

電子線によるアト秒・オングストローム分解能イメージングに向けて

Towards Attosecond-Angstrom Imaging with Electron Pulses

Ludwig-Maximilians-Universität München¹, Max-Planck-Institute of Quantum Optics²,

○Yuya Morimoto (森本裕也)^{1,2}, Peter Baum^{1,2}

E-mail: Yuya.Morimoto@lmu.de

おおよそ全ての光と物質の相互作用は、原子レベルでの電子ダイナミクスを初期過程とする。2001年にアト秒レーザーパルスの発生が報告されて以来、電子ダイナミクスを実時間で観測することが可能になった[1]。しかし、アト秒レーザーの波長は 10 nm 程度と原子サイズの 100 倍程度であるため、電子の動きに関する空間的な情報を得ることは極めて困難である。本研究では、ピコメートルの波長を有する電子線を、レーザー場を用いてアト秒の時間幅に圧縮することで、原子サイズ以下の空間分解能を達成可能なアト秒測定法を開発した[2]。更に、アト秒電子パルスを用いた、アト秒電子顕微鏡像、アト秒電子回折像の撮影にも成功した[2]。本研究により、アト秒計測法に高空間分解能が付加されると同時に、電子線を用いたイメージング手法の時間分解能が 2 桁程度向上した。

図 1 に、実験の概略図を示す。光電効果によって発生した電子を静電場で 70 keV（ド・ブロイ波長 4.5 pm）まで加速する。その後、電子線は厚さ 50 nm の窒化ケイ素薄膜上で、波長 1030 nm、強度 5×10^7 V/m (3×10^8 W/cm²) のレーザー場と交差する。薄膜によってレーザーと自由電子の相互作用が媒介された結果、自由電子は薄膜を通過する際のレーザー電場の方向に応じて、加速あるいは減速（約 2 eV）を受ける。周期的な加減速を受けた電子線は数ミリメートル伝搬した後、アト秒電子パルス列を形成する。このアト秒電子パルスを用いて、圧縮用薄膜の後方に設置された試料の顕微鏡像や回折像を取得する。試料の励起には、圧縮用レーザーと位相が固定された 1030 nm 光やその高調波が適している。

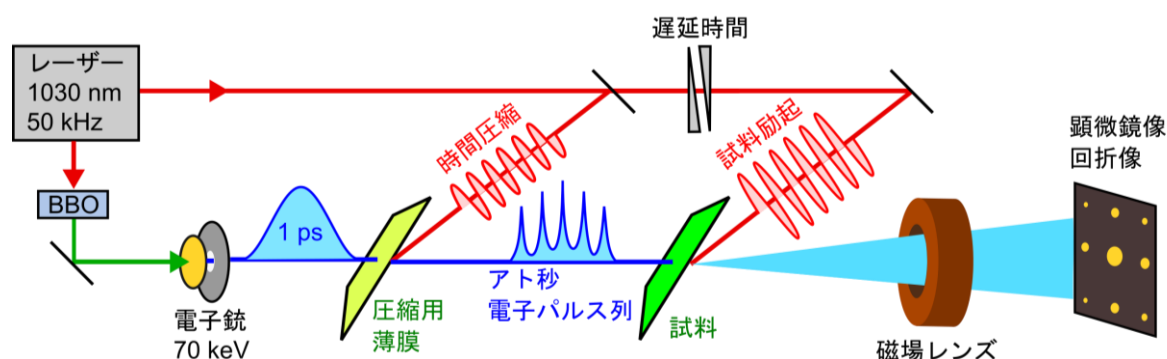


図 1. アト秒電子線イメージングのコンセプトと実証実験。

[1] P. B. Corkum and F. Krausz, *Nat. Phys.* **3**, 381 (2007); K. Midorikawa, *Jpn. J. Appl. Phys.* **50**, 090001 (2011).

[2] Y. Morimoto and P. Baum, submitted.