

パラメトリック蛍光励起用半導体レーザーに関する研究

1013107 宮本研究室 館野 博直

1 目的

本研究はパラメトリック蛍光励起用半導体レーザーの作製方法及び性能の確認方法の検討を行うことを目的とする。特に重要な性能であるコヒーレンス長の確認方法について検討を行う。

2 背景

本研究の最終目的は、パラメトリック下方変換による軌道角運動量もつれ合い光子対の生成・検出実験を行うために十分な性能を持つレーザーを作製し、その性能を確認することである。必要なレーザーの性能は、波長は 405 nm、出力は 100 mW、コヒーレンス長は 3-30 mm 以上である。コヒーレンス長を確保するため外部共振器付き半導体レーザー (External Cavity Diode Laser、ECDL) とする予定である。

3 レーザーの作製方法

最終的なレーザーダイオードは日亜化学工業の NDV4B16、波長 405 nm、出力 300 mW を使用する。出力をできるだけ落とさないために回折格子を使用する Littrow 配置を採用した。その上で使用する回折格子の検討を行った。

4 性能の確認方法の検討

練習用レーザーダイオード (SHARP GH04125A2AE、波長 405 nm、出力 125 mW) で簡易分光器 (BWTEK 社、GlacierX) 及び波長計 (Bristol Instruments 社、Model 621) で発振状態の確認を行うとともに、コヒーレンス長の確認方法について検討を行った。

以下の 2 つの図は ECDL の図である。

- 図 1 は ECDL の平面図で可変部分により LD 出力のコリメーションの調整を行った。
- 図 2 は ECDL の側面図で回折格子のあおり部分を回転させることでフィードバックの有無の変更操作を行った。

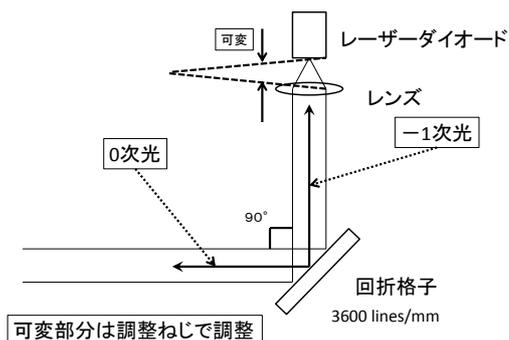


図 1: Littrow 配置の拡張共振器付き
ダイオードレーザーの平面図

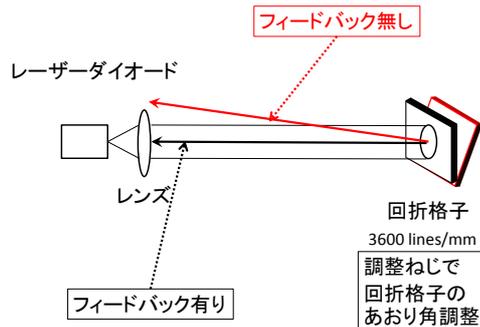


図 2: Littrow 配置の-1 次光の方向によるフィー
ドバックの有無 (ECDL の側面図)

5 回折格子の決定

レーザーダイオードから出た光を回折格子に入射した時、0 次光と -1 次光に分かれる。レーザーを回折格子に入射したと仮定し、-1 次光がレーザーダイオードに返るとき、回折格子の法線と -1 回折光とのなす角 θ は次式 (1) で表せる。

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{\lambda}{2d} \right) \quad (1)$$

表 1: 式 (1) の変数一覧

θ	回折格子の法線と-1次回折光とのなす角
λ	レーザー光の波長
d	回折格子のピッチの間隔

0 次光と -1 次光との相対出射角を 90 ° にしたいので、 $\theta = 45$ ° にしたい。 $\lambda = 405\text{nm}$ であるので、 $d^{-1} = 3600 \text{ lines/mm}$ とすると、 $\theta = 46.8$ ° となり、相対出射角を 90 ° に近いレーザーを作製できることが分かった。よって、この回折格子を使用する。

6 簡易分光器での結果

簡易分光器 (BWTEK 社、GlacierX、分解能 0.5nm) を用いて、外部共振器が存在する状態と存在しない状態での波長スペクトルの比較を行った。波長スペクトルの半値全幅 (FWHM) を計測した。その結果を図 3、図 4 としてまとめた。印加電流を上げると半値全幅の変化が大きくなった。

電流	半値全幅	
	フィードバック有り	フィードバック無し
70mA	1.22nm	1.84nm
60mA	1.32nm	1.84nm
50mA	1.35nm	1.57nm
40mA	1.58nm	1.14nm
35mA	×	×

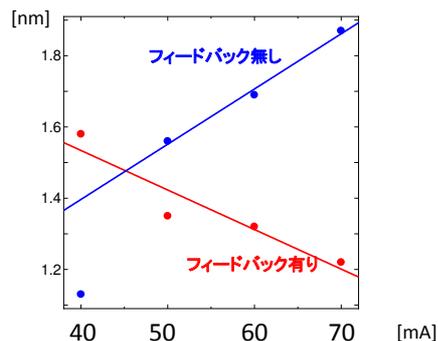


図 3: 各波長スペクトルの半値全幅の値

図 4: 電流値と半値全幅の特性グラフ

7 波長計での測定結果

波長計を用いて、波長の値を計測した。電流値 40.4 mA 以上で 404.003 ± 0.001 nm と表示された。40.4 mA 以下の電流値の場合、および回折格子のあおり角を変更した場合、計測不能となった。

これは以下の理由が考えられる。

- 40.4 mA から下げると、LD が発振しなくなるため。

8 マイケルソン干渉計での測定結果

マイケルソン干渉計によってコヒーレンス長の確認を行った。以下に一般的なコヒーレンス長の測定方法を示す。

1. マイケルソン干渉計の 2 つのアームの長さを等距離にし、光路長差 0 の状態で生じる合成波の干渉縞をスクリーンに写すことで確認する。
2. 2 つのミラーの内、一方のミラーを平行に動かし、光路長差を変化させる。
3. その状態での干渉縞を確認していき、光路長差 0 の位置から干渉縞が観測されなくなった位置までの距離がコヒーレンス長である。

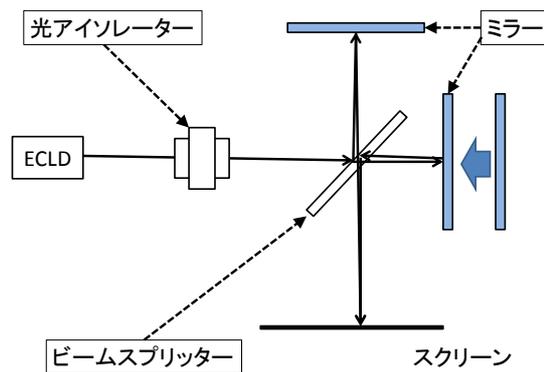


図 5: マイケルソン干渉計によるコヒーレンス長測定

コヒーレンス長の確認にはマイケルソン干渉計 (図 5) を採用した。一方のミラーを光路長差 $0 \pm 10 \text{ mm}$ の位置から $30 \pm 10 \text{ mm}$ まで動かしても干渉縞が観測された。コヒーレンス長は最低でも 20 mm であることが分かった。

今後干渉計の設計を変更しコヒーレンス長が 30 mm 以上であることを確認する予定である。

9 結論

ECDL に使用する回折格子の選定を行い、練習用レーザーの発振状態の確認を行った。最終的な ECDL でも 3600 lines/mm を使用する。コヒーレンス長の確認のため、干渉計を設計した。練習用のレーザーを用いた実験により、コヒーレンス長が 20 mm 以上であることを確認できた。コヒーレンス長の確認ではマイケルソン干渉計を使用することが適当であるとわかった。

10 今後の展望

レーザーダイオード (日亜化学工業、NDV4B16、波長 405 nm 、出力 300 mW) を使用し、最終的な ECDL を作製し、簡易分光器、波長計、マイケルソン干渉計による計測により性能の評価を行う。実際にパラメトリック下方変換を行い、光子対の観測を行う。

参考文献

- [1] Yosuke Shimada, Yuko Chida, Nozomi Ohtsubo, Takatoshi Aoki, Makoto Takeuchi et al., "A simplified 461-nm laser system using blue laser diodes and a hollow cathode lamp for laser cooling of Sr," *Rev. Sci. Instrum.* **84**, 063101 (2013).
- [2] C. J. Hawthorn, K. P. Weber, and R. E. Scholten, "Littrow configuration tunable external cavity diode laser with fixed direction output beam," *Rev. Sci. Instrum.* **72**, 4477 (2001).