

感光性ガラスを用いたGlassGEMの開発

Development of GlassGEM

藤原健^{1,*}, 三津谷有貴², 高橋浩之²

¹ 東京大学大学院工学系研究科原子力専攻, 〒319-0011 東海村白方白根 2-22

² 東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻, 〒113-8656 本郷 7-3-1

Takeshi Fujiwara^{1,*}, Yuki Mitsuya², and Hiroyuki Takahashi²

¹The University of Tokyo, 2-22 Shirakata-Shirane, Tokai, 319-1188, Japan

²The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, 113-8656, Japan

1 はじめに

ガスを用いた放射線検出器は高エネルギー物理や、医療、宇宙など様々な場で用いられている。近年、位置分解能の向上や高計数イベントに対する安定性などの要求が高まるにつれて、最新の微細加工技術を駆使したマイクロパターンガス検出器の研究開発が進んできた。中でも二次元のガス電子増幅器 (Gas Electron Multiplier, 以下 GEM)¹⁾ は、その無数の孔を持つ構造ゆえに、高い位置分解能を持ち、二次元読み出しが可能であるなどの利点を持っている。また専らガス増幅のみに使われるため、読み出し部分に他のタイプの読み出し基板を用いることができるなど、その自由なデザイン性にも特徴がある。GEM 自体を多段で用いることも可能で、この場合より高い増幅度を見込むことができる。GEM の用途としては、飛跡検出器やコンプトンカメラなどへの応用、またイメージングによる医療分野での応用が盛んである。

従来の GEM はカプトンフォイルにエッチングで穴をあけたものや、ドリルやレーザーで加工したものであるが、本研究ではカプトンフォイルの代わりに感光性ガラスを用い、フォトリソグラフィ技術を用いてガラスに直接加工を施す GlassGEM の開発を行った。GlassGEM はガラス製であるため、たわみやアウトガスなどの問題がなく、一様性や密封チャンバーに適しているという利点がある。また、絶縁性が高く厚みも取れるため高電圧の印加が可能となり、それに伴いガスゲインを高くとれるという特徴がある。本研究では作成した GlassGEM を高エネルギー加速器研究機構の放射光施設 Photon Factory の BL14A にて、その基本性能をテストした。

2 実験

感光性ガラスには HOYA 社製の PEG3 という材質のものを用いた。まずフォトリソグラフィ技術を用いてマスクを作成し、紫外線を照射することによって酸化還元反応が起こり金属原子が生じる。さらに加熱すると金属原子が凝集しコロイドを形成、このコロイドを結晶核にして $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ (メタケイ酸リチウム) の結晶が成長する。ここで析出する

$\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ (メタケイ酸リチウム) は HF (フッ化水素) に容易に溶解しガラスを直接エッチング可能になる。エッチングによってガラスに直接穴を空けるため、従来のケミカルエッチング等と比べ精度良く微細な加工を行うことができる (図 1)。電極の金属も銅やクロムなど様々な材質を用いることができ、ガラスの厚みも様々なものが選択可能である。本研究では 680 μm 厚の感光性ガラスに直径 170 μm の穴を空けたプレート (図 2) について、5.9 keV の X 線源 (^{55}Fe) で基本性能の試験を行った。ガスには $\text{Ar-CH}_4(90:10)$ を用い、ガスフローでの実験を行った。GEM の表面と裏面に電圧を印加し、増幅した電子を 2 mm 下に配置した電極で読み出しを行った。

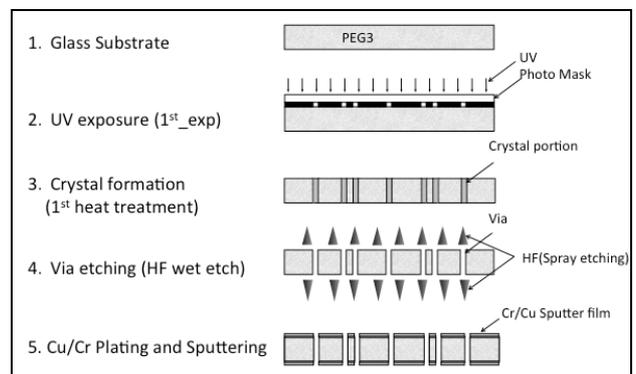


図1. GlassGEMの製作プロセス

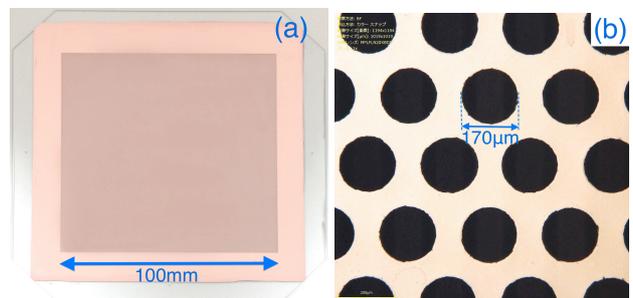


図 2. (a) GlassGEM 基板, (b) GlassGEM の拡大写真

3 結果および考察

製作した GlassGEM をチャンバにマウントし、計数ガスに $\text{Ar-CH}_4(90:10)$ を用い、BL14A にて 6 keV

の単色 X 線を照射し、基本性能をテストした。図 3. に実験のセットアップを示す。図 4. に得られたエネルギースペクトルを示す。エネルギー分解能は 16% と、ガス検出器としては良好なエネルギー分解能が得られた。また、高輝度 X 線を照射したときのガスゲインの安定性についても評価した。図 5 にゲインの時間変化を示す。

さらに X-Z ステージを用い、ビームの照射位置を変えて GlassGEM のゲインの一様性について評価した。その結果を図 6 に示す。

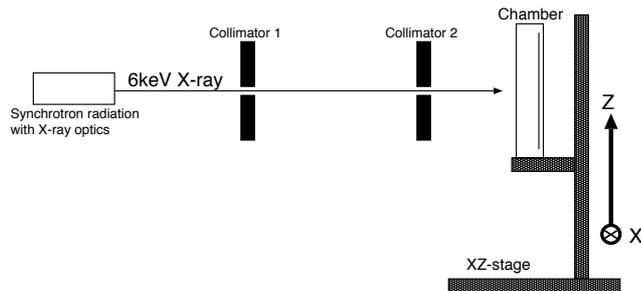


図 3. Photon Factory BL14A での実験セットアップ。単色 6 keV のビームを 100 μm コリメートして照射した。

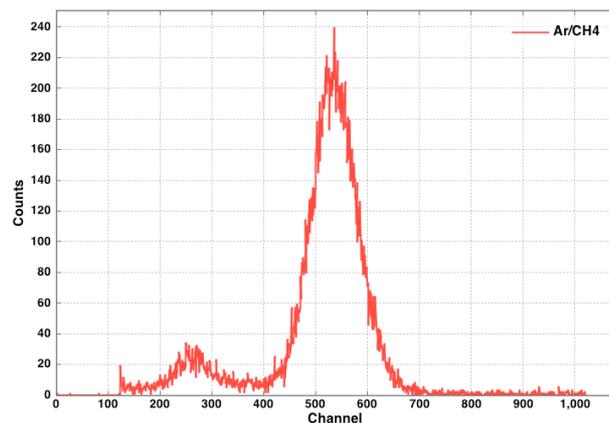


図 4 : 6 keV エネルギースペクトル

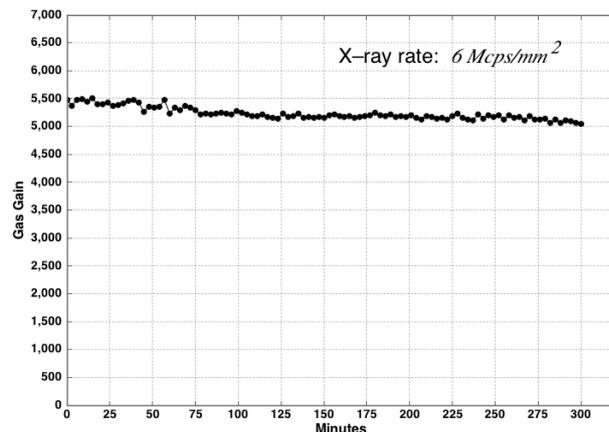


図 5. 高輝度 X 線照射した際のゲイン安定性

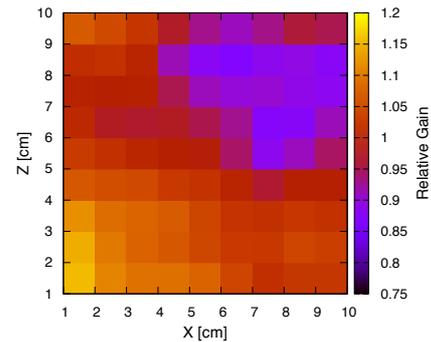


図 6. ゲインマップ

4 まとめ

本研究で試作したGlassGEMはガスゲイン、エネルギー分解能とも極めて良好な結果が得られた。GlassGEMはアウトガスがないため密封チェンバでの応用が期待される。今後、GlassGEMの面積化に取り組む。

謝辞 (オプション)

本研究は KEK の岸本俊二先生に多大なサポートをして頂いた結果、出来たものです。ここに感謝致します。

参考文献

- [1] F. Sauli, Nucl. Instr. and Meth. Phys. Res. A 386 (1997) 531.
- [2] H. Takahashi, Y. Mitsuya, T. Fujiwara, and T. Fushie, "Development of a glass GEM," Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, vol. 724, pp. 1–4, Oct. 2013.

成果 (オプション)

- 1 受賞 : MPGD2013 Georges Charpak's Young Scientist Award (Takeshi Fujiwara)
- 2 論文 : Y. Mitsuya, T. Fujiwara, H. Takahashi, and T. Fushie, "A new glass GEM with a single-sided guard-ring structure," <http://dx.doi.org/10.1080/00223131.2014.884954>, pp. 1–6, Feb. 2014.
- 3 論文 : T. Fujiwara, S. Tanaka, Y. Mitsuya, H. Takahashi, K. Tagi, J. Kusano, E. Tanabe, M. Yamamoto, N. Nakamura, K. Dobashi, H. TOMITA, and M. Uesaka, "Development of a scintillating G-GEM detector for a 6-MeV X-band Linac for medical applications," *J. Inst.*, vol. 8, no. 12, pp. C12020–C12020, Dec. 2013.
- 4 論文 : Y. Mitsuya, T. Fujiwara, and H. Takahashi, "Characteristics of a glass gem with a guard-ring structure," *J. Inst.*, vol. 8, no. 11, pp. C11018–C11018, Nov. 2013.

* fujiwara@n.t.u-tokyo.ac.jp