

# 電荷積分型マイクロパターンガスディテクタの開発研究

実験責任者:高橋浩之(0000573)

共同実験者:藤田薫(0017019)<sup>1</sup>、二河久子(0016107)、西広祐(0017016)、  
豊川秀訓(0000386)<sup>2</sup>

東京大学大学院工学系研究科 原子力国際専攻、

<sup>1</sup>東京大学大学院工学系研究科 システム量子専攻

<sup>2</sup>SPring-8

## 1.研究の目的

マイクロパターンガス検出器は、フォトンカウンティングが可能でありながらも、高い位置分解能と高計数率特性を兼ね備えた新世代のガス検出器であり、現在、各国で開発が進められているものである。このような特徴を生かすために ESRF などの放射光施設においても GEM (Gas Electron Multiplier) 等のマイクロパターンガス検出器の開発が進められている。しかし、SPring-8 に代表される国内の放射光施設においては、従来型の比例計数管や電離箱こそ広く用いられているものの、マイクロパターンガス検出器の本格的な利用には至っていない。第一世代のマイクロパターンガス検出器であるマイクロストリップガス検出器 (MSGC) は当初 SPring-8 においてもテストがなされたが、放電損傷などの問題から実用には供されていない。一方、これまでに我々は、MSGC の高い加工精度と計数率特性に着目し、MSGC の電極構造を工夫し、従来のアノードとカソードの間に電荷収集には直接関与しない新たな電極を複数本挿入することで、空間電場の安定化を図り、放電損傷の問題を解決した新しいマルチグリッド型 MSGC (M-MSGC) の開発に成功した [1-4]。本検出器は既に KEK フォトンファクトリーにおける試験において  $10^8 \text{cps/mm}^2$  以上の高計数率においても動作することが確認されている [5]。本課題においてはより高い計数率下での、M-MSGC の可能性を追求する。

## 2.実験

これまでの研究により、電荷積分型の M-MSGC では、アノードストリップに対して垂直上面からの照射において、 $10^8 \text{cps/mm}^2$  までの高計数率で動作が可能であることが分かっている。そこで、本研究では、より高い計数率動作を目的とし、アノードストリップと平行になるよう

に横方向から X 線ビームを入射させた。アノードストリップに対して平行に X 線を入射させることで、プレートの奥行きを有効に利用し、アノードストリップの広い領域でアバランシェを起こすことができるとともに、ガス検出器としての検出効率も高くすることが可能である。図 1 のようなセットアップにおいて、 $50 \mu\text{m}$  角にコリメートされた  $8 \text{keV}$  の X 線を照射した。

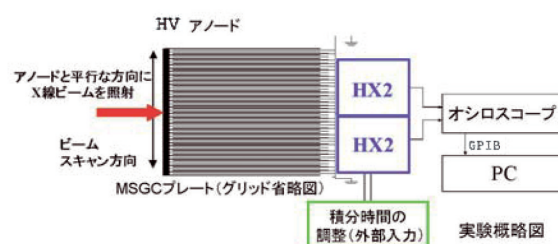


図 1.実験セットアップ

読み出しには、16ch の積分型増幅器を内部に有し、カソードストリップの 1 本づつから独立に多チャンネル同時読み出しが可能な ASIC である HX2 (RAL) を 2 つ使用して、カソードストリップから 32ch 分の信号を読み出している。使用した検出器はアノードピッチ  $400 \mu\text{m}$ 、アノード幅  $10 \mu\text{m}$ 、の M-MSGC であり、アノード-カソード間には電場安定化のためのグリッドを 4 本配置したものである。

## 3.実験結果

実験では、計数率のダイナミックレンジの測定とともに、位置検出およびガス増幅度の点で非線形応答を示す高計数率時の動作についても調べた。

### a)ダイナミックレンジ

X 線ビームをプレート上面から照射していた際には、電荷が電極で回収できず、表面電荷効果や空間

電荷効果による非線形性が  $10^8 \text{cps/mm}^2$  を越えたあたりで観察されていたが、今回の測定では図2に示すように、 $\sim 10^{11} \text{cps/mm}^2$  に至る高い計数率においてまで線形性を保った。アノードストリップに対して平行に X 線ビームを入射したことで、アノードストリップの奥行き方向も利用され、電荷が奥行き方向に分散されたことが有効に機能したものと考えられる。

b)非線形応答を示す領域での位置検出特性

アッテネーターを利用せず、 $10^{12} \text{cps/mm}^2$  にも届く高輝度の X 線ビームを1本のアノードストリップに対して入射し、そのストリップに対応するカソードストリップを中心として左右に2本ずつ合計5本のカソードストリップの電荷吸収の様子を観測した(図3)。今、1本のアノードでアバランシェが起こると、両隣のカソードストリップが反応する。照射を開始したときは、NとN-1の2本のカソード電極から信号が読み出されている。これらのカソードに挟まれるアノードをN-1番とする。80秒を越えたところで、NとN-1の2本のカソードからの読み出し電荷量が減少し、代わってこの2本の両サイドにあるN-2とN+1からの読み出し電荷量が増加した。これは、高い計数率のために、X線が照射されているアノード(N-1)周辺のギャップに表面電荷が蓄積され、表面電荷効果により、N-1のアノードのゲインが低下し、代わりに、両隣のN-2、N番目のアノードストリップの方でアバランシェが生じるようになったためと考えられる。

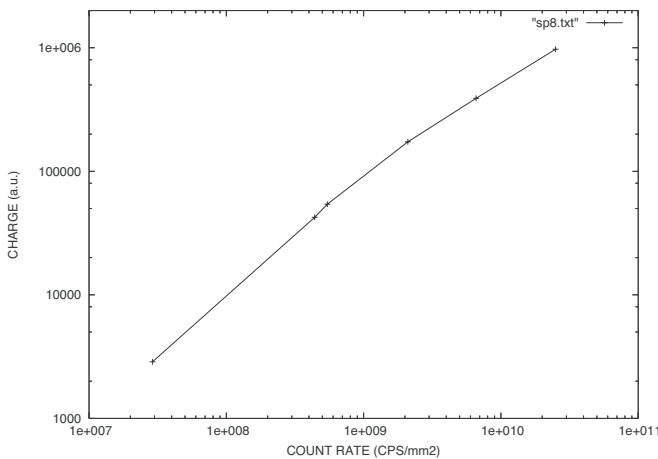


図2. 電荷積分型 M-MSGC の計数率特性

4.まとめと今後の展望

本実験により、アノードストリップと平行な方向から X 線ビームを入射することで、計数率特性が、これまでの上面からの X 線照射に比べ 3 桁程度まで向上することが分かった。しかしながら、SPRING-8 のダイレクトビーム照射で実現される  $10^{12} \text{cps/mm}^2$  程度の高い計数率においては、非線形性を示す領域で、X 線の上面照

射の際にも見られた表面効果や空間効果が現れた。表面効果や空間電荷効果については、1本の電極で対応できる電荷量に限界があるためと考えられる。この点を解決するには、アバランシェを起こすためのストリップ数を増やし、アノードピッチをより小さくすることが有効であると考えられる。これに伴い、アノード線幅もより細くする必要があるが、従来の分解能の追求という観点とは異なるアプローチから、このような微細加工技術を施した高計数率対応の MSGC が高計数率特性において有効であると考えられる。

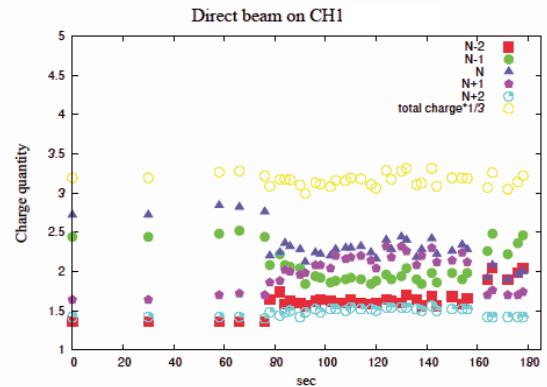


図3. 非線形領域で生じるストリップ間の電荷移動

(参考文献)

[1] H.Takahashi, K. Mori, K.Yokoi, D.Fukuda, M.Nakazawa, N.Yasuda, M.Yamamoto, K.Hasegawa, Development of a new multi-grid-type microstrip gas chamber Nucl. Instr. and Meth., A477, No.1-3, 13-16 (2002).  
 [2] H.Takahashi, K.Yokoi, K.Yano, D. Fukuda, M.Nakazawa, S.Kishimoto, K.Hasegawa, Development of a multigrid-type microstrip gas chamber, IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, 48, No.6, 2317-2320 (2001).  
 [3] H.Takahashi, K.Yokoi, K.Yano, D.Fukuda, M.Nakazawa, K.Hasegawa, A new multi-grid type MSGC with pad readout Nucl. Instr. and Meth. A471, No.1-2, 120-124 (2001).  
 [4] H. Takahashi, P. Siritprussamee, M. Kai, M. Nakazawa, T. Ino, M. Furusaka, S. Kishimoto, M. Taniguchi, S. Ito, M. Kanazawa, Development of a two-dimensional multi-grid-type microstrip gas chamber for spallation neutron source, Nucl. Instr. and Meth., A 529, 348-353 (2004).  
 [5] H. Takahashi, T. Ishitsu, et al, Development of charge integrating multi-grid type MSGC, Nucl. Instr. and Meth., A 513, 201-205 (2003).