

He-3 MSGC の開発

Development of the He-3 MSGC

高橋 浩之
Hiroyuki TAKAHASHI

東京大学大学院工学系研究科

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。フローティングパッド方式の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た。

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た MSGC 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ー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、M-MSGC のガラス基板を薄くし、アノードなどが描画された面の裏に信号線を配置することによって二次元の位置情報を得るという方法を考案した。これは表面のアノードで電子雪崩により発生した大きな電荷が裏面の信号線に誘起する電荷を計測することで一次元分の位置情報を得るという手法である。本研究ではフローティングパッドと呼称する長方形の電極を作成し、それに陽イオンがのることによって、コンデンサーのように裏面に誘起される信号を計測する^[1]。

これまでの開発で裏面にアノードと平行なライン状の電極を配置して、その一端を抵抗線へつなぎ電荷分割法で位置の特定ができることは確認できている。ガスゲイン 115 のとき分解能は 0.6mm という結果が得られているが^[2]、本課題では長期安定性を鑑み、より低い電子増倍率でも同程度の位置分解能を得ることを目指し、特に裏面読み出し法の高度化を図った。本手法では分解能は裏面の方が劣化する傾向があるためである。すなわち、図 1 のような電極構造にすることで、抵抗分割による位

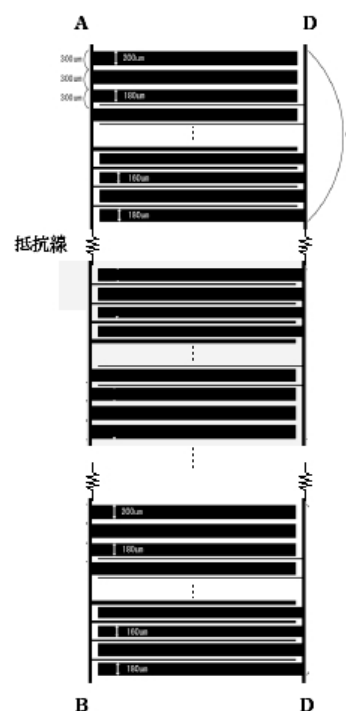


図1 新たに考案した裏面電極構造の概要

位置特定と電極面積に比例した誘起電荷の多寡の測定を同時に行えるようにした。6mm 毎に抵抗線によって領域が分割されているが、どの領域に信号が来たかは $(Q_A+Q_D)/(Q_A+Q_B+Q_C+Q_D)$ という抵抗分割法で測定できる。また、6mm 毎の各領域は電極の幅にモジュレーションが掛けられており、信号の入射位置によって左右に分かれる信号の大きさが変化するように設計した^[3]。そのため、 $(Q_A+Q_B)/(Q_A+Q_B+Q_C+Q_D)$ を測定することで6mmの領域の中のどのあたりに入射したかを計測できる。この2種の情報を組み合わせることで小さな信号でも位置を特定できるかを検証した。以下、抵抗分割法により特定される位置を global、電極幅の変化に由来する詳細な位置を local と呼称する。

3. 研究成果

平成19年度上半期にNOPビームラインで $\phi 1$ のコリメータを通した冷中性子を有感面積3cm x 3cmのM-MSGCを用いてガスゲイン50において測定した結果、localについては入射位置の変化に伴い、設計通り周期的な変化をしていることが確認できた。globalについても6mm毎にステップ状に変化していることが確認できた。FWHMとchannelの変化量から導出した位置分解能がglobalについては8.3mm、localについては2.2mmという結果になった。(上半期実施報告書に記載)。しかしlocalの位置分解能が2.2mmと従来法に比べ改善がなされていないことから、分解能の向上を目指し、電極パターン中の抵抗値の上昇、パターン面積比の変更を施した基板を新たに設計、製作することで改善を試みた。MUSASIポートにてHe-3 0.5atm+CF₄ 4atmの混合ガス中で熱中性子を用いて評価した結果、ガスゲイン50のときにlocalの分解能が1.9mmに改善された(図2)。

4. 結論・考察

本手法により位置特定が可能であることは確認できたものの、検出器の位置分解能となるlocalの分解能が、従来の抵抗分割法に比べ改善されていない^[2]。これらの分解能の改善は、抵抗値や面積比の最適化などによりさらに多少の可能であると考えられるが、従来では抵抗分割により電荷を2つに分割していたものが、本手法では4つに分割しているためS/Nが低下することが問題となっている可能性がある。今後は電荷分割法によるものではなく、信号の強弱がS/Nへ与える影響が少なくなるようGLG法をデジタル的に利用した方式のMSGCを重点的に開発を行う予定である。^[4]

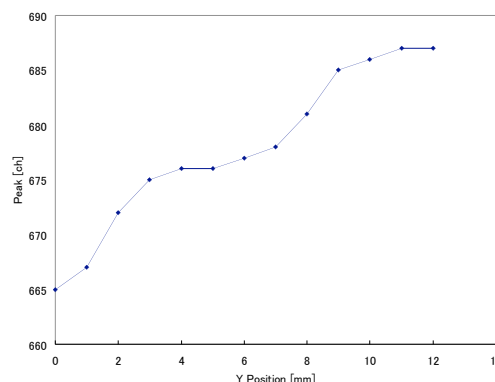


図3 中性子ビーム入射位置に対する global 信号の変化

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
- [2] K. Fujita, H. Takahashi, P. Siritiprussamee, et al., "A high-resolution two-dimensional 3He neutron MSGC with pads for neutron scattering experiments", Nucl. Instr. and Meth. A, Vol. 580, p1027-1030 (2007)
- [3] P. Siritiprussamee, K. Fujita, H. Takahashi, et al., "A new fast two-stage GL charge division method for a very long MSGC for large-area radiation imaging" Nucl. Instr. and Meth. A, Vol. 580, p1119-1122 (2007)
- [4] K. Fujita, H. Takahashi, Y. Takada, H. Niko, M. Furusaka, K. Ishitoya, Y. Yarimizu, K. Maki, K. Tsuji, M. Hirota, "Multi-grid-type MSGC with the global-local-grouping function for neutron scattering applications", Nucl. Instr. and Meth. A, Vol. 581, p107-109 (2007)