

X線回折による鉄系超伝導体 Sr₄V₂Fe₂As₂O₆- δ の自発歪みの研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/43817

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



学位論文要旨

X線回折による鉄系超伝導体 $\text{Sr}_4\text{V}_2\text{Fe}_2\text{As}_2\text{O}_{6-\delta}$ の自発歪みの研究

金沢大学大学院自然科学研究科
数物科学専攻

齊藤正浩

本研究では、ペロブスカイト型の厚いブロック層をもつ新規鉄系超伝導体 $\text{Sr}_4\text{V}_2\text{Fe}_2\text{As}_2\text{O}_{6-\delta}$ の格子定数を 10K から 270K の温度において粉末 X 線回折法により測定した。磁化測定と電気抵抗測定により、40K 付近の温度における磁気相転移および 15K における超伝導相転移を観測した。それぞれの相転移において c 軸格子定数の異常な変化を検出した。相転移におけるランダウ理論に基づき、これらの異常は歪と秩序パラメータの結合による自発歪と結論できる：

$$c_M = (1 + gM^2)c_H \quad (1)$$

により、15K から 37K の温度範囲における c 軸格子定数の異常を説明でき、また

$$c_S = (1 + g'\Delta^2)c_M \quad (2)$$

により超伝導転移温度 15K 以下における格子定数の異常を説明できる。 c_M と c_S はそれぞれ磁気秩序と超伝導秩序が生じている相における格子定数であり、 c_H は磁気相転移が生じていない高温相の低温における仮想的な格子定数である。ここで g と g' は比例定数である。磁気モーメント $M(T)$ は平均場近似における自己無撞着な方程式を数値的に解くことで得た。また超伝導秩序パラメータ $\Delta(T)$ には、BCS ギャップを用いた。この BCS ギャップは BCS ギャップ方程式を数値的に解いて求めた。

また、エーレンフェストの関係式を用い、 c 軸方向の一軸性圧力に対する相転移温度の圧力依存性について見積りを行った。相転移温度の一軸性圧力についての微分係数 dT_{tr}/dP_i は

$$\frac{dT_{\text{tr}}}{dP_i} = V_m T_{\text{tr}} \frac{\Delta\alpha_i}{\Delta C_p} \quad (3)$$

となる。ここで V_m はモル体積、 $\Delta\alpha_i$ は相転移温度 T_{tr} における体積膨張係数 ($i = v$) および線膨張係数 ($i = a, c$) のとびである。 ΔC_p は T_{tr} における定圧比熱のとびである。 c 軸格子定数の温度変化の測定結果から線膨張係数を見積もると、 c 軸方向に一軸性圧力を印加すると磁気相転移は抑制され磁気相転移温度は低下し、その反対に超伝導相転移温度は上昇することが示唆された。

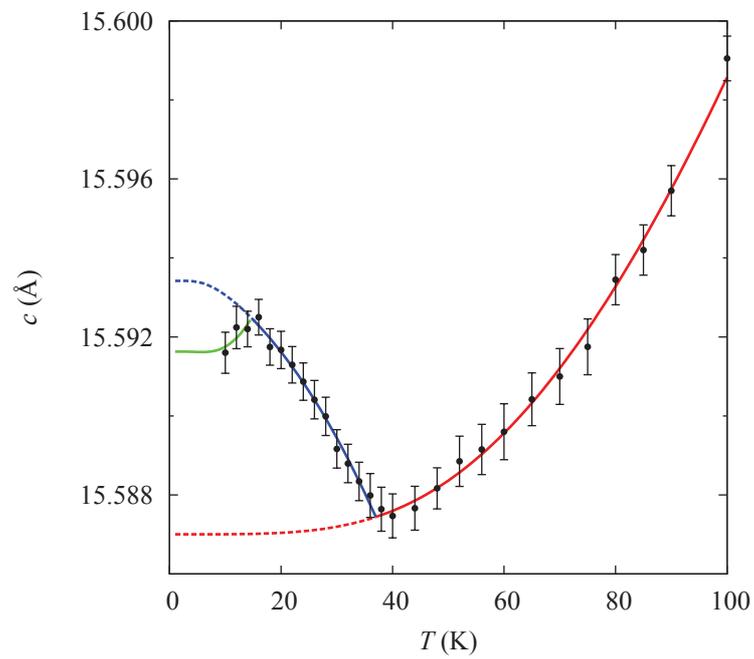


図 1: $\text{Sr}_4\text{V}_2\text{Fe}_2\text{As}_2\text{O}_{6-\delta}$ の c 軸格子定数の測定値と自発歪を考慮した計算値 c_M (青色の実線と破線) および c_S (緑色の実線) の比較. 赤色の実線は熱膨張の現象論的モデルを用いた最小二乗法によるフィッティング結果. 破線はその低温側への外挿.

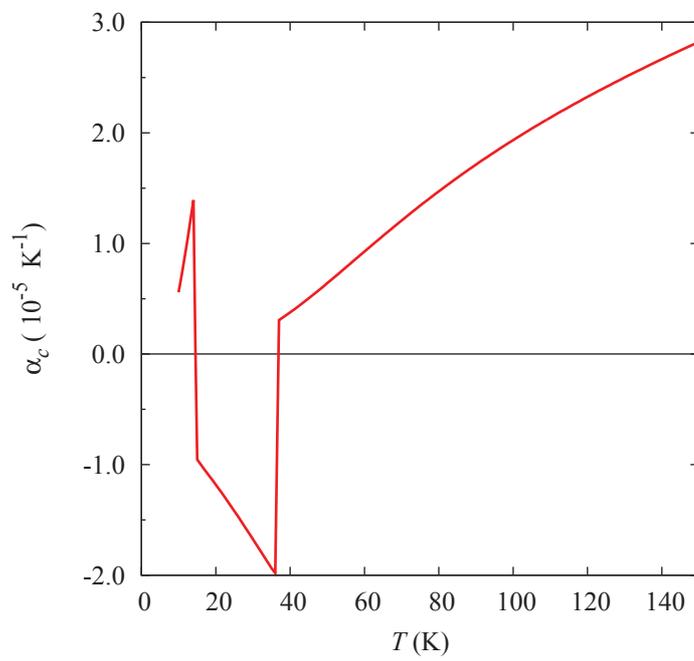


図 2: $\text{Sr}_4\text{V}_2\text{Fe}_2\text{As}_2\text{O}_{6-\delta}$ の c 軸方向の熱膨張係数の温度依存性.

学位論文審査報告書（甲）

1. 学位論文題目（外国語の場合は和訳を付けること。）

X線回折による鉄系超伝導体 $\text{Sr}_4\text{V}_2\text{Fe}_2\text{As}_2\text{O}_{6-\delta}$ の自発歪みの研究

2. 論文提出者 (1) 所属 数物科学 専攻

(2) 氏名 ふりがな 齊藤 正浩 さいとう まさひろ

3. 審査結果の要旨（600～650字）

超伝導転移に伴う体積変化は、最初、臨界磁場及びその圧力変化との関係が熱力学的に議論され、熱膨張計により測定された大きさ ($\Delta V/V \sim 10^{-7}$) と良く一致することが示された。体膨張係数に対する電子系からの寄与は、後に BCS 理論に基づいて議論され、エーレンフェストの関係式から予想される、転移温度における不連続なふるまいが導かれ、実験結果とのよい一致が得られた。近年、キャパシタンス法により、高温超伝導体の線膨張係数が測定され、この関係式を用いた解析が行われている。

新しい結晶構造の新規鉄系超伝導体 $\text{Sr}_4\text{V}_2\text{Fe}_2\text{As}_2\text{O}_{6-\delta}$ は、酸素欠損や元素置換により、超伝導転移温度や磁気秩序の様相が変化する事が示唆されている。本研究では、この系の 10K から 270K の粉末 X線回折を行い、格子定数を求めた。また、磁化測定と電気抵抗測定により、40K 付近における磁気相転移、及び 15K における超伝導相転移を観測した。それぞれの相転移において c 軸格子定数の異常な変化を検出し、相転移におけるランダウ理論に基づき、これらの異常は歪と秩序パラメータの結合による自発歪として説明できることを示した。また、前記関係式を用いて、 c 軸方向への加圧に対する相転移温度の圧力依存性についての見積りを行い、磁気相転移は抑制され、反対に超伝導相転移温度は上昇すると予想されることを示した。これらの結果は、この超伝導体における磁気秩序と超伝導の理解に多くの寄与をもたらすものである。

以上により、この論文は博士(理学)に値するものと判断した。

4. 審査結果 (1) 判定 (いずれかに○印) 合格・不合格

(2) 授与学位 博士(理学)