

プログラム名：イノベーティブな可視化技術による新成長産業の創出

PM名：八木 隆行

プロジェクト名：超広帯域波長可変レーザーの開発

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 27 年度

研究開発課題名：

超広帯域電子制御波長可変レーザーの開発および特定波長選択によるレーザー小型化技術

の開発およびレーザー実用化技術の開発

研究開発機関名：

国立研究開発法人理化学研究所

研究開発責任者

和田 智之

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

本課題では、1) 超広帯域電子制御波長可変レーザの開発、2) 特定波長選択によるレーザ小型化技術の開発、3) レーザ実用化技術の開発に分けて展開する。当該年度では、そのうち1)、2) の実施が計画されている。3) は H28 年度からの開発を、本年度より実施する。

1) では、生体計測用レーザの開発として、平成 26 年度に引き続き、電子波長制御 Ti:sapphire レーザの大出力化を行う。その励起光源として高出力に適する LD 励起 Nd:YLF レーザを導入する。

さらに、マイクロ可視化システム用に、LD 励起 AOQ スイッチ Nd:YAG レーザの第 2 高調波 (532nm) を励起光源とする高速波長切り替え可能な完全空冷パルスチタンサファイア(TiSa)レーザを開発する。

2) では、高安定化・高効率化・低コスト化・長寿命化をめざした LD 励起固体レーザの高光・光変換効率化を実現し、低コスト化のための指針を得る。

3) では、平成 27 年度から公募企業と共同で、ワイドフィールド可視化システムのレーザ仕様を満たす実用化レーザシステムの開発を行う。実用化レーザシステムの詳細な仕様は、理化学研究所が公募企業と連携しながら、検討を行う。

開発速度を上げるため、ニーズを要素技術に落とし込み、それぞれ独立して開発を進めている。以下は要求される機能とそれに対する要素技術である。

- イメージングに必要な高繰返しレーザ技術…高出力 LD 励起固体レーザ開発
- リアルタイムイメージングに必要な大面積照射…発振器及び増幅器(MOPA)からなる装置構成
- 高速多物質検出…電子制御波長可変技術
- 小型化・低コスト化…高効率 LD 励起・VBG による波長選択

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

本課題では目標が複数あるが、独立して進めることができる部分がある。そこで、開発速度を上げるため、クリーンで除振された環境を複数整え、並行して進めている。

(超広帯域電子制御波長可変レーザ)

生体可視化計測用レーザの励起光源として 1kHz, 50mJ を出力可能な LD 励起 Nd:YLF レーザを導入した。波長可変レーザ部の概念実証段階では、機械的安定性を重視したため、移設できないセットアップであったが、年度末までに移設可能な構成に変更し、次年度の移設に備えている。現段階では高出力に対応可能な MOPA 構成で、機械式波長選択素子を具えている。

その他に、広帯域(700-1000nm)・高速波長切替(>5kHz)・完全空冷パルスチタンサファイアレーザを開発し、マイクロ可視化システム開発機関及び生体可視化計測技術開発機関に提供した。

マイクロ可視化システム開発においては、OR-PAM における高速スキャンニングへ向けたビームステアリングシステムの技術検討及び AR-PAM 用レーザ光源の仕様検討を行った。また、次年度に予定されている超広帯域化へ向けた光パラメトリック発振器開発をスムーズに進められるよう、波長変換方式・非線形光学結晶/ミラー選定などの技術検討にも手を付けている。

(高出力 LD 励起固体レーザシステム)

高出力LD励起固体レーザー開発へ向けて、LD電源ユニット化（1次試作）及び増幅器の基礎評価（レーザー増幅器設計）を完了させた。また、ポンプ光源のコスト評価（従来技術との比較）を完了し、低コスト化のための指針を得た。主発振器の開発に関してはCW、QCW発振モードの試験を実施した。

（実用化レーザーシステムの開発）

実用化レーザーシステムの詳細な仕様は、公募機関と連携しながら検討を行い、公募企業に引き継いだ。実機の構築に関しては、励起レーザー部は理化学研究所が、波長可変レーザー部は（株）メガオプトが中心となって開発を進めた。

2-2 成果

（超広帯域電子制御波長可変レーザー）

生体可視化計測用レーザーでは、波長選択機能を有する発振器と、高出力を実現する増幅器からなる波長可変レーザーを構築した。現状で発振器出力は目標の1mJを達成している。また、増幅器では入力0.5mJに対し、出力2.5mJが得られており、増幅率目標5倍を達成している。次年度では前述の発振器と組み合わせることによって増幅器出力目標である5mJを目指す。波長可変域に関しては目標である700-1000nmのうち、710-980nm(90%)を達成している。広帯域発振に適する反射率が波長毎に制御されたミラー（入手済）への交換及び広帯域発振を次年度予定している。パルス幅に関しては、目標30nsに対し現在50ns程度であるため、発振器部分において、改良が必要となっている。

（高出力LD励起固体レーザーシステム）

従来の励起構造・方式と異なる光導波路励起方式を提案し、高効率レーザー発振技術の実用化へ向け、光-光変換効率を42%以上、スロープ効率を50%程度まで実証できた。従来の側面励起方式と比較して1.4倍以上エネルギー変換効率を向上させた。

（実用化レーザーシステムの開発）

選択波長可変レーザーシステムで実現した高光・光変換効率のLD励起固体レーザーを、公募企業が開発する波長可変レーザーに適用するための波長変換モジュールを作製した。また、多波長化のためのビームスイッチに関して、電気光学効果を利用した光スイッチ構成の検討を行った。

2-3 新たな課題など

超広帯域電子制御波長可変レーザーにおいて、生体可視化計測に要求されるパルス幅(<20ns)に対し、波長可変レーザーにおいて現在得られているパルス幅は約50nsであるため、共振器構造や励起構成を変更することで、短パルス化を進める。

高出力LD励起固体レーザーシステムにおいては、発振器単体では必要とされるビーム品質を備えた高出力を得るのが困難なため、複数段の増幅器を必要とする。実用化に向けて装置の大きさ（フットプリント）が製品化、実用化に向けた課題となると考えられる。

3. アウトリーチ活動報告

理化学研究所では積極的にアウトリーチに取り組んでいる。今年度は、理化学研究所の一般公開（4月18日、理化学研究所和光本所）において、ポスターを用いて本プロジェクトの紹介を行うとともに

に、紹介パンフレットを配布した。また、インターオプト（10月14～16日、パシフィコ横浜）において、ポスター展示を行い、プロジェクトの紹介を行った。