

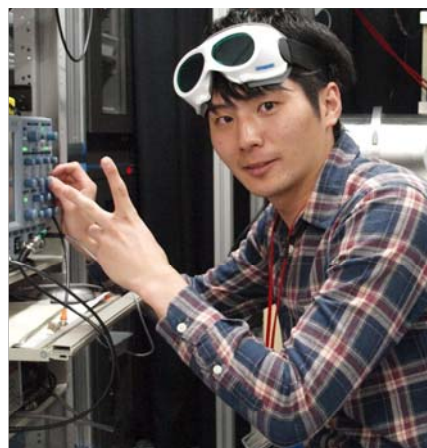
Bradbury-Nielsen Gate の設計・製作

吉川 太基 (よしかわ たいき)

所属：理学研究科 物質分子系専攻

専門分野：レーザー化学 (光物理化学)

趣味：スポーツをする事、お酒を飲む事



私の研究室では、高強度フェムト秒レーザーにより生成した多価分子イオンの反応とその諸物性を研究しています。多価分子イオンを研究するうえでは、目的のイオンを選別する事がまず必要です。

本稿で紹介するマスゲートは、電極に印加する電場の ON と OFF を瞬時に切り替える事によって必要なイオン束を取り出す装置です。現有のプレート型電極を使用した偏向板型マスゲートを用いると、イオン種ごとの選別が可能です (図 1 左)。しかし、プレート型では

原理的に電場の ON と OFF の切り換え速度が遅く、さらに現有のパルス電源 (0.5 μs) の応答速度ではピークが近接している同位体の選別は

不可能でした (図 1 右)。そこで、原理的に高速応答が可能な Bradbury-Nielsen Gate(BNG)の設計・製作を試みることにしました。

BNG は電氣的に独立した二組のワイヤが並んだ構造をしており、二組のワイヤが等電位時にはイオンがゲートを通過します。二組のワイヤに正電圧と負電圧を同時にそれぞれ印加すると、ワイヤ間に生じる電場によってイオンが偏向されます (図 2)。

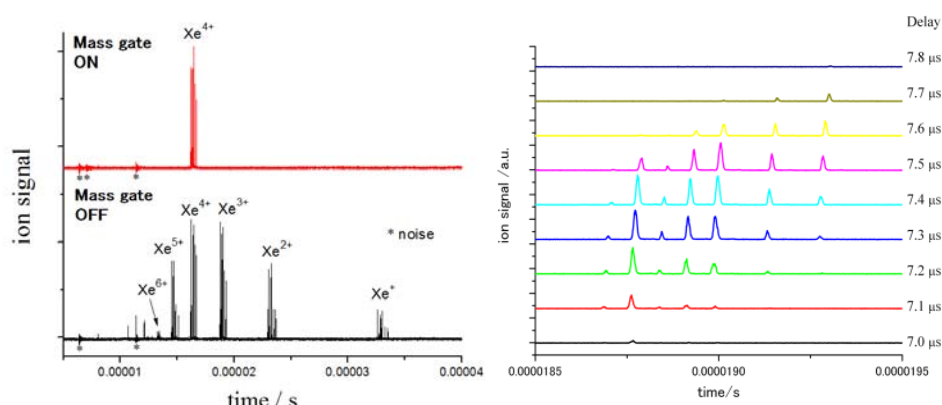


図 1 偏向板型マスゲートによる、Xe の飛行時間スペクトル

左：Xe⁴⁺ 選別の例

右：Xe³⁺ 選別に際してマスゲートに電圧を印加するタイミングを変えた例

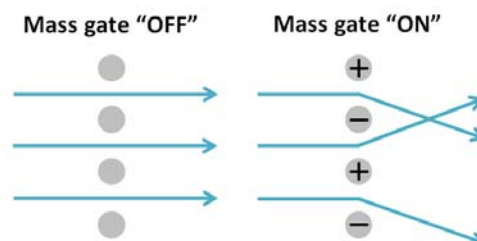


図 2 BNG によるイオン選別方法

本研究で行った BNG の製作過程を 図 3 に示します。最も大変な作業は、ワイヤを巻く際の標準偏差を小さくする事です。ワイヤ間隔に大きなズレが生じると、二組のワイヤを交互に配置

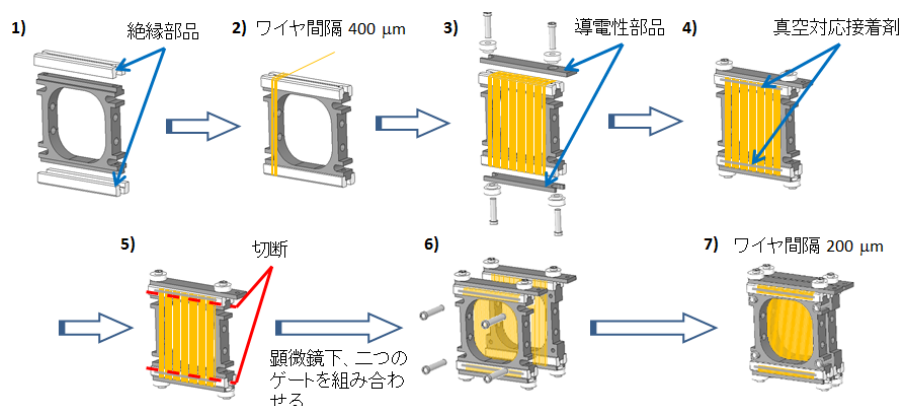


図 3 BNG の製作過程

する際 (図 3 の 6) にワイヤ同士が接触します。特に、ワイヤを巻き始める部分 (ゲートの端部分) のワイヤ間隔が安定せず、標準偏差が大きな値となりました。そのため、今回は標準偏差が大きい部分のワイヤを切断して、完成としました (写真 1)。標準偏差を小さくする事と均一にワイヤを張る事は、今後さらにワイヤ間隔の狭いゲートを製作する際の大きな課題であると考えています。

ワイヤ間隔の標準偏差を小さくするため、ワイヤを巻くマコール材に等間隔で溝を掘ってワイヤを通じる事を試みました。写真 2 には、200 μm 間隔で V 字溝加工を施したマコール材にワイヤを通じた際の結果を示します。残念ながら、この方法では高い精度が得られませんでした。溝が V 字ではなく U 字型になってしまっているために、ワイヤがうまく配置できなかった事、溝表面に凹凸があり、ワイヤを理想の位置にうまく配置することができなかった事が原因だと考えられます。これらの問題点を踏まえて、部品設計並びに製作過程を改良する必要があると考えています。

今回の BNG 製作で用いたほぼ全ての部品及び電源装置固定支柱などは、工作センターに工作依頼致しました。私自身は、工作初心者で知らない事ばかりでした。しかし、私の漠然としたイメージを伝えただけで工作センターの皆様が親切に対応してくださり、BNG を製作することができました。本研究が進められたのは、ひとえに工作センターの皆様のお陰だと感謝しております。ありがとうございました。



写真 1 BNG 完成品

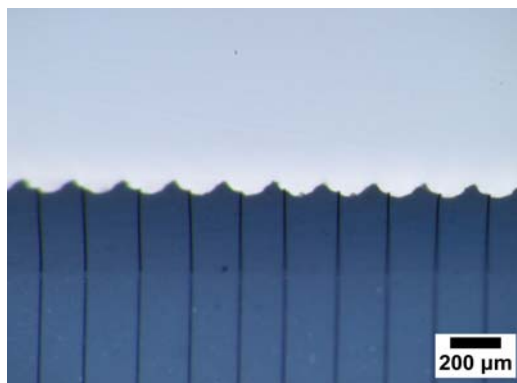


写真 2 V 字溝加工 (倍率: 5.6 倍)

溝ピッチ: 200 μm, 深さ: 100 μm, 溝開き角度: 60°