

低熱膨張セラミック光共振器の長期クリープ測定

Long-term creep measurement of low thermal expansion ceramic cavity

東大物性研 [○]伊藤 功, Alissa Silva, 中村卓磨, 小林洋平

ISSP, Univ. Tokyo, [○]Isao Ito, Alissa Silva, Takuma Nakamura, Yohei Kobayashi

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

超高フィネス光共振器にロックした線幅 1Hz 級の CW レーザーは光周波数標準として幅広い分野で利用されている。超高フィネス光共振器の材料として広く使われている Ultra Low Expansion (ULE) ガラスにはアモルファス構造が時間とともに極めてゆっくりと結晶化して行くクリープがあるため、ULE 光共振器にロックした CW レーザーの絶対周波数はおよそ 100mHz/sec の割合で長期的にドリフトする[1]。このクリープを抑えるために我々は ULE ガラスと同様に室温付近でゼロ熱膨張になる低熱膨張セラミックス NEXCERA(黒崎播磨) [2]でセラミック光共振器を開発した。NEXCERA は 1 μ m 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[3]になっているので、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、製作時期が揃ったセラミック光共振器と ULE 光共振器それぞれに外部共振器型半導体レーザー(ECDL)をロックし、11桁精度の光絶対周波数測定が可能な Yb ファイバー光周波数コムを使って 2 台の ECDL の絶対周波数の長期ドリフトを 1 年以上測定している。第 77 回応用物理学会秋季学術講演会では半年間の測定結果からセラミック光共振器の長期的なクリープを直線的な時間変化として評価した結果を報告した[4]。今回は定期的なゼロ熱膨張温度探索で気温の年較差による温調温度のドリフトを補正し、絶対周波数測定をさらに 10 ヶ月間(6 月現在)続けることでクリープが指数関数的に時間変化していく様子を観測できた。図 1 は光共振器にロックした ECDL の絶対周波数の長期ドリフトを 1 年間測定した結果である。セラミック光共振器にロックした ECDL の絶対周波数の長期ドリフトは 200kHz/year であり、ULE 光共振器の 900kHz/year よりも小さかった。さらに長期ドリフトの時間発展を指数関数 $f(t)=a+b*(1-\exp(-t/c))$ [Hz] (a, b, c は回帰係数、 t は時間で単位は day) でフィッティングすることができ、その指数関数の時定数 c はセラミック光共振器については 779 ± 44 days であり、ULE 光共振器の 1105 ± 43 days よりも小さかった。以上より、セラミック光共振器のクリープは ULE 光共振器よりも小さくかつ速く飽和することがわかった。

参考文献

- [1] J. L. Hall, Proceedings of SPIE, **1837**, 2 (1992).
- [2] K. Hosaka, et al., Jpn. J. Appl. Phys. **52**, 032402 (2013).
- [3] 菅原他, 精密工学会誌 **81**(2), 117-122 (2015).
- [4] 伊藤他, 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 15p-C32-14, 朱鷺メッセ (2016.9)

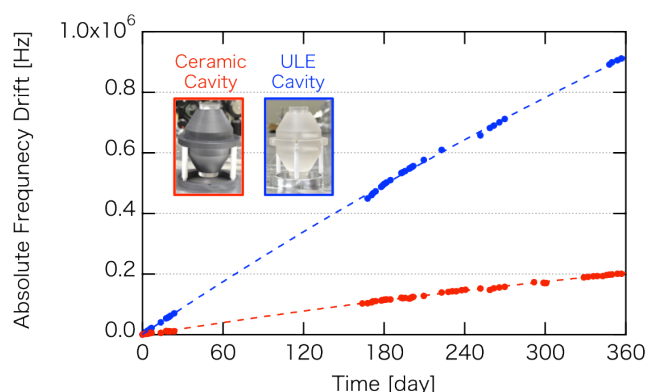


図 1. 光共振器にロックした ECDL の絶対周波数の長期ドリフト。赤点がセラミック光共振器、青点が ULE 光共振器。赤点から 281,705,478,563,238 Hz, 青点から 281,705,918,817,558 Hz を差し引いている。破線はフィッティング関数 $f(t)=a+b*(1-\exp(-t/c))$ で、決定係数はともに 0.999。