

多価イオン・固体表面反応の研究

- 四重極型質量分析器による放出粒子の検出

電子物性工学科 寺田 雅史

Introduction

本研究室ではTokyo-EBIT(Electron Beam Ion Trap)と呼ばれる多価イオン生成装置を用いて作られる多価イオンを固体表面に照射し、それによって生じる様々な現象を研究している。多価イオンを固体表面に照射したとき固体表面から放出されると思われる二次イオンの検出は非常に興味深いものである。

今回この二次イオンを検出するために四重極型質量分析器(Quadrupole Mass Spectrometer)を用いることにした。

目的

本研究では、実際に多価イオン・固体表面反応により放出される二次イオンを検出する前に、予備実験として以下の実験を可能にする装置の立ち上げをし、測定した。

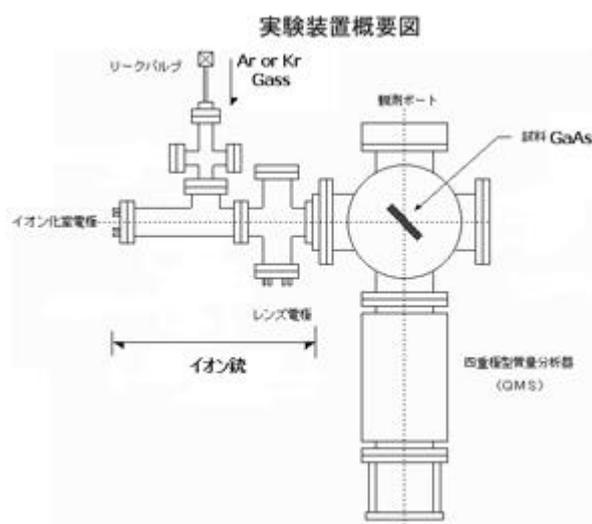
まず多価イオン・固体表面反応により放出される二次イオンは高エネルギーなものと考えられるので、

1、高エネルギーでQMSに入射してくるイオンを高分解能で検出するという実験を行った。

次に実際に固体表面から放出される二次イオンを検出するために、

2、一価イオンによって固体表面より放出される二次イオンを検出するという実験を行った。

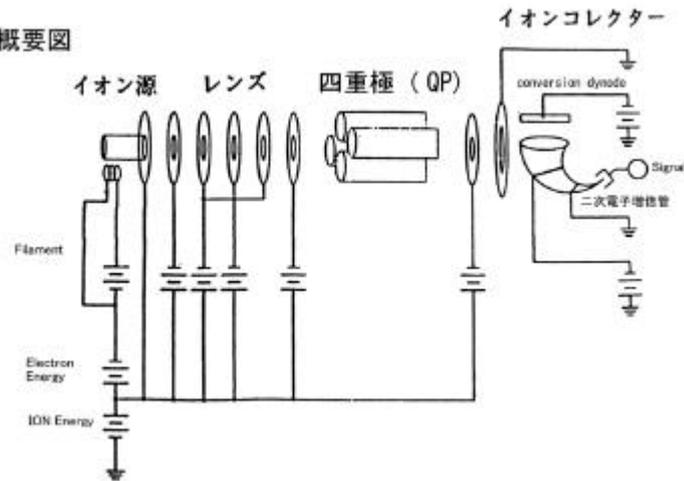
実験装置と原理



上が全体装置図である。

イオン銃により一価イオンを固体表面に照射し、放出される二次イオンをイオン銃と90度に配置してあるQMSで質量分析するというしくみになっている。

Q-mass 概要図

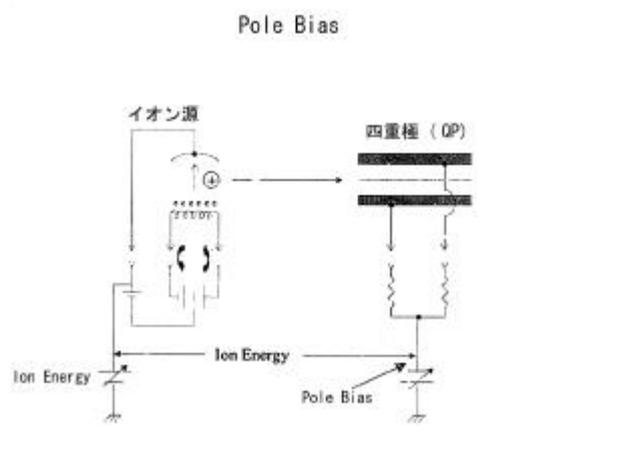


上が QMS の概要図である。

イオン源で作られるイオンを ION Energy の電圧で加速させ、レンズ系で収束させて四重極に入射させる。四重極は特殊な電圧をかけることにより質量/電荷(m/q)ごとにイオンを分けることができ、分けられたイオンの Signal を検出することにより質量スペクトルが得られる。

しかし四重極に入射してくるイオンのエネルギーが高エネルギーの場合、正しく質量/電圧でイオンを分けることが出来ず、得られる質量スペクトルの分解能は悪くなってしまうことが予想できる。

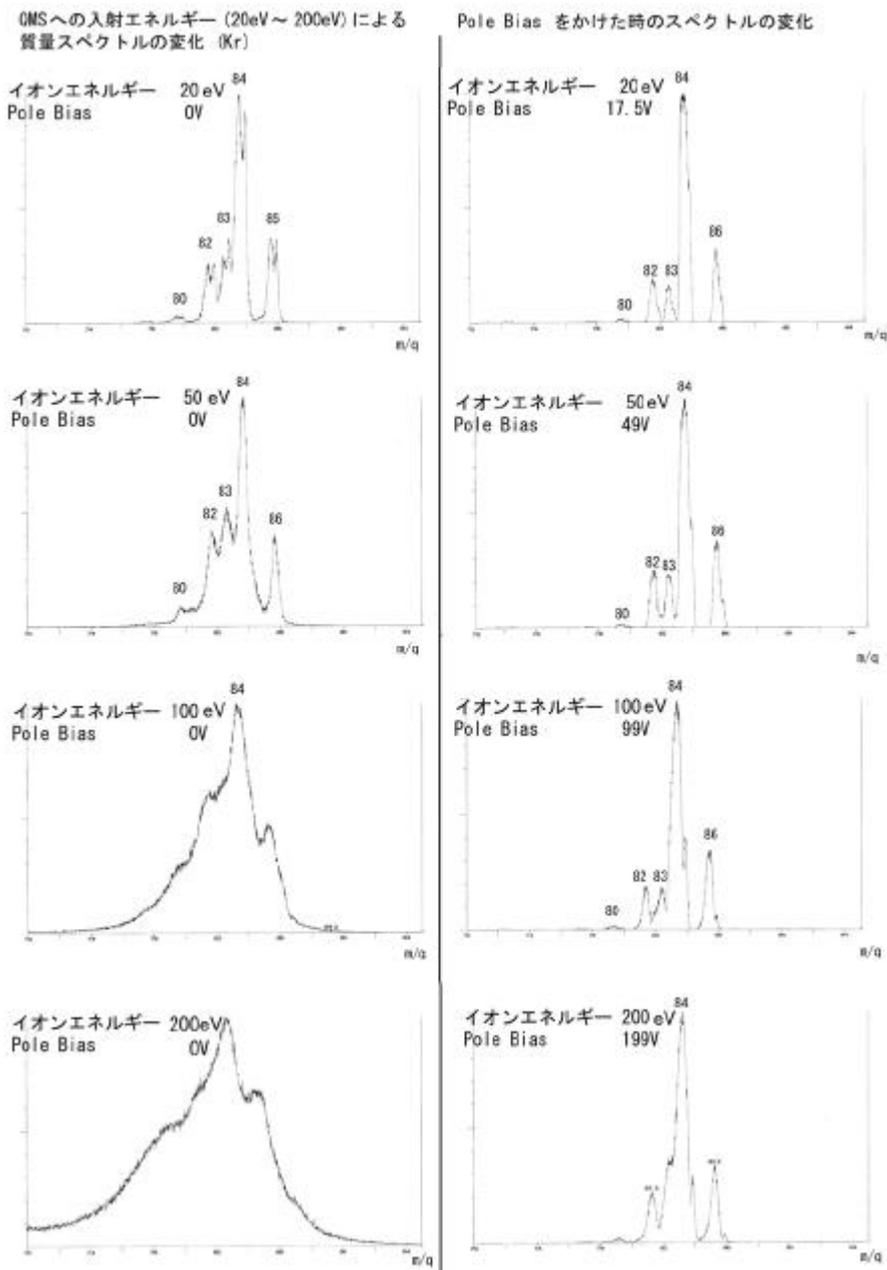
そこでこの QMS には下図のような Pole Bias という機能が付いており、Pole Bias の電圧をかけることによりイオンを減速させることが可能である。



実験結果

1、

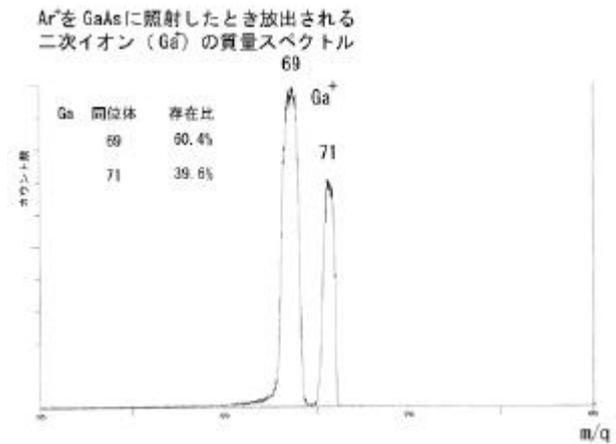
上図はこの QMS で実際にとった Kr^+ の質量スペクトルである。イオン銃は使用していない。同位体の存在比も確認できたことから、正しい質量スペクトルだということが分かる。次に QMS のイオン源の加速電圧を上げると、下図左のように分解能が悪くなることが分かる。



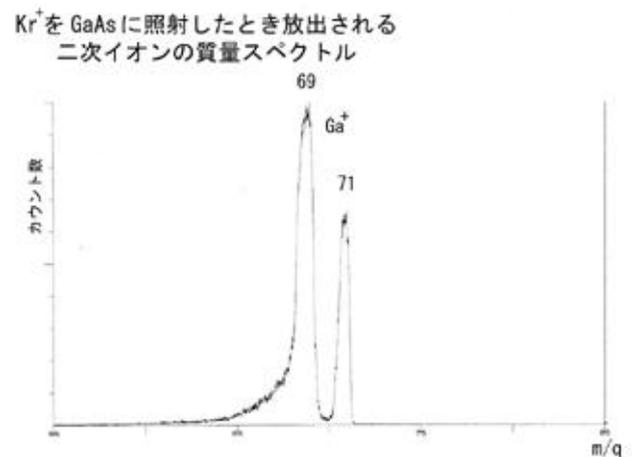
そこでさきほどの Pole Bias をかけ、イオンを減速させたのが右図である。分解能がよくなったことが分かる。

2、

右図はイオン銃を使用し、 Ar^+ をGaAsに照射したときに放出される二次イオンの質量スペクトルである。このスペクトルからGaの同位体存在比が確認できたため、この質量スペクトルは二次イオン Ga^+ だということが分かった。



右図は同様の実験を Kr^+ で行ったときの二次イオンの質量スペクトルである。 Kr^+ をGaAsに照射したときも同様に二次イオン Ga^+ の質量スペクトルを得ることができた。



まとめ

本研究により、高質量、高エネルギー (~200eV) で QMS に入射してくるイオンの質量スペクトルを分解能良く検出することに成功した。

そして、一価イオンによって固体表面から放出された二次イオンの検出にも成功した。

今後の展望

今回の実験でのデータをもとに、Tokyo-EBIT で生成される多価イオンと固体表面との反応により放出される二次イオンの検出を目指す。