

高次高調波発生を用いた MCD 計測用光源の開発

高橋栄治

(理研 光量子工学研究センター)

Femtosecond soft x-ray sources via high-order harmonics for ultrafast MCD measurements

Eiji J. Takahashi

(RIKEN Center for Advanced Photonics, RIKEN)

1 はじめに

大型放射光は磁性材料等の物質の状態を計測する上で非常に有用な光源であり、多くの研究者が使用している。一方でレーザーからの波長変換プロセスである高次高調波発生を利用したアト秒光源開発は、超短パルスレーザー技術の進展と共にそのパルス幅を 50 アト秒以下にまで短縮している。また発生光子エネルギーも長波長・超短パルスレーザーの高度化により、カーボンや酸素の K 吸収端¹⁾にまで拡張されるようになっており、X 線吸収微細構造 (XAFS) 計測²⁾に高調波ビームが利用されるまでになっている。さらに 2015 年に実現された円偏光高次高調波光源³⁾の登場により、軟 X 線磁気円二色性分光 (MCD) への高調波光源応用も始まろうとしている。高次高調波光源は比較的小型なレーザーシステムを用いて発生させることが可能であり、高精度に時間同期されたポンプ・プローブ計測を行う事ができることから、例えば放射光では不可能なフェムト秒 XFAS やフェムト秒 MCD といった新しい測定法への展開が期待されている。一方で広域なアプリケーション開発において必要不可欠となる高次高調波パルス自身の出力エネルギーは未だに低く、光源応用の範囲は吸収分光等に限定されている。

2 MCD 計測を目指した次世代アト秒高次高調波光源の開発

我々の研究チームでは高次高調波の高出力化及び高光子エネルギー化を目指し、独自の高エネルギー化法やその為の励起レーザーシステムの開発に取り組んでいる。開発目標としている高次高調波光源の光子エネルギー域は sub-keV から数 keV であり (図 1 参照)、具体的な光源アプリケーションとして XAFS, MCD, コヒーレントイメージング法との組み合わせによるナノ構造イメージングを検討している。特に MCD 計測においては強磁性体材料の L 吸収端をカバーできる次世代のアト秒高次高調波光源を開発し、ポンプ・プローブ法と組み合わせる事でフェムト秒スピントロニクス研究という新しいサイエンスを切り開くことを目指している。その為の高調波励起レーザーシステムとして研究チームでは、二重チャープ光パラメトリック増幅 (DC-OPA) を用いた TW 級超短パルス中赤外レーザー⁴⁾、及び 3 色の超短パルスレーザーを用いた光シンセサイザーの開発に現在取り組んでいる。講演では最新のレーザー開発状況を紹介しますと共に、磁性体研究に資する次世代アト秒高調波光源の開発状況とその展開について講演する予定である。

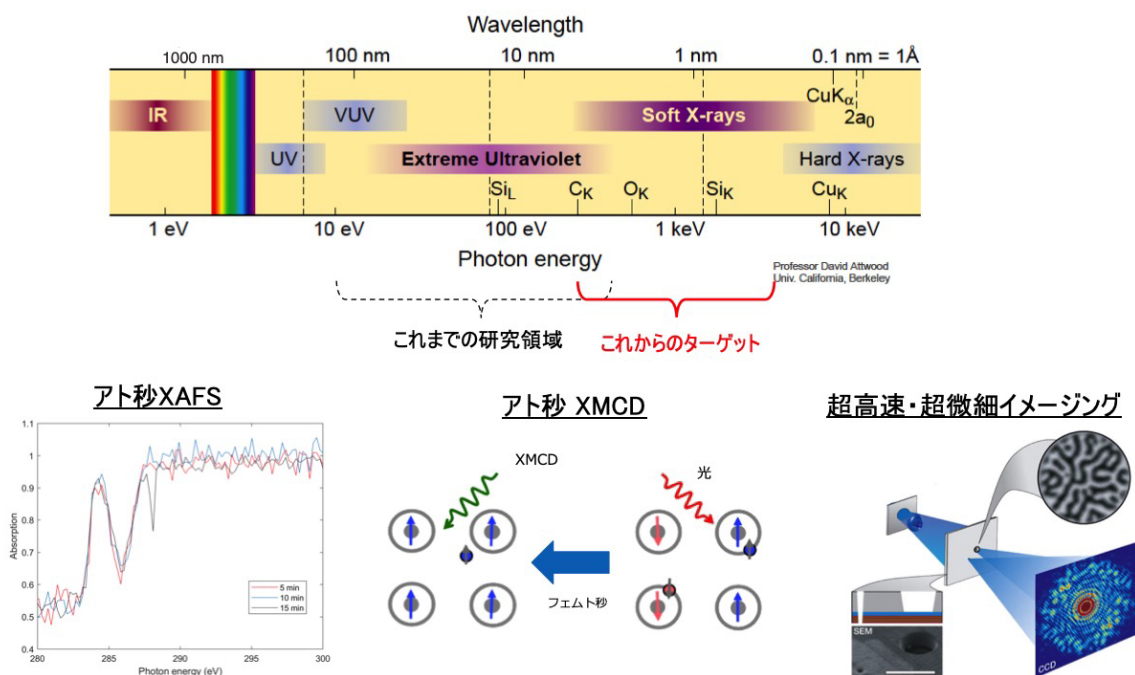


Fig. 1 高強度アト秒パルス光源の波長域の拡張と応用研究例

References

- 1) E. J. Takahashi, T. Kanai, K. L. Ishikawa, Y. Nabekawa, and K. Midorikawa, "Coherent Water Window X Ray by Phase-Matched High-Order Harmonic Generation in Neutral Media," *Physical Review Letters*, vol. 101, no. 25, p. 253901, (2008).
- 2) D. Popmintchev et al., "Near- and Extended-Edge X-Ray-Absorption Fine-Structure Spectroscopy Using Ultrafast Coherent High-Order Harmonic Supercontinua," *Physical Review Letters*, vol. 120, no. 9, p. 093002, (2018).
- 3) D. D. Hickstein et al., "Non-collinear generation of angularly isolated circularly polarized high harmonics," *Nature Photonics*, vol. 9, no. 11, pp. 743-750, (2015).
- 4) Y. Fu, K. Midorikawa, and E. J. Takahashi, "Towards a petawatt-class few-cycle infrared laser system via dual-chirped optical parametric amplification," *Scientific Reports*, vol. 8, no. 1, p. 7692, (2018).