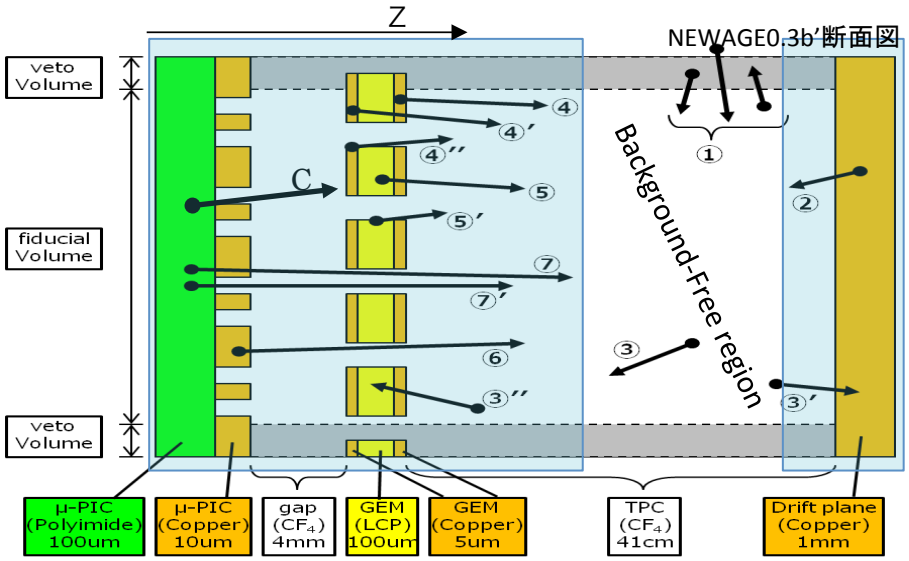
陰イオンガスSF_6を用いたμ-PICの二次元飛跡検出

池田　智法
神戸大学

NIμTPCとNEWAGE

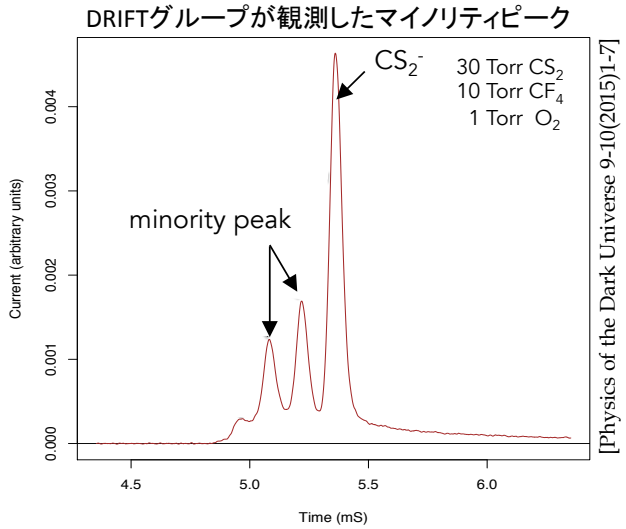


バックグラウンド

RUN14で検出器感度を制限していたBG

-->μ-PICのガラス繊維由来のα線

Z軸に対して
有効体積カットができれば除去できる
しかし、従来のμTPCでは
Zの絶対位置決定ができない



陰イオンガスを用いたZの位置決定

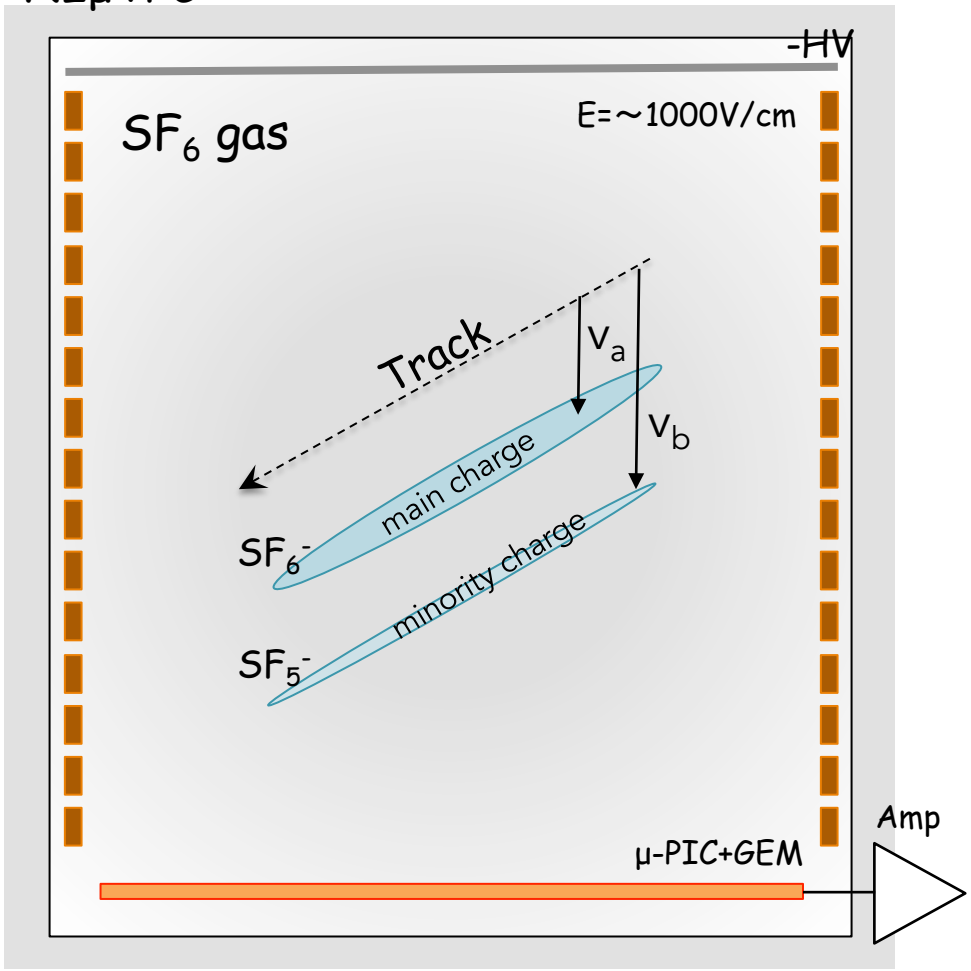
英国DRIFTグループが陰イオンガスCS_2を用いてMWPC-TPCでZの絶対位置決定に成功した

→陰イオンガスをμTPCに導入し、高位置分解能飛跡検出と同時にZの有効体積カットをしたい

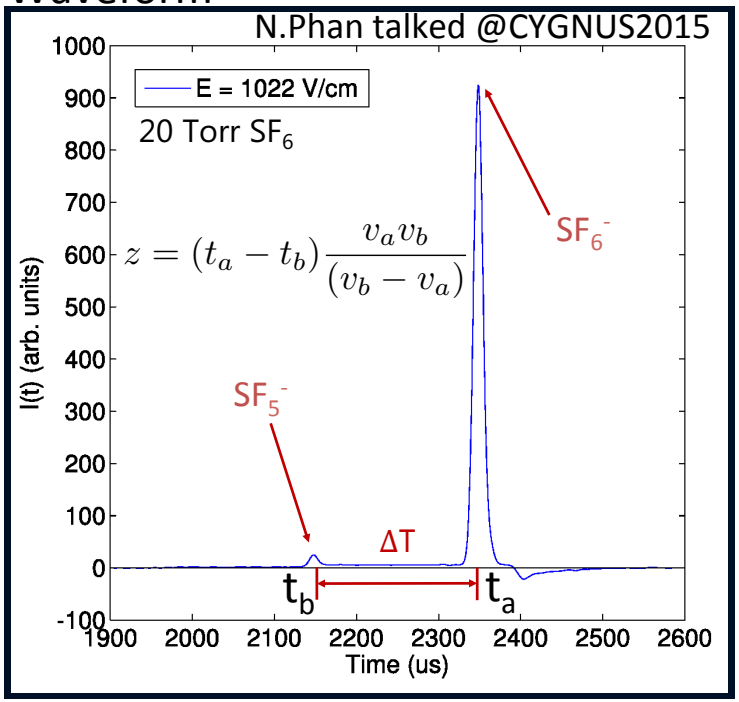
NIμTPC(陰イオンμTPC)の開発

NIμTPCの原理

NIμTPC



Waveform



まだ
マイノリティチャージを検出し、
NI　　Zの絶対位置を再構成

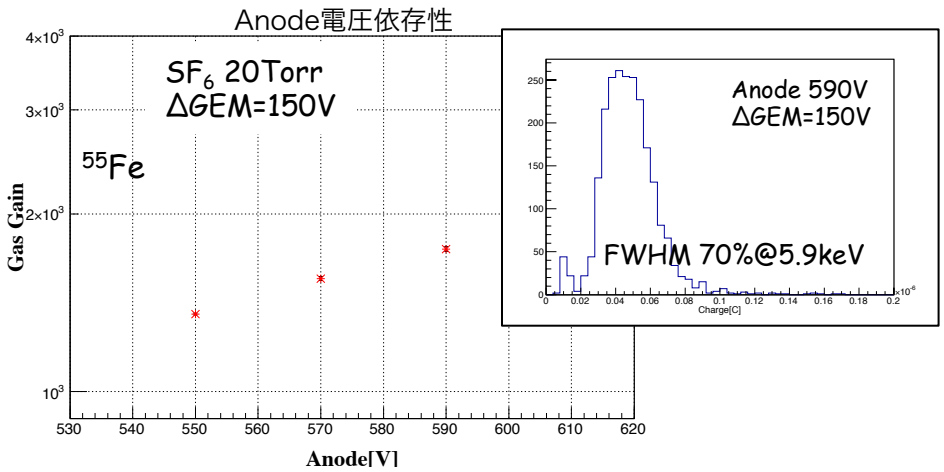
×

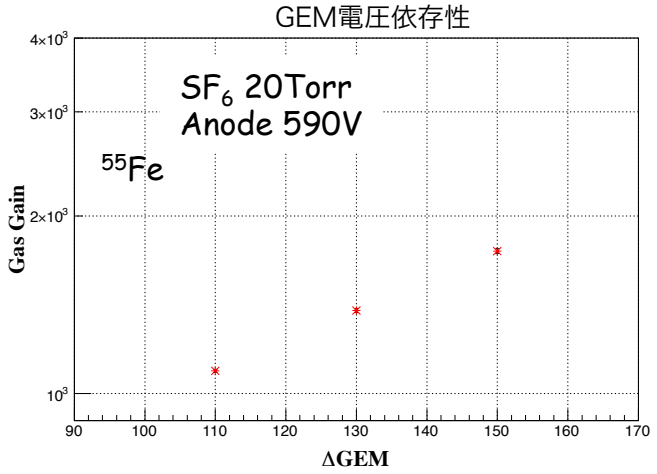
今回
MPGDを用いて高位置分解能で
μTPC　　3次元飛跡検出

ガスゲイン

- 先行研究ではSF_6ガスを用いたときのμ-PIC+GEMシステムのガスゲインを調べた

JPS2016春季大会発表スライド

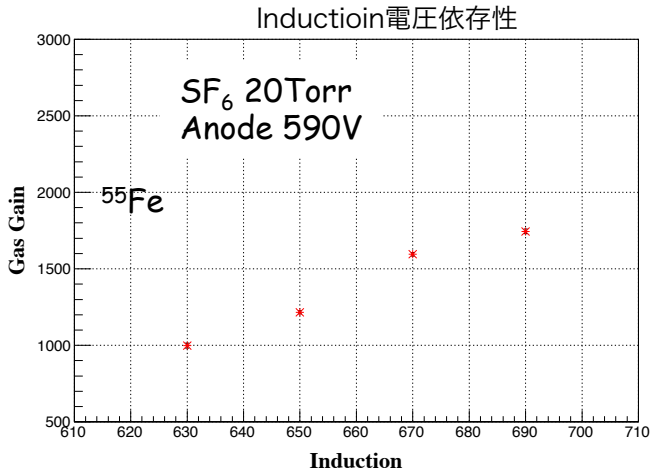




SF_6 20Torrで最大ガスゲイン～2000

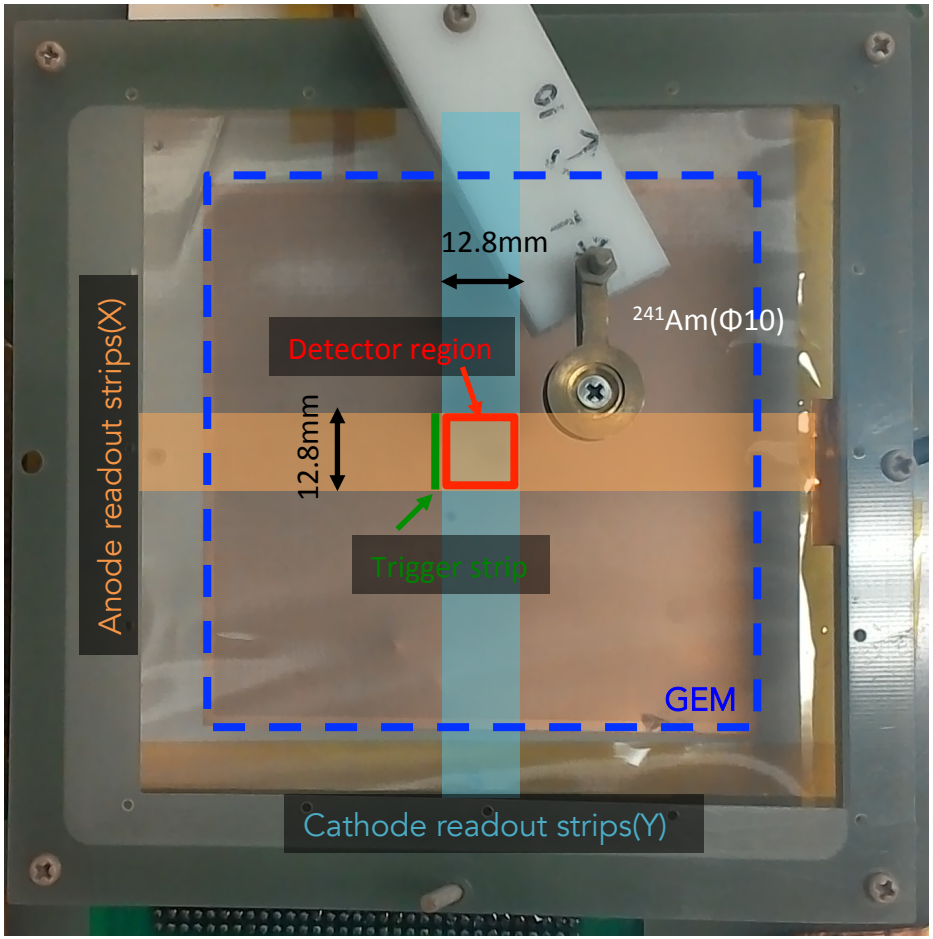
μPIC+GEMシステムは陰イオンSF_6中でも十分なガスゲインが得られることを示した

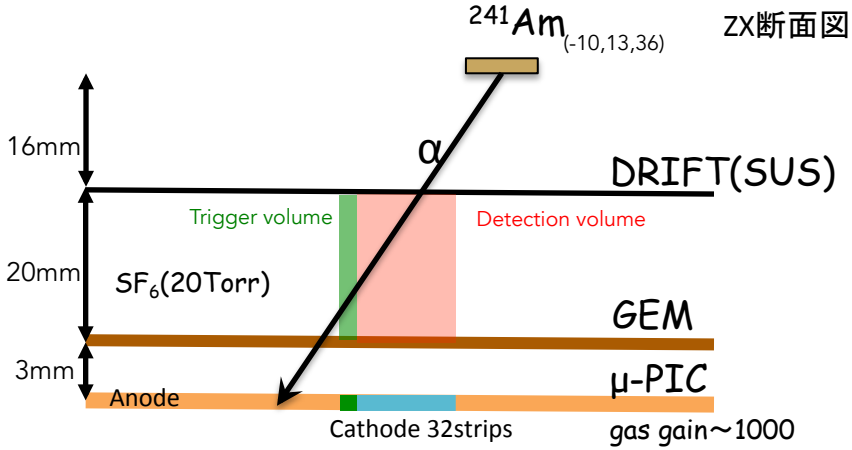
→ 二次元飛跡検出へ

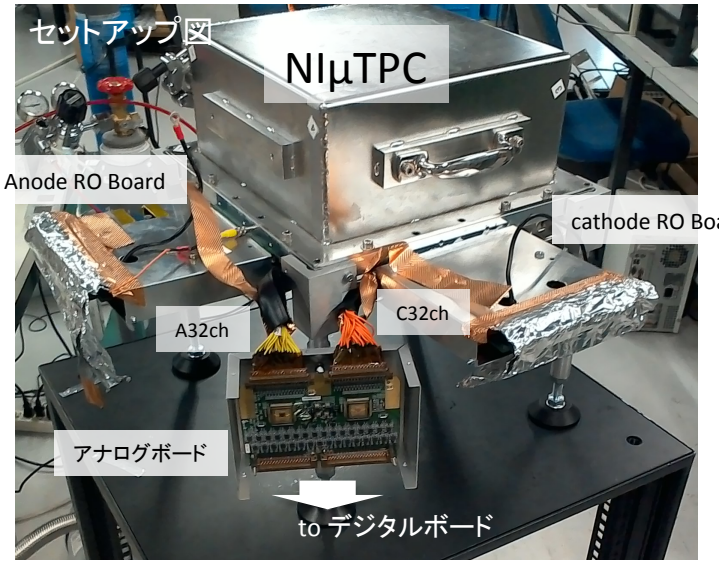


α線の飛跡検出試験

- 12.8mm×12.8mmの検出領域でα線(^{241}Am)の飛跡検出を行なう



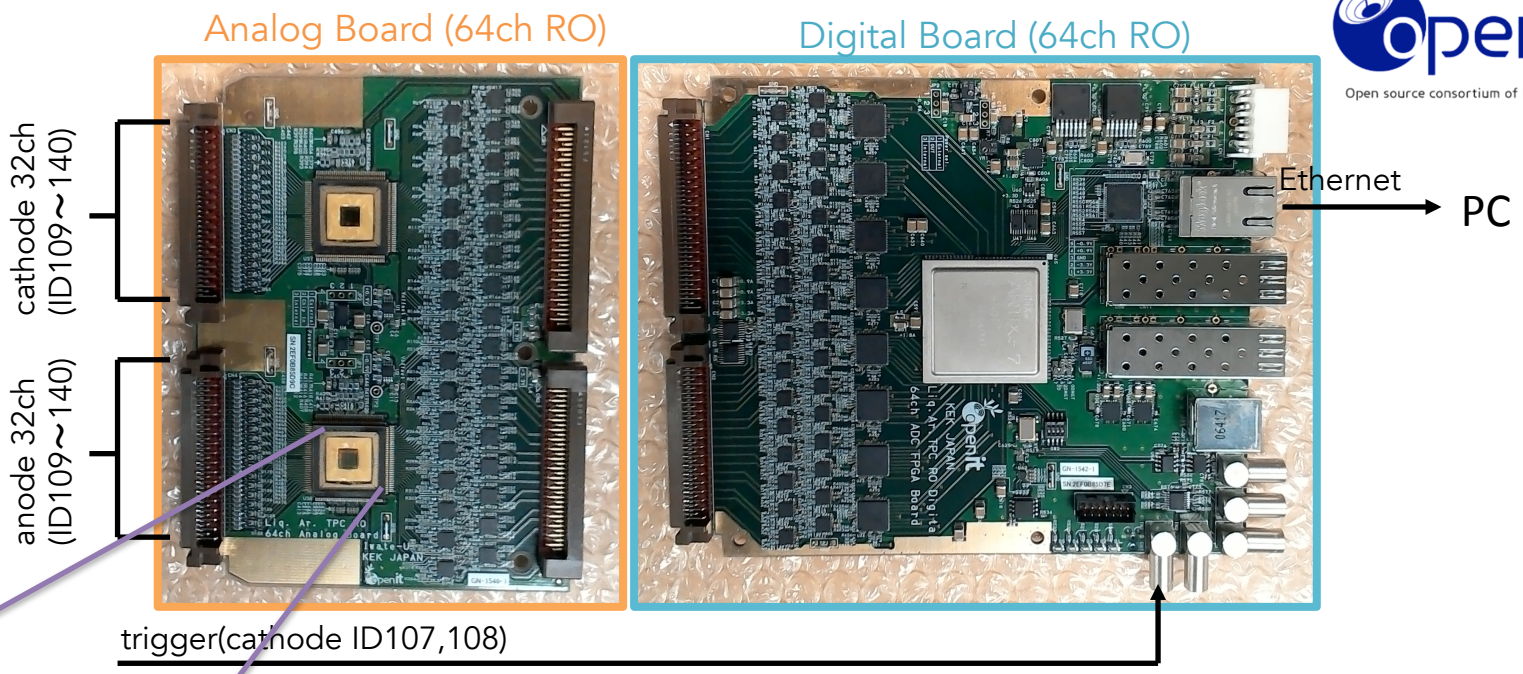


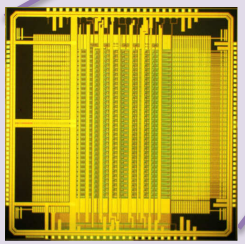


エレクトロニクス

Ref: K.Sakashita's slide(KEK)@計測システム研究会2015RCNP
Y.Kuromori's slide(岩手大)@2015JPS秋季大会

- NIμTPCではシェイピングタイムの長いアンプが必要(O(us))
- KEK・岩手大学で共同開発された液体アルゴンTPC用読み出しエレキを用いる

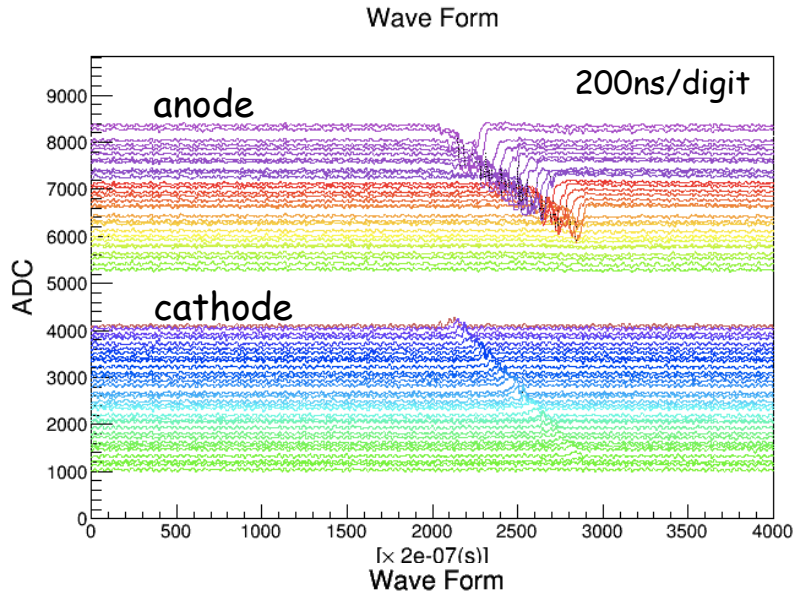


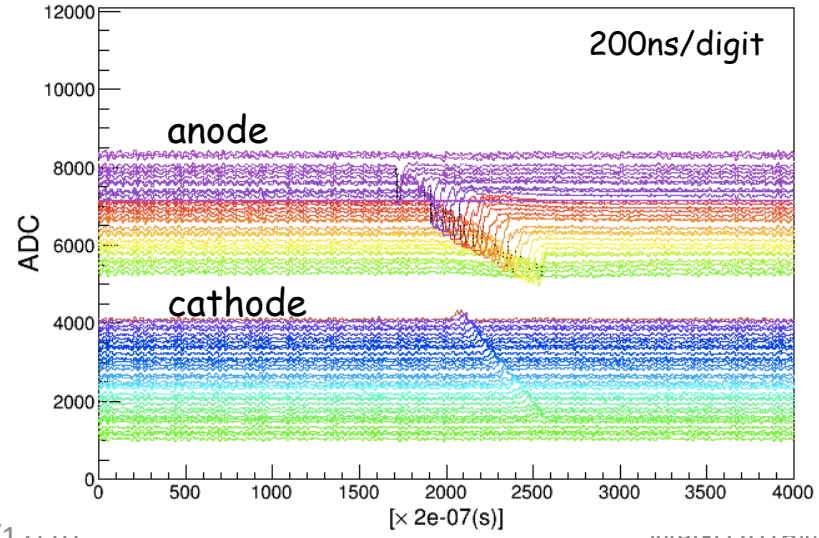

LTARS2014

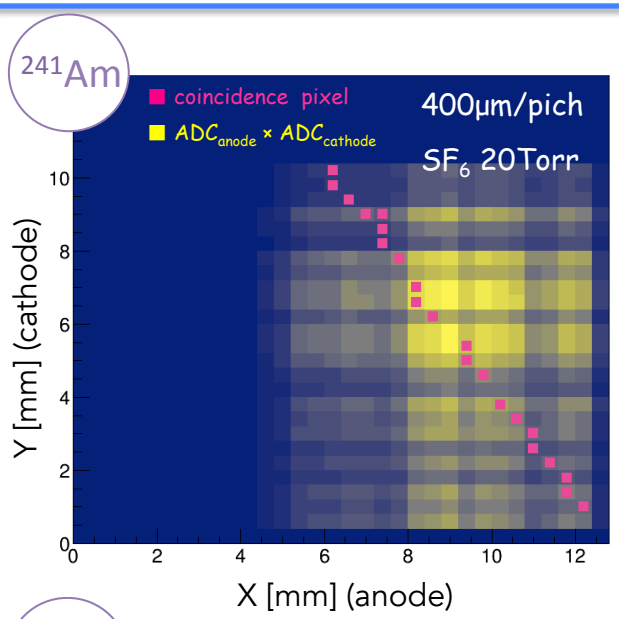
Conversion gain 約9.0mV/fC
最大入力電荷 60~100fC
ENC 2000以下@300pF
Shaping time 1us

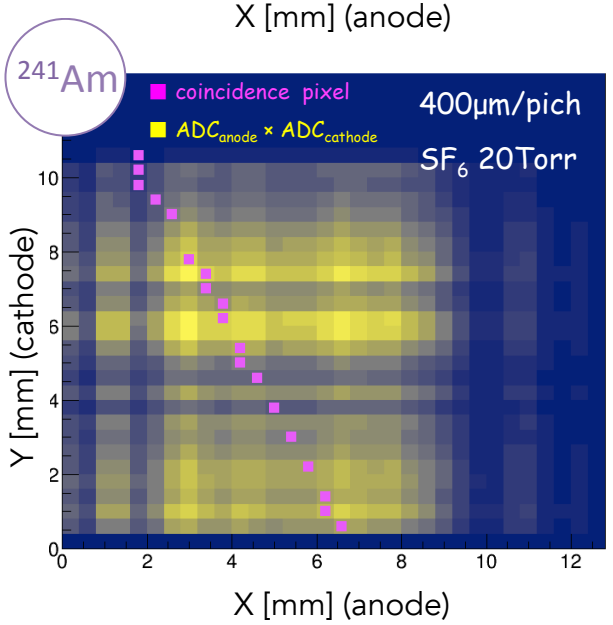
デジタルボード
32ch differential inputs(2Vpp)
12bits FADC
4000 sampling
サンプリング周波数<20MHz

イベントディスプレイ

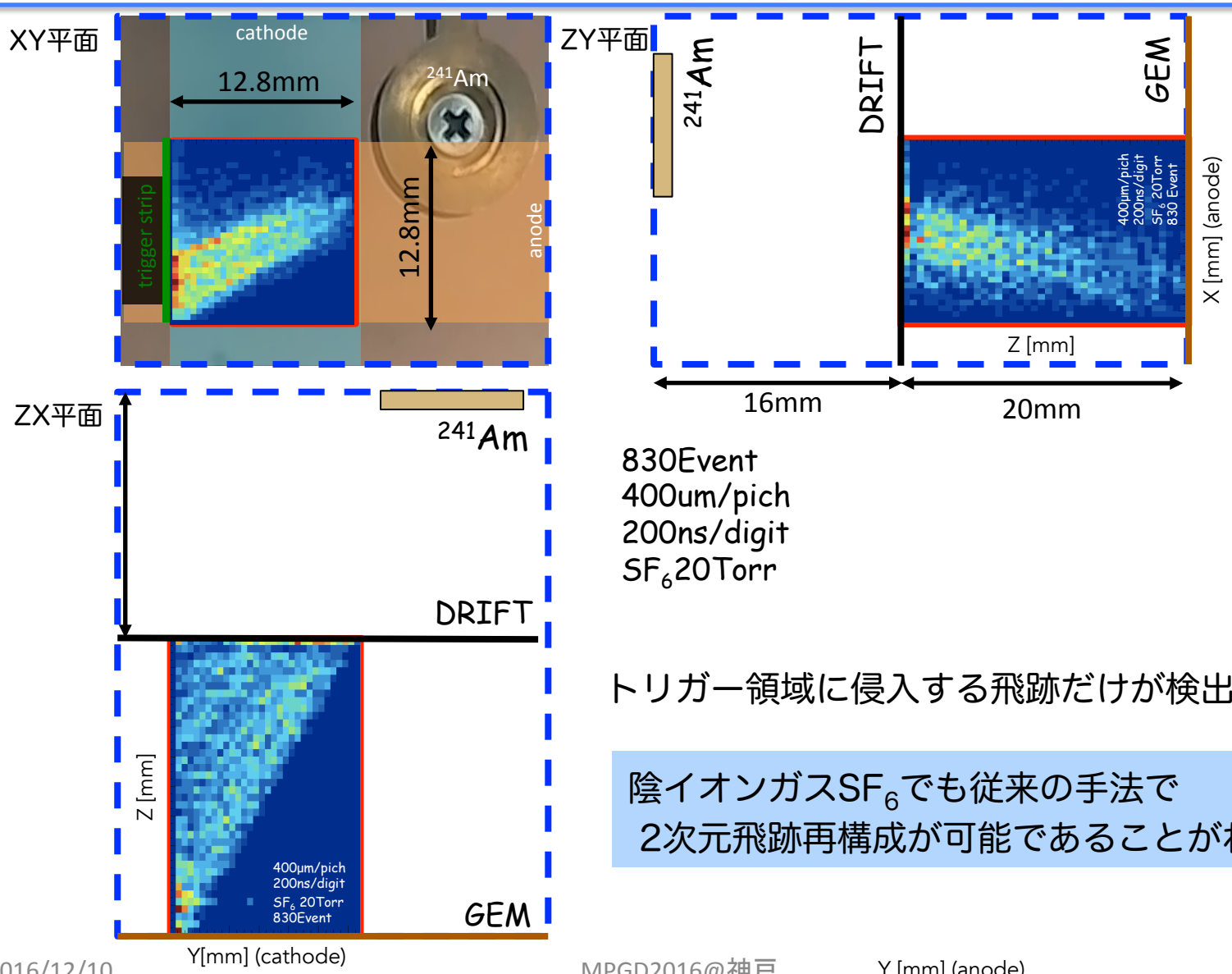

Wave Form
200ns/digit
anode
cathode
ADC
[× 2e-07(s)]


Wave Form
200ns/digit
anode
cathode
ADC
[× 2e-07(s)]


241Am
coincidence pixel
ADCanode × ADCcathode
400μm/pich
SF6 20Torr
Y [mm] (cathode)
X [mm] (anode)


241Am
coincidence pixel
ADCanode × ADCcathode
400μm/pich
SF6 20Torr
Y [mm] (cathode)
X [mm] (anode)

イベントディスプレイ



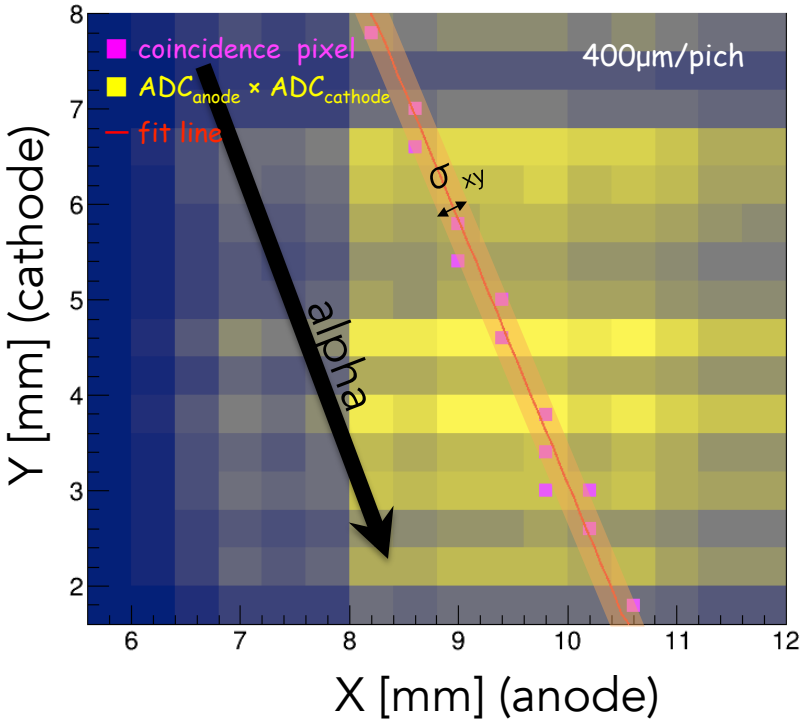
830Event
400um/pich
200ns/digit
$SF_6$20Torr

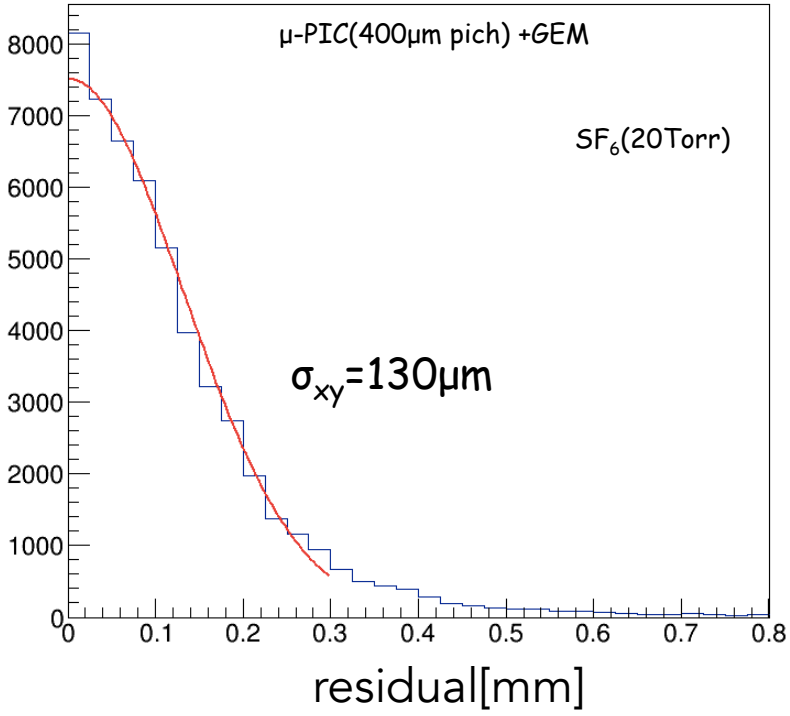
トリガー領域に侵入する飛跡だけが検出できている

陰イオンガスSF_6でも従来の手法で
2次元飛跡再構成が可能であることがわかった

２次元位置分解能

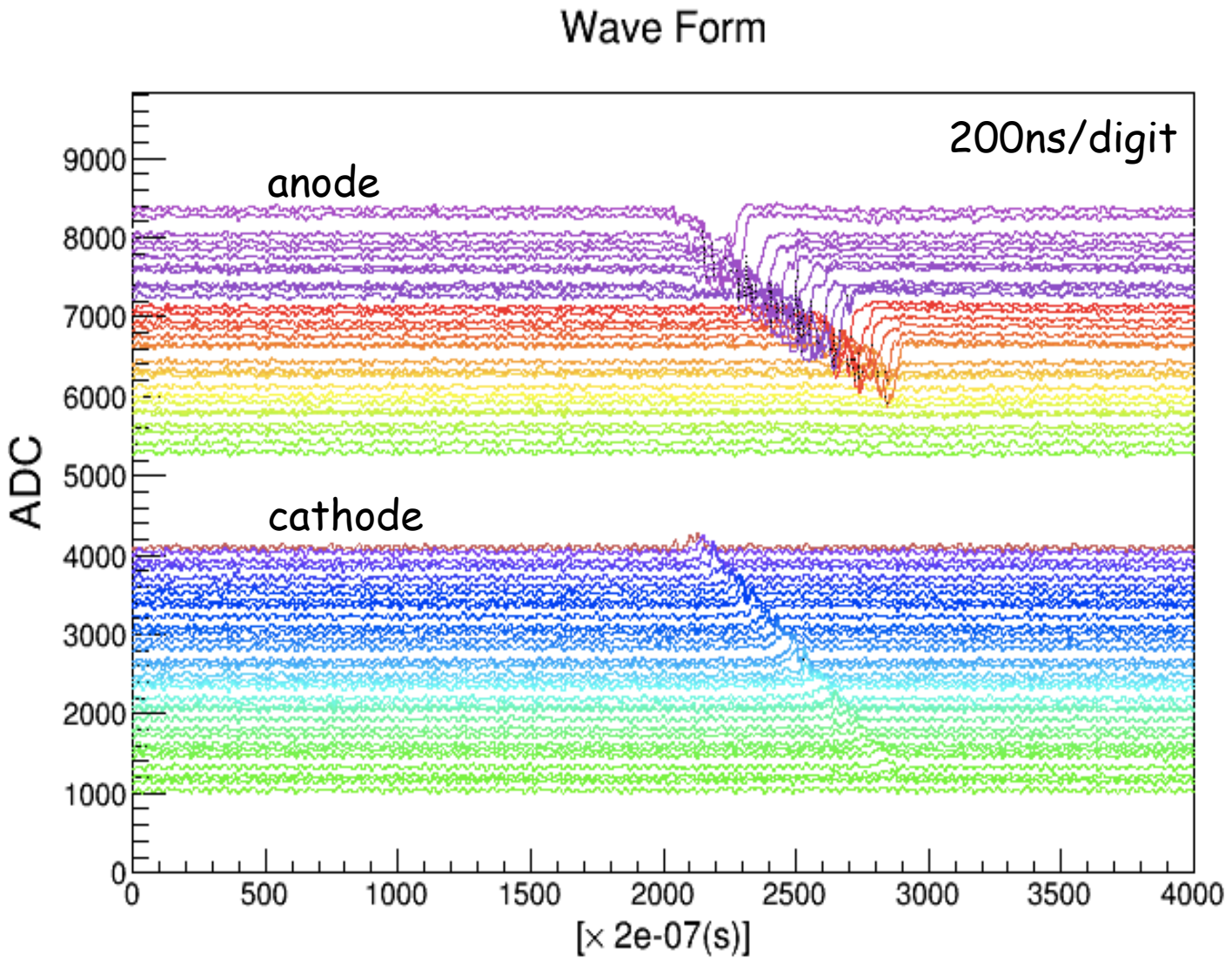
- フィット直線とヒット点の残差を評価する





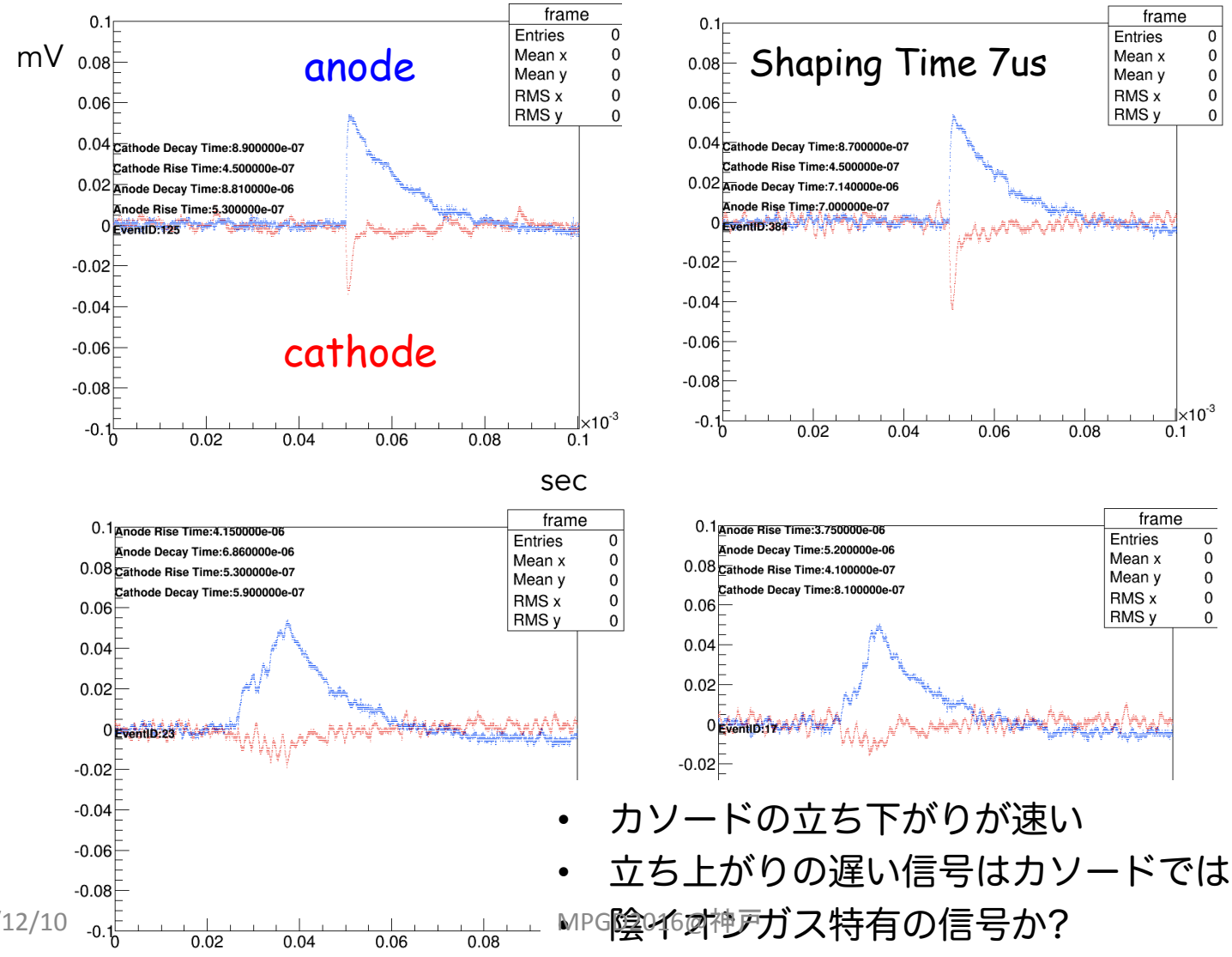
- 2次元位置分解能 σ_{xy}(RMS) = 130μm
- GEMを前置増幅器として使用しているにもかかわらず、
  位置分解能はμ-PIC単体のものと同程度

カソード信号のゲイン低下



CSA+Shaperの出力(SF_6)

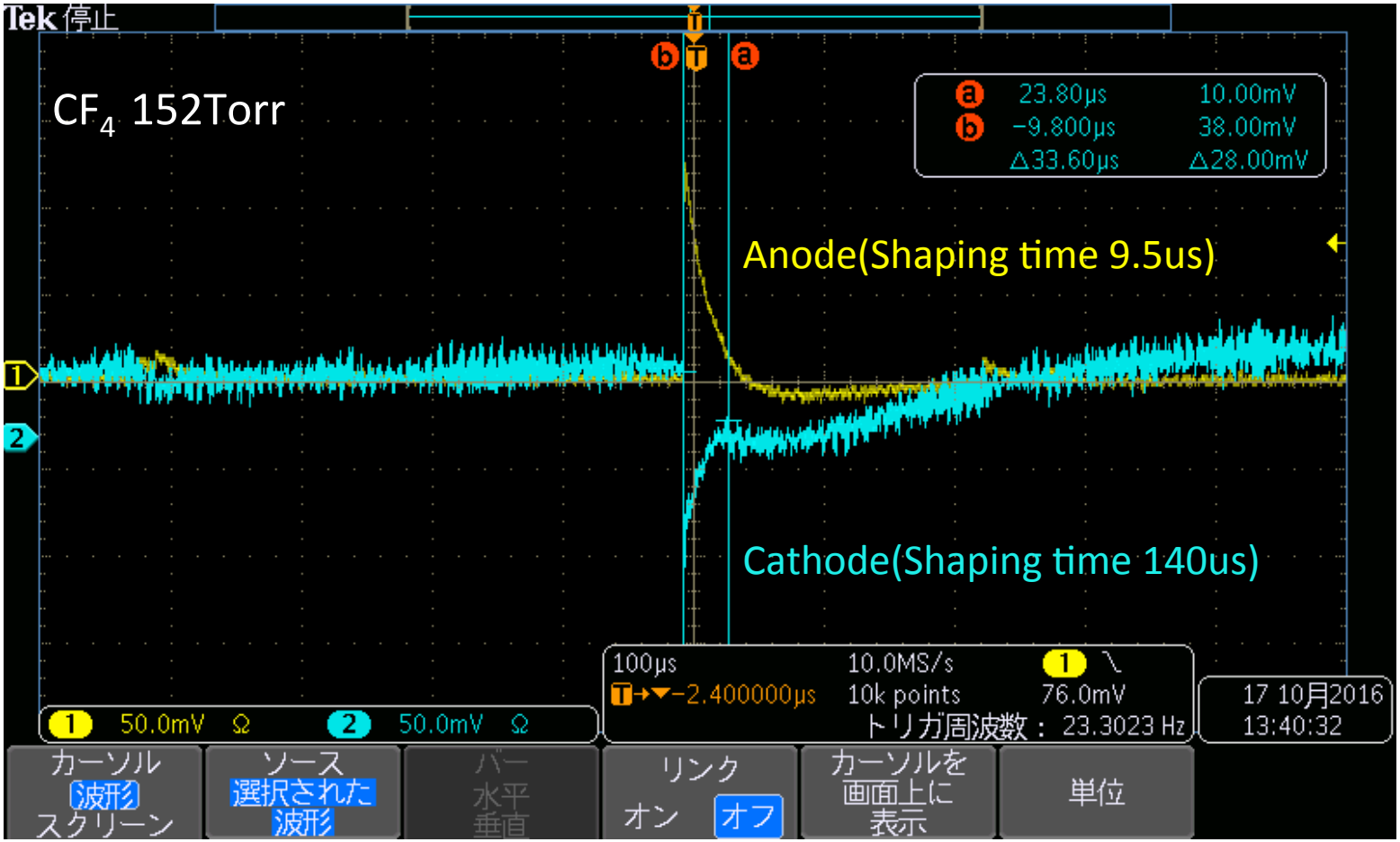
- 30ストリップをまとめたCSA+Shaper出力



- カソードの立ち下がりが速い
- 立ち上がりの遅い信号はカソードでは見えない
- 陰イオンガス特有の信号か?

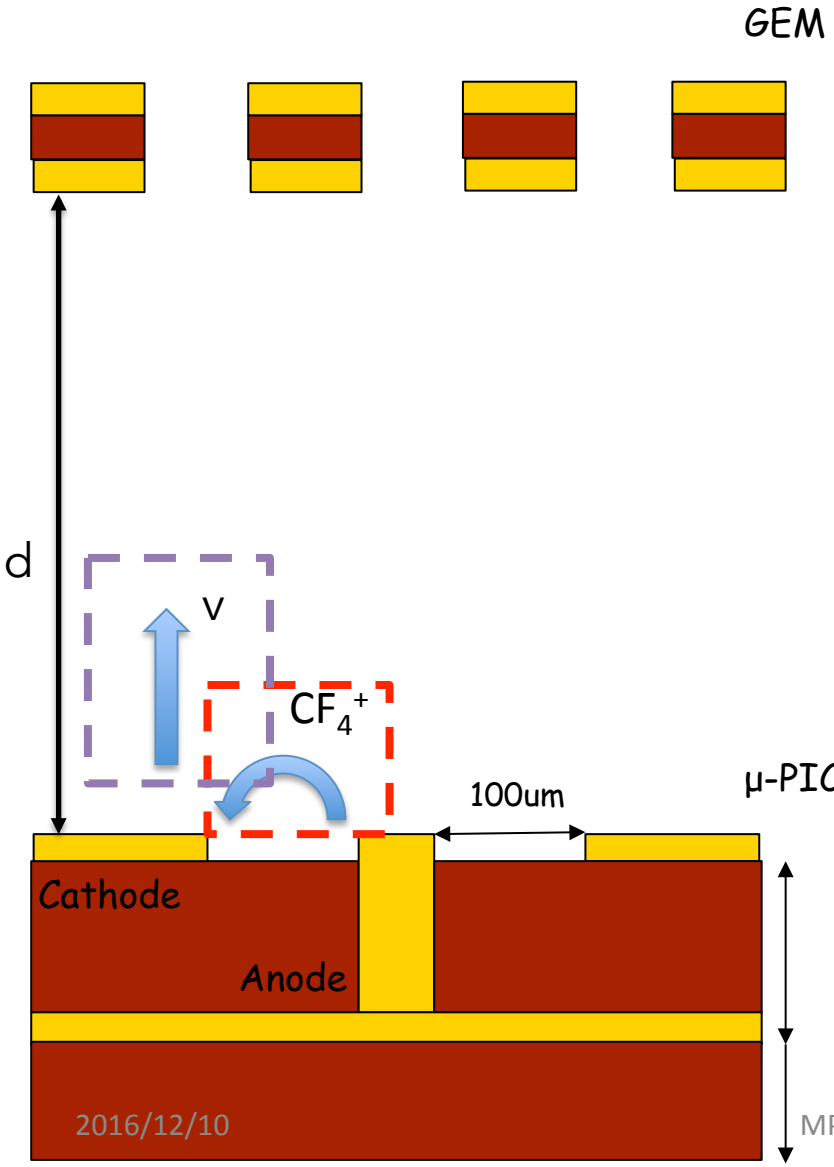
CSA+Shaperの出力(CF_4)

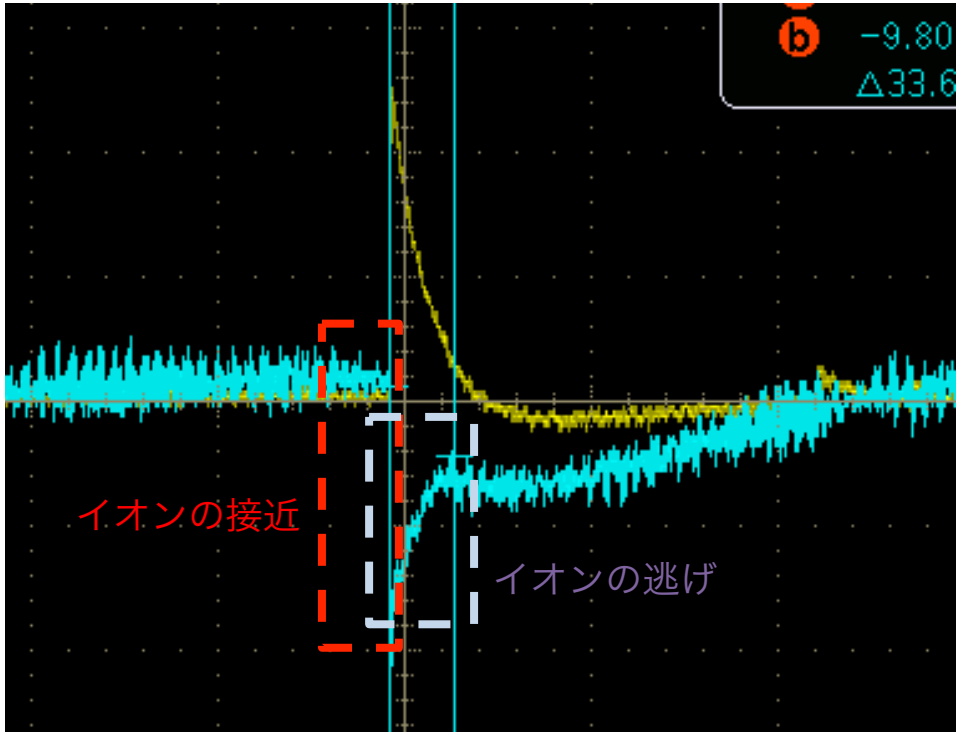
- 30ストリップをまとめたCSA+Shaper出力



- CF_4でもカソードの立ち下がりがシェーピングタイムを無視している

μ-PIC&GEM間のイオンの移動



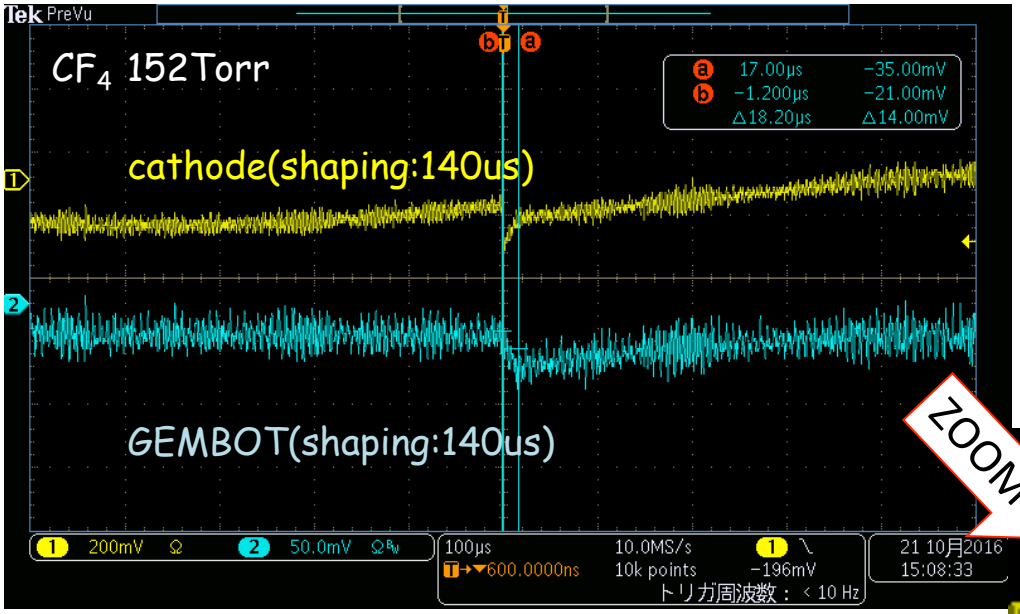


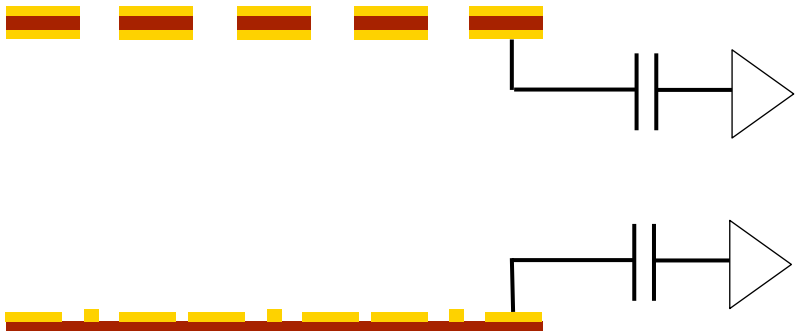
$\tau < d/v$

シェーピングタイム τ

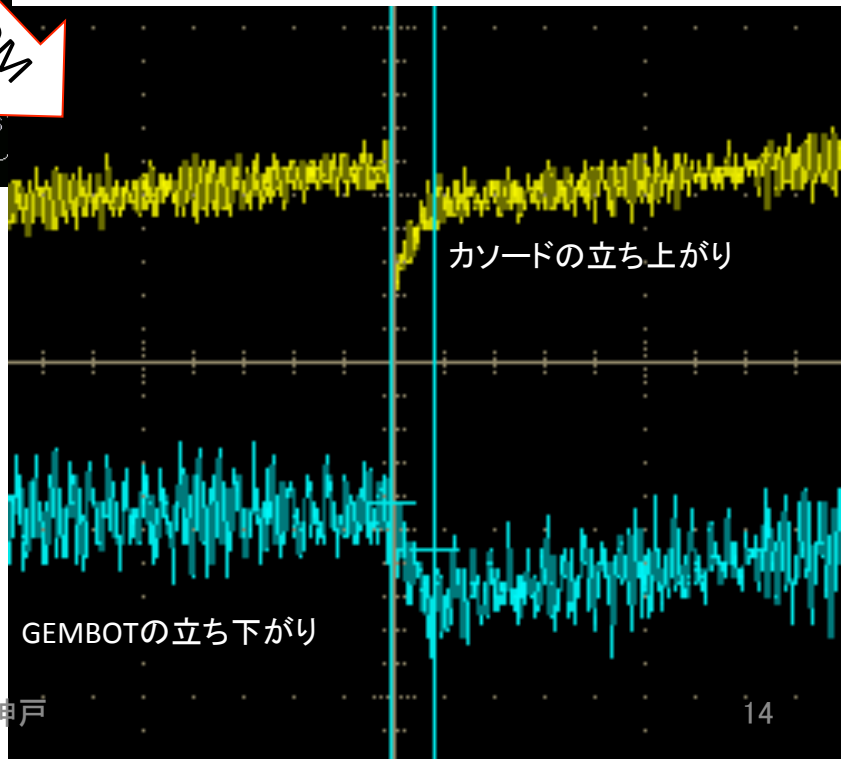
のときカソードから逃げるイオンがみえる

GEM下の信号



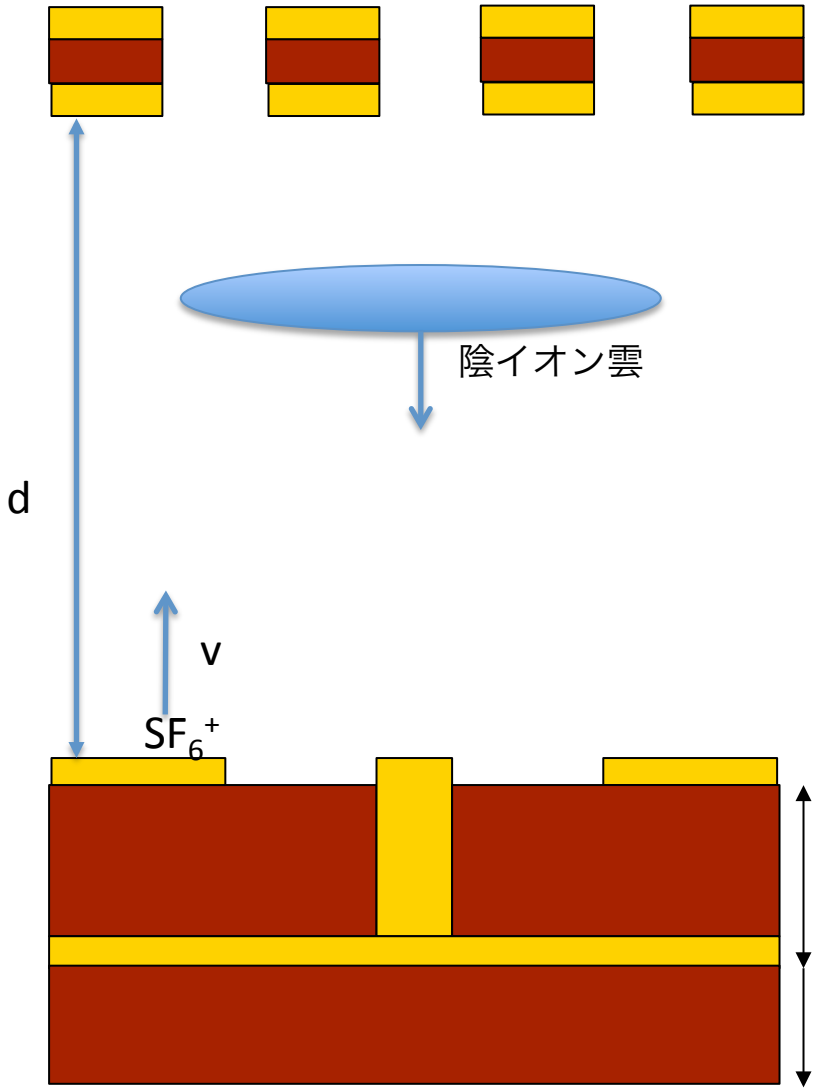


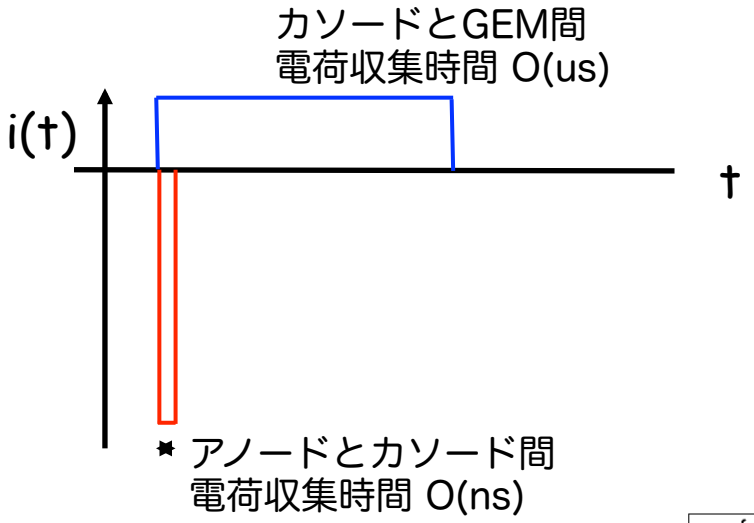
ZOOM

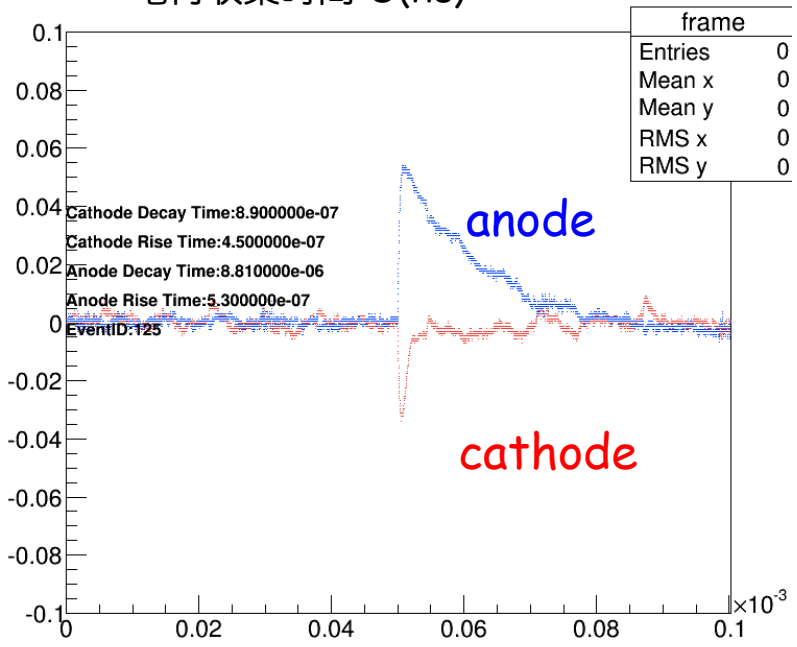


- GEM下の立ち下がりはカソードの立ち上がり時間に一致
- どちらもインダクションの電荷の移動を見ている

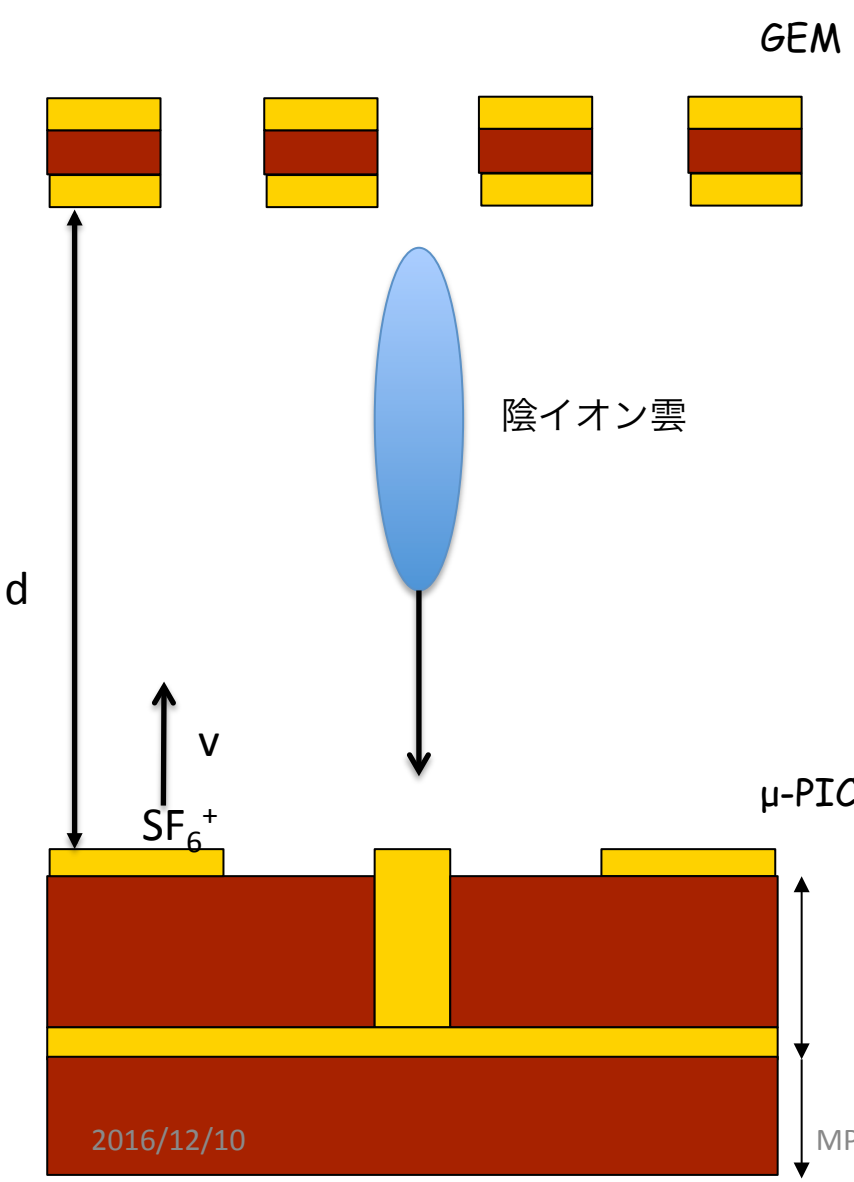
陰イオンガスのカソード信号の理解

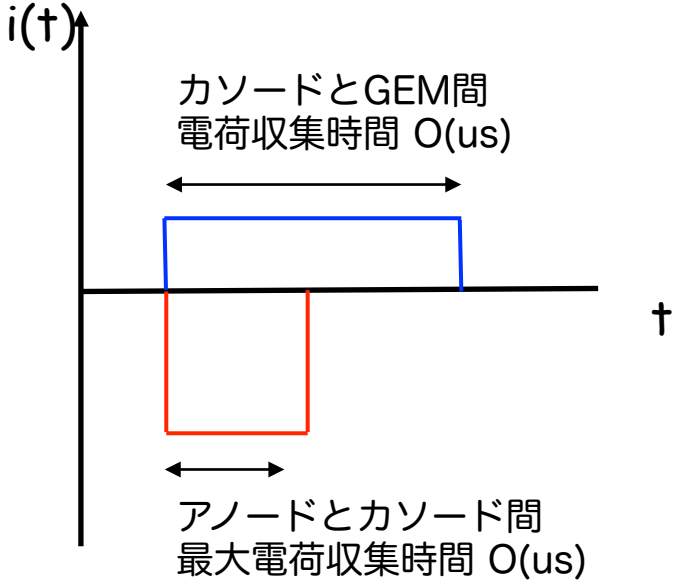


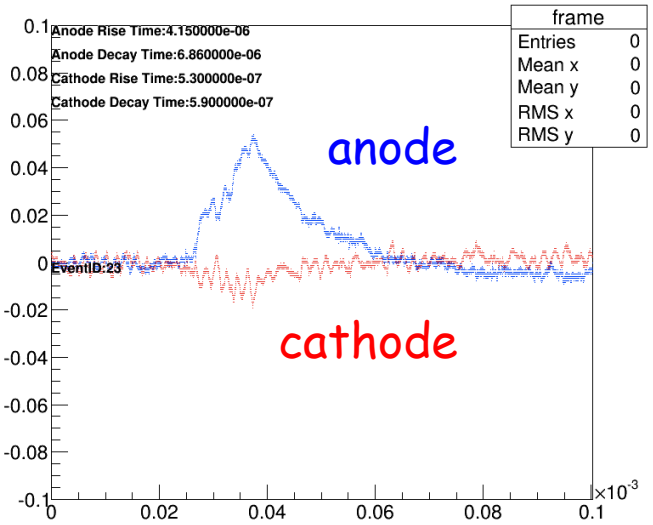




陰イオンガスのカソード信号の理解







まとめ

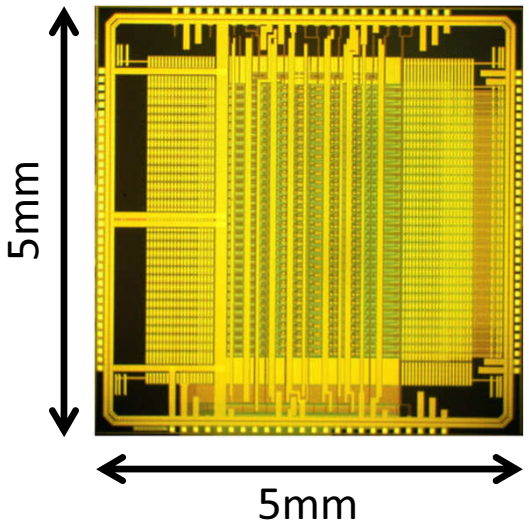
- μ-PIC+GEM+SF_6のシステムで二次元飛跡検出を行なった
- 陰イオンガスでも飛跡検出が可能であることがわかった
- μ-PIC+GEMシステムではカソードでイオンの逃げがみえ、ドリフト速度が遅い陰イオンガスでは電荷がキャンセルする
- 陰イオンガスではバックストリップやパッド読み出し型のMPGDが好ましい

BACK UP

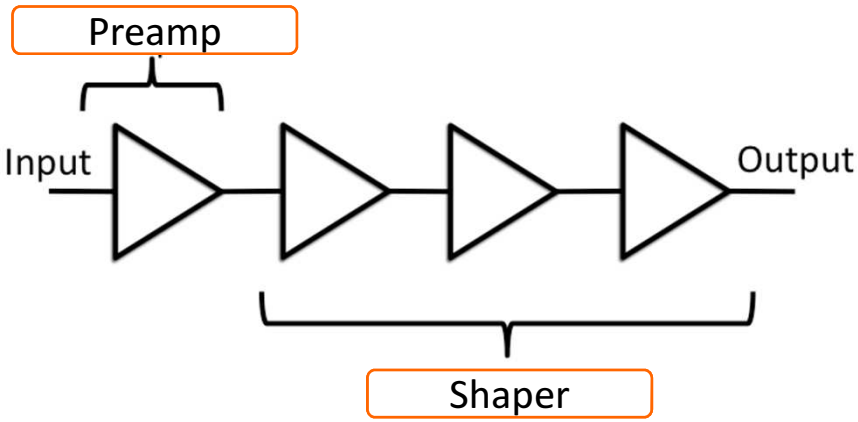
LTARS2014

黒森さんのスライドから@2015JPS秋季大会

LTARS2014



回路概略図



高密度化（32ch）

電源電圧±0.9V

~300pFまでの測定器を想定

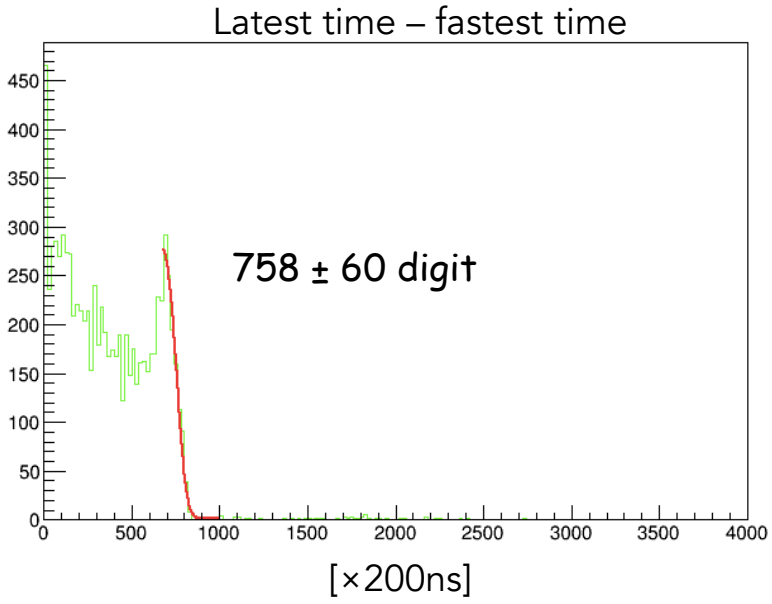
Conversion gain 約9.0mV/fC

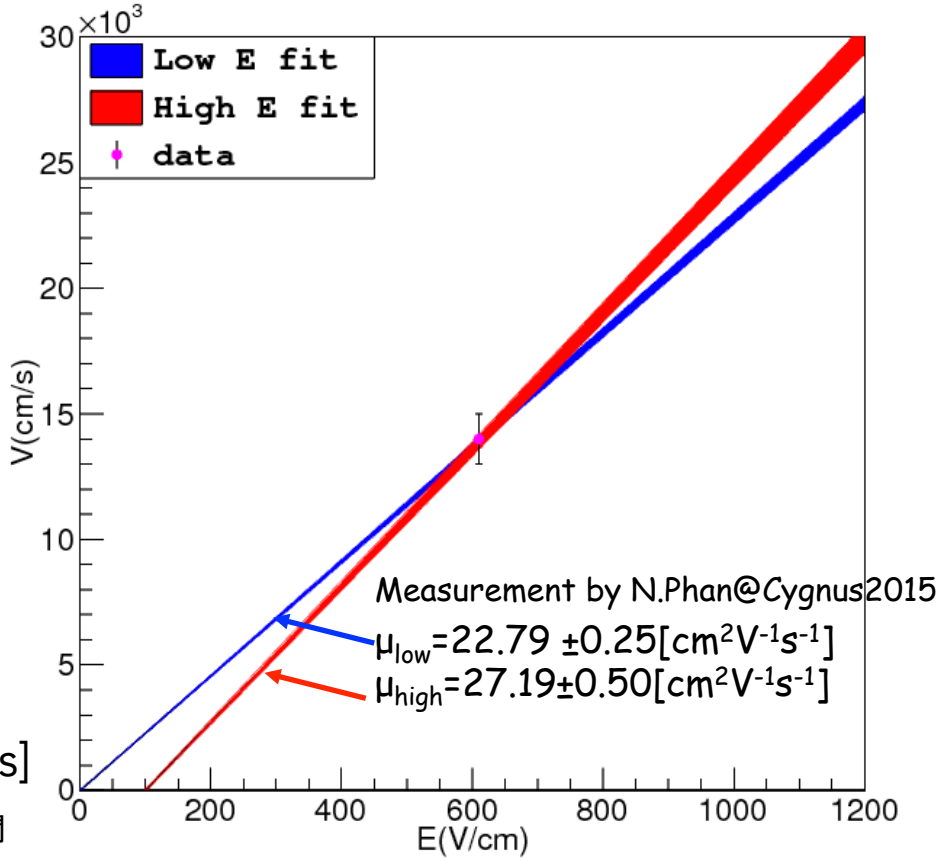
最大入力電荷 60~100fC

ENC 2000以下 @300pF

SF_6のドリフト速度

- カソード信号の最大時間差がドリフト距離2cmを走ったイベントであることを用いてSF_6^-イオンのドリフト速度を求める





2[cm]/(152[us]-12.5[us]) =1.4 ×10^4 [cm/s]

GEM&μPIC間3mmのドリフト時間

NEXT ASIC

Specificatioin(2016/6/27)		
	Minority Charge	Main Charge
Detector Cap	300pF	
Minimum signal	3fC(ENC×10)	80fC
ENC	2000(0.3fC)以下	5×4(8fC)以下
Dynamic range	80fC	1600fC
Conversion gain	10mV/fC	0.5mV/fC
Shaping time	4us	
power	<50mW/32ch	
etc	16ch input	