

同位体濃縮技術への高強度レーザー開発

谷川秀憲、吉田斉、梅原さおり、Anawat Ritterong、嶋達志、三島賢二、時田茂樹、柊野

分野横断プロジェクト研究部門

同位体濃縮技術の開発と実用化と放射線検出器への応用プロジェクト

CANDLES 実験では、カルシウム 48 (^{48}Ca) 同位体を利用してニュートリノレス二重ベータ崩壊($0\nu\beta\beta$)の探索を目指している。 ^{48}Ca は自然存在比率が 0.187%と低いため、感度向上には同位体濃縮が不可欠であり、Ca の共鳴吸収波長の同位体シフトを利用したレーザー同位体濃縮の開発に取り組んでいる。本手法では、鉛直方向に生成した Ca ビームに対して、水平方向から図 1 に示す ^{48}Ca の短寿命な $4s^2\ ^1S_0 \rightarrow 4s4p\ ^1P_1$ (422.79089 nm) 遷移に共鳴するレーザーを照射する。誘導吸収と自然放出を多数回繰り返すことで ^{48}Ca を偏向させ、別角度で回収し濃縮を行う。大量の同位体濃縮の実現には大強度レーザーが必要であり、検討中の Deflection Laser システムでは半導体レーザー(FP-LD)によるパワー増幅が必要となる。

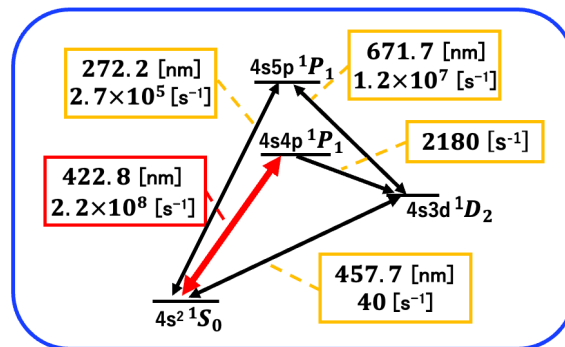


図 1. Ca エネルギー準位

DFB-LD Laser(マスターレーザー)を FP-LD(スレーブレーザー)へ注入した際の増幅特性を評価し、効率的な増幅条件について調査した。評価対象とする FP-LD は Single-Mode(従来反射率/AR コート), Multi-Mode(従来反射率/AR コート)の 4 種類である。図 2 にスレーブレーザーの駆動電流値と Contrast 比の関係を示す。

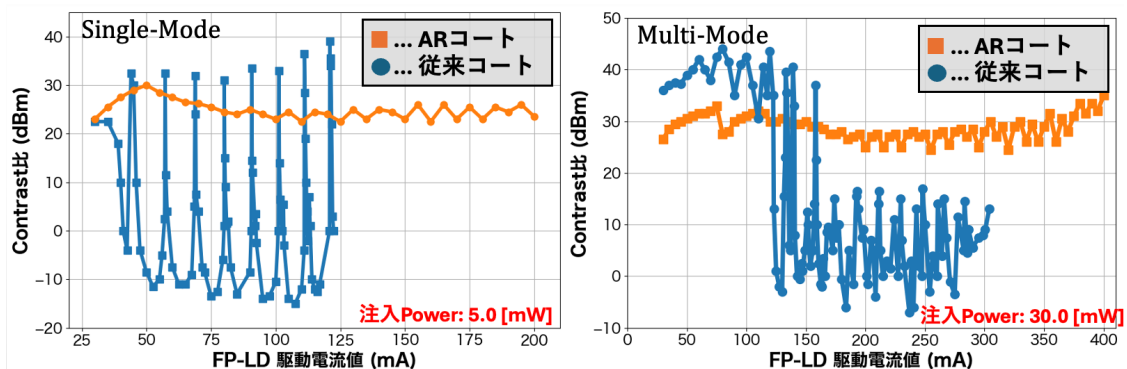


図 2. スレーブレーザーの駆動電流値と Contrast 比の関係

測定の結果、従来反射率の LD では 20dB 以上の Contrast 比を保った増幅が可能であることが確認された。Deflection Laser の構築では、マスターレーザー光を複数分岐し数十個の LD に注入する必要がある。そのため、各 LD 素子に対する安定した注入同期を容易に調整できることが重要であり、本研究結果から AR コートの LD が適切であることが示唆された。さらに Single-Mode(AR コート)と Multi-Mode(AR コート)の比較を行い、小信号利得(ゲイン)を評価した(図 3)。その結果、200mW クラスのマスターレーザーを用いて約 40 台の Single-Mode(AR コート)LD を駆動することで、10W クラスの大強度レーザー出力装置の構築が可能であることがわかった。

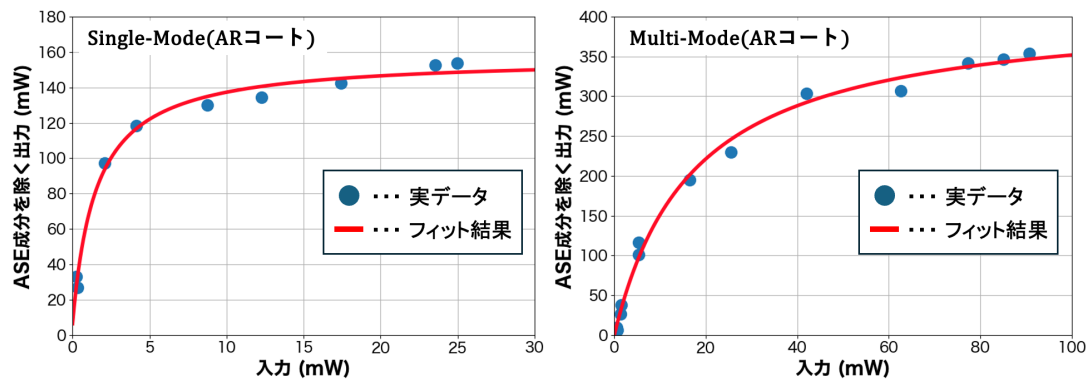


図 3. 入力 Power に対するスレーブレザーの出力の関係

研究業績リスト

I 査読論文

II 国際会議等における発表

Development of Laser Isotope Separation (LIS) of ^{48}Ca for the Study of Neutrinoless Double Beta Decay

Anawat Rittirong on the behalf of LIS collaboration

29th International Nuclear Physics Conference (INPC2025)

2025 年 5 月 25 日 - 30 日

Daejeon, South Korea

The Study of Neutrino-less Double Beta Decay of ^{48}Ca with CANDLES

Sei Yosida on the behalf of CANDLES collaboration

29th International Nuclear Physics Conference (INPC2025)

2025 年 5 月 25 日 - 30 日

Daejeon, South Korea

III 国内会議等における発表

CANDLES 実験のための ^{48}Ca 同位体濃縮の研究: 大強度 Deflection Laser の作製に向けた FP-LD に対する注入同期の評価

谷川秀憲、時田茂樹、吉田齊、梅原さおり 他

第一回学術変革「地下稀事象」若手研究会

2025 年 3 月 5 日-6 日

富山大学

Status of Laser Isotope Separation (LIS) for ^{48}Ca toward the study of neutrinoless double beta decay by CANDLES

Anawat Rittirong, 梅原さおり, 嶋達志, 廣本政之, 三島賢二, 谷川秀憲, 吉田齊 他

第 80 回日本物理学会年次大会

2025 年 9 月 16 日-19 日

広島大学

誘導放出を利用した高効率なレーザー同位体分離法の開発 I)-基本設計

嶋達志, Anawat Rittirong, 廣本政之, 三島賢二, 梅原さおり, 谷川秀憲, 吉田齊 他

第 80 回日本物理学会年次大会

2025 年 9 月 16 日-19 日

広島大学

誘導放出を利用した高効率なレーザー同位体分離法の開発 II)-実験結果

谷川秀憲、吉田齊, 嶋達志, 三島賢二, 廣本政之, Anawat Rittirong, 梅原さおり 他

第 80 回日本物理学会年次大会

2025 年 9 月 16 日-19 日

広島大学

次世代 CANDLES 実験に向けた CaF_2 蛍光熱量検出器開発

野田健太, 松本朋也, 西川隆博, 吉田齊, 梅原さおり, Yonghamb Kim, Hanbeom Kim

第 80 回日本物理学会年次大会

2025 年 9 月 16 日-19 日

広島大学