

先端光源を駆使した光科学・光技術の融合展開  
平成 21 年度採択研究代表者

H25 年度 実績報告
----------------

細貝知直

大阪大学 光科学センター  
特任准教授

光制御極短シングル電子パルスによる原子スケール動的イメージング

## §1. 研究実施体制

### (1)「大阪大学」グループ

- ① 研究代表者:細貝 知直 (大阪大学光科学センター、特任准教授)
- ② 研究項目
  - ・レーザーバーチャルカソード研究開発
  - ・電子輸送／光同期オプティクス研究開発
  - ・物質ダイナミクス研究

### (2)「島根大学」グループ

- ① 主たる共同研究者:荒河一渡 (島根大学 総合理工学部 物質科学科、准教授)
- ② 研究項目
  - ・電子輸送／光同期オプティクス研究開発

## §2. 研究実施の概要

### 2-1レーザーバーチャルカソード(LVC)研究開発(阪大グループ)

超高時間空間分解能電子イメージング(フェムト秒オーダー、原子～サブナノスケール)に用いる極短性・大電荷量性・低エミッタンス性・高い単色性を同時に併せ持つ電子ビーム源をレーザー航跡場加速(LWFA)スキームで実現する。昨年に続き、多段レーザー航跡場加速の整備として、入射器のさらなる安定化と追加速航跡場の安定生成に取り組んだ。まず、再現性の高い極短入射電子をプラズマから得る為に、レーザーパルス波形制御の改良、外部磁場印等によるプラズマ制御技術開発、ガス標的装置の改良を行い、より高い位置精度(昨年度達成値の10倍以上の精度)での電子ビームの発生とステアリングの技術を確立した。さらに、プラズママイクロオプティクスを開発を進め、入射極短電子ビームのエネルギーの増幅と単色化を追求するための追加速レーザー航跡場(光キャビティ)の安定生成を確認した。

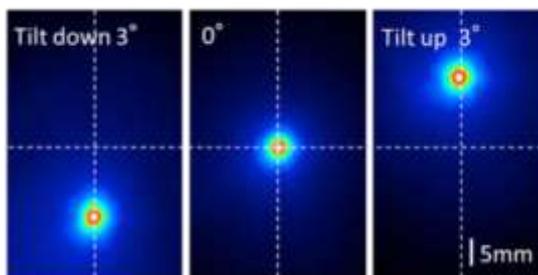


図 2-1 正確な電子ビームのステアリング

### 2-2電子輸送/光同期オプティクス研究開発(阪大グループ・島根大グループ)

レーザー航跡場から発生する電子ビームをイメージング標的までにパルスの極短性を維持したまま輸送し、輸送途中にエネルギースペクトルの準単色化も行うビーム補償輸送技術の開発を行ってきた。LWFA からの指向性の高い電子ビーム発生法とその方向制御法、さらに、追加速航跡場の安定生成法を確立したことにより、従来加速器に用いられるビームオプティクス(電磁石、永久磁石等)を用いてレーザー航跡場加速の電子ビームを長距離輸送する目処が立ち、LWFA 加速器ビームライン(イメージングプラットフォーム)を構築し7.5mの伝送とビーム集束に成功した。ビームラインの構築に際しては、極短電子イメージングの条件を考慮して電子輸送の設計とあわせて検討を行った。

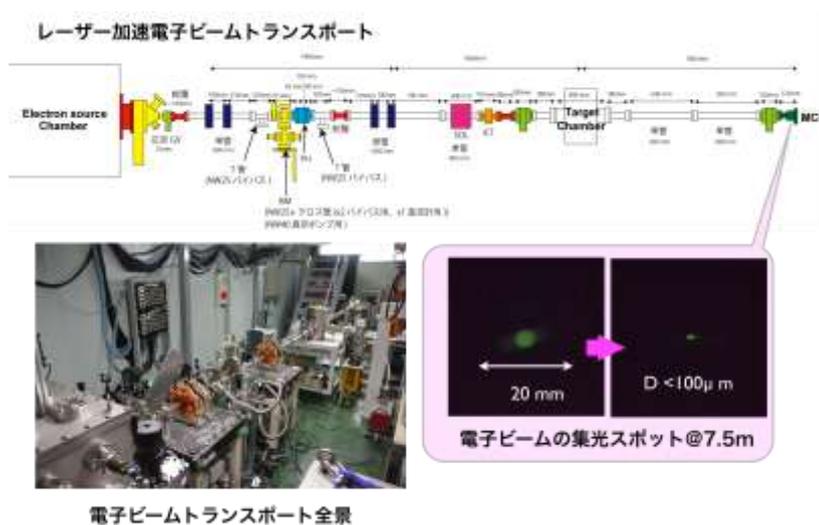


図 2-2 LWFA 電子ビームラインとその全景、電子ビームの集束スポット。

### §3. 成果発表等

#### (3-1) 原著論文発表

##### 論文詳細情報(国際)

1. Y. Oshima, R. Nishi, K. Asayama, K. Arakawa, K. Yoshida, T. Sakata, E. Taguchi, and H. Yasuda, “Lorentzian-like Image Blur of Gold Nanoparticles on Thick Amorphous Silicon in Ultra-High-Voltage Transmission Electron Microscopy”, *Microscopy*, Vol. 62, pp. 521-531, 2013 (DOI: 10.1093/jmicro/dft031).
2. Junghun Shin, Alexei Zhidkov, Zhan Jin, Tomonao Hosokai and Ryosuke Kodama, “Mode-selective terahertz emission from rippled air irradiated by femtosecond laser pulses”, *Appl. Phys. Express*, Vol. 7, No. 4, pp. 046202\_1-046202\_4 (2014)
3. Junghun Shin, Zhan Jin, Tomonao Hosokai, Ryosuke Kodama, “Exponential enhancement of terahertz power from asymmetric plasma profile pumped by two-color laser femtosecond pulses”, *JPS Conf. Proc.* 1, Proceedings of the 12th Asia Pacific Physics Conference (APPC12), pp. 015091\_1-015091\_4 (<http://dx.doi.org/10.7566/JPSCP.1.015091>)
4. Yoshio Mizuta, Tomonao Hosokai, Shinichi Masuda, A. Zhidkov, Nobuhiko Nakanii, Zhan Jin, Hiroki Nakahara, Tomohiro Kohara, Kenta, Iwasa, Masaki Kando, Sergei Bulanov, and Ryosuke Kodama, “Characterization of splash plasma channels for guided-laser-wake field acceleration”, *JPS Conf. Proc.* 1, Proceedings of the 12th Asia Pacific Physics Conference (APPC12), pp. 015092\_1-015092\_4 (<http://dx.doi.org/10.7566/JPSCP.1.015092>)
5. Junghun Shin, Zhan Jin, Tomonao Hosokai, Ryosuke Kodama, “Probe beam-free detection of terahertz wave by electroluminescence induced by intense THz pulse,” *J. Phys.: Conf. Ser.* (Submitted)
6. Yoshio Mizuta, Tomonao Hosokai, Shinichi Masuda, Alexei Zhidkov, Nobuhiko Nakanii, Zhan Jin, Hiroki Nakahara, Tomohiro Kohara, Kenta, Iwasa, Masaki Kando, Sergei Bulanov, and Ryosuke Kodama, “Wave Guided Laser Wakefield Acceleration in Splash Plasma Channels”, *J. Phys.: Conf. Ser.* (Submitted)
7. A. Giulietti, A. Andre, S. Dobosz Dufrenoy, D. Giulietti, T. Hosokai, P. Koester, H. Kotaki, L. Labate, T. Levato, R. Nuter, N. C. Pathak, P. Monot, and L. A. Gizzi, “Space-and time-resolved observation of extreme laser frequency upshifting during

ultra-fast-ionization”, Phys. of Plasmas, 20, 082307 (2013)  
(<http://dx.doi.org/10.1063/1.4818602>)

8. Sergei V. Bulanov, Timur Zh. Esirkepov, Masaki Kando, James K.Koga, Tomonao Hosokai, Alexei G. Zhidkov, and Ryosuke Kodama, “Nonlinear Plasma waves in magnetized plasmas”, Phys. of Plasmas, 20,083113  
(2013)(<http://dx.doi.org/10.1063/1.4817949>)