

絶縁物キャピラリーによる イオンビームの通過実験

吉安信雄 研究室 宮本功太

[背景・目的]

本研究グループでは、Tokyo-EBIT(Electron Beam Ion Trap)と呼ばれる多価イオン発生装置により高価数の多価イオンを生成することができる。多価イオンビームの照射位置をナノメートルの精度で制御できれば、微細領域の改質や元素分析などの様々な分野に応用できる。低速多価イオンビームをナノメートルサイズに集束・ガイドする簡便な方法として、絶縁物のガラスキャピラリーが注目を集めている。イオンビームをガラスキャピラリーが集束・ガイドさせる原理は、初めに入射してきたイオンがガラスキャピラリー内壁を帯電させることにより、後から来るイオンビームを反射させ奥へ通過させることによっている。Tokyo-EBITにより生成される高価数多価イオンを集束・ガイドさせるのに適したガラスキャピラリーの形状やエネルギーなどを調べるために、1価イオンによる試験実験を行っている。

[実験装置と実験方法]

・ ガラスキャピラリーの作製

ガラスキャピラリーに用いるガラス管(パイレックス)は外径 6mm、内径 1mm のものと外径 2mm、内径 0.8mm の 2 種類を使っている。そのようなガラス管を図 1 のような装置を用いてガラスキャピラリーを作製する。まずガラス管を円柱状に巻いたカンタル線に通し、カンタル線に電圧をかけ発熱させガラスを融解させ、重りによりまっすぐ下向きに伸ばし(図 2)、図 3 のようなガラスキャピラリーを作製する。この方法を用いて現在、先端の出口径 100nm~数十 μm のキャピラリーが作製できる。先端は SEM(走査型電子顕微鏡:Scanning Electron Microscope)により観測する(図 4)。

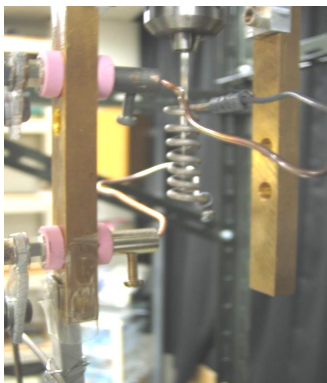


図 1

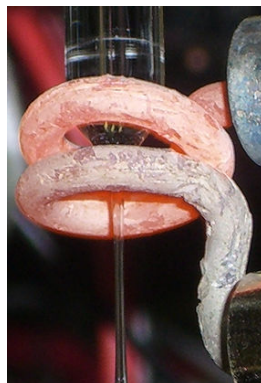


図 2

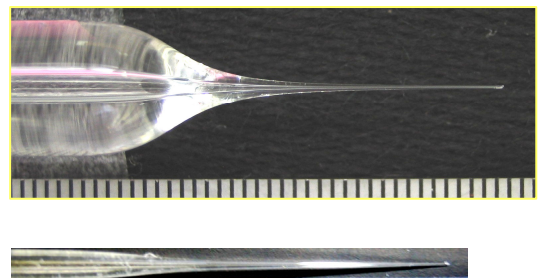


図 3

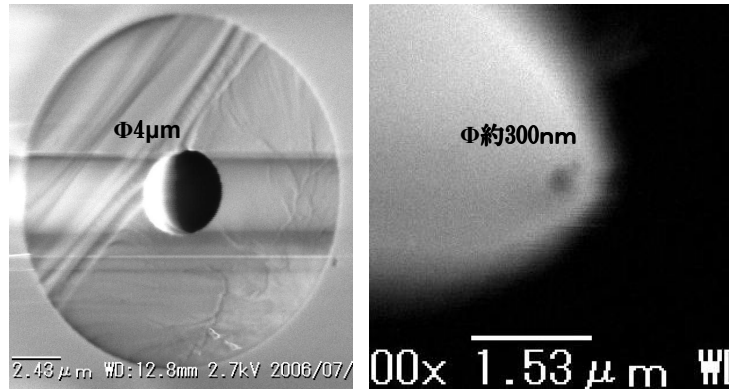


図4

・ 実験装置と実験方法

試験実験の装置概略は図5の用になっている。大きくはイオン銃、キャピラリーホルダ、PSD(Position Sensitive Detector)からなっている。各装置の詳細を説明していくと、まずイオン銃においてはグリッドからフィラメント間に電圧をかけることで熱電子が飛び出す。このときに熱電子がチェンバー内の原子や分子と衝突することによって電子が剥ぎ取られ電離する。そして生成されたイオンは引き出し電極によって引き出される。引き出されたイオンを集束させるためアインツェルレンズを用いる。集束されたイオンビームは 0.6mm のアパーチャーを通りホルダにマウントされたキャピラリーに入る。このホルダはマニピュレーターにより上下及び左右の角度を振ることができる。そしてキャピラリーを通過したイオンを2次元位置検出器である PSD で検出する。PSD とは MCP(Micro Channel Plate) を用いた電子増倍管により増倍された電子が、Wedge-Meander-Strip 構造の anode を用いた位置検出部に当たり位置を検出するものである。

実験条件としては真空度 4×10^{-6} torr、加速電圧 2 kV、イオン種としては残留ガス、主に H_2O^+ 、 H_2^+ を使用した。

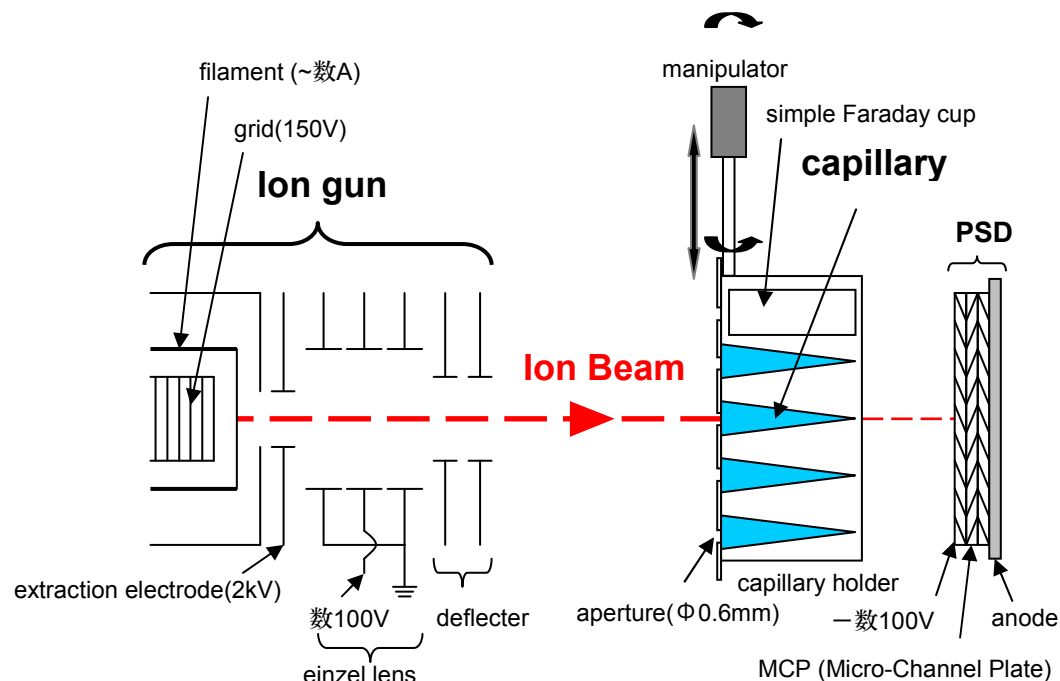


図5

[結果]

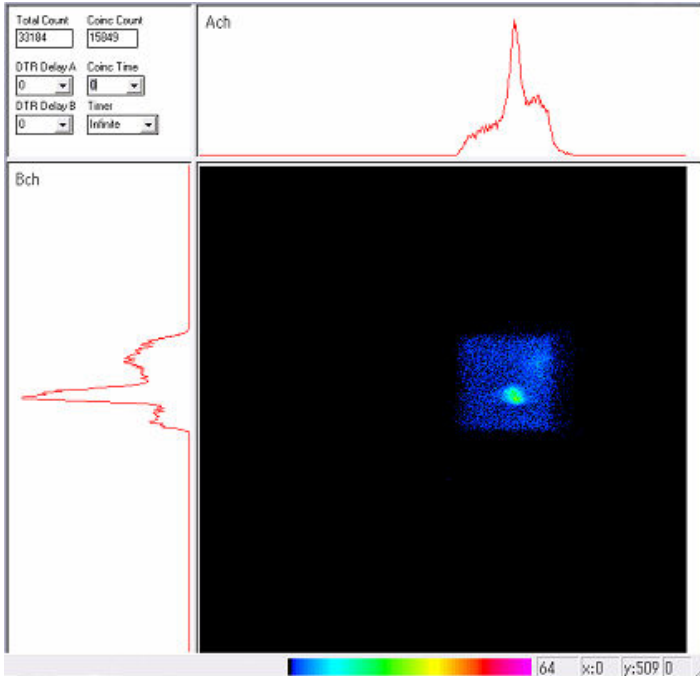


図 6

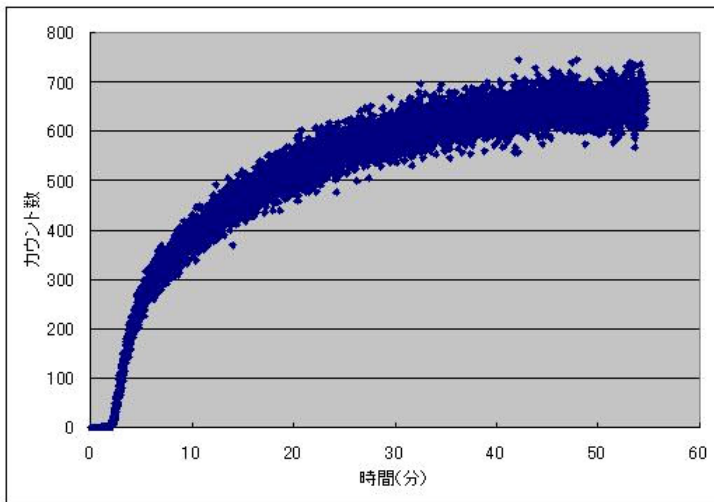


図 7

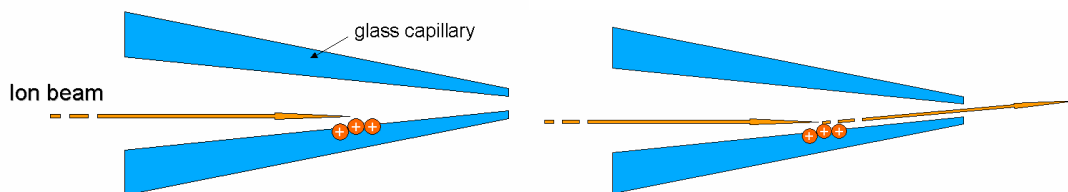


図 8

まず、イオンがキャピラリーを通過することが確認できた。図6はPSDによって通過して来たイオンの検出された位置の画像である。

また図7のようにイオンの通過の時間変化も観測された。初めの2分ほどは通過しない状態であったが、その後通過し始めた。これは図8のように入射してきたイオンが内壁を帯電させ、図9のように後から来るイオンは反射させられて奥へ通過させられるという原理に基づいていることと思われる[1]。

参考文献

[1]N.Stolterfoht:Nucl.Instrum. Meth.Phys.Res.B203,246(2003)

図 9

次にイオンビームを偏向させることができた。幾何学的には約 1.2° までしか通過することが出来ないが、約 3° イオンビームを偏向させることができた(図 10)。

ガラスキャピラリーを用いれば電磁場を使わず簡便にイオンビームを偏向させることができる。

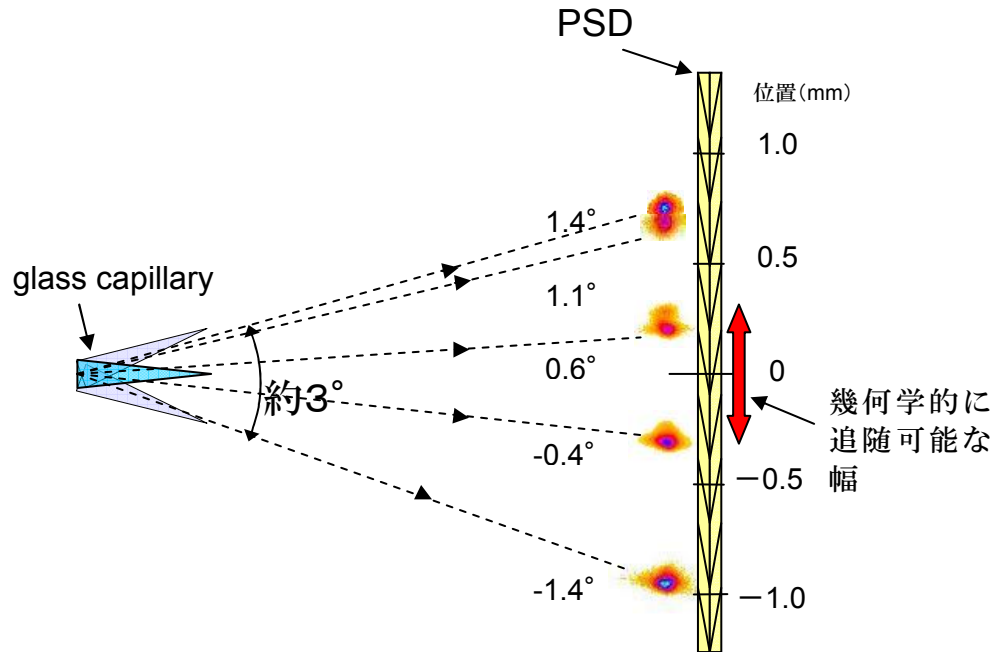


図 10

[今後の方針]

- ・ 入射イオンビームの質の検証をする為に、エミッタンス測定及び強度の測定可能なセットアップにする。
- ・ ガラスキャピラリーの先端径を任意で作れるように作製方法を改善する。
- ・ 多価イオンでの照射実験を行う。