

元素添加による MnAl 規則合金薄膜の構造と磁気特性

赤間 稜、土井 正晶、嶋 敏之
(東北学院大)

Effect of additive elements on the structure and magnetic properties for MnAl thin films

R.Akama, M.Doi, T.Shima
(Tohoku Gakuin Univ.)

はじめに

Nd-Fe-B 磁石は高い飽和磁化、保磁力、結晶磁気異方性、最大エネルギー積を有しており、ハイブリッドカー (HV)、エアコン、携帯電話などの小型デバイス等様々な製品に利用されている。しかしながら、希土類磁石は、原料である希土類元素の埋蔵地域・生産地域共に地域偏在性があり、また需要の増大に伴い生産量が年々増加している。そのため現在の Fe 系希土類磁石を代替可能な新たな磁性材料が強く要望されている。そのための磁石材料の候補として Mn 系永久磁石が挙げられる。中でも MnAl 合金の原料は資源に富んでおり、低密度で低材料コストであるため研究価値があるものと考えられる。しかしながら、 $L1_0$ 型結晶構造を示す MnAl 合金の磁気特性、特に飽和磁化は現在使用されている永久磁石材料の代替として使用できる値 (結晶磁気異方性 $K_u = 1.5 \times 10^7 \text{ erg/cm}^3$ 、飽和磁化は 480 emu/cc である) はこれまで得られていない。そこで本研究は、初めに組成を変化させた MnAl 規則合金を作製し、最適な Mn 組成の探索を行い、最終的には飽和磁化を増加させるために、Re、Fe、Rh、Pt 等の元素添加により、 $L1_0$ 型結晶構造の格子伸縮による磁気特性の変化を詳細に調べた。

実験方法

試料は超高真空多元スパッタ装置を用いて MgO(100)単結晶基板上に成膜した。到達真空度は $5 \times 10^{-8} \text{ Pa}$ 、成膜時の真空度は 0.132 Pa とした。初めに 700°C において 30 分間基板の表面クリーニングを行い、室温でバッファー層として Cr を 20 nm 成膜した。次に 400°C で MnAl 並びに Re、Fe、Rh、Pt 層を成膜し、 450°C で 60 分間熱処理を行った。最後に室温で酸化保護層として Cr を 10 nm 成膜した。MnAl 薄膜の総膜厚は 50 nm とし、MnAl-Z (Z = Re, Fe, Rh, Pt) 薄膜は総膜厚が 50 nm になるように調整した。結晶構造は X 線回折装置 (XRD)、磁気特性は超伝導量子干渉磁束計 (SQUID)、組成分析はエネルギー分散型 X 線分析 (EDX) により評価した。

実験結果

初めに Mn の組成を変化させ MnAl 薄膜を作製した。Mn の組成は 46.6 から 52.3 (at.\%) まで変化させた。その結果、Mn 組成が 48.2 at.\% において最大の飽和磁化 534 emu/cc が得られ、 46.6 at.\% において最大の保磁力 10.1 kOe が得られた。X 線回折結果より、全ての試料において τ -MnAl の $001, 002$ ピークが明瞭に観察された。次に MnAl 層を $10\text{-}x \text{ nm}$ 、Z 層を $x \text{ nm}$ 交互に 5 回積層し、MnAl-Z (Z = Re, Fe, Rh, Pt) 薄膜を作製した。MnAl-Re 薄膜は X 線回折結果から Re 層厚が 0.4 nm において Al_6Re に相当する $002, 004$ ピークが観察された。磁気特性を評価した結果、飽和磁化は減少したが、保磁力は増加することが確認された。MnAl-Fe 薄膜においては X 線回折結果より、Fe 層厚が 0.6 nm において FeMn の 210 および Fe の 200 ピークが確認された。飽和磁化は減少したが、角形比は増大することが確認された。MnAl-Rh 薄膜では X 線回折結果より、Rh 層厚が 0.4 nm において RhMnAl の $200, 400$ ピークが観察され、飽和磁化は減少したが、角形比の増加が確認された。最後に、MnAl-Pt 薄膜では X 線回折結果より、Pt 層厚が 0.4 nm において PtMnAl の $101, 210$ ピークが観察され、飽和磁化は減少したが、角形比と保磁力は増大することを確認した。詳細は講演時に報告する。