

分光科学者の研究手段になる 2.8fsのDUVパルス

現在のフェムト秒(fs)とアト秒(as)の光パルスによって、科学者は原子、分子、ナノ粒子などの詳細な研究が可能になっている。例えば、分子に少数サイクルの深紫外線(DUV)パルスを照射して価電子帯の電子を操作すると、分子はアト秒分光法による高解像の研究が可能になる。

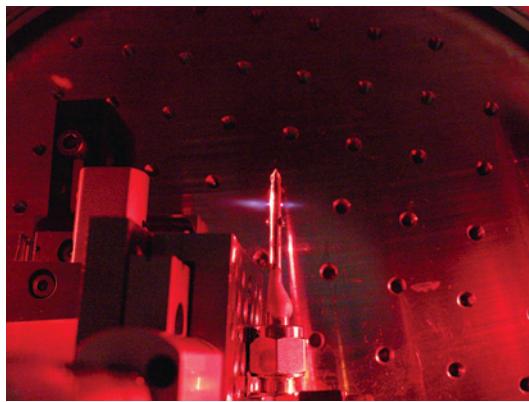
これまでに生成されたDUV領域の超短パルスの持続時間は3.7fsであった(アト秒パルスは極端紫外(EUV)波長よりも短い光から構成される)。しかし、独マックスプランク量子光学研究所、ミュンヘン工科大学およびルートヴィヒ・マクシミリアン大学とサウジアラビアのキング・サウード大学の研究者たちは共同して、1fs以下の実現可能性もある2.8fsの超短パルスを発生させる直接周波数変換手法を開発した⁽¹⁾。

ネオンによる周波数3倍化

この超短パルスを実現するために、研究者グループは5バールのネオンを充填した3mm長の気体セルを準備し、そのなかにサブ4fs近赤外(NIR)レーザーパルスを通して周波数3倍化を行った。ブルースター角に配置された一連の高分子薄膜を用いて、750nmのキャリア波長をもつ0.25mJの広帯域パルスの偏光変換が行われ、この偏光が1.5μJのエネルギーをもつDUVパルスとして放射された。より強力な共線IR放射パルスの発生は、シリコンミラーによるブルースター角の反射を使用し、DUVパルスのエネルギーを約300nJにまで減少させるフィルタリングに基づ

いて行われた。

この真空容器のなかの気体セルは光学窓が不要になることを意味する「擬似静止状態」と呼ばれる方式に属している。気体はセルの二つの小さい穴から流出し、集束されたIRレーザービーム



真空容器のなかでネオンを充填した気体セルを用いた広帯域IRレーザーパルスの周波数3倍化が行われる。(資料提供:エレフテリオフ・グーリエルマキス氏)

が穴の一つからセルに入り、もう一つの穴から出る。

気体セルの下流では、すべてが反射型の光学系(すべての分散が排除される)を使用して、パルスの自己相関測定が行われる。この測定装置はクリプトン(Kr)原子の3光子イオン化に基づくイオン質量分光計が内蔵されている。DUVパルスは分離され、可変遅延の状態になる。Krイオンの収率はDUVパルスのフリンジ分解自己相関係数に対応する遅延の関数になる。発生するUVスペクトルは230~300nmまでに広がる線幅となり、そのピークエネルギーは263nmに現われる。

測定によるパルス長は2.8fsであったが、この値はパルスのUVスペクト

ルを測定して計算するフーリエ限界値の2.5fsとよく一致した。

分光研究のための電子の完全制御

研究グループは、これらのDUVパルスを用いると、電子の価電子帯では重ね合わせの状態が効率よく生成され、中性分子への価電子波束の励振が初めて可能となり、強いNIR線が存在しなければ、これらの分子の時間分解吸収分光と光電子分光の研究が可能になると確信している。

この共同研究のリーダーを務めるエレフテリオス・グーリエルマキス氏は、「この研究の第1段階では勇気付けられる成果が得られた。しかし、このアプローチのすべての可能性が明らかになったとは考えていない。現在われわれは、このような気体セルのなかでの単一サイクルに近いレーザーパルスの非線形ダイナミクスを利用して、より広いUVスペクトル発生の可能性を研究している。このようなスペクトルを利用すると、このスペクトル領域におけるサブフェムト秒パルスの発生が可能になる。その最初の実験からは非常に有望な結果が得られたと考えている。したがって、この技術はまもなくEUVアト秒パルスとともに、電子をナノスケールで完全制御する技術として、重要な役割を果すはずだ」と語っている。

(John Wallace)

参考文献

- (1) F. Reiter et al., Opt. Lett. 35, 13, p.2248 (July 1, 2010).