

非連続に格子が伸張した $\text{Ce}(\text{Co}_{1-x}\text{Cu}_x)_5$ 薄膜の磁化特性の評価

古我城 航*, 高村 陽太*, 中川 茂樹*, 大橋 健**

(*東京工業大学電気電子系, **信越化学工業)

Magnetic properties of $\text{Ce}(\text{Co}_{1-x}\text{Cu}_x)_5$ films with non-continuous change in crystal lattice

W. Koganoki*, Y. Takamura*, S. Nakagawa*, K. Ohashi**

(*Dept. of Electrical and Electronic Eng., Tokyo Inst. of Tech., **Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.)

はじめに

希土類磁石は、希土類原子の局在した 4f 電子雲の異方性に起因する高い結晶磁気異方性を持つ。地球上に豊富に存在する Ce は安価な希土類元素にもかかわらず、4f 電子が価数揺動状態であるため、その化合物は結晶磁気異方性を持たず、現在までほとんど希土類磁石として用いられていない。しかし、Ce の 4f 電子を局在化させることができれば、その異方性が復活し²⁾、ネオジム磁石を置き換える Ce 系磁石ができる可能性がある。4f 電子の局在化は、 CeNi_5 などの Ce 化合物に第三元素を添加していくと、ある組成において結晶格子が非連続的に伸張することから間接的に確認されている³⁾。しかし、これに伴う磁化特性の変化は調べられていない。本研究では $\text{Ce}(\text{Co}_{1-x}\text{Cu}_x)_5$ 薄膜において、Cu 組成 x を増加させることで格子の拡張を行い、その結晶構造と磁化特性を評価した。

実験方法

すべての試料は、熱酸化した Si 基板に対向ターゲットスパッタ法で作製をした。試料の積層構造は、Si 基板/SiO₂/W/Ce(Co_{1-x}Cu_x)₅/W とした。Ce(Co_{1-x}Cu_x)₅ 層は Co ターゲット上に Ce チップと Cu チップを設置して成膜し、組成は Cu チップの枚数により調整した。この層の成膜時間は 30 分、成膜温度は 500°C で固定した。作製した試料の結晶構造は X 線回折法(XRD)で、磁気特性は振動試料型磁力計で評価した。

実験結果

XRD パターンから、すべての組成で CaCu_5 結晶相の形成を確認した。また、 $\text{Ce}(\text{Co}_{1-x}\text{Cu}_x)_5$ の(110)回折と(001)回折のみが現れたことから、c 軸が面内と面直方向に配向した 2 つの結晶粒が混在することがわかった。また、Cu 組成が 0.48 以上では、(110)回折ピークが 2 つに分離した。このことから、Cu 組成が異なる 2 相が形成された可能性がある。(110)の回折ピークから、格子定数 a を算出した。Fig. 1 に Co の Cu 置換率 x に対する a の変化を示す。 a は $x = 0.43$ まではほぼ線形に増加し、2 相分離が生じた $x = 0.48$ で非連続的に変化した。 $x \geq 0.48$ では a は緩やかに変化した。この結果は $x \geq 0.48$ の組成合金中で Ce の 4f 電子の局在化が生じたと解釈できる。

Fig. 2 に $x = 0$ と 0.48 の試料の面内方向の磁化特性を比較する。Cu で Co を置換した試料では、保磁力が大きくなり、外部磁界を 20kOe だけ印加しても磁化は飽和しなかった。今後、低温磁性測定により、Ce 価数変化を磁気特性面から調べる。

参考文献

- 1) C.M. Varma: *J. Phys.*, **48**, 219 (1976).
- 2) B.S. Conner, M.A. McGuire, K.V. Shanavas, D.S. Parker, B.C. Sales: *J. Alloys Compd.*, **695**, 2266 (2017).
- 3) D. Girodin, F. Givord, R. Lemaire, H. Launois, F. Sayetat: *J. Phys.*, **43**, 173 (1982).

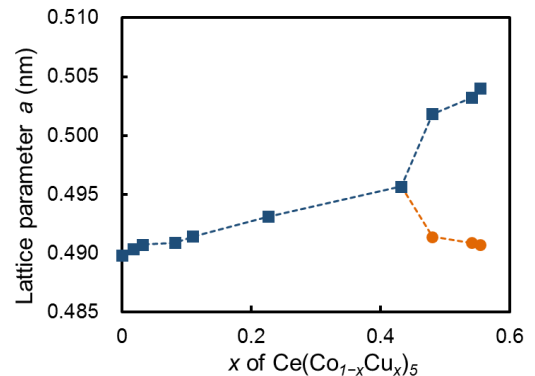


Fig. 1. Variation of lattice parameter a with x in $\text{Ce}(\text{Co}_{1-x}\text{Cu}_x)_5$.

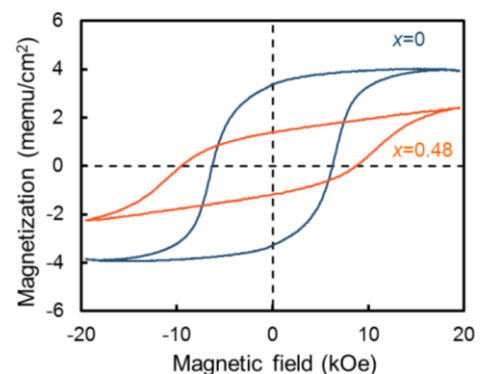


Fig. 2. M - H hysteresis curves for $\text{Ce}(\text{Co}_{1-x}\text{Cu}_x)_5$ with $x = 0$ and 0.48.