

長距離量子通信における周波数安定化のための光周波数コムの開発 Development of optical frequency comb for laser frequency stabilization in long-distance quantum communication

横国大院理工¹ (M1)進藤成豊¹, (M1)近藤健史¹, 洪鋒雷¹, 堀切智之¹

Yokohama National Univ¹, Seiho Shindo¹, Takeshi Kondo¹,

Feng-Lei Hong¹, Tomoyuki Horikiri¹

Email: shindo-seiho-zf@ynu.jp

1. 背景

昨今の量子情報分野における量子コンピュータの発展により従来の暗号理論による安全性が揺らいでいる。そこで、同じ量子情報分野において双壁をなす量子通信がより堅牢な通信を実現するためのアプローチとして挙げられる。しかし、量子通信は古典通信のように長距離化できないため、量子中継器が必要となる。中継器内には量子状態を保存しておくメモリが必要である。量子メモリに光子を吸収させ、光子の量子状態保存の際に、吸収光子の波長と同じ波長のメモリ制御レーザーを照射する必要がある。高効率な吸収のために周波数安定化は必須である。具体的に要求される安定度はアラン分散[1]を用いて 10^{-10} である。また、量子メモリの吸収波長は一般的に通信における損失が最も少ない通信波長と異なる。2つの波長のギャップを埋めるために、補助的なレーザーを用いて波長変換を行っている。我々は通信波長 (1514 nm) 量子もつれ光源からの光子を量子メモリ PrYSO の吸収波長 (606 nm) に変換するために1010 nmレーザーを用いている。そして、これら複数のレーザーの安定化を実現するための光周波数コムを作成している。

2. 実験概要

光周波数コム自身の GPS 安定化源への制御及び1010 nmレーザーとのビート測定による安定度評価と2つの実験を行った。光周波数コムがもつ2つのパラメーター[2]である繰り返し周波数 f_{rep} およびキャリアエンベロープ周波数 f_{CEO} をそれぞれ GPS に対する位相同期によって安定化を試みた。 f_{CEO} の制御時間は29415 secで変動は突発的な変動を除いて10 Hz以下で f_{rep} の制御時間は10500 secで変動は

0.015 Hz以下、あった。また、安定度評価のため、 f_{CEO} は位相制御で統一し、 f_{rep} を2種類の方法で制御し、ヨウ素の絶対周波数に安定化された1010 nmレーザーとのビート周波数をそれぞれ測定した。 f_{rep} を位相同期させた際のビート周波数を f_{beat1} とし、 f_{rep} をディレイライン法によってオフセットロックさせた際のビート周波数 f_{beat2} を測定した。各アラン分散を計算したのが以下のグラフである。縦軸をアラン標準偏差とし、橙が f_{beat1} 、青が f_{beat2} である。

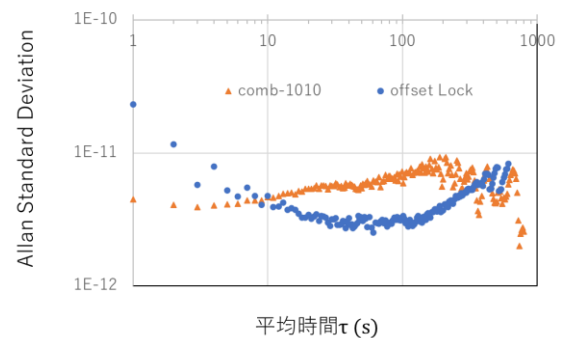


Fig. Allan Standard Deviation of two setup

3. 今後の遠望

本実験においては、量子メモリを保存させる際に用いるレーザーに要求される安定度が得られていることがわかった。より高安定な安定源として運用していくために更なる拡張やアライメント、パラメーターの探索を試みる。

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費 JP20H02652 の助成を受けたものです。

【参考文献】

- [1] Fritz Riehle, Frequency Standards(WILEY-VCH 2004)50-51
- [2] Steven T et al., Review of Scientific Instrument vol.72 number10 (2001)