

EuFeAsF の作製と物性評価

Preparation and physical properties of EuFeAsF

○戸塚汐美¹, 藤澤孝², 出村郷志³, 渡辺忠孝³, 高瀬浩一³, 高野良紀³*S.Totsuka¹, T.Fujisawa², S.Demura³, T.Watanabe³, K.Takase³, Y.Takano

Abstract: We have succeeded to prepare almost single phase EuFeAsF samples, although tiny amounts of EuF₂ and Eu₂O₃ are observed. The temperature dependence of the magnetization is well explained by paramagnetic Eu²⁺ ions. However, as it slightly shift to a low temperature side, this suggests that a small antiferromagnetic interaction exists between Eu ions.

1. はじめに

2008 年に LaFeAsO の O の一部を F で置換することにより, 約 26 K で超伝導体になることが発見された [1]. 2009 年には LaFeAsO と同じ結晶構造を持つ母体物質 SrFeAsF でアルカリ土類金属の Sr の一部を希土類元素 R で置換することにより超伝導性を示すことが報告された. これは Sr²⁺を R³⁺で置換することで, Fe²⁺As³⁻層に電子がドーピングされることに起因する.

一方, 希土類元素である Eu は 2 価と 3 価を取り得るが, 本物質では 2 価であり, Eu²⁺を Sm³⁺で置換した Eu_{1-x}Sm_xFeAsF も Sr_{1-x}Sm_xFeAsF と同様に超伝導が発現する [2].

本研究では, 母体となる EuFeAsF の良質な試料の製作し, その物性を調べた.

2. 実験方法

試料の作製は固相反応法を用いた. 原材料に Eu, As, FeF₂, Fe を用いた. Eu は単体では粒が大きく反応しにくいいため, As と共にあらかじめ反応させ, EuAs とした. EuAs と FeF₂, Fe を原材料として化学量論比に従い Ar 雰囲気下で秤量し 25 分間混合した. その後, 約 6t の圧力で 10 分間圧粉してから Ta 管に入れたものを, 石英管に真空封入し, 900°C で 60 時間, 700°C で 3 時間焼成を行った. 焼成条件を Figure 1 に示す.

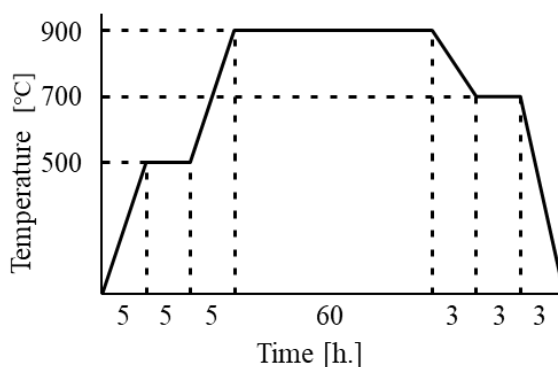


Figure 1 Heating condition of EuFeAsF

作製した試料の一部を切り出して Rigaku 社製の UtimaIV を用いて粉末 X 線回折測定, Quantum Design 社製の MPMS を用いて磁化測定を行った.

3. 結果および考察

Figure 2 に作製した試料の X 線回折測定の結果を示す. 少量の EuF₂ と Eu₂O₃ が析出されたものの, ほぼ単相の試料が得られた. また, 格子定数は $a = 3.975 \text{ \AA}$, $c = 8.925 \text{ \AA}$ であった. これらの値は過去に報告されている値とほぼ等しい. Figure 3 にイオン半径と格子定数の関係を示す. これより, 母体物質では Eu は 2 価をとることが確認できる.

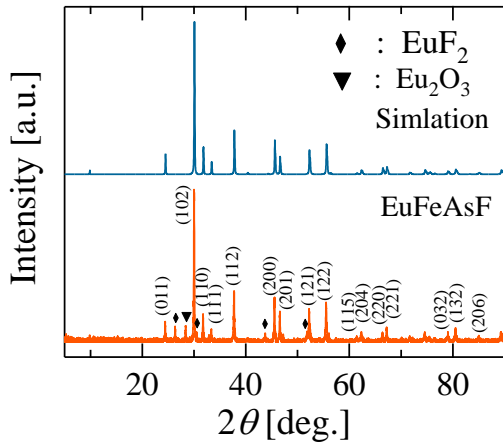


Figure 2 X-ray diffraction patterns

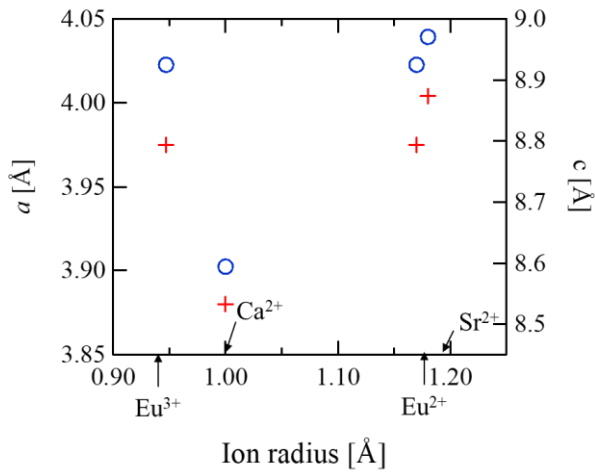


Figure 3 Lattice constants vs ionic radius in AFeAsF (A = Ca, Sr, Eu)

Figure 4 に磁化率の温度依存性の結果を示す. 磁化率の理論値は, Eu を Eu^{2+} として考えた. Eu^{2+} は $L = 0, S = J = \frac{7}{2}$ であり

$$g_J = \frac{3}{2} + \frac{S(S+1) - L(L+1)}{2J(J+1)}$$

$$\alpha = \frac{g_J \mu_B J H}{k T}$$

$$B(\alpha) = \frac{2J+1}{2J} \cot\left(\frac{2J+1}{2J}\alpha\right) - \frac{1}{2J} \cot\frac{\alpha}{2J}$$

$$M = N g_J \mu_B J B(\alpha)$$

より求めた. ただし μ_B は Bohr 磁子, N は Avogadro 数, k は Boltzmann 定数である. 実験結果は Curie 型の振る舞いを示したが, 常磁性の理論値と比べて低温に $\theta_W = 5.5$ K ほど移動しており, 反強磁性的な相互作用がみられた.

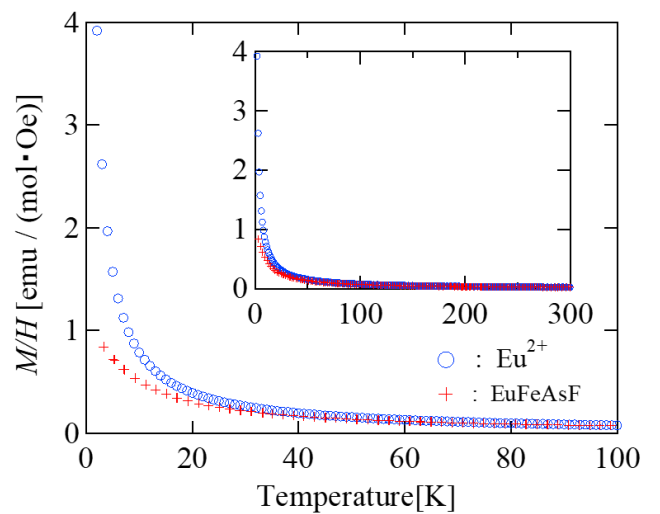


Figure 4 Temperature dependence of the magnetization

4. 今後の課題

今回作製した試料は不純物として酸化物も見られたので, 混合する際に酸素濃度を更に低い状態を保つことで, より純良な試料を作製したい. また, Eu を非磁性の La で置換した場合に超伝導が発現するかを調べる.

5. 参考文献

- [1] X. Zhu et al., Europhys Letters. 85 (2009) 17011.
- [2] G. Wu et al., Super. Chin. Sci. Bull., 54 (2009) 1872.