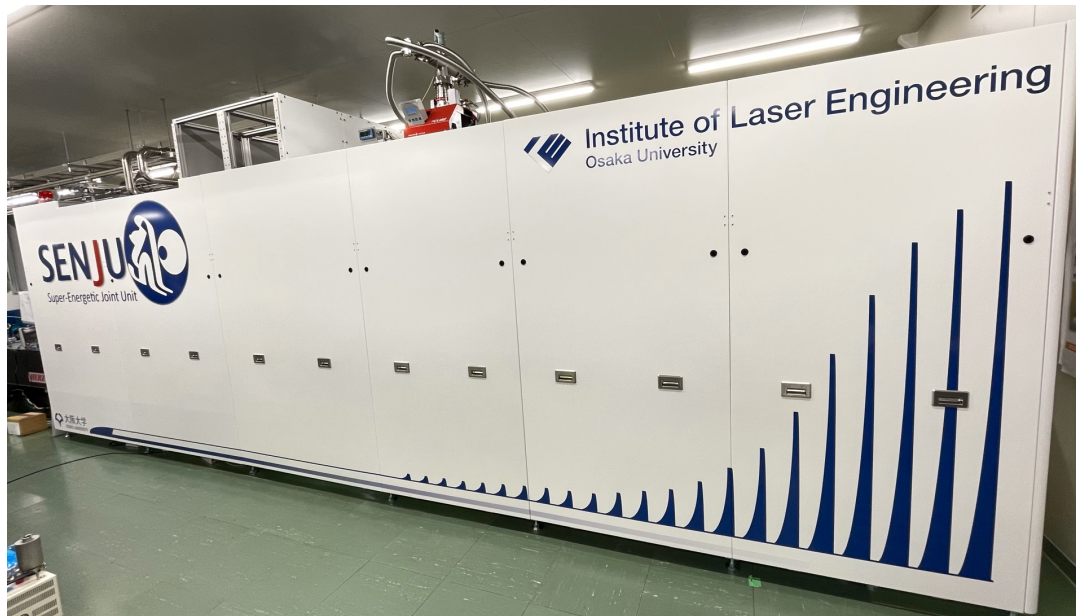


アクティブミラーレーザーの開発成果

- ① 開発方針 ② 性能向上の成果 ③ 実用化への取り組み



大阪大学レーザー科学研究所

宮永憲明

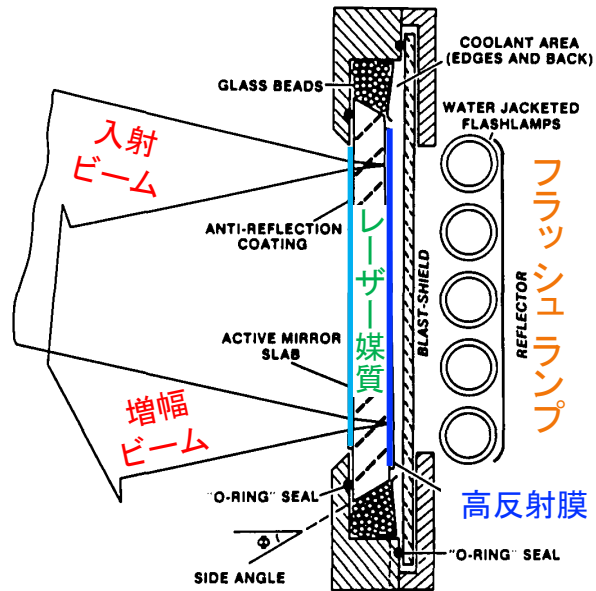
余語覚文、時田茂樹、椿本孝治、荻野純平、吉田英次、藤岡加奈、
中田芳樹、森尾 登、植田憲一、河仲準二、兒玉了祐

「レーザー駆動による量子ビーム加速器の開発と実証」2023年度シンポジウム
開催日：2023/08/02 場所：科学技術振興機構 東京本部別館

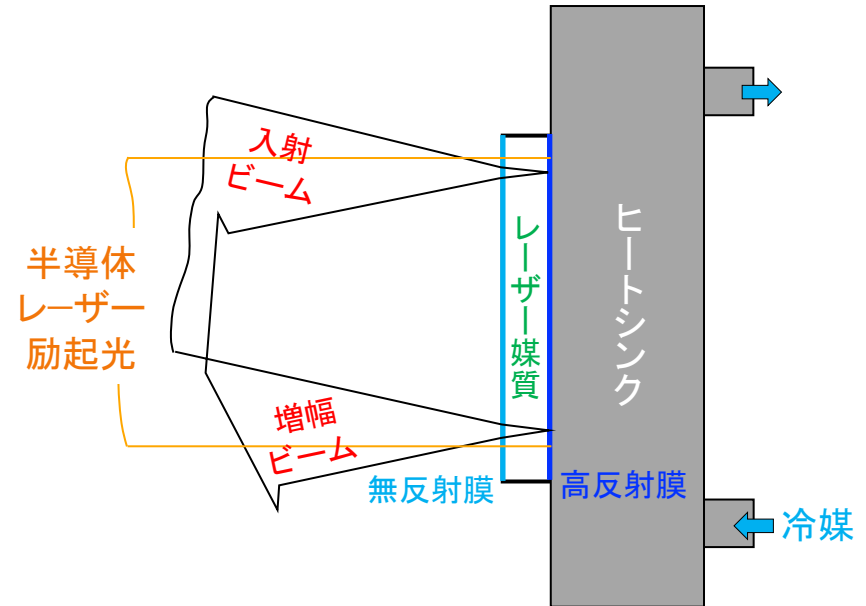
アクティブミラーとは

旧世代(20世紀)

- 1) J. P. Chernoch (GE), US 3466569, "Laser device" (1969).
- 2) S. William, et al. (GE), US 3534291 "Apparatus for face pumped laser device" (1970).
- 3) J. A. Abate, et al., "Active mirror: a large-aperture medium-repetition rate Nd:glass amplifier," Appl. Opt. 20, 351 (1981). (GE, DOE, Kodak, LLE Rochester Univ.)

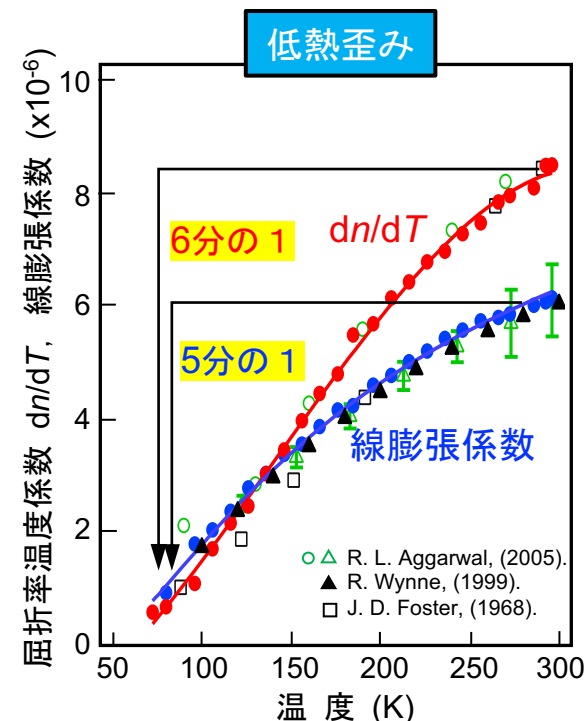
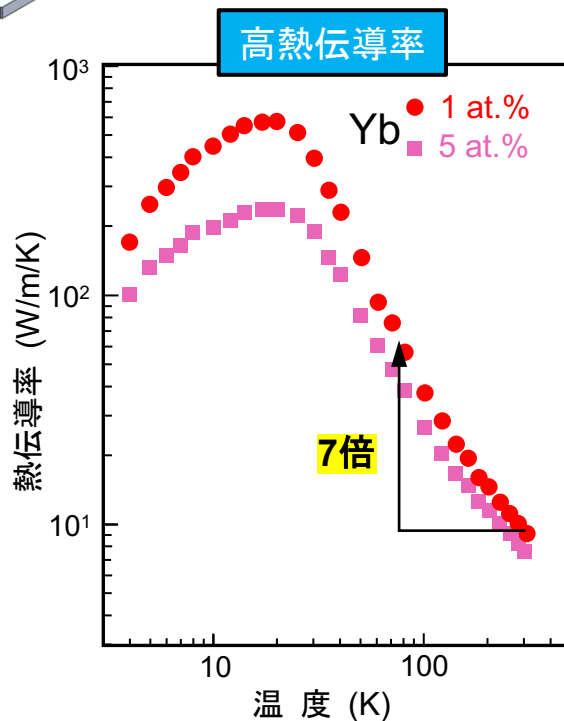
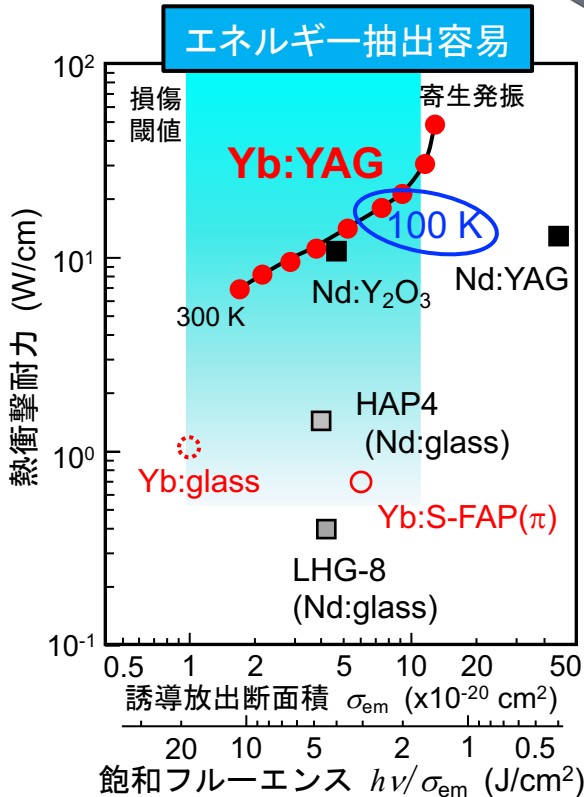
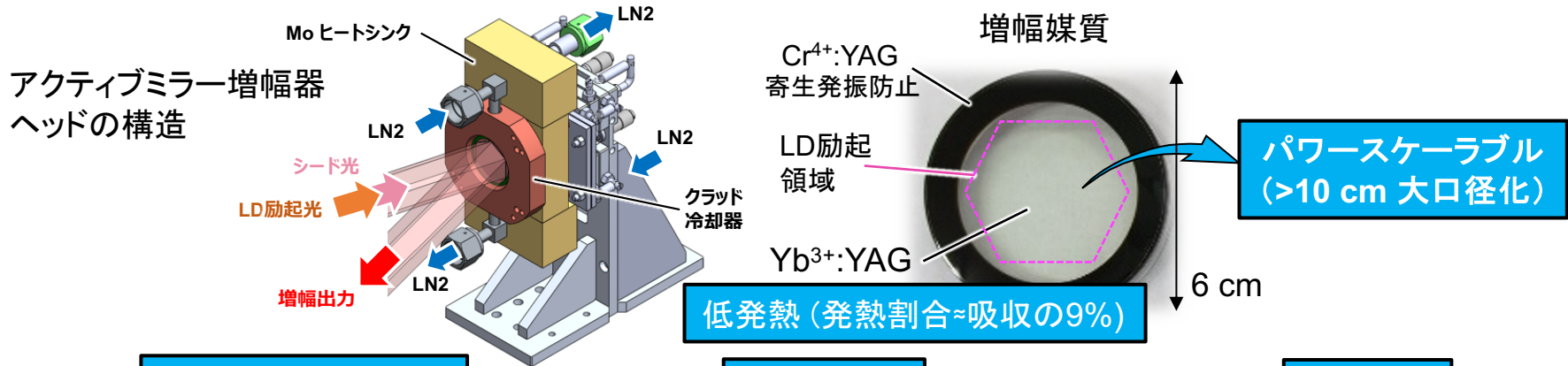


新世代(21世紀)



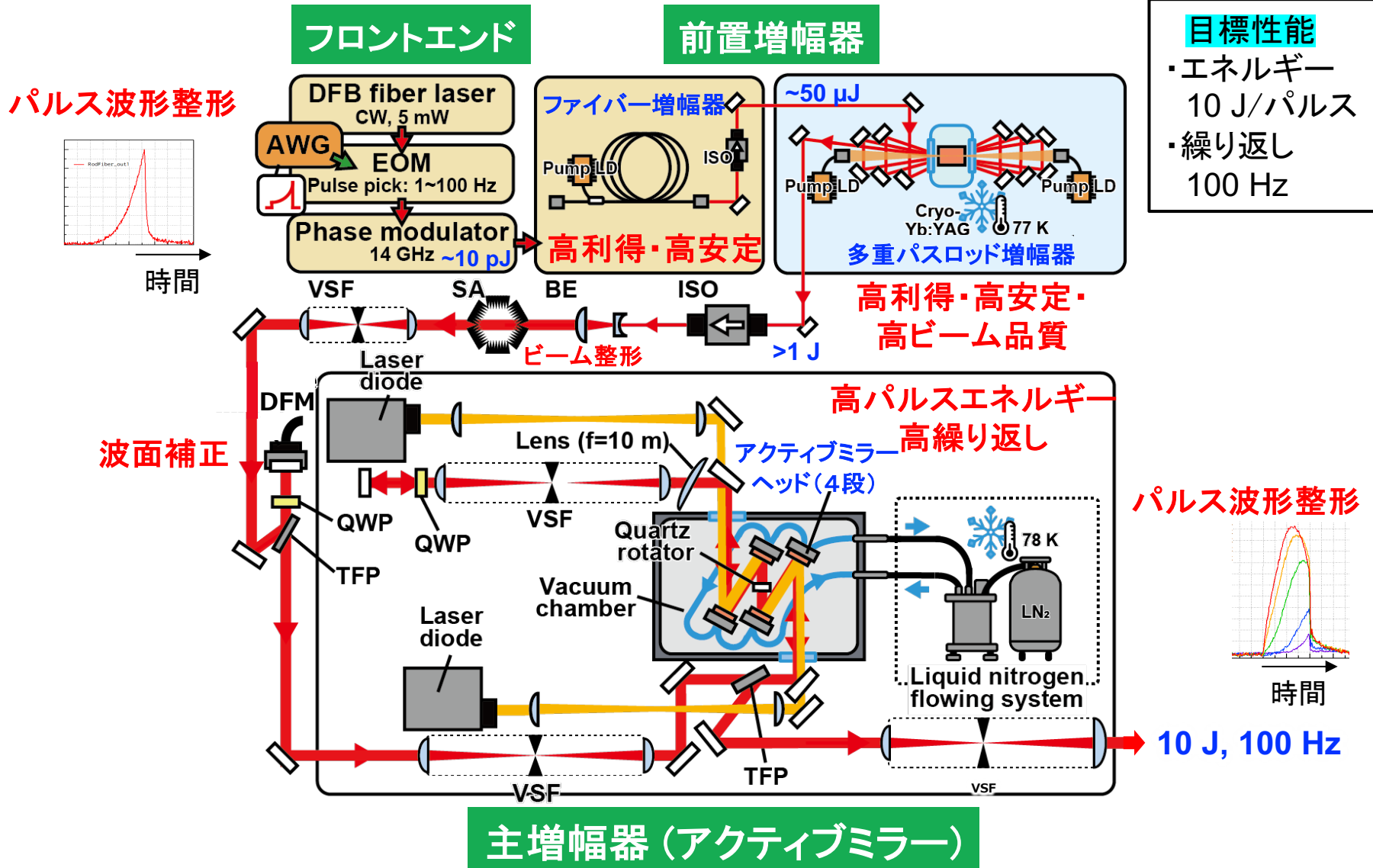
励起源	フラッシュランプ	→	半導体レーザー (LD)
活性イオン	Nd ³⁺	→	Yb ³⁺ 発熱:Nd ³⁺ の 1/2.7
母材	ガラス	→	YAG (Y ₃ Al ₅ O ₁₂) 熱伝導率:ガラスの約20倍

低温冷却・Yb:YAG・アクティブミラーの利点

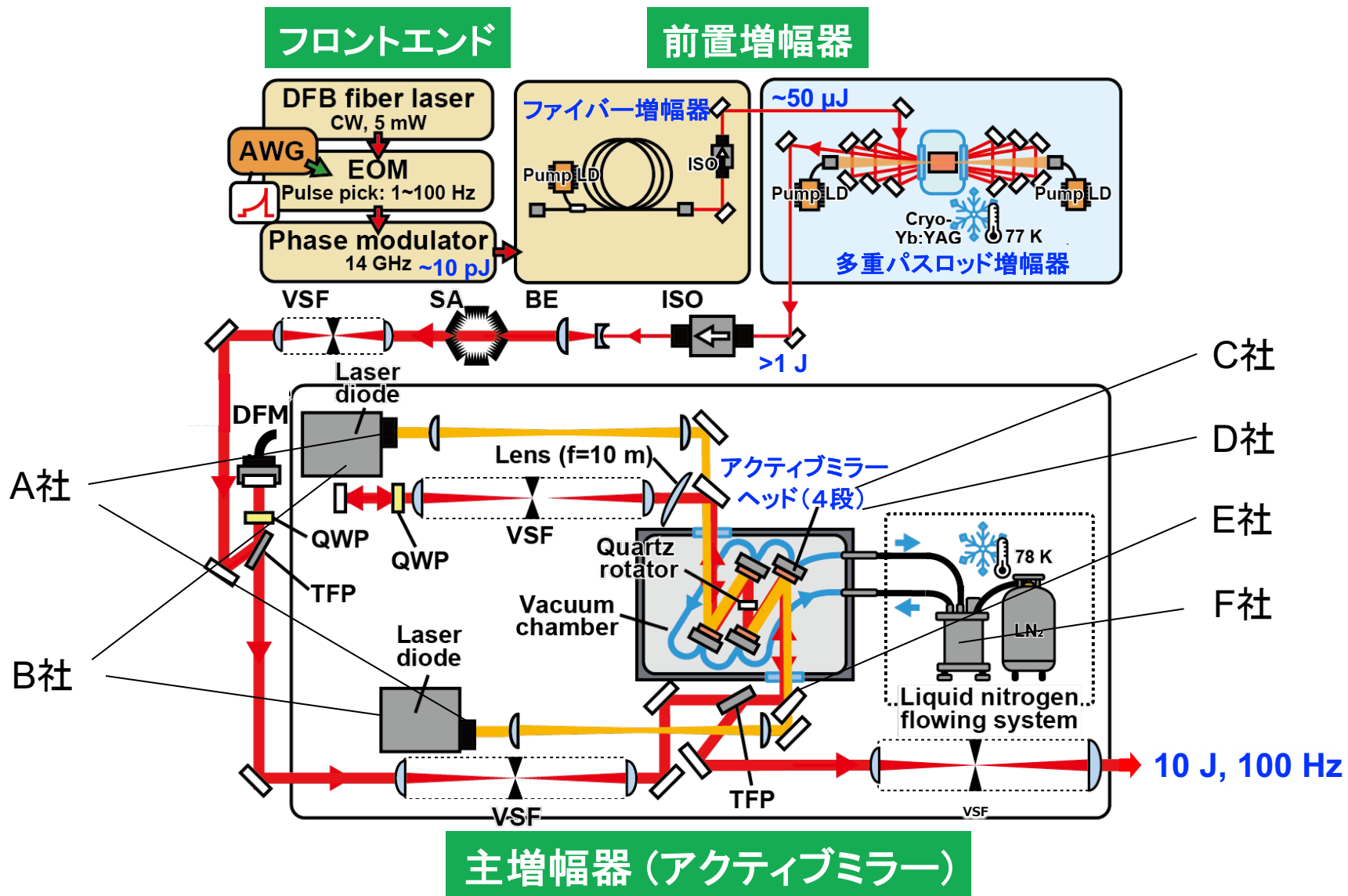


低温動作は、高繰り返し(高平均出力)に適す

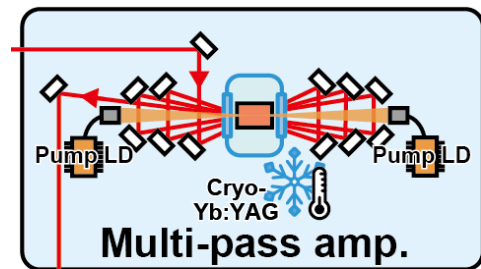
10J, 100Hz システムの主要技術 (本プロジェクト)



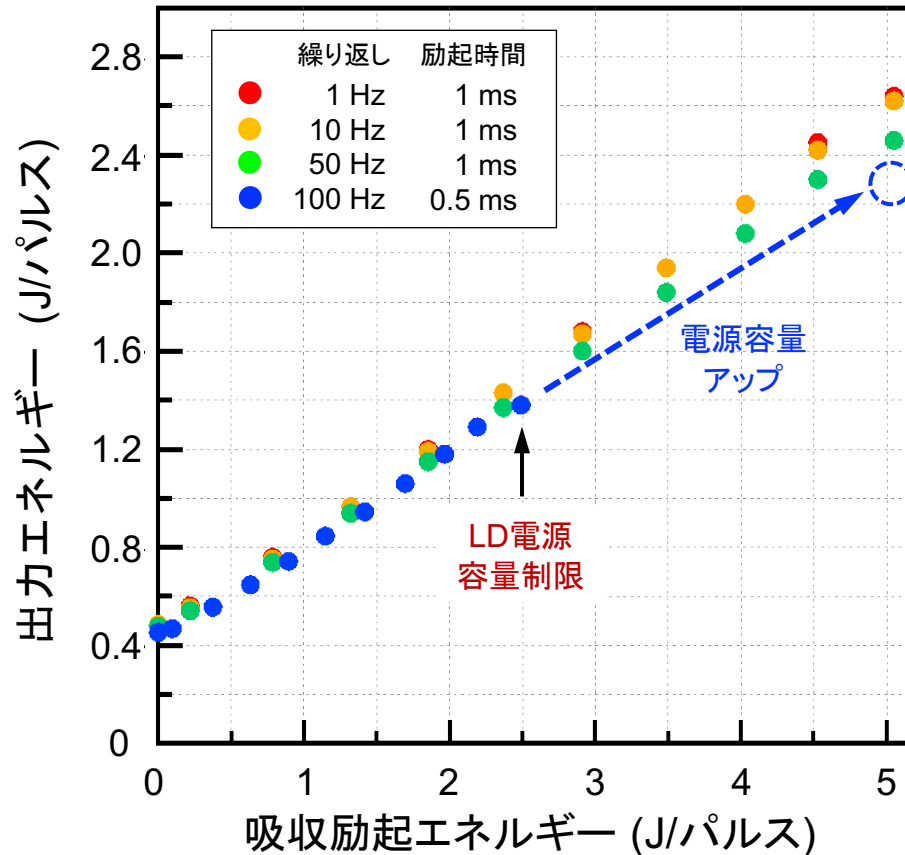
アクティブミラーへの国産技術の集約



前置増幅器：2 J, 100 Hz小型レーザーが視野に



多重パスロッド増幅器ヘッド
 Yb:YAG結晶
 (20 mm ϕ , 15 mm L)
 冷却機構等を改良
 (30 – 50 K)

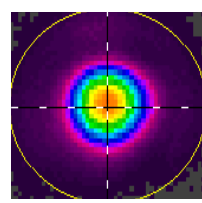


2.4 J, 50 Hz
 光・光変換効率 40%

偏光解消 < 1.5%

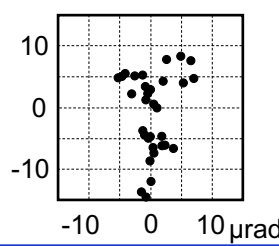
1.3 J, 100 Hz

集光強度分布



$M^2 = 1.15$

方向変動

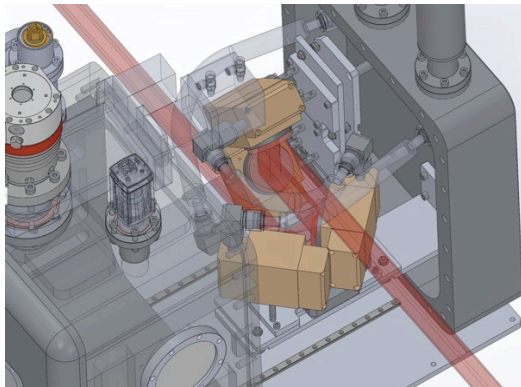


$\theta_x = 2.8 \mu\text{rad}$
 $\theta_y = 6.0 \mu\text{rad}$
 (最終出力部)

2 J, 100 Hz 装置コスト：市販品(2 J, 10 Hz × 10台)の数分の1

アクティブミラー増幅器 (10 J, 100 Hz 増幅)

アクティブミラー 4台



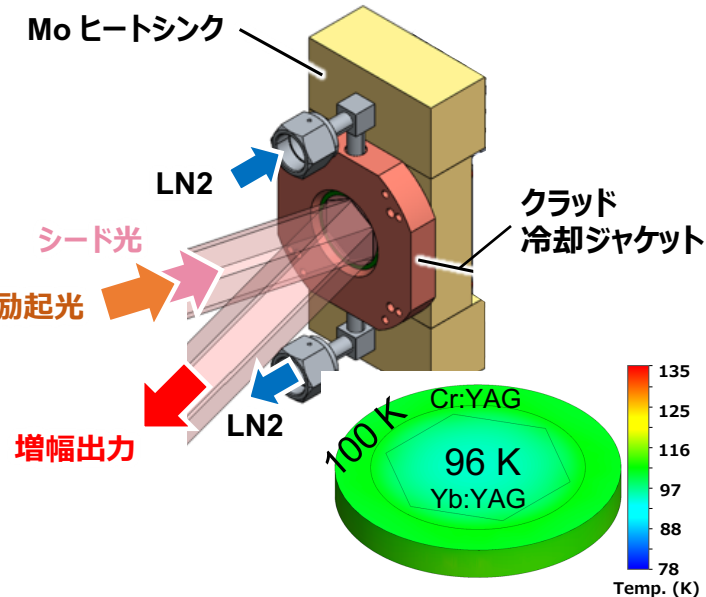
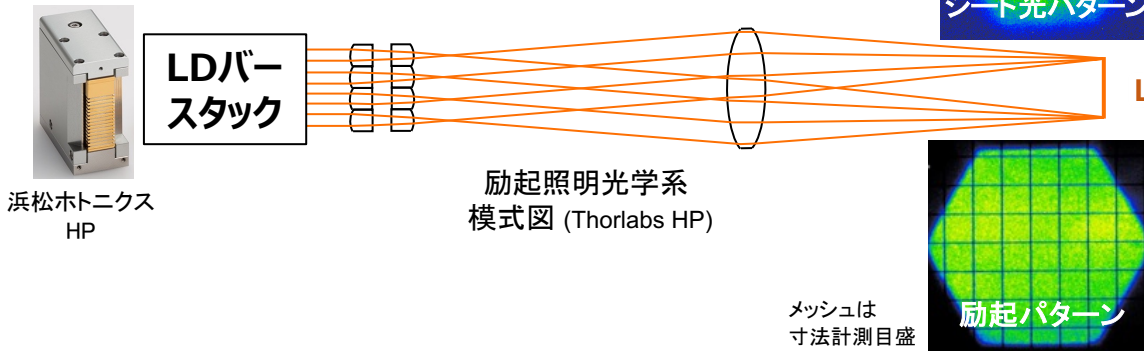
増幅器筐体内部
(4台をダブルパス通過)



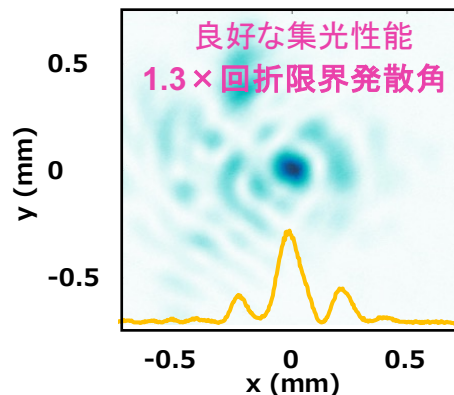
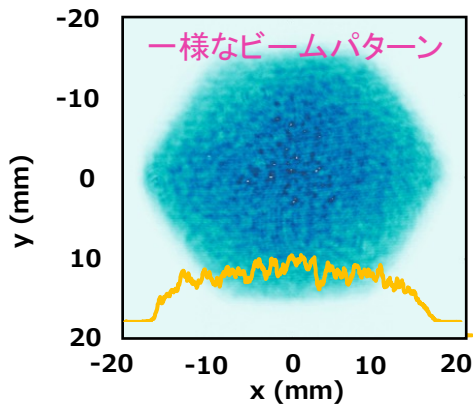
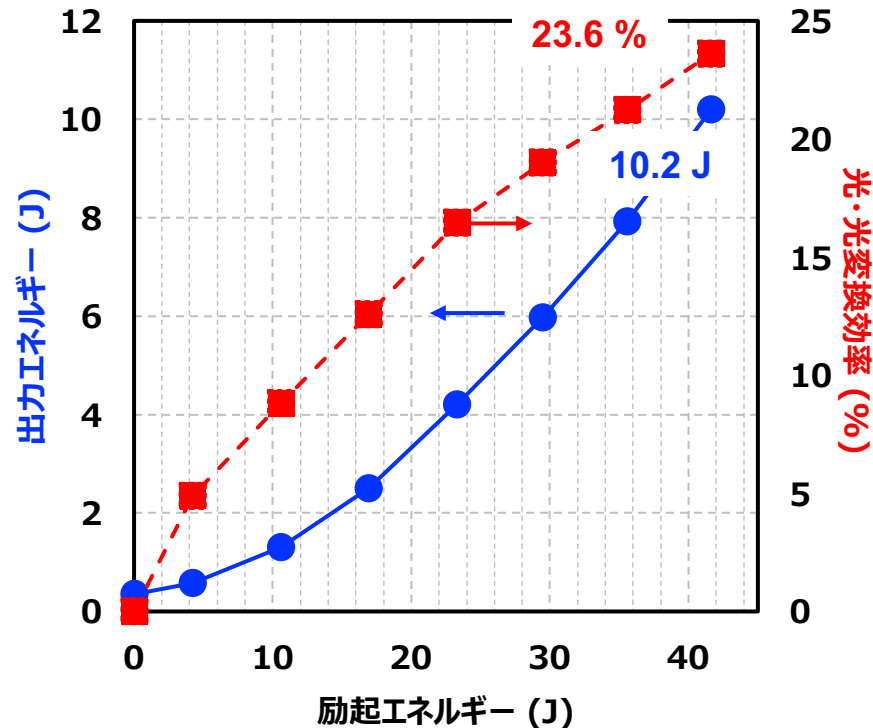
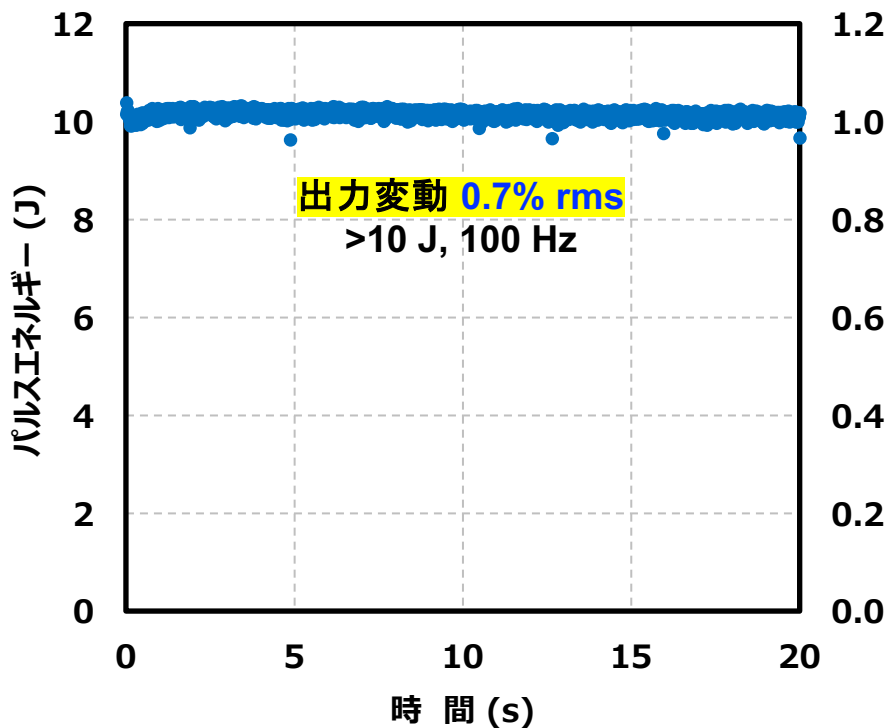
増幅器筐体外観
(30 × 35 × 40 cm)



液体窒素循環装置
(~78 K, 6-9 l/min, 0.1 MPa)



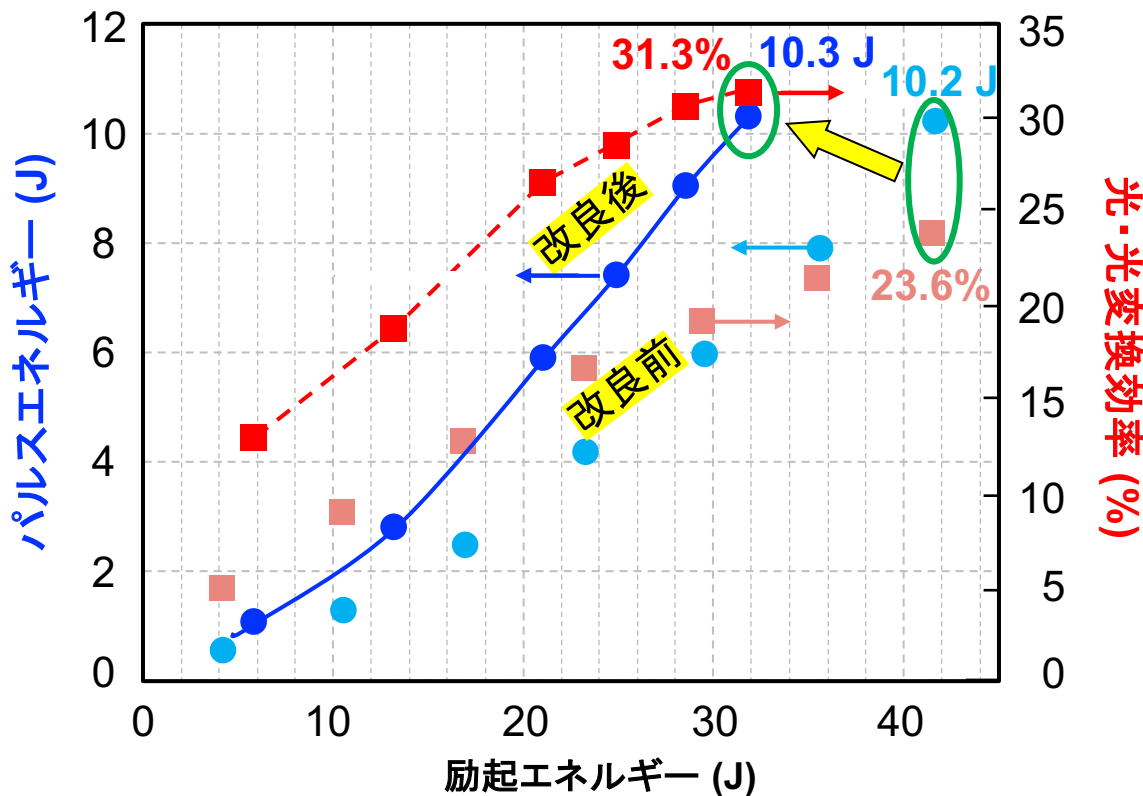
アクティブミラー増幅器：出力特性



>10J級
世界最高平均出力
(1 kW)

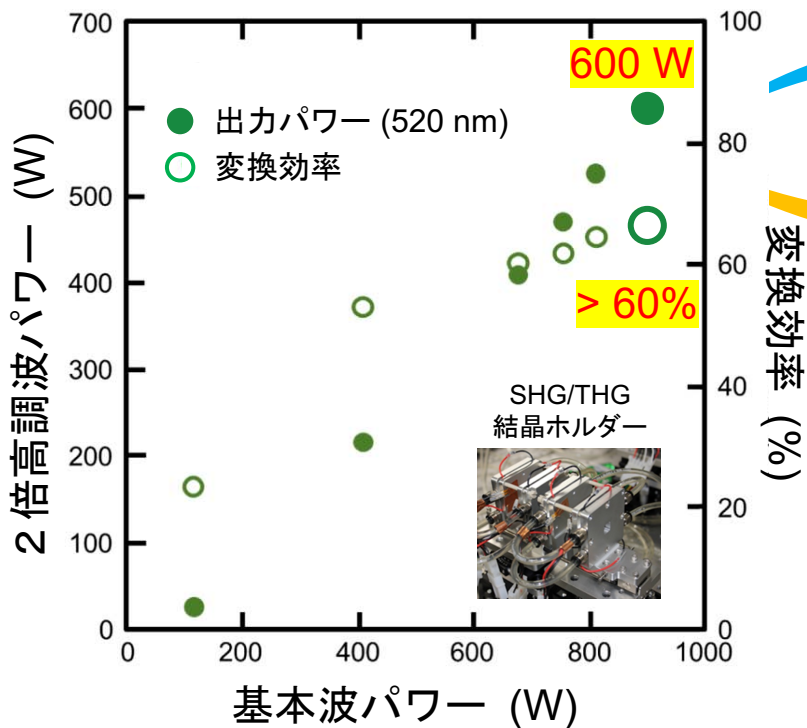
アクティブミラー増幅器の効率向上

LD励起サイズとシード光サイズの空間マッチングを改善



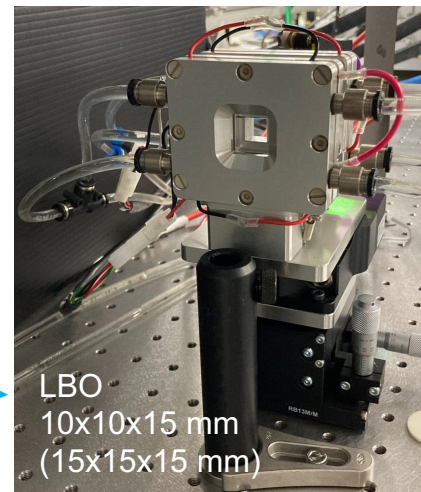
効率を1.3倍向上

高平均出力波長変換の実績 (NEDO, CFRP加工プロジェクト)

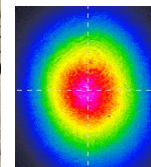


冷却・温度調整
機構設計

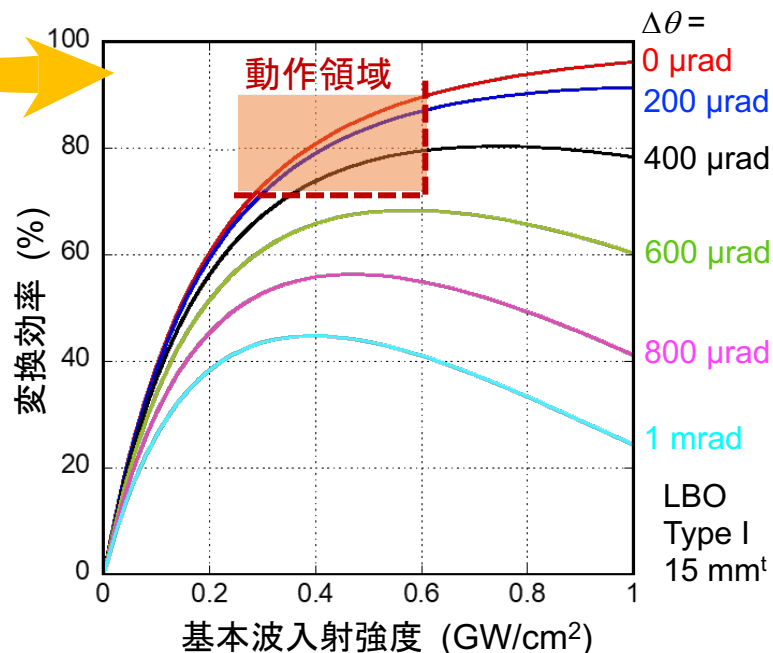
動作条件
設計



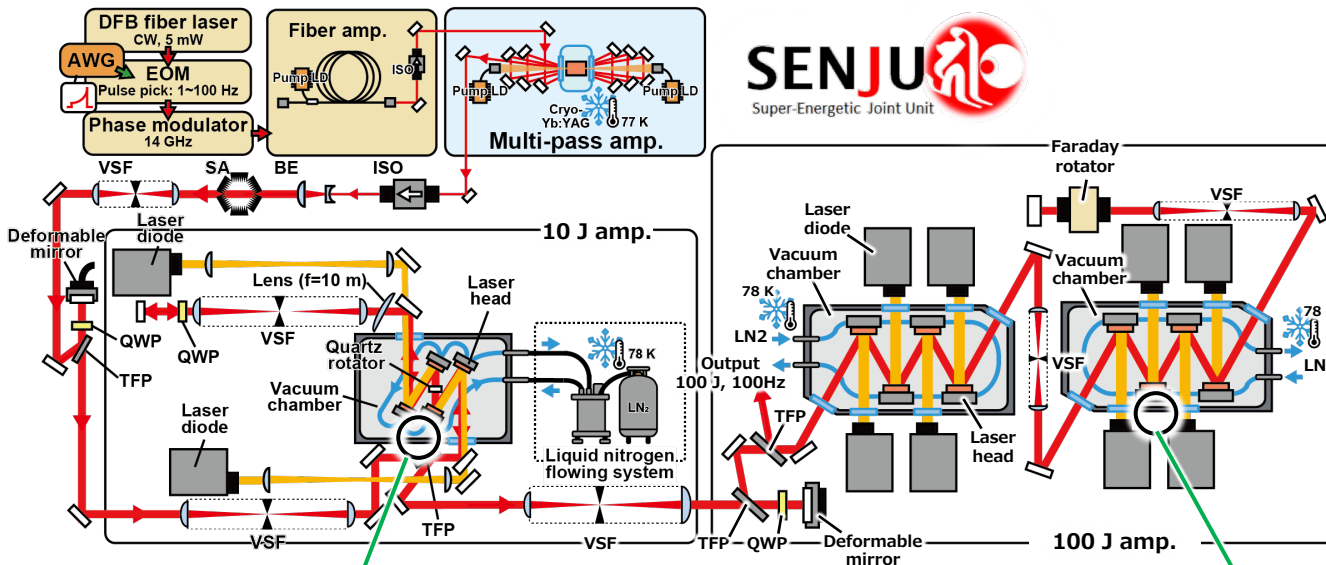
グリーンビーム
パターン



前置増幅器で
試験開始

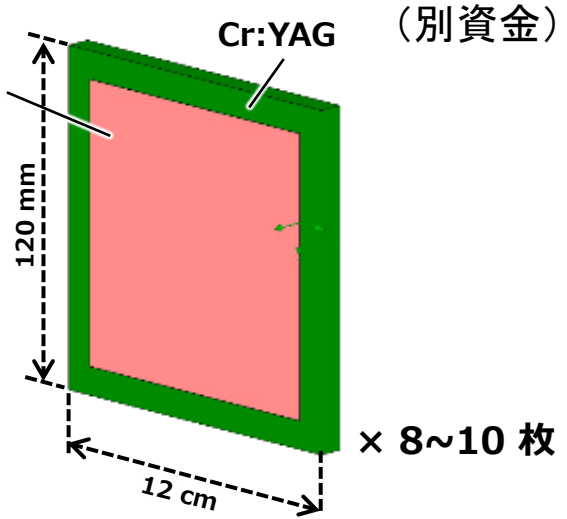
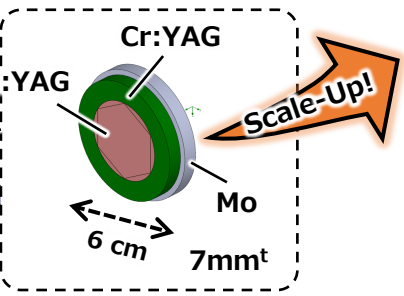
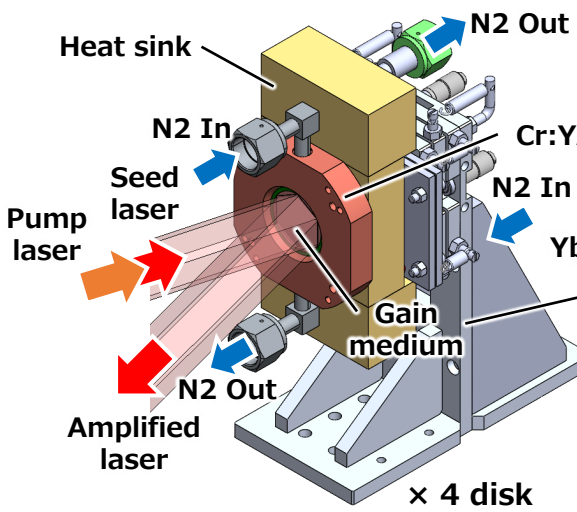


実用化への取組み 2 : 大口径AM開発 (パワー拡大則)



10 J, 100 Hz アクティブミラーレーザー

100 J, 100 Hz モジュール (構築中)



目標達成の状況

- >10J級 **世界最高平均出力 (1 kW)**
- **世界初の 6 cm級 伝導冷却型アクティブミラー** (独自技術)
- **純国産** (国内数社の協力企業集団の形成)

性能向上の成果

- 前置増幅部の高性能化 (**定常運転 2 J, 100 Hz** が視野)
- アクティブミラー主増幅器 **光・光変換効率の向上 (10.3 J, 31.3%)**
- アクティブミラー主増幅器 **小型化、冷却性能・ビーム品質向上を検証中**

実用化への取り組み

- 10 J, 100 Hz & 2倍高調波変換システムの定常運転
- アクティブミラーの大口径化 (**パワー拡大則データベース**)
- Ti: サファイアアクティブミラーへの波及効果

成果の発信など

- 1) J. Ogino, *et al.*, Optics Letters, **46** (3), 621-624 (2021).
- 2) J. Ogino, *et al.*, Optics Continuum, **1** (5), 1270-1277 (2022).
(15 Popular Papers on Lasers and Laser Optics, 11th May, 2023)
- 3) 荻野純平, 他, 第47回レーザー学会業績賞 進歩賞「革新的パワーレーザーの開発 - 伝導冷却アクティブミラーレーザー」, 2023年5月31日.

