

Ti-like 多価イオンの磁気双極子遷移の発光分光  
 (Xe の Ti-like 多価イオンの蛍光寿命の測定)

電子物性工学科 大谷研究室 益田 周防海

序論

微細構造準位間の磁気双極子遷移は、通常の原子やイオンではマイクロ波やミリ波の領域で観測されるのに対して、多価イオンでは原子核近傍の強力なクーロン場の影響で可視・紫外光にまで光子エネルギーが大きくなる。そこで、その精密な分光測定は相対論的多体問題のよい題材として注目されている。このような磁気双極子遷移の分光対象は数多くあるが、我々は研究対象として Ti-like 多価イオン (電子 22 個) に特に注目している。というのは、この電子系の基底状態間 ( $3d^4 5D_3$  -  $3d^4 5D_2$ ) での磁気双極子遷移は原子番号による依存が極端に小さいことが理論的に予想されており、 $54 < Z < 92$  の広い範囲で遷移波長は大体 320 ~ 400 nm という狭い範囲に留まるものと考えられている。そのため実用的にもこの遷移はプラズマ分光診断の有効な道具としても関心を持たれている。

本研究では多価イオンの分光の中でも、特に蛍光寿命測定に重点を置き Xe の Ti-like 多価イオンの  $3d^4 5D_3$  -  $3d^4 5D_2$  の遷移の蛍光寿命を測定した。

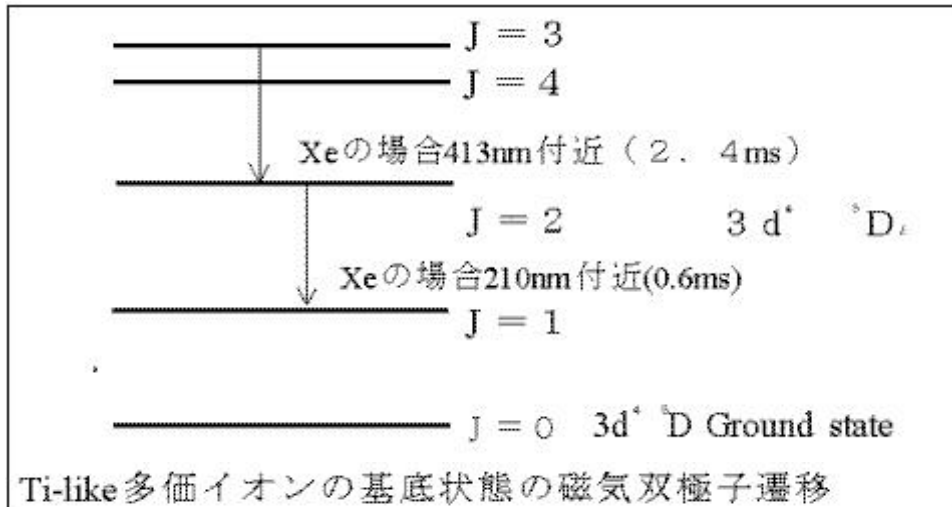


図 1

実験方法

Tokyo-EBIT (Electron Beam Ion Trap) の 2keV 程度の電子ビームを用いて Xe の Ti-like 多価イオンを発生させ、その後電子ビームを急激に切って、電子ビ

ームにより励起された多価イオンが、より低い準位に遷移するのを今回自作したフォトンカウンティングシステムを用いて観測した。

### 装置

今回用いた装置は、蛍光寿命を時間分解分光法で測定するために今回製作したもので、装置の概略は下の図2のようになっており、図3のように、時間に比例した電圧で時間を特定し、ある時間で電子ビームを急激に切り、電子ビームが OFF になっている間の EBIT からの発光線の強度の時間変化のデータを下の図3のサイクルを数多く繰り返しデータを貯めることにより得る。

この装置の特徴は、主に3つあり、先ず第1に光電子増倍管が実験室の強い磁場の影響を受けないように検出系全体をシールドしたということがあげられる。EBIT では周辺にも強い磁場がかかるので、光電子増倍管を用いるのには磁場をシールドする必要があった。

第2に光電子増倍管の光電面からの熱電子放出によるノイズを低減させるために光電子増倍管を-10 程度まで冷却したことがあげられる。なぜ冷却したかということ、今回用いた光電子増倍管の光電面はバイアルカリで室温でも多くの熱電子を放出するという事実と、一般に光電子増倍管の暗電流の中では光電面からの熱電子放出によるものが、一番支配的なので冷却により熱電子を減らすことでノイズを低減できるということからである。実際冷却してみると、室温でのノイズが20から30 cps だったのが、数 cps 程度になった。

第3に光電子増倍管の出力をアンプとプリアンプで整形増幅しただけで直接コンピューターに入力し、ソフトウェア上で処理する方式を採ったことがあげられる。これは、今回の実験ではサンプリング間隔が50  $\mu$ s で毎秒せいぜい数百カウントなので、データをコンピューターに直接入力しても充分処できるからである。これにより装置全体が簡略化され扱い易くなった。

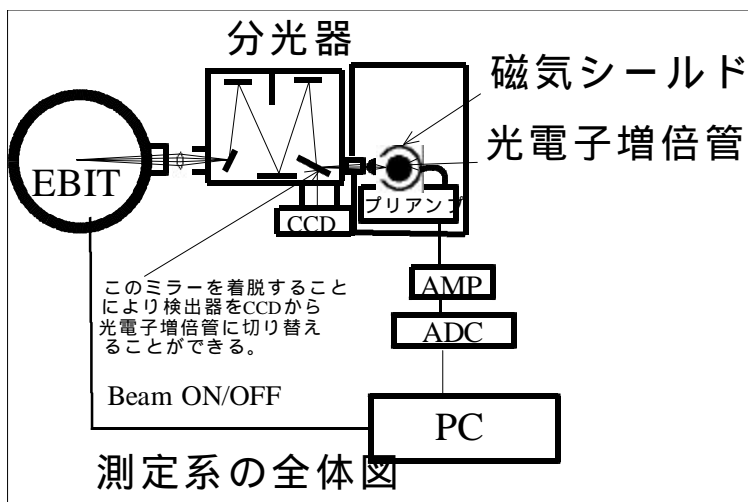


図2

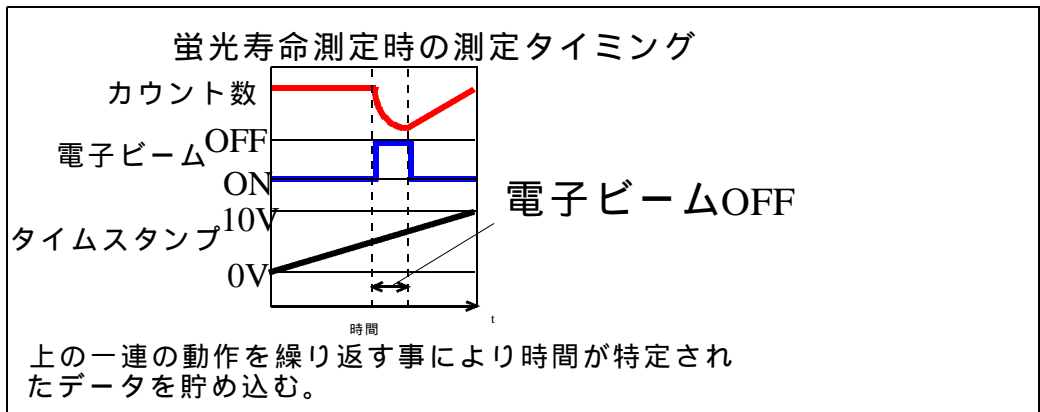


図 3

### 実験結果

電子ビームの加速電圧を変えて、電子ビームの加速電圧と  $J=3$   $J=2$  の遷移の発光線の強度の関係を調べたら図 4 のグラフのように 2.3keV 辺りで強度が最大になることが判った。そこで電子ビームの加速電圧 2.3keV、ビーム電流 57mA、トラップの深さ 50V で 3 時間(約 54000 回)の測定を行ったところ、数 ms の寿命で遷移しているのが観測された。それを対数表示したものが図 5 で、電子ビーム OFF 直後に急激に落ちてその後次第になだらかになる様子が見られた。このなだらかな部分が寿命に相当すると考えられ、寿命は 2ms 位であった。ビーム OFF 直後の急激な発光線の減少の原因はビーム OFF 直後にトラップ領域からイオンが逃げ出してしまうためであると考えられる。

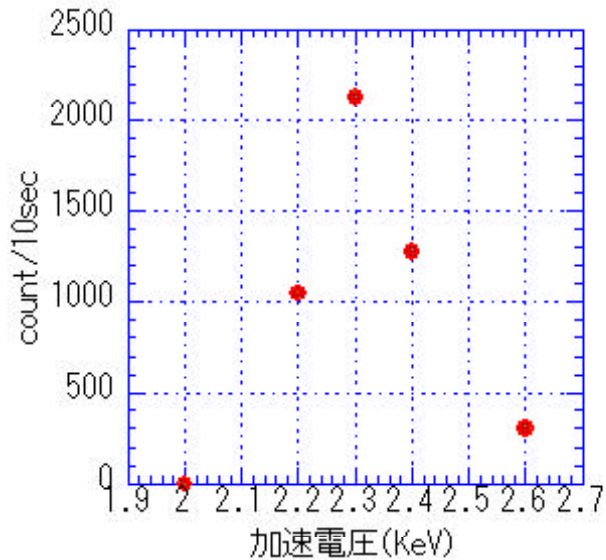


図 4 電子ビームの加速電圧と  $J=3$   $J=2$  の遷移の強度の関係

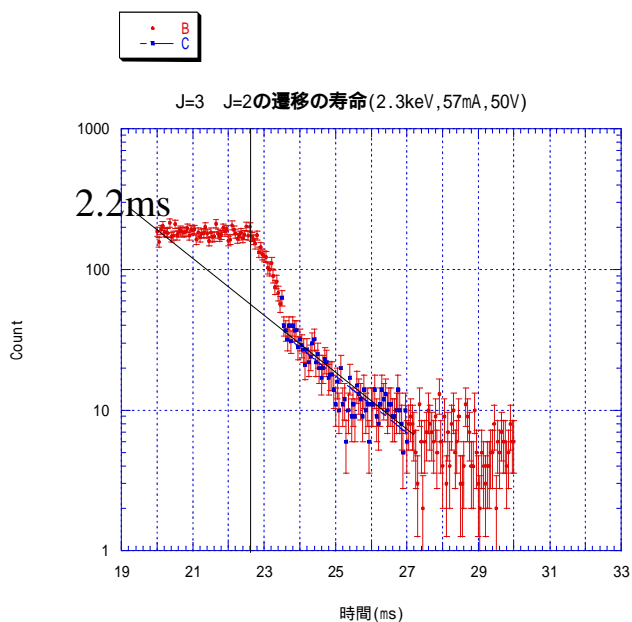


図 5

#### まとめと今後の展望

今回の測定で Xe の Ti-like 多価イオンの J=3 → J=2 の遷移の寿命は、予想通り 2ms 程度で観測された。今後トラップの深さを変えてこの測定を行い電子ビーム OFF 直後のイオンの逃げだしの効果を調べ、より正確に寿命を決定できるようにする。

それと、将来レーザー分光の可能性のある遷移として、これまで観測されたことのない J=3 → J=2 のカスケードとなる J=2 → J=1 の遷移（遷移波長 210nm 付近、寿命 0.6ms と理論的に予想されている）を発見し、その寿命を測定する予定である。