

引張変形した Pt₃Fe 反強磁性体における強磁性ドメインと交換結合

森田遼、小林悟 (岩手大)

Ferromagnetic domains and exchange bias in tensile-deformed Pt₃Fe antiferromagnet

Ryo Morita and Satoru Kobayashi (Iwate Univ)

【はじめに】

L1₂型規則合金 Pt₃Fe は $T_{N1} \sim 170\text{K}$ 、 $T_{N2} \sim 100\text{K}$ においてそれぞれ(1/2,1/2,0)型、(1/2,0,0)型の反強磁性秩序相に磁気相転移する。Pt₃Fe 規則合金に塑性変形を加えると室温で強磁性を示し[1]、これは L1₂ 構造(111)面でのすべり変形に伴う最近接 Fe-Fe 原子対の生成によると解釈されている[2]。更に、最近の引張方向の磁化過程より、 T_{N1} 以下で磁場中冷却後の磁化曲線が磁場方向にシフトする交換結合効果が見出され、強磁性ドメインと反強磁性マトリクス間の相互作用の存在が示唆されている[3]。従って、強磁性ドメインは主に(111)すべり面近傍に分布すると推測されるが、強磁性ドメインのサイズおよび形状は明らかになっていない。本研究では、Pt₃Fe 規則合金における磁化過程の方向依存性と温度依存性を調べることで、強磁性ドメインの磁気特性、形態、及び、反強磁性マトリクスとの相互作用に対し更なる知見を与えることを目的とした。

【実験方法】

引張試験により塑性歪 11.6%を加えた Pt₃Fe 単結晶試料を用いた。単結晶は (100)、(053)、(035)面を持つ直方体(2×2×4mm³)であり、長軸方向の[100]が引張方向に対応する。最低温 5K、最大磁場 5T の条件で SQUID 磁化測定装置による磁化測定を行った。磁化方向は[100],[035]を含む面内((053)面内)、[100],[053]を含む面内((035)面内)、[035],[053]を含む面内 ((100)面内)で行い、それぞれについて[035]、[053]、[035]からの角度を θ_1 、 θ_2 、 ϕ と定義した。

【実験結果および考察】

図 1 に(035)面内で磁化方向(θ_1)を変化させた場合の ZFC 後の $T=10\text{K}$ における磁化曲線を示す。 θ_1 の増加と共にループ幅 (保磁力) は顕著に増大し、[100]方向に磁化した場合に最大値を示した。同様の結果は θ_2 を増大した場合にも観測された。更に、 $H=1\text{T}$ で FC 後に得た磁化測定結果から、交換磁場 H_{eb} (交換結合効果によって発生したヒステリシスループのずれ)は、 θ_1 、 θ_2 の増加とともに減少するが、 θ_1 、 $\theta_2 > 45^\circ$ で増加に転じ、その後 θ_1 、 $\theta_2 > 70^\circ$ で再び急激に減少する奇妙な振る舞いを示した。これは(111)すべり面近傍の強磁性ドメインの形状を反映したものと考えられる。

一方、角度 ϕ の変化に対しては、保磁力及び交換磁場に顕著な方向依存性は見出されなかった。この結果は、4つの等価なすべり面(111)、 $(\bar{1}11)$ 、 $(1\bar{1}1)$ 、 $(\bar{1}\bar{1}1)$ 近傍に、ほぼ同じ体積分率で強磁性ドメインが分布していることを示唆している。

3つの主要な結晶軸方向 [100]、[035]、[053]に磁化した場合について H_{eb} の温度依存性を調べたところ、 H_{eb} は温度の上昇とともに単調に減少し T_{N1} 以上ではほぼゼロとなった。この結果は、反強磁性マトリクスが T_{N1} 以上で常磁性状態になることによって交換結合が消失するためと解釈できる。

【参考文献】

- [1] J. Crangle, J. Phys. Radium 20 (1959) 435.
 [2] S. Takahashi, Y. Umakoshi, J. Phys. F: Met. Phys. 18 (1988) L257
 [3] S. Kobayashi, S. Takahashi, Y. Kamada, H. Kikuchi. IEEE Trans. Mag., 44 (2008) p.4225.

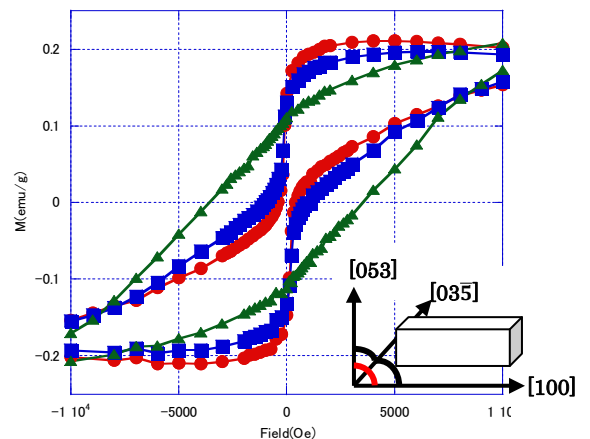


図 1. (035)面内(θ_1)で磁化方向を変化させた場合の磁化曲線。◆: 0° , ■: 45° , ▲: 90°