

フェムト秒レーザーで駆動するチップ陰極型電子源の開発 Development of tip-emitter-based electron source driven by femtosecond laser

東北大多元研 ○上杉 祐貴, 渡辺 和樹, 佐藤 俊一

IMRAM, Tohoku Univ., ○Yuuki Uesugi, Kazuki Watanabe, Shunichi Sato

E-mail: uesugi@tohoku.ac.jp

光と自由電子の相互作用はトムソン断面積程度の小さな反応過程であり、従来、積極的にこれを利用する応用技術はほとんど存在しなかった。しかし近年、ピコ秒以下の時間分解能を有する超高速電子顕微鏡法の進展 [e.g. D. S. Yang, O. F. Mohammed, A. H. Zewail, *Proc. Natl. Acad. Sci.* **107**, 14993 (2010).] により、パルス電子ビームと高強度レーザーを組み合わせた位相差顕微鏡 [H. Müller *et. al.*, *New. J. Phys.* **12**, 073011 (2010).] や、電子渦ビーム発生 [J. Handali, P. Shakya, B. Barwick, *Opt. Express* **23**, 5236 (2015).] の提案がなされている。ここで、いずれの例も卓上規模のモード同期フェムト秒レーザー光源で容易に到達できるレーザーパワー密度である点が重要である。これまで、光と電子の非線形現象はペタ/エクサワット級レーザーによる超高強度場の物理が注目されてきた。それに比べて数桁低い強度スケールで有用な応用技術が存在することは大変興味深く、今後の発展次第では電子顕微鏡法分野に大きなブレイクスルーをもたらす可能性があるかと期待している。

電子ビームとフェムト秒レーザーの非線形相互作用による新規応用技術の開発のために、今回我々は、チップ陰極の先端にフェムト秒レーザーを照射して駆動する新しい型の電子銃 [P. Hommelhoff, Y. Sortais, A. Aghajani-Talesh, M. A. Kasevich, *Phys. Rev. Lett.* **96**, 077401 (2006).] を設計/開発した。この電子銃はサブピコ秒の時間構造に加えて高い空間コヒーレンスを備えており、レーザー非線形相互作用による電子ビームへの位相変調の効果を観測するのに適している。本研究ではショットキー電子銃に使用される市販のチップ陰極を小型の SUS 製チャンバーに収めて、ターボ分子ポンプと非蒸発ゲッターポンプの組み合わせで超高真空 (10^{-7} Pa 台) まで排気して使用した (figure 1)。設計した電子源の特性を評価するためにエミッタに電流を印加して 1800 K に加熱し、最大 3kV の引き出し電圧で放出電流量を計測した。その後、石英ポートより紫外 (波長 405 nm) のレーザーをチップ先端に照射して光学系のアライメントを行い (figure 2)、レンズで集光した後に光電効果による放出電子量の増加を確認した。講演では開発した電子源とレーザー駆動用の光学系に加えて、電子ビームとフェムト秒レーザーの非線形現象の観測に向けた検討についても紹介する。

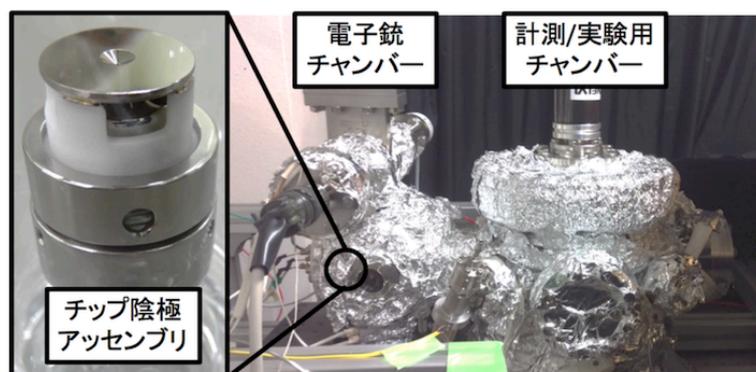


Fig. 1. Photographs of the tip emitter assembly and the vacuum chambers. The electron-gun-chamber has fused glass windows passing through a laser beam for driving the emitter.

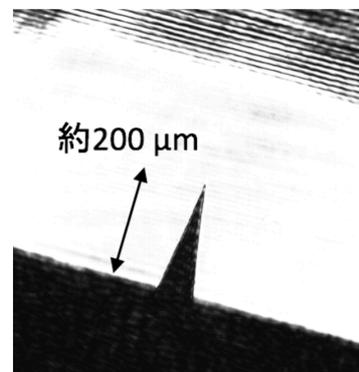


Fig. 2. A CCD image of the tip emitter illuminated by the (unfocused) UV laser.