

最近の技術から

マイクロチャンネルプレートとその応用

松浦 恵樹

浜松ホトニクス(株)電子管事業部 〒438-01 静岡県磐田郡豊岡村下神増 314-5

1. ま え が き

マイクロチャンネルプレート (MCP) は、二次電子増倍機能を有した十数 μm のガラスパイプを二次元に多数束ねた、厚さ 1mm 以下の検出器である。

図 1 に示したように、パイプの両端に電圧を供給した状態で入射側を一次電子等でたたくと二次電子が放出される。この二次電子が電界に沿って出力側へ行く間に、壁面との衝突が多数回繰り返され、最終的には 10^4 以上の利得が得られるわけである。

このような高利得が二次元で得られるほかに、高解像度、高速応答、高磁場で安定、小型軽量、低電力消費等の特性を供えているため、イメージンシファイア (I. I)、光電子増倍管 (MCP-PMT) そのほかに現在使用されている。また、一方、MCP 自体が電子以外、荷電粒子、真空紫外、軟 X 線、 γ 線等にも感度があるため、質量分析、分光分析等、これらを直接検出する装置にも応用されている。

2. MCP の改良

上記のように有用な検出器でありながら従来の MCP はダイナミックレンジや寿命等、改善を必要とする点が

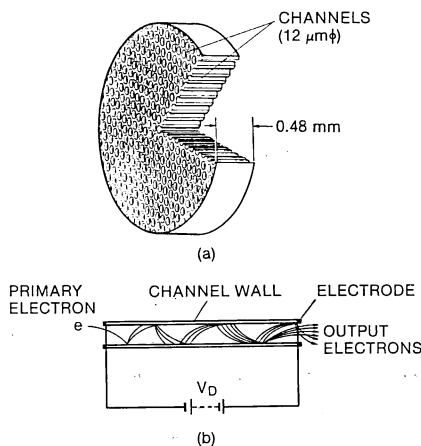


図 1 MCP の構造 (a) および原理図 (b)

存在し、それらの改良やその他諸特性の改善がなされてきた。以下にそれらの内容について述べる。

(1) ダイナミックレンジ¹⁾

ガラス組成の改良により MCP の抵抗値を $1/10 \sim 1/100$ に下げることができ、有効 $20 \text{ mm}\phi$ MCP の出力電流値で約 $10 \mu\text{A}$ と、ダイナミックレンジが $10 \sim 100$ 倍向上した。この改良により、高エネルギー関係での使用が容易になった。

表 1 各チャンネル径の二段重ね MCP を使用した PMT の時間応答特性

	6 μm channel	12 μm channel
Rise time (ns)	0.167	0.245
Fall time (ns)	0.721	0.716
Transit time (ns)	0.406	0.650
Transit time spread (ns)	0.067	0.081

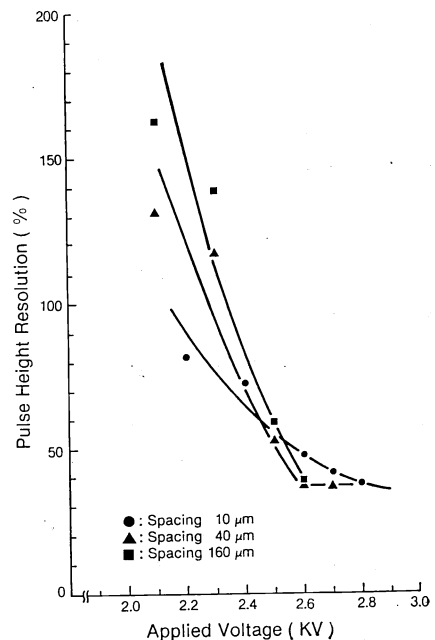


図 2 $\alpha=60$ 二段重ね MCP の波高解像度

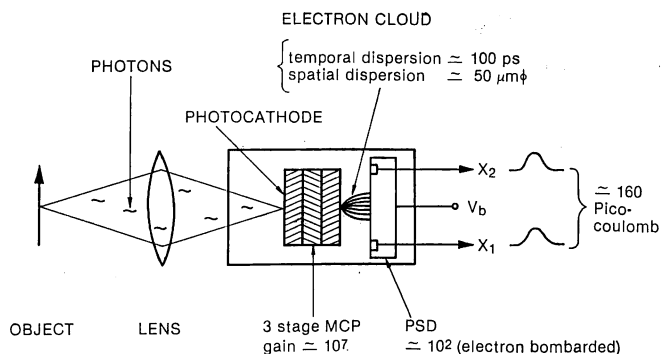


図3 二次元光子計数管の構造

(2) 寿命²⁾

特殊な活性化処理を行なうことにより、MCPからの積算出力電荷量が 10^{-1} C/cm^2 において残存利得が50%以上と、寿命が従来の10倍以上改善された。また、現在、組成の改良から寿命を延ばす検討も成されており、さらに長寿命に成ることが期待される。

(3) 高速応答、高解像度²⁾

チャンネル径の細いMCP ($6 \mu\text{m}\phi$) の作製を可能にすることにより、表1に示すように時間応答特性が向上した。また、このMCPを使用することにより、空間解像度も向上する可能性がある。

(4) 波高分布特性²⁾

MCPは2枚または3枚重ねることによりカウンティングモードで使用されるが、チャンネル径の組合せやMCPの開孔率の改良を行なうことにより波高分布の解像度が20~30%向上した。また、従来の1.5倍厚のMCP(増倍用のチャンネル長が1.5倍に成る)を2枚重ねることにより、図2に示すように波高分布特性が大幅に改善され、マルチエレクトロンの分離がしやすくなった。

以上述べたほかに、種々の特性についての改良も行なわれており、総合的に各種装置に応用しやすいように製品の検討がなされている。

3. MCPの応用装置

MCPは先に述べたようにおもにI.IやPMTに利用されているが、このところその感度特性からMCPで直接検出を行なうオープンタイプの使用形態も増えてきている。これらMCPの応用装置の大半は、MCPの特性を生かした二次元の位置情報を求めることが可能な形態が多い。

この項ではMCPを応用した検出装置の一つとして開発されたPIAS³⁾(photon counting image acquisition

system)について述べる。本システムは、極微弱光下での画像化計測を目的として開発されたシステムである。すなわち、入射量をアナログ量で扱うことができない領域下において、カウンティングモードで位置検出を行なうシステムである。このシステムの検出器として、MCP-PSDが用いられているわけであり、これは大別して2種類に分類できる。まず、可視光領域検出用の光電面を有する管球タイプ、他方は荷電粒子、紫外線から軟X線領域の検出を行なうMCPオープンタイプがある。

原理は以下のとおりである。おもな構成は、光電面(オープンタイプの場合はない)、MCP、Si-PSDから成り、入射粒子(可視光タイプの場合は、光電面で変換したホトエレクトロン)を3段重ねのMCPで検出増倍し、さらに3kV前後の加速で後段のSi-PSDに打ち込むわけである。このとき、利得はMCPで約 10^7 倍、PSDで約 10^2 倍あり、総合で約 10^9 個の電荷パルスとなる。この電荷パルスはPSDの表面抵抗層を経て、設けられた4個の出力電極に、その入射位置に応じて電荷分配される。すなわち電荷分配により、MCP出力面からの電荷パルスの重心位置を検出するわけである。

PIASはこの検出部の他に位置演算部、データ処理部より構成されており、次のような特徴を有している。

- (1) 超高感度である。
- (2) 高S/Nである。
- (3) 高空間分解能である。
- (4) 高ダイナミックレンジである。
- (5) リアルタイム計測である。
- (6) 広範な画像処理が可能である。

以上のような特徴から、現在までに天文、物理、化学、生物、分光分析等の広い分野で活躍し始めている。またその他、MCPオープンタイプの検出器としては、TEMやESCA、その他の分析機器への応用が検討され始めている。

4. あとがき

文 献

以上 MCP の改良点およびその応用デバイス的一端を述べたわけであるが、近年の検出器への要望として、高感度、高利得、高 S/N で、しかも二次元の位置情報の読み出しが可能なことが挙げられる。これらの点から考えても MCP は有用な製品であり、今後、特性の進歩とともに広範囲な分野に応用されていくと思われる。

- 1) S. Matsuura, S. Umabayashi, C. Okuyama and K. Oba: Current status of the MCP. IEEE Trans. Nucl. Sci., **NS-31** (1984) 399.
- 2) S. Matsuura, S. Umabayashi, C. Okuyama and K. Oba: Characteristics of the newly developed MCP and its assembly. IEEE Trans. Nucl. Sci., **NS-32** (1985) 350.
- 3) 犬塚英治, 黒野剛弘, 土屋 裕: ホトンカウンティングイメージング. テレビジョン学会誌技術報告, IPA 72-3 (1984).

(1985年1月12日受理)