

多価イオン - 固体表面照射における

スパッタリング測定

山田 千櫻研究室 学籍番号 0113032 葛生 諭史

(序論)

本研究室ではTokyo-EBIT (Electron Beam Ion Trap) により生成された多価イオンを固体表面に照射し、そこで起こる過程の観察等の実験を行っている。多価イオンとは複数の電子を剥ぎ取られたイオンの事である。多くの電子を剥ぎ取られることによって膨大なポテンシャル・エネルギーを持った多価イオンを固体表面に照射する事により、表面状態には、様々な構造変化が引き起こされる。

これまでの研究で水素終端 Si 表面に多価イオンを照射すると多くの H^+ が放出され、その収率が高くなる事が分かっている。その価数依存性は q^5 (多価イオンの価数)とも言われてあり非常に大きな価数のイオンを用いる事で収率が1を超える事も予想される。そこで我々の研究室では、レーザーセンターのTokyo-EBIT と呼ばれる装置を用いて非常に高い価数のイオンを用いたスパッタリングの測定を行っている。

(スパッタリング)

スパッタリング現象とは、加速された粒子が固体表面に衝突することにより、運動量の交換によって固体を構成する原子が空間へ放出される現象の事である。さらに、入射してきた粒子に対してどれだけの粒子が固体表面から放出したかをスパッタリング収率で表す。

$$\text{スパッタリング収率 } S = \text{放出粒子数 } N_s / \text{入射粒子数 } N_i$$

(TOF-SIMS)

図1は本実験で用いた Time Of Flight- Secondary Ion Mass Spectroscopy (飛行時間型二次イオン質量分析装置)の実験装置である。適当な方法により用意した水素終端 Si に多価イオンを照射し、放出された二次イオンの検出を行った。ここで、二次イオンの飛行時間はそれぞれの二次イオンの質量に依存するため、到着時間を計測する事でイオン種を知る事ができる。

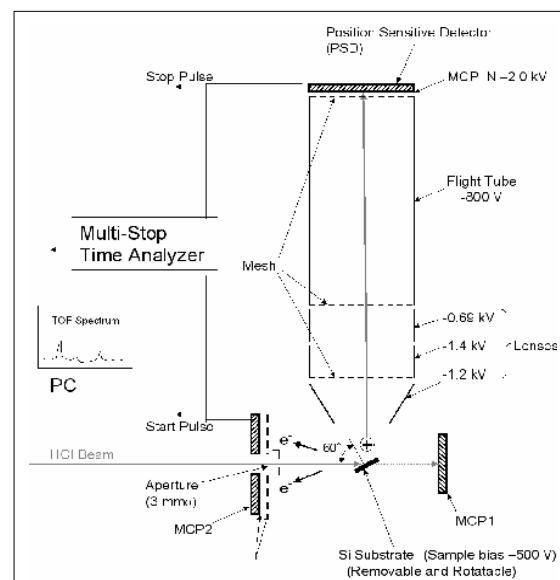


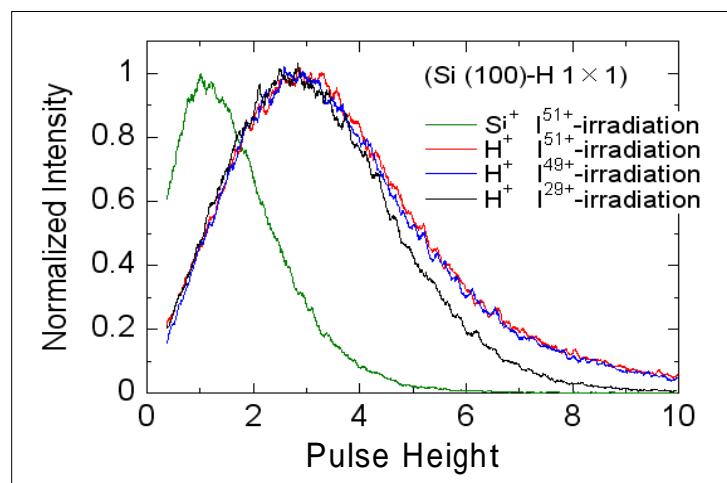
図1. TOF 装置

(実験の背景と目的)

現在検出器として使用している MCP (Micro Channel Plate) では同時に複数の H^+ が入射した場合でも一回のイベントとして検出してしまう可能性がある。

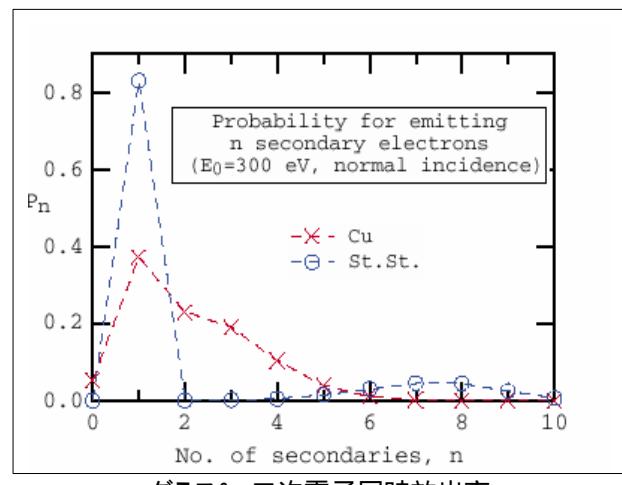
グラフ 1 は水素終端 Si に多価イオンを照射した際のスパッターアイオンの作る信号の波高分布である。図から Si^{+} にくらべて H^+ のパルス波高が高くなる事が分かるが、それは H^+ が MCP に複数個同時に入射している事が原因として考えられる。また、入射イオンの価数が高くなる事によってパルス波高のすそが伸びているので、多価イオンの価数を上げる事により MCP へのイオン同時入射の割合が大きくなっている事が予想できる。

そこで、本実験では MCP に複数個の粒子が同時入射した場合の波高分布の振る舞いを調べるために、 H^+ のかわりに金属から放出される二次電子を MCP で観測し、その際の波高分布を求めた。そのために電子銃を用いて電子ビームを銅に照射し、そこから生じる二次電子を MCP にて検出した。ここで銅を選んだのは二次電子放出率が高いからである。



グラフ 1 . Pulse Height

さらに、グラフ 2 は銅とステンレスの二次電子放出率(理論)である。横軸は金属表面から同時に放出される二次電子の数を表している。ステンレスがほとんど一つしか電子を放出しないのに対して、銅は複数個の電子が同時に放出されている確率が高い事が分かる。



グラフ 2 . 二次電子同時放出率

(原理)

MCP に電子が入射すると MCP から増倍された電子がアノードでキャッチされ、それによる電流がパルス信号化され出力される。同時に複数個の電子が入射する場合、MCP から増倍された電子の数も比例して増えるはずなので、パルスの高さも比例するはずである。

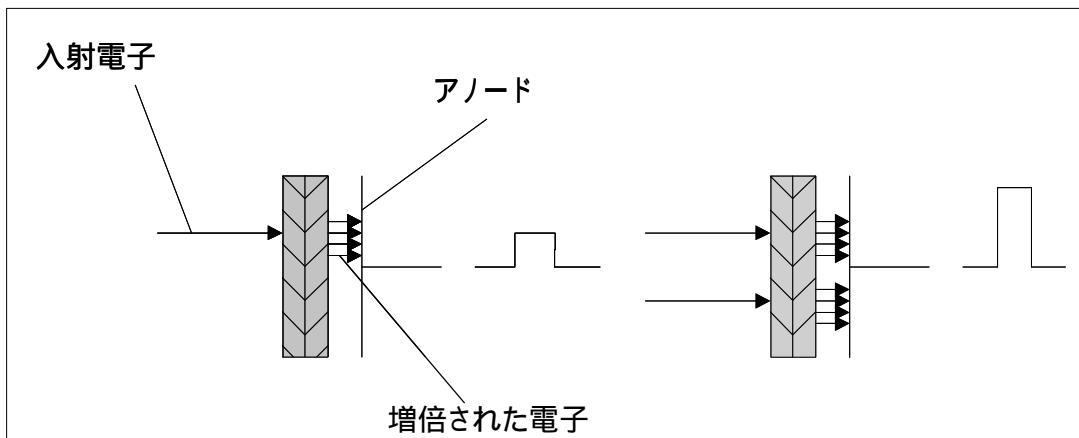


図 2.MCP への入射

(実験方法)

電子ビームを Cu へ照射し二次電子を発生させる。ここで、金属から放出する二次電子は金属表面に対して垂直に放出する確率が高いので、銅の傾きを変える事によって銅から放出される二次電子の捕集効率を変える事ができる。そこで銅基板の電子ビームに対する角度を変えた時のパルス波高を観察した。

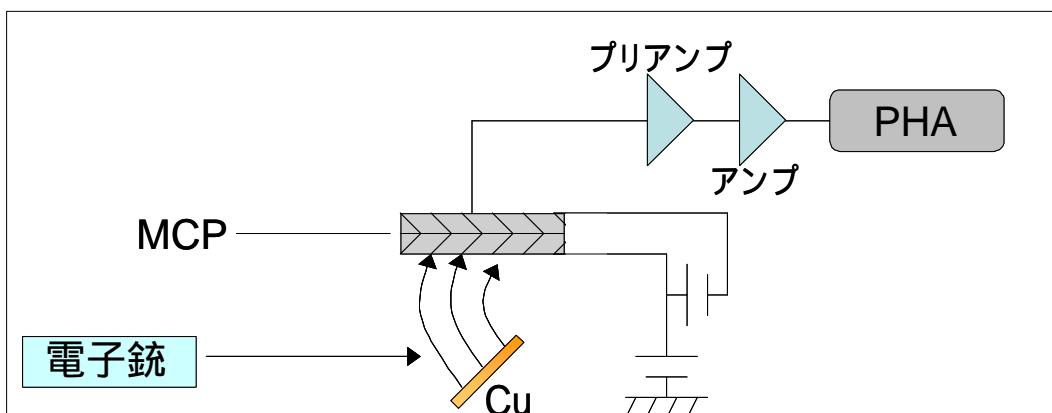
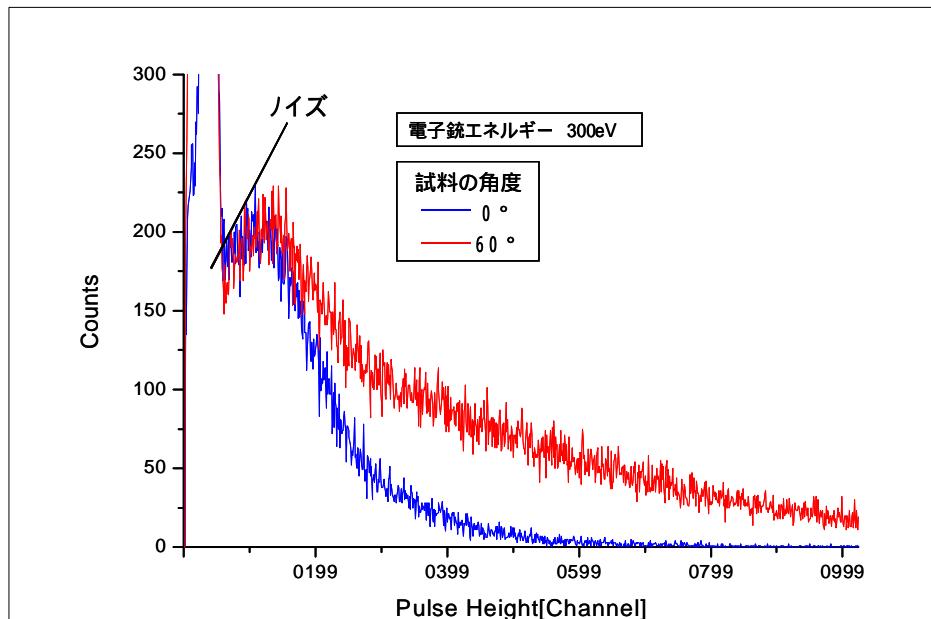


図 3. 実験装置概略図

(実験結果)



グラフ 3. 試料角 0°、60° のパルス波高図

グラフ 3 は MCP に対して試料を 0°、60° にして電子ビームを照射した時の波高分布である。試料の角度つまり捕集効率を変える事によってパルス波高に違いが出る事が分かった。これは、捕集効率を変える事によって複数個の電子が同時に MCP に入射する確率が増えたためと考えられる。

(まとめ)

電子が MCP に同時に複数個入射した場合、波高分布が変化する事を確認する事が出来た。しかしながら、入射数が一個の場合と二個の場合で具体的にどのような波高分布となるのかは本研究のみでは不明である。したがって、今後の課題として、水素ガスに電子ビームを照射し、発生した H⁺を MCP にて検出し、二つ同時入射時のパルス波高を調べる事があげられる。