原子–光子間結合強度の制御に向けた光双極子トラップ走査システムの開発

Development of Scanning System for Controlling Atom-Photon Coupling

電通大レーザー研，○(M2) 岡嶋宗裕，(D1) 志村一樹，丹治はるか

ILS, Univ. of Electro-Commun., Munehiro Okajima, Kazuki Shimura, Haruka Tanji-Suzuki

E-mail: tanji@ils.uec.ac.jp

量子情報処理技術においては、少数光子での非線形光学効果が有用であると考えられている。そのため、近年、このような効果が観測可能な共振器 QED 系が注目を集めている。原子と光共振器を組み合わせた共振器 QED 系においては、原子-光子間の結合強度は、共振器のフィネス及び幾何学的配置によって決定され、実験装置を構築した段階で確定されてしまう。一方、量子情報処理において重要なコヒーレンスを保つためには、原子の暗状態を用いた操作が有効であり、そのためには、原子-光子間の結合強度を任意に変化させられることが求められる。そこで我々は、光共振器中の定在波の強度分布構造と比べて十分小さい領域に原子をトラップし、その位置を変化させることで、原子-光子間の結合強度を変化させることを目指している。本研究では、その実現のために、一軸駆動ガルバノミラーを用いた光双極子トラップ走査システムの開発を行う。

本研究では、まず光共振器中の定在波の腹から節までの範囲での原子-光子間結合強度の位置依存性の観測を目指す。この時、走査システムには、トラップ光の焦点位置を$\lambda_0/4 = 195$ nmより十分小さい分解能で変化させる事が求められる。そこで、ガルバノミラーの角度変化の精度を確認するため、コリメータレンズの焦点距離を調節して遠方でレーザーが集光される光学系を用いて焦点位置の変化を測定した。まず、ファンクションジェネレータ(FG；nF 回路設計ブロック社製, WF1947)を用いて駆動電圧を変化させ、集光スポットの位置を CMOS カメラで観測した(Fig. 1)。光強度のピークの位置を解析した結果、Fig. 2 のようになり、FG に表示された出力電圧とミラー角度の間に1.74 ± 0.01 deg/Vの関係があることが分かった。使用している FG の出力電圧の分解能である 0.1 mV に対応する角度変化は0.125 mdeg であるため、現状の空間分解能は 30.4 nm $< \lambda_0/4 = 195$ nm であることが分かった。原子トラップの位置精度に対しては、ガルバノミラーの機械振動による微小な角度ゆらぎが重要な影響を与える。また、結合強度を時間変化させる際には、この系でどの程度の変化速度が得られるかを知る必要がある。本講演では、ガルバノミラーの角度ゆらぎ[1]及び角度の変化速度の測定について報告する。

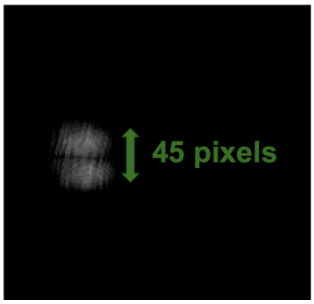

Fig 1. Measurement of the varying spot positions using a CMOS camera

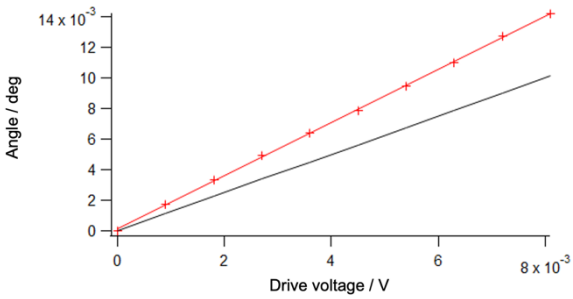

Fig 2. Angle of the Galvano mirror versus the drive voltage

[1]June Gyu Park, and Kyuman Cho, vol. 55, No.9, March 20 2016, Applied Optics