

シード FEL によるコヒーレント極端紫外パルス光源

岩崎 純史

東京大学大学院理学系研究科附属超高速強光子場科学研究センター

2006年6月、SPring-8に於いて理研・JASRI X線自由電子レーザー計画合同推進本部によって建設されたSCSS (SPring-8 Compact SASE Source, SASE; Self-amplification of spontaneous emission) 試験加速器の発振が達成された。その後、様々な運転試験や、ユーザー利用実験が行われ、それらの成果を元に現在のSACLA-XFELとSXFEL(SACLA-BL1)の実現に至っていることは周知の通りである。我々は、2007年度「X線自由電子レーザー利用推進研究課題」に採択され、利用研究に参加することになった。私自身は放射光施設に足を踏み入れた経験もなかったが、共同研究者や施設の研究者、技術者の皆様に助けをいただきながら、SCSS試験加速器での実験[1-3]を行ったことは、非常に良い経験となった。

同じ頃、SCSS試験加速器の原先生を中心として、FEL発振波長と同じレーザーパルスを入射部アンジュレータ部にシード光として電子バンチと共に導入しFEL発振するという、シードFEL技術の開発が行われていた[4]。当時、高次高調波のようなコヒーレント光とSASE-FEL光の違いが、原子・分子の分光計測にどのような影響を与えるのか検討を始めていたが、2008年よりこの研究に我々も参加することとなった。ドライブレーザーパルス発生、高次高調波発生、電子ビームと高次高調波パルスとの時空間重なりなどを実現して、2010年にSCSS試験加速器の発振波長である61.5 nmと53 nmにおいてシードFELパルス発生に成功した[5]。その後、いくつかの改良を行い、SASE-FELパルスと同程度の20マイクロジュールのパルスエネルギー発生を達成した[6-8]。

講演では、シードFELによるコヒーレントEUVパルスの発生の最近の事例とともに、関連する話題も交えながら紹介し、今後の高繰り返し極短パルス技術の展望について議論したい。

References

1. T. Sato *et al.*, "Multi-photon ionization of atoms and molecules by intense XUV-FEL light: Application to methanol and ethanol molecules," *Rev. Laser Eng.*, **37**, 905-910 (2009).
2. 佐藤 堯洋, 岩崎 純史, 沖野 友哉, 山内 薫, "高輝度 EUV-FEL 光を用いた分子の非線形光学過程," *放射光* **23(5)**, 295 (2010).
3. T. Sato *et al.*, "Determination of absolute two-photon ionization cross-section of He by XUV Free Electron Laser," *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.*, **44**, 161001 (2011).
4. Lambert *et al.*, "Injection of harmonics generated in gas in a free-electron laser providing intense and coherent extreme-ultraviolet light," *Nature Physics* **4**, 296 (2008).
5. T. Togashi *et al.*, "Extreme ultraviolet free electron laser seeded with high-order harmonic of Ti:sapphire laser," *Optics Express* **19**, 317-324 (2011).
6. A. Iwasaki *et al.*, "Photoionization of Atoms and Molecules by Intense EUV-FEL Pulses and FEL Seeded by High-Order Harmonic of Ultrashort Laser Pulses," *Rev. Laser Eng.*, **40**, 685-688 (2012).
7. 岩崎 純史, 佐藤 堯洋, 山内 薫, "極端紫外域高輝度コヒーレント光源: 高次高調波シード型自由電子レーザー" *レーザー加工学会誌*, **19(1)**, 60-62 (2012).
8. H. Tomizawa *et al.*, "Stabilization of a high-order harmonic generation seeded extreme ultraviolet free electron laser by time-synchronization control with electro-optic sampling," *High Power Laser Science and Engineering* **3**, e14 (2015).