

多価イオン照射による固体表面発光

山田研究室 0613076 縄田祐治

1. 背景

1.1 多価イオンの持つポテンシャルエネルギー

はじめに多価イオンとは 2 個以上の電子を剥ぎ取ったものをいうが、その中でも我々が研究対象としている多価イオンとは、30 価～80 価程度に電離した高電離イオンのことをいう。このような高電離イオンは「それ自身が膨大なポテンシャルエネルギーを持つ」という点で、非常に反応性が豊かな粒子である。

多価イオンの持つポテンシャルエネルギーはそのイオンを生成するためのイオン化エネルギーの総和として定義され、価数 q と共に急激に増加していく。例として図 1 にヨウ素のポテンシャルエネルギーとイオン化エネルギーの価数変化グラフを示す。

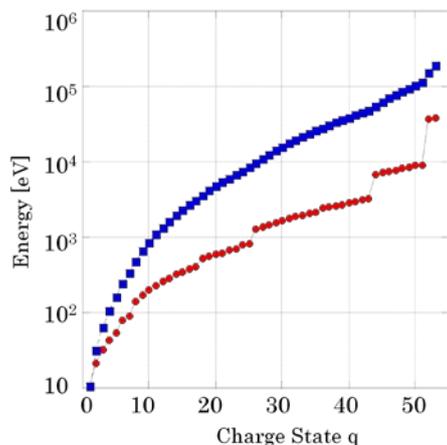
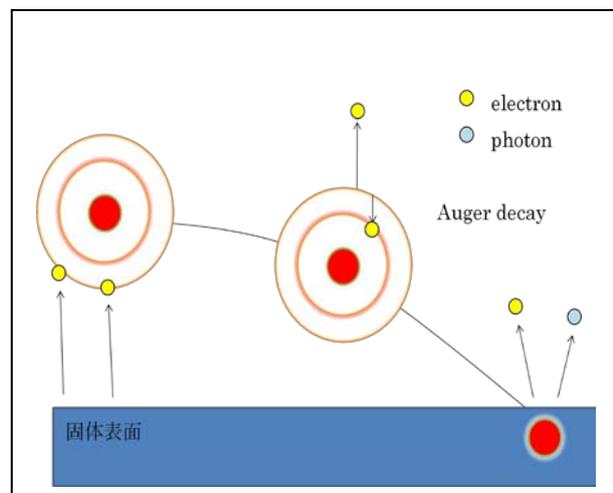


Fig.1 ヨウ素のポテンシャルエネルギー

赤のプロット点はイオン化エネルギーで、青のプロット点はポテンシャルエネルギーを表したものである。1 価のヨウ素イオン (I^+) のポテンシャルエネルギーがたかだか 10eV であるのに対して、裸のヨウ素イオン (I^{53+}) になると 200keV にまで達する。

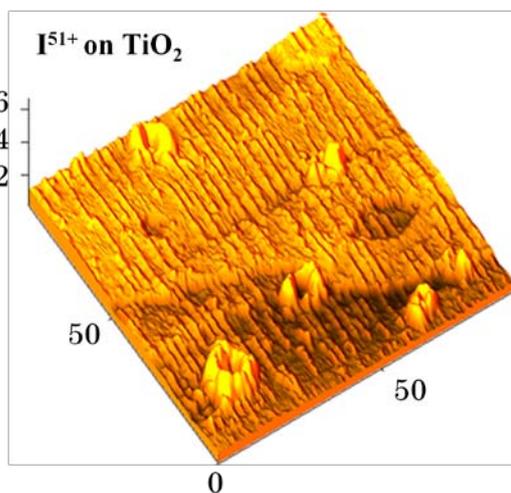
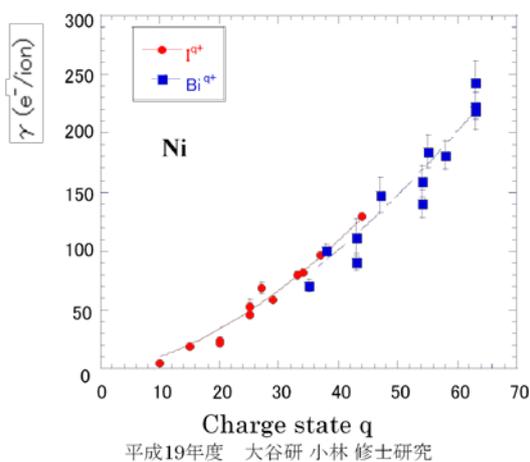
1.2 多価イオンと固体表面の相互作用

多価イオンが固体表面に近づくと、自身が持つ膨大なポテンシャルエネルギーにより固体表面から多数の電子が多価イオンの高励起状態に移行する。高励起状態にある電子はより安定なエネルギー準位へ遷移する自己電離現象、オージェ過程により内殻に落ちるものと真空中に放出されるものがある。また内殻に落ちる際に光子を放出することもある。つまり、多価イオンが固体表面に近づく際、電子を奪い取りながら、電子を放出しながらイオン化と中性化を繰り返して固体表面に衝突する。



1.3 多価イオン照射実験の主な観測対象

多価イオン照射実験の主な観測対象として、多価イオンが固体表面に衝突した際に放出される二次電子や表面改質が挙げられる。例として下図に多価イオン照射による二次電子放出率、表面改質の過去の報告例を示す。

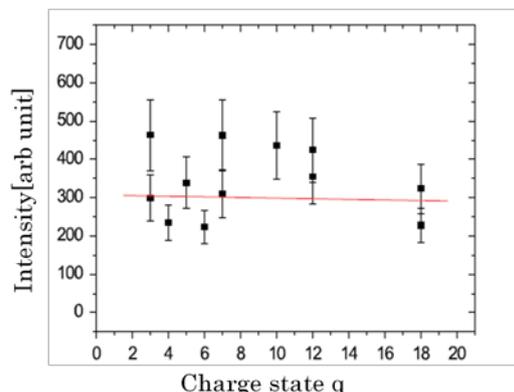


平成18年度 山田研 藤田 修士研究

このように我々の研究室をはじめ他大学などでも多く研究対象となっている。しかし、多価イオン照射による固体表面の電子系励起による発光を観測した報告例はあまりない。

2. 目的

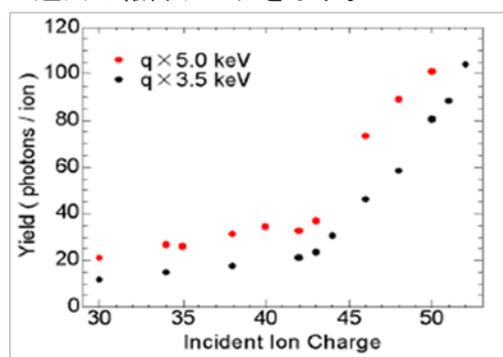
最初に YAG 蛍光体を用いた多価イオン照射実験の発光強度を観測した過去の報告データを示す。



M. Vogelet al. Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B 263 (2007) 518

この報告によると価数を変化させても発光強度の増加は見られず、一定であるというものである。しかし、この報告例では 3~20 価程度の低価数の多価イオンのみしか照射されていない。

次に bis-MSB を用いた多価イオン照射実験の過去の報告データを示す。



M. Tona et al., Phys. Rev. A 77 052902 (2008)

この報告によると低価数側では最初の報告例と同じように発光強度はあまり変化が見られていないが 43 価以上の高価数になると急激な発光強度増加が見られている。そこで本研究では試料に YAG 蛍光体を用いた高価数領域での価数依存性を調べることを目的とした。

3. 実験

3.1 実験条件

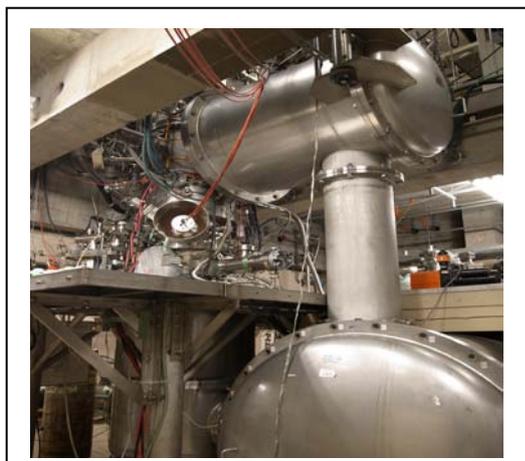
Ion Beam

イオン源： Tokyo-EBIT

イオン種： $[^{30+}\sim^{51+}]$

エネルギー： $q \times 3.5$ [keV]

イオン強度： ≤ 10000 cps



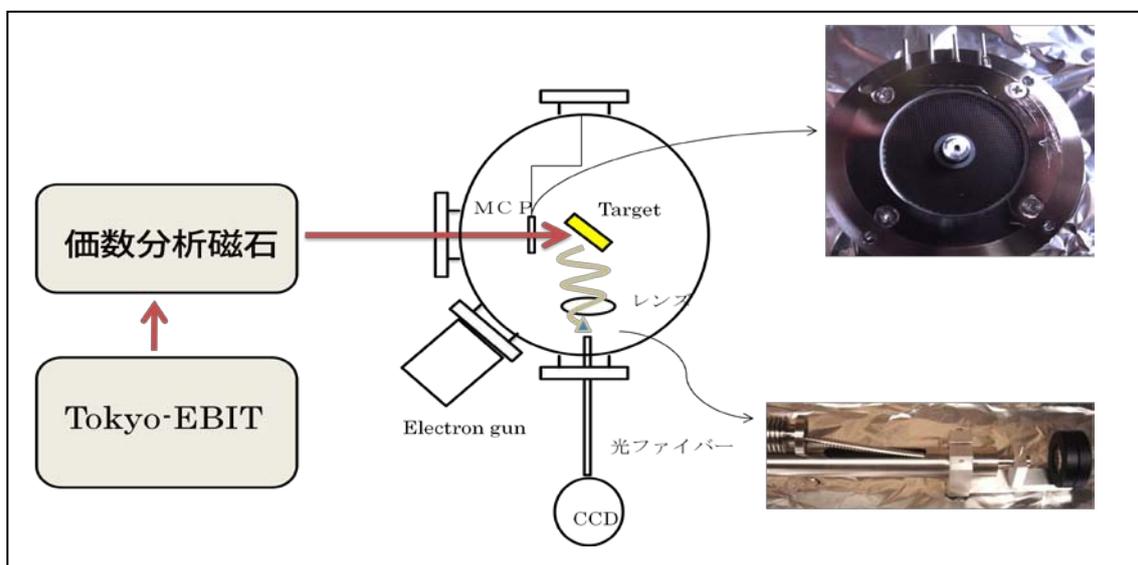
Target

YAG 蛍光体 (導電性ガラス上に塗布)

組成 $Y_3Al_5O_{12} : Ce$

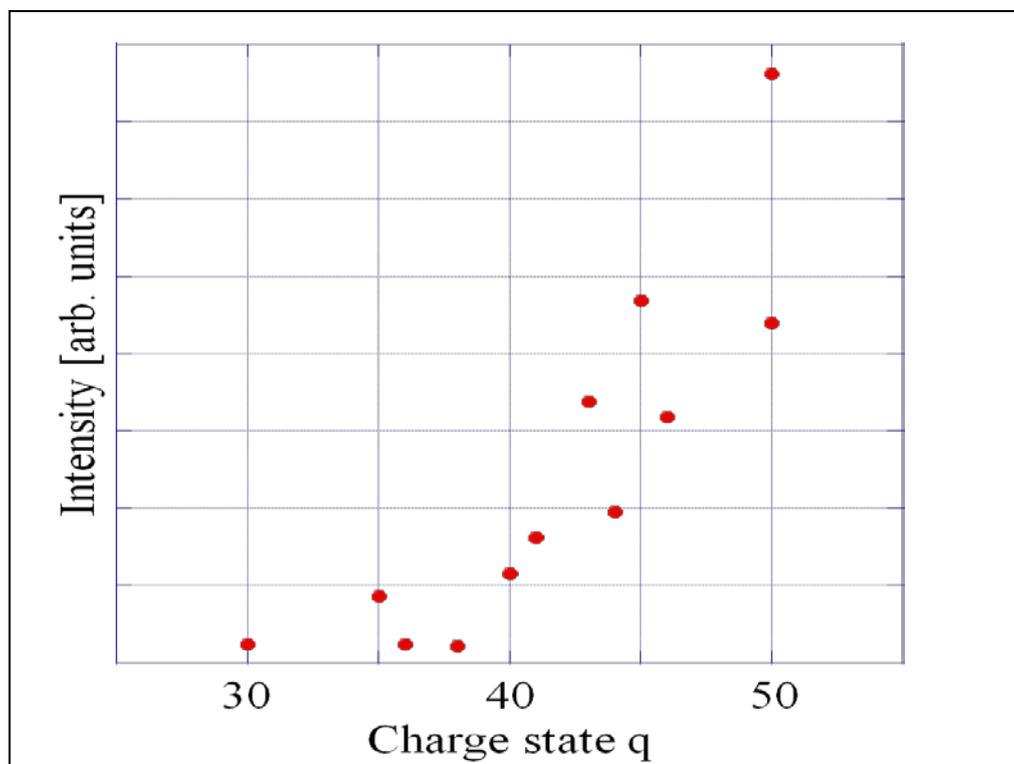


3.2 実験セットアップ



Tokyo-EBIT で生成した多価イオンをまず価数分析磁石に導き、価数選別される。価数選別された多価イオンは、穴あきの MCP を通り Target に照射できるようにした。穴あきの MCP では、Target に多価イオンが衝突した際に放出される二次電子の放出イベントの回数を計数することで照射イオンの数がリアルタイムに分かる。Target からの発光はレンズを通して集光し、光ファイバーを通して CCD で検出できるようにした。

4. 結果



低価数側では、過去の報告例と同じように価数依存性を示さず一定であった。しかし、40 価付近で急激な発光強度の増加が確認された。考えられる原因として、ヨウ素イオンの 40 価付近では電子軌道の L 殻が空きはじめるので多価イオンが放出する高エネルギーの Auger 電子により蛍光体表面の電子励起が引き起こされ、急激な発光強度の増加が見られたのではないかとと思われる。

5. まとめ

低価数領域では価数依存性を示していない YAG 蛍光体を用いた高価数領域での多価イオン照射実験を行い価数依存性を調べた。結果として、低価数領域の多価イオン照射では、価数を変化させても発光強度は変わらないと報告されていたが、高価数領域では急激な発光強度増加が確認できた。今後の予定として、加速電圧を変えて運動エネルギー依存性を検討したい。

参考文献

- M. Vogel et al. Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B 263 (2007) 518
- M. Tona *et al.*, Phys. Rev. A 77 052902 (2008)