

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 高強度光電界による電子操作技術の開拓

2. 研究代表者： 渡部 俊太郎（東京大学物性研究所 教授）

3. 研究概要

最新の高出力レーザー技術と光パルスの精密制御技術の融合により、軟 X 線サブ 100 アト秒パルスの発生と高強度任意電場波形の生成を行う。100 アト秒パルスをポンプ光およびトリガーとし、三角光電場で掃引する“アト秒オシロスコープ”を開発する。これにより、オージェ過程や化学反応などで発生する電子の超高速運動の連続写真を取ると同時に物質中の電子をアト秒領域で自由に操作する技術を開拓し、新機能の実証を目指す。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

(1) 研究の進捗状況について

1) 当初計画から見た進捗状況

世界最短の孤立アト秒パルスの発生と放出されたコヒーレント電子を任意波形電界で掃引するアト秒ストリークカメラの開発を目指す本研究は、他の研究グループが発生できない高出力フェムト秒パルスを発生するという点から始まっている。強力な Ti:S レーザー励起 OPCPA システムや、CEP 制御された多波長超短パルス光の光シンセサイザなど、きわめて困難な開発要素を抱えながら、計画通りの進捗を見せているのは、順調な進捗状況だと評価できる。

2) 当初計画では想定されていなかった新たな展開が生じたか

「東京大学物性研究所」グループでは、パルスガスジェット中の非線形効果によってサブ 4fs のパルス発生に成功し、「産業技術総合研究所」グループでは、 μJ 級のパルスエネルギーを実現し、ファイバレーザーで世界最短の 28fs のパルス発生に成功するなど、望ましい展開になっていると判断される。

3) 成果の科学的・技術的インパクト

中空ファイバーの限界を超えて 60as 以下、できれば 30as を目指すという本計画は、物性研の高出力超短パルス発生技術の蓄積があって始めて可能な計画であり、国内外の研究と一線を画すものである。また、高次高調波を含む多波長合成による光シンセサイザの開発は、CEP 制御を含むものとしては、世界最高水準のものである。電気と同じように光を制御したいという夢を実現するものとして、昔から追求されてきたが、X 線、アト秒という極限の光発生の要求だからこそ、そのような究極の光技術の実現が必要、かつ実現が可能となるのではないかと期待する。完成すればそのインパクトは極めて高い。

(2) 研究実施体制について

東大物性研渡部研究室と産総研鳥塚グループ間では、緊密な人事交流が行われてきたので、円滑な意思疎通が可能である。両グループとも優れた研究成果を上げてきており、今回のプロジェクトにおいては、産総研が開発してきた異なる波長の光を位相制御して重ね合わせる技術が生かされている。

4-2. 今後の研究に向けて

(1) 今後の研究の進め方は適当か

今年度末までに $\lambda \sim 6\text{nm}$ でサブ 100 アト秒パルスを発生し、本 CREST 後半の研究では、任意電場波形の形成に注力して、アト秒オシロスコープを実現しようとするもので、課題も残されているが正攻法で順調に研究が

進展すると期待できる。

本 CREST 研究の前半で、東大物性研および産総研で、それぞれ OPCPA と世界最短ファイバレーザーを開発しており、後半の研究でも、予想通りの成果が十分に期待できる。

(2) 今後見込まれる成果について

アト秒オシロスコープは新しい超高速分光基礎技術として、広く普及すると期待できる。また、任意電場波形生成法も、超高速光科学の新しいツールとして活用されるようになる。複数の光電場を重ねるには、これらの光電場の位相を極めて高精度に制御することが必要である。したがって、この方法が一般的なツールとして利用されるようになるかは、相対位相を長時間にわたり安定に保つ方法が開発できるかにかかっている。

4-3. 総合的評価

東大物性研と産総研のグループが密接に連携して、着実に研究を推進している。

本 CREST 研究の前半では、東大グループで OPCPA を開発してサブ 100 アト秒パルス発生は目前に迫っており、また産総研では任意電場波形形成の研究を推進し、世界最短 28fs ファイバレーザーの開発に成功している。

後半の CREST 研究において、東大と産総研がうまく連携して、物性研究に役立つアト秒オシロスコープが実現されることを期待したい。