

Fe-Al(001)単結晶薄膜の磁歪挙動

川井哲郎・大竹充・二本正昭

(中央大)

Magnetostrictive behavior of Fe-Al(001) single-crystal films

Tetsuroh Kawai, Mitsuru Ohtake, Masaaki Futamoto

(Chuo Univ.)

はじめに Fe-Al 合金は優れた軟磁気特性を示し幅広く実用化されている。Al 含有量が増すと結晶磁気異方性が低下すると共に大きな磁歪を示すため¹⁾、振動を利用した磁歪発電素子への展開も期待される²⁾。しかし、Fe-Al 単結晶薄膜の磁歪の報告例は無い。本研究では規則相(D03)が出現せずに bcc 単相が得られると想定される組成範囲で bcc(001)単結晶薄膜を作製し回転磁場中でその磁歪挙動を測定した。

実験方法 Fe-Al 合金ターゲット ($\text{Fe}_{100-x}\text{Al}_x$, $x=0-20$ at. %)を使用して超高真空 RF マグネトロンスパッタ装置により MgO(001)単結晶基板上に厚さ 200 nm の膜を基板温度 300 °C で作製した。RHEED と XRD により作製した膜がエピタキシャル成長した bcc(001)単結晶膜であることを確認した。磁化曲線は VSM で、磁歪は片持ち梁法で最大 1.2 kOe の回転磁場中で測定した。磁歪算出に使用するヤング率とポアソン比については単結晶の弾性の異方性を考慮した計算値を用いた。

実験結果と考察 Fig. 1 に磁歪測定結果を示す。Fe₉₀Al₁₀ 膜の磁歪挙動は bcc(001)面の結晶磁気異方性 (4 回対称) を反映しており pure-Fe 膜と類似している。容易軸方向 ($\lambda // [100]$) で観察した磁歪はバスタブ状で 0.2 kOe の小さな磁場からすでに出力は飽和しており、磁場が大きくなるにつれて正弦波に近づく。困難軸方向 ($\lambda // [110]$) で観察した磁歪は三角波状で 0.2 kOe の小さな磁場では出力が小さく、磁場が大きくなるにつれて出力は大きくなり、0.7 kOe 程度で飽和する。これらの挙動は修正一斉回転モデル³⁾で説明出来る。一方、Fe₈₀Al₂₀ 膜の磁歪挙動は異なっている。容易軸方向で観察した磁歪であってもその出力は大きな磁場依存性を示し、1.0 kOe 以上では飽和する。その振幅は Fe₉₀Al₁₀ 膜よりもはるかに大きい。出力波形は磁場が大きくなるにつれて正弦波に近づく。困難軸方向で観察した磁歪の振幅は小さく、かつ大きな磁場依存性を示し、0.7 kOe まででは不規則な波形を示し、1.0 kOe 以上では飽和する。したがって、Fe₈₀Al₂₀ 膜では bcc(001)面の結晶磁気異方性以外の付加的な異方性 (例えば垂直異方性) が磁歪挙動に影響していると考えられる。1.2 kOe での測定結果から磁歪定数を算出すると、Fe₉₀Al₁₀ 膜では $\lambda_{100}=33 \times 10^{-6}$ 、 $\lambda_{111}=-18 \times 10^{-6}$ 、Fe₈₀Al₂₀ 膜では $\lambda_{100}=56 \times 10^{-6}$ 、 $\lambda_{111}=-4 \times 10^{-6}$ となり、Al 量依存性は λ_{100} が正で大きくなり、 λ_{111} は負でその絶対値が小さくなるというバルク Fe-Al 合金の傾向と類似している。

参考文献

- 1) 近角聡信 他編, 磁性体ハンドブック, p. 1078 (朝倉書店, 1975).
- 2) 上野敏幸, 精密工学会誌 79, 305(2003).
- 3) 川井哲郎, 相田拓也, 大竹充, 二本正昭, 第 38 回日本磁気学会学術講演会概要集, C-05 (2014). To be published in *J. Mag. Soc. Jpn.*, (2015).

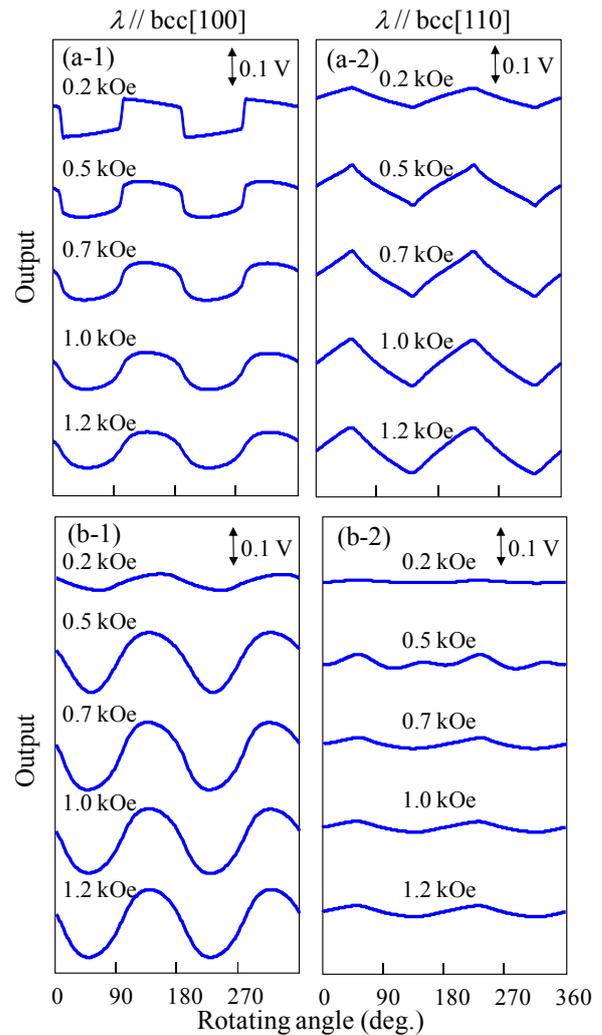


Fig. 1 Magnetostrictive behavior measured for (a) Fe₉₀Al₁₀ and (b) Fe₈₀Al₂₀ (001) single-crystal films along (a-1 and b-1) bcc[100] and along (a-2 and b-2) bcc[110] under various magnetic fields.