

μ-ARPES を用いた籠状超伝導体 BaIr₂Ge₇ の表面電子状態観測

Surface electronic structure of BaIr₂Ge₇ with the cage structure studied by micro angle-resolved photoemission spectroscopy

石田達広^{1*}, 大槻太毅¹, 北村未歩², 堀場弘司², 組頭広志^{2,3},
石田茂之⁴, 伊豫彰⁴, 永崎洋⁴, 川島健司^{4,5}, 柳陽介^{4,5}, 吉田鉄平¹

¹京都大学大学院人間・環境学研究科, 〒606-8501 京都市左京区吉田二本松町

²高エネルギー加速器研究機構, 物質構造科学研究所, 放射光実験施設, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

³東北大学多元物質科学研究所, 〒980-8577 仙台市青葉区片平二丁目 1 番 1 号

⁴産業技術総合研究所, 〒305-8568 つくば市梅園 1-1-1

⁵株式会社イムラ材料開発研究所, 〒448-0032 刈谷市朝日町二丁目 1 番地

T. Ishida^{1*}, D. Ootsuki¹, M. Kitamura², K. Horiba², H. Kumigashira^{2,3},

S. Ishida⁴, A. Iyo⁴, H. Eisaki⁴, K. Kawashima^{4,5}, Y. Yanagi^{4,5} and T. Yoshida¹

¹Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan

²High Energy Accelerator Research Organization, Institute of Materials Structure Science, Photon Factory, Tsukuba, 305-0801, Japan

³Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University, Sendai 980-8577, Japan

⁴National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba 305-8568, Japan

⁵IMRA Material Research and Development Company, Kariya 448-0032, Japan

1 はじめに

近年、ラットリングによる熱伝導度の低下や電子-格子相互作用が注目を浴びている。ラットリングが起きる物質として、β-パイロクロア酸化物やクラスレート化合物、スクッテルダイト化合物が報告されている。これらの化合物は強い共有結合により形成される籠状構造と、その中に弱く結合したゲスト原子を内包するという共通点を持つ。籠状構造の形成する平坦なポテンシャルによりゲスト原子は非調和振動を行い、熱伝導度や電子-格子相互作用の異常をもたらしている。本研究で扱う BaIr₂Ge₇ はゲスト原子 Ba の内包された 2 種類の籠が積層された結晶構造を有しており、 $T_c = 2.5$ K で超伝導を示す¹⁾。比熱測定では内包された Ba 原子による非調和振動が観測されている²⁾。一方、X 線構造解析によると、他の籠状化合物に比べ、BaIr₂Ge₇ のゲスト原子の変位が小さいことが報告されている¹⁾。しかし、BaIr₂Ge₇ に関する実験報告は少なく、電子状態の報告例も未だない。

2 実験

測定試料は Self-flux 法および Arc-melting 法によって作製された¹⁾単結晶 BaIr₂Ge₇ を用いた。光電子測定は PF BL-28A にて行われ、電子分析器は Scienta DA30 を用いた。入射光エネルギーは $h\nu = 160$ eV であり、エネルギー分解能は ~ 60 meV、測定温度は $T = 10$ K である。また、μ-APRES 測定では $10 \mu\text{m}$ (水平方向) $\times 12 \mu\text{m}$ (垂直方向) のスポットサイズの入射光を用い、 $300 \mu\text{m} \times 300 \mu\text{m}$ の範囲で測定を行った。

3 結果および考察

図 1 (a) に BaIr₂Ge₇ の Ba 4d_{5/2} (~ 88.7 eV) の強度を積算して得られた空間マッピングの結果を示す。測定位置に依存して Ba 4d_{5/2} の強度が変化しており、特に position A (赤丸) 付近では強度が大きく、一方 position B (青丸) 付近では強度が小さいことがわかる。このことから、BaIr₂Ge₇ の表面電子状態には異なる電子状態のドメインが存在することが分かった。

図 1(b) に position A, position B にて観測された Ba 4d スペクトルを示す。position A で観測されたスペクトルは 88.7 eV にメインピークを持ち、高結合エネルギー側にブロードなサテライト構造を有している。一方、position B で観測されたスペクトルは position A に比べ、メインピークの強度が抑えられ、サテライト構造の強度が増加している。メインピークの結合エネルギーは BaO と近いことから 2 価の Ba 由来であるのに対し、サテライト構造の結合エネルギーは Ba 金属と近く 0 価の Ba 由来であり、ドメインによって Ba⁰⁺ と Ba²⁺ の成分比が変化することが明らかとなった。このような Ba の価数の変化は最表面原子層による影響だと考えられる。劈開時に籠状構造を保持した最表面層では Ba 原子は 2 価であるのに対して、籠状構造が破壊された最表面層では Ba 原子は 0 価になると推論される。

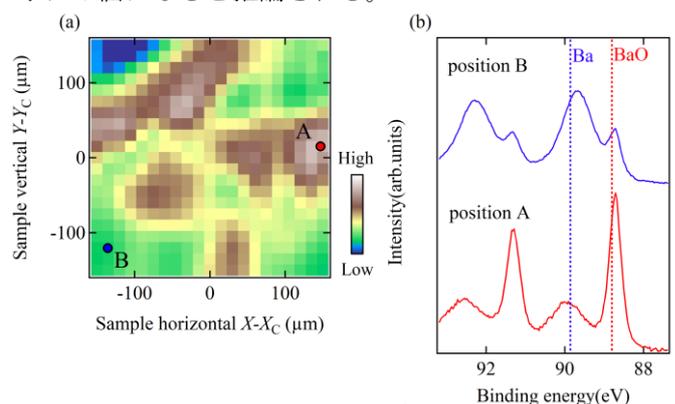


図 1 : (a) BaIr₂Ge₇ 空間マッピング
(b) position A および B における Ba 4d 内殻スペクトル

参考文献

[1] S. Ishida *et al.*, J. Am. Chem. Soc. **136**, 5245(2014).

[2] J. Guo *et al.*, Phys. Rev. B. **88**, 1(2013).

* Ishida.tatsuhito.65x@st.kyoto-u.ac.jp