

Sm(FeCo)₁₂ エピタキシャルおよび高配向多結晶薄膜の構造と磁性

小川大介、平山悠介、X.D. Xu、高橋有紀子、広沢哲、宝野和博：ESCIMM-NIMS

ThMn₁₂ 構造を持つ RFe₁₂ (R:希土類元素)は、希土類磁石の中では高 Fe 濃度の組成を持つため高磁化を示す材料として注目されている。しかし、RFe₁₂ 相は準安定相であり、バルクでは非磁性元素である Ti や Zr を添加することにより構造安定化が図られるため磁化の値は高くなかった。最近鈴木らにより (Sm_{0.8}Zr_{0.2})(Fe_{0.75}Co_{0.25})_{11.5}Ti_{0.5} が 1.63 T の飽和磁化、7.4 T の異方性磁界、880 K のキュリー点を示すことが報告された[1]。室温 1.63 T の飽和磁化は Nd₂Fe₁₄B と同程度であるが本合金が非磁性合金である Ti を含んでいることを考えると非磁性合金を含まない Sm(Fe_{1-x}Co_x)₁₂ は Nd₂Fe₁₄B を凌ぐ磁気特性を示す可能性がある。そこで我々は、準安定相単結晶試料を形成するのに適しているスパッタ法により Sm(Fe_{1-x}Co_x)₁₂ を作製しその構造と磁性について検討を行った。

薄膜は Sm、Fe および Co ターゲットを用いたコスパッタ法により MgO 単結晶基板および熱酸化 Si 上に作製した。膜構成は MgO(100)単結晶基板/V(20nm)/Sm(Fe_{1-x}Co_x)₁₂(500nm)/V(2nm)であり、下地 V 層と Sm(Fe_{1-x}Co_x)₁₂ 層は 400°C で、キャップ層は室温で作製した。高配向多結晶膜は、熱酸化 Si 基板上に NiTa/MgO/V を下地として用いた。構造解析は XRD、組織解析は TEM、磁気特性は VSM を用いて評価した。

XRD による結果より、MgO 単結晶基板上に作製した薄膜は V(001)上に(001)がエピタキシャル成長し、Sm(Fe_{1-x}Co_x)₁₂ 相が単相で形成されている。膜は強い垂直異方性を示し、1.78 T の高い飽和磁化及び約 12 T の高い異方性磁界を示す。キュリー点は Co 濃度とともに増加し、Sm(Fe_{0.81}Co_{0.19})₁₂ 薄膜は 859 K の高い値を示す。この値は Nd₂Fe₁₄B のキュリー点よりもはるかに高い。以上のことから Sm(Fe_{0.81}Co_{0.19})₁₂ が Nd₂Fe₁₄B を超える新磁石としての可能性があることがわかる[2]。新磁石としての可能性を検討するために高配向多結晶膜の作製を行った。図 1(a)に、Sm(Fe_{0.79}Co_{0.19})₁₂ 多結晶膜の XRD パターンを示す。(002)および(004)からの強い回折線が観測され、薄膜が c 面に強く配向していることがわかる。膜面を傾けることにより(132)および(332)が観測されていることから ThMn₁₂ 構造が形成されていることが確認できる。α-Fe(200)からの回折線もわずかながら観測されており、Fe が存在することがわかる。図 1(b)に磁化曲線を示す。薄膜は強い垂直異方性を示すが、面内曲線においてゼロ磁場付近で磁化が増加している。これはα-Fe および V 界面に存在する FeCo 強磁性層によるものである。飽和磁化は 1.78 T、異方性磁界は約 12 T と非常に高い値を示している。図 1(c)に断面の TEM 像を示す。Sm(Fe_{0.79}Co_{0.19})₁₂ は V 層上にエピタキシャル的に柱状成長していることがわかる。以上のことから、多結晶配向膜においても高い磁化と異方性を持つことが明らかとなった。今後、磁石化していくためには高保磁力化の検討が必要である。参考文献 [1] S. Suzuki *et al. JMMM* **401**, 259 (2016). [2] Y. Hirayama *et al., Scripta Mater* **138**,62 (2017).

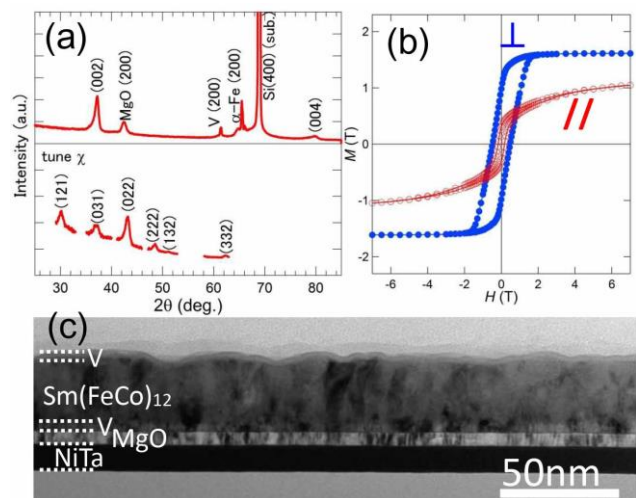


図 1(a) Sm(Fe_{0.79}Co_{0.19})₁₂ 多結晶膜の XRD パターン、(b)磁化曲線、(c)断面 TEM 像。