

“プロテクト・アニール”による電子ドーピング型銅酸化物高温超伝導体の反強磁性擬ギャップの抑制

Suppression of the antiferromagnetic pseudogap in the electron-doped cuprate superconductor by “Protect annealing”

堀尾眞史(東大理), 足立匡(上智大理工), 森陽介(東北大工), 高橋晶(東北大工), 吉田鉄平(京大人環), 鈴木博人(東大理), L. C. C. Ambolode II(東大理), 岡崎浩三(東大物性研), 小野寛太(KEK-PF), 組頭広志(KEK-PF), 安斎太陽(大阪府大工), 有田将司(广大放射光), 生天目博文(广大放射光), 谷口雅樹(广大放射光), 大田由一(東大物性研), 山本遇哲(東大物性研), 幸埴(東大物性研), 大槻大毅(東大理), 澤田慶(東大新領域), 高橋雅也(東大新領域), 溝川貴司(東大新領域), 小池洋二(東北大工), 藤森淳(東大理)

M. Horio(Univ. of Tokyo), T. Adachi(Sophia Univ.), Y. Mori(Tohoku Univ.), A. Takahashi(Tohoku Univ.), T. Yoshida(Kyoto Univ.), H. Suzuki(Univ. of Tokyo), L. C. C. Ambolode II(Univ. of Tokyo), K. Okazaki(Univ. of Tokyo), K. Ono(KEK-PF), H. Kumigashira(KEK-PF), H. Anzai(Osaka Prefecture Univ.), M. Arita(HiSOR), H. Namatame(HiSOR), M. Taniguchi(HiSOR), D. Ootsuki(Univ. of Tokyo), K. Sawada(Univ. of Tokyo), M. Takahashi(Univ. of Tokyo), T. Mizokawa(Univ. of Tokyo), Y. Koike(Tohoku Univ.), and A. Fujimori(Univ. of Tokyo)

銅酸化物高温超伝導体の超伝導発現にはキャリアのドーピングが不可欠であると考えられてきたが、近年、様々な電子ドーピング型銅酸化物高温超伝導体の薄膜や多結晶のノンドーピング試料において、超伝導が報告されている[1,2]。電子ドーピング型高温超伝導体では不純物の頂点酸素が反強磁性状態を安定化させており、アニール処理によって頂点酸素を完全に除去することで、母物質でも超伝導が発現すると主張されている[1,2]。単結晶バルク試料についても、単結晶試料を同組成の多結晶粉末試料で覆いながら真空中でアニールするという、“プロテクト・アニール”という手法を用いることによって、非常にアンダードーピングな領域まで超伝導が観測されるようになった[3]。

我々は、アンダードーピングの電子型銅酸化物高温超伝導体 $\text{Pr}_{1.3-x}\text{La}_{0.7}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ ($x = 0.10$)の単結晶試料について、“プロテクト・アニール”の条件の異なる試料を用意し、角度分解光電子分光(ARPES)測定による電子状態の観測を行った[4]。図1に示すように、as-grown試料では反強磁性相関によるバンドの折り畳みに伴うギャップ(反強磁性擬ギャップ)が大きく開いているが、弱アニール試料(650 °C, 24 hアニール)ではそれがやや小さくなり、先行研究によるアニールされた試料のARPESスペクトル[5]に類似した結果を得た。しかし、アニール試料(800 °C, 24 hアニール)では反強磁性擬ギャップが完全に閉じており、準粒子ピークがフェルミ面全面に渡って観測された。これは、“プロテクト・アニール”によって反強磁性的なスピンの相関長やCuサイトに局在したスピンモーメントの大きさが劇的に小さくなったことを表している。また、フェルミ面の大きさから電子ドーピング量 n_{FS} を見積もったところ、ドーピング量が広い領域に分布していることがわかった。電子ドーピング型銅酸化物高温超伝導体では超伝導を示すドーピング領域が非常に狭いと考えられてきた[6]が、その認識を覆す結果を得た。この試料についてレーザーARPESを用いて行った超伝導ギャップ測定の結果についても報告する。

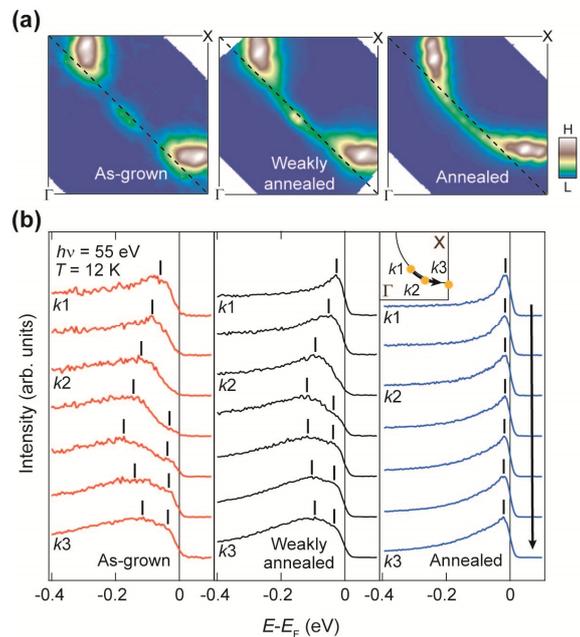


図 1. $\text{Pr}_{1.3-x}\text{La}_{0.7}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ ($x = 0.10$)の ARPES スペクトル。as-grown(左)、弱アニール(中央)、アニール(右)試料の(a)フェルミ面マッピングと(b)EDC。

参考文献

- [1] O. Matsumoto *et al.*, Physica C **469**, 924 (2009).
- [2] T. Takamatsu *et al.*, Appl. Phys. Express **5**, 073101 (2012).
- [3] T. Adachi *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **82**, 063713 (2013).
- [4] M. Horio *et al.*, arXiv:1502.03395 (2015).
- [5] H. Matsui *et al.*, Phys. Rev. B **75**, 224514 (2007).
- [6] P. Armitage *et al.*, Rev. Mod. Phys. **82**, 2421 (2010).