

多価イオン - 表面衝突実験のための ビームラインの改良および特性

大谷研究室 渥美 匡央

背景

近年、多価イオンの性質を利用して表面加工を施し、ナノデバイス作製への応用が考えられている。

昨年まで我々の研究室では、主に高配向性グラファイトをターゲットとして電子ビームイオントラップ (EBIT) で生成された多価イオンを照射し、その照射痕の観察を行ってきた。当時のビームラインの状態は、真空度が $1.0 \times 10^{-8} \text{Torr} \sim 9.0 \times 10^{-9} \text{Torr}$ 程度、多価イオン量は $5.0 \times 10^3 \text{cps}$ であった。今年度からはナノデバイスへの応用に期待の出来るシリコンをターゲットとし、照射・観察を行うことになった。シリコン表面は活性が高いため、清浄表面を保ったまま実験を行うには短時間で効率的に行う必要がある。これまでの実験条件では、真空度が悪いためシリコン表面が短時間の内に汚染されてしまう上に、イオン量が少ないために照射に 30 時間も必要で、多価イオンの価数や試料を系統的に変えた測定をするのに適していなかった。そこで本研究では、シリコン表面観察のためのビームラインの改良を行った。

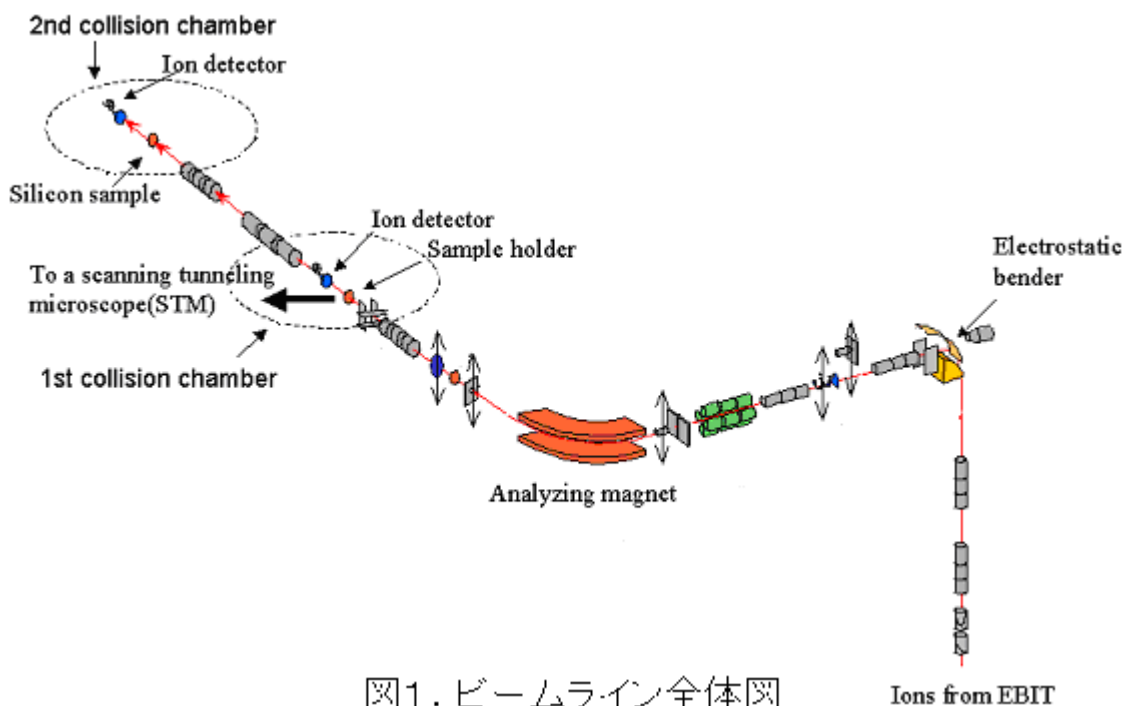


図1. ビームライン全体図

Ions from EBIT

多価イオンが図右下の EBIT から引き出されビームラインに入射する。静電型偏向器により 90 度偏向され水平となった多価イオンビームは、分析磁石により価数選別され、第一照射実験槽、第二照射実験槽へと導かれる。

改良内容

1. 超高真空作り ~チタンサブレーションポンプ (TSP) の作製~
チタンサブレーションポンプを作製し (図2) EBIT - 偏向器間と、第一照射実験槽の直前に各一つ装着した。

・原理

電流導入端子に大電流 (45A) を流すと、チタンフィラメントが熱せられ昇華しチタンガスを発生する。反応性の高いチタンガスは、そのまま内壁に蒸着し、チャンバー内の浮遊分子を吸着する。結果浮遊分子が減少し真空度が向上する。(ゲッタ作用と呼ばれる)

・動作確認

図3に動作試験結果を示す。

動作は、5分間の蒸発、15分間の余熱を繰り返す。真空度が向上していくのが図から分かる。フィラメントに電流を流し始めた際、一時的に真空度が悪くなるのは、熱によりチャンバー内壁の分子が出てくるためである。

最終到達真空度は、 1.0×10^{-9} Torrであった。 図2 . 作製した TSP

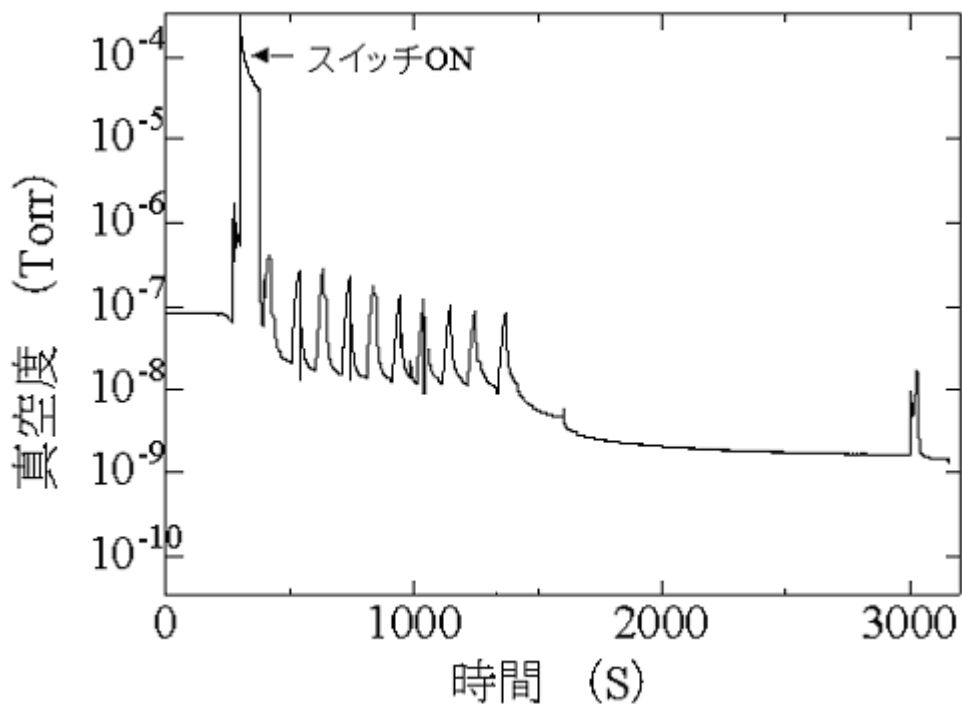
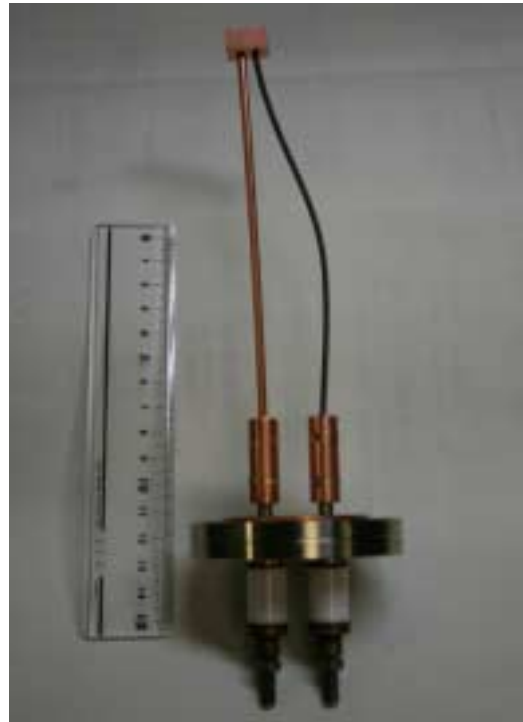


図3. TSP作動による真空度の変化

2. 多価イオン量の増加

() 引き出し電圧の高圧化

これまで本研究室では、多価イオンの引き出し電圧を 3 kV として実験を行っていた。引き出し効率の増加を目指し引き出し電圧を 4 kV、5 kV と増加させた。

() 偏向器の変更

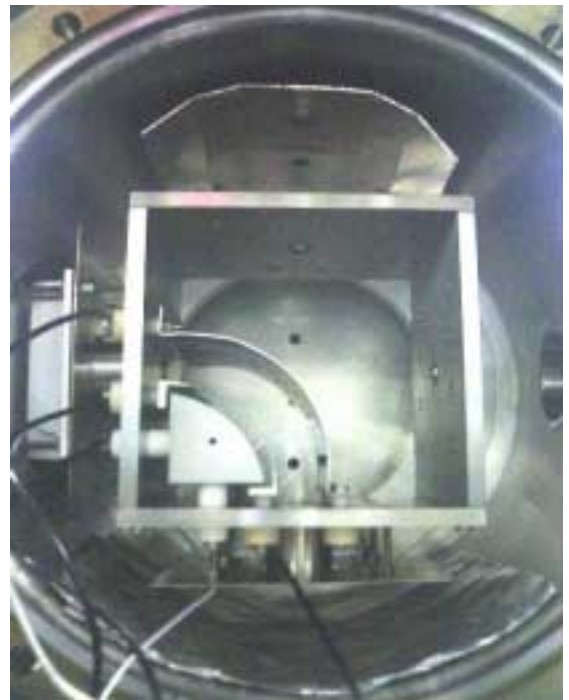
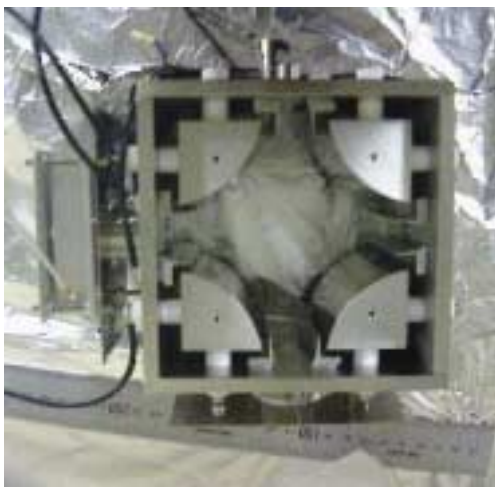


図 4 . 偏向器の変更の様子

これまでは、図 4 左の四重極偏向器だったが、図 4 右のように共軸円筒型に変更した。四重極偏向器はビームの調整が難しく、イオン量が少なかったが、共軸円筒型にすることによりビームの調整がし易くなり、飛躍的にイオン量が増加した。また昨年までの偏向器は、耐電圧が低く、1.5 kV 以上電圧を掛けることが出来なかった。

引き出し電圧を 5 kV として実験を行った場合、偏向器にかける電圧は 3 kV 弱程度であるため不十分だった。耐電圧を強化したことにより、3.5 kV まで掛けられるようになり、5 kV 引き出しが行えるようになった。

結果

昨年までの多価イオン量は、3 kV の引き出し電圧で 5.0×10^3 cps であったのに対し今年度の改良の結果、5 kV の引き出しで 1.8×10^5 cps を達成し、イオン量を 35 倍以上飛躍的に増加させることに成功した。

また図5に見られるように、引き出し電圧を高圧化していくほど、イオン量が増えていく傾向が確認された。

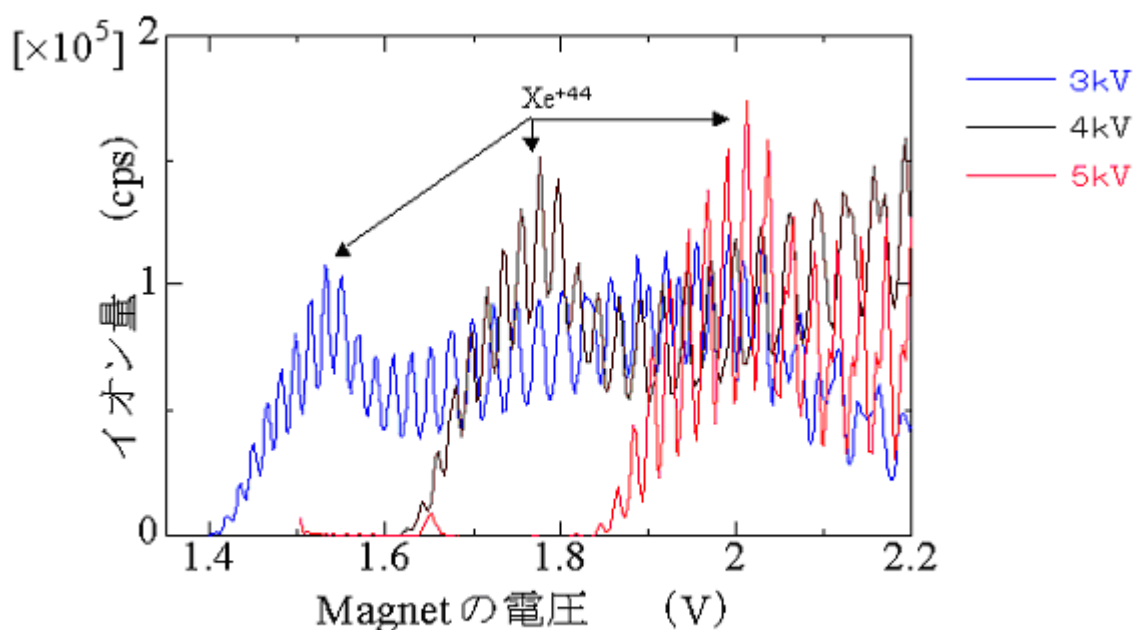


図5. 第二照射実験槽での引き出し電圧とイオン量の関係

まとめ

以上のような改良を行った結果、
真空度、イオン量ともに以下のように改善された。

	改造前	改造後
真空度	$0.9 \sim 1.0 \times 10^{-8}$ Torr	1.0×10^{-9} Torr
イオン量	5.0×10^3 cps	1.8×10^5 cps

このことにより、シリコンへ照射・観察することの出来る環境が整った。
今後は、引き出し電圧をさらに高圧化させ、多価イオン量を今以上に増加させることにより実験効率が上がる事を期待している。