

修士学位論文概要

題目 スピンバルブ型磁気抵抗センサーにおけるフリー層の磁区構造

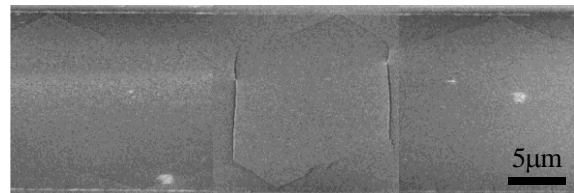
氏名 増田 圭治

【概要】

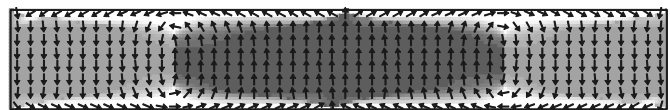
室温で大きな磁気抵抗変化を示す TMR(Tunnel Magneto-resistance)素子や GMR(Giant Magneto-resistance)素子といった磁気抵抗素子を用いた磁気センサーは、高感度・小型・低消費電力という特長を有する。これらの磁気抵抗素子はいわゆるスピンバルブ構造を持ち、磁界の検出に利用する場合、一般にフリー層磁化が磁界方向に回転する磁化回転方式が用いられるが、フリー層の磁化容易軸が検出磁界と直交するため高感度化が難しいと言われている。そこで本研究では、フリー層の磁化容易軸を検出磁界と平行とした磁壁移動方式に注目し、磁壁移動方式センサーに最適なフリー層の構成を明らかにすることを目的として、フリー層の磁区構造を実験とシミュレーションにより調べた。

まず、超高真空スパッタ装置により TMR 多層膜の Si(SiO₂) sub./Ta(5nm)/CoFe(5nm)/MnIr(20nm)/CoFeB(4nm)/Al-O(1.4nm)/CoFeB(20nm)/Ta(5nm)及び、単層膜の Si(SiO₂) sub./Ta(5nm)/CoFeB(20nm) /Ta(5nm)を作製し、フォトリソグラフィ及び ECR プラズマエッチングにより微細加工した後、磁気力顕微鏡(MFM)を用いて磁区構造及び外部磁界印加時の磁区構造の変化を観察した。20 μm 角に微細加工した TMR 多層膜及び CoFeB 単層膜における磁区構造観察の結果では、フリー層は還流磁区構造をとっており、センサーに不必要な三角の磁区が上下端面に存在していることが分かった。また、微細加工した素子では形状異方性により、ある程度大きな磁界を印加しても磁壁が消失しないため、交流磁界により磁壁位置を安定に振動することができ、磁壁移動方式センサーとしての安定な動作が期待される。TMR 多層膜では CoFeB 単層膜と比べて、磁壁が印加磁界に対して滑らかに移動しなかった。これはスピンバルブ構造ではフリー層とピン層の層間結合の存在、多層膜にすることによるフリー層の界面平坦性の悪化などの原因が考えられる。

200 μm ×30 μm 、膜厚 20nm のパターンにおいて、フリー層の磁区構造を MFM と OOMMF(The Object Oriented MicroMagnetic Framework)によるシミュレーションを用いて調べた結果を Fig.1 に示す。シミュレーションでは CoFeB の磁化曲線の測定結果から、磁化 M_s を 1157[emu/cc]、異方性定数 K_u を 1273[J/m³]と見積もり、交換スティフネス定数 A は 2.9×10^{11} [J/m]とした。どちらの結果においても還流磁区構造をとり、上下端面の三角の磁区の大きさなど、よく一致していた。また、三角の磁区を小さくし、長方形の磁区に近づけるには、磁化 M_s が小さい磁性層を使うこと、膜厚を薄くすることで反磁界を軽減することが有効であることが分かった。低磁界で磁壁が移動しやすいフリー層を開発するためには、形状異方性を制御した多層フリー層や、フリー層材料及び素子形状などの最適化が求められる。



(a) MFM image



(b) result of micromagnetics simulation

Fig.1 Domain structure

【学会発表等】

平成 22 年度電気系学会東海支部連合大会, A5-2, (2010)