

室温動作 2J × 100Hz DFCチップレーザーの開発

理化学研究所 平等拓範, 辻明宏, 佐藤庸一, 石月秀貴

分子科学研究所 平等拓範, A. Kausas, V. Yahia, H.H. Lim, 竹家啓, 吉田光宏, 本田洋介

目指す姿

レーザー駆動電子加速技術開発において大がかりな高強度レーザーをマイクロ(固体)フォトニクスにより小型集積化する基盤開発を進めるとして、理化学研究所放射光科学研究センターでは、2018年にレーザー駆動電子加速技術開発グループを発足させた。一方、パワーレーザーの小型集積化は、高強度レーザーに直接かかる産業、エネルギー、社会インフラ、美容・医療など広い分野で革新をもたらすと期待される。そのような事から分子科学研究所では、レーザー加速に資する高性能レーザーを産業界と共に社会実装するため2019年に小型集積レーザー(Tiny Integrated Lasers, TILA)コンソーシアムと、これを根拠とした社会連携研究部門を発足させた。

開発目標

レーザー駆動電子加速との先端科学と、産業、エネルギー、社会インフラ、美容・医療などへの社会実装と一見異なる分野に展開するためTILAとして以下の指針を立てた。

- 1) レーザー加速に求められる出力を満たすようTILAモジュールを束ねて Ti:sapphire レーザー励起に用いる。
- 2) 実用性の観点からTILAモジュールは室温動作のモノリシックなDFCチップを基本とする。

* DFC: Distributed Face Cooling

SG1目標：室温動作 2J × 100Hz

最終目標：室温動作 10J × 100Hz

方法

- 1) 手のひらサイズの室温動作のためにレーザー媒質としてNd:YAGを選定。
- 2) DFC構造実現のため、Nd:YAGとサファイアの異種材料常温接合法を開発。
- 3) Nd系の量子効率改善のために励起波長を808nmから885の上準位直接励起法を考案。

成果

- 1) DFC実現のために直径10cmまで常温接合の可能な装置を開発。
- 2) 長さ数cm, 開口 1cm² のDFCチップにて室温で 2J × 50Hz を達成(ヘッド2つを偏光結合して 100Hz)。
- 3) 出力フルエンス 2J/cm², 50 (100) Hz と世界記録 1J/cm² (100J, 10Hz@150K)を、室温動作ながら凌駕。

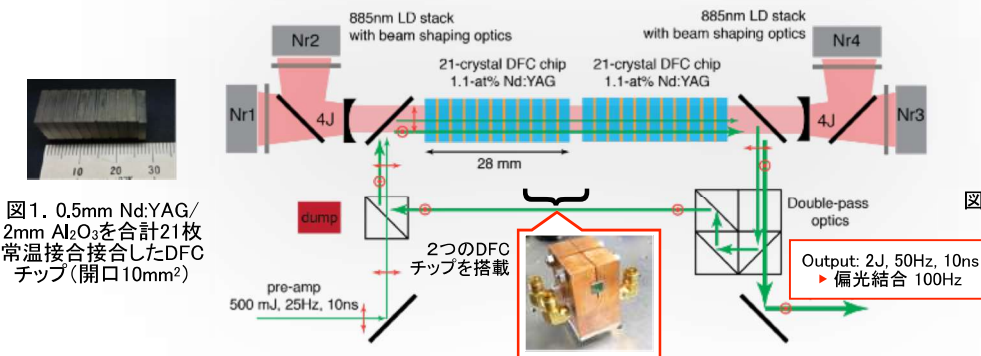


図1. 0.5mm Nd:YAG/2mm Al₂O₃を合計21枚常温接合接合したDFCチップ(開口10mm²)



図3(a). 基本波出力 (1064nm): >2J



図3(b). SH波出力 (532nm): >1J

図2. DFCチップによる室温動作 2J × 50 Hz (偏光結合 100Hz) DFCチップレーザー増幅器

今後の計画

- 1) DFCチップによる室温動作 5J, 100Hz 動作をSG2の目標とする。
- 2) SH波出力 >2.5J を達成し、超短パルス Ti:sapphire レーザーの励起源に資する事をSG2の目標とする。
- 3) 室温動作DFCチップによる小型集積レーザーが電子加速の基礎研究に資する事の検証を最終目標とする。
- 4) レーザー加速に資する高性能小型集積レーザーをTILAコンソーシアムを通じて社会実装する。

参考文献

1. A. Kausas, R. Zhang, X. Zhou, Y. Honda, M. Yoshida, and T. Taira, "Room temperature 2J laser amplifier with direct bonded DFC chip," OSA Topical Meeting on Advanced Solid State Lasers (ASSL), OSA Laser Congress 2020, OSA Virtual Event - Eastern Daylight Time (UTC - 04:00), October 13 - 16, ATu2A.2 (2020).
2. A. Kausas, R. Zhang, X. Zhou, Y. Honda, M. Yoshida, and T. Taira, ">2J output energy from micro-photonics based DFC-chip amplifier," The 68th JSAP Spring Meeting, The Japan Society of Applied Physics, Online Virtual Meeting, March 16-19, 16p-Z11-5 (2021).