

鉄クラスターを含有するアモルファスケイ酸塩薄膜の磁氣的性質

Magnetic properties of iron cluster-containing amorphous silicate thin films

京大院工¹, イエナ大² ○(D)中塚 祐子¹, Kilian Pollok², Falko Langenhorst²,

Lothar Wondraczek², 村井 俊介¹, 藤田 晃司¹, 田中 勝久¹

Kyoto Univ., °Yuko Nakatsuka, Kilian Pollok, Falko Langenhorst,

Lothar Wondraczek, Shunsuke Murai, Koji Fujita, Katsuhisa Tanaka

E-mail: nakatsuka.yuko.37v@st.kyoto-u.ac.jp

遷移元素を含むアモルファス酸化物は興味深い磁気光学的および磁氣的性質を示す。磁気光学効果の一つであるファラデー効果は、光アイソレータや光変調素子などに応用できる。現在、赤外領域では $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ などの磁性ガーネット単結晶が、可視域の長波長側では $(\text{Cd}, \text{Mn})\text{Te}$ などの希薄磁性半導体が、短波長側では $\text{Tb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ などの希土類含有ガーネットや希土類含有ガラスが用いられている。近年、青色または紫外の半導体レーザーの使用が増加しつつあり、この波長域に適用可能なデバイスの作製において、希土類元素を鉄などの地殻中に豊富に存在する元素で置き換えることができれば、工業的な価値がある。演者らはこれまでに、パルスレーザー堆積 (PLD) 法で作製したアモルファス鉄ケイ酸塩薄膜が、アモルファス酸化物としては異常に大きなファラデー効果を示すことを明らかにした。また、透過型電子顕微鏡を用いて、このアモルファス酸化物薄膜中に 2-3 nm の大きさを持つ金属鉄ナノ結晶あるいはクラスターが存在していることを見いだした。(Nakatsuka *et al.*, *Adv. Sci.* accepted.) 本研究では、このアモルファス鉄酸化物薄膜に対して実験的に得られた磁化の温度ならびに磁場依存性などにに基づき、観察される特徴的な磁性を鉄ナノ結晶あるいはクラスターの存在と結び付けて解析するとともに、大きなファラデー効果との関連について考察した。

PLD 法を用いて作製した $x\text{FeO} \cdot (100-x)\text{SiO}_2$ ($x = 10, 33, 50, 67 \text{ mol}\%$) 組成の薄膜を対象に、磁氣的性質を超伝導量子干渉計を用いて調べた。Fig. 1 に、 $x = 33, 50, 67$ 組成の薄膜に対して得られた 300 K における磁化の磁場依存性を示す。いずれの組成の薄膜も単純な常磁性ではなく超常磁性的な挙動を示した。この挙動は強磁性的な秩序を持つ鉄ナノ結晶あるいはクラスターの存在によって説明することができる。また、薄膜の大きなファラデー回転角は、超常磁性に寄与する鉄ナノ結晶あるいはクラスターの大きな磁化を反映したものと考えられる。加えて、直流磁化の温度依存性において、零磁場冷却 (ZFC) と磁場冷却 (FC) の磁化が低温で異なる値を示し、両者に相違が見られ始める温度で ZFC の磁化に極大が観察された。さらに、転移温度以下においてエイジングを行うと、ZFC 過程で磁化の減少が見られた。これらのことから、アモルファス鉄ケイ酸塩薄膜は、低温でスーパースピングラス転移を起こすことが明らかになった。

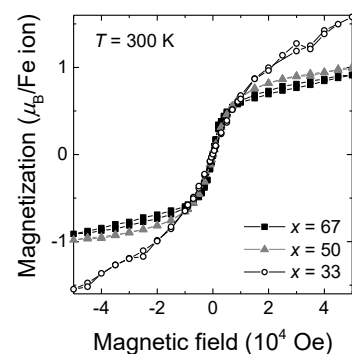


Figure 1 Magnetic field dependence of magnetization for amorphous iron silicate thin films ($x = 33, 50, 67$) at room temperature (300 K).