

極低温状態における Ne の衝突の研究

電子物性工学科

鈴木 陽夫

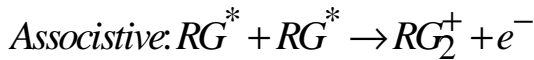
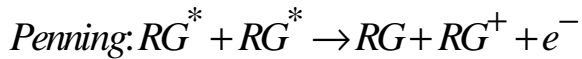
【 1 . 目的】

MOT (磁気光学トラップ) を用いて、トラップされた極低温準安定状態 Ne 原子の衝突レート係数 () の温度依存性を調べる。

方法としては MOT (磁気光学トラップ) を用いて高密度な原子集団を作り、Expansion Cooling 法をつかい実行温度と変化させる。

【 2 . 理論】

- 準安定状態の希ガス (RG) は以下のような反応を起こす。



共に二つの準安定状態の希ガスが一つのイオンを生成する反応。よってそれぞれを区別する必要はない。

このイオン生成をモニターする事によって、衝突レートを測定することができる。

- イオン生成レート (R_i)

$$R_i = \alpha_i N + \frac{\beta}{2} \int n^2(r) d^3r$$

N : トラップ原子の総数

n(r) : トラップ原子の密度分布

第 1 項 : 残留ガスと原子の衝突による損失 (項)

第 2 項 : 原子同士の衝突による損失、密度の 2 乗に比例する (項)

第 2 項 1 / 2 の理由は衝突している 2 つの原子の見分けが付けられないため

この式 (R_i) を時間 t と密度分布 n(r) の成分に変形した式を作り、測定データ曲線に Fitting をかけ、衝突レート係数 () を求める。

Background gas の原子 (分子) との衝突を考えた場合、 項が無視できなくなる。

(【理由】Ne^{*}の内部エネルギーが 17eV なのに対して、窒素のイオン化エネルギーは 15eV なので Ne^{*}同士が衝突するよりも窒素をイオン化しやすいため)

【 3 . 実験】

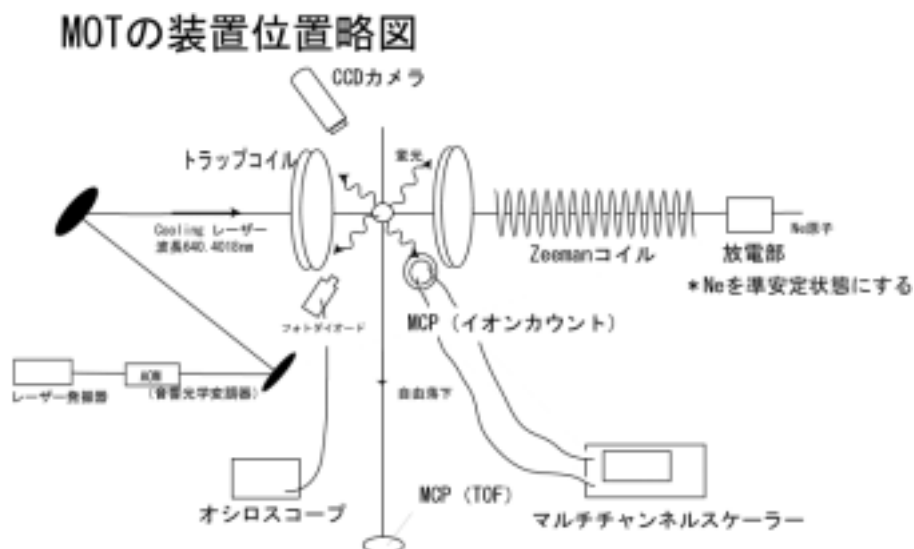
装置説明

MOT (磁気光学トラップ)

Ne 原子を放電部で準安定状態にし、Zeeman コイルを通り抜ける間に波長 640nm の Cooling レーザーを原子の進行方向から当てることで減速させ、向き合う 2 つのトラップコイルで作り出した磁場のゼロ点に準安定状態 Ne 原子のトラップを形成する。

原子がトラップしている間、レーザー光は常に当てられているためトラップ原子は蛍光と発する。

この蛍光を CCD カメラ、フォトダイオードを用いトラップ原子雲の初期の大きさと蛍光強度からトラップ原子数 (N)、トラップ原子密度 (n) が測定出来る。



また、衝突レートを測定するためにトラップコイル付近に MCP(microchannel plate)を設置してイオンカウントを検出、マルチチャンネルスケーラーで時間変化を記録する。

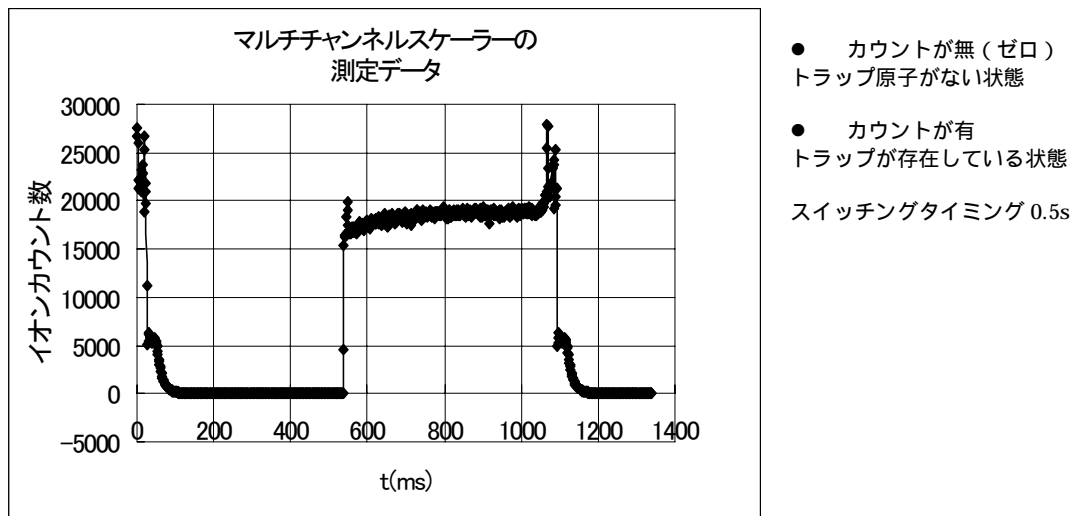
高密度原子雲の衝突を測定することが を測定する必要条件なので、MOT でトラップされている状態でのイオンカウントの測定をするのではない。つまり、トラップを形成させている条件 (放電、レーザー、トラップ磁場) をすべて切った状態からのイオンカウント減衰を記録する必要がある

本実験では MOT のレーザー、トラップコイル磁場、放電の 3 つの条件を同時に切り、その直後の減衰曲線から衝突レートを求めた。

MOT のレーザーをスイッチングする手段として音響光学変調器 (AOM) を用いた。

測定データ

3 つの条件をスイッチングしたときのイオンカウントの変化



を求めるには、MOT が切れた後の短い時間での減衰曲線部を

実験で利用したトラップがどれほど Ne^* 原子を集めているのか知る必要があるので求めると N は 10^5 個と計算出来る。

< 測定値 >

大きさ (直径) $300 \mu\text{m}$
トラップ蛍光強度 200mV

有効視野 3mm の CCD カメラ 2 台で
大きさを測定

この測定値から見積もった値は

トラップ原子の総数: $N = 10^5$ 個

原子密度: $n(r) = 10^{10}$ 個 / cm^3

蛍光強度は
オシロスコープでの値なので、
実際のフォトダイオードでの起電力は 4mV 、電
流 $4 \times 10^{-9}\text{A}$ として計算。

【 4 . 実験報告】

を求めるのに MOT の状態が切れた後の減衰曲線部分を使用する。

減衰曲線部だけを拡大したものは右図です。先程のグラフとは違って減衰部分のコブが観測されていない

減衰直線中のコブに再現性が現れていないので、コブの無いデータから衝突レート係数 () を求めた。

右図下のデータは右図上のグラフの 29ms を $t=0$ とし、6ms 後まで測定したものを拡大したもの。

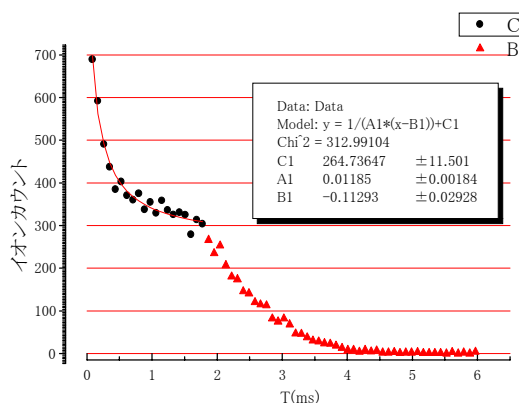
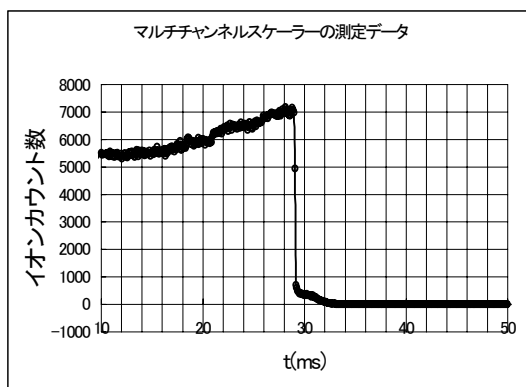
このグラフ曲線に fitting をかけ、係数 を求めると

$$= 2.38 \times 10^3 (\text{cm}^3/\text{s})$$

と求まった。

しかし、理論上 10^{10} のオーダーを持っている筈なので

まだ、衝突レート係数を求める段階に、至っていない。



【 5 . 今後の課題】

- Time of Flight (TOF) 用の MCP をマルチチャンネルスケーラーで測定が可能なように接続し、トラップ温度を測定する。

- ソース側から供給され続けられている Ne 原子が、追突するのを回避するため、ビームシャッターをつける。

【ビームシャッターをつける理由】

トラップ光と放電の OFF が同時

1. Ne* が光 OFF 後も飛んできて衝突が起っている可能性あり
2. 基底状態の Ne が供給され続けているため