

TOF-SIMS 入門セミナー 第2回

技術営業 山本 陽一

装置の概要と基本的な測定原理 (その1)

## 1. ダイナミック SIMS とスタティック SIMS

SIMS (二次イオン質量分析) にはダイナミック SIMS と呼ばれるものと、スタティック SIMS と呼ばれる 2 種類のものがあります。ダイナミック SIMS は強い一次イオンを連続的に照射するもので、サンプル表面の物質は元素レベルまで分解され、二次イオンとして出て来ます。強い一次イオンを当てるため、感度は高くなりますが、分子レベルでの分析は出来ません。スタティック SIMS は一次イオンをパルス状に当てるため、表面の分子が完全に壊れることなく、二次イオンとして出てきます。ただし、一次イオンの強度が弱いので、感度はダイナミック SIMS よりは悪くなります。

## 2. 装置の概要

装置の構造は図2のようになっています。測定は高真空中で行われます。一次イオン源のイオンガンから飛び出したイオンはサンプルに当たり、二次イオンを発生させます。発生した二次イオンは引き出し電圧で加速され、筒状の中を往復して検出器に到達します。イオンを照射してから検出器に到達するまでの時間は、発生したイオンの質量に依存しますので、イオンを照射してから検出器にイオンが到達するまでの時間で、イオンの質量を算出することが出来ます。このことから飛行時間型の二次イオン質量分析機 (Time of Flight Secondary Ion Mass Spectroscopy) と呼ばれています。簡単には TOF-SIMS (トフ・シムス) と呼ばれます。



図1 TOF-SIMS の全体写真

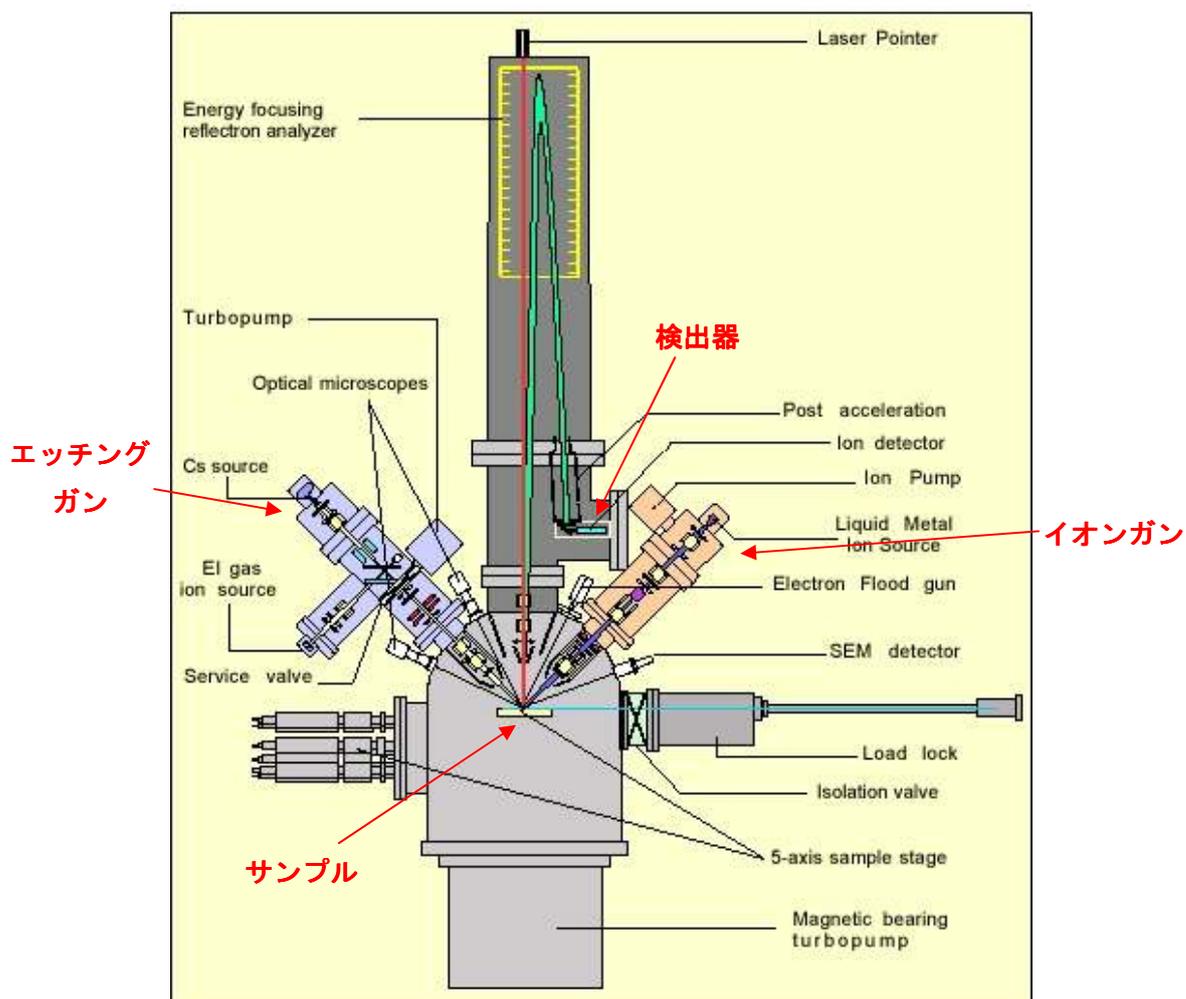


図2 TOF-SIMS 内部の模式図

### 3. 一次イオン源

TOF-SIMS では当初一次イオンとしてガリウムが使用されていましたが、その後、重い元素の金やビスマスが用いられるようになってきました。これは分子のフラグメンテーションをより穏やかにすることと、高質量側の2次イオンの発生確率を高くすることが目的です。ただし、逆に低質量側の発生確率が相対的に小さくなるため、ガリウムと重い元素とを併用すれば、有機物の同定解析がより正確に行うことが可能となります。

#### 4. スタティック SIMS の条件

TOF-SIMS による有機物の同定解析が行える限界の目安があります。

サンプルに当てるイオンの数が  $1 \text{ cm}^2$  当たり  $10^{12}$  個をこえると、分子構造が壊れすぎて、有機物の解析が困難になると言われています。SIMS の分析は基本的に破壊分析ですので、同じ箇所を長時間にわたって分析することや、何度も繰り返し分析することは出来ません。

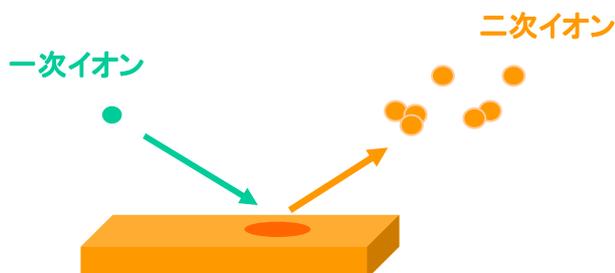
#### 5. 二次イオン

試料表面に一次イオンを照射すると二次イオンが発生します。

発生した二次イオンは、電圧をかけて取り出します。負の電圧をかけると正のイオンが、正の電圧をかけると負のイオンが取り出せます。通常の分析では正及び負のイオンをそれぞれ解析しないと同定が困難なことが多いため、正のイオンと負のイオンの2測定が必要となります。すなわち、同じ箇所を最低2回測定することになります。

二次イオンの発生効率は分析したい物質が付着している下地の物質により大きく異なります。このため、同じ物質を測定しても下地の物質が異なれば、発生する二次イオンの個数は異なってしまうことになり、定量が出来なくなります。ただ、測定対象が同じ構成であるならば、イオンの発生数が多いか少ないかといった比較は可能です。

有機物の場合、一次イオンを当てると結合の弱いところで分離して、二次イオンとして出て来ます。分離した分子はフラグメントと呼ばれます。出てきた二次イオンの分子構造が分かれば、元の分子を予測することが可能になります。



6. 質量の算出

発生した二次イオンはある電圧で加速されます。加速電圧 (V) と飛行する距離 (L) が一定ならば、質量 (m) は飛行時間 (τ) から求めることができます。

$$m = \frac{2eV}{L^2} \tau^2$$

加速電圧が一定ならば、軽い分子 (原子) は速度が早くなり、重い分子 (元素) ほど速度が遅くなります。すなわち、軽い分子 (元素) ほど早く検出器に到着し、重い分子 (元素) は遅く検出器に到着することになります。この結果、横軸を質量数、縦軸を二次イオンのカウント数にしたスペクトルを得ることができます。

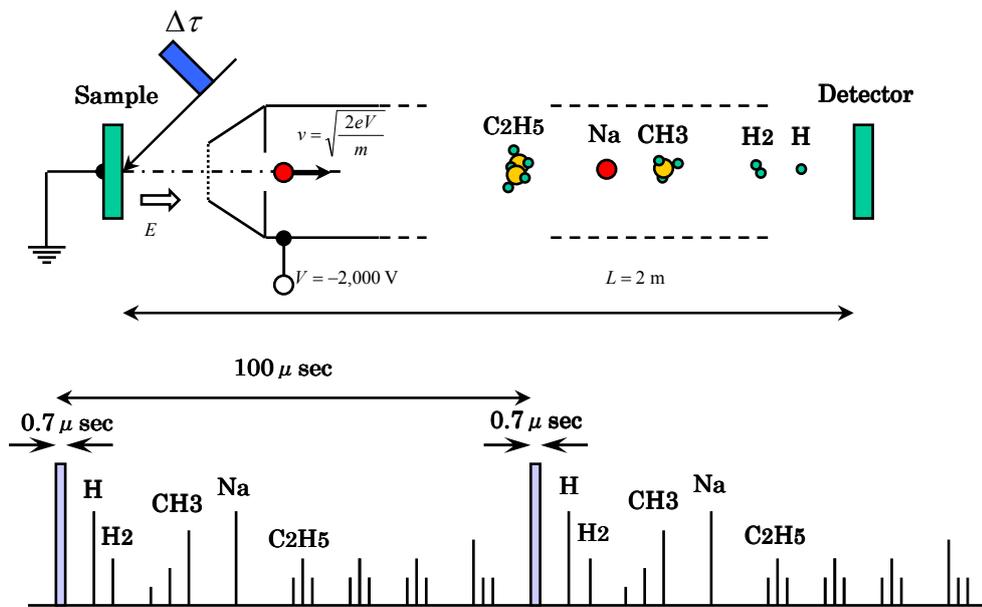


図3 二次イオンの質量の測定原理

(次回に続く)