

卒業論文要旨
静電型平行平板デフレクターの製作

環境計測 横田敦

1. はじめに

本研究室ではイオントラップを備えた低速小型多価冷却イオンビーム装置を開発している。本研究ではイオン源からのイオンをトラップに入射するためのデフレクターを製作した。このデフレクターは小型でビーム軌道の偏向角度は大きく、高速で偏向角度を操作できる必要がある。そのために静電型で平行平板型のデフレクターとした。

イオントラップを最適条件で操作するために、トラップしたイオンの寿命を計る必要がある。イオンの寿命測定とは、トラップに入射したイオンがトラップ内の残留ガスと衝突し中性になりトラップから逃げてくるイオン数の時間変化を計ることである。イオントラップ内は超高真空であるが、イオン源からトラップまでの真空度は低く、ここで作られる中性粒子数は本来の信号より 3 桁も多い。バックグラウンドとなる中性粒子を除去するために、偏向角度を高速に切り変えて、必要なときだけイオンをトラップに入射できるようにした。また真空度を上げるために小型化をはかった。さらにデフレクター通過後イオンビーム軌道が長いと、その距離間で中性粒子が発生してしまう。それを避けるため、偏向させた後なるべく短い距離でトラップに入射させる必要がある。

2. 設計

製作したデフレクターを図 1 に示す。静電型デフレクターの形状として、シンプルな構造で工作も容易な平行平板電極を設計した。デフレクター内の電位勾配を一定に保つために 4 枚電極の構造とした。図 1 中の二つの孔(A)はイオンビームが通過する入射孔と出射孔である。4 枚目の極板の中央にも同じ大きさの孔が空いていて、中性粒子と電圧をかけないときのイオンビームが通過する構造となっている。デフレクターの後方にはファラデーカップが設置してありビーム量を測定することができる。

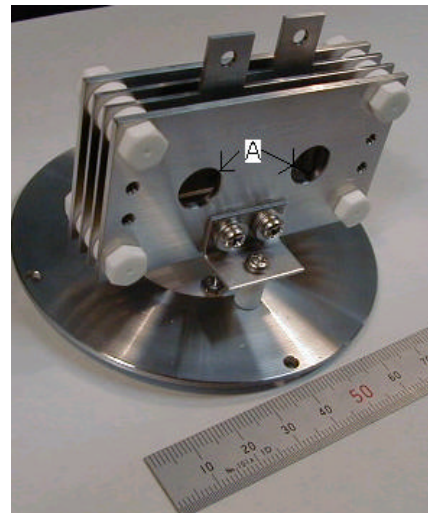
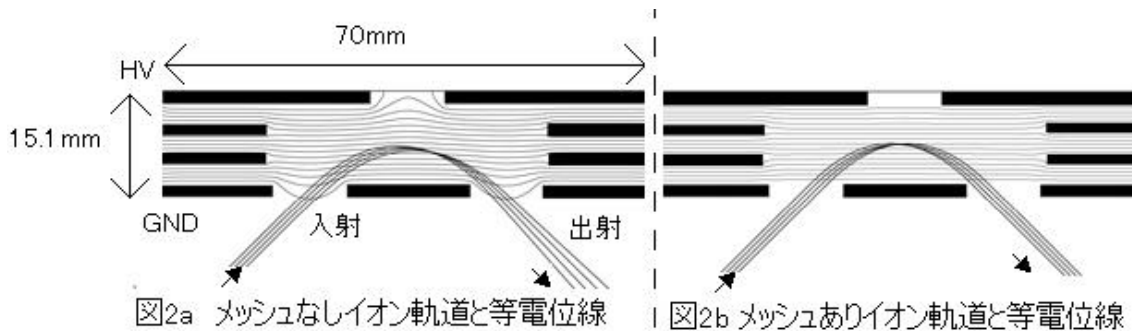


図1 デフレクター組上げ図

3. シミュレーション実験

イオン軌道シミュレーションソフト SIMION 3D ver.7 によって設計したデフレクターのシミュレーションを行った。シミュレーションの条件は飛行イオンを Ar^+ 、ビーム径を 2 mm、初期運動エネルギーを 2 keV とし、入射角度を 45° とした。デフレクターの電圧は高压側を 2 kV とし各電極には電位勾配が一定になるように電圧をセットした。この条件でイオンビームがデフレクター内を通過するときのデフレクターの断面図と等電位線を図 2 a、図 2 b に示す。図中の

黒い四角は電極でありその間の実線が等電位線である。図 2a からイオンビームがデフレクターに入るときに入射孔と出射孔の付近で等電位線が歪んでいる(フリンジングという)ことが分かる。フリンジングの影響によりデフレクター通過後のイオンビームが発散している様子が分かる。そこでフリンジングを抑えるためにメッシュを張った。そのメッシュは幅 100 μm のワイヤーを格子状に 8 本ずつ等間隔に張ったものである。そのときのイオンビーム軌道と等電位線を図 2b に示す。図 2b から入射孔と出射孔の付近でフリンジングが抑えられていることが見てとれ、デフレクター通過後のビームの発散が少ないことが分かる。



イオンビームはデフレクターから出射した後、イオントラップまで進行する。デフレクター出射孔からトラップ入口までの距離は 400 mm、トラップ入口の径は 2 mm である。イオンビームが最も効率的にトラップに入射するメッシュの張り方を検討した。平行ビームがデフレクターに入射したときメッシュの本数によりデフレクター通過後のイオンビームの発散は異なる。メッシュの本数を増やすと発散は抑えられるがイオンビームがメッシュと衝突するためビームの透過率は減少する。図 3 はメッシュの本数を変えたときのトラップへの入射率の変化を表したグラフである。ここでトラップへの入射率とはデフレクターの構造上の透過率とデフレクター通過後の発散角度(一次元の数値)から計算した値であり単位は%である。図中の丸(●)は 100 μm のワイヤーを張ったときの計算値であり、実線はその近似曲線である。同様に四角(■)は 200 μm のワイヤーを張ったときの計算値で点線はその近似曲線である。図 3 からワイヤーの本数を増やしていくと発散は抑えられ、トラップへの入射率が増えていく様子が分かる。ところがある程度ワイヤーの本数を増やすと透過率が減り、入射率は減少していく。したがってトラップへの入射率が最大となるワイヤーの本数があり、図 3 の場合では、100 μm ワイヤーを 10 本から 15 本張るのが最適であると考えられる。

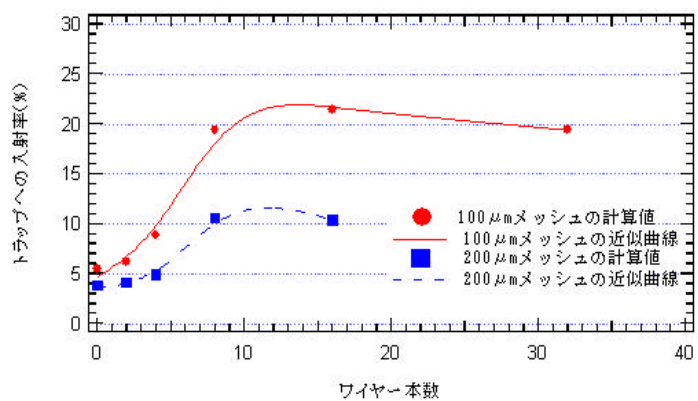


図3 ワイヤー本数とトラップへの入射率の関係