

サブ 10 fs 極端紫外領域高次高調波による時間分解 ARPES の実現

Time-resolved ARPES based on sub-10-fs high-harmonic source
in the extreme ultraviolet regionNTT 物性基礎研¹, 東京理科大学理工², 関西学院大学³ ○(M1)當銘 賢人^{1,2}, 小栗 克弥¹,
増子 拓紀¹, 加藤 景子¹, 関根 佳明¹, 日比野 浩樹³, 須田 亮², 後藤 秀樹¹NTT Basic Research Labs.¹, Tokyo Univ. of Science², Kwansei Gakuin Univ.³ ○Kento Toume^{1,2},
Katsuya Oguri¹, Hiroki Mashiko¹, Keiko Kato¹, Yoshiaki Sekine¹, Hiroki Hibino³, Akira Suda² and
Hideki Gotoh¹

E-mail: oguri.katsuya@lab.ntt.co.jp

近年、PHz 周波数デバイスの動作原理となりうる光波周期の時間スケールの動的光物性が注目されている[1]。このような現象を実時間で捉え、その物理的描像を理解するために、ブリルアンゾーン全域に渡る電子バンド状態を実時間で測定可能な時間分解 ARPES(Angle-resolved photoemission spectroscopy)は有望な手法である。最近では、アト秒領域の時間分解 ARPES を達成するために高次高調波をプローブ光として用いる手法が取り組まれている[2]。このような動的光物性を観測する際には、ポンプ光を光波電界として捉えられるほど短い時間幅のプローブ光を用いることが重要になる。本講演では、これまでより高い光子エネルギーに位置する 42.5 eV の極端紫外領域の高次高調波光源を用いることで、サブ 10 fs 級計測が可能な高時間分解 ARPES を実現したので報告する。

本システムは、Ti:S チャープパルス増幅器（中心波長 790 nm、パルス幅 20 fs、パルスエネルギー 1.3 mJ）をベースとしており、790 nm のレーザーパルスと Ar ガスセルにより発生させた高次高調波パルスを用いた時間分解 ARPES 装置である[3]。発生した 27 次高調波（42.5 eV）をプローブ光としてポンプ・プローブ ARPES 計測を行った。図 1(a)は、高配向熱分解グラファイト（HOPG）の K 点近傍の ARPES スペクトルの時間発展である。これはポンプ光（照射強度 1.0×10^{10} W/cm²）により電子が励起されることで、電子が価電子帯から伝導帯へと遷移している様子に対応する(図 1(b))。図 1(c)は伝導帯へ光励起された電子密度の時間発展である。誤差関数 $\text{erf}[(t-t_0)/\tau]$ にフィッティングすることによって、その時間変化が $\tau=13 \pm 7$ fs と見積もられた。ポンプ光の半値全幅が 20 fs であることから、プローブ光の半値全幅は 8 fs であると評価できた。この時間幅は世界最短レベルであり[2]、プローブ光の高光子エネルギー化によって広域のブリルアンゾーンを計測可能なサブ 10 fs 時間分解能の ARPES が実現できることを示した。

本研究の一部は、科学研究費補助金 JP23310086、JP16H02120 の支援を受けて行われた。

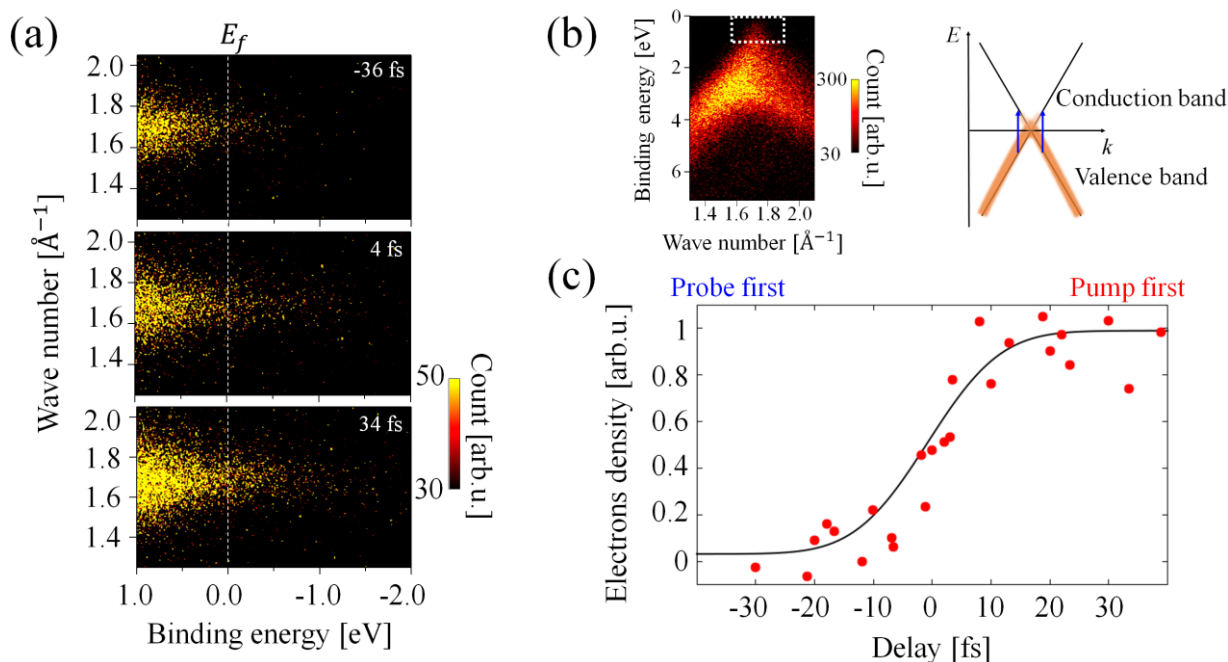


Fig. 1. Time-resolved ARPES spectra at K-point of the HOPG. (a) Snapshots of ARPES spectra, (b) band structure and schematic illustration of the dynamics of the electrons. (c) electrons density at conduction band as a function of time delay.

[1] M. Schultze, *et al.*, Nature **493**, 75 (2013); H. Mashiko, *et al.*, Nature Phys. **12**, 741 (2016).

[2] I. Gierz *et al.*, Phys. Rev. Lett. **115**, 086803 (2015); G. Rohde *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **87**, 103102 (2016).

[3] 當銘他、第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 6a-S45-4 (2017).