

Frequency-controlled Dot Pattern Projection of Ultrashort Pulse Using Optical Phased Array Based on Optical Frequency Comb

M23海自7

派遣先 CLEO/Europe-EQEC 2023 (ドイツ・ミュンヘン)

期間 2023年6月25日～2023年7月1日 (7日間)

申請者 電気通信大学 基盤理工学専攻 准教授 加藤 峰 士

海外における研究活動状況

研究目的

本研究の目的は、光周波数コムを用いた光フェーズドアレイの開発である。これは超短パルス光の位相を光周波数コムの繰り返し周波数 f_{rep} とキャリアエンベロープ周波数 f_{ceo} という2つの無線周波数によって全帯域制御し、共振器型の遅延光路で光アンテナを構成することで実現するものであり、従来手法では困難であった超短パルス光の波面制御が可能となる。

海外における研究活動報告

発表内容の要約

近年3D Lidarやレーザープロジェクトの光源として光フェーズドアレイの開発が行われている。電波の領域で広く用いられているフェーズドアレイアンテナとは、アンテナアレイの各素子から位相制御された波動を射出することでその波の放射パターンを制御する技術であり、光フェーズドアレイはこの技術を光波の領域に展開したものである。

光フェーズドアレイは、光源であるCWレーザーの単色光を分岐して位相制御器に導入し、相対的な位相量を与える。その後これらの光をアレイ状に配置された光アンテナから射出することで、個々の波面が干渉し、与えられた

位相パターンに応じた干渉波面が形成される。位相量を制御することで光強度を空間的に孤立させることができ、いわゆる集光点走査のような動作も可能である。また、この過程を逆にたどることで、受信機としての機能も果たすことができ、個々の光アンテナで検知した位相差から、入射した光の波面を計測することも可能である。以上より、光フェーズドアレイは光の波面を制御および計測することが可能な、フェーズドアレイレーダーの光版といえる技術である。

近年の光集積回路の発展に伴い、現在光導波路型の光フェーズドアレイの研究・開発が盛んである。動作の基本原理は上記の通りであるが、より多くの位相制御器と光アンテナをいかに実装するかで世界中のグループがしのぎを削っている。すでに約1000個の光アンテナを実装した例や、光フェーズドアレイから受光部まで組み込んだ例が報告されており、近赤外や可視光、近年とくに研究が盛んな中赤外領域での実装も進められている。また、特定の空間点に光を照射し、その反射光の遅延時間から距離を求めるLidarとしての機能を組み込むことで、ガルバノミラーといった機械駆動が一切無い高速3D Lidarとして応用も進められている。

光計測や光無線の光源としての高い有用性

が期待されるが、光導波路タイプは単一波長動作である点や、多数の位相制御器の同時制御などが必要などの課題点がある。特に超短パルスのような広帯域光が扱えれば、計測・通信双方にメリットがある。

本研究で提案する光フェーズドアレイは、超短パルスの位相を光周波数コム f_{comb} の繰り返し周波数 f_{rep} とキャリアエンベロープ周波数 f_{ceo} という2つの無線周波数によって全帯域制御し、共振器型の遅延光路で光アンテナを構成することで実現するものであり、従来手法では困難であった超短パルス光の波面制御が可能となる。特に光周波数コムは、光計測・光通信分野において圧倒的な高安定・広ダイナミックレンジ性を与える光源として用いられており、光フェーズドアレイによる集光点走査と組み合わせることで、革新的な光計測・光通信技術となり得る。本発表では $f_{\text{rep}} = 108 \text{ MHz}$ のErファイバレーザーの光コムを用い、共振器長約1.5 mのマルチパスキャビティで光アンテナを構築した。その結果、広帯域光で規則的なドットパターンの形成と周波数制御による走査を実現した。

発表の目的と意義

本研究は光周波数コムを用いた新しい応用手法であるため、いち早く国際学会で広く報告・周知することを目的として、ヨーロッパ圏の光科学分野で知名度のあるCLEO/Europe-EQEC 2023に投稿した。この国際学会は、ア

メリカの光学会Optica、ヨーロッパ物理学会EPS、IEEEの光学分野であるIEEE Photonics Societyが主催する、年に1度の大規模学術会議である。トピックとしては幅広い領域をカバーしており、科学と工業の両方の分野から多くの研究者・技術者が出席している。そのため、本学会で発表することは世界の光科学分野において非常に重要な意味を持ち、分野に与える効果は非常に大きい。

学会参加を終えて

CLEO-EuropeはSPIEのEQEC 2023と同時に開催される光科学の巨大学術会議であり、毎年同時に企業展示も開催され、今年はコロナ禍後ということもあり非常に多くの参加者がいたと感じた。特に光科学関係はもちろん、ロボット、FA関係企業の展示もあり、センサから重工業まで幅広い分野の最新の動向を知ることが出来た。またヨーロッパ開催ということもあり、直近で参加した米国での国際会議では会えなかった研究者とも交流を深めることが出来た。今後の研究テーマを深める知識も得ることが出来たので、非常に有意義な会議となった。

この派遣の研究成果等を発表した 著書、論文、報告書の書名・講演題目

T. Kato and K. Minoshima, "Frequency-controlled dot pattern projection of ultrashort pulse using optical phased array based on optical frequency comb", *CLEO/Europe-EQEC 2023*, CH-7.3, Munich, Germany 2023 (June).