

【技術分類】 1-5-3-1 質量分析関連機器／イオン検出器／二次電子増倍管／多段ダイノード型二次電子増倍管

【技術名称】 1-5-3-1-1 多段ダイノード型二次電子増倍管

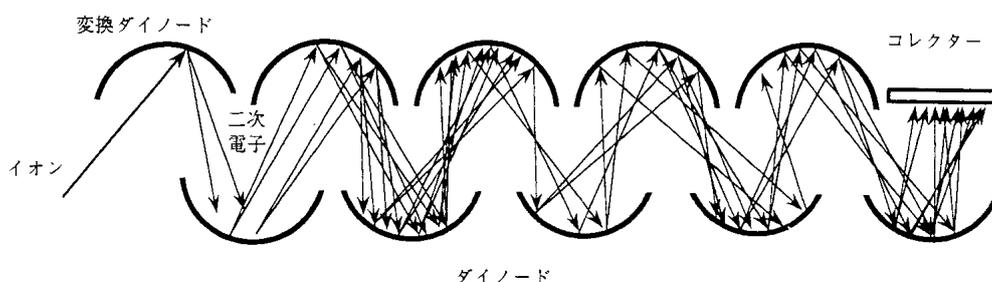
【技術内容】

二次電子増倍管は、微弱なイオン流を高精度で検出できる、最もよく利用されている検出器である。

金属面もしくは特殊加工したセラミックの表面にイオンが衝突すると、二次電子が放出される性質を利用したもので、放出された二次電子は電場により加速され、さらに衝突を繰り返す事で指数関数的に増幅される。二次電子を放出する材質には、Ag-Mg や Cu-Be 合金表面を部分酸化した金属やセラミックなどが用いられる。

下図は、二次電子増倍管の基本的な構造で、ダイノードと呼ばれる電極を複数対向するように並べた構造をしている。最初のダイノードは変換ダイノードと呼ばれ、イオンから電子への変換が行われる。2 段目以降のダイノードは主に二次電子の増幅が行われる。これを 8~10 段組み合わせる事により、 $10^3 \sim 10^7$ まで二次電子が増幅されるため、最終的に大きな信号を取り出せる。

【図】 多段ダイノード型二次電子増倍管



出典：「高純度化技術大系 第1巻 分析技術」、1996年11月21日、保母敏行監、株式会社フジ・テクノシステム発行、192頁 図2 二次電子増倍管の基本的な構造

【出典／参考資料】

- ・ 「高純度化技術大系 第1巻 分析技術」、1996年11月21日、保母敏行監、株式会社フジ・テクノシステム発行、192頁

【技術分類】 1-5-3-2 質量分析関連機器／イオン検出器／二次電子増倍管／チャンネル型二次電子増倍管

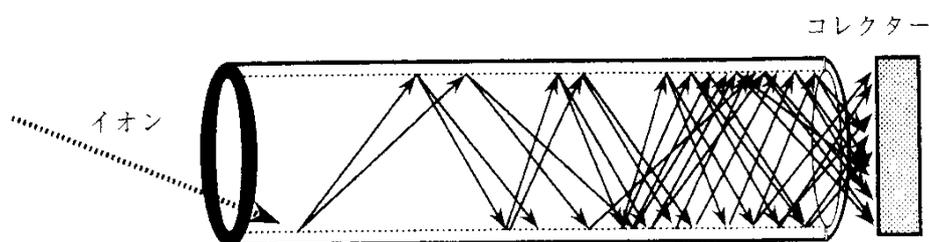
【技術名称】 1-5-3-2-1 チャンネル型二次電子増倍管

【技術内容】

チャンネル型二次電子増倍管 (Channel Electron Multiplier) は、多段ダイノード型二次電子増倍管 (1-5-3-1-1の項参照) の増幅率を保ったまま、より小型化・単純化したもので、二次電子増倍を連続した表面で行う。

細いガラス管内壁を二次電子放出素材でコーティングしてチャンネルを作製し、この両端に電圧を加える。陰極側から入射したイオンが、内壁に何度も衝突しながら進み、他端から増幅された電流が得られる。二次電子を放出する材質には、Ag-Mg や Cu-Be 合金表面を部分酸化した金属やセラミックなどが用いられる。

【図】 チャンネル型二次電子増倍管

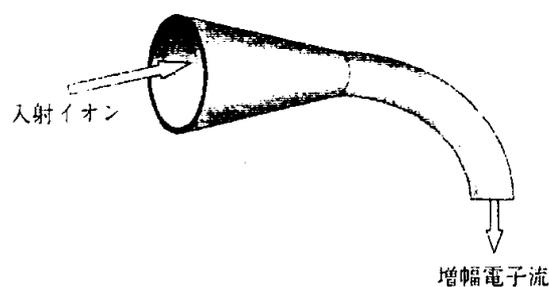


出典：「高純度化技術大系 第1巻 分析技術」、1996年11月21日、保母敏行監、株式会社フジ・テクノシステム発行、192頁 図3 チャンネル型二次電子増倍管

【応用分野】

チャンネル型二次電子増倍管のチャンネルを湾曲させて、ラッパ状にしたものをチャンネルトロンという。真っ直ぐなチャンネルに比べ、電子が内壁へ衝突する機会が増加する。

【図】 チャンネルトロン



出典：「先端の分析法—理工学からナノ・バイオまで」、2004年12月15日、梅澤喜夫監、株式会社エヌ・ティー・エス発行、127頁、図3 (b) チャンネルトロン

【出典／参考資料】

- ・ 「高純度化技術大系 第1巻 分析技術」、1996年11月21日、保母敏行監、株式会社フジ・テクノシステム発行、192頁

- ・ 「先端の分析法－理工学からナノ・バイオまで」、2004年12月15日、梅澤喜夫監、株式会社エヌ・ティー・エス発行、127頁

【技術分類】 1-5-3-3 質量分析関連機器／イオン検出器／二次電子増倍管／マイクロチャンネルプレート

【技術名称】 1-5-3-3-1 マイクロチャンネルプレート

【技術内容】

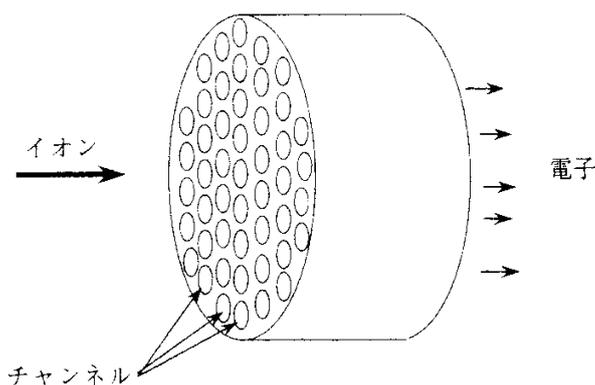
マイクロチャンネルプレート（Microchannel Plate; MCP）は、多数のチャンネル型二次電子増倍管（1-5-3-2-1の項参照）を平面状に束ねる事で、イオンの面密度を測定できるようにした検出器である。

内径 $10\mu\text{m}$ 程のチャンネルが蜂の巣状に開けられた構造をしており、両面が電極になっている。電極間に電圧を加えチャンネル内に電場を生じさせ、入力側に入射したイオンが、チャンネル内壁への衝突で二次電子を放出する事で、出力側で増倍された電子が検出される。

一般的な質量分析計では、スキャンしながらマススペクトルを連続的に得るため、検出器には MS に導入されたイオンの一部が到達する。しかしマルチチャンネルプレートでは、検出面積が広いため、スキャンを行わない同時多成分分析を行う事で、高感度測定が可能になる。

応答時間が短く、検出面積が大きい事から、飛行時間型質量分析計をはじめ多くの装置に利用されている。

【図】 マイクロチャンネルプレート



出典：「高純度化技術大系 第1巻 分析技術」、1996年11月21日、保母敏行監、株式会社フジ・テクノシステム発行、193頁 図4 マイクロチャンネルプレート

【出典／参考資料】

- ・ 「高純度化技術大系 第1巻 分析技術」、1996年11月21日、保母敏行監、株式会社フジ・テクノシステム発行、192-193頁

【技術分類】 1-5-3-4 質量分析関連機器／イオン検出器／二次電子増倍管／ポストアクセル検出器

【技術名称】 1-5-3-4-1 ポストアクセル検出器

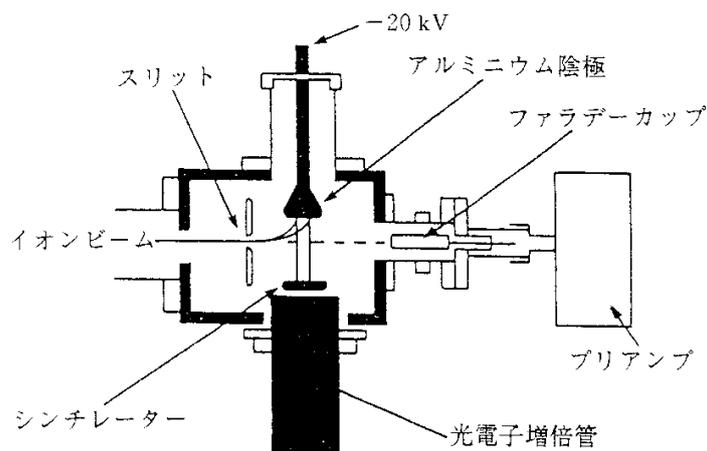
【技術内容】

ポストアクセル検出器は、質量の大きなイオンを適切な感度で検出するために、検出器の近傍で再加速する方法（ポストアクセル法）を用いた検出器である。

イオンを一定の電位差（ ΔV ）で加速すると同じ運動エネルギー（ $E=e\Delta V$ ）が与えられるが、運動エネルギーが同じあっても質量の大きなイオンは小さなイオンに比べて速度（ v ）は小さくなる。二次電子の発生効率は、入射するイオンの運動エネルギーではなく速度で決まるため、質量の大きなイオンは同じ運動エネルギーの質量の小さなイオンに比べて二次電子の発生効率が下がる事になる。この事を防ぐため、質量の大きなイオンを検出する場合は、イオンの加速電圧をなるべく大きくする必要がある。

ポストアクセル検出器の一例の Daly 検出器では、イオンはアルミニウム陰極に加速されながら衝突し、放出された二次電子はシンチレーターにより光に変換され、光電子増倍管で検出される。イオン流が十分大きい場合は、アルミニウム陰極に加速電圧をかけず、直進してファラデーカップで検出されるようになっている。

【図】 Daly 検出器



出典：「高純度化技術大系 第1巻 分析技術」、1996年11月21日、保母敏行監、株式会社フジ・テクノシステム発行、543頁 図14 Daly 検出器の概念図

【出典／参考資料】

- ・ 「有機質量分析法」、1995年8月31日、Chapman, J.R. 著、土屋正彦、田島進、平岡賢三、小林憲正共訳、丸善株式会社発行、22頁
- ・ 「高純度化技術大系 第1巻 分析技術」、1996年11月21日、保母敏行監、株式会社フジ・テクノシステム発行、543頁