

# 「スペクトラムシャトル」により、GHzバーストパルスのカスタマイズ可能な時空間成形が可能

東京大と埼玉大の研究チームが共同開発した光「スペクトラムシャトル」技術により、 $-0.01 \sim -10\text{ns}$ の間隔でギガヘルツ (GHz) のバーストパルスを同時に生成し、その空間プロファイルをカスタム調整することができる。この技術は、レーザアブレーションの時空間操作やGHz領域内の高度な超高速撮影など、さまざまなレーザアプリケーションに効力を発揮する。

GHzバーストパルスを生成するチームの研究の動機となったのは、超高速写真、レーザ加工、音波生成のための幅広いアプリケーションと、GHzバーストパルスを生成するための優れた方法の欠如である。

「われわれは、数十ピコ秒からナノ秒の間隔でバーストパルスを生成することに着目した」と、東京大大学院工学系研究科博士過程の島田啓太郎氏は説明している。「これらの時間スケールは超高速プロセスにとって重要であるが、そのようなパルスを生成する技術がなかった。ファイバベースや大型ミラー技術などの以前の方法では、望ましくない非線形効果や光学効率の低下という問題があった。さらに、バーストパルスのパルス間隔が短すぎるため、電気機器は各パルスの空間プロファイルを独立して操作できない」。

## スペクトラムシャトル

これらの課題を克服するために、研究チームは、超短パルスからGHzバーストパルスを生成するスペクトルシャトル

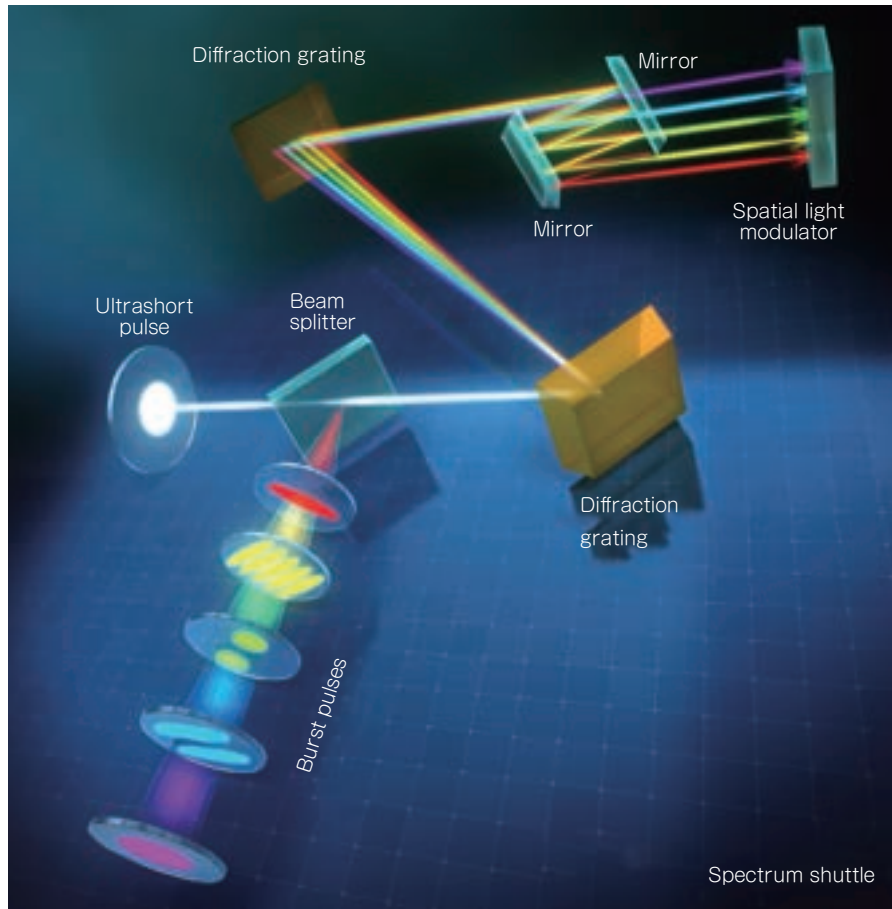


図 空間的に成形されたGHzバーストパルスを生成するためのスペクトルシャトルの図

トルを作成した(図参照)。「われわれの光学系は、従来のミラー、回折格子、空間光変調器を組み合わせて使用しているが、3次元(3D)構成で設計された独自の光路配置を採用している」と島田氏は話している。

それはどのように機能するか? 1つの超短パルスを2つの回折格子で水平にスペクトル分散し、一対の平行ミラーで異なる波長に空間的に分離する。これらの分離された垂直方向に整列し

たパルスは、平行ミラー内の往復回数に対応する時間遅延を取得する。分離されたパルスは、空間光変調器の異なる領域で変調され、元の光路に沿って戻ってくる。これらのプロセスにより、さまざまな波長と独自の形状の空間プロファイルのGHzバーストパルスが生成される。

スペクトラムシャトル法の基本性能を実証するために、研究チームは、 $0.1 \sim 3\text{ns}$ の間隔で1つのパルスからGHzバー

ストパルスを生成した。それらは、ピーク位置をシフトしたり、ピークパルスをパルスごとに分割したりすることで、連続するGHzバーストパルスを個別に空間的に成形する。

また、800nmと400nmの波長帯で超高速分光イメージングテストを行い、250psのフレーム間隔で超高速レーザーアブレーション中のプラズマと衝撃波のダイナミクスを捉えた。

「一般的な光学素子でも、光学セットアップ設計を3次元光学構成に拡張することで、GHz帯のバーストパルスを生成・成形できる新しい光学系を作り上げた。われわれのシンプルな光学セットアップにより、多くのユーザーがニーズに合わせて簡単に構築、変更

できる」と島田氏は話している。

その過程でチームにとって大きな課題は、電気的な操作では実現が困難な、バーストパルスの個別成形やバーストパルスの時間間隔の調整など、GHz領域内のバーストパルスの時空間操作を実現することだった。

「電気デバイスの応答速度は遅すぎでGHz帯のバーストパルスを操作できないが、この2つの機能を同時に満たすスペクトラムシャトルの構成により、全光操作を実現することで克服している」(島田氏)。

### 幅広いアプリケーション

スペクトラムシャトル法は、サブナノ秒からナノ秒スケールの高速現象を探索

するために不可欠な超高速写真のブレイクスルーへの扉を開き、多くの産業アプリケーションで高速プロセスを監視する方法に革命をもたらす可能性がある。

「GHz帯のバーストパルスを個別に成形できるこの能力は、精密レーザー加工、特に半導体や金属加工の新たな可能性を切り開き、レーザー手術を医療用途に最適化する大きな可能性を秘めている。われわれのシステムは、数百ミリメートルの空間に6つの光学素子を配置するものだ。また、このコンパクトな性質は、幅広い科学研究施設や産業アプリケーションにポータブルで汎用性があることを示唆している」と島田氏は話している。

(Sally Cole Johnson)

LFWJ

## THE FUTURE DEPENDS ON OPTICS™

TECHSPEC®

### 低GDD 誘電体膜超短パルス用 レーザーミラー

- 設計波長域で最小 $\pm 20\text{fs}^2$ までのGDD
- 99.9%超の反射率
- チタンサファイアやイッテルビウム (Yb) ドープの超短パルスレーザーに最適



エドモンド・オプティクス・ジャパン株式会社

〒113-0021 東京都文京区本駒込2-29-24

パシフィックスクエア千石 4F

TEL: 03-3944-6210 E-mail: sales@edmundoptics.jp

**EO** Edmund  
optics | japan

詳しい情報はこちらへ:

[www.edmundoptics.jp/054-8153](http://www.edmundoptics.jp/054-8153)