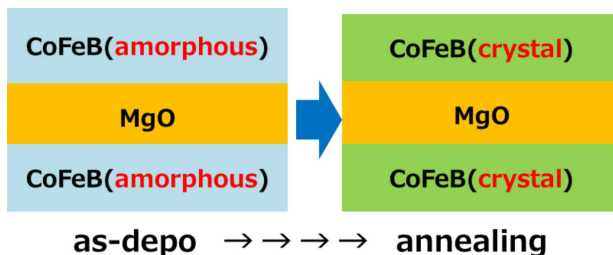


図 1 アニール前後の MTJ 膜 模式図

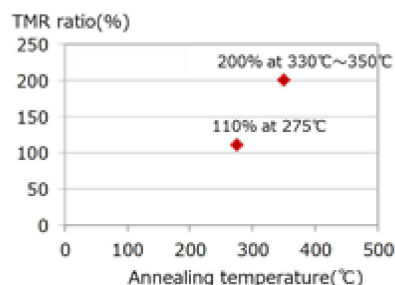


図 2 アニール温度と TMR 比の関係