

# STMを用いた多価イオン照射後のグラファイト表面の観察

電子物性工学科 大谷研究室 中島 寿明

## 1. 序論

多価イオンが固体表面に接近すると、その中性化過程の中で表面から多数の電子が奪われ、表面に複数の正孔が近接して生成される。これらの正孔間のクーロン反発によって表面の化学結合が切断され、表面原子の脱離や、表面の隆起が発生するといわれている。

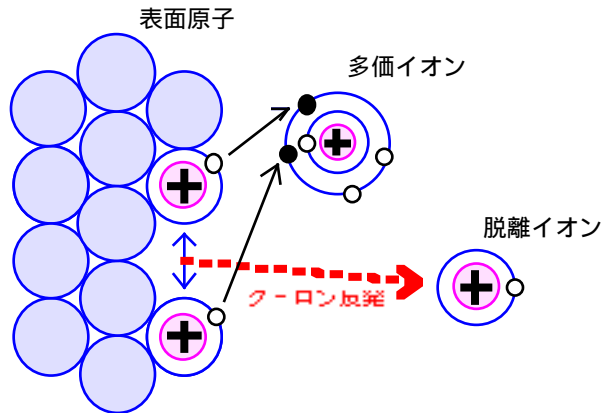


図1 多価イオン照射による表面反応の原理

本研究では多価イオンを個体表面に照射する装置を製作し、新しく導入した走査型トンネル顕微鏡(STM)を用いて照射後の表面原子構造を観察することを目的とした。

## 2.1 ビームライン

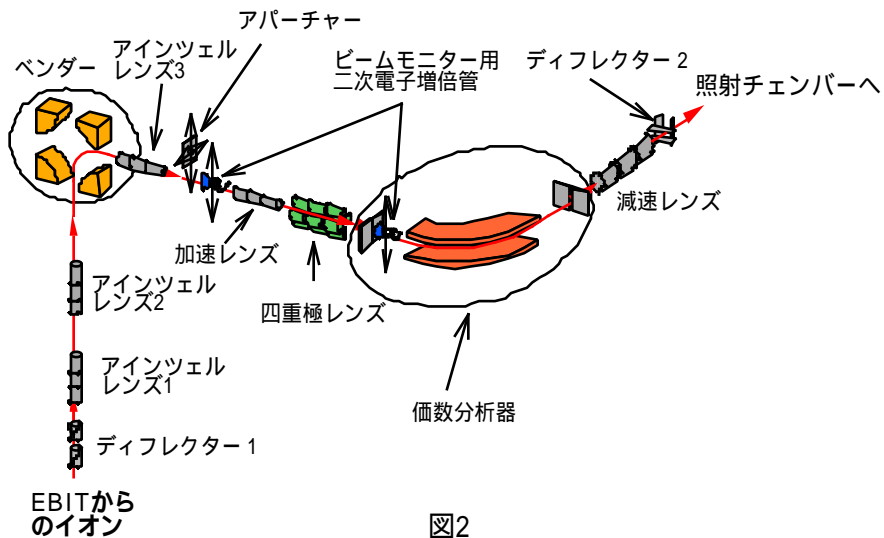


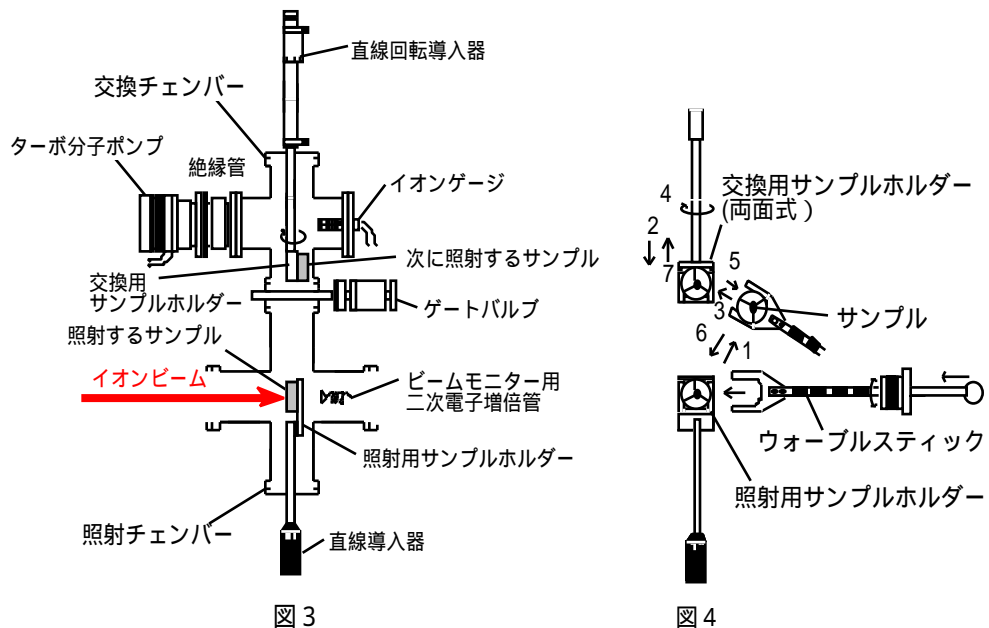
図2

図2にビームラインの概略を示す。EBIT(Electron Beam Ion Trap)から引き出されたイオンをまずディフレクター1によって方向づけをする。次に3つのアイントセルレンズでビームの発散を抑える。ベンダーは垂直方向のビームを水平方向に曲げるのに使われる。可動式のアパーチャーはイオンビームの形状を測定するために使用される。加速レンズはここではアイントセルレンズと同様の動作をし、次の四重極レンズによって価数分析器の入口スリットを通過するビーム強度

が最大となるように、ビーム形状の調整を行う。価数分析器により選別された多価イオンは、出口スリット通過後減速レンズにより減速され、照射チェンバーへ運ばれる。イオンを減速するのは、異なる価数のイオンの運動エネルギーを揃えるためである。照射チェンバーはビームラインと絶縁されており高電圧を印加し、減速レンズを調整することによって、イオンビームの発散を抑えた。以上の光学系を配置し、実際にイオンビームを観測した結果、 $500 \times q$  eVまで減速可能であることを確認した。

## 2.2 多価イオン照射装置

図3に照射装置を示す。多価イオン源の限られた運転時間の中で試料交換を可能にするため、ビームラインの真空を破らずにサンプル交換の出来る機構にした。製作したサンプルホルダーと、試料交換の手順を図4に示す。この図から分かる通り、サンプルホルダーは可動式になっているので、イオンビームがサンプルに当たるようイオンビームの位置を確認する必要がある。そこで、サンプルホルダーはサンプルと対応する位置に小孔を空けて、通過するビームを観測出来るようにした。



## 3.1 STMの動作原理

STMの動作原理について簡単に説明する。図5のように金属探針を1nm程度、導電性試料に近付けるとトンネル電流が流れる。定電流測定では、トンネル電流が一定になるようにサーボ回路によりZ圧電体にフィードバックをかける。X,Y圧電体には走査電圧をかけて、探針を試料表面に沿って波線のように走査するとSTM像が得られる。また、定高度測定では針の高さを一定に保ちつつ水平に走査しながら

試料表面との微小な距離変化を電流値の増減として測定する。凹んだ部分では試料と探針の距離が離れ電流値が減少し、一方、山の部分では電流値が増加するため、表面の凹凸がわかる。

### 3.2 照射試料の原子構造

照射試料となるグラファイトの原子構造を図6に示す。炭素原子は共有結合により六方格子構造を形成する。一方、面間はファンデルワールス力による著しく弱い結合になっている。この結合に寄与しているに比べ、の電子密度は、フェルミ面近傍に局在しているため、STM像ではが明るく、は暗く見えるようになる。実際に得られたSTM像を図7示す。白く見えているのがである。

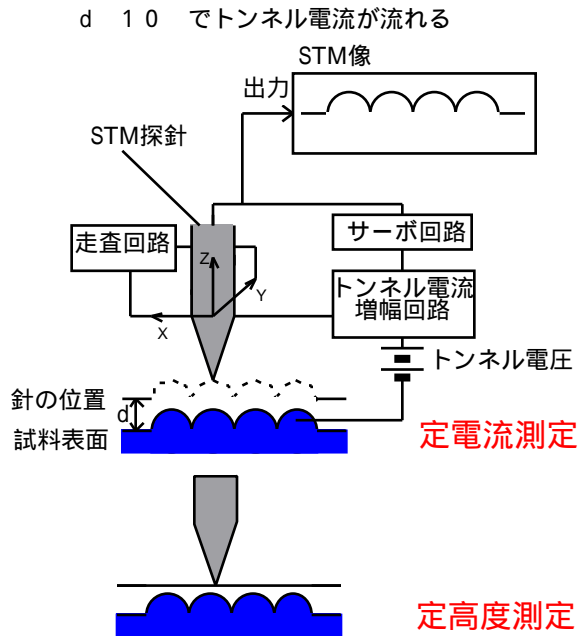


図5

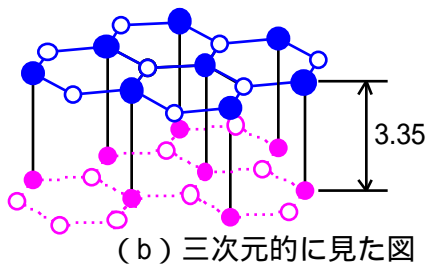
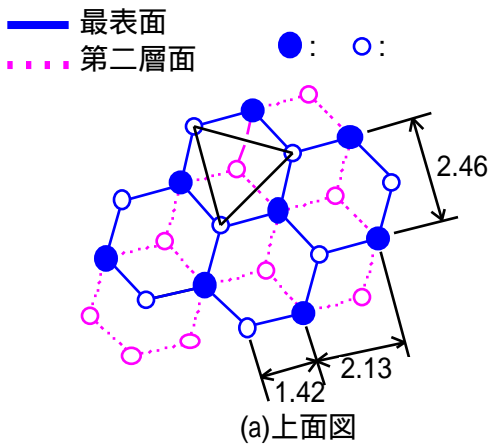
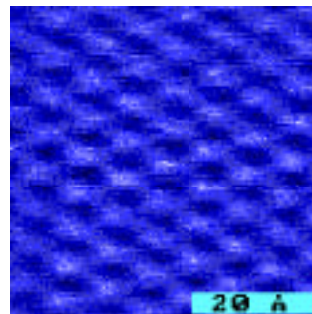
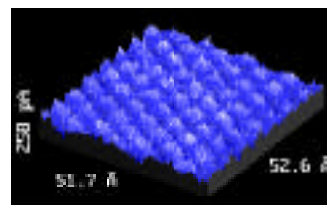


図6



二次元像



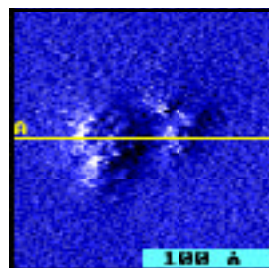
三次元像

図7

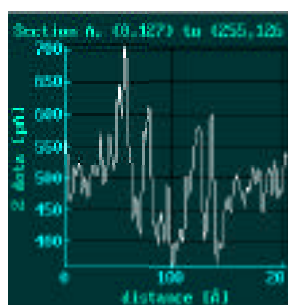
#### 4.多価イオン照射後のグラファイト表面の観察

グラファイト表面に33価,16.5keVのKrイオンを照射し、その試料をSTMで観察した。照射した部分を確認し、その電流変化を見た像を図8に示す。照射した部分の電流値が著しく変化しているのが分かる。図8のA線での電流変化と探針の高度変化を図9示す。図より、探針の動作距離の高低差が20 程度あるのが分かる。ただし、STMの動作原理を考えると、STM像の隆起が結晶構造の隆起であるかどうかは未解明である。

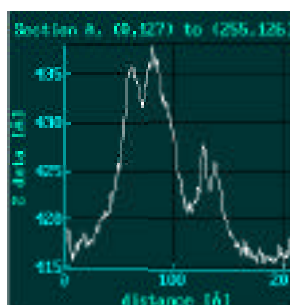
(210 × 208 )



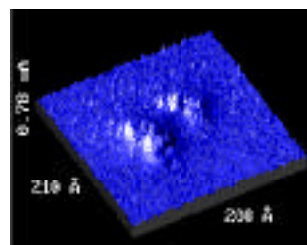
二次元像



A線での電流変化



A線での高度変化



三次元像

図 9

図 8

#### 5.まとめと今後の展望

雑音の除去、適当な探針を製作し、STMによるグラファイト表面のSTM像を得る事が出来た。また、多価イオン源の限られた運転時間の中でビームラインの真空を破らずに試料交換が可能な照射装置を製作し、ビームラインに減速レンズ、ディフレクターを設置することにより、500×qeVまで減速可能であることを確認した。しかし、多価イオン照射後のグラファイトの表面原子構造を定量的に比較、検証をするまでには到らなかった。

今後の展望としては、多価イオン照射後のグラファイトの表面原子構造を引き続き観察し、価数、入射エネルギーの違いによる構造変化を比較する。他の試料についても、今後、同様の観察を継続する。