

| | |
|--------------|---|
| Title | 二つの円筒電場を用いた二重収束型質量分析器の結像性に関する解析研究 |
| Author(s) | 竹下, 功 |
| Citation | |
| Issue Date | |
| Text Version | none |
| URL | http://hdl.handle.net/11094/29056 |
| DOI | |
| rights | |
| Note | |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

| | |
|---------|---|
| 氏名・(本籍) | 竹 下 功 <small>たけ した いさお</small> |
| 学位の種類 | 理 学 博 士 |
| 学位記番号 | 第 7 6 3 号 |
| 学位授与の日付 | 昭 和 40 年 6 月 17 日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第 5 条第 2 項該当 |
| 学位論文題目 | 二つの円筒電場を用いた二重収束型質量分析器の 結像性に関する解析研究 |
| 論文審査委員 | (主査) 教 授 松 田 久 |
| | (副査) 教 授 緒 方 惟 一 教 授 齋 藤 晴 男 教 授 堀 江 忠 男 |
| | 教 授 杉 本 健 三 |
| | |

論 文 内 容 の 要 旨

近年質量分析法による固体の元素分析が精度と感度の点においてすぐれていることが認識せられ、物理学および化学などの研究に役立っているが、この目的に用いられる質量分析器は非常に広い質量範囲のスペクトルを同一乾板上に同時に撮影しうるものでなければならない。

通常の Mattauch 型質量分析器は一つの偏向電場と均等磁場の組合わせにより成り立っており、上記の要請を満足するものであるが、ビームの速度の拡がり (β) を空間的な拡がり (α) に無関係に制限することができないことおよび二次の収差の係数がかなり大きいという欠点をもっている。

この欠点は極微量成分の分析、あるいは高分解能が要求される場合にはかなり重要な障害となることが考えられる。

著者は通常の Mattauch 型の質量分析器の電場を、縦続的に組合せた二つの電場でおきかえ、この二つの電場の中間にイオン源のエネルギースペクトルが得られるならば Mattauch 型のこの欠点を根本的に解消しうることに着目し、このような光学系が Mattauch 型の二重収束条件をみたすための一般的条件を導出した。

さらに具体的にこの偏向電場を中心軌道半径の等しい二つの円筒電場とし、物理的に意味のある解の存在する範囲と分解能を二つの電場の偏向方向が等しい場合と逆の場合についてそれぞれ求めた結果、前者においては分解能は通常の Mattauch 型の場合と同一、後者においては第 2 電場の偏向角度により高くもまた低くもなりうることをあきらかにした。

つぎにこのような質量分析器の中で、とくに二つの電場の偏向方向を同一にした場合の 2 次の収差を検討した結果、 α^2 の収差を二重収束線上のすべての点において 0 とすることが可能であることを見出した。

さらにこの系の二重収束線上の 1 点において $\alpha \beta$ の収差も 0 となり、かつ第 2 電場と磁場の間の

距離を適当にとることにより、この α β の収差の消える点で同時に β^2 の収差も 0 としうることをあきらかにした。

なお α β および β^2 の収差が 0 となる点以外でこれらの収差の係数について考察した結果十分小さい解がえられることを見出した。

このような光学系は無数に考えられるが、磁場の形状が極端なものでないこと、イオン軌道がなるべく短いこと、2 次の収差の係数が広い質量範囲にわたって小さいことなどの条件のもとに比較した結果、これらの条件は互に矛盾しあわないことがあきらかとなった。

最後に計算によって求めたいいくつかの設計例を示したが、これらはすべて極端に小さな偏向角あるいは極端に大きな入射角のものではなく、十分実用性のある解と考えられる。

このような光学系の 1 例について 2 次の収差による総合的な像幅を求め、これを Hintenberger が 2 次の収差をとくに小さくすることに主眼をおいて設計した Mattauch 型の質量分析器のそれと比較した結果、結像性においては何ら遜色がなく、磁場の形状などでは本論文に示したものがむしろ実用性のあるものであることが結論された。

以上のごとく Mattauch 型にさけられないと考えられた欠点を除きすぐれた結像性をもつ質量分析器を作りうることがあきらかとなった。

論文の審査結果の要旨

Mattauch 型質量分析器は非常に広い質量範囲 ($A=10\sim 250$) のイオンを 1 枚の乾板上に 2 重収束して質量スペクトルを撮影することができるため、原子質量測定、固体分析、有機化合物の構造解析などに広く利用されている装置であるが、入射イオンのエネルギーの拡がりを方向の拡がりとは独立に制限することができないことと 2 次の収差がかなり大きいことの二つの点がある。本研究は Mattauch 型の長所は保存し、以上二つの欠点を除くような質量分析器を開発する目的で行なわれたものである。

Mattauch 型の質量分析器は一つの円筒電場と一つの一様磁場の組合わせにより、方向 (α)、エネルギー (β) 両方の収束を乾板全面にわたって行なわせるものであるが、イオン軌道の途中でエネルギースペクトルを生じる点がないために上記の第 1 の欠点を生ずる。竹下君はこのことに着目して、円筒電場を二つに分割し、その中間に方向収束点をつくってエネルギースペクトルをつくり、二つの円筒電場を全体としてみたときに Mattauch 型の一つの円筒電場とまったく同様の作用を行なわせることができるかどうかをイオン光学的に検討した。

その結果このようなことが実際に可能であることを見出し、さらに製作上の便宜も考えて、二つの円筒電場の軌道半径を等しくしたときに上記の条件を満足するような二つの電場の偏向角 φ_{11} , φ_{12} , 磁場偏向角 φ_m , 磁場入射角 θ' の間の関係を詳しく調べた。また二つの電場の偏向方向が反対のときは分解能を向上させ、同方向のときは 2 次の収差を小さくしうる可能性があることも見出した。

つぎに二つの円筒電場の偏向が同方向である場合について、2 次の収差 (α^2 , $\alpha\beta$, β^2 に関係する像

の拡がり)の係数の一般式を求めた。この結果から適当な φ_{l1} , φ_{l2} , θ' , φ_m 組合わせを用いると, α^2 の係数を乾板全面で0になしうることを見出した。 α^2 の係数を0にする条件を満した後, 電場半径 (r_i), 磁場半径 (r_m) の比を適当にえらぶことにより $\alpha\beta$ の係数を, さらに電場と磁場の距離 (d) を適当にとることにより β^2 の係数を0になしうることが示された。

つまり適当な条件の下では乾板全面にわたって α^2 の係数を, 乾板上の1点において $\alpha\beta$ と β^2 の係数を0にすることが可能であることを示した。これらのイオン軌道の計算に当って竹下君は従来1次近似の計算に用いられていたマトリックス方法を2次近似に拡張して用いた。以上の結果から最も適当と考えられる装置 ($\varphi_{l1}=104^\circ34'$, $\varphi_{l2}=33^\circ30'$, $\theta'=0$, $\varphi_m=70^\circ32'$, $r_{m0}/r_i=0.252$, $d/r_i=1.002$) について乾板全面にわたって2次の収差の係数を計算すると, $\alpha\beta$, β^2 の係数は0にならない点においてもあまり大きくなりならず, 全体としての2次収差による像の拡がり是非常に小さくなることが示された。

以上のように竹下君は, 最近数年間に一つの電場を用いて行なわれた収束性の改良に対する数多い研究では果し得なかったことを二つの電場を用いることにより解決した。その提案した装置はイオン光学的にみて非常にすぐれた収束性を持ち, 実現性のあるものと考えられる。また参考論文に示された業績からみて竹下君はすぐれた実験的能力を有していることが認められるのでこの装置を将来実験的に開発することが期待される。よってこの論文は理学博士の学位論文として十分価値あるものと認める。