

電子ビームイオントラップのためのレーザーイオン源の開発

電子物性工学科 小倉 基成

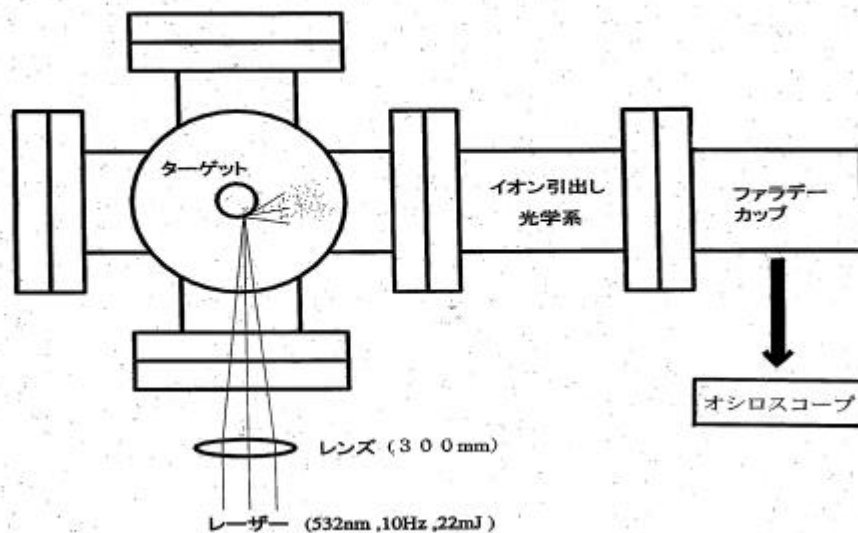
1. 実験の目的

電子ビームイオントラップ用イオン源として、現在使われている MEVVA [metal vapor vacuum arc] イオン源は低融点の金属に対して不安定である。そのため今回、固体物質から安定してイオン源を確保するためレーザーアブレーション法による電子ビームイオントラップのイオン源の開発を目指し、その実験装置の設計及び製作を行い、実際にターゲットとして Pb を用いてイオンの発生を確認することを目的とした。

2. 実験内容

下図は実際に設計及び製作した実験装置である。レーザーをレンズに焦点を合わせて照射することにより、プラズマが生じる。使用したレーザーはパルスレーザーであるネオディウム YAG レーザーで、波長 532nm、周波数 10Hz、パルス幅 7ns、ビーム直径 8mm でレーザー光の強度を 23mJ に設定し、レンズは焦点距離 300mm の物を使用しました。

実験装置図



レーザーを焦点を合わせてターゲットに照射すると、レーザーの波長、直径 d 、レンズの焦点距離 r とするとスポットのビーム直径 D は

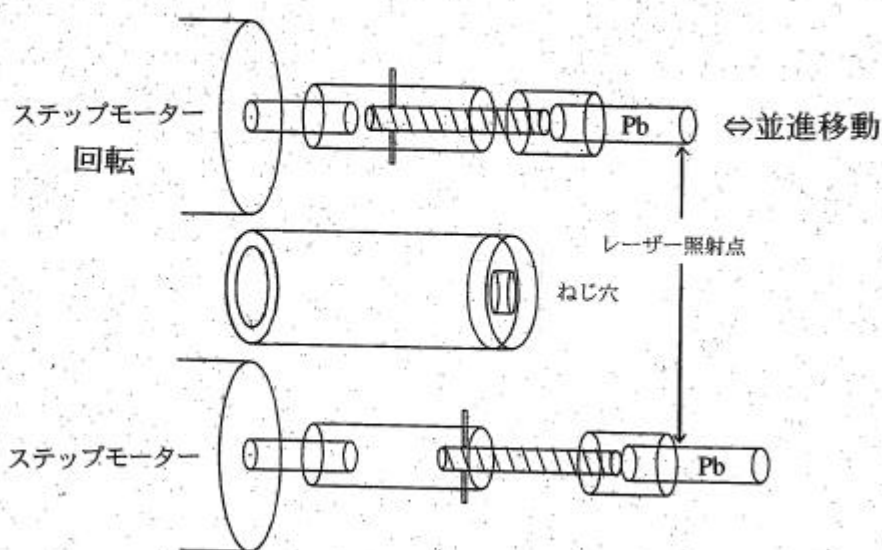
$$D = 4 \sqrt{r / d} = 25 \text{ [}\mu\text{m]}$$

でスポットの面積は約 $4.9 \times 10^{-9} \text{ [m}^2\text{]}$ となり、スポットにおけるエネルギー強度は $6.4 \times 10^{14} \text{ [W/m}^2\text{]}$ となる。

レーザーをレンズで焦点を絞りターゲットの一点のみに照射するとターゲットが消耗してしまうので、ターゲットに当たるレーザーの位置をずらしてやる必要があった。そこで、ターゲットに棒状の鉛を用いてターゲットが回転及び並進するような回転導入機構の設計及び製作を行った。

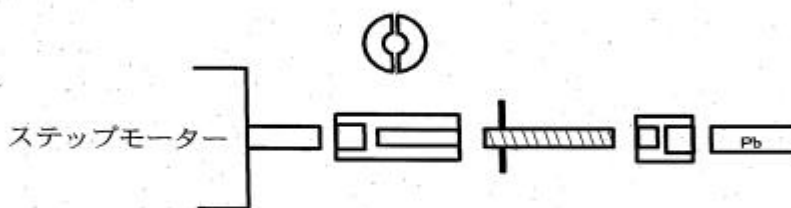
下図が回転導入機構の装置図です。まずステップモーターにより回転操作を行います。さらにねじ穴が付いている筒状の物をステップモーター側に固定してやり、ねじ穴にねじが通過することにより並進移動を行います。そのためには、ねじとステップモーターとを固定せずにねじが並進方向に移動する必要があった。

回転導入機構



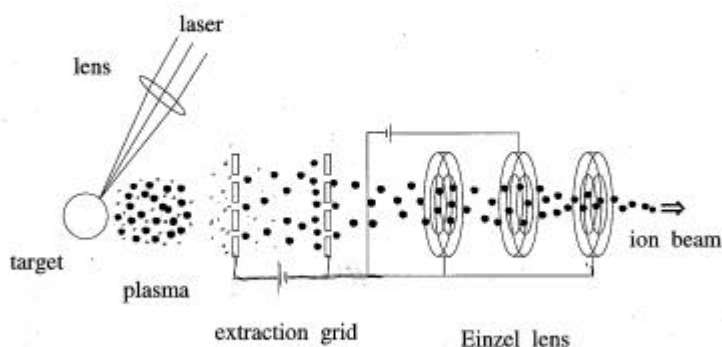
そこで下図に示すようにねじの中心にピンを通し、ステップモーターの軸とねじとのアダプタ部分に図のような切り込みを入れて並進移動を可能にした。こうして回転と並進移動が可能となり、ターゲットにおけるレーザー照射点をずらすことが可能となった。

回転導入機構

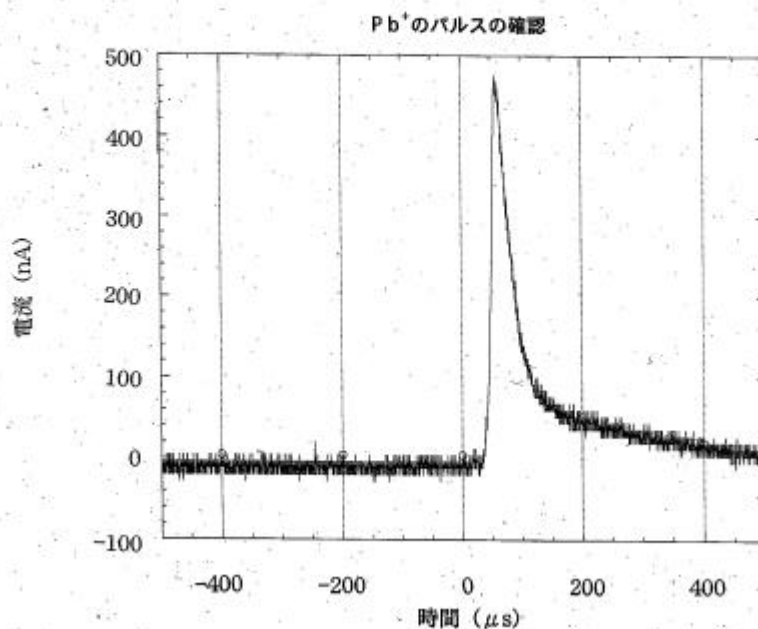


次に、こうして生じたプラズマから、Pb のイオンを抽出するためにイオン引き出し光学系を設計及び製作した。下図がそのイオン引き出し光学系である。まず、extraction grid に電位差をつけることによりプラズマからイオンを引き出し、Einzel lens のまん中をその両側に比べて電位が高くなるようにした。このようにしてイオンの発散を抑えて収束させ、そのイオンをファラデーカップで検出することによりイオンの発生を確認することを目指した。

イオン引出し光学系



下図はレーザーをワンショットのみ照射して、イオン引き出し光学系はなにも電圧をかけずにファラデーカップに流れる電流をオシロスコープを用いて検出したグラフである。ここからワンショットの総電荷量を求めると約 5×10^{-11} [c] になり、全て Pb の一価イオンが発生していると仮定すると約 3×10^8 個の Pb も一価イオンが発生している。実際には2価以上のイオンも発生していると考えられるので、この値より生じたイオン数は少ないと考えられる。しかし、イオン源としてこの値は十分なものである。



3. まとめ

レーザーイオン源の開発を目的として、回転導入機構やイオン引き出し光学系など実験装置も設計及び製作を行った。また、実際に Pb を用いてイオンの発生を確認した。

4. 今後の展望

発生したイオンの価数分布や放出速度を調べるため、四重極型質量分析器や追いつき電極型エネルギー分析器などの利用を検討している。またレーザーパワー・レンズの焦点距離を変化させた時の依存性について調べることを検討している。