

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 その2

大谷・山田研究室 9913084 馬場由香里

[実験背景と目的]

多価イオンとは、中性の原子から二個以上の電子をはぎとったものである。本研究室は電子ビームイオントラップ(EBIT)型の多価イオン発生装置を使って、様々な多価イオン・固体表面反応の研究を行っている。多価イオンを固体表面に照射した際に放出されると予想される二次粒子(中性原子、二次イオン)は非常に興味深い研究対象である。その二次粒子の質量分析をする為に、本研究室では四重極型質量分析器(以後 Q-Mass)を用意した。今回卒業研究では、Q-Mass を使って、イオン銃で生成したアルゴンの一価イオン(以後 Ar^+) ビームを試料のガリウム砒素(以後 GaAs)に照射した際に放出される、二次イオンの質量スペクトルを測定すること、及びその特性を調べることを目的とし実験した。

[実験装置の説明と実験方法]

図1は、装置を真上から見た概略図である。イオン銃で3~5kVで加速した Ar^+ ビームを試料台に取り付けてある GaAs に照射する。GaAs の試料台は x,y,z 方向と角度 ϕ 方向に移動可能であり、移動距離が測定できる。この角度 ϕ を測定角度とする。実験は、試料のすぐ真下にあるファラデーカップでの電流値が30~80nAの範囲で行った。照射後に放出される二次イオンを Q-Mass で質量スペクトル測定した。

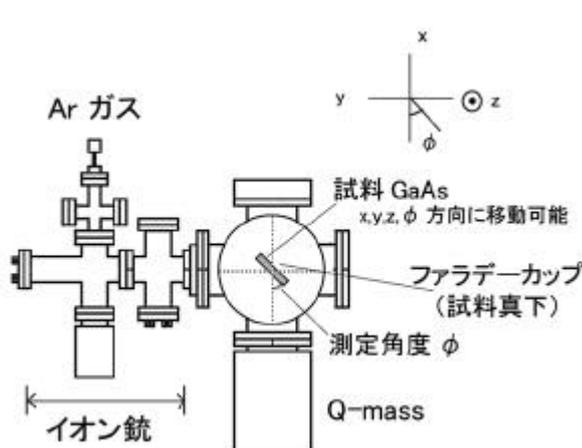


図1 実験装置概略図(真上から見た状態)

実験内容は次のとおりである。

ガリウムの二次イオンのスペクトル検出

照射イオンと試料の測定角度によるスペクトルの変化とその関係

入射イオンのエネルギーと二次イオンの強度関係

二次イオンのエネルギー分布測定

[実験結果]

ガリウムの二次イオンのスペクトル検出について

Q-Mass で測定された二次イオンの質量スペクトルは図 2 のようになった。M/q のピークが 69 と 71 のところにピークがあることから、ガリウムの二次イオンであることがわかる。これは、ピークの面積比が、ガリウムの 69 と 71 の同位体存在比の 3:2 にほぼ近いことから裏付けられる。

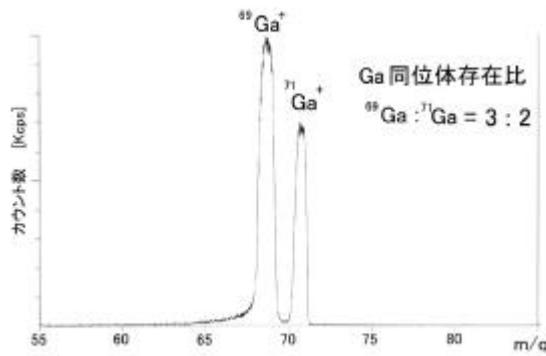


図 2 照射時の二次イオンスペクトル (m/q 55 ~ 85)

照射イオンと試料の測定角度によるスペクトルの変化とその関係について

試料へのビームの照射位置によって、測定されるスペクトルに変化がみられた。微小距離動かしたただけでかなり大きく変化し、試料の中心に照射する必要があると考えられる。しかしその位置を特定することは難しく、試料の測定角度を調整することできれいなスペクトルを得ることができた。図 3 は、イオン銃の加速電圧 3.5kV で照射し、測定角度を 45 ~ 75 度の範囲で変化させた時のスペクトルの変化の様子である。この場合の照射位置では、65 度の時がもっともきれいなスペクトルとなった。縦軸のカウント数は固定してあり、赤色の数字は 65 度のピークの高さを 1 とした時のそれぞれのピークの高さとなっている。

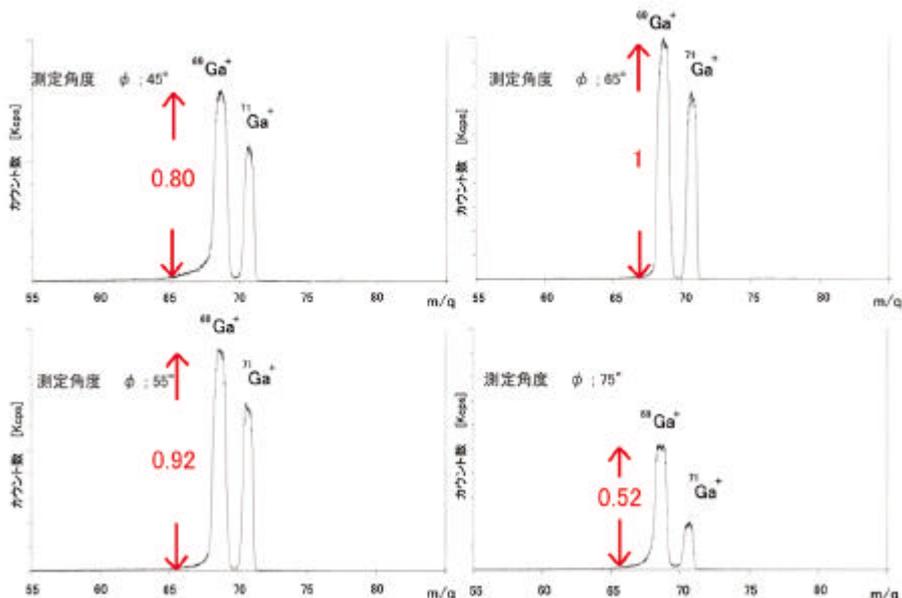


図 3 測定角度を変えたときの二次イオンのスペクトル変化と強度について

測定角度 45～85 度でのピークの高さをプロットすることにより、測定角度と二次イオンの強度依存性を調べると図 4 のようになった。65 度の時が最も強度が大きいことがわかった。65 度という値は、試料をあてる位置によって変化するので、一意ではない。

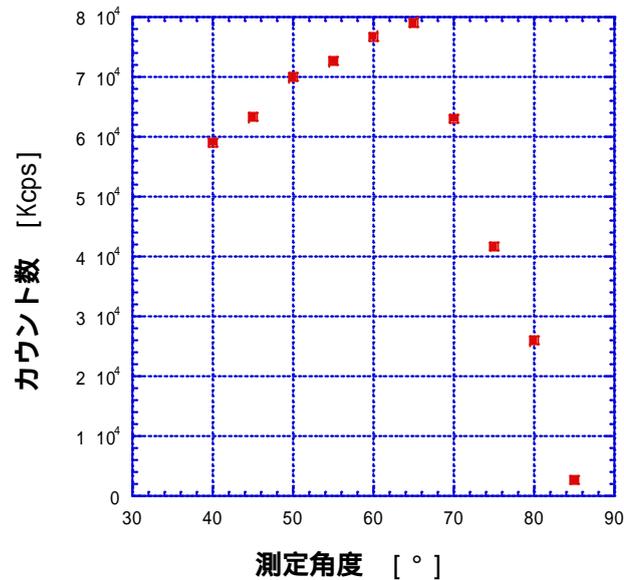


図 4 測定角度と二次イオンの強度依存性

入射イオンのエネルギーと二次イオンの強度関係について
 イオン銃の加速電圧を 2.5～3.5kV とあげたときのスペクトルの変化は図 5 のとおりである。縦軸は固定軸になっていて、高さが最大である 3.5kV の時のピークを 1 とした時のピークの高さの比を赤い数字で表している。これからわかるように、加速電圧をあげることに、入射する Ar⁺イオンのエネルギーが高くなり、二次イオンの強度が大きくなることがわかった。

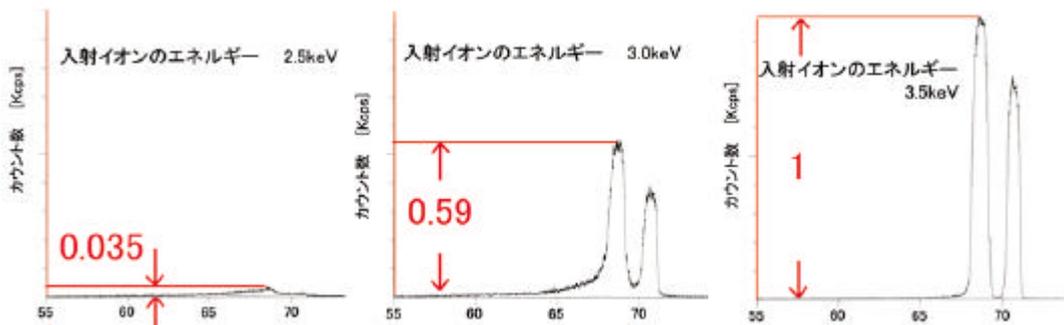


図 5 入射イオンのエネルギーと二次イオンの強度関係(測定角度 65 度)

二次イオンのエネルギー分布測定

Q-Mass の四重極に Pole Bias をかけてやることによって飛んでくる二次イオンに対しポテンシャルの壁となる。即ち、Pole Bias より低いポテンシャルの二次イオンは四重極に入らず追い返されることになるので、Pole Bias は二次イオンの阻止電圧とみることができる。これを利用して、阻止電圧を上げた時の二次イオンのカウント数をプロットし、二次イオンのエネルギー分布を測定した。結果は図 6 のとおりである。

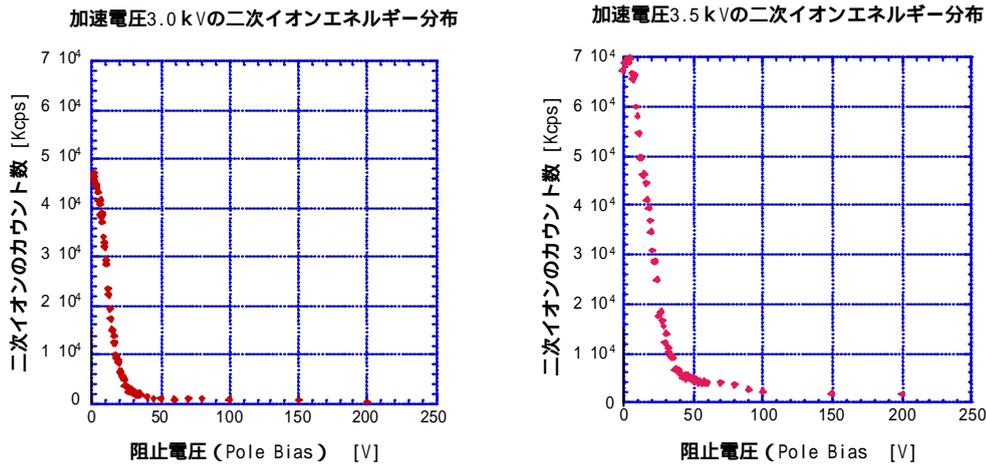


図 6 二次イオンのエネルギー分布(加速電圧 3.0kV 3.5kV)

[まとめ]

今回の実験で得られた結果をまとめると、まず、二次イオンのスペクトルが測定できたということ、照射イオンの入射角度を変えることによって、スペクトルをきれいにすることができたことがあげられる。また、入射角度による二次イオンの強度依存性がわかった。入射イオンのエネルギーと二次イオンの強度の関係については、入射イオンのエネルギーをあげると強度は大きくなることがわかった。しかし、その依存性については、まず、照射するビームの径を統一する（もしくは測定する）また照射するビームの電流値を使って二次イオンのカウント数を規格化する必要があるが、今回の装置ではビームの径を統一（もしくは測定）することができず、知ることができなかった。最後に二次イオンのエネルギー分布の測定をすることができたということがあげられる。

Q-Mass では、陽イオンと陰イオンは同時には測定できないため、今回ピークがでなかった砒素(As、質量数 75)については陰イオンとして二次イオン放出していることが予想できる。

[今後の展望]

1. As の二次イオン検出のための検討
2. 中性原子検出のため見積もりとそれに基づくの装置開発
3. 入射イオンのエネルギーと二次イオンの強度依存性を測定するための装置の見直し
4. 多価イオンを照射したときのスパッタ粒子の質量スペクトル検出とエネルギー測定への応用

[参考文献]

金原繁、スパッタリング現象 基礎と薄膜・コーティング技術への応用(東京大学出版会 1991)