

絶縁層にテフロンを用いたGEM の性能評価

大阪市立大学 理学研究科 数物系専攻

吉田武史

もくじ

- ・イントロ
- ・基本特性
- ・中性子実験

阪市大、KEK^A、農工大^B

中野英一、宇野彰二^A、大橋賢太^B、池口直人

KEK測定器開発研究室 MPGDグループ

Introduction

- GEMには放電により壊れやすいという欠点がある

原因

- 絶縁層の炭化によるものと仮定

解決策

- 耐アーク性に優れたテフロンを絶縁層に使用した

	ポリイミド (PI)	液晶ポリマー (LCP)	テフロン (PTFE)
耐アーク性 (sec)	135	185	>300

銅の溶解

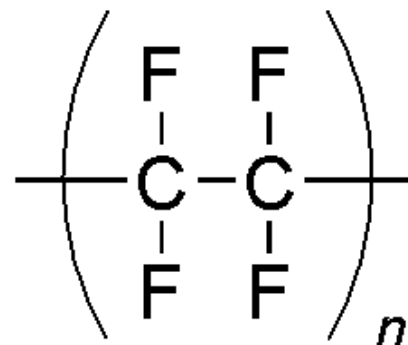
炭化



参照:小宮一毅(東京都立産業技術研究センター)
2012年MPGD研究会発表

テフロンについて

- PTFE (ポリテトラフルオロエチレン)
- 通称テフロン
- 耐アーク性に優れている
- 但し、摩擦係数が小さいので電極の接着が難しい
 - 電極との密着性がよい基板が見つかった



PILLAR 日本ピラー工業株式会社 NIPPON PILLAR PACKING CO., LTD.

今回使用したGEMの紹介

以下の2種類を使用した

- N-PTFE-GEM
- R-PTFE-GEM

N,Rは基板の購入先の頭文字からとった

N-PTFE-GEM

PILLAR 日本ピラー工業株式会社 NIPPON PILLAR PACKING CO., LTD.

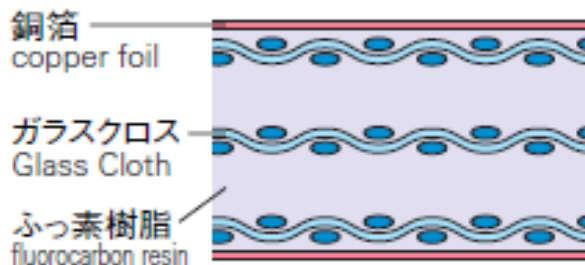
PILLAR PC-CLAD 高周波用多層基板

マイクロ波からミリ波帯での高周波回路の多層化に最適な基板です。

PILLAR PC-CLAD High Frequency Multi-Layer Boards

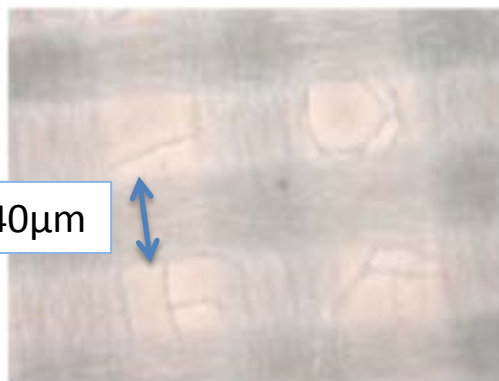
Ideal for multi-layering of high-frequency circuits for micro to millimeter wave bands.

孔径70 μm
ピッチ140 μm

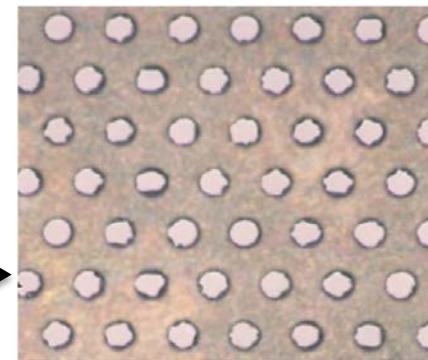


断面図

約240 μm



ガラスクロスの透過写真



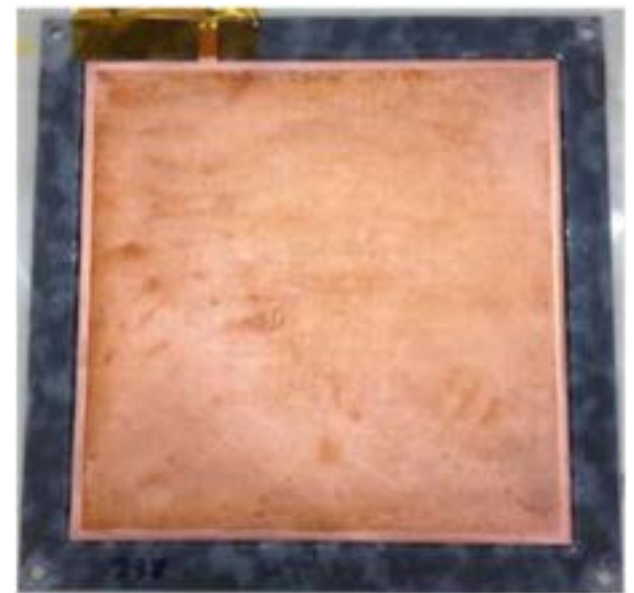
テフロンGEMの表面

R-PTFE-GEM

- 絶縁層 $\sim 100\mu\text{m}$
- 電極 $\sim 7\mu\text{m}$
- テフロンの強度補強のため
フィラーと呼ばれる小さな粒
が絶縁層に入っている
- 孔径 $70\mu\text{m}$
- ピッチ $140\mu\text{m}$



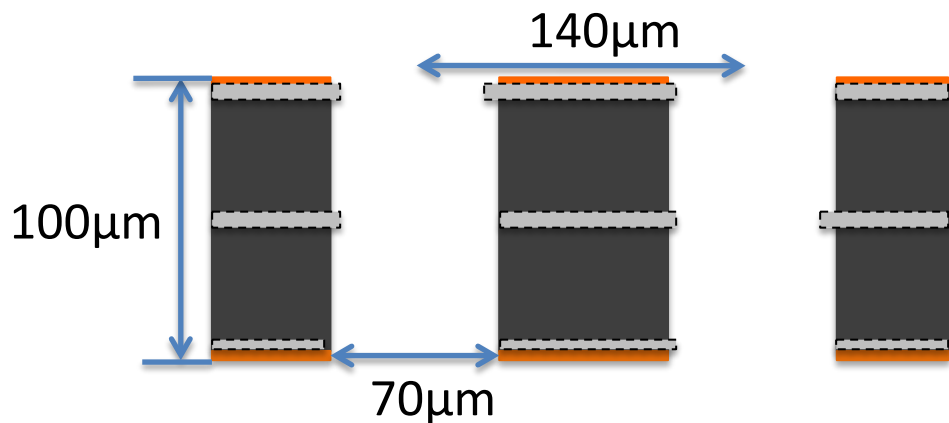
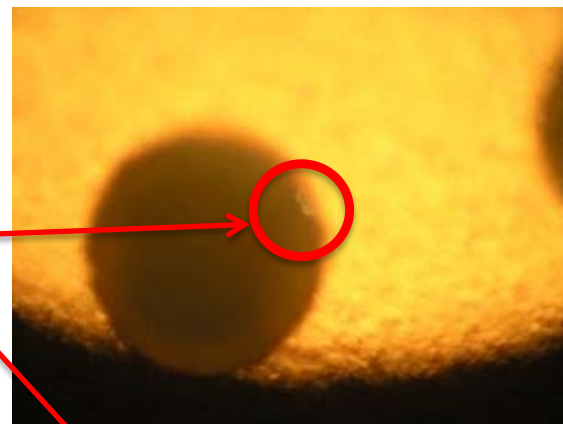
ROGERS
CORPORATION
Rogers Japan, Inc.



N-PTFE-GEMの孔の様子

- 先ほどの基板に今までのGEMと同様にCO₂レーザーで孔をあける
- 孔開けはサイエナジー社に委託

ガラスクロスが削り残りが見られた



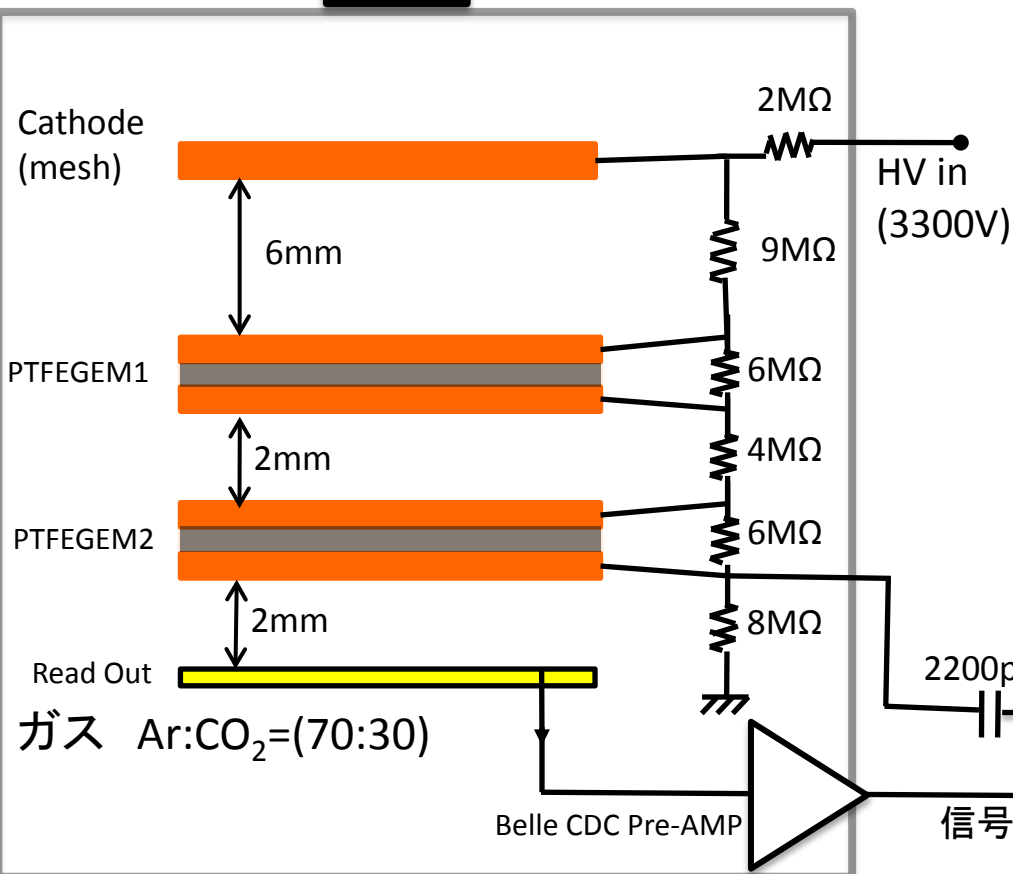
GEMの断面図

測定方法

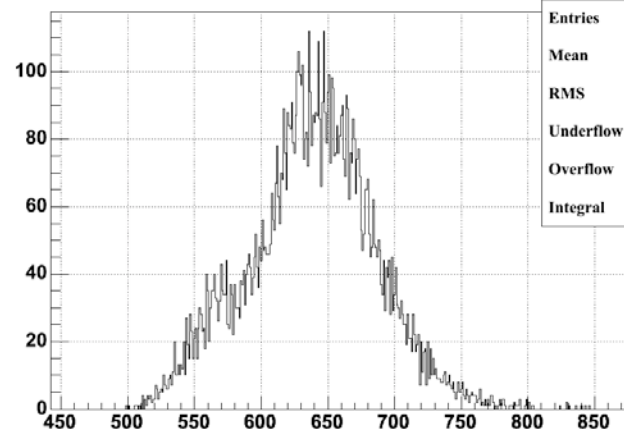
Gain、電場依存性、時間依存性の測定
のセットアップの一例



^{55}Fe



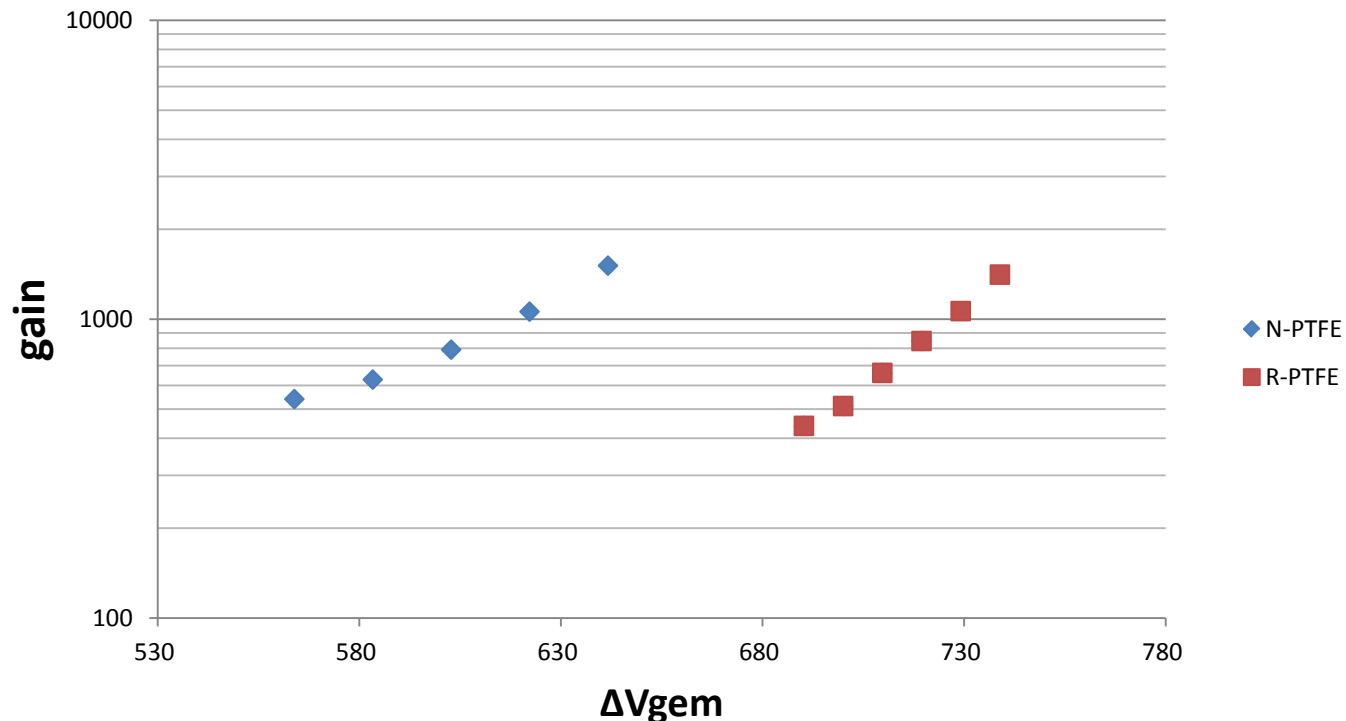
Sample Histogram



Fe-55でとったADCスペクトル

Gain

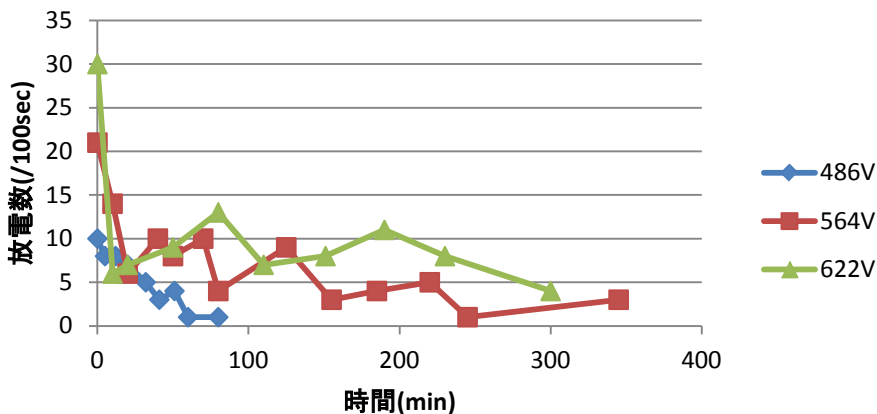
- R-PTFEはN-PTFEよりも絶縁層が厚いため、より高い電圧を印加しなければ同程度のGainは得られない



放電について

- N-PTFEには時間により放電数が減っていったのでその様子を調べた
- 放電に耐えうる電圧（耐電圧）の測定、またその電圧でのGainの比較

時間による放電数減少の様子



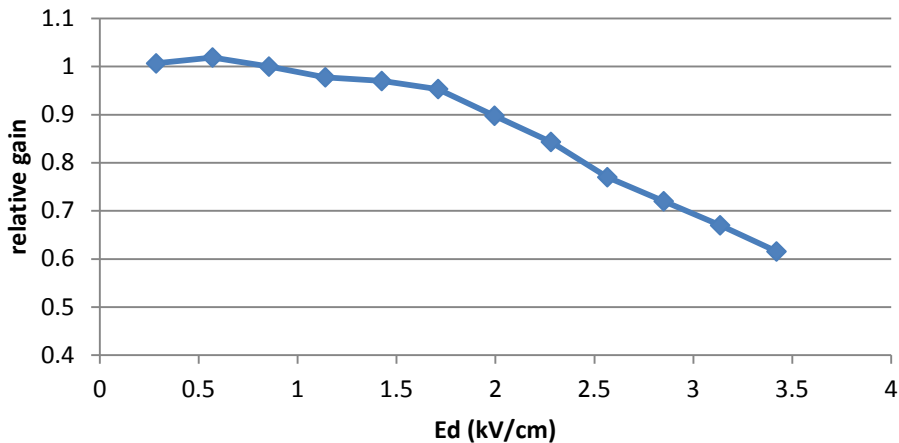
	N-PTFE	R-PTFE
耐電圧でのGain	~200	~100

中性子検出で使用した電圧では約1時間で放電が収まった

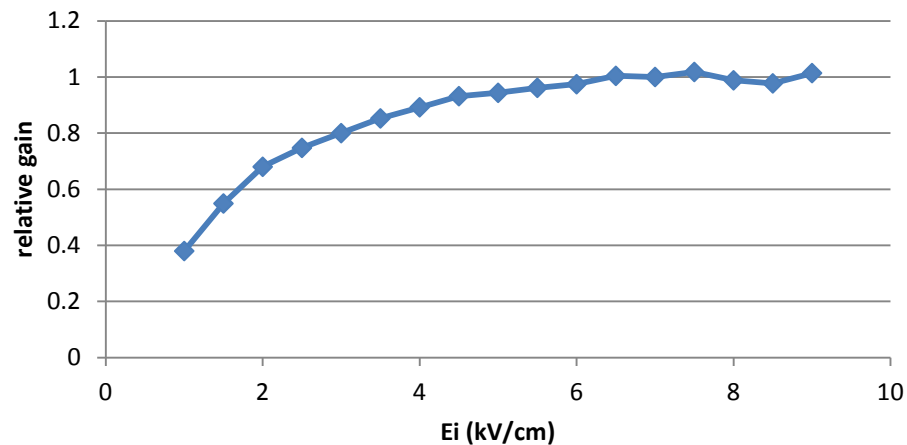
N-PTFE-GEMの方がより高いGainで放電に耐えることがわかった

R-PTFE-GEMの電場依存性

Drift領域

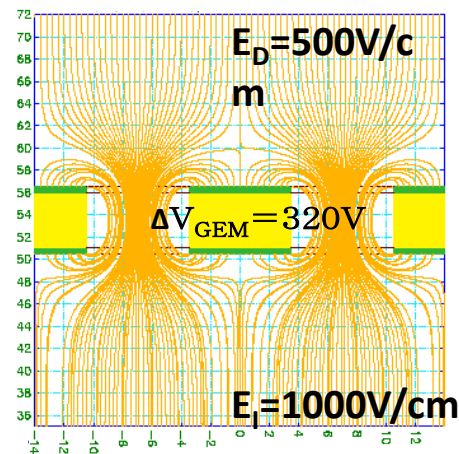


Induction領域

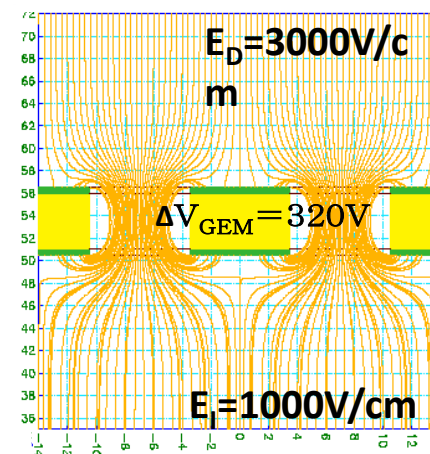


- 通常GEMと同様の結果になった
- Drift領域でGainが下がっていくのはGEM表面に電子が吸着される数が増えたことによると思われる

Drift領域の電場が弱い場合

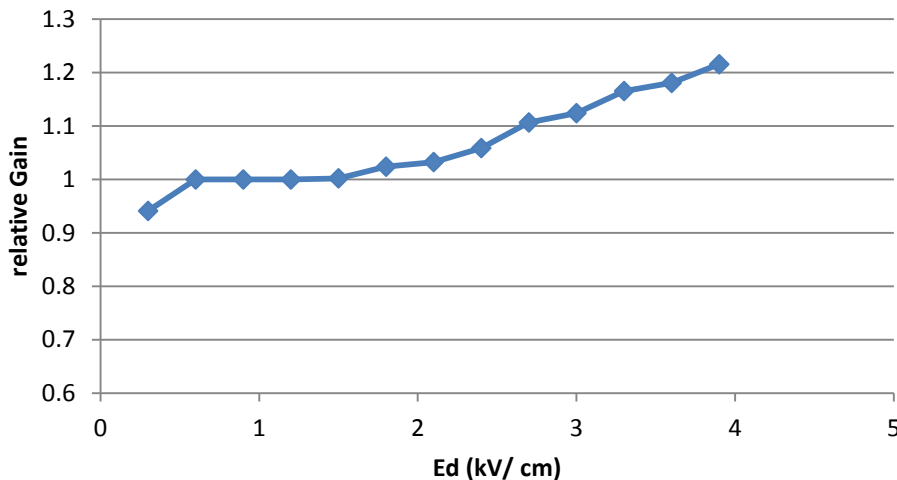


Drift領域の電場が強い場合

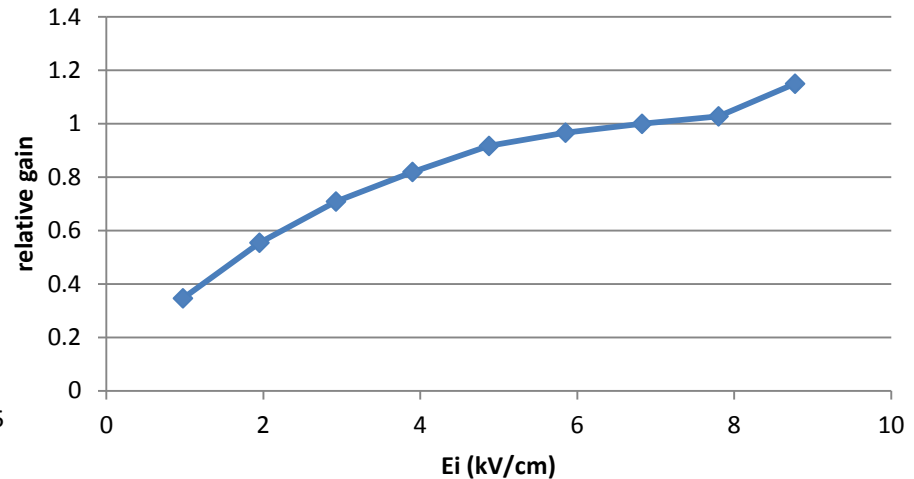


N-PTFE-GEMの電場依存性

Drift領域

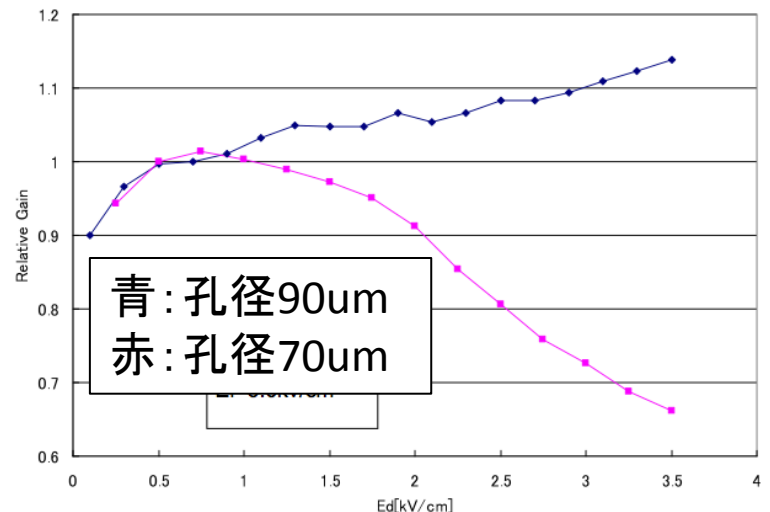


Induction領域



- Drift領域、induction領域によるGainの電場依存性を調べた
- Drift領域の電場依存性では開口率が高いGEMと似た結果が得られた

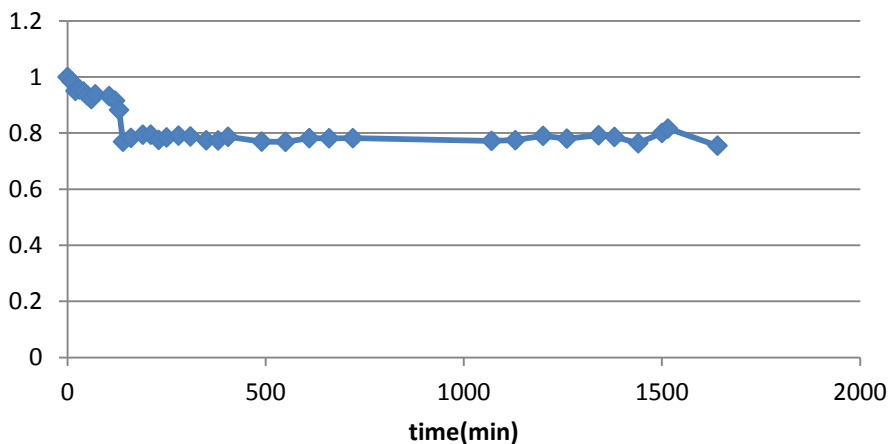
100umGEMのdrift電場依存性



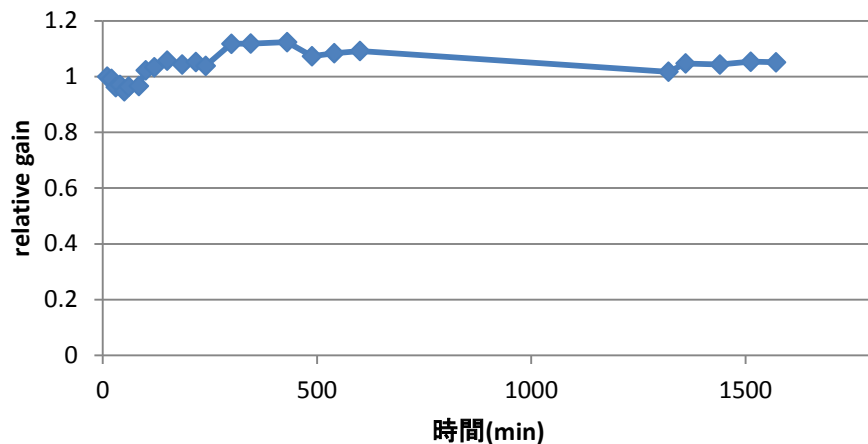
Gainの時間依存性

- N-PTFE-GEMの方は約二時間で80%にGainが落ちて安定
-> ガラスの削り残りが影響しているのか！？
- 一方、R-PTFE-GEMは少し振れるがほぼ一定のGainを保つ

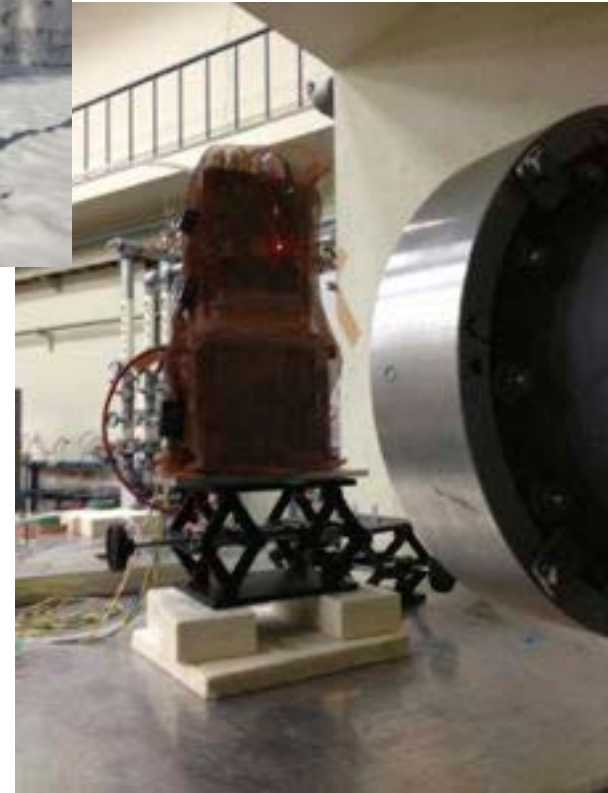
時間依存性(N-PTFE)



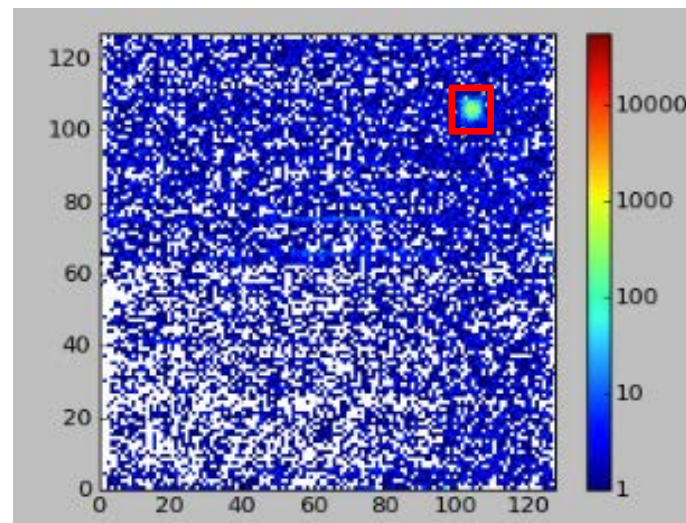
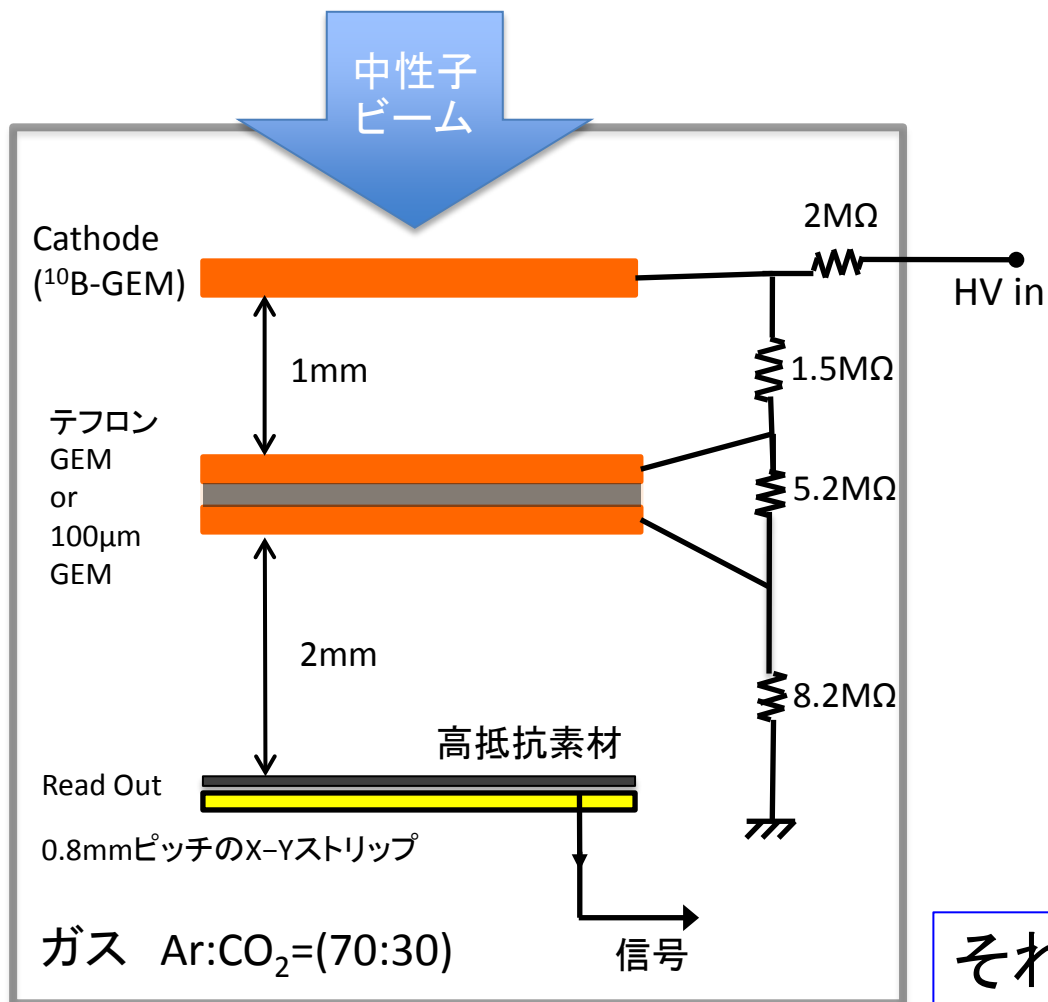
時間依存性(R-PTFE)



中性子照射実験@北大LINAC



セットアップ



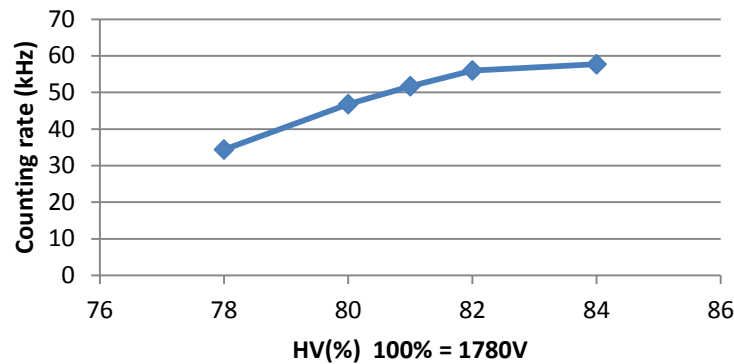
- ① N-PTFE-GEM × 1
- ② R-PTFE-GEM × 1
- ③ 100 μm GEM × 1
- ④ 50 μm GEM × 2

①～③のセットアップ

それぞれで直径0.5mmのPinholeを使い、位置分解能を比較した

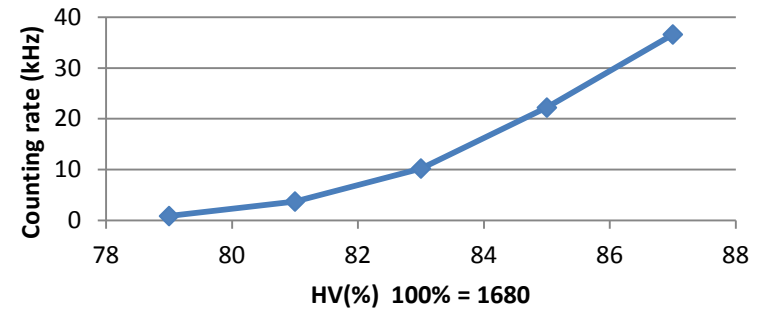
印加電圧特性

通常100um

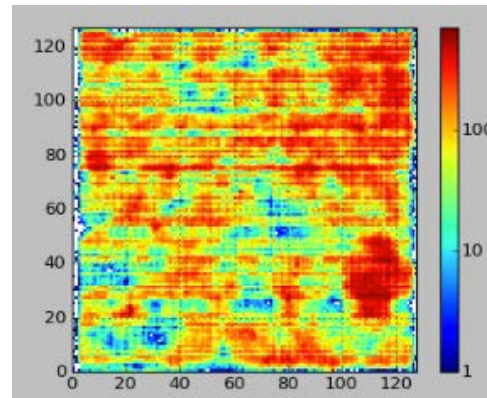
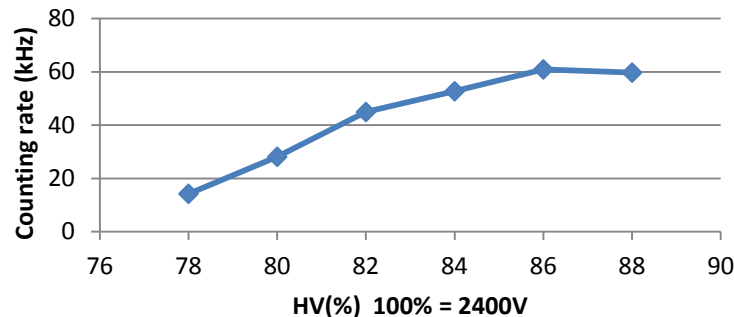


放電が起き始めたためプラトー領域に届く前に止めた

N-PTFE



通常50um2枚

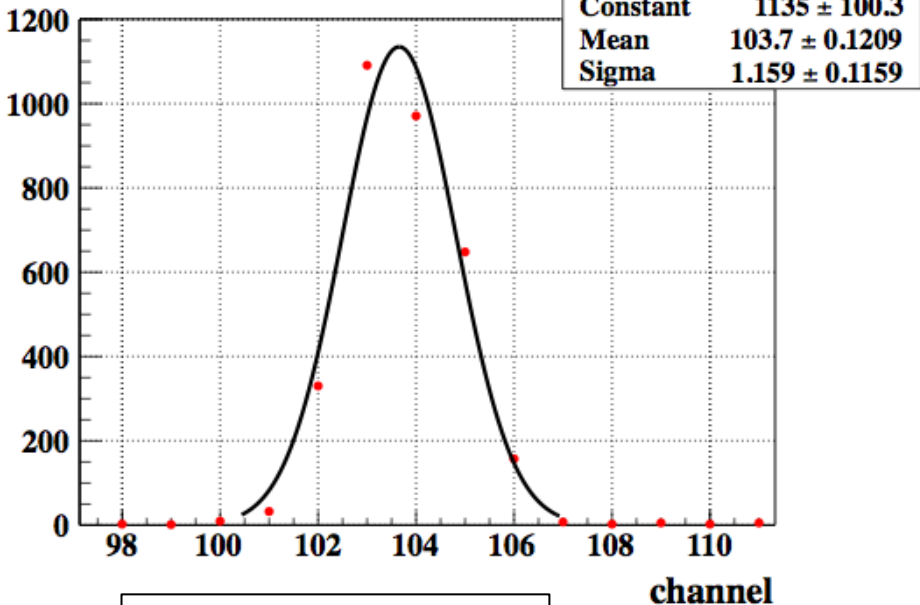


R-PTFE-GEMでは必要なGainに到達する前に放電が起きてしまい、測定不可能だった。

R-PTFE-GEMの取得画像。Gain不足でムラがある

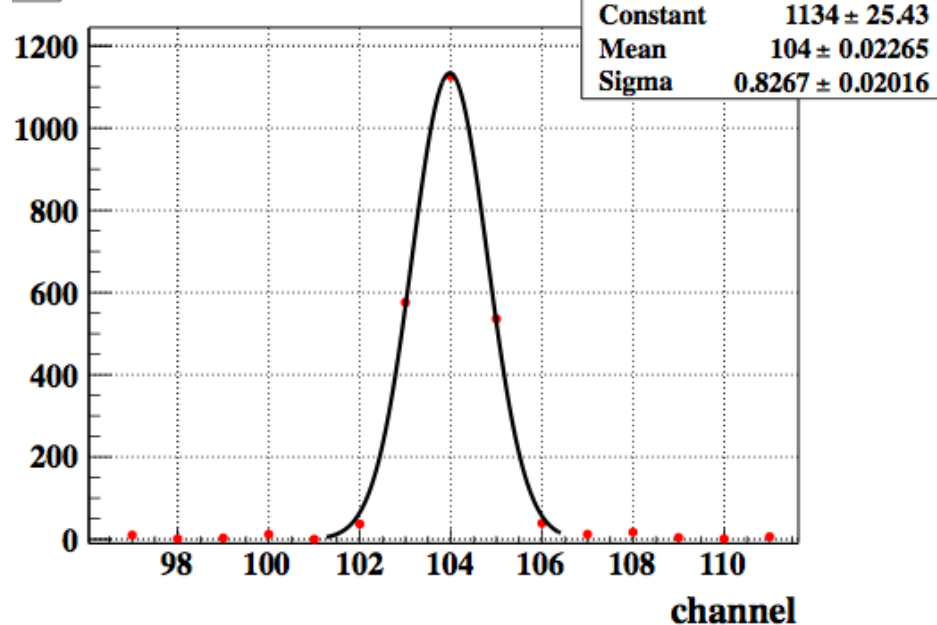
Graph

N-PTFE



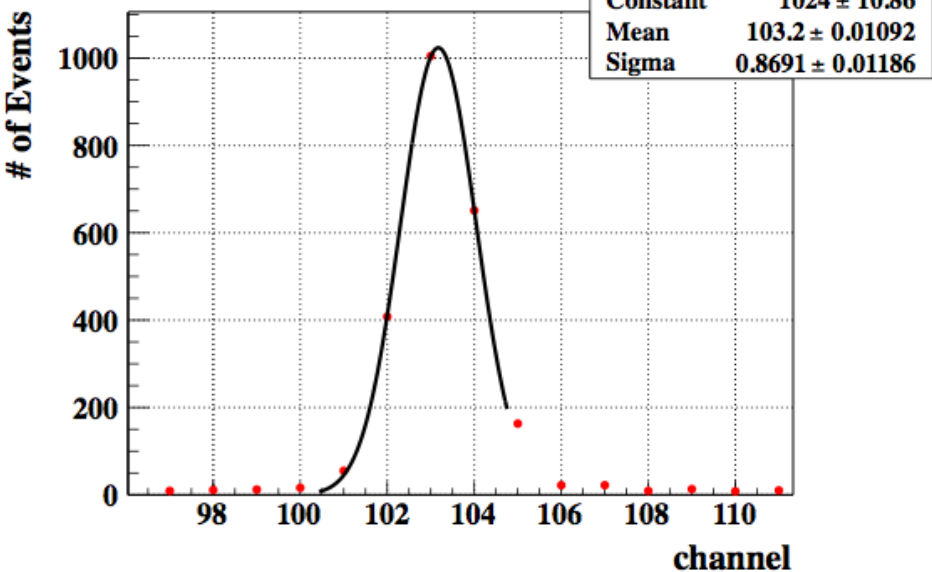
ph

通常100um



Graph

通常50um2枚



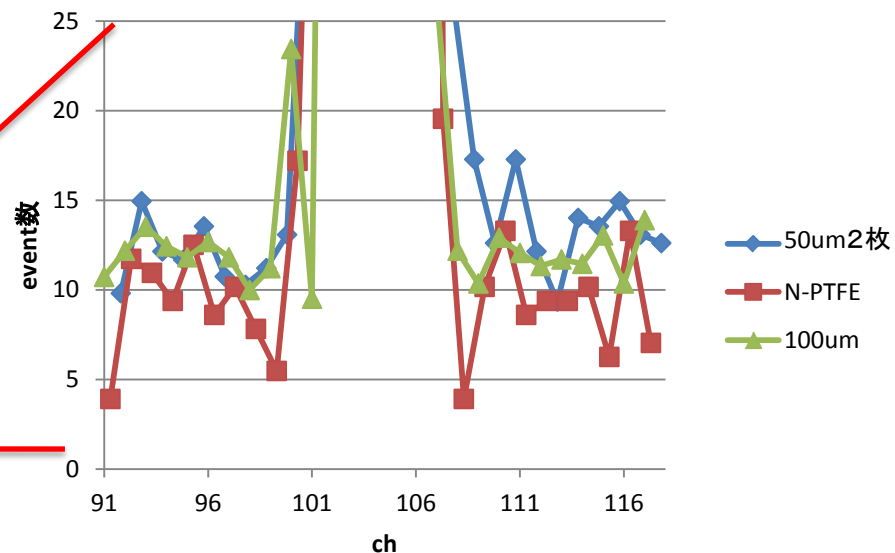
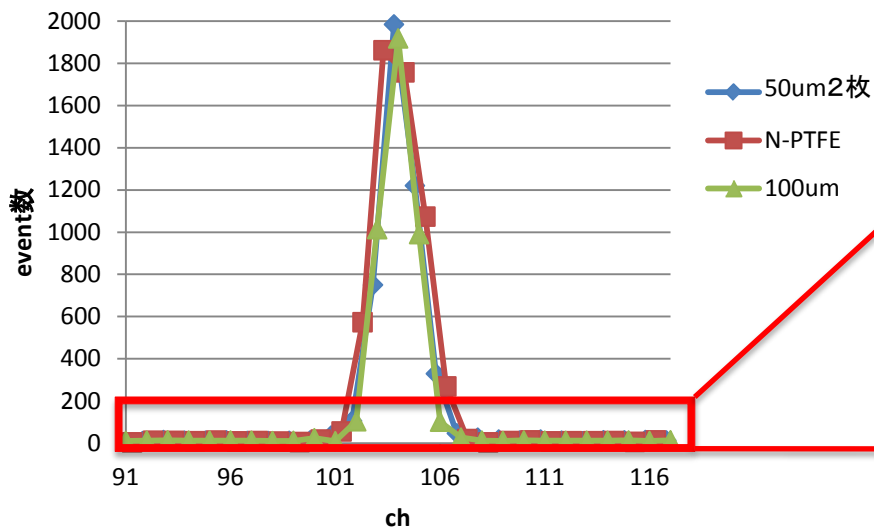
$\sigma = 0.93 \text{ mm}$
FWHM = 2.18 mm

$\sigma = 0.66 \text{ mm}$
FWHM = 1.56 mm

$\sigma = 0.70 \text{ mm}$
FWHM = 1.64 mm

テール付近の様子

- 絶縁層による中性子散乱の影響を3種類のGEMにより検証した
- イベントが一番多かったstripを中心として、両脇のstripでのイベントを足して3strip分をピーク的位置を揃えて比較した
- テール付近のイベント数はN-PTFEが一番少ないが中性子散乱が減ったとはまだ言い難い



まとめ

- 放電により壊れることは今のところない
- R-PTFEよりもN-PTFEから作ったGEMの方が放電が少なく、Gainをかせぐことができる
- 但し、まだまだ放電を減らすように改良を考えていかなければならない
- N-PTFE-GEMを積層すると放電が多く、使えなかった
- 絶縁層による中性子散乱の抑制となっているかどうかはこれからも調査する必要がある

おわり



Back Up

放電

- GEM裏面からトリガー信号を取り出し、放電の信号が正の方向へ伸び、その信号の戻り値が負の方向へ伸びる。その時-250mVを超えた数をカウントしている

