

多価イオン - 固体表面衝突における

放出二次電子と放出二次イオンの同時計測装置の製作

電子物性工学科 山田研究室 時崎 康博

1. はじめに

多価イオンは一価イオンと比べて非常に大きなポテンシャルエネルギーを持つ。例えば Kr の 1 価の場合、中性化には 14eV 程度のポテンシャルエネルギーを考えればよいが、裸の Kr イオン(Kr^{+36})になると中性化に要するエネルギーは 70keV 以上にもなる。このように大きなポテンシャルエネルギーを持つ多価イオンと固体表面との相互作用を考えた場合、多価イオンは固体表面の電子に対して強い吸引力を及ぼし”静電的ブラックホール”と呼ばれるような破壊的作用を与える。そのために固体表面からは多数の電子が放出されその一部はイオンに捕獲される。イオンに捕獲された電子は高励起状態にあり、内殻が空の中空原子を形成する。一方、局所的に多くの電子を失った固体表面には複数の正孔が近接して生成され、電子の供給が追いつかなければこれら正孔間のクーロン反発によって表面原子が脱離する。したがって、多価イオンの中性化過程による二次電子放出率及びスパッタ収率は増加すると考えられる。

現在、我々の研究グループでは多価イオン源 Tokyo - EBIT を用いて低エネルギー多価イオンを固体表面に照射し、この時固体表面から放出される二次電子数分布を計測することにより二次電子の生成機構を研究しようという目的で実験の準備を進めている。また、二次電子と同時に放出される二次イオンを観測することにより二次電子の放出数と二次イオンの種類・放出数との相関関係を調べようと考えている。

今回、これらの実験を行なうための放出二次電子 - 放出二次イオンの同時計測装置の製作を行なった。

2. 観測装置原理

2-1: 放出二次電子の観測

表面から放出される二次電子は半導体検出器(SSD)によって行なう。数々の実験からこのとき放出される二次電子は50eV以下であることが分かっているため、図1の

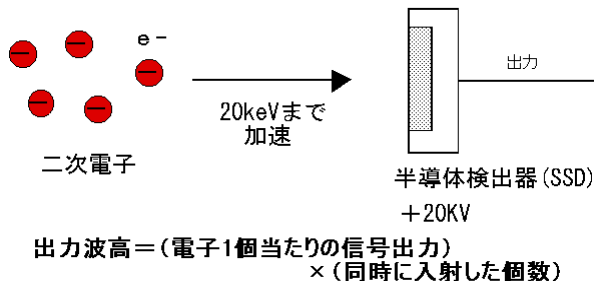


図1: 二次電子検出法の模式図

ように SSD を試料に対して +20 kV の電位にすることによって二次電子を20keV迄加速する。この時のエネルギー分解能は半値全幅(FWHM)で約13keV。こうする事によって、二個以上の電子が同時に検出器に入射した場合でも見分けることが可能となる。

この出力の波高分布測定を行なうことによって二次電子の放出数を計測する。

2-2: 放出二次イオンの観測

図2は飛行時間法(TOF法: Time of Flight)による放出二次イオンの質量分析の簡略図である。二次電子及び二次イオンがそれぞれ検出される時間差を測定することによって二次イオンの質量分析を行なう。これによって、イオン種の同定および放出イオンの数を測定する。

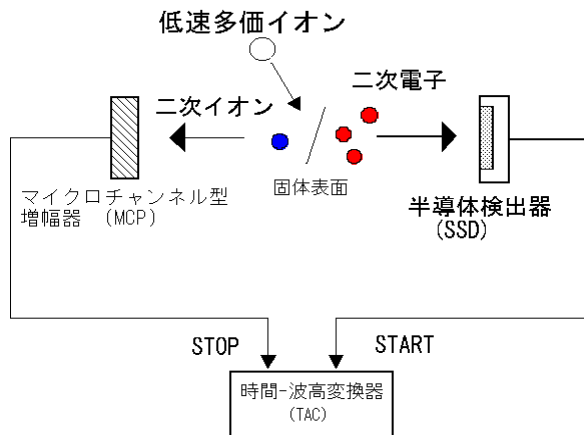


図2: 飛行時間法による二次イオンの質量分析

3. 装置製作

3-1: 観測器電極

図3は放出二次電子軌道のシュミレーション結果である。

試料表面に対して放出角 10° 毎に $10^\circ \sim 90^\circ$ 、運動エネルギー 5,10,20,40eV の電子を放出させた

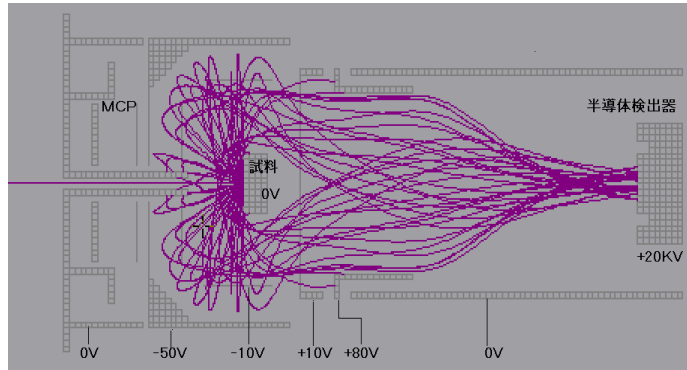


図3: 二次電子の軌道シュミレーション

ときの軌道を計算させたものである。

このシュミレーション結果を基に製作した観測器電極を図4に示す。

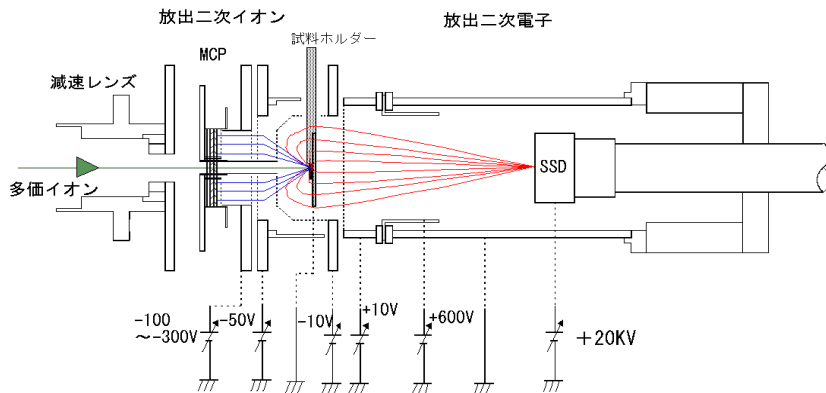


図4: 観測器電極図

3-2. 二次電子 - 二次イオン同時計測装置

図5に製作した計測装置図を示す。

同時計測回路に二次電子波高データ及び二次電子の検出タイミング信号と二次イオンの飛行時間データ及び二次イオンの検出タイミング信号が入力される。この2つのタイミング信号が同時計測回路のコントロールプログラムから設定される時間と比較され、その大小により同時現象か否かが判断される。

二次電子観測装置では前置増幅器からの出力をコンデンサーカップリングによって絶縁をとっている。

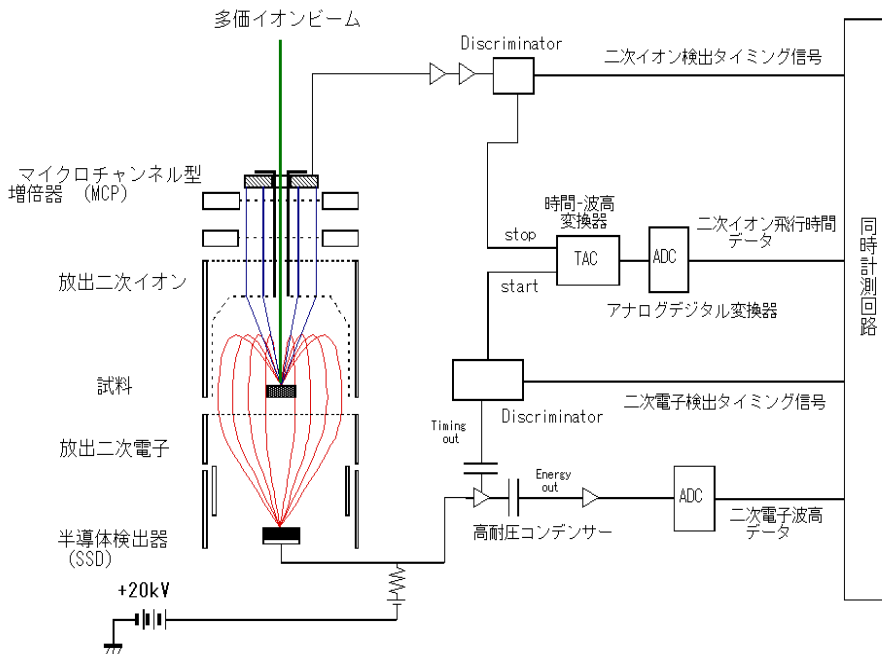


図5：放出二次電子-放出二次イオン同時計測装置

4. まとめ

今回、放出二次電子、放出二次イオンの同時計測装置を製作した。今後引き続き以下の手順で実験及び準備を行なう予定である。

- ・イオン銃を用いた希ガスイオン - グラファイト表面衝突による観測装置の評価

実験を行なう。

- ・多価イオン源(EBIT)を用いた、多価イオン-固体表面衝突実験

なお、放出される二次電子と二次イオンの相関関係を調べるのにどのような固体試料を用いたらよいか現在検討中である。