

レーザー安定化用 ULE 光共振器とセラミック光共振器の長期安定性比較

Comparison of long-term stability between reference ULE and Ceramic cavity

東大物性研 °伊藤 功, 小林洋平

ISSP, Univ. Tokyo, °Isao Ito, Yohei Kobayashi

E-mail: isao-maf@issp.u-tokyo.ac.jp

超精密分光などの用途で CW レーザーの周波数を 1 Hz レベルまで狭線幅化する場合に、2 枚の鏡を 1 つのスペーサーを挟んで向かい合わせた光共振器が用いられる。光共振器のスペーサーには周辺環境の温度変化による熱膨張で共鳴周波数が変動しないように ULE® (Corning)などの低熱膨張ガラスが多用されている。しかしながら、低熱膨張ガラスではアモルファス構造が時間とともに極めてゆっくり結晶化して行くクリープ現象が生じるため、ULE®製の光共振器(以下、ULE 光共振器)で安定化した狭線幅 CW レーザーの絶対周波数は約 20 - 100 mHz/sec の割合で長期的にドリフトすることが古くから知られている[1,2]。2013 年に低熱膨張セラミックス NEXCERA™ (黒崎播磨)をスペーサー材料とする光共振器(以下、セラミック光共振器)が報告された[3]。NEXCERA™は 1 μm サイズのコーディエライトの単結晶群のわずかな隙間をアモルファス層が充填する多結晶構造になっているので[4]、セラミック光共振器は ULE 光共振器よりもクリープによる絶対周波数の長期ドリフトが小さいことが期待できる。

我々は寸法、ゼロ熱膨張温度、製作時期を揃えた ULE 光共振器とセラミック光共振器を製作し(図 1)、各々の光共振器にロックした外部共振器型半導体レーザー(ECDL)の絶対周波数を 11 桁精度で測定可能な Yb ファイバー光周波数コムを使って 2016 年 3 月から測定し続け、光共振器の長期安定性の比較を行ってきた[5]。第 78 回応用物理学会秋季学術講演会(6p-A414-4, 2017)では 1 年間の測定で長期ドリフトが指数関数的に時間変化していくことを報告した。今回は 5 年間の測定結果について報告する。図 2 では 2016 年 3 月からの ECDL の絶対周波数のドリフト量をプロットしている。セラミック光共振器の長期ドリフトは 0.7 MHz/5 years であり、ULE 光共振器の 3.6 MHz/5 years よりも小さい。図 3 は図 2 の絶対周波数の長期ドリフトを時間微分して得たドリフトレートである。2021 年 4 月時点のドリフトレートはセラミック光共振器が約 4 mHz/sec であり、ULE 光共振器の約 18 mHz/sec よりも小さい。以上より、レーザー安定化に用いられる低熱膨張セラミックス NEXCERA 製光共振器は低熱膨張ガラス ULE 製光共振器よりも長期安定であり、クリープ現象の影響が小さい。

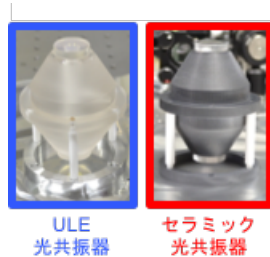


図 1. 光共振器

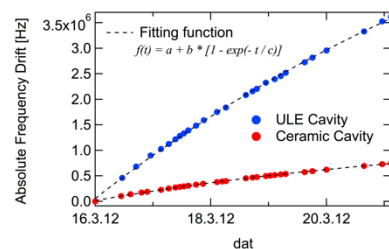


図 2. 絶対周波数の長期ドリフト

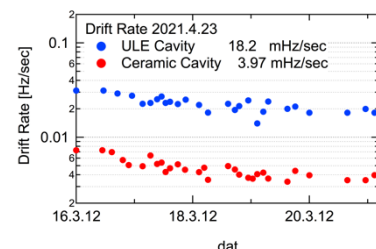


図 3. ドリフトレート

参考文献 [1] J. L. Hall, Proceedings of SPIE, **1837**, 2 (1992). [2] S. Häfner et al., Opt. Lett. **40**(9) 2112 (2015). [3] K. Hosaka, et al., Jpn. J. Appl. Phys. **52**, 032402 (2013). [4] 菅原他, 精密工学会誌 **81**(2), 117 (2015). [5] I. Ito et al., Opt. Exp. **25**(21), 26020 (2017).