

ガラスキャピラリー光学系における紫外光マイクロビームの透過特性

河村俊哉（量子エレクトロニクス教室）

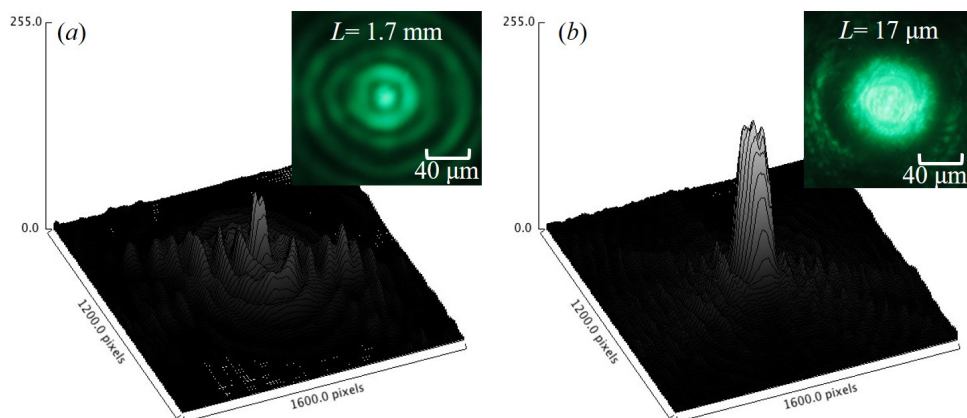
今日、マイクロビーム(μm オーダーの径を持つビーム)は多くの研究分野で広く用いられている。また、実験をより高度なものにするためにビームサイズの微小化、集光技術開発が求められ、マイクロビーム生成法の開発も行われている。我々はマイクロビームの生成法として、「テーパー型ガラスキャピラリーを用いたマイクロビーム生成」を提案している。ガラスキャピラリーとはガラス製の注射針であり、生物分野の実験でよく用いられている。ガラスキャピラリーは μm オーダーのイオンビーム生成に使われ、生物照射や表面改質といった実験に応用されてきた。ガラスキャピラリーを用いると必要なビームサイズを作ることができ、照射標的にピンポイントに近づけることができるといったメリットもある反面、イオンビームの水中飛程は短く位置検出ができない。これを解決すべく、イオンビームが通るガラスキャピラリーに可視光レーザーを同軸入射し、イオンビーム照射のアシストをするための照準装置の開発が進められてきた。この研究の応用として、入射光の波長を紫外領域にすることで、イオンビームなしでの生物照射が可能になると考えられる。また、波長をさらに短くし X 線などに応用することができれば、分析分野などへの応用の可能性も見えてくる。テーパー型ガラスキャピラリーを用いて生成した紫外光マイクロビームの透過特性を調べることを目的とし、(1) 紫外光マイクロビームプロファイルの測定 (2) 紫外光マイクロビームの集束性能評価を行った。

(1) 紫外光マイクロビームプロファイルの測定

微小距離でのピンポイント照射を想定し照射距離を $17 \mu\text{m}$ に設定しスポットの大きさ及び形状を評価した。実験の結果、出口径が小さいほどスポットの大きさも小さくなった。また、照射距離 $17 \mu\text{m}$ では距離が遠いところで見られるフラウンホーファー回折の様な高次の縞が解消され、シャープなスポットであった。また、ガラスキャピラリーを出射した光のプロファイルが照射距離によりどのような振る舞いをするか、照射距離を変えて検証した。

(2) 紫外光マイクロビームの集束性能評価

1 pulse あたりのビームエネルギーを求めた。また、入射光のエネルギー密度と出射後のマイクロビームのエネルギー密度から **density enhancement** を求めた。Density enhancement は最大で 160 あることが分かり、テーパー型ガラスキャピラリーの集束性能を評価することができた。



照射距離によるプロファイルの違い(a) $L = 1.7 \text{ mm}$ (b) $L = 17 \mu\text{m}$

高分解能レーザー分光による Ba 原子 $6s5d\ ^3D_3 - 5d6p\ ^3F_4$ 遷移の分極率の測定

野村幸希（量子エレクトロニクス教室）

原子のシュタルク効果の研究は分光学的なデータが得られる重要な基礎研究テーマの一つである。シュタルク効果とは、1913 年にヨハネス・シュタルクによって発見された現象で、原子に外部電場を印加すると、原子内で電荷分布が変化して原子準位に変化が生じるというものである。原子内部では、外部電場によって原子内の電子の電気双極子モーメントに偏りが生じている。電気双極子モーメントの偏りやすさは原子個々で固有の尺度が存在しており、これを原子の分極率と呼ぶ。

シュタルク効果を定量的に検証するために、高分解能レーザーによる分光実験が始まった。レーザー光は波長のばらつきが小さいため、スペクトル解析が容易となった。なお、原子のレーザー分光は現在においても需要が高い。それは、最先端の原子物理研究、原子の永久電気双極子モーメント（EDM）の探索研究、パリティ非保存における遷移研究に分極率を既知データとして用いるためである。

そのような背景をもつ中、我々東邦大学物理学専攻の量子エレクトロニクス教室では、単電子のアルカリ金属原子のシュタルク効果の研究を行ってきた。しかし、現在では価電子 2 個を持つバリウム Ba を研究テーマとしている。それは、2 価のアルカリ土類金属は、アルカリ金属に比べ電子配置や準位が複雑であり、理論研究において興味の深いものとなっているからである。Ba 原子 $5d6p$ 配置の分極率研究についてはこれまで、 3P_1 や 3D_1 、 3F_2 、 3F_3 がなされてきた。しかしながら、 3F_4 については研究報告がない。

そこで本研究室は現在、波長 705.944 nm を持つ外部共振器型半導体レーザーと Ba 原子線を用いて、 $5d6p\ ^3F_4$ における分極率の測定を行っている。しかし、基底状態 $1s^2\ ^1S_0$ から遷移させるのは困難であるため、一旦準安定状態である $6s5d\ ^3D_3$ にまで占有させてから実験を行う。準安定状態の Ba にレーザー光を照射して $6s5d\ ^3D_3 - 5d6p\ ^3F_4$ 遷移の分光を行い、高分解能スペクトルを観測した。

最大電場 70 kV/cm を掛け、 $6s5d\ ^3D_3 - 5d6p\ ^3F_4$ 遷移のシュタルクスペクトルを観測した。様々な大きさの電場を掛けることで、シュタルクシフトと分岐を詳細に測定した。その結果、 $6s5d\ ^3D_3 - 5d6p\ ^3F_4$ のスカラー分極率を $-86.3(12)\text{ kHz}/(\text{kV}/\text{cm})^2$ 、 $5d6p\ ^3F_4$ のテンソル分極率を $-35.5(40)\text{ kHz}/(\text{kV}/\text{cm})^2$ と決定した。

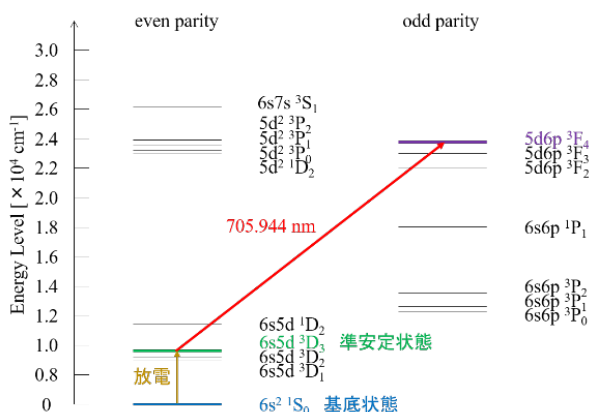


Fig. 1 Ba 原子 エネルギー遷移図

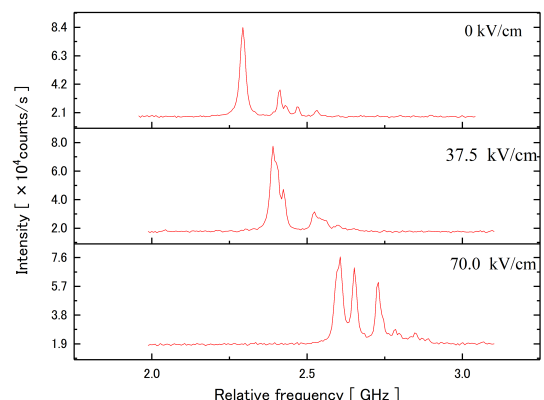


Fig. 2 Ba 原子 $6s5d\ ^3D_3 - 5d6p\ ^3F_4$ 遷移のシュタルクスペクトル