

1111 型鉄系超伝導体エピタキシャル薄膜への 高濃度水素添加と 48 K の高温超伝導

Heavy H-doping of 1111-type Fe-based superconductor epitaxial film
and its high- T_c superconductivity at 48 K

東工大 フロ材研¹, 東工大 元素セ², 東工大 WRHI³

○松本 惇平¹, 半沢 幸太¹, 笹瀬 雅人², Silvia Handl³, 片瀬 貴義¹, 平松 秀典^{1,2}, 細野 秀雄²
MSL, TokyoTech¹, MCES, TokyoTech², WRHI, TokyoTech³, °Junpei Matsumoto¹, Kota Hanzawa¹,
Masato Sasase², Silvia Haindl³, Takayoshi Katase¹, Hidenori Hiramatsu^{1,2}, Hideo Hosono²

E-mail: j-matsumoto@mces.titech.ac.jp

1111 型と呼ばれる鉄系超伝導体 $REFeAsO$ (RE : 希土類元素) は, O^{2-} 位置を F で部分置換する電子ドーピングにより高温超伝導を発現し, その臨界温度 (T_c) は $SmFeAsO$ において 55 K と, 常圧下では銅酸化物に次ぐ高さを誇る¹⁾. 近年当研究グループでは, F の代わりに H をドーパントとすることで, その固溶限界 ($SmFeAsO_{1-x}H_x$ の x) を 0.2 から 0.8 まで向上でき, さらに, F 添加では観測できなかった新たな超伝導状態や, その母相の存在を見いだした²⁾. この超伝導発現機構解明のためには角度分解光電子分光法を駆使した電子状態解析が有効であり, それには単結晶状の試料が必要不可欠である. しかしこれまで, 十分な大きさと水素濃度の両方を実現する $SmFeAsO_{1-x}H_x$ 単結晶の合成は技術的に非常に困難であった³⁾. そこで本研究では, 単結晶基板上的 (1 cm 角) エピタキシャル薄膜が, 大面積を有する単結晶と見なせることに着目し, 高濃度に水素添加された $SmFeAsO_{1-x}H_x$ ヘテロエピタキシャル薄膜の作製を試みた.

パルスレーザー堆積法によりノンドープ $SmFeAsO$ エピタキシャル薄膜を作製し, その後 O を高濃度で H 置換するために, 水素供給源となる CaH_2 中で熱処理を施した. X 線回折による構造解析と環状明視野法を用いた走査型透過電子顕微鏡 (ABF-STEM) 像から, 熱処理によりトポタクティックに O が H で部分置換されることを明らかにした (Fig. 1). その水素濃度 x は約 0.4 であり, 高濃度の水素が $SmFeAsO$ 中に取り込まれていることを突き止めた.

電気抵抗率の温度変化測定から, ノンドープ $SmFeAsO$ 薄膜は超伝導転移を示さなかったが, 高濃度水素添加を施すことで $SmFeAsO_{0.6}H_{0.4}$ エピタキシャル薄膜が $T_c = 48$ K の超伝導転移を発現することを見いだした (Fig. 2). 以上から, 本研究では 1111 型鉄系超伝導体エピタキシャル薄膜において初めて水素添加による高 T_c 超伝導転移の誘起に成功した⁴⁾.

【参考文献】 1) Z-A. Ren *et. al.*, *Chin. Phys. Lett.* **25**, 2215 (2008). 2) S. Iimura *et.al.*, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **114**, E4354–E4359 (2017). 3) S. Iimura *et. al.*, *J. Asian Ceram. Soc.* **5**, 357–363 (2017). 4) J. Matsumoto *et. al.*, *arXiv*: 1903.11819 (2019).

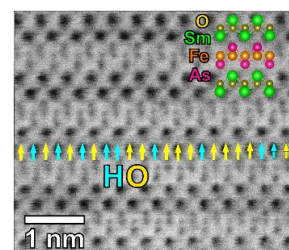


Fig. 1. Atomic-resolution ABF-STEM image of the H-doped $SmFeAsO$ film. Blue and yellow arrows denote atomic positions of some H and O, respectively.

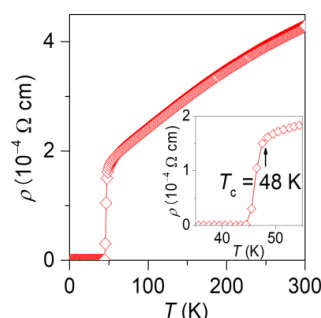


Fig. 2. ρ - T curve of the $SmFeAsO_{0.6}H_{0.4}$ film. Inset is the enlarged image around $T = T_c$.