

実験的に決定した水素置換型鉄系超伝導体 SmFeAsO の 上部臨界磁場と磁気異方性

Experimentally determined upper critical fields and magnetic anisotropies of
H-substituted iron-based superconductor SmFeAsO

東工大フロンティア研¹, 物質・材料研究機構², 東工大 MDX 元素戦略センター³, 東大物性研⁴

○半沢 幸太¹, 松本 惇平¹, 飯村 壮史^{2,3}, 小濱 芳允⁴, 平松 秀典^{1,3}, 細野 秀雄^{2,3}

MSL, Tokyo Tech¹, NIMS², MDX RCES, Tokyo Tech³, ISSP, Tokyo Univ⁴, ○Kota Hanzawa¹, Jumpei

Matsumoto¹, Soshi Iimura^{2,3}, Yoshimitsu Kohama⁴, Hidenori Hiramatsu^{1,3}, Hideo Hosono^{2,3}

E-mail: k-hanzawa@mces.titech.ac.jp

【緒言】次世代の高磁場用電磁石や送電ケーブル等への超伝導応用を実現するための材料には、高い臨界温度 (T_c) と臨界電流 (J_c) のみならず、高い上部臨界磁場 ($\mu_0 H_{c2}$) とその小さい磁気異方性 ($\gamma = \mu_0 H_{c2} \| ab / \mu_0 H_{c2} \| c$) も求められる。これらを満たす材料候補として、鉄系超伝導体が着目されている。中でも、122 型 BaFe_2As_2 は高 J_c 、低 γ (~ 2) と、比較的高い T_c (38 K)、 $\mu_0 H_{c2}$ (60–70 T) を有するため、有望な候補である。一方、鉄系超伝導体で最も高い T_c (55 K) を有する 1111 型 SmFeAsO は、O を F や H で部分置換することで超伝導を発現するが、大型単結晶やエピタキシャル薄膜の作製が困難であるため、応用を目指した研究は 122 型ほど進んでいない。近年、我々は SmFeAsO エピタキシャル薄膜への CaH_2 を用いた高濃度 H 置換に成功し、高 T_c [1]と高 J_c [2]を見いだしたが、 $\mu_0 H_{c2}$ が非常に高いため、その絶対値や γ を実験的に決定できていなかった。本研究では、最大 130 T のパルス強磁場下で $\text{SmFeAs}(\text{O},\text{H})$ エピタキシャル薄膜 ($T_c=45$ K) の電子輸送特性を調べた。

【結果】一巻きコイル法を用いて ab 面に沿って 130 T まで磁場を印加した結果 (図 1)、2.2 K において $\mu_0 H_{c2}$ が ~ 120 T に達することを実測した。これは 1111 型 SmFeAsO では初めての極低温における $\mu_0 H_{c2}(0)$ の実験的な決定である。また、 c 軸に沿った場合では、two band モデルを用いた解析から $\mu_0 H_{c2}(0)$ は ~ 80 T と見積もられ、 γ 値は 2.1 と 122 型 BaFe_2As_2 や MgB_2 に匹敵する低い値であることを明らかにした。見積もったコヒレンス長 (ξ) が、 ab 面内では F 置換型と差がなかったのに対し、 c 軸方向では H 置換型の方が約 3 倍長くなったことから、層状構造にもかかわらず、H 置換によって実現された 3 次元的な電子構造が低 γ の起源と結論づけた (図 2)。以上から $\text{SmFeAs}(\text{O},\text{H})$ は、高い $\mu_0 H_{c2}$ 、 T_c 、 J_c と低い γ を併せ持つ有望な次世代超伝導材料候補である、と実験的に実証した。

【参考文献】 [1] J. Matsumoto, *et al.*, *Phys. Rev. Mater.* **3**, 103401 (2019).
[2] H. Hiramatsu, *et al.*, *Appl. Phys. Express* **13**, 073002 (2020).

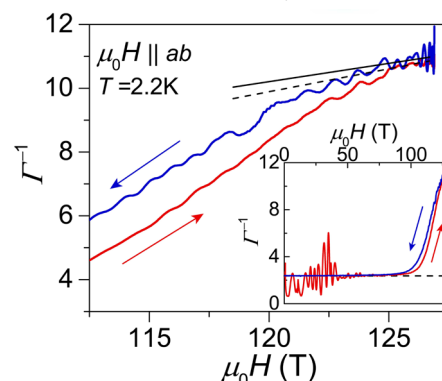


Fig. 1. Impedance (Γ^{-1}) measurement under high magnetic fields of up to 130 T. The inset shows Γ^{-1} in the full field region. The black dashed and solid lines are the least-squares fits of the normal -state resistance in the up (red) and down (blue) field sweeps.

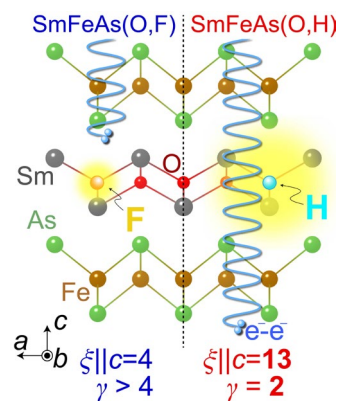


Fig. 2. Schematic image of carrier conduction in F- (left) and H-substituted (right) SmFeAsO along the c axis.