

狭線幅半導体レーザーを用いた無変調アセチレン安定化レーザー

Modulation-free acetylene-stabilized laser using a narrow-linewidth diode laser

横浜国大理工¹, 電通大レーザー², JST, ERATO 美濃島知的光シンセサイザ³

○吉井 一倫^{1,3}, 朝比奈 優^{1,3}, 増田 裕行^{1,3}, 中川 賢一², 洪 鋒雷^{1,3}

Dep. Phys. YNU¹, ILS. UEC², JST, ERATO MINOSHIMA IOS³

○Kazumichi Yoshii^{1,3}, Yu Asahina^{1,3}, Hiroyuki Masuda^{1,3}, Ken'ichi Nakagawa², Fen-Lei Hong^{1,3}

E-mail: yoshii-kazumichi-mn@ynu.ac.jp

1. はじめに

アセチレンの($\nu_1+\nu_3$)バンドの遷移を安定化基準とする 1.5 μm 帯周波数安定化レーザー[1-3]は、通信帯の各種測定機器の校正光源や、光周波数コムとの絶対周波数マーカーとして広く用いられている。近年では 1.5 μm 帯を波長中心とするファイバコムの光周波数基準としてその重要性が高まっており、特に、天文コム[4]の周波数基準として無変調で高い周波数安定度を持った安定化レーザーの開発が期待されている。

本研究では狭線幅半導体レーザーを光源に用いて、ドップラーフリー分光法の 1 つである Modulation transfer 法を採用することで、無変調で高精度なアセチレン安定化レーザーの開発を目的とする。

2. 実験

光源として波長 1.5 μm で発振する半導体レーザー(RIO 社製, PLANEX シリーズ)を用いる。このレーザーには平面光波回路により外部共振器が構成されており、線幅数 kHz の狭線幅スペクトルを有す出力 10 mW の連続光が出射される。この線幅は通常の外部共振器型半導体レーザーの約 1/100 である。レーザー光は Er 添加ファイバー増幅器により約 40 mW に増幅され Modulation transfer 分光系へ送られる。光はポンプ光とプローブ光に分けられた後、ポンプ光は位相変調を与えられ、圧力 4 Pa のアセチレンが封入された長さ 60 cm の試料セル[3]中でプローブ光と対向に集光される。得られた Modulation transfer 信号からエラー信号を生成し、制御信号をレーザー駆動電流にフィードバックすることで周波数ロックを行う。安定化したレーザーの線幅と周波数安定度を光周波数コムとのビート周波数を計測することにより評価する。

3. 結果

波長 1542.383 nm でのアセチレン $P(16)$ 遷移の Modulation transfer 信号を測定した。その結果、吸収線の線幅が約 2 MHz、信号の S/N 比が約 41 の平坦なベースラインを有するスペクトルが得

られた。

次に、観測された遷移に半導体レーザーの周波数をロックし周波数安定化を行った。Figure 1(a)に安定化レーザーと光コムとのビート周波数の測定結果を示す。この結果から計算したアラン標準偏差を Fig 1(b)に実線で、併せて、フリーランニングの安定度を破線で示す。1 秒の平均時間において 3.0×10^{-12} 、200 秒において 1.0×10^{-12} の相対的な周波数安定度が得られており、フリーランニング時と比べ約 2000 倍(@200 s)の安定度向上が達成された。以上のように、1.5 μm 帯狭線幅半導体レーザーを用いて高い周波数安定度を有す無変調の出力を持つアセチレン安定化レーザーの開発に成功した。

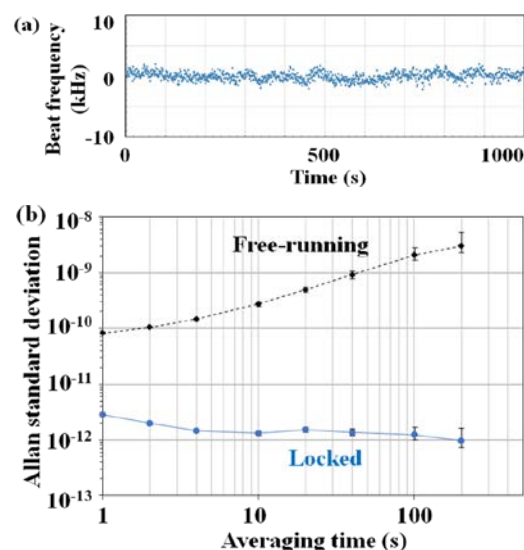


Fig. 1. (a) Measured beat frequency between the locked narrow-linewidth diode laser and the optical frequency comb (OFC) stabilized to the iodine-stabilized Nd:YAG laser. (b) Allan standard deviation calculated from the measured beat frequencies between OFC and the locked diode laser (solid line), OFC and the free-running (dashed line).

参考文献

- [1] M. de Labachellerie, *et al.*, Opt. Lett. **20**, 572 (1995).
- [2] A. Onae, *et al.*, IEEE Trans. Instrum. Meas. **48**, 563 (1999).
- [3] K. Nakagawa, *et al.*, Appl. Phys. B **80**, 479 (2005).
- [4] T. Steinmetz, *et al.*, Science **321**, 1335 (2008).