

低速 Rb 原子線源の開発

中川研究室 牟田 真弓

2010 年 03 月 06 日

1 背景

ボース・アインシュタイン凝縮 (BEC) は、原子間相互作用が制御できる理想的な量子凝縮系として、またコヒーレンスの良い物質波として量子力学、低温物理などの様々な分野で多くの研究に貢献してきた。

我々の研究室では全光学的手法による BEC 生成を目指している。全光学的手法による BEC 生成には光学アクセスを広く確保でき光格子の実験などに有効で、数秒の間に BEC を生成できることが利点に挙げられる。現在、1 つのチャンバーで全光学的手法による BEC 生成を行っているが、原子源と実験チャンバーが同チャンバーにあるためトラップの寿命が短い。そこで原子源と実験チャンバーを分けるため Double MOT と呼ばれる手法を用いた実験装置の開発が必要になった。

2 本研究の目的

本研究では、 ^{87}Rb 原子を Double MOT の一次側チャンバーから二次側チャンバーへ送り出す。

3 Double MOT の原理

図 1 は Double MOT の一次側チャンバーを表している。一次側チャンバーでは磁気光学トラップ (MOT) で原子を捕獲し、その原子を二次側チャンバーへと移送する。一次側チャンバーと二次側チャンバーの間には 0.8mm の穴が開いたミラーがある。穴あきミラーによって反射する光と穴を通過する光に分けることができる。反射光は原子をトラップし、通過する光は原子の流れをつくることできる。つまり、MOT によってトラップした原子は通過する光によって二次側チャンバーへと移送される。移送された原子は二次側チャンバー

で再トラップされ、多数の冷却原子を得ることができる。

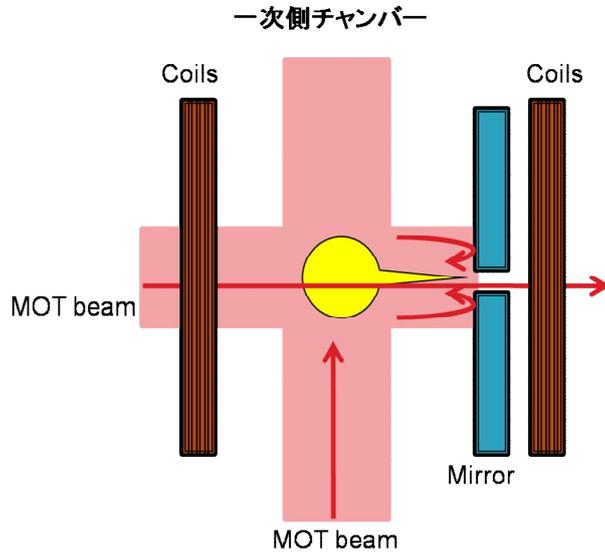


図1 Double MOT の一次側チャンバー

4 実験

4.1 光学系

図2のような光学系を組み、実験を行った。

チャンバーにはビーム直径 15mm のレーザーを入れた。

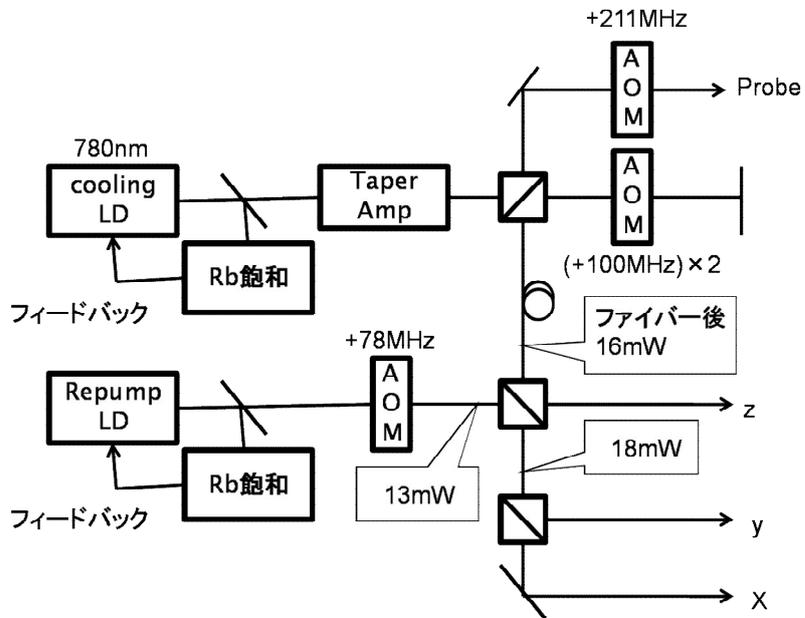


図2 光学系

4.2 実験装置

図3のような Double MOT の実験装置を組む。本研究は1次側チャンバーの開発なので、磁気光学トラップされた ^{87}Rb 原子を観測し、その原子の2次側チャンバーへの移送も観測する。

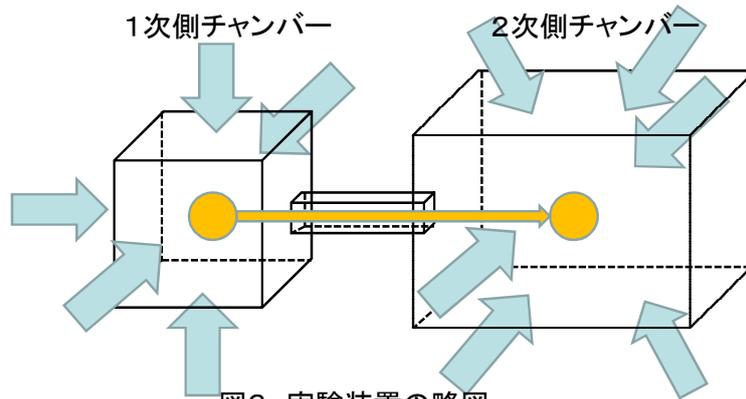


図3. 実験装置の略図

5 結果

5.1 MOT

図4は実際にカメラで見た MOT である。MOT で原子をトラップすることができた。吸収像撮影システムにより MOT の吸収像を撮影し、トラップした原子の個数を見積もった。図5は MOT の吸収像である。原子の個数は $N=3.5 \times 10^6$ [個] と見積もることができた。



図4 カメラで見た MOT

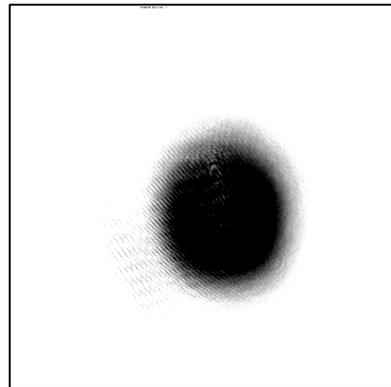


図5 MOT の吸収像

5.2 Atom flux

原子の流速 (Atom flux) を見積もった。図6は Atom flux の蛍光である。この場合、右からレーザーを入れているので左側に原子が送り出されていることがわかる。

図7は Atom flux の吸収像である。MOT が一緒に写っていないのはプローブ光があたっておらず、蛍光が写っているからである。赤い枠内(1mm×2mm)の原子の個数は $N=5.9 \times$

10^5 [個]であった。原子の平均の速さを一般的な MOT 原子の速さとして Atom flux を見積もった。

$$\begin{aligned} N &= 5.9 \times 10^5 \\ L &= 2.0 \times 10^{-3} [m] \\ \bar{v} &= 5.0 \left[\frac{m}{s} \right] \\ flux &= \frac{N\bar{v}}{L} = 1.4 \times 10^9 [s^{-1}] \end{aligned}$$

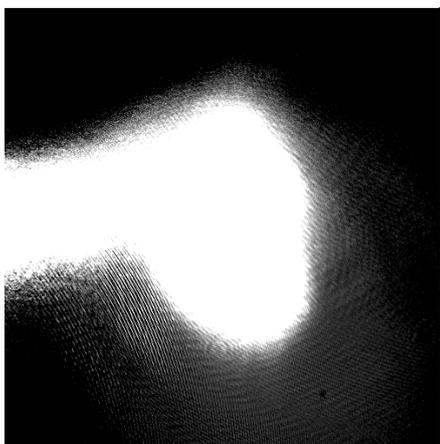


図6 Atom flux の蛍光

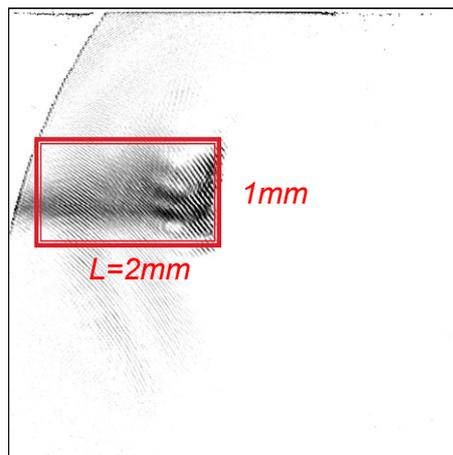


図7 Atom flux の吸収像

6 まとめと今後の展望

本研究では Double MOT の低速 ^{87}Rb 原子線源の開発を行った。

一次側チャンバーで MOT を確認し、個数を見積もることができた。また十分な個数の Atom flux も確認できた。今回確認した Atom flux は一次側チャンバーと二次側チャンバーの間のミラーの手前で確認したので実際に二次側チャンバーへ送り出されているのかはわからない。

今後、二次側チャンバーへ原子が送り出されているのか確認し、評価する。また、Atom flux の速度も計測する。最終的には二次側チャンバーで再トラップし、BEC を生成することを目指す。