

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

(半導体レーザー)

谷川 秀憲, 時田 茂樹^A, 升野 振一郎^A

阪大理, 京大化研^A

1. 導入

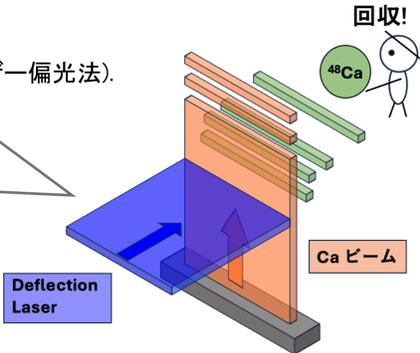
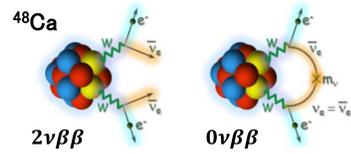
CANDLES実験

- CANDLES実験では $0\nu\beta\beta$ 崩壊の探索に向けて、Q値の高い⁴⁸Caを崩壊核として用いている。⁴⁸Caの自然存在比は0.187%と低いため、崩壊核の増加には**同位体濃縮**が不可欠。

濃縮に向けた⁴⁸Ca分離手法

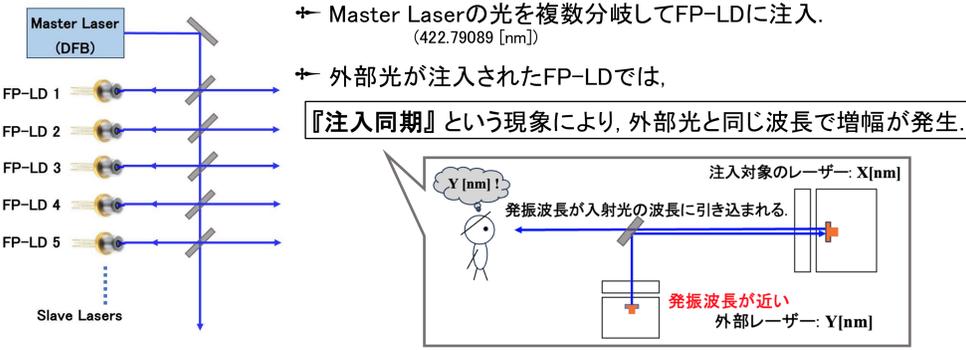
- 現在、濃縮に向けて考案されている分離手法(レーザー偏光法)。

- Caの蒸気ビームを鉛直方向に発射。
- 水平方向から⁴⁸Caのみ運動量を与える波長のレーザーを照射。(422.79089 [nm])
- 偏光した⁴⁸Caを別角度で回収。



- 大量の同位体濃縮に向けて、Deflection Laserには、**高強度**でかつ**横方向に広いレーザー**であることが求められている。

Deflection Laserのシステム



2. 研究目的・手法

研究目的

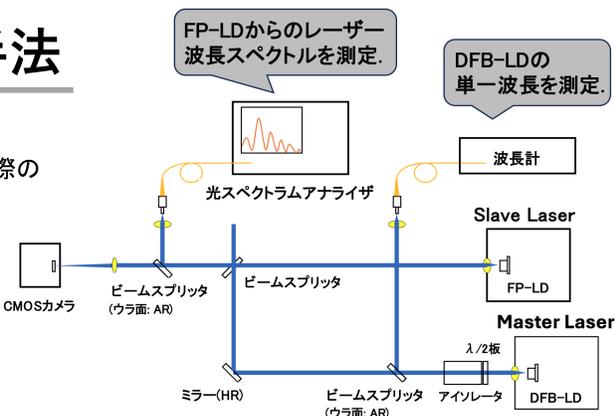
- DFB-LDの光をFP-LDに注入した際の増幅特性を評価し、その効率的な増幅条件について調査する。

セットアップ

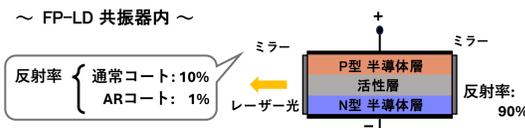
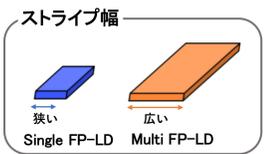
- DFB-LD(単一波長)を種光源。
→ 出力光はFP-LDへ注入。

評価資料のFP-LD

- Single と Multi はストライプ幅が異なる。Multi FP-LDは、高い駆動電流を流すことができ、複数モードで発振するために高出力が期待!
- 通常コートとARコートは反射率が異なる。ARコート品は、共振器内のフィードバック光が少なく、外部光による出力特性の変化が期待!

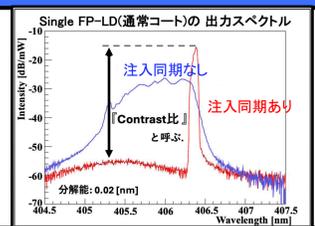


LD種類	共振器のミラー部分コーティング	Typical 電流値	注入DFB波長
Single FP-LD	< 10%/90%: 通常コート	150 [mA]	406.2 [nm]
Single FP-LD	< 1%/90%: ARコート	150 [mA]	406.2 [nm]
Multi FP-LD	< 10%/90%: 通常コート	475 [mA]	408.3 [nm]
Multi FP-LD	< 1%/90%: ARコート	475 [mA]	408.3 [nm]



Contrast比とは??

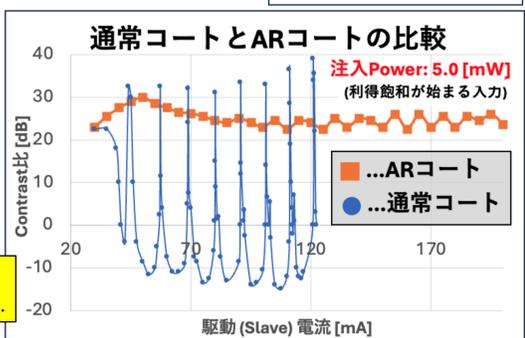
- 注入同期が起こったときに、入射光の波長に引き込まれ、Slave Laserの自己発振成分が抑制される。この時の自己発振成分の抑圧比をここでは『Contrast比』と呼ぶ。



3. 評価結果① (Single FP-LD)

Contrast比の電流依存性

- Single FP-LD(通常コート): Contrast比の上昇が周期的。
- Single FP-LD(ARコート): Contrast比が安定的。(増幅器(SOA)に近い挙動)



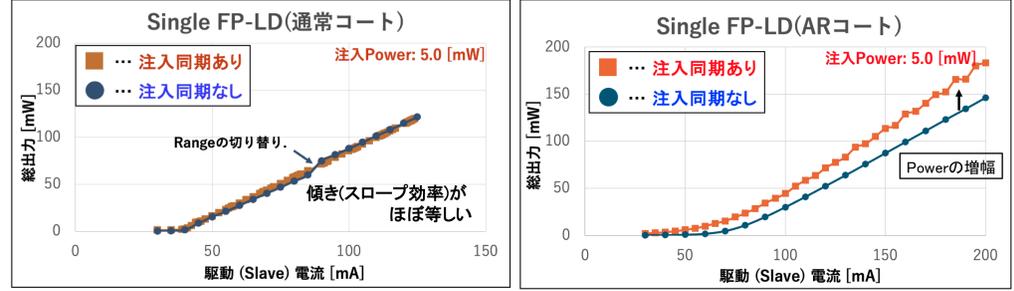
Single FP-LD(通常コート)は同期範囲も狭く、注入同期の調整が困難。

出力特性の評価

- スロープ効率: 閾値以上の電流を流したときの光出力の増加割合。 (総出力 / (Slave 駆動電流 - 発振閾値))

通常コート品	1.37 [mW/mA]
ARコート品	1.40 [mW/mA]

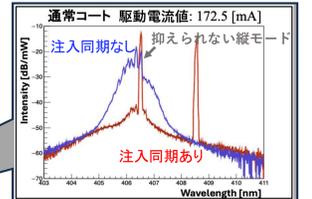
入力光がフィードバック光となり、ARコート品は通常コート品に近いスロープ効率となる。



4. 評価結果② (Multi FP-LD)

Contrast比の電流依存性

- Multi FP-LD(通常コート): 複数モードで発振する高電流側にて、DFB-LDでは抑えられない縦モードが存在。(Single Mode)
- Multi FP-LD(ARコート): Single(ARコート)と同様、増幅器に近い挙動。
- Multi FP-LD(通常コート)は単一波長のレーザー光の増幅に不適。

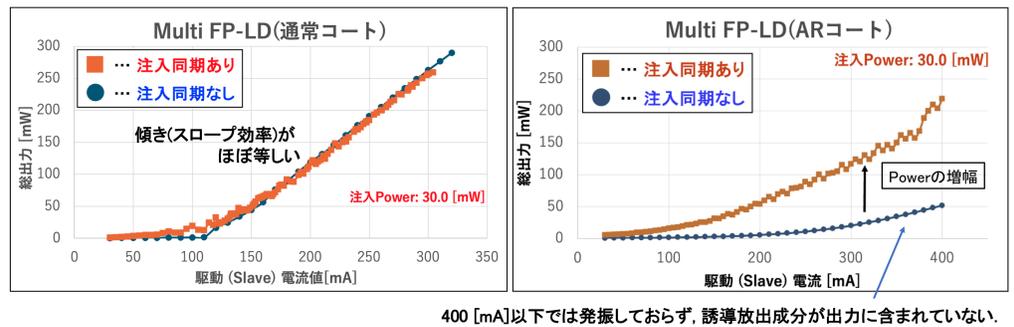


出力特性の評価

- スロープ効率: 閾値以上の電流を流したときの光出力の増加割合。

通常コート品	1.39 [mW/mA]
ARコート品	0.63 [mW/mA]

入力光によりフィードバック光が増加しても、ARコート品は通常コート品よりスロープ効率が約2倍低い。

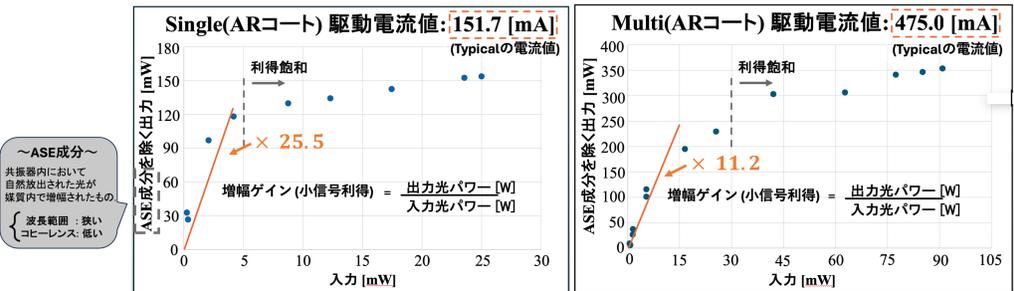


5. 評価結果③ (ARコート品 比較)

- 増幅ゲイン: 入力 [W]に対する出力 [W]の増幅量。(小信号領域における)

Single (ARコート)	25.5
Multi (ARコート)	11.2

Single FP-LD(ARコート)の方が入力 [mW] に対して、効率よく増幅して出力する。



6. まとめ

- 通常コート品は、Single, Multi FP-LD 共に調整難易度が高い。
- ARコート品は、増幅器(SOA)に近い挙動を示しており、注入同期の調整が容易。
- Multi FP-LD(ARコート)は、増幅ゲイン(小信号利得)が小さいために、スロープ効率が小さい。

LD種類	共振器のミラー部分コーティング	注入DFB波長	注入同期調整難易度	スロープ効率 [mW/mA]	増幅ゲイン
Single FP-LD	< 10%/90%: 通常コート	406.2 [nm]	△	1.37	
Single FP-LD	< 1%/90%: ARコート	406.2 [nm]	○	1.40	25.5
Multi FP-LD	< 10%/90%: 通常コート	408.3 [nm]	×	1.39	
Multi FP-LD	< 1%/90%: ARコート	408.3 [nm]	○	0.63	11.2

結論

Deflection Laserの作製において、Single FP-LD(ARコート)が適している。