

エピタキシャル CoFe/Ge/Fe₃Si 縦型構造の低温成長とその磁気特性

酒井宗一郎¹, 河野慎¹, 井川昌彦¹, 沖宗一郎^{1,2}, 佐藤浩³, 山田晋也^{1,2}, 浜屋宏平^{1,2}

(¹ 阪大基礎工, ² 阪大基礎工スピントロニクスセンター, ³ 東京エレクトロン(株))

Low-temperature growth and magnetic properties of all-epitaxial CoFe/Ge/Fe₃Si vertical structures

S. Sakai¹, M. Kawano¹, M. Ikawa¹, S. Oki^{1,2}, H. Sato³, S. Yamada^{1,2}, and K. Hamaya^{1,2}

(¹ Graduate School of Engineering Science, Osaka Univ., ² Center for Spintronics Research Network, Osaka Univ., ³ Tokyo Electron Ltd.)

【はじめに】

我々は、分子線エピタキシー(MBE)法を用いて、エピタキシャル Fe₃Si/Ge/Fe₃Si 縦型構造を形成することに成功している[1]。しかし、Ge 層成長時の基板温度制御の難しさから[2]、Ge 層から上部 Fe₃Si 層への Ge 原子の拡散を防げず、Fe₃Si 層の磁気特性が劣化してしまうことがわかっている。本研究では、Ge 層成長初期に固相エピタキシー(SPE)層を挿入することで、Ge 中間層の平坦性の向上と成長温度の低減を実現し、良好な磁気特性を有する縦型構造の低温エピタキシャル成長を検討する[3,4]。

【実験方法】

MBE 法を用いて Si(111)基板上に Fe₃Si 層(25 nm)を成長した後、最表面を Si 面終端し[2]、その直上に非晶質 Ge 層(3 nm)を室温堆積して、1 時間のアニール処理($T_a = 150, 175, 200$ °C)を施した(SPE-Ge)。その後、温度 T_a のままで SPE-Ge 層上に Ge 層(17 nm)を MBE 成長した(MBE-Ge)。最後に、温度 T_a を室温まで下げた後、CoFe 層(10 nm)を MBE 成長し、CoFe/Ge/Fe₃Si 縦型構造とした[3,4]。

【実験結果】

Fig.1 に $T_a = 175$ °C で作製した縦型構造の断面 TEM 像を示す。中間 Ge 層中には積層欠陥が存在しているが、Fe₃Si 層上で一様に成長しており、SPE-Ge/MBE-Ge 層の作製に成功している。つまり、200 °C 以下という低温でエピタキシャル強磁性/Ge/強磁性縦型構造を作製することに成功した。

Fig. 2 に 300 K で測定した磁化曲線(赤実線)を示す。二段のヒステリシス曲線が観測され、CoFe, Fe₃Si が Ge を介して磁氣的に分断していることが示唆される。また、二つの反転磁場はそれぞれ基板上に作製した CoFe, Fe₃Si 薄膜の保磁力とよく一致していることから、磁氣的にも良好な三層構造であることが示唆された。講演では、Ge 中間層の膜厚や成長条件が磁性に与える影響についても述べる。

本研究は、科研費基盤研究(A)(16H02333)・新学術領域研究ナノスピン変換科学(26103003)の補助を受けた。

参考文献

- 1) K. Hamaya *et al.*, Mater. Trans., **57**, 760, (2016)
- 2) S. Yamada *et al.*, Cryst. Growth Des., **12**, 4703 (2012).
- 3) M. Ikawa *et al.*, J. Cryst. Growth, **468**, 676-679 (2017).
- 4) S. Sakai *et al.*, Semicond. Sci. Technol. (accepted).

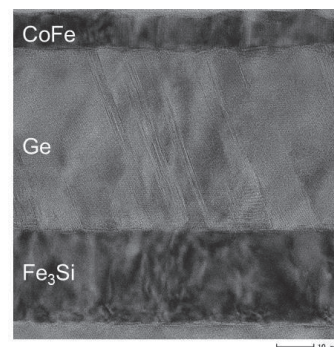


Fig.1 TEM image of all-epitaxial CoFe/Ge/Fe₃Si on Si(111).

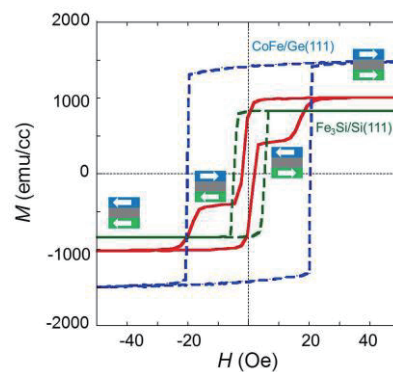


Fig. 2 M - H curves at 300 K for a CoFe/Ge/Fe₃Si trilayer (red line), a CoFe layer on Ge(111) (blue line), and an Fe₃Si layer on Si(111) (green line).