

1.5 μm 帯狭線幅半導体レーザーの周波数安定化

Frequency stabilization using a narrow-linewidth diode laser at 1.5 μm

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

○吉井 一倫^{1,2}, (B)稲村 拓也¹, (B)佐川 博之¹, 中川 賢一³, 洪 鋒雷^{1,2}

Dep. Phys. YNU¹, JST, ERATO MINOSHIMA IOS², ILS. UEC³

○Kazumichi Yoshii^{1,2}, Takuya Inamura¹, Hiroyuki Sagawa¹, Ken'ichi Nakagawa³, Fen-Lei Hong^{1,2}

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

1. はじめに

アセチレンの(v_1+v_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、光周波数コムとの絶対周波数マーカーや、通信帯の各種測定機器の校正光源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標準としてその重要性が高まっており、特に、天文コム[4]の周波数標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。光はビームスプリッターで 2 つに分けられた後、一方に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]中に対向に集光される。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

レーザー周波数を掃引し測定した、波長 1542.383 nm でのアセチレン $P(16)$ 遷移のスペクトルを Fig.1(a)に示す。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(b)に安定化レーザーと光コムとのビート周波数を示す。ビートの線幅は数 10 kHz であったが、この値は光コムの線幅で制限されており、この結果から安定化レーザーの線幅は少なくともこの値以下であると見積もられる。また、測定したビート周波数からアラン標準偏差を計算した。その結果、1 秒の平均時間において 3.6×10^{-12} の相対的な周波数安定度を得た。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安定度を有すアセチレン安定化レーザーの開発に成功した。

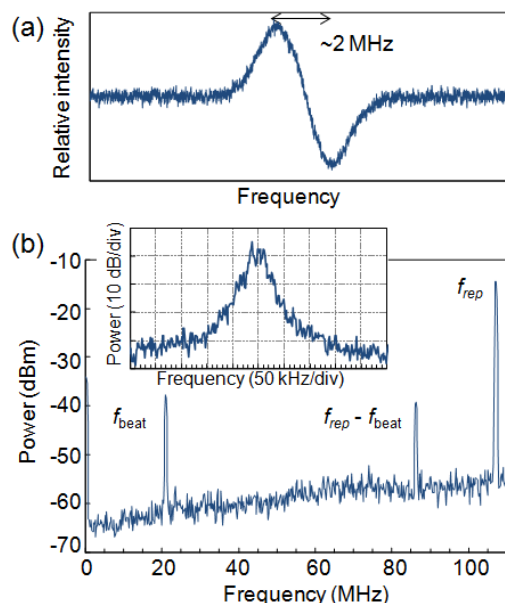


Fig. 1. (a) Doppler-free spectrum of the $P(16)$ transition of acetylene recorded in a bandwidth of 3 kHz. (b) Spectrum of beat signals between the acetylene-stabilized laser and the optical frequency comb components. The resolution bandwidth was 300 kHz. f_{beat} denotes the beat frequency between the laser and one of the comb component, and f_{rep} the repetition rate of the comb. The inset shows an enlarged view around f_{beat} . The resolution bandwidth was 1 kHz.

参考文献

- [1] M. de Labacherie, *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).