

確認された。この蛍光スポット（原子雲）のサイズを計測したところ、 $10\text{mm} \times 7\text{mm} \times 7\text{mm}$ であった。

次に、この原子雲に存在する原子の空間密度を決定するため、冷却 Rb 原子雲による共鳴プローブ光（強度 $2\text{ mW}/\text{cm}^2$ ）の吸収率を計測した。このときの計測結果を Fig.3 に示す。Fig. 3 の横軸は時間を表しており、 $t = 0$ (ms)までは MOT 動作、 $t = 0$ (ms)に MOT を遮断し、それ以降原子が空間的に拡散することを示す。縦軸はプローブ光の透過率である。冷却 Rb 原子雲による透過率は $t = 0$ (ms)直後（ここでは 0.5 (ms)とした）における透過率の値なので 15% （吸収率は 85% ）であった。この透過率から MOT 原子雲の空間原子密度は 1×10^9 ($1/\text{cm}^3$)と見積もることができた。この密度の値と前述の原子雲サイズを用いて我々の MOT で捕獲・冷却できた原子の総数を算出すると、 5×10^8 という値が得られた。通常の MOT による捕獲原子数は 10^6 個程度であるから、本実験では捕獲原子数を従来よりも2桁以上増加できたことになる。

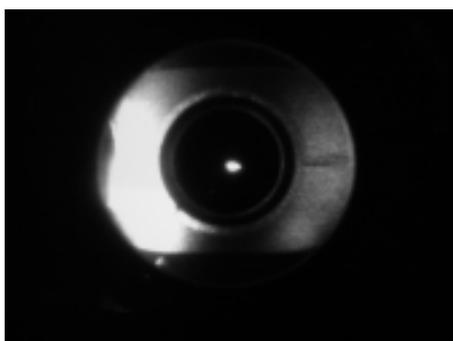


Fig. 2 レーザー誘起蛍光観測結果

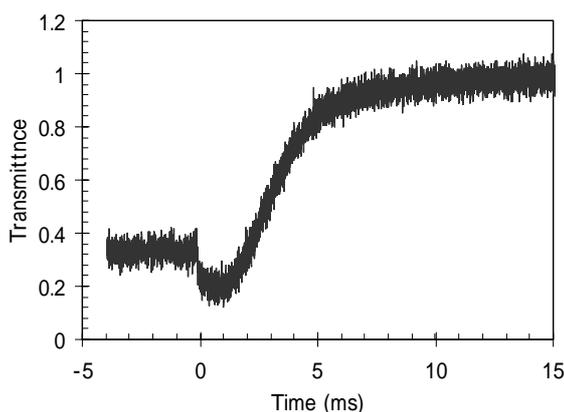


Fig. 3 共鳴プローブ光の透過率測定結果

また、Fig.3において MOT 遮断後における透過率の時間変化から、MOT での原子の到達温度も求めることができる。我々の計算の結果、冷却原子の温度は 1 mK であると見積もられた。この値は Rb 原子のドップラー冷却限界温度である $150\text{ }\mu\text{K}$ に比べて1桁大きい。このように見積もった温度が高くなった原因は、共鳴プローブ光の強度が Rb 原子の飽和光強度 ($1.6\text{ mW}/\text{cm}^2$) 程度にまで大きかったために、冷却原子が共鳴プローブ光を吸収して加速されたことによると考えられる。

4 まとめ

我々は光ビーム径を 25 mm まで拡大することによって、MOT で 5×10^8 個の冷却原子を生成できることを実験的に確認した。この結果は従来の MOT 実験における典型的な捕獲原子数である 1.0×10^6 に比べて2桁大きな値であり、我々の当初の目標どおり冷却原子生成の高効率化を達成することができた。

現在の BEC 生成法が、まず MOT で捕獲・冷却された原子を対象にして、蒸発冷却などのさらなるレーザー冷却法で冷却・凝縮していくプロセスであることを考えると、本研究成果は極めて意義深い。最初に MOT で捕獲できる原子数を増大させると、最終目標地点である BEC に到達可能な原子数もそれに応じて増加すると考えられる。さらに MOT の捕獲原子数を多くして原子雲が大きくなれば、複数の地点で同時に蒸発冷却を実施することも可能になる。今後はこのように MOT から BEC へ至る物理的プロセスの効率化技術に焦点を当て、BEC の高効率発生を目指した研究を継続する予定である。

(参考文献)

- [1] E. L. Raab, M. Prentiss, A. Cable, S. Chu, D. Pritchard: Phys. Rev. Lett. 59 (1987) 2631.