

半導体レーザー用ローノイズ電流源の 雑音評価

中川研究室 1013027 小川 寿幸

1. 研究背景,目的

私が本研究で主とする目的は、半導体レーザーにおける周波数安定化である。これは、レーザーを用いた研究を進める中で、一つの大きな柱といえる。レーザーの発展に伴い、その様々な応用が提案されている。

我々の研究室では外部共振器型半導体レーザー（ECLD）を用いた原子の高分解能分光を行っている。これにも、狭線幅レーザーは要求される。

本研究では、半導体レーザーの線幅(linewidth)と電流源を起因として発生するノイズとの関係に着目し、半導体レーザー用ローノイズ電流源を評価した。

必要とされるスペクトル線幅は 100 k Hz 以下であり、電流雑音を $1 \mu A$ 以下にする必要がある。市販の電流コントローラーでは、電流雑音がこれ以上なため線幅が制限されている。

本研究では、既存の論文等をもとに作成したローノイズ定電流源回路の電流雑音密度を評価した。

2. ローノイズ定電流源回路

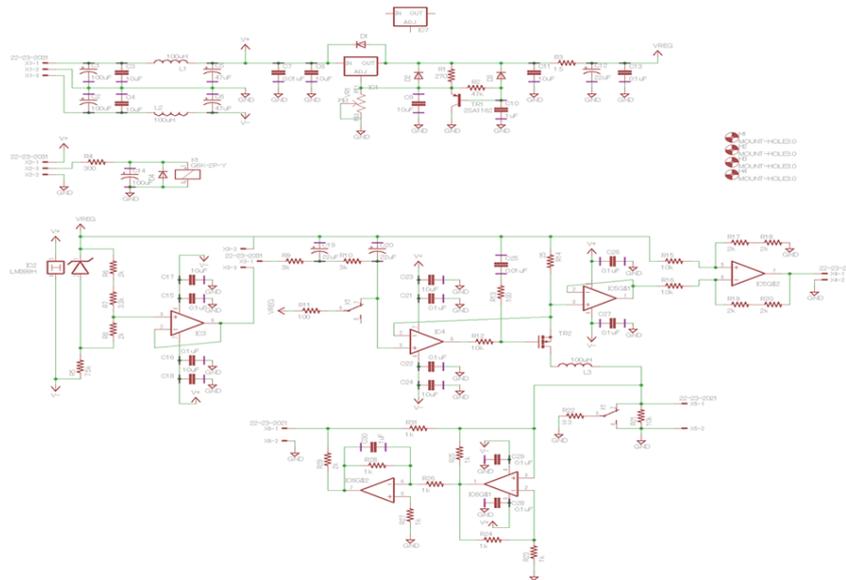


Figure 1 ローノイズ定電流源回路

図1の回路に用いられるオペアンプ(AD8671)から見積もられる電圧雑音密度は、
 $2.8\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$

図2の測定系において電流密度を観測している回路における抵抗は $25[\Omega]$ より、
 $2.8\text{nV} / 25\Omega = 0.112\text{nA}/\sqrt{\text{Hz}}$ と見積もることができる。

3. 雑音測定

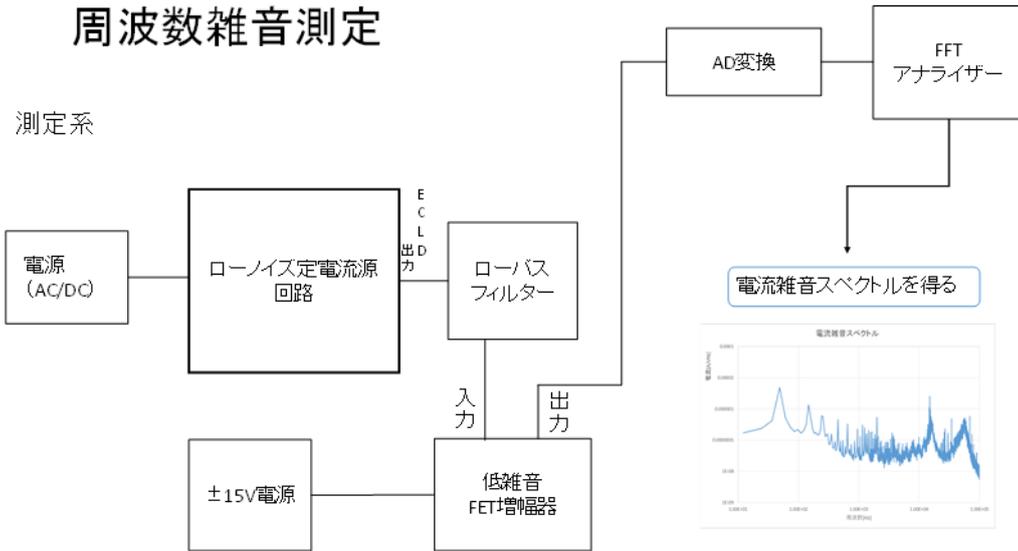


Figure 2 測定系

入力換算雑音(FET増幅器)

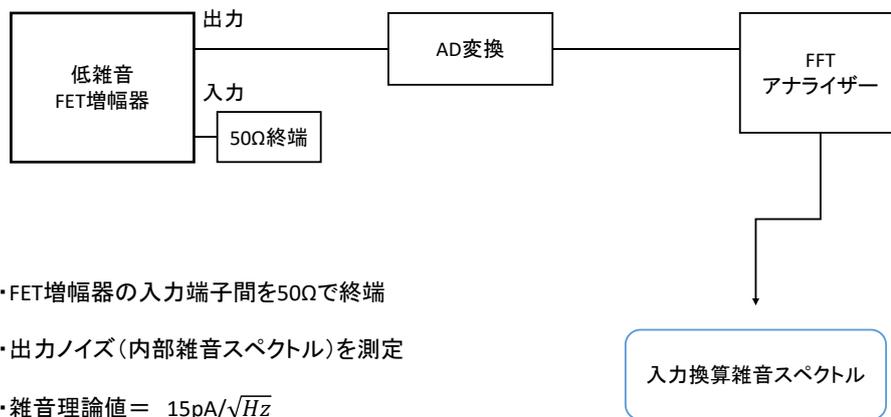


Figure 3 測定系(入力換算雑音)

図2に示す測定系において、回路の電流雑音密度を測定し、入力換算雑音との差分を評価した。(図5)

また、入力換算雑音は図3に示すように、増幅器の入力端子を $50\ \Omega$ の抵抗で終端し、測定した。(図4)

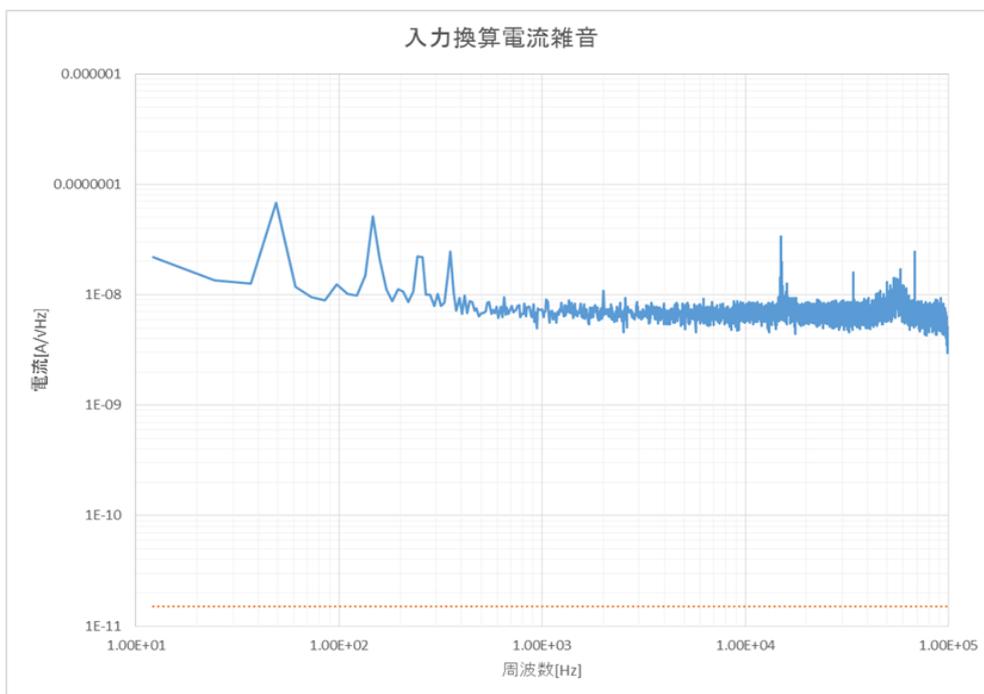


Figure 4 入力換算雑音スペクトル

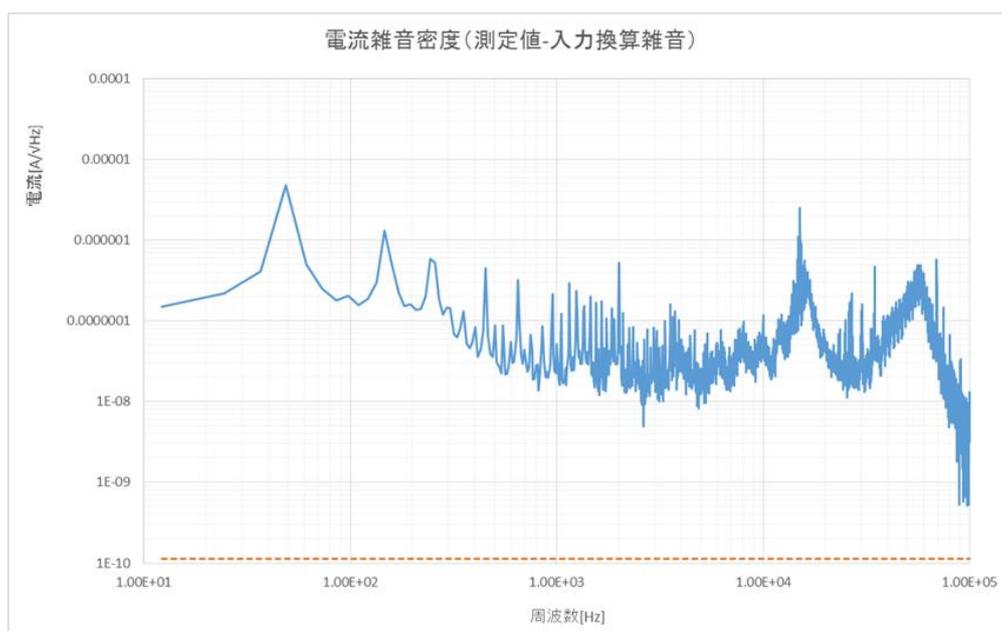


Figure 5 電流雑音密度スペクトル

図4,図5において、橙色線で見積もられる理論値を示した。

図4から、入力換算雑音は

$$\text{測定値 } 7.0 \times 10^{-9} = 7.0 \text{ nA} / \sqrt{\text{Hz}}$$

$$\text{最小値 } 100 \text{ kHz にて } 3.0 \text{ nA} / \sqrt{\text{Hz}}$$

と判断できる。

また図5では、回路全体の雑音密度からこの入力換算雑音を引いたものを示す。

4. 結果,今後の展望

結論

- ・ 観測された電流雑音密度は $10 \text{ nA} / \sqrt{\text{Hz}}$
理論値($0.112 \text{ nA} / \sqrt{\text{Hz}}$)との差は測定系において外から混入した雑音だと考えられる。
- ・ 測定周波数範囲 (10Hz~100kHz) での電流雑音の積分値は $3.16 \mu \text{ A}$
これより、目標とした電流雑音 $1 \mu \text{ A}$ 以下は現時点で達成できていないことがわかった。

今後の展望

今回観測された電流雑音密度の最小レベルから計算した値は $0.127 \mu \text{ A}$ であった。
これより、その他の周波数帯においては外部からの雑音混入の影響が大きいと考えられる。したがって、測定系における雑音対策は第一の課題となる。
また、ローノイズ定電流源が実用可能かを検証するため、同様の設計においても一つの定電流源回路を作成し、二つの LD を用いてビート (線幅) の測定も行っていきたい。

参考文献

- ・ [1]ノイズの基礎[<http://www.murata.com/ja-jp/products/emiconfun/emc/2011/03/28/en-20110328-p1>]
- ・ [2]Onosokki(FFT)[https://www.onosokki.co.jp/HP-WK/c_support/newreport/analyzer/FFT1/fft_1.htm]
- ・ [3]Opamp[http://www.analog.com/media/jp/technical-documentation/data-sheets/AD8671_8672_8674_JP.pdf]
- ・ [4] An ultrahigh stability, low-noise laser current driver with digital control ([Christopher J. Erickson](#)¹, [Marshall Van Zijll](#)¹, [Greg Doermann](#)¹ and [Dallin S. Durfee](#)¹) Received 30 April 2008; accepted 8 June 2008; published online 11 July 2008
- ・ [5] Note: Updates to an ultra-low noise laser current driver (Daylin L. Troxel, Christopher J. Erickson, and Dallin S. Durfee) (Received 25 May 2011; accepted 9 August 2011; published online 1 September 2011)
- ・ [6] (FET)[http://www.nfcorp.co.jp/pro/dv/amp/low_noise/ca251/pdf/ca251.pdf]