

質量選別範囲 16,000amu 四重極の紹介

Quadrupole mass spectrometer to offer mass ranges 16,000 amu

横井正治

Masaharu YOKOI

三洋貿易株式会社 科学機器事業部

〒101-0054 東京都千代田区神田錦町 2-11

TEL 03-3518-1186

E-mail : m-yokoi@sanyo-trading.co.jp

はじめに

この度は TMS 研究会講演会にて発表をさせていただくことになり光栄であると共に講演会にふさわしい内容になるか心配ではあります。今回の発表は研究成果で無く弊社の扱い商品の紹介になりますが、宣伝にとどまらぬようご出席の先生方の研究の手助けになることができれば幸いです。化学の分野で無く電気制御の工学的な切り口で質量分析計をご紹介します。

このような企画を立てていただきました TMS 研究会および持田先生に感謝いたします。

Extrel CMS 社の沿革

四重極型質量分析計は1953年に、旧西ドイツの物理学者である Wolfgang Paul と Helmut Steinwedel によって考案された。電極の形状によりフィルター型とイオントラップ型に分類される。米国ペンシルバニア州ピッツバーグ大学の Wade Fite、Ted Brackmann らは分子線 (molecular beam) 実験のための四重極用高出力 RF 電源を開発した。世界各地の質量分析計研究コミュニティがこの安定した高性能の RF 電源の供給を依頼してくることになり、Extranuclear Laboratories 社が 1964 年にピッツバーグ市に設立されることになった。その後 Extrel Corporation、ABB Extrel を経て 2004 年に独立した Extrel CMS 社が発足し現在に至る。日本では 1991 年よりニューリー・インスツルメンツ株式会社、2002 年合併により三洋貿易株式会社が総代理店を勤める。

四重極質量分析計

四重極質量分析計 ; Quadrupole mass spectrometer (Q-MS) は真空中のガス種がどれほど残っているかを調べる容易な手段として“残留ガス分析計”として扱われることが通常である。分析と言うよりは特定のガス種、例えば酸素や窒素が検知できるか否かを“計測”することが目的になる使用が多く、この場合の質量範囲は通常は最大 300amu。そのため安価で小型のものが重宝される傾向にある。

分析手法による特徴

	分解能	範囲	規模	価格
セクター型	超高	広	中、大型	中、高価
四重極	低	狭	小型	安価
イオントラップ	中	狭	小型	安価
TOF	高	広	小、中型	中
FT-ICR	超高	中	大型	高価

一般的には四重極質量分析計は設置場所を選ばない小型で操作の簡単なことからリーク検出、ガス組成のモニター、エッチングや乾燥工程のエンドポイント検出の用途に使用されることが多い。

質量選別範囲 16,000amu

四重極質量分析計；Quadrupole mass spectrometer (Q-MS) は平行に配置された 4 本の双曲面（円柱）の間に 高周波電圧 (RF) と 直流電圧 (DC) をかけると、質量分離器すなわちマスフィルターとして機能する。電圧の大きさを調節することで、特定の質量範囲にあるイオンだけを透過させることができる。

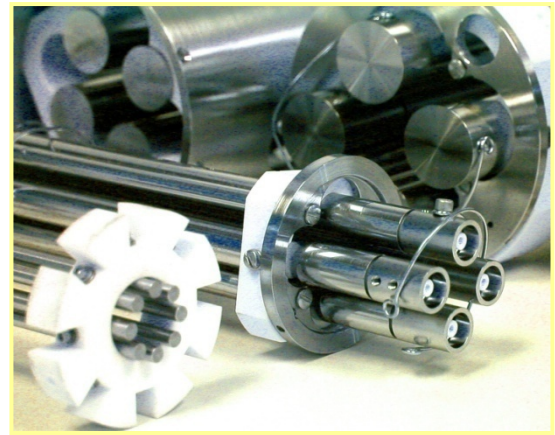
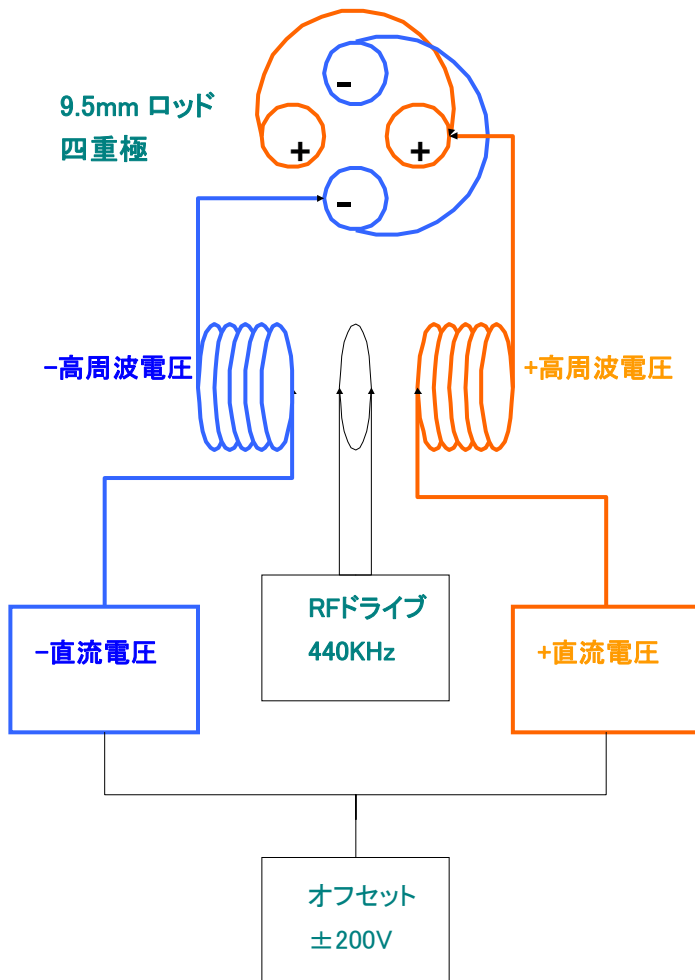
四重極ロッド径 9.5mm / RF 周波数 440KHz 電源 の組み合わせでは質量選別範囲が最大 16,000amu の構成となる。これに対して四重極ロッド径 16mm / RF 周波数 2.9MHz 電源 の組み合わせでは質量範囲は最大 60amu ではあるが、超高分解能を実現できヘリウム 4.00 と重水素 4.02amu を分離できる能力がある。

目的とするイオンのみを通過させる分析法であるためにマスフィルタとも呼ばれる。

System	ロッド径	周波数	質量範囲 (amu)
MAX-16000	9.5 mm	440 kHz	20-16000
MAX-9000	6 mm	880 kHz	25-9000
MAX-4000	9.5 mm	880 kHz	10-4000
MAX-4000HT	19 mm	440 kHz	4-4000
MAX-2000	9.5 mm	1.2 MHz	2-2000
MAX-1200	9.5 mm	1.2 MHz	2-1200
MAX-1000	19 mm	880 KHz	1-1000
MAX-500	19 mm	1.2 MHz	1-500
MAX-300	19 mm	1.2 MHz	1-300
MAX-120	19 mm	2.1 MHz	1-120
MAX-60	19 mm	2.9 MHz	1-60

ロッド径 9.5mm 約 200mm 長の四重極にマッチングされた高周波電圧 RF 周波数 440KHz 電源は質量選別範囲を 16,000amu まで可能にします。

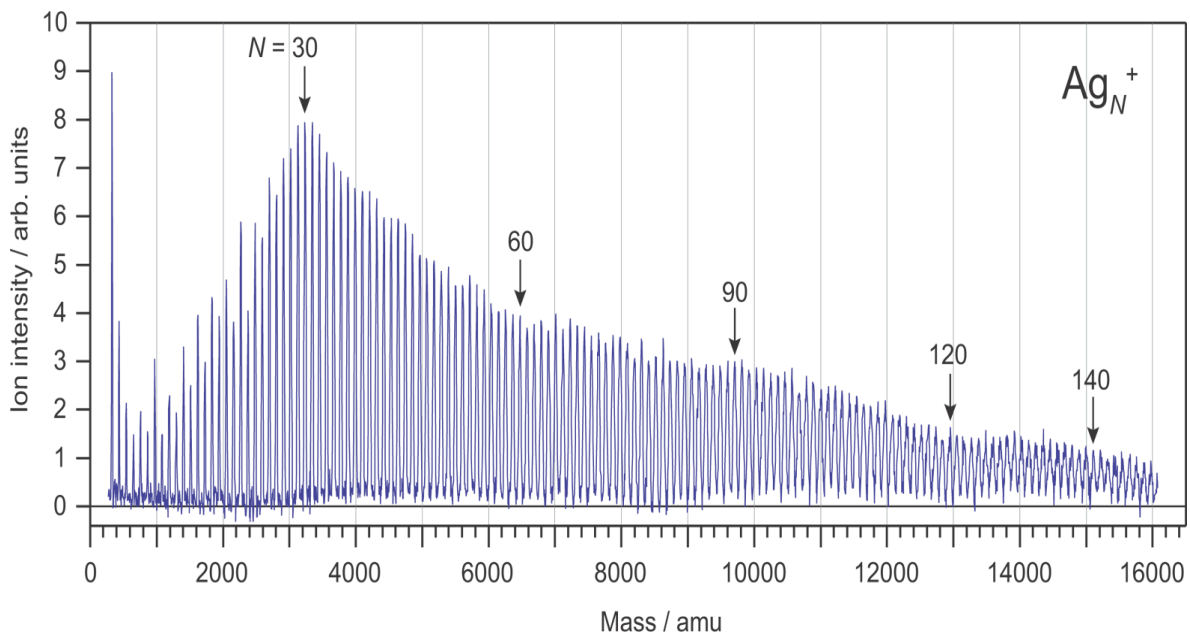
四重極と電源のブロック図。



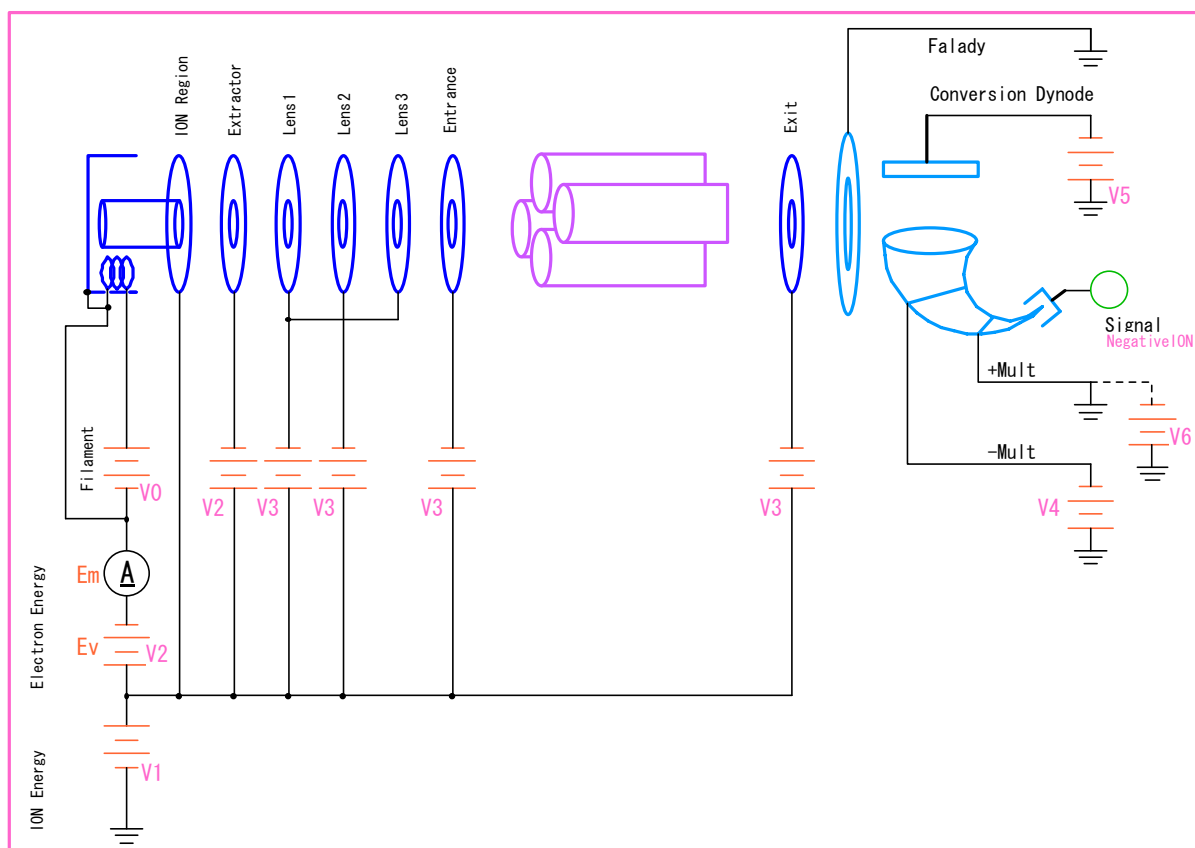
高質量領域まで安定したイオン透過率の特徴を活かしたクラスターの分野で能力を発揮している。金属クラスターでは触媒反応の複雑な分析やクラスター衝撃により引き起こる化学反応の解析用いられている。液相クラスターでは溶液中の水素結合相互作用や静電的相互作用などの強い相互作用で形成されるクラスター構造を質量分析法によって解析する手法の研究分野で能

力を発揮している。

マグネトロンスパッタによる銀 (Ag) のイオン化



Ag クラスターの検出例（豊田工業大学；寺寄先生ご提供）



イオン源・検出部のブロック図

EI イオン源と集束レンズ、マルチプライヤ検出器の電源回路を示す。ここブロック図はポジティブイオン検出の極性を示す。電位の極性を反転することでネガティブイオン検出も可能になる。

四重極の特徴

四重極は質量選別する目的だけでなく、連続したイオン透過が可能な面からイオンガイドとして、またイオントラップとしても機能します。特定の質量数に固定したマスフィルタとして用いることで、分子数のそろった薄膜基板の生成などにも応用できる。トリプル型マスフィルタでは中間の四重極をコリジョンセルとしてもちいる MS/MS 分析が可能になる。

おわりに

本講演で紹介いたしました内容は土屋先生（首都大学、横浜大学）、脇坂先生（産業技術総合研究所）、寺寄先生（豊田工業大学）はじめとする多大なご協力をいただきました。ここに心より感謝申し上げます。