

## 鉄系超伝導体のマルチスケール結晶粒構造観察

東北大学金属材料研究所 嶋田 雄介 今野 豊彦  
東京農工大学大学院工学研究院先端物理工学部門 山本 明保  
九州大学大学院総合理工学研究院(兼)超顕微解析研究センター 波多 聡

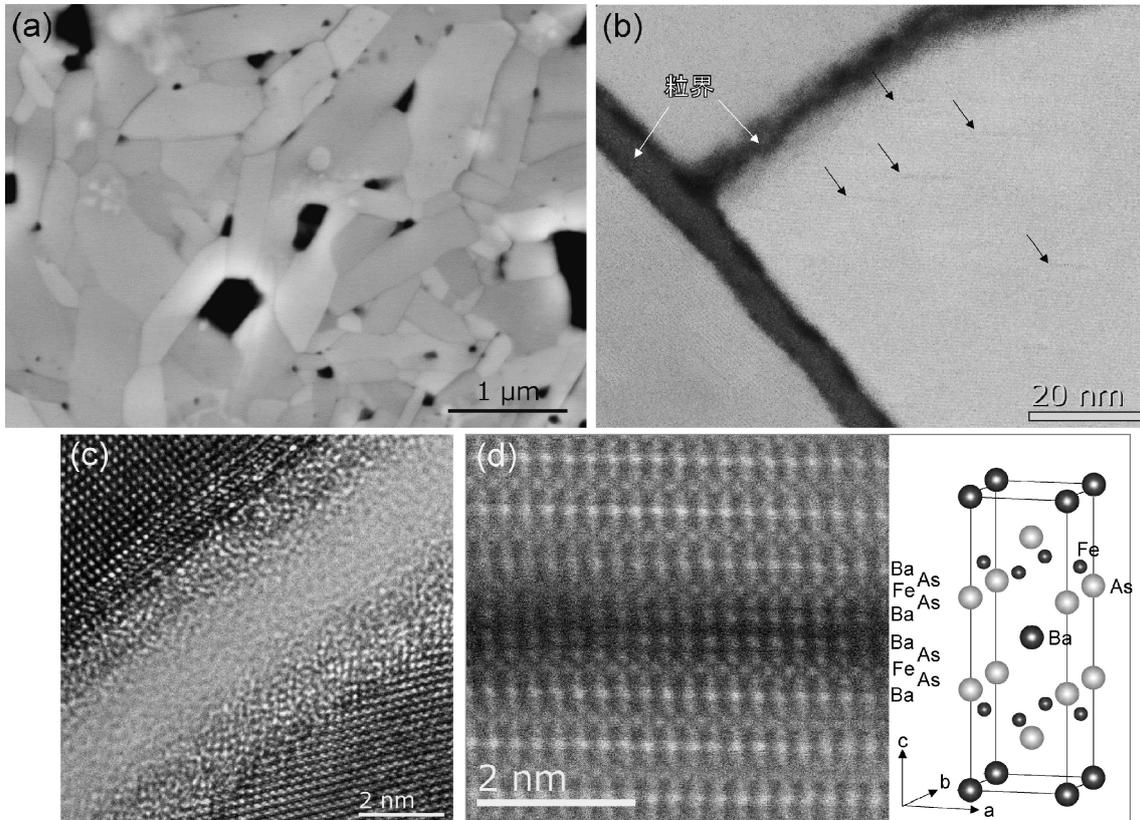


Fig. 1 (a) Ba-122 バルク体の SEM 反射電子像および(b) HAADF-STEM 像. (c)粒界の TEM 高分解能像. (d)粒内の欠陥領域(図(b)の黒矢印)拡大 HAADF-STEM 像(電子線入射方向:  $[110]_{\text{Ba-122}}$ )および Ba-122 結晶構造.

超伝導体の高電流特性発現には、常伝導領域や結晶欠陥などにより原子配列が乱れ超伝導状態が壊れかけている領域(ピンニングセンター)の導入による量子化磁束のピンニングが不可欠である。有効なピンニングセンターのサイズは量子化磁束の直径である超伝導コヒーレンス長(数~十数 nm)の2倍かそれ以下のものであり、その同定には原子レベルのナノスケールでの観察が必要となる。そのうえで、電流特性と組織の相関を得るためには、それらピンニングセンターの分布情報が必要であり、複数の結晶粒から成るマクロスケールでの観察を組み合わせることが効果的である。

本研究で注目した鉄系超伝導体の一つ  $\text{BaFe}_2\text{As}_2$  (Ba-122)は、無配向多結晶線材において高い臨界電流特性を達成するなど超伝導線材応用に期待される材料である<sup>(1)</sup>。Fig. 1 (a)に示す Ba-122 バルク体の SEM 像において、全ての結晶粒界に暗い領域がみられる。Fig. 1 (b)の STEM 像でも SEM 像同様、粒界

に Ba-122 とは異なる層がみられるが、これは Fig. 1 (c)の高分解能像よりアモルファス層であることがわかる。このアモルファス層は幅が Ba-122 のコヒーレンス長 3.3 nm と同程度であり、粒界における磁束ピンニング効果の向上が期待される一方で、超伝導電流の減衰の要因となることが予想される。また、Fig. 1 (b)には、粒内の欠陥がみられる(図中黒矢印)。これは、FeAs 層が抜けた積層欠陥であることが Fig. 1 (d)に示した原子分解能 HAADF-STEM 像により示唆され、積層欠陥に伴う数原子層の格子ひずみがコヒーレンス長に近い幅をもつことから、磁束ピンニングに効果的である可能性が考えられる。

### 文 献

- (1) J. D. Weiss, C. Tarantini, J. Jiang, F. Kametani, A. A. Polyanskii, D. C. Larbalestier and E. E. Hellstrom: *Nature Mater.*, **11** (2012), 682–685.  
(2016年7月27日受理)[doi:10.2320/materia.55.600]

Multi-scale Observation of Grain Structure in Iron-based Superconductor; Yusuke Shimada\*, Akiyasu Yamamoto\*\*, Satoshi Hata\*\*\* and Toyohiko J. Konno\* (\*Institute for Materials Research, Tohoku University, Sendai. \*\*Department of Applied Physics, Tokyo University of Agriculture and Technology, Tokyo. \*\*\*Department of Electrical and Materials Science and The Ultramicroscopy Research Center, Kyushu University, Kasuga)

Keywords: SEM (scanning electron microscopy), STEM (scanning transmission electron microscopy), grain structure, superconducting materials  
TEM specimen preparation: FIB microsampling  
TEM utilized: JEM-ARM200F (200 kV)