

## 用語解説(38)

### 『粒子・光検出器』

久米英浩

浜松ホトニクス電子管事業本部  
〒438-01 静岡県磐田郡豊岡村

**MCP (Micro Channel Plate, マイクロチャネルプレート)**

マイクロチャネルプレートの構造と動作モデルを図1に示す。マイクロチャネルプレートは、内径十数 $\mu\text{m}$ の細い中空ガラス管（チャネル）を多数束ね（数百万本）、厚さ $0.5\text{ mm} \sim 0.8\text{ mm}$ の円板（もしくは矩形）にしたものである。個々のチャネルの内壁は、適当な抵抗値をもつ二次電子放出材料でコーティングされており、各々が独立した二次電子増倍器として動作する。図のように、チャネル間に電圧 $V_D$ を加えて、二次電子の加速、収束を行う。本来、マイクロチャネルプレートは、イメージインテンシファイアに内蔵する増倍器として開発されてきたが、近年、光電子増倍管の増倍部、単体で用いて放射線、荷電粒子などの検出器にも用いられている。

マイクロチャネルプレートは、円形のもので $18\text{ mm}$ 径から $114\text{ mm}$ 径まで、矩形のものでは最大のもので、 $80 \times 100\text{ mm}$ のものも作られている。電子増倍率としては、1段で $10^4$ 、2段カスケードにて $10^6$ が得られる。マイクロチャネルプレートを単体の放射線、荷電粒子の検出器として使う場合、マイクロチャネルプレート（図1）の入射壁を放射線、荷電粒子と電子の変換面として機能させる。マイクロチャネルプレートを検出器として実動するには、マイクロチャネルプレートからの増倍さ

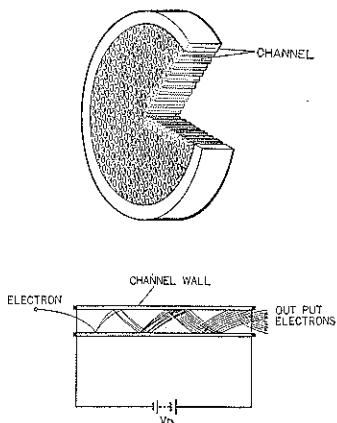


図1 MCPの構成模式図。

れた電子を单一のアノード、複数のアノードで取り出す方式、蛍光体を発光させ、その光学像をCCD、一次元センサーなどで読みだす方式などが考えられている。

マイクロチャネルプレートは、電子顕微鏡、ESCAにおける電子の検出、質量分析計のイオンの検出、プラズマ計測における軟X線、紫外線の検出などの分析機の検出器として多く用いられるようになった。

**MCP PMT (Micro Channel Plate Photomultiplier Tube, マイクロチャネルプレート内蔵型光電子増倍管)**

MCP PMTは、光電面、マイクロチャネルプレート、陽極からなる超高速、かつ、微弱光計測に適した光検出器<sup>1)</sup>である。光電子増倍管としては、従来型ダイノード（ボックス&グリッド、サーフェス型など）を用いたものが汎用されていたが、近年MCPの特長を生かしたタイプも開発された。特に、電子増倍部にMCPを用いたことにより、時間分解能が $10\text{ psec}$ 、MCPを2段にすることにより、増倍率が $10^6$ が得られ、超高速、フォトンカウンティング計測が可能となった。

このPMTは、入射窓材、光電面の選択によって、軟X線から近赤外域までの波長域をカバーすることができる。さらに、ゲート動作可能なもの、單一陽極に代って、一次元、二次元の複数の陽極で構成されたものなどもごく最近開発された。

MCP PMTは、ビコ秒レーザーとの組み合わせにより、半導体、生物表面の動的挙動計測のための蛍光寿命の測定、レーザーレンジング、レーザーレーダーの検出器などに用いられている。

1) H. Kume et. al.: Appl. Opt. 27, 1170 (1988).

**X線顕微鏡用ズーミング管 (Zooming Tube for X ray Microscope)**

現在開発が進められているX線顕微鏡用ズーミング管を読み出し系に用いたX線顕微鏡システムの構成例を、図2に示す。X線像結像面に光電変換面を置きそこでX線像を光電子像に変換した後に、電子レンズで電子像を拡大してからMCPに入射し電子増倍後蛍光面を発光させ、それをTVカメラで読み出す装置である。そのた

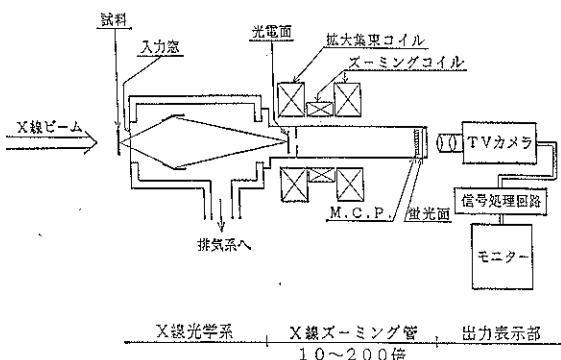


図2 X線ズーミング管を用いたX線顕微鏡。

め、より高分解能なX線像をリアルタイムで読み出すことが可能となった。このズーミング管を用いることにより、試料やX線光学系は固定したままで出力像の拡大率を10~200倍の範囲で変えたり、偏向動作により光電面上の任意の場所の像の観察も容易に行える。

この装置を用いる事により得られる利点には、以下のような事柄があげられる。

1) 使用光源の波長が数Å~100Åと、可視光(4000Å~8000Å)に比べるかに短波長のため、原理的に光学顕微鏡よりも高分解能が得られる(限界分解能 $\Delta x = 0.61 \times \lambda / NA$ ;  $\lambda$ : 波長, NA: 開口数)。

2) 成分元素の違いによるX線の吸収の差を検出するため、染色の必要がなくまた電子顕微鏡のように試料を乾燥させたり表面に電導膜のコーティングを施す必要もない。

3) 透過性が大きいため電子顕微鏡よりも厚い試料の観察が行え、また大気中にセットした試料の観察も可能となる。

以上の特徴により、軟X線顕微鏡では、生きたままの生物試料を高分解能で経時的に観察することが可能となる。また半導体の超LSI化が進められているなかで、半導体内の微小な欠陥等の検出への適用も期待されている。

#### 半導体位置検出素子(PSD: Position Sensitive Detector)

PSDは、半導体の表面抵抗を利用して位置検出するセンサーであり、走査を必要としない特長がある。PSDには一軸方向だけの光検出を行う一次元PSDと平面上の光位置検出が可能な二次元PSDがあり、いずれもPinホトダイオード構造をもつ。図3に、PSDの表面分割型(a)、面両分割型(b)についての構造を示す<sup>11)</sup>。入射光は光電変換後光電流となり、PSD表面または裏面の抵抗層を通って電極から外部へ取り出される。ここで、図における電極①, ②, ③, ④から流れる電流比が光入射位置に対応することから入射位置を求めることができる。

(a)の表面分割の場合、光電流は各々の電極に向って

4分割されて取り出されるが、電極間の相互干渉のため位置検出ひずみが生じやすい。これに対し(b)の両面分割型では、各々の面で独立して電流分割が行なわれるため位置直線性が優れる。

1) “自動化のためのオプトエレクトロニクス・デバイス応用技術”，鈴木佐喜雄編(近代図書)。

#### IMD(Intensified Multichannel Detector)

IMDとは、Image Intensifierと自己走査型イメージセンサーの組み合わせによるマルチチャネル光検出器の略称である。図4にその構造を示す。一次元(または二次元)の微弱な光学像をImage Intensifierで増倍し、その出力蛍光面を自己走査型イメージセンサー(PCD: Plasma Coupled Device)で電気信号として出力する構成となっている。ここでは、Image Intensifierには1枚のMCPを内蔵したもの示しているが、MCP2枚タイプによってフォトンカウンティング可能なIMDもごく最近開発された。

通常Image Intensifierの窓材、光電面の選択によって、波長帯は真空紫外から近赤外に限られるが、窓なしタイプを用いれば、各種粒子線、X線でのマルチチャネル検出器として実用化されている。可視、赤外域では生体、半導体物性におけるラマンスペクトル分光用検出器として用いられているが、表面分析器からのX線、微粒子線のスペクトル計測用検出器としての応用も試みられつつある。

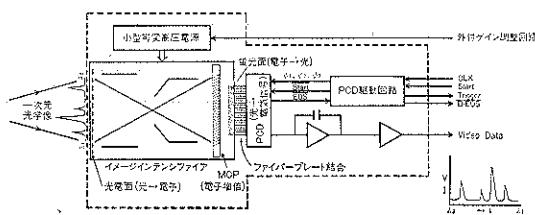


図4 Intensified multichannel detector.

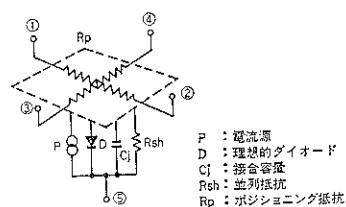
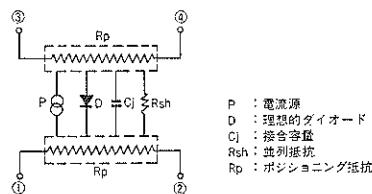
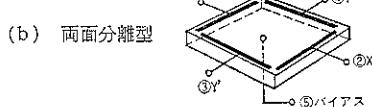
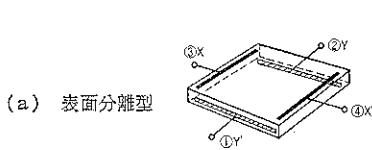


図3 二次元PSDの電極と等価回路。