

鉄カルコゲナイド超伝導体母物質 FeTe における 結晶構造と電気抵抗の異方性の相関

Correlation between crystallographic and electronic anisotropy in a parent compound of Fe-chalcogenide superconductor FeTe

中島多朗¹, 町田理^{1,2}, 刈谷弘法¹, 諸星大樹¹, 山崎裕一³, 中尾裕則³, 満田節生¹, 坂田英明¹

¹東京理科大学理学部物理学科, 〒162-8601 東京都新宿区神楽坂 1-3

²物質・材料研究機構, 〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1

³KEK 物構研 PF/CMRC, 〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

Taro Nakajima¹, Tadashi Machida^{1,2}, Hironori Kariya¹, Daiki Morohoshi¹,

Yuichi Yamasaki³, Hironori Nakao³, Setsuo Mitsuda¹, Hideaki Sakata¹

¹Tokyo University of Science, 1-3 Kagurazaka, Shinjuku-ku, 162-8601, Japan

²National Institute for Materials Science, 1-2-1 Sengen, Tsukuba 305-0047, Japan

³KEK-PF/CMRC, 1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801, Japan

1 はじめに

鉄系超伝導体は鉄原子の2次元正方格子面を内包しているという特徴を共通して持っており、母相の低温領域において C_4 対称性を破る結晶構造相転移を起こした後、それに追従する形で反強磁性の磁気秩序を示すことが知られている。近年この構造相転移および磁気相転移と関連した種々の物理量の異方性が注目を集めており、強い電子相関の反映と思われる電荷の異方的短距離秩序が構造相転移温度以上から形成されているとする報告もある[1]。

我々は鉄系超伝導体の中でも最もシンプルな構造を持つ11系の母物質 $\text{Fe}_{1+\delta}\text{Te}$ ($\delta=0.09$) について、格子の対称性と電荷自由度の異方性の相関を詳細に探査するため一軸圧力中放射光 X 線回折と面内電気抵抗の異方性の同時測定を行った。

2 実験

実験は Photon factory の BL-3A において行った。我々は過去の課題(2012S2-005, 2012R-58)の実験において、BL-3A に設置されたトップローディング型クライオスタット(超伝導マグネット)に合わせた一軸圧力インサートを作製し、これを用いた測定を行っ

てきた[2]。今回の実験では、これに改良を加えて、Montgomery 法による電気抵抗の異方性測定を同時に行えるように同軸ケーブルを導入した。試料は $\text{Fe}_{1+\delta}\text{Te}$ ($\delta=0.09$) 単結晶試料を $3 \times 3 \times 1 \text{ mm}^3$ 程度の直方体に加工し、図1に示したように c 面の四隅に電極をつけることによって電気抵抗と X 線回折の同時測定を実現した。一軸圧力はジルコニアのピストンによって tetragonal a 軸 (or b 軸) に加える配置とした。

3 結果および考察

$\text{Fe}_{1+\delta}\text{Te}$ ($\delta=0.09$) は $T_S \sim 60 \text{ K}$ において tetragonal から monoclinic への構造相転移を起こし、同時に bi-collinear 型の反強磁性秩序を示す[3]。この際に monoclinic a 軸が伸び、 b 軸が縮むことで Fe 正方格子面に異方性が生じるが、一軸圧力を加えない状態で冷却すると、元々の tetragonal 構造の4回対称性を反映した4種類の monoclinic ドメインがそれぞれ等確率で形成されてしまい、電気抵抗の異方性は観測されない。しかし、この系に一軸圧力を加えて monoclinic ドメインの配向を制御することで、マクロな電気抵抗の異方性が観測されることが Jiang らによって報告されていた[4]。我々は今回、一軸圧力中において電気抵抗と X 線回折のその場同時測定を行うことにより、このドメインの配向度合いと電気抵抗の異方性の大きさの定量的な対応関係を明らかにした。

また、他の鉄系超伝導体母物質で報告されていた、 T_S 以上における異方的な電荷の短距離秩序が FeTe 系でも存在しているかどうかを明らかにすべく、400 反射の温度変化と a, b 軸方向の電気抵抗の温度変化を測定した。図 2(a), 2(b) はそれぞれ、0 Pa, 54 MPa の一軸圧力中で測定した 400 反射の $\theta-2\theta$ スキャンの温度依存性を示しているが、一軸加圧によって tetragonal から monoclinic への構造相転移温度が上昇していることが分かる。また、0 Pa における

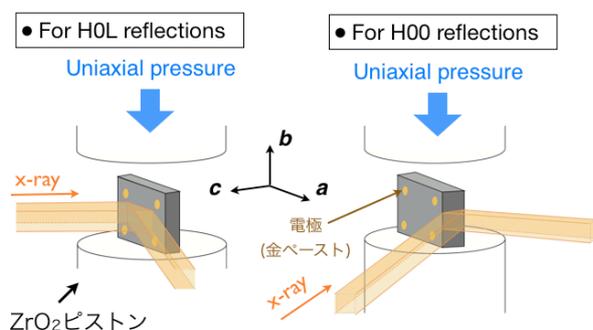


図 1: 実験における $\text{Fe}_{1+\delta}\text{Te}$ ($\delta=0.09$) 単結晶の配置と一軸圧力及び X 線の方向を示した模式図。

X線回折の結果からは T_S 直上まで対称性の低下を示す異常は観測されず，図 2(c)に示した電気抵抗の温度変化においても同様に顕著な異方性は観測されなかった．一方，54 MPa では T_S 直上で顕著なピーク位置のシフトが観測され，同時に電気抵抗の異方性も徐々に発達していることが見て取れる．これらの結果は， T_S に向かって格子がソフト化を起していること，さらに圧力によって誘起された格子の異方性が電気抵抗の異方性と密接に関連していることを示していると考えられる．

また，今回確立した一軸圧力下での X 線回折と電気抵抗のその場同時測定という実験手法は，鉄系超伝導体以外にも多くの強相関物質系の研究に適用可能であり，系の対称性に直接作用する一軸圧力という外場を用いた新たな交差相関現象の開拓へとつながることが期待される．

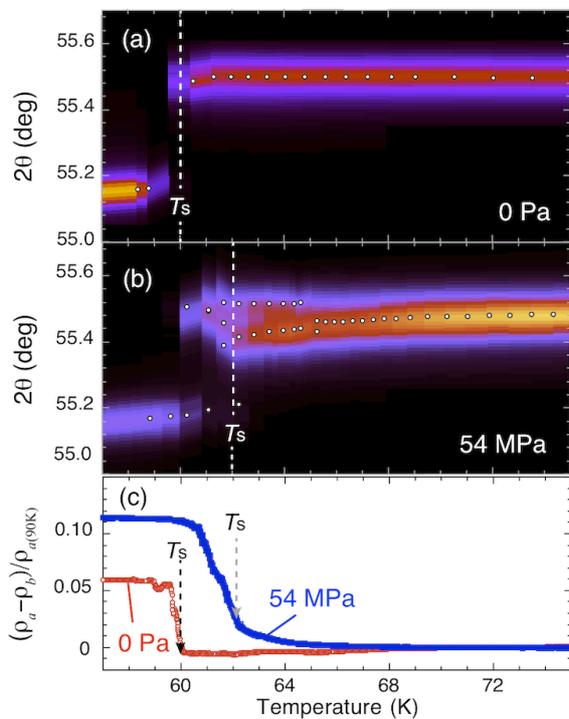


図 2 : (a) 0 Pa, (b) 54 MPa における 400 反射の θ - 2θ scan profile の温度変化．及び(c)同時に測定された電気抵抗の面内異方性．

参考文献

[1] S. Kasahara et al., Nature (London) **486** 382 (2012).
 [2] T. Nakajima et al., JPSJ **82** 114711 (2013).
 [3] Y. Mizuguchi and Y Takano, JPSJ **79** 102001 (2010).
 [4] J. Jiang et al., PRB **88** 115130 (2013).