

シンクロトロン光およびレーザー光電子分光を用いた Au(111)の フェルミ準位近傍のバンド構造研究

野方裕太郎¹、山本勇²、東純平²、今村真幸²、高橋和敏²、鎌田雅夫²

¹佐賀大学大学院 工学系研究科、²佐賀大学 シンクロトロン光応用研究センター

物質の電子状態、特にフェルミ準位近傍のバンド構造は、様々な物性を支配する大きな要因の一つであるため、デバイスの材料開発や機能設計において、非常に重要な情報である。このバンド構造を正確に測定できる手法として、シンクロトロン光を利用した角度分解光電子分光 (ARIPPE) が挙げられる。通常、ARIPPE では、フェルミ準位以下の占有電子状態を始状態として、真空準位以上の非占有電子状態を終状態として知見を得ることができる。しかしながら、フェルミ準位から真空準位までの非占有電子状態に関する知見を得ることができない。この非占有電子状態を測定できる手法はいくつかあるが、超短パルスレーザーを利用した角度分解2光子光電子分光 (AR2PPE) は、ARIPPE と同じ光電子アナライザーを用いることができ、光源を切り替えるだけで、同一環境での測定が可能である。そこで本研究では、ARIPPE と AR2PPE を組み合わせた実験を行い、Au(111)のフェルミ準位から真空準位までの領域を含むバンド分散を決定した。



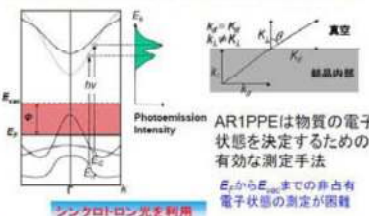
シンクロトロン光およびレーザー光電子分光を用いた Au(111)のフェルミ準位近傍のバンド構造研究

¹野方 裕太郎, ²山本 勇, ²東 純平, ²今村 真幸, ²高橋 和敏, ²鎌田 雅夫
¹佐賀大学 工学系研究科
²佐賀大学 シンクロトロン光応用研究センター
 E-mail: 13576019@edu.cc.saga-u.ac.jp

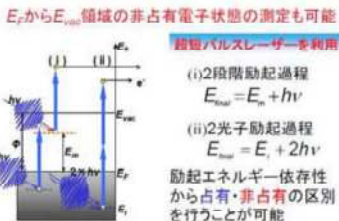


INTRODUCTION

Angle-resolved Photoemission Spectroscopy



2-Photon Photoemission Spectroscopy



Purpose

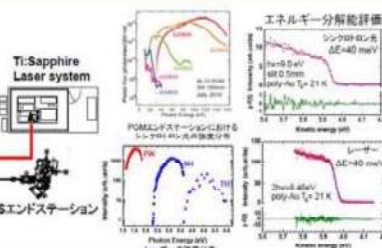
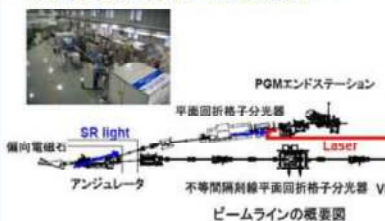
シンクロトロン光を用いたAR1PPEと超短パルスレーザーを用いたAR2PPEを組み合わせて E_F から E_{sub} を含むAu(111)のバンド分散を決定する

2PPEと組み合わせるメリット
 ・光電子分光と同じアナライザーを使用(同環境測定)
 ・高エネルギー・波数分解能な測定
 ・時間分解実験へと発展が可能

①他の非占有の測定手法: 逆光電子分光, 内殻吸収分光...

EXPERIMENTAL

SAGA-LS 佐賀大学ビームラインBL13



Experimental Condition

クリーニング条件

- ・Ar-Sputtering
 加速電圧: 1.0kV, 時間: 20min
- ・Annealing
 温度: 800K, 時間: 20min

測定条件

- ・角度分解1光子光電子分光(AR1PPE)
 励起光: シンクロトロン光 8.0-27.0eV
 測定温度: 室温(300K)
 測定方向: $\Gamma-M$
- ・角度分解2光子光電子分光(AR2PPE)
 励起光: 超短パルスレーザー "Chameleon" 4.54-5.03eV



LEED像

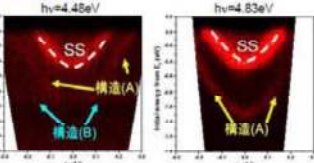


RESULT and DISCUSSION

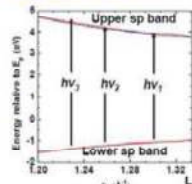
AR1PPE



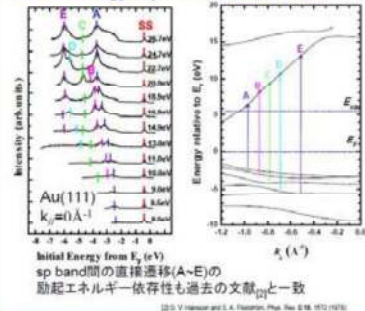
AR2PPE



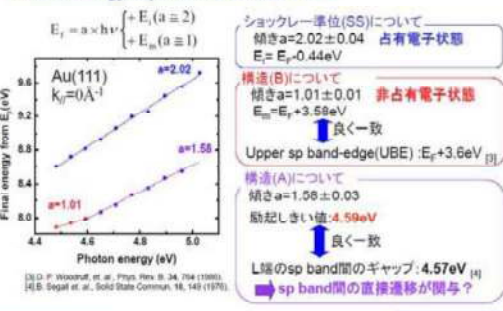
構造(A)について



Photon Energy dependence of AR1PPE

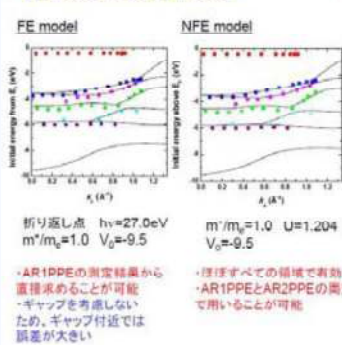


Photon Energy dependence of AR2PPE

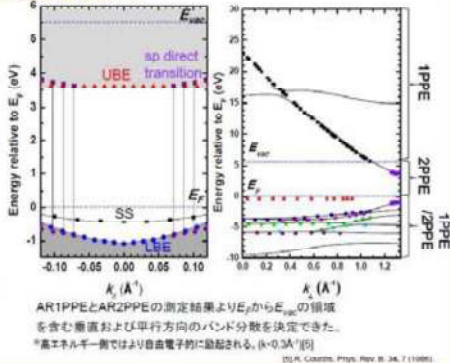


垂直方向の分散式
 $E(k) = \alpha(k - k_{\parallel})^2 + E_0$
 $E(k) = \alpha(k - k_{\parallel})^2 + E_0$
 $\alpha = 44.57$ $E_m = 3.62$
 $\alpha = -31.21$ $E_s = -0.06$
 2PPEのエネ ルギー保存則
 $E_m = E_{exc} - h\nu$
 $E_s = E_{exc} - 2h\nu$
 sp-band間の直接遷移に関する励起エネルギー依存性の理論値は
 $\frac{dE_{exc}}{d(h\nu)} = \left[1 + \left(1 + \frac{\alpha_s}{\alpha_m} \right) \right]$
 $= 1.59$ 構造(A)の傾きと一致
 構造(A)はsp band間の直接遷移

FE model vs NFE model



Band dispersion



CONCLUSION

シンクロトロン光およびレーザー光電子分光を組み合わせAu(111)のバンド分散を調べた
 ●1PPEを用いて, Au(111)特有のショックレー準位, Lower sp band-edge, sp band間の直接遷移を観測し, 理論計算との比較からL方向のバンド分散を決定した。
 ●2PPEを用いることで, 新たに構造(A), 構造(B)を観測し, 構造(A)はsp band間の直接遷移, 構造(B)はupper sp band-edge だと分かった。
 また, L帯におけるsp band間のギャップを直接決定した。
 ●NFE modelを用いて非占有領域を含むAu(111)の垂直方向の分散を決定することができた
 以上の結果より, E_F から E_{sub} の領域を含む表面垂直および平行方向のバンド分散を決定できた。
 今後の展望
 時間分解実験を行い, 励起電子ダイナミクスを調べる。