

STM による多価イオン照射後の グラファイト表面観察

大谷研究室 竹内 剛

《序論》

多価イオンは固体表面に接近するとその中性化過程において、固体表面から多数の電子をはぎ取り、その電子が外殻の電子殻に入っていくことで一時的に中空原子となる。中空原子となったこの多価イオンは脱励起する際に自動電離、光子放出を伴いながら固体表面に衝突する。この時、固体表面の局所的な部分から多数の電子が奪われ、表面原子層に多数の正イオンが生まれる事によって、互いのクーロン反発により表面原子イオンの脱離や隆起が生じると考えられている。

本研究では、グラファイト表面に Xe の多価イオンビームを照射し、価数の異なる Xe イオンビームによる照射痕を走査型トンネル顕微鏡(scanning tunneling microscope : STM)を用いて観測し、比較する事で照射痕の価数による依存性を検証する事を目的とした。

《実験》

* STM の動作原理 *

STM の探針を原子層表面に対して 1nm 以下まで接近させ、電圧を数百 mV 加えるとトンネル効果により、トンネル電流が数 nA 流れる。この電流は電極間の距離に対して指数関数的に変化する。STM は探針に非常に鋭い針を用い、探針と試料間に流れるトンネル電流を走査位置での探針の高さの検出信号として利用し、探針を試料表面で走査させる事で試料表面像を得る事の出来る装置である。探針の移動はコンピュータを用いたデジタルフィードバックをかけた電圧を圧電素子に印加して行う。トンネル電流は探針と試料表面間の距離に対して非常に敏感なため、STM の分解能は垂直方向に 0.01nm、水平方向に 0.1nm 程度である。適切な STM 像を得るためには、探針の先端が原子数個の鋭さである事と、フィードバック制御回路、ピエゾ駆動回路が安定である(ノイズが少ない)事が必要である。STM の探針は直径 0.25mm のタングステン針を電解研磨して用いた。また、ノイズの除去には図 1 の様な除震機構を用いた。

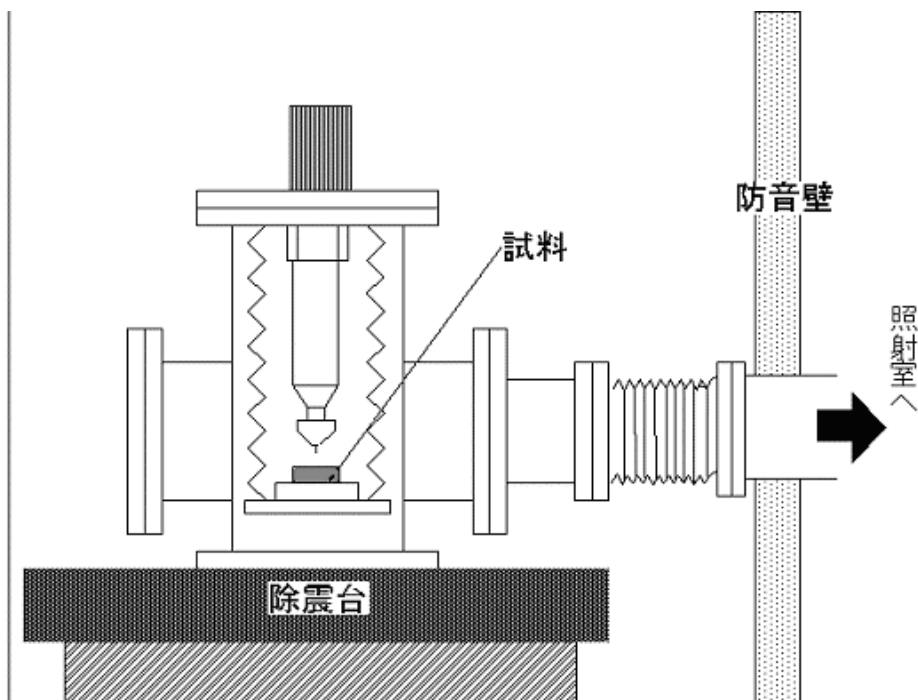
以下にノイズ除去の手法を述べる

今年度新たに導入した、ガスによって STM チェンバーを浮かせる除震台により、床からの振動を除去。

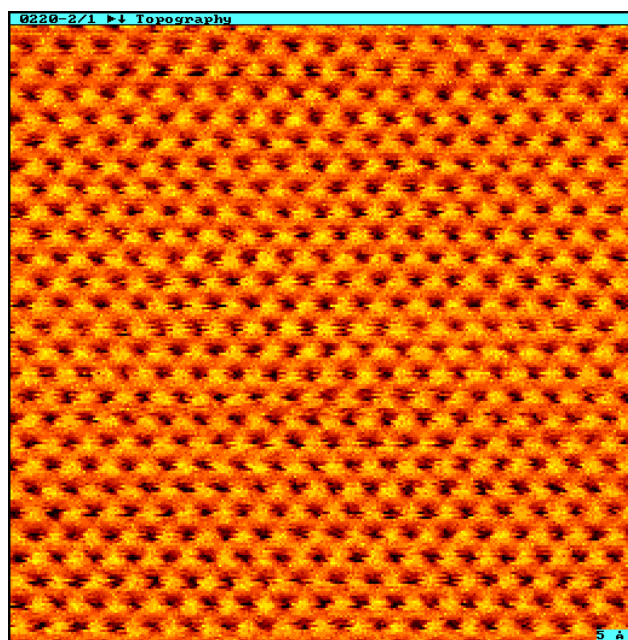
右部分のベローによりビームラインの排気系に使用されるターボ分子ポンプからの振動を除去。

今年度新たに導入した STM チェンバー全体を囲む防音壁により 外部の音による振動と蛍光灯等の光によるノイズを除去。

以上のノイズ除去の手法により得られた STM 像が図 2 である。



[図 1]



[図 2]

256 × 256point

195ms/point

探針 表面間

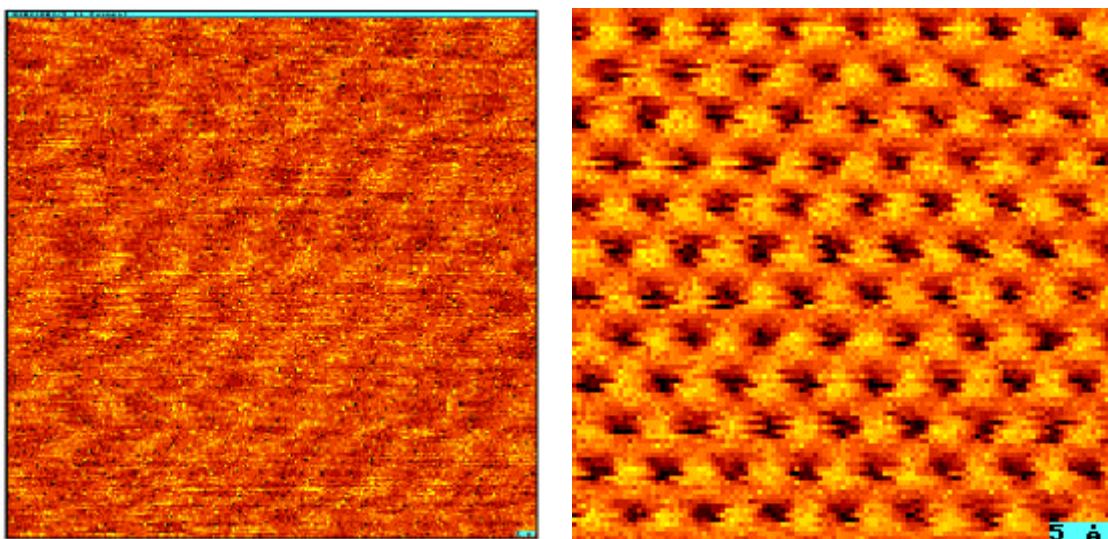
印加電圧 100mV

トンネル電流 457pA

抵抗値 2.19M

STMで像を得る測定方法には等電流モード測定と等高度モード測定の2通りがあり、図2は定電流モードで測定したグラファイト表面像である。等電流モード測定では、探針とサンプル間に流れるトンネル電流を一定に保ちながら探針を走査させ、探針の鉛直方向の変化を記録する事でサンプル表面形状を観測する。等高度モード測定では、探針を一定の高さに保ちながら探針を走査させる事で探針とサンプル間に流れるトンネル電流変化を記録し、その事でサンプル表面形状を観測する。

今年度新たにノイズ除震機構を導入した事で昨年度に比べ、より適切なSTM像を得る事に成功した。図3は昨年度のグラファイト表面像との比較をしたものである。



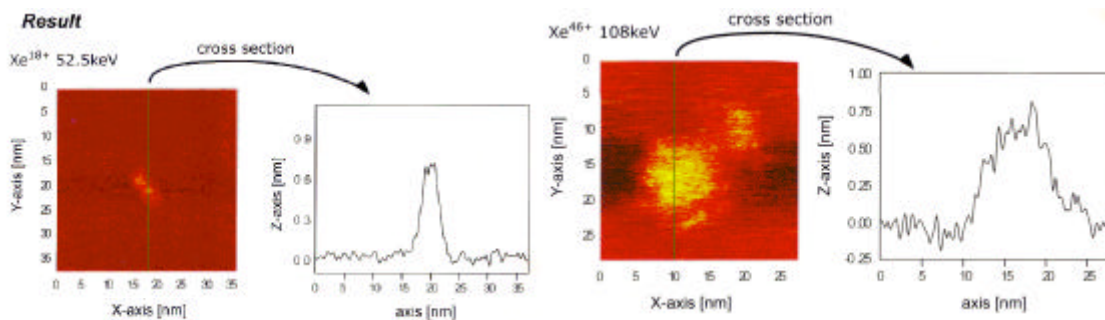
昨年度の像

今年度の像

[図3]

今年度のセットアップにより、ビームライン直結のSTM観測装置が完成した。STM観測装置をビームライン直結にする事により、真空中で多価イオンをグラファイトに照射した後、その試料を大気にさらす事なくSTMで適切に観測する事が可能となった。

図4は実際にXe18価とXe46価の多価イオンをグラファイト表面に照射させた際のSTM像である。それぞれのイオンポテンシャルエネルギーはXe18価が3.57keVでXe46価が65.9keVである。このエネルギーは水素イオンの13.6eVに対してそれぞれ数百倍、数千倍のオーダーである。(下図が図4)



それぞれの痕跡を見てみると、隆起の高さは変化しないが、隆起したグラファイト表面原子層の面積は Xe46 価の照射痕が Xe18 価の照射痕の 5 倍程度になっているのがうかがえる。照射の際の運動エネルギーは 52.5keV と 108keV でありそろっていないが、この隆起の面積の違いは運動エネルギーよりもポテンシャルエネルギーに依存していると思われる。

《まとめ》

除震台、防音壁の設置により、大幅にノイズを除去する事に成功し、より鮮明な STM 像を得られる様になり、それらのセットアップによって、ビームライン直結の STM 観測装置が完成した。

多価イオン照射後のグラファイト表面 STM 像を比較すると、価数の高い多価イオンを照射した時の方が大きな照射痕を持っていてこれは内部エネルギーの違いによるものだと考えられる。

今後は、多価イオンの価数に対する照射痕を見る事を続けていく事で統計をとり、価数による照射痕の依存性を検証していく予定である。