

高効率・高分解能マイクロストリップガス比例計数管の開発

Development of the He-3 MSGC with high efficiency and high position resolution

高橋浩之⁽¹⁾、藤田薫⁽¹⁾、奥隆之⁽²⁾、鈴木淳市⁽²⁾、目時直人⁽²⁾

Hiroyuki Takahashi, Kaoru Fujita, Takayuki Oku, Jun-ichi Suzuki, Naoto Metoki

⁽¹⁾東京大学大学院工学系研究科、⁽²⁾日本原子力研究開発機構

次世代パルス中性子源への対応を目指し、He-3 をコンバータとしたマイクロストリップガスチェンバー(MSGC)の開発を行った。微細孔形成技術を利用した二次元位置情報の取得のための新たな方式の考案、検証を行った。

キーワード : He-3、比例計数管、MSGC、二次元位置敏感型中性子検出器

1. 目的

現在、次世代の大強度中性子源が建設され、利用開始に向けて準備が着実に進められている。従来を遥かに凌ぐ中性子ビーム強度を活かした分光器が提案されているが、それを受ける検出器の開発は十分に進んでいるとは言い難く、利用できる中性子強度に制限を与えてしまう可能性すらある。よって、本課題ではより高性能の中性子検出器をめざして He-3 マルチグリッド型マイクロストリップガス比例計数管(M-MSGC)の開発を行った。特に二次元の位置情報を 1mm 以下の分解能で取得できる検出器の実現に向けて開発を進めている。本報告ではフォトブラスト法を利用してガラス基板に直径数百 μm 程度の小さな貫通孔を通し、立体的な配線を行った新しい多層 MSGC 基板を設計、製作を行い中性子を測定した結果について紹介する。

2. 方法

M-MSGC はアノードとカソードの間にグリッドと呼ぶ電極を配置して、基板表面への電荷の蓄積、耐放電性を向上させた MSGC^[1]である。M-MSGC プレートを用いて二次元の位置情報を得るためには、アノードを抵抗線とし個別に読み出す抵抗分割法、直行するカソードワイヤを架空しそれぞれの信号をディレイラインで読み出す方法などが提案されている。しかし、中性子ガス検出器は通常高圧力で動作させるものが多く、圧力バウンダリにおける導線の数とさらに必要なプリアンプが増え、コストが増大してしまうため、個別読み出しは好ましくない。ディレイラインを圧力容器中に封入すれば読み出し線数を減らすことができるものの、不感時間が増大してしまうため現在よりも高計数率が要求される大強度中性子源のための検出器とするには不満が残る。

そこでこれらの手法とは異なる方法、すなわち、放射線の二次元入射位置同定を行うためにアノードストリップを抵抗線で接続することで電荷分割法により 1次元の位置を決定し、カソードを抵抗線としてその両端から信号を読み出し、同様に電荷分割法によるもう 1次元の位置を得た。この場合、カソードの両端に導線から信号を読み出すためにカソードの片端に貫通孔を開けてアノードの抵抗線の下をくぐらせて信号を取り出すということを行った。概念図を図 1 に、試作基板の写真を図 2 に示す。電荷分割法のみで位置特定をでき、信号処理系の簡素化が図れる。また、平行に接続するカソードストリップの本数を変えて束を作り、それぞれで電荷分割すれば必要な回路数は増加するものの位置分解能の向上が見込めるといふ利点がある。

基板は 300 μm 厚の石英ガラスを用い、電極はクロムおよび金で形成し、アノード間隔は 1mm、貫通孔直径は約 300 μm とした。有感面積は 6cm x 6.6cm とした。カソードは約 6 本毎

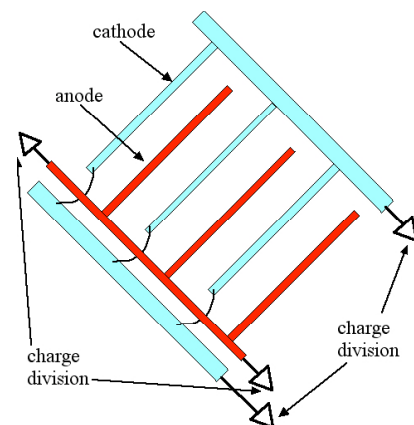


図1 今回製作した MSGC の二次元位置同定手法の概念図

に合計 11 束として試作しているが、実験では数束をまとめて読み出すことで計 8 本の信号読み出しを行った。また、アノードの抵抗分割による位置読み出し線 2 本を加えて、合計 10 本の信号線を圧力容器外へ出している。

3. 研究成果

圧力容器に He-3 を 1 気圧、CF4 を 4 気圧封入し MUSASI-L ポートにて中性子検出実験を行った結果を図 3 に示す。実験では $\phi 0.5$ 、5mm 間隔の孔を開けたカドミウム板を検出器の前面に配置し、ガスゲイン 40 程度の条件にて画像データを取得した。多少歪みがあるものの、格子状のイメージが検出できており、新しい微細加工を取り入れた MSGC の動作実証は成功したと言える。また、同様の体系で 1 束のみを接続した時の測定も行い、位置分解能は 1.5mm と評価できた。なお、この値にはビーム径、発散等は考慮に入れておらず、理想的なビームを使用した場合にはより高い位置分解能が得られると期待される。

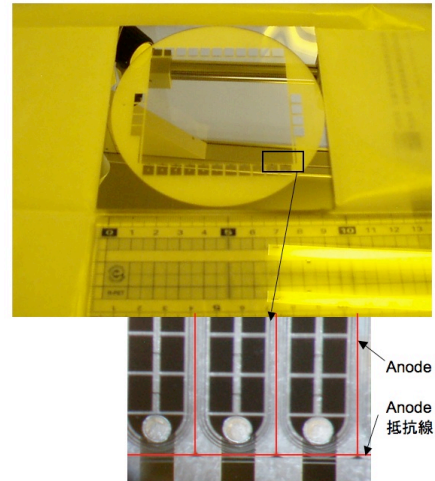


図 2 試作した MSGC 基板

4. 結論・考察

本手法ではカソードを平行に接続して束としているため、カソード 1 本だけのときに比べて抵抗が低くなる。そのため、束の両端に接続した信号処理回路の干渉を防ぐためにある程度抵抗を大きく取る必要がある。その場合、カソードの抵抗を増加させることが求められるが、信号の立ち上がり時間の増加を伴う。また、束を大きくした場合、電気容量が増加するためノイズの増加、即ち位置分解能の低下が見込まれる。これらの事象はそれぞれに関連しており、パラメータの最適化が求められる。そのため、今後、さらに詳細にデータを取得し、1 束を構成するカソードの本数の最適値、カソードの抵抗値などを求める必要がある。

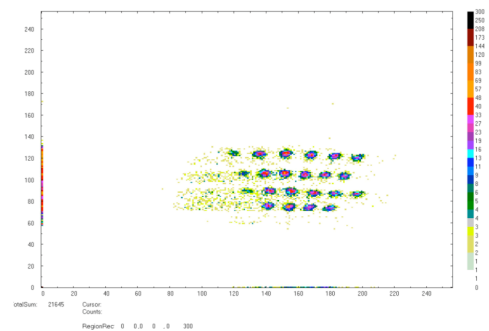


図 3 5mm ピッチ中性子イメージング結果

5. 引用(参照)文献等

[1] H.Takahashi, K.Yokoi K. Yano, D. Fukuda, M. Nakazawa and K. Hasegawa., “A new multi-grid type MSGC with pad readout”, Nucl. Instr. and Meth. A471 (2001) 120