

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19340105

研究課題名(和文) 高温超伝導体の電子状態における酸素同位体効果に関する角度分解光電子分光研究

研究課題名(英文) Angle-resolved photoemission spectroscopy study on the oxygen isotope effect of the electronic structure in high-temperature superconductors

研究代表者

相浦 義弘 (AIURA YOSHIHIRO)

独立行政法人産業技術総合研究所・エレクトロニクス研究部門・主任研究員

研究者番号：80356328

研究代表者の専門分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学 物性

キーワード：高温超伝導、角度分解光電子分光、酸素同位体効果、電子格子相互作用

### 1. 研究計画の概要

高温超伝導体の格子振動の役割を検証することは、この系の超伝導機構解明に関して決定的な情報を与え、今後の高温超伝導体に関する物性研究に関して一つの重要な指針を与えるものと期待される。

本研究の目的は、角度分解光電子分光法により高温超伝導体の電子状態における酸素同位体効果を検証し、その振る舞いを整理することにある。高温超伝導体の酸素同位体効果に関する下記の詳細な電子状態の情報は、この系の電子対機構における格子振動の役割を明らかにすると期待される：

- (1) キャリア数依存性
- (2) 運動量空間依存性
- (3) 層間相互作用依存性
- (4) 酸素サイト間依存性

### 2. 研究の進捗状況

#### (1) 高精度計測環境の整備

試料の僅かのミスアライメントでも高温超伝導体の酸素同位体効果のような微細な電子構造の定量的な議論に深刻な影響を与える。故に、高精度測定に加え「同一の」運動量空間の結果の比較が、本研究において必要不可欠である。*in situ* で試料の方位制御を可能する超高精度の多軸試料ゴニオメータの開発を行い、既存の高分解能角度分解光電子分光装置に組み込み、高精度計測環境の整備を行った。

#### (2) 角度分解光電子分光研究

高温超伝導体の酸素同位体置換による電子構造の超高精度計測により、以下のことが示された：

高精度計測環境の整備により、試料の面

内回転におけるミスアライメントの影響を定量的に見積もり、試料方位制御の重要性を示した。

結合バンドおよび反結合バンドの各々のフェルミ面を分離し、各々の面積を定量評価、および最適ドーブ試料のキャリア数が酸素同位体置換を行う前と行ったあとの試料で同一であることを確認した。

酸素質量の変化に伴い、ノード方向の分散関係で示される屈曲(キルク)構造の酸素同位体シフトを検証した

キャリア数の増加とともにノードキルク構造の酸素同位体置換に伴うエネルギーシフト量の減少を示した。

最適ドーブ  $\text{Bi}_2\text{Sr}_{1.6}\text{Ln}_{0.4}\text{CuO}_6$  を用いて結晶歪を制御した酸素同位体効果の研究を行った。その結果、超伝導転移温度は結晶歪みの増加とともに急激に減少するが、酸素同位体置換に伴う超伝導転移温度の減少はほぼ一定であることを示した。それ故、超伝導転移温度の酸素同位体シフト量は、結晶歪の増加とともに急激に増加する。この結果は、「超伝導ギャップの酸素同位体効果は存在するが、擬ギャップの酸素同位体効果は存在しない」という電子対破壊モデルにより定量的に解釈できることを示した。

### 3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している。

理由：これまでの研究成果は、超伝導の起源の解明、特に電子フォノン相互作用の役割を解明する上で重要な知見を与えた。

### 4. 今後の研究の推進方策

(1) 酸素同位体効果の酸素サイト間依存性

の検証

酸素サイトの異なる酸素同位体試料を作製し、電子系と結合している酸素サイトの検証を行う。

(2) 酸素同位体効果の次元性の検証

角度分解光電子分光により電子構造の次元性、および電子格子相互作用の次元効果の検証を行う。

(3) 酸素同位体効果により示された電子格子相互作用の役割の解明

本研究課題で進めた、銅酸化物系高温超伝導体の電子格子相互作用の包括的なまとめを行う。酸素同位体置換炉等の関連実験技術に関する報告も併せて行う。

## 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計5件)

1. H. Iwasawa, J.F. Douglas, K. Sato, T. Masui, Y. Yoshida, Z. Sun, H. Eisaki, H. Bando, A. Ino, M. Arita, K. Shimada, H. Namatame, M. Taniguchi, S. Tajima, S. Uchida, T. Saitoh, D.S. Dessau and Y. Aiura, *Oxygen isotope effect in optimally doped  $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+\delta}$  studied by low-energy ARPES*, Physica C, 査読有, In \_\_\_\_\_ Press, [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6TVJ-4XM6KB5-J&\\_user=218848&\\_coverDate=11%2F04%2F2009&\\_alid=1292616987&\\_rdoc=1&\\_fmt=high&\\_orig=search&\\_cdi=5536&\\_sort=d&\\_docanchor=&view=c&\\_ct=7&\\_acct=C000014538&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=218848&md5=a3ce852363d02487b0b7dff37b4a141b](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TVJ-4XM6KB5-J&_user=218848&_coverDate=11%2F04%2F2009&_alid=1292616987&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_cdi=5536&_sort=d&_docanchor=&view=c&_ct=7&_acct=C000014538&_version=1&_urlVersion=0&_userid=218848&md5=a3ce852363d02487b0b7dff37b4a141b).
2. K. Sato, H. Iwasawa, N. C. Plumb, T. Masui, Y. Yoshida, H. Eisaki, H. Bando, A. Ino, M. Arita, K. Shimada, H. Namatame, M. Taniguchi, S. Tajima, Y. Nishihara, D. S. Dessau, and Y. Aiura, *Enhancement of oxygen isotope effect due to out-of-plane disorder in  $Bi_2Sr_2Ln_{0.4}CuO_{6+\delta}$  superconductors*, Physical Review B, 査読有, 80 巻 (2009), 212501-1 ~ 212501-4.
3. H. Iwasawa, J. F. Douglas, K. Sato, T. Masui, Y. Yoshida, Z. Sun, H. Eisaki, H. Bando, A. Ino, M. Arita, K. Shimada, H. Namatame, M. Taniguchi, S. Tajima, S. Uchida, T. Saitoh, D. S. Dessau, and Y. Aiura, *Isotopic Fingerprint of Electron-Phonon Coupling in High-Tc Cuprates*, Physical Review Letters, 査読有, 101 巻 (2008), 157005-1 ~ 157005-4.

4. S. Koikegami and Y. Aiura, *Kink structure in the electronic dispersion of high-Tc superconductors from the electron-phonon interaction*, Physical Review B, 査読有, 77 巻 (2008), 184519-1 ~ 184519-6.

5. H. Iwasawa, Y. Aiura, T. Saitoh, H. Eisaki, H. Bando, A. Ino, M. Arita, K. Shimada, H. Namatame, M. Taniguchi, T. Masui, S. Tajima, M. Ishikado, K. Fujita, S. Uchida, J.F. Douglas, Z. Sun, D.S. Dessau, *A re-examination of the oxygen isotope effect in ARPES spectra of  $Bi2212$* , Physica C, 査読有, 463-465 巻 (2007), 52 ~ 55.

[学会発表](計23件)

[その他]

<http://staff.aist.go.jp/y.aiura/>

平成 21 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰(開発部門) 相浦 義弘、2009/04/14