

FeSr₂RE₂Cu₂O₁₀ の結晶構造解析と超伝導

Crystal Structure and Superconductivity of FeSr₂RE₂Cu₂O₁₀

畠 慶明¹⁾、安岡 宏¹⁾、茂筑 高士²⁾

Yoshiaki HATA, Hiroshi YASUOKA, Takashi MOCHIKU

¹⁾防衛大学校 応用物理学科 ²⁾物質・材料研究機構 超伝導材料センター

(要約 2~3 行)

FeSr₂RE₂Cu₂O_{10-d} 化合物の超伝導化機構解明のために構造解析を行った。その結果、Fe イオン分布は秩序化しており、酸素を導入すれば超伝導化する可能性があることが判った。高酸素圧熱処理を行うと、結晶構造の変化は見られたが超伝導は観測されなかった。

キーワード：粉末中性子線散乱実験 Fe-1222 酸化物高温超伝導 磁性超伝導

1. 目的

近年、磁性超伝導体として RuSr₂RECu₂O₈ 化合物や RuSr₂RE_xCe_{2-x}Cu₂O₁₀ 化合物 (RE: 希土類イオン) などが精力的に研究されてきた。これらの物質では、Ru イオンの弱強磁性と CuO₂ 面において発現する超伝導が協調して新たな物性の発現が期待されている。

Ru イオンをより一般的な磁性イオンである Fe に置換した系、FeSr₂RECu₂O_{6+d} に関しては、Fe イオンの CuO₂ 面の Cu サイトへの分布が超伝導化のためには問題となるが、複雑な熱処理を施すことにより、Fe イオンの CuO₂ 面への分布を抑制し、さらに超伝導キャリアを導入することにより超伝導を発現することが報告されている。(1, 2) しかし、FeSr₂RE_xCe_{2-x}Cu₂O_{10-d} 化合物に関しては、これまでに行われた研究は少なく、超伝導が出現したという報告も存在しない。(3, 4) そこで、今回は FeSr₂RE_xCe_{2-x}Cu₂O_{10-d} 化合物を合成し、粉末中性子線散乱実験を通して超伝導化の可能性を探ることを目的とした。

2. 方法

RE サイトには様々な希土類元素を置換させることが出来る。今回は中性子吸収断面積の比較的小さな Tb を採用した。x=0.2 から 1.5 までの試料を固相反応法で合成し、X 線散乱実験により不純物の質量分率を評価した結果、x=1.3 の試料がもっとも良質の試料であった。

得られた FeSr₂Tb_{1.3}Ce_{0.7}Cu₂O_{10-d} 化合物を高分解能粉末中性子回折装置 (HRPD) を用いて、室温における中性子回折パターンを測定した。得られた回折パターンを RIETAN2000 (5) を用いて解析した。結晶構造モデルは正方晶モデル (空間群 I4/mmm) を用いた。解析は、酸素気流中で焼成した試料と、さらに高酸素圧熱処理 (25 気圧・600°C) を行った試料の二種類について行った。

3. 研究成果

二種類の試料について、結晶構造を精密化した。解析の程度を表す R 値は熱処理前の試料は $R_{wp}=5.53(7.71)$, $R_p=4.19(5.25)$ であった。(括弧内は高酸素熱処理後の試料についての値) また、Sr₂Fe₂O₅ 化合物が不純物として約 4% 程度見られた。熱処理前の試料についての粉末回折データのパターンを Fig. 1. に示す。

占有率の精密化の結果、Fe イオンの CuO₂ 面の Cu サイトへの分布はみられず、CuO₂ 面の Cu サイトは Cu イオンのみが分布していることが判った。また、熱処理前の試料の酸素量 (10-d) は、9.35 となった。高酸素熱処理により、この値は 9.53 まで増加し、それに伴い格子定数も a 軸方向に 0.13%、c 軸方向に 0.21% ほど短くなった。

4. 結論・考察

今回研究対象とした Fe を含む酸化物超伝導体では、イオン半径の近い Cu サイトに Fe イオンが分布することによる超伝導特性の悪化が問題となる。FeSr₂RECu₂O_{6+d} 化合物では、二

の問題を解決するために還元雰囲気における熱処理を行って分布の秩序化を促進して超伝導化し、のちに酸素を導入することにより超伝導キャリアを供給して超伝導化している。

今回研究対象とした $\text{FeSr}_2\text{Tb}_{1.3}\text{Ce}_{0.7}\text{Cu}_2\text{O}_{10-d}$ 化合物の場合、熱処理をしなくても Fe イオンの分布が秩序化していることが判った。このため、 $\text{FeSr}_2\text{RECu}_2\text{O}_{6+d}$ 化合物のような還元熱処理をしなくとも超伝導化することが期待できる。

同一の条件で作成して熱処理を行った $\text{FeSr}_2\text{Tb}_{1.3}\text{Ce}_{0.7}\text{Cu}_2\text{O}_{10-d}$ 化合物の磁化測定を行ったが、超伝導の出現を示唆する反磁性は観測されず、わずかな異常を除けば、2K から 300K の間ではほぼ Curie-Weiss 則に従う磁化の変化が観測されただけであった。あわせて電気抵抗測定も行ったが、300K から 5K の間で半導体的な温度変化がみられただけであった。

$\text{FeSr}_2\text{Tb}_{1.3}\text{Ce}_{0.7}\text{Cu}_2\text{O}_{10-d}$ 化合物を超伝導化することは出来なかつたが、今回の研究により Fe イオンの分布は秩序化していることが判明したため、より多くの酸素を導入して、より多くの超伝導キャリアを供給することによって超伝導化できる可能性があることが判明した。

5. 引用(参照)文献等

- 1) Y. Hata, et al. Physica C 417(2004) 17.
- 2) T. Mochiku, et al. J. Phys. Soc. Jpn., 71 (2002) 790.
- 3) T. Mochiku, et al. Proceedings of 8th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High-Temperature Superconductivity, to be published to Physica C.
- 4) L. T. Yang, et al. J. Alloys and Compounds 373 (2004) 53.
- 5) F. Izumi and T. Ikeda, Mater. Sci. Forum 321-324 (2000) 198.

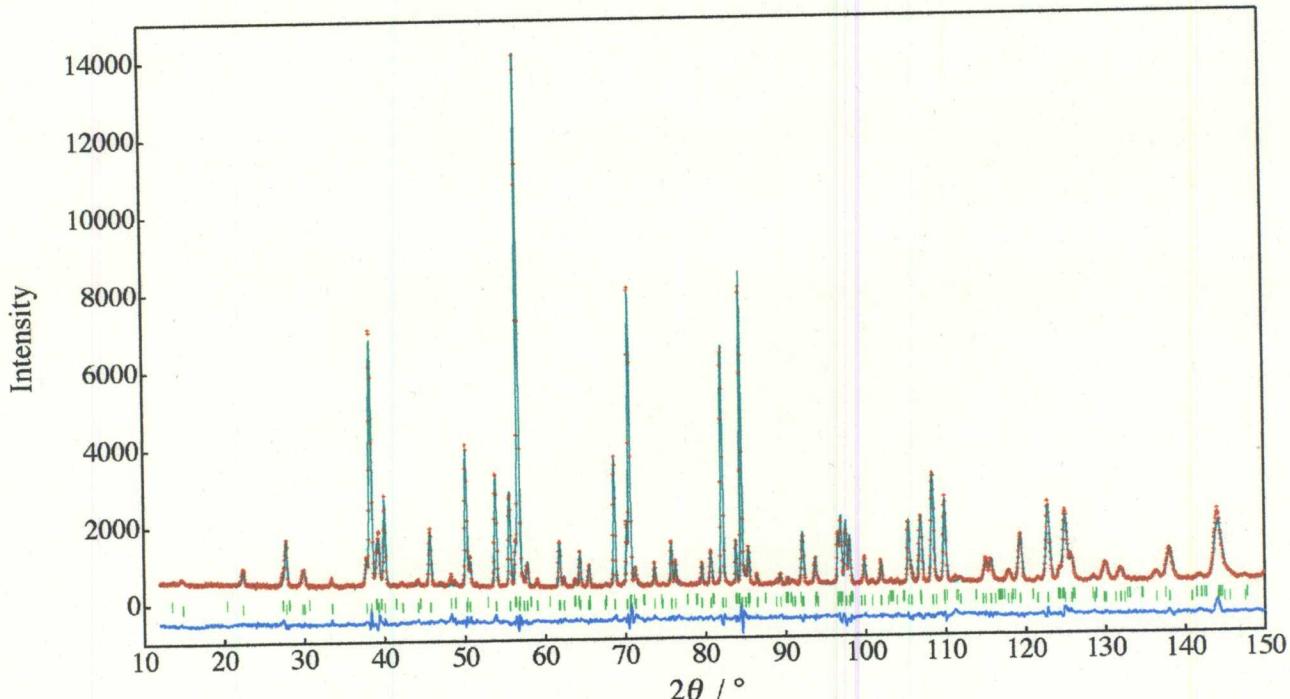


Fig. 1. $\text{FeSr}_2\text{Tb}_{1.3}\text{Ce}_{0.7}\text{Cu}_2\text{O}_{10-d}$ 化合物の粉末中性子散乱パターン($\lambda=1.8233 \text{ \AA}$)